جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته

نشریه شماره ۶۴۴

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۲

omoorepeyman.ir

بسمه‌تعالی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۹۲/۶۲۲۴۸
	تاریخ:	۱۳۹۲/۰۷/۱۶

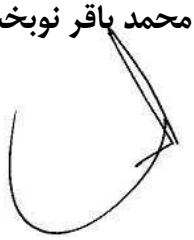
موضوع : راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۴۴ امور نظام فنی، با عنوان « **راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱ الزامی است.

امور نظام فنی این معاونت در مورد مفاد نشریه پیوست، دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی مربوط بوده و عهده‌دار اعلام اصلاحات لازم به طور ادواری خواهد بود.

محمد باقر نوبخت



omoorepeyman.ir

ش ش: ۷۹۶۸۵

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت بـه تهیـه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تـلاش فـراوان، ایـن اثـر مصـون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

*از این‌رو، **از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را بـه صـورت زیـر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

٤- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web: nezamfanni.ir**

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

سدها به عنوان یکی از سرمایه‌های مهم ملی، نقش قابل توجهی در توسعه پایدار کشور دارند. لازمه حصول این پایداری حفظ این سرمایه‌ها با تضمین ایمنی آن‌ها است. از طرف دیگر با توجه به ابعاد و میزان اثرگذاری این سازه‌ها بر محیط اطرافشان، مدیریت خطرات ناشی از هرگونه تهدید ایمنی آن‌ها در پایین‌دست ساختگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مدیریت ایمنی در سدها و سازه‌های وابسته در اولین گام خود مستلزم داشتن ارزیابی مناسب از ایمنی و شرایط واقعی این سازه‌ها به صورت کیفی یا کمی بر حسب نیاز می‌باشد. برای این کار لازم است فرآیند ارزیابی ایمنی تعریف شده و مسایل فنی و مسوولیت‌های مختلف در آن تبیین گردد. طبقه‌بندی اهمیت، شناسایی تهدیدها و سناریوی آن‌ها، چگونگی استفاده از اطلاعات پایش و اهداف عملکردی سد و سازه‌های وابسته از مباحثی است که باید برای انجام ارزیابی ایمنی مشخص گردد. به منظور ایمن‌سازی پایین‌دست در برابر تهدید ایمنی سد و سازه‌های وابسته به آن و وقوع شرایط اضطراری، فرآیند تشخیص شرایط و سطح‌های اضطراری، تبیین مسوولیت‌ها و تعیین اقدامات فوری و سازمان‌دهی ارتباطات و اطلاعات از موارد اصلی مورد نیاز است.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرارداد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امید است متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

تابستان۱۳۹۲

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل نشریه "راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته" - شماره ٦٤٤

مجری: دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور

مولف اصلی: محمد صافی	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای مهندسی سازه

اعضای گروه تهیه‌کننده:

سید سعید بهشتی	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	فوق‌لیسانس هیدرومکانیک
محمدرضا پورصابر	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	فوق‌لیسانس سیستم‌های جغرافیایی
منوچهر حمیدیان	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای سازه های هیدرولیکی
محمد صافی	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای مهندسی سازه
احمد غواصیه	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای سازه های هیدرولیکی

اعضای گروه نظارت:

رسول بنی‌هاشمی	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
اسماعیل طلوعی	شرکت مهندسی آب و عمران شمال	دکترای مهندسی عمران
محمدرضا فرشباف رحیمی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	کارشناس ارشد مهندسی منابع آب
فرهاد قادری زفره‌ئی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی عمران

هم‌چنین خانم مهندس رویا چایچی ملتشاهی با گروه نظارت همکاری داشته‌اند.

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی سد و تونل‌های انتقال طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

موسی امین‌نژاد	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق‌لیسانس سازه‌های هیدرولیکی
دالی بندار	حوزه ستادی وزارت نیرو	دکترای مهندسی عمران
مسعود حدیدی‌مود	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
رضا راستی اردکانی	دانشگاه صنعت آب و برق	دکترای مهندسی عمران
فرزان رفیعا	شرکت مهندسین مشاور کاوشگران	فوق‌لیسانس مکانیک سنگ و مهندسی معدن
نوشین رواندوست	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	لیسانس مهندسی سازه
محمدطاهر طاهری بهبهانی	شرکت مهندسین مشاور توان‌آب	فوق‌لیسانس مهندسی منابع آب (هیدرولیک)
محمدرضا عسکری	شرکت مهندسین مشاور بندآب	دکترای مهندسی عمران
مجتبی غروی	دانشگاه علم و صنعت ایران	دکترای مهندسی عمران
علی یوسفی	شرکت مهندسین مشاور زمین آب پی	فوق‌لیسانس مهندسی معدن و زمین‌شناسی مهندسی

omoorepeyman.ir

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول - ارزیابی ایمنی سدها و سازه‌های وابسته	**۵**
۱-۱- طبقه‌بندی سدها	۷
۱-۲- نوع و دوره‌های زمانی ارزیابی ایمنی سد	۱۰
۱-۲-۱- نوع ارزیابی ایمنی	۱۰
۱-۲-۲- دوره‌های زمانی ارزیابی ایمنی	۱۲
۱-۳- تبیین مسوولیت‌ها در ایمنی سد	۱۳
۱-۳-۱- کلیات	۱۳
۱-۳-۲- مالک سد	۱۳
۱-۳-۳- بازنگری جامع ایمنی سد	۱۴
۱-۳-۴- انتقال مالکیت سد	۱۴
۱-۳-۵- مهندس واجد صلاحیت	۱۴
۱-۳-۶- دستگاه‌های دولتی ستادی	۱۵
۱-۴- تعیین معیارهای ایمنی	۱۶
۱-۴-۱- مبانی تعیین معیارهای ایمنی	۱۶
۱-۴-۲- از رده خارج کردن سد	۱۷
۱-۵- برنامه بهره‌برداری سد	۱۷
۱-۵-۱- کلیات	۱۷
۱-۵-۲- ارزیابی دستورالعمل بهره‌برداری	۱۹
۱-۶- برنامه نگهداری سد	۲۲
۱-۶-۱- ارزیابی دستورالعمل نگهداری	۲۲
۱-۶-۲- سدها و سازه‌های بتنی	۲۲
۱-۶-۳- سازه‌های فلزی	۲۲
۱-۶-۴- سدها و سازه‌های خاکی	۲۳
۱-۶-۵- تجهیزات	۲۴
۱-۶-۶- آزمایش تجهیزات	۲۴
۱-۶-۷- شیب‌های مشرف به سد	۲۴
۱-۶-۸- کنترل و ارتباطات	۲۵

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۷- برنامه پایش سد	۲۵
۱-۷-۱- اندازه‌گیری‌های لازم برای پایش ایمنی	۲۵
۱-۷-۲- بازرسی	۲۶
۱-۷-۳- ابزاربندی	۲۸
۱-۸- برنامه آمادگی در شرایط اضطراری	۳۲
۱-۹- عوامل تهدید کننده ایمنی سد	۳۲
۱-۹-۱- سیلاب	۳۳
۱-۹-۲- زمین لرزه	۳۴
۱-۱۰- برنامه ارزیابی کیفی ایمنی سد	۳۵
۱-۱۰-۱- گزارش ارزیابی کیفی ایمنی	۳۶
۱-۱۱- برنامه ارزیابی کمی ایمنی سد	۳۸
۱-۱۱-۱- اطلاعات و سوابق	۳۸
۱-۱۱-۲- طبقه‌بندی سد	۴۰
۱-۱۱-۳- بهره‌برداری، نگهداری، پایش	۴۰
۱-۱۱-۴- تطبیق با ارزیابی‌های انجام شده	۴۰
۱-۱۱-۵- جمع‌بندی وضعیت ایمنی سد	۴۱
۱-۱۱-۶- عدم ارضای ضوابط	۴۱
۱-۱۲- مسایل ژئوتکنیکی سدها	۴۲
۱-۱۲-۱- چارچوب بررسی‌های ژئوتکنیکی سدها	۴۲
۱-۱۲-۲- اطلاعات ژئوتکنیکی	۴۳
۱-۱۳- تراوش آب	۴۴
۱-۱۳-۱- ملاحظات تراوش و زهکشی	۴۴
۱-۱۳-۲- کنترل تراوش	۴۵
۱-۱۴- کنترل پایداری سدهای خاکی	۴۶
۱-۱۴-۱- کلیات	۴۶
۱-۱۴-۲- تحلیل‌های ژئوتکنیکی	۴۷
۱-۱۴-۳- سازه‌های جنبی	۵۲
۱-۱۴-۴- سدهای سنگریزه‌ای با رویه آب‌بند	۵۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۱۴-۵- ارزیابی پایداری با استفاده از اطلاعات ابزار	۵۳
۱-۱۵- کنترل پایداری سدهای بتنی	۵۴
۱-۱۵-۱- کلیات	۵۴
۱-۱۵-۲- شرایط سازه و ساختگاه	۵۵
۱-۱۵-۳- بارگذاری	۵۶
۱-۱۵-۴- ترکیبات بارگذاری	۵۷
۱-۱۵-۵- تحلیل و طراحی	۵۸
۱-۱۵-۶- ایمنی تحت بارهای استاتیکی	۵۸
۱-۱۵-۷- ایمنی لرزه‌ای	۵۹
۱-۱۵-۸- شاخص‌های عملکرد	۶۲
۱-۱۵-۹- نقطه اثر برآیند نیروها	۶۲
۱-۱۵-۱۰- تنش‌های قائم	۶۲
۱-۱۵-۱۱- تنش‌های برشی	۶۲
۱-۱۵-۱۲- ضریب لغزش	۶۲
۱-۱۵-۱۳- وضعیت مشاهده شده سازه	۶۳
۱-۱۵-۱۴- معیارهای پذیرش	۶۴
۱-۱۵-۱۵- سدهای بتن غلتکی	۶۵
۱-۱۵-۱۶- ارزیابی پایداری با استفاده از اطلاعات ابزار	۶۶
۱-۱۶- سازه‌های هیدرولیکی جنبی	۶۷
۱-۱۶-۱- ظرفیت تاسیسات تخلیه آب مخزن	۶۷
۱-۱۶-۲- ملاحظات ایمنی تاسیسات تخلیه	۶۸
۱-۱۶-۳- ارزیابی ارتفاع آزاد مخزن و روگذری	۶۹
۱-۱۶-۴- بررسی عملکرد سد حین سیلاب	۷۰
۱-۱۶-۵- بررسی عملکرد تاسیسات کنترل جریان	۷۱
۱-۱۶-۶- سامانه کنترل و ابزاربندی تاسیسات تخلیه	۷۱
۱-۱۶-۷- تجهیزات اضطراری تاسیسات تخلیه	۷۲
۱-۱۶-۸- ظرفیت پایین آوردن سریع سطح آب مخزن	۷۲
۱-۱۷- سایر ابنیه و تاسیسات وابسته	۷۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۱۸- اثرات محیطی	۷۳
۱-۱۸-۱- اجسام شناور و یخ در مخزن	۷۴
۱-۱۸-۲- کناره‌های مخزن	۷۴
۱-۱۸-۳- کیفیت آب	۷۵
۱-۱۸-۴- محیط زیست	۷۶
۱-۱۹- مسایل رسوب	۷۷
۱-۱۹-۱- رسوب و لجن	۷۷
۱-۲۰- مسایل اجرایی	۷۸
۱-۲۰-۱- تغییرات و مسایل حین اجرا	۷۸
۱-۲۰-۲- شناسایی مسایل ناشی از مشکلات اجرایی	۷۹
۱-۲۱- بررسی سوابق آسیب در سدها	۸۰
۱-۲۱-۱- سدهای خاکی	۸۱
۱-۲۱-۲- سدهای بتنی	۸۲
فصل دوم - راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها	**۸۳**
۲-۱- اصول و مبانی اقدامات اضطراری	۸۵
۲-۱-۱- کلیات	۸۵
۲-۱-۲- تهیه برنامه اقدامات اضطراری	۸۶
۲-۱-۳- ساختار برنامه اقدامات اضطراری	۸۶
۲-۱-۴- الگوریتم برنامه آمادگی اضطراری	۸۹
۲-۲- فرآیندهای ایجاد کننده شرایط اضطراری و نحوه تشخیص آنها	۹۱
۲-۳- دسته‌بندی سطح شرایط اضطراری	۹۲
۲-۳-۱- سطح اضطراری ۱: رخداد غیراضطراری یا وقوع شرایط غیرعادی به طور تدریجی	۹۲
۲-۳-۲- سطح اضطراری ۲: وجود پتانسیل شکست سد و یا رویت خرابی ایجاد کننده شکست سد	۹۳
۲-۳-۳- سطح اضطراری ۳: حتمی بودن شکست سد یا در حال وقوع بودن شکست	۹۳
۲-۴- راهکارها و اقدامات اضطراری	۹۴
۲-۴-۱- راهکارها و اقدامات فوری در سطح اضطراری ۱	۹۴
۲-۴-۲- راهکارها و اقدامات فوری در سطح اضطراری ۲	۹۵
۲-۴-۳- راهکارها و اقدامات فوری در سطح اضطراری ۳	۹۵

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۴-۴- اقدامات پیش‌گیرانه اضطراری	۹۶
۲-۵- مسوولیت‌ها و فرایند ارتباطی در شرایط اضطراری	۱۰۱
۲-۵-۱- مسوولیت‌ها در شرایط اضطراری	۱۰۱
۲-۵-۲- هشدار و برقراری ارتباط	۱۰۳
۲-۵-۳- مسوولیت‌ها در خاتمه برنامه اقدامات اضطراری	۱۰۵
۲-۶- تجهیزات ارتباطی، منابع انرژی و دیگر لوازم ضروری در مواقع اضطراری	۱۰۵
۲-۷- سامانه هشدار شرایط اضطراری	۱۰۵
۲-۸- دستورالعمل آموزش و تمرین اقدامات اضطراری	۱۰۶
۲-۸-۱- کلیات	۱۰۶
۲-۸-۲- آموزش، نگهداری و بازبینی برنامه اقدامات اضطراری	۱۰۶
۲-۸-۳- تمرین برنامه اقدامات اضطراری	۱۰۷
۲-۹- مطالعات آب‌گرفتگی و تعیین مناطق سیل‌گیر	۱۱۱
پیوست ۱- تعاریف اصلی و واژه‌ها	**۱۱۳**
پیوست ۲- فهرست اختصارها	**۱۱۷**
پیوست ۳- فهرست علایم	**۱۲۱**
پیوست ٤- کاربرگ‌های ارزیابی ایمنی سد و سازه‌های وابسته	**۱۲۵**
پیوست ٥- فرمت گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد بتنی	**۱۳۵**
پیوست ٦- فرمت گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد خاکی	**۱۸۳**
پیوست ۷- فرم‌های اقدامات اضطراری در سدها	**۲۲۱**
منابع و مراجع	**۲۳۵**

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ۱- چارچوب برنامه مدیریت ایمنی سد	۳
شکل ۱-۱- تعیین اندازه کلی سد بر حسب دو شاخص ارتفاع و حجم مخزن	۸
نمودار ۱-۱- سطوح برنامه کنترل ایمنی سد	۱۱
نمودار ۱-۲- چارچوب ارزیابی کمی ایمنی سد	۳۹
نمودار ۲-۱- شمای برنامه آمادگی اضطراری	۹۰
شکل پ.۵-۱- وسایل اندازه‌گیری تراز آب مخزن	۱۴۳

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل پ.۵-۲- انواع دماسنج مقاومتی ۱۴۶
شکل پ.۵-۳- ترمومتر الکتریکی دستی ۱۴۷
شکل پ.۵-۴- ترسیم جداگانه تغییرات زمانی دمای هوا و دمای ترمومترهای مدفون در قسمت‌های مختلف سد در رویه بالادست و پایین‌دست در یک نمودار ۱۴۸
شکل پ.۵-۵- نصب شتاب‌نگار در تکیه‌گاه‌ها و بدنه ۱۵۰
شکل پ.۵-۶- اتاقک نصب شتاب‌نگار در روی زمین خاکی ۱۵۰
شکل پ.۵-۷- نمونه شتاب نگاشت ثبت شده توسط یک شتاب‌نگار ۱۵۱
شکل پ.۵-۸- برداشت لیزری و ضعیت سد و تکیه‌گاه‌ها در فواصل زمانی مختلف توسط اسکنر ۱۵۲
شکل پ.۵-۹- نحوه نصب و قرارگیری پاندول مستقیم ۱۵۳
شکل پ.۵-۱۰- دستگاه قرائت سنج انحرافات کابل و مخزن پاندول مستقیم ۱۵۴
شکل پ.۵-۱۱- دستگاه قرائت سنج انحرافات کابل پاندول معکوس ۱۵۴
شکل پ.۵-۱۲- نحوه نصب و قرارگیری پاندول معکوس ۱۵۴
شکل پ.۵-۱۳- انحراف‌سنج سیار (Tiltmeter) ۱۵۵
شکل پ.۵-۱۴- تغییرات جابه‌جایی افقی بر حسب تراز آب مخزن ۱۵۶
شکل پ.۵-۱۵- تغییر شکل‌های به‌دست آمده از انحراف‌سنج بر حسب عمق در زمان‌های یا مقاطع مختلف ۱۵۶
شکل پ.۵-۱۶- تغییرات جابه‌جایی افقی بر حسب دمای محیط ۱۵۷
شکل پ.۵-۱۷- تفکیک تغییر شکل‌های گذرا و دایم با برازش خطی محدوده تغییرات در بازه‌های زمانی مناسب ۱۵۷
شکل پ.۵-۱۸- نشست‌سنج مغناطیسی ۱۵۸
شکل پ.۵-۱۹- نشست‌سنج هیدرولیکی ۱۵۹
شکل پ.۵-۲۰- کشیدگی‌سنج مغناطیسی و نحوه استقرار آن ۱۶۰
شکل پ.۵-۲۱- کشیدگی‌سنج مدفون ۱۶۰
شکل پ.۵-۲۲- کشیدگی‌سنج ثابت ۱۶۰
شکل پ.۵-۲۳- شیب یاب ثابت تیری شکل(Inclinometer) ۱۶۱
شکل پ.۵-۲۴- شیب‌یاب سطحی ۱۶۲
شکل پ.۵-۲۵- نحوه قرارگیری شیب یاب سطحی (Inclinometer) ۱۶۲
شکل پ.۵-۲۶- درزسنج الکتریکی ۱۶۴
شکل پ.۵-۲۷- نصب سه بعدی درز سنج ۱۶۴
شکل پ.۵-۲۸- درز سنج با سیم ارتعاشی مدفون ۱۶۴
شکل پ.۵-۲۹- درز سنج با سیم ارتعاشی سیار ۱۶۴
شکل پ.۵-۳۰- درزسنج مکانیکی ۱۶۵
شکل پ.۵-۳۱- ترک‌سنج دو بعدی و یک بعدی ۱۶۶
شکل پ.۵-۳۲- استفاده از ترک‌سنج برای پایش ترک ۱۶۷
شکل پ.۵-۳۳- چگونگی محاسبه بازشدگی ترک با استفاده از قرائت‌های ترک‌سنج ۱۶۷
شکل پ.۵-۳۴- انواع تنش‌سنج‌ها ۱۶۸

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل پ.۵-۳۵- سلول فشار برای اندازه‌گیری تنش	۱۶۸
شکل پ.۵-۳۶- سلول فشار هیدرولیکی	۱۶۹
شکل پ.۵-۳۷- کرنش‌سنج سه بعدی	۱۶۹
شکل پ.۵-۳۸- کرنش‌سنج الکتریکی یک بعدی برای میل مهارها و میلگردها	۱۶۹
شکل پ.۵-۳۹- کرنش‌سنج الکتریکی یک بعدی برای بتن	۱۷۰
شکل پ.۵-۴۰- تغییرات تنش‌ها یا کرنش‌های کلی بر حسب تراز آب مخزن	۱۷۰
شکل پ.۵-۴۱- تفکیک کرنش‌ها یا تنش‌های گذرا و دایم با برازش خطی محدوده تغییرات در بازه‌های زمانی مناسب	۱۷۱
شکل پ.۵-۴۲- پیزومترهای قائم و هیدرولیکی	۱۷۲
شکل پ.۵-۴۳- پیزومترهای هیدرولیکی	۱۷۲
شکل پ.۵-۴۴- پیزومترهای بادی یا گازی	۱۷۳
شکل پ.۵-۴۵- پیزومترهای الکترونیکی تار مرتعش با فیبر نوری	۱۷۳
شکل پ.۵-۴۶- تغییرات تراز پیزومترهای مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز آب مخزن	۱۷۵
شکل پ.۵-۴۷- تراز پیزومتری بر حسب تراز آب مخزن در پیزومترهای مختلف	۱۷۵
شکل پ.۵-۴۸- سریز مثلثی	۱۷۷
شکل پ.۵-۴۹- دستگاه اندازه‌گیری خودکار تراز آب در سرریز مثلثی برای محاسبه دبی تراوش	۱۷۸
شکل پ.۵-۵۰- مقدار تراوش زهکش‌های مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن	۱۷۹
شکل پ.۵-۵۱- حجم کلی تراوش آب مخزن در طول زمان در تمام یا هر یک از زهکش‌ها	۱۷۹
شکل پ.۶-۱- تغییرات تراز پیزومترهای مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز آب مخزن	۱۹۶
شکل پ.۶-۲- تراز پیزومتری بر حسب تراز آب مخزن در پیزومترهای مختلف	۱۹۶
شکل پ.۶-۳- سطح حداکثر یا ایستابی تراوش و سایر خطوط فشار ناشی از تراوش	۱۹۷
شکل پ.۶-۴- نسبت فشار آب حفره‌ای u در عمق h در پیزومترهای مختلف	۱۹۷
شکل پ.۶-۵- مقدار تراوش زهکش‌های مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن	۲۰۰
شکل پ.۶-۶- حجم کلی تراوش آب مخزن در طول زمان در تمام یا هر یک از زهکش‌ها	۲۰۰
شکل پ.۶-۷- تغییرات میزان تراوش بر حسب تراز مخزن برای بررسی حساسیت تراوش به تراز مخزن	۲۰۱
شکل پ.۶-۸- نتایج آنالیز شیمیایی کیفیت آب تراوشی در زهکش‌های مختلف	۲۰۲
شکل پ.۶-۹- سلول فشار	۲۰۳
شکل پ.۶-۱۰- مکانیزم سلول فشار	۲۰۴
شکل پ.۶-۱۱- نمایش تنش‌های افقی و عمودی قرائت شده از سلول فشار و تبدیل آنها به تنش‌های اصلی	۲۰۴
شکل پ.۶-۱۲- تنش‌های اصلی در نقاط مختلف اندازه‌گیری در مقطع سد	۲۰۵
شکل پ.۶-۱۳- تغییرات تنش‌های افقی و قائم کل، افقی و قائم موثر حداقل و حداکثر بر حسب زمان در سلول‌های مختلف	۲۰۵
شکل پ.۶-۱۴- تغییرات فشار خاک بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن و تراز خاکریز مربوط به زمان ساخت	۲۰۶
شکل پ.۶-۱۵- نسبت فشار دینامیکی به فشار استاتیکی خاک بر حسب حداکثر شتاب زلزله در تاج سد	۲۰۷
شکل پ.۶-۱۶- پوشش نشانه‌ها توسط دوربین‌ها جهت قرائت و ثبت جابه‌جایی‌های سطحی و برداشت خودکار هندسه سد و محاسبه و رسم کانتورها و بردارهای اصلی جابه‌جایی سطحی در فواصل زمانی مختلف	۲۰۹

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل پ.۶-۱۷- بردار جابه‌جایی‌های سطحی بدنه در پلان جانمایی سد ۲۰۹
شکل پ.۶-۱۸- نشست‌های سطحی بدنه سد در مقاطع طولی و عرضی ۲۱۱
شکل پ.۶-۱۹- نشست‌های ترازهای مختلف بدنه سد خاکی بر حسب زمان ۲۱۱
شکل پ.۶-۲۰- نمایش پروفیل نشست‌ها در طول تاج سد خاکی در زمان‌های مختلف ۲۱۲
شکل پ.۶-۲۱- نمایش پروفیل نشست‌ها در طول تاج سد خاکی جهت بررسی نشست‌های نامتقارن ۲۱۲
شکل پ.۶-۲۲- تغییر شکل‌های به‌دست آمده از انحراف‌سنج بر حسب عمق در زمان‌های یا مقاطع مختلف ۲۱۳
شکل پ.۶-۲۳- تغییر شکل انحراف‌سنج بر حسب تراز آب مخزن (شامل مراحل ساخت) ۲۱۴
شکل پ.۶-۲۴- پروفیل جابه‌جایی‌های افقی تاج در زمان‌های مختلف ۲۱۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- طبقه‌بندی کیفی سد بر اساس عواقب ناشی از شکست آن ۷
جدول ۱-۲- سامانه طبقه‌بندی کمی عواقب تهدید ایمنی سدها با روش امتیازدهی ۹
جدول ۱-۳- حداکثر فواصل زمانی ارزیابی ایمنی سد بر اساس عواقب شکست آن ۱۲
جدول ۱-۴- حداقل اندازه‌گیری‌های لازم برای پایش ایمنی در سدهای موجود ۲۵
جدول ۱-۵- مسایل اصلی سدها به همراه روش‌های اندازه‌گیری آنها ۲۶
جدول ۱-۶- معیارهای تعیین سیلاب طرح و سیلاب کنترل سد با توجه به عواقب شکست بر حسب احتمال رخداد سالانه ۳۳
جدول ۱-۷- معیارهای تعیین زلزله ارزیابی ایمنی سد با توجه به عواقب شکست بر حسب احتمال رخداد سالانه ۳۴
جدول ۱- ۸- سوابق اطلاعات ثبت شده تراوش و پدیده رگاب یا جوشش ماسه ۴۶
جدول ۱-۹- مشخصات ارزیابی پایداری و ایمنی سدهای خاکی با توجه به مدهای خرابی محتمل ۵۱
جدول ۱-۱۰- ارزیابی مقدماتی پایداری سدهای خاکی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار ۵۴
جدول ۱-۱۱- مقادیر حداقل ضرایب اطمینان پایداری و مقاومت سدهای بتنی وزنی و پایه‌دار (براساس USACE و CDA) ۶۴
جدول ۱-۱۲- مقادیر حداقل ضریب اطمینان پایداری و مقاومت در سدهای بتنی قوسی (براساس USACE و CDA) ۶۵
جدول ۱-۱۳- ارزیابی مقدماتی پایداری سدهای بتنی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار ۶۷
جدول ۱-۱۴- مهم‌ترین مسایل و شاخص‌های ارزیابی ایمنی ابنیه و تاسیسات وابسته سدها ۷۳
جدول ۱-۱۵- مدهای خرابی و عوامل شکست سدهای خاکی و سنگریزه‌ای ۸۱
جدول ۲-۱- نشانگرها و علایم تشخیصی مربوط به سطوح مختلف شرایط اضطراری و پاسخ مربوط ۹۲
جدول ۲-۲- راهنمای تعیین سطح شرایط اضطراری در هنگام وقوع رخداد ۹۳
جدول پ.۵-۱- تواتر اندازه‌گیری دمای آب در سدها ۱۴۶
جدول پ.۵-۲- تواتر اندازه‌گیری دمای بتن در سدها ۱۴۷
جدول پ.۵-۳- تواتر اندازه‌گیری تغییر شکل در سدها ۱۵۵

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول پ.۵-۴- تواتر اندازه‌گیری شیب‌سنجی و کشیدگی‌سنجی	۱۶۳
جدول پ.۵-۵- تواتر اندازه‌گیری درزسنج و کشیدگی‌سنج	۱۶۵
جدول پ.۵-۶- تواتر اندازه‌گیری فشار آب در سدها	۱۷۴
جدول پ.۵-۷- تواتر اندازه‌گیری بده تراوش	۱۷۸
جدول پ.۶-۱- تواتر اندازه‌گیری دما در سدها	۱۹۲
جدول پ.۶-۲- تواتر اندازه‌گیری فشار آب در سدها	۱۹۵
جدول پ.۶-۳- تواتر اندازه‌گیری بده تراوش	۱۹۹
جدول پ.۶-۴- تواتر اندازه‌گیری تنش خاک در سدها	۲۰۶
جدول پ.۶-۵- تواتر اندازه‌گیری شیب سنجی و انحراف‌سنجی	۲۱۵
جدول پ.۶-۶- تواتر اندازه‌گیری شیب سنجی و کشیدگی‌سنجی	۲۱۶
جدول پ.۶-۷- تواتر اندازه‌گیری درزسنج و کشیدگی‌سنج	۲۱۷

omoorepeyman.ir

مقدمه

راهنمای ارزیابی ایمنی سدها و سازه‌های وابسته به منظور فراهم آوردن زمینه قانونمند شدن مبحث ایمنی سدها در کشور و همسان‌سازی ضوابط ارزیابی ایمنی سدها تهیه شده و ضمن ارائه ضوابط کیفی و کمی ارزیابی ایمنی، روند و روش‌های انجام آن را مشخص می‌سازد. این راهنما در دو فصل تهیه شده است. در فصل اول ارزیابی ایمنی سدها و سازه‌های وابسته با معرفی روند طبقه‌بندی سدها بر اساس عواقب ناشی از تهدید ایمنی آنها با دو روش کیفی و روش امتیازدهی مخصوص سدهای ایران ارائه گردیده است. انواع و سطوح و دوره‌های زمانی ارزیابی ایمنی سد در سه سطح کیفی، کمی و جامع دسته بندی و بیان شده و چارچوب‌های انتخاب معیارهای ایمنی در بحث ارزیابی کمی مورد بررسی قرار گرفته است.

نحوه بررسی و ارزیابی برنامه‌های بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد به ترتیب در بخش‌های بعدی این فصل گنجانده شده است. در این بخش‌ها الزامات این برنامه‌ها و نحوه بررسی کفایت آنها به تفکیک مشخص گردیده است. همچنین نحوه بررسی برنامه آمادگی در شرایط اضطراری ارائه شده که البته جزئیات تدوین این برنامه و الزامات آن به تفصیل در فصل دوم راهنما آمده است. عوامل تهدید کننده ایمنی سد موضوع بخش بعدی راهنما بوده که در آن ضمن معرفی عوامل تهدید کننده ایمنی سد، جزئیات مربوط به تعیین سطح تهدید رخدادهای سیلاب و زمین لرزه به تفکیک ارائه شده است. در ادامه روند ارزیابی کیفی ایمنی سد به همراه معیارهای کفایت آن تدوین شده است. موارد مربوط به ارزیابی کمی ایمنی سد بیان شده و روند مربوط به آن نیز نشان داده شده است. مسایل فنی ژئوتکنیکی مربوط به سدها در این مجموعه مورد بررسی تفصیلی قرار گرفته و بحث تراوش آب از سدها نیز بدلیل اهمیت موضوع به‌طور جداگانه مطرح شده است. ضوابط تفصیلی کنترل پایداری سدهای خاکی و بتنی موضوع بعدی است که در آن مطالب مربوط به بارگذاری، مدل‌سازی، تحلیل و معیارهای پذیرش پایداری این نوع سدها ارائه شده است. سپس معیارهای ایمنی سازه‌های هیدرولیکی جنبی و سایر ابنیه و تاسیسات وابسته به سدها و اثرات محیط بر ایمنی سدها و سازه‌های وابسته و مساله رسوب بطور جداگانه تبیین شده است. آخرین بخش‌های این فصل اثر مسایل اجرایی در ایمنی سدها و سازه‌های وابسته و مسایل مربوط به سوابق آسیب در سدهای بتنی و خاکی و مودهای خرابی آنها را جهت مشخص نمودن موارد مهم و حساس در مقوله ارزیابی ایمنی ارائه می‌نماید.

فصل دوم این مجموعه راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها می‌باشد که مراحل کامل تهیه برنامه آماده‌سازی و امکانات و اقدامات مورد نیاز در شرایط اضطراری را ارائه می‌نماید. اصول و مبانی اقدامات اضطراری موضوع بخش اول این فصل می‌باشد که در آن کلیات اقدامات اضطراری، روش تهیه برنامه اقدامات اضطراری، ساختار برنامه اقدامات اضطراری و الگوریتم برنامه آمادگی اضطراری ارائه شده است. در بخش دوم فرآیندهای ایجاد کننده شرایط اضطراری و نحوه تشخیص آنها بیان شده است. دسته‌بندی سطوح شرایط اضطراری در سه سطح اضطراری انجام شده است. در ادامه راهکارها و اقدامات فوری در مواقع اضطراری برای هر سه سطح اضطراری به همراه اقدامات پیش‌گیرانه اضطراری بیان گردیده است. مسوولیت‌ها و فرایند ارتباطی در شرایط اضطراری شامل مسوولیت‌های مالک سد یا بهره‌بردار یا نماینده تام الاختیار او، خدمات اضطراری منطقه، خدمات اضطراری استانی یا ملی، نماینده فنی یا مهندس مشاور مالک یا کارفرمای سد و دفتر ناظر استانی و ناظر عالی کشوری ایمنی سدها بوده و در بخش هشدار و برقراری ارتباط الگوریتم‌های ارتباطی در سطوح اضطراری مختلف ارائه شده است. در انتهای این بخش نیز مسوولیت‌ها در

omoorepeyman.ir

خاتمه برنامه اقدامات اضطراری مشخص شده است. بخش بعدی به معرفی تجهیزات ارتباطی، منابع انرژی و دیگر لوازم ضروری در مواقع اضطراری می‌پردازد. در ادامه سامانه هشدار شرایط اضطراری ارائه شده و دستورالعمل آموزش و تمرین اقدامات اضطراری شامل آموزش، نگهداری و بازبینی برنامه اقدامات اضطراری و تمرین برنامه اقدامات اضطراری همراه با سناریوهای مربوط پیشنهاد شده است. در انتها هم مطالعات آب‌گرفتگی و تعیین مناطق سیل‌گیر ارائه شده است.

پیوست‌های راهنما شامل کاربرگ‌های ارزیابی ایمنی سد و سازه‌های وابسته، روند و شکل تهیه گزارش‌های ارزیابی کمی ایمنی سدهای بتنی و خاکی و فرم‌های برنامه اقدامات اضطراری در سدها است.

– اهداف

ایمنی سد، هنر و علم حفظ یکپارچگی و عملکرد سدها جهت اطمینان از عدم ایجاد خطر یا ریسک غیرقابل‌پذیرش برای جان افراد، دارایی‌ها و محیط زیست می‌باشد. این فرآیند ترکیبی از فن و تجربه در قالب فلسفه مدیریت ریسک است. تاکید این فلسفه بر این است که مساله ایمنی سد به طور مداوم همراه سد بوده و تنها بستگی به شرایط طراحی و ساخت اولیه آن ندارد. ایمنی سد دربرگیرنده تمام فعالیت‌های شناخت کمبودها و نقایص احتمالی و عواقب آنها بوده و شامل اقدامات کاهش، حذف و علاج‌بخشی آنها درحد معقول می‌گردد. ارزیابی ایمنی زیرمجموعه برنامه کلی مدیریت ایمنی سد است. چارچوب کلی این برنامه در نمودار (۱) نشان داده شده است.

اهداف اصلی زیر در تهیه این راهنما مد نظر بوده است:

- تعریف الزامات کلی ارزیابی ایمنی سدهای موجود که به صورت یکنواخت و هماهنگ در سراسر کشور مورد استفاده قرار گیرد.
- شناخت خطرات و نواقص تهدید کننده ایمنی سدها به منظور ارتقای ایمنی آنها
- فراهم آوردن زمینه قانون گذاری و قانونمند شدن مبحث ایمنی سدها در کشور

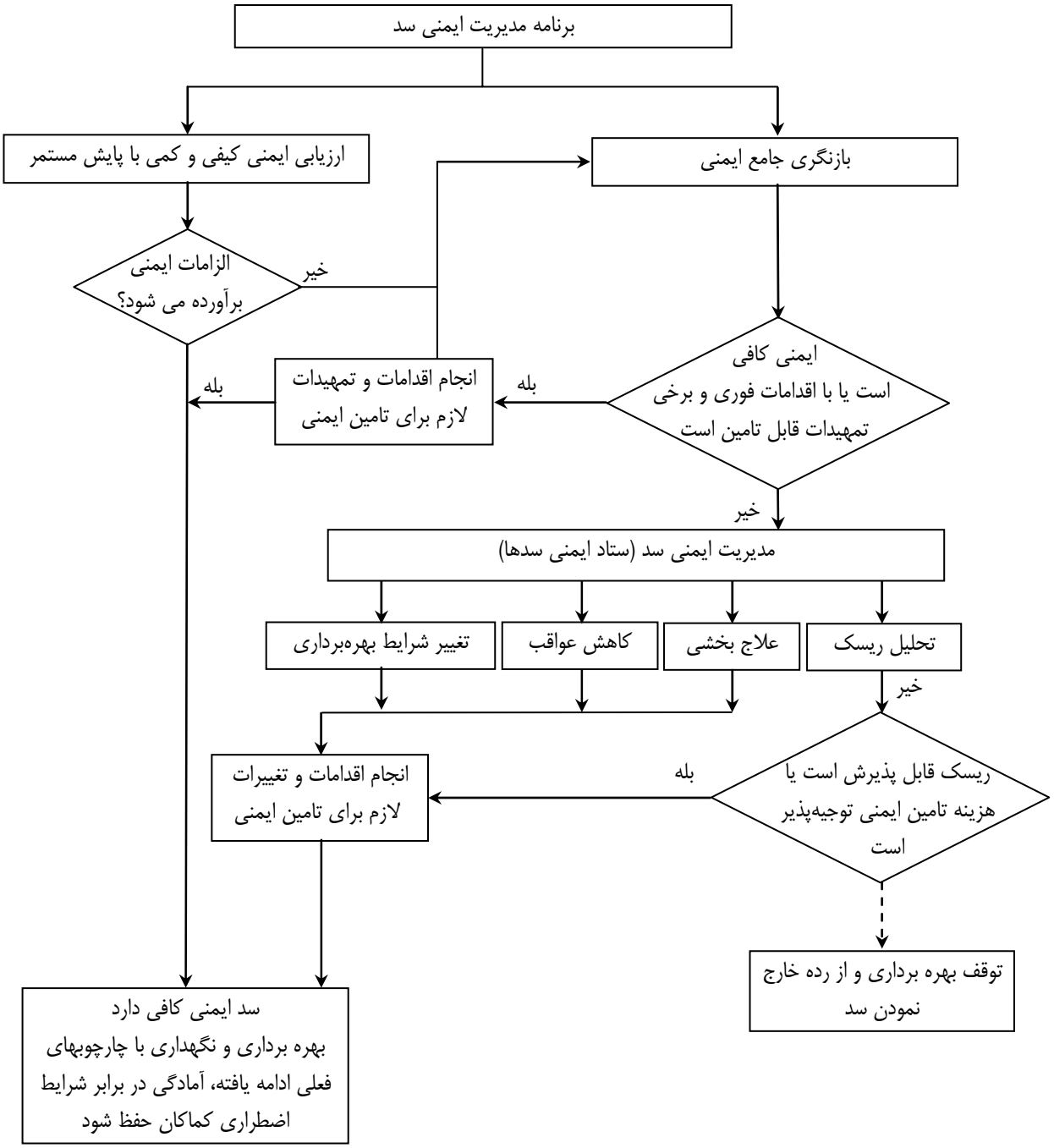
– دامنه کاربرد

در بحث ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های جنبی آنها، استفاده از سایر راهنماها یا معیارها که ممکن است در پروژه‌های خاص سدسازی مورد نیاز باشد، به شرطی که تطابق کلی با مفاهیم این راهنما داشته باشند و معیارهای حداقل آن‌را برآورده نمایند، بلامانع است.

محتویات این راهنما زمینه ارتقای سطح دانش مهندسی در بحث ایمنی سدها را فراهم می آورد، لکن مسوولیت تفسیر صحیح و به‌کاربردن مفاد این راهنما به‌عهده مهندسین طراح و مجری سدسازی و مهندسین مرتبط با ایمنی سدها و سازمان‌ها و شرکت‌های مرتبط با بهره‌برداری و نگهداری از سدها می‌باشد.

مطالب این راهنما نباید بطور مستقیم به‌عنوان مشخصات فنی طراحی و ساخت و ارزیابی ایمنی یا علاج‌بخشی تلقی شود و نیز استفاده از آن برای افراد غیرمتخصص در این زمینه‌ها مجاز نیست و تنها مهندسین مجرب و قادر به قضاوت در خصوص نحوه کاربرد مطالب این راهنما، می‌توانند به طور صحیح از آن استفاده نمایند.

omoorepeyman.ir



نمودار ۱- چارچوب برنامه مدیریت ایمنی سد

ملزومات ارائه شده در این راهنما اغلب موارد مربوط به ایمنی سدها را در بر می‌گیرد. لکن در موارد خاص، مهندس مربوط باید قادر باشد ضمن تشخیص سایر ملاحظات لازم، آنها را تعیین یا انتخاب نماید. مفاد این راهنما باید در طول زمان مورد بررسی و بازنگری قرار گرفته و استفاده‌کنندگان باید آخرین نسخه به روز شده آن را به‌کار گیرند.

omoorepeyman.ir

ملزومات فنی و توصیه‌های ارائه شده در این راهنما مربوط به مواردی است که آسیب‌دیدگی یا شکست سد منجر به بروز تلفات جانی یا وارد آمدن خسارات به سازه‌های دیگر می‌شود. درجه‌بندی خسارات و تلفات با توجه به شرایط بالادست و پایین‌دست هر سد متفاوت بوده و تغییرات آنها نیز باید به صورت دوره‌ای بررسی و در صورت نیاز، تعیین طبقه‌بندی اصلاح گردد. در ادامه این راهنما، نحوه طبقه‌بندی عواقب ناشی از خرابی سدها و سازه‌های وابسته به آنها ارائه شده است.

مباحث مربوط به تامین امنیت و حراست سدها در برابر اقدامات غیرقانونی و تخریبی عمدی یا سهوی، حراست فیزیکی سد و سازه‌های وابسته، برنامه بازرسی امنیتی سد و سازه‌های وابسته، سامانه هشدار امنیتی، مقابله با حملات تروریستی، مدیریت بحران، جنگ و پدافند عامل و غیرعامل و سایر ملاحظات مربوط به آنها در چارچوب این راهنما نبوده و در صورت نیاز باید به صورت تکمیلی بررسی شوند. الزامات زیست‌محیطی، اجتماعی و فرهنگی مرتبط با ایمنی سد در هر پروژه متفاوت بوده و بستگی به ملاحظات قانونی دیگر نیز دارند. رسیدگی به این جنبه‌ها از مسوولیت‌های مسوولین یا مالکین سد می‌باشد.

کاربرد این راهنما برای سدها یا بندهای بلند تر از ۵ متر و حجم حداقل مخزن ۲۰۰۰۰۰ مترمکعب در نظر گرفته شده است. البته سایر سدها نیز اگر منجر به خسارات و تلفات قابل توجه شوند، مشمول ضوابط این راهنما می‌گردند. به‌عنوان مثال برای سدهای باطله یا سدهای واقع شده روی خاک‌های دستی و فرسایشی و هم‌چنین سدهای تاریخی نیز می‌توان از توصیه‌های این راهنما استفاده نمود. الزامات ایمنی این راهنما برای سدهای دایم و موقت یکسان می‌باشد.

omoorepeyman.ir

فصل ۱

ارزیابی ایمنی سدها و سازه‌های وابسته

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- طبقه‌بندی سدها

سازه‌های ذخیره و کنترل آب باید براساس عواقب ناشی از تهدید ایمنی آنها دسته‌بندی شوند. عواقب منجر به تلفات جانی باید به طور اخص و جدا از سایر عواقب نظیر عواقب اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بررسی گردد. برای سدهای جدید این طبقه‌بندی باید در مرحله مطالعات توجیهی مشخص شده و قبل از اولین آب‌گیری سد نیز بازنگری و تایید شود.

طبقه‌بندی عواقب ناشی از آسیب‌دیدگی سد، مبنای ارزیابی ایمنی و نیز تعیین سطح فعالیت‌های پایش تلقی می‌شود. در جدول (۱-۱) طبقه‌بندی کلی سدها براساس تلفات جانی و خسارات اقتصادی ارائه شده است. طبقه‌بندی می‌تواند براساس خصوصیات فیزیکی سد و احتمال خرابی نیز صورت پذیرد. سازه‌های جنبی را هم می‌توان به طور جداگانه طبقه‌بندی و ارزیابی نمود. خسارات مورد اشاره می‌تواند بر اثر وقوع حوادث زیر رخ دهد:

- شکست سد که منجر به رها شدن ناگهانی یا کنترل نشده آب مخزن شود.
- تشدید سیلاب‌های فصلی پایین‌دست با تخلیه هم‌زمان بیش از حد آب سد از مجاری و سرریزها و یا به صورت روگذری
- غرقاب شدن بالادست به علت پس زدن جریان سیلاب به‌خاطر وجود سد به صورت مانع در برابر جریان
- اختلال در تامین آب به علت از کار افتادن پمپ‌ها، خروجی‌ها یا آلودگی آب مخزن.
- اختلالات بهره‌برداری مانند باز شدن یا شکست ناگهانی دریچه‌ها.

جدول۱-۱- طبقه‌بندی کیفی سد براساس عواقب ناشی از شکست آن

دسته‌بندی عواقب	عواقب تجمعی بالقوه شکست سد	
	جانی	اجتماعی،اقتصادی یا زیست‌محیطی
خیلی زیاد	تلفات زیاد	خسارات شدید، در هر حال مقدار آن فرقی در طبقه‌بندی ایجاد نمی‌کند
زیاد	تلفات کم	خسارات زیاد
متوسط	تلفات ناچیز	خسارات متوسط
کم	بدون تلفات	خسارات کم در خارج از محدوده سد

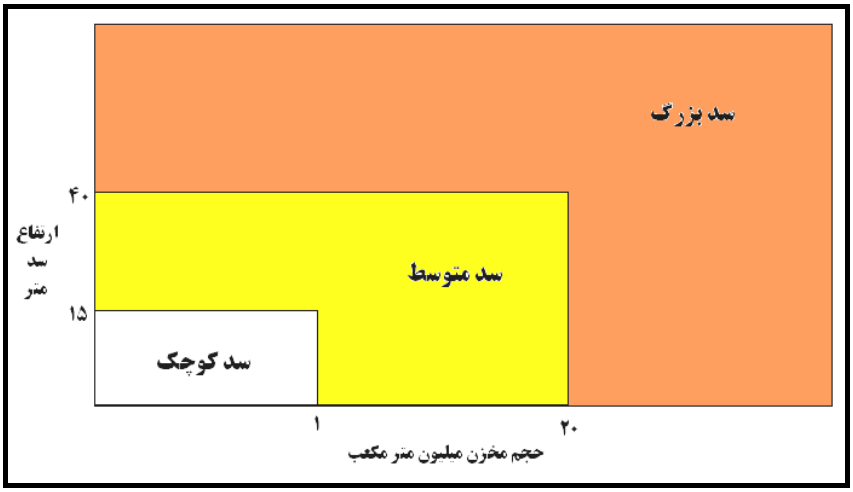
این طبقه‌بندی براساس عواقب تجمعی می‌باشد که علاوه بر خسارات وارده به خود سد و سازه‌های جنبی آن، شامل عواقب مستقیم ناشی از حادثه طبیعی یا بهره‌برداری نادرست در صورت عدم خرابی خود سد نیز می‌گردد. عواقب تجمعی شکست سد باید براساس موارد ذیل انجام شود:

- تلفات جانی
- خسارات اقتصادی که می‌تواند علاوه بر خرابی تاسیسات و ساختمان‌ها یا قطع شریان‌های حیاتی مانند راه و آب و برق، شامل خسارات زیست‌محیطی و اجتماعی نیز بشود. در محاسبه این خسارات ارزش ذخیره آب از دست رفته نیز لحاظ می‌شود.

در برخی راهنماها طبقه‌بندی سدها براساس ابعاد و حجم مخزن آنها صورت گرفته است، لکن این طبقه‌بندی به صورت کمی در تعیین عواقب به‌کار نمی‌رود. در مرحله تعیین عواقب علاوه بر میزان خطر و خسارات جهت تعیین ریسک، ضرایب اهمیت و اولویت نیز باید تعیین شوند. این ضرایب برمبنای نوع سد، ابعاد آن و حجم مخزن و خصوصیات پایین‌دست به‌دست می‌آیند. به‌عنوان مثال در

omoorepeyman.ir

شکل (۱-۱)، نمودار تعیین اندازه کلی سد بر حسب دو شاخص ارتفاع و حجم مخزن پیشنهاد شده است. در تعریف کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ غیر از سدهای کوچک بر مبنای شکل زیر، سایر سدها بزرگ محسوب می‌شوند.



شکل ۱-۱- تعیین اندازه کلی سد بر حسب دو شاخص ارتفاع و حجم مخزن

در بررسی عواقب، مواردی که هزینه آنها به صورت کمی قابل محاسبه نیست هم باید به نحوی در هر پروژه در نظر گرفته شود. هم‌چنین محدوده خسارات و مدت زمان خسارات و حساسیت پایین‌دست نیز باید مد نظر باشد. برنامه‌های توسعه در پایین‌دست و کاربری اراضی نیز از دیگر موارد شایان توجه می‌باشد. درصورتی‌که عواقب شکست سد کاملا مشخص و قابل کمی سازی نباشد، با بررسی اولیه و کلی حجم خسارات برآورد شده و در صورت قابل توجه بودن باید اقدام به مطالعات دقیق‌تری شود. درصورتی‌که عواقب برآورد شده بسیار کم باشد نیازی به تدقیق مطالعات نمی‌باشد. نوع و حجم عواقب بسته به نوع خطر یا عامل طبیعی مثلا سیل یا زلزله می‌تواند متفاوت باشد. بررسی عواقب شکست ناشی از زلزله باید براساس متوسط بده آب خروجی و تراز حداکثر بهره‌برداری انجام شود. در مورد لغزش شیب‌های مخزن نیز به طور مشابه باید عمل شود، مگر این‌که لغزش در اثر بارندگی شدید یا سیلاب رخ دهد.

برآورد خسارات اجتماعی و مشابه آن باید با توجه به معیارهای دستگاه‌های قانونی انجام شود. در برآورد تلفات جانی در محدوده آب‌گرفتگی پایین‌دست سد، معمولا ساکنین دایم و افرادی که موقتا اما به طور روزمره در آنجا مستقر می‌شوند نیز مورد احتساب قرار می‌گیرند.

سامانه‌های هشدار جزء جدایی‌ناپذیر و موثر در میزان عواقب شکست سدها هستند، لذا قابلیت اطمینان این سامانه‌ها در صورت وجود باید در ارزیابی ایمنی سد مشخص شود. اما در تعیین طبقه‌بندی عواقب برای مقاصد طراحی یا ارزیابی، اقدامات اضطراری مانند تخلیه پایین‌دست یا نظایر آن نباید جایگزین طراحی یا علاج‌بخشی سد تلقی گردد. در جدول (۱-۲) سامانه طبقه‌بندی کمی عواقب تهدید ایمنی سدها با روش امتیازدهی ارائه شده است.

سامانه‌های طبقه‌بندی سد در دنیا بین ۳ تا ۵ دسته عواقب معرفی نموده اند. سادگی، قابل فهم بودن و شفافیت از ویژگی‌های اصلی طبقه‌بندی عواقب ناشی از شکست سدها است. از آن‌جایی که این طبقه‌بندی به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی بحث ایمنی سدها بوده و بعضا باید به اطلاع کاربران پایین‌دست سد نیز برسد، باید دارای حداقل پیچیدگی باشد.

omoorepeyman.ir

باید توجه داشت که طبقه‌بندی عواقب ناشی از خرابی در سد، به هیچ وجه نشان دهنده ایمنی آن در برابر حوادث یا یکپارچگی سازه سد و یا مثلا قابلیت آن در کنترل سیلاب نمی‌باشد. این طبقه‌بندی صرفا با فرض آسیب‌دیدگی سد بوده و کمی سازی این فرض با انجام مطالعات ارزیابی ایمنی سد تحقق می‌یابد. طبقه‌بندی عواقب ممکن است در طول عمر سد به علت توسعه پایین‌دست یا عوامل دیگر دچار تغییراتی شود. این امر باید در بازنگری‌های دوره‌ای ایمنی سد مد نظر قرار گیرد.

عوامل مختلفی بر عواقب بالقوه ناشی از شکست سد تاثیرگذارند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- ارتفاع سد که با افزایش آن پتانسیل خطر نیز افزایش می‌یابد.

۲- حجم آب مخزن که با افزایش آن هم پتانسیل خطر افزایش می‌یابد.

۳- نوع محتویات مخزن (آب، فاضلاب، پساب یا پایاب معادن).

۴- شکل و خصوصیات هیدرولیکی پایین‌دست که بر مشخصات سیلاب رها شده تاثیر می‌گذارد.

۵- توسعه یافتگی اقتصادی، اجتماعی، نوع کاربری پایین‌دست و اکولوژی آن که نوع خسارات را تعیین می‌نماید.

۶- استفاده کنندگان از آب یا برق سد که در اثر قطع یا اختلال در آن ممکن است دچار بحران شوند.

جدول ۱-۲- سامانه طبقه‌بندی کمی عواقب تهدید ایمنی سدها با روش امتیازدهی

امتیاز عواقب شکست سد	**۰**	**۱**	**۲**	**۳**
تلفات جانی	غیر محتمل	احتمال کم	تلفات جزیی	تلفات زیاد
خسارات (اقتصادی، زیست‌محیطی، میراث فرهنگی)	کم اهمیت	کم	قابل توجه	زیاد
نیازهای استراتژیک به آب (هدف عملکردی سد)	کم	متوسط	زیاد	بحرانی
امتیاز خصوصیات سد	**۰**	**۱**	**۲**	**۳**
ارتفاع سد از پی (متر)	۵	۵ تا ۱۵	۱۵ تا ۴۰	۴۰ <
حجم کل مخزن (میلیون متر مکعب)	۰/۲	۰/۲ تا ۱	۱ تا ۲۰	۲۰ <
نوع سد	بتنی وزنی	بتنی قوسی، پایه دار	خاکی، سنگریزه‌ای	بنایی، باطله، سایر
امتیاز پتانسیل خطرات موجود	**۰**	**۱**	**۲**	**۳**
سامانه پایش، هشدار سیلاب و شرایط اضطراری	کامل	قابل قبول	ناقص	ندارد
لرزه‌خیزی منطقه و نزدیکی به گسل	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
شرایط هیدرولوژیکی (سیلابی) یا ژئولوژیکی ویژه	خیر	تا حدودی	یکی از دو مورد	هر دو مورد
طبقه‌بندی عواقب تهدید ایمنی سد	**کم**	**متوسط**	**زیاد**	**خیلی زیاد**
جمع امتیازات	کم‌تر از ۵	از ۵ تا ۹	از ۱۰ تا ۱۴	۱۵ و بیش‌تر

در مورد جدول فوق:

- تلفات جانی شامل ساکنین، کارکنان موقت، افراد عبوری از راه و راه آهن و گردشگران می‌باشد. احتمال تلفات بیش از ۱۰۰ نفر زیاد محسوب می‌شود. برای تلفات بیش از ۱۰۰۰ نفر ۵ امتیاز محاسبه می‌شود.
- خسارات شامل خسارات اقتصادی از جمله زیرساخت‌ها و شریان‌های حیاتی، مناطق مسکونی، تجاری،صنعتی، کشاورزی و دامداری، سازه‌های خصوصی، منابع آب از جمله خود مخزن و خسارات وارده به خود سد و سازه‌های وابسته به آن،

omoorepeyman.ir

خسارات زیست‌محیطی از جمله منابع طبیعی و حیات وحش و خسارات میراث فرهنگی و تاریخی و گردشگری می‌باشد. مجموع خسارات بیش از ۱۰۰۰ میلیارد ریال زیاد و خسارات کم‌تر از ۱ میلیارد ریال کم محسوب می‌شود (شاخص های اقتصادی سالیانه نسبت به سال مبنای انتشار راهنما می باید در تدقیق ارقام ذکر شده در نظر گرفته شود).

۱-۲- نوع و دوره‌های زمانی ارزیابی ایمنی سد

۱-۲-۱- نوع ارزیابی ایمنی

ارزیابی ایمنی در واقع بررسی وضعیت ایمنی سد با استفاده از بازرسی منظم سازه، پایش مستمر رفتار و تحلیل عملکرد آن و مرور مستندات طراحی اولیه و ساخت سد جهت اطمینان از ارضای معیارهای ایمنی است.

ارزیابی ایمنی فعالیتی است که از آغاز اجرا تا اتمام آن و قبل و در حین آب‌گیری انجام شده و در دوران بهره‌برداری جهت اطمینان از ایمنی سد، پی و تکیه‌گاه‌ها و سازه‌های وابسته استمرار یابد. در نمودار (۱-۱) سطوح مختلف بررسی ایمنی سد مشخص شده که در سه سطح پایش مستمر و ارزیابی کیفی، ارزیابی کمی و بازنگری جامع ایمنی تقسیم‌بندی گردیده است. ارزیابی کیفی ایمنی براساس پایش مستمر و ارزیابی کمی ایمنی سد و سازه‌های وابسته به آن می‌تواند توسط بهره‌بردار یا مسوول سد انجام شده و گزارش آن به دفتر ایمنی سدها ارائه شود. بازنگری ایمنی سد باید توسط مهندسین مجرب در دوره‌های زمانی منظم برای سد و سازه‌ها و تاسیسات وابسته به آن انجام پذیرد و باید دربرگیرنده مسایل طراحی، بهره‌برداری، نگهداری، پایش و برنامه اضطراری بوده تا بتوان از کفایت ایمنی در تمام جنبه‌ها اطمینان حاصل نموده و در صورت نیاز اصلاحات لازم را اعمال کرد.

در این کار باید توجه ویژه‌ای نسبت به نقاط ضعف احتمالی یا مشکوک و موارد بحرانی و تاثیرگذار در ایمنی سد داشت. در ارزیابی باید تمام اطلاعات مورد استفاده از ارزیابی‌ها و بازنگری‌های قبلی جهت افزایش قابلیت اطمینان به نتایج کار مد نظر قرار گیرند. یکی از کارهایی که باید در طی مراحل ارزیابی صورت پذیرد تعیین زمان ارزیابی بعدی است.

بازنگری ایمنی سد در صورت ایجاد تغییرات عمده در شرایط سد یا مراحل عمر آن ضرورت پیدا می‌کند. این تغییرات شامل موارد ذیل است:

۱- تغییرات اساسی در معیارهای طراحی اولیه
۲- یافتن هرگونه شرایط یا مساله غیرعادی قابل توجه در سد و سازه‌های وابسته
۳- پایان عمر بهره‌برداری سد
۴- پس از رخداد زلزله یا رخداد هیدرولوژیکی خاص یا هرگونه رخداد غیرمترقبه شدید

omoorepeyman.ir

نمودار ۱-۱- سطوح برنامه کنترل ایمنی سد

omoorepeyman.ir

گروه مهندسین بازنگری ایمنی سد باید حداقل شامل تخصص‌های زیر باشند:

۱- متخصص عمران مسلط به مسایل مربوط به طراحی و اجرا و بهره‌برداری سازه‌های مختلف مربوط به سد

۲- متخصص مکانیک مسلط به مسایل مربوط به تجهیزات مختلف مکانیکی و هیدرومکانیکی سد مانند دریچه‌ها

۳- متخصص ژئوتکنیک مسلط به مسایل مربوط به خاک و پی و زمین، دیواره ها و شیب‌ها و مسایل هیدروژئولوژی

۴- متخصص برق، کنترل و ابزار دقیق مسلط به مسایل مربوط به برق‌رسانی، سامانه‌های کنترل و ارتباطی و هشدار

۵- متخصص منابع آب مسلط به مسایل هواشناسی، هیدرولوژی، برنامه‌ریزی منابع آب و رسوب

ارزیابی و انتخاب گروه مجرب مهندسین مطالعات ارزیابی ایمنی سد به عهده مالک یا دستگاه اجرایی مربوط می‌باشد و معمولا از یک کمیته تخصصی جهت نظارت برای کنترل کار گروه ارزیابی استفاده می‌شود.

۱-۲-۲- دوره‌های زمانی ارزیابی ایمنی

در جدول (۱-۳) دوره‌های پیشنهادی برای انجام سطوح مختلف عملیات ارزیابی ایمنی براساس طبقه‌بندی عواقب تهدید ایمنی ارائه گردیده است. با در نظر گرفتن عواملی چون نوع، ارتفاع و شرایط سد می‌توان طبقه‌بندی متفاوتی نیز براساس ارزیابی احتمال خرابی انتخاب نمود که در این حالت براساس شرایط و رفتار سد ممکن است دوره‌های انجام ارزیابی ایمنی نیز متفاوت باشند.

ارزیابی ایمنی باید بر مبنای آخرین معیارها و استانداردها و دانش فنی موجود انجام شود که البته ممکن است با معیارهای زمان طراحی و ساخت سد متفاوت باشد. درصورتی‌که سد معیارهای موجود فعلی را برآورده ننماید، معمولا از روش‌های تحلیل ریسک برای بررسی نیاز به اقدامات علاج‌بخشی استفاده می‌گردد. حدود تفصیل و جزییات مورد نیاز در ارزیابی براساس اهمیت، حاشیه ایمنی اولیه طراحی و پیچیدگی سد و عواقب شکست آن مشخص می‌شود. در مراحل بازنگری، سطح عواقب نیز باید مورد تجدید نظر قرار گیرد چرا که ممکن است با گذشت زمان این عواقب دستخوش تغییراتی گردند.

جدول ۱-۳- حداکثر فواصل زمانی ارزیابی ایمنی سد براساس عواقب شکست آن

طبقه‌بندی عواقب	ارزیابی کیفی (سطح ۱)	ارزیابی کمی (سطح ۲)	بازنگری جامع (سطح ۳)
خیلی زیاد	مستمر (گزارش‌های سالانه)	۱ سال	۵ تا ۷ سال
زیاد	مستمر (گزارش‌های سالانه)	۱ سال	۷ تا ۱۰ سال
متوسط	براساس OMS[۱]	۲ سال	۱۰ تا ۱۲ سال
کم	براساس OMS	۳ سال	۱۲ تا ۱۵ سال
۱- دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش			

درخصوص سدهای با عواقب شکست متوسط و کم، در صورت بروز هرگونه موارد ریسک سازه‌ای بازه زمانی ارزیابی کمی باید به یک سال کاهش یابد.

در انجام ارزیابی نکات زیر باید مد نظر قرار گیرند:

- برای کلیه سدها بازرسی‌های منظم سالانه باید انجام شده و گزارش آن تحویل مقامات مسوول شود.
- کلیه سطوح ارزیابی ایمنی سدها با بررسی مجدد طبقه‌بندی عواقب شکست سد آغاز می‌شود، چرا که این طبقه‌بندی ممکن است تحت تاثیر تغییر و توسعه بالادست یا پایین‌دست یا خود سد دچار تغییر گردد و در نتیجه فواصل زمانی و فعالیت‌های ارزیابی ایمنی نیز تغییر می‌نمایند.

omoorepeyman.ir

میزان تلاش یا هزینه و زمان لازم برای انجام فعالیت‌های ارزیابی ایمنی سد با سطح عملیات پایش (دوره زمانی و جزییات ثبت شده)، مستندات ارزیابی‌ها و اقدامات انجام شده مانند تعمیرات و بازسازی‌ها، مقدار اشراف مهندس و شفافیت تفاوت دانش فنی زمان ساخت با شرایط فعلی ارتباط معکوس دارد. وجود اطلاعات مستمر و منظم از شرایط سد نیز تاثیر به‌سزایی در کاهش حجم فعالیت‌های ارزیابی و بازنگری ایمنی خواهد داشت. درصورتی‌که اطلاعات ارزیابی‌ها و بازنگری‌های قبلی کامل و در دسترس باشد، ارزیابی‌ها و بازنگری‌های بعدی با سهولت بیش‌تری انجام می‌پذیرد.

۱-۳- تبیین مسوولیت‌ها در ایمنی سد

۱-۳-۱- کلیات

مسوولیت‌های تمام جنبه‌های ایمنی در هر سد باید به طور مشخص تعریف شده و نمایندگان مسوول و تام‌الاختیار مرتبط با این جنبه‌ها باید معین شده باشند. اصولا مالک یا کارفرمای سد مسوول اصلی ایمنی آن است، در عین حال مسوول سد به نمایندگی از طرف مالک یا کارفرما عملا عهده دار مسوولیت سد می‌گردد.

۱-۳-۲- مالک سد

- مسوولیت‌های کلی

مالک سد باید از انجام ارزیابی ایمنی سد و اقدامات متقابل لازم جهت بهبود ایمنی اطمینان حاصل نماید. هم‌چنین مالک باید مطمئن باشد که بهره‌برداری و نگهداری سد توسط کارکنان مجرب و ماهر انجام می‌گردد. در مورد سدهای جدید نیز طراحی و ساخت باید توسط مهندسین حرفه‌ای و مجرب صورت پذیرد.

در مورد سدها با عواقب زیاد و خیلی زیاد ناشی از عدم ایمنی، مالک باید عملیات بازنگری مهندسی مستقلی جهت طرح‌های توسعه و ساخت تاسیسات جدید و یا بررسی نواقص و معایب سد و طراحی و اجرای علاج‌بخشی تاسیسات موجود، در صورت قابل ملاحظه بودن یا پیچیده بودن تهدیدها یا تهدید شدن ایمنی سد در حین اجرا، را در نظر بگیرد.

هم‌چنین مالک باید از کفایت و به‌هنگام بودن برنامه آمادگی اضطراری اطمینان حاصل نماید. از طرف دیگر مالک باید با اطلاع‌رسانی به موقع به کسانی که تحت تاثیر عواقب ناشی از تهدید ایمنی سد قرار می‌گیرند، آنها را به نحو مقتضی از محتوای برنامه ایمنی سد مطلع نماید. کنترل هرگونه فعالیت که ایمنی سد را تحت تاثیر قرار دهد مانند حفاری‌های مربوط به خطوط انتقال آب، نفت و گاز، راهسازی و تونل، اکتشافات ژئوتکنیک لرزه‌ای و نظایر این‌ها در مجاورت سد از دیگر وظایف مالک می‌باشد.

دستگاه‌های بیمه‌گذار برای بیمه کردن مسوولیت‌ها و عواقب ناشی از تهدید ایمنی سدها، باید معیارهای مشخصی برای تعیین خطرات زلزله، سیل و سایر حوادث محتمل در نظر گرفته و در صورت مشارکت، آگاهی یا نظارت کامل بر برنامه ارزیابی ایمنی و علاج‌بخشی سد داشته باشند. البته ممکن است طبقه‌بندی عواقب و خطرات با توجه به سیاست‌های کلی شرکت‌های بیمه، با موارد مندرج در راهنمای ایمنی سد تفاوت‌هایی داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۱-۳-۳- بازنگری جامع ایمنی سد

مالکین سدهای دارای عواقب زیاد و خیلی زیاد باید در فواصل زمانی منظم نسبت به بازنگری جامع وضعیت ایمنی سد اقدام نمایند تا کارآیی و موثر بودن برنامه ایمنی موجود مشخص شده و اصلاحات لازم در آن اعمال گردد. این بازنگری باید توسط مهندسین مجرب و حرفه‌ای مسلط به مساله مدیریت ایمنی سد انجام پذیرد. این گروه نباید هیچ منافع مشترکی با طراحان، مالکین و بهره‌برداران داشته باشند. جهت بازنگری برنامه ایمنی سد نیاز به تعیین معیارهای مرجع جهت مقایسه می‌باشد که شامل آیین نامه‌ها و دستورالعمل‌های معتبر ملی و بین‌المللی می‌گردد.

۱-۳-٤- انتقال مالکیت سد

در هنگام انتقال مالکیت سد هر دو طرف باید از وضعیت ایمنی آن آگاهی کامل داشته باشند. مالک قدیم باید مالک جدید را از مسوولیت‌های وی در قبال ایمنی سد آگاه سازد. اسناد انتقال مالکیت باید حداقل در بر گیرنده مواد ذیل باشد:

- سری‌های تاریخی هیدرولوژی سد شامل داده‌های مقادیر ورودی و هیدروگراف سیلاب‌های به‌وقوع پیوسته
- اطلاعات تاریخی ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک سد
- سوابق فعالیت مشاوران طراح و علاج‌بخشی‌ها
- سوابق فعالیت پیمانکاران ساخت، تعمیرات مهم و علاج‌بخشی‌ها و گزارش‌های مستندسازی دوران ساخت
- نتایج بررسی وضعیت پی و عملیات اکتشافی و آزمایش‌ها
- جزییات طراحی و نقشه‌های چون ساخت
- تاریخچه حوادث در طول عمر سد و سوابق هشدارهای اضطراری
- نتایج ثبت ابزار دقیق و پایش
- گزارش‌های بازرسی و بازدیدکنندگان تخصصی در دوران بهره‌برداری
- گزارش‌های ارزیابی و بازنگری جامع ایمنی
- برنامه آمادگی اضطراری و مطالعات مربوط به آن
- آخرین نسخه دستورالعمل‌های بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد و تاسیسات وابسته
- سوابق تغییرات، عملیات اصلاحی و بهسازی و علاج‌بخشی
- مجموعه بخشنامه‌ها و ضوابط دستگاه‌های نظارتی و سیاست‌گذار

۱-۳-۵- مهندس واجد صلاحیت

ارزیابی و بازنگری جامع ایمنی سد باید توسط مهندس حقیقی متخصص تایید شده توسط دستگاه‌های نظارت عالیه حکومتی یا شرکت واجد صلاحیت حرفه‌ای و مجرب در طراحی، ساخت، ارزیابی عملکرد و بهره‌برداری سد انجام شود، که به هزینه مالک برای این کار انتخاب می‌شود. در صورت استفاده از سایر مهندسین متخصص در رشته‌های تخصصی مختلف مندرج در بند ۱-۲-۱ برای تهیه گزارش ارزیابی و بازنگری ایمنی سد، مسوولیت کلیه نتایج ارائه شده و گزارش‌های مربوط به‌عهده این مهندس یا شرکت

omoorepeyman.ir

می‌باشد. وظیفه تفسیر صحیح و مناسب مفاد این راهنما و انتخاب رویکرد صحیح در مواردی که راهنما اطلاعات جزیی را ارائه نمی‌دهد نیز به‌عهده این مهندس مشاور یا شرکت می‌باشد.

۱-۳-٦- دستگاه‌های دولتی ستادی

دستگاه‌های دولتی مسوول و مرتبط با امور سدها می‌توانند ضوابط قانونی خود را در کنار ضوابط این راهنما اعمال نمایند. وظایف عمومی این دستگاه‌ها شامل موارد ذیل است:

- تهیه ضوابط، راهنماها و دستورالعمل‌های مورد نیاز
- ایجاد پایگاه و بانک اطلاعاتی وضعیت به روز بهره‌برداری و ایمنی سدها
- زیر نظر داشتن وضعیت تمام سدهای در محدوده تحت پوشش آنها
- الزام مالکان یا مسوولین مستقیم سدها به رعایت ضوابط ایمنی سدها
- الزام مالکان یا مسوولین مستقیم سدها به ارسال رونوشت گزارش‌های دوره‌ای ایمنی سد
- تایید یا رد گزارش ایمنی سد با ارائه دلایل کتبی در صورت رد آن، شامل عدم صلاحیت مهندس یا شرکت مربوط، نواقص کار یا نتیجه ناصحیح به‌دست آمده
- نظارت عالیه در مورد بهبود بهره‌برداری، پایش، بازرسی یا نگهداری سد، بهبود برنامه آمادگی اضطراری یا آموزش کارکنان یا بهبود ایمنی سازه‌های مربوط براساس توصیه‌های مهندس مشاور یا شرکت تهیه کننده گزارش ارزیابی یا بازنگری ایمنی سد
- تعیین زمان بازنگری جامع ایمنی سدهای موجود
- تهیه چک لیست یا نمونه گزارش ایمنی سد به‌عنوان معیار کنترل کیفی گزارش‌ها
- پذیرش یا رد برنامه از رده خارج کردن سد
- انجام بازرسی‌های موردی و دوره‌ای
- بررسی و تایید درخواست‌های انجام مطالعات بازنگری جامع ایمنی سدها
- بررسی و تایید درخواست‌های انجام مطالعات علاج‌بخشی و بهسازی سدها
- دریافت و بررسی گزارش‌های فنی و توجیهی مطالعات طراحی عملیات علاج‌بخشی و بهسازی جهت تایید قبل از تهیه اسناد پیمان و اجرا
- انجام نظارت عالیه در اجرا و کنترل کیفی عملیات علاج‌بخشی و بهسازی و بررسی تطابق و تغییرات آن نسبت به طرح مصوب
- ارائه توصیه‌های لازم به بهره‌بردار و مالک در رعایت احتیاطات و کنترل‌های مورد نیاز در مورد پروژه‌های استخراج معادن و حفاری‌ها و سایر عملیات اجرایی در مجاورت سدها که ممکن است بر ایمنی و پایداری آنها اثر منفی بگذارند و در صورت لزوم پیگیری رفع تبعات آنها.
- بایگانی اطلاعات تماس و سوابق کارکنان سابق سد و سایر کارشناسان دارای سابقه همکاری با سد

omoorepeyman.ir

- کنترل وضعیت کمی و کیفی نیروهای شاغل در بهره‌برداری و نگهداری و ایمنی سدها
- سیاست‌گذاری و پیگیری ارتقای سطح آموزش‌های تخصصی نیروهای شاغل در سدها

محورهای اصلی فعالیت‌های ستادی عبارتند از:

۱- جنبه‌های حقوقی و قانونی و محدوده مسوولیت‌ها

۲- جنبه‌های فنی و مهندسی

۳- جنبه‌های مدیریتی شامل مدیریت کاهش اثرات بلایای طبیعی بر سدها، مدیریت ریسک و ارزیابی اثرات بلایای طبیعی بر سدها و مدیریت بحران در صورت عدم کنترل بلایای طبیعی و حوادث در سدها

برنامه جامع ایمنی سد با سازمان‌ها، شرکت‌ها، دستگاه‌های حکومتی و خصوصی مختلف و عموم افراد و شخصیت‌های حقیقی و حقوقی تاثیر پذیر از منافع سد ارتباط پیدا می‌کند. محدوده این تاثیر برای سدهای بزرگ و پروژه‌های برقابی گاهی بسیار وسیع و در حد ملی و در پروژه‌های مرزی گاهی درحد منطقه‌ای یا بین‌المللی است. از این رو برنامه اقدامات اضطراری در سدها نیز ممکن است جنبه‌های منطقه‌ای یا بین‌المللی پیدا کند.

۱-٤- تعیین معیارهای ایمنی

۱-٤-۱- مبانی تعیین معیارهای ایمنی

سد، پی و تکیه‌گاه‌های آن باید طوری طراحی و ارزیابی شوند که، تمام بارهای فوق‌العاده را مشابه بارهای عادی به طور ایمن و بدون شکست تحمل نمایند. اصولا هر جزیی از سد یا سازه‌های وابسته که در شکست و تشدید عواقب ناشی از آن اثر بیش‌تری دارد، باید دارای تراز ایمنی بالاتری باشد. برای انتخاب معیار بارهای فوق‌العاده می‌توان از رویکرد تحلیل ریسک استفاده نمود. سدی که عواقب ناشی از شکست آن بیش‌تر است تحت بارها و با استانداردهای بالاتری نیز باید طراحی و ارزیابی شود.

برای سازه‌های آبی موقت طول عمر سازه نیز در تعیین بارها و ضرایب ایمنی موثر است. در این حالت معیارهای طراحی و ارزیابی بستگی به مراحل بهره‌برداری حال و آینده سازه سد دارد. معیارهای حوادث فوق‌العاده دیگر غیر از زلزله و سیل باید سازگار با تراز مربوط به این دو در نظر گرفته شود. برای سدهای فرازبند و نشیب بند معیار بارگذاری یا تراز ایمنی در هر مرحله ساخت سد بستگی به عواقب شکست در آن مرحله داشته و در عین حال شرایط مراحل آینده را نیز در نظر می‌گیرد. معیارهای ارزیابی ایمنی برای انواع سد در بخش‌های بعدی این راهنما به تفکیک ارائه شده‌اند.

یکی از مهم‌ترین مراحل در تعیین تراز ایمنی اجزای مختلف سد شناخت این اجزا، رفتار آنها در برابر بارهای مختلف، نقش آنها در عملکرد سد و ایجاد خرابی منجر به عواقب در سد است. اجزای مختلف سد به طور مشترک و زنجیروار عملکرد کلی سد را نتیجه می‌دهند، لذا در این زنجیره برخی اجزا نقش اصلی‌تری ایفا نموده و اجزای بحرانی محسوب می‌گردند.

تجربه نشان داده است که سرریز، مجاری خروجی تخلیه آب به ویژه تخلیه کننده تحتانی و خود بدنه و پی سد بحرانی‌ترین اجزای سد در تعیین ایمنی آن هستند. این اجزا باید در بدترین شرایط بارگذاری یکپارچگی خود را حفظ نموده و منجر به ایجاد فاجعه نشوند. البته تحمل آسیب یا خسارات به‌شرطی که این معیار را نقض نکند می‌تواند پذیرفته شود. در ارزیابی ایمنی سدهای موجود

omoorepeyman.ir

روش‌های تحلیل ریسک احتمالاتی، تعیینی و یا ترکیبی از این دو برای اطمینان از این‌که عواملی مانند فرسایش و آب‌شستگی داخلی بدنه یا پی و یا مثلا بسته شدن ورودی سرریز به‌دلیل تجمع آشغال به‌درستی در نظر گرفته می‌شوند مفید می‌باشند.

۱-٤-۲- از رده خارج کردن سد

زمانی‌که شرایط از رده خارج کردن سد بر طبق برنامه بهره‌برداری مربوط احراز شود، سد غیرقابل استفاده می‌شود. درصورتی‌که احراز سطح ایمنی قابل قبول برای سد با عملیات علاج‌بخشی یا هر روش دیگر ممکن نبوده یا توجیه مهندسی و اقتصادی مناسبی نداشته باشد، تغییر شرایط بهره‌برداری یا از رده خارج کردن سد در دستور کار قرار می‌گیرد. از رده خارج کردن سد موکول به انجام مطالعه و تهیه و تصویب طرح و برنامه آن خواهد بود.

۱-۵- برنامه بهره‌برداری سد

۱-۵-۱- کلیات

بهره‌برداری و نگهداری و نظارت مناسب باید جهت دستیابی به تراز قابل قبول ایمنی سد در نظر گرفته شود. برای این‌کار دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش شامل کلیه ملاحظات مربوط باید در حین طراحی تفصیلی سد و تدقیق شده در پایان ساخت تهیه شده و به‌نحو مناسب به مرحله اجرا در بیاید. این دستورالعمل که در برگیرنده اطلاعات کافی جهت نظارت، بهره‌برداری و نگهداری در شرایط ایمن بوده و نمایشگر رفتار به منظور تشخیص هرگونه علایم رفتار غیرطبیعی است, باید در فواصل زمانی مناسب به روز شود.

در این دستورالعمل اطلاعات کلی سد شامل نوع، ابعاد، طبقه‌بندی عواقب شکست، عمر سد، موقعیت و نحوه دسترسی نیز موجود می‌باشد. مقدار جزییات موجود در این دستورالعمل بستگی به نوع و طبقه‌بندی سد دارد. به‌عنوان مثال سد با عواقب کم دستورالعمل مختصرتری خواهد داشت. زنجیره مسوولیت‌ها و ملزومات آموزش کارکنان در سطوح مختلف نیز در این سند گنجانده می‌شود.

هم‌چنین روال تهیه نسخه رسمی و یا تجدید نظر شده سند باید در آن شرح داده شود. تجدید نظر لازم براساس ارزیابی یا بازنگری ایمنی سد زیر نظر مسوول همان برنامه انجام می‌گردد. تغییراتی از قبیل جابه‌جایی کارکنان یا ساختار سازمانی نیز ممکن است در طی این فرآیند صورت پذیرد. جهت اطمینان از اعمال هرگونه تغییر از این دست، دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش باید حداقل سالی یک‌بار مورد بازنگری قرار گیرد. برای سدهای جدید این دستورالعمل باید انجام عملیات اولین آب‌گیری را نیز دربرگرفته باشد.

در مورد سدهای باطله و صنعتی دستورالعمل فوق مراحل ساخت، آب‌گیری و اتمام کار و تعلیق موقت را در بر گرفته و در هر یک از این مراحل می‌تواند مورد بازنگری قرار گیرد. دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش برای اتمام کار سدهای باطله باید:

- تمام فعالیت‌های بهره‌برداری و نگهداری مربوط به اتمام کار سد و بستن تاسیسات را با جزییات مشخص کند.
- نقاط و نکات حساس و مورد توجه را مشخص و تشریح نماید.
- توصیه‌های لازم برای ادامه کار بهره‌برداری، نگهداری و پایش را ارائه نماید.

omoorepeyman.ir

برای عملیات بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد باید از کارکنان مجرب و آموزش دیده استفاده شود.

محدوده وظایف و مهارت‌های بهره‌برداران در ارتباط با ایمنی سد باید تعریف شده باشد. در صورت لزوم برنامه آموزش لازم برای تربیت کارکنان باید در نظر گرفته شود.

کلیه اطلاعات و موارد لازم در سد باید به نحو مناسب مستندسازی و ذخیره شود.

اطلاعات لازم و وقایع باید به طور مرتب و بسته به نوع سد ثبت شود. پرونده سابقه سد باید قابل ارائه به دستگاه‌های مسوول یا مالک یا بهره‌بردار جدید بوده یا جهت بازنگری ایمنی قابل استفاده باشد. نسخه‌ای از این پرونده باید در خارج از محل سد نیز نگهداری شود. موارد ذیل معمولا در این پرونده ثبت می‌شود:

- اطلاعات و شرایط آب و هوایی
- تغییرات ایجاد شده در بهره‌برداری عادی
- وضعیت مخزن نسبت به منحنی فرمان
- اتفاقات غیرمترقبه یا فعالیت‌های عمومی
- هشدارها یا اطلاعیه‌ها
- فعالیت‌های بازرسی
- گزارش آزمایش‌های تجهیزات هیدرومکانیک و مجاری آب بر

موارد ذیل نیز باید در پرونده سوابق دایمی ثبت شود:

- دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش (OMS)
- توصیه‌های ارائه شده توسط دستگاه‌های قانونی، طراح سد یا سایر مسوولین و سابقه تطبیق و جزییات فعالیت‌های علاج‌بخشی صورت گرفته
- نقشه‌های چون ساخت اولیه و مربوط به هرگونه عملیات اجرایی بعدی
- قرائت‌های ابزار و خلاصه گزارش عملکرد سد
- تمام اطلاعات طراحی شامل موارد اولیه و اصلاحات بعدی
- گزارش‌های بازرسی‌ها و بازنگری‌های ایمنی دوره‌ای و جامع سد
- سابقه رفتار سازه‌ای سد
- مستندات تصویری

جهت دسترسی به اطلاعات، راهنما و فهرست‌ها و نشانگرهای کافی باید در نظر گرفته شود.

علاوه بر بازنگری کلی بهره‌برداری در قالب برنامه ارزیابی یا بازنگری ایمنی سد، کفایت بهره‌برداری باید به طور پیوسته بررسی و احراز گردد. کفایت بهره‌برداری به معنی اطمینان از عملکرد مناسب (با پایش، آزمایش بهره‌برداری و ارزیابی) مولفه‌هایی است که خرابی آنها یا اجزائشان در قابلیت بهره‌برداری ایمن از سد تاثیر می‌گذارد. از مهم‌ترین این اجزا عبارتند از:

۱- دریچه‌های کنترل خروج سیلاب
۲- دریچه‌ها و شیرهای هدایت و بستن جریان
۳- دریچه‌های اضطراری و فیوزها (مانند فیوز پلاگ‌ها و سرریزهای فیوز)

omoorepeyman.ir

۴- سامانه مانور شامل قلاب‌ها و تجهیزات حرکتی دریچه‌ها و تجهیزات ایمنی مربوط به آنها مانند کلیدهای خودکار و هوشمند و سامانه‌های قفل کننده در شرایط خرابی

۵- پمپ‌های تنظیم بده و تجهیزات مربوط

۶- سامانه حفاظت در برابر خوردگی مانند حفاظت کاتدی (کنترل این سامانه برای کلیه تجهیزات مکانیکی و هیدرومکانیکی و الکتریکی و سازه‌ها و سامانه‌های پایدار کننده ژئوتکنیکی مانند مهارها اجتناب‌ناپذیر است)

۱-۵-۲- ارزیابی دستورالعمل بهره‌برداری

۱-۵-۲-۱- اطلاعات طراحی

بهره‌برداری سد نباید هیچ یک از فرضیات مهم طراحی را که بر ایمنی تاثیر می‌گذارند نقض نماید.

دستورالعمل مراحل بهره‌برداری اولیه سدهای جدید باید تمام الزامات مربوط به آب‌گیری، حداکثر جریان‌های مجاز، سطوح مخزن و روش کاهش تراز آب در شرایط اضطراری را تعیین نموده باشد. طراحان باید عامل‌های بهره‌برداری تاسیسات تخلیه کننده شامل منحنی‌های بده- تراز، ملزومات انرژی مورد نیاز و محدودیت‌های آنها را برای استفاده بهره‌بردار مشخص نمایند.

۱-۵-۲-۲- تدابیر مدیریت سیلاب

در فصول سیلابی تعداد یا ظرفیت کافی دریچه‌ها و تاسیسات تخلیه تا حد سیلاب طراحی باید در وضعیت آماده قرار داشته باشند. مراحل کارکرد ایمن و محدودیت‌های عملکردی دریچه‌ها و سامانه‌های تخلیه باید مدون و مشخص شده باشند. محدودیت‌های مربوط به کاهش سطح مخزن نیز باید تبیین شده باشند، تا بتوان به مناسب‌ترین و ایمن‌ترین نحو ممکن نسبت به تخلیه سیلاب‌ها اقدام نمود. براساس مجموعه این معیارها، ملاحظات و اسناد مدون، مخزن مورد بهره‌برداری و مدیریت قرار می‌گیرد.

توصیف و مشخصات قسمت‌های مختلف مرتبط با عملیات فوق باید موجود بوده و همواره راهنمای استفاده از طرف سازنده تاسیسات در دسترس باشد. جهت بهره‌برداری عادی و اضطراری تاسیسات، دستورالعمل‌های فشرده و مختصر جهت استفاده کارکنان مجرب که ممکن است لزوما با جزییات تمام دستگاه‌ها هم آشنا نباشند باید موجود باشد. هرگونه محدودیت یا قیدی در استفاده از این تاسیسات باید همراه با عواقب نقض یا عدم رعایت آنها بوده و برای استفاده کننده مشخص شود.

جزییات مورد نیاز برای شرایط بهره‌برداری باید مواردی از قبیل بده جریان‌های ورودی و خروجی، ترازهای عادی، احجام ذخیره آب، منحنی‌های بده– تراز سرریز و پایاب، عامل‌های بهره‌برداری سرریز، محدودیت‌های زیست‌محیطی و تامین برق را به‌وضوح تعیین نماید. پتانسیل‌های شرایط اضطراری همراه با توصیه‌ها و اقدامات لازم مربوط و قیود لازم باید به طور کامل فهرست شوند. دستورالعمل‌ها باید جزییات ظرفیت‌های جریان عبوری سازه‌ها و ترازهای آب و نیز محدوده‌های تحت تاثیر جریان‌ها را به‌همراه سامانه‌های هشدار و سامانه‌های تامین برق اولیه و پشتیبان ارائه نمایند.

۱-۵-۲-۳- روند بهره‌برداری اضطراری

روند کنترل مخزن و تخلیه یا پایین آوردن تراز آب مخزن در شرایط اضطراری باید تبیین شود.

omoorepeyman.ir

هرگونه توصیه خاص برای بهره‌برداری از سرریزها و کاهش تراز آب مخزن برای کنترل شرایط اضطراری باید ارائه شود. این توصیه‌ها شامل تراز حداکثر مجاز مخزن، نرخ مجاز افزایش یا کاهش تراز، مشکلات ناشی از افزایش جریان در پایین‌دست، محدودیت‌های نرخ افزایش جریان، فهرست نواحی مستعد غرقابی در سواحل رودخانه و شیب‌های مخزن نیز می‌گردد. مراحل تخلیه مخزن در صورت شکست یا آسیب‌دیدگی سد شامل ملاحظات کاهش یا پیشگیری از وارد آمدن آسیب به تاسیسات موجود و محدودیت سرعت کاهش تراز آب مخزن نیز باید ارائه گردد.

۱-۵-۲-٤- روباره و یخ

درصورتی‌که احتمال ورود مقادیر قابل توجه روباره یا یخ به مخزن وجود داشته باشد، روش مناسبی جهت اداره آنها باید در نظر گرفته شود. جزییات، عملکرد و فعالیت‌های لازم برای جمع‌آوری زباله‌ها و روباره‌ها و یخ‌ها و نیز جمع‌آوری رویش گیاهان یا یخ‌زدگی روی سازه‌ها یا دریچه‌ها باید در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش مشخص شود. هم‌چنین عملکرد هرگونه سامانه آشغالگیر، یخ شکن یا ضد یخ‌زدگی باید توضیح داده شود.

۱-۵-۲-۵- پیش‌بینی سیلاب

منبع هر سامانه اطلاعاتی پیش‌بینی سیلاب باید در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش مشخص شود. منبع اطلاعات پیش‌بینی سیلاب باید رسمی و مشخص باشد، ضمن این‌که منابع دیگر اطلاعاتی نیز باید فهرست شوند. مشخصات هیدروگراف ورودی سیلاب طراحی، روش تخمین آن و ظرفیت تاسیسات موجود نیز باید شرح داده شود.

۱-۵-۲-٦- تعادل آب در سدهای باطله

در سدهای باطله تعادل آب باید به طور منظم و حداقل سالانه بررسی شود تا اطمینان کافی از عملکرد ایمن در شرایط سیلاب یا خشک حاصل گردد. مدل تعادل آب برای پیش‌بینی جریان‌های ورودی، مدیریت جریان‌های خروجی، تعیین ابعاد تصفیه‌خانه‌ها، پیش‌بینی ترازهای مخزن و برنامه افزایش ارتفاع سد باید در مرحله طراحی تعیین شده باشد. تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها و تلفات آب باید در مطالعات تعادل مخزن در نظر گرفته شوند.

ورودی‌ها و تلفات آب این سدها ممکن است به صورت روزانه، ماهانه یا سالانه تغییر نماید. این تغییرات باید در مطالعات لحاظ شوند و البته ممکن است با مقادیر میانگین اختلاف زیادی داشته باشد. حداقل مواردی که در این مطالعات باید مد نظر قرار گیرند عبارتند از:

- بارش
- آب انتقالی به حوضچه یا مخزن
- ورودی آب‌های معدنی یا چشمه‌ها
- سایر ورودی‌ها و خروجی‌ها مانند تبخیر، آب باقی‌مانده در مخزن، تراوش و آب ورودی و خروجی کشاورزی یا صنایع

این مطالعات باید توسط مهندسین مجرب در بهره‌برداری سدهای باطله و آگاه به طراحی سد و مسایل هیدرولوژی انجام شده و به صورت دوره‌ای در طول عمر سد تکرار گردد. مدیریت آب و تعادل آن برای سدهای مهم باید به صورت منظم کنترل شود. در

omoorepeyman.ir

صورت وقوع هرگونه رخداد هیدرولوژیکی یا تغییر در عامل‌های ورودی و در صورت تعلیق در بهره‌برداری یا توقف کار سد این مطالعات باید مورد بازنگری قرار گیرد.

۱-۵-۲-۷- شاخص های ارزیابی برنامه بهره برداری

از نشانه‌های یک برنامه بهره‌برداری خوب و مناسب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- وجود یک فرد مجرب و ماهر به‌عنوان مسوول عملیات بهره‌برداری دارای سامانه مستندسازی مناسب و مسلط به دستورالعمل بهره‌برداری.

۲- وجود فهرست کاملی از شرایط فوق‌العاده بهره‌برداری و برنامه یا برنامه‌های مدون عملیاتی برای مدیریت آنها.

۳- وجود سامانه پویا و فعال پایش و بایگانی منظم ذخیره نتایج و مکانیزم هشدار در صورت تجاوز از حدود مجاز.

۴- وجود برنامه مدون اقدامات اضطراری با عامل‌های مشخص مانند تخمینی از فرصت موجود قبل از وقوع خرابی یا شکست.

۵- سرعت و سهولت به کار افتادن سامانه‌های اضطراری که البته به طراحی آن ارتباط پیدا می‌کند. به‌عنوان مثال سرریز تخلیه اضطراری سیلاب بدون دریچه بهتر از سرریز با دریچه است.

۶- قابلیت و امکان اقدامات سریع در شرایط اضطراری.

۷- مشخص بودن اقدامات لازم در صورت وقوع رخدادهای غیرمترقبه مانند سیل یا زلزله.

۸- وجود ساختار مناسب تشکیلاتی در مدیریت بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد.

۹- وجود دستورالعمل‌های بهره‌برداری از کلیه تجهیزات و تاسیسات سد در شرایط عادی و اضطراری.

۱۰- وجود دستورالعمل‌های نگهداری از کلیه تجهیزات و تاسیسات سد.

۱۱- وجود سوابق و مستندات مدون از دوران طراحی، ساخت و بهره‌برداری.

ملاحظات مهم در عملیاتی کردن برنامه بهره‌برداری عبارتند از:

۱۲- پیش‌بینی دسترسی مناسب در حالت عادی و اضطراری به تجهیزات و تاسیسات مورد بهره‌برداری.

۱۳- توجه به مشکلات احتمالی کارکرد تجهیزات. به‌عنوان مثال باز کردن کامل شیرها در سیلاب به‌دلیل گیرکردن آشغال در آنها ممکن است باعث بروز مشکلاتی در بستن آن شود. ابزار پایش نیز اگر در معرض عبور و مرور یا برخورد و ضربه باشند، ممکن است از حالت تنظیم خارج شده و نتایج نادرستی را نشان دهند.

۱۴- تجهیزات مجهز به سامانه‌های هوشمند و یا الکتریکی باید دارای سامانه پشتیبان (مثلا برق اضطراری) و نیز قابلیت کارکرد دستی باشند.

۱۵- سادگی، شفافیت، بیان گام به گام مراحل کار، بیان صریح محدودیت‌های تراز آب و حداکثر بده خروجی مجاز در فصول مختلف سال و تبیین محدودیت‌های مهم کارکرد تجهیزات مختلف در برنامه بهره‌برداری که روانی کاربرد آن را بیش‌تر می‌سازد.

omoorepeyman.ir

۱-٦- برنامه نگهداری سد

۱-٦-۱- ارزیابی دستورالعمل نگهداری

رویکردها، روش‌ها و مسوولیت‌ها در نگهداری سد و سازه‌های وابسته به منظور اطمینان از عملکرد ایمن و قابلیت بهره‌برداری کامل باید تبیین و تدوین شود. تمام تجهیزات مربوط به ایمنی سد باید دردوره‌های زمانی معین مورد بازرسی و آزمایش قرار گرفته تا بتوان از عملکرد مناسب آنها اطمینان حاصل نمود.

روند نگهداری و تعمیرات مورد نیاز باید مشخص بوده و با شروع بهره‌برداری از سد آغاز گردد. کلیه این موارد باید در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش برای خود سد و سازه‌های جنبی ارائه گردد. راهنماهای ارائه شده توسط سازندگان تجهیزات باید به‌همراه دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش در دسترس باشند. براساس نتایج بازنگری ایمنی، اقدام مناسب در جهت تغییر شرایط و مشخصات تاسیسات، روال بازرسی، نگهداری یا تعمیرات باید در نظر گرفته شود. ابزاربندی لازم برای آگاهی از شرایط کلیه مولفه‌ها باید در حد کافی در نظر گرفته شده و سامانه‌های جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات در شرایط مطلوب نگهداری شوند. ملاحظات اصلی نگهداری انواع مختلف سازه‌ها و تجهیزات در ادامه به طور خلاصه بیان شده‌اند.

۱-٦-۲- سدها و سازه‌های بتنی

فشار بر کنش و فشار حفره‌ای ناشی از نفوذ آب از مهم‌ترین دلایل تشدید کننده ناپایداری موضعی یا کلی در سازه‌های بتنی هستند. از طرف دیگر عوامل فرساینده و زوال دهنده مانند نشست سازه‌ها خصوصا به صورت نامتقارن و کنترل نشده یا یخ‌زدگی سطحی و عمقی نیز می‌توانند باعث کاهش سطح ایمنی این سازه‌ها شوند. هم‌چنین اثرات یخ–ذوب و واکنش قلیایی سنگدانه‌های بتن می‌توانند در دراز مدت به طور جدی ایمنی سازه را تهدید نمایند.

بنابراین برنامه نگهداری دراز مدت یا سالانه سازه‌های بتنی باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

۱- پاک‌سازی منظم زهکش‌ها، چاهک‌های زهکشی و چاهک‌های آزادسازی فشار،
۲- آب‌بندها و کنترل مقدار نشت از آنها،
۳- پمپ‌های تخلیه آب از حوضچه‌های زهکشی،
۴- تجهیزات پایش و ابزاربندی،
۵- زدودن روباره‌های مخزن از سطوح سازه‌ها،
۶- سامانه‌های محافظت بتن مسلح در برابر خوردگی،
۷- کنترل سلامت سطوح نمایان بتن.

سایر موارد نیز بسته به شرایط محل انتخاب می‌گردد.

۱-٦-۳- سازه‌های فلزی

الزامات نگهداری سازه‌های فلزی مانند دریچه‌ها، استاپ لاگ‌ها، ریل‌ها و مجاری عبور آب شامل پایش،کنترل و در صورت لزوم انجام اقدامات و نگهداری در خصوص نکات ذیل هستند:

omoorepeyman.ir

۱- کنترل امتدادهای شیار دریچه‌ها و استاپ لاگ‌ها و قلاب‌های جابه‌جایی آنها،
۲- میل مهارها، پیچ سنگ‌ها و تاندون‌های پیش تنیده،
۳- پیچ‌ها، پرچ‌ها و جوش‌ها،
۴- پوشش‌ها و سامانه‌های محافظت در برابر خوردگی سطوح فلزی،
۵- جزییات تکیه‌گاه‌های فلزی و پوشش‌های فلزی مجاری آب،
۶- سلامت تزریق پشت پوشش‌ها، اطراف مهارها و تکیه‌گاه‌ها و سایر نقاط لازم،
۷- تجهیزات پایش و ابزاربندی سازه‌های فلزی،
۸- تمیزکاری سطوح فلزی جهت کنترل.
سایر موارد نیز بسته به نوع سازه‌های فلزی و شرایط محل انتخاب می‌گردد.

۱-٦-٤- سدها و سازه‌های خاکی

در این سازه‌ها کارهای نگهداری عمدتا شامل کنترل تراوش و فرسایش به منظور جلوگیری از زوال سازه و گسترش مسیرهای تراوش آب است. برنامه نگهداری دراز مدت این سازه‌ها شامل اقداماتی نظیر پایش، کنترل و در صورت لزوم انجام اقدامات نگهداری در خصوص موارد زیر است:

۱- کنترل منظم ابزاربندی و سامانه پایش،
۲- سنگ‌چین‌ها و روکش‌های بتنی بالادست و پایین‌دست،
۳- وضعیت تاج سد، نشست‌ها، ترک‌ها، برآمدگی‌ها، تغییر راستا و فرسایش آن،
۴- رویش گیاهان و عبور حیوانات، افراد یا وسایل نقلیه،
۵- پایداری شیب‌ها خصوصا شیب بالادست بدنه، تکیه‌گاه‌ها، ترانشه‌ها، دامنه‌های مخزن و تحکیمات سطوح،
۶- سامانه آب‌بندی و زهکشی سد، میزان تراوش آب و گالری‌های زهکشی و پرده آب‌بند،
۷- زدودن روباره‌های بالادست و پاک‌سازی مخزن از اجسام شناور،
۸- وضعیت پوشش گیاهی در سدهای دارای پوشش گیاهی بر روی شیروانی پایاب،
۹- حفره‌های ایجاد شده توسط حیوانات حفار،
۱۰- پوشش‌های گیاهان هرز ایجاد شده در تاج و شیروانی‌ها،
۱۱- فرسایش در محل اتصال بدنه سد به تکیه‌گاه‌ها،
۱۲- تراوش، جوشش ماسه‌ای، نم زدگی و دیگر علایم ناپایداری در محدوده پایاب سد.
سایر موارد نیز بسته به کاربرد و شرایط محل انتخاب می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۱-٦-۵- تجهیزات

الزامات نگهداری تجهیزات شامل کلیه مولفه‌های مکانیکی و الکتریکی موثر در پایداری سد می‌باشد که شامل پایش،کنترل و در صورت لزوم انجام اقدامات و نگهداری در خصوص سامانه‌های مانور، دریچه‌ها، سامانه‌های گرمایش یا سرمایش، استاپ لاگ‌ها و قلاب‌های مربوط، سامانه‌های هواده، ابزار دقیق، پمپ‌ها و سامانه‌های روشنایی عادی و اضطراری است.

بسته به نوع تجهیز، شرکت سازنده، خصوصیات نصب و نحوه بهره‌برداری آن، ملاحظات نگهداری تجهیزات مکانیکی، هیدرومکانیکی، الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی، هیدروالکتریکی و الکترومکانیکی متفاوت خواهد بود. برنامه نگهداری پیشگیرانه تجهیزات با توجه به طبقه‌بندی سد، استانداردهای صنعتی، توصیه‌های سازندگان و تاریخچه بهره‌برداری آنها تهیه می‌شود. ارجاعات لازم به مدارک سازندگان و طراحان یا راهنماهای نگهداری و بهره‌برداری برای تعیین ملاحظات نگهداری، قطعات یدکی و تست‌های دوره‌ای برای اطمینان از عملکرد مناسب باید مشخص شوند.

نگهداری، تعمیرات و سرویس‌های دوره‌ای برخی از تجهیزات ممکن است توسط سازندگان یا شرکت‌های تخصصی صورت پذیرد. در این حالت مشخصات این شرکت‌ها و نحوه ارتباط با آنها و مسوولیت آنها در قبال تجهیزات باید برای بهره‌بردار روشن باشد.

۱-٦-٦- آزمایش تجهیزات

تمام تجهیزات و تاسیسات بهره‌برداری باید به طور سالانه بازرسی و آزمایش شوند تا از عملکرد مناسب آنها اطمینان حاصل شود. در سدهایی که اختلال در سامانه آب‌رسان آنها عواقب وخیمی دارد، تجهیزات کنترل جریان آب باید حداقل در شرایط فشار متعادل به طور سالانه آزمایش شوند. دریچه‌های سرریز نیز باید حداقل به طور سالانه مورد آزمایش قرار گیرند.

تواتر و سطح بازرسی و آزمایش به طبقه‌بندی عواقب سد بستگی خواهد داشت. شرایط عملکرد تجهیزات باید در گزارش آزمایش به طور کامل ثبت شود. روش انجام آزمایش نیز باید در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش به‌همراه چک لیست‌های بازرسی مربوط گنجانده شود.

۱-٦-۷- شیب‌های مشرف به سد

شیب‌های مشرف به بدنه، مخزن و پایاب و سازه‌ها و تاسیسات وابسته به سد می‌توانند در صورت ناپایداری، ایمنی سد را تهدید نمایند. در برنامه نگهداری این شیب‌ها که به دو صورت طبیعی و پایدارسازی شده هستند، باید پایش و کنترل شده و در صورت لزوم انجام اقدامات لازم در موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

۱- ترک‌ها، درزها و جابه‌جایی‌ها در شیب‌های پایدارسازی شده،

۲- سامانه نگهداری و ابزار دقیق مربوط به شیب‌های پایدارسازی شده از قبیل میل مهارها و پیچ سنگ‌ها، توری‌ها، تاندون‌ها، دیوارهای حایل، بتن پاشی‌ها، شبکه‌های متقاطع بتنی، خاک‌های مسلح و نظایر آنها.

۳- حرکات و جابه‌جایی‌های شیب‌ها به داخل مخزن خصوصا در هنگام تغییرات سریع تراز آب،

۴- تاثیر احداث جاده، حفاری‌ها و برداشت مصالح، معادن و ساخت یا تخریب سایر ابنیه و ساختمان‌ها روی شیب‌های مشرف به مخزن،

۵- ریزش و سقوط سنگ و وجود واریزه در رو و پای شیب‌های مشرف به بدنه، در بالادست و پایین‌دست آن،

۶- هرگونه تغییر یا تجاوز به حریم دریاچه،

omoorepeyman.ir

۷- از بین رفتن پوشش گیاهی شیب‌ها براثر خشکسالی، آب‌شستگی یا بارش شدید، سرما زدگی، آتش‌سوزی و غیره.

۱-٦-۸- کنترل و ارتباطات

کارکنان بهره‌برداری باید توصیف و شرح عملکرد و فهرست و کاتالوگ کاملی از تجهیزات کنترل و ارتباطی در اختیار داشته باشند. اسناد مربوط باید کلیه سوابق نگهداری و تست و تنظیم این تجهیزات را در بر گیرند. سامانه ارتباطی جایگزین و اضطراری و دامنه فراگیری آن نیز باید به‌همراه این مدارک مشخص شود.

۱-۷- برنامه پایش سد

پایش از ارکان برنامه‌های ارزیابی کیفی و کمی ایمنی سد می‌باشد. محورهای اصلی پایش عبارتند از بازرسی، ابزاربندی، رفتارنگاری و رفتارسنجی. فرآیند پایش در برخورد با اطلاعات مورد نظر مراحل جمع‌آوری، پالایش، پردازش و ارائه را شامل می‌شود. استانداردهای لازم برای بازرسی و ابزاربندی و رفتارنگاری سازه‌های نگهداری آب و آزمایش تاسیسات تخلیه در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش مشخص می‌شود. در این استانداردها نوع بازرسی‌ها، اهداف آنها، تواتر آنها، جز مورد بازرسی، مستندسازی مورد نیاز، تعیین صلاحیت و آموزش و روال اصلاح نقایص مشاهده شده مشخص می‌شود. سطح عملیات پایش با توجه به طبقه‌بندی عواقب سد تعیین می‌گردد.

۱-۷-۱- اندازه‌گیری‌های لازم برای پایش ایمنی

حداقل اندازه‌گیری‌های لازم برای پایش ایمنی در سدهای موجود در جدول (۱-۴) ارائه شده است.

جدول ۱-٤- حداقل اندازه‌گیری‌های لازم برای پایش ایمنی در سدهای موجود

نوع سد / نوع اندازه‌گیری	سد خاکی و سنگریزه‌ای	سد وزنی بتنی	سد وزنی بتنی غلتکی	سد بتنی قوسی	سد بتنی پایه دار	سرریزهای مجزا از سد	سازه نیروگاه آبی
مشاهده‌ای (بازرسی عینی)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تراز آب مخزن	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تراز پایاب	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
بده تراوش، زهکش‌ها و نشت‌ها	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
فشار حفره‌ای یا برکنش	✓	✓	✓			✓	✓
نشست سطحی	✓						
امتدادهای ظاهری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تغییر شکل‌های داخلی	✓						
تغییر مکان‌های ترک‌ها و درزها	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
حرکات پی و تکیه‌گاه‌ها	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
بار لرزه‌ای نواحی با خطر زیاد	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
بار میل مهارها و تاندون‌های تنیده	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

در جدول (۱-۵) مسایل اصلی سدها به‌همراه روش‌های اندازه‌گیری آنها ارائه شده است. تعیین مشخصات سامانه ابزاربندی حداقل، بهینه و اضافی، با هزینه و حاصل آن یعنی مهندسی ارزش ارتباط مستقیم دارد. ابزاربندی حداقل، باید با اطمینان قابل قبول و

omoorepeyman.ir

به طور مستمر سرویس دهی نمایند، که در عمل نیاز به نصب ابزار پشتیبان و ابزار کنترلی اضافی را ایجاد می‌کند. در مجموع برای دستیابی به سامانه ابزاربندی بهینه علاوه بر طراحی، کیفیت و دوام ابزار و نگهداری و آموزش و خدمات پس از فروش نیز تاثیرگذارند.

جدول ۱-۵- مسایل اصلی سدها به‌همراه روش‌های اندازه‌گیری آنها

نوع مساله	روش اندازه‌گیری متداول
تراوش یا نشت	مشاهده، سرریز مثلثی، جریان سنج، مجرای فلوم، ظروف مدرج، چاهک فشار شکن و مشاهده‌ای، پیزومتر ایستاده
جوشش یا رگاب	مشاهده، سرریز مثلثی، پیزومتر، آزمایشات کیفی
فشار برکنش، فشار حفره‌ای یا سطح ایستابی	مشاهده، چاهک فشار شکن و مشاهده‌ای، پیزومتر ایستاده و پیزومتر الکتریکی
عدم کفایت عملکرد زهکش‌ها و پیزومترها	مشاهده، اندازه‌گیری جریان و فشار
فرسایش و آب‌شستگی	مشاهده، عمق سنجی، بازرسی زیرآبی، مساحی یا فوتوگرامتری
رسوب	عمق سنجی، بازرسی زیرآبی
تحلیل رفتن چینه‌های پی	آزمایش کیفیت آب
جابه‌جایی‌های انتقالی و دورانی سطحی	مشاهده، نقشه‌برداری دقیق، اندازه‌گیری شاقولی و شیب‌سنجی
تغییر شکل داخلی خاکریز	نشست‌سنج، شیب‌سنج، کشیدگی‌سنج، نوار برشی و انحراف سنج
تغییر شکل داخلی در سازه بتنی	پاندول، دوران سنج، شیب‌سنج، کشیدگی‌سنج، درزه‌سنج، نوارهای تنظیم شده
حرکات و جابه‌جایی‌های پی و تکیه‌گاه‌ها	مشاهده، نقشه‌برداری دقیق یا ژئودزی، شیب‌سنج، کشیدگی‌سنج
ضعف کیفیت پی و تکیه‌گاه‌ها	مشاهده، اندازه‌گیری جریان و فشار، پیزومتر، نقشه‌برداری دقیق یا ژئودزی، شیب‌سنج، کشیدگی‌سنج، نشست‌سنج، گمانه‌زنی و آزمایش ژئوتکنیک
پایداری شیب	مشاهده، پیزومتر، نقشه‌برداری و ژئودزی، شیب‌سنج، کشیدگی‌سنج، چاهک مشاهده‌ای
جابه‌جایی ترک‌ها و درزه‌ها	ترک‌سنج، نقاط مرجع، وصله پلاستری یا دوغاب
تنش و کرنش	سلول فشار، تنش‌سنج، کرنش‌سنج
بار لرزه‌ای	شتاب‌نگار
سست شدن مهارها و تاندون‌های تنیده	بارسنج، کشیدگی‌سنج
زوال بتن	مشاهده، آزمایشات غیر مخرب و شیمیایی
انبساط و بادکردگی بتن	مشاهده، نقشه‌برداری دقیق، اندازه‌گیری شاقولی، پاندول، شیب‌سنج، کشیدگی‌سنج، درزه‌سنج، تحلیل سنگ‌نگاری، نوارهای تنظیم شده
زوال فولاد	مشاهده، ضخامت سنجی صوتی و فراصوتی

۱-۷-۲- بازرسی

بازرسی‌ها در سد به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- بازرسی‌های منظم یا ادواری مربوط به برنامه OMS که توسط کارکنان سد صورت می‌پذیرد.

۲- بازرسی‌های تخصصی که توسط دفاتر ستادی یا از طرف آنها صورت می‌پذیرد.

۳- بازرسی‌های ویژه یا اضطراری که توسط کارکنان سد یا با کمک دفاتر ستادی سد صورت می‌پذیرد.

۴- بازرسی‌های تفصیلی یا جامع که توسط مهندس واجد صلاحیت صورت می‌پذیرد.

۱-۷-۲-۱- بازرسی‌های منظم یا ادواری

برای تامین اطلاعات پایه جهت بررسی‌های بعدی، بازرسی اولیه‌ای قبل از آب‌گیری و راه اندازی باید جهت ثبت وضعیت ابتدایی سد و سازه‌های وابسته انجام شود.

omoorepeyman.ir

بازرسی‌های دوره‌ای به منظور آگاهی از شرایط سد، پی و تاسیسات جنبی وابسته انجام می‌گردد. در صورت برخورد به هر نقص یا اشکال در حین بازرسی، بررسی‌های تفصیلی لازم باید انجام پذیرد. به‌عنوان یک معیار کلی بازرسی‌های منظم باید توسط کارشناسان بهره‌بردار و در قالب فعالیت‌های نگهداری و پایش سد انجام شود. تواتر این بازرسی‌های منظم بسته به جزء مورد بازرسی می‌تواند هفته‌ای یا ماهیانه باشد. بازرسی‌های فصلی یا سالانه نیز می‌تواند توسط نمایندگان مالک سد یا مسوول ایمنی سد انجام شود. بسته به طبقه‌بندی سد، مراحل و روند بازرسی باید اطلاعات زیر را تامین نماید:

- چک لیست‌های بازرسی اولیه سازه‌ها و تجهیزات شامل اطلاعات پایه لازم برای مقایسه‌های آتی.
- چک لیست‌های بازرسی منظم، میان دوره‌ای و جامع سازه‌ها و تجهیزات.
- تواتر، مسوولیت‌ها و الزامات ثبت اطلاعات و گزارش دهی.
- شرح بازرسی‌های اضافی که می‌تواند شامل بررسی‌های زیر آبی یا موارد مربوط به زمان آب‌گیری باشد.
- الزامات و تواتر نقشه‌برداری از تغییر شکل‌ها و امتدادها.
- پایش زوال سازه‌های نمایان و پرده‌های آب‌بند.

الزامات مشخص شده در برنامه بازرسی، شامل تواتر آن براساس طبقه‌بندی عواقب شکست سد، استانداردهای صنعتی موجود، توصیه‌های سازندگان و تاریخچه بهره‌برداری و شرایط خاص سازه‌ها می‌گردد. بازرسی و پایش مشاهده‌ای در سدها بسیار مهم بوده و باید توسط کارشناسان مجرب انجام پذیرد. گزارش بازرسی باید شامل عکس‌ها و مستنداتی از هرگونه شرایط غیرعادی باشد. روند فعالیت‌های پایش شامل تعریف مسوولیت‌ها جهت ارزیابی اطلاعات به‌دست آمده از مشاهدات، وضعیت ابزارها و شرایط جدید به‌دست آمده از بازنگری طراحی (مانند ظرفیت سرریزها، ارتفاع آزاد مخزن، نرخ کاهش سطح آب و حداکثر تراز آب) باید طوری منعکس شود که هرگونه نقص یا مشکل قابل تشخیص باشد. برای هر نقصی باید اقدام کلی متناسب براساس شدت یا نوع اطلاعات و مشاهدات تعیین شده باشد.

۱-۷-۲-۲- بازرسی‌های تخصصی

بازرسی‌های تخصصی به دو صورت رسمی یا برنامه‌ریزی شده و غیررسمی یا سرزده انجام می‌شود. بازرسی‌های رسمی تخصصی معمولا به منظور بررسی دقیق‌تر و فنی‌تر مسایل یا مشکلات خاص به‌وجود آمده در سد و گاهی هم به‌عنوان بخشی از برنامه پایش در فواصل زمانی معین صورت می‌پذیرد. بازرسی‌های غیررسمی نیز معمولا به صورت ناگهانی جهت کنترل وضعیت بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد، وضعیت کارکنان، آمادگی در برابر شرایط اضطراری و موارد دیگر توسط دفتر ناظر استانی یا دفتر نظارت عالیه بهره‌برداری و نگهداری از سدها انجام می‌گردد.

۱-۷-۲-۳- بازرسی‌های ویژه یا اضطراری

بازرسی‌های ویژه در عملیات پایش باید در پی رخدادهای مخرب و غیرمترقبه انجام پذیرد. از مهم‌ترین این شرایط ویژه عبارتند از سیلاب، طوفان، زلزله و مشاهدات غیرعادی مانند ترک‌ها، نشست‌ها، ایجاد فروچاله‌ها، نشت آب ناگهانی و ناپایداری شیب. مسوولیت این نوع بازرسی‌ها باید به عهده کارکنان مجرب و آموزش دیده بهره‌بردار و مهندسین مسوول ایمنی سد گذاشته شود. روال بازرسی‌های ویژه، شامل تواتر و فرمت گزارش و اقدامات متناسب پس از هر رخداد، باید تعیین شده باشد.

omoorepeyman.ir

این بازرسی‌ها علاوه بر رخدادهای مخرب، در صورت وقوع تغییرات زیاد و ناگهانی در تراز آب مخزن نیز الزامی هستند. تغییرات عمده در برنامه عادی بهره‌برداری یا ساخت یا سایر شرایط عادی نیز ممکن است نیاز به بازرسی ویژه را ایجاب نماید. الزامات مستندسازی و گزارش بازرسی و پایش باید براساس چک لیست‌های بازرسی مشخص شود.

۱-۷-۲-٤- بازرسی‌های تفصیلی یا جامع

بازرسی‌های تفصیلی یا جامع در چارچوب برنامه بازنگری جامع ایمنی سد صورت می‌پذیرد. این بازرسی‌ها شامل بررسی تمام جزییات و اجزای سازه‌ها و تاسیسات، ابزار دقیق و گزارش‌های پایش، برنامه‌های بهره‌برداری و نگهداری، برنامه اقدامات اضطراری، آموزش و ارتقای کارکنان و سایر موارد می‌گردد.

برخی جزییات مربوط به عملیات بازرسی در نشریه شماره ۲۱۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (نشریه شماره ۱۹۲ شرکت مدیریت منابع آب ایران) تحت عنوان راهنمای بازرسی در سدهای بزرگ منتشر شده است.

۱-۷-۳- ابزاربندی

ابزار نصب شده در سد و سازه‌های وابسته باید به طور منظم قرائت شده و اطلاعات آنها ثبت شود. قرائت اولیه ابزار باید جهت ایجاد اطلاعات پایه در دوره ساخت یا بلافاصله پس از آن انجام شود. عملکرد ابزار باید تحت نظر بوده و به طور مداوم نگهداری و ارزیابی شوند و اطلاعات به‌دست آمده از آنها مرتبا با مقادیر قبلی و مقادیر مجاز طراحی و ایمنی مقایسه گردد.

راهنمایی‌هایی در مورد ابزارها، فرآیند طراحی جانمایی و نصب ابزار و شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در نشریه‌های شماره ۶۸ و ۶۹ کمیته ملی سدهای بزرگ به ترتیب برای سدهای بتنی و خاکی و در بولتن شماره ۶۰ کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ یا نشریه شماره ۱۱ دفتر طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور برای تمام سدها ارائه شده است. تعویض و تعمیر ابزار دقیق در چارچوب برنامه نگهداری بوده ولی اضافه نمودن یا تغییر جانمایی ابزار دقیق در چارچوب برنامه‌های اصلاح و بازسازی و یا بازنگری جامع ایمنی صورت می‌پذیرد.

۱-۷-۳-۱- خصوصیات ابزار و رفتارنگاری

اطلاعات هریک از ابزار سد باید شامل موارد ذیل باشد:

- هدف و منظور از نصب ابزار
- تولید کننده و مشخصات ابزار
- تراز و مختصات نصب و کد مقطع
- مشخصات نصب و نحوه قرائت و تواتر آن
- اطلاعات مربوط به قرائت‌های اولیه و تنظیم
- محدوده و دقت قرائت ابزار
- محل نصب (شماره ابزار و نقشه)
- مقادیر حدی قرائت‌ها
- وضعیت عملکرد ابزار

omoorepeyman.ir

ثبت اطلاعات ابزار یا رفتارنگاری از بدو نصب ابزار در حین ساخت سد آغاز می‌شود. برخی از اطلاعات قرائت اولیه ابزار جهت تنظیم ابزار و کنترل کارکرد آنها استفاده می‌شود. پس از اطمینان از کارکرد صحیح اولیه، اطلاعات مبنا با درج کلیه شرایط و خصوصیات مربوط در وضعیت ثبت، شامل شرایط محیطی، شرایط مخزن، شرایط سازه و نقایص احتمالی موجود در آن ثبت می‌گردد. این اطلاعات اولیه و پایه باید در دوران اجرا توسط مهندس طراح کنترل و سپس برای مقایسه‌های بعدی استفاده گردد. اطلاعات ثبت شده در دوره ساخت عموما وابسته به شرایط اجرایی بوده و نمی‌توان بدون توجه به تغییرات حین ساخت، مستقیما آنها را برای زمان بهره‌برداری مورد استفاده قرار داد.

در مورد تمامی ابزارها شرایط اولیه، محدوده طراحی، زمان‌ها و الزامات تنظیم، محدوده عملکرد عادی و حدود هشدار باید تعیین شود. کلیه مسوولین قرائت‌های منظم، بررسی تغییر شرایط اولیه، تنظیم، تفسیر و ارزیابی نتایج باید از قبل تعیین شده باشند. بعد از آب‌گیری سد و در دوران بهره‌برداری، تواتر قرائت‌ها می‌تواند در حین انجام مطالعات جامع بازنگری ایمنی و یا مطابق دستورالعمل‌ها و ضوابط دستگاه نظارت عالیه سدها مورد بازبینی قرار گیرد. عموما این بازبینی‌ها در برنامه‌های بازنگری جامع ایمنی سد گنجانده می‌شود. بعضی از ابزارها مانند پیزومتر و کرنش‌سنج از هنگام نصب یا تنظیم زمان زیادی طول می‌کشد تا به پایداری برسند، لذا در طول این مدت فواصل قرائت‌ها باید کم‌تر در نظر گرفته شود.

روش قرائت ابزار، (مثلا دستی یا خودکار) باید مشخص شود. در شرایط قرائت خودکار سامانه ارتباطی (مثلا شماره برقراری ارتباط با مودم) باید تعیین گردد. در شرایط قرائت دستی مدارک و کاربرگ‌های مربوط به روش قرائت، نگهداری، تنظیم و ذخیره اطلاعات باید ارائه شده باشد. هم‌چنین موقعیت دقیق ابزار و نصب آنها در نقشه‌های پلان و مقطع باید نشان داده شود.

مدارک و اسناد مربوط به ابزار دقیق معمولا در دستورالعمل مجزایی ضمیمه دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش می‌شود. اطلاعات بیش‌تر در مورد دوره‌های زمانی قرائت ابزار و کاربرگ‌های ثبت اطلاعات مربوط در نشریه‌های شماره ۶۸ و ۶۹ کمیته ملی سدهای بزرگ به ترتیب برای سدهای بتنی و خاکی ارائه شده است.

۱-۷-۳-۲- ارائه اطلاعات رفتارنگاری

قرائت‌های ابزار در طول زمان معمولا به صورت منحنی مقدار قرائت بر حسب زمان و تغییرات تراز آب مخزن ارائه می‌شود. در روی نمودارها نام سد، نوع و کد و محل ابزار، محدوده کنترلی، پراکندگی احتمالی و یا تغییرات شدید در قرائت‌ها باید نشان داده شود. روی هر یک از نمودارها، عامل‌های موثر بر تغییرات آن، مثلا تراز مخزن در پیزومتر، باید مشخص شود. محدوده زمانی روی محور افقی نمودار باید طوری در نظر گرفته شود که هرگونه رفتار دراز مدت مهم، قابل بررسی باشد. مثلا قرائت‌هایی که مانند پیزومتر و تراوش وابسته به تغییرات فصلی هستند، باید در طول فصول کامل آبی یا خشک‌سالی نشان داده شوند. بهتر است علاوه بر منحنی تغییرات دراز مدت چند ساله، منحنی تغییرات قرائت‌های دوره اخیر نیز به طور جداگانه رسم و ارائه شود.

بعضی از قرائت‌ها مانند حرکت‌ها و جابه‌جایی‌ها بر حسب موقعیت نیز رسم می‌شوند. جهت امکان بررسی مسایل مختلف، بهتر است از چند نوع نمودار یا کانتور یا اطلاعات چند ابزار در یک نمودار برای نشان دادن رفتار استفاده گردد. علاوه بر منحنی‌ها خلاصه برخی از اطلاعات مهم یا مورد بحث را می‌توان به صورت عددی در جداول ارائه نمود. اطلاعات جزیی باید به صورت الکترونیکی پیوست شود.

omoorepeyman.ir

۱-۷-۳-۳- بررسی اولیه اطلاعات رفتارنگاری

اولین کار در رفتارسنجی ارزیابی اطلاعات ثبت شده است که بررسی‌های زیر را در بر می‌گیرد:

- منطقی بودن داده‌ها (مثلا پیزومتر نمی‌تواند سطح آب بیش از تراز مخزن نشان دهد).
- شواهد کارکرد ناصحیح ابزار (مانند قرائت‌های ثابت و بدون تغییر).
- اطلاعات پس و پیش شده یا تکرار شده.
- الگوی کلی تغییرات، که معمولا با برازش آماری به‌دست آمده و مغایرت قرائت‌ها با آن بررسی می‌شود.
- صحت اطلاعات، که معمولا با اندازه‌گیری‌های متوالی در شرایط مختلف قابل ارزیابی است.
- دقت اندازه‌گیری‌ها، که ترکیبی از دقت ابزار و چگونگی کارکرد آن می‌باشد. مثلا دقت قرائت دستگاه ترانسدیوسر ممکن است حدود دهم میلی‌متر بوده، اما دقت در موقعیت قرارگیری آن در حد چند دسی‌متر باشد.

۱-۷-۳-٤- مقادیر حدی یا کنترلی

حدود و مقادیر مجاز داده‌های ثبت شده رفتارنگاری و منحنی‌ها و مقادیر کنترلی برای هر سد و سازه‌های وابسته به آن، معمولا در مرحله طراحی تفصیلی یا پس از تدقیق در پایان اولین آبگیری با تحلیل برگشتی توسط طراح ابزار دقیق سد با هماهنگی تیم طراحی، مشخص شده و در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش آن سد گنجانده می‌شود.

روش‌های تعیین کنترل‌ها و مقادیر حدی عبارتند از:

- نتایج تحلیل تنش و تغییر شکل مانند تعیین حداکثر تغییر شکل، تنش یا عرض ترک مجاز مصالح یا دمای بتن
- نتایج تحلیل‌های پایداری مانند تعیین حداکثر فشار برکنش قابل تحمل در زیر سد
- نتایج آزمایشات و اندازه‌گیری‌ها مانند حداکثر تراوش و گرادیان هیدرولیکی قابل تحمل پی یا بدنه یا تکیه‌گاه‌ها
- شاخص‌های بهره‌برداری مانند حداکثر تراز آب مخزن و پایاب یا منحنی‌های فرمان تجهیزات یا نیروگاه
- مقادیر و ضرایب اطمینان مجاز آیین‌نامه‌ای مانند ضریب شکست هیدرولیکی هسته رسی، ضریب قوس‌زدگی، ضریب فشار منفذی و غیره
- الگوها و روند تغییر داده‌های ابزار مانند سرعت افزایش تراز آب و یا بده تراوش

این مقادیر کنترلی ممکن است در دوره‌های بازنگری جامع ایمنی سد که در آن عامل‌های طراحی اولیه با استفاده از اطلاعات رفتارنگاری و انجام تحلیل‌های برگشتی تنظیم و تدقیق می‌شود، یا پس از انجام عملیات علاج‌بخشی یا هرگونه تغییر در شرایط بهره‌برداری سد اصلاح گردد.

درصورتی‌که این مقادیر برای یک سد مشخص نبوده یا مشکوک و یا ناقص باشند، باید در زمان انجام بازنگری ایمنی سد با مرور و تدقیق طراحی اولیه، جهت تعیین این مقادیر کنترلی اقدام نمود.

۱-۷-۳-۵- رفتارسنجی و تفسیر داده‌ها

تفسیر داده‌های رفتارنگاری به‌دست آمده به صورت‌های زیر انجام می‌پذیرد:

- مقایسه با مقادیر حدی و کنترلی

omoorepeyman.ir

- سرعت نزدیک شدن قرائت‌ها به مقادیر حدی و کنترلی، که در صورت غیرعادی بودن باید نسبت به بررسی‌های بیش‌تر و آمادگی برای تمهیدات تسکینی اقدام نمود.
- بررسی ارتباط بین نتایج قرائت ابزار مختلف یا ابزار در موقعیت‌های مختلف، مثلا افزایش فشار برکنش به معنی افزایش مقادیر قرائت‌های پیزومتر در زیر سد و کاهش بده خروجی زهکش‌ها به معنی گرفتگی زهکش‌ها می‌باشد.
- بررسی مقایسه‌ای مقادیر قرائت شده با روند تغییرات مقادیر در دوران بهره‌برداری سپری شده و نحوه قرارگیری آن در محدوده‌های تجربه شده

در صورت انحراف قرائت‌ها از الگوها و محدوده‌های مجاز اقدامات مختلفی بسته به نوع شاخص قرائت شده و شرایط مساله ممکن است در دستور کار قرار گیرد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- انجام بازرسی دقیق
- تجدید یا تکرار قرائت‌ها برای اطمینان از تشخیصِ داده شده
- بررسی صحت کارکرد ابزار و صحت ثبت اطلاعات
- ارزیابی کمی ایمنی با بررسی مجدد پایداری و ایمنی براساس اطلاعات جدید
- نصب ابزار اضافی جدید
- بررسی‌های موردی تخصصی
- اقدام به عملیات تعمیر یا علاج‌بخشی موردی
- تغییر موقت شرایط بهره‌برداری مانند کاهش تراز مخزن
- اقدامات اضطراری مانند تخلیه اضطراری مخزن
- اصلاح برنامه پایش، بهره‌برداری و نگهداری

بنابراین عبور مقادیر قرائت‌ها از مقادیر مجاز حتما به معنی ایجاد شرایط اضطراری برای سد نمی‌باشد و باید در مورد آن بررسی بیش‌تری به‌عمل آید. در حین عملیات پایش درصورتی‌که مقادیر و الگوی قرائت‌ها از محدوده مجاز تعریف شده تجاوز ننماید، اطلاعات قرائت‌ها به طور مناسب ذخیره می‌شود تا برای فعالیت‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۷-۳-٦- کفایت ابزاربندی

ارزیابی کفایت ابزاربندی با طی مراحل فوق قابل انجام می‌باشد. معیار کلی، کافی بودن نتایج و داده‌ها برای آگاهی و زیر نظر داشتن رفتار سد و سازه‌های وابسته جهت اطمینان از ایمنی آنها می‌باشد. درصورتی‌که با رفتارسنجی و انجام موارد فوق، اشراف کافی نسبت به رفتار سد حاصل نشود، موارد کمبود اطلاعات یا عدم آگاهی با انجام موارد ذیل اصلاح می‌گردد:

- اصلاح نوع ابزار یا نصب ابزار تکمیلی
- اصلاح جانمایی ابزار با اضافه کردن یا جابه‌جایی یا تعویض و تعمیر
- اصلاح تواتر و نحوه قرائت‌ها
- آموزش کافی برای کار با ابزار و ارتقای سطح دانش کارکنان رفتارنگاری

omoorepeyman.ir

۱-۸- برنامه آمادگی در شرایط اضطراری

برنامه اقدامات اضطراری سد یک برنامه رسمی و قانونی محسوب می‌شود که فرآیند کاری بهره‌بردار در شرایط اضطراری را مشخص می‌نماید. شرایط اضطراری می‌تواند شامل خرابی یا شکست در تجهیزات اصلی مانند دریچه‌های کنترل سیلاب، ناپایداری شیب‌هایی که سد را تهدید می‌کنند، یا شکست سد به‌دلیل روگذاری یا زلزله یا ناپایداری جریان در داخل بدنه یا پی باشد. جزییات این برنامه عملا بستگی به نوع و شرایط سد خواهد داشت. محتویات این برنامه و جزییات تدوین و اجرای آن و چک لیست‌های مربوط در فصل دوم این مجموعه یعنی راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها به تفصیل ارائه شده است.

در برنامه ارزیابی ایمنی سد، برنامه اقدامات اضطراری نیز باید مورد ارزیابی و اصلاح احتمالی قرار گیرد. این اصلاحات ممکن است به‌دلایل زیر مورد لزوم واقع گردد:

- تغییر طبقه‌بندی سد به‌دلیل تغییر شرایط مندرج در بخش (۱-۲) از جمله تغییرات شرایط پایاب سد
- شناسایی کامل‌تر تهدیدها یا ظهور تهدیدهای جدید برای ایمنی سد براساس توضیحات بخش (۱-۹)
- تغییر شرایط بهره‌برداری، نگهداری و پایش براساس مندرجات بخش‌های (۱-۵) تا (۱-۷)
- تغییر امکانات و تجهیزات در دسترس برای انجام اقدامات اضطراری
- تغییر اطلاعات برنامه اقدامات اضطراری مانند اسامی، آدرس‌ها، نحوه تماس، تغییر الگوریتم‌های هشدار و نظایر آن
- کاهش تراز ایمنی سد برای پایداری دراز مدت

با توجه به موارد فوق برنامه اقدامات اضطراری باید الزامات مندرج در راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها را برآورده نماید.

اصلاحات جزیی در برنامه ممکن است پس از انجام مانورهای تمرینی، توسط بهره‌بردار پیشنهاد و اعمال شود.

۱-۹- عوامل تهدید کننده ایمنی سد

حوادث مختلفی می‌تواند ایمنی سد را تهدید نماید که از جمله آنها عبارتند از:

۱- سیلاب، طوفان و گردباد
۲- زلزله و سونامی
۳- یخبندان و حرکت یخ‌های شناور
۴- آتشفشان و آتش‌سوزی
۵- خطاها و اشتباهات انسانی خصوصا در بهره‌برداری
۶- انفجار، جنگ و تروریسم
۷- ناپایداری داخلی بدنه، پی و تکیه‌گاه‌ها
۸- اتفاقات هسته‌ای
۹- لغزش و رانش زمین و نشست معادن
۱۰- نشت مواد شیمیایی و خطرناک

omoorepeyman.ir

در این میان سیل و زلزله به دلیل فراگیری بیش‌تر و سوابق خسارات عمده آنها مورد توجه ویژه قرار می‌گیرند و سایر حوادث بسته به شرایط و احتمال وقوع به طور موردی بررسی می‌شوند.

۱-۹-۱- سیلاب

۱-۹-۱-۱- ترازهای سیلاب

تعاریف سیلاب که برای ارزیابی ایمنی سد ارائه می‌شود عبارتند از:

۱- سیلاب طراحی (DF)

۲- سیلاب ارزیابی ایمنی یا سیلاب کنترل (CF)

۳- حداکثر سیلاب محتمل (PMF)

سد و سازه‌های وابسته باید براساس سیلاب DF، طراحی و براساس CF، کنترل شوند، به طوری که تحت DF کلیه ضرایب اطمینان طراحی را برآورده و ارتفاع آزاد را تامین نموده و تحت CF دچار خرابی یا شکست نشده و آن‌را به طور ایمن و بدون عواقب قابل توجه عبور دهند.

اندازه این سیلاب‌ها با توجه به عواقب ناشی از شکست سد براساس جدول (۱-۶) بر حسب احتمال رخداد سالانه برای سدهای خاکی و بتنی تعیین می‌گردد. در ارزیابی ایمنی تحت سیلاب CF، روگذری تنها در صورتی مجاز است که پیش‌بینی‌ها و تمهیدات لازم برای آن در پایین‌دست، خصوصا در سدهای خاکی، در طراحی در نظر گرفته شده باشد.

جدول ۱-۶- معیارهای تعیین سیلاب طرح و سیلاب کنترل سد با توجه به عواقب شکست بر حسب احتمال رخداد سالانه

طبقه‌بندی عواقب شکست	سد خاکی		سد بتنی	
	DF	CF	DF	CF
خیلی زیاد	۱ در ۱۰۰۰۰	PMF [۱]	۱ در ۱۰۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰۰	۱ در ۱۰۰۰۰ تا PMF [۱]
زیاد	۱ در ۱۰۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰۰ یا ۰/۵ PMF	۱ در ۱۰۰۰۰ تا PMF [۲]	۱ در ۱۰۰۰	۱ در ۱۰۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰۰ [۲]
متوسط	۱ در ۵۰۰	۱ در ۱۰۰۰ [۳]	۱ در ۵۰۰	۱ در ۵۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰ [۳]
کم	۱ در ۱۰۰ تا ۱ در ۵۰۰ [۳]			

۱- برای کاهش ریسک شکست سد، خصوصا در سدهای خاکی حاشیه ایمنی مناسب در محاسبه سیلاب باید در نظر گرفته شود، به طوری که احتمال شکست بسیار کم‌تر از احتمال وقوع سیلاب باشد.

۲- در حالت عواقب زیاد، CF به کمیت عواقب ناشی از شکست بستگی دارد. به‌عنوان مثال برای یک نفر تلفات احتمال رخداد سالانه می‌تواند معادل ۱/۱۰۰۰ در نظر گرفته شود و با افزایش آن، به سمت PMF یا ۱/۱۰۰۰۰ تغییر یابد.

۳- در حالت عواقب متوسط و کم، اگر سازه نتواند معیار حداقل را تحمل نماید، معیار نهایی با تحلیل ریسک اقتصادی و با در نظر گرفتن کلیه عواقب تهدید کننده ایمنی به‌دست می‌آید. در تحلیل ریسک اقتصادی عمر مفید باقی‌مانده سد نیز مد نظر قرار می‌گیرد و احتمال وقوع رخدادها براساس آن اصلاح می‌شوند.

omoorepeyman.ir

۱-۹-۲- زمین لرزه

۱-۹-۲-۱- سطوح زلزله

تعیین زلزله در ارزیابی ایمنی سد شامل انتخاب سطح زلزله ارزیابی ایمنی سد و تعیین خصوصیات حرکت زمین و عامل‌های آن می‌باشد. تعاریف سطوح زلزله که در طراحی و ارزیابی ایمنی سدها به‌کار می‌روند عبارتند از:

۱- حداکثر زلزله مورد انتظار (MCE) که دارای بیش‌ترین دوره بازگشت و کم‌ترین احتمال وقوع می‌باشد. برای یک گسل یا ساختار تکتونیکی، MCE بزرگ‌ترین زمین لرزه‌ای است که منطقا محتمل و قابل تصور است. تحت این زلزله پایداری و یکپارچگی کلی سد باید حفظ شود.

۲- حداکثر زلزله طراحی (MDE) یا زلزله ارزیابی ایمنی (SEE). این زلزله براساس عواقب شکست سد تعیین می‌شود و در سدهای بزرگ و با عواقب شکست زیاد ممکن است مساوی MCE در نظر گرفته شود. (یا احتمال ۵ درصد در عمر مفید). در صورت وقوع این زلزله هیچ شکست عمده و خطرسازی نباید رخ دهد و آبی نباید به صورت کنترل نشده از مخزن رها شود. گاهی منشا SEE می‌تواند زلزله‌های غیرطبیعی مانند حرکات زمین ناشی از استخراج یا تزریق در میدان‌های نفتی یا زلزله القایی مخزن باشد.

۳- زلزله مبنای بهره‌برداری (OBE). دوره بازگشت این زلزله براساس طول عمر سد و ملاحظات اقتصادی تعیین می‌شود و حداقل ۱۵۰ سال (یا احتمال ۵۰ درصد در عمر مفید) توصیه می‌شود. در صورت وقوع آن، حتی در صورت قبول خسارات جزیی، نباید توقفی در بهره‌برداری ایمن از سد به‌وجود بیاید.

انتخاب زلزله ارزیابی ایمنی برای هر سد چنان‌که در جدول (۱-۷) نشان داده شده است، بستگی به عواقب ناشی از شکست آن دارد. از طرفی برای یک احتمال رخداد سالانه مشخص، SEE بسته به خصوصیات تکتونیکی و فاصله از منبع زلزله می‌تواند متفاوت باشد. به‌دست آوردن عامل‌های لرزه‌ای مانند سرعت، شتاب و طیف پاسخ زمین نیز براساس معیارهای جدول (۱-۷) صورت می‌پذیرد.

درصورتی‌که در بررسی اثر زلزله، اهدافی از قبیل اولویت‌بندی ایمنی تعداد زیادی سد، اولویت‌بندی روش‌های علاج‌بخشی و اقدامات کاهش خطر، انتخاب بار طراحی از میان روش‌های مختلف بارگذاری و نظایر آن مد نظر باشد، روش‌های ارزیابی مبتنی بر ریسک کارآیی بیش‌تری خواهند داشت. در تحلیل ریسک اقتصادی عمر مفید باقی‌مانده سد نیز مد نظر قرار می‌گیرد و احتمال وقوع رخدادها براساس آن اصلاح می‌شوند.

جدول ۱-۷- معیارهای تعیین زلزله ارزیابی ایمنی سد با توجه به عواقب شکست بر حسب احتمال رخداد سالانه

طبقه‌بندی عواقب	زلزله ارزیابی ایمنی SEE	
	از روش تعیینی	احتمال رخداد سالانه (از روش احتمالاتی)
خیلی زیاد	SEE=MCE	۱ در ۱۰۰۰۰
زیاد[1]	MCE ≥ SEE ≥ ۵۰٪ MCE	۱ در ۱۰۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰۰
متوسط	۵۰ ٪ MCE یا براساس تحلیل ریسک	۱ در ۵۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰
کم	۵۰ ٪ MCE یا براساس تحلیل ریسک	۱ در ۵۰۰ تا ۱ در ۱۰۰۰

۱- در ارزیابی سدها با عواقب زیاد، مقادیر شتاب و سرعت مربوط به SEE بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد MCE و در طراحی برابر MCE فرض می‌شود. در این سدها SEE به نوع عواقب ناشی از شکست بستگی دارد. به‌عنوان مثال اگر در اثر شکست یک نفر کشته شود احتمال رخداد سالانه برابر ۱ در ۱۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود اما با افزایش تلفات، احتمال رخداد سالانه کاهش می‌یابد. در حالت عواقب کم اگر سازه نتواند معیار حداقل را تحمل نماید معیار مورد نظر با تحلیل ریسک اقتصادی با در نظر گرفتن کلیه عواقب تهدید کننده ایمنی به‌دست می‌آید.

omoorepeyman.ir

۱-۹-۲-۲- ارزیابی مطالعات لرزه‌خیزی

برای سدهای کوچک با ارتفاع کم‌تر از ۱۵ متر یا سدهای با عواقب کم که در مناطق با لرزه‌خیزی و مخاطرات لرزه‌ای کم واقع می‌شوند، انجام مطالعات محلی لرزه‌خیزی و ژئوتکنیک لرزه‌ای الزامی نیست.

سدهای خاکی روی پی‌های غیر روانگرا که حاوی مصالح حساس به رطوبت در زمان زلزله نیستند را می‌توان با استفاده از روش‌های ضریب لرزه‌ای یا شبه استاتیکی ارزیابی نمود. ضریب لرزه‌ای براساس لرزه‌خیزی محل سد به‌دست آمده و می‌تواند از نقشه‌های پهنه‌بندی لرزه‌ای ملی استخراج شود.

اطلاعات مورد نیاز از زلزله که براساس مطالعات لرزه‌خیزی به‌دست می‌آیند عبارتند از:

۱- خصوصیات حرکت زمین شامل:

- روابط کاهندگی که مقادیر حداکثر شتاب، سرعت، جابه‌جایی، شتاب طیفی در جهات مختلف و مدت دوام را بر حسب فاصله از منبع زلزله ارائه می‌دهند.
- عامل‌های خاص مربوط به اثرات جهت مانند جهت حرکت غالب گسل و اثرات نزدیکی به مرکز زلزله (بدون وجود این اثرات شتاب قائم حدودا ۵۰ تا ۷۰ درصد شتاب افقی در نظر گرفته می‌شود).
- مدت دوام حرکات شدید زمین که فاصله زمانی رخداد شتاب‌های بیش از ۰/۰۵ g بوده و باید به‌دقت تعیین شود، چرا که افزایش آن اثر مستقیم بر افزایش خسارات سازه‌ای و نیز ژئوتکنیکی مانند روان‌گرایی دارد.

۲- طیف پاسخ ارتجاعی که حداکثر پاسخ سازه یک درجه آزادی ارتجاعی را تحت زلزله نشان می‌دهد، شامل:

- طیف استاندارد آیین‌نامه ۲۸۰۰ که برای احتمال رخداد ۲ درصد در ۵۰ سال ارائه شده است.
- طیف ویژه ساختگاه که با استفاده از روش‌های تعینی یا احتمالاتی براساس اطلاعات ساختگاه به‌دست می‌آید. (طیف طراحی با اعمال ضریب کاهش I/R (که در آن I: ضریب اهمیت و R: ضریب رفتار می‌باشد.) به‌دست می‌آید)

طیف پاسخ معمولا برای میرایی ۵ درصد تهیه می‌شود. مقادیر بیش‌تر میرایی تا ۷ یا ۱۰ درصد، در سدهایی مجاز است که با ایجاد ترک‌ها و بازشدگی کششی درزها، پتانسیل استهلاک انرژی کافی به صورت ایمن را ایجاد نمایند. شکل طیف پاسخ بستگی به خصوصیات شتاب نگاشت، شرایط ساختگاه و فاصله کانونی زلزله دارد.

۳- تاریخچه زمانی حرکات زمین که باید سازگار با طیف طراحی باشد، شامل:

- شتاب نگاشت‌های ثبت شده که با توجه به شرایط ساختگاه و طراحی انتخاب و مقیاس می‌شوند.
- شتاب نگاشت‌های مصنوعی که با روش‌های مختلف تئوری براساس عامل‌های لرزه‌خیزی ساختگاه تولید می‌شوند.

۱-۱۰- برنامه ارزیابی کیفی ایمنی سد

برنامه ارزیابی کیفی که به بررسی کلی وضعیت ایمنی سد می‌پردازد، شامل مراحل زیر می‌باشد:

- بازرسی سد و سازه‌های وابسته
- بررسی روال رفتارنگاری و پایش

omoorepeyman.ir

- بررسی برنامه بهره‌برداری و نگهداری و اقدامات اضطراری
- تعیین وضعیت کلی ایمنی سد

این‌کار می‌تواند توسط مهندسین بهره‌بردار یا بازرسین کارفرما یا مالک سد صورت پذیرد. ارزیابی کیفی برای سدهای با عواقب متوسط، زیاد و خیلی زیاد به صورت حداقل سالی یک‌بار و برای سدهای با عواقب کم حداقل هر دو سال باید تکرار شود.

۱-۱۰-۱- گزارش ارزیابی کیفی ایمنی

مراحل این کار و گزارش مربوط شامل موارد زیر می‌باشد:

- خلاصه گزارش و چک لیست محتویات آن و خلاصه نتایج و توصیه‌های مربوط
- اطلاعات کلی سد (مطابق کاربرگ اطلاعات پیوست راهنما)
- گزارش بازرسی سد و سازه‌های وابسته
- گزارش بررسی روال و اطلاعات رفتارنگاری و پایش
- گزارش بررسی برنامه بهره‌برداری و نگهداری و اقدامات اضطراری
- گزارش ارزیابی کیفی و کمی نیروهای شاغل در سد
- گزارش ارزیابی آمادگی نیروهای پیش‌بینی شده در عملیات اقدامات اضطراری
- جمع‌بندی وضعیت کلی ایمنی سد

۱-۱۰-۱-۱- گزارش بازرسی سد و سازه‌های وابسته

این بخش شامل نام و امضای تیم بازرسی، زمان، شرایط محیطی و تراز مخزن بوده و هرگونه پدیده جدید یا تغییرات نسبت به بازرسی قبلی باید در آن به طور شفاف ارائه گردد. موارد اصلی که در گزارش بازرسی باید مورد نظر قرار گیرند عبارتند از:

۱-۱۰-۱-۱-۱- بدنه سد

الف- سد خاکی یا سنگریزه‌ای

ب- سد بتنی یا بنایی

۱-۱۰-۱-۱-۲- تکیه‌گاه‌ها و پی

۱-۱۰-۱-۱-۳- سرریزها و پلاگ‌ها و فیوزها و سامانه‌های استهلاک انرژی

۱-۱۰-۱-۱-٤- مخزن و سواحل آن

۱-۱۰-۱-۱-۵- محدوده پایین‌دست

۱-۱۰-۱-۱-٦- آبگیرها و خروجی‌ها و سازه‌های مربوط

۱-۱۰-۱-۱-۷- سایر سازه‌ها

۱-۱۰-۱-۱-۸- تجهیزات مکانیکی و برقی

omoorepeyman.ir

در مورد اقلام مربوط به عملیات بازرسی می‌توان به نشریه شماره ۲۱۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (نشریه شماره ۱۹۲ شرکت مدیریت منابع آب ایران) تحت عنوان راهنمای بازرسی در سدهای بزرگ و نیز آخرین و جدیدترین چک لیست‌های ارائه شده توسط دفتر نظارت عالیه بهره‌برداری و نگهداری از سدها مراجعه نمود.

۱-۱۰-۱-۲- گزارش بررسی روال رفتارنگاری و پایش

۱-۱۰-۱-۲-۱- مراحل بازرسی مشاهده‌ای و مستندسازی مسایل و مشکلات ابزار

۱-۱۰-۱-۲-۲- اطلاعات و وضعیت ابزار دقیق و جانمایی ابزار معیوب

۱-۱۰-۱-۲-۳- روال ثبت، پالایش و پردازش اطلاعات و وضعیت دستگاه‌ها و شبکه مربوط

۱-۱۰-۱-۲-٤- نحوه ارائه و نمایش اطلاعات نهایی ثبت شده

۱-۱۰-۱-۲-٥- روال نگهداری و سرویس و تنظیم ابزار، دستگاه‌ها و شبکه مربوط

۱-۱۰-۱-۲-٦- بررسی مقادیر حدی و منحنی‌های فرمان و چگونگی انجام مقایسه جهت رفتارنگاری

۱-۱۰-۱-۲-۷- پیشنهادهای اصلاحی به صورت اولویت‌بندی شده

۱-۱۰-۱-۲-۸- وضعیت کارکنان رفتارنگاری و نمودار سازمانی و ارتباطی مربوط

۱-۱۰-۱-۳- گزارش بررسی برنامه بهره‌برداری و نگهداری و اقدامات اضطراری

۱-۱۰-۱-۳-۱- گزارش بررسی دستورالعمل‌های بهره‌برداری

۱-۱۰-۱-۳-۲- گزارش بررسی دستورالعمل‌های نگهداری

۱-۱۰-۱-۳-۳- گزارش بررسی ملاحظات امنیتی و حراستی

۱-۱۰-۱-۳-٤- گزارش بررسی برنامه اقدامات اضطراری

۱-۱۰-۱-٤- گزارش وضعیت کارکنان

۱-۱۰-۱-٤-۱- گزارش وضعیت کیفی و کمی کارکنان بهره‌برداری و نگهداری

۱-۱۰-۱-٤-۲- گزارش نمودار سازمانی و ارتباطی کارکنان بخش‌های مختلف

۱-۱۰-۱-٤-۳- گزارش برنامه‌های آموزش و ارتقای کارکنان

۱-۱۰-۱-٤-٤- گزارش ارزیابی آمادگی

۱-۱۰-۱-٥- جمع‌بندی وضعیت کلی ایمنی سد

در جمع‌بندی ارزیابی کیفی و بررسی اطلاعات بازرسی‌ها و ابزار دقیق سوالات زیر باید پاسخ داده شود:

- آیا رفتار سد مطابق انتظار و مقادیر در حدود مجاز می‌باشد؟
- آیا رفتار سد مشابه گذشته است یا تغییراتی در آن مشاهده می‌شود؟
- آیا روند تغییرات خاصی در اطلاعات ثبت شده ابزار دیده می‌شود؟

omoorepeyman.ir

- آیا هرگونه پدیده غیرعادی در بررسی اطلاعات مشاهده گردیده است؟

نهایتا ایمنی کیفی سد با جمع‌بندی شاخص‌های موثر به‌دست آمده از موارد فوق نسبت به شرایط اولیه طراحی و حدود مجاز و قابل پذیرش مشخص می‌شود.

۱-۱۱- برنامه ارزیابی کمی ایمنی سد

ارزیابی کمی ایمنی سد که موضوع اصلی این راهنما می‌باشد، شامل بخش‌های عمده زیر است:

- بازرسی‌ها
- بررسی برنامه‌ها
- رفتارنگاری و رفتارسنجی
- بررسی تحلیلی موارد مشکوک منتج از بررسی‌های فوق و جمع‌بندی سایر موارد از قبیل مسایل ژئوتکنیکی، تراوش، رسوب و اثرات محیطی و غیره
- ارائه پیشنهادها درصورت عدم ارضای ضوابط و ارائه جمع‌بندی کلی

در نمودار (۱-۳) مراحل ارزیابی کمی ایمنی سد به تفکیک برای هر یک از موارد فوق به‌همراه ارتباط و توالی آنها ارائه شده است. در ادامه این بخش مراحل تهیه و بخش‌های مورد نیاز گزارش ارزیابی کمی ایمنی مشخص می‌شوند. برنامه زمانی ارزیابی کمی ایمنی تابع شرایط بخش (۱-۳) می‌باشد.

۱-۱۱-۱- اطلاعات و سوابق

برای شروع مطالعات ارزیابی ایمنی سد، مرور اطلاعات و مدارک زیر مورد نیاز است:

۱- اطلاعات و گزارش‌های کارهای اکتشافی
۲- مدارک و گزارش‌های طراحی، نقشه‌های چون ساخت، نقشه‌های توپوگرافی و گزارش اطلاعات اجرایی حین ساخت
۳- گزارش اولین آب‌گیری و راه اندازی برای ارزیابی‌های اولیه
۴- دستورالعمل‌های بازرسی، بهره‌برداری، نگهداری، پایش و اقدامات اضطراری
۵- اطلاعات ثبت شده رفتارنگاری و بازرسی‌ها
۶- گزارش‌های حوادث و تغییرات احتمالی انجام شده
۷- گزارش‌های قبلی ارزیابی و بازنگری ایمنی

omoorepeyman.ir

نمودار ۱-۲- چارچوب ارزیابی کمی ایمنی سد

omoorepeyman.ir

در مورد سدهای قدیمی‌تر بسیاری از این اطلاعات ممکن است به طور مدون موجود نباشد. در این موارد حداکثر اطلاعات ممکن باید جمع‌آوری شده و در صورت نیاز و تشخیص مهندس مسوول ارزیابی، عملیات بازرسی، کارهای اکتشافی، نقشه‌برداری و تحلیلی مجدد نیز صورت پذیرد.

۱-۱۱-۲- طبقه‌بندی سد

اولین اقدام در ارزیابی ایمنی سد، طبقه‌بندی عواقب شکست آن می‌باشد. درصورتی‌که این طبقه‌بندی قبلا انجام شده باشد، در زمان ارزیابی باید جهت به روز کردن آن اقدام گردد. مبانی این طبقه‌بندی در بخش (۱-۱) راهنما ارائه شده است.

۱-۱۱-۳- بهره‌برداری، نگهداری، پایش

در ارزیابی ایمنی سد باید اطمینان لازم از وجود روش بهره‌برداری ایمن و مستند بودن و اجرای کامل آن حاصل شود. مستندات و مدارک مربوط در طول ارزیابی مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارزیابی باید شامل آزمایش تجهیزات تخلیه از جمله تجهیزات پشتیبان و برق اضطراری که جهت تخلیه ایمن سیلاب استفاده می‌شوند بوده و کفایت این سامانه‌ها در برابر یخزدگی و اجسام شناور احراز شود. هم‌چنین مراحل عملکرد سامانه در زمان مقتضی باید به دقت کنترل گردد.

مستندسازی مراحل بهره‌برداری ایمن باید در کتابچه بهره‌برداری، نگهداری و پایش ارائه شده و در دسترس کارکنان بهره‌برداری سد قرار گیرد. درصورتی‌که دریچه‌های تخلیه و تجهیزات مربوط در طول سال معاینه و آزمایش شده باشند، ارزیابی مدارک آزمایشات کفایت می‌کند. جزییات بیش‌تر در مورد بهره‌برداری در بخش (۱-۵) ارائه شده است.

در ارزیابی باید اطمینان کافی از نگهداری ابزار پایش سد در شرایط رضایت بخش و طبق دستورالعمل نگهداری براساس برنامه ایمنی سد به‌عمل آید. جزییات بیش‌تر در مورد نگهداری در بخش (۱-۶) ارائه شده است.

در ارزیابی ایمنی کفایت روش‌های پایش عملکرد سد و تواتر زمانی آنها جهت آشکار ساختن هرگونه شرایط غیر ایمن باید بررسی شود. هم‌چنین باید معلوم شود که اطلاعات به طور منظم تحلیل شده و هرگونه پتانسیل تهدید ایمنی سد، آلودگی آب دریاچه و ناپایداری شیب‌های مخزن به موقع تشخیص داده می‌شود. جزییات بیش‌تر در مورد پایش عملکرد در بخش (۱-۷) ارائه شده است.

ارزیابی باید سطح آمادگی در برابر شرایط اضطراری را تعیین نموده و کفایت سامانه‌های هشدار، آموزش و برنامه اقدامات اضطراری را مرور نموده و آزمایش و به روز رسانی آن را اعمال نماید. جزییات بیش‌تر در بخش (۱-۸) و راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها ارائه شده است.

۱-۱۱-۴- تطبیق با ارزیابی‌های انجام شده

گزارش‌های ارزیابی‌های قبلی ایمنی سد باید جهت اعمال تطابق لازم در توصیه‌های ارائه شده و نیز تدقیق پارامترهای ژئومکانیکی مورد مطالعه قرار گیرند. یک نسخه از گزارش‌های خلاصه اطلاعات طراحی، گزارش فنی طراحی، گزارش فنی ساخت، گزارش‌های بازرسی‌ها و گزارش سوابق حوادث و گزارش‌های ارزیابی و بازنگری قبلی باید در آرشیو سد نزد مالک یا کارفرما وجود داشته و در اختیار گروه ارزیابی ایمنی قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

۱-۱۱-۵- جمع‌بندی وضعیت ایمنی سد

گزارش ایمنی شامل تمام جنبه‌های ایمنی سد باید تهیه شده و در آن علاوه بر مستندسازی فعالیت‌های ارزیابی ایمنی، کلیه اقدامات لازم جهت بهره‌برداری ایمن، نگهداری و کفایت پایش ارائه شود. در این گزارش اولویت‌های عملیات علاج‌بخشی باید مشخص شده و نسخه‌های آن در اختیار دستگاه‌های مسوول قرار گیرد.

جمع‌بندی ارزیابی ایمنی سد باید دارای شرایط زیر باشد:

۱- به طور جامع بازرسی‌ها، یافته‌ها، استنتاجات و نتایج مربوط را بیان نماید.

۲- نتایج توسط مالک قابل فهم بوده و در مجموع کلیه مطالب برای بازبینی‌های بعدی شفاف و صریح ارائه شده باشد.

۳- نتایج و توصیه‌های نهایی به طور تفکیک شده و مشخص باشد.

۴- ارضای ضوابط پذیرش مورد نیاز ایمنی را تایید نموده یا مشخص کند که چه کاری برای احراز آنها باید انجام گردد.

۵- شرایط ارزیابی شده سد و سازه‌های وابسته برای عملکرد ایمن و رضایت بخش با توجه به معیارهای موجود.

۶- تعیین موارد مربوط به سد، سازه‌های وابسته و حوضه آبگیر که بر ایمنی سد تاثیرگذارند.

۷- تعیین محتمل‌ترین مدهای خرابی سد و سازه‌های وابسته و اثر آنها بر ایمنی.

۸- ارزیابی عملکرد سد با توجه به مدهای خرابی تعیین شده با پارامترهای تدقیق شده بر اساس نتایج رفتار سنجی.

۹- ارزیابی روال بهره‌برداری و نگهداری موجود در قبال ایمنی سد.

۱۰- تعیین موارد مبهم که نیاز به بررسی بیش‌تر دارند.

۱۱- تعیین مواردی که نیاز به اقدامات فوری دارند به‌همراه توصیه اقدام مربوط.

۱۲- اولویت‌بندی اقدامات و توصیه‌های پیشنهادی.

۱۳- پیش‌بینی رفتار کوتاه مدت و دراز مدت سد.

موارد ۵ تا ۱۳ فوق نتایج و توصیه‌های مهمی است که در این گزارش باید به آن‌ها توجه ویژه نمود.

درصورتی‌که هزینه اقدامات پیشنهادی برای برآورده شدن ایمنی زیاد باشد، ممکن است مالک یا کارفرما تصمیم به انجام مطالعات تفصیلی‌تر و دقیق‌تر مانند روش‌های مبتنی بر تحلیل ریسک احتمالاتی بگیرد.

۱-۱۱-۶- عدم ارضای ضوابط

اگر سد یا سازه‌های وابسته نتوانند ضوابط ایمنی را ارضا نمایند یا ریسک قابل قبولی به‌دست ندهند، اقدامات نرم افزاری و سخت افزاری متناسب شامل موارد ذیل باید صورت پذیرد:

۱- ارتقا و بهبود ایمنی تاسیسات و سازه‌ها با انجام تعمیرات یا علاج‌بخشی

۲- بهسازی اجزای غیرسازه‌ای و سامانه‌های پشتیبان

۳- رفع هرگونه نقص یا انجام اصلاح در بهره‌برداری، پایش، بازرسی یا نگهداری سد یا آمادگی در شرایط اضطراری

۴- اقدام در جهت کاهش عواقب ناشی از تهدید ایمنی سد

۵- از رده خارج کردن سد

omoorepeyman.ir

یکی از راهکارهای بهبود ایمنی سد کاهش بارها است که معمولا با کاهش حجم مخزن تا سطح ایمن صورت می‌پذیرد. راهکار دیگر استفاده از رویکرد بر مبنای ریسک در مواردی است که عواقب شکست سد کم بوده و هزینه علاج‌بخشی آن بسیار زیاد است.

درصورتی‌که عواقب شکست زیاد و جدی باشد اقدام فوری مربوط یا محدود کردن بهره‌برداری قبل از انجام برنامه علاج‌بخشی کامل لازم و ضروری است. درصورتی‌که روش‌های اولیه انتخاب شده برای ارزیابی ایمنی یا اطلاعات موجود وضعیت قابل قبولی از ایمنی سد، تاسیسات تخلیه یا شیب‌های ناپایدار مخزن به‌دست ندهد مراحل تکمیلی شامل موارد ذیل باید مد نظر قرار گیرد:

- تحلیل‌های پیشرفته‌تر
- جستجو برای تهیه اطلاعات بیش‌تر و کامل‌تر به‌جای فرضیات اولیه جهت امکان انجام تحلیل‌های کامل‌تر

درصورتی‌که برنامه اقدامات اضطراری، بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد ضوابط لازم را برآورده ننماید، اصلاحات لازم در مورد آنها باید صورت پذیرد. این اصلاحات باید در گزارش ارزیابی ایمنی و دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش سد گنجانده شود.

۱-۱۲- مسایل ژئوتکنیکی سدها

۱-۱۲-۱- چارچوب بررسی‌های ژئوتکنیکی سدها

جهت شناخت رفتار سدها، بررسی‌های ژئوتکنیکی کافی باید انجام پذیرد. این بررسی‌ها عمدتا به صورت اکتشافات زیر سطحی برای تعیین ساختار زمین، براساس نمونه‌های خاک یا سنگ به صورت مشاهده‌ای یا انجام آزمایش آزمایشگاهی یا برجا می‌باشد. برنامه‌های اکتشافی برای تعیین رژیم آب زیرزمینی، شناسایی چشمه‌های آب زیرزمینی و لایه‌های قابل فرسایش (که ممکن است پس از آب‌گیری مخزن تحت تاثیر قرار بگیرند) هم لازم باشد. هدف دیگر عملیات اکتشافی اطمینان از عدم تهدید عملکرد سد در اثر نشت زیاد آب یا تراوش یا فرسایش آن و نیز به مخاطره افتادن پایداری سد است. از طرف دیگر مصالح ساخت و ساز سد باید جهت تعیین مقاومت، دانه‌بندی، نفوذ پذیری و خصوصیات تراکم پذیری برای سدهای خاکی و نیز دوام و واکنش‌های قلیایی در مخلوط‌های بتن مورد آزمایش قرار گیرند.

آزمایش‌های برجا برای تعیین خصوصیات مصالح زیر سطحی در صورت عدم حصول نتایج معنی‌دار در آزمایشگاه انجام می‌پذیرند. روش‌های استاندارد آزمایشات برجا برای حصول خصوصیات مقاومتی و تغییر شکل‌پذیری خاک و سنگ در این زمینه وجود دارد. در شرایطی که نفوذ پذیری با توجه به مسایل زمین‌شناسی نگران کننده باشد و با روش‌های عادی نتوان تخمین‌های مناسبی از آن انجام داد، آزمایشات برجای نفوذ پذیری نیز اعمال می‌گردد. در سدهای واقع شده بر روی پی سنگی آزمایش‌های نفوذ پذیری برجا به منظور بررسی وضعیت خلل و فرج و ملاحظات تزریق پی و تکیه‌گاه‌ها صورت می‌پذیرد. در سدهای ساخته شده روی پی‌های موجود نیز آزمایش‌های برجای نفوذپذیری جهت تعبیه اقدامات موثر برای کنترل تراوش انجام می‌گیرد. در ساختارهای پیچیده زمین‌شناسی یا در شرایطی که عملکرد تزریق نامشخص باشد، آزمایشات تزریق نیز باید انجام شود. سایر آزمایش‌ها مانند آزمایش‌های تراکم جهت ارزیابی رفتار سنگ و خاک هم ممکن است مورد نیاز باشند. آزمایش‌های تراکم در مواردی لازم است که مصالح سنگی یا خاکی خصوصیات نامشخص داشته یا تجهیزات و روش‌های تراکم جدید مورد استفاده قرار گیرند. این آزمایش‌ها در سدهای خاکی ممکن است جهت حصول روش مناسب خاکریزی و تراکم به‌کار روند. در برخی موارد جهت دستیابی به اطلاعاتی در مورد رفتار پیچیده

omoorepeyman.ir

سطوح مانند پی‌های رسی یا خاکریزهای با مصالح سست و کم کیفیت خاکریزهای آزمایشی نیز ساخته می‌شوند. وجود آرشیو مناسبی از مدارک دوران ساخت کمک شایانی به این بررسی‌ها می‌نماید.

۱-۱۲-۲- اطلاعات ژئوتکنیکی

۱-۱۲-۲-۱- بررسی اطلاعات موجود

یک نسخه دایمی از اطلاعات ژئوتکنیکی شامل تمام گزارش‌ها و بررسی‌ها و نقشه‌ها و لاگ گمانه‌ها و گزارش‌های طراحی ژئوتکنیکی باید در سد بایگانی و حفظ شود. فهرست این اطلاعات به شرح زیر است:

- لاگ گمانه‌ها شامل شماره حفاری، مختصات و عمق و ترانشه‌های اکتشافی و چاهک‌های آزمایشی
- نقشه و گزارش زمین‌شناسی
- گزارش لرزه‌خیزی و نقشه گسل‌ها و گزارش ژئوفیزیک
- گزارش آزمایش‌های مصالح مورد استفاده در ساخت سد
- وضعیت سواحل مخزن و شیب‌های محل
- مشخصات و نقشه‌های حفاری و پایدارسازی پی و تکیه‌گاه‌ها
- نتایج بازرسی‌ها و مکاتبات مربوط به مسایل ژئوتکنیک و مستندات برنامه نگهداری
- مشخصات، آزمایش‌ها و سوابق تراوش و وضعیت آب‌های زیرزمینی
- مستندات و نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی و برجای مکانیک سنگ
- مشخصات و طرح اختلاط بتن‌ها و دوغاب‌های تزریق
- مستندات اجرایی و نقشه‌های چون ساخت
- مشخصات، نقشه‌ها و قرائت‌های ابزار
- جعبه‌های نمونه‌های گمانه‌ها

عامل‌های مورد نیاز برای کنترل پایداری و تحلیل‌های ژئوتکنیکی از اطلاعات فوق استخراج می‌شوند.

۱-۱۲-۲-۲- موارد نیاز به اطلاعات تکمیلی

در ارزیابی ایمنی گاهی ممکن است علاوه بر اطلاعات موجود، نیاز به اکتشافات تکمیلی باشد. این موارد عبارتند از:

- مشاهده ترک خوردگی‌ها و نشست‌های قابل توجه در سد و سازه‌های وابسته
- افزایش غیرعادی نرخ نشست یا تغییر مکان‌های سد و تکیه‌گاه‌ها یا پیدایش چاله‌های فروکشی
- شرایط تراوش کنترل نشده یا تراوش ناگهانی
- عدم کفایت اطلاعات موجود برای تحلیل پایداری پی و تکیه‌گاه‌ها
- تغییرات غیرمنتظره یا شدید فشار پیزومترها
- ایجاد درزه و شکستگی شدید در سنگ‌ها

omoorepeyman.ir

- مشکوک بودن اطلاعات استفاده شده در تحلیل‌های پایداری
- بازنگری جامع ایمنی

۱-۱۳- تراوش آب

۱-۱۳-۱- ملاحظات تراوش و زهکشی

تشخیص تراوش در مراحل اولیه، در شناخت منشا و علت آن بسیار حایز اهمیت است. ارزیابی تراوش مشکلات فرسایش و تهدید ایمنی ناشی از آن را نیز در بر می‌گیرد.

۱-۱۳-۱-۱- ملاحظات کلی

تراوش از سدهای موجود یا خاکریزها و پی‌ها باید تحت نظر بوده تا در صورت مشاهده هرگونه ذرات که نشانگر شسته شدن باشد، اقدامات لازم صورت پذیرد. مقدار تراوش نیز که تغییرات ناگهانی آن می‌تواند نشانگر ترک‌خوردگی در هسته سد خاکی باشد، باید تحت کنترل قرار گیرد.

در شرایطی که احتمال حرکت ذرات بر اثر جریان تراوش وجود داشته باشد فیلتر یا زهکش لازم باید تعبیه گردد. در ساخت خاکریزها، پرده‌های آب‌بند و پی‌ها زهکش مناسب و کافی باید در نظر گرفته شده باشد. ملاحظات لازم برای اجتناب از فرسایش در اثر زلزله طراحی در طراحی زهکش‌ها باید در نظر گرفته شده باشد.

زهکش‌های داخلی زمانی که احتمال ترک‌خوردگی در اثر تنش‌های نامتقارن یا شکست هیدرولیکی وجود داشته باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، چرا که ترک‌خوردگی می‌تواند باعث تمرکز جریان تراوش و نهایتا شکست سد در اثر پدیده رگاب شود. در سدهای باطله زهکشی پی نیز بسیار حایز اهمیت می‌باشد. البته با رعایت مسایل زیست‌محیطی، در شرایطی ممکن است اجازه تراوش‌های زیاد از سدهای باطله داده شود.

۱-۱۳-۱-۲- ملاحظات ارزیابی تراوش از پی و تکیه‌گاه‌ها

درصورتی‌که کیفیت سنگ چندان مناسب نباشد، باید ملاحظات حفاظتی کافی برای جلوگیری از فرسایش داخلی، آب‌شستگی، حل شدگی مصالح پی یا تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود. سامانه‌های تزریق و زهکشی پی و تکیه‌گاه‌ها باید طوری تعبیه شوند که مقادیر فشار آب را در حد قابل قبول نگه دارند. در صورت احداث خاکریز روی پی سنگی، بهسازی پی باید با مصالح بدنه سازگار بوده تا از انتقال و حرکت مصالح بدنه پیشگیری نماید.

ملاحظات لازم برای کنترل مقدار و کیفیت تراوش در زمان ساخت، آب‌گیری، بهره‌برداری و تخلیه مخزن باید در نظر گرفته شود. سامانه زهکشی پی عموما به منظور کاهش فشار برکنش در زیر سد و داخل پی در نظر گرفته می‌شود و اغلب متشکل از چاهک‌های زهکشی متعدد در پایین‌دست پرده آب‌بند می‌باشد.

ارزیابی تراوش از پی سد شامل گام‌های زیر است:

- اطمینان از قابل قبول بودن مقادیر تراوش با توجه به شرایط زمین‌شناسی

omoorepeyman.ir

- شناسایی کلیه تراوش‌های مشهود در مناطق هوازده، درزهای باز و نواحی تماس لایه‌ها
- اطمینان از عملکرد مناسب سامانه زهکشی
- اطمینان از عملکرد رضایت بخش پرده تزریق

در این بررسی‌ها احتمال زوال شیمیایی دوغاب تزریق، وجود آب‌بندهای رسی و سنگ بستر نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱-۱۳-۲- کنترل تراوش

پایش تراوش توسط مشاهده، سرریز مثلثی، جریان سنج، بده سنج، مجرای فلوم، ظروف مدرج، چاهک‌های کنترل و پیزومترها صورت می‌پذیرد. جهت کنترل تراوش موارد زیر مد نظر قرار می‌گیرد:

- مقدار جریان یا بده تراوش متناظر با تراز مخزن باید پایش و ثبت شده و هرگونه تغییرات غیرعادی در آن بر روی منحنی و به طور آماری بررسی شود. حداکثر بده تراوش متناسب با حداکثر تراز مخزن، به‌عنوان معیار کنترلی از تحلیل یا اندازه‌گیری به‌دست می‌آید. اطلاعات مربوط به شرایط بارندگی یا ذوب برف و یخ باید به طور جداگانه اصلاح شوند.
- گرادیان هیدرولیکی که نشان دهنده احتمال وقوع پدیده رگاب است، در بدنه، پی و تکیه‌گاه‌های سد و خصوصا اطراف مجاری عبور کننده از داخل سد خاکی باید کنترل شود. این مساله در زمان کارکرد مجاری نیز باید همراه با انجام بازرسی بررسی گردد.
- زهکش‌ها و فیلترها باید برای هدایت تراوش پیش‌بینی شده، طراحی شده باشد. فشارهای حفره‌ای داخلی زیاد معمولا نشان دهنده ظرفیت ناکافی زهکش‌ها یا نفوذپذیری کم آنها می‌باشد. از طرفی کاهش غیرعادی دبی تراوش از زهکش‌ها می‌تواند نشان دهنده گرفتگی آنها باشد.
- معیارهای مشاهده‌ای عبارتند از وجود ترک، حفره یا تخلخل در بدنه، پی یا تکیه‌گاه و مشاهده عینی جوشش یا تراوش شدید. در بازرسی و کنترل مشاهده‌ای زهکش‌ها، در صورت وجود دانه‌های خاک مربوط به بدنه یا فیلترها و یا گل آلود بودن خروجی زهکش‌ها بررسی دقیق‌تر باید به‌عمل آید. در این مورد معیارهای مربوط به دانه‌بندی فیلترها برای جلوگیری از رگاب باید در طراحی رعایت شده باشد.

بسته به عواقب شکست و اهمیت سد، گرادیان هیدرولیکی در بدنه خاکریز، پی، تکیه‌گاه‌ها و اطراف مجاری عبور کننده از داخل سد باید در حین ساخت، آب‌گیری و بهره‌برداری پایش شده و با مقادیر مجاز مورد مقایسه قرار گیرد. در حین ساخت و آب‌گیری مقدار تراوش و فشار آب حفره‌ای در اطراف پرده‌های آب‌بند باید به دقت کنترل شود.

گرادیان هیدرولیکی براساس روابط نظری موجود به دانه‌بندی خاک، تخلخل و چگالی و فشار آب حفره‌ای بستگی دارد. مقدار مجاز گرادیان هیدرولیکی معمولا با اعمال ضریب اطمینان به گرادیان بحرانی (i_{cr}) به‌دست می‌آید. بررسی سوابق اطلاعات ثبت شده تراوش و پدیده رگاب یا جوشش ماسه نشان می‌دهد که مشخصات محل، تاثیر قابل توجهی در مقدار واقعی گرادیان بحرانی دارد. نتایج اطلاعات آماری گذشته جهت اطلاع در جدول (۱-۸) ارائه شده است. برای سایر انواع خاک این مقادیر بسته به خصوصیات فرسایشی و مقاومتی آن متغیر خواهد بود.

omoorepeyman.ir

جدول ۱- ۸- سوابق اطلاعات ثبت شده تراوش و پدیده رگاب یا جوشش ماسه

مقدار اندازه‌گیری شده گرادیان خروجی	شرایط مشاهده شده تراوش
۰ تا ۰/۵	عدم تراوش یا تراوش جزیی
۰/۲ تا ۰/۶	تراوش معمولی یا متوسط
۰/۴ تا ۰/۷	تراوش زیاد
۰/۵ تا ۰/۸	رگاب یا جوشش ماسه

۱-۱٤- کنترل پایداری سدهای خاکی

۱-۱٤-۱- کلیات

در این بخش معیارهای ارزیابی ایمنی و پایداری سدهای خاکی و خاکریزها شامل بدنه، پی، تکیه‌گاه‌ها، شیب‌های مخزن و شیب‌های پایین‌دست سدها مورد بررسی قرار گرفته است. سدها خاکی در این راهنما به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از سدهای خاکی و سنگریزه‌ای با هسته آب‌بند و سدهای همگن یا غیر همگن با رویه آب‌بند که به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرند. ارزیابی این سازه‌ها بر چهار محور زیر استوار است:

- بررسی‌ها و آزمایشات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک (مطابق بخش (۱-۱۲))
- تحلیل‌های ژئوتکنیکی (مطابق راهنمایی‌های این بخش)
- بازرسی (مطابق راهنمای بازرسی در سدهای بزرگ (نشریه شماره ۲۱۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)
- ابزاربندی و رفتارسنجی (مطابق بخش (۱-۷) و نشریه شماره ۶۸ کمیته ملی سدهای بزرگ)

ابزاربندی کافی برای سدهای خاکی و پی‌ها باید به منظور پایش رفتار سد و ارزیابی ایمنی آن با توجه به طبقه‌بندی عواقب تعبیه گردد. عملکرد سد با توجه به معیارهای طراحی در مراحل مهم ساخت، زمان آب‌گیری اولیه، تخلیه مخزن و بهره‌برداری باید توسط ابزار پایش شود. هدف طرح ابزاربندی یک خاکریز یا پی ارائه اطلاعات لازم در مورد مدهای شکست آن و تاسیسات وابسته و شرایط بهره‌برداری آنها و یا ظهور شرایط ناهنجار است.

برنامه ابزاربندی باید طوری باشد که در صورت شناسایی مناطق بحرانی، قابلیت نصب ابزار اضافی وجود داشته باشد. برنامه قرائت دوره‌ای از پیش تعیین شده ابزار باید شامل دوره ساخت هم باشد تا بتوان در صورت لزوم تغییراتی را در طراحی در حین اجرا اعمال نمود. حدود قابل قبول قرائت ابزار باید در حین طراحی تعیین شده و در حین ساخت و بهره‌برداری مد نظر قرار گیرد. هم‌چنین ابزار جایگزین و کافی برای لحاظ نمودن احتمال از کار افتادن برخی ابزار موجود باید در نظر گرفته شود.

برای سدهای باطله الزامات ابزاربندی برای پایش جنبه‌های ژئوتکنیکی ممکن است در طول عمر سد تغییر نماید. الزامات کلی ابزاربندی در طراحی یا ارزیابی ایمنی سد باید مشخص شده و نیاز به ابزار اضافی به طور کاملا مستند ارائه گردد. عوامل موثر در انتخاب نوع ابزار و نیاز به آنها شامل زمین‌شناسی پی، ابعاد و نوع سد و مخزن، طبقه‌بندی عواقب، محل پروژه، مدهای شکست بحرانی و عملکرد گذشته آن می‌باشند. تمامی ابزار مورد قرائت باید به طور منظم تنظیم شوند.

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های ابزار برنامه دوره‌ای قرائت آنها در طول عمر بهره‌برداری پروژه است. دستورالعمل شفاف برای اتخاذ تصمیم‌گیری در مورد ارزیابی اطلاعات قرائت شده توسط کارکنان مسوول (جهت آگاهی از علایم هرگونه شرایط غیرعادی یا انحراف

omoorepeyman.ir

از فرضیات طراحی) باید تدوین گردد. جزییات بیش‌تر در زمینه ابزاربندی سدهای خاکی در نشریه شماره ۶۹ کمیته ملی سدهای بزرگ ایران ارائه شده است.

سطح ایمنی مورد نظر برای ارزیابی سدها و سازه‌های خاکی با توجه به عواقب شکست آنها تعیین می‌شود. عواقب مورد نظر با توجه به دسته‌بندی فصل اول این راهنما تعیین می‌شوند. پروژه‌هایی که در مرحله ساخت براساس معیارهای طراحی خاص، طراحی و اجرا شده‌اند، باید در مرحله ارزیابی ایمنی پاسخگوی معیارهای حداقل این راهنما باشند. در غیر این‌صورت با ارائه دلایل و شواهد مستند باید ایمنی آنها به اثبات برسد. مقاومت و شرایط فعلی سد و پی می‌تواند براساس روال مورد استفاده در طراحی سدهای جدید ارزیابی شود. برای سدهای با عواقب شکست زیاد و خیلی زیاد باید با تعبیه ابزار دقیق کافی، رفتار آن پایش شده و نتایج در ارزیابی ایمنی سد مورد استفاده قرار گیرد.

در ارزیابی و بازنگری ایمنی در شرایط معمولی مرور مدارک طراحی، گزارش‌های اجرایی و سابقه رفتار سد همراه با انجام بازرسی کفایت می‌کند. اما در صورت مشاهده کمبود یا ناقص بودن اطلاعات موجود، نمونه‌گیری و آزمایش مورد نیاز خواهد بود. مقدار و کفایت آزمایش‌ها و بررسی‌های تکمیلی نیز با توجه به عواقب شکست و اهمیت سازه‌ای سد تعیین می‌شود.

در سدهای دارای هسته آب بند، اثر نوع هسته از قبیل رسی، آسفالتی، بتنی و نظایر آن در پایداری سد تابع عملکرد آب بندی آن می باشد که مسائل مربوط به آن در فصل ۱۳ مطرح شده است.

۱-۱۴-۲- تحلیل‌های ژئوتکنیکی

پس از تهیه و جمع‌آوری اطلاعات بررسی‌های ژئوتکنیکی، بازرسی و ابزاربندی و تحلیل‌های ژئوتکنیکی به منظور ارزیابی کمی ایمنی صورت می‌پذیرد. این تحلیل‌ها براساس مدهای خرابی سدهای خاکی عبارتند از:

- تحلیل مسایل شیب‌ها
- تحلیل پتانسیل رگاب
- تحلیل پایداری پی
- تحلیل ریسک روگذری

۱-۱۴-۲-۱- تحلیل مسایل شیب‌ها

۱-۱۴-۲-۱-۱- ناپایداری لغزشی

شیب‌های سد و تکیه‌گاه‌ها باید طوری طراحی شوند که در تمام مراحل ساخت و تمام ترازهای آب دریاچه و تمام شرایط بهره‌برداری پایدار بمانند. این شیب‌ها باید طوری طراحی گردد که باعث ایجاد تغییر شکل‌های غیر قابل قبول در سد یا پی آن نگردند. برای سدهای خاکی پنج نوع پایداری لغزشی شیب ممکن است رخ دهد که عبارتند از:

- حالت استاتیکی که در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی از تراوش ماندگار معمولا در پایین‌دست رخ می‌دهد.
- حالت دینامیکی مخزن پر که بر اثر نیروهای ناشی از زلزله و یا روان‌گرایی در پی یا بدنه یا تکیه‌گاه‌ها و شیب‌های مخزن رخ می‌دهد.

omoorepeyman.ir

- حالت پایان ساختمان که در آن شرایط تحکیم تکمیل نشده و فشار منفذی مستهلک نشده به‌ویژه در داخل هسته وجود دارد.
- حالت افت سریع تراز آب مخزن که ممکن است باعث ایجاد وضعیت زهکشی نشده و ناپایداری شیب بالادست شود.
- شرایط بارش شدید یا ممتد که می‌تواند با ایجاد حالت اشباع یا افزایش فشار آب حفره‌ای، پایداری تمام شیب‌ها را تهدید نماید.

پایداری شیب‌های مخزن باید تحت هر شرایط دیگری که باعث تهدید ایمنی آن شود، ارزیابی گردد. در صورت لزوم این شیب‌ها باید پایدار شده یا تهدید ناشی از ناپایداری آن رفع گردد. شاخص عملکرد در این حالت نسبت نیروی مقاوم به نیروی محرک لغزشی است که ضریب اطمینان در برابر لغزش نامیده می‌شود.

در جدول (۱-۹) حداقل ضرایب ایمنی که معمولا برای محاسبات کنترل پایداری براساس مقاومت تحریک شده، به‌کار می‌روند ارائه شده‌اند. در بعضی حالات مقادیر کم‌تر نیز ممکن است پذیرفته شود مانند حالتی که عملکرد مناسب براساس اندازه‌گیری تغییر شکل‌ها احراز گردد یا از روش‌های تحلیلی دقیق‌تر جهت بررسی رفتار استفاده شود. ضرایب ایمنی قابل قبول نهایی باید قابلیت اعتماد ورودی‌های مورد استفاده در کنترل پایداری، محدودیت‌ها و تناسب روش تحلیل پایداری، بزرگی تغییر شکل‌های قابل تحمل و عواقب شکست احتمالی را در نظر بگیرند.

در حالت عادی اگر خاکریز و پی پتانسیل روان‌گرایی نداشته باشند، می‌توان از روش شبه استاتیکی برای کنترل پایداری آنها استفاده نمود. در این روش اثر دینامیکی زلزله به صورت استاتیکی معادل اعمال می‌شود که نیروی آن با ضرب جرم سازه در ضریب شتاب لرزه‌ای به دست می‌آید. به جز سدهای با عواقب شکست کم در نواحی با زلزله‌خیزی کم، برای سایر سدها روش شبه استاتیکی تنها به عنوان یک حداقل برای کنترل پایداری محسوب می‌شود. برای نواحی زلزله‌خیزی کم، حداکثر شتاب زمین ۰/۰۵ g فرض می‌شود.

ضرایب اطمینان پایداری کلیه شیب‌ها در حین ساخت در شرایط استاتیک حداقل ۱|۳ فرض می‌شود مگر این‌که ضرایب ایمنی کم‌تری بر مبنای عملکرد مناسب مشاهده شده یا تحلیل دقیق‌تر پایداری قابل استناد باشد.

هرگونه مصالح انباشته در بالادست سدهای باطله درصورتی که ایمنی و پایداری سد و سازه‌ای جنبی آن را تهدید کند باید در شرایط پایدار نگه‌داشته شود. مقادیر حداقل ارائه شده برای سدهای باطله و شیب‌های تکیه‌گاه‌ها و مخزن نیز اعمال می‌گردد.

۱-۱۴-۲-۱-۲- نشست، تغییر شکل و ترک‌خوردگی

سد باید طوری طراحی شود که در صورت ایجاد ترک ناشی از نشست یا شکست هیدرولیکی در آن، یکپارچگی کلی حفظ شود. فرازبندها و سایر خاکریزهای موقت نیز باید شرط فوق را برآورده نمایند. در حین ساخت و آب‌گیری و بهره‌برداری، بازرسی‌های جامع برای شناسایی ترک‌های احتمالی و تشخیص علت آنها باید به عمل آید. درصورتی‌که احتمال ترک‌خوردگی در هسته سد وجود داشته باشد تحلیل‌ها و مطالعات دقیق‌تری برای بررسی آن باید صورت پذیرد.

ارتفاع آزاد اضافی بصورت گرده برای جبران نشست پیش‌بینی شده تاج سد و ترک‌های ناشی از فرآیند یخزدگی باید در نظر گرفته شده باشد. درصورتی‌که تراز آب مخزن تا تراز ترک‌های ناشی از یخزدگی بالا می‌آید، تمهیدات لازم برای تعمیر ترک‌ها یا مصالح کافی برای محافظت از هسته باید در نظر گرفته شود. در سدهای در حال ساخت نیز این نوع ترک‌ها برای ادامه کار اجرایی باید ترمیم شوند.

omoorepeyman.ir

در تعیین ارتفاع آزاد باید نشست‌های پیش‌بینی شده سد را نیز در نظر گرفت. برداشت اطلاعات واقعی کمک زیادی به برآورد کیفی نوع و شدت ترک‌خوردگی در سدها می‌نماید. در این زمینه حساسیت و آسیب‌پذیری سد نسبت به ترک‌خوردگی هسته و رگاب باید مشخص شود. آگاهی از این مساله نیاز به شناخت مصالح سد، جزییات اجرایی محل تماس خاک و سازه و پتانسیل‌های خرابی قسمت‌های مختلف سد دارد.

در ارزیابی آسیب‌پذیری سد نسبت به جابه‌جایی و رگاب، مواردی چون کنترل کفایت فیلترها با معیارهای موجود، اثرات نشست و تغییر شکل در اطراف مجاری خروجی و زهکشی مدفون در بدنه، تکیه‌گاه‌ها و پی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

سدهای باطله و فراز بندها و نشیب بندها که جزیی از بدنه سد می‌شوند نباید مشکل‌دار بوده و باعث تشدید اثرات نشست، روان‌گرایی و از کار افتادن فیلترها شوند.

۱-۱۴-۲-۱-۳- فرسایش سطحی

شیب‌های بالادست سد و تکیه‌گاه‌ها باید در برابر فرسایش سطحی و ایجاد شکاف به علت برخورد امواج یا یخ‌ها و کنده‌کاری‌ها و حفره‌های حیوانات محافظت شوند. خرابی سنگ چین‌ها نباید منجر به ناپایداری دامنه‌های سد شود. شیب‌های پایین‌دست نیز در صورت لزوم باید در برابر عوامل فرساینده مانند بارش‌ها، آب‌های زهکشی شده و جاری، عبور و مرور، یخزدگی و حیوانات حفاظت شوند.

ورودی و خروجی سرریزها و مجاری انتقال آب باید در برابر فرسایش حفاظت شده باشند. شیب‌های موقت و دایم خاکریزها و تکیه‌گاه‌ها باید در برابر اثر امواج، بارش‌ها و جریانات زهکشی آب در حین ساخت به صورت مناسب مورد محافظت قرار گیرند.

مساله فرسایش در سدهای باطله و سدهایی که از رده خارج می‌شوند باید مورد توجه ویژه قرار گیرند.

۱-۱۴-۲-۲- رگاب

به بخش (۱-۱۳) مراجعه شود.

۱-۱۴-۲-۳- پایداری پی

بررسی پایداری پی شامل روان‌گرایی، پایداری لغزشی، ضعف باربری، رگاب و مسایل مربوط به پی‌های سنگی می باشد.

۱-۱۴-۲-۳-۱- روان‌گرایی

روان‌گرایی یکی از مهم‌ترین پدیده‌های ژئوتکنیکی است که باعث تخریب سازه‌هایی مانند سدها در حین زلزله می‌شود. این پدیده معمولا در خاک‌های ماسه‌ای سست و اشباع روی می‌دهد. در این پدیده اندرکنش فازهای جامد و سیال خاک موجب افزایش فشار منفذی در اثر حرکت تناوبی زمین شده و در نتیجه تنش‌های موثر در خاک کاهش یافته و مقاومت برشی خاک از بین می‌رود. سدهایی که بر روی بسترهای رسوبی اشباع مانند لایه‌های ماسه‌ای بنا می‌گردند، در حین زلزله برای وقوع روان‌گرایی و شکست مستعد می‌باشند. روان‌گرایی در شالوده سد باعث تخریب کلی سد یا ایجاد تغییرشکل‌های بزرگ و ماندگار در بدنه سد می‌شود.

روان‌گرایی معمولا همراه با از دست دادن ظرفیت باربری، نشست زیاد، ایجاد فروچاله، ترک‌های بزرگ، گسترش جانبی شیب‌ها، جوشش و بیرون زدن آب و جابجا شدن نوسانی زمین می‌باشد.

omoorepeyman.ir

تمام خاکریزها و پی‌های مشکوک به روان‌گرایی در محدوده سد باید شناسایی شوند. درصورتی‌که احتمال روان‌گرایی تحت بار زلزله وجود داشته باشد، تحلیل پایداری در شرایط پس از رخداد روان‌گرایی باید انجام پذیرد. درصورتی‌که احتمال لغزش در اثر روان‌گرایی وجود داشته باشد، اقدامات لازم متناسب جهت اطمینان از عدم شکست سد باید صورت بگیرد.

در ارزیابی روان‌گرایی باید مناسب‌ترین و کامل‌ترین روش‌ها به کار گرفته شود. استفاده از روش‌های دقیق‌تر تحلیل روان‌گرایی باید توسط افراد خبره و متخصص انجام گیرد. در فرازبندهایی که در جریان تکمیل ساخت، جزیی از بدنه سد اصلی می‌شوند، روان‌گرایی سابقه بیش‌تری داشته است. انجام آزمایشات روی نمونه‌های دست نخورده، آزمایش نفوذ استاندارد و روش‌های ژئوفیزیکی برای تعیین خصوصیات خاک و عامل‌های مورد نیاز ارزیابی روان‌گرایی مناسب هستند.

روان‌گرایی عمدتا تحت شرایط زیر رخ می‌دهد:

- کرنش بیش از حد تحت بار استاتیکی
- بار ضربه‌ای و شوک
- بارهای متناوب مانند زلزله

برخی روش‌های کاهش پتانسیل روان‌گرایی و پیشگیری از عواقب آن عبارتند از:

- تحکیم دینامیکی با ارتعاش افقی
- ایجاد ستون‌های سنگی یا استفاده از شمع
- تراکم با ایجاد ارتعاشات عمودی
- زهکشی

۱-۱۴-۲-۳-۲- پایداری لغزشی پی

سد باید طوری طراحی شود که مقاومت برشی پی در تمام مراحل ساخت، آب‌گیری اولیه و تخلیه مخزن برای تامین پایداری سد و پی کفایت نماید. در تعیین عامل‌های مقاومت برشی سد سازگاری کرنش بین سد و پی باید تشخیص داده شده و در نظر گرفته شود. به طور کلی مقاومت کششی در محل تماس هسته سد و پی ناچیز بوده و در تحلیل پایداری از آن صرف‌نظر می‌شود. برای در نظر گرفتن این مقاومت کششی مقادیر آن باید توسط آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های محل تماس بدنه و پی تایید شود. در پی‌های با خرد شدگی و شکستگی‌های نامنظم عامل‌های مقاومتی باید برای بحرانی‌ترین جهت درزها و ناپیوستگی‌ها تعیین شود.

۱-۱۴-۲-۳-۳- پی‌های سنگی سدها

در سدهای واقع بر پی سنگی، پی باید موارد زیر را تامین نماید:

- ایمنی در تمام مراحل ساخت، آب‌گیری اولیه و تخلیه مخزن
- کفایت پایداری سد و سازه‌های وابسته و پی و تکیه‌گاه‌ها در تمام حالات و ترکیبات بارگذاری
- محدود نمودن تغییر شکل‌ها در طول بهره‌برداری به مقادیر مجاز و قابل قبول

omoorepeyman.ir

برای آگاهی از هرگونه ضعف در پی و تشخیص مدهای گسیختگی آن، اطلاعات زمین‌شناسی کافی باید تهیه شود. ارزیابی توده سنگ باید کیفیت و رفتار کلی آن را شامل شود. این ارزیابی براساس اطلاعات آزمایش‌های برجا، مغزه‌گیری، بازرسی مشاهده‌ای، آزمایش‌های ژئوفیزیک و داده‌های ابزاربندی می‌تواند انجام پذیرد.

تزریق‌های تحکیمی کافی جهت جلوگیری از تراوش فرساینده و عبور جریان از نواحی خرد شده سنگ پی و فیلترهای طبیعی داخل پی باید درنظر گرفته شود. نفوذ موثر تزریق در پی باید با آزمایش فشار آب، مغزه‌گیری یا روش‌های ژئوفیزیک تحت پایش قرار گرفته باشد.

در ارزیابی ایمنی، تمام کارهای بهسازی انجام شده در زمان ساخت و بهره‌برداری باید شناسایی شده و کفایت و پایداری آنها در شرایط فعلی مورد بررسی قرار گیرد. پایداری پی‌های سنگی معمولا براساس ضرایب ایمنی ژئوتکنیکی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۱-۱٤-۲-٤- روگذری

جزییات مربوط به ارزیابی پایداری در شرایط مختلف از جمله روگذری شامل مد خرابی، مشخصات، روش تحلیل و معیار پذیرش پایداری در جدول (۱-۹) ارائه شده است.

جدول ۱-۹- مشخصات ارزیابی پایداری و ایمنی سدهای خاکی با توجه به مدهای خرابی محتمل

مد خرابی	توصیف مشخصات	روش عمومی تحلیل	معیار پذیرش
ناپایداری شیب (حالت تراوش ماندگار)	در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی از تراوش ماندگار یا زوال پنجه خاکریز معمولا در دامنه پایین‌دست رخ می‌دهد	روش شبه استاتیکی متداول	۱- حداقل ضریب اطمینان در حالت عادی ۱/۵ ۲- پایان ساخت سد قبل از آب‌گیری ۱/۳
ناپایداری شیب (کاهش سریع تراز مخزن)	با ایجاد وضعیت زهکشی نشده باعث ناپایداری شیب در شیب بالادست می‌شود	تحلیل در شرایط تحکیم شده و زهکشی نشده	۱- حداقل ضریب اطمینان ۱/۳ ۲- در صورت وقوع مکرر پایین آمدن تراز مخزن در دوره بهره‌برداری ضریب اطمینان بالاتر در نظر گرفته می‌شود
ناپایداری شیب (شرایط زلزله)	۱- ناپایداری شیب در بالادست یا پایین‌دست در اثر نیروهای دینامیکی زلزله ۲- ناپایداری شیب در بالادست یا پایین‌دست در اثر نیروی افقی زلزله یا روان‌گرایی ۳- کاهش ضریب اطمینان در خلال زلزله که باعث تحمیل تغییر شکل‌هایی به شیب می‌شود	۱- تحلیل پاسخ زمین با در نظر گرفتن اثرات بزرگنمایی شتاب زلزله در سطح با توجه به سرعت انتشار امواج در لایه‌های زمین ۲- شناسایی پتانسیل روان‌گرایی و اصلاح مقاومت لایه‌های روانگرا شده به مقاومت پسماند و تحلیل مجدد پایداری شیب‌ها و تدقیق تحلیل دینامیکی روان‌گرایی ۳- تحلیل دینامیکی لرزه‌ای و محاسبه تغییر شکل‌های تجمعی ناشی از زلزله ۴- تحلیل پایداری در شرایط پس از زلزله با مقاومت‌های پسماند و فشارهای آب حفره‌ای افزایش یافته	۱- حداقل ضریب اطمینان ۱/۱ (برای حالت شبه استاتیکی) ۲- حداقل ضریب اطمینان ۱/۳ (برای حالت بلافاصله پس از زلزله) ۳- تغییر شکل‌های ناشی از زلزله براساس شرایط و یافته‌های طراحی تفصیلی و قضاوت مهندسی

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۱-۹- مشخصات ارزیابی پایداری و ایمنی سدهای خاکی با توجه به مدهای خرابی محتمل

مد خرابی	توصیف مشخصات	روش عمومی تحلیل	معیار پذیرش
خرابی در اثر رگاب	۱- شسته شدن مصالح ریز دانه به علت جریان تراوش با گرادیان هیدرولیکی بالا و نبود دانه‌بندی و فیلتر مناسب ۲- جوشش ماسه یکی از علایم آن است ۳- این پدیده می‌تواند به شکست ناگهانی سد نیز منجر شود	۱- شناسایی مسیرهای بالقوه جریان از جمله حفره‌ها، ترک‌ها، درزها و نواحی با نفوذ پذیری بالا و فشار موثر کم ۲- مقایسه مشخصات ابعادی دانه‌ها با معیارهای طراحی فیلتر ۳- تحلیل تراوش و محاسبه تنش موثر در پنجه شیب ۴- تحلیل نشست برای بررسی پتانسیل نشست ناهمگون در سد	۱- نواحی نفوذ پذیر پی و تکیه‌گاه‌ها پتانسیل بالایی ندارند ۲- شواهد ظاهری با بازرسی مستمر ۳- معیارهای طراحی فیلتر ۴- مشاهده تغییرشکل‌های سریع ۵- جزیی بودن نشست‌های ناهمگون
خرابی در پی	۱- وزن خاکریز و مخزن از ظرفیت باربری پی تجاوز می‌کند و بخصوص در شرایط زهکشی نشده باعث خرابی پی می‌شود ۲- خرابی در حالت ماندگار به علت وجود لایه‌ها یا نواحی ضعیف، نفوذ پذیر یا دارای پتانسیل رگاب در پی ۳- خرابی پی در اثر روان‌گرایی در شرایط زلزله	۱- تحلیل پایداری با مقاومت‌های برشی شرایط زهکشی نشده ۲- تحلیل پایداری با مقاومت‌های موثر و فشار آب حفره‌ای با لحاظ نواحی ضعیف ۳- تحلیل پایداری برای سطوح لغزش دایره‌ای و غیر دایره‌ای ۴- تحلیل پایداری در شرایط زلزله	۱- حداقل ضریب اطمینان لغزش پی در شرایط عادی ۱/۳ ۲- حداقل ضریب اطمینان در شرایط زلزله ۱/۱ ۳- کنترل تغییر شکل‌های ناشی از زلزله براساس شرایط و قضاوت مهندسی
خرابی در اثر روگذری	۱- سرریز اصلی و اضطراری قادر به تخلیه سیلاب نیستند ۲- تراز آب از ارتفاع آزاد سد عبور کرده و در اثر روگذری باعث آب‌شستگی شیب پایین‌دست و تهدید یک‌پارچگی آن و آسیب به تاسیسات پایین‌دست و احتمالا شکست سد می‌شود	۱- بررسی ظرفیت سرریزهای اصلی و اضطراری و قابلیت اطمینان کارکرد آنها با توجه به هیدروگراف سیلاب طراحی و سیلاب کنترل ۲- بررسی کفایت ارتفاع آزاد سد براساس تغییرات سازه‌ای و محیطی منطقه	کنترل ارتفاع آزاد برای کارکرد صحیح سرریزها با توجه به هیدروگراف سیلاب کنترل

۱-۱۴-۳- سازه‌های جنبی

منظور از سازه‌های جنبی سازه‌های هیدرولیکی یا غیر هیدرولیکی هستند که اختلال در عملکرد آنها ایمنی سد را تهدید می‌نماید. پی و تکیه‌گاه‌ها و خاکریزهای درجا که سازه‌های هیدرولیکی جنبی در آنها ساخته می‌شود باید عاری از هرگونه جابه‌جایی ثقلی که منجر خسارت می‌شود باشد. این خسارات شامل ترک‌خوردگی بیش از حد، تغییر شکل، اعوجاج، آسیب دیدگی یا جدایی درزها یا هر عامل دیگری که یک‌پارچگی سازه و عملکرد هیدرولیکی آن را تحت تاثیر قرار دهد می‌باشند.

این پی‌ها و خاکریزها باید در برابر اثرات مخرب تراوش از مجاری یا سازه‌های دیگر حفاظت شوند. پی‌ها و خاکریزهای درجا یا متراکم و کوبیده شده نباید دچار نشست‌های نامتجانس و تورم شوند. این پدیده‌ها می‌تواند باعث آسیب دیدگی درزهای آب‌بندی شده و نوارهای آب‌بند و یا ترک‌خوردگی و انحراف دال‌ها و قطعات بتنی گردد.

پی سازه‌های هیدرولیکی جنبی باید مقاومت لازم را در برابر لغزش داشته و ظرفیت باربری آن برای جلوگیری از نشست‌های غیرمجاز کافی باشد. شیب‌های دارای تداخل با ورودی یا خروجی سازه‌های هیدرولیکی باید پایداری لغزشی کافی داشته یا حرکات آنها محدودیتی در عملکرد سازه ایجاد ننماید.

omoorepeyman.ir

۱-۱۴-۴- سدهای سنگریزه‌ای با رویه آب‌بند

انواع رویه‌های آب‌بند مورد استفاده در سدها عبارتند از بتنی سیمانی مسلح به میلگرد یا الیاف، بتنی آسفالتی، فلزی و لاستیکی و پلیمری. سدهای سنگریزه‌ای با رویه و پی آنها باید کلیه الزامات پایداری سدهای خاکی را برآورده نمایند. یک‌پارچگی رویه بالادست تحت اثرات نشست، زوال ناشی از اشعه ماورای بنفش و سایر عواملی که منجر به نشست بیش از حد مجاز می‌شوند باید تامین شود. تراوش یا نشت از سطح رویه باید در حد مجاز بوده و ایمنی سد را به خطر نیندازد.

عملکرد رویه بستگی مستقیم به روش اجرایی، جزییات درزها و مشخصات پایه یا ریشه رویه دارد. در ارزیابی و بازنگری ایمنی، نقشه‌ها و جزییات اجرایی نهایی باید به دقت بررسی شده، در صورت امکان به طور کامل بازدید گردیده و مقادیر نشست و ترک‌های احتمالی مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گیرند. بخش عمده‌ای از ترک‌های مشاهده شده در رویه‌ها مربوط به مشکلات زمان ساخت و عدم استفاده از طرح اختلاط و برنامه بتن‌ریزی و عمل‌آوری مناسب و نیز آرایش نامناسب میلگردها می‌باشد که باید در هنگام شروع آب‌گیری مورد ارزیابی قرار گیرند.

رویه‌ها معمولا در پنجه بالادست به یک پایه یا دال که به سنگ بستر یا دیوار آب‌بند به طور کامل متصل و مهار شده است، منتهی می‌شوند. درزهای اتصال غیر صلب در غشای رویه باید با نوار آب‌بند قالب‌گیری شده یا با قابلیت انبساط کافی ساخته شده باشند.

در زمان آب‌گیری، اتصال رویه با پایه یا دال مذکور دچار تغییر شکل می‌شود، لذا در جهت اطمینان دو یا سه سری نوار آب‌بند بسته به عمق آب دریاچه، در این محل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نشست بدنه سنگریزه‌ای می‌تواند اثر منفی بر یک‌پارچگی رویه آب‌بند بگذارد، لذا در حین اجرا لایه‌های بدنه باید در ضخامت‌های کم‌تر متراکم شوند. در هر حال اثرات ناشی از نشست‌های بدنه بر رویه باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

علاوه بر موارد فوق:

- در رویه بتن آسفالتی بالادست تاثیر چرخه یخ- ذوب باید به طور ویژه بررسی شود.
- رویه‌های فلزی باید سامانه حفاظتی مناسب در برابر خوردگی داشته باشند.
- در رویه‌های بتنی الزامات ترک‌خوردگی و فواصل درزبندی و آب‌بندی درزها باید به دقت کنترل شود.
- رویه‌های لاستیکی یا پلیمری و کامپوزیت‌ها باید به طور مناسب در برابر عوامل مخرب که باعث پارگی یا ایجاد شکاف در آنها می‌گردد، حفاظت شوند.

۱-۱۴-۵- ارزیابی پایداری با استفاده از اطلاعات ابزار

علاوه بر تحلیل‌های ژئوتکنیکی با بررسی اطلاعات ابزار دقیق می‌توان تخمینی از وضعیت ایمنی و پایداری سد به‌دست آورد. این بررسی‌ها در دو مرحله قابل انجام است که عبارتند از بررسی مستقیم اطلاعات ابزار و دیگری استفاده از اطلاعات ابزار برای دقیق نمودن فرضیات طراحی و دقیق نمودن تحلیل‌های ژئوتکنیکی مربوط.

حدود مجاز تغییرات عامل‌های محاسبه شده براساس نتایج قرائت شده از ابزار، عموما در مرحله طراحی مشخص می‌شود. در جدول (۱-۱۰) مشخصات ارزیابی پایداری سدهای خاکی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار به‌همراه معیارهای حداقل برای کنترل

omoorepeyman.ir

مقدماتی نتایج ارائه شده است. درصورتی‌که نتایج قرائت‌ها و بررسی اولیه، معیارهای زیر را برآورده نکنند، موارد باید برای بررسی بیش‌تر به طراح سد یا دفتر ایمنی و پایداری سدها اعلام شود.

مقادیر قابل پذیرش شاخص‌های عملکرد ارائه شده در جدول (۱-۱۰)، بسته به نوع و ابعاد سد، مشخصات مصالح هسته و خاکریز و دوره اندازه‌گیری (پس از پایان ساخت، حین آب‌گیری، حین بهره‌برداری عادی و تحت بارهای فوق‌العاده مانند زلزله) متغیر بوده و صرفا به‌عنوان معیار کنترل مقدماتی و اولیه برای سدهای خاکی با هسته رسی می‌باشند.

جدول ۱-۱۰- ارزیابی مقدماتی پایداری سدهای خاکی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار

نوع ابزار	ملاحظات و موارد نصب	هدف	شاخص عملکرد	معیار پذیرش تجربی[1] (با توجه به مشخصات سد تعیین می‌شود)
پیزومتر	جهت رسم سطح ایستابی در بدنه سد با دقت خوب	بررسی تغییرات سطح ایستابی	فشار آب u	کم‌تر از منحنی ایستابی طراحی
	فشار آب حفره‌ای در نقاط حساس بدنه و پی و تکیه‌گاه‌ها قابل اندازه‌گیری باشد	بررسی تغییرات فشار آب حفره‌ای	نسبت فشار آب حفره‌ای u در عمق h	کم‌تر از ۰/۵ در شرایط عادی و کم‌تر از ۰/۷ در شرایط بارهای فوق‌العاده
سلول فشار	بررسی وضعیت تنش در هسته سد و خاکریزها با قرائت تنش‌های اصلی حداکثر افقی و قائم	کنترل نواحی مستعد برش و شکست هیدرولیکی	۱- نسبت تنش قائم قرائت شده به فشار هیدروستاتیک آب ۲- نسبت تنش افقی به قائم	۱- بیش‌تر از ۱/۵ در شرایط عادی ۲- کم‌تر از ۰/۵ در شرایط عادی
انحراف‌سنج	ارائه الگو و مقدار تغییر شکل‌های بدنه	بررسی تغییر شکل‌های داخلی بدنه	زاویه انحراف	در طول زمان باید سیر کلی نزولی داشته باشد
نقاط نشانه	۱- حداقل با فاصله ۱۵ متر در تاج ۲- حداقل ۱۰ نقطه در هر هکتار سطح خاکریز	بررسی تغییر شکل‌های سطحی بدنه و تکیه‌گاه‌ها	۱- نشست تاج ۲- جابه‌جایی افقی تاج	بعد از آغاز بهره‌برداری، نشست کم‌تر از ۲٪ ارتفاع سد و جابه‌جایی کم‌تر از ۵۰٪ نشست قابل قبول است
سرریزها	۱- خروجی زهکش‌ها ۲- هر جا که تراوش قابل توجه مشاهده شده است	۱- بررسی تغییرات جریان تراوش ۲- بررسی شفافیت آب	۱- بده خروجی ۲- مشاهده	۱- تغییر بده کم‌تر از ۱۰٪ در تراز یکسان قابل صرف‌نظر است ۲- گل آلود نبودن و نبود ذرات ریز خاک
شتاب‌نگار	با توجه به لرزه‌خیزی منطقه و ابعاد و طبقه‌بندی سد	مقایسه حرکات لرزه‌ای پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی	حداکثر شتاب	کم‌تر از شتاب مربوط به زلزله سطح بهره‌برداری OBE
۱- مسوولیت استفاده از معیارهای پذیرش تجربی، به‌عهده طراح یا ارزیابی کننده ایمنی است.				

۱-۱۵- کنترل پایداری سدهای بتنی

۱-۱۵-۱- کلیات

در این بخش معیارهای ارزیابی طراحی و پایداری سازه‌های بتنی آبی شامل سدها، سرریزها، آبگیرها و سایر تاسیسات هیدرولیکی بتنی و نیز دیوارهای حایل مورد بررسی قرار گرفته است. چارچوب معیارهای ارزیابی ارائه شده با توجه به ویژگی‌های سازه‌های مورد نظر این راهنما تدوین شده است.

omoorepeyman.ir

سدهای بتنی به سه نوع عمده دسته‌بندی می‌شوند که عبارتند از سدهای وزنی معمولی و غلتکی، سدهای پایه‌دار و سدهای قوسی و هم‌چنین اشکال ترکیبی و خاص آنها. سدهای سنگریزه‌ای با رویه بتنی جز سدهای بتنی محسوب نمی‌شوند، لکن برای طراحی بخش‌های بتنی آنها می‌توان از ضوابط این بخش کمک گرفت.

معیارهای ارائه شده در این بخش برای سازه‌های روی پی سنگی یک‌پارچه بدون ناپیوستگی‌ها و شکستگی‌های شدید قابل اعمال می‌باشد. سازه‌های بتنی قرار گرفته روی خاک‌ها یا سنگ‌های ضعیف و خرد شده و گسل‌ها باید با روش‌ها و معیارهای مختص این شرایط و با رعایت ملاحظات ژئوتکنیک پی در بخش (۱- ۱۴) مورد ارزیابی قرار گیرند.

سطح ایمنی مورد نظر برای ارزیابی سدها و سازه‌های آبی بتنی با توجه به عواقب شکست این سازه‌ها تعیین می‌شود. عواقب مورد نظر با توجه به دسته‌بندی فصل اول این راهنما تعیین می‌شوند.

طرح‌هایی که در مرحله ساخت طبق معیارهای طراحی خاص طراحی و اجرا شده‌اند، باید در مرحله ارزیابی، پاسخگوی معیارهای حداقل این راهنما باشند. در غیر این‌صورت با ارائه دلایل و شواهد مستند باید ایمنی آنها به اثبات برسد.

ارزیابی ایمنی و طراحی سدها و سازه‌های بتنی آبی باید توسط متخصصین مجرب انجام پذیرد.

۱-۱۵-۲- شرایط سازه و ساختگاه

مقاومت و شرایط فعلی سازه و پی می‌تواند براساس روال مورد استفاده در طراحی سدهای جدید یا تحلیل سد موجود ارزیابی شود. درصورتی‌که بتن ضعیف یا آسیب دیده به نظر برسد، عامل‌های مقاومتی آن باید با انجام آزمایش به‌دست آمده یا از فرضیات محافظه کارانه برای تعیین آنها استفاده گردد.

درصورتی‌که نامعینی‌ها در تعیین عامل‌های مقاومتی تفاوت زیادی داشته باشند، می‌توان از روش ضرایب نامعینی جزیی در بولتن شماره ۶۱ کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ تحت عنوان معیارهای طراحی سدها استفاده نمود.

برای سدهای با عواقب زیاد و خیلی زیاد باید با تعبیه ابزار دقیق کافی در سازه و پی، رفتار آن پایش شده و ایمنی براساس اطلاعات به‌دست آمده، مورد ارزیابی قرار گیرد. در بازنگری ایمنی در شرایط معمولی مرور طراحی، گزارش‌های اجرایی و سابقه رفتار همراه با بازرسی کفایت می‌کند. اما در صورت مشاهده کمبود یا ناقص بودن اطلاعات موجود، آزمایش‌های برجای غیر مخرب و نمونه‌گیری و آزمایش مورد نیاز خواهد بود. مقدار و کفایت آزمایش‌ها و بررسی‌های تکمیلی نیز با توجه به عواقب شکست تعیین می‌شود.

بازرسی و بررسی وضعیت نیز شامل موارد زیر است:

- بازدید مشاهده‌ای سطوح نمایان بتن در داخل و خارج آب
- نمونه‌گیری و آزمایش و آزمون‌های غیرمخرب کنترل کیفیت بتن
- بازرسی و معاینه تمام اعضای سازه‌ای
- بررسی و آزمون پی و شرایط تراوش و زهکشی و تعیین وضعیت محل تماس بدنه و پی

اطلاعاتی که براساس آن بتوان ایمنی سازه‌ای را به طور مستمر ارزیابی نمود، از ارزش زیادی برخوردارند. آگاهی از رفتار سازه و پی آن می‌تواند با مطالعه شرایط موجود سازه براساس اطلاعات ابزاربندی و اندازه‌گیری‌های بیرونی و مشاهدات عینی تحقق یابد.

omoorepeyman.ir

شرایط و وضعیت محل تماس سازه و پی باید با جزییات کافی به منظور لحاظ نمودن در ارزیابی‌های سازه‌ای مشخص گردد. سازه‌های بتنی محتوی پساب و مواد شیمیایی بیش‌تر در معرض زوال بوده و معمولا اقدامات علاج‌بخشی بیش‌تری برای آنها مورد نیاز است. بتن سازه‌ای که دچار زوال بیش از حد شده باشد، باید با بتن جدید جایگزین شود. معیارهای پایش و بررسی زوال باید در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش به طور کامل مشخص شود.

بررسی معیارهای دوام و ارزیابی عمر مفید باقی‌مانده سازه بتنی در این زمینه بسیار حایز اهمیت است. برای انجام این کار می‌توان از راهنمای تخمین عمر مفید سازه‌های بتنی موسسه بتن آمریکا (ACI365-1R) کمک گرفت.

۱-۱۵-۳- بارگذاری

بارهای زیر باید در ارزیابی ایمنی سدها و سازه‌های بتنی وابسته درنظر گرفته شود:

۱- بار مرده سازه‌ها و تجهیزات دایمی
۲- حداکثر تراز نرمال آب با درنظر گرفتن بحرانی‌ترین تراز پایاب
۳- حداکثر تراز سیلاب براساس سیلاب حداکثر طراحی و تراز پایاب متناظر با آن
۴- فشار آب داخلی و فشار برکنش در پی
۵- فشار استاتیکی و دینامیکی ناشی از یخزدگی در مخازنی که پتانسیل یخبندان دارند.
۶- فشار قائم و جانبی خاک یا سنگ شامل اثرات روان‌گرایی و فشار رسوب
۷- حداکثر زلزله طراحی
۸- بارهای ناشی از دمای محیط و بتن که بر پایداری و توزیع تنش سازه‌های بتنی (خصوصا با درزهای تزریق شده در سدهای قوسی و پایه‌دار و نیز بتن‌های غلتکی) اثر می‌گذارند.

در محاسبه بارها شرایط واقعی محل و داده‌های ابزاربندی باید درنظر گرفته شود. در سدهای جدید از اطلاعات نمونه‌های مشابه می‌توان بهره جست. فشار آب داخلی و فشار برکنش شالوده باید شرایط واقعی یا طراحی تنش در سازه و پی را نشان دهند. در شرایط پس از زلزله، ایجاد درزه‌ها و ترک‌ها و تغییرات احتمالی در شالوده و سازه باید در محاسبه فشار برکنش و فشارهای منفذی آب درنظر گرفته شوند. به طور محافظه‌کارانه می‌توان فشار ناشی از حداکثر تراز آب در ترک‌ها و درزهای ناشی از زلزله را در ارزیابی اعمال نمود.

در محاسبه بارهای حرارتی استاتیکی ناشی از یخزدگی، شرایط منطقه و اطلاعات بهره‌برداری باید در نظر گرفته شود. بارهای دینامیکی ناشی از یخبندان نیز در موارد لزوم باید محاسبه شود. در بحث یخزدگی، امکان و نحوه یخزدگی در ورودی دریچه‌های تاسیسات تخلیه آب باید مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرد.

بار استاتیکی ناشی از یخبندان به دو صورت فشار ناشی از انبساط یخ و جرم افزوده بر سازه‌ها می‌باشد. مهم‌ترین بار دینامیکی یخ ضربه قطعات شناور آن هنگام عبور جریان از سرریز و آبگیرها می‌باشد. تعیین دقیق این بارها بسیار مشکل بوده و اغلب به طور تجربی و تخمینی برآورد می‌شوند.

omoorepeyman.ir

۱-۱۵-٤- ترکیبات بارگذاری

۱-۱۵-٤-۱- بارگذاری عادی

بارهای دایمی و بهره‌برداری برای شرایط تمام فصول سال باید درنظر گرفته شوند. این بارها شامل وزن، تراز حداکثر بهره‌برداری آب در دریاچه و فشار برکنش و داخلی آب و تراز پایاب متناظر با آن، فشار رسوب و فشار جانبی خاک و بار ناشی از یخ‌زدگی و بارهای حرارتی در طول بهره‌برداری می‌باشند.

۱-۱۵-٤-۲- بارگذاری غیرعادی

حالت اول بارگذاری غیرعادی مربوط به شرایط پس از زلزله و برای حالتی است که هرگونه ترک‌خوردگی یا درز در بتن، شالوده یا محل تماس آنها شناسایی شود. در این حالت تحلیل پایداری باید تحت بارهای مرده، تراز حداکثر آب، فشار خاک و رسوب، وضعیت جدید فشار برکنش و منفذی آب در حالت ترک خورده پس از زلزله انجام شود. در مناطق دارای بارهای حرارتی ممتد، این اثرات نیز باید مد نظر قرار گیرند.

حالت دیگر بارگذاری غیرعادی گرفتگی زهکش‌ها است که ممکن است به علت وقوع زلزله یا تحت هر شرایط دیگر مانند مشکلات طراحی و بهره‌برداری اتفاق بیفتد. در این حالت وضعیت جدید فشار برکنش و منفذی آب در شرایط گرفتگی زهکش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فشار آب داخلی یا حفره‌ای در سازه در طول عمر آن، ممکن است بر اثر عوامل زیر دچار تغییر شود:

۱- زوال بتن در اثر سال‌خوردگی و سایر عوامل محیطی
۲- گرفتگی تدریجی زهکش‌ها و کاهش کارایی آنها به مرور زمان
۳- تغییر مکان‌ها، ترک‌ها و بازشدگی تحمیلی درزها ناشی از نشست و حرکات لرزه‌ای زمین
۴- یخ‌زدگی و تغییرات شدید دمای آب و محیط

۱-۱۵-٤-۳- بارگذاری سیلاب

تمام بارهای عادی غیر از بار یخ و بارهای حرارتی باید به طور هم‌زمان با عبور حداکثر سیلاب طراحی درنظر گرفته شوند. در این حالت فشارهای داخلی آب و فشار برکنش متناظر نیز باید محاسبه شود.

۱-۱۵-٤-٤- بارگذاری زلزله

ترکیب اثرات بارهای حرارتی و زلزله دارای پیچیدگی‌ها و نامعینی‌های زیادی است و در شرایط عادی در نظر گرفته نمی‌شود. لکن در مناطق دارای بارهای حرارتی و یخبندان طولانی این اثرات باید به‌نحو مناسب در بارگذاری اعمال شوند.

omoorepeyman.ir

۱-۱۵-٤-۵- بارگذاری حرارتی

کلیه بارهای عادی در ترکیب با بارهای حرارتی باید در سدهای بتنی قوسی و پایه‌دار درنظر گرفته شوند. اثرات حرارت در سازه‌های بتنی خصوصا سدهای قوسی و پایه‌دار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انبساط و انقباض ناشی از تغییر دما می‌تواند اثرات قابل توجهی بر سازه‌های بتنی وارد نماید.

بارهای حرارتی ناشی از هیدراسیون سیمان در بتن‌ریزی سازه‌های بتنی خصوصا سدهای وزنی معمولی و بتن غلتکی جز بارهای زمان ساخت بوده و اثرات آنها در صورت لزوم تنها در ارزیابی ایمنی اولیه پس از ساخت درنظر گرفته می‌شود. در محاسبه اثر بارهای حرارتی از مقاومت کششی بتن صرف‌نظر می‌شود. این بارها در ترکیب عادی بارگذاری، با ضریب ۱/۱ تا ۱/۵ افزایش داده می‌شوند.

۱-۱۵-۵- تحلیل و طراحی

سدهای بتنی باید طوری طراحی شوند که شرایط زیر برای آنها اتفاق نیفتد:

۱- لغزش در محدوده تماس بدنه و پی، در بدنه و در پی
۲- واژگونی سازه
۳- افزایش بیش از حد تنش و ترک خوردگی در بدنه و پی
۴- تراوش بیش از حد از پی و درزهای بین بلوک‌های بتنی بدنه

۱-۱۵-۵-۱- الزامات تحلیل ایمنی

تحلیل ایمنی سدهای بتنی موجود باید با هدف ارزیابی قابلیت سد برای جلوگیری از وقوع شرایط مطرح در بخش (۱-۱۵-۵) انجام پذیرد.

۱-۱۵-٦- ایمنی تحت بارهای استاتیکی

پایداری لغزشی در امتداد بالادست به پایین‌دست و وضعیت تنش در محل تماس بتن و سنگ یا هر صفحه ضعیف دیگر در این محدوده، در ترازهای مختلف در بتن (خصوصا در قسمت‌های فوقانی و محل تغییر مقطع) باید مورد بررسی قرار گیرد. کنترل لغزش در سدهای پایه‌دار برای هر پایه کامل با الزامات مشابه با سد وزنی معمولی صورت می‌پذیرد. در سدهای قوسی لغزش عمدتا متوجه تکیه‌گاه‌ها بوده و باید کنترل شود. در کنترل پایداری لغزشی، درنظرگرفتن اثرات فشار، تراوش آب، وضعیت موجود زهکش‌ها و پرده آب‌بند الزامی است.

کنترل تنش فشاری در بتن و در پی در سدهای پایه‌دار به علت کاهش سطح مقطع بتن نسبت به سدهای وزنی معمولی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. در سدهای پایه‌دار با پی ضعیف‌تر، خصوصیات پی باید با دقت بیش‌تری تعیین شود. در این شرایط وضعیت پرده آب‌بند و پیوستگی آن با بدنه سد باید مورد توجه ویژه قرار داشته باشد. رفتار سدهای قوسی نسبت به سدهای وزنی و پایه‌دار دارای پیچیدگی‌های بیش‌تری است و پایداری آنها نیاز به درک صحیح رفتار سه‌بعدی این سدها دارد. کنترل تنش و پایداری در این سدها معمولا با روش بار آزمایشی یا روش اجزای محدود صورت می‌پذیرد. در تحلیل این سدها خصوصیات تغییرشکل پی و تکیه‌گاه‌ها، مراحل اجرایی، اثرات حرارت و جابه‌جایی‌های نامتقارن تکیه‌گاه‌ها باید لحاظ گردد. اثر درزهای افقی و عمودی نیز معمولا در تحلیل تفصیلی این سدها درنظر گرفته می‌شود. برای بررسی رفتار دقیق‌تر این سدها گاهی از مدل فیزیکی هم کمک گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

در تحلیل سدهای بتنی هرگاه محل، مقدار، جهت و مدت دوام ایجاد تنش‌های کششی طوری باشد که احتمال ایجاد ترک‌خوردگی مورد انتظار باشد، درنظر گرفتن اثرات ترک‌خوردگی در تحلیل ضروری خواهد بود. تمرکز تنش‌های برشی و ترک خوردگی در سدهای توخالی و یا متشکل از مصالح با خواص مختلف در محل تغییر خواص و در محل گالری‌های داخل بدنه سدها باید مد نظر قرار گیرد.

سدهای پایه‌دار باید تمام ضوابط پایداری کلی را مانند سدهای وزنی برآورده نمایند. سایر سازه‌های بتن مسلح باید ضوابط آئین‌نامه طراحی سازه‌های بتن مسلح را نیز ارضا نمایند.

بازرسی جامع و انجام آزمایش‌ها از بخش‌های اساسی و مهم برنامه بازنگری ایمنی سد است. در انجام این بخش از برنامه بازنگری ایمنی، ارزیابی هرچه دقیق‌تر مقاومت بتن خصوصا در مجاورت درزها به منظور تعیین تنش‌های مجاز دارای اهمیت فراوانی است.

۱-۱۵-۷- ایمنی لرزه‌ای

تحلیل لرزه‌ای پایداری و تنش در سدهای بتنی وزنی در امتداد عمود بر محور (یا بالادست - پایین‌دست) باید انجام شود. درصورتی‌که هندسه سد احتمال تاثیر متقابل بلوک‌های بتن در امتداد محور سد در شرایط زلزله را ایجاب نماید، تحلیل لرزه‌ای در این امتداد نیز ضروری است. احتمال وقوع این شرایط در دره‌های کم عرض بیش‌تر است.

تحلیل لرزه‌ای پایداری و تنش در سدهای بتنی پایه‌دار در هر دو امتداد عمود بر محور سد و به موازات محور سد باید انجام پذیرد. در این سدها باید اثرات لرزه‌ای در امتداد محور و بر روی پایه‌ها با دقت کافی مورد ارزیابی قرار گیرد.

تحلیل لرزه‌ای پایداری و تنش در سدهای بتنی قوسی باید به صورت مدل سه‌بعدی در هر دو امتداد صورت پذیرد.

بررسی حرکات قائم زلزله خصوصا در مناطق نزدیک به مرکز زلزله یا واقع بر گسل ضروری است. در ترکیب حرکات قائم و افقی مساله عدم هم زمانی مقادیر حداکثر مولفه‌ها باید در نظر گرفته شود. حرکات قائم زمین می‌تواند سبب تشدید نیروهای هیدرودینامیکی شود. در غیاب اطلاعات مربوط به مولفه قائم (در شرایط نیاز به اعمال) می‌توان آن‌را حداقل نصف مولفه افقی در نظر گرفت.

۱-۱۵-۷-۱- مدل‌سازی و خصوصیات مصالح

برای تحلیل ایمنی راهکارهای مختلفی از مدل‌های ساده شده استاتیکی ارتجاعی دو بعدی به صورت دستی تا مدل‌های پیچیده دینامیکی و غیرخطی سه‌بعدی رایانه‌ای اجزای محدود وجود دارند، که نوع و طبقه‌بندی عواقب سد و میزان خطر در انتخاب آن موثر است. هر یک از روش‌های تحلیلی مبتنی بر شاخص‌های عملکردی خاصی هستند، که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

رویکرد مهندسی در تحلیل ایمنی سد، (خصوصا در برابر بارهای غیرمترقبه مانند زلزله) شروع با روش‌های ساده‌تر و محافظه‌کارانه‌تر و درصورت عدم حصول حاشیه ایمنی کافی و وجود موارد ابهام، دقیق‌کردن روش است. در هر صورت ارزشیابی نتایج، نباید صرفا مبتنی بر نتایج محاسبات عددی بوده و تجربه و قضاوت مهندسی نیز باید حتما لحاظ گردد.

تحلیل پایداری استاتیکی سدهای وزنی معمولا براساس مدل جسم صلب و روش تعادل حدی و یا تحلیل اجزای محدود ارتجاعی خطی انجام می‌پذیرد. در سه ترکیب اول بارگذاری که در بخش قبل معرفی شدند، بارها ماهیت تقریبا استاتیکی دارند. تنها استثنا در این مورد اجزای سازه‌ای هستند، که رفتار آنها متاثر از اثرات دینامیکی جریان آب می‌باشد.

omoorepeyman.ir

تحلیل لرزه‌ای یا دینامیکی سدهای بتنی بسته به عواقب شکست سد و نوع و اندازه سد می‌تواند دارای سطح پیچیدگی‌های مختلف باشد. اثرات ترک‌خوردگی و اثرات اندرکنشی پی و مخزن با بدنه سد بسته به شرایط ممکن است در تحلیل درنظر گرفته شود. ملاحظات اصلی در مدل‌سازی برای تحلیل لرزه‌ای عبارتند از:

۱- مدل هندسی (دوبعدی یا سه بعدی)
۲- سختی و خصوصیات دینامیکی مصالح
۳- مدل میرایی و توزیع آن
۴- توزیع جرم
۵- شرایط مرزی و اثرات اندرکنشی مخزن و پی و آب حفره‌ای
۶- نحوه لحاظ ترک خوردگی

در تعیین خصوصیات بتن باید حتی‌الامکان اثرات کهولت، ترک خوردگی و نوع بارگذاری در نظر گرفته شود. خصوصیات واقعی را می‌توان با مغزه‌گیری و انجام آزمایش استاندارد فشار تک محوری به‌دست آورد. مقاومت کششی بتن نیز از آزمایش‌هایی نظیر مدول شکست، شکافت کششی و کشش مستقیم قابل تعیین است. تعیین این مقادیر در محل درزها و محل تماس بلوک‌های بتن بسیار دارای اهمیت است.

برای در نظر گرفتن اثرات ترک خوردگی در مدل‌های میرایی لزجی، می‌توان بسته به گسترش ترک خوردگی، میرایی را از مقدار ۵ درصد میرایی بحرانی در حالت ترک نخورده به ۷ تا ۱۰ درصد در حالت ترک خورده افزایش داد.

اثرات اندرکنشی پی را می‌توان با استفاده از فنرهای معادل، اثرات اندرکنشی مخزن را مدل جرم‌های افزوده و اثر فشار آب حفره‌ای را با افزودن مقادیر تنش داخلی در بدنه و پی و خصوصا در ترک‌ها در نظر گرفت.

مدل‌های دینامیکی، اندرکنشی و غیرخطی باید توسط متخصصین کاملا مجرب تهیه شده و مورد استفاده قرار گیرند. اغلب در این مدل‌ها تحلیل حساسیت ورودی‌ها و تحلیل‌های برگشتی براساس اطلاعات پایش برای تنظیم عامل‌ها مورد نیاز می‌باشد.

۱-۱۵-۷-۲- روش تحلیل

برای کنترل پایداری کلی سدها و تحلیل ایمنی لرزه‌ای سدهای دارای عواقب شکست متوسط و کم از روش‌های تحلیل خطی با بارهای شبه استاتیکی می‌توان استفاده نمود، اما برای سدهای دارای عواقب شکست زیاد و بسیار زیاد، انجام تحلیل‌های دقیق‌تر دینامیکی طیفی، تاریخچه زمانی خطی یا تاریخچه زمانی غیر خطی بسته به شرایط و ابعاد سد ضروری است.

در تحلیل پایداری داخلی، روش شبه استاتیکی با مدل جسم صلب ممکن است تنش‌های حداکثر در پاشنه و پنجه را در جهت اطمینان ندهد، لذا مناسب‌ترین رویکرد، انجام تحلیل دینامیکی (طیفی یا تاریخچه زمانی) ارتجاعی خطی تحت زلزله تراز بهره‌برداری با معیارهای کنترل تنش و عدم ترک خوردگی و تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت زلزله حداکثر طراحی یا ارزیابی ایمنی با مجاز بودن ترک خوردگی محدود و معیار عدم خرابی و شکست سد است.

- تحلیل طیف پاسخ

تحلیل طیف پاسخ برای ارزیابی رفتار دینامیکی خطی براساس پاسخ حداکثر مدی انجام می‌شود. برای این کار مدهای ارتعاش طبیعی سد و میرایی مربوط به آنها تعیین می‌شوند. تعداد مدها باید طوری باشد که حداقل ۹۰ درصد جرم در ارتعاش مشارکت داشته باشد.

omoorepeyman.ir

در سدهای پایه‌دار پریودهای طبیعی ارتعاش سد معمولا اثرات بزرگنمایی بیش‌تری برحرکات زمین نشان می‌دهد و مدهای ارتعاش مهم بیش‌تری را دارا هستند. گرچه تحلیل لرزه‌ای برخی از این سدها به روش‌های شبه استاتیکی انجام می‌شود، اما تفاوت نتایج تحلیل دینامیکی و شبه استاتیکی در این سدها نسبت به سدهای بتنی وزنی معمولی بیش‌تر است.

- تحلیل تاریخچه زمانی خطی

تحلیل تاریخچه زمانی خطی برای آگاهی از تغییر رفتار خطی به غیرخطی و محل آنها با کنترل مقادیر تنش‌ها و تغییر شکل‌ها و تصمیم‌گیری در مورد نیاز به انجام تحلیل غیرخطی، (با اعمال حداقل ۳ تاریخچه زمانی ثبت شده یا مصنوعی مقیاس شده) صورت می‌گیرد. درصورتی که احتمال ترک خوردگی قابل توجه قبل از پایان زلزله وجود داشته باشد، تحلیل دینامیکی غیرخطی باید انجام شود.

در تحلیل‌های دینامیکی لرزه‌ای سه بعدی سدها برای اعمال هم‌زمان اثرات زلزله در سه جهت متعامد، درصورتی‌که ترکیب واقعی مولفه‌ها براساس مطالعات لرزه شناسی قابل تخمین نباشد، از ترکیب با نسبت‌های ۱۰۰٪-۳۰٪-۳۰٪ استفاده می‌شود. برای سدهای بزرگ با عواقب شکست بسیار زیاد این نسبت ۱۰۰٪-۴۰٪-۴۰٪ توصیه می‌شود.

- تحلیل غیرخطی

تحلیل غیرخطی کامل باید رفتار غیرخطی مصالح، ترک خوردگی، بازشدن درزها و لغزش آنها و تغییر شکل پی را درنظر بگیرد. در مدل‌های غیرخطی نحوه تعریف شرایط مرزی و میزان اتلاف انرژی در آنها بسیار مهم است. در تحلیل‌های غیرخطی معیار تنش خاصی معرفی نمی‌شود چرا که در حالت غیرخطی، عمدتا تغییر شکل یا کرنش معرف رفتار سازه بوده و تنش شاخص قابل درکی تلقی نمی‌شود. البته تحت شرایط و با احتیاطات خاص، می‌توان حداکثر ظرفیت‌های تنشی قابل تحمل مصالح سازه را برای کنترل رفتار غیرخطی به‌کار برد. از آنجائی که اغلب تنش‌های فشاری حداکثر در وجوه سازه رخ می‌دهد، در ارزیابی نتایج از اثر محصور کنندگی در افزایش مقاومت فشاری بتن صرف‌نظر می‌شود. شناسایی مدهای احتمالی خرابی براساس تفسیر نتایج تحلیل‌های غیرخطی صورت می‌پذیرد.

- ملاحظات مربوط به پی

تاثیر پی در پایداری سد می‌تواند به صورت فنر یا عامل‌های معادل یا با مدل‌های اندرکنشی در نظر گرفته شود. درصورتی که تحلیل لرزه‌ای نشان دهد که مقاومت برشی در پی سد در برخی نقاط پاسخگو نمی‌باشد، درکنترل پایداری لغزشی باید چسبندگی را کاهش داد یا از آن صرف‌نظر نمود.

در پی‌های درزه دار با بلوک‌های مشخص برای کنترل تغییر مکان‌ها در پی می‌توان از مدل بلوک‌های صلب استفاده نمود. اثرات خرد شدگی و شکستگی در پی را نیز می‌توان با اصلاح عامل‌های مقاومتی پی درنظر گرفت. مدول تغییر شکل سنگ با در نظر گرفتن ناپیوستگی‌ها و ناهمگنی، کم‌تر از مدول ارتجاعی توده همگن خواهد بود. عامل‌های اصلاح شده معمولا در یک محدوده تعیین شده و تحلیل حساسیت پایداری براساس آنها صورت می‌پذیرد.

omoorepeyman.ir

۱-۱۵-۸- شاخص‌های عملکرد

کنترل طراحی و ارزیابی سدهای بتنی وزنی باید براساس شاخص‌های عملکردی شامل موارد زیر انجام پذیرد:

۱- نقطه اثر برآیند نیروها

۲- تنش‌های قائم فشاری و کششی در پنجه و پاشنه

۳- تنش برشی متوسط در سطوح

۴- ضرایب لغزش و مقاومت

۵- وضعیت مشاهده شده سازه در محل

۱-۱۵-۹- نقطه اثر برآیند نیروها

در مورد نقطه اثر برآیند نیروها باید موارد زیر را در نظر گرفت:

- در حالت بارگذاری عادی نقطه اثر برآیند نیروها باید در یک سوم میانی سطح مورد بررسی قرار گیرد.
- در حالت بارگذاری غیرعادی نقطه اثر برآیند نیروها باید در یک دوم میانی سطح مورد بررسی قرار گیرد.
- در حالت بارگذاری فوق‌العاده مانند زلزله برآیند نیروها باید در محدوده داخلی سطح مورد بررسی قرار گیرد.

این معیار نسبت به معیار ضریب واژگونی مناسب‌تر بوده و وضعیت توزیع تنش عمود بر سطح را بهتر نشان می‌دهد.

۱-۱۵-۱۰- تنش‌های قائم

تنش‌های کششی به‌دست آمده از ارزیابی تحلیلی پایداری داخلی در بدنه سد و سازه بتنی، نباید از ۱۰ درصد مقاومت فشاری f_c تجاوز نماید. در محل درزها این مقدار به ۵ درصد مقاومت فشاری محدود می‌شود.

تنش‌های فشاری در بدنه سد و سازه بتنی خصوصا در پنجه سد نباید از ۴۵ درصد f_c تجاوز نماید.

۱-۱۵-۱۱- تنش‌های برشی

در مدل جسم صلب توزیع تنش برشی در سطح تحت فشار، به طور یکنواخت درنظر گرفته می‌شود. این تنش متوسط نباید از مقاومت برشی پی در سطح تماس بدنه و پی و از مقاومت برشی درزها در سطح درزها بیش‌تر باشد. برای تحلیل‌های دقیق‌تر می‌توان از توزیع‌های غیریکنواخت تنش برشی استفاده نمود.

۱-۱۵-۱۲- ضریب لغزش

مقاومت سد یا سازه بتنی در برابر لغزش در هر صفحه دلخواه با بررسی ضریب لغزش، یعنی نسبت مقاومت برشی به نیروی برشی وارده ارزیابی می‌شود. دو حالت برای مقاومت برشی بتن باید درنظر گرفته شود که عبارتند از مقاومت برشی حداکثر و مقاومت برشی پسماند.

مقاومت برشی حداکثر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\sum A_C \left[\sigma_n \cdot \tan\phi + \tau_0\right]$$

omoorepeyman.ir

که در آن σ_n تنش عمود بر سطح است که بر سطح لغزش وارد می‌شود. ϕ زاویه اصطکاک داخلی در سطح لغزش، A_C بخش تحت فشار سطح لغزش و τ_0 مقاومت آستانه برشی در غیاب تنش عمودی است.

مقاومت برشی پسماند (یا پس از حداکثر مقاومت) عبارتست از:

$$\sum A_C[\sigma_n \cdot \tan\phi' + Z_n]$$

که در آن ϕ' زاویه اصطکاک لغزشی در سطح لغزش و Z_n مقاومت برشی اسمی پسماند است که از آزمایش به‌دست می‌آید و مقدار آن نباید از ۱۰۰KPa تجاوز نماید. در صورت عدم انجام آزمایش Z_n برابر صفر درنظر گرفته می‌شود.

در صورت احتمال وجود سطوح لغزش غیرمستوی یا وجود ترکیب چند سطح لغزش، دقت کافی در محاسبه نیروی لغزاننده یا محرک و سطح مقاوم لغزشی باید به‌عمل آید. در صورت وجود پی‌های سست و سنگ‌های درزه‌دار و لایه‌لایه امکان لغزش در راستایی غیر از سطح تماس بدنه و پی باید با دقت کافی مورد بررسی قرار گیرد.

در محاسبه مقاومت برشی حداکثر بتن حجیم، در صورت نبود نتایج آزمایش‌های ارزیابی مقاومت برشی بتن، حداکثر مقدار τ_0 برابر $0/17\sqrt{f_C}$ برحسب مگاپاسکال توصیه می‌شود. در صورت مشاهده علایم ضعف و یا کیفیت نامناسب درزهای بین قطعات بتن، τ_0 برای ارزیابی لغزش در امتداد درزها حداکثر نصف مقدار مورد استفاده برای بتن حجیم می‌تواند درنظر گرفته شود.

مقادیر حداکثر ϕ و ϕ' متناظر با برش در بتن حجیم و درز در غیاب آزمایش‌ها می‌تواند به ترتیب ۵۵ و ۴۵ درجه فرض شود. مقادیر ϕ، ϕ' و τ_0 از آزمایش سه محوری یا آزمایش برش مستقیم در محدوده تنش عمودی موردنظر و با انجام اصلاحات مربوط به اثر اندازه سازه قابل حصول می‌باشند.

۱-۱۵-۱۳- وضعیت مشاهده شده سازه

شاخص‌های اصلی عملکرد که براساس مشاهده وضعیت واقعی رفتار ثبت شده سازه تعیین می‌شوند عبارتند از:

- دمای محیط و دمای بتن
- انحراف و تغییر شکل‌ها نسبت به راستای قائم
- قرائت‌های درزه‌سنج‌ها
- تغییر مکان‌های نقاط مبنای سطوح سازه
- فشارهای پیزومتری آب در پی
- دبی خروجی زهکش‌های سازه و پی
- قرائت‌های کشیدگی‌سنج‌ها
- شتاب‌نگاشت‌های ثبت شده حرکات زمین

از مهم‌ترین دوره‌های قرائت و ثبت اطلاعات فوق، زمان آب‌گیری اولیه و شروع بهره‌برداری و پس از اتمام ساخت سد (که در طی آنها دمای بتن هم به تدریج به دمای محیط نزدیک می‌شود) می‌باشد. بسته به ابعاد، هندسه، شرایط محیطی و موقعیت سد، ممکن است چندین سال طول بکشد تا مقادیر قرائت شده بارها و تغییر شکل‌ها به حالت پایدار میل کند. برای سازه‌هایی که نوسانات

omoorepeyman.ir

تراز آب و دمای محیط برای آنها شدید است، قابلیت اطمینان شاخص‌های عملکرد مشاهده شده یا قرائت شده باید با دقت بیش‌تری مورد پایش و بررسی قرار گیرد.

۱-۱۵-۱٤- معیارهای پذیرش

معیارهای اصلی پذیرش ایمنی عبارتند از:

۱- سازه‌ها و سدهای بتنی وزنی، پایه‌دار و قوسی و پی آنها باید مقاومت کافی در برابر لغزش ناشی از انواع بارها و ترکیبات آنها داشته باشند.

۲- بتن سدها و سازه‌ها باید در برابر تمام بارها و ترکیبات آنها در محدوده مجاز تنش‌ها و تغییر مکان‌ها قرار گیرند.

۳- پس از وقوع یا در هنگام حوادث غیرمترقبه و شدید از جمله سیلاب حداکثر طراحی و زلزله حداکثر طراحی، سد باید به وظیفه نگهداری آب مخزن به طور مناسب عمل نماید.

۴- معیار ایمنی سازه‌ها و تجهیزات وابسته به سد باید با توجه به عواقب شکست یا از کار افتادن آنها تعیین شود.

۵- بارهای استاتیکی و دینامیکی از جمله زلزله نباید یک‌پارچگی و عملکرد سازه‌ای تکیه‌گاه‌ها و سازه‌های نگهدارنده تجهیزات برقی و مکانیکی و تاسیسات را دچار مشکل نمایند.

برای کنترل کفایت پایداری لغزشی، ضریب ایمنی پایداری و مقاومت در برابر لغزش برای سدهای وزنی و پایه‌دار نباید از مقادیر جدول (۱-۱۱) و برای سدهای قوسی نباید از مقادیر جدول (۱-۱۲) کم‌تر شود. برای سدهای واقع شده در دره‌های باریک با نسبت عرض به ارتفاع کم‌تر از حدود ۳، رفتار سه‌بعدی به پایداری کمک می‌کند. در صورت استفاده از مدل پایداری سه‌بعدی ضریب لغزش شاخص مناسبی برای پایداری لغزشی تلقی نمی‌شود.

برای کنترل پایداری لغزشی در حالت زلزله علاوه بر روش شبه استاتیک، جابه‌جایی‌های زمین ناشی از اثرات زلزله هم باید مورد توجه قرار گیرد.

ضرایب حداقل لغزش و مقاومت برای شرایط سد بلافاصله پس از زلزله در جداول (۱-۱۱) و (۱-۱۲) ارائه شده است. پس از وقوع هر زلزله شدید یا نسبتا شدید، باید عملیات بازرسی بلافاصله انجام گرفته و هرگونه آسیب یا خطر احتمالی شناسایی شده و نسبت به رفع آن اقدام لازم به‌عمل آید. در حین عملیات ترمیم یا علاج‌بخشی آسیب‌ها، حداکثر تراز بهره‌برداری ایمن باید مشخص شود و تا حصول و اثبات کفایت ایمنی پس از علاج‌بخشی و تغییرات لازم در برنامه بهره‌برداری اعمال گردد.

جدول ۱-۱۱- مقادیر حداقل ضرایب اطمینان پایداری و مقاومت سدهای بتنی وزنی و پایه‌دار (براساس USACE و CDA)

نوع شاخص	ترکیب بارگذاری			
	عادی	غیرعادی (پس از زلزله)	زلزله حداکثر طراحی	سیلاب حداکثر طراحی
لغزش با اصطکاک و چسبندگی بدون انجام آزمایش	۳	۲	۱/۳	۲
لغزش با اصطکاک و چسبندگی با انجام آزمایش	۲	۱/۵	۱/۱	۱/۵
لغزش پسماند بدون چسبندگی	۱/۵	۱/۱	۱	۱/۳
موقعیت نیروی برآیند (مقدار سطح در فشار)	یک سوم میانی (۱۰۰٪)	در داخل محدوده (۷۵٪)	در داخل محدوده مگر بصورت آنی در خارج	در داخل محدوده
تنش فشاری بتن	۳	۱/۵	۱/۱	۲

omoorepeyman.ir

برای سدهای قوسی تنش‌های فشاری متمرکز می‌تواند به اندازه مقاومت فشاری بتن از مقادیر مربوط بـه جـدول (۱-۱۲) تجـاوز نماید. اگر تنش کششی در حالت زلزله از مقاومت کششی مجاز بتن بیش‌تر شود، بتن باید تا محل تنش صفر ترک‌خورده درنظر گرفته شود. مهندس ژئوتکنیک باید به طور جداگانه تنش‌های ایجاد شده در پی را با مقادیر مجاز مربوط کنترل نماید.

جدول ۱-۱۲- مقادیر حداقل ضریب اطمینان پایداری و مقاومت در سدهای بتنی قوسی (براساس USACE و CDA)

نوع شاخص	ترکیب بار			
	عادی	غیرعادی (پس از زلزله)	زلزله حداکثر طراحی	سیلاب حداکثر طراحی
مقاومت فشاری بتن	۳ [۱]	۱/۵	۱/۱ [۲]	۲ [۳]
مقاومت فشاری پی و تکیه‌گاه‌ها	۴	۲	۱/۳	۲/۷
مقاومت برشی بتن [۴]	۳	۱/۵	۱/۱	۲
لغزش پی	۴	۲	۱/۳	۲/۷

۱- حداکثر تنش مجاز ۱۰ مگاپاسکال می‌باشد.
۲- حداکثر تنش مجاز مقاومت فشاری بتن می‌باشد.
۳- حداکثر تنش مجاز ۱۵/۵ مگاپاسکال می‌باشد.
۴- هیچ تنش کششی نباید در پی رخ دهد.

سازه‌های وابسته به سد مانند سرریزها، مجاری آب‌رسان و مخازن موج‌گیر که برای تخلیه کنترل شده آب مورد نیاز هستند، بایـد با روش‌های مورد قبول مربوط به سازه‌های بتنی مسلح و بتن‌های حجیم مورد ارزیابی قرار گیرند.

در کنترل پایداری لغزشی اگر ضریب حداکثر لغزش نتواند مقادیر جدول (۱-۱۱) را ارضا کند، درصورتی‌که معیـار ضـریب لغزشـی پسماند برآورده شده باشد سد پایدار تلقی می‌شود. برای سدهای با عواقب شکست کم، مقادیر ضریب لغزشی پسماند می‌تواند با ارائـه دلایل منطقی کافی، کم‌تر از مقادیر جدول (۱-۱۱) نیز درنظر گرفته شود.

ضرایب مقاومت بتن در صورت انجام آزمایش‌های کافی، می‌تواند تقلیل یابد. تعیین کفایت آزمایش‌ها براساس آیین‌نامه بتن مورد استفاده می‌باشد.

۱-۱۵-۱۵- سدهای بتن غلتکی

الزامات پایداری و عملکردی سدهای وزنی بتن غلتکی مشابه سدهای وزنی معمولی می‌باشد.

در سدهای بتن غلتکی به علت افزایش حجم بتن و شرایط پیوسته بتن ریزی، مسایل کنترل حرارت هیدراسیون اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند. جهت اطمینان از پایداری داخلی و نگهداری مناسب آب، کنترل شاخص‌های زیر ضروری می‌باشد:

- عملکرد رویه بتنی مسلح بالادست که به بتن غلتکی مهار شده است و به عنوان غشای آب‌بند و محافظ برای بتن غلتکی در برابر هوازدگی عمل می‌کند.
- گالری‌های افقی زهکشی داخلی در ترازهای مختلف که با سوراخ‌های زهکشی عمودی به یکـدیگر متصـل مـی‌شـوند و بررسی نحوه تخلیه آب جمع‌آوری شده از این طریق.
- طرح اختلاط مناسب برای پیشگیری از واکنش قلیایی دانه‌ها و تامین مقاومت مناسب در برابـر یـخ زدن و ذوب شـدن و کاهش مشکلات حرارت هیدراسیون سیمان.

omoorepeyman.ir

- کنترل شرایط اجرایی بتن از جمله تنظیم دمای بتن‌ریزی بین حدود ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کنترل دما پس از بتن‌ریزی، برای پیشگیری از افزایش بیش از حد گرادیان حرارتی در لایه‌های بتن غلتکی خصوصا در زمان آب‌گیری با آب سرد در مخزن و نیز شرایط اجرا در هوای گرم در تابستان.
- وضعیت اجرایی درزهای قائم و درزهای سرد در حین اجرا و مشخصات فنی آنها.
- نحوه اتصال بتن‌های سازه‌ای به بتن غلتکی و نیز نحوه اتصال بتن غلتکی به پی.

کنترل‌های سازه‌ای و پایداری اضافه بر سدهای بتنی وزنی عبارتند از:

- پایداری برشی در امتداد درزهای بتن‌ریزی خصوصا درزهای سرد با در نظر گرفتن شرایط موجود فشار آب حفره‌ای در محل درزها.
- عملکرد یکنواخت هسته و پوسته سد و بررسی وضعیت نیروها در محل تغییر خواص بتن از بتن معمولی به غلتکی یا از بتن غلتکی پرمایه به کم مایه.

۱-۱۵-۱۶- ارزیابی پایداری با استفاده از اطلاعات ابزار

علاوه بر تحلیل‌های ژئوتکنیکی با بررسی اطلاعات ابزار دقیق می‌توان تخمینی از وضعیت ایمنی و پایداری سد به‌دست آورد. این بررسی‌ها در دو مرحله قابل انجام است که عبارتند از بررسی مستقیم اطلاعات ابزار و استفاده از اطلاعات ابزار برای دقیق‌شدن فرضیات طراحی و انجام دقیق تحلیل‌های ژئوتکنیکی مربوط.

حدود مجاز تغییرات عامل‌های محاسبه شده (براساس نتایج قرائت شده از ابزار) عموما در مرحله طراحی مشخص می‌شود. در جدول (۱-۱۳) مشخصات ارزیابی پایداری سدهای بتنی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار به‌همراه معیارهای حداقل برای کنترل مقدماتی نتایج ارائه شده است.

درصورتی‌که نتایج قرائت‌ها و بررسی اولیه، این معیارها را برآورده نکنند، موارد باید برای بررسی بیش‌تر به طراح سد یا دفتر ایمنی و پایداری سدها اعلام شود.

مقادیر قابل پذیرش شاخص‌های عملکرد ارائه شده در جدول (۱-۱۳)، بسته به نوع و ابعاد سد، مشخصات بتن و دوره اندازه‌گیری (پس از پایان ساخت، حین آب‌گیری، سال‌های اول بهره‌برداری، حین بهره‌برداری عادی بلند مدت و تحت بارهای فوق‌العاده مانند زلزله) متغیر بوده و صرفا به‌عنوان معیار کنترل مقدماتی و اولیه برای سدهای بتنی می‌باشند.

قرائت‌های ابزار اصلی در پی و تکیه‌گاه‌های سد بتنی از جمله سلول فشار و کشیدگی‌سنج و هم‌چنین دیگر ابزار بدنه سد مانند تنش‌سنج و کرنش‌سنج و سایر موارد نیز باید به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند. در سدهای قوسی شاخص‌های دارای اولویت اول، دما و تغییر شکل انحرافی، در سدهای وزنی معمولی، تغییر شکل‌ها و زیر فشار، در سدهای بتن غلتکی زیر فشار و فشار در بین لایه‌ها و دما و در سدهای پایه دار، نشست‌های نامتقارن و زیر فشار در بلوک‌ها می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱۳- ارزیابی مقدماتی پایداری سدهای بتنی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار

نوع ابزار	ملاحظات و موارد نصب	هدف	شاخص عملکرد	معیار پذیرش[1] (با توجه به مشخصات سد تعیین می‌شود)
پاندول	در صورت وجود گالری قائم پاندول مستقیم و در غیراین‌صورت پاندول معکوس	اندازه‌گیری انحراف بدنه از راستای قائم اولیه	جابه‌جایی	هرگونه تغییر الگو یا روند افزایشی باید گزارش شود
ترمومتر	به صورت مدفون در بتن خصوصا در ترازهای میانی و تحتانی بدنه	اندازه‌گیری دمای بتن برای کنترل ترک خوردگی	دما	برای قضاوت در مورد نتایج سایر ابزار خصوصا ترک سنج‌ها به‌کار می‌رود
انحراف‌سنج	ارائه الگو و مقدار تغییر شکل‌های بدنه	بررسی تغییر شکل‌های داخلی بدنه و تکمیل نتایج پاندول‌ها	زاویه انحراف	هرگونه تغییر الگو یا روند افزایشی باید گزارش شود
سرریزها	خروجی زهکش‌ها و هرجا که تراوش قابل توجه مشاهده شده است	بررسی تغییرات جریان تراوش	بده خروجی	تغییر بده کم‌تر از ۱۰٪ در تراز یکسان مخزن قابل صرف‌نظر است
ترک سنج	در محل درز ها و ترک‌های شناخته شده	بررسی تغییر شکل‌های ترک یا درز	بازشدگی	کم‌تر از ۰/۱۳ میلی‌متر
شتاب‌نگار	با توجه به لرزه‌خیزی منطقه و ابعاد و طبقه‌بندی سد	مقایسه حرکات لرزه‌ای پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی	حداکثر شتاب	کم‌تر از شتاب زلزله سطح بهره‌برداری OBE
۱- مسوولیت استفاده از معیارهای پذیرش تجربی به‌عهده طراح یا ارزیابی کننده است.				

۱-۱۶- سازه‌های هیدرولیکی جنبی

۱-۱۶-۱- ظرفیت تاسیسات تخلیه آب مخزن

تاسیسات تخلیه مخزن باید با لحاظ کردن اثرات مخزن بر روندیابی، ظرفیت کافی برای عبور سیلاب طراحی و کنترل را داشته باشند. در این شرایط، ارتفاع آزاد مشخص شده نیز باید تامین شود. علاوه بر این:

۱- سازه‌های خروجی در صورت نیاز قابلیت عبور دادن اجسام و قطعات یخ شناور را داشته باشند.

۲- سازه‌های انتقال آب تحمل عبور سرعت‌های حداکثر طراحی را دارا باشند.

۳- سازه‌های مستهلک کننده انرژی جریان، در خلال عبور سیلاب طراحی و کنترل دچار خسارت عمده نشوند.

در بازنگری ایمنی، ظرفیت سرریزها و سایر تاسیسات تخلیه باید براساس شرایط واقعی و فعلی سد و سازه‌های وابسته و آخرین تغییرات برنامه بهره‌برداری تعیین شود. منحنی‌های بده تراز سیلاب باید با استفاده از اندازه‌گیری‌ها، روش‌های جدید مهندسی، فرضیات اصلی طراحی و شرایط موجود مورد ارزیابی قرار گیرند. درصورتی‌که این منحنی‌ها نادرست بوده یا در دسترس نباشند، منحنی‌های جدید باید در مطالعات ارزیابی ایمنی تهیه گردند.

درصورتی‌که سد نیروگاه برقابی داشته باشد، معمولا فرض می‌شود که در خلال عبور سیلاب طراحی، نیروگاه در مدار نباشد. البته در این حالت، زمان عبور سیلاب با توجه به کارکرد نیروگاه نباید از حد متعارف و قابل قبول بیش‌تر شود. در شرایطی که مخزن سد کوچک بوده و تحمل سیلاب‌های مداوم فصلی با هیدروگراف‌های طولانی و ممتد را نداشته باشد، نیروگاه در مدار در نظر گرفته شده و فقط در سیلاب‌های بزرگ متوقف می‌شود. اگر محاسبات هیدرولیکی تفصیلی با فرض در مدار بودن نیروگاه در حین سیلاب در ورودی و خروجی انجام شده باشد، مطابق فرضیات آن عمل می‌شود. در این حالت با توجه به وضعیت تاسیسات آبگیر و انتقال آب نیروگاه در زمان سیلاب ملاحظات زیر باید مد نظر قرار گیرند:

- انتخاب ظرفیت تخلیه مناسب برای توربین‌ها در شرایط بدون بار

omoorepeyman.ir

- خارج کردن نیروگاه از مدار در صورت وجود احتمال تجاوز تراز پایاب نسبت به تراز مجاز غرقابی نیروگاه
- اصلاح منحنی‌های بده تراز نیروگاه در شرایط بهره‌برداری براساس تراز پایاب در حین سیلاب
- تمهیدات کنترل محدوده فشار در مجرای پایاب نیروگاه

از ظرفیت تخلیه نیروگاه‌ها با در مدار قرار دادن آن یا استفاده از سامانه کنار گذر، برای کمک به تخلیه بده سیلاب در شرایط فوق‌العاده و با رعایت ملاحظات بهره‌برداری ایمن نیروگاه می‌توان استفاده نمود.

در صورت عدم توانایی تاسیسات تخلیه در عبور ایمن سیلاب طراحی، تمهیدات لازم برای علاج‌بخشی، اصلاح و توسعه تاسیسات تخلیه و یا تغییر برنامه بهره‌برداری مخزن یا ترکیبی از این موارد باید در نظر گرفته شود. انتخاب راهکار نهایی بر مبنای مقایسه اقتصادی و فنی گزینه‌ها صورت می‌پذیرد. درصورتی‌که عواقب ناشی از شکست سد در محدوده متوسط یا کم باشد، مطالعات تحلیل ریسک به منظور کاهش هزینه‌ها و علاج‌بخشی می‌تواند در دستور کار قرار گیرد.

در غیاب معیارهای محاسباتی و تحلیلی و تجربیات مشابه موجود، گاهی لازم است در مطالعات ارزیابی ایمنی از مدل هیدرولیکی برای بررسی توانایی تاسیسات تخلیه استفاده شود.

۱-۱۶-۲- ملاحظات ایمنی تاسیسات تخلیه

تاسیسات تخلیه در یک سد عبارتند از انواع سرریزها، سیفون‌ها و مجاری عمقی و نیمه عمقی و برج‌های آبگیر. در این بخش ملاحظات ایمنی این تاسیسات ارائه گردیده است.

ملاحظات ایمنی سرریزها شامل سازه ورودی، مجرای هدایت آب و سازه خروجی آن عبارتند از:

- مقاومت کافی در برابر فرسایش، کاویتاسیون و تامین ارتفاع آزاد دیواره هدایت کننده و هوادهی مناسب.
- قابلیت استهلاک انرژی کافی برای جلوگیری از فرسایش و شسته شدن پنجه سد و پایین‌دست بدنه.
- قابلیت عبور روباره‌ها و اجسام شناور یا مانع مناسب جلوگیری از ورود آنها به سرریز.
- کفایت سازه‌ای پایه‌ها، دریچه‌ها و قلاب‌ها و سایر اجزا و عملکرد ایمن آنها در صورت وقوع بارهای غیرمترقبه مانند زلزله.
- قابلیت اطمینان سامانه باز و بسته کردن دریچه سرریز در زمان مورد نیاز در هنگام سیلاب با در نظر گرفتن مواردی از قبیل برق اضطراری و سامانه کنترل و دسترسی. این قابلیت اطمینان معمولا بر حسب ظرفیت تخلیه سیلاب طراحی ارائه می‌شود.
- مقاومت کافی در برابر فشار برکنش و سایر نیروهای هیدرولیکی و هیدرودینامیکی در حین عبور سیلاب‌ها.
- ایمنی کافی در برابر لغزش شیب‌ها، آب‌شستگی‌ها، تجمع روباره‌ها یا هر عاملی که باعث گرفتگی یا کاهش بده تخلیه سیلاب در شوت یا سازه خروجی شود.
- اقدام به موقع در خصوص عملکرد استاپ لاگ‌هایی که قبل از فصل سیلاب باید برداشته شوند یا آنهایی که در شرایط روگذری سیلاب باید برداشته شوند.
- عملکرد دریچه‌های کشویی که قبل از فصل سیلاب باید برداشته شوند یا آنهایی که طبق طرح اولیه، در شرایط اضطراری در سیلاب شکسته یا خراب می‌شوند.
- آمادگی دریچه‌هایی که در تمام وضعیت‌های یخزدگی در مخزن با ظرفیت کافی باید کار کنند.
- دسترسی مطمئن در تمام شرایط خصوصا برای سرریزهای کنترل شده.

omoorepeyman.ir

- حداقل ظرفیت تخلیه‌ای که تحت تاثیر خرابی یا آسیب‌دیدگی سازه‌های مرتبط با سرریز مانند ورودی و خروجی آن نباشد.

در سدهای خاکی معمولا توصیه می‌شود که سرریزها به صورت فیوز یا کنترل نشده باشند، یعنی به محض بالا آمدن آب بیش از حد مجاز، تخلیه به طور طبیعی آغاز شود. مگر این‌که اطمینان کافی در مورد عملکرد تاسیسات کنترل وجود داشته باشد.

سیفون‌ها و برج‌های آبگیر از نظر ایمنی، تاسیسات تخلیه مناسب و خوبی تلقی نمی‌شوند. در این نوع سازه‌ها مشکلات مربوط به نیروهای افقی و قائم ناشی از یخزدگی، خرابی برج آبگیر، خرابی پی، خرابی ناشی از آب شستگی از اطراف مجاری و گرفتگی ناشی از گیر کردن اجسام و قطعات شناور و یخزدگی در داخل آن بسیار قابل توجه است. جهت پایش و جلوگیری از گرفتگی دهانه و داخل برج‌های آبگیر دسترسی ایمن به آن ضروری است.

سایر تاسیسات تخلیه به غیر از سرریز باید دارای قابلیت‌ها و ویژگی‌های زیر باشند:

- قابلیت بستن مسیر جریان در شرایط تخلیه با ظرفیت کامل
- قابلیت بهره‌برداری در تمام مدت سیلاب بدون به‌خطر افتادن ایمنی تاسیسات و خود سد در اثر فرسایش پایین‌دست، کاویتاسیون، عبور روباره‌ها، ارتعاشات و افزایش سطح آب در پایین‌دست.
- قابلیت بهره‌برداری ایمن شیرها و دریچه‌ها در تمام مواقع در حین سیلاب طراحی.
- قابلیت تخلیه سریع آب تا تراز مورد نیاز در صورت پیش‌بینی نیاز به پایین آوردن سریع سطح آب مخزن برای تعمیرات یا پیشگیری از شکست سد.
- قابلیت بهره‌برداری ایمن پس از زلزله یا سایر حوادث غیرمترقبه محتمل.
- سامانه برق اضطراری یا برق جایگزین برای کارکرد تجهیزات و سیستم‌های کنترل تاسیسات تخلیه.
- دسترسی مطمئن در تمام شرایط خصوصا برای تاسیساتی که به صورت کنترل شده بهره‌برداری می‌شوند.

۱-۱۶-۳- ارزیابی ارتفاع آزاد مخزن و روگذری

ارتفاع آزاد کافی برای تمام شرایط بهره‌برداری شامل سیلاب شدید، طوفان شدید و زلزله باید تامین شده باشد. ریزش یا روگذری آب از تاج سد تنها تا حدی مجاز شمرده می‌شود که تهدیدی برای پایداری و ایمنی آن محسوب نگردد.

در سدهای خاکی حداکثر تراز آب مخزن نباید از تراز فوقانی هسته آب‌بند سد تجاوز نماید.

معیارهای تحلیلی و تجربی متعددی برای تعیین ارتفاع آزاد مخزن سدها در مرحله طراحی اولیه، در ادبیات فنی سدسازی وجود دارد که برخی از مراجع آنها در پیوست این راهنما ذکر شده است. این معیارها عمدتا براساس زاویه، سرعت، پروفیل و دوره بازگشت وزش باد در حالت عادی و سیلابی، شکل دریاچه و حداکثر طول خزش موج در بالادست و نوع سد و برخی شاخص‌های دیگر ارائه شده‌اند. معیارهای ارائه شده در این بخش مربوط به مطالعات بازنگری ایمنی می‌باشد که به طور خلاصه‌تر و با محور قرار دادن تاثیر روگذری بر ایمنی سد تدوین شده‌اند.

برای سدهای خاکی و سنگریزه‌ای ارتفاع آزاد باید به‌قدری باشد که حداقل ۹۵ درصد امواج ایجاد شده بر اثر وزش باد یا طوفان، باعث روگذری آب از تاج سد نشوند. در صورتی می‌توان اجازه روگذری بیش‌تری داد که منجر به ایجاد خرابی یا تهدید ایمنی سد نگردد. به طور کلی تراز ایمن تاج سد باید شرایط زیر را تحمل و ارضا نماید:

omoorepeyman.ir

- امواج ایجاد شده بر اثر باد با احتمال افزونگی سالانه ۰/۰۰۱ در مخزن با تراز حداکثر نرمال یا امواج به‌دست آمده از روابط سرعت – مدت دوام باد مورد انتظار، در طول عمر مفید پروژه.
- امواج ایجاد شده بر اثر باد در بدترین شرایط منطقی در مخزن با تراز حداکثر سیلاب طراحی. برای مخازن یا سدهای کوچک باد با احتمال افزونگی سالانه ۰/۰۱ در نظر گرفته می‌شود. برای مخازن یا سدهای بزرگ متوسط حداکثرهای باد سالانه در نظر گرفته می‌شود. برای شرایط بینابینی باد مناسب با توجه به این دو حالت انتخاب می‌شود.

از آنجایی که احتمال وقوع بدترین باد شدید هم‌زمان با حداکثر تراز مخزن کم بوده یا به عبارتی مخزن در ساعات کوتاهی در تراز حداکثر قرار دارد، در محاسبه امواج ناشی از باد این مساله می‌تواند لحاظ شود.

در سدهای خاکی اثر نشست تاج سد در تعیین ارتفاع آزاد اولیه در نظر گرفته می‌شود، لکن در حین ارزیابی باید از تطبیق نشست واقعی با مقدار پیش‌بینی شده اولیه اطمینان حاصل نمود، چرا که در غیر این‌صورت ارتفاع آزاد نسبت به فرضیات طراحی کاهش می‌یابد.

در سدهای بتنی اجازه روگذری با توجه به موارد زیر داده می‌شود:

- شرایط تکیه‌گاه‌ها و امکان آب‌شستگی و ناپایداری آنها در اثر روگذری
- شرایط آسیب‌پذیری سازه‌های جنبی و سازه‌های واقع در پنجه سد مانند نیروگاه
- شرایط پنجه و امکان فرسایش و شسته شدن آن و تهدید ایمنی سد
- نیاز به تاج سد جهت دسترسی‌های بهره‌برداری و اضطراری
- سایر عوامل در معرض تهدید در پایین‌دست سد خصوصا جان انسان‌ها

برای سدهای بتنی با تکیه‌گاه‌های مقاوم در برابر آب‌شستگی و عواقب شکست متوسط یا کم، ارتفاع آزاد را می‌توان با مطالعه اقتصادی خسارات کاهش داد.

برای سدهایی که احتمال ایجاد امواج اضافی به‌دلایل مختلف از قبیل لغزش شیب‌ها به داخل دریاچه وجود دارد، ارتفاع آزاد اضافی باید در صورت نیاز نظر گرفته شود.

در هنگام لحاظ نمودن حالت‌های مختلف ایجاد موج در دریاچه، در مورد احتمال وقوع هم‌زمان آنها باید قضاوت مهندسی مناسب با توجه به شرایط محل به‌عمل آید. با توجه به چهار منشا اصلی موثر بر ارتفاع آزاد شامل باد، لغزش شیب‌ها به داخل دریاچه، اختلال در کارکرد سرریز و نشست اضافی بدنه یا پی سدهای خاکی نسبت به فرضیات طراحی حالات ترکیبی زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

۱- موج ناشی از باد حداکثر به‌علاوه نشست اضافی بدنه یا پی

۲- موج ناشی از لغزش شیب‌ها به داخل دریاچه به‌علاوه نشست اضافی بدنه یا پی به‌علاوه نشست بدنه یا پی در اثر حداکثر زلزله مورد انتظار

در ارزیابی ایمنی در دوران بهره‌برداری با تکمیل اطلاعات هیدرولوژیکی و کاهش نامعینی‌ها، محاسبه ارتفاع آزاد باید مجددا انجام پذیرد.

۱-۱۶-٤- بررسی عملکرد سد حین سیلاب

تمام تاسیسات تخلیه جریان باید با توجه به برنامه و منحنی سنجه از پیش تعیین شده، همیشه قابل بهره‌برداری باشند. این برنامه‌ها و منحنی‌های فرمان باید دربرگیرنده تمام شرایط سیلاب از جمله سیلاب طراحی و کنترل باشد.

omoorepeyman.ir

برنامه عملکرد سد و منحنی فرمان تاسیسات تخلیه در حین سیلاب که در دستورالعمل بهره‌برداری، نگهداری و پایش گنجانده می‌شود، تابع عوامل زیر است:

- سطح آب در مخزن
- سرعت افزایش سطح آب در مخزن
- مقدار بارش برف و باران و مقدار توده برف موجود
- مقطع زمانی در طول سال
- پیش‌بینی‌های هواشناسی

در صورت امکان انسداد تاسیسات تخلیه جریان در حین سیلاب، این حالت باید در طراحی اولیه در نظر گرفته شده یا راهکار جایگزین برای آن تعبیه گردد.

۱-۱۶-۵- بررسی عملکرد تاسیسات کنترل جریان

شرایط بهره‌برداری سرریز، تاسیسات تخلیه و آبگیر نیروگاه‌ها و میزان عملکرد خودکار تجهیزات مربوط برای هر پروژه، با توجه به خصوصیات و وضعیت محل آن تعیین می‌شود.

درصورتی‌که در وضعیت وقوع سیلاب احتمال خسارت وجود داشته باشد، عملکرد خودکار یا بهره‌برداری از راه دور تجهیزات سرریز و تاسیسات تخلیه باید دارای قابلیت اطمینان کافی باشند. عملکرد خودکار یا بهره‌برداری از راه دور تجهیزات سرریز تنها زمانی توصیه می‌شود که امکان دسترسی سریع به‌دلیل سختی راه یا فاصله زیاد مشکل باشد. اطلاعات ابزار دقیق یا حسگرهای کنترل از راه دور تجهیزات باید توسط بهره‌بردار تفسیر شود.

تجهیزات کنترل باید طوری طراحی شوند که در شرایط مورد نیاز بهره‌برداری عملیات باز و بسته کردن مجاری را به‌خوبی انجام دهند. ملاحظات مورد نظر در این زمینه، با توجه به خصوصیات و وضعیت محل آن تعیین می‌شود.

اهرم‌های فعال کننده باید برای کلیه نیروهای سازه‌ای، هیدرولیکی و شرایط یخزدگی طراحی شده باشند. در صورت نیاز اهرم‌ها باید قادر باشند به طور خودکار یا کنترل از راه دور عمل نمایند.

تجهیزات کنترل آبگیرها باید در شرایط سیلابی قادر به بسته شدن باشند. درصورتی‌که بستن دریچه‌ها با کمک عامل دیگری غیر از وزن دریچه صورت می‌گیرد، سامانه برق اضطراری یا جایگزین باید برای آن در نظر گرفته شده باشد.

۱-۱۶-۶- سامانه کنترل و ابزاربندی تاسیسات تخلیه

در سدهای با عواقب شکست زیاد و خیلی زیاد، تجهیزات باید دارای ابزاربندی لازم برای استفاده با سامانه کنترل از راه دور یا خودکار در محدوده تمام شرایط کارکرد سازه‌های هیدرولیکی باشند.

میزان و نوع تجهیزات کنترل باید براساس مطالعات مختص ساختگاه صورت گیرد. این ملاحظات برای انواع تاسیسات تخلیه متفاوت بوده و مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

omoorepeyman.ir

- در سازه‌های تخلیه مانند مجاری و تونل‌ها تجهیزات مورد نیاز شامل دستگاه سنجش سرعت مجاز که در صورت تجاوز از حد تعریف شده بده ورودی را به طور خودکار کاهش می‌دهد. کنترل تراز آب مخزن و نرخ افزایش آن برای کنترل عملکرد این تاسیسات ضروری است. هم‌چنین موقعیت یا وضعیت دریچه‌ها باید به صورت محلی و از راه دور قابل کنترل باشد.
- در سرریزها سطح آب و نرخ افزایش آن به عنوان علامت هشدار به‌کار می‌رود. هم‌چنین موقعیت یا وضعیت دریچه‌ها باید به صورت محلی و از راه دور قابل کنترل باشد.
- برای لوله‌های آب‌رسان نیروگاه‌ها نیز در صورت احتمال خطر، سامانه بستن دریچه راس باید تعبیه گردد.

۱-۱۶-۷- تجهیزات اضطراری تاسیسات تخلیه

در تاسیساتی که خرابی آنها منجر به عواقب زیاد و خیلی زیاد می‌شود، حداقل تجهیزات اضطراری، سامانه برق اضطراری با امکان نصب و کارکرد در طول زمان منطقی می‌باشد که در صورت لزوم به صورت دایمی تعبیه می‌شود.

برای تعیین مشخصات تجهیزات اضطراری دایمی ملاحظاتی از قبیل در دسترس بودن، سرعت راه اندازی، ابعاد و حجم مخزن و سرعت افزایش سطح آب باید در نظر گرفته شود. تجهیزات برق اضطراری باید در صورت قطع برق به طور خودکار وارد مدار شده و تا زمان وصل مجدد برق قابلیت کارکرد مستمر برای تاسیسات مورد نظر فراهم نمایند. این تجهیزات اغلب از نوع دیزل ژنراتور هستند. تجهیزات برق اضطراری سیار نیز می‌تواند در صورت نیاز در نظر گرفته شود.

برای تاسیسات با عواقب زیاد و خیلی زیاد، سامانه کنترل و پایش باید در زمان قطع برق نیز قابلیت کارکرد داشته باشند.

در صورت نبود سامانه مولد برق اضطراری، تجهیزات ذخیره برق، باتری و تجهیزات کمکی دیگر با ظرفیت کارکرد حداقل ۸ ساعت برای پشتیبانی از سامانه کنترل و پایش باید تعبیه شود.

۱-۱۶-۸- ظرفیت پایین آوردن سریع سطح آب مخزن

در سدهایی که در معرض خطرات بالایی به علت وقوع زلزله یا زمین لغزه یا جابه‌جایی گسل هستند یا در شرایط موجود پتانسیل آب‌شستگی و فرسایش داخلی بالایی دارند، تاسیسات خروجی باید ظرفیت کافی برای پایین آوردن سریع سطح آب مخزن به تراز ایمنی را در صورت مشاهده علایم خطر داشته باشند.

ظرفیت پایین آوردن سریع سطح آب در مخزن در سدهایی که دارای عواقب ناشی از شکست زیاد و بسیار زیاد می‌باشند یک قابلیت ارزشمند و درخور توجه تلقی می‌شود. پایین آوردن سطح آب باعث کاهش بارهای هیدروستاتیک و افزایش قابلیت بازرسی و تعمیرات در مورد سد و سازه‌های وابسته به آن می‌شود. درصورتی‌که اگر برای سدها با شرایط فوق چنین قابلیتی وجود نداشته باشد ممکن است خرابی‌هایی به شکل زیر رخ دهد:

- شکست سازه‌های آبگیر، دیوارهای حایل و تاسیسات اصلی سد
- خرابی یا کاهش قابلیت کنترل تراوش توسط سامانه آب‌بند سد و پی
- شکست ناگهانی خاکریز یا سد در اثر نیروها و تغییر مکان‌های ناشی از زلزله
- روگذری آب از سد و بروز تبعات ناشی از آن در سد و نواحی پایاب

omoorepeyman.ir

در شرایط وجود خطرات عمده و نیاز به ایجاد قابلیت کاهش سطح آب در مخزن در برنامه ارزیابی ایمنی رویکرد اصلی استفاده از روش‌های مبتنی بر ریسک و تعیین سرعت بهینه کاهش سطح آب و سرعت حدی آن می‌باشد. نکات مربوط به پایین آوردن سطح مخزن در بخش (۱-۵) ارائه شده است.

درصورتی‌که امکان پایین آوردن ایمن سطح آب مخزن وجود نداشته باشد، راهکارهای دیگری جهت کاهش خطر در شرایط فوق‌العاده باید از قبل در نظر گرفته شود.

نرخ یا سرعت پایین آوردن ایمن آب در مخزن سد خاکی که بستگی به شاخص‌هایی نظیر عامل‌های تراوشی بدنه بستگی دارد در ادبیات فنی موجود بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر در روز ذکر شده است. محدوده این سرعت باید برای هر سد بتنی و خاکی توسط طراح یا مهندس ارزیاب ایمنی تعیین شده و در اختیار بهره‌بردار قرار گیرد.

۱-۱۷- سایر ابنیه و تاسیسات وابسته

در جدول (۱-۱۴) خلاصه مسایل و شاخص‌های مهم مورد ارزیابی برای بررسی ایمنی سازه‌های وابسته به سدها و سایر سازه‌های جنبی مرتبط با بهره‌برداری سد ارائه گردیده است. ارزیابی ایمنی سازه‌های ساختمانی، راه‌ها، تونل‌ها و سایر سازه‌ها پس از کنترل بارهای وارده براساس این راهنما، با استفاده از آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مربوط به آنها صورت می‌پذیرد.

۱-۱۸- اثرات محیطی

در این فصل اثرات مخزن و محیط اطراف سد بر ایمنی آن و سازه‌ها و تاسیسات وابسته به آن و نیز عملکرد مجموعه در شرایط اضطراری مورد بررسی قرار می‌گیرد. این موارد باید در چارچوب برنامه ارزیابی و بازنگری ایمنی و برنامه اقدامات اضطراری سد گنجانده شود.

جدول ۱-۱۴- مهم‌ترین مسایل و شاخص‌های ارزیابی ایمنی ابنیه و تاسیسات وابسته سدها

عنوان	مهم‌ترین مسایل و شاخص‌های ارزیابی ایمنی
سرریز بتنی روی بدنه یا تکیه‌گاه سد خاکی	زیر فشار، ترک خوردگی و تراوش از درزها، نشست، زوال و فرسایش سطحی بتن
سرریز و شوت روی بدنه سد بتنی	ترک خوردگی و تراوش از درزها و ترک‌ها، زوال و فرسایش سطحی بتن
شافت‌های آبگیرهای داخل دریاچه	ترک خوردگی و جابه‌جایی و انسداد
حوضچه آرامش پایین‌دست	زیرفشار، آب‌شستگی پایاب، فرسایش، گرفتگی، زوال مستهلک کننده‌های انرژی
تونل‌ها و مجاری مدفون در پی یا تکیه‌گاه	ترک خوردگی و تراوش از درزها و ترک‌ها، تغییر قطر داخلی، زوال و فرسایش سطحی بتن
آبگیرها و خروجی‌ها	انسداد آشغالگیرها، ترک خوردگی، آب‌شستگی دهانه خروجی، زوال بتن
راه‌های دسترسی، پل‌ها و دیوارهای حایل	ترک خوردگی، نشست، زوال بتن و خوردگی میلگردها، ریزش شیروانی‌های مشرف به جاده، یخزدگی و گل شدن جاده
کالورت‌ها و مجاری عبور کننده از خاکریز	تراوش آب از محاذات جداره‌ها و آب‌شستگی، نشست
دریچه‌ها و تاسیسات هیدرومکانیک مربوط	آسیب‌دیدگی و زوال ورق‌های فولادی، تراوش از آب‌بندهای لاستیکی یا فلزی، ترک خوردگی تکیه‌گاه‌ها و شیار دریچه، باز و بسته نشدن کامل، خوردگی، ورقه شدن پوشش حفاظتی، ارتعاش غیرعادی، از کار افتادن سیستم قدرت و انتقال نیرو
شیرها	ارتعاش غیرعادی، عدم باز و بسته شدن کامل، نشت، ترک خوردگی تکیه‌گاه‌ها، خوردگی، از کار افتادگی سیستم‌های قدرت و انتقال نیرو
پمپ‌ها	ترک خوردگی نشیمنگاه، تغییر غیرعادی بازده، خوردگی، نشت از اتصالات لوله‌ها
سامانه برق تاسیسات	آسیب‌دیدگی کابل‌ها و سرکابل‌ها و اتصالات، تغییر غیرعادی ولتاژ، اختلال کارکرد تابلوهای کنترل به‌دلیل عدم آب‌بندی و حفاظت مناسب
تاسیسات کنترل و مدیریت	وسایل و راه‌های دسترسی، سامانه کنترل و ارتباطی، سامانه ابزار دقیق
پرده یا سامانه آب‌بند	تغییرات غیرعادی بده و افزایش مسیرهای تراوش، ظهور چشمه‌های جدید در پایین‌دست، ظهور یا افزایش تراوش در مجاری در پایین‌دست سامانه آب‌بند
سایر	تغییرات غیرعادی کیفیت آب و رسوب‌گذاری در مخزن

omoorepeyman.ir

ملاحظات ارائه شده در این بخش به منظور بررسی اثرات محیط زیست بر ایمنی سد می‌باشد. محاسبات خسارت زیست‌محیطی ناشی از احداث سد و مخزن آن در مرحله طراحی سدها مورد مطالعه قرار می‌گیرد. از مباحث دیگر در بحث زیست‌محیطی، ارزیابی خسارات زیست‌محیطی پایین‌دست و بالادست سد بر اثر شکست سد می‌باشد که با رویکردهای مدیریت ریسک زیست‌محیطی مطالعه می‌گردد.

۱-۱۸-۱- اجسام شناور و یخ در مخزن

اجسام شناور و یخ در مخزن باید طوری کنترل شوند که باعث ایجاد هیچ‌گونه تهدید غیرقابل پذیرش برای ایمنی سد نگردند.

کنترل منشاء اجسام شناور و ورود آنها به مخزن سد اولین اقدام در کاهش اثرات منفی آنها می‌باشد. درخت‌ها و گیاهان و سایر اجزای موجود در مخزن که امکان شناور شدن در سیلاب دارند، باید قبل از آب‌گیری سد جابه جا شده یا برداشته شوند. از طرف دیگر هرگونه فعالیتی، باعث افزایش ورود اجسام شناور از سرچشمه‌ها و رودخانه‌ها به مخزن می‌شود باید تحت نظر قرار گیرد.

اجسام شناور و قطعات شناور و مستغرق در آب در صورت برخورد با تاسیسات تخلیه سد، ممکن است آسیب‌های جدی به آنها وارد نمایند. وسعت این‌گونه خسارات بستگی به مقدار و اندازه اجسام شناور و نوع و شکل تاسیسات آبگیر و تخلیه مخزن و ورودی آنها دارد. اجسام شناور ممکن است باعث گرفتگی آشغال‌گیر ورودی‌ها گردیده و باعث کاهش ظرفیت دبی تخلیه آنها شوند. هم‌چنین ممکن است با برخورد به آشغال‌گیرها یا دیواره ورودی مجاری تخلیه و نیز بدنه داخلی مجرای تخلیه آسیب‌هایی به آنها وارد نمایند. تجمع اجسام شناور در اطراف ورودی‌ها و دریچه‌ها می‌تواند باعث ایجاد مشکلاتی در مانور تجهیزات هیدرومکانیکی شود.

یخ زدگی آب مخزن نیز می‌تواند وضعیت‌های خطرناکی ایجاد نماید. وسعت این خطرات بستگی به مقدار یخ زدگی و ضخامت آن و نیز نوع سد و تاسیسات تخلیه و ورودی آنها دارد. یخ زدگی در اطراف ورودی‌ها و آشغال‌گیرها ممکن است باعث تاثیر در مسایل هیدرولیکی و نیز کاهش دبی خروجی گردد.

انجماد آب در محدوده دریچه‌ها و تاسیسات مکانیکی مجاری تخلیه می‌تواند باعث ایجاد مشکل در بهره‌برداری از آنها شود. در این حالت حتی احتمال برگشت بار الکتریکی در هنگام شروع به کار یا روشن کردن تاسیسات وجود داشته که می‌تواند با تاثیر بر تاسیسات تامین برق و حتی سیستم برقی خود تاسیسات، کارکرد آنها را به شدت دچار مشکل نماید.

در مناطق سردسیر امکان سقوط بهمن در دریاچه و احتمال ایجاد سیلاب یا سرریز ناگهانی از سد باید بررسی گردد.

۱-۱۸-۲- کناره‌های مخزن

شیب‌های ناپایدار یا دارای پتانسیل ناپایداری در صورت وقوع بارها و شرایط فوق‌العاده یا در صورت پایین آوردن سریع سطح آب مخزن که می‌توانند منجر به ناپایداری‌های ژئوتکنیکی شیب‌ها شود، باید به دقت مورد پایش قرار گیرند تا باعث ایجاد تهدید و خطر غیرقابل پذیرش برای ایمنی سد و سازه‌های وابسته به آن نگردند.

شیب‌های کناره‌های دریاچه سد باید جهت اطمینان از وضعیت پایداری و عدم تهدید ایمنی سد و سازه‌های وابسته به آن و نیز جان افراد و دارایی‌های آنها در بالادست و پایین‌دست سد مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند. بر این اساس هرگونه تهدید برای ایمنی سد باید شناسایی شده و با ارزیابی عواقب آن اقدامات بهسازی و افزایش ایمنی تا سطح قابل قبول انجام پذیرد. معیارهای مربوط به سطح قابل قبول ایمنی در بخش (۱-۵) این راهنما ارائه شده‌اند.

omoorepeyman.ir

در حین آب‌گیری یا بلافاصله پس از آن در یک مخزن با شیب‌های تند عملیات بررسی دقیق از نزدیک باید انجام شده تا از هرگونه خطر و ناپایداری جلوگیری به‌عمل آمده و اطمینان کافی از قابلیت بهره‌برداری ایمن از مخزن در تمام وضعیت‌های تراز آب در آن حاصل گردد. بررسی پایداری شیب‌ها در هنگام زلزله و سیلاب در بخش (۱-۵) مورد بحث قرار گرفته است. هم‌چنین مسایل مربوط به اثرات ناپایداری شیب‌ها بر تاسیسات تخلیه در بخش‌های (۱-۵) و (۱-۶) ارائه گردیده‌اند.

در سدهای باطله پایداری شیب‌های مخزن در شرایطی نظیر خاکریزهای توده‌ای همگن، سدهای داخلی و خاکریزهای مرتفع شده اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند. در این سدها روش جابه‌جایی و تخلیه پساب‌ها و اثرات آن بر فرسایش و ناپایداری سد و سازه‌های وابسته به آن نیز باید مد نظر قرار گیرد.

هر بخشی از دریاچه که به صورت طبیعی مانند یک مانع یا سد در برابر آب قرار می‌گیرد، درصورتی‌که بر اثر ناپایداری خطری برای ایمنی سد ایجاد نماید، باید مورد بررسی پایداری قرار گرفته و در صورت نیاز اقدام لازم در مورد تامین پایداری آن به‌عمل آید.

نشت و فرار بیش از حد آب از کناره‌های مخزن باید در چارچوب عملیات پایش تحت کنترل قرار گرفته، به طوری که در بهره‌برداری ایمن از سد خللی ایجاد ننماید.

به منظور پیدا کردن بخش‌هایی از کناره‌های دریاچه سد که به طور طبیعی مانند یک مانع در برابر آب عمل می‌کنند مانند امتداد خط‌الرأس‌های باریک و کوتاه، مخزن سد باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. ناپایداری و شکست این موانع طبیعی ممکن است باعث رها شدن ناگهانی آب و مصالح دیگر به سمت سد شده و ایمنی آن را تهدید نماید.

دره‌های محدود به دریاچه سد که قبلا با مواد رسوبی پر شده‌اند نیز ممکن است پس از آب‌گیری ناپایدار شده و رسوبات آنها به سمت دریاچه هجوم بیاورند. چنین مواردی نیز باید به طور سالانه و طی بازرسی‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

در برخی از دریاچه‌ها به منظور به تله انداختن رسوبات ورودی و جلوگیری از پیشروی آنها به سمت سد، از سدهای کوتاه استفاده می‌شود. پایداری این سدهای عموما مستغرق نیز باید برآورده شده باشد.

نشت موضعی بیش از حد آب در نزدیکی سد از تکیه‌گاه‌ها یا دیواره‌های طبیعی مجاور آنها، ممکن است یک‌پارچگی مخزن سد را به خطر انداخته و یا منجر به فرار ناگهانی آب از مخزن شود. در حین آب‌گیری دریاچه بازرسی مشاهده‌ای و از نزدیک کناره‌ها جهت بررسی این مساله ضروری است. در صورت جدی بودن مساله نشت، اقدامات متقابل کاهشی در برابر آن، تا حصول تراز ایمنی قابل قبول باید به عمل آید.

۱-۱۸-۳- کیفیت آب

ملاحظات لازم در مورد پایش و کنترل اثرات مواد شیمیایی داخل آب مخزن، آب زیرزمینی و خاک بر سد و سازه‌های وابسته باید در نظر گرفته شده در صورت لزوم اقدامات محافظتی انجام پذیرد.

منشا مواد شیمیایی خورنده و دارای اثرات اندرکنشی با مصالح سد و سازه‌های وابسته به آن ممکن است علاوه بر آب و خاک هوا و فاضلاب‌ها و عوامل انسانی نیز باشد. به‌علاوه اثرات اندرکنشی شیمیایی بین مصالح مختلف سد وسازه‌های جنبی نیز می‌تواند منجر به واکنش‌های مخرب برای آنها شود.

omoorepeyman.ir

کیفیت آب به طور کلی می‌تواند بر ایمنی سد خصوصا مخازن تامین آب شرب و کشاورزی تاثیر بگذارد و لذا باید تحت پایش و کنترل باشد. به‌عنوان مثال واکنش آب حفره‌ای اسیدی بر مصالح زهکش یک سد خاکی ممکن است منجر به ایجاد کریستال‌های جدید و مسدود شدن تدریجی زهکش شود.

دامنه حملات شیمیایی محیطی بر مصالح سد و سازه‌های وابسته به آن از جمله بتن و فولاد در شرایط مختلف بسیار متفاوت است. یکی از بحرانی‌ترین این شرایط نفوذ مواد حلال سنگدانه‌ها به داخل بتن و شستن آنها و ایجاد مسیرهای تراوش و نشت آب و در نتیجه تاثیر بر فشار آب حفره‌ای تراوش و فشار برکنش و حتما نهایتا تهدید پایداری سد می‌باشد.

انواع حملات شایع از طریق مواد شیمیایی محلول در آب و محیط اطراف سازه‌ها عبارتند از:

- آب سبک
- سولفات‌ها (از جمله سولفات منگنز که در آب‌های شور وجود دارد)
- سولفیدها
- کلریدها (که از منشاهای عمده آنها نمک‌ها و نیز ضد یخ‌ها که در راه‌ها استفاده می‌شوند می‌باشد)
- اسیدها (شامل پساب‌های صنعتی، اسید سولفوریک محلول در آب زیرزمینی و بارهای اسیدی)
- رشد گیاهان (از جمله خزه‌ها، گل سنگ‌ها و جلبک‌ها که معمولا روی سطح بتن ایجاد می‌شوند)
- اثرات مختلط (که نتیجه تخریبی آن در مقایسه با یک عامل تنها بیش‌تر خواهد بود)
- نمک‌های دریایی (که معمولا در نزدیک اقیانوس‌ها و دریاها و دریاچه‌های بزرگ به وفور دیده می‌شود)

در سدهای باطله و جمع‌آوری پساب‌های صنعتی، مساله مواد شیمیایی باید با دقت بیش‌تری مورد بررسی قرار گیرد. در سدهایی که دریاچه آنها مورد استفاده های تفریحی هم قرار می‌گیرد، کیفیت آب باید به طور منظم کنترل شود.

واژگونی تانکرهای سوخت و مواد شیمیایی به‌داخل مخازن سدها خصوصا مخازن تامین آب شرب و کشاورزی یکی از تهدیدات جدی زیست‌محیطی محسوب می‌شود. لذا تا حد امکان باید از عبور این وسایل نقلیه از تاج سد و کناره‌های مخزن جلوگیری نموده و یا تمهیدات و نظارت کافی در این زمینه انجام گیرد.

در موارد عبور خطوط لوله نفت و سایر مواد شیمیایی از مخزن یا کناره‌های آن نیز باید تمهیدات ایمنی کافی برای پیشگیری از حوادث و فجایع احتمالی در نظر گرفته شود.

۱-۱۸-٤- محیط زیست

پایش و محافظت سد و سازه‌های وابسته در برابر تهدیدهای انسانی و تهدیدهای ناشی از گیاهان، حیوانات، پرندگان و سایر موجودات باید مد نظر قرار گیرد.

از رویش درخت‌ها و بوته‌های در روی بدنه خاکریز یا مجاورت بدنه سد و سرریزها و کانال‌ها و سایر سازه‌های وابسته باید جلوگیری به‌عمل آید. البته در مورد خاکریزهای کوچک استفاده از چمن کاری روی شیب‌ها می‌تواند به تثبیت آنها و جلوگیری از فرسایش و آب‌شستگی کمک نماید.

باید توجه داشت که رویش بیش از حد گیاهان حتی چمن روی خاکریز و سازه‌ها باعث ایجاد مشکل در عملیات بازرسی و پایش شده و عوامل تهدید کننده‌ای مانند نشت بیش از حد و ترک‌خوردگی قابل مشاهده نخواهد بود.

omoorepeyman.ir

در مورد حیوانات نیز بازرسی و پایش مرتب و موثر می‌تواند از فعالیت‌های مشکل‌ساز آنها جلوگیری نماید. به‌عنوان مثال سگ‌های آبی می‌توانند با ایجاد لانه خروجی‌های سد را مسدود نمایند. حیواناتی از قبیل خرگوش، موش کور، روباه و برخی حشرات با ایجاد حفره در بدنه سد ممکن است بر آن خسارت وارد نمایند. پرندگان نیز با ایجاد لانه در تجهیزات مکانیکی و الکتریکی ممکن است مشکلاتی برای عملکرد آنها به‌وجود آورند. صدف‌ها و حیوانات دریایی مشابه آن نیز ممکن است باعث گرفتگی دهانه ورودی آبگیرهای تحتانی شوند.

به طور کلی در برنامه‌های درختکاری و گسترش فضای سبز اطراف سدها ملاحظات دسترسی برای پایش و بازرسی و معاینه سد و سازه‌های وابسته باید مد نظر قرار داشته باشد.

۱-۱۹- مسایل رسوب

۱-۱۹-۱- رسوب و لجن

انباشت و تجمع رسوب در مخزن، در مجاورت سد و تاسیسات تخلیه باید به طور مناسب مورد پایش و کنترل قرار گرفته و در صورت پیشرفت و امکان اثرگذاری بر عملکرد تاسیسات تخلیه و تخلیه مناسب و ایمن سیلاب، اقدامات علاج‌بخشی لازم در مورد آنها اعمال گردد.

در سدهای باطله‌ای که به منظور جمع‌آوری رسوبات و لجن یا در پایاب مراکز صنعتی مانند صنایع فلزی احداث می‌شوند، اثرات آنها بر پایداری و ایمنی سد و عملکرد سازه‌های وابسته باید مورد توجه قرار گیرد.

در طراحی و ارزیابی ایمنی سد ملاحظات لازم برای کنترل و مدیریت رسوب به منظور جلوگیری از انباشت بیش از حد آن در پشت سد و دریاچه باید در نظر گرفته شود. انباشت بیش از حد رسوب و لجن در پشت سد می‌تواند مشکلات زیر را ایجاد نماید:

- افزایش بار وارده بر سد و سازه‌های وابسته تهدید پایداری
- ایجاد اختلال در عملکرد مکانیکی و هیدرومکانیکی تجهیزات و دریچه‌های تخلیه
- تاثیر بر خصوصیات هیدرولیکی تخلیه جریان از مجاری تحتانی و سرریزها و در نتیجه ایجاد بارها و مشکلات ثانویه
- فرسایش و خوردگی مجاری تخلیه تحتانی در اثر عبور جریان غلیظ
- افزایش بار لرزه‌ای وارد بر سد و سازه‌های وابسته به دلیل افزایش وزن مخصوص
- ایجاد مشکل در اجرای ایمن برنامه بهره‌برداری و نگهداری در شرایط عادی و اضطراری و در نتیجه کاهش سطح ایمنی سد
- ایجاد اثرات ثانویه مانند بارهای ناشی از روان‌گرایی و گسترش جانبی رسوبات انباشته شده در هنگام زلزله
- مسدود نمودن مجاری تخلیه تحتانی
- کاهش کارایی سدهای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با مسدود نمودن و کاهش نفوذپذیری بستر
- کاهش حجم مفید مخزن ودر نتیجه تاثیر در برنامه بهره‌برداری، کاهش آب تنظیم شده و ظرفیت کنترل سیلاب

عوامل موثر در میزان رسوبات ورودی به مخزن عبارتند از:

- وجود مصالح تحکیم نشده و قابل شستشو به وسیله سیلاب در سرچشمه‌ها و بالادست سد

omoorepeyman.ir

- نبود پوشش گیاهی مناسب و برنامه آب‌خیزداری مناسب در حوضه آبریز سد
- از بین رفتن پوشش گیاهی و مراتع به علت چرای بیش از حد دام، آتش‌سوزی در جنگل‌ها و تغییرات انسانی مانند معادن و راه‌ها
- تخلیه رسوبات و شستشوی مخازن سدهای بالادست
- لغزش شیب‌ها، ریزش کوه و جابه‌جایی زمین و نظایر آن و ورود آنها به مسیر آب به دلیل سیل یا زلزله یا عوامل دیگر

ملاحظات مهم در کاهش اثرات منفی رسوبات بر ایمنی سد عبارتند از:

- آگاهی از میزان رسوبات نهشته شده در مخزن با برنامه‌ریزی و انجام عملیات هیدروگرافی منظم
- اجرای منظم برنامه تخلیه رسوب و جریان غلیظ با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی پایین‌دست
- پایش و کنترل عوامل ایجاد رسوب و اقدامات علاج‌بخشی در جهت تخفیف آنها
- کنترل فرسایش و خوردگی و عملکرد تجهیزات و تاسیسات تخلیه در اثر تجمع یا عبور رسوبات
- پایش منظم عملکرد تخلیه کننده‌های تحتانی و تجهیزات مربوط به آن و نیز سرریزهای اضطراری و فیوز پلاگ‌ها
- در نظر گرفتن اثرات ثانویه، تجمع رسوب در بازنگری ایمنی سد
- اصلاح برنامه بهره‌برداری در شرایط عادی و اضطراری با توجه به حجم مفید کاهش یافته مخزن

در بحث رسوبات در بازنگری ایمنی سد اثرات کلی آزاد شدن رسوب در اثر شکست یا متروکه شدن سد در پایین‌دست نیز در صورت لزوم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲۰- مسایل اجرایی

۱-۲۰-۱- تغییرات و مسایل حین اجرا

اطمینان از تطابق شرایط اجرایی با مشخصات فنی طراحی جز وظایف مهندس ارزیاب ایمنی است. هرگونه تخطی یا تغییر مشخصات فنی باید با تایید مهندس طراح پروژه باشد، در غیر این‌صورت اثرات آن در بازنگری ایمنی باید لحاظ شود.

اطلاعاتی که از جنبه مسایل اجرایی و ساخت سد باید در بازنگری ایمنی در دسترس باشد عبارتند از:

- مشخصات فنی اجرایی به‌کار رفته و استانداردهای مورد استفاده با ذکر تاریخ ویرایش
- مراحل اجرای کار و زمان بندی آنها
- مستندات مربوط به روش‌های اجرایی
- مشخصات مصالح واقعی به‌کار رفته
- مستندات مربوط به سه بخش مدیریت کیفیت، کنترل کیفیت و تضمین کیفیت اجرا
- مستندات مربوط به تغییرات اجرایی و نقشه‌های چون ساخت نهایی
- مستندات مربوط به اجرای ابزار دقیق و رکوردهای ثبت شده در حین اجرا و قرائت‌ها و برداشت‌های اولیه مبنا و تنظیمات اولیه ابزارها و دستورالعمل‌های نصب
- بهسازی‌ها، تزریق‌ها و تحکیم‌ها

omoorepeyman.ir

- فهرست و مشخصات پیمانکاران اجرایی
- لیست مشخصات حوادث، مشکلات و رخدادهای مهم حین ساخت
- نتایج ارزیابی‌های مجدد حین اجرا
- تغییرات احتمالی در نتایج عملیات اکتشافی براساس مشاهدات حین اجرا خصوصا اطلاعات مربوط به درزه‌ها و گسل‌ها
- گزارش‌های عملکرد اجرایی، عکس‌ها و فیلم‌ها و سایر مستندات لازم

ارزیابی مسایل اجرایی، با توجه اطلاعات جدید به‌دست آمده در دوران بهره‌برداری قابل انجام است. البته در این مرحله معمولا بخش عمده‌این کار با عنوان طراحی مجدد صورت پذیرفته ودرصورت نیاز تغییرات لازم اعمال می‌گردد.

بحث‌های مربوط به مسایل ایمنی کارکنان و سازه‌ها در هنگام عملیات اجرایی در چارچوب مطالب این راهنما نمی‌باشد.

جهت حفظ شرایط ایمنی سد، دستگاه نظارت بر اجرای سد می‌بایست:

- از رعایت ملاحظات کنترل کیفیت در طول دوره ساختمان اطمینان حاصل نموده باشد.
- اهداف طراحی را درک نموده در صورت تغییر شرایط اجرایی با مهندس طراح مشورت نموده و تغییرات لازم را اعمال نماید.
- در طول اجرا با مهندس طراح در ارتباط بوده و مهندس طراح نیز از مراحل مهم اجرایی بازدید به‌عمل آورد و در جریان مسایل آن قرار بگیرد.
- دارای تجربه اجرایی سدسازی و دانش کافی در مورد کارهای آماده‌سازی پی سد از نظر کیفیت و شکل لازم باشد.
- به طور منظم نتایج قرائت ابزار دقیق مربوط به پی، بدنه سازه‌های وابسته را بررسی نموده و مراتب را به مهندس طراح گزارش نماید.
- در تمام مراحل اجرایی حاضر بوده و خصوصا در مورد کارهای بهسازی پی و ملاحظات تزریق‌ها مانند فشارها و آزمایشات تایید کفایت تزریق‌های پرده آب‌بند و تزریق‌های تحکیمی و تماسی اشراف و کنترل مستمر داشته باشد.

دستگاه نظارت باید کلیه اسناد کنترل و تایید کلیه مراحل اجرایی را مستند و مکتوب نموده باشد.

مستندسازی شامل عکس‌ها و فیلم‌ها، گزارش‌ها و صورت‌جلسات و نقشه‌های چون ساخت با مشخص نمودن تغییرات حین اجرا بر روی آنها و نیز نتایج آزمایش‌های کنترل کیفیت همراه با مشخصات محل و زمان و نوع آنها می‌باشد.

تاسیسات موقت اجرایی باید طوری احداث شود که بر ایمنی و بهره‌برداری آتی سد و سازه‌های وابسته تاثیر منفی نگذارند.

مواد عمده تاسیسات موقت شامل فرازبند و نشیب‌بند و راه‌ها و تونل‌های دسترسی و سکوهای موقت اجرایی است.

۱-۲۰-۲- شناسایی مسایل ناشی از مشکلات اجرایی

مهندس بازنگری ایمنی باید ضمن اشراف به مسایل و مشکلات شایع اجرایی، از عواقب آنها آگاه بوده و در برنامه ارزیابی ایمنی آنها را به‌دقت مورد بررسی قرار دهد.

از مشکلات شایعی که در صورت عدم دقت کافی در حین اجرای سدها به‌وجود می‌آید و در برنامه بازنگری باید با دقت بیش‌تری در مورد آنها اطمینان حاصل نمود عبارتند از:

omoorepeyman.ir

۱- عدم اجرا و تراکم مناسب محل تماس بین خاکریزها با بتن و سنگ خصوصا در قسمت‌های پرشیب که معمولا منجر به نشست‌ها و ترک خوردگی‌ها و نشت‌های موضعی می‌شود.

۲- عدم شناسایی نواحی و لایه‌های ضعیف متمرکز در پی و تکیه‌گاه‌ها یا زدودن نامناسب آنها که معمولا منجر به نشست‌ها و ترک خوردگی‌های موضعی و یا تمرکز جریان‌های تراوشی می‌شود و بر پایداری سد اثر منفی قابل توجهی می‌گذارد.

۳- عدم اجرای مناسب پرده آب‌بند و تزریق‌های مربوط و سطوح تماس آن با بدنه که معمولا منجر به تراوش‌های بیش از حد پیش‌بینی شده می‌شود.

۴- اجرای نامناسب فیلترها و زهکش‌ها که معمولا باعث افزایش فشار آب حفره‌ای و فرسایش ریزدانه‌ها می‌شود.

۵- عدم شناسایی و ترمیم مناسب حفره‌ها و عدسی‌های قابل شسته شدن بر اثر افزایش فشار آب که معمولا باعث فرار آب و آب‌شستگی می‌شود.

۶- عدم شناخت یا عدم تکمیل شناخت رفتار وابسته به زمان ساختگاه و مصالح در حین اجرا مانند جابه‌جایی‌های گسل‌های فعال، درزه‌های تحت فشار یا آزاد شده، نشست‌های تحکیمی، تورم، خزش که معمولا منجر به اعمال تغییر مکان‌های تحمیلی به سد و سازه‌های وابسته می‌شود.

۷- عدم پیش‌بینی صحیح تغییرات رژیم هیدروژئولوژیکی و جریان آب زیرزمینی پس از آب‌گیری سد.

۸- عدم تزریق و آب‌بندی مناسب درزهای اجرایی و انبساطی در سدهای بتنی و سنگریزه‌ای با رویه بتنی.

اغلب این مشکلات با اجرای دقیق برنامه کیفیت طراحی و اجرایی و برنامه پایش و نظارت دقیق حین اجرا قابل شناسایی و پیشگیری هستند.

۱-۲۱- بررسی سوابق آسیب در سدها

مدهای خرابی سدها به تفکیک سدهای خاکی و بتنی فهرست شده‌اند. منشا این موارد در چهار بخش قابل بررسی هستند:

- آسیب‌های پیش‌بینی شده که ریسک آنها در مرحله طراحی تعیین و پذیرفته شده است و اقدامات مدیریتی و کنترلی لازم در مورد آن پیش‌بینی گردیده اند.
- آسیب‌های ناشی از عدم کفایت معیارهای طراحی، نقص یا اشکال در اطلاعات طراحی و اشتباهات طراحی
- آسیب‌های ناشی از مشکلات اجرایی و کنترل کیفیت نامناسب
- آسیب‌های ناشی از بهره‌برداری ناصحیح

هر یک از منشاهای فوق می‌تواند منجر به بروز مشکلات فنی مذکور شود. آمارهای کشورهای مختلف نشان می‌دهد که از میان موارد فوق سهم مشکلات مطالعات و طراحی گاهی به بیش از ۵۰ درصد و سهم مشکلات اجرایی و کنترل کیفیت نامناسب به بیش از ۴۰ درصد رسیده است.

در میان خطرات سیلاب بیش‌ترین سهم و پس از آن زلزله و سایر عوامل قرار دارند. از نظر زمانی هم آب‌گیری اولیه حساس‌ترین زمان برای ایجاد پتانسیل شکست بوده است.

omoorepeyman.ir

۱-۲۱-۱- سدهای خاکی

با توجه به سوابق موجود مدهای اصلی شکست سدهای خاکی عبارتند از:

- روگذری به‌دلیل ناکافی بودن ظرفیت سرریز، گرفتگی سرریز یا نشست زیاد تاج سد یا فرسایش آن
- فرسایش خاکریز بر اثر خرابی سرریز، خرابی خروجی‌ها و تغییر شکل بیش از حد آنها که منجر به رگاب می‌گردد
- نشت و رگاب در جداره‌های مجاری آب بر، سطح تماس بدنه و تکیه‌گاه‌ها، سطوح تماس با سازه‌های بتنی و نیز رگاب متمرکز از داخل خاکریز
- نشت یا رگاب در پی از چینه‌های قدیمی، لنزهای ضعیف و ناپیوستگی‌ها
- لغزش شیب‌های خاکریز ناشی از تند بودن شیب‌هاو اضافه سربار، نیروهای حاصل از تراوش، تخلیه سریع مخزن یا بارندگی شدید و یا زلزله
- لغزش در امتداد لایه‌های سست یا رسی در پی
- ترک خوردگی ناشی از نشست‌های نامتقارن
- روان‌گرایی

به‌علاوه در سدهای همگن با رویه آب‌بند بالادست نقاط بحرانی و دلایل اصلی شکست رویه و نفوذ آب به بدنه سد عبارتند از:

- شکست در نواحی میانی به علت ظرفیت ناکافی برای تحمل تغییر شکل ناهمگن بالادست
- شکست در محل اتصال رویه به پی آن در پنجه بالادست به‌دلیل ظرفیت ناکافی دورانی
- شکست رویه در درزها در اثر بارهای پیش‌بینی نشده زلزله در جهت محور سد

جدول ۱-۱۵- مدهای خرابی و عوامل شکست سدهای خاکی و سنگریزه‌ای

مد خرابی یا خسارت	توصیف	عوامل شکست
شکست هیدرولیکی (تقریبا ۳۰ درصد کل موارد)		
روگذری	عبور جریان از روی بدنه	ظرفیت ناکافی سرریز گرفتگی دهانه سرریز سطح آزاد ناکافی به علت نشست یا طراحی نامناسب
فرسایش ناشی از امواج	**ایجاد شکاف و فرورفتگی**	**نبود یا کمبود سنگ‌چین**
فرسایش پنجه سد	شستگی پنجه بر اثر خروج آب از خروجی	نزدیکی بیش از حد خروجی سرریز به بدنه نبود یا کمبود سنگ‌چین در پایین‌دست
شیاری شدن	ناشی از رواناب باران	نبود پوشش گیاهی یا رویه نبود زهکش سطحی مناسب
شکست ناشی از تراوش (تقریبا ۴۰ درصد کل موارد)		
تلفات آب	فرار آب و نشت از مخزن	وجود پی یا جداره‌های سد قبلی تراوش از مجاری ترک‌های ناشی از نشست در بدنه ترک‌های ناشی از آب‌رفتگی و افت در بدنه

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۱-۱۵- مدهای خرابی و عوامل شکست سدهای خاکی و سنگریزه‌ای

مد خرابی یا خسارت	توصیف	عوامل شکست
فرسایش تراوشی یا بیرون زدن آب	شسته شدن و فرسایش و بیرون زدن یا فوران خاک از بدنه یا پی	ترک‌های ناشی از نشست در بدنه ترک‌های ناشی از آب‌رفتگی و افت در بدنه پی درزدار یا دارای ریشه گیاهان تراوش از مجاری فرورفتگی‌ها و گودال‌های ایجاد شده توسط حیوانات
شکست سازه‌ای (تقریبا ۳۰ درصد کل موارد)		
لغزش پی	لغزش کلی سد و اعوجاج و تورم در پی	پی ضعیف یا نرم فشار زیاد آب در ماسه متراکم یا شکاف‌های پر شده با لای
شیب‌های بالادست	لغزش در شیب‌های بالادست با یا بدون تورم پی	شیب‌های تند خاک ضعیف پایین آمدن سریع مخزن
شیب‌های پایین‌دست	لغزش شیب‌های پایین‌دست	شیب‌های تند خاک ضعیف کاهش مقاومت خاک به‌دلیل تراوش یا شرایط اشباع
لغزش جریان گونه	حرکت و سیلان خاک در جهت بالادست یا پایین‌دست	خاکریز سست و یا چسبندگی کم که بر اثر شوک یا لرزش یا تراوش یا حرکات پی سیلان می‌کند

۱-۲۱-۲- سدهای بتنی

به طور کلی آمار خرابی سدهای بتنی نسبت به سدهای خاکی بسیار کم‌تر است. با توجه به سوابق موجود در سدهای بتنی مدهای اصلی آسیب و شکست عبارتند از:

- فرسایش و آب‌شستگی پی در محل پنجه سد یا تکیه‌گاه‌ها به‌دلیل روگذری، ناشی از ناکافی بودن ظرفیت سرریز یا گرفتگی آن
- ترک خوردگی و نشت آب از ترک‌ها و درزها
- نشت یا رگاب در پی از چینه‌های قدیمی، لنزهای ضعیف و ناپیوستگی‌های سنگ‌ها
- لغزش در امتداد لایه‌های سست یا ناپیوستگی‌ها و شکستگی‌ها در پی
- نشست غیریکنواخت و واژگونی بخصوص در سدهای پایه دار

omoorepeyman.ir

فصل ۲

راهنمای تدوین برنامه اقدامات اضطراری در سدها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- اصول و مبانی اقدامات اضطراری

۲-۱-۱- کلیات

کلیه پتانسیل‌های شرایط اضطراری در یک سد باید شناسایی و ارزیابی شده و با توجه به عواقب شکست سد اقدامات پیشگیرانه یا علاج‌بخشی مناسب در برابر آنها در نظر گرفته شود. بدین منظور برنامه اقدامات اضطراری سد باید از قبل تدوین، آزمایش، تایید و آماده اجرا شده باشد.

تهیه این برنامه برای هر سدی اعم از در حال ساخت یا سد فرازبند و نشیب‌بند موقت و یا هر سد دیگری که شکست آن می‌تواند باعث ایجاد تلفات جانی یا حتی باعث بروز خسارات قابل توجه در بالادست یا پایین‌دست شود الزامی است.

فرآیند هشدار باید به محض تشخیص هرگونه شرایط خطرناک که باعث شکست سد یا ایجاد پتانسیل آن یا پیشرفت آن شود براساس برنامه اقدامات اضطراری آغاز گردد. در صورت امکان انجام اقدامات پیشگیرانه بر طبق برنامه اقدامات اضطراری، این اقدامات باید در زمان مناسب و به منظور جلوگیری از خرابی یا کاهش خسارات (در صورت اجتناب‌ناپذیر بودن خرابی و خسارت) به موثرترین نحو ممکن به مرحله اجرا در آیند.

بررسی کلی احتمال وجود خطرات در پایین‌دست و نیاز به برنامه اقدامات اضطراری به‌راحتی امکان‌پذیر است. به‌عنوان مثال یک سد بزرگ با یک مخزن بزرگ و ساکنین زیاد در اطراف آن حتما به برنامه اقدامات اضطراری نیاز دارد. در مقابل یک سد کوچک در منطقه بدون سکنه ممکن است نیاز مبرمی به این برنامه نداشته باشد. به طور کلی اگر مناطق مسکونی پایین‌دست یک سد دچار خطر شوند برنامه اقدامات اضطراری حتما باید برای آن سد تهیه شود.

در کنار برنامه اقدامات اضطراری، برنامه پاسخ اضطراری نیز تعریف می‌شود که مربوط به عملیات اضطراری در پایین‌دست سد می‌باشد و شامل مواردی از جمله آمادگی عمومی، هشدار عمومی، جابه‌جایی ساکنین، اسکان موقت و تامین امنیت می‌گردد. این برنامه توسط مقامات محلی یا استانی تهیه و اجرا می‌شود. این افراد وظیفه آگاهی دادن به ساکنین در معرض خطر در شرایط اضطراری را عهده دار هستند، که البته براساس اطلاعات دریافتی از بهره‌بردار یا مالک سد عمل می‌نمایند. لذا بهره‌بردار یا مالک، مسوول ایجاد ارتباط مناسب بین عملیات پایش سد و سامانه هشدار در شرایط اضطراری است. معمولا در هر منطقه مقامات محلی یا استانی روال خاصی برای اعلام شرایط اضطراری دارند که در تدوین آن باید اطلاعات دریافتی از مالک سد در خصوص شرایط اضطراری مربوط به آن‌را در نظر بگیرند.

مالک یا بهره‌بردار در شرایط بحرانی باید علاوه بر سایر هشدارها، نسبت به اعلام هشدار مستقیم به ساکنان پایین‌دست نیز اقدام نماید، چرا که گاهی زمان ایجاد شرایط اضطراری مانند سیلاب بسیار کوتاه است. در صورت نبود یا کمبود روال قانونی یا حکومتی یا سامانه فعال خدمات اضطراری در منطقه، مسوولیت مالک سد در شرایط اضطراری به هیچ وجه کاسته نمی‌شود.

برای سدهای باطله برنامه اقدامات اضطراری باید شامل اقدامات فوری کاهش خطر و اقدامات دراز مدت در صورت رها شدن آب و ایجاد خسارات زیست‌محیطی نیز باشد. جزییات این اقدامات بسته به نوع عواقب ناشی از شکست سد متفاوت است. در برنامه اقدامات اضطراری نقش شهرداری‌ها، پلیس محلی، دستگاه‌های استانی، شرکت‌های مخابرات و حمل و نقل و سایر سازمان‌های مرتبط و هماهنگی بین مقامات دولتی، استانی و شهری و نظایر باید مشخص شود.

omoorepeyman.ir

تجربه نشان داده است که در شرایط اضطراری یک برنامه اقدامات اضطراری موثر، جامع و آزمایش شده باعث حفظ جان افراد و کاهش خسارات به اموال آنها می‌شود. این الزامات برای فرازبندهای سدهای در حال ساخت یا سدهای تحت عملیات علاج‌بخشی نیز باید با رعایت ملاحظات مربوط رعایت شود. در صورت لزوم برنامه اقدامات اضطراری باید قبل از آب‌گیری فرازبند تهیه، آزمایش و تایید شود.

۲-۱-۲- تهیه برنامه اقدامات اضطراری

برنامه اقدامات اضطراری باید اقدامات مورد نیاز مالک سد و بهره‌بردار در شرایط اضطراری را به طور کامل تبیین نماید. در این برنامه مسوولیت تک تک افراد در هر پست سازمانی و هم‌چنین نفرات جایگزین آنها مشخص می‌شود. نیازها و ورودی‌های لازم از سایر سازمان‌ها یا بخش‌های مرتبط نیز باید بیان گردند. رونوشت آخرین ویرایش برنامه اقدامات اضطراری یا اطلاعات و وظایف مرتبط با آن باید در اختیار کلیه افراد دارای مسوولیت و نقش در برنامه قرار گیرد.

گام‌های کلی تدوین برنامه اقدامات اضطراری عبارتند از:

- گام اول: شناسایی وضعیت‌هایی که نیاز به اقدام اضطراری دارند به‌همراه تعیین نوع اقدام و فرد مسوول اقدام کننده و محاسبه زمان هشدار.
- گام دوم: تعیین تمام سازمان‌ها و اشخاصی که در اجرای برنامه اقدامات اضطراری نقش خواهند داشت.
- گام سوم: تعیین سامانه‌های ارتباطی اولیه و پشتیبانی جهت تماس‌های داخلی و خارجی سد.
- گام چهارم: تعیین تمام افراد و سازمان‌های درگیر در فرآیند هشدار و تهیه الگوریتم هشدار که در آن افراد مورد هشدار، نحوه آگاهی دادن به آنها و ترتیب آن و سایر اقدامات مربوط به بخش‌های پایین‌دست مشخص شده باشد.
- گام پنجم: تهیه نسخه اولیه برنامه اقدامات اضطراری.
- گام ششم: برقراری جلسات هماهنگی با بخش‌های مرتبط در فهرست آگاهی رسانی و هشدار برای مرور و انجام اصلاحات احتمالی در برنامه اقدامات اضطراری.
- گام هفتم: بازنگری و گرفتن تاییدیه‌های لازم و نهایی کردن و توزیع رونوشت‌های برنامه اقدامات اضطراری و اطمینان از دریافت آن توسط کلیه افراد دارای مسوولیت در برنامه اقدامات اضطراری.

هر دستگاه دولتی، استانی یا محلی مرتبط، ممکن است برنامه خدمات اضطراری خاص خود را داشته باشد که لازم است با در نظر گرفتن شرایط اضطراری سد آن را مورد اصلاح قرار دهد.

برای سدهای واقع بر رودخانه‌های مرزی، توافقات و هماهنگی‌های لازم با پایین‌دست یا بالادست باید به‌عمل آید.

۲-۱-۳- ساختار برنامه اقدامات اضطراری

ساختار برنامه اقدامات اضطراری عبارت است از:

۱- مقدمه شامل تبیین اهداف برنامه، اطلاعات کلی طرح و مسوولیت‌های مالک و بهره‌بردار

۲- شناسایی اضطرار

۳- طبقه‌بندی سطوح شرایط اضطراری

۴- اقدامات پیشگیرانه

omoorepeyman.ir

۵- مراحل آگاهی رسانی و هشدار
۶- الگوریتم آگاهی و هشدار
۷- مسوولیت‌ها و فرآیندهای ارتباطی
۸- سامانه‌های ارتباطی داخلی و خارجی سد
۹- سامانه‌های هشدار و برقراری ارتباط
۱۰- نحوه دسترسی ها به محل‌های مورد نیاز
۱۱- نحوه اقدام در تاریکی و زمان قطع برق و پیش‌بینی برق اضطراری
۱۲- نحوه اقدام در شرایط وارونگی هوا و وضعیت‌های جوی ویژه منطقه
۱۳- منابع تامین تجهیزات و ابزار آلات
۱۴- تدارکات منابع و مصالح لازم
۱۵- نقشه مناطق سیل‌گیر

۲-۱-۳-۱- مقدمه

هدف اصلی برنامه اقدامات اضطراری جلوگیری و کاهش خسارات ناشی از تهدید ایمنی سد و وقوع سیلاب است. اطلاعات کلی سد مطابق پیوست این راهنما می‌باشد. مسوولیت‌های افراد مرتبط باید براساس کلیه اقدامات تعریف شده و احتمالی در شرایط اضطراری در برنامه مشخص شود.

۲-۱-۳-۲- شناسایی اضطرار

درصورتی‌که شرایط اضطراری به موقع شناسایی شوند، امکان ارزیابی و اقدام پیشگیرانه یا علاج‌بخشی مناسب وجود خواهد داشت. اقدامات متناسب با شرایط اضطراری باید در برنامه اقدامات اضطراری مشخص شوند. اعلام هشدار شرایط اضطراری با اعلام شخص مسوول و تصمیم وی به شروع اقدامات متقابل اضطراری انجام می‌شود. در برنامه اقدامات اضطراری باید راهنمایی کافی در مورد تصمیم‌گیری برای اعلام شرایط اضطراری به‌عمل آمده باشد. در بخش (۲-۲) شرایط ایجاد کننده اضطرار و علایم آن معرفی شده‌اند.

۲-۱-۳-۳- طبقه‌بندی سطوح شرایط اضطراری

طبقه‌بندی سطوح شرایط اضطراری مطابق جدول (۲-۲) این راهنما صورت می‌پذیرد.

۲-۱-۳-٤- اقدامات پیشگیرانه

در صورت امکان انجام اقدامات پیشگیرانه و تخفیف دهنده خطر، جزییات آنها باید در برنامه اقدامات اضطراری ارائه شود. این جزییات مواردی شامل فهرست ماشین‌آلات و تجهیزات، مصالح و نیروی کار در دسترس بهره‌بردار در شرایط اضطراری را نیز در بر می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

۲-۱-۳-۵- مراحل آگاهی رسانی و هشدار

مراحل هشدار باید واضح و به‌راحتی قابل دنبال کردن باشند. برنامه اقدامات اضطراری باید مطابق پیوست‌های این راهنما و شامل فهرست تمام اشخاص و سازمان‌هایی که در زمان اضطرار باید به آنها اطلاع‌رسانی شده یا هشدار داده شود باشد.

۲-۱-۳-٦- الگوریتم آگاهی رسانی و هشدار

الگوریتم آگاهی‌رسانی و هشدار نشانگر زنجیره اعلام هشدارها در شرایط اضطراری است. این الگوریتم که به صورت شکل یا نمودار، نحوه آگاهی رسانی را مشخص می‌کند در برنامه اقدامات اضطراری گنجانده می‌شود.

فهرست افراد حقیقی و حقوقی دریافت کننده برنامه اقدامات اضطراری معمولا از طرف مالک یا مسوول سد پیشنهاد شده و توسط دستگاه دولتی متولی ایمنی سدها در منطقه یا کشور با هماهنگی با سایر سازمان‌های مرتبط تایید گردیده و رسمیت می‌یابد. در این فهرست نام، عنوان، آدرس و شماره‌های تماس افراد مربوط به طور مشخص قید می‌شود. این روال تایید عموما در هر مرحله از بازنگری برنامه اقدامات اضطراری تکرار می‌گردد.

سامانه‌های هشدار برای آگاهی رساندن به ساکنین، گردشگران و افراد داخل تفریح‌گاه‌های مجاور سد با جزییات مربوط به آنها باید در برنامه اقدامات اضطراری گنجانده شود.

۲-۱-۳-۷- مسوولیت‌ها و فرآیندهای ارتباطی

مسوولیت انجام ارتباطات مختلف تعریف شده در برنامه به‌همراه فرد مسوول و روش ارتباط باید در برنامه ذکر شود. فرآیندهای ارتباطی باید مطابق جداول پیوست این راهنما تبیین شود.

۲-۱-۳-۸- سامانه‌های ارتباطی

جزییات کامل سامانه‌های ارتباطی اصلی و جایگزین برای تماس‌های داخلی و خارجی سد باید در برنامه اقدامات اضطراری مشخص شود.

۲-۱-۳-۹- نحوه دسترسی به محل‌های مورد نیاز

دسترسی‌های اصلی و فرعی و روش رسیدن به محل سد و محل‌های پیش‌بینی شده برای انجام احتمالی اقدامات اضطراری در شرایط مختلف مثلا با ماشین‌آلات سنگین، پیاده، با قایق، بالگرد یا موتور برف‌رو باید مشخص شود.

۲-۱-۳-۱۰- نحوه اقدام در تاریکی و تامین برق اضطراری

نحوه اقدام در تاریکی و پیش‌بینی برق اضطراری با جزییات محل منابع و چگونگی راه اندازی آن، که ممکن است به علت قطع برق در شرایط غیرعادی پیش آمده مورد نیاز باشد، باید در برنامه اقدامات اضطراری مشخص شود.

برای این شرایط پیش‌بینی روشنایی اضطراری لازم، استفاده از علایم و نشانگرهای شب‌رنگ در محل‌های مورد عملیات اضطراری و راه‌های دسترسی، آموزش و تمرین ویژه در شب و وسایل ارتباطی و نقلیه مناسب باید انجام شده باشد.

omoorepeyman.ir

۲-۱-۳-۱۱- نحوه اقدام در شرایط وارونگی هوا و وضعیت‌های خاص جوی منطقه

نحوه اقدام در شرایط وارونگی هوا و وضعیت‌های خاص جوی مورد انتظار مانند سرمای شدید و یخبندان، برف و کولاک، طوفان و گردباد و تگرگ در محدوده سد باید در برنامه اقدامات اضطراری پیش‌بینی شود.

۲-۱-۳-۱۲- منابع تامین تجهیزات

منابع تامین تجهیزات و نحوه دسترسی به آنها و پیمانکاران یا عاملین مربوط، در شرایط اضطراری باید مشخص باشد.

۲-۱-۳-۱۳- تدارکات منابع و مصالح لازم

منابع تامین و تدارک یا ذخیره مصالح در شرایط اضطراری که ممکن است برای انجام اقدامات پیشگیرانه و تخفیف دهنده خطر مورد نیاز باشند، باید تعیین گردد.

۲-۱-۳-۱٤- نقشه مناطق سیل‌گیر

نقشه آب گرفتگی موقعیت بخش‌هایی از پایین‌دست سد را که بر اثر شکست سد و جاری شدن سیلاب به زیر آب می‌روند، نشان می‌دهد. این نقشه به منظورهای مختلفی از جمله برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی تخلیه مناطق تحت خطر پایین‌دست سد و مسدود کردن راه‌های عبوری از این مناطق توسط مالکین یا کارفرمایان سد باید تهیه شود. مطابق پیوست این راهنما جداول مربوط به زمان رسیدن سیلاب به نقاط مهم پایین‌دست باید با توجه به مشخصات سیلاب تعیین شود.

۲-۱-۳-۱۵- پیوست‌ها

سایر موارد از جمله نقشه جانمایی ساختگاه سد، نقشه‌های نشان دهنده نقاط محتمل برای شکست، جداول تغییرات تراز سیلاب بر حسب زمان یا سری‌های زمانی سیلاب، در پیوست برنامه اقدامات اضطراری گنجانده می‌شوند.

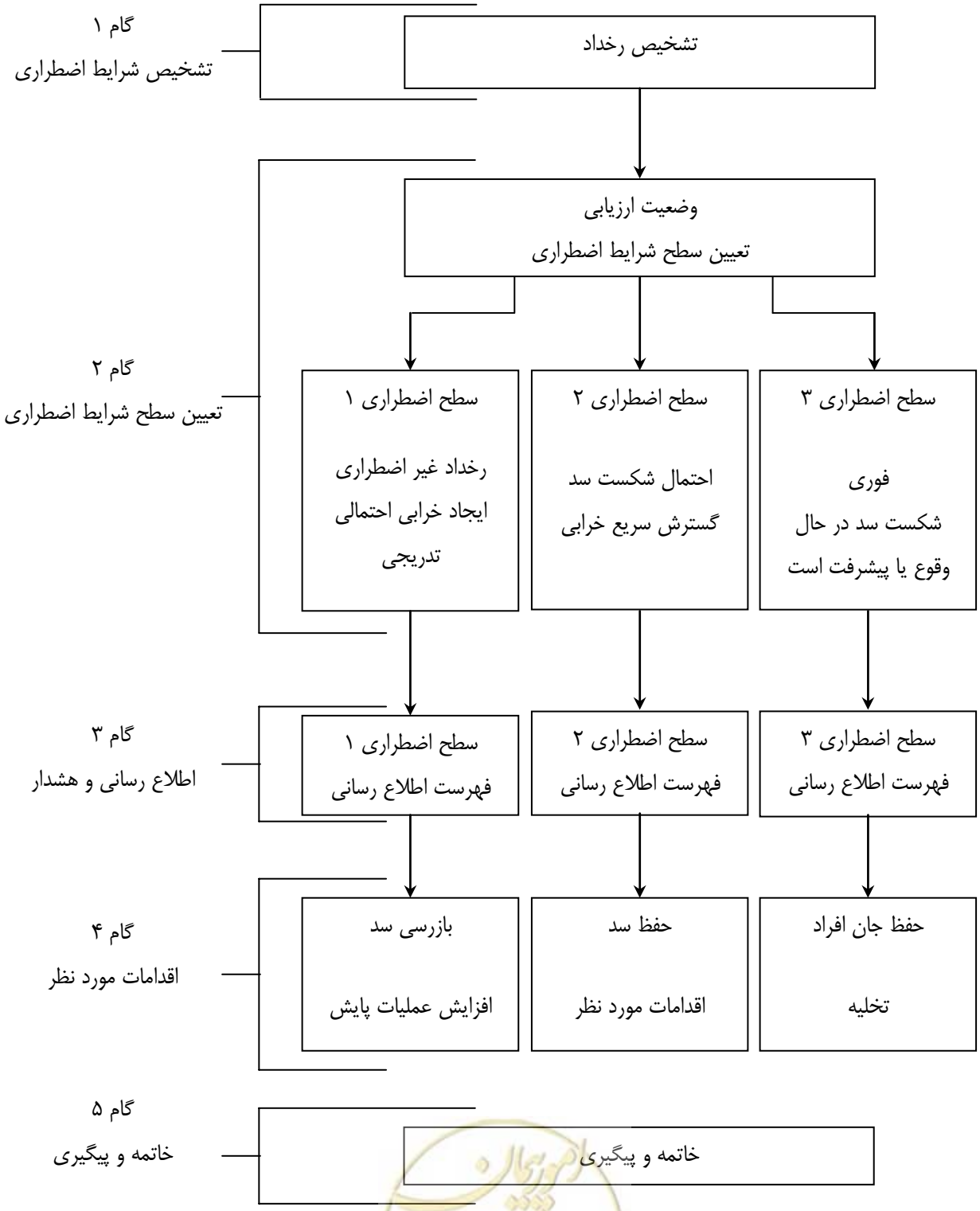
۲-۱-٤- الگوریتم برنامه آمادگی اضطراری

در نمودار (۲-۱) الگوریتم برنامه آمادگی و اقدامات اضطراری ارائه شده است. این برنامه در پنج گام تدوین شده است که فهرست اطلاعات مربوط به آن به صورت زیر است:

- فرم اطلاعات اولیه (به پیوست مراجعه شود)
- فرم مشخصات سد (به پیوست مراجعه شود)
- تعیین طرف‌های درگیر و مسوولیت‌ها (به بخش (۲-۵) مراجعه شود)
- گام اول: تشخیص رخداد یا شرایط اضطراری (به بخش (۲-۲) مراجعه شود)
- گام دوم: تعیین سطح شرایط اضطراری (به بخش (۲-۳) مراجعه شود)
- گام سوم: هشدار و برقراری تماس (به بخش (۲-۵) مراجعه شود)
- گام چهارم: اقدامات مورد نظر (به بخش (۲-۴) مراجعه شود)
- گام پنجم: خاتمه کار (به بخش (۲-۴) مراجعه شود)

omoorepeyman.ir

- فرم مشخصات دارندگان (دریافت کنندگان) برنامه اقدامات اضطراری (به پیوست مراجعه شود)
- فهرست پیوست‌ها: نقشه‌ها، اطلاعات و فرم‌ها (به پیوست مراجعه شود)
- فرم خلاصه گزارش وضعیت شرایط اضطراری سد (به پیوست مراجعه شود)



نمودار ۲-۱- شمای برنامه آمادگی اضطراری

omoorepeyman.ir

۲-۲- فرآیندهای ایجاد کننده شرایط اضطراری و نحوه تشخیص آنها

شرایط اضطراری در سدها با رها شدن کنترل نشده آب به‌دلیل شکست سد یا عملکرد نامناسب آن در کنترل سیلاب ایجاد می‌گردد. فرآیندهایی که می‌توانند منجر به ایجاد شرایط اضطراری در سد شوند عبارتند از:

- بالا رفتن آب از تراز حداکثر یا نبود ارتفاع آزاد کافی و احتمال روگذری سیلاب از سد
- اختلال در کارکرد سامانه تخلیه سیلاب و سرریزها و دریچه‌های مربوط و از دست دادن ظرفیت تخلیه و ظرفیت پایین آوردن سریع سطح آب مخزن
- نشست بیش از حد در بدنه یا تاج سد خاکی و ایجاد پدیده رگاب یا تشکیل فروچاله و جوشش ماسه
- ترک‌های گسترده و عمیق در بدنه سد خاکی و وجود علایم لغزش شیب بدنه و ریزش
- جریان تراوش گل آلود همراه با آب‌شستگی در بدنه، پی یا تکیه‌گاه‌ها
- اشباع شدن غیرعادی موضعی یا کلی بدنه، پی یا تکیه‌گاه‌ها
- وقوع زلزله شدید یا وقوع هر زلزله با ایجاد ترک یا تغییر شکل‌های زیاد در بدنه
- ترک خوردگی و بازشدن زیاد درزها در سدهای بتنی
- نشست یا جابه‌جایی زیاد بدنه یا تکیه‌گاه‌ها در سدهای بتنی
- تخلیه اضطراری مخزن سد بالادست یا شکستن سد بالادست

در بررسی شرایط اضطراری خصوصا ناشی از سیلاب، تفاوت علایم مربوط در دو حالت بارندگی و بدون بارندگی باید مد نظر قرار گیرد. در بارندگی شدید یا ممتد با توجه به احتمال اشباع شدن خاکریزها قبل از رسیدن سیلاب شرایط بحرانی‌تر می‌باشد. ضمنا در شرایط بارندگی شدید یا برف مشاهده ترک‌های احتمالی به‌راحتی ممکن نیست.

رخدادهای اضطراری را می‌توان به روش‌های زیر تشخیص داد:

۱- مشاهده توسط کارکنان سد یا نیروهای دستگاه‌های محلی یا افراد دیگر. اطلاعات ارائه شده باید توسط مسوول سد تایید شود.

۲- بررسی اطلاعات رفتارنگاری سد (قرائت‌های غیرعادی ابزار دقیق)

۳- شواهد یا احساس وقوع زلزله در محل سد یا نزدیکی آن

۴- پیش بینی‌ها در مورد شرایط غیرعادی مانند پیش‌بینی‌های هواشناسی در مورد بارش شدید و سیلاب.

۵- اطلاعات دریافتی از سامانه هشدار سیل در حوضه آبریز

در جدول (۲-۱) نشانگرها و علایم اصلی مربوط به سطوح مختلف شرایط اضطراری که در قسمت (۲-۳) تشریح شده‌اند، ارائه گردیده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- نشانگرها و علایم تشخیصی مربوط به سطوح مختلف شرایط اضطراری و پاسخ مربوط

سطح اضطراری	نوع رخداد						
	رخداد هیدرولوژیکی یا سیلاب	تخلیه اضطراری مخزن سد بالادست	زلزله	تراوش زیاد، فرسایش داخلی یا رگاب در خاکریز یا پی	قرائت‌های غیرعادی ابزار دقیق	خرابی دریچه‌ها و تجهیزات، قطع برق، حریق	خراب‌کاری عمدی، حمله یا سانحه
شرایط اضطراری داخلی قابل مهار و مدیریت به صورت داخلی بدون نیاز به هشدار خارجی	نزدیک شدن تراز مخزن به تراز سیلاب طراحی نزدیک شدن جریان خروجی به ظرفیت طراحی خروجی	اعلام تخلیه قریب الوقوع سیلاب از سد بالادست	ثبت زلزله کوچکتر از زلزله حداکثر طراحی سد (MDE)	تراوش زیاد بدون گل آلودگی علایم ایجاد فروچاله و نشست بدنه	قرائت‌های غیرعادی محدود	خرابی یا انسداد دریچه‌های سرریز، یخ‌زدگی تجهیزات خروجی قطع برق حریق	وجود علایم اولیه تهدید یا خطر
سطح اضطراری ۱ احتمال سیلاب در پایین‌دست نیاز به هشدار خارجی	تراز مخزن بین تراز سیلاب طراحی و تراز تاج	اجبار به تخلیه سیلاب بیش از ظرفیت رود پایین‌دست	ثبت زلزله بزرگ‌تر از زلزله حداکثر طراحی	تراوش زیاد با روند افزایشی تراوش کاملا گل آلود حفره‌های زیاد	قرائت‌های غیرعادی زیاد همراه با روند افزایشی سریع	خرابی یا انسداد دریچه‌های سرریز یا قطع برق عادی و اضطراری در شرایط سیلابی	وجود علایم تهدید یا حمله‌ای که یکپارچگی سد یا سرریز را تهدید نماید
سطح اضطراری ۲ هشدار آمادگی برای تخلیه	احتمال افزایش تراز مخزن از تراز تاج	شرایط تخلیه کنترل شده همراه با سیلاب در پایین‌دست	علایم تهدید پایداری لرزه‌ای مانند ترک و کج شدگی	تراوش زیاد منجر به خروج کنترل نشده آب از بدنه یا پی علایم لغزش شیب سد			احتمال وقوع حمله‌ای که یکپارچگی سد یا سرریز را تهدید نماید
سطح اضطراری ۳ تخلیه سریع پایین‌دست	روگذری قریب الوقوع	شرایط تخلیه کنترل نشده همراه با سیلاب در پایین‌دست	علایم تهدید یکپارچگی کلی سد در اثر زلزله	احتمال شکست سد به علت جریان تراوش غیر قابل کنترل یا ناپایداری کلی شیب بدنه سد			وقوع حمله ای شدید که یکپارچگی سد یا سرریز را تهدید نماید

۲-۳- دسته‌بندی سطح شرایط اضطراری

پس از تشخیص و تایید شرایط اضطراری، سطح اضطراری تعیین می‌گردد. برخی از شرایط اضطراری به صورت داخلی قابل مهار و مدیریت بوده و نیازی به هشدار خارجی ندارند. سایر سطوح اضطراری به صورت زیر مشخص می‌شوند.

۲-۳-۱- سطح اضطراری ۱: رخداد غیراضطراری یا وقوع شرایط غیرعادی به طور تدریجی

این شرایط اگرچه عادی نیست اما بلافاصله بهره‌برداری یا یک‌پارچگی سد را تهدید نمی‌کند و تنها ممکن است در صورت ادامه یافتن آن ایجاد مشکل نماید. این شرایط باید به اطلاع مهندس مشاور ایمنی سد مالک یا کارفرما و نیز دفتر فنی بهره‌برداری و نگهداری از سدها در دستگاه دولتی مسوول رسانده شده و نظر آنها در مورد اقدامات لازم دریافت شود. در این حالت وضعیت سد باید با دقت پایش شده تا هرگونه پتانسیل خرابی یا شکست بلافاصله تشخیص داده شود. مسوولین خدمات اضطراری منطقه باید درصورتی‌که احتمال پیشرفت شرایط به سمت وضعیت اضطراری تشخیص داده شود در جریان قرار گرفته تا آمادگی لازم را برای اقدامات احتمالی مورد نیاز داشته باشند.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۲- سطح اضطراری ۲: وجود پتانسیل شکست سد و یا رویت خرابی ایجاد کننده شکست سد

این وضعیت ممکن است به شکست کامل سد و جاری شدن سیلاب در پایین‌دست منجر شود اما هنوز اتفاقی رخ نداده است. در این حالت مسوولین خدمات اضطراری منطقه باید در جریان شرایط قرار گرفته و به حالت آماده باش باشند. در این سطح اضطرار مالک یا کارفرمای سد باید از نزدیک شرایط را تحت نظر قرار داده و اطلاعات لازم را به مسوولین خدمات اضطراری و دفتر فنی بهره‌برداری و نگهداری از سدها در دستگاه دولتی مسوول جهت دریافت توصیه‌های لازم برای اقدامات متقابل منتقل نماید. در عین حال اقدامات لازم جهت تمهیدات علاج‌بخشی یا جلوگیری از شکست یا کاهش اثرات آن باید آغاز شود. درصورتی‌که شرایط وخیم‌تر شده و شکست زودهنگام تشخیص داده شود مسوولین خدمات اضطراری باید بلافاصله در جریان قرار گرفته و نسبت به تخلیه مناطق در معرض خطر پایین‌دست اقدام نماید.

۲-۳-۳- سطح اضطراری ۳: حتمی بودن شکست سد یا در حال وقوع بودن شکست

این وضعیت بسیار اضطراری بوده به طوری که در آن شکست سد در حال وقوع یا گسترش بوده و قابل پیشگیری نیست. در این حالت وقوع سیلاب در پایین‌دست به‌زودی اتفاق می‌افتد و لذا خدمات اضطراری باید آغاز شده و کلیه مسوولین خدمات اضطراری مشخص شده در برنامه باید در جریان قرار گرفته تا نسبت به تخلیه سریع مناطق تحت خطر براساس نقشه‌های آب‌گرفتگی موجود به ترتیب اولویت اقدام نمایند. در صورت تخلیه سرریز به میزانی بیش از ظرفیت رودخانه پایین‌دست سد، ممکن است مشابه این شرایط اتفاق بیفتد.

جدول ۲-۲- راهنمای تعیین سطح شرایط اضطراری در هنگام وقوع رخداد

رخداد	شرایط	سطح اضطراری
خروج جریان از سرریز	خروج جریان از سرریز همراه با فرسایش و آب‌شستگی آب‌راهه	۲
	خروج جریان زیاد از سرریز که ممکن است باعث ایجاد سیلاب در مسیر پایین‌دست شود	۲
	خروج جریان زیاد که با اثر مخرب و تهدید کننده در مقطع کنترل	۳
	خروج جریان زیاد که در پایین‌دست ایجاد سیلاب کرده است	۳
روگذری از خاکریز	جریان روگذری باعث شسته شدن کلی شیب‌های بدنه خاکریز نشده و انتظار می‌رود تراز مخزن کاهش یابد.	۲
	روگذری باعث شسته شدن کلی شیب‌های بدنه خاکریز نشده ولی انتظار افزایش تراز مخزن وجود دارد	۳
	جریان روگذری در حال شستن شیب‌های بدنه خاکریز است	۳
تراوش	منطقه جدید تراوش و نشت آب در نزدیکی سد یا داخل آن	۱
	منطقه جدید تراوش و نشت آب با دبی رو به افزایش و گل آلود	۲
	تراوش جدید با افزایش دبی ناگهانی و کاملا گل آلود	۳
گودال یا فروچاله	مشاهده گودال‌های جدید در محدوده مخزن یا سطح خاکریز بدنه و پایاب سد	۱
	ایجاد گودال‌ها با افزایش سریع ابعاد در بدنه و پایاب سد	۲
ترک‌خوردگی	ترک‌های جدید در بدنه خاکریز با عرض بیش از ۶ میلی‌متر بدون تراوش آب	۱
	ترک‌های موضعی جدید در بدنه خاکریز همراه با تراوش و نشت آب	۲
	ترک‌های موضعی جدید در بدنه خاکریز، تکیه‌گاه و پایاب سد و بروز تراوش‌های گل آلود	۲
	ترک‌های موضعی جدید در بدنه سد بتنی همراه با تراوش و نشت آب	۱

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۲-۲- راهنمای تعیین سطح شرایط اضطراری در هنگام وقوع رخ‌داد

رخ‌داد	شرایط	سطح اضطراری
جابه‌جایی در بلوک‌ها یا خاکریز سد	جابه‌جایی، دوران یا لغزش قابل مشاهده تدریجی در بلوک‌های سد بتنی	۱
	جابه‌جایی، دوران یا لغزش قابل مشاهده ناگهانی در بلوک‌های سد بتنی	۲
	جابه‌جایی و لغزش قابل مشاهده در شیب خاکریز	۱
	لغزش کلی و ناگهانی در شیب‌های خاکریز	۳
ابزاربندی	داده‌های قرائت شده در تعداد قابل توجهی از ابزار از حدود مجاز فراتر رفته است	۱
زلزله	زلزله قابل توجهی احساس شده یا تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری گزارش شده است	۱
	زلزله باعث ایجاد خسارات قابل مشاهده در سد و سازه‌های جنبی آن شده است	۲
	زلزله باعث رهاشدن کنترل نشده آب از مخزن سد شده است	۳
تهدید امنیتی	تهدید حمله یا بمب‌گذاری که در صورت وقوع منجر به وارد آمدن خساراتی به سد و سازه‌های جنبی می‌شود	۲
	انفجار بمب که باعث ایجاد خسارات به سد و سازه‌های جنبی و رها شدن کنترل نشده آب شده است	۳
خراب‌کاری عمدی یا غیرعمدی	وارد آمدن خسارت به سد وسازه‌های جنبی بدون اثر خاصی بر بهره‌برداری آن	۱
	اعمال تغییرات در سازه‌ها و تاسیسات جنبی که اثر منفی بر عملکرد آنها داشته باشد	۱
	ایجاد خسارت به سد بتنی یا سازه‌های جنبی بتنی به طوری که باعث نشت آب شود	۱
	ایجاد خسارت به سد خاکی به طوری که باعث نشت آب شود	۲
	ایجاد خسارت به سد یا سازه‌های جنبی به طوری که باعث رها شدن کنترل نشده آب گردد	۳

۲-٤- راهکارها و اقدامات اضطراری

پس از تعیین سطح شرایط اضطراری، دستورالعمل اقدامات اضطراری فعال شده و پس از دریافت راهنمایی‌های فنی از دفتر فنی بهره‌برداری و نگهداری از سدها و یا مهندس مشاور یا نماینده تام‌الاختیار مالک سد، اقدامات زیر در دستور کار قرار می گیرد.

۲-٤-۱- راهکارها و اقدامات فوری در سطح اضطراری ۱

الف- مسوول سد باید اقدام به عملیات بازرسی نماید این بازرسی حداقل شامل بازدید از شیب‌های بالادست، تاج سد، گالری‌ها، پنجه پایین‌دست سد و شیب‌های پایین‌دست تکیه‌گاه‌ها و گالری‌ها و تجهیزات هیدرولیکی سد می‌باشد. هم‌چنین سطح مخزن، تکیه‌گاه‌های سد و کانال پایین‌دست نیز به منظور بررسی هرگونه تغییر شرایط باید بررسی شوند. درصورتی‌که افزایش دبی تراوش، آب‌شستگی، ترک‌خوردگی یا نشت مشاهده شود باید بلافاصله مراتب به دفتر ناظر استانی ایمنی سدها منتقل شده و با تعیین سطح اضطراری جدید اقدامات بعدی دنبال گردد.

ب- هماهنگی با دفتر ناظر استانی ایمنی سدها و مهندس مشاور مالک سد جهت بازدید و بررسی دقیق وضعیت و ارائه اقدامات علاج‌بخشی در صورت نیاز باید صورت گیرد.

ج- مستندسازی تماس‌ها، اطلاعات و مشاهدات و اقدامات انجام شده، درج زمان دقیق و طول مدت رخداد به همراه عکس‌ها یا فیلم‌هایی از وضعیت مشاهده شده در گام بعدی باید انجام شود.

omoorepeyman.ir

۲-٤-۲- راهکارها و اقدامات فوری در سطح اضطراری ۲

الف- گام اول تماس با دفاتر خدمات اضطراری منطقه مطابق فرم‌های بخش (۲-۵) و اعلام فعال نمودن برنامه اقدامات اضطراری سد و هشدار برای آمادگی در صورت نیاز احتمالی به تخلیه مناطق تحت خطر در صورت وخامت اوضاع می‌باشد. در این حالت پیش‌بینی‌های لازم برای عملیات تخلیه و بستن راه‌های منتهی به محدوده خطر باید صورت گیرد.

ب- اعلام وضعیت سد به دفتر ناظر استانی ایمنی سدها و مهندس مشاور مالک و درخواست راهنمایی‌های فنی و بررسی وضعیت.

ج- اعلام وضعیت به طور مرتب به مسوولین خدمات اضطراری منطقه، تا آنها بتوانند اقدامات مناسب در مورد اطلاع‌رسانی عمومی، تخلیه و مسدود کردن راه‌ها را برنامه‌ریزی نمایند.

د- در صورت وجود وقت کافی مسوول سد باید اقدام به بازرسی سد نماید. در این بازرسی حداقل شیب‌های بالادست، تاج، پنجه پایین‌دست و شیب‌های پایین‌دست تکیه‌گاهی سد باید مورد بررسی قرار گیرند. هم‌چنین سطح دریاچه، تکیه‌گاه‌ها، ورودی سرریز و کانال پایین‌دست نیز جهت مشاهده هرگونه علایم تغییر وضعیت باید بازرسی شوند. در صورت مشاهده بیرون زدن آب، افزایش دبی تراوش آب، آب‌شستگی، ترک‌خوردگی و یا نشت بلافاصله مراتب به مسوولین خدمات اضطراری و دفتر فنی ایمنی سدها گزارش شود. سپس سطح اضطراری بازنگری شده و در صورت تغییر سطح، اقدامات مربوط به سطح جدید در دستور کار قرار گیرد.

هـ- گام بعدی مستندسازی تماس‌ها، اطلاعات و مشاهدات و اقدامات انجام شده، درج زمان‌ها و ثبت فیلم یا عکس‌هایی از موارد مشاهده شده است.

و- در صورت وجود وقت اقدامات علاج‌بخشی اضطراری باید انجام پذیرد.

۲-٤-۳- راهکارها و اقدامات فوری در سطح اضطراری ۳

الف- مسوول سد باید بلافاصله با مسوولین خدمات اضطراری محلی و سایر افراد مشخص شده طبق اولویت ارائه شده در برنامه تماس بگیرد.

ب- مسوولین خدمات اضطراری باید اقدامات لازم جهت هشدار، بستن راه‌ها و تخلیه اهالی در معرض خطر را انجام دهند.

ج- مسوولین خدمات اضطراری باید بلافاصله مردم را از وضعیت آگاه نموده و راهنمایی‌های لازم جهت حفظ جانشان را به آنها ارائه دهند.

د- مسوول سد باید در تماس مرتب با مسوولین خدمات اضطراری بوده و وضعیت سد را به آنها اطلاع دهد.

هـ- مستندسازی تماس‌ها، اطلاعات و مشاهدات، زمان‌ها به همراه عکس‌ها یا فیلم‌های لازم باید جهت بررسی‌های بعدی انجام پذیرد.

و- ارائه هشدارهای لازم به کارکنان بهره‌برداری و پایش سد جهت رعایت اصول ایمنی و فاصله گرفتن از مناطق خطر مانند پایین‌دست، سازه‌های با احتمال فرو ریزش و شیب‌ها.

omoorepeyman.ir

اجرای به موقع و سریع اقدامات اضطراری می‌تواند باعث تاخیر، متعادل‌سازی یا جلوگیری از شکست سد شود. گاهی ممکن است چند نوع شرایط غیرعادی برای سد پیش بیاید که نیاز به اطلاعات متنوع و علاج‌بخشی اضطراری باشد. اولویت‌بندی این اقدامات در زمان محدود می‌تواند با مشورت با دفتر ناظر استانی ایمنی سدها صورت پذیرد. در بخش (۲-۴-۴) اقدامات عملی متقابل کاهش خطر و علاج‌بخشی اضطراری ارائه شده است.

۲-٤-٤- اقدامات پیش‌گیرانه اضطراری

اقدامات علاج‌بخشی اضطراری بسته به نوع تهدید و خرابی محتمل به دو دسته دارای اولویت بالا و اولویت متوسط تقسیم‌بندی می‌شوند. پس از شناسایی نوع تهدید، اقدامات لازم با توجه به شرایط و امکانات به شرح موارد زیر مطرح می‌گردد.

۲-٤-٤-۱- اقدامات دارای اولویت بالا

در صورت وجود تهدیدهای شامل روگذری آب از خاکریز سد خاکی، پدیده رگاب در بدنه سد خاکی یا پی سد خاکی یا بتنی و خرابی سازه‌ای بدنه سد خاکی یا بتنی یا سازه‌های جنبی، بلافاصله برنامه اقدامات اضطراری با تعیین سطح مطابق بخش (۲-۲) فعال شده و سپس اقدامات زیر بسته به نوع تهدید در دستور کار قرار می‌گیرد. در این شرایط که معمولا خرابی یا تهدید گسترده بوده و با اقدامات موقت به‌راحتی قابل کنترل نیست و یا زمان کافی برای بازیابی شرایط ایمن وجود ندارد، اقدامات فوری دارای اولویت بالا محسوب می‌شوند.

۲-٤-٤-۱-۱- روگذری آب از سد

روگذری آب از سد در سدهای خاکی بسیار خطرناک بوده و می‌تواند باعث تهدید جدی پایداری و نهایتا شکست سد شود. در سدهای بتنی روگذری ممکن است با ایجاد آب‌شستگی در پنجه سد، پایداری سد را به خطر اندازد. هم‌چنین در صورت وجود نیروگاه یا سازه‌های دیگر در پنجه سد پایداری آنها نیز تهدید می‌شود. اقدامات لازم اضطراری در صورت وجود تهدید عبارتند از:

۱- پایین آوردن تراز آب مخزن با باز کردن تمام خروجی‌ها و استفاده از حداکثر ظرفیت تخلیه با رعایت ملاحظات ایمنی و در صورت امکان استفاده از پمپ یا سیفون برای تخلیه آب.
۲- در صورت گرفتگی دهانه خروجی‌ها با رعایت ایمنی جانی کارکنان نسبت به رفع آن اقدام شود.
۳- قراردادن کیسه‌های شن در قسمت‌های کم ارتفاع‌تر تاج برای کاهش احتمال روگذری و افزایش ارتفاع آزاد به صورت کاملا محدود و سعی در عبور دادن دبی بیش‌تر آب از سرریزها به طور ایمن. باید از افزایش بی رویه ارتفاع سد به‌دلیل احتمال بروز مشکلات ناپایداری خودداری شود.
۴- پوشاندن قسمت‌های ضعیف بالای سد و شیروانی پایین‌دست با سنگ چینی، کیسه شن، ورق‌ها یا پوشش‌های پلاستیکی یا سایر روش‌هایی که باعث جلوگیری از آب‌شستگی می‌شوند.
۵- محدود کردن جریان سیلاب ورودی در صورت امکان با انحراف آب در صورت وجود مسیرهای انحراف یا حفر آب‌راه انحراف موقت پیش‌بینی شده در برنامه اقدامات اضطراری سد.
۶- باز کردن یا انفجار فیوز پلاگ‌ها در شرایط خطرناک.

omoorepeyman.ir

۷- ایجاد شکاف یا سرریز موقت کنترل شده در زینچه‌های حاشیه مخزن یا خاکریز بدنه یا تکیه‌گاه در قسمت‌های با ارتفاع کم‌تر بدنه که قبلا بررسی و مشخص شده است درصورتی‌که مقاومت کافی در برابر آب‌شستگی در پایین‌دست وجود داشته باشد.

۲-٤-٤-۱-۲- رگاب در بدنه سد خاکی یا پی و یا تکیه‌گاه‌های سد خاکی یا بتنی

موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

۱- تعیین گستره و شدت رگاب که آیا می‌تواند باعث ناپایداری و خرابی شود؟

۲- بازکردن خروجی‌ها برای پایین آوردن سطح مخزن با حداکثر سرعت ایمن تا زمانی که تراوش به حد کنترل شده برسد. در صورت وجود خرابی یا آسیب یا مسدود بودن خروجی‌ها یا محدود بودن ظرفیت آنها استفاده از پمپ یا سیفون می‌تواند مفید واقع شود.

۳- در صورت پیدا کردن ناحیه ورودی دبی تراوش، مثلا با مشاهده گرداب موضعی در مخزن و در دسترس بودن آن می‌توان با مصالح سنگی، خاکی، بنتونیت، پوشش پلاستیکی یا بسته‌های علوفه خشک بسته به شرایط آن‌را مسدود نمود.

۴- ریختن چند متر مخلوط شن و ماسه و درشت دانه روی محل‌های بیرون زدگی آب برای جلوگیری از آب‌شستگی مصالح ریزدانه بدنه سد یا پی یا استفاده از کیسه‌های شن یا مصالح دیگر برای ایجاد حوضچه در روی این محل‌ها و ایجاد فشار معکوس برای کاهش دبی تراوش و کنترل آب‌شستگی.

۵- جلوگیری از عبور وسایل نقلیه و ماشین‌آلات در اطراف این مناطق برای اجتناب از فروریزش احتمالی حفره‌های زیرزمینی آب‌شسته.

۲-٤-٤-۱-۳- خرابی سازه‌ای بدنه سد خاکی یا بتنی یا سازه‌های جنبی

در سدهای خاکی خرابی ممکن است به علت لغزش، حرکات ناشی از زلزله یا عوامل دیگر باشد. در سدهای خاکی با رویه بتنی، شکست در رویه بتنی به علت حرکات بدنه از دیگر موارد محتمل‌تر می‌باشد. هم‌چنین ایجاد خرابی در پرده یا پتوی آب‌بند در سدهای خاکی یا بتنی نیز از خرابی‌های سازه‌ای محسوب می‌شود. لغزش و ناپایداری سرریز و سازه‌های هیدرولیکی تخلیه آب نیز از جمله خرابی‌های سازه‌ای هستند. خرابی در سازه‌های ورودی و خروجی تاسیسات تخلیه در اثر زلزله یا سقوط سنگ نیز در سدهای بزرگ دور از انتظار نیست. این مساله می‌تواند باعث گرفتگی و عدم کارکرد تاسیسات خروجی و نهایتا تهدید جدی پایداری سد شود. در چنین مواردی مراحل اقدام به شرح زیر است:

۱- تصمیم‌گیری در مورد عواقب خرابی و این‌که آیا خرابی ایجاد شده می‌تواند منجر به شکست سد شود.

۲- پایین آوردن سریع تراز آب با توجه به شدت تهدید.

۳- جلوگیری از ورود آب به قسمت خراب شده.

۴- انجام اصلاحات و تعمیرات فوری برای پیشگیری از گسترش خرابی و تهدید یکپارچگی سد.

omoorepeyman.ir

۲-٤-٤-۱-٤- لغزش یا جابه‌جایی کلی بدنه سد خاکی یا بتنی روی پی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- کاهش سریع تراز آب مخزن تا زیر تراز متاثر از لغزش یا جابه‌جایی.

۲- پایش و بازرسی پیوسته.

۳- انجام تعمیرات و بهسازی دایمی یا تصمیم‌گیری در مورد بازسازی یا از رده خارج کردن سد.

۲-٤-٤-۲- اقدامات دارای اولویت متوسط

درصورتی‌که خرابی یا تهدید ایجاد شده موضعی بوده و با اقدامات موقت قابل کنترل باشد و زمان کافی برای بازیابی شرایط ایمن وجود داشته باشد، اقدامات فوری دارای اولویت متوسط محسوب می‌شوند.

۲-٤-٤-۲-۱- جابه‌جایی خاکریز سد خاکی و لغزش شیب‌ها

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- بازکردن خروجی‌ها و کاهش تراز آب مخزن تا حدی که امکان لغزش از بین برود. در صورت محدود بودن ظرفیت خروجی‌ها یا مسدود بودن یا خراب بودن آنها می‌توان از پمپ یا سیفون کردن آب و یا ایجاد گسیختگی کنترل شده در بدنه سد و یا حاشیه مخزن استفاده نمود.

۲- پایدارسازی موقت کنترل حرکت لغزش‌ها با قراردادن کیسه‌های شن یا سنگ یا مصالح خاکی در پای منطقه لغزش یافته.

۳- ترمیم نشست‌های تاج سد با کیسه شن یا خاکریز یا سنگ چین برای حفظ ارتفاع آزاد سد و جلوگیری از روگذری.

۴- علامت گذاری، پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

۵- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-٤-٤-۲-۲- تراوش و پدید آمدن گودال فروکشی در سد خاکی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- بازکردن خروجی‌ها برای پایین آوردن سطح مخزن با حداکثر سرعت ایمن تا زمانی که تراوش به حد کنترل شده برسد.

۲- در صورت یافتن ناحیه ورودی تراوش و در دسترس بودن آن می‌توان با مصالح سنگی، خاکی، پوشش پلاستیکی یا بسته‌های علوفه خشک آن‌را مسدود نمود.

۳- ریختن مخلوط شن و ماسه و مصالح فیلتر روی محل‌های بیرون زدگی آب برای جلوگیری از آب‌شستگی مصالح ریزدانه بدنه سد یا پی یا استفاده از کیسه‌های شن یا مصالح دیگر برای ایجاد حوضچه در روی این محل‌ها و ایجاد فشار معکوس برای کاهش دبی تراوش و کنترل آب‌شستگی.

۴- جلوگیری از عبور وسایل نقلیه و ماشین‌آلات در اطراف این مناطق برای اجتناب از فروریزش احتمالی حفره‌های زیرزمینی آب‌شسته شده.

۵- علامت گذاری، پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

omoorepeyman.ir

۶- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-٤-٤-۲-۳- از دست دادن ارتفاع آزاد یا قسمتی از بدنه سد خاکی بر اثر فرسایش ناشی از امواج

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- پایین آوردن تراز آب تا تراز پایین‌تر از ناحیه آسیب دیده با توجه به شدت تهدید.

۲- ترمیم قسمت‌های فرسایشی با قرار دادن کیسه شن یا اجرای ریپ رپ برای جلوگیری از گسترش فرسایش و بازیابی ارتفاع آزاد.

۳- علامت گذاری، پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

۴- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-٤-٤-۲-٤- ترک خوردگی در بدنه سد خاکی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- پایین آوردن تراز آب با توجه به شدت تهدید یعنی ورود جریان آب به داخل ترک.

۲- جلوگیری از ورود جریان آب به داخل ترک با ریختن مخلوط شن و ماسه و بنتونیت یا قرار دادن پوشش پلاستیکی.

۳- علامت گذاری، پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

۴- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-٤-٤-۲-٥- ترک خوردگی یا باز شدن درزها در بدنه سد بتنی

موارد زیر باید مدنظر گرفته شوند:

۱- پایین آوردن سریع تراز آب با توجه به شدت تهدید یعنی باز شدن درز یا ترک و ورود جریان آب به داخل آن.

۲- جلوگیری از ورود جریان آب به داخل ترک در صورت امکان با قرار دادن صفحات پلاستیکی و پایش جریان خروجی از ترک یا درز.

۳- علامت گذاری، پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

۴- انجام تعمیرات موقت ناحیه آسیب دیده.

۵- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-٤-٤-۲-٦- اشباع شدن بدنه سد خاکی یا تکیه‌گاه‌های سد بتنی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- پایین آوردن تراز آب با توجه به شدت تهدید.

۲- بررسی زهکش‌ها و بازیابی آنها در صورت ایجاد گرفتگی.

۳- علامت گذاری، پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

۴- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

omoorepeyman.ir

۲-٤-٤-۲-۷- نشست بدنه سد خاکی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- درصورتی‌که نشست ناشی از پدیده رگاب است، اقدامات مربوط به مقابله با رگاب در دستور کار قرار گیرد.

۲- بررسی و کنترل مقادیر و توزیع نشست (آیا نشست موضعی بوده یا گسترده است).

۳- علامت گذاری، پایش و مستندسازی.

۴- درصورتی‌که مقدار نشست با توجه به ابعاد سد قابل توجه است (مثلا بیش از ۳۰ سانتی متر) یا ارتفاع آزاد را به‌شدت کاهش می‌دهد، پایین آوردن تراز آب در دستور کار قرار گیرد.

۵- انجام تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-٤-٤-۲-۸- نشست بدنه سد بتنی وزنی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- بررسی و کنترل مقادیر و گستردگی نشست (آیا نشست باعث ترک خوردگی و باز شدن درزها شده است.)

۲- بازرسی مکرر، پایش و مستندسازی.

۳- درصورتی‌که نشست با ترک خوردگی قابل توجه همراه است یا تغییر شکل بلوک‌ها به سمت واژگونی پیش می‌رود، پایین آوردن تراز آب در دستور کار قرار گیرد.

۴- انجام تعمیرات و بهسازی دایمی.

۲-٤-٤-۲-۹- خرابی در سازه‌های تخلیه آب و خروجی

موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

۱- انجام اقدامات حفاظتی سازه در برابر آسیب بیش‌تر مانند بستن مجرا یا پیش‌بینی حفاظت اضطراری بخش آسیب دیده.

۲- پایین آوردن تراز آب مخزن تا تراز ایمن که برای این کار در صورت عدم امکان استفاده از خروجی‌های سد می‌توان از پمپ، سیفون یا شکست کنترل شده استفاده نمود.

۳- بررسی منشا مشکل ایجاد شده و این‌که آیا پایداری سازه با تراز آب مخزن ارتباط دارد یا خیر. پایین آوردن تراز آب در دستور کار قرار گیرد.

۴- پایش و بازرسی مکرر.

۵- انجام تعمیرات و بهسازی دایمی.

۲-٤-٤-۲-۱۰- زوال تکیه‌گاه سد خاکی یا بتنی

موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

۱- کاهش سریع تراز آب مخزن تا سطح ایمن.

۲- جلوگیری از نفوذ آب به تکیه‌گاه.

omoorepeyman.ir

۳- پایش و بازرسی پیوسته.

۴- انجام تعمیرات و بهسازی دایمی.

۲-٤-٤-۲-۱۱- وقوع زلزله سطح بهره‌برداری یا مرکالی بیش از ٦

موارد زیر باید در این حالت مدنظر قرار گیرند:

۱- انجام بازرسی سریع از سد و سازه‌های جنبی.

۲- بررسی میدانی برای یافتن نشت‌ها یا حرکات احتمالی بدنه، سرریز و تخلیه‌کننده‌های تحتانی سد.

۳- کنترل نتایج ابزار دقیق بدنه و پی و تکیه‌گاه‌ها.

۴- کاهش تراز آب مخزن در صورت لزوم.

۵- در صورت ایجاد خسارت، علامت گذاری و پایش و بازدید مکرر از ناحیه آسیب دیده.

۶- انجام عملیات علاج‌بخشی و تعمیرات دایمی ناحیه آسیب دیده.

۲-۵- مسوولیت‌ها و فرایند ارتباطی در شرایط اضطراری

۲-۵-۱- مسوولیت‌ها در شرایط اضطراری

۲-۵-۱-۱- مالک سد یا بهره‌بردار یا نماینده تام‌الاختیار او

واکنش سریع نسبت به شرایط به‌وجود آمده مطابق گام اول

تعیین سطح اضطراری بلافاصله پس از شناسایی رخداد مطابق گام دوم شامل:

۱- اطلاع‌رسانی سریع به کارکنان به ترتیب نمودار اطلاع‌رسانی در مورد سطح اضطراری تشخیص داده شده

۲- ارائه اطلاعات به هنگام به مدیریت اضطراری منطقه برای کمک به تصمیم‌گیری در مورد اقدامات هشدار و تخلیه و دفاتر ناظر تعیین شده حکومتی در سطح استان و کشور

۳- مدیریت و نظارت بر اجرای عملیات اضطراری تا زمان برقراری شرایط عادی

سایر وظایف مالک سد یا نماینده تام‌الاختیار او در مورد آمادگی اضطراری عبارتند از:

۱- تعیین مسوول به روز رسانی سالانه برنامه اقدامات اضطراری و اطمینان از این‌که نسخه بازنگری شده به بـه تمـام کسـانی که نسخه قبلی را دارند ارائه شده باشد.

۲- کمک به تمرین برنامه اقدامات اضطراری جهت اطمینان از پاسخ و اقدام موثر و به موقع

۲-۵-۱-۲- خدمات اضطراری منطقه

معمولا استانداری، فرمانداری، بخشداری، پلیس، هلال احمر یا آتش نشانی منطقه یا شهر به‌عنوان مسوول خدمات اضطراری یـا مدیریت اضطراری به شرح زیر عمل می‌نمایند:

omoorepeyman.ir

۱- خدمت رسانی به‌عنوان شخص مسوول دریافت اطلاعات شرایط اضطراری و هماهنگ کننده کلیه اقدامات اضطراری.

۲- در تماس بودن با رسانه‌های جمعی.

۳- در شرایط سطح اضطراری ۲:

- تعیین کارکنان مسوول تخلیه در صورت ورود به سطح اضطراری ۳.
- اطلاع‌رسانی و هشدار به عموم به طور مناسب.

۴- در شرایط سطح اضطراری ۳:

- اطلاع‌رسانی و هشدار سریع به افراد در معرض خطر جهت تخلیه منطقه.
- کمک به تخلیه منطقه و اسکان موقت افراد و بستن راه‌های منتهی به منطقه خطر با توجه به نقشه‌های آب‌گرفتگی.
- هشدار به عموم در مورد شرایط اضطراری.
- تصمیم‌گیری در مورد پایان شرایط اضطراری.
- مشارکت در به روز رسانی سالانه برنامه اقدامات اضطراری.

۲-۵-۱-۳- خدمات اضطراری استانی یا ملی

خدمات اضطراری استانی یا ملی به‌عهده ستادهای اضطراری (پیشگیری از بحران) در وزارت نیرو یا کشور (حسب تصمیمات کلان کشوری و توافقات منطقه‌ای) بوده و مسوولیت پاسخگویی و مساعدت برای کاهش هر چه بیش‌تر اثرات شرایط اضطراری را این ستادها دارا هستند.

۲-۵-۱-٤- نماینده فنی یا مهندس مشاور مالک یا کارفرمای سد

ارائه خدمات کارشناسی و راهنمایی‌های لازم در مورد جنبه‌های فنی سد تحت شرایط اضطراری شامل اقدامات علاج‌بخشی موقت.

۲-۵-۱-۵- دفتر ناظر استانی و ناظر عالی کشوری ایمنی سدها

وظایف کلی دفتر ناظر ایمنی سدها در دستگاه دولتی ستادی شامل شرکت‌های آب منطقه‌ای و شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران عبارتند از:

۱- مشاوره به مالک یا مسوول سد در تعیین سطح اضطراری درصورتی‌که زمان اجازه بدهد.

۲- مشاوره به مالک یا مسوول سد در مورد اقدامات لازم در سطوح اضطراری ۱ و ۲ درصورتی‌که زمان اجازه دهد.

۳- مشاوره به ستاد بحران یا خدمات اضطراری منطقه در تصمیم‌گیری در مورد پایان شرایط اضطراری.

۴- همکاری در اجرای اقدامات سطح اضطراری ۳.

مسوولیت‌های دفتر ناظر ایمنی سدها که در شرکت‌های آب منطقه‌ای (۱) و به صورت عالی در شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب کشور (۲) تشکیل می‌شوند عبارتند از:

۱- پیگیری بازرسی‌های دوره‌ای ایمنی و پایداری سد و عملیات ایمن‌سازی مربوط (۱ و ۲).

۲- تنظیم و اجرای برنامه‌های آموزش در برابر بحران در سطح کارشناسی و عمومی (۱ و ۲).

omoorepeyman.ir

۳- دسته‌بندی سدها از لحاظ پتانسیل خطر (نظیر وجود گسل، وقوع سیلاب‌های بزرگ)، آسیب‌پذیری (اشکالات فنی) و قابلیت ایجاد بحران (مثلا وجود شهر بزرگ یا تاسیسات حساس در پایین‌دست) (۱ و ۲).
۴- انجام هماهنگی‌های لازم با دستگاه‌های مرتبط با مدیریت اضطراری و پیشگیری از بحران و تعیین نقاط و نحوه هشداردهی (۱).
۵- تعیین نقاط آسیب‌پذیر و میزان حساسیت آنها نسبت به ماندابی شدن و سرعت موج سیل (مومنتوم جریان) (۱).
۶- پهنه‌بندی دشت سیلابی در پایین‌دست سد و تعیین پهنه آب‌گرفتگی در سیلاب‌های مختلف از جمله شکست سد (۱).
۷- راه‌اندازی و بهره‌برداری از سیستم هشدار برای ردیابی و تشخیص شرایط اضطراری (۱).
۸- تایید سطح بحران در شرایط اضطراری و اعلام هشدار (۱ و ۲).
۹- اتخاذ تصمیمات فوری عملیاتی در صورت بروز شرایط اضطراری (۱ و ۲).
۱۰- تهیه اعلامیه‌های نمونه برای اطلاع‌رسانی عمومی در سطوح خطر یا بحران‌های مختلف و ارائه راهنمایی‌های لازم در هر مورد (۱ و ۲).
۱۱- تهیه نقشه تخلیه اضطراری، شامل اولویت‌بندی نقاط، راه‌های اصلی مورد استفاده و مناطق امن (۱).
۱۲- تهیه فهرست سرویس‌های حیاتی، امکانات موجود و زیرساخت‌های خارج از محدوده آب‌گرفتگی (۱).
۱۳- پیش‌بینی مشکلات ثانویه ناشی از شرایط اضطراری نظیر قطع آب و برق و یا شیوع بیماری و راه‌حل‌های کنترل آنها (۱ و ۲).
۱۴- بررسی عملکرد سد در هنگام وقوع سیلاب‌های بزرگ و ارائه برنامه‌های اصلاحی کلی و تجدید نظر مثلا در تراز نرمال آب‌گیری و ظرفیت ذخیره‌سازی سیل با توجه به آمارهای جدید (۱).
۱۵- تدوین گزارش‌های تحلیلی ایمنی و پایداری سالانه سدها و ارائه آن به دفتر نظارت عالیه ایمنی سدها در شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱).

۲-۵-۲- هشدار و برقراری ارتباط

درصورتی‌که مقامات محلی یا خدمات اضطراری منطقه خبری در خصوص رخداد غیرعادی در مورد سد دریافت کنند باید بلافاصله مالک یا مسوول سد را در جریان قرار دهند. پس از بررسی مالک یا مسوول سد و تعیین سطح اضطراری تماس‌های بعدی مطابق نمودارهای ارائه شده انجام شده و براساس جداول ارائه شده بلافاصله به افراد باید هشدار داده شود. الگوریتم و چک لیست ارتباطی در شرایط اضطراری برای سطوح مختلف در پیوست این راهنما ارائه شده است.

۲-۵-۲-۱- سطح اضطراری ۱

مسوول سد باید با خدمات اضطراری محلی، دفتر ناظر استانی ایمنی سدها در دستگاه دولتی مربوط و مهندسی مشاور ایمنی مالک یا کارفرمای سد تماس گرفته و راهنمایی‌ها و مساعدت‌های فنی لازم را جهت اقدامات مورد نیاز دریافت نماید.

omoorepeyman.ir

۲-۵-۲-۲- سطح اضطراری ۲

مسوول سد باید با خدمات اضطراری محلی، دفتر ناظر استانی ایمنی سدها در دستگاه دولتی مربوط و مهندسی مشاور ایمنی مالک یا کارفرما تماس گرفته و ضمن شرح وضعیت راهنمایی‌های ضمنی لازم برای اقدامات بعدی را دریافت کند. نمونه پیغام زیر می‌تواند به این کار کمک نماید:

من (ذکر نام و مسوولیت) هستم. ما در حال حاضر با شرایط اضطراری در سد (نام سد) مواجه هستیم. بدین منظور برنامه اقدامات اضطراری سد را برای سطح اضطراری ۲ به جریان انداخته‌ایم و اقدامات لازم برای جلوگیری از شکست سد را در دستور کار قرار داده‌ایم. لطفا به نقشه‌های آب‌گرفتگی در نسخه برنامه اقدامات اضطراری این سد که نزد شماست مراجعه نموده و در دسترس باشید. ما شما را در جریان وضعیت در صورت رفع مشکل یا حاد شدن آن قرار می‌دهیم. شماره تماس فعلی ما (شماره) بوده و در صورت عدم دسترسی این شماره با شماره جایگزین (شماره) اطلاعات لازم را در اختیار شما قرار می‌دهیم.

۲-۵-۲-۳- سطح اضطراری ۳

در این حالت بلافاصله باید با مسوول خدمات اضطراری محلی تماس گرفته و با توجه به نقشه‌های آب‌گرفتگی نسبت به تخلیه مناطق در معرض خطر اقدام گردد. اقدامات زیر نیز باید انجام پذیرد.

۱- تماس با دفاتر خدمات اضطراری منطقه. نمونه پیغام اعلام شرایط در ادامه آمده است.

وضعیت اضطراری است، من (ذکر نام و مسوولیت) هستم، سد (نام سد) در حال شکست است. پایین‌دست باید بلافاصله تخلیه شود. تکرار می‌کنم سد (نام سد) در حال شکست است. محدوده اطراف رودخانه (نام رودخانه) را تخلیه کنید. ما برنامه اقدامات اضطرای برای سطح ۳ را به جریان انداختیم. لطفا از نقشه‌های آب‌گرفتگی در نسخه برنامه اقدامات اضطراری خود کمک بگیرید. شماره تماس فعلی ما (شماره) و در صورت عدم دسترسی شماره جایگزین (شماره) می‌باشد.

۲- هر کاری که لازم است برای جابه‌جایی سریع افراد در معرض خطر با کمک خدمات اضطراری محلی انجام پذیرد. این افراد ممکن است در محل سد، سواحل پایین‌دست، در حال قایق سواری در رودخانه یا مخزن یا گردشگران باشند.

۳- مرتب با خدمات اضطراری محلی در تماس بوده و آخرین وضعیت به اطلاع آنها رسانده شود. آنها می‌توانند راهنمایی لازم را جهت تسریع عملیات تخلیه بنمایند.

۴- درصورتی‌که خط تماس قطع شده باشد باید سعی شود دلیل قطع آن پیدا شده و در صورت امکان از روش تماس دیگری استفاده نمود یا کسی را جهت برقراری ارتباط مأمور نمود. در صورت عدم موفقیت به سرعت طبق برنامه اقدامات اضطراری کارها پیش رفته و در فواصل زمانی سعی در برقراری تماس شود.

در ادامه نمونه پیغام جهت هشدار به افراد در معرض خطر آمده است:

توجه توجه: اعلام شرایط اضطراری توسط (خدمات اضطراری محلی)، با دقت توجه کنید نجات زندگی شما بستگی به عملکرد سریع شما دارد. سد (نام سد) در حال شکست است. تکرار می‌کنم سد (نام سد) در حال شکست است. اگر شما در نزدیکی پایین‌دست سد (یا اعلام مناطق در خطر با اولویت) هستید بلافاصله (یا ذکر فرصت باقی‌مانده) محل خود را ترک نموده و به نقاط مرتفع دور از رودخانه بروید. لطفا در مسیرهای (نام جاده‌ها) تردد نکنید. سعی نکنید از این مسیرها به خانه خود برگردید. خطر سیلاب جدی است. لطفا بلافاصله به نقاط مرتفع دور از رودخانه بروید.

omoorepeyman.ir

تکرار پیغام به دفعات لازم

۲-۵-۳- مسوولیت‌ها در خاتمه برنامه اقدامات اضطراری

با فعال شدن برنامه اقدامات اضطراری، سطح اضطراری مشخص شده و اقدامات مربوط کامل می‌گردد. پس از رفع شرایط اضطراری، اجرای برنامه اقدامات اضطراری خاتمه می‌یابد.

مسوول خدمات اضطراری منطقه باید پس از خاتمه برنامه اقدامات اضطراری مراتب را برای تصمیم‌گیری را به مسوول سد اطلاع دهد. سپس باید افراد مشخص شده در فهرست تماس را از پایان یافتن شرایط اضطراری مطلع سازند.

پیش از خاتمه سطح اضطراری ۲ یا ۳ نماینده دفتر فنی ایمنی سد با انجام بازرسی از سد یا بررسی نتایج بازرسی و بررسی وجود هرگونه وضعیت غیرعادی و خطرساز جمع‌بندی لازم را ارائه می‌نماید. براساس این جمع‌بندی دفتر فنی ایمنی سد خاتمه شرایط اضطراری و برنامه اقدامات اضطراری را به مسوولین خدمات اضطراری منطقه و مسوول سد اعلام می‌نماید.

مسوول سد باید از کامل بودن گزارش وضعیت اضطراری سد و مستند شدن تمام فعالیت‌های انجام شده اطمینان حاصل نموده و نسخه‌های گزارش نهایی را به دفتر ناظر استانی ایمنی سدها و افراد مسوول مرتبط ارسال نماید.

۲-٦- تجهیزات ارتباطی، منابع انرژی و دیگر لوازم ضروری در مواقع اضطراری

فهرست منابع و امکانات لازم جهت آمادگی در برابر شرایط اضطراری عبارتند از:

- نقشه موقعیت و فهرست ساختمان‌ها، انبارها، دپوی مصالح، پارکینگ ماشین‌آلات و وسایل نقلیه و پناهگاه‌ها و فهرست مواد و لوازم موجود در آنها
- موقعیت منابع کمک‌های اولیه.
- منبع برق اضطراری، کابل‌های کمکی، چراغ شارژی یا باتری، نورافکن‌ها و ادوات مربوط
- پمپ‌های اضطراری، نردبان، دستگاه جوش و برش، شلنگ، بیل، علایم هشدار و لوازم سبک دیگر (کلیه لوازم و تجهیزات باید به طور مناسب در انبارها نگهداری شده و در برابر سقوط یا آسیب‌دیدگی در صورت وقوع زلزله مهار گردند)
- سامانه اطفای حریق (عموما حریق ناشی از اتصال در تابلوهای برق و یا رعد و برق می‌باشد، لذا آب‌بند بودن و موقعیت مناسب تابلوها و نیز وجود سامانه اتصال زمین برای کلیه تاسیسات و ساختمان‌ها ضروری است)
- سامانه ارتباطی اضطراری و جایگزین
- فهرست، نحوه تماس و مشخصات پیمانکاران محلی تامین ماشین‌آلات و مصالح، نحوه تامین کارگر و سایر نیروهای فنی

۲-۷- سامانه هشدار شرایط اضطراری

سامانه هشدار به دو مرحله هشدار داخلی و هشدار عمومی تقسیم می‌شود. سامانه هشدار داخلی به منظور آگاه کردن مسوول سد و کارکنان از وضعیت اضطراری آن می‌باشد، که ممکن است با انجام اقدامات لازم و به موقع منتهی به کنترل شرایط اضطراری گردد. درصورتی‌که شکست سد یا رها شدن کنترل نشده آب محتمل باشد، هشدار عمومی به منظور آگاه نمودن پایین‌دست سد در دستور کار قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

برای تشخیص شرایط هشدار در سدهایی که بهره‌بردار یا اپراتور مقیم وجود ندارد یا به تعداد کافی نیست، از سامانه‌های پایش از راه دور باید استفاده شود. حداقل پارامترهای مورد پایش در این حالت تراز آب بالادست و پایین‌دست است. تراز آب پایین‌دست پارامتر مهمی برای سامانه هشدار مبتنی بر این روش پایش بوده و برای پیشگیری از شکست سد می‌باشد. درصورتی که سد، سامانه پایش از راه دور ندارد، باید در برنامه اقدامات اضطراری آن قید شود. در این سدها روش دسترسی سریع به سد باید به طور کامل در برنامه ذکر گردد.

هشدار داخلی با استفاده از آژیر، بیسیم، پیجر، تلفن یا چراغ‌های هشدار صورت می‌پذیرد.

پس از تشخیص شرایط اضطراری و تعیین نیاز به هشدار عمومی، حسب نیاز هشدار به بخش‌های زیر اعلام می‌شود و هر یک از این بخش‌ها می‌توانند با ابزار مخصوص به خود، اطلاع‌رسانی عمومی‌نمایند:

- مسوولین محلی و منطقه‌ای
- دفاتر خدمات اضطراری محلی و منطقه‌ای
- نیروهای انتظامی و نظامی
- رسانه‌ها (رادیو و تلویزیون و مطبوعات)
- اپراتورهای ارتباطاتی (تلفن ثابت و همراه و سامانه‌های پیام کوتاه و اینترنت و رادار و...)
- مراکز کنترل ترافیک شهری و اپراتورهای تابلوهای تبلیغاتی و اطلاع‌رسانی عمومی

۲-۸- دستورالعمل آموزش و تمرین اقدامات اضطراری

۲-۸-۱- کلیات

برنامه اقدامات اضطراری باید در اختیار طرف‌های مسوول در برنامه اقدامات اضطراری سد قرار گرفته و نسخه‌های رسمی و تایید شده آن در فواصل زمانی معینی به روز شود. هم‌چنین برای افزایش کارائی و موثرتر نمودن اقدامات اضطراری، برنامه اقدامات اضطراری باید به طور مرتب مورد آزمایش و تمرین و گاهی آزمایش و تمرین قرار گیرد. برای سدهای در حال ساخت برنامه اقدامات اضطراری باید حداکثر به صورت سالانه بازنگری و به روز شود.

آزمایش بخشی از برنامه اقدامات اضطراری به منظور اطمینان از کفایت اسناد و آمادگی کارکنان و طرف‌های مسوول در برنامه اقدامات اضطراری لازم است. آزمایش می‌تواند به صورت کنترل فهرست وار یا انجام واقعی و شبیه‌سازی شرایط اضطراری با چند نوع خرابی و خسارت باشد.

۲-۸-۲- آموزش، نگهداری و بازبینی برنامه اقدامات اضطراری

۲-۸-۲-۱- آموزش

آموزش کارکنان به منظور اطمینان از آشنایی کافی آنها با اجزای برنامه اقدامات اضطراری، نحوه کار با تجهیزات و اشراف به مسوولیت‌ها و وظایف آنها باید در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

کارکنان ماهر فنی باید برای کلیه فعالیت‌های شرایط عادی و اضطراری از جمله عملیات شناسایی و اقدامات اضطراری و علاج‌بخشی لازم آموزش ببینند. آموزش‌ها برای افراد مسوول در تمام سطوح باید در نظر گرفته شود. تعداد افراد کافی برای اطمینان از انجام صحیح مسوولیت‌ها در تمام مواقع باید تحت آموزش قرار گیرند.

در سدهای با عواقب شکست زیاد و خیلی زیاد، آموزش‌های همگانی و عمومی لازم برای افراد در معرض خطر احتمالی پایین‌دست باید تدوین شده و به صورت‌های مختلف از جمله کارگاه‌های آموزشی، پوستر و بروشور و رسانه‌های محلی در اختیار آنها قرار گیرد.

۲-۸-۲-۲- نگهداری

نسخه‌های اصلاح شده و به روز شده برای تمام طرف‌های مسوول در برنامه اقدامات اضطراری سد که فهرست آنها در برنامه اقدامات اضطراری آمده باید فرستاده شده و دریافت آنها تایید شود. شماره تلفن‌ها و اسامی افراد باید به طور منظم و حداقل سالانه به روز شود. بهتر است برنامه اقدامات اضطراری در زونکن یا کلاسور بازشو قرار داده شود تا قسمت‌های اصلاح یا بروز شده به‌راحتی قابل جایگزینی باشد.

۲-۸-۲-۳- بازبینی

اصولا برنامه اقدامات اضطراری یک برنامه پویا می‌باشد بدین معنی که هیچ‌گاه کامل تلقی نشده و برای سدها با عواقب شکست زیاد و خیلی زیاد، حداقل سالی یک‌بار باید مورد بازبینی کلی و هر ۵ سال مورد بازبینی تفصیلی قرار گیرد و اصلاحات آن بلافاصله اعمال شود. از طرف دیگر حوادث غیرمترقبه دارای خصوصیات ثابت نیستند لذا با آموزش و تمرین باید حداکثر آمادگی و سرعت عکس‌العمل و انجام اقدامات موثر در دستور کار قرار گیرد. بازبینی سالانه برنامه اقدامات اضطراری باید شامل موارد زیر باشد:

- تماس با افراد مشخص شده در نمودارها برای به روز کردن شماره‌های تماس و نام و موقعیت افراد
- تماس با مسوولین خدمات اضطراری محلی برای اطمینان از دریافت برنامه اقدامات اضطراری و نبود ابهام در استفاده از آن
- تماس با منابع تامین و تدارک محلی برای به روزکردن شماره تماس، نام و آدرس و خدمات قابل ارائه آنها،
- بازبینی اطلاعات مربوط به افراد و سازه‌های تحت خطر در منطقه آب گرفتگی پایین‌دست

درصورتی‌که هر یک از موارد برنامه تغییر نماید برنامه اقدامات اضطراری مورد اصلاح قرار می‌گیرد. مالک سد مسوول اصلی انجام اصلاحات می‌باشد و نسخه اصلی برنامه اقدامات اضطراری توسط وی نهایی و به طور کلی یا به صورت صفحات جایگزین به سایرین ارائه می‌شود. کسانی که برنامه اقدامات اضطراری در اختیار آنها قرار دارد و باید به محض دریافت اصلاحات نسخه‌های خود را براساس آخرین تغییرات به روز نمایند جهت جلوگیری از هرگونه اشتباه، صفحات یا نسخه‌های قدیمی را معدوم نمایند.

۲-۸-۳- تمرین برنامه اقدامات اضطراری

۲-۸-۳-۱- کلیات

تمرین مستمر برنامه اقدامات اضطراری برای کسب آمادگی هرچه بیش‌تر و درک مسوولیت‌ها و نقش‌ها در زمان اضطراری بسیار موثر است. تمرین برنامه اقدامات اضطراری می‌تواند شامل موارد ذیل باشد:

omoorepeyman.ir

۱- تمرین و تفهیم مسوولیت‌ها و نقش‌ها و سازماندهی
۲- تمرین برقراری تماس‌ها و ارسال پیام‌ها که می‌تواند در کنار بازنگری سالانه فهرست تماس‌ها انجام شود.
۳- تمرین‌های دفتری و استفاده از مدارک و نقشه‌ها
۴- تمرین‌های عملیاتی

در سدهای با رده‌بندی عواقب زیاد و خیلی زیاد تمرین‌های ۱ و ۲ باید هر سال انجام شود. موارد ۳ و ۴ که تفصیلی‌تر است را می‌توان در بازه‌های زمانی طولانی‌تر مثلا هر ۳ تا ۵ سال انجام داد. مالک سد باید برنامه انجام تمرینات را تدوین نموده و مقدمات آن را فراهم نماید. این تمرین‌ها در واقع بخشی از برنامه مبنا محسوب می‌شوند. در انجام موارد ۳ و ۴ بهتر است از کارکنان کلیدی دفتر فنی بهره‌برداری و نگهداری از سدها و دفاتر خدمات اضطراری محلی نیز جهت مشارکت دعوت به‌عمل آید.

۲-۸-۳-۲- دستورالعمل آزمایش و تمرین

پس از تدوین دستورالعمل‌های اقدامات اضطراری که حاصل تشکیل جلسات متعدد با حضور نمایندگان سازمان‌های دخیل در امر مدیریت بحران می‌باشد، دستورالعمل آزمایش و تمرین نگارش یافته و با دو کاربرد اصلی زیر اجرا می‌گردد:

الف- تصحیح دستورالعمل اقدامات اضطراری

اولین آزمایش و تمرینی که بعد از تدوین دستورالعمل اقدامات اضطراری انجام می‌گیرد، اجرای آزمایشی دستورالعمل اقدامات اضطراری است. بدین ترتیب که با شبیه‌سازی شرایط اضطراری (در صورت امکان) یا فرض بر رخداد حادثه‌ای چون سیلاب که امکان شبیه‌سازی آن وجود ندارد، سازمان‌های مرتبط مطابق دستورالعمل اقدامات اضطراری تیم‌های خود را به محدوده مورد نظر اعزام نموده و تیم‌های اجرایی به انجام مسوولیت‌های مربوط از پیگیری فلوچارت آگاه سازی تا تخلیه و فرار و امداد و نجات را اجرا می‌نمایند. بررسی نتایج به‌دست آمده از آزمایش و تمرین در راستای اصلاح دستورالعمل اقدامات اضطراری انجام می‌شود. اطلاعاتی که نیاز است به منظور اصلاح دستورالعمل در طول اجرای آزمایش و تمرین جمع‌آوری گردند باید از قبل فهرست شده و گروهی تحت عنوان گروه مستندسازی آزمایش و تمرین به جمع‌آوری اطلاعات بپردازند. سایر اطلاعات مورد نیاز که می‌توانند از دید یا دسترس گروه مستندساز پنهان بمانند از روش‌های دیگر جمع‌آوری می‌شوند.

ب- تمرین و مرور وظایف محوله به سازمان‌ها و تیم‌های مجری

پس از تصحیح نهایی دستورالعمل اقدامات اضطراری، نسخه نهایی به امضای رؤسای سازمان‌های مربوط رسیده و نسخه یکسان برای هریک از سازمان‌ها و نمایندگان هر سازمان در کمیسیون مشترک بین سازمانی، ارسال شده و لازم الاجرا می‌گردد. نحوه اجرای آزمایش و تمرین‌ها، به روش‌های تدوین شده در ارتباط با هر آزمایش و تمرین مربوط می‌شود.

۲-۸-۳-۳- روش‌های آزمایش و تمرین

برای هر یک از انواع آزمایش و تمرین، روش خاصی تدوین می‌گردد. آزمایش و تمرین‌ها بسته به ابعادی که در بر می‌گیرند و سطح عملکرد افراد و تیم‌های اجرایی، انواع مختلفی را شامل می‌شوند. این انواع عبارتند از آزمایش و تمرین دفتری، آزمایش و تمرین شفاهی و آزمایش و تمرین عملیاتی.

omoorepeyman.ir

الف- آزمایش و تمرین در دفتر کار

در این حالت آزمایش و تمرین وظایف هرشخص و سازمان در قالب آزمون‌های کتبی مرور و یادآوری می‌گردد.

ب- آزمایش و تمرین شفاهی

در این آزمایش و تمرین حادثه فرضی رخداده و افراد با توجه بـه دسـتورالعمل‌هـای در اختیـار، رونـد اداری، آگـاه‌سـازی و سـایر فعالیت‌هایی که نیاز به حضور در منطقه ندارند، را تمرین می‌کنند.

ج- آزمایش و تمرین عملیاتی

در این آزمایش و تمرین که کامل‌ترین نوع آزمایش و تمرین می‌باشد، حادثه در صورت امکان شبیه‌سازی و یا فرض مـی‌گـردد و افراد تیم‌های اجرایی مشابه شرایط واقعی دستورالعمل‌های اقدامات در شرایط اضطراری را اجرا نمـوده و بـر حسـب نیـاز در محـل و منطقه حادثه حاضر می‌شوند و تمامی اقدامات لازم را به طور کامل اجرا می‌نمایند.

همان‌گونه که مشخص است، هریک از انواع آزمایش و تمرین‌های فوق با هدفی مشخص و در دوره‌های متفاوتی اجرا می‌گردند. مدت زمان بین دو اجرای آزمایش و تمرین از نوع اول به نوع سوم افزایش می‌یابد. به عنوان مثال بسته بـه وظـایف سـازمان و نـوع حادثه، آزمایش و تمرین نوع اول ممکن است یک‌بار در ۶ ماه ولی آزمایش و تمرین نوع سوم یک‌بار در هر ۶ سال اجرا گردد.

با توجه به غیرواقعی بودن آزمایش و تمرین، فرض حادثه یا شبیه‌سازی آن، یک بحران مصنوعی بوده و قابل کنترل است. از این رو همواره براساس فعالیت‌هایی که تمرین آنها در آزمایش و تمرین مورد نظر است، روش مختص آن آزمایش و تمرین تدوین می‌گردد تا روند رخداد حادثه کنترل گردیده و اقدامات مورد نظر یکایک اجرا و ارزیابی گردند. هـر روش مولفـه‌هـایی چـون نـوع حادثه، گستردگی منطقه حادثه دیده و محل آن، جمعیت تحت تاثیر و ویژگی آنها، زمان شروع و پایان و نحوه اجـرای آزمـایش و تمرین را در بر دارد.

- نوع حادثه

نوع حادثه بیانگر بحرانی است که رخداد آن شبیه‌سازی و یا فرض می‌گردد. در بحران‌هایی هم‌چون زلزله، سیل، توفـان و جنـگ امکان شبیه‌سازی وجود ندارد، بدان معنا که نمی‌توان به منظور اجرای آزمایش و تمرین منطقـه‌ای را غرقـاب یـا بمبـاران نمـود و یـا لرزاند. از این رو بر فرض رخداد این‌گونه بحران‌ها، عواقب هریک هـم‌چـون مجـروح شـدن افـراد، تخلیـه و فـرار و امـداد و نجـات شبیه‌سازی و تمرین می‌گردند. در مقابل بحران‌هایی هم‌چون آتـش‌سـوزی، حمـلات تروریسـتی و یـا آشـوب‌هـای اجتمـاعی قابـل شبیه‌سازی هستند و می‌توان با به آتش کشیدن یک ساختمان یا منطقه غیرمسکونی به صورت کنترل شده، انجام عملیات تروریستی با شخصیت‌های ساختگی و سلاح‌های ماکت و یا استفاده از افراد به منظور شبیه‌سازی آشوب‌های اجتماعی، نسبت به تمرین مقابله با هریک از بحران‌ها اقدام نمود. با توجه به آنچه بیان شد، تدوین روش آزمایش و تمرین باید برحسب نوع حادثـه مـورد نظـر مـواردی چون شبیه‌سازی حادثه و عواقب آن و یا فقط شبیه‌سازی عواقب آن را در بر گیرد.

omoorepeyman.ir

- گستردگی منطقه حادثه دیده

گستردگی منطقه حادثه دیده براساس امکانات و توان اجرایی سازمان مربوط و نیز مد نظر بودن آموزش عمومی انتخاب می‌شود. به عنوان مثال آزمایش و تمرین رخداد زلزله می‌تواند در سطح یک مدرسه، محله یا شهر و با حضور یک سازمان یا بیش‌تر انجام شود. بدیهی است آزمایش و تمرین‌هایی که در سطح یک مدرسه انجام می‌شود باعث درگیری معلمان و دانش‌آموزان آن مدرسه و سازمانی هم‌چون هلال احمر و آتش‌نشانی می‌شود، حال آنکه آزمایش و تمرین زلزله در سطح شهر، ساکنان کل شهر و سازمان‌هایی هم‌چون هلال احمر، شهرداری، استانداری، سازمان مدیریت بحران و نیروی‌های نظامی و انتظامی را درگیر می‌کند. بنابراین همان‌گونه که اشاره شد انتخاب گستردگی منطقه آسیب دیده ارتباط مستقیم با فعالیت‌های مد نظر برای تمرین، سازمان‌های مدنظر برای هماهنگی و افراد مد نظر برای شرکت در آزمایش و تمرین دارد.

- جمعیت تحت تاثیر و ویژگی آنها

اهمیت جمعیت تحت تاثیر بحران، به‌خاطر تاثیر آن بر تخصص‌های درگیر در آزمایش و تمرین و تجهیزات مورد نیاز است. به عنوان مثال چنان‌چه جمعیت تحت تاثیر دارای درصدی از بیماری‌های قلبی، نابینایی، ناشنوایی و معلولیت باشند لازم است تخصص‌ها و تجهیزات مورد نیاز برای تخلیه و فرار و امداد و نجات هریک از قبل پیش‌بینی گردد. البته لازم به ذکر است، در شرایط بحران‌های واقعی این قبیل تمهیدات براساس برنامه‌ریزی‌ها و مطالعات اولیه در نظر گرفته شده و براساس آنها تخصص‌ها و تجهیزات مورد نیاز آماده و در زمان بحران فراخوانی می‌شوند.

- زمان شروع و پایان

در حالت ایده‌آل، آزمایش و تمرین باید بدون هماهنگی قبلی و به صورت غیرمترقبه برگزار گردد. آزمایش و تمرین‌ها با اطلاع قبلی هرگز نتایج مطلوب مورد انتظار از آزمایش و تمرین را به‌دست نمی‌دهد.

پایان آزمایش و تمرین بسته به گستردگی منطقه انتخاب شده و انواع فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده ممکن است از چند ده دقیقه بعد از شروع آزمایش و تمرین تا چند هفته به طول بیانجامد. از نمونه این آزمایش و تمرین‌ها می‌توان به آزمایش و تمرین‌های تخلیه و فرار چند دقیقه‌ای در ادارات و مدارس و آزمایش و تمرین‌های چند روزه نظامی اشاره نمود. این نوع تمرین‌ها با هماهنگی قبلی با مسوولین منطقه‌ای صورت می‌پذیرد.

۲-۸-۳-٤- نحوه اجرای آزمایش و تمرین

اجرای آزمایش و تمرین یک فعالیت بر مبنای تصمیمات مسوولین است. بدین ترتیب که اجرای آزمایش و تمرین با گزارش رخداد یک حادثه شروع می‌شود. در این زمان هر یک از اعضا، کارمندان، مدیران و سایر افراد مرتبط باید در راستای غلبه بر شرایط اضطراری به وجود آمده، تکالیف خود را مطابق برنامه‌های از پیش تعیین شده انجام دهند و در صورت مواجهه با یک حادثه یا فرآیند از پیش تعیین نشده، تصمیمات جدید را با رعایت لزوم هماهنگی با سایر سازمان‌های دخیل و فرماندهی بحران اتخاذ نمایند.

در آزمایش و تمرین، گروه شبیه‌ساز بحران، شرایط مشابه شرایط بحرانی را ایجاد می‌کند و تیم‌های اجرایی مقابله با بحران، مطابق آنچه بیان شد به اجرای دستورالعمل اقدامات در شرایط اضطراری می‌پردازند.

omoorepeyman.ir

لازم به ذکر است آنچه بیان شد شمای کلی برگزاری یک آزمایش و تمرین است که باید برای هر یک از انواع آزمایش و تمرین و در خصوص نوع بحران و با توجه به ویژگی‌های هر سازمان، تیم‌های اجرایی، جمعیت متاثر و سایر پارامترها، جزییات کامل تدوین، برنامه‌ریزی و اجرا گردد.

۲-۸-۳-۵- ارزیابی نتایج تمرین

به منظور رفع نواقص برنامه اقدامات اضطراری، گزارش عملکرد تمرین باید تهیه شده و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گیرد. عملکرد تمرین در سه بخش کفایت منابع و امکانات، کفایت برنامه و سازماندهی و آمادگی کارکنان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نواقص مربوط به هر یک از این سه بخش باید به طور مشخص ارائه شده و اقدامات لازم نسبت به رفع کاستی‌های مربوط در دستور کار قرار گیرد.

۲-۹- مطالعات آب‌گرفتگی و تعیین مناطق سیل‌گیر

مطالعه آب‌گرفتگی ناشی از شکست سد برای تمام سدهایی که به برنامه اقدامات اضطراری احتیاج دارند و یا این‌که نیاز حتمی آنها به برنامه اقدامات اضطراری کاملا مشخص نیست باید انجام شود. این مطالعات براساس پیش‌بینی شرایط بحرانی و ترکیب منطقی آنها انجام می‌شود. در سدهای دارای عواقب شکست متوسط و کم تهیه نقشه‌های اولیه و کلی آب‌گرفتگی نیز کفایت می‌نماید.

در این مطالعات معمولا حالت‌های مختلف شکست سد بررسی می‌شود که شامل زمان‌های شکست سریع، شکست وسیع و فراگیر و شرایط محافظه‌کارانه‌تر می‌باشد. در این مطالعات مناطق دارای پتانسیل آب‌گرفتگی باید شناسایی شده و زمان شروع و پایان آب‌گرفتگی هر یک مشخص شود. شرایط حداقل زیر در مطالعات آب‌گرفتگی در نظر گرفته شود:

- شکست سد تحت سیلاب طراحی
- شکست سد تحت شرایط تراز حداکثر در اثر زلزله یا ناپایداری ناشی از تبعات تراوش و گرادیان هیدرولیکی
- شکست سد و سازه‌های کنترل جریان آب تحت شرایط تراز حداکثر در صورت یخبندان شدید در زمستان
- شکست به علت خرابی سازه‌های بالادست، سازه‌های کنترل کننده جریان، تخلیه کننده‌های تحتانی و سرریزهای دایمی و اضطراری
- جاری شدن سیلاب بر اثر تخلیه جریان آب به میزان بیش از ظرفیت رودخانه پایین‌دست

نقشه‌های آب‌گرفتگی باید نشان دهنده حداکثر سطوح آب‌گرفته باشند. محاسبات آب‌گرفتگی و تهیه نقشه‌های مربوط معمولا توسط برنامه‌های رایانه‌ای انجام می‌شود. جهت تحلیل روند یابی سیلاب در طول مسیر، این نقشه‌ها باید علاوه بر پایین‌دست برای بالادست نیز تهیه شود. در این شرایط دو حالت تحلیل می‌شود:

- سیلاب شدیدی که از ظرفیت تخلیه اسمی بیش‌تر است.
- کاهش ظرفیت تخلیه به علت آشغال گرفتگی یا عملکرد ناصحیح دریچه‌ها و تخلیه کننده‌ها

سدهای باطله باید در شرایط مختلف ساخت بررسی شوند. در این سدها هم خود آب و هم قطعات جامد حمل شده توسط آن مانند تنه درختان می‌تواند باعث ایجاد خرابی شود.

omoorepeyman.ir

اثر قطعات شناور در خروجی قسمت خسارت دیده سد باید در محاسبات لحاظ شود. تغییرات جریان ناشی از قطعات شناور و مستغرق زیاد در سیال نیوتنی و غیر نیوتنی نیز معمولا در نظر گرفته می‌شود. مدل‌های ریاضی معتبر زیادی برای مدل‌سازی سیلاب وجود دارد. اما برای سیلاب‌های شدیدا گل آلود و غلیظ همراه با مواد معلق، مدل عملی و دقیق کم‌تر ارائه شده است. البته در این حالت می‌توان با رعایت احتیاطات و اصلاحات لازم از مدل‌های امواج سیلاب استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

پیوست ۱

تعاریف اصلی و واژه‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

واژه فارسی	واژه انگلیسی	تعریف
ارزیابی ایمنی	Safety Assessment	ارزیابی وضعیت پایداری و ایمنی کلی در مقایسه با حدود مشخص شده، با استناد به نتایج بازرسی و پایش مداوم سد یا سازه‌های وابسته به آن
ارتفاع سد	Dam Height	اختلاف تراز بین تاج یا بالاترین نقطه سد تا تراز بستر یا پی سد در محل پنجه آن
ارتفاع آزاد	Free Board	فاصله قائم بالاترین تراز طراحی آب در مخزن تا پایین‌ترین نقطه تاج سد
بازنگری ایمنی	Safety Review	بازنگری جامع وضعیت ایمنی در مقایسه با حداقل‌های مشخص شده استاندارد با ملاحظه مستندات و جنبه‌های طراحی و ساخت و گزارش‌های معاینات مداوم سد یا سازه‌های وابسته
پایش	Monitoring	ثبت، مرور و بررسی اطلاعاتی که منجر به آگاهی از رفتار سد یا سازه‌های وابسته آن می‌شود
تراز پایاب	Tailrace Level	سطح آب در پایین‌دست سد در مجاورت پنجه
زلزله القایی مخزن	Reservoir Induced Quake	حرکات شدید زمین که در اثر بارگذاری زیاد روی گسل‌ها و شکستگی‌های ضعیف مخزن، ناشی از آب‌گیری در سدهای بلند اتفاق می افتد
سد باطله	Tailing Dam	سدهای ذخیره پساب یا فاضلاب صنایع و معادن
شکست سد	Dam Break/Failure	هرگونه خرابی سد که منجر به رها شدن ناگهانی یا کنترل نشده آب مخزن شود
عواقب شکست	Consequences of Failure	کلیه خسارات و تلفات ایجاد شده ناشی از خرابی در سد یا سازه‌های وابسته به آن
توان‌بخشی	Rehabilitation	اقدامات تعمیر، ترمیم، تقویت و بهسازی سازه برای بازگرداندن آن به شرایط ایمن و قابل قبول
قابلیت اطمینان	Reliability	احتمال احراز یک شرط یا قابل قبول بودن یک مورد که جمع آن با احتمال عدم احراز شرط یا وقوع آن مساله غیر قابل قبول برابر واحد است
علاج بخشی	Remedy	اقدامات مربوط به رفع عیب یا نقص
محدوده آب‌گرفتگی	Inundation Area	منطقه‌ای از پایین‌دست سد که بر اثر سیلاب ناشی از شکست سد یا رها شدن کنترل نشده آب به زیر آب می‌رود
نظارت و مراقبت	Surveillance	بازرسی و زیر نظر داشتن پیوسته سد و سازه‌ها و تجهیزات مربوط به آن
بار	Bar	واحد فشار برابر فشار ستون حاوی ۱۰ m آب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیوست ۲

فهرست اختصارها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اختصار	واژه انگلیسی	تعریف فارسی
CF	Control Flood	سیلاب کنترل
DF	Design Flood	سیلاب طراحی
MCE	Maximum Credible Earthquake	زلزله حداکثر محتمل
OBE	Operating Based Earthquake	زلزله مبنای بهره‌برداری
OMS	Operation, Maintenance, Surveillance	بهره‌برداری، نگهداری و پایش
PMF	Probable Maximum Flood	سیلاب حداکثر محتمل
SEE	Safety Evaluation Earthquake	زلزله ارزیابی ایمنی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیوست ۳

فهرست علایم

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

علامت	تعریف فارسی
A	ضریب زلزله
A_c	مساحت صفحه لغزش
f_c	مقاومت مشخصه فشاری طراحی بتن
h	ارتفاع ستون خاک
I	ضریب اهمیت
g	شتاب ثقل
R	ضریب رفتار
R_u	شاخص نسبت تنش خاک
u	فشار آب حفره‌ای
Z_n	مقاومت برشی اسمی پسماند
γ_{soil}	وزن مخصوص خاک
φ	زاویه اصطکاک داخلی مصالح
φ'	زاویه اصطکاک داخلی پسماند مصالح
τ_0	مقاومت برشی بتن
σ_1, σ_3	تنش‌های قائم و افقی در خاک
σ_n	تنش عمود بر سطح

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیوست ۴

کاربرگ‌های ارزیابی ایمنی سد و سازه‌های وابسته

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پ.٤-۱- اطلاعات اولیه ارزیابی و بازنگری ایمنی سد

نام سد		نام رودخانه	
آدرس محل سد			پیوست: نقشه موقعیت سد
شماره تماس سد		دورنگار سد	
نام مالک یا بهره‌بردار		شماره تماس	
آدرس مالک یا بهره‌بردار			
نماینده مالک یا بهره‌بردار		شماره تماس	
آدرس نماینده			
مجری سد		شماره تماس	
طراح سد		شماره تماس	
سازنده سد		شماره تماس	
مشخصات سد			
سطح حوضه آبریز	Km^2	پیوست: نقشه حوضه آبریز و نقشه مقطع و جانمایی سد	
ارتفاع سد	m	عرض تاج سد	m
اهداف ساخت سد	شرب/کشاورزی/صنعتی/کنترل سیلاب/انتقال آب/تغذیه آب زیرزمینی/...		
نوع سد	بتنی وزنی/ قوسی/ غلتکی/ خاکی با رویه/ با هسته/...	عمر بهره‌برداری سد	
حجم مخزن	mcm	محتویات مخزن	آب/ پساب/...
مشخصات سیلاب			
دبی حداکثر سیلاب طراحی	m^3/s	احتمال رخداد سالانه	٪
مشخصات لرزه‌خیزی			
شتاب افقی زلزله MCL	g	شتاب زلزله DBL	g
مشخصات تاسیسات تخلیه			
نوع سرریزاصلی		ظرفیت	m^3/s
نوع سرریز اضطراری		ظرفیت	m^3/s
نوع تخلیه کننده تحتانی		ظرفیت	m^3/s
ارتفاع آزاد مخزن	m	سایر امکانات تخلیه مخزن	
طبقه‌بندی عواقب سد			
خیلی زیاد ☐	زیاد ☐	متوسط ☐	کم ☐
مشخصات ارزیابی ایمنی			
نوع و دلیل ارزیابی ایمنی فعلی	گزارش بازرسی سد/ رخداد غیرمترقبه/ ارزیابی یا بازنگری دوره‌ای/...		
تاریخ ارزیابی قبلی		دلیل ارزیابی قبلی	
مهندس مربوط		شماره تماس	
تاریخ آخرین بازرسی جامع		پیوست: گزارش بازرسی جامع	
نام مهندس ارزیابی ایمنی فعلی		شماره تماس	
تایید مالک یا بهره‌بردار (نام و امضا)			

omoorepeyman.ir

پ.٤-۲- اطلاعات فنی سدهای در حال بهره‌برداری

نام سد		نوع سد	

- مشخصات حوضه آبریز

مساحت حوضه بالادست (کیلومترمربع)	متوسط بارش سالانه حوضه (mm)	نام رودخانه اصلی حوضه	آورد متوسط سالانه جریان ورودی (MCM)	طول رودخانه اصلی (کیلومتر)	متوسط تبخیر سالانه از سطح دریاچه (mm)	کیفیت آب سد (از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعت)

- مشخصات عمومی و فنی سد

مشاوران طراحی	پیمانکاران اصلی	سال شروع ساخت	سال آغاز بهره‌برداری	اهداف بهره‌برداری	فاصله تا نزدیکترین شهر km	نام نزدیکترین شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	حجم کل بدنه (مترمکعب)

ارتفاع از پی (متر)	ارتفاع از بستر رودخانه (متر)	عرض تاج (متر)	عرض پی (متر)	عرض سد در تراز رودخانه (متر)	طول تاج (متر)	تراز بستر masl	تراز حداکثر سیلابی masl	تراز تاج masl	تراز نرمال masl	تراز رسوب masl

- سرریزها

نوع سرریز عادی و اضطراری	عرض (متر)	تراز آستانه سرریز masl	طول شوت (متر)	ظرفیت تخلیه طراحی (cms)	ظرفیت حداکثر تخلیه (cms)	دوره بازگشت سیلاب طراحی (سال)	نوع دریچه

د- تخلیه کننده‌ها

نوع تخلیه کننده	قطر یا ابعاد (متر)	نوع پوشش	تراز کف ورودی masl	تراز کف خروجی masl	طول (متر)	حداکثر ظرفیت تخلیه (cms)

- آبگیرها

تعداد دهانه	قطر یا ابعاد (متر)	حداقل تراز آب‌گیری masl	حداکثر تراز آب‌گیری masl	حداکثر ظرفیت آبگذری (cms)	نوع دریچه

omoorepeyman.ir

- مشخصات مخزن

حجم مفید (MCM)	حجم مرده (MCM)	حجم کل (MCM)	طول مخزن در تراز نرمال (کیلومتر)	سطح مخزن در تراز نرمال (کیلومتر مربع)

- حجم و سطح ارتفاع

ردیف	تراز (masl)	حجم (MCM)	سطح (کیلومترمربع)
۱			
۲			
۳			

- سامانه آب‌بندی بدنه و پی

نوع	جنس مصالح	ضخامت در بالا (متر)	ضخامت در پایین (متر)	تراز بالا masl	تراز پایین masl	سامانه زهکشی پایین‌دست

- دسترسی‌ها

مجموع طول تونل‌های دسترسی (کیلومتر)	مجموع طول راه‌های دسترسی (کیلومتر)	فاصله از منابع قرضه مصالح اصلی سد (کیلومتر)	امکان عبور ماشین‌آلات از تاج سد	تعداد و نوع پل‌ها	طول پل‌ها

- سیستم انحراف

موقعیت و جناح	شکل مقطع	تعداد تونل یا کالورت	طول (متر)	قطر یا ابعاد (متر)	نوع پوشش	ظرفیت تخلیه cms	تراز ورودی masl	تراز خروجی masl	نوع و محل انسداد

- فرازبند و نشیب بند

نوع	ارتفاع از پی (متر)	طول تاج (متر)	عرض تاج (متر)	عرض پی (متر)	فاصله از محور سد	تراز تاج masl	وضعیت فعلی

- احجام عملیات اجرایی اصلی

حجم کل بتن‌ریزی (مترمکعب)	کل حجم عملیات خاک‌برداری (مترمکعب)	کل حجم عملیات خاک‌ریزی (مترمکعب)	حجم بتن دیوار آب‌بند (مترمکعب)	مجموع طول گمانه‌های حفر شده جناحین (متر)	سطح کل پرده تزریق (متر مربع)	حجم بتن‌ریزی سرریز

omoorepeyman.ir

- مشخصات نیروگاهی (جدول زیر برای سدهای با اهداف برقابی تکمیل می‌گردد)

ظرفیت نصب (MW)	تعداد واحدها	دبی طراحی هر واحد (cms)	نوع توربین	انرژی تولیدی سالانه (GWH)	تراز محور توربین masl	نوع کارکرد نیروگاه (پیک- پایه-ترکیبی)	نوع نیروگاه (زیرزمینی یا سطحی)	تراز پایاب masl	تراز حداقل بهره‌برداری نیروگاهی masl

- تجهیزات الکترومکانیک

نوع توربین	سرعت چرخش واحد (دور در دقیقه)	قدرت خروجی حداکثر ژنراتور (مگا ولت آمپر)	ضریب قدرت نامی	فرکانس (سیکل در ثانیه)	تعداد ترانسفورماتور اصلی	سیستم خنک کننده

- پست و خط انتقال

نوع پست	ولتاژ KV	تعداد فیدر ورودی	تعداد فیدر خروجی	تعداد خط انتقال	نوع خط انتقال

پ.٤-۳- گزارش ارزیابی کیفی ایمنی سد

چک لیست مجموعه گزارش‌های ارزیابی کیفی ایمنی سد

کاربرگ اطلاعات کلی سد	☐
گزارش وضعیت کیفی ایمنی سد و سازه‌های وابسته	☐
گزارش بازرسی سد و سازه‌های وابسته	☐
گزارش بررسی روال و جزییات اطلاعات رفتارنگاری و پایش	☐
گزارش بررسی برنامه بهره‌برداری و نگهداری و اقدامات اضطراری	☐
خلاصه گزارش و خلاصه نتایج جمع‌بندی وضعیت کلی ایمنی سد	☐

در جمع‌بندی ارزیابی کیفی و بررسی اطلاعات بازرسی‌ها و ابزار دقیق سوالات زیر باید پاسخ داده شود:

پرسش	بله	خیر
آیا رفتار سد مطابق انتظار و مقادیر در حدود تعیین شده اولیه می‌باشد؟	☐	☐
آیا رفتار سد مشابه گذشته است یا تغییرات قابل توجهی در آن مشاهده نمی‌شود؟	☐	☐
آیا میل یا روند تغییراتی خاصی در منحنی‌های اطلاعات ثبت شده ابزار دیده می‌شود؟	☐	☐
آیا هرگونه پدیده غیرعادی در بازرسی و بررسی اطلاعات مشاهده گردیده است؟	☐	☐

omoorepeyman.ir

پ.٤-٤- گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد

پ.٤-٤-١- فهرست گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد خاکی

۱- اطلاعات اولیه ارزیابی کمی ایمنی سد
- کاربرگ اطلاعات اولیه ارزیابی کمی ایمنی سد
- اطلاعات فنی سد
- اطلاعات طراحی

۲- گزارش بازرسی‌ها
- بازرسی‌های عادی سد و سازه‌ها و تجهیزات وابسته
- بازرسی‌های اضطراری به‌همراه
- بازرسی‌های تفصیلی
- بازرسی ابزار دقیق و جانمایی ابزار معیوب و مشکوک
- وضعیت تغییرات عمده در بالادست و پایین‌دست سد

۳- گزارش ارزیابی برنامه‌های سد
- برنامه اقدامات اضطراری
- برنامه نگهداری
- برنامه بازرسی‌ها
- برنامه رفتارنگاری و قرائت‌ها
- برنامه تعمیرات
- سازماندهی کارکنان
- برنامه آموزش و ارتقای کارکنان
- برنامه تامین امنیت سد

۴- گزارش رفتارنگاری و رفتارسنجی سد
- فهرست ابزارها، مراحل و روش قرائت و ثبت و ذخیره و نحوه پالایش داده‌ها
- ارائه اطلاعات رفتارنگاری
  - اطلاعات کلی
  - موارد اصلی رفتارسنجی
    - فشار آب حفره‌ای و تراوش و کنترل عملکرد مولفه آب‌بند
    - جابه‌جایی و تغییر شکل
    - تنش و کرنش
    - رفتار لرزه‌ای سازه، پی و تکیه‌گاه‌ها

omoorepeyman.ir

- کنترل روند تغییرات قرائت‌ها با مقایسه با سری‌های تاریخی قبلی
- محاسبه عامل‌های مقایسه‌ای و کنترل حدود اولیه مجاز

۵- بررسی موارد مشکوک

- مشخص کردن مسایل موجود و سازه‌های مشکوک براساس نتایج ابزار و بازرسی‌ها و قرائت‌های انجام شده
- کنترل پایداری کلی سازه‌ها و موارد مشکوک

۶- جمع‌بندی و پیشنهادها

- پیشنهاد تعمیرات و اقدامات و اصلاحات موردی
- پیشنهاد بازرسی و یا بازنگری جامع ایمنی
- پیشنهاد اصلاح برنامه‌ها
- پیشنهاد بررسی تغییر طبقه‌بندی سد
- جمع‌بندی ایمنی و پایداری و تعیین مواردی که نیاز به اقدامات فوری و مواردی که نیاز به بررسی بیش‌تر دارند

۷- پیوست‌ها

- نسخه الکترونیک اطلاعات پایش
- نقشه‌ها
- فیلم‌ها و عکس‌ها

پ.٤-٤-۲- فهرست گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد بتنی

۱- اطلاعات اولیه ارزیابی کمی ایمنی سد

- کاربرگ اطلاعات اولیه ارزیابی کمی ایمنی سد
- اطلاعات فنی سد
- اطلاعات طراحی

۲- گزارش بازرسی‌ها

- بازرسی‌های عادی سد و سازه‌ها و تجهیزات وابسته
- بازرسی‌های اضطراری به‌همراه
- بازرسی‌های تفصیلی
- بازرسی ابزار دقیق و جانمایی ابزار معیوب و مشکوک
- وضعیت تغییرات عمده در بالادست و پایین‌دست سد

۳- گزارش ارزیابی برنامه‌های سد

- برنامه اقدامات اضطراری
- برنامه نگهداری
- برنامه بازرسی‌ها
- برنامه رفتارنگاری و قرائت‌ها

omoorepeyman.ir

- برنامه تعمیرات
- سازماندهی کارکنان
- برنامه آموزش و ارتقای کارکنان
- برنامه تامین امنیت سد

۴- گزارش رفتارنگاری و رفتارسنجی سد

- فهرست ابزارها، مراحل و روش قرائت و ثبت و ذخیره و نحوه پالایش داده‌ها
- ارائه اطلاعات رفتارنگاری
  - عامل‌های کلی
  - موارد اصلی رفتارسنجی
    - جابه‌جایی و تغییر شکل
    - تنش، کرنش و بازشدگی درز و ترک
    - فشار آب، تراوش و کنترل عملکرد مولفه آب‌بند
    - رفتار لرزه‌ای سازه، پی و تکیه‌گاه‌ها
- کنترل روند تغییرات قرائت‌ها با مقایسه با سری‌های تاریخی قبلی
- محاسبه عامل‌های مقایسه‌ای و کنترل حدود اولیه مجاز

۵- بررسی موارد مشکوک

- مشخص کردن مسایل موجود و سازه‌های مشکوک براساس نتایج ابزار و بازرسی‌ها
- کنترل پایداری کلی سازه‌ها و موارد مشکوک

۶- جمع‌بندی و پیشنهادها

- پیشنهاد تعمیرات و اقدامات و اصلاحات موردی
- پیشنهاد بازرسی و یا بازنگری جامع ایمنی
- پیشنهادهای اصلاح برنامه‌ها
- پیشنهاد بررسی تغییر طبقه‌بندی سد
- جمع‌بندی ایمنی و پایداری کلی سد و سازه‌های وابسته، تعیین مواردی که نیاز به اقدام فوری و بررسی بیش‌تر دارند

۷- پیوست‌ها

- نسخه الکترونیک اطلاعات پایش
- نقشه‌ها
- فیلم‌ها و عکس‌ها

omoorepeyman.ir

پ.٤-٤-٣- چک لیست سوابق کلی که باید در آرشیو سد جهت مراجعه موجود باشد

☐	اطلاعات و گزارش‌های کارهای اکتشافی و آزمایش‌ها
☐	مدارک و گزارش‌های طراحی و ساخت
☐	نقشه‌های چون ساخت و توپوگرافی
☐	گزارش آب‌گیری و راه اندازی برای ارزیابی‌های اولیه
☐	دستورالعمل بازرسی
☐	دستورالعمل‌های بهره‌برداری، نگهداری و پایش
☐	دستورالعمل اقدامات اضطراری
☐	اطلاعات ثبت شده رفتارنگاری
☐	گزارش‌های حوادث و تغییرات احتمالی انجام شده
☐	گزارش‌های قبلی ارزیابی و بازنگری ایمنی

پ.٤-٤-٤- کنترل اطلاعات فنی در گزارش ارزیابی کمی

پ.٤-٤-٤-١- کلیات

☐	خلاصه نتایج بررسی‌ها و تحلیل‌های قبلی
☐	خلاصه تغییرات در معیارها و فرضیات
☐	خلاصه طرح‌های علاج‌بخشی و تعمیرات کلی انجام شده
☐	خلاصه تغییرات اهداف و ملاحظات بهره‌برداری و نگهداری
☐	خلاصه توصیف رفتار کلی و شرایط مورد انتظار براساس طراحی اولیه
☐	خلاصه الزامات ابزاربندی و پایش
☐	خلاصه وضعیت ایمنی سد در شروع بهره‌برداری
☐	تغییرات عمده شرایط بالادست و پایین‌دست و طبقه‌بندی عواقب شکست قبلی و فعلی سد

پ.٤-٤-٤-٢- نقشه‌ها

☐	جانمایی سد و سازه‌های وابسته روی نقشه توپوگرافی
☐	مقاطع سد با ترازها و جزییات سازه‌ای و رقوم آب
☐	مقاطع سازه‌های جنبی با ترازها و جزییات سازه‌ای، هیدرومکانیکی و برقی
☐	جانمایی ابزار دقیق
☐	سایر موارد مورد نیاز: جانمایی پایین‌دست، آب گرفتگی، زمین‌شناسی، حوضه آبریز، راه‌های دسترسی و...

پ.٤-٤-٤-٣- رفتارنگاری و رفتارسنجی

☐	جانمایی، مشخصات، شرایط کارکرد و عامل مورد اندازه‌گیری ابزار
☐	برنامه قرائت ابزار و پیشنهادهای لازم
☐	مشروح، خلاصه و نمایش منحنی تغییرات اطلاعات ابزار
☐	نتایج بررسی صحت، روندها، تغییرات و کنترل مقادیر حدی قرائت‌ها و بروز رسانی معیارهای کنترل
☐	نتایج بررسی کفایت سامانه رفتارنگاری و پایش و اصلاحات پیشنهادی
☐	جمع‌بندی رفتارسنجی سد براساس اطلاعات ابزار
☐	نتایج محاسبات کنترل پایداری کلی براساس وضعیت فعلی

omoorepeyman.ir

پیوست ۵

فرمت گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد بتنی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پ.۵-۱- کلیات ارزیابی کمی ایمنی سد

گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد معمولا به صورت سالانه توسط بهره‌بردار یا مهندس مشاور وی تهیه و به دفتر ایمنی سدها ارائه می‌شود. این گزارش وضعیت کلی ایمنی سد را با پایش و بررسی اولیه قرائت‌ها و مشاهدات مستمر تبیین می‌نماید و نیاز یا عدم نیاز به ارزیابی جامع ایمنی و بازرسی‌های تخصصی را مشخص می‌نماید.

پ.۵-۱-۱- هدف

گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد باید حداقل دربرگیرنده موارد ذیل بوده و همراه با مستندات و فایل‌های اطلاعاتی مربوط ارائه گردد:

- تبیین وضعیت فعلی ابزارها و برنامه پایش سد
- ارائه خلاصه نتایج و یافته‌های بازرسی‌ها و مشاهدات
- ارائه وضعیت آمادگی در برابر شرایط اضطراری و توضیح کمبودها
- پالایش قرائت‌های ابزار دقیق و برداشت‌ها و ارائه اطلاعات رفتار نگاری در فرمت‌ها و نمودارهای مناسب
- بررسی روند تغییرات قرائت‌ها و رفتارسنجی براساس نتایج به‌دست آمده
- ارائه راهکارها و پیشنهادهای اولیه بهبود شرایط ایمنی سد
- مستندسازی دوره‌ای وضعیت کلی سد

پ.۵-۱-۲- کاربرگ اطلاعات اولیه ارزیابی کمی ایمنی سد

شروع گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد با ارائه اطلاعات کلی سد است. این اطلاعات در قالب شناسنامه سد مطابق جدول پیوست (۴-۱) تکمیل و در گزارش گنجانده می‌شود.

پ.۵-۱-۳- اطلاعات طراحی

خلاصه‌ای از اطلاعات کلیدی طراحی سد باید در ابتدای گزارش ارزیابی ایمنی آورده شود. این اطلاعات جهت تحلیل و قضاوت در مورد وضعیت ایمنی بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. هم‌چنین ارجاعات و آدرس یا فهرست دستیابی به گزارش‌های کامل طراحی و نقشه‌ها و سایر اطلاعات مربوط باید جهت استفاده احتمالی مورد اشاره قرار گیرد. اطلاعات کلی طراحی که می‌توان به آنها اشاره نمود عبارتند از:

- عکس هوایی و نقشه توپوگرافی و جانمایی کلی سد و سازه‌های وابسته و راه‌های دسترسی
- فهرست معیارها و استانداردهای طراحی اولیه
- نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی محل سد
- جدول خلاصه عامل‌های ژئوتکنیکی پی، تکیه‌گاه‌ها، مخزن و پایین‌دست
- جدول خلاصه مشخصات کلی لرزه‌خیزی و نقشه کلی جانمایی گسل‌ها
- جدول خلاصه مشخصات و تراز سیلاب طراحی و PMF و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن

omoorepeyman.ir

- آمار سیلاب‌های مهم ثبت شده پس از آب‌گیری (ترجیحا به صورت دیجیتال)
- نقشه مقاطع هندسی سد و جدول خلاصه اطلاعات مصالح مصرفی بدنه سد
- خلاصه اطلاعات سازه‌های وابسته (سرریز، سازه‌های خروجی و تجهیزات و...)

پ.۵-۲- گزارش بازرسی‌ها

به منظور تبیین وضعیت کلی و ذکر مشکلات و مسایل احتمالی سد و سازه‌های وابسته لازم است خلاصه نتایج کلیدی بازرسی‌های انجام شده در گزارش ارائه گردد. مواردی که در این بازرسی‌ها باید مورد توجه قرار گیرند در ادامه مطرح شده است.

پ.۵-۲-۱- بازرسی‌های عادی سد و سازه‌ها و تجهیزات وابسته

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست موارد بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، عکس‌ها و مستندات، مشکلات مشاهده شده) باید جهت مراجعه احتمالی موجود و قابل دسترسی باشد.

یکی از موارد اصلی در بازرسی‌ها، ارائه وضعیت شیروانی‌ها و شیب‌ها و صخره‌های مشرف به مخزن سد و تعیین نواحی مشکوک و دارای پتانسیل لغزش و ریزش و جابه‌جایی است.

پ.۵-۲-۲- بازرسی‌های اضطراری

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست موارد بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، شرح رخداد یا حادثه، عکس‌ها و مستندات، آسیب‌ها و مشکلات مشاهده شده) باید جهت مراجعه موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۲-۳- بازرسی‌های تفصیلی

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست موارد بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، علت بازرسی، عکس‌ها و مستندات، مشکلات مشاهده شده) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۲-٤- بازرسی ابزار دقیق و جانمایی ابزار معیوب و مشکوک

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست ابزار بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، عکس‌ها و مستندات، فهرست ابزار معیوب، مشکوک و سالم و نقشه جانمایی آنها) باید جهت مراجعه در دسترس باشد.

پ.۵-۲-۵- وضعیت تغییرات عمده در بالادست و پایین‌دست سد

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین بازرسی، نام و عنوان مسوول بازرسی، عکس‌ها و مستندات، فهرست تغییرات بالادست و پایین‌دست و نقشه کلی جانمایی آنها) باید جهت مراجعه موجود و قابل دسترسی باشد.

omoorepeyman.ir

پ.۵-۳- گزارش ارزیابی برنامه‌های سد

به منظور تبیین وضعیت کلی و ذکر مشکلات و مسایل احتمالی سد و سازه‌های وابسته لازم است خلاصه نتایج کلیدی برنامه‌های مختلف سد در گزارش ارائه گردد. مطالب مطرح در این برنامه‌ها در ادامه ارائه شده است.

پ.۵-۳-۱- برنامه اقدامات اضطراری

گزارش اصلی بررسی برنامه شامل (اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه و فهرست‌های تماس، گزارش تمرین‌ها و مانورها، مشکلات برنامه و مشکلات یا کمبودهای اجرای آن) باید جهت مراجعه احتمالی موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۳-۲- برنامه نگهداری و تعمیرات

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه، مشکلات برنامه و مشکلات یا کمبودهای اجرای آن) باید جهت مراجعه احتمالی مورد نیاز موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۳-۳- برنامه بازرسی‌ها

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه و زمان‌بندی‌های بازرسی‌ها، مشکلات اجرای برنامه و کمبودهای اجرا و امکانات مستندسازی) باید جهت مراجعه احتمالی موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۳-٤- برنامه رفتارنگاری و قرائت‌ها

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه و زمان‌بندی‌ها، مشکلات برنامه و مشکلات یا کمبودهای اجرای آن) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۳-۵- سازماندهی و آموزش و ارتقای کارکنان

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل چارت سازمانی کارکنان و شرح وظایف آنها، فهرست کمبود یا اضافه کارکنان، برنامه رشد و ارتقا و آموزش کارکنان، دوره‌های اجرا شده و موارد مورد نیاز، فهرست مشکلات یا کمبودها) باید جهت مراجعه احتمالی موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.۵-۳-٦- برنامه تامین امنیت سد

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل برنامه تامین امنیت، فهرست کمبود یا اضافه کارکنان، فهرست مشکلات یا کمبودها) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤- گزارش رفتارنگاری و رفتارسنجی سد

موارد اصلی کنترل و پایش در انواع سدهای بتنی به صورت زیر است.

الف- سدهای پایه‌دار و وزنی

مهم‌ترین تغییرمکان‌ها در این‌نوع سدها تغییرمکان در جهت سراب – پایاب می‌باشد در حالی‌که تغییرمکان‌ها در جهت چپ – راست به این اندازه اهمیت ندارد. موارد زیر نیز در این سدها باید کنترل و پایش گردند.

- کلیه‌ی درزها (درزهای انقباضی و افقی)، کنترل ترک و جابه‌جایی
- فشار برکنش در پی
- سرریزها و کانال آبگذر از لحاظ فرسایش
- گالری‌ها و شفت‌ها جهت کنترل ترک

ب- سدهای قوسی

در شکل‌های قوسی موارد زیر باید مورد کنترل و پایش قرار گیرند.

- تغییر مکان سراب- پایاب (جهت شعاعی)
- تغییرمکان چپ – راست (جهت مماسی)
- ترک در تکیه‌گاه‌های طرفین
- ترک در تونل‌های افقی و گالری‌ها

موقعیت‌های اصلی کنترل و پایش نیز در انواع سدهای بتنی عبارتند از:

- وجه بالادست بدنه سد: کنترل جابه‌جایی درزها، ترک‌های احتمالی، وضعیت بتن از لحاظ فرسایش و خوردگی
- وجه پایین‌دست بدنه: کنترل درزها، ترک، شوره‌زدگی بتن، وضعیت بتن
- تاج سد: کنترل سواره و پیاده‌رو از لحاظ خوردگی و فرسایش عوامل طبیعی، ترک، وضعیت نقاط ثابت نشانه‌روی
- گالری‌های بدنه: وضعیت بتن، ترک‌های افقی، قائم و مایل، رطوبت و نشت آب، وضعیت زهکش‌ها
- وضعیت پی در پنجه: نشت آب از پنجه پایین‌دست، ترک، فرسایش بتن
- گالری‌های تحتانی: کنترل ترک‌ها، وضعیت تراوش آب و زهکش‌ها، کنترل سطح بتن و شوره‌زدگی
- سرریز: کنترل دریچه و عملکرد آن، کنترل تکیه‌گاه‌ها و کابل‌ها و زنگ‌زدگی تجهیزات دریچه، کنترل درزها و ترک در رویه بالادست سرریز، فرسایش بتن در آبگذر و تاج سرریز، کنترل بتن در کانال هوادهی
- حوضچه آرامش: رسوب‌گذاری، فرسایش لبه‌ها، دیواره و کف وضعیت بتن
- آبگیر: کنترل سطح بتن و لبه‌ها، وضعیت آشغالگیرها، خوردگی و زنگ‌زدگی
- تکیه‌گاه و بستر زمین: بررسی درزها و شکاف‌ها در محل نشیمن بدنه سد و سرریز، بررسی شکاف‌ها در صخره‌های دو جناح، بررسی ریزش سنگ، رسوب‌گذاری و رویش گیاه، حفره‌های فرسایشی، لایه‌های لغزشی، انحلال در آب

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۱- الگوی ارائه اطلاعات ابزار بندی و رفتار نگاری

اطلاعات سامانه پایش و ابزاربندی سد باید به صورت یک بانک اطلاعاتی به روز و منسجم وجود داشته باشد. در مورد هر یک از ابزار مورد استفاده در سد مشخصات زیر باید در طول عملیات پایش و رفتارنگاری ارائه گردد:

- طرح ابزار بندی شامل فهرست ابزارها و نقشه‌های جانمایی ابزارها در مقاطع و نما و پلان سد به‌همراه کد آنها
- هدف و منظور از نصب ابزار مختلف
- جدول مشخصات ابزار شامل نام، نوع، مقطع، نام تولید کننده و نصاب، تراز و مختصات و محل نصب و کد ابزار
- مشخصات نصب و دستورالعمل و نحوه قرائت و تواتر آن
- اطلاعات مربوط به قرائت‌های اولیه و تنظیم (دوران اجرا، زمان آب‌گیری، دوران بهره‌برداری)
- وضعیت عملکرد ابزار از نظر سالم یا مشکوک و معیوب و از کار افتاده بودن
- روش قرائت (دستی، نیمه‌خودکار، خودکار، از راه دور و...) و دقت قرائت ابزار و روال ذخیره اطلاعات (دستی، خودکار، کاغذی، الکترونیکی، بایگانی، ارسال و...)
- مقادیر حدی و کنترلی قرائت‌ها
- نحوه پردازش و پالایش داده‌ها براساس حجم داده‌ها و ابزار مشکوک
- ترسیم نمودارها و جداول مناسب قرائت‌ها از زمان نصب و نیز بازه زمانی دوره ارزیابی

اطلاعات رفتار نگاری باید طوری ذخیره شود که در مواقع لزوم و نیز شرایط اضطراری بتوان اطلاعاتی از قبیل مقادیر حداکثر قرائت‌ها و روند تغییرات و نظایر آن را بلافاصله استخراج نمود. ابزار مهم و ابزاری که سابقه تغییرات یا روند نامناسب قبلی داشته‌اند باید شناسایی و مشخص بوده و در موارد لزوم اطلاعات آنها سریعا قابل دسترسی باشد.

پ.۵-٤-۲- رفتارنگاری و رفتارسنجی

شاخص‌های اصلی رفتارنگاری و رفتارسنجی بر حسب نوع و دستگاه اندازه‌گیری در سد بتنی به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- تراز مخزن
- دما شامل دمای هوا، دمای آب و دمای بتن
- سایر عامل‌های جوی
- شتاب و تغییر مکان ناشی از زلزله
- جابه‌جایی افقی
- جابه‌جایی قائم (نشست)
- شیب‌سنجی
- درزسنجی
- ترک‌سنجی

omoorepeyman.ir

- تنش‌سنجی و نیروسنجی
- کرنش‌سنجی
- فشار آب منفذی و زیرفشار
- نشت و تراوش آب

پ.۵-٤-۲-۱- تراز مخزن

تراز آب مخزن از مهم‌ترین عامل‌های اندازه‌گیری در سدها است. تراز آب باید به طور روزانه و تحت هر شرایطی اندازه‌گیری شود. عواملی مانند بارندگی، رژیم بهره‌برداری، تراوش آب و نفوذپذیری در تراز آب مخزن موثر است. تمام عامل‌های اندازه‌گیری بعدی تابع تراز آب مخزن هستند. با افزایش تراز آب جابه‌جایی‌ها، تغییر شکل‌ها، عمق ترک‌ها و درزها، دبی نفوذ، تراوش، فشارهای منفذی و تنش در جسم سد افزایش می‌یابد. با توجه وضعیت آب و هوایی ایران حداکثر تراز آب در سدها عموما در ماه‌های اردیبهشت و خرداد و حداقل آن در ماه‌های آبان و آذر است.

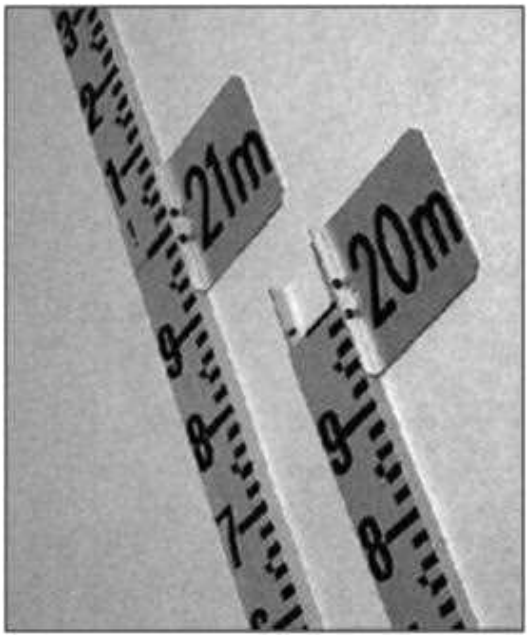
پ.۵-٤-۲-۱-۱- وسایل اندازه‌گیری

وسایل اندازه‌گیری تراز آب مخزن عبارتند از:

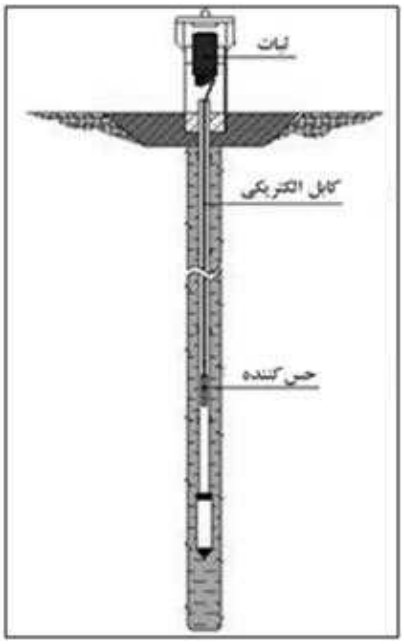
- خط‌کش مدرج نصب شده در وجه بالادست
- تراز الکترونیکی
- نشانگر سطح آب
- ثبت کننده تراز آب

اشل‌های مدرج که در وجه بالادست بلوک‌های سد و یا در دیواره‌های ورودی سرریز نصب می‌شوند و روزانه قرائت می‌گردند در تمام سدها موجود است. شکل زیر نمونه‌ای از این نوع اشل‌ها را نشان می‌دهد. دستگاه الکترونیکی که براساس تعادل فشار آب کار می‌کند به طور اتوماتیک تراز آب را ثبت می‌نماید. در سدهایی که در پایین‌دست، آب عمق قابل توجه دارد تراز پایین‌دست نیز ثبت می‌شود. دستگاه‌های نشانگر و ثبت کننده تراز آب که نمونه آنها در شکل (پ.۵-۱) زیر نشان داده شده‌اند، می‌توانند به صورت قابل حمل یا ثابت مورد استفاده قرار گیرند.

omoorepeyman.ir



الف- اشل‌های مدرج



ب- نحوه عملکرد تراز الکترونیکی

ج- نشانگر سطح آب

د- ثبت کننده تراز آب **Data Logger**

شکل پ.۵-۱- وسایل اندازه‌گیری تراز آب مخزن

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۱-۲- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری تراز آب مخزن و پایین‌دست با ثبت میزان تراز آب از سطح دریای آزاد بر حسب زمان اندازه‌گیری انجام می‌گیرد. دقت اندازه‌گیری معمولا در حد سانتی‌متر است و به محل و جایگاه نصب دستگاه اندازه‌گیر بستگی دارد. در کاربرگ اندازه‌گیری معمولا شرایط خاص احتمالی در زمان اندازه‌گیری هم مشخص می‌شود. تغییرات تراز مخزن در طول زمان معمولا همراه با رسم دبی خروجی‌ها بر حسب زمان به تفکیک (مثلا سرریزهای عادی و اضطراری، تخلیه کننده تحتانی، شیرهای کشاورزی، خروجی آب آشامیدنی، آب‌رسان نیروگاه آبی و ...) نشان داده می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۱-۳- تواتر اندازه‌گیری

در تمام سدها و تحت هر شرایطی تراز آب مخزن باید روزانه اندازه‌گیری شود. در زمان‌های تخلیه عادی و اضطراری تواتر زمانی اندازه‌گیری تراز آب در بالادست و پایین‌دست کوتاه‌تر می‌شود و در هر ساعت یا چند ساعت ثبت می‌گردد.

پ.۵- ٤-۲-۲- دما

اندازه‌گیری دما شامل دمای هوا، دمای آب و دمای بتن از اندازه‌گیری‌های پایه در سدهای بتنی می‌باشد. کلیه اندازه‌گیری‌ها و محاسبات و منحنی‌های سایر عامل‌ها برحسب درجه حرارت و ترازآب رسم می‌شوند. از این‌رو اندازه‌گیری تراز سطح آب و اندازه‌گیری درجه حرارت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

پ.۵-٤-۲-۲-۱- دمای هوا

تغییرات دمای هوا در رویه سراب و پایاب اثر می‌گذارد. هم‌چنین تغییرات دمای آب و دمای بتن تابع تغییر دمای هوا می‌باشد. دمای هوا نه‌تنها در کل سازه و محیط اطراف اثر می‌گذارد بلکه بر روی کارکرد سیستم‌های مکانیکی و ایستگاه‌های اندازه‌گیری نیز اثر دارد.

تاثیر دمای هوا در سدهای خاکی و بتنی وزنی کم‌تر است ولی در سدهای بتنی دوقوسی یکی از بارگذاری‌های مهم اثر درجه حرارت است. جسم سد بتنی دوقوسی در اثر گرم‌شدن هوا (دمای تابستانی) به سمت سرآب حرکت می‌کند و در زمستان حالت عکس یعنی به سمت پایاب تغییرشکل می‌دهد.

پ.۵-٤-۲-۲-۱-۱- وسایل اندازه‌گیری

در اکثر سدهای کشور ایستگاه‌های هواشناسی وجود دارد که در ایستگاه، ترمومترهای ثابت و ثبات جهت اندازه‌گیری دمای هوا نصب شده است. هم‌چنین نصب یک ترمومتر در وجه بالادست بدنه سد جهت دقت بیش‌تر در اطراف بدنه الزامی است. جهت کنترل نیز می‌توان مقدار این دما را با دمای ثبت شده توسط ایستگاه هواشناسی مقایسه کرد. دماسنج‌های اندازه‌گیری هوا از نوع معمولی و جیوه‌ای هستند.

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۲-۱-۲- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری دما معمولا به صورت روزانه در ساعتی از صبح و ساعتی از بعد از ظهر بسته به محل سد جهت ثبت حداقل و حداکثر دمای روزانه انجام شده و در کاربرگ‌هایی درج می‌گردد. تغییرات دمای هوا در طول زمان با مشخص کردن محل و نوع ابزار و ساعت اندازه‌گیری‌ها ثبت می‌شود. در ارائه نمودار داده‌های هوا نمودارهای مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط رسم می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۲-۱-۳- تواتر اندازه‌گیری

ثبت درجه حرارت هوا در تمام سدها انجام می‌گیرد. درجهٔ هوا تاثیر قابل توجه و مهمی در سازه سد بتنی قوسی دارد. ولی درسدهای بتنی وزنی و خاکی نیز داشتن روزانه درجه حرارت هوا به علت کارکرد و دقت دستگاه‌های الکتریکی و هیدرولیکی لازم است. لذا داشتن درجه حرارت هوا به طور روزانه در کلیه سدها و در تمام مراحل بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۲-۲- دمای آب

دمای آب متاثر از دمای محیط می‌باشد. این تاثیر در اعماق سطحی آب زیادتر و در اعماق پایین کم‌تر است. دمای آب صرفا روی سرآب سدها اثر می‌گذارد. در تابستان دمای آب با افزایش عمق کاهش و در زمستان حالت برعکس را دارد. ثبت دمای آب در ترازهای مختلف و در محل‌های مختلف مخصوصا در سدهای بتنی لازم است. امروزه با اندازه‌گیری دمای آب در بالادست و پایین‌دست می‌توان به میزان تراوش آب هم پی برد.

پ.۵-٤-۲-۲-۱- وسایل اندازه‌گیری

اندازه‌گیری دمای آب توسط اقسام دماسنج به صورت زیر انجام می‌پذیرد:

الف- دستگاه‌های ثابت

دمای آب توسط ترمومترهای جیوه‌ای و یا الکترونیکی که در ترازهای مختلف و در بلوک‌های مختلف نصب شده، ثبت می‌گردند.

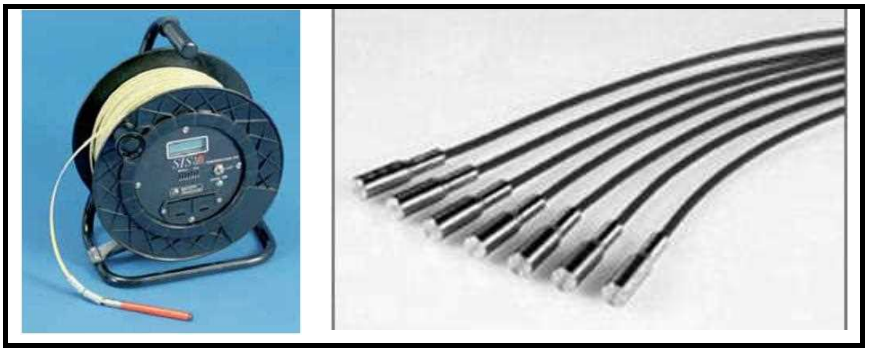
ب- دستگاه‌های متحرک

در خیلی از موارد جهت اندازه‌گیری دمای آب توسط دماسنج‌های غیرثابت (که از نوع مقاومتی هستند) استفاده می‌شود.

دماسنج مقاومتی از یک مقاومت حساس پلاتینی داخل محفظه کپسولی شکل از جنس پلاستیک که خود در داخل یک سیلندر برنجی قرارگفته، تشکیل شده است. یک کابل ۳ رشته سیمی با روکش نئوپرین به آن متصل است که با داخل نمودن آن در آب می‌توان در هرعمقی دما را اندازه‌گیری نمود. در اثر تغییر دما مقاومت پلاتینی تغییرکرده که توسط یک تابلو الکتریکی دما خوانده می‌شود. دقت این وسیله تا دهم درجه حرارت است. دماسنج ضدضربه دراثر تغییردما عکس‌العمل سریع نشان می‌دهد. شکل زیر نمونه‌ای از این نوع دماسنج‌ها را نشان می‌دهد، که دقت آن به عمق اندازه‌گیری و طول کابل بستگی ندارد. نوع دیگر دماسنج،

omoorepeyman.ir

دماسنج میله‌ای است که از نوع دماسنج معمولی می‌باشد و با آن می‌توان حداکثر تا عمق سه متری آب را اندازه‌گیری نمود. برای این کار دماسنج را داخل آب کرده و به مدت ۱۰ دقیقه در داخل آب نگه داشته تا درجهٔ حرارت را نشان دهد.



شکل پ.۵-۲- انواع دماسنج مقاومتی

پ.۵-٤-۲-۲-۲-۲- ثبت اطلاعات

دمای آب در ترازهای مختلف و در عرض‌های متفاوت مخزن در کنار سرآب اندازه‌گیری می‌شود. در کاربرگ ثبت اطلاعات، تاریخ اندازه‌گیری و تراز سطح آب درمخزن ثبت شده، آنگاه در بلوک‌های مختلف در اعماق مختلف دمای آب ثبت می‌شود. بسته به شکل قوسی و ارتفاع سد در اعماق مختلف ترمومتر نصب شده است. در کلیه سدها با هر ارتفاعی حداکثر هفت نقطه در ارتفاع کافی می‌باشد، لذا در کاربرگ ثبت هفت ستون جهت عمق پیش‌بینی می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۲-۲-۳- تواتر اندازه‌گیری

تغییرات دمای آب در کلیه سدهای بتنی باید مشخص گردد. تغییر دمای آب تدریجی است و این نوسانات درطول روز و حتی هفته ناچیز است. تواتر اندازه‌گیری برحسب نوع سد و وضعیت بهره‌برداری در جدول زیر آورده شده است.

جدول پ.۵-۱- تواتر اندازه‌گیری دمای آب در سدها

نوع سد / دوره	سد بتنی وزنی	سد بتنی قوسی
دوره اول (آب‌گیری)	روزانه	روزانه
دوره دوم (۵ سال)	هفتگی	هفتگی
دوره سوم (حالت پایدار)	ماهانه	ماهانه

پ.۵-٤-۲-۲-۳- دمای بتن

دمای بتن در ترازهای مختلف و در فواصل متفاوت در یک مقطع افقی اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری دمای بتن باید دمای آن در وجه بالادست، وجه پایین‌دست و توده‌ی بتن ثبت گردد، آنگاه متوسط آن جهت بررسی‌های بعدی استفاده شود. دمای متوسط بتن جهت بررسی تغییر مکان‌های ناشی از تاثیر درجه حرارت به ویژه در سدهای بتنی دوقوسی بسیار مهم است. هم‌چنین داشتن دمای بتن در مرحله ساخت و عمل‌آوری آن ضروری است.

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۲-۳-۱- وسایل اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری دمای بتن از ترمومترهای الکتریکی که در ترازهای مختلف در فواصل افقی نصب شده‌اند، استفاده می‌گردد. ابزار اندازه‌گیری دمای بتن به صورت کنترل از راه دور و درکابین‌هایی که در گالری‌ها در ترازهای مختلف قرار دارد، خوانده می‌شود. شکل (پ.۵-۳) نمونه‌ای از این نوع ترمومترها را نشان می‌دهد.

شکل پ.۵-۳- ترمومتر الکتریکی دستی

پ.۵-٤-۲-۲-۳-۲- ثبت اطلاعات

دما توسط ترمومتر که در ترازهای مختلف نصب شده‌اند (در هر تراز در فواصل افقی، عموما یکی بالادست، یکی پایین‌دست و دو عـدد در توده بتنی واقع شده‌اند)، ثبت می‌گردد. در حالت نصب ۵ دماسنج در یک مقطع، متوسط دما باتوجه به رابطه‌ی ذوزنقه محاسبه می‌گردد:

$$T_m = \frac{1}{8}(T_1 + 2T_2 + 2T_3 + 2T_4 + T_5)$$

T_1= دما در وجه بالادست

T_4 و T_3و T_2 = دما در توده بتنی

T_5 = دما در وجه پایین‌دست

با تغییر تعداد دماسنج‌ها رابطه فوق تغییر می‌کند.

پ.۵-٤-۲-۲-۳-۳- تواتر اندازه‌گیری

تواترثبت دمای بتن در سدهای بتنی در جدول (پ.۵-۲) آورده شده است:

جدول پ.۵-۲- تواتر اندازه‌گیری دمای بتن در سدها

نوع سد / دوره	سد بتنی وزنی	سد بتنی قوسی
دوره اول	هفتگی	روزانه
دوره دوم	ماهی‌دوبار	هفتگی
دوره سوم	ماهی‌یک‌بار	ماهی‌یک‌بار

omoorepeyman.ir

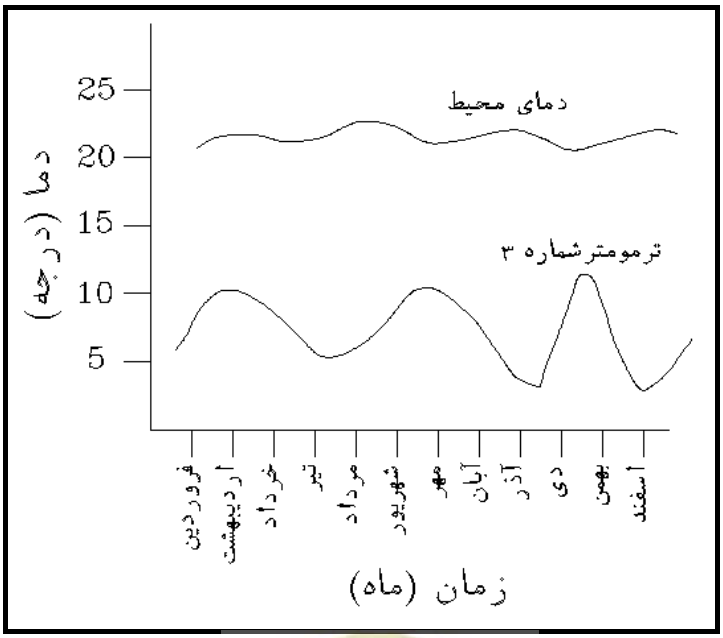
پ.۵-٤-۲-۲-٤- رفتارسنجی اولیه

دمای محیط و بتن روی سایر عامل‌ها از جمله تغییر شکل و کرنش تاثیر مستقیم می‌گذارد و لذا معمولا اثر آن در این قبیل عامل‌ها نیز لحاظ می‌گردد. از طرفی دما روی رفتار و قرائت‌های برخی ابزار مانند کرنش‌سنج تاثیر می‌گذارد و بعضا ممکن است نیاز به تصحیح اطلاعات بر حسب دما نیز به وجود بیاید. در اغلب سدهای بتنی کرنش‌سنج‌ها و دماسنج‌های داخل بتن در مجاورت یا نزدیکی یکدیگر نصب می‌شود تا موارد ذکر شده قابل لحاظ نمودن باشند.

جهت بررسی داده‌ها و تحلیل نتایج ثبت دما باید منحنی‌های زیر رسم گردد:

- منحنی تغییرات دمای حداقل، حداکثر و متوسط هوا برحسب زمان در طول یک‌سال
- منحنی تغییرات دمای حداقل، حداکثر و متوسط آب برحسب زمان در طول یک‌سال
- منحنی تغییرات دمای بتن در مقاطع عرضی سد
- تغییرات زمانی دمای هوا و دمای ترمومترهای مدفون در قسمت‌های مختلف سد. اهمیت این موضوع در سدهای بتنی قوسی در قسمت‌های فوقانی بلوک‌های میانی بدنه بسیار بیش‌تر است.

در مناطق گرمسیر بیشینه تراز آب و درجه حرارت در یک محدوده زمانی و هم‌چنین کمینه تراز آب و کم‌ترین درجه حرارت نیز دریک محدوده‌ی زمانی رخ می‌دهند. در سدهای بتنی قوسی هنگامی که تراز آب حداکثر باشد، حداکثر تغییرشکل به سمت پایین‌دست رخ می‌دهد و هم‌چنین حداکثر تغییرشکل به سمت پایین‌دست در درجه حرارت کمینه اتفاق می‌افتد، به طوری‌که اگر حداکثر تراز آب و حداقل درجه حرارت را داشته باشیم بزرگ‌ترین تغییر شکل به سمت پایین‌دست رخ خواهد داد که این یک حالت بحرانی است و برای سدهای ایران کم‌تر اتفاق می‌افتد.



شکل پ.۵-٤- ترسیم جداگانه تغییرات زمانی دمای هوا و دمای ترمومترهای مدفون در قسمت‌های مختلف سد در رویه بالادست و پایین‌دست در یک نمودار

omoorepeyman.ir

در سدهای قوسی ضخیم و وزنی تغییرات روزانه دمای هوا مهم نیست. زیرا تاثیر دما در بتن تدریجی و کند است و آنچه جهت رفتارسنجی اولیه مهم است تغییرات ماهانه و فصلی آن است. در ترکیب بارگذاری استاتیکی سد بتنی قوسی حالات زیر بارگذاری با داشتن اندازه‌گیری‌های دما و تراز مخزن قابل کنترل است.

۱- وزن سد + فشار آب در تراز حداکثر مخزن+ درجه حرارت متوسط تابستانی

۲- وزن سد + فشار آب در تراز حداکثر مخزن+ درجه حرارت متوسط زمستانی

۳- وزن سد + فشار آب در تراز حداقل+ درجه حرارت متوسط تابستانی

۴- وزن سد + فشار آب در تراز حداقل+ درجه حرارت متوسط زمستانی

بدترین حالت‌ها بارگذاری استاتیکی در سدهای دوقوسی به صورت زیر است:

۱- وزن سد + فشار تراز حداکثر آب مخزن + حداقل دما

۲- وزن سد + فشار تراز حداقل آب مخزن + حداکثر دما

حالت‌های اخیر بیشینه تغییرشکل تاج را می‌دهد. در حالت ۲ در سال‌های خشک‌سالی متوالی که در حداقل تراز آب مخزن قرار داریم حداکثر دما رخ می‌دهد در این صورت بیشینه تغییرشکل شعاعی تاج به سمت بالادست اتفاق خواهد افتاد.

پ.۵-٤-۲-۳-سایر عامل‌های جوی

سایر عامل‌های جوی که در بررسی ایمنی سد مد نظر قرار گرفته و باید اندازه‌گیری شوند عبارتند از:

- عمق یخزدگی خاک و پی در صورت وقوع یخبندان در زمستان و ضخامت یخ روی دریاچه.
- میزان بارش‌های شدید و قابل توجه باران و برف بر حسب میزان بارش (میلی‌متر) یا دبی بارش.

اغلب این شاخص‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی که بعضا در مجاورت سدها احداث می‌شوند، اندازه‌گیری می‌گردند.

پ.۵-٤-۲-٤- ارتعاش

حرکات ارتعاشی بدنه سد معمولا ناشی از زلزله‌های طبیعی و مصنوعی یا القایی مخزن و یا انفجار و عملیات عمرانی در مجاورت سد است. این ارتعاشات باید به منظور اطمینان از رفتار دینامیکی مناسب سد ثبت و بررسی گردند. در سدهای بتنی که نیروگاه برقابی در داخل بدنه یا مجاورت پی قرار داشته باشد، حساسیت دستگاه‌های ثبت ارتعاش باید طوری تنظیم شود که ارتعاشات ناشی از کارکرد عادی نیروگاه و بستن ناگهانی دریچه‌ها از ارتعاش زلزله قابل تفکیک باشد.

پ.۵-٤-۲-٤-۱- وسایل اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات

شتاب زمین در مواقع بروز زلزله و پاسخ بدنه سد با استفاده از شتاب‌نگار در پی، تکیه‌گاه‌ها، بدنه سد و میدان آزاد در تاج و انتهای آن در ترازهای مختلف به صورت تاریخچه زمانی شتاب یا لرزه ثبت می‌گردد. در صورت وجود چند شتاب نگاشت زلزله، تغییرات حداکثر شتاب یا تغییر مکان در تاج سد بر حسب حداکثر شتاب یا تغییر مکان پی یا زمین نیز رسم می‌گردد. به منظور اطلاع از زمان، مکان و عمق کانونی زمین لرزه‌ها در منطقه نیز اقدام به نصب شبکه لرزه‌نگاری می‌شود.

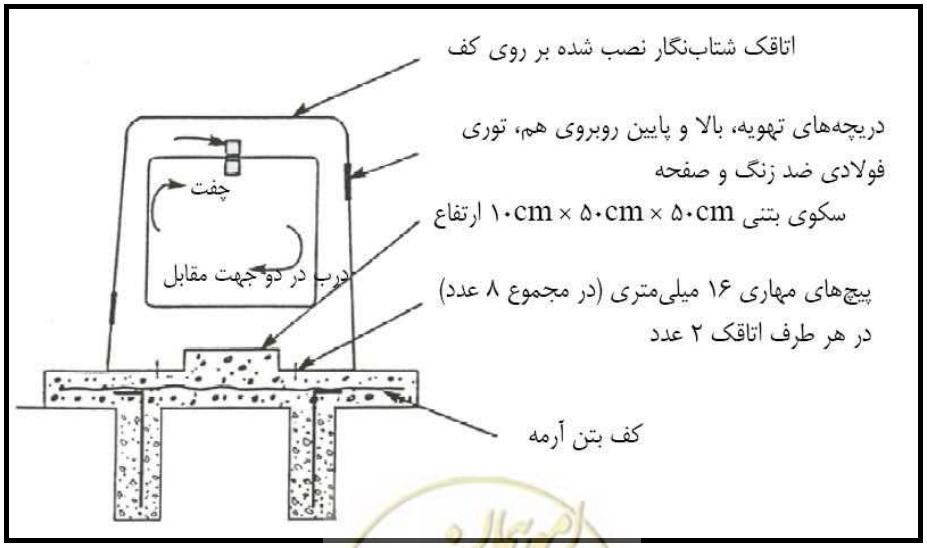
omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-٤-۲- تحلیل داده‌ها

برای بررسی رفتار سد در زلزله‌های مختلف معمولا حداکثر شتاب نقاط مورد اندازه‌گیری بر حسب عامل‌های مختلف زلزله مانند حداکثر شتاب سنگ بستر (یا اغلب همان پی سد) رسم می‌شود. این منحنی میزان بزرگنمایی شتاب در ارتفاع بدنه سد را مشخص می‌نماید. قضاوت بیش‌تر روی خروجی‌های به‌دست آمده از زلزله‌ها نیاز به تحلیل شتاب نگاشت‌ها و تهیه عامل‌های طیفی مربوط دارد. سدهای بتنی معمولا نسبت به زلزله‌ها با شتاب کم‌تر از ۰/۰۵ شتاب ثقل حساس نیستند و لذا در رفتارسنجی نیازی به ثبت و ارائه اطلاعات این زلزله‌ها نمی‌باشد.

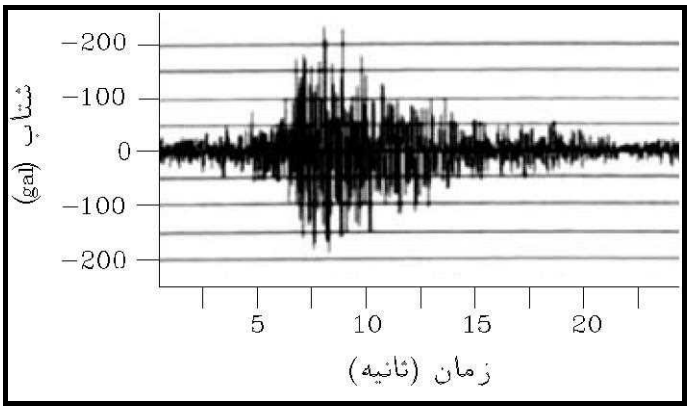
جهت قابل استفاده بودن داده‌های دستگاه‌های شتاب‌نگاری و لرزه‌نگاری، ضمن طراحی و انتخاب جایگاه‌های مناسب و نصب صحیح آنها، حفظ هم‌زمانی دستگاه‌ها و انطباق کامل آنها با ساعت جهانی ضروری می‌باشد. در گزارش‌های سالانه لازم است شتاب نگاشت‌های مربوط به شتاب‌نگارها همراه با مشخصات آنها و نیز رکوردهای زمین لرزه‌ای به وقوع پیوسته ارائه گردد.

شکل پ.۵-۵- نصب شتاب‌نگار در تکیه‌گاه‌ها و بدنه



شکل پ.۵-٦- اتاقک نصب شتاب‌نگار در روی زمین خاکی

omoorepeyman.ir



شکل پ.۵-۷- نمونه شتاب نگاشت ثبت شده توسط یک شتاب‌نگار

پ.۵-٤-۲-۵- جابه‌جایی و تغییر شکل

هرنقطه در فضا در سه راستای (Z, Y, X) امکان حرکت دارد که دو جهت آن در افق (X و Y) و یک جهت آن در قائم (Z) است. علاوه بر آن یک نقطه می‌تواند بدون آنکه هیچ نوعی جابه‌جایی در جهت X، Y و Z داشته باشد چرخش کند و هم‌چنین نسبت به نقطه‌ای دیگر تغییرمکان نسبی داشته باشد. درنقاط مختلف سد، در بلوک‌های بتنی، صخره‌ها و سنگ‌ها باید جابه‌جایی‌ها و چرخش‌ها اندازه‌گیری گردد و میزان جابه‌جایی‌ها بررسی شود. زمانی که تغییر شکل‌ها کوچک و درحد معیارها طراحی تعریف شده باشند، مشکلی نخواهد بود. کلیه تغییر شکل‌ها و جابه‌جایی‌ها را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم نمود:

۱- جابه‌جایی افقی

الف- حرکت به سمت بالادست و پایین‌دست دره (جابه‌جایی شعاعی)

ب- حرکت به سمت چپ و راست دره (جابه‌جایی مماسی)

۲- جابه‌جایی قائم یا نشست

۳- چرخش و انحراف

برای کلیه جابه‌جایی‌ها مبنایی درنظر گرفته می‌شود که آن‌را اندازه‌گیری اولیه یا اندازه‌گیری صفر می‌نامند. این اندازه‌گیری در اولین آب‌گیری مخزن صورت گرفته و به عنوان اندازه‌گیری پایه تعریف می‌گردد.

روش‌های اندازه‌گیری جابه‌جایی‌ها نیز عبارتند از:

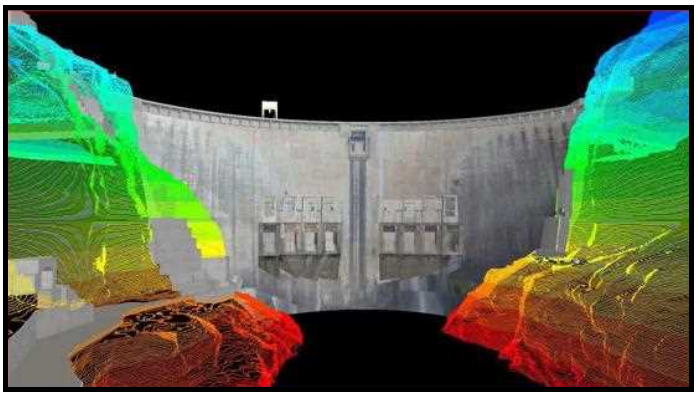
- جابه‌جایی‌های سطحی در نقاط نقشه‌برداری یا ژئودزی (با ذکر روش و دقت دستگاه) در تاج و رویه و تکیه‌گاه‌ها
- جابه‌جایی افقی نسبت به راستای قائم با پاندول مستقیم و معکوس (Plumbline) یا انحراف‌سنج (Tiltmeter) که در کل ارتفاع نیاز به چند عدد از آن می‌باشد.
- جابه‌جایی‌های قائم با نشست‌سنج (Settlement plate)
- جابه‌جایی نسبی پی یا تکیه‌گاه با بدنه با کشیدگی‌سنج (Extensiometer) یا شیب‌سنج (Inclinometer)
- جابه‌جایی درزها و ترک‌ها با درز سنج (Jointmeter) و ترک‌سنج (Crackmeter)

omoorepeyman.ir

جابه‌جایی‌های سطحی و افقی و قائم به‌عنوان جابه‌جایی‌های هندسی مستقیم در این بخش مورد بررسی قرار گرفته و جابه‌جایی‌های نسبی و تغییر شیب‌ها و حرکات و بازشدگی درزها و ترک‌ها به‌عنوان جابه‌جایی‌های غیرمستقیم و موضعی در ادامه آنها ارائه می‌گردد.

پ.۵-٤-۲-۵-۱- جابه‌جایی‌های سطحی سه بعدی

روش اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های سطحی بدنه سد و تکیه‌گاه‌ها استفاده از نقشه‌برداری دقیق یا عملیات ژئودزی است که با دوربین‌های مخصوص (یا اسکنرهای لیزری) جابه‌جایی‌های سه بعدی نشانه‌های تعبیه شده در نقاط مختلف را در فواصل زمانی معین برداشت و ثبت می‌کنند. برداشت‌ها می‌تواند با دوربین‌های ثابت اتوماتیک، سیستم‌های GPS و یا با عملیات صحرایی صورت پذیرد. در قرائت‌های لیزری توپوگرافی بدنه و تکیه‌گاه‌ها برداشت شده و پس از پردازش کامپیوتری توسط دستگاه بردارهای تغییر شکل نسبی در دو زمان مشخص و نیز کانتور نشست یا تغییر شکل سطحی نسبی در دو زمان مشخص ترسیم می‌شود. در صورت استفاده از پردازش دستی برداشت‌ها، معمولا نتایج تغییر شکل سه بعدی نقاط مختلف بر حسب زمان و نیز بر حسب تراز آب مخزن ترسیم می‌شود. در سدهای بتنی این نمودارها برای نقاط تراز تاج سد معنی‌دار و قابل استفاده و قضاوت می‌باشد.



شکل پ.۵-۸- برداشت لیزری و ضعیت سد و تکیه‌گاه‌ها در فواصل زمانی مختلف توسط اسکنر

پ.۵-٤-۲-۵-۲- جابه‌جایی در افق

علاوه بر جابه‌جایی‌های سطحی با استفاده از ابزار تعبیه شده در داخل بدنه سد می‌توان تغییر شکل‌های جسم سد را اندازه‌گیری نمود. سدهای بتنی تحت فشار آب و درجه حرارت انحرافی نسبت به خط قائم خواهند داشت. در هر تراز مقدار این انحراف قابل اندازه‌گیری است. این جابه‌جایی‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند. جابه‌جایی‌هایی که در سمت بالادست (با علامت منفی) و پایین‌دست (با علامت مثبت) دره باشند، به نام تغییرشکل شعاعی و تغییر شکل‌ها به سمت چپ (با علامت منفی) و راست (با علامت مثبت) دره را تغییر شکل‌های مماسی می‌نامیم.

- تغییرشکل شعاعی

علت تغییرشکل شعاعی ناشی از عوامل تغییر درجه حرارت، تراز آب، تکرار بار، وزن سد، خزش بتن و تفاوت مدول الاستیسیته بتن با صخره و خاک می‌باشد.

omoorepeyman.ir

تغییر شکل شعاعی در بلوک‌های مختلف و در ترازهای متفاوت صورت می‌گیرد.

- تغییر شکل مماسی

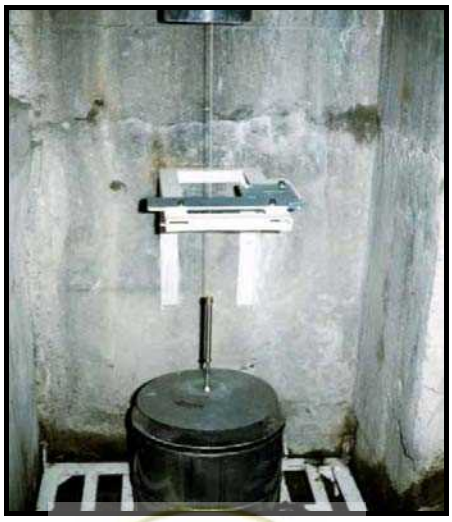
تغییرشکل در افق به سمت چپ و راست دره را تغییرشکل مماسی گویند. در اثر افزایش سطح آب، بلوک‌ها تحت فشار آب از طرفین به سمت دره حرکت می‌کند و تنها بلوکی که تغییر شکل مماسی قابل توجهی نخواهد داشت بلوک مرکزی است. میزان تغییر شکل‌های مماسی تابع زاویه قرارگیری و فاصله افقی بلوک تا محور سد است. کلیه تغییر شکل‌های شعاعی و مماسی تناوب رفت و برگشتی در طول سال دارند و نشان‌دهنده محدوده تغییرشکل آن است. جهت بررسی رفتار سد تعریف محدوده تغییرشکل مجاز بسیار مهم است.

پ.۵-٤-۲-۵-۲-۱- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری تغییر مکان افقی (شعاعی و مماسی) از پاندول مستقیم و معکوس و انحراف‌سنج استفاده می‌شود.

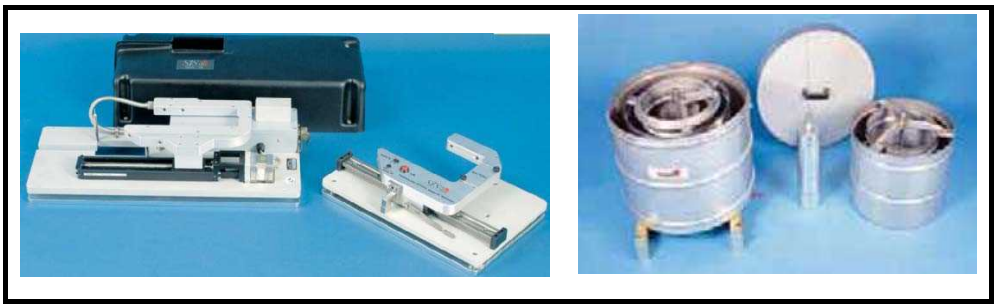
- پاندول مستقیم یا معلق

پاندول مستقیم نقطه اتکایی در تاج یا دیگر ترازهای سد دارد و توسط سیم فولادی ضدزنگ به قطر ۱ تا ۳ میلی‌متر (بسته به ارتفاع پاندول) به یک وزنه معلق متصل است. وزنه در داخل ظرفی پر از روغن قرار گرفته تا همیشه حرکات آن آرام باشد. شکل (پ.۵-۹) نمونه‌ای از این نوع پاندول‌ها را نشان می‌دهد. در ترازهای مختلف ارتفاع سد تغییرات پاندول اندازه‌گیری می‌شود. نقطه اتکا چسبیده به سد و حرکات پاندول تابع دو حرکت شعاعی و مماسی بدنه می‌باشد. هرگاه سد به طرف پایاب حرکت کند پاندول مستقیم نیز به همان طرف حرکت می‌کند. پاندول مستقیم که برای اندازه‌گیری حرکات جسم سد به کار می‌رود معمولا در حداقل دو تا سه بلوک عمودی سد که دارای بیش‌ترین ارتفاع هستند همراه با پاندول معکوس تعبیه می‌گردد.



شکل پ.۵-۹- نحوه نصب و قرارگیری پاندول مستقیم

omoorepeyman.ir



شکل پ.۵-۱۰- دستگاه قرائت سنج انحرافات کابل و مخزن پاندول مستقیم

- پاندول معکوس

پاندول معکوس به صورت وارونه نسبت به پاندول مستقیم می‌باشد. نقطه اتکا در پایین قرار دارد و وزنه معلق شناور در بالا بوده و مشخصات آن مانند پاندول مستقیم است. هرگاه سد به طرف پایاب حرکت کند پاندول معکوس به طرف سرآب حرکت خواهد کرد. پاندول معکوس جهت اندازه‌گیری حرکات پی سد به‌کار می‌رود. جهت افزایش دقت اندازه‌گیری پاندول باید ظرف روغن آن همیشه پر و تمیز، سیم پاندول مستقیم و بدون تاب‌خوردگی و از وزش باد و حرکات نوسانی دور باشد.

شکل پ.۵-۱۱- دستگاه قرائت سنج انحرافات کابل پاندول معکوس

شکل پ.۵-۱۲- نحوه نصب و قرارگیری پاندول معکوس

- انحراف‌سنج

جهت اندازه‌گیری انحراف یا چرخش بلوک‌های بتنی نیز از انحراف‌سنج استفاده می‌شود. این ابزار مشابه پاندول ولی با طول کوتاه‌تر چرخش بلوک‌های بتنی را اندازه‌گیری می‌نماید. با استفاده از چند انحراف‌سنج در ارتفاع سد می‌توان همان کار پاندول‌ها را

omoorepeyman.ir

انجام داد. برای اندازه‌گیری چرخش نسبت به امتداد قائم می‌توان از انحراف‌سنج سیار نیز استفاده نمود که نمونه آن در شکل نشان داده شده است. تغییرات شیب در بلوک‌هایی از سد که در آنها پاندول نصب نشده است با انحراف‌سنج‌های سیار امکان‌پذیر است.

شکل پ.۵-۱۳- انحراف‌سنج سیار (Tiltmeter)

پ.۵-٤-۲-۵-۲-۲- ثبت اطلاعات

در کاربرگ ثبت اطلاعات پاندول‌ها، تاریخ اندازه‌گیری و تراز سطح آب ثبت می‌شود و با داشتن اندازه‌گیری‌های اولیه میزان جابه‌جایی‌ها در بلوک‌ها و ترازهای مختلف به‌دست می‌آید. جابه‌جایی‌های به‌دست آمده از پاندول‌های مستقیم و معکوس به صورت یک‌جا بررسی شده و جابه‌جایی‌های بلوک‌های مورد نظر نسبت به راستای قائم در زمان‌های مختلف یا ترازهای مختلف مخزن سد ترسیم می‌گردد. در ثبت اطلاعات پاندول‌ها لازم است تبدیل مقادیر جابه‌جایی نسبی پاندول‌های مستقیم به مقادیر مطلق جابه‌جایی مد نظر قرار گیرد. جهت قراردادی جابه‌جایی به سمت پایین‌دست مثبت و به سمت بالادست منفی است.

پ.۵-٤-۲-۵-۲-۳- تواتر اندازه‌گیری

تواتر اندازه‌گیری تغییر شکل‌ها بسته به نوع سد و شرایط بهره‌برداری در جدول (پ.۵-۳) آورده شده است.

جدول پ.۵-۳- تواتر اندازه‌گیری تغییر شکل در سدها

نوع سد / دوره	سد بتنی وزنی	سد بتنی قوسی
مرحله اول	روزانه	روزانه
مرحله دوم	هفتگی	هفتگی
مرحله سوم	ماهی یک‌بار	ماهی دوبار

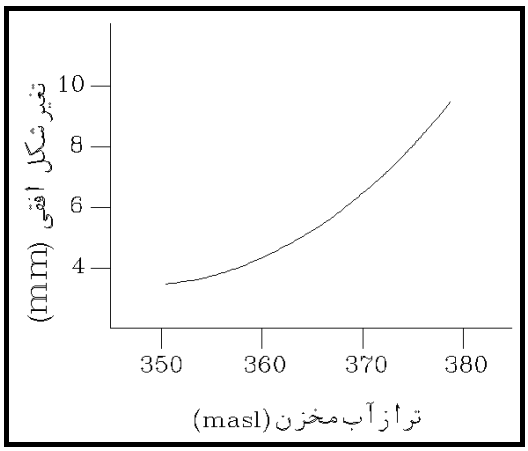
پ.۵-٤-۲-۵-۲-٤- رفتارسنجی

در آب‌گیری اولیه به علت اضافه‌شدن بار جدید به پی و حرکت پی به سمت پایاب، پاندول حرکتی به سمت سراب را نشان می‌دهد. به مرور زمان در اثر افزایش تراز آب حرکت سد به سمت پایاب خواهد بود. حرکات ناگهانی پاندول اگر در اثر ضربه یا باد نباشد به‌خاطر زمین‌لرزه یا تغییرات تکتونیکی منطقه خواهد بود. تخلیه یا آب‌گیری سریع نیز سبب حرکت غیرطبیعی پاندول می‌شود. تغییرات در پاندول مستقیم سریع ولی در پاندول معکوس به مرور زمان است. حرکات پاندول مستقیم و معکوس الزاما تابع یکدیگر نبوده و هر یک به‌صورت مستقل عمل می‌نمایند. پاندول معکوس حرکت پی را نشان می‌دهد و درصورتی‌که حرکت آن بیش‌تر از پاندول مستقیم باشد نشان‌دهنده

omoorepeyman.ir

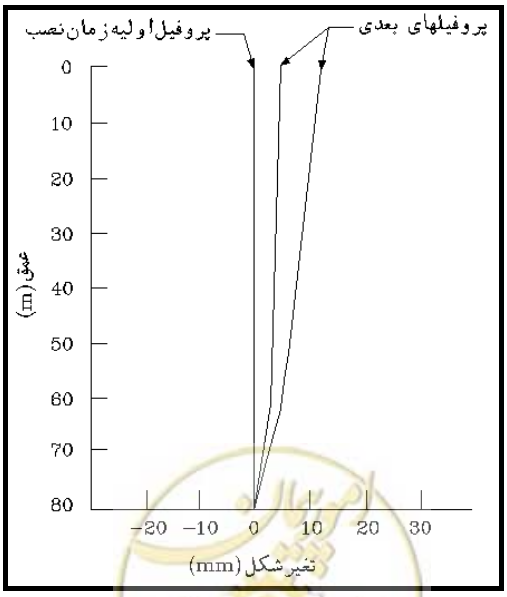
رفتار پلاستیک پی است. با استفاده از اندازه‌گیری در چند سال و داشتن آمار می‌توان منحنی حرکات و محدوده حرکت پاندول را در طول یک‌سال بر حسب تراز آب مخزن رسم نمود. اطلاعات تغییر شکل افقی بدنه به صورت‌های زیر رسم می‌شوند:

- جابه‌جایی افقی مطلق یا نسبی (نسبت به پی) نقاط حساس مانند تاج بر حسب تراز آب در مخزن. تغییرات این منحنی باید با منحنی به‌دست آمده از تحلیل و طراحی اولیه سد تطابق کلی داشته باشد. هرگونه عدم تناسب مستقیم ناگهانی این تغییر شکل با افزایش یا کاهش تراز آب مخزن باید به‌دقت بررسی شود.



شکل پ.۵-۱۴- تغییرات جابه‌جایی افقی بر حسب تراز آب مخزن

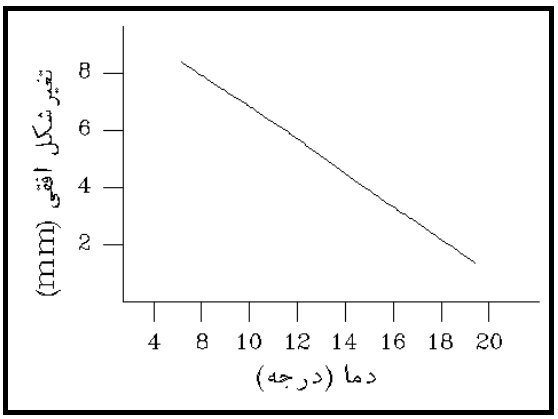
- پروفیل تغییرات تغییر شکل یا جابه‌جایی افقی در ارتفاع. این نمودار شامل پروفیل اولیه زمان نصب، پروفیل زمان آب‌گیری و پروفیل‌های دیگر در زمان‌های مختلف با ذکر تراز آب مخزن می‌باشد. این پروفیل در زمان‌های خاص مانند تخلیه سریع مخزن، تخلیه رسوب و سایر شرایط مشابه نیز باید ثبت و ارائه گردد. جابه‌جایی‌های حاصل از نقشه‌برداری رویه بدنه هم معمولا در پلان جانمایی سد به صورت بردار نشان داده می‌شود. جابه‌جایی‌های کلی افقی در مقاطع مختلف بدنه نیز معمولا بر حسب ارتفاع یا تراز از سطح آزاد دریا بر حسب متر (masl) برای زمان‌های مختلف رسم می‌شود.



شکل پ.۵-۱۵- تغییر شکل‌های به‌دست آمده از انحراف‌سنج بر حسب عمق در زمان‌های یا مقاطع مختلف

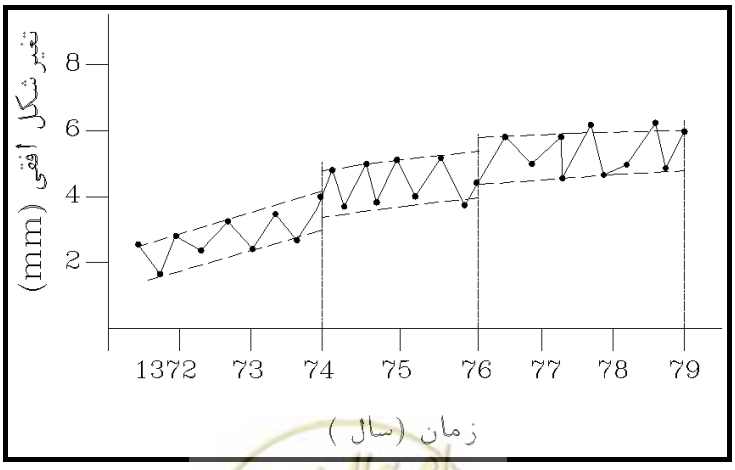
omoorepeyman.ir

- جابه‌جایی افقی نقاط حساس برحسب تغییرات دمای محیط. در سدهای بتنی قوسی دما تاثیر قابل توجهی بر تغییرات جابه‌جایی می‌گذارد. معمولا با افزایش دما در این سدها جابه‌جایی‌هایی به سمت بالادست ایجاد می‌شود. با کاهش دما نیز تغییرات جابه‌جایی به سمت پایین دست با جابه‌جایی‌های ناشی از افزایش تراز آب همسو می‌شوند. رسم این منحنی برای تراز ثابت آب معنادار و قابل بررسی و قضاوت می‌باشد. پوش جابه‌جایی‌ها در دماها و ترازهای مختلف باید رسم شده و مبنای بررسی نهایی قرار گیرد.



شکل پ.۵-۱۶- تغییرات جابه‌جایی افقی بر حسب دمای محیط

- تغییرات کلی جابه‌جایی و تغییر شکل در طول زمان. برای این منظور اولین کار تفکیک تغییر شکل‌های گذرا و دایم می‌باشد. اثرات رفت و برگشتی یا تناوبی دما و تراز مخزن بر تغییر شکل‌ها با برازش خطی محدوده تغییرات در بازه‌های زمانی مناسب مشخص و قابل تفکیک می‌شوند. بدین ترتیب روند کلی تغییر شکل‌ها و خصوصا تغییر شکل‌های ماندگار سد قابل تشخیص و استخراج است. معمولا سدهای مختلف بسته به نوع و خصوصیات کلی آنها از روند تاریخچه زمانی تغییر شکلی خاصی در طول عمر خود تبعیت می‌نمایند. نرخ افزایش تغییر شکل در سد بتنی عموما با گذشت زمان روند کاهشی را طی می‌کند.



شکل پ.۵-۱۷- تفکیک تغییر شکل‌های گذرا و دایم با برازش خطی محدوده تغییرات در بازه‌های زمانی مناسب

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۵-۳- جابه‌جایی قائم (نشست)

کنترل حرکات عمودی که به صورت تغییرشکل به سمت پایین یا نشست و تغییر شکل به سمت بالا یا بالاآمدگی است در ترازهای متفاوت آب مخزن و زمان‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد.

نشست‌های ناگهانی و یا نشست‌های تحکیمی بزرگ احتمال ناپایداری در توده‌های سنگی، خاک، پی سد و جسم سد را دارد. در سدهای بتنی اندازه‌گیری نشست در لایه‌های زمین و سنگ‌های زیرسد انجام می‌گیرد و در سدهای خاکی کنترل نشست یا بالاآمدگی (تورم) در لایه‌های خاکریز نیز اندازه‌گیری می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۵-۳-۱- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری تغییر مکان‌های قائم در اعماق مختلف و در لایه‌های مختلف زمین از دستگاه‌های نشست‌سنج استفاده می‌گردد. این دستگاه‌ها در دو نوع نشست‌سنج مغناطیسی و نشست‌سنج هیدرولیکی می‌باشند.

اصول کلی اندازه‌گیری نشست‌سنج بدین ترتیب است که فاصله نقاط مشخصی از چاه نسبت به نقطه ثابت (لبه یا کف چاه) در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد. از این‌رو در نقاط مختلف چاه‌های حفر شده که در آن لوله‌های حفاظ قرار داده می‌شود که این لوله‌ها در نقاط مختلف دارای حلقه‌های فلزی هستند. هنگام عبور کابل و وسیله اندازه‌گیری در مقابل حلقه موقعیت آن در دستگاه ثبت می‌گردد و باتوجه به موقعیت قبلی میزان نشست آن تعیین می‌گردد. این وسیله فقط در سدهای خاکی کاربرد دارد.

- نشست‌سنج مغناطیسی

نشست‌سنج الکترومغناطیسی از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

الف- لوله حفاظ: لوله حفاظ جدار چاه از لوله‌های PVC در قطعاتی به طول ۲ متر و قطر داخلی ۵۳ میلی‌متر تشکیل گردیده و در وسط هرقطعه یک حلقه فلزی کار گذاشته شده است.

ب- دوک و کابل: دوک نشست‌سنج از بدنه پلاستیکی با دو انتهای فلزی تشکیل شده است که در داخل آن یک نوسان‌ساز الکترومغناطیسی تعبیه شده که در مقابل حلقه‌ها تغییر نوسان می‌دهد. این دوک توسط یک کابل حمل می‌شود، طول کابل ۱۲۰ متر می‌باشد که به دور قرقره‌ای پیچیده شده است.

ج- شاسی: قرقره، کابل و دوک مجموعا روی یک چهارپایه قرار دارند که به آن شاسی دستگاه گویند.

شکل پ.۵-۱۸- نشست‌سنج مغناطیسی

omoorepeyman.ir

د- گالوانومتر: هنگامی که دوک دستگاه مقابل حلقه فلزی قرار می‌گیرد دچار نوسان می‌گردد که نوسان مخابره شده در گالوانومتر ثبت می‌شود و باتوجه به اندازه‌گیری مبنا و کالیبره‌شدن دستگاه میزان نشست مشخص می‌گردد. شکل (پ.۵-۱۸) نمونه‌ای از این نوع نشست‌سنج‌ها را نشان می‌دهد.

- نشست‌سنج هیدرولیکی

نشست‌سنج هیدرولیکی براساس حرکت مایعات (آب) در لوله‌های رابط U شکل کار می‌کند. این لوله‌ها در یک سلول در داخل بلوک سیمانی در محل موردنظر قرار می‌گیرد. سلول به وسیله یک لوله پلاستیکی به لوله مدرجی که در اتاق اندازه‌گیری قرار دارد، متصل می‌باشد. در هر مرحله اندازه‌گیری آب بدون هوا وارد لوله شده و بسته به تراز آن ارتفاع آب در داخل لوله مدرج در اتاق اندازه‌گیری تغییر می‌کند. بنابراین نشست سلول به وسیله پایین‌آمدن ارتفاع آب در داخل لوله مدرج اندازه‌گیری می‌شود. شکل (پ.۵-۱۹) نمونه‌ای از نشست‌سنج‌ها را نشان می‌دهد. تغییرات دما و حرکات افقی لایه‌ها برروی این دستگاه بی‌تاثیر است.

شکل پ.۵-۱۹- نشست‌سنج هیدرولیکی

پ.۵-٤-۲-۵-۳-۲- ثبت اطلاعات

برای اندازه‌گیری نشست لایه‌های زمین، خاکریز و زیرپی از نشست‌سنج استفاده می‌گردد. با ارسال دوک دستگاه به درون چاه موقعیت لایه‌ها مشخص می‌گردد و اندازه‌ها در کاربرگ‌های مخصوص ثبت می‌گردد. اندازه‌گیری نشست در مرحله بهره‌برداری صرفا در سدهای خاکی انجام می‌گیرد. در سدهای بتنی که روی سنگ بستر قرار می‌گیرند نشست‌ها عمدتا قابل صرف‌نظر است. در سدهای کوتاه بتنی و بندها که روی آبرفت واقع می‌شوند اندازه‌گیری نشست‌ها و تمهیدات کنترل آنها مورد توجه واقع می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۵-٤- جابه‌جایی نسبی بدنه نسبت به پی و تکیه‌گاه‌ها

جهت اندازه‌گیری جابه‌جایی نسبی بدنه نسبت به پی و تکیه‌گاه‌ها از کشیدگی‌سنج و شیب‌سنج استفاده می‌شود.. اندازه‌گیری بازشدگی درزهای بین بدنه و پی و بدنه و تکیه‌گاه‌ها با کشیدگی‌سنج صورت می‌پذیرد. کشیدگی‌سنج در زوایای مختلف و معمولا عمود بر سطح تماس بدنه و پی قرار می‌گیرد و جابه‌جایی نسبی بدنه با سنگ پی یا تکیه‌گاه را اندازه‌گیری می‌نماید. میزان کج‌شدگی یا چرخش سد و نیز چرخش توده سنگی در امتدادهای سراب، پایاب و چپ و راست سد باید تحت کنترل باشد و مرتب اندازه‌گیری گردد. این اندازه‌گیری را شیب‌سنجی نامند. شیب‌سنجی باید در ترازهای مختلف سد، پی و بستر سنگی انجام گیرد شیب‌یابی در دوره

omoorepeyman.ir

آب‌گیری در قوس و تاج سد بسیار مهم است. در سدهای بتنی خصوصا قوسی، حرکات تکیه‌گاه‌ها می‌تواند اثر مستقیم بر رفتار بدنه سد گذاشته و از این لحاظ باید تحت کنترل قرار گیرند.

پ.۵-٤-۲-۵-٤- ۱- وسایل اندازه‌گیری

- کشیدگی‌سنج

کشیدگی‌سنج‌ها نیز انواع مختلف دارند که از جمله آنها می‌توان به نوع مغناطیسی، نوع ثابت، نوع مدفون، نوع دیجیتال سیار و نوع مهاری اشاره نمود. کشیدگی‌سنج بین دو نقطه مشخص مهار شده و جابه‌جایی نسبی بین آنها را ثبت می‌نماید. این جابه‌جایی در محل تماس بتن با خاک یا سنگ بر حسب زمان اندازه‌گیری و ترسیم می‌شود.

شکل پ.۵-۲۰- کشیدگی‌سنج مغناطیسی و نحوه استقرار آن

شکل پ.۵-۲۱- کشیدگی‌سنج مدفون

شکل پ.۵-۲۲- کشیدگی‌سنج ثابت

omoorepeyman.ir

- شیب‌سنج

جهت اندازه‌گیری شیب از دستگاهی بنام شیب‌یاب استفاده می‌شود که از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

- یک میله کاملا افقی به‌طول یک‌تر
- دو تکیه‌گاه در طرفین میله
- دو تراز ثابت جهت افقی‌نمودن دستگاه در افق و یک تراز متغیر با درجات میکرومتری
- تکیه‌گاه ثابت نصب شده در بدنه

شیب‌یاب را روی تکیه‌گاه‌ها قرار می‌دهند و توسط دو تراز ثابت، کاملا افقی نموده و با استفاده از تراز متغیر، میزان کج‌شدگی یا چرخش اندازه‌گیری می‌شود. شکل (پ.۵-۲۳) نمونه‌ای از این نوع شیب یاب‌ها را نشان می‌دهد.

با استفاده ازقرائت اولیه میزان چرخش به‌دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{L_1 - L_2}{2}$$

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0$$

L_1 = میزان چرخش به طرف سرآب یا راست

L_2 = میزان چرخش به طرف پایاب یا چپ

α= زاویه شیب فعلی

α_0 = زاویه اولیه شیب

$\Delta\alpha$ = میزان شیب

شکل پ.۵-۲۳- شیب یاب ثابت تیری شکل(Inclinometer)

برای افزایش دقت اندازه‌گیری باید اثرات تغییر درجه حرارت، باد و ضربه به دستگاه حذف گردد. لذا اندازه‌گیری باید در محل‌هایی دور از گردش هوا، باد و لوازم گرمازا مانند چراغ انجام گیرد. مقدار نهایی معمولا از متوسط دو اندازه‌گیری چپ و راست به‌دست می‌آید. نوع دیگر شیب یاب هم به صورت شیب یاب سطحی است که نمونه آن در شکل زیر نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

شکل پ.۵-۲٤- شیب‌یاب سطحی

شکل پ.۵-۲۵- نحوه قرارگیری شیب یاب سطحی (Inclinometer)

پ.۵-٤-۲-۵-٤-۲- ثبت اطلاعات

دو عامل اصلی در ثبت و اندازه‌گیری شیب، تراز آب مخزن و زمان اندازه‌گیری است. میزان تغییر شیب در تکیه‌گاه‌های سدهای بتنی و بلوک‌ها یا سایر سازه‌های بتنی وابسته بر حسب تراز آب رسم می‌شود. این منحنی‌ها برای زمان‌های مختلف می‌تواند روی یک نمودار نشان داده شود. روند کلی تغییرات سالانه و فصلی تغییرات شیب در طول عمر سد ملاک مهمی برای قضاوت مهندسی در این مورد خواهد بود. در مورد چرخش یا انحراف بلوک‌های بتنی که توسط انحراف‌سنج اندازه‌گیری می‌شود نیز مشابه پاندول‌ها عمل می‌گردد.

جابه‌جایی کشیدگی‌سنج بسته به جهت آن در پروفیل بدنه سد به مولفه‌های افقی و قائم قابل تبدیل می‌باشد. جهت قراردادی جابه‌جایی برای بازشدگی یا کشیدگی مثبت و برای جمع شدگی یا فشردگی منفی در نظر گرفته می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۵-٤-۳- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری کج‌شدگی در پی و بدنه سدهای بتنی در دوره ساخت و آب‌گیری اهمیت بسیار زیادی دارد. در سدهای خاکی عموما دستگاه شیب‌سنجی به این شکل به‌کار نمی‌رود. تناوب اندازه‌گیری شیب‌سنجی و کشیدگی‌سنجی در سدها به صورت جدول (پ.۵-۴) پیشنهاد می‌گردد.

omoorepeyman.ir

جدول پ.۵-٤- تواتر اندازه‌گیری شیب‌سنجی و کشیدگی‌سنجی

نوع سد / دوره	بتنی وزنی	بتنی قوسی
مرحله اول	هفتگی	هفتگی
مرحله دوم	ماهی دوبار	ماهی دوبار
مرحله سوم	ماهانه	ماهانه

پ.۵-٤-۲-۵-٤-٤- رفتارسنجی و اندازه‌گیری

حرکات نسبی بین بدنه و پی و تکیه‌گاه‌ها نیز معیار مهمی در بررسی پایداری محسوب می‌شوند. در سدهای بتنی افزایش زیر فشار یا برکنش با افزایش کشش در کشیدگی‌سنج رابطه مستقیم دارد. با توجه به وابستگی تغییرات برکنش به تراز آب مخزن، رفتار کشیدگی‌سنج نیز با تراز آب ارتباط مستقیم خواهد داشت.

نتایج بررسی داده‌های کشیدگی‌سنج می‌تواند برای بررسی کلیه حرکات تهدید کننده ناپایداری بلوک‌های اصلی سد به‌کار گرفته شود. در تفسیر نتایج این ابزارها حرکات تجمعی و کلی بلوک در طول زمان نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حالت در صورت نیاز مقادیر نسبی کالیبره شده با مقادیر اولیه تغییر شکل و جابه‌جایی جمع می‌شوند.

شیب‌سنجی در سدهای بتنی در محل اتصال پی به سنگ در مرحله ساخت و آب‌گیری اهمیت زیادی دارد. ایستگاه‌های شیب‌سنجی در گالری پی در نزدیکی سنگ و نیز بدنه سد قرار داده می‌شود و جهت اندازه‌گیری تغییر شیب به‌کار می‌رود. این چرخش در دو جهت سراب- پایاب و چپ- راست اندازه‌گیری می‌شود.

در دوره آب‌گیری مخزن در داخل قوس و تاج سد شیب‌سنجی به طور مرتب و هفتگی انجام می‌شود و چرخش تاج ناشی از افزایش تراز آب به‌دست می‌آید. پس از پایدار شدن رفتار سازه اهمیت شیب‌سنجی صرفا جهت ثبت پدیده‌های خاص مانند زلزله یا لغزش توده سنگی می‌باشد. با استفاده از اندازه‌گیری شیب‌سنجی درچند سال و داشتن آمارهای متوالی می‌توان منحنی محدوده‌ی تغییرات شیب را در طول یک‌سال و برحسب تراز آب رسم نمود.

پ.۵-٤-۲-۵-۵- درزسنجی

اندازه‌گیری بازشدگی درزهای بین بلوک‌ها یا بین بدنه و پی و بدنه و تکیه‌گاه‌ها و درزهای داخل پی یا تکیه‌گاه‌ها معیار دیگر کنترل تغییر شکل‌های داخلی است.

پ.۵-٤-۲-۵-۵-۱- وسایل اندازه‌گیری

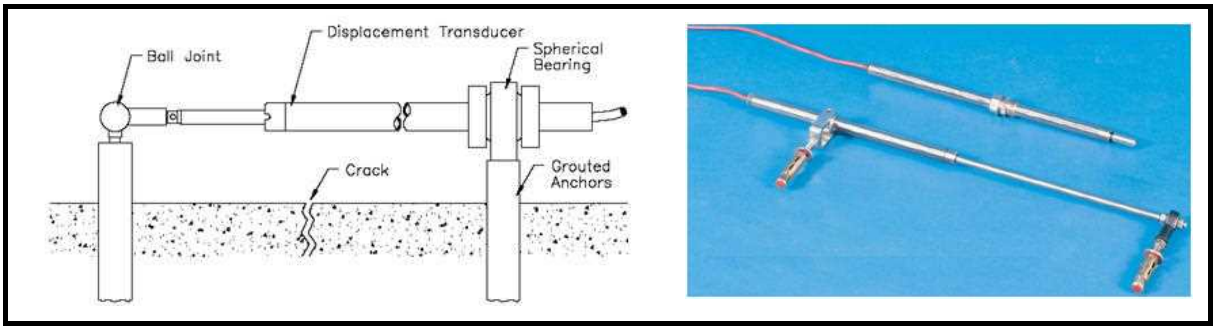
جهت اندازه‌گیری بازشدگی درزهای بین بلوک‌ها در سدهای بتنی از وسیله‌ای بنام درزسنج (Jointmeter) استفاده می‌گردد. درزسنج در ترازها و بلوک‌های مختلف سد نصب می‌شود. اندازه‌گیری درزهای اتصال بین بلوک‌های بتنی بدین ترتیب است که مقدار بازشدگی یا بسته‌شدگی درزها پس از تزریق سیمان در مرحله ساخت اندازه‌گیری و یک‌پارچگی سازه بررسی می‌گردد. در مراحل

omoorepeyman.ir

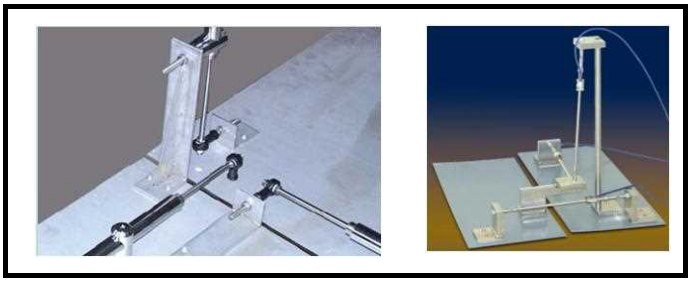
آب‌گیری و بهره‌برداری حرکات بلوک‌ها و درزهای بین آنها (ناشی از تغییرات سطح آب و نیز تغییر درجه حرارت فصلی) بررسی می‌شود. جهت اندازه‌گیری فاصله درزها از دو نوع دستگاه درزسنج به شرح زیر استفاده می‌شود:

- درزسنج الکتریکی

این درزسنج دارای سه قسمت است که حرکات درز را در یک تا سه جهت نشان می‌دهد. دو نقطه ثابت در طرفین درز در داخل بتن نصب می‌شود و قسمت میانی آن قابل ارتجاع است. کم و زیاد شدن فاصله درز سبب تغییر طول شده که این تغییر طول به صورت تغییر مقاومت در سیم‌پیچ دستگاه ظاهر می‌شود که برحسب میلی‌متر یا اینچ میزان بازشدگی درز را اعلام می‌کند. شکل (پ.۵-۲۶) نمونه‌ای از این نوع درزسنج‌ها را نشان می‌دهد. کارگذاری این نوع درزسنج در بتن مشکلاتی را دارد و به‌خاطر اتصالات الکتریکی در صورت سرویس‌نشدن مکرر و بهره‌برداری نامناسب دستگاه کارآیی لازم را نخواهد داشت.

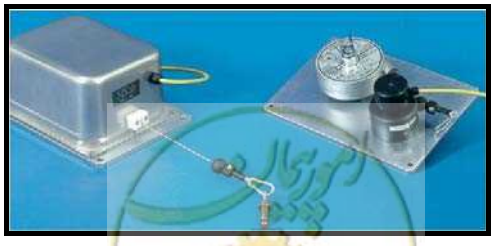


شکل پ.۵-۲٦- درزسنج الکتریکی



شکل پ.۵-۲۷- نصب سه بعدی درز سنج

شکل پ.۵-۲۸- درز سنج با سیم ارتعاشی مدفون

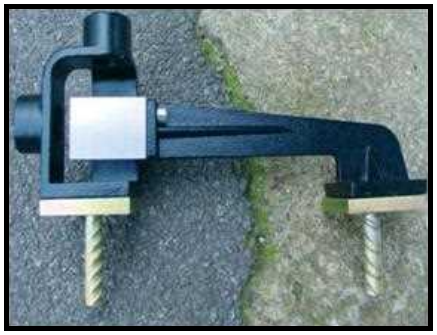


شکل پ.۵-۲۹- درز سنج با سیم ارتعاشی سیار

omoorepeyman.ir

- درزسنج مکانیکی

سیستم اندازه‌گیری این دستگاه سه محوری است که حرکات بین درزها را اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه در سطح خارجی بتن و معمولا در گالری‌های بازدید نصب می‌شود. هرقسمت آن دارای سه میله می‌باشد و یک نقطه ثابت دارد که در طرفین درز کارگذاری می‌شود. شکل (پ.۵-۳۰) نمونه‌ای از این نوع درزسنج‌ها را نشان می‌دهد.



شکل پ.۵-۳۰- درزسنج مکانیکی

پ.۵-٤-۲-۵-۵-۲- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری بازشدگی و حرکات درزها معمولا بر حسب زمان و تراز آب انجام می‌شود. تمام قرائت‌ها نسبت به قرائت اولیه یا مرجع ارزیابی شده و میزان جابه‌جایی نسبی بر اساس آن مشخص می‌شود. بسته به مکانیزم و نوع درز ممکن است لازم باشد حرکات آن در سه بعد اندازه‌گیری شود. در سدهای بتنی قوسی بازشدگی درزها به دما تغییرات نیز وابسته است و در صورت نیاز باید حساسیت آن نسبت به تغییرات دما مورد ارزیابی قرار گیرد. جهت قراردادی جابه‌جایی برای بازشدگی یا کشیدگی مثبت و برای جمع شدگی یا فشردگی منفی در نظر گرفته می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۵-۵-۳- تواتر اندازه‌گیری

درزسنجی در سدهای بتنی، سرریزها و قسمت‌هایی از سازه بتنی که مابین بلوک‌های درز درنظر گرفته شده باشد، انجام می‌گیرد. درزسنجی در مراحل ساخت و اولین آب‌گیری بسیار مهم است و تغییرات ناشی از نوسانات سطح آب و درجه حرارت محیط باید مشخص شود لذا تواتر اندازه‌گیری درزها به صورت جدول (پ.۵-۵) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.۵-۵- تواتر اندازه‌گیری درزسنج و کشیدگی‌سنج

نوع سد / دوره	سد بتنی وزنی	سد بتنی قوسی
مرحله اول	هفتگی	هفتگی
مرحله دوم	ماهی دوبار	ماهی دوبار
مرحله سوم	ماهانه	ماهانه

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۵-٤- رفتارسنجی

درزسنجی بلافاصله بعد از ساخت، جهت بررسی یک‌پارچگی سازه مهم است زیرا پس از تزریق سیمان مابین بلوک‌ها نشان می‌دهد که سازه چگونه عمل می‌کند. در اثر ترکیب بارگذاری درجه حرارت و تراز آب حداکثر مخزن که یک بارگذاری محتمل است درزسنجی نمایانگر میزان فشار بین بلوک‌ها است.

در شرایط خاص مانند زمین‌لرزه یا تخلیه سریع مخزن حرکت درزها جهت پایداری و یکنواختی سازه مهم است.

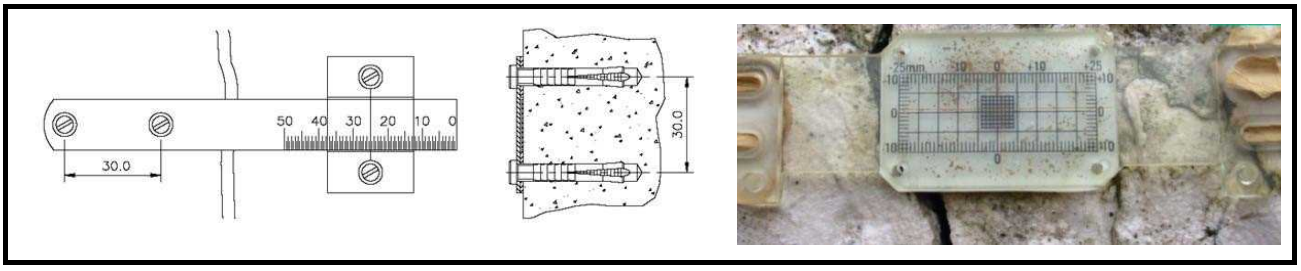
حرکات درزها در طولانی‌مدت و شرایط عادی منظم و ثابت است و این تغییرات تابع تراز سطح آب و درجه حرارت می‌باشد.

پ.۵-٤-۲-۵-٦- ترک‌سنجی

ترک‌سنجی دارای مکانیزمی مشابه درز سنجی است با این تفاوت که بیش‌تر برای اندازه‌گیری ترک‌های رخ داده روی سطوح بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولا پس از مشاهده ترک و برای پایش آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در درز سنجی کار پایش از ابتدای تعبیه درز در سازه آغاز شده و میزان باز شدن یا بسته شدن آن‌را کنترل می‌نماید. البته در درزهای سنگی شرایط مانند ترک بتن است.

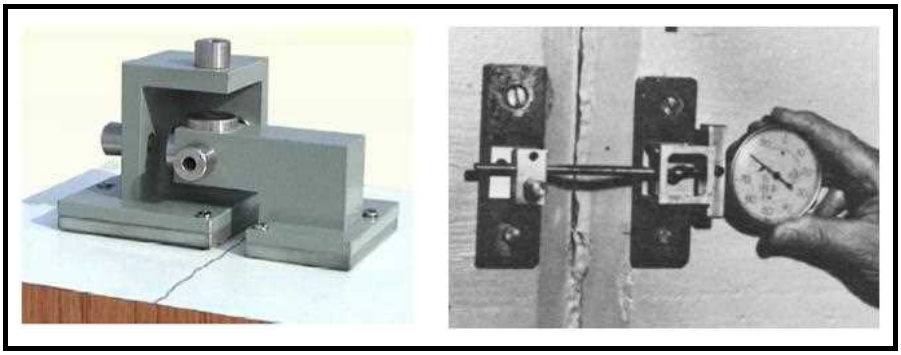
پ.۵-٤-۲-۵-٦-۱- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری حرکات ترک در روی بتن از ترک‌سنج استفاده می‌شود. ترک‌سنج جابه‌جایی یک ترک را در یک یا دو یا سه جهت نشان می‌دهد. طول ترک‌ها با نشانه‌گذاری و ثبت زمان قابل پایش و کنترل است. عمق ترک‌ها در داخل بتن یا سنگ نیز با روش‌های مختلف مخرب و غیرمخرب قابل اندازه‌گیری است. در روش مخرب این کار با مغزه‌گیری انجام می‌شود. روش‌های غیرمخرب نیز عبارتند از فیلمبرداری با دوربین‌های SNAKE EYES و استفاده از دستگاه‌های اولتراسونیک (فراصوتی) یا رادیوگرافی برای ریزترک‌ها. برای پایش مستمر عمق ترک روش خاصی وجود ندارد و عمدتا به عامل عرض و طول و توزیع یا الگوی ترک اکتفا می‌شود. در صورت نبود دستگاه، استفاده از مصالح ترد مانند گچ و اندازه‌گیری با شابلن یا کولیس برای کنترل ترک بلامانع است.



شکل پ.۵-۳۱- ترک‌سنج دو بعدی و یک بعدی

omoorepeyman.ir



شکل پ.۵-۳۲- استفاده از ترک‌سنج برای پایش ترک

پ.۵-٤-۲-۵-٦-۲- ثبت اطلاعات

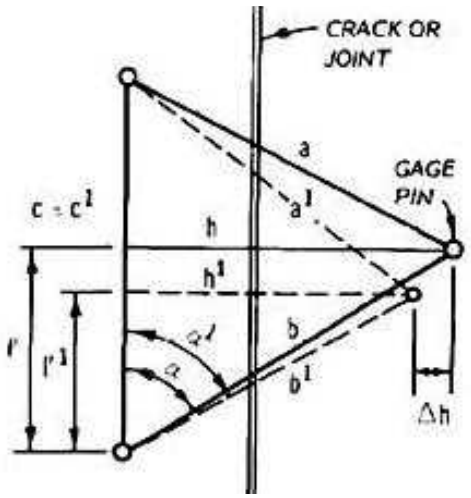
اساس کار ترک‌سنج اندازه‌گیری سه ضلع یک مثلث متساوی‌الاضلاع در روی ترک است که ضلع قاعدهٔ آن ثابت و راس سوم در محل‌های ترک قرار داده می‌شود. با توجه به جابه‌جایی اولیه، مقادیر dx (جابه‌جایی در جهت x) و مقادیر dy (جابه‌جایی در جهت y) مشخص می‌شود. با اندازه‌گیری تغییر طول دو ضلع و کاربرد روابط مثلثاتی میزان جابه‌جایی‌ها به‌دست می‌آید.

$$\cos\alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$r = b\cos\alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}$$

$$h = \sqrt{b^2 - r^2}$$

$$\Delta r = f - f^1 \qquad \Delta h = h - h^1$$



شکل پ.۵-۳۳- چگونگی محاسبه بازشدگی ترک با استفاده از قرائت‌های ترک‌سنج

در ثبت اطلاعات ترک علاوه بر عکس و کروکی تغییرات عرض بر حسب زمان ترسیم می‌شود. جهت قراردادی جابه‌جایی برای بازشدگی یا کشیدگی مثبت و برای جمع شدگی یا فشردگی منفی در نظر گرفته می‌شود.

پ.۵-٤-۲-۵-٦-۳- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری ترک‌ها در دوره ساخت و آب‌گیری به صورت هفتگی انجام می‌گیرد و در دوره بهره‌برداری ماهانه و یا سه ماه یک‌بار انجام می‌پذیرد. در صورت مشاهده حرکات غیر نرمال، اندازه‌گیری باید به صورت هفتگی و یا روزانه تبدیل شود. در مورد ترک‌های خاص و غیرعادی زمان‌بندی پایش باید با نظر متخصص انتخاب گردد.

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-٥-٦-٤- تحلیل داده‌ها

تحلیل وضعیت ترک با بررسی تغییرات عرض در طول زمان، میزان عمق، طول ترک و الگو یا توزیع آن امکان‌پذیر است. ترک‌های بتن به دلایل مختلفی از جمله جمع‌شدگی حین خشک شدن، رفتار پلاستیک مخلوط بتن، تنش‌های حرارتی، بارهای زیاد و فوق‌العاده، بارهای رفت و برگشتی مانند زلزله و مسایل اجرایی و بهره‌برداری ممکن است پدید آید. هر یک از این موارد تغییرات زمانی و الگوی خاص خود را دارند. عواقب ترک‌خوردگی نیز می‌تواند تراوش آب و کاهش دوام و افزایش زوال سازه‌ای باشد.

در حالت کلی برای قضاوت در مورد میزان اهمیت ترک از شاخص عرض مجاز استفاده می‌شود. در مخازن آب، عرض ترک به حدود ۰/۱۳ میلی‌متر محدود می‌شود. برای سازه‌های بتن مسلح عرض مجاز سازه‌ای ۰/۳۵ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود و عرض ترک بیش از یک میلی‌متر خطرناک و سازه‌ای محسوب می‌شود.

پ.۵-٤-۲-٦- تنش و کرنش

پ.۵-٤-۲-٦-۱- تنش‌سنج

جهت اندازه‌گیری تنش یا فشار در نقاط مختلف بدنه و تحت زوایای معین از تنش‌سنج استفاده می‌شود و دو نوع دارد:

۱- تنش‌سنج تار مرتعش

۲- سلول تنش هیدرولیکی

تنش‌سنج از یک سلول که دارای دو صفحه نازک از فولاد ضدزنگ که دور تا دور به هم جوش شده تشکیل شده است. فضای باریک مابین دوصفحه وجود دارد که برای تغییر شکل‌پذیر است. سلول اندازه‌گیر در نقاط مختلف و در جهات مختلف در بتن یا خاک قرار می‌گیرد. یک کابل اطلاعات سلول را به دستگاه اندازه‌گیر منتقل می‌کند. در نوع تنش‌سنج تار مرتعش اندازه‌گیری فشار برحسب فرکانس‌های تولید شده صورت می‌گیرد و در نوع هیدرولیکی اندازه‌گیری مستقیما توسط فشار داخل سلول بیان می‌گردد.

شکل پ.۵-۳٤- انواع تنش‌سنج‌ها

شکل پ.۵-۳۵- سلول فشار برای اندازه‌گیری تنش

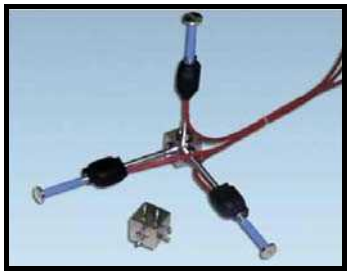
omoorepeyman.ir

شکل پ.۵-۳۶- سلول فشار هیدرولیکی

سلول‌های فشار برای اندازه‌گیری تنش وارد بر سازه مجاور خاک یا فشار در داخل خاک و الگوی آن به‌کار می‌روند. تنش‌سنج‌ها بهتر است در حین اجرا و با دقت مناسب نصب شوند.

پ.۵-٤-۲-٦-۲- کرنش‌سنج

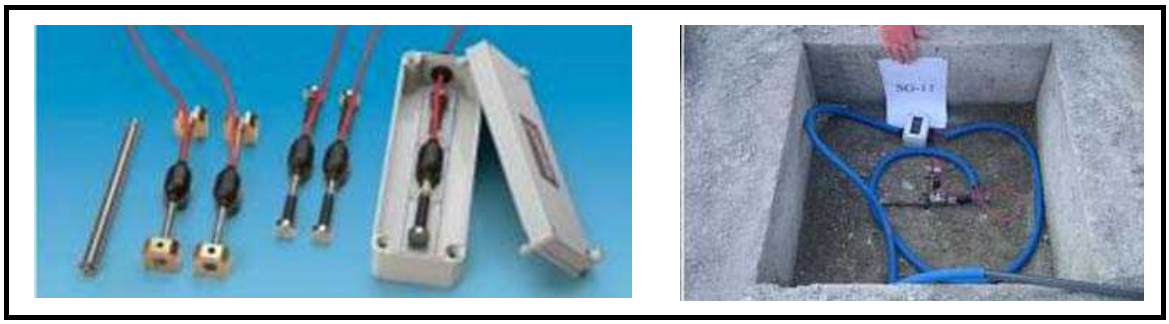
جهت اندازه‌گیری تغییر شکل نسبی در مصالح مصرفی از کرنش‌سنج استفاده می‌گردد. کرنش‌سنج یک مقاومت الکتریکی قابل تغییر است که همراه بتن و یا مصالح دیگر تعبیه می‌شود. در نتیجه تغییر طول، مقاومت نصب شده نیز تغییر می‌کند که براساس اندازه‌گیری این مقاومت، میزان کرنش محاسبه می‌گردد. جهت اندازه‌گیری کرنش در نقاط و در جهات مختلف، کرنش‌سنج‌های لازم نصب می‌گردد و برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری، کرنش‌سنج‌ها به صورت دسته‌ای استفاده می‌گردد. شکل‌های (پ.۵-۳۷)، (پ.۵-۳۸) و (پ.۵-۳۹) نمونه‌هایی از این نوع کرنش‌سنج‌ها را نشان می‌دهند.



شکل پ.۵-۳۷- کرنش‌سنج سه بعدی

شکل پ.۵-۳۸- کرنش‌سنج الکتریکی یک بعدی برای میل مهارها و میلگردها

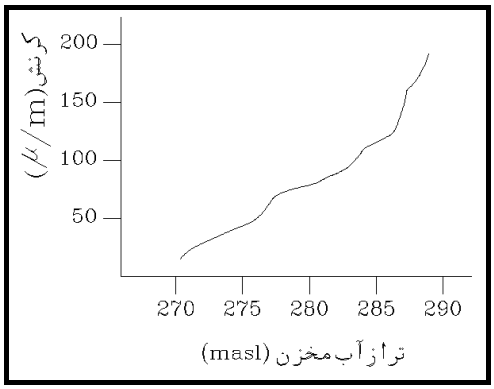
omoorepeyman.ir



شکل پ.۵-۳۹- کرنش‌سنج الکتریکی یک بعدی برای بتن

پ.۵-٤-۲-٦-۳- ثبت اطلاعات

نتایج قرائت تنش‌ها و کرنش‌ها ابتدا به صورت خام بر حسب تراز آب مخزن نشان داده شده که عموما با یکدیگر نسبت مستقیم دارند. سپس مشابه تغییر شکل‌ها، پس از اصلاح اثرات گذرای دما و تراز آب مخزن، بر حسب زمان ارائه می‌گردند. در صورت وجود نقاط کافی می‌توان در حالت حداکثر تنش یا کرنش یا حداکثر بار، کانتور تغییرات آن را نیز در مقطع سد رسم نمود. جهت قراردادی تنش و کرنش کششی مثبت و برای تنش و کرنش فشاری منفی در نظر گرفته می‌شود.



شکل پ.۵-٤۰- تغییرات تنش‌ها یا کرنش‌های کلی بر حسب تراز آب مخزن

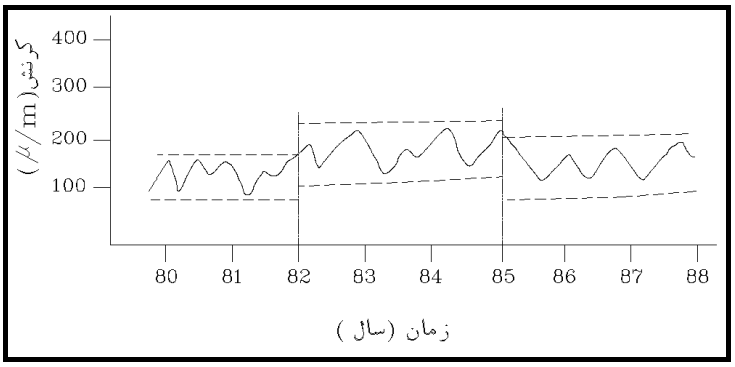
پ.۵-٤-۲-٦-۵- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری تنش و کرنش در دوره ساخت و آب‌گیری به صورت هفتگی انجام می‌گیرد و در دوره بهره‌برداری مشابه اندازه‌گیری فشار آب است. در صورت مشاهده حرکات غیرنرمال اندازه‌گیری باید به صورت هفتگی و یا روزانه تبدیل شود.

پ.۵-٤-۲-٦-٦- تحلیل داده‌ها

در سدهای بتنی هدف اصلی اندازه‌گیری تنش و کرنش پایش نقاط احتمالی ایجاد کشش و پتانسیل ترک خوردگی است. هدف دیگر اندازه‌گیری تنش و کرنش بررسی اضافه فشارهای احتمالی ناشی از انبساط بتن بر اثر واکنش قلیایی دانه‌ها یا تغییر حجم بتن براساس کربناته شدن است.

omoorepeyman.ir



شکل پ.۵-٤۱- تفکیک کرنش‌ها یا تنش‌های گذرا و دایم با برازش خطی محدوده تغییرات در بازه‌های زمانی مناسب

اندازه‌گیری کرنش در بتن معمولا ارزانتر و قابل اعتمادتر از تنش است ولی تبدیل کرنش به تنش جهت قضاوت در مورد آن با توجه به رفتار پیچیده بتن و اثرات خزش و جمع شدگی چندان ساده نیست.

پ.۵-٤-۲-۷- فشار آب

فشار ناشی از ارتفاع آب در مخزن سد، نه تنها سبب ایجاد جریان آب زیرزمینی در لایه‌های زیرین بلکه باعث به‌وجودآمدن فشارهای منفذی و زیرفشار در زیر بدنه سد می‌شود. زیر فشارها یا فشارهای آب به سمت بالا که به آن فشار برکنش نیز می‌گویند می‌تواند منجر به تهدید پایداری سد شود. اندازه‌گیری این فشار در زیر پی سد بتنی، در محل تماس بتن و سنگ و در توده‌های سنگی و تکیه‌گاه‌ها لازم است.

فشار برکنش در سمت سراب برابر با ارتفاع آب در مخزن بوده و در سمت پایاب این فشار در سطح زمین به صفر یا تراز آب در پایاب می‌رسد. فشار در امتداد پی از یک تکیه‌گاه تا تکیه‌گاه دیگر نیز تغییر می‌کند. هم‌چنین فشار در داخل سنگ در فواصل و عمق‌های مختلف تغییر می‌کند.

تغییر بین دو مقدار فشار در سراب و پایاب بستگی به عوامل زیر دارد:

- جنس لایه‌ها، پیوستگی و ناپیوستگی در سنگ پی، نفوذپذیری
- کارآیی و رفتار پرده تزریق
- کارآیی سیستم زهکش

جهت کسب اطلاع از شدت فشار برکنش نیاز به داشتن یک سری گمانه‌هایی جهت اندازه‌گیری فشار است. این گمانه‌ها باید فشار را در اعماق، طول و عرض‌های مختلف به ما نشان دهند. بنابراین یک سیستم کامل اندازه‌گیری فشار در زیر سد و در اعماق مختلف لازم است.

فشار در هرنقطه توسط هر یک از روش‌های زیر قابل اندازه‌گیری است:

- برحسب ارتفاع ستون آب
- برحسب درصد ارتفاع آب مخزن
- برحسب نیرو بر واحد سطح (Kg/cm^2)

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۷-۱- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری فشار آب در داخل خاک، سنگ و بدنه سد از پیزومتر استفاده می‌گردد. پیزومترها در انواع مختلف بسته به نوع و محل مصرف ساخته می‌شوند.

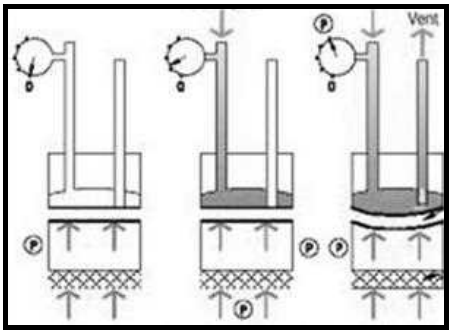
۱- پیزومتر قائم (Standpipe)

این پیزومتر شامل یک لوله و کلاهک متخلخل است. آب از طریق کلاهک وارد لوله می‌گردد و فشار آب به وسیله عمق‌سنج با اندازه‌گیری ارتفاع آب داخل لوله تعیین می‌شود. در مواردی که فشار آب زیاد باشد به طوری که آب از داخل لوله فوران کند فشار را به وسیله فشارسنج (مانومتر) که بر روی لوله کار گذاشته می‌شود، اندازه‌گیری می‌کنند. شکل (پ.۵-۴۲) نمونه این نوع پیزومتر را نشان می‌دهد.

شکل پ.۵-٤۲- پیزومترهای قائم و هیدرولیکی

۲- پیزومتر هیدرولیکی (Hydraulic)

این فشارسنج شامل دو لوله و یک کلاهک است. جهت پرنمودن لوله و کلاهک آب بدون هوا به داخل لوله جریان می‌یابد و در تمام طول کار، لوله و کلاهک از آب پر است. فشار بر اساس تفاوت ستون آب بین کلاهک و محل اندازه‌گیری به دست می‌آید. شکل (پ.۵-۴۳) نمونه‌ای از این نوع پیزومترها را نشان می‌دهد.



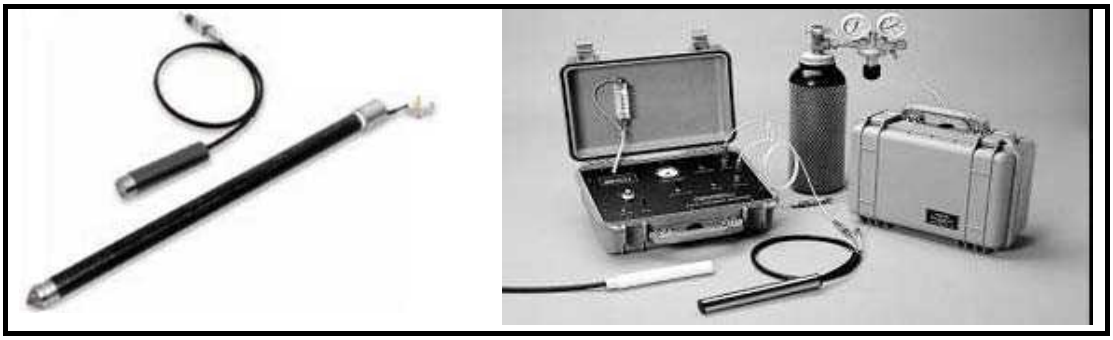
شکل پ.۵-٤۳- پیزومترهای هیدرولیکی

۳- پیزومتر بادی (Pneumatic)

پیزومتر بادی یا گازی از یک کلاهک متخلخل و یک صفحه دیافراگم مبدل که در داخل بتن یا خاکریز مورد مطالعه کارگذارده می‌شود، تشکیل شده است. دو لوله پلاستیکی کلاهک را به دستگاه اندازه‌گیر متصل می‌کند. هوا، نیتروژن و یا روغن به یک طرف

omoorepeyman.ir

صفحه وارد می‌شود. به محض برابرشدن فشار آب با فشار گاز طرف دیگر صفحه، دستگاه اندازه‌گیر فشار محل را مشخص می‌کند. شکل (پ.۵-۴۴) نمونه‌ای از این نوع پیزومترها را نشان می‌دهد.



شکل پ.۵-٤٤- پیزومترهای بادی یا گازی

٤- پیزومتر تار مرتعشی (Acoustic/Vibrating Wire) یا پیزومتر الکترونیکی (Electronical)

پیزومتر الکتریکی از یک سلول تشکیل شده که داخل بتن یا خاکریز قرار می‌گیرد. درون سلول یک تار مرتعش بین دوسر یک کپسول تغییر شکل‌پذیر کشیده شده و براساس تغییر فرکانس تار مرتعش متناسب با نیروی کشش آن، فشار آب اطراف را اعلام می‌کند. از طریق فیلترهای مخصوص فشار آب اطراف سلول به کپسول منتقل می‌گردد و بدین ترتیب فرکانس تار مرتعشی، متناسب با فشار آب اطراف سلول تغییر خواهدکرد. این فرکانس‌ها توسط دستگاه قرائت دریافت و آشکار می‌گردد. شکل (پ.۵-۴۵) عملکرد این نوع پیزومترها را نشان می‌دهد.

شکل پ.۵-٤٥- پیزومترهای الکترونیکی تار مرتعش با فیبر نوری

پ.۵-٤-۲-۷-۲- ثبت اطلاعات

در سدهای مختلف کشور کاربرگ‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری زیر فشار و فشار ارائه شده است اما در تمام کاربرگ‌ها هدف، محاسبه فشار برحسب ارتفاع آب در محل است. در سدهایی که دهانه نصب فشارسنج با محلی که فشار آن در حال اندازه‌گیری است یک‌جا باشند مستقیما عدد فشارسنج که عموما برحسب بار می‌باشد، به‌عنوان فشار محل اعلام می‌گردد. در سدهایی که تراز نصب فشارسنج با دهانه قرائت تفاوت دارد، مقدار تفاوت ارتفاع باید در فشار اصلاح گردد. در ثبت اطلاعات پیزومترها معمولا تراز آب مخزن ثبت شده و سپس فشارسنج‌ها بسته به محل آن (گالری، پنجه، تاج، پی و...) و تراز کارگذاری نام‌گذاری می‌شوند و فشار اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد.

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۲-۷-۳- تواتر اندازه‌گیری

فشار منفذی و فشار پایین به بالا در تمام سدها و در تمام مراحل بهره‌برداری باید اندازه‌گیری شده و تحت کنترل باشد. فشار پایین به بالا مخصوصا در سدهای بتنی وزنی و پایه‌دار با پی‌های گسترده، از بحرانی‌ترین بارهای وارده به سد است که در پایداری کل جسم سد موثر است. پرده‌های آب‌بند و پاشنه سد جهت کاهش فشارهای پایین به بالا استفاده می‌شود.

در سدهای خاکی نیز افزایش فشار سبب افزایش دبی تخلیه، شسته‌شدن و پدیده جوشش (Piping) در هسته می‌گردد. تواتر اندازه‌گیری فشار منفذی در سدهای مختلف و در طول دوره‌های بهره‌برداری به صورت جدول (پ.۵-۶) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.۵-٦- تواتر اندازه‌گیری فشار آب در سدها

دوره بهره‌برداری	نوع سد	
	بتنی قوسی	بتنی وزنی
دوره اول	روزانه	روزانه
دوره دوم	هفتگی	هفتگی
دوره سوم	ماهانه	ماهانه

پ.۵-٤-۲-۷-٤- رفتارسنجی

هنگام اندازه‌گیری فشار، درپوش گمانه‌ها بسته می‌شود. زمان اندازه‌گیری بلافاصله پس از بستن درپوش انتخاب نمی‌گردد بلکه پس از ثابت شدن فشار، اندازه‌گیری انجام می‌شود. فشارسنج‌ها عموما دارای یک شیر سه‌راهی هستند که علاوه بر اندازه‌گیری فشار امکان اندازه‌گیری دبی تخلیه را نیز میسر می‌سازد. آب‌بندی کامل محل اتصال مهم است زیرا در اعلام فشار خوانده شده اثر می‌گذارد. در ضمن توصیه می‌شود فشارسنج‌ها به طور دایم روی لوله‌های اندازه‌گیر قرار داده شوند زیرا در موقع نصب، برای رسیدن به فشار ثابت و واقعی شاید روزها زمان نیاز باشد.

اعلام زیرفشار برحسب ارتفاع ستون آب بیان می‌شود. درضمن می‌توان فشار هرنقطه را برحسب درصدی از فشار حداکثر تراز آب بیان نمود که به آن فاکتور فشار گویند:

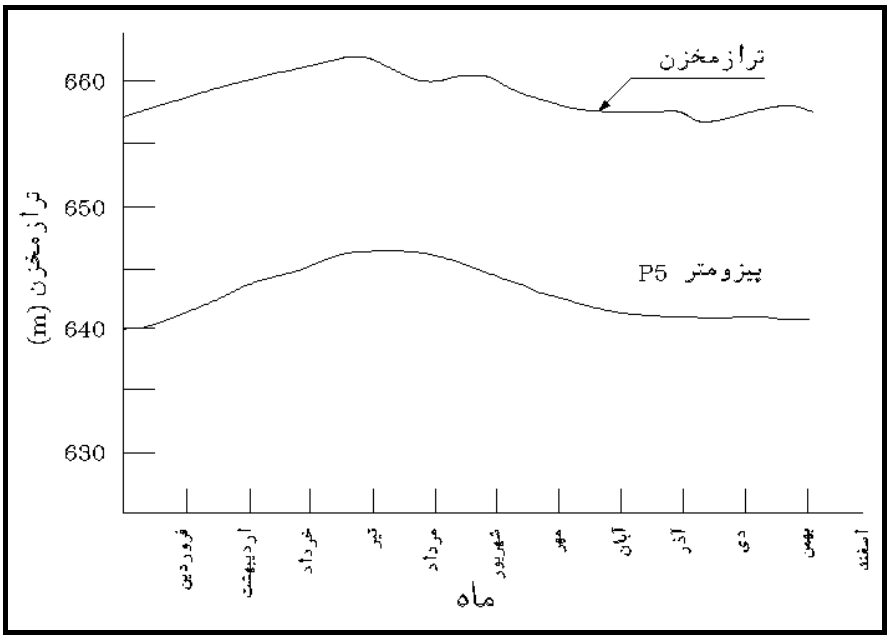
$$\text{فاکتور فشار} = \frac{P}{H} \times 100$$

P = فشار اعلام شده توسط فشارسنج در محل نصب

H = ارتفاع تراز آب تا محل نصب فشارسنج

فشار زیر سد از سراب به پایاب کاهش می‌یابد در سمت سراب این فشار معادل فشار آب مخزن است. تغییرات فشار متاثر از فشار آب مخزن است. در نواحی سردسیر ممکن است در زمستان به علت یخزدن وگرفتگی خروجی مجراهای طبیعی جریان آب، زیرفشار افزایش یابد. در شرایط تخلیه سریع مخزن زمان کافی برای کاهش زیرفشار وجود ندارد و اعداد زیرفشار عموما بالاست. فاکتور زیرفشار زمانی رفتار سد را به خوبی نشان می‌دهد که مخزن سد بیش‌تر از نصف پر باشد و نیز سد در مرحله اولیه آب‌اندازی یا تخلیه سریع نباشد.

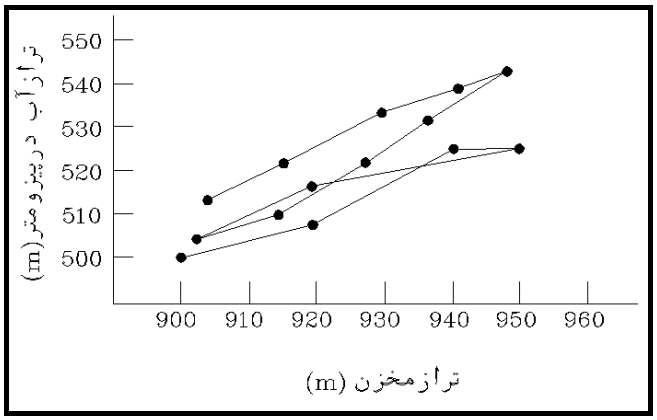
omoorepeyman.ir



شکل پ.۵-٤٦- تغییرات تراز پیزومترهای مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز آب مخزن

تغییرات تراز آب در پیزومترهای مختلف بر حسب تغییرات تراز آب در مخزن رسم می‌شود. به‌علاوه پروفیل تغییرات زیرفشار در تراز پی نیز در مقطع سد بر حسب فاصله از بالادست می‌تواند ارائه شود. جهت درک بهتر تغییرات فشار در مقطع عرضی سد، لازم است مقادیر پیزومترهای نصب شده در ترازهای یکسان هر مقطع از سراب تا پایاب در یک نمودار ترسیم شود. درصورت محدود بودن تعداد پیزومترها، ترسیم نمودارهای کلیه پیزومترهای یک مقطع در یک شکل قابل توصیه می‌باشد.

جهت بررسی مقادیر پسماند عامل مورد اندازه‌گیری می‌توان از نمودار مشابه شکل (پ.۵-۴۷) استفاده کرد.



شکل پ.۵-٤٧- تراز پیزومتری بر حسب تراز آب مخزن در پیزومترهای مختلف

پ.۵-٤-۲-۷-۵- بررسی عملکرد المان آب‌بند سد

پرده یا المان آب‌بند سد وظیفه کنترل تراوش و فرار آب از مخزن در محدوده مجاز و قابل قبول را دارد. با استفاده از اطلاعات پیزومترها می‌توان عملکرد این المان سد را مورد ارزیابی قرار داد. نکته مهم در این ارزیابی بهره‌گیری از اطلاعات پیزومترهای

omoorepeyman.ir

مشخص نصب شده در دو طرف پرده و در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به آن و پایش منظم آنها می‌باشد. بررسی عملکرد المان آب‌بند سد با استفاده از مقایسه فشارهای منفذی در طرفین المان آب‌بند و محاسبه میزان افت فشار منفذی در مسیر بالادست به پایین‌دست صورت می‌پذیرد. این کار با تعریف ضریب کارآیی پرده آب‌بند K به صورت رابطه زیر انجام می‌گردد:

$$K = \frac{P_U - P_D}{H_{RW} - H_{Pz}}$$

که در آن P_U تراز آب در پیزومتر بالادست پرده، P_D تراز آب در پیزومتر پایین‌دست پرده، H_{RW} تراز آب مخزن و H_{Pz} تراز نصب پیزومترها است. هر چه ضریب کارآیی پرده آب‌بند بیش‌تر باشد، نشان دهنده عملکرد بهتر المان آب‌بند سد خواهد بود. بنابراین تغییرات آن در طول زمان باید نسبت به زمان ساخت روند افزایشی داشته باشد.

درصورتی‌که در بالادست پرده پیزومتر نصب نشده باشد و فشار منفذی اندازه‌گیری نشود، بررسی عملکرد پرده آب‌بند با تعریف عامل دیگری تحت عنوان هد باقی‌مانده H_{Res} صورت می‌پذیرد:

$$H_{Res} = \frac{P_D - H_{Pz}}{H_{RW} - H_{Pz}}$$

هر چه مقدار هد باقی‌مانده کم‌تر باشد، نشان دهنده عملکرد بهتر المان آب‌بند سد خواهد بود. بنابراین تغییرات آن در طول زمان باید نسبت به زمان ساخت روند کاهشی داشته باشد. این ارزیابی‌ها برای سدهای خاکی و بتنی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

پ.۵-٤-۲-۸- تراوش آب

فشار آب مخزن سبب جریان زیرزمینی در لایه‌های زیرین می‌گردد که حتی اگر سنگ، نفوذپذیری کمی هم داشته باشد، جریانی از بالادست به سمت پایین‌دست رخ می‌دهد. این جریان سبب تراوش آب در ترک‌ها، حفره‌های بتن و سنگ نیز می‌شود. تراوش آب در حد معمول در تمام سدها رخ می‌دهد ولی هنگامی‌که مقادیر آن از حدود نرمال خارج شود نیاز به بررسی و رسیدگی است.

تراز آب مخزن و فشار ناشی از آن نه تنها سبب نفوذ آب در داخل سنگ، بتن و خاک می‌شود و از راه گسستگی و ترک‌ها بیرون می‌زند بلکه ترک‌ها و درزهای جدیدی نیز ایجاد می‌کند که سبب تراوش آب می‌گردد. از آنجایی که نمی‌توان تمام ترک‌های کوچک و بزرگ را مسدود نمود لذا تراوش آب اجتناب‌ناپذیر است. چاه‌های زهکشی جهت شکستن فشار منفذی و تخلیه آب‌های تراوشی ساخته می‌شوند. زهکش‌ها عمدتا آب‌های نفوذی از پرده تزریق در پی سد را جمع‌آوری می‌کنند. گمانه‌های زهکش از گالری پی به سمت پایاب بعد از پرده تزریق حفر می‌شوند. حتی در گالری‌هایی که در سنگ حفر می‌شود، زهکش‌ها جهت تخلیه آب‌های نفوذی تعبیه می‌گردند. تراوش آب در محل‌های زیر در سدها اتفاق می‌افتد:

- درزهای اتصال
- درزهای اجرایی بتن
- ترک‌های مویین
- امتداد لوله‌های سردکننده بتن (لوله‌های آب سرد مدفون در بتن موقع بتن‌ریزی)
- مرز بتن و سنگ و خاک
- زه‌آب در زیر پی و تکیه‌گاه‌های طرفین

omoorepeyman.ir

حاصل جمع دبی کلیه آب‌های تراوشی و خروجی باید در هر سدی تعیین گردد که میزان طبیعی و قابل قبول آن تعیین و در صورت افزایش غیرمعمول، نقص و یا معایب شناسایی گردد. این دبی شامل مقادیر زیر است:

دبی تراوش آب + دبی زهکشی = جمع کل دبی

در هر سدی باید کلیه آب‌های تراوشی مستقیما به یک ایستگاه اندازه‌گیری هدایت شوند و این تنها اندازه‌گیری است که شامل تمام قسمت‌های سد می‌شود و بنابراین مهم‌ترین سیستم هشدار دهنده سد می‌باشد.

پ.۵-٤-۲-۸-۱- وسایل اندازه‌گیری

دو سیستم برای اندازه‌گیری دبی تراوش آب در سدها وجود دارد.

۱- اندازه‌گیری زمان لازم برای پرشدن یک ظرف با حجم معین

این روش وقتی استفاده می‌گردد که دبی زهکش حداکثر ۵ لیتردر دقیقه باشد. در این روش با استفاده از کرنومتر زمان لازم برای پرشدن ظرفی با حجم مشخص اندازه‌گیری می‌گردد. زمان‌های کوتاه‌تر از ۱۵ ثانیه دارای دقت لازم نیست.

۲- اندازه‌گیری تراز سطح آب در یک سرریز

هنگامی‌که دبی زهکش‌از ۵ لیتر در دقیقه تجاوز کند اندازه‌گیری آبگذر توسط سرریز مثلثی، مستطیلی یا ذوزنقه یا پارشال فلوم انجام می‌گیرد. در این‌حالت ارتفاع تیغه آب روی سرریز اندازه‌گیری می‌گردد که البته اندازه‌گیری نشده بلکه با استفاده از اشل و نشانه ثابت، تیغه آب به‌دست می‌آید. به عنوان نمونه با استفاده از فرمول زیر مقدار دبی جریان در سرریز مثلثی محاسبه می‌شود:

$$Q(L/\min) = 85200 \times h^{2.5}$$

h = ارتفاع آب روی سرریز برحسب متر

سرریزها باید محکم، بدون هرگونه خم،کجی و یا بریدگی باشد و عاری از هرنوع رسوب و سفیدک باشد. در نقطه‌ای اقدام به اندازه‌گیری شود که ارتفاع آب حداقل ۱۰ برابر ارتفاع تیغه آب روی سرریز باشد. شکل (پ.۵-۴۹) نمونه این سریز را نشان می‌دهد.

شکل پ.۵-٤۸- سریز مثلثی

omoorepeyman.ir

شکل پ.۵-٤۹- دستگاه اندازه‌گیری خودکار تراز آب در سرریز مثلثی برای محاسبه دبی تراوش

پ.۵-٤-۲-۸-۲- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری دبی تراوش آب عموما بر اساس لیتر در دقیقه می‌باشد و کاربرگ خاصی جهت ثبت دبی‌ها وجود ندارد. در هر سد نیز کاربرگ خود را استفاده می‌کنند و اغلب اندازه‌گیری‌ها براساس حجم ظرف و زمان پرشدن است.

داشتن دبی تراوش به تفکیک تکیه‌گاه‌های راست و چپ، پی سد و در مجموع دبی تراوش آب در کل سد مهم است.

پ.۵-٤-۲-۸-۳- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری دبی تراوش در تمام دوره‌های عمر سد و در تمام انواع سدها انجام می‌گیرد و از آنجایی که کل دبی تراوش در آن مشخص است، یکی از سیستم‌های مهم هشدار دهنده در سدها است. فراوانی اندازه‌گیری تراوش به صورت جدول (پ.۵-۷) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.۵-۷- تواتر اندازه‌گیری بده تراوش

نوع سد / دوره بهره‌برداری	بتنی قوسی	بتنی وزنی
دوره اول	روزانه	روزانه
دوره دوم	هفتگی	هفتگی
دوره سوم	ماهانه	ماهانه

پ.۵-٤-۲-۸-٤- رفتارسنجی

مقدار دبی خروجی به عوامل زیر بستگی دارد:

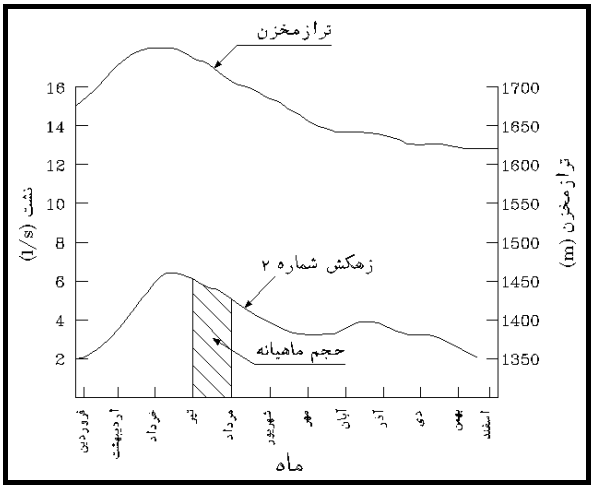
- وضعیت زمین و کیفیت عملیات ترمیم و اصلاح پی
- کیفیت کارهای بتنی سازه‌ای (کیفیت بدنه بتنی، قالب‌بندی، درزهای اجرایی، نحوه تزریق سیمان در درزها و نحوه ترمیم‌های انجام شده)
- ارتفاع تراز آب

omoorepeyman.ir

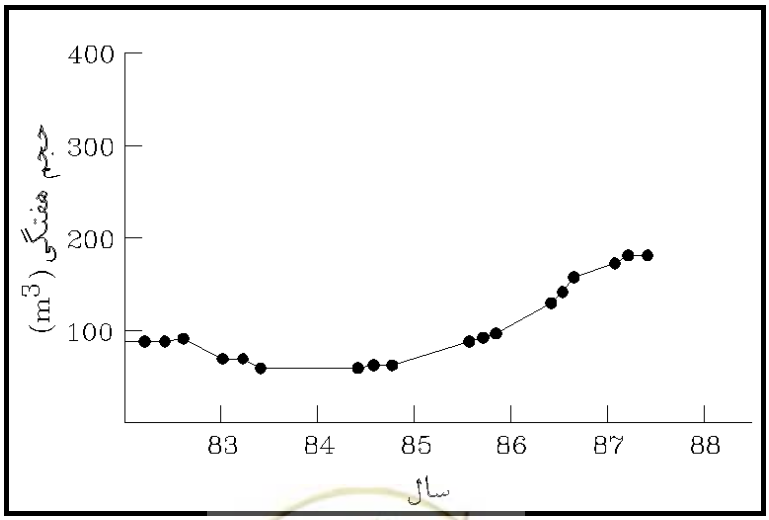
پ.۵-٤-۲-۸-۵- تاثیر تراز آب

دبی تراوش در سال‌های اول عمر سد بیش‌تر است زیرا با گذشت ۱۰ الی ۲۰ سال تراوش‌ها کامل شده و زمین اطراف نیز اشباع می‌گردد بنابراین کل دبی تراوش در یک سد در طول زمان کاهش می‌یابد. مقدار دبی (برحسب زمان) و ارتفاع آب مخزن (H) رسم می‌گردد. آنچه در منحنی دبی- ارتفاع و یا دبی- زمان مهم است تغییرات ناگهانی است. چه به صورت کاهش یا افزایش دبی باشد. یک افزایش استثنایی ممکن است ناشی از بالا آمدن سریع آب مخزن و یا ایجاد یک حفره در تکیه‌گاه و یا سد باشد. یک کاهش استثنایی نیز در اثر گرفتگی زهکش‌ها و یا تجمع ناگهانی رسوب در آن می‌باشد.

مقدار دبی کل در هر سال عامل تعیین‌کننده‌ای نیست. بلکه یک دبی غیرعادی وقتی مشخص می‌شود که در یک تراز ثابت آب، افزایش غیرمعمول در میزان تراوش آب رخ دهد. تراوش آب با اندازه‌گیری دبی خروجی گالری‌های زهکش صورت گرفته و اطلاعات آن بر حسب تغییرات تراز آب مخزن و زمان و نیز به صورت حجم کلی تراوشی در طول زمان ارائه می‌گردد.



شکل پ.۵-۵۰- مقدار تراوش زهکش‌های مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن



شکل پ.۵-۵۱- حجم کلی تراوش آب مخزن در طول زمان در تمام یا هر یک از زهکش‌ها

omoorepeyman.ir

پ.۵-٤-۳- کنترل روند تغییرات قرائت‌ها با مقایسه با سری‌های تاریخی قبلی

اولین کار در رفتارسنجی، ارزیابی اطلاعات ثبت شده است که بررسی‌های زیر را در بر می‌گیرد. قضاوت در مورد رفتار ابزار باید توسط افراد مجرب و با توجه به کلیه مشاهدات و قرائت‌های ابزار صورت پذیرد. موارد زیر در این بحث باید مورد توجه قرار گیرند:

- منطقی بودن داده‌ها (مثلا پیزومتر نمی‌تواند سطح آب بیش از تراز مخزن نشان دهد).
- شواهد کارکرد ناصحیح ابزار (مانند قرائت‌های ثابت و بدون تغییر).
- اطلاعات پس و پیش شده یا تکرار شده.
- الگوی کلی تغییرات، که معمولا با برازش آماری یا احتمالاتی به‌دست آمده و مغایرت قرائت‌ها با آن بررسی می‌شود.
- صحت اطلاعات، که معمولا با اندازه‌گیری‌های متوالی در شرایط مختلف قابل ارزیابی است.
- دقت اندازه‌گیری‌ها، که ترکیبی از دقت ابزار و چگونگی کارکرد آن می‌باشد.

تفسیر داده‌های رفتارنگاری به‌دست آمده به صورت‌های زیر انجام می‌پذیرد:

- مقایسه با مقادیر حدی و کنترلی طراحی
- سرعت نزدیک شدن قرائت‌ها به مقادیر حدی و کنترلی، که در صورت غیرعادی بودن باید نسبت به بررسی‌های بیش‌تر و آمادگی برای تمهیدات تسکینی اقدام نمود.
- بررسی ارتباط بین نتایج قرائت ابزارهای مختلف یا ابزار در موقعیت‌های مختلف، (مثلا افزایش فشار برکنش به معنی افزایش مقادیر قرائت‌های پیزومتر در زیر سد و کاهش دبی خروجی زهکش‌ها به معنی گرفتگی زهکش‌ها یا کاهش نفوذپذیری پی سد است).
- بررسی مقایسه‌ای مقادیر قرائت شده با روند تغییرات مقادیر در دوران بهره‌برداری سپری شده و نحوه قرارگیری آن در محدوده‌های تجربه شده

پ.۵-٤-٤- محاسبه عامل‌های مقایسه‌ای و کنترل حدود اولیه مجاز

بررسی اولیه نتایج ابزار دقیق به کمک اطلاعات ارائه شده توسط طراح انجام شده و برای سدها در شرایط مختلف متفاوت است. برای ارزیابی مقدماتی پایداری سدهای خاکی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار به بخش (۱-۱۴) راهنما مراجعه شود.

پ.۵-۵- بررسی موارد مشکوک

پ.۵-۵-۱- مشخص کردن مسایل موجود و سازه‌های مشکوک براساس نتایج ابزار و بازرسی‌ها

پ.۵-۵-۲- کنترل پایداری کلی سازه‌ها و موارد مشکوک

پ.۵-٦- جمع‌بندی و پیشنهادها

پ.۵-٦-۱- پیشنهاد تعمیرات و اقدامات و اصلاحات موردی

پ.۵-٦-۲- پیشنهاد بازرسی و یا بازنگری جامع ایمنی

omoorepeyman.ir

پ.۵-٦-۳- پیشنهاد اصلاح برنامه‌ها

پ.۵-٦-٤- پیشنهاد بررسی تغییر طبقه‌بندی سد

پ.۵-٦-۵- جمع‌بندی ایمنی و پایداری کلی سد و سازه‌ها و تجهیزات وابسته،

تعیین مواردی که نیاز به اقدامات فوری و مواردی که نیاز به بررسی بیش‌تر دارند.

پ.۵-۷- پیوست‌ها

پ.۵-۷-۱- نسخه الکترونیک اطلاعات پایش

پ.۵-۷-۲- نقشه‌ها

پ.۵-۷-۳- فیلم‌ها و عکس‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیوست ۶

فرمت گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد خاکی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پ.٦-۱- کلیات ارزیابی کمی ایمنی سد

گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد معمولا به صورت سالانه توسط بهره‌بردار یا مهندس مشاور وی تهیه و به دفتر ایمنی سدها ارائه می‌شود. این گزارش وضعیت کلی ایمنی سد را با پایش و بررسی قرائت‌ها و مشاهدات مستمر تبیین می‌نماید و نیاز یا عدم نیاز به ارزیابی جامع ایمنی و بازرسی‌های تخصصی را مشخص می‌نماید.

پ.٦-۱-۱- هدف

گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد باید حداقل دربرگیرنده موارد ذیل بوده و همراه با مستندات و فایل‌های اطلاعاتی آن ارائه گردد:

- تبیین وضعیت فعلی ابزارها و برنامه پایش سد
- ارائه خلاصه نتایج و یافته‌های بازرسی‌ها و مشاهدات
- ارائه وضعیت آمادگی در برابر شرایط اضطراری و توضیح کمبودها
- پالایش قرائت‌های ابزار دقیق و برداشت‌ها و ارائه اطلاعات رفتار نگاری در فرمت‌ها و نمودارهای مناسب
- بررسی روند تغییرات قرائت‌ها و رفتارسنجی براساس نتایج به‌دست آمده
- ارائه راهکارها و پیشنهادهای بهبود شرایط ایمنی سد
- مستندسازی دوره‌ای وضعیت کلی سد

پ.٦-۱-۲- کاربرگ اطلاعات ارزیابی کمی ایمنی سد

شروع گزارش ارزیابی کمی ایمنی سد با ارائه اطلاعات کلی سد است. این اطلاعات در قالب شناسنامه سد مطابق جدول پیوست ۴ تکمیل و در گزارش گنجانده می‌شود.

پ.٦-۱-۳- اطلاعات طراحی

خلاصه‌ای از اطلاعات کلیدی طراحی سد باید در ابتدای گزارش ارزیابی ایمنی آورده شود. این اطلاعات جهت تحلیل و قضاوت در مورد وضعیت ایمنی بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. هم‌چنین ارجاعات و آدرس یا فهرست دستیابی به گزارش‌های کامل طراحی و نقشه‌ها و سایر اطلاعات مربوط باید جهت استفاده احتمالی مورد اشاره قرار گیرد. اطلاعات کلی طراحی که می‌توان به آنها اشاره نمود عبارتند از:

- عکس هوایی و نقشه توپوگرافی و جانمایی کلی سد و سازه‌های وابسته و راه‌های دسترسی
- فهرست معیارها و استانداردهای طراحی اولیه
- نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی محل سد
- جدول خلاصه عامل‌های ژئوتکنیکی پی، تکیه‌گاه‌ها، مخزن و پایین‌دست
- جدول خلاصه مشخصات کلی لرزه‌خیزی و نقشه کلی جانمایی گسل‌ها

omoorepeyman.ir

- جدول خلاصه مشخصات و تراز سیلاب طراحی و PMF و منحنی‌های سطح-حجم-ارتفاع مخزن
- آمار سیلاب‌های مهم ثبت شده پس از آب‌گیری (ترجیحا به صورت دیجیتال)
- نقشه مقاطع هندسی سد و جدول خلاصه اطلاعات مصالح مصرفی بدنه سد
- خلاصه اطلاعات سازه‌های وابسته (سرریز، سازه‌های خروجی و تجهیزات و...)

پ.٦-۲- گزارش بازرسی‌ها

به منظور تبیین وضعیت کلی و ذکر مشکلات و مسایل احتمالی سد و سازه‌های وابسته لازم است خلاصه نتایج کلیدی بازرسی‌های انجام شده در گزارش ارائه گردد. موارد مطرح در این بازرسی‌ها در ادامه ارائه شده است.

پ.٦-۲-۱- بازرسی‌های عادی سد و سازه‌ها و تجهیزات وابسته

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست موارد بازرسی شده، نام و عنوان مسوولیت بازرسی، عکس‌ها و مستندات، مشکلات مشاهده شده) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

یکی از موارد اصلی در بازرسی‌ها، ارائه وضعیت شیروانی‌ها و شیب‌ها و صخره‌های مشرف به مخزن سد و تعیین نواحی مشکوک و دارای پتانسیل لغزش و ریزش و جابه‌جایی است.

پ.٦-۲-۲- بازرسی‌های اضطراری

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست موارد بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، شرح رخداد یا حادثه، عکس‌ها و مستندات، آسیب‌ها و مشکلات مشاهده شده) باید جهت مراجعه احتمالی ذر زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-۲-۳- بازرسی‌های تفصیلی

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ‌ها، فهرست موارد بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، علت بازرسی، عکس‌ها و مستندات، مشکلات مشاهده شده) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-۲-٤- بازرسی ابزار دقیق و جانمایی ابزار معیوب و مشکوک

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعات تاریخ‌ها، فهرست ابزار بازرسی شده، نام و عنوان مسوولین بازرسی، عکس‌ها و مستندات، فهرست ابزار معیوب، مشکوک و سالم و نقشه جانمایی آنها) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

omoorepeyman.ir

پ.٦-٢-٥- وضعیت تغییرات عمده در بالادست و پایین‌دست سد

گزارش اصلی بازرسی (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین بازرسی، نام و عنوان مسوول بازرسی، عکس‌ها و مستندات، فهرست تغییرات بالادست و پایین‌دست و نقشه کلی جانمایی آنها) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٣- گزارش ارزیابی برنامه‌های سد

به منظور تبیین وضعیت کلی و ذکر مشکلات و مسایل احتمالی سد و سازه‌های وابسته لازم است خلاصه نتایج کلیدی برنامه‌های مختلف سد در گزارش ارائه گردد. موارد مطرح در این برنامه‌ها در ادامه ارائه شده است.

پ.٦-٣-١- برنامه اقدامات اضطراری

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه و فهرست‌های تماس، گزارش تمرین‌ها و مانورها، مشکلات برنامه و مشکلات یا کمبودهای اجرای آن) باید جهت مراجعه احتمالی موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٣-٢- برنامه نگهداری و تعمیرات

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه، مشکلات برنامه و مشکلات یا کمبودهای اجرای آن) باید جهت مراجعه احتمالی مورد نیاز موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٣-٣- برنامه بازرسی‌ها

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه و زمان‌بندی‌های بازرسی‌ها، مشکلات اجرای برنامه و کمبودهای اجرا و امکانات مستندسازی) باید جهت مراجعه احتمالی موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٣-٤- برنامه رفتارنگاری و قرائت‌ها

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل تاریخ آخرین ویرایش برنامه و زمان‌بندی‌ها، مشکلات برنامه و مشکلات یا کمبودهای اجرای آن) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٣-٥- سازماندهی و آموزش و ارتقای کارکنان

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل چارت سازمانی کارکنان و شرح وظایف آنها، فهرست کمبود یا اضافه کارکنان، برنامه رشد و ارتقا و آموزش کارکنان، دوره‌های اجرا شده و موارد مورد نیاز، فهرست مشکلات یا کمبودها) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

omoorepeyman.ir

پ.٦-٣-٦- برنامه تامین امنیت سد

گزارش اصلی بررسی برنامه (شامل اطلاعاتی از قبیل برنامه تامین امنیت، فهرست کمبود یا اضافه کارکنان، فهرست مشکلات یا کمبودها) باید جهت مراجعه احتمالی در زمان نیاز، موجود و قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٤- گزارش رفتارنگاری و رفتارسنجی سد

رفتار سدهای خاکی عمدتا تحت تاثیر مکانیزم‌های هیدرولیکی، تنش – تغییر شکل و مکانیزم‌های مقاومتی خاک است. بدنه و پی سد عموما توسط روگذری، تراوش و جوشش و ناپایداری داخلی تهدید می‌شوند. پایداری و لغزش و تراوش آب عوامل اصلی تهدید کننده تکیه‌گاه‌ها و شیب‌های مخزن و پایین‌دست محسوب می‌شوند. موارد اصلی کنترل و پایش در انواع سدهای خاکی به صورت زیر است.

در سدهای خاکی و سنگریزه‌ای ناهمگن دارای هسته آب‌بند

- مهم‌ترین تغییرمکان‌ها در این‌نوع سدها تغییرمکان قائم یا نشست هسته و بدنه و جابه‌جایی در جهت سراب – پایاب می‌باشد در حالی‌که تغییرمکان‌ها در جهت چپ – راست به این اندازه اهمیت ندارد.
- تراوش و فشار آب حفره‌ای
- فشار داخلی خاک
- حرکت و جابه‌جایی شیب‌ها

در سد خاکی و سنگریزه‌ای همگن دارای رویه آب‌بند علاوه برموارد فوق ترک و جابه‌جایی درزهای رویه هم مورد نظر می‌باشد.

موقعیت‌های اصلی کنترل و پایش در انواع سدهای خاکی عبارتند از:

- وجه بالادست بدنه سد: پایداری شیب و کنترل جابه‌جایی درزها، ترک‌های احتمالی، وضعیت بتن رویه از لحاظ فرسایش و خوردگی
- وجه پایین‌دست بدنه: پایداری شیب و ترک
- تاج سد: نشست و ترک‌خوردگی
- گالری‌های بدنه: رطوبت و تراوش آب، وضعیت زهکش‌ها
- وضعیت پی در پنجه: تراوش آب از پنجه پایین‌دست و رگاب
- گالری‌های تحتانی: وضعیت تراوش آب و زهکش‌ها
- سرریز: کنترل دریچه و عملکرد آن، کنترل تکیه‌گاه‌ها و کابل‌ها و زنگ‌زدگی تجهیزات دریچه، کنترل درزها و ترک در رویه بالادست سرریز، فرسایش بتن در آب‌گذر و تاج سرریز، کنترل بتن در کانال هوادهی
- حوضچه آرامش: رسوب‌گذاری، فرسایش لبه‌ها، دیواره و کف وضعیت بتن
- آبگیر: کنترل سطح بتن و لبه‌ها، وضعیت آشغالگیرها، خوردگی و زنگ‌زدگی و فرسایش
- تکیه‌گاه و بستر زمین: بررسی درزها و شکاف‌ها در محل نشیمن بدنه سد و سرریز، بررسی شکاف‌ها در صخره‌های دو جناح، بررسی ریزش سنگ، رسوب‌گذاری و رویش گیاه، حفره‌های فرسایشی، لایه‌های لغزشی، انحلال در آب

omoorepeyman.ir

پ.٦-٤-١- الگوی ارائه اطلاعات ابزار بندی و رفتار نگاری

اطلاعات سامانه پایش و ابزاربندی سد باید به صورت یک بانک اطلاعاتی به روز و منسجم وجود داشته باشد. در مورد هر یک از ابزار مورد استفاده در سد مشخصات زیر باید در طول عملیات پایش و رفتارنگاری ارائه گردد:

- طرح ابزاربندی شامل فهرست ابزارها و نقشه‌های جانمایی ابزارها در مقاطع و نما و پلان سد به همراه کد آنها
- هدف و منظور از نصب ابزار مختلف
- جدول مشخصات ابزار شامل نام، نوع، مقطع، نام تولید کننده و نصاب، تراز و مختصات و محل نصب و کد ابزار
- مشخصات نصب و دستورالعمل و نحوه قرائت و تواتر آن
- اطلاعات مربوط به قرائت‌های اولیه و تنظیم (دوران اجرا، زمان آب‌گیری، دوران بهره‌برداری)
- وضعیت عملکرد ابزار از نظر سالم یا مشکوک و معیوب و از کار افتاده بودن
- روش قرائت (دستی، نیمه خودکار، خودکار، از راه دور و...) و دقت قرائت ابزار و روال ذخیره اطلاعات (دستی، خودکار، کاغذی، الکترونیکی، بایگانی، ارسال و...)
- مقادیر حدی و کنترلی قرائت‌ها
- نحوه پردازش و پالایش داده‌ها براساس حجم داده‌ها و ابزار مشکوک
- ترسیم نمودارها و جداول مناسب قرائت‌ها از زمان نصب

اطلاعات رفتار نگاری باید طوری ذخیره شود که در مواقع لزوم و نیز شرایط اضطراری بتوان اطلاعاتی از قبیل مقادیر حداکثر قرائت‌ها و روند تغییرات و نظایر آن را بلافاصله استخراج نمود. هم‌چنین ابزار مهم و ابزاری که سابقه تغییرات یا روند نامناسب قبلی داشته‌اند باید شناسایی و مشخص شده و در موارد لزوم اطلاعات آنها سریعا قابل دسترسی باشد.

پ.٦-٤-٢- رفتارنگاری و رفتارسنجی

شاخص‌های اصلی رفتارنگاری و رفتارسنجی بر حسب نوع آنها و دستگاه اندازه‌گیری در سدهای خاکی و سنگریزه‌ای به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- تراز مخزن
- دما و سایر شاخص‌های جوی
- شتاب و تغییر مکان ناشی از زلزله
- فشار آب حفره‌ای و زیر فشار
- تراوش آب
- فشار داخلی خاک
- نشست شامل نشست خاک و نشست پی و نشست هیدرولیکی
- جابه‌جایی افقی

omoorepeyman.ir

- جابه‌جایی جانبی، تغییر شیب و انحراف
- درزسنجی و ترک‌سنجی

پ.٦-٤-٢-١- تراز مخزن

تراز آب مخزن از مهم‌ترین عامل‌های اندازه‌گیری در سدها است. تراز آب باید به طور روزانه و تحت هر شرایطی اندازه‌گیری شود. عواملی مانند بارندگی، رژیم بهره‌برداری، تراوش آب و نفوذپذیری در تراز آب مخزن موثر است. تمام عامل‌های اندازه‌گیری بعدی تابع تراز آب مخزن هستند. با افزایش تراز آب جابه‌جایی‌ها، تغییر شکل‌ها، عمق ترک‌ها و درزها، دبی نفوذ، تراوش، فشارهای منفذی و تنش در جسم سد افزایش می‌یابد.

پ.٦-٤-٢-١-١- وسایل اندازه‌گیری

وسایل اندازه‌گیری تراز آب مخزن عبارتند از:

- خط‌کش مدرج
- تراز الکترونیکی
- نشانگر سطح آب
- ثبت کننده تراز آب

اشل‌های مدرج که در وجه بالادست در دیواره‌های ورودی‌ها مانند سرریز نصب می‌شوند و روزانه قرائت می‌گردند در تمام سدها موجود است. دستگاه الکترونیکی که براساس تعادل فشار آب کار می‌کند به طور اتوماتیک تراز آب را ثبت می‌نماید. این موضوع در شکل (پ.۶-۳) نشان داده شده است. در سدهایی که در پایین‌دست، آب عمق قابل توجه دارد تراز پایین‌دست نیز ثبت می‌شود. دستگاه‌های نشانگر و ثبت کننده تراز آب می‌توانند به صورت قابل حمل یا ثابت مورد استفاده قرار گیرند.

پ.٦-٤-٢-١-٢- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری تراز آب مخزن و پایین‌دست با ثبت میزان تراز آب از سطح دریای آزاد بر حسب زمان اندازه‌گیری انجام می‌گیرد. دقت اندازه‌گیری معمولا در حد سانتی‌متر است و به محل و جایگاه نصب دستگاه اندازه‌گیر بستگی دارد. در کاربرگ اندازه‌گیری معمولا شرایط خاص احتمالی در زمان اندازه‌گیری هم مشخص می‌شود.

تغییرات تراز مخزن در طول زمان معمولا همراه با رسم دبی ورودی‌ها و خروجی‌ها بر حسب زمان به تفکیک (مثلا سرریزهای عادی و اضطراری، تخلیه کننده تحتانی، شیرهای کشاورزی، خروجی آب آشامیدنی، آب‌رسان نیروگاه آبی و...) نشان داده می‌شود.

پ.٦-٤-٢-١-٣- تواتر اندازه‌گیری

در تمام سدها و تحت هر شرایطی تراز آب مخزن باید روزانه اندازه‌گیری شود. در زمان‌های تخلیه عادی و اضطراری تواتر زمانی اندازه‌گیری تراز آب در بالادست و پایین‌دست کوتاه‌تر می‌شود و در هر ساعت یا چند ساعت ثبت می‌گردد.

omoorepeyman.ir

پ.٦- ٤-٢-٢- دما

دما در سدهای خاکی از عامل‌های فرعی محسوب می‌شود. تغییرات زیاد دما می‌تواند بر رفتار برخی از ابزار تاثیرگذارد. در سدهای با رویه بتنی تغییرات دمای هوا و آب در رفتار رویه آب‌بند اثر می‌گذارد. تغییرات دمای هوا بر روی کارکرد سیستم‌های مکانیکی و ایستگاه‌های اندازه‌گیری نیز اثر دارد.

دمای آب متاثر از دمای محیط است. این تاثیر در اعماق سطحی آب زیادتر و در اعماق پایین کم‌تر است. دمای آب صرفا روی سرآب سدها اثر می‌گذارد. در تابستان دمای آب با افزایش عمق کاهش و در زمستان حالت برعکس را دارد. ثبت دمای آب در ترازهای مختلف و در محل‌های مختلف مخصوصا در سدهای با رویه بتنی لازم است. امروزه با اندازه‌گیری دمای آب در بالادست و پایین‌دست می‌توان به میزان تراوش آب هم پی برد.

پ.٦-٤-٢-٢-١- وسایل اندازه‌گیری

در اکثر سدهای کشور ایستگاه‌های هواشناسی وجود دارد که در ایستگاه، ترمومترهای ثابت و ثبات جهت اندازه‌گیری دمای هوا نصب شده است. دماسنج‌های اندازه‌گیری هوا از نوع معمولی و جیوه‌ای هستند.

اندازه‌گیری دمای آب توسط اقسام دماسنج به صورت زیر انجام می‌پذیرد:

الف- دستگاه‌های ثابت:

دمای آب توسط ترمومترهای جیوه‌ای و یا الکترونیکی که در ترازهای مختلف مختلف نصب شده، ثبت می‌گردند.

ب- دستگاه‌های متحرک

در مواردی جهت اندازه‌گیری دمای آب توسط دماسنج‌های غیرثابت (که از نوع دماسنج مقاومتی هستند) استفاده می‌شود.

دماسنج مقاومتی از یک مقاومت حساس از جنس پلاتین داخل محفظه کپسولی شکل از جنس پلاستیک که خود در داخل یک سیلندر برنجی قرارگفته، تشکیل شده است. یک کابل ۳ رشته سیمی با روکش نئوپرین به آن متصل است که با داخل نمودن آن در آب می‌توان در هرعمقی دما را اندازه‌گیری نمود. در اثر تغییر دما مقاومت پلاتینی تغییرکرده که توسط یک تابلو الکتریکی دما خوانده می‌شود. دقت این وسیله تا دهم درجه حرارت است. دماسنج ضدضربه دراثر تغییردما عکس‌العمل سریع نشان می‌دهد. شکل (پ. ۵-۲) نمونه‌ای از این نوع دماسنج‌ها را نشان می‌دهد.

نوع دیگر دماسنج، دماسنج میله‌ای است که از نوع دماسنج معمولی می‌باشد و با آن می‌توان حداکثر تا عمق سه متری آب را اندازه‌گیری نمود. برای این کار دماسنج را داخل آب کرده و به مدت ۱۰ دقیقه در داخل آب نگه داشته تا درجهٔ حرارت را نشان دهد.

پ.٦-٤-٢-٢-٢- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری دمای هوا معمولا به صورت روزانه انجام می‌شود. سدها و ایستگاه‌های هواشناسی معمولا کاربرگ مخصوص به خود را دارند. تغییرات دمای هوا در طول زمان با مشخص کردن محل و نوع ابزار و ساعت اندازه‌گیری‌ها ثبت می‌شود.

omoorepeyman.ir

پ.٦-٤-٢-٢-٣- تواتر اندازه‌گیری

ثبت درجه حرارت هوا در تمام سدها انجام می‌گیرد. درسدهای خاکی نیز داشتن روزانه درجه حرارت هوا به علت کارکرد و دقت دستگاه‌های الکتریکی و هیدرولیکی لازم است. لذا داشتن درجه حرارت هوا به طور روزانه در کلیه سدها و در تمام مراحل بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

جدول پ.٦-١- تواتر اندازه‌گیری دما در سدها

نوع سد / دوره	سد خاکی	سد خاکی با رویه بتنی
دوره اول (آب‌گیری)	هفتگی	روزانه
دوره دوم (۵ سال)	ماهانه	هفتگی
دوره سوم (حالت پایدار)	ماهانه	ماهانه

پ.٦-٤-٢-٢-٤- تحلیل داده‌ها

دمای روی سایر عامل‌ها از جمله تغییر شکل و کرنش تاثیر مستقیم می‌گذارد و لذا معمولا اثر آن در این قبیل عامل‌ها نیز لحاظ می‌گردد. جهت بررسی داده‌ها و تحلیل نتایج ثبت دما باید منحنی‌های زیر رسم گردد:

- منحنی تغییرات دمای هوا برحسب زمان در طول یک‌سال
- منحنی تغییرات دمای آب برحسب زمان در طول یک‌سال

پ.٦-٤-٢-٣-سایر شاخص‌های جوی

سایر شاخص‌های جوی که در بررسی ایمنی سد مد نظر قرار گرفته و باید اندازه‌گیری شوند عبارتند از:

- عمق یخزدگی خاک و پی در صورت وقوع یخبندان در زمستان و ضخامت یخ روی دریاچه.
- میزان بارش‌های شدید و قابل توجه باران و برف بر حسب میزان بارش (میلی‌متر) یا دبی بارش.

اغلب این شاخص‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی که بعضا در مجاورت سدها احداث می‌شوند، اندازه‌گیری می‌گردند.

پ.٦- ٤-٢-٤- ارتعاش

حرکات ارتعاشی بدنه سد معمولا ناشی از زلزله‌های طبیعی و مصنوعی یا القایی مخزن و یا انفجار و عملیات عمرانی در مجاورت سد است. این ارتعاشات باید به منظور اطمینان از رفتار دینامیکی مناسب سد ثبت و بررسی گردند.

پ.٦-٤-٢-٤-١- وسایل اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات

حرکات زمین در زلزله که معمولا در سدهای بزرگ با استفاده از شتاب‌نگار در بدنه سد در تاج و انتهای آن در محل تکیه‌گاه‌ها یا لرزه‌نگار در پی و تکیه‌گاه‌ها در ترازهای مختلف به صورت تاریخچه زمانی شتاب یا لرزه ثبت می‌گردد. در صورت وجود چند رکورد

omoorepeyman.ir

زلزله، تغییرات حداکثر شتاب یا تغییر مکان در تاج سد بر حسب حداکثر شتاب یا تغییر مکان پی یا زمین نیز رسم می‌گردد. (شکل‌های (پ.۵-۵) تا (پ.۵-۷))

پ.٦-٤-٢-٤-٢- تحلیل داده‌ها

برای بررسی رفتار سد در زلزله‌های مختلف معمولا حداکثر شتاب نقاط مورد اندازه‌گیری بر حسب عامل‌های مختلف زلزله مانند حداکثر شتاب سنگ بستر (یا اغلب همان پی سد) رسم می‌شود. این منحنی میزان بزرگنمایی شتاب در ارتفاع بدنه سد را مشخص می‌نماید. قضاوت بیش‌تر روی خروجی‌های به‌دست آمده از زلزله‌ها نیاز به تحلیل شتاب نگاشت‌ها و تهیه عامل‌های طیفی مربوط دارد. سدهای خاکی معمولا نسبت به زلزله‌ها با شتاب کم‌تر از ۰/۰۵ شتاب ثقل حساس نیستند و لذا در رفتارسنجی نیازی به ثبت و ارائه اطلاعات این زلزله‌ها نمی‌باشد.

پ.٦-٤-٢-٥- فشار آب

فشار ناشی از ارتفاع آب در مخزن سد، سبب ایجاد جریان آب، فشارهای منفذی و زیرفشار در بدنه، پی و تکیه‌گاه‌های سد می‌شود. تغییر بین دو مقدار فشار در سراب و پایاب بستگی به عوامل زیر دارد:

- جنس لایه‌ها، پیوستگی و ناپیوستگی در سنگ پی، نفوذپذیری
- کارآیی و رفتار پرده تزریق
- کارآیی سیستم فیلتر و زهکش

جهت کسب اطلاع از شدت فشار برکنش نیاز به داشتن یک سری گمانه‌هایی جهت اندازه‌گیری فشار است. این گمانه‌ها باید فشار را در اعماق، طول و عرض‌های مختلف به ما نشان دهند. بنابراین یک سیستم کامل اندازه‌گیری فشار در زیر سد و در اعماق مختلف لازم است.

فشار در هرنقطه توسط هر یک از روش‌های زیر قابل اندازه‌گیری است:

- برحسب ارتفاع ستون آب
- برحسب درصد ارتفاع آب مخزن
- برحسب نیرو بر واحد سطح (Kg/cm^2)

پ.٦-٤-٢-٥-١- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری فشار آب از پیزومتر استفاده می‌گردد. پیزومترها در انواع مختلف بسته به نوع و محل مصرف ساخته می‌شوند.

۱- پیزومتر قائم (Standpipe)

این پیزومتر شامل یک لوله و کلاهک متخلخل است. آب از طریق کلاهک متخلخل وارد لوله می‌گردد و فشار آب به وسیله عمق‌سنج با اندازه‌گیری ارتفاع آب داخل لوله تعیین می‌شود. در مواردی که فشار آب زیاد باشد به طوری که آب از داخل لوله فوران

omoorepeyman.ir

کند فشار را به وسیله فشارسنج (مانومتر) که بر روی لوله کار گذاشته می‌شود، اندازه‌گیری می‌کنند. شکل (پ.۵-۴۲) و (پ.۵-۴۳) نمونه‌ای از این نوع پیزومترها را نشان می‌دهد.

۲- پیزومتر هیدرولیکی (Hydraulic)

این فشارسنج شامل دو لوله و یک کلاهک است. جهت پرنمودن لوله و کلاهک آب بدون هوا به داخل لوله جریان می‌یابد و در تمام طول کار، لوله و کلاهک از آب پر است. فشار براساس تفاوت ستون آب بین کلاهک و محل اندازه‌گیری به دست می‌آید. شکل (پ.۵-۴۳) نمونه‌ای از این نوع پیزومترها را نشان می‌دهد.

۳- پیزومتر بادی (Pneumatic)

پیزومتر بادی یا گازی از یک کلاهک متخلخل و یک صفحه دیافراگم مبدل که در داخل خاکریز مورد مطالعه کارگذارده می‌شود، تشکیل شده است. دو لوله پلاستیکی کلاهک را به دستگاه اندازه‌گیر متصل می‌کند. هوا، نیتروژن و یا روغن به یک طرف صفحه وارد می‌شود. به محض برابرشدن فشار آب با فشار گاز طرف دیگر صفحه، دستگاه اندازه‌گیر فشار محل را مشخص می‌کند. شکل (پ.۵-۴۴) نمونه‌ای از نمودار این نوع پیزومترها را نشان می‌دهد.

٤- پیزومتر تار مرتعشی (Acoustic/Vibrating Wire) یا پیزومتر الکترونیکی (Electronical)

پیزومتر الکتریکی از یک سلول تشکیل شده که داخل خاکریز قرار می‌گیرد. درون سلول یک تار مرتعش بین دوسر یک کپسول تغییر شکل‌پذیر کشیده شده و براساس تغییر فرکانس تار مرتعش متناسب با نیروی کشش آن، فشار آب اطراف را اعلام می‌کند. از طریق فیلترهای مخصوص فشار آب اطراف سلول به کپسول منتقل می‌گردد و بدین ترتیب فرکانس تار مرتعشی، متناسب با فشار آب اطراف سلول تغییر خواهدکرد. این فرکانس‌ها توسط دستگاه قرائت دریافت و آشکار می‌گردد.

پ.٦-٤-۲-۵-۲- ثبت اطلاعات

در سدهای مختلف کشور کاربرگ‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری زیر فشار و فشار ارائه شده است اما در تمام کاربرگ‌ها هدف، محاسبه فشار برحسب ارتفاع آب در محل است. در سدهایی که دهانه نصب فشارسنج با محلی که فشار آن در حال اندازه‌گیری است یک‌جا باشند مستقیما عدد فشارسنج که عموما برحسب بار می‌باشد، به‌عنوان فشار محل اعلام می‌گردد.

در سدهایی که تراز نصب فشارسنج با دهانه قرائت تفاوت دارد، مقدار تفاوت ارتفاع باید در فشار اصلاح گردد. در ثبت اطلاعات پیزومترها معمولا تراز آب مخزن ثبت شده و سپس فشارسنج‌ها بسته به محل آن و تراز کارگذاری نام‌گذاری می‌شوند و فشار اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد.

پ.٦-٤-۲-۵-۳- تواتر اندازه‌گیری

فشار منفذی و فشار پایین به بالا در تمام سدها و در تمام مراحل بهره‌برداری باید اندازه‌گیری شده و تحت کنترل باشد. فشار پایین به بالا مخصوصا در سدهای بتنی وزنی و پایه‌دار با پی‌های گسترده، از بحرانی‌ترین بارهای وارده به سد است که در پایداری

omoorepeyman.ir

کل جسم سد موثر است. پرده‌های آب‌بند و پاشنه سد جهت کاهش فشارهای پایین به بالا استفاده می‌شود. در سدهای خاکی نیز افزایش فشار سبب افزایش دبی تخلیه، شسته‌شدن و پدیده رگاب (Piping) در هسته می‌گردد. فراوانی دفعات اندازه‌گیری (تواتر اندازه‌گیری) جهت فشار منفذی در سدهای مختلف و در طول دوره‌های بهره‌برداری به صورت جدول (پ.۶-۲) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.٦-۲- تواتر اندازه‌گیری فشار آب در سدها

دوره بهره‌برداری	سد خاکی
دوره اول	روزانه
دوره دوم	هفتگی
دوره سوم	ماهانه

پ.٦-٤-۲-٥-٤- تحلیل داده‌ها

در پیزومترهای ایستاده، هنگام اندازه‌گیری فشار، درپوش گمانه‌ها بسته می‌شود. زمان اندازه‌گیری بلافاصله پس از بستن درپوش انتخاب نمی‌گردد بلکه پس از ثابت شدن فشار، اندازه‌گیری انجام می‌شود. فشارسنج‌ها عموما دارای یک شیر سه‌راهی هستند که علاوه بر اندازه‌گیری فشار امکان اندازه‌گیری دبی تخلیه را نیز میسر می‌سازد. آب‌بندی کامل محل اتصال مهم است زیرا در اعلام فشار خوانده شده اثر می‌گذارد. در ضمن توصیه می‌شود فشارسنج‌ها به طور دایم روی لوله‌های اندازه‌گیر قرار داده شوند زیرا در موقع نصب، برای رسیدن به فشار ثابت و واقعی شاید روزها زمان نیاز باشد. اعلام زیرفشار برحسب ارتفاع ستون آب بیان می‌شود. درضمن می‌توان فشار هر نقطه را برحسب درصدی از فشار حداکثر تراز آب بیان نمود که به آن فاکتور فشار گویند:

$$\text{فاکتور فشار} = \frac{P}{H} \times 100$$

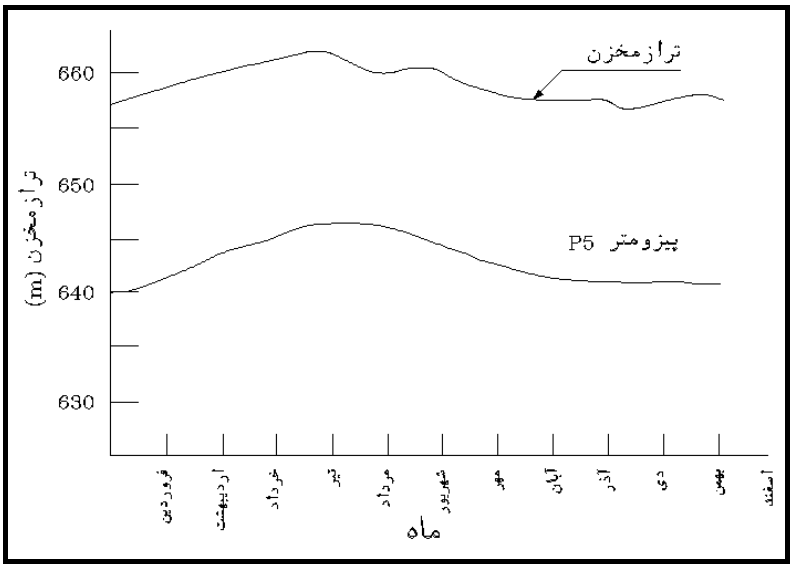
P = فشار اعلام شده توسط فشارسنج در محل نصب

H = ارتفاع تراز آب تا محل نصب فشارسنج

فشار زیر سد از سراب به پایاب کاهش می‌یابد در سمت سراب این فشار معادل فشار آب مخزن است. تغییرات فشار متاثر از فشار آب مخزن است. در زمستان به علت یخزدن وگرفتگی خروجی مجراهای طبیعی جریان آب، زیر فشار افزایش می‌یابد. در شرایط تخلیه سریع مخزن زمان کافی برای کاهش زیرفشار وجود ندارد و اعداد زیرفشار عموما بالاست. فاکتور زیرفشار زمانی رفتار سد را به خوبی نشان می‌دهد که مخزن سد بیش‌تر از نصف پر باشد و نیز سد در مرحله اولیه آب‌اندازی یا تخلیه سریع نباشد.

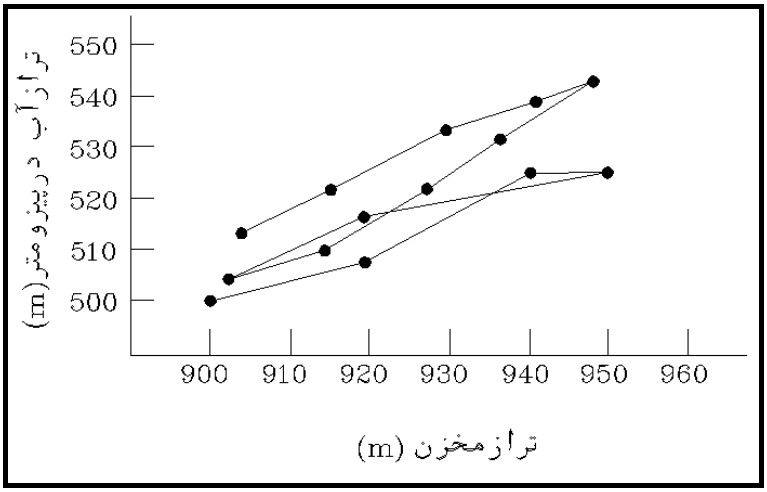
تغییرات تراز آب در پیزومترهای مختلف بر حسب تغییرات تراز آب در مخزن رسم می‌شود. به‌علاوه پروفیل تغییرات زیرفشار در تراز پی نیز در مقطع سد بر حسب فاصله از بالادست می‌تواند ارائه شود.

omoorepeyman.ir



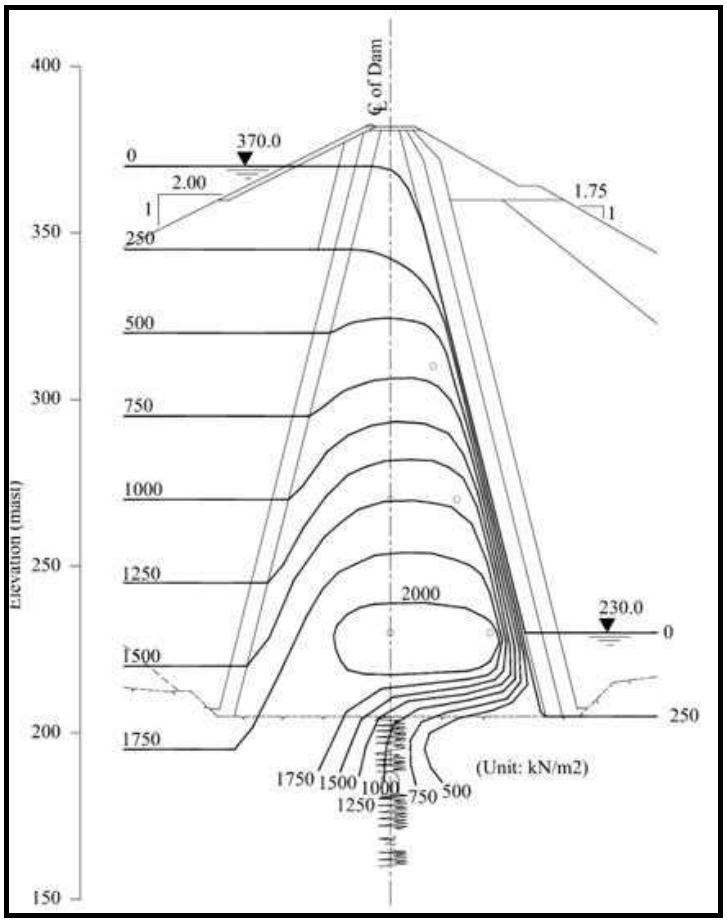
شکل پ.٦-١- تغییرات تراز پیزومترهای مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز آب مخزن

تراز پیزومتری آب در طول زمان در مقایسه با تغییرات تراز مخزن ترسیم می‌شود. هم‌چنین تراز آب در پیزومترهـای مختلـف بـر حسب تراز مخزن ارائه می‌گردد. با استفاده از اطلاعات پیزومترها در مقطع سد می‌توان سطح حداکثر یا ایستابی تراوش و سایر خطوط فشار ناشی از تراوش را نیز ترسیم نمود. ضریب فشار آب حفره‌ای u در عمق h ($R_u = {}^{u}/_{\gamma_{soil}.h}$ که در این رابطه γ_{soil} چگالی خاک می‌باشد.) نیز معمولا جهت بررسی پایداری برای پیزومترهای مختلف ارائه می‌گردد. گاهی هم این عامل به شکل کانتور در مقطع سد ترسیم می‌شود.

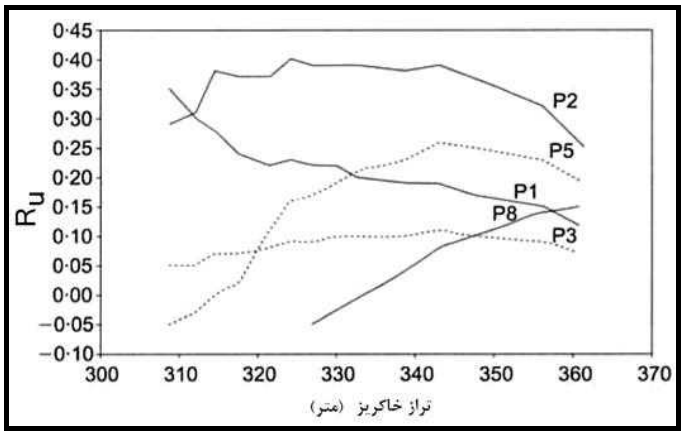


شکل پ.٦-٢- تراز پیزومتری بر حسب تراز آب مخزن در پیزومترهای مختلف

omoorepeyman.ir



شکل پ.٦-٣- سطح حداکثر یا ایستابی تراوش و سایر خطوط فشار ناشی از تراوش



شکل پ.٦-٤- نسبت فشار آب حفره‌ای u در عمق h در پیزومترهای مختلف

پ.٦-٤-٢-٦- تراوش آب

فشار آب مخزن سبب جریان آب در خاک می‌گردد. در سدهای خاکی دارای هسته زهکش‌های بلافاصل هسته آب‌های تراوشی را جمع‌آوری می‌کنند. تراوش آب در سدهای خاکی از جداره مجاری بتنی و فولادی عبور کننده از داخل بدنه نیز رخ می‌دهد. در پی،

omoorepeyman.ir

چاه‌های زهکشی جهت شکستن فشار منفذی و تخلیه آب‌های تراوشی ساخته می‌شوند. زهکش‌ها عمدتا آب‌های نفوذی از پرده تزریق در پی سد را جمع‌آوری می‌کنند. گمانه‌های زهکش از گالری پی به سمت پایاب بعد از عنصر آب بند حفر می‌شوند. حتی در گالری‌هایی که در سنگ حفر می‌شود زهکش‌ها جهت تخلیه آب‌های نفوذی تعبیه می‌گردند. حاصل جمع دبی کلیه آب‌های تراوشی و خروجی باید در هر سدی تعیین گردد که میزان طبیعی و قابل قبول آن تعیین و در صورت افزایش غیرمعمول، نقص و یا معایب شناسایی گردد. این دبی شامل مقادیر زیر است:

دبی تراوش آب + دبی زهکشی = جمع کل دبی

در هر سدی باید کلیه تراوش‌های تکیه‌گاه‌ها و پی تا حد امکان به تفکیک اندازه‌گیری شده جمع تراوش‌ها محاسبه و یا با هدایت به یک ایستگاه اندازه‌گیری مقدار کل تراوش برآورد گردد.

پ.٦-٤-٢-٦-١- وسایل اندازه‌گیری

دو روش برای اندازه‌گیری دبی تراوش آب در سدها وجود دارد.

۱- اندازه‌گیری زمان لازم برای پرشدن یک ظرف با حجم معین

این روش وقتی استفاده می‌گردد که دبی زهکش حداکثر ۵ لیتردر دقیقه باشد. در این روش با استفاده از کرنومتر زمان لازم برای پرشدن ظرفی با حجم مشخص اندازه‌گیری می‌گردد. زمان‌های کوتاه‌تر از ۱۵ ثانیه دارای دقت لازم نیست.

۲- اندازه‌گیری تراز سطح آب در یک سرریز مثلثی

هنگامی‌که دبی زهکش‌ها از ۵ لیتر در دقیقه تجاوز کند اندازه‌گیری آبگذر توسط سرریزهای مثلثی انجام می‌گیرد. در سرریز تامسون ارتفاع تیغه آب روی سرریز اندازه‌گیری می‌گردد. این ارتفاع مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود بلکه با استفاده از اشل و نشانه ثابت، به‌دست می‌آید. با استفاده از فرمول زیر مقدار دبی جریان محاسبه می‌شود (شکل‌های (پ.۵-۴۸) و (پ.۵-۴۹)):

$$Q(L/S) = 1420 \times h^{2.5}$$

$$Q(L/min) = 85200 \times h^{2.5}$$

h = ارتفاع آب روی سرریز بر حسب متر

سرریز مثلثی باید محکم، بدون هرگونه خم،کجی و یا بریدگی باشد و عاری از هرنوع رسوب و سفیدک باشد. در نقطه‌ای اقدام به اندازه‌گیری شود که ارتفاع آب حداقل ۱۰ برابر ارتفاع تیغه آب روی سرریز باشد.

پ.٦-٤-٢-٦-٢- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری دبی تراوش آب عموما بر اساس لیتر در دقیقه می‌باشد و کاربرگ خاصی جهت ثبت دبی‌ها وجود ندارد. در هر سد نیز کاربرگ خود را استفاده می‌کنند و اغلب اندازه‌گیری‌ها براساس حجم ظرف و زمان پرشدن است. داشتن دبی تراوش به تفکیک تکیه‌گاه‌های راست و چپ و پی سد و در مجموع دبی تراوش آب در کل سد مهم است. معمولا جهت اندازه‌گیری دبی، تراوش آب زهکش های مختلف اندازه‌گیری شده و سپس جمع آن به صورت دبی تراوش کل اعلام می‌گردد.

omoorepeyman.ir

پ.٦-٤-٢-٦-٣- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری دبی تراوش در تمام دوره‌های عمر سد و در تمام انواع سدها انجام می‌گیرد و از آنجایی که کل دبی تراوش در آن مشخص است، یکی از سیستم‌های مهم هشدار دهنده در سدها است. فراوانی دفعات اندازه‌گیری تراوش به صورت جدول (پ.۶-۳) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.٦-٣- تواتر اندازه‌گیری بده تراوش

دوره بهره‌برداری	سد خاکی
دوره اول	روزانه
دوره دوم	هفتگی
دوره سوم	ماهانه

پ.٦-٤-٢-٦-٤- تحلیل داده‌ها

مقدار دبی خروجی به عوامل زیر بستگی دارد:

- وضعیت زمین و کیفیت عملیات ترمیم و اصلاح پی
- وضعیت عملیات اجرایی و تراکم مصالح در حین اجرا
- کیفیت کارهای بتنی سازه‌ای و مجاری داخل بدنه

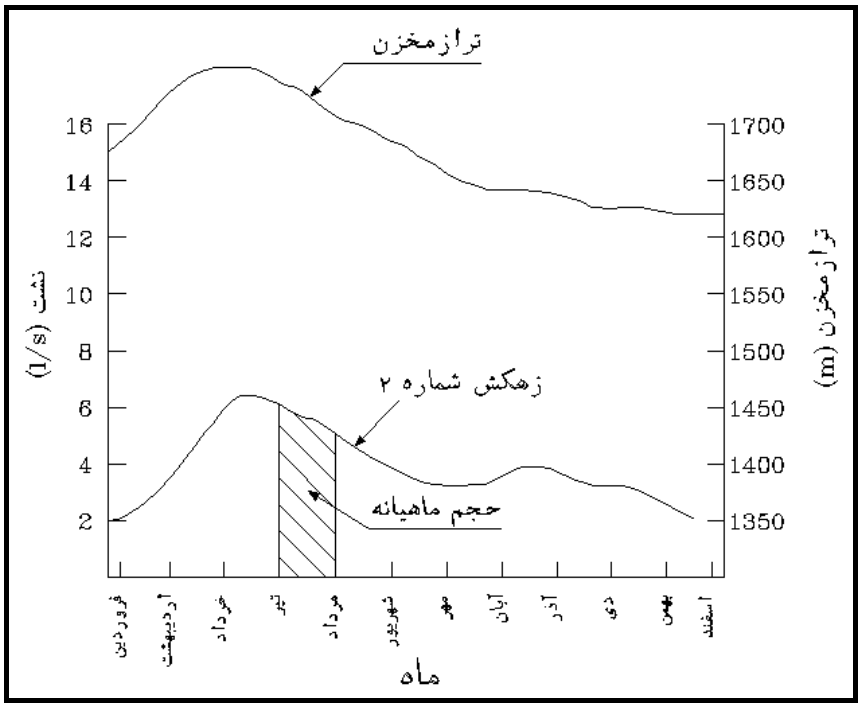
پ.٦-٤-٢-٦-٥- تاثیر تراز آب

دبی تراوش در سال‌های اول عمر سد بیش‌تر است زیرا با گذشت ۱۰ الی ۲۰ سال تراوش‌ها کامل شده و محیط اطراف نیز اشباع می‌گردد بنابراین کل دبی تراوش در یک سد در طول زمان کاهش می‌یابد.

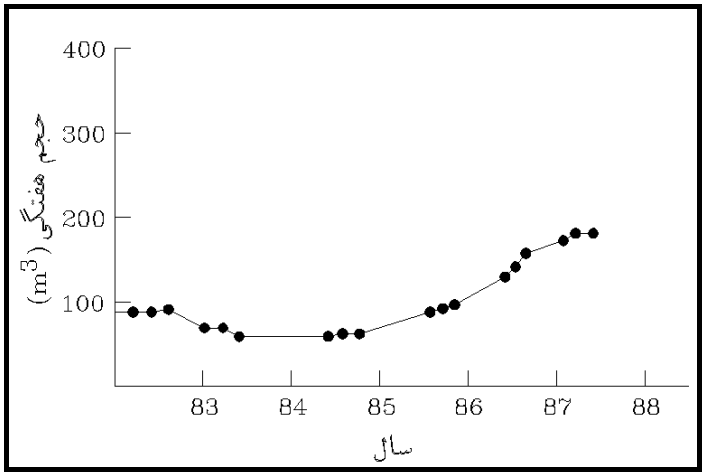
مقدار دبی (برحسب زمان) و ارتفاع آب مخزن (H) رسم می‌گردد. آنچه در منحنی دبی- ارتفاع و یا دبی- زمان مهم است تغییرات ناگهانی است. چه به صورت کاهش یا افزایش دبی باشد. یک افزایش استثنایی ممکن است ناشی از بالا آمدن سریع آب مخزن و یا ایجاد یک حفره در تکیه‌گاه و یا سد باشد. یک کاهش استثنایی نیز در اثر گرفتگی زهکش‌ها و یا تجمع ناگهانی رسوب در آن می‌باشد.

مقدار دبی کل در هر سال عامل تعیین‌کننده‌ای نیست. بلکه یک دبی غیرعادی وقتی مشخص می‌شود که در یک تراز ثابت آب، افزایش غیرمعمول در میزان تراوش آب رخ دهد. تراوش آب با اندازه‌گیری دبی خروجی گالری‌های زهکش صورت گرفته و اطلاعات آن بر حسب تغییرات تراز آب مخزن و زمان و نیز به صورت حجم کلی تراوشی در طول زمان ارائه می‌گردد.

omoorepeyman.ir



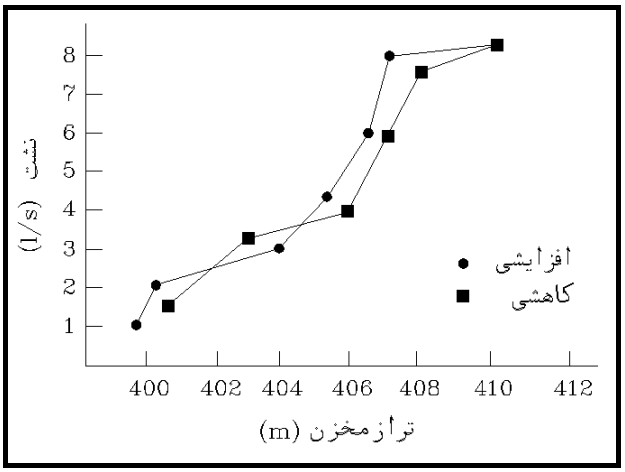
شکل پ.٦-٥- مقدار تراوش زهکش‌های مختلف بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن



شکل پ.٦-٦- حجم کلی تراوش آب مخزن در طول زمان در تمام یا هر یک از زهکش‌ها

نحوه تغییر میزان تراوش بازای ترازهای یکسان مخزن در دوران بهره‌برداری نیز عامل تعیین کننده‌ای در ارزیابی روند تراوش‌ها از بدنه و پی و تکیه‌گاه‌های سد محسوب می‌گردد، لذا ترسیم میزان تراوش بازای ترازهای یکسان مخزن در زمان‌های مختلف در این راستا بسیار مفید می‌باشد.

omoorepeyman.ir



شکل پ.٦-۷- تغییرات میزان تراوش بر حسب تراز مخزن برای بررسی حساسیت تراوش به تراز مخزن

جهت کنترل تراوش موارد زیر مد نظر قرار می‌گیرد:

- مقدار جریان یا دبی تراوش متناظر با تراز مخزن باید پایش و ثبت شده و هرگونه تغییرات غیرعادی در آن بر روی منحنی و به طور آماری بررسی شود. حداکثر دبی تراوش متناسب با حداکثر تراز مخزن، به‌عنوان معیار کنترلی از تحلیل یا اندازه‌گیری به دست می‌آید. اطلاعات مربوط به شرایط بارندگی یا ذوب برف و یخ باید به طور جداگانه اصلاح شوند.
- گرادیان هیدرولیکی که نشان دهنده احتمال وقوع پدیده رگاب است، در بدنه، پی و تکیه‌گاه‌های سد و خصوصا اطراف مجاری عبور کننده از داخل سد خاکی باید کنترل شود. این مساله در زمان کارکرد مجاری نیز باید همراه با انجام بازرسی بررسی گردد.
- زهکش‌ها و فیلترها باید برای هدایت تراوش پیش‌بینی شده، طراحی شده باشد. فشارهای حفره‌ای داخلی زیاد معمولا نشان دهنده ظرفیت ناکافی زهکش‌ها یا نفوذپذیری کم آنها می‌باشد. از طرفی کاهش غیرعادی دبی تراوش از زهکش‌ها می‌تواند نشان دهنده گرفتگی آنها باشد.
- معیارهای مشاهده‌ای عبارتند از وجود ترک، حفره یا تخلخل در بدنه، پی یا تکیه‌گاه و مشاهده عینی جوشش یا تراوش شدید. در بازرسی و کنترل مشاهده‌ای زهکش‌ها، در صورت وجود دانه‌های خاک مربوط به بدنه یا فیلترها و یا گل آلود بودن خروجی زهکش‌ها بررسی دقیق‌تر باید به‌عمل آید. در این مورد معیارهای مربوط به دانه‌بندی فیلترها برای جلوگیری از رگاب باید در طراحی رعایت شده باشد.

بسته به عواقب شکست و اهمیت سد، گرادیان هیدرولیکی در بدنه خاکریز، پی، تکیه‌گاه‌ها و اطراف مجاری عبور کننده از داخل سد باید در حین ساخت، آب‌گیری و بهره‌برداری پایش شده و با مقادیر مجاز مورد مقایسه قرار گیرد. در حین ساخت و آب‌گیری مقدار تراوش و فشار آب حفره‌ای در اطراف عنصر آب‌بند باید به دقت کنترل شود.

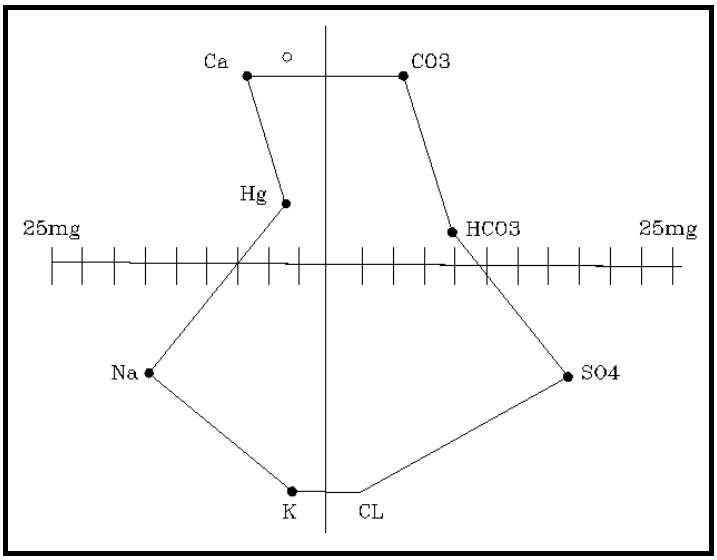
در فواصل زمانی مناسب لازم است آزمایش املاح شیمیایی روی آب خروجی از زهکش‌ها صورت پذیرد. نتایج این آزمایش می‌تواند کمک زیادی به بررسی وضعیت پی و پرده آب‌بند نماید. نتایج این آزمایش‌ها معمولا به صورت تغییرات غلظت بر حسب

omoorepeyman.ir

زمان با مشخص نمودن زمان نمونه‌گیری‌ها در آن به‌همراه تغییرات دبی تراوش در همان نمودار و یا به صورت‌های مختلف دیگر از جمله نموگرام میزان املاح مختلف مطابق شکل نشان داده می‌شود.

برای بررسی عملکرد پرده آب‌بند سد معمولا از موارد زیر استفاده می‌شود:

- تغییرات و میزان گرادیان هیدرولیکی پایین دست پرده آب‌بند که از قرائت‌های پیزومترهای مربوط به‌دست می آید.
- تغییرات و میزان دبی خروجی زهکش‌های عمقی پایین دست پرده آب‌بند در پی و تکیه‌گاه‌ها.
- نتایج آزمایش شیمیایی آب های تراوش شده.



شکل پ.٦-٨- نتایج آنالیز شیمیایی کیفیت آب تراوشی در زهکش‌های مختلف

پ.٦-٤-٢-٧- فشار داخلی خاک

اندازه‌گیری تنش در سد خاکی به منظور آگاهی از توزیع، بزرگی یا مقدار و جهت تنش‌ها صورت می پذیرد. در تداخل محیط خاک تنش‌ها با استفاده از سلول‌های فشار در جهت افقی، قائم و ۴۵ درجه یا مایل سنجیده می‌شوند (برای بررسی وضعیت تنش سه بعدی در یک نقطه نیاز به ۵ سلول است). تنش‌سنج‌های نصب شده در مجاور سازه‌های بتنی در تماس با خاک برای بررسی میزان فشار وارد به این سازه‌ها به کار می‌روند. اطلاعات به‌دست آمده از این قرائت‌ها برای کنترل عامل‌ها و فرضیات طراحی به‌کار گرفته می‌شوند.

اندازه‌گیری تنش‌ها در توده خاک معمولا به دلیل تغییر شرایط ناشی از نصب ابزار نمی‌تواند با دقت بالایی تنش‌های واقعی را ثبت نماید. تنظیم کردن دستگاه با شرایط واقعی یا اصلاح نتایج ثبت شده نیز معمولا بسیار مشکل و پرهزینه است. مشخصات ابزار نیز در این زمینه تاثیر گذار است. در ابزارهای متداول، تنش‌سنج‌های هیدرولیکی نسبت به تنش‌سنج‌های دیافراگمی دقت مناسب‌تری دارند.

پ.٦-٤-٢-٧-١- وسایل اندازه‌گیری

تنش‌های فشاری در بدنه سد خاکی و خاکریزها و محل تماس خاک و سازه بتنی و نیز در توده سنگ و ترانشه حفاری شده با ابزار زیر اندازه‌گیری می‌شوند.

omoorepeyman.ir

الف - تنش‌سنج

جهت اندازه‌گیری تنش یا فشار در نقاط مختلف بدنه و نیز تحت زوایای معین از تنش‌سنج استفاده می‌شود که دارای دو نوع زیر است:

۱- تنش‌سنج تار مرتعش یا دیافراگمی

۲- سلول تنش هیدرولیکی

تنش‌سنج از یک سلول که دارای دو صفحه نازک از فولاد ضدزنگ که دور تا دور به‌هم جوش شده تشکیل شده است. فضای باریک مابین دوصفحه وجود دارد که تغییر شکل‌پذیر است. سلول اندازه‌گیر در نقاط مختلف و در جهات مختلف در بتن یا خاک قرار می‌گیرد. یک کابل اطلاعات سلول را به دستگاه اندازه‌گیر منتقل می‌کند.

در نوع تنش‌سنج تار مرتعش اندازه‌گیری فشار برحسب فرکانس‌های تولید شده صورت می‌گیرد و در نوع هیدرولیکی اندازه‌گیری مستقیما توسط فشار داخل سلول بیان می‌گردد. سلول تنش هیدرولیکی معمولا برای اندازه‌گیری تنش در حد فاصل خاک و بتن یا در داخل بتن حجیم به‌کار می رود. (شکل‌های (پ.۵-۳۵) و (پ.۵-۳۶))

ب- سلول بار

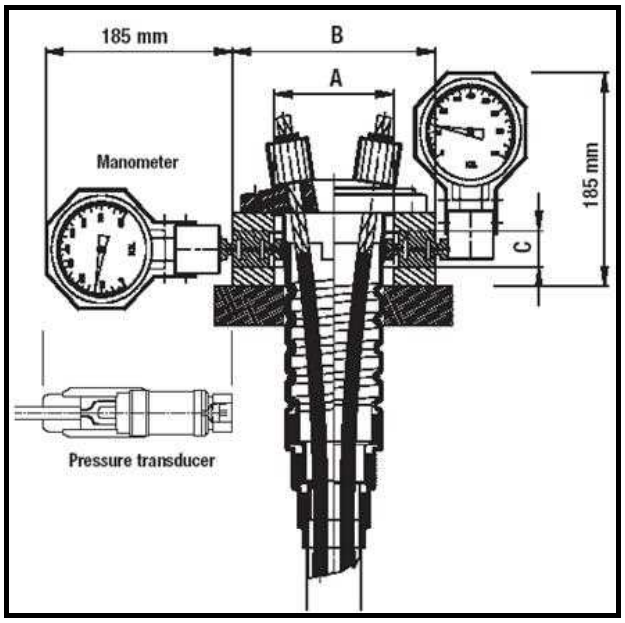
برای اندازه‌گیری تنش در میل مهارها و تاندون‌ها که برای پایدارسازی ژئوتکنیکی شیب‌ها و حفاری‌های زیرزمینی و ترانشه‌های تکیه‌گاه‌های سد به‌کار رفته‌اند، از سلول‌های بار (سلول‌های فشار) استفاده می‌گردد. این ابزار که مطابق شکل روی میل مهارها نصب می‌شوند، میزان تنش ایجاد شده در آن را به علت حرکات زمین نشان می‌دهند.

شکل پ.٦-۹- سلول فشار

پ.٦-٤-۲-۷-۲- ثبت اطلاعات

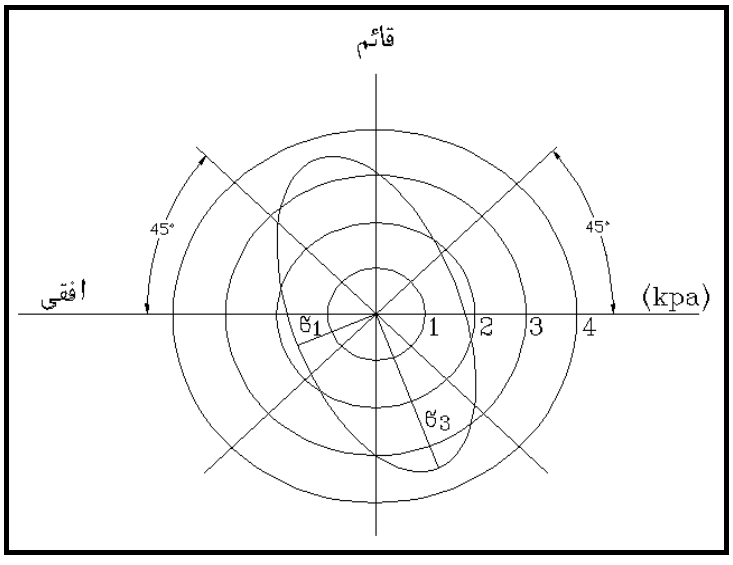
مقادیر قرائت شده که تنش‌های کل را نشان می‌دهند، پس از تبدیل به تنش‌های اصلی حداکثر σ_3 و σ_1 در مقطع سد نشان داده می‌شوند. تنش‌های اصلی را می‌توان به صورت تنش کل یا موثر با کسر فشار آب حفره‌ای ارائه نمود. تغییرات تنش‌های افقی و قائم کل، افقی و قائم موثر حداقل و حداکثر بر حسب زمان در سلول‌های مختلف با مشخص کردن زمان اتمام ساخت و آب‌گیری روی مقطع نشان داده می‌شوند.

omoorepeyman.ir



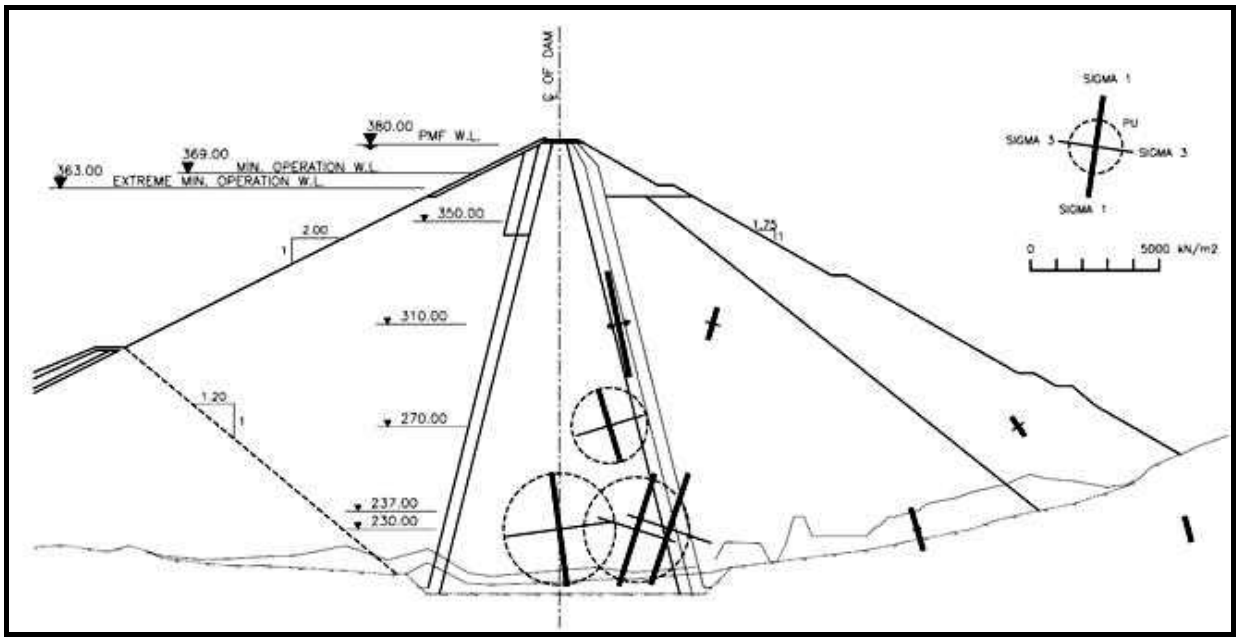
شکل پ.٦-١٠- مکانیزم سلول فشار

سپس جهت کنترل نواحی مستعد برش و شکست هیدرولیکی، در نقاط دارای تنش‌های بیش‌تر از دو عامل نسبت تنش قائم قرائت شده به فشار هیدروستاتیک آب (براساس قرائت‌های پیزومتری σ_1/u) و نسبت تنش افقی به قائم σ_3/σ_1 (در آن نقطه) استفاده می‌شود. تغییرات این دو عامل در نقاط بحرانی بر حسب زمان و گاهی تغییرات تراز مخزن ترسیم می‌گردد.

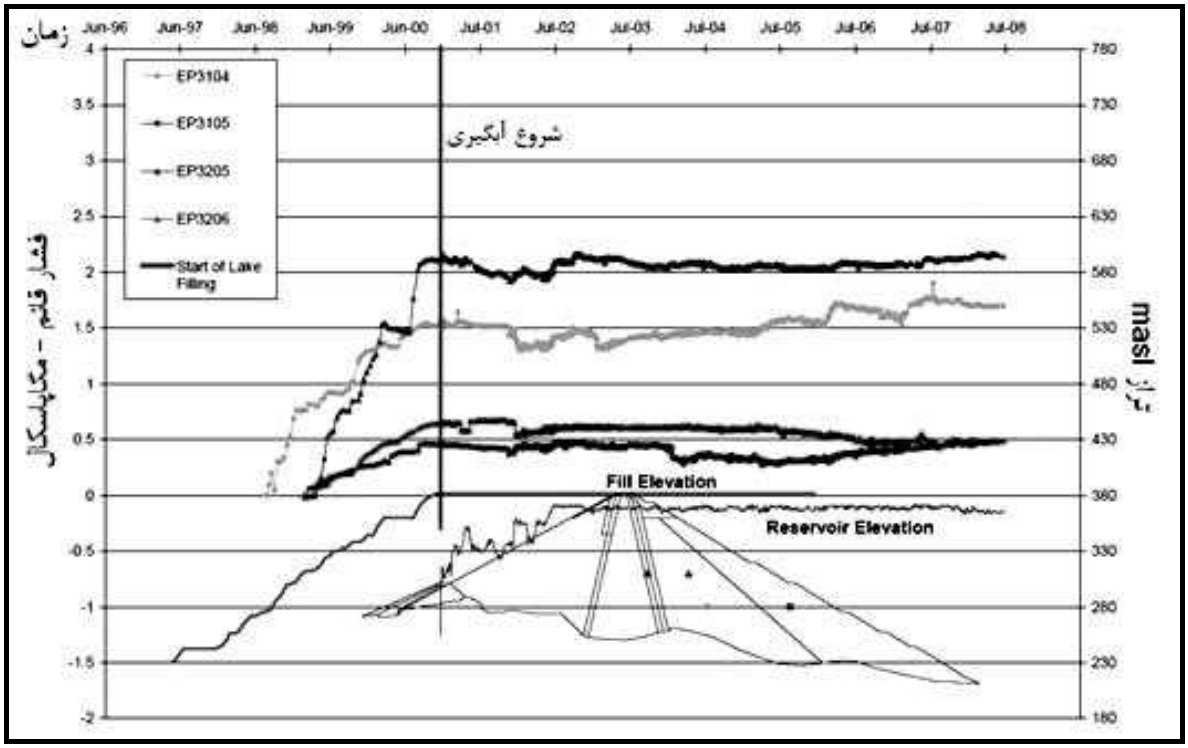


شکل پ.٦-١١- نمایش تنش‌های افقی و عمودی قرائت شده از سلول فشار و تبدیل آنها به تنش‌های اصلی

omoorepeyman.ir



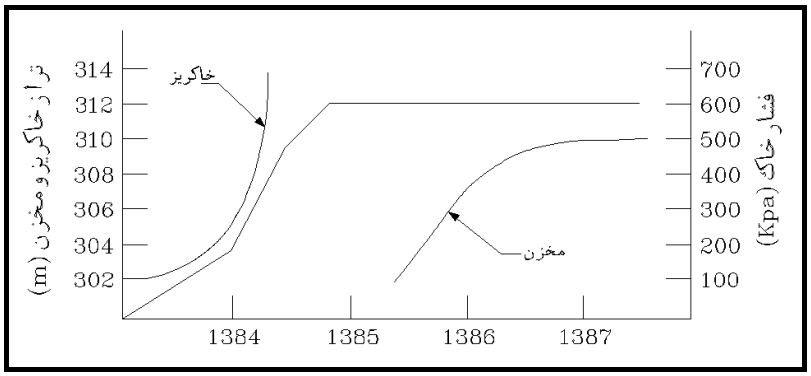
شکل پ.٦-۱۲- تنش‌های اصلی در نقاط مختلف اندازه‌گیری در مقطع سد



شکل پ.٦-۱۳- تغییرات تنش‌های افقی و قائم کل، افقی و قائم موثر حداقل و حداکثر بر حسب زمان در سلول‌های مختلف

تغییرات فشار خاک بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن و تراز خاکریز مربوط به زمان ساخت شکلی مشابه شکل (پ.۶-۱۴) دارد. این شکل برای سلول‌های فشار در ترازهای تحتانی و داخل هسته سد ترسیم می‌گردد.

omoorepeyman.ir



شکل پ.٦-١٤- تغییرات فشار خاک بر حسب زمان همراه با تغییرات تراز مخزن و تراز خاکریز مربوط به زمان ساخت

پ.٦-٤-٢-٧-٣- تواتر اندازه‌گیری

تواتر اندازه‌گیری فشار خاک براساس نوع و اهمیت سد و سازه متفاوت است. در حالت کلی تواتر قرائت‌ها به طور متوسط به صورت جدول (پ.۶-۴) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.٦-٤- تواتر اندازه‌گیری تنش خاک در سدها

دوره بهره‌برداری	سد خاکی
دوره اول	روزانه
دوره دوم	هفتگی
دوره سوم	ماهانه

پ.٦-٤-٢-٧-٤- تحلیل داده‌ها

نکات زیر در مورد رفتارسنجی براساس اطلاعات سلول‌های فشار مفید هستند:

- تنش‌های کل با پیشرفت خاکریزی افزایش یافته و سپس به حالت تعادل می‌رسند و حتی پس از آب‌گیری و اشباع شدن خاک تغییر ناگهانی پیدا نمی‌کنند. اما درصورتی‌که تنش‌های موثر به صفر برسند و منفی شوند، قرائت‌های سلول فشار آب حفره‌ای را نشان خواهند داد و قرائت‌ها کاملا متناسب با تغییرات تراز آب مخزن تغییر می‌یابند. چنین حالتی از نشانه‌های احتمال وقوع پدیده شکست هیدرولیکی خواهد بود.
- در مجاورت سازه‌ها یا سنگ، زاویه تنش اصلی با سطح تماس برآورد شده و ظرفیت تنش تماسی بین بتن یا سنگ و خاک با تنش وارده مقایسه می‌گردد. کاهش تنش‌های موثر در مجاورت سازه‌هایی هم‌چون مجاری عبور کننده از بدنه یا تکیه‌گاه سدهای خاکی می‌تواند نشانه‌ای از ناپایداری یا شکست هیدرولیکی باشد. اغلب، تنش‌های قرائت شده توسط سلول‌ها در مجاورت سازه‌ها کم‌تر از فشارهای در نظر گرفته شده در طراحی هستند. در غیر این‌صورت پایداری این سازه‌ها باید مجددا احراز شود.
- جهت بررسی پدیده قوس‌زدگی، درصورتی‌که تنش قائم قرائت شده نزدیک به تنش حاصل از سربار خاک باشد، پدیده قوس‌زدگی وجود ندارد. در غیر این صورت برای اطمینان از وجود این پدیده و موضعی نبودن آن نیاز به اطلاعات تعداد

omoorepeyman.ir

بیش‌تری سلول فشار است که معمولا تغییرات فشارهای قائم قرائت شده و فشارهای آب حفره‌ای به‌دست آمده از پیزومترها همراه با فشار سربار خاک در مقطع سد رسم و مقایسه می‌شود.

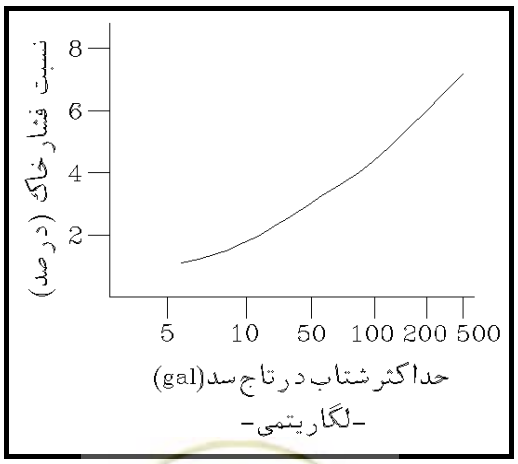
- در صورت کافی بودن اطلاعات برای محاسبه تنش‌های اصلی در نقاط مختلف، می‌توان تنش‌های اصلی برشی را در صفحات لغزش احتمالی محاسبه نموده و با مقایسه آنها با ظرفیت‌های برشی، کنترل شکست برشی یا لغزش را انجام داد.

اندازه‌گیری فشار واقعی داخل توده خاک با این سلول‌ها بسیار مشکل بوده و معمولا از میانگین چند سلول برای کاهش اثرات احتمالی تمرکز تنش روی سلول‌ها بهره گرفته می‌شود. به همین دلیل اندازه‌گیری کرنش از تنش در سدهای خاکی متداول‌تر است. در بدنه سدهای خاکی به طور معمول از سلول‌های فشار برای اندازه‌گیری تنش‌های قائم و افقی استفاده می‌گردد و سپس تنش‌های اصلی براساس آنها محاسبه می‌شوند.

در سدهای خاکی اندازه‌گیری و بررسی تنش در محل تماس خاک با مجاری بتنی داخلی یا دیواره‌های سرریز ضروری است. هم‌چنین در صورت وجود اختلاف سختی قابل توجه هسته سد با پوسته مجاور آن، بررسی تنش در محل تماس آنها جهت پایش احتمال اعمال اضافه فشار به هسته و شکست هیدرولیکی لازم می‌گردد.

در حالت رخ داد زلزله بررسی‌های دقیق‌تری باید روی اطلاعات ثبت شده صورت پذیرد. یکی از نمودارهای مهم در این حالت، تغییرات نسبت تنش دینامیکی به استاتیکی خاک در همان تراز آب سد در نقاط قرائت فشار بر حسب حداکثر شتاب زلزله در تاج است. استفاده از این اطلاعات در صورتی امکان‌پذیر است که فشار خاک در حین زلزله در شتاب‌های مختلف در طول زمان ثبت شده باشد. بزرگنمایی تنش دینامیکی نسبت به استاتیکی نباید از مقادیر مجاز طراحی فراتر رود.

برای بررسی پدیده‌هایی نظیر شکست قوس‌زدگی و شکست برشی در هسته سدهای خاکی و سنگریزه‌ای می‌توان از نتایج قرائت‌های سلول‌های تنش بهره گرفت. برای این کار معمولا نسبت تنش افقی به قائم ($\frac{\sigma_3}{\sigma_1}$) در این نقاط در طول زمان رسم شده و مورد بررسی و پایش قرار می‌گیرد. در شرایط عادی بهره‌برداری سد این نسبت نباید از حدود ۰/۵ تجاوز نماید. البته مقدار مجاز دقیق این نسبت باید توسط طراح ارائه شود.



شکل پ.٦-۱۵- نسبت فشار دینامیکی به فشار استاتیکی خاک بر حسب حداکثر شتاب زلزله در تاج سد

omoorepeyman.ir

پ.٦-٤-٢-٨- جابه‌جایی و تغییر شکل

هرنقطه در فضا در سه راستای (Z, Y, X) امکان حرکت دارد که دو جهت آن در افق (X و Y) و یک جهت آن در قائم (Z) است. علاوه بر آن یک نقطه می‌تواند بدون آنکه هیچ نوعی جابه‌جایی در جهت X، Y و Z داشته باشد چرخش کند و هم‌چنین نسبت به نقطه‌ای دیگر تغییرمکان نسبی داشته باشد. درنقاط مختلف سد، صخره‌ها و سنگ‌ها باید جابه‌جایی‌ها و چرخش‌ها اندازه‌گیری گردد و میزان جابه‌جایی‌ها بررسی شود. زمانی که تغییر شکل‌ها کوچک و درحد معیارهای طراحی تعریف شده باشند، مشکلی نخواهد بود. کلیه تغییر شکل‌ها و جابه‌جایی‌ها را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم نمود:

- جابه‌جایی قائم سطحی (↕)
- جابه‌جایی قائم داخلی یا نشست شامل نشست خاک و نشست پی و نشست هیدرولیکی (—•—)
- جابه‌جایی افقی و جابه‌جایی جانبی سطحی (↔)
- جابه‌جایی چرخشی و تغییر شیب و انحراف ( )
- جابه‌جایی نسبی در یک جهت خاص ( )

اندازه‌گیری جابه‌جایی و تغییر شکل در سدهای خاکی معمولا به صورت‌های زیر انجام می‌پذیرد:

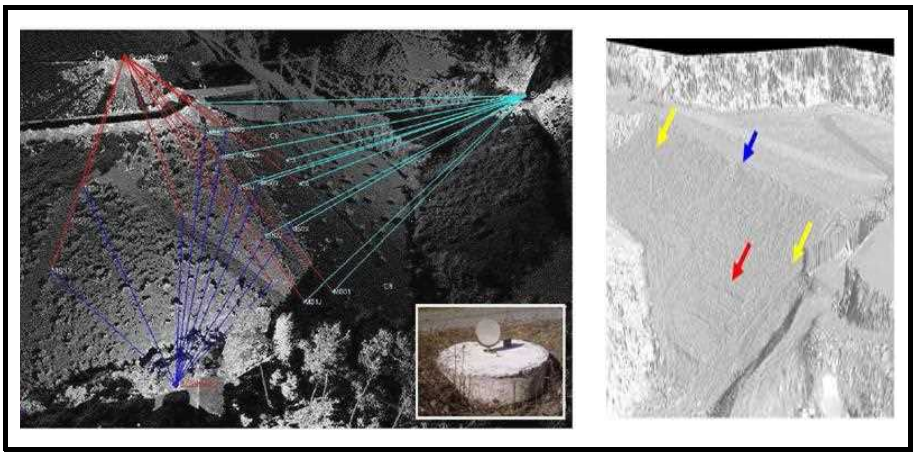
- جابه‌جایی سطحی در سه جهت در نقاط نقشه‌برداری (با ذکر روش و دقت) در تاج و رویه و تکیه‌گاه‌ها (↕↔)
- نشست در بدنه با انواع حسگرها (Pneumatic یا Vibrating Wire) و در پی با صفحات نشست (Settlement Plates) (—•—)
- جابه‌جایی‌ها افقی بدنه با انحراف‌سنج (Inclinometer)
- جابه‌جایی نسبی پی یا تکیه‌گاه با بدنه با کشیدگی‌سنج (Extensiometer) برای بررسی حرکات افقی و قائم ( )
- جابه‌جایی درزها و ترک‌ها با درز سنج (Jointmeter) و ترک سنج (Crackmeter)

برای کلیه جابه‌جایی‌ها مبنایی درنظر گرفته می‌شود که آن‌را اندازه‌گیری اولیه یا اندازه‌گیری صفر می‌نامند. این اندازه‌گیری در اولین آب‌گیری مخزن صورت گرفته و به عنوان اندازه‌گیری پایه تعریف می‌گردد. تغییر شکل‌ها و ترک‌ها در سازه‌های جنبی سدهای خاکی مانند سرریزها و آبگیرها نیز باید جهت کنترل پایداری و پیشگیری از خوردگی میلگردها مورد پایش قرار داشته باشند.

پ.٦-٤-٢-٨-١- جابه‌جایی‌های سطحی سه بعدی

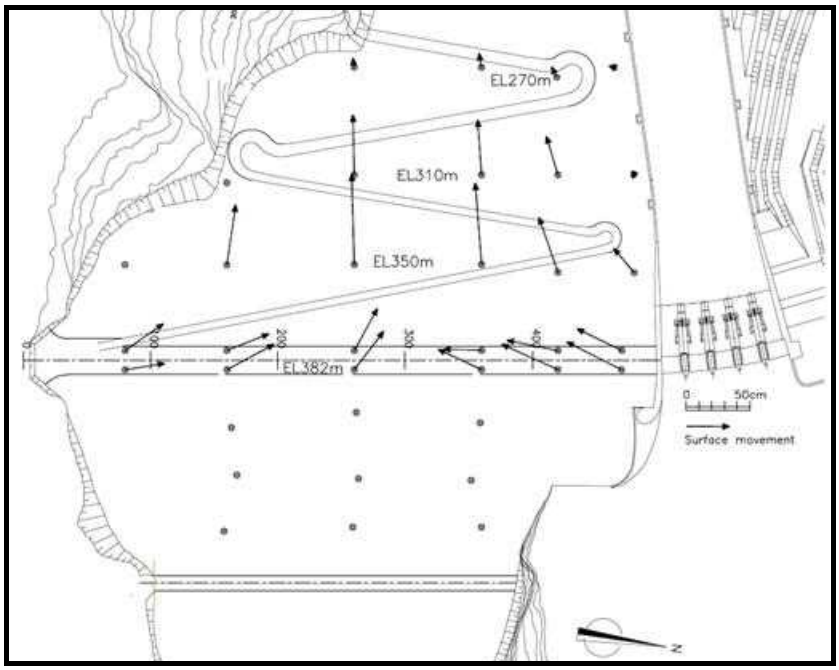
روش اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های سطحی بدنه سد و تکیه‌گاه‌ها استفاده از نقشه‌برداری دقیق یا عملیات ژئودزی است که با دوربین‌های مخصوص (یا اسکنرهای لیزری) جابه‌جایی‌های سه بعدی نشانه‌های تعبیه شده در نقاط مختلف را در فواصل زمانی معین برداشت و ثبت می‌کنند. برداشت‌ها می‌تواند با دوربین‌های ثابت اتوماتیک و یا با عملیات صحرایی صورت پذیرد. در قرائت‌های لیزری توپوگرافی بدنه و تکیه‌گاه‌ها برداشت شده و پس از پردازش کامپیوتری توسط دستگاه بردارهای تغییر شکل نسبی در دو زمان مشخص و نیز کانتور نشست یا تغییر شکل سطحی نسبی در دو زمان مشخص ترسیم می‌شود. در صورت استفاده از پردازش دستی برداشت‌ها، معمولا نتایج تغییر شکل سه بعدی نقاط مختلف بر حسب زمان و نیز بر حسب تراز آب مخزن ترسیم می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل پ.٦-١٦- پوشش نشانه‌ها توسط دوربین‌ها جهت قرائت و ثبت جابه‌جایی‌های سطحی و برداشت خودکار هندسه سد و محاسبه و رسم کانتورها و بردارهای اصلی جابه‌جایی سطحی در فواصل زمانی مختلف

جابه‌جایی‌های حاصل از نقشه‌برداری معمولا در پلان جانمایی سد به صورت بردار نشان داده می‌شود.



شکل پ.٦-١٧- بردار جابه‌جایی‌های سطحی بدنه در پلان جانمایی سد

پ.٦-٤-٢-٨-٢- جابه‌جایی قائم (نشست)

کنترل حرکات عمودی که به صورت تغییرشکل به سمت پایین یا نشست و تغییر شکل به سمت بالا یا بالاآمدگی است در ترازهای متفاوت آب مخزن و زمان‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد. نشست‌های ناگهانی و یا نشست‌های تحکیمی بزرگ احتمال ناپایداری در توده‌های سنگی، خاک، پی سد و جسم سد را دارد. در سدهای خاکی کنترل نشست یا بالاآمدگی (تورم) در لایه‌های خاکریز اندازه‌گیری می‌شود.

omoorepeyman.ir

نشست‌های بدنه به دو صورت اولیه و ثانویه و به صورت تجمعی و هم‌چنین بین صفحه‌ای بررسی می‌شوند. نشست تجمعی زیاد می‌تواند باعث ایجاد ترک سطحی و داخلی شود. ترک داخلی در مولفه‌های آب‌بند سد باعث افزایش تراوش و پتانسیل رگاب می‌گردد و لذا باید به دقت کنترل شود. ارزیابی نشست با استفاده از اندازه‌گیری انواع جابه‌جایی‌ها اعم از سطحی و داخلی امکان‌پذیر است.

پ.٦-٤-٢-٨-٢-١- وسایل اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری نشست لایه‌های زمین، خاکریز و زیرپی از دستگاه نشست‌سنج استفاده می‌گردد. دستگاه به محل چاه حمل شده و با ارسال دوک به درون چاه موقعیت لایه‌ها مشخص می‌گردد و اندازه‌ها در کاربرگ‌های مخصوص ثبت می‌گردد. اندازه‌گیری نشست در مرحله بهره‌برداری صرفا در سدهای خاکی انجام می‌گیرد. در سدهای بتنی که روی سنگ بستر قرار می‌گیرند نشست‌ها عمدتا قابل صرف‌نظر است. در سدهای کوتاه بتنی و بندها که روی آبرفت واقع می‌شوند اندازه‌گیری نشست‌ها و تمهیدات کنترل آنها مورد توجه واقع می‌شود. جهت اندازه‌گیری تغییر مکان‌های قائم در اعماق مختلف و در لایه‌های مختلف زمین از دستگاه‌های نشست‌سنج استفاده می‌گردد. این دستگاه‌ها در دو نوع نشست‌سنج مغناطیسی و نشست‌سنج هیدرولیکی می‌باشند. اصول کلی اندازه‌گیری نشست‌سنج بدین ترتیب است که فاصله نقاط مشخصی از چاه نسبت به نقطه ثابت (لبه یا کف چاه) در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری می‌گردد. از این‌رو در نقاط مختلف چاه‌های حفر شده که در آن لوله‌های حفاظ قرار داده می‌شود که این لوله‌ها در نقاط مختلف دارای حلقه‌های فلزی هستند. هنگام عبور کابل و وسیله اندازه‌گیری در مقابل حلقه موقعیت آن در دستگاه ثبت می‌گردد و باتوجه به موقعیت قبلی میزان نشست آن تعیین می‌گردد. این وسیله فقط در سدهای و شیروانی‌های خاکی کاربرد دارد.

- نشست‌سنج مغناطیسی

نشست‌سنج الکترومغناطیسی از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

الف- لوله حفاظ: لوله حفاظ جدار چاه از لوله‌های PVC در قطعاتی به طول ۱/۵ یا ۳ متر و قطر داخلی ۵۳ میلی‌متر تشکیل گردیده و در وسط هرقطعه یک حلقه فلزی کار گذاشته شده است.

ب- دوک و کابل: دوک نشست‌سنج از بدنه پلاستیکی با دو انتهای فلزی تشکیل شده است که در داخل آن یک نوسان‌ساز الکترومغناطیسی تعبیه شده که در مقابل حلقه‌ها تغییر نوسان می‌دهد. این دوک توسط یک کابل حمل می‌شود.

ج- شاسی: قرقره، کابل و دوک مجموعا روی یک چهارپایه قرار دارند که به آن شاسی دستگاه گویند.

د- گالوانومتر: هنگامی که دوک دستگاه مقابل حلقه فلزی قرار می‌گیرد دچار نوسان می‌گردد که نوسان مخابره شده در گالوانومتر ثبت می‌شود و باتوجه به اندازه‌گیری مبنا و کالیبره‌شدن دستگاه میزان نشست مشخص می‌گردد. شکل (پ.۵-۱۸) نمونه‌ای از این نوع نشست‌سنج‌ها را نشان می‌دهد.

- نشست‌سنج هیدرولیکی

نشست‌سنج هیدرولیکی براساس حرکت مایعات (آب) در لوله‌های رابط U شکل کار می‌کند. این لوله‌ها در یک سلول که در داخل بلوک سیمانی تعبیه شده که در محل موردنظر قرار می‌گیرد. سلول به‌وسیله یک لوله پلاستیکی به لوله مدرجی که در اتاق اندازه‌گیری قرار دارد، متصل می‌باشد. در هر مرحله اندازه‌گیری آب بدون هوا وارد لوله شده و بسته به تراز آن ارتفاع آب در داخل لوله

omoorepeyman.ir

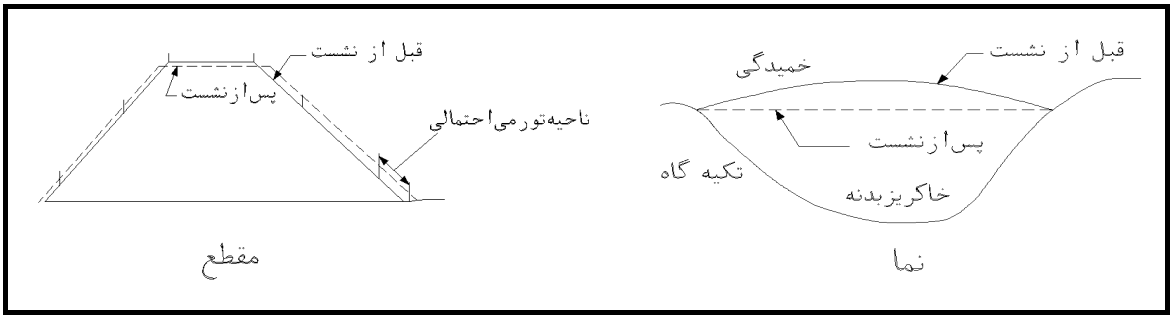
مدرج در اتاق اندازه‌گیری تغییر می‌کند. بنابراین نشست سلول به وسیله پایین‌آمدن ارتفاع آب در داخل لوله مدرج اندازه‌گیری می‌شود. شکل (پ.۵-۱۹) نمونه‌ای از این نوع نشست‌سنج‌ها را نشان می‌دهد. این دستگاه ساده، دقیق و ارزان است و نیز تغییرات دما و حرکات افقی لایه‌ها برروی آن بی‌تاثیر است.

اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های قائم با کشیدگی‌سنج هم امکان پذیر است که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

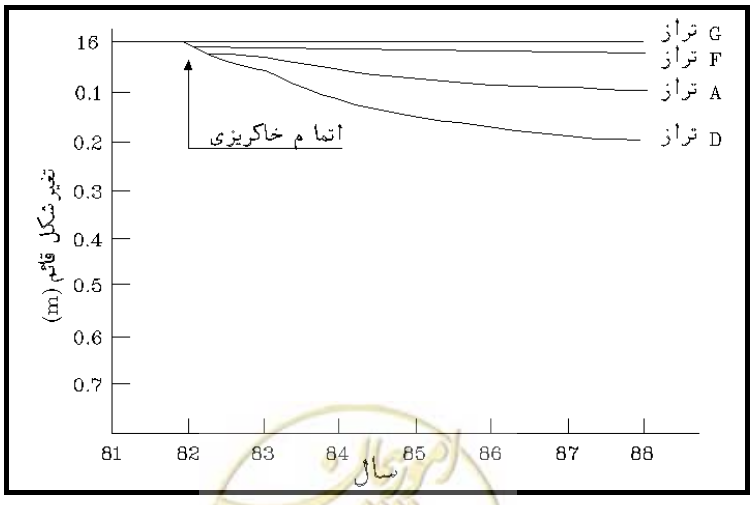
پ.٦-٤-۲-۸-۲-۲- ثبت اطلاعات

جابه‌جایی قائم برداشت شده معمولا روی مقطع بدنه نمایش داده می‌شود. این نمایش شامل منحنی اولیه و تغییرات بعدی در زمان‌های مختلف است که ممکن است برای سال‌های اول بعد از آب‌گیری رسم شود. میزان جابه‌جایی‌های مقطع از اندازه‌گیری‌های مختلف به‌دست می آید و در ترسیم این منحنی‌ها نتایج نشست‌سنج و نقشه برداری می‌تواند تواما استفاده گردد.

تغییرات نشست در ترازهای مختلف از عامل‌های مهم رفتارسنجی سدهای خاکی است. این تغییرات معمولا بر حسب زمان برای ترازهای مختلف ترسیم می‌گردد. هم‌چنین برای یک تراز، تغییرات پروفیل نشست در طول تاج بر حسب زمان نشان داده می‌شود. رسم پروفیل نشست‌های حداکثر در طول تاج می‌تواند جهت بررسی نشست‌های احتمالی نامتقارن و کنترل وجود نواحی کششی در محل تغییر شیب‌های ناگهانی و غیریکنواخت و کنترل ارتفاع آزاد به‌کار رود.



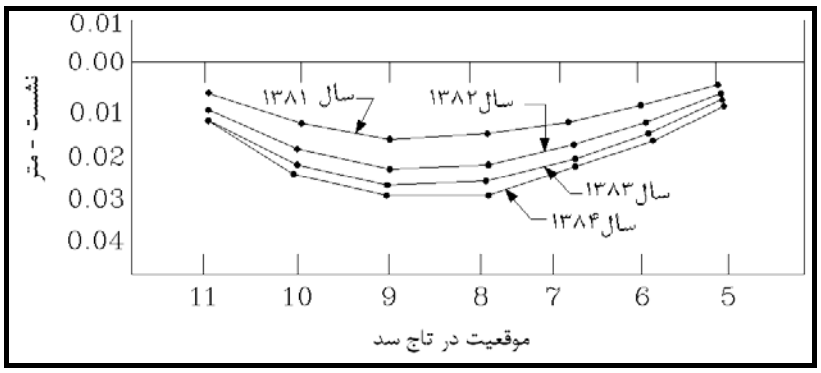
شکل پ.٦-۱۸- نشست‌های سطحی بدنه سد در مقاطع طولی و عرضی



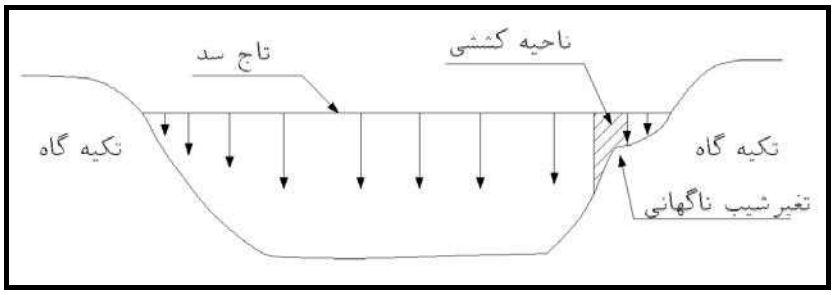
شکل پ.٦-۱۹- نشست‌های ترازهای مختلف بدنه سد خاکی بر حسب زمان

omoorepeyman.ir

جهت تعیین مقدار نسبی جابه‌جایی هر نقطه اندازه‌گیری نسبت به پی سد، لازم است تراز هر نقطه با تراز مغناطیس مبنا مقایسه و تراز فعلی آن همراه با مقدار نشست نسبت به موقعیت اولیه تعیین گردد. لذا در صورت عدم دسترسی به مغناطیس مبنا، ضروری است با تعیین مختصات دهانه لوله بر روی بدنه سد (با نقشه‌برداری)، از نقطه ارتفاعی سر لوله بجای مغناطیس مبنا استفاده شود. در این حالت لازم است مختصات سر لوله متناسب با سرعت نشست خاکریز به طور ۶ ماهه یا یک‌ساله اندازه‌گیری شود.



شکل پ.٦-۲۰- نمایش پروفیل نشست‌ها در طول تاج سد خاکی در زمان‌های مختلف



شکل پ.٦-۲۱- نمایش پروفیل نشست‌ها در طول تاج سد خاکی جهت بررسی نشست‌های نامتقارن

پ.٦-٤-۲-۸-۳- جابه‌جایی افقی

میزان کج‌شدگی یا چرخش سد و نیز چرخش توده سنگی در امتدادهای سراب، پایاب و چپ و راست سد باید تحت کنترل باشد و مرتب اندازه‌گیری گردد. این اندازه‌گیری را انحراف‌سنجی نامند. انحراف‌سنجی باید در شیب‌های مختلف سد، پی و بستر سنگی انجام گیرد. شیب‌یابی در دوره آب‌گیری سد بسیار مهم است.

پ.٦-٤-۲-۸-۳- ۱- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری شیب از دستگاهی بنام شیب‌یاب استفاده می‌شود که از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

۱- یک میله کاملا افقی به‌طول یک‌تر
۲- دو تکیه‌گاه در طرفین میله
۳- دو تراز ثابت جهت افقی‌نمودن دستگاه در افق و یک تراز متغیر با درجات میکرومتری
۴- تکیه‌گاه ثابت نصب شده در بدنه

شیب‌یاب را روی تکیه‌گاه‌ها قرار می‌دهند و توسط دو تراز ثابت، کاملا افقی نموده و با استفاده از تراز متغیر، میزان کج‌شدگی یا چرخش اندازه‌گیری می‌شود. شکل (پ.۵-۲۱) نمونه‌ای از این نوع شیب‌یاب‌ها را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

با استفاده ازقرائت اولیه میزان چرخش به‌دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{L_1 - L_2}{2}$$

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0$$

L_1 = میزان چرخش به طرف سرآب یا راست

L_2 = میزان چرخش به طرف پایاب یا چپ

α= زاویه شیب فعلی

α_0 = زاویه اولیه شیب

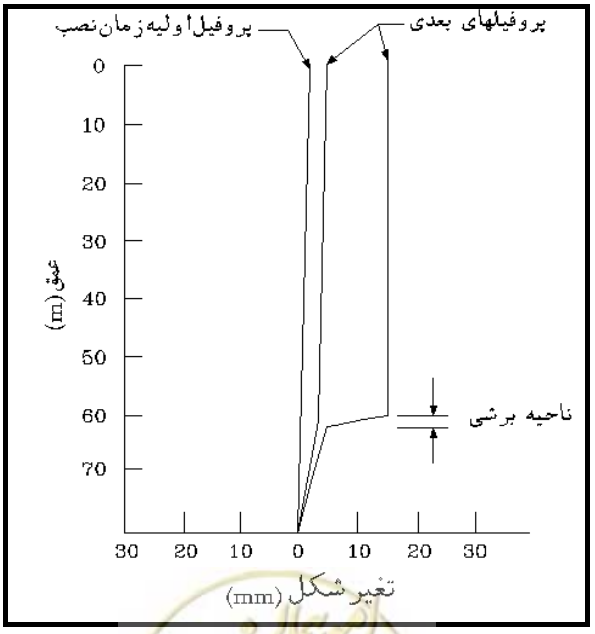
$\Delta\alpha$ = میزان شیب

برای افزایش دقت اندازه‌گیری باید اثرات تغییر درجه حرارت، باد و ضربه به دستگاه حذف گردد. لذا اندازه‌گیری باید در محل‌هایی دور از گردش هوا، باد و لوازم گرمازا مانند چراغ انجام گیرد. مقدار نهایی معمولا از متوسط دو اندازه‌گیری چپ و راست به دست می‌آید. نوع دیگر شیب‌یاب هم به صورت شیب‌یاب سطحی است که نمونه آن در شکل (پ.۵-۲۴) و (پ.۵-۲۵) نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری چرخش نسبت به امتداد قائم می‌توان از انحراف‌سنج سیار نیز استفاده نمود که نمونه آن در شکل (پ.۵-۱۳) نشان داده شده است.

پ.٦-٤-۲-۸-۳- ۲- ثبت اطلاعات

دو عامل اصلی در ثبت و اندازه‌گیری شیب، تراز آب مخزن و زمان اندازه‌گیری است. میزان تغییر شیب در تکیه‌گاه‌های سدهای خاکی و سایر سازه‌های بتنی وابسته بر حسب تراز آب رسم می‌شود. این منحنی‌ها برای زمان‌های مختلف می‌تواند روی یک نمودار نشان داده شود. روند کلی تغییرات سالانه و فصلی تغییرات شیب در طول عمر سد ملاک مهمی برای قضاوت مهندسی در این مورد خواهد بود.

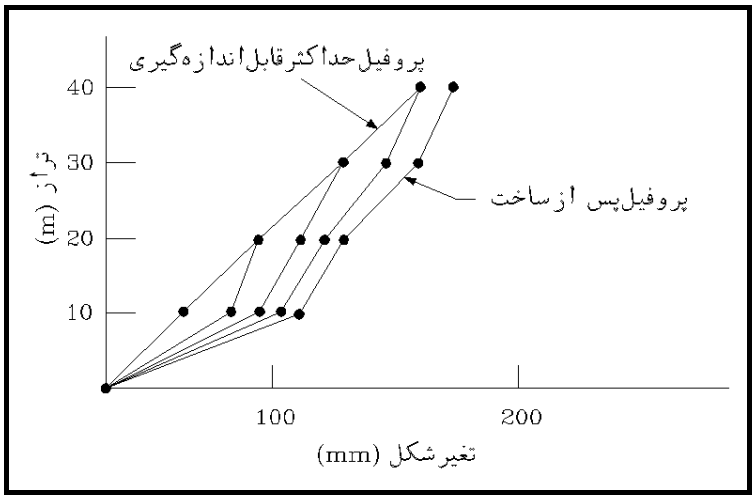


شکل پ.٦-۲۲- تغییر شکل‌های به‌دست آمده از انحراف‌سنج بر حسب عمق در زمان‌های یا مقاطع مختلف

omoorepeyman.ir

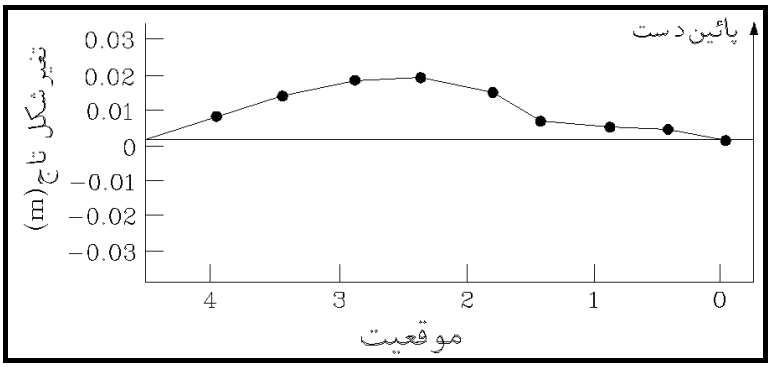
جابه‌جایی‌های کلی افقی در مقاطع مختلف بدنه نیز معمولا (بر حسب ارتفاع یا تراز از سطح آزاد دریا بر حسب متر (masl)) مانند شکل برای زمان‌های مختلف رسم می‌شود. جابه‌جایی‌های نسبی بدنه و پی حاصل از کشیدگی‌سنج‌ها معمولا در مقطع طولی سد در محل قرائت شده و در جهت نصب کشیدگی‌سنج نشان داده می‌شوند.

جابه‌جایی‌های محور سد نسبت به راستای قائم اولیه در زمان نصب ابزار بر حسب عمق در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری ارائه می‌گردد. تغییرات شدید در این منحنی که نشانگر وجود نواحی برشی احتمالی در بدنه و هسته سد هستند باید به وضوح مشخص شوند. جابه‌جایی‌های افقی به‌دست آمده از انحراف‌سنج‌ها بر حسب تغییرات تراز آب مخزن نیز رسم می‌شوند.



شکل پ.٦-۲۳- تغییر شکل انحراف‌سنج بر حسب تراز آب مخزن (شامل مراحل ساخت)

تغییر شکل افقی تاج حاصل از اندازه‌گیری نقاط سطحی یا نتایج انحراف‌سنج در زمان‌های مختلف بر حسب موقعیت نشان داده می‌شود. حرکات سطحی در مقطع طولی و عرضی سد نیز می‌تواند جهت بررسی نواحی تورمی و وضعیت شیب‌ها مورد استفاده قرار گیرد.



شکل پ.٦-۲٤- پروفیل جابه‌جایی‌های افقی تاج در زمان‌های مختلف

پ.٦-٤-۲-۸-۳- ۳- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری جابه‌جایی افقی در پی و بدنه سدهای خاکی در دوره ساخت و آب‌گیری اهمیت بسیار زیادی دارد. تناوب اندازه‌گیری شیب‌سنجی و انحراف‌سنجی در سدها به صورت جدول (پ.۶-۵) پیشنهاد می‌گردد.

omoorepeyman.ir

جدول پ.٦-٥- تواتر اندازه‌گیری شیب سنجی و انحراف‌سنجی

دوره بهره‌برداری	سد خاکی
دوره اول	هفتگی
دوره دوم	دو هفتگی
دوره سوم	ماهانه

پ.٦-٤-٢-٨-٣- ٤- تحلیل داده‌ها و اندازه‌گیری

پس از پایدار شدن رفتار سازه اهمیت شیب‌سنجی صرفا جهت ثبت پدیده‌های خاص مانند زلزله یا لغزش توده سنگی می‌باشد. با استفاده از اندازه‌گیری شیب‌سنجی در چند سال و داشتن آمارهای متوالی می‌توان منحنی محدوده‌ی تغییرات شیب را در طول یک‌سال و برحسب تراز آب رسم نمود.

پ.٦-٤-٢-٨-٤-جابه‌جایی نسبی بدنه نسبت به پی و تکیه‌گاه‌ها

جهت اندازه‌گیری جابه‌جایی نسبی بدنه نسبت به پی و تکیه‌گاه‌ها از کشیدگی‌سنج و شیب‌سنج استفاده می‌شود. اندازه‌گیری بازشدگی درزهای بین بدنه و پی و بدنه و تکیه‌گاه‌ها با کشیدگی‌سنج صورت می‌پذیرد. کشیدگی‌سنج در زوایای مختلف و معمولا عمود بر سطح تماس بدنه و پی قرار می‌گیرد و جابه‌جایی نسبی بدنه با سنگ پی یا تکیه‌گاه را اندازه‌گیری می‌نماید. میزان کج‌شدگی یا چرخش سد و نیز چرخش توده سنگی در امتدادهای سراب، پایاب و چپ و راست سد باید تحت کنترل باشد و مرتب اندازه‌گیری گردد. این اندازه‌گیری را شیب‌سنجی نامند. شیب‌سنجی باید در ترازهای مختلف سد، پی و بستر سنگی انجام گیرد شیب‌یابی در دوره آب‌گیری در قوس و تاج سد بسیار مهم است. در سدهای بتنی خصوصا قوسی، حرکات تکیه‌گاه‌ها می‌تواند اثر مستقیم بر رفتار بدنه سد گذاشته و از این لحاظ باید تحت کنترل قرار گیرند.

پ.٦-٤-٢-٨-٤- ١- وسایل اندازه‌گیری

- کشیدگی‌سنج

کشیدگی‌سنج‌ها نیز انواع مختلف دارند که از جمله آنها می‌توان به نوع مغناطیسی، نوع ثابت، نوع مدفون، نوع دیجیتال سیار و نوع مهاری اشاره نمود. کشیدگی‌سنج بین دو نقطه مشخص مهار شده و جابه‌جایی نسبی بین آنها را ثبت می‌نماید. این جابه‌جایی در محل تماس بتن با خاک یا سنگ بر حسب زمان اندازه‌گیری و ترسیم می‌شود.

- شیب‌سنج

جهت اندازه‌گیری شیب از دستگاهی بنام شیب‌یاب استفاده می‌شود. شیب‌یاب را روی تکیه‌گاه‌ها قرار می‌دهند و توسط دو تراز ثابت، کاملا افقی نموده و با استفاده از تراز متغیر، میزان کج‌شدگی یا چرخش اندازه‌گیری می‌شود. برای افزایش دقت اندازه‌گیری باید اثرات تغییر درجه حرارت، باد و ضربه به دستگاه حذف گردد. لذا اندازه‌گیری باید در محل‌هایی دور از گردش هوا، باد و لوازم گرمازا مانند چراغ انجام گیرد. مقدار نهایی معمولا از متوسط دو اندازه‌گیری چپ و راست به دست می‌آید. نوع دیگر شیب‌یاب هم به صورت شیب‌یاب سطحی است.

omoorepeyman.ir

پ.٦-٤-٢-٨-٤-٢- ثبت اطلاعات

دو عامل اصلی در ثبت و اندازه‌گیری شیب، تراز آب مخزن و زمان اندازه‌گیری است. میزان تغییر شیب در تکیه‌گاه‌های سدهای خاکی یا سایر سازه‌های بتنی وابسته بر حسب تراز آب رسم می‌شود. این منحنی‌ها برای زمان‌های مختلف می‌تواند روی یک نمودار نشان داده شود. روند کلی تغییرات سالانه و فصلی تغییرات شیب در طول عمر سد ملاک مهمی برای قضاوت مهندسی در این مورد خواهد بود. جابه‌جایی کشیدگی‌سنج بسته به جهت آن در پروفیل بدنه سد به مولفه‌های افقی و قائم قابل تبدیل می‌باشد. جهت قراردادی جابه‌جایی برای بازشدگی یا کشیدگی مثبت و برای جمع شدگی یا فشردگی منفی در نظر گرفته می‌شود.

پ.٦-٤-٢-٨-٤-٣- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری کج‌شدگی در پی و بدنه سدهای بتنی در دوره ساخت و آب‌گیری اهمیت بسیار زیادی دارد. در سدهای خاکی عموما دستگاه شیب‌سنجی به این شکل به‌کار نمی‌رود. تناوب اندازه‌گیری شیب‌سنجی و کشیدگی‌سنجی در سدها به صورت جدول (پ.۶-۶) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.٦-٦- تواتر اندازه‌گیری شیب سنجی و کشیدگی‌سنجی

دوره بهره‌برداری	سد خاکی
مرحله اول	هفتگی
مرحله دوم	ماهی دوبار
مرحله سوم	ماهانه

پ.٦-٤-٢-٨-٤- رفتارسنجی و اندازه‌گیری

حرکات نسبی بین بدنه و پی و تکیه‌گاه‌ها نیز معیار مهمی در بررسی پایداری محسوب می‌شوند. نتایج بررسی داده‌های کشیدگی‌سنج می‌تواند برای بررسی کلیه حرکات تهدید کننده سد به‌کار گرفته شود. با استفاده از اندازه‌گیری شیب‌سنجی در چند سال و داشتن آمارهای متوالی می‌توان منحنی محدوده‌ی تغییرات شیب را در طول یک‌سال و برحسب تراز آب رسم نمود.

پ.٦-٤-٢-٨-٥- درزسنجی

اندازه‌گیری بازشدگی درزهای بین بلوک‌های رویه بتنی سدهای خاکی با رویه یا بین بدنه و پی و بدنه و تکیه‌گاه‌ها و درزهای داخل پی یا تکیه‌گاه‌ها معیار دیگر کنترل تغییر شکل‌های داخلی است.

پ.٦-٤-٢-٨-٥- ١- وسایل اندازه‌گیری

جهت اندازه‌گیری بازشدگی درزها در سدها از وسیله‌ای بنام درزسنج (Jointmeter) استفاده می‌گردد. در مراحل آب‌گیری و بهره‌برداری حرکات درزها (ناشی از تغییرات سطح آب) بررسی می‌شود. جهت اندازه‌گیری فاصله درزها از دو نوع دستگاه درزسنج استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

- درزسنج الکتریکی

این درزسنج دارای سه قسمت است که حرکات درز را در سه جهت نشان می‌دهد. دو نقطه ثابت در طرفین درز در داخل بتن نصب می‌شود و قسمت میانی آن قابل ارتجاع است. با کم و زیاد شدن فاصله درز تغییر طول ایجاد شده که این تغییرطول به صورت تغییر مقاومت در سیم‌پیچ دستگاه ظاهر می‌شود که برحسب میلی‌متر یا اینچ، میزان بازشدگی درز را اعلام می‌کند. شکل‌های (پ.۵-۲۶) نمونه‌ای از این نوع درزسنج‌ها را نشان می‌دهد. کارگذاری این نوع درزسنج در بتن مشکلاتی را دارد و به خاطر اتصالات الکتریکی در صورت سرویس‌نشدن مکرر و بهره‌برداری نامناسب دستگاه کارآیی لازم را نخواهد داشت.

- درزسنج مکانیکی

سیستم اندازه‌گیری این دستگاه سه محوری است که حرکات بین درزها را اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه در سطح خارجی بتن و معمولا در گالری‌های بازدید نصب می‌شود. هرقسمت آن دارای سه میله می‌باشد و یک نقطه ثابت دارد که در طرفین درز کارگذارده می‌شود. شکل (پ.۵-۳۰) نمونه‌ای از این نوع درزسنج‌ها را نشان می‌دهد.

پ.٦-٤-۲-۸-۵-۲- ثبت اطلاعات

اندازه‌گیری بازشدگی و حرکات درزها معمولا بر حسب زمان و تراز آب انجام می‌شود. تمام قرائت‌ها نسبت به قرائت اولیه یا مرجع ارزیابی شده و میزان جابه‌جایی نسبی بر اساس آن مشخص می‌شود. بسته به مکانیزم و نوع درز ممکن است لازم باشد حرکات آن در سه بعد اندازه‌گیری شود. در سدهای با رویه بتنی بازشدگی درزها به تغییرات دما نیز وابسته است و در صورت نیاز باید حساسیت آن نسبت به تغییرات دما مورد ارزیابی قرار گیرد. جابه‌جایی درزه‌سنج بسته به جهت آن در پروفیل بدنه سد به مولفه‌های افقی و قائم قابل تبدیل است. جهت قراردادی جابه‌جایی برای بازشدگی یا کشیدگی مثبت و برای جمع شدگی یا فشردگی منفی در نظر گرفته می‌شود.

پ.٦-٤-۲-۸-۵-۳- تواتر اندازه‌گیری

درزسنجی در مراحل ساخت و اولین آب‌گیری بسیار مهم است. تواتر اندازه‌گیری درزها به صورت جدول (پ.۶-۷) پیشنهاد می‌گردد.

جدول پ.٦-۷- تواتر اندازه‌گیری درزسنج و کشیدگی‌سنج

دوره بهره‌برداری	سد خاکی
دوره اول	هفتگی
دوره دوم	دو هفتگی
دوره سوم	ماهانه

پ.٦-٤-۲-۸-۵-٤- تحلیل داده‌ها

درزسنجی بلافاصله بعد از ساخت، جهت بررسی یک‌پارچگی سازه‌های بتنی و صلب موجود در سدهای خاکی بسیار مهم است. در شرایط خاص مانند زمین‌لرزه یا تخلیه سریع مخزن حرکت درزها جهت پایداری و یکنواختی سازه اهمیت دارد. حرکات درزها در طولانی‌مدت و شرایط عادی منظم و ثابت است و این تغییرات تابع تراز سطح آب و درجه حرارت می‌باشد.

omoorepeyman.ir

حرکات نسبی بین بدنه و پی و تکیه‌گاه‌ها نیز معیار مهمی در بررسی پایداری محسوب می‌شوند. با توجه به وابستگی تغییرات برکنش به تراز آب مخزن، رفتار کشیدگی‌سنج نیز با تراز آب ارتباط مستقیم خواهد داشت.

نتایج بررسی داده‌های کشیدگی‌سنج و درزسنج می‌تواند برای بررسی کلیه حرکات تهدید کننده ناپایداری سد به‌کار گرفته شود. در تفسیر نتایج این ابزارها حرکات تجمعی در طول زمان نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حالت در صورت نیاز مقادیر نسبی کالیبره شده با مقادیر اولیه تغییر شکل و جابه‌جایی جمع می‌شوند.

پ.٦-٤-٢-٨-٦- ترک‌سنجی

ترک‌سنجی دارای مکانیزمی مشابه درز سنجی است با این تفاوت که بیش‌تر برای اندازه‌گیری ترک‌های رخ داده روی سطوح بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و معمولا پس از مشاهده ترک و برای پایش آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در درز سنجی کار پایش از ابتدای تعبیه درز در سازه آغاز شده و میزان باز شدن یا بسته شدن آن را کنترل می‌نماید. البته در درزهای سنگی شرایط مانند ترک بتن است.

پ.٦-٤-٢-٨-٦-١- وسایل اندازه‌گیری

در سدهای خاکی عمق ترک را می‌توان با استفاده از موار رنگی و حفر چال دستی یا ترانشه بررسی نمود. جهت اندازه‌گیری حرکات ترک در روی بتن از ترک‌سنج استفاده می‌شود. ترک‌سنج جابه‌جایی یک ترک را در یک یا دو یا سه جهت نشان می‌دهد. طول ترک‌ها با نشانه‌گذاری و ثبت زمان قابل پایش و کنترل است.

عمق ترک‌ها در داخل بتن یا سنگ نیز با روش‌های مختلف مخرب و غیرمخرب قابل اندازه‌گیری است. در روش مخرب این کار با مغزه‌گیری انجام می‌شود. روش‌های غیرمخرب نیز عبارتند از فیلمبرداری با دوربین‌های SNAKE EYES و استفاده از دستگاه‌های اولتراسونیک (فراصوتی) یا رادیوگرافی برای ریزترک‌ها.

برای پایش مستمر عمق ترک روش خاصی وجود ندارد و عمدتا به عامل عرض و طول و توزیع یا الگوی ترک اکتفا می‌شود. در صورت نبود دستگاه، استفاده از مصالح ترد مانند گچ و اندازه‌گیری با شابلن یا کولیس برای کنترل رشد ترک بلامانع است (شکل‌های (پ.٥-٣١) و (پ.٥-٣٢)).

پ.٦-٤-٢-٨-٦-٢- ثبت اطلاعات

اساس کار ترک‌سنج اندازه‌گیری سه ضلع یک مثلث متساوی‌الاضلاع در روی ترک است که ضلع قاعدهٔ آن ثابت و راس سوم در محل‌های ترک قرار داده می‌شود. با توجه به جابه‌جایی اولیه، مقادیر dx (جابه‌جایی در جهت x) و مقادیر dy (جابه‌جایی در جهت y) مشخص می‌شوند. با اندازه‌گیری تغییر طول دو ضلع و کاربرد روابط مثلثاتی میزان جابه‌جایی‌ها به‌دست می‌آید (شکل پ.٥-٣٣).

در ثبت اطلاعات ترک علاوه بر عکس و کروکی تغییرات عرض بر حسب زمان ترسیم می‌شود. جهت قراردادی جابه‌جایی برای بازشدگی یا کشیدگی مثبت و برای جمع شدگی یا فشردگی منفی در نظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

پ.٦-٤-٢-٨-٦-٣- تواتر اندازه‌گیری

اندازه‌گیری ترک‌ها در دوره ساخت و آب‌گیری به صورت هفتگی انجام می‌گیرد و در دوره بهره‌برداری ماهانه و یا سه ماه یک‌بار انجام می‌پذیرد. در صورت مشاهده حرکات غیر نرمال، اندازه‌گیری باید به صورت هفتگی و یا روزانه تبدیل شود. در مورد ترک‌های خاص و غیرعادی باید زمان‌بندی پایش با نظر متخصص انتخاب گردد.

پ.٦-٤-٢-٨-٦-٤- تحلیل داده‌ها

تحلیل وضعیت ترک با بررسی تغییرات عرض در طول زمان، میزان عمق، طول ترک و الگو یا توزیع آن امکان‌پذیر است. ترک‌های بتن به دلایل مختلفی از جمله جمع‌شدگی حین خشک شدن، رفتار پلاستیک مخلوط بتن، تنش‌های حرارتی، بارهای زیاد و فوق‌العاده، بارهای رفت و برگشتی مانند زلزله و مسایل اجرایی و بهره‌برداری ممکن است پدید آید. هر یک از این موارد تغییرات زمانی و الگوی خاص خود را دارند. عواقب ترک‌خوردگی نیز می‌تواند تراوش آب و کاهش دوام و افزایش زوال سازه‌ای باشد.

در حالت کلی برای قضاوت در مورد میزان اهمیت ترک در سازه‌های بتنی جنبی و داخلی سدهای خاکی از شاخص عرض مجاز استفاده می‌شود. در شرایط امکان نشت آب عرض ترک به حدود ۰/۱۳ میلی‌متر محدود می‌شود و برای سازه‌های بتن مسلح عرض مجاز سازه‌ای ۰/۳۵ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. عرض ترک بیش از یک میلی‌متر خطرناک و سازه‌ای محسوب می‌شود.

پ.٦-٤-٣- کنترل روند تغییرات قرائت‌ها با مقایسه با سری‌های تاریخی قبلی

اولین کار در رفتارسنجی، ارزیابی اطلاعات ثبت شده است که بررسی‌های زیر را در بر می‌گیرد. قضاوت در مورد رفتار ابزار باید توسط افراد مجرب و با توجه به کلیه مشاهدات و قرائت‌های ابزار صورت پذیرد. موارد زیر در این بحث، باید مورد توجه قرار گیرند:

- منطقی بودن داده‌ها، (مثلا پیزومتر نمی‌تواند سطح آب بیش از تراز مخزن نشان دهد).
- شواهد کارکرد ناصحیح ابزار، (مانند قرائت‌های ثابت و بدون تغییر).
- اطلاعات پس و پیش شده یا تکرار شده.
- الگوی کلی تغییرات، که معمولا با برازش آماری یا احتمالاتی به‌دست آمده و مغایرت قرائت‌ها با آن بررسی می‌شود.
- صحت اطلاعات، که معمولا با اندازه‌گیری‌های متوالی در شرایط مختلف قابل ارزیابی است.
- دقت اندازه‌گیری‌ها، که ترکیبی از دقت ابزار و چگونگی کارکرد آن است.

تفسیر داده‌های رفتارنگاری به‌دست آمده به صورت‌های زیر انجام می‌پذیرد:

- مقایسه با مقادیر حدی و کنترلی طراحی
- سرعت نزدیک شدن قرائت‌ها به مقادیر حدی و کنترلی، که در صورت غیرعادی بودن باید نسبت به بررسی‌های بیش‌تر و آمادگی برای تمهیدات تسکینی اقدام نمود.
- بررسی ارتباط بین قرائت ابزارهای مختلف یا ابزار در موقعیت‌های مختلف (مثلا افزایش فشار برکنش به معنی افزایش قرائت‌های پیزومتر در زیر سد و کاهش دبی خروجی زهکش‌ها به معنی گرفتگی زهکش‌ها یا کاهش نفوذپذیری پی است).

omoorepeyman.ir

- بررسی مقایسه‌ای مقادیر قرائت شده با روند تغییرات مقادیر در دوران بهره‌برداری سپری شده و نحوه قرارگیری آن در محدوده‌های تجربه شده.

پ.٦-٤-٤- محاسبه عامل‌های مقایسه‌ای و کنترل حدود اولیه مجاز

بررسی اولیه نتایج ابزار دقیق به کمک اطلاعات ارائه شده توسط طراح انجام شده و برای سدهای مختلف در شرایط مختلف متفاوت است. برای ارزیابی مقدماتی پایداری سدهای خاکی با استفاده مستقیم از اطلاعات ابزار به بخش (۱-۱۴) راهنما مراجعه شود.

پ.٦-٥- بررسی موارد مشکوک

پ.٦-٥-١- مشخص کردن مسایل موجود و سازه‌های مشکوک براساس نتایج ابزار و بازرسی‌ها

پ.٦-٥-٢- کنترل پایداری کلی سازه‌ها و موارد مشکوک

پ.٦-٦- جمع‌بندی و پیشنهادها

پ.٦-٦-١- پیشنهاد تعمیرات و اقدامات و اصلاحات موردی

پ.٦-٦-٢- پیشنهاد بازرسی و یا بازنگری جامع ایمنی

پ.٦-٦-٣- پیشنهاد اصلاح برنامه‌ها

پ.٦-٦-٤- پیشنهاد بررسی تغییر طبقه‌بندی سد

پ.٦-٦-٥- جمع‌بندی ایمنی و پایداری کلی سد و سازه‌ها و تجهیزات وابسته

تعیین مواردی که نیاز به اقدامات فوری و مواردی که نیاز به بررسی بیش‌تر دارند.

پ.٦-٧- پیوست‌ها

پ.٦-٧-١- نسخه الکترونیک اطلاعات پایش

پ.٦-٧-٢- نقشه‌ها

پ.٦-٧-٣- فیلم‌ها و عکس‌ها

omoorepeyman.ir

پیوست ۷

فرم‌های اقدامات اضطراری در سدها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پ.۷-۱- فهرست برنامه اقدامات اضطراری سد

موارد زیر باید در برنامه اقدامات اضطراری سد موجود باشند:

- فرم اطلاعات اولیه
- اهداف
- فرم مشخصات سد
- شمای برنامه آمادگی اضطراری
- طرف‌های درگیر و مسوولیت‌ها
- فرآیند گام‌های پنجگانه برنامه آمادگی اضطراری
- گام اول: تشخیص رخداد یا شرایط اضطراری
- گام دوم: تعیین سطح شرایط اضطراری
- جدول راهنمای تعیین سطح شرایط اضطراری
- گام سوم: هشدار و برقراری تماس
- روند هشدارها و تماس‌ها در سطح اضطراری۱
- روند هشدارها و تماس‌ها در سطح اضطراری۲
- روند هشدارها و تماس‌ها در سطح اضطراری۳
- فهرست اطلاعات تماس با سازمان‌ها و دفاتر خدمات اضطراری
- گام چهارم: اقدامات مورد نظر
- گام پنجم: خاتمه کار
- نگهداری، بازبینی، تجدید نظر و تمرین برنامه اقدامات اضطراری سد
- فرم مشخصات دارندگان (دریافت کنندگان) برنامه اقدامات اضطراری سد
- فهرست پیوست‌ها: نقشه‌ها، اطلاعات و فرم‌ها
- فرم خلاصه گزارش وضعیت شرایط اضطراری سد

پ.۷- ۲- اطلاعات اولیه و اهداف

پ.۷- ۲-۱- فرم اطلاعات اولیه

نام سد

موقعیت جغرافیایی سد:

طبقه‌بندی عواقب :

omoorepeyman.ir

کارفرما یا مالک یا مسوول مستقیم سد:

نقشه موقعیت جغرافیایی محل سد شامل محدوده، موقعیت‌های مهم و راه‌های ارتباطی:

نقشه (عکس) هوایی محل سد شامل محدوده متاثر از سیل در پایین‌دست:

تاریخ تهیه و شماره ویرایش _____

پ.۷-۲-۲- نواحی در معرض خطر احتمالی

نقشه آب‌گرفتگی و مناطق سیل گیر و افراد و مستحدثات در معرض خطر در حالت شکست کلی سد (یا بالاترین خطر ممکن) در پیوست شماره ارائه شده‌اند.

مسیر سیل در پایاب سد مطابق شکل/نقشه شماره است.

زمان رسیدن سیلاب به نواحی مهم پایین‌دست (اولین ناحیه مسکونی و...) مطابق جدول شماره است.

پ.۷-۲-۳- دسترسی به سد

نقشه راه‌های دسترسی به سد و مشخصات کلی آنها در پیوست شماره ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

پ.۷-۲-٤- هدف برنامه

هدف از این برنامه اقدامات اضطراری کاهش پتانسیل تلفات جانی و مصدومین و به حداقل رساندن خسارات مالی و زیست‌محیطی در صورت وقوع رخداد غیرمترقبه در سد است.

پ.۷- ۳- مشخصات سد

نام سد: _____ نوع سد: _____

مالک یا کارفرما: _____ طبقه‌بندی خطر:

موقعیت:

عرض جغرافیایی طول جغرافیایی نام رودخانه:

استان: شهر: نزدیک‌ترین شهرستان یا بخش: فاصله از مرکز شهرستان یا بخش:

سال شروع احداث: سال آغاز آب‌گیری: سال شروع بهره‌برداری:

سد:

ارتفاع سد از پی: _____ متر عرض تاج: _____ متر طول تاج: _____ متر

مساحت حوضه آبریز: _____ کیلومتر مربع حداکثر مساحت دریاچه _____ کیلومتر مربع

ظرفیت اولیه مخزن در رقوم نرمال _____ متر مکعب و در رقوم حداکثر مجاز _____ متر مکعب

ظرفیت فعلی مخزن در رقوم نرمال _____ متر مکعب ظرفیت فعلی مخزن دررقوم حداکثر مجاز _____ متر مکعب

ظرفیت فعلی مخزن در رقوم تاج سد _____ مترمکعب

تاسیسات تخلیه قابل استفاده در شرایط اضطراری:

نوع سرریز اضطراری موقعیت سرریز اضطراری

عرض متر ارتفاع آزاد متر حداکثر ظرفیت مترمکعب در ثانیه

نوع سرریز اصلی موقعیت سرریز اصلی

عرض (سرریز آزاد) متر ارتفاع آزاد (دریچه) متر حداکثر ظرفی مترمکعب در ثانیه

ظرفیت طراحی مترمکعب در ثانیه سطح مقطع (سرریزهای بسته) مترمربع

نام تخلیه کننده	تراز ورودی masl	تعداد مجرا	ابعاد (عرض×ارتفاع یا قطر)	حداکثر ظرفیت عبور m3/s
تحتانی				
نیروگاه				
آبگیر				
سایر				
جمع				

omoorepeyman.ir

پ.۷- ٤- فرم‌های هشدار و تماس در شرایط اضطراری

هشدارها و تماس‌ها در سطح اضطراری۱

رخ‌داد غیراضطراری یا وقوع شرایط غیرعادی به طور تدریجی

مسوول سد

نام:

نام سازمان یا شرکت:

تلفن محل کار:

تلفن منزل:

تلفن همراه:

نام جانشین:

نام سازمان یا شرکت:

تلفن محل کار:

تلفن منزل:

تلفن همراه:

اولویت تماس(۱)

اولویت تماس(۲)

دفتر ناظر ایمنی سدها در دستگاه دولتی مسوول

مهندس ایمنی سد:

تلفن محل کار:

تلفن منزل:

تلفن همراه:

مسوول دفتر:

تلفن محل کار:

تلفن منزل:

تلفن همراه:

مسوول دفترناظرعالی کشوری ایمنی سدها:

تلفن محل کار:

تلفن منزل:

تلفن همراه:

نماینده تام الاختیار مالک سد

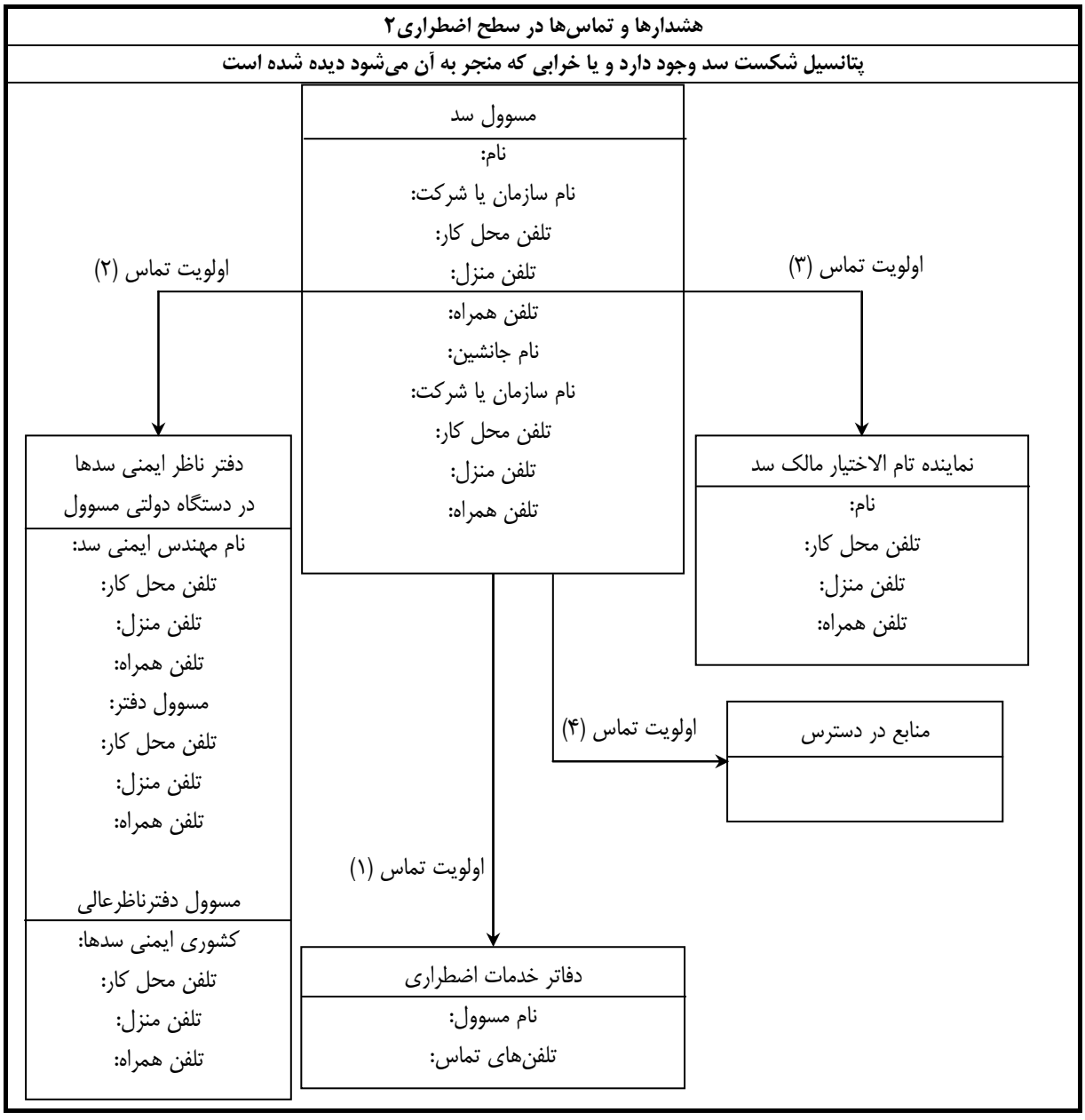
نام:

تلفن محل کار:

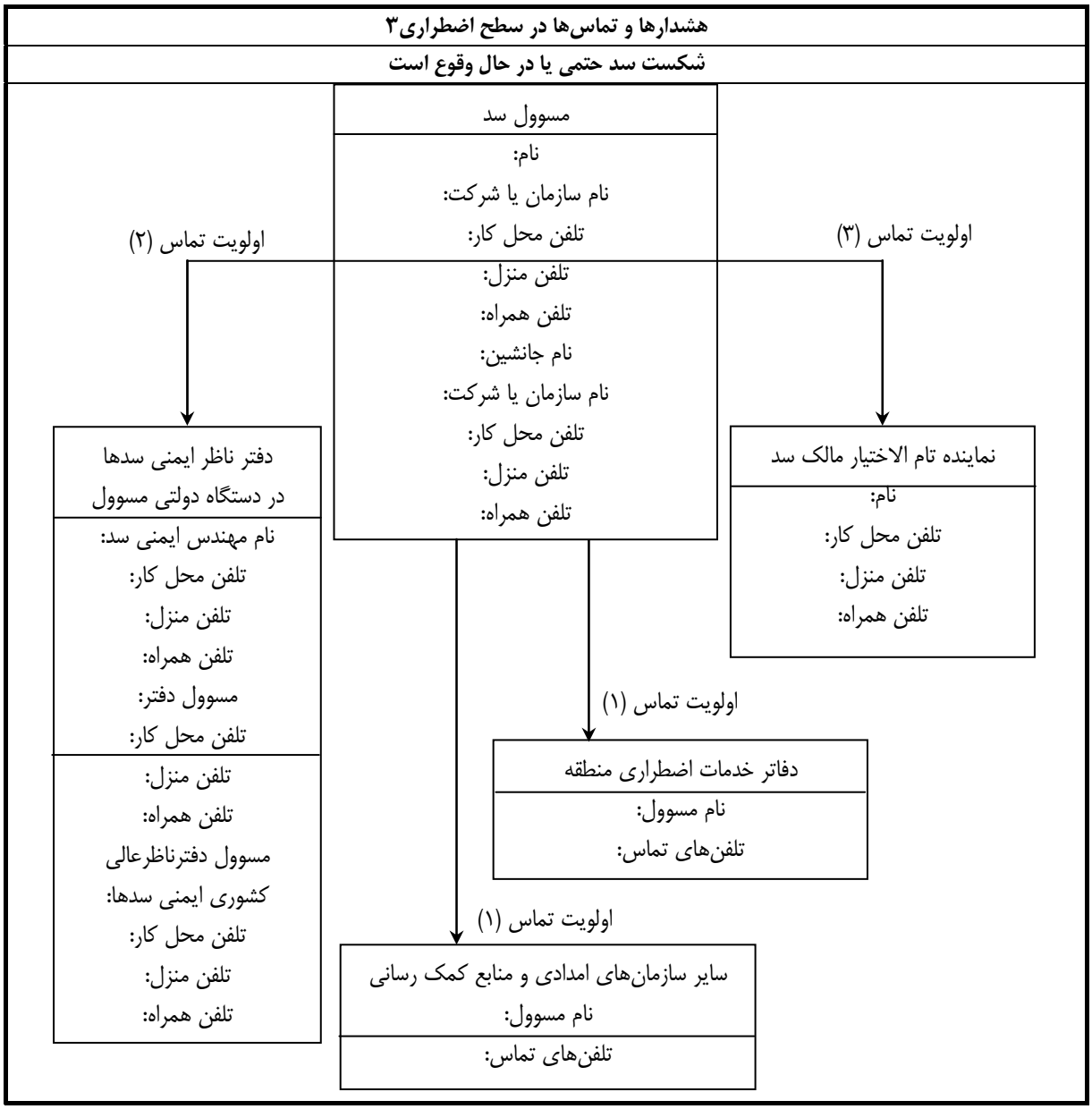
تلفن منزل:

تلفن همراه:

omoorepeyman.ir



omoorepeyman.ir



omoorepeyman.ir

فهرست اطلاعات تماس با سازمان‌ها و دفاتر خدمات اضطراری

نام سازمان یا دفتر	عنوان بخش و مسوول	نشانی	تلفن دفتر	تلفن شخصی و همراه
ستاد یا دفتر مدیریت بحران استانداری				
ستاد یا دفتر مدیریت بحران فرمانداری				
ستاد یا دفتر مدیریت بحران شهرداری				
دفتر مدیریت بخشداری				
دفتر مدیریت دهداری				
مراکز آتش نشانی و خدمات ایمنی				
مراکز هلال احمر				
مراکز انتظامی (پلیس)				
مراکز درمانی				

پ.۷- ۵- مشخصات دارندگان برنامه اقدامات اضطراری

فرم مشخصات دارندگان برنامه اقدامات اضطراری

شماره نسخه	نام سازمان یا دفتر	نشانی	نام و عنوان دریافت کننده	تلفن تماس
۱	ستاد یا دفتر خدمات اضطراری یا مدیریت بحران استانداری			
۲	ستاد یا دفتر خدمات اضطراری یا مدیریت بحران فرمانداری			
۳	ستاد یا دفتر خدمات اضطراری یا مدیریت بحران شهرداری			
۴	دفتر خدمات اضطراری یا مدیریت بخشداری			
۵	مرکز فرماندهی انتظامی (پلیس)			

omoorepeyman.ir

پ.۷- ٦- پیوست: نقشه‌ها، اطلاعات و فرم‌ها

پ.۷- ٦-۱- نقشه‌ها

۱- نقشه راه‌های دسترسی سد

۲- نقشه آب‌گرفتگی پایین‌دست سد

اطلاعات لازم بر روی این نقشه‌ها که روی نقشه GIS یا هوایی نشان دهنده توپوگرافی پیاده می‌شوند عبارتند از:

- مقیاس، جهت، جاده‌ها و پل‌ها و علامت گذاری کلیه مستحدثات و مناطق مسکونی و سایر کاربری‌ها
- مشخصات آب‌گرفتگی سیلاب PMF و سیلاب ناشی از شکست سد در شرایط نرمال و شکست سد در شرایط سیلاب PMF شامل: فاصله زمانی رخداد یا شکست تا آب‌گرفتگی، زمان رسیدن به حداکثر تراز آب‌گرفتگی، تراز آب‌گرفتگی، نرخ افزایش تراز و دبی حداکثر سیلاب

۳- نقشه پلان و مقطع سد

۴- نمودار سطح – حجم – ارتفاع مخزن سد

پ.۷- ٦-۲- اطلاعات

۱- موقعیت و مشخصات تماس افراد یا موارد مهم واقع شده در منطقه با بیش‌ترین خطر

۲- فهرست منابع تامین و پشتیبانی ماشین‌آلات، مصالح و تجهیزات با مشخصات تماس و آدرس

پ.۷- ٦-۳- فرم‌ها

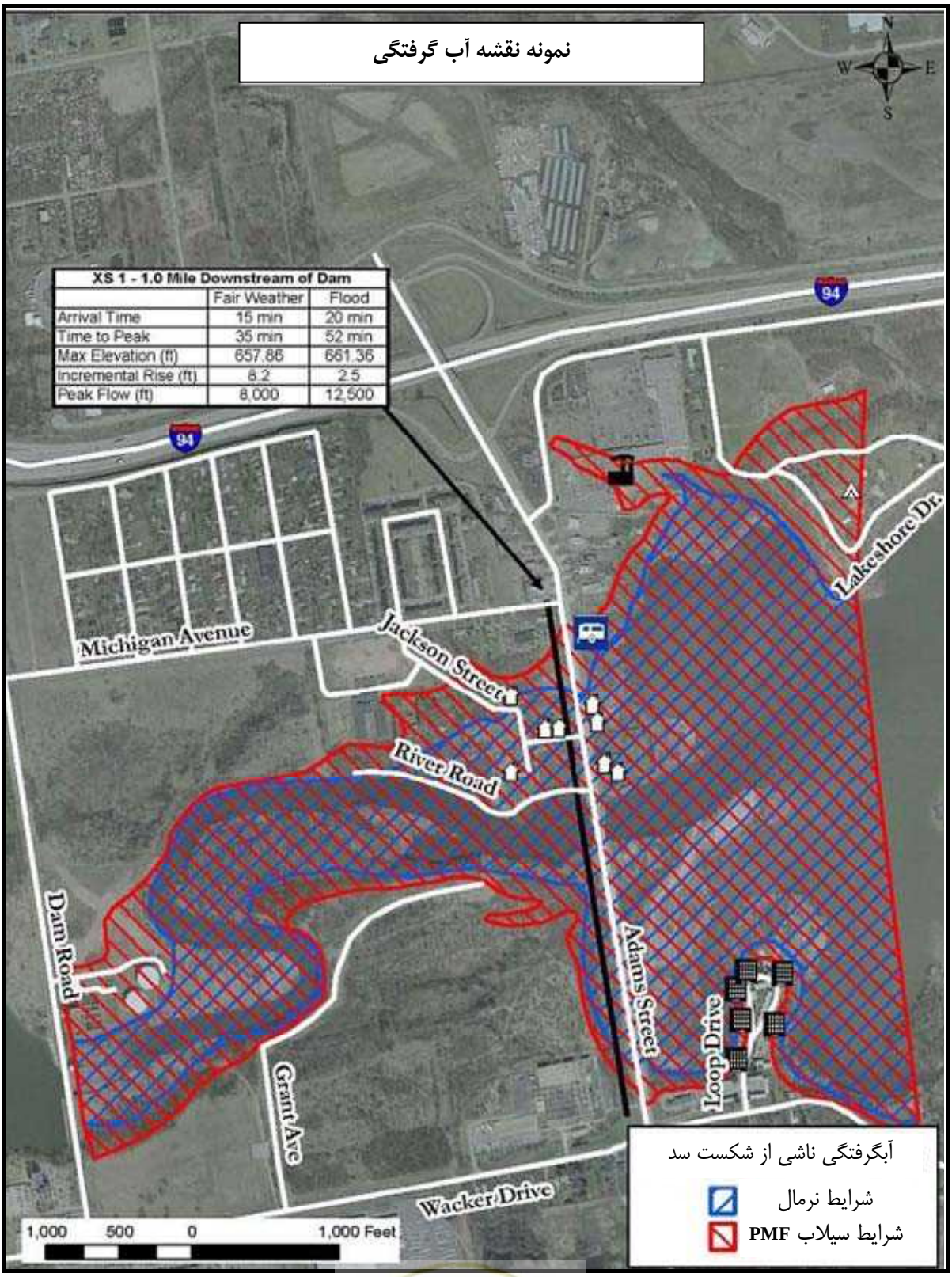
۱- فرم مشخصات تماس‌های گرفته شده و خلاصه نتیجه تماس

۲- فرم خلاصه وضعیت سد در زمان‌های متوالی

۳- فرم خلاصه اقدامات انجام شده و زمان آنها

۴- خلاصه گزارش واقعه در شرایط اضطراری سد

omoorepeyman.ir



omoorepeyman.ir

فرم مشخصات تماس‌های گرفته شده و خلاصه نتیجه تماس در شرایط اضطراری

ردیف	نام سازمان یا دفتر	نام شخص پاسخگو	خلاصه اطلاعات داده شده	خلاصه نتیجه تماس
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				

فرم خلاصه وضعیت سد در زمان‌های متوالی در شرایط اضطراری

زمان (تاریخ و ساعت)	تراز مخزن masl	تراز پایاب masl	خلاصه رخداد یا علایم غیرعادی مشاهده شده یا ثبت شده توسط ابزار	سطح اضطراری اعلام شده	مشکل فعلی در اجرای کامل برنامه اقدامات اضطراری

omoorepeyman.ir

فرم خلاصه اقدامات انجام شده و زمان آنها در شرایط اضطراری

(تکمیل پس از خاتمه شرایط اضطراری)

زمان اجرا (تاریخ و ساعت)	سطح اضطراری اعلام شده	توصیف مشکل یا خرابی به‌وجود آمده	اقدام پیش‌بینی شده در برنامه	خلاصه اقدامات انجام شده

فرم خلاصه گزارش واقعه در شرایط اضطراری (تکمیل پس از خاتمه شرایط اضطراری)

نام سد:	محل سد:
تاریخ حادثه:	زمان حادثه:
شرایط جوی یا علت حادثه:	
توصیف کلی شرایط اضطراری:	
بخش‌ها و محدوده ای از سد که تحت تاثیر قرار گرفته اند:	
خسارات وارده:	
دلایل احتمالی خسارات:	
تغییرات در شرایط بهره‌برداری به علت خسارات وارده:	
تراز مخزن قبل از حادثه:	زمان ثبت:
تراز حداکثر مخزن در حین حادثه:	زمان ثبت:
تراز نهایی مخزن پس از حادثه:	زمان ثبت:
مناطقی از پایین‌دست که دچار آب‌گرفتگی و خسارت شده‌اند:	
فهرست اقدامات انجام شده: نکات مهم و قابل ذکر دیگر: نظرات در مورد کفایت برنامه: ضمائم (عکس و فیلم):	
نام و مسوولیت تکمیل کننده:	مشخصات تماس:
تاریخ تکمیل:	امضاء:

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

مبانی، دامنه کاربرد و اهداف ارزیابی ایمنی

1- ANCOLD, 1992, Status of Dam Safety in Australia. Bulletin No.91, 9–29.
2- CDA-ACB, 2007, Canadian Dam Assosiation, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
3- Chanson, H., 2005, Analytical Solution of Dam Break Wave with Flow Resistance. Application to Tsunami Surges. Proc. 31th Biennial IAHR Congress, Seoul, Korea, B.H. JUN, S.I. LEE, I.W. SEO and G.W. CHOI Editors, Theme D1, Paper 0137, pp. 3341-3353 (ISBN 89 87898 24 5).
4- Collier, M., R.H. Webb and J.C. Schmidt, 1996. Dams and Rivers: A primer on the downstream effects of dams. US Geological Survey, Circular 1126. 94p.
5- DOE, Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects. U.S. Dept. of Energy, Washington DC . 164 pages + appendices.
6- Duscha, L. A. 1984. Dam Safety in the United States: What has been Gained?, Serafim, J. L., ed., Safety of Dams, A. A. Balkema, Boston, MA, pp 259-263.Duscha 1986
7- FEMA 145, 1987 (Aug), Colorado Division of Disaster Emergency Services. Dam Safety: An Owner's Guidance Manual, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
8- FEMA 115, Duscha, L. A., 1986 (Oct), Dam Safety - Past, Recent, and Future, Current Developments in Dam Safety Management, Proceedings of Workshop held at Stanford University July 24-26, 1985, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, pp 1-7 to 1-19.
9- FEMA 235, Federal Emergency Management Agency. 1992 (Sep). National Dam Safety Program, 1990 & 1991 A Progress Report, Vol 1, Washington, DC.
10- FEMA 236, Federal Emergency Management Agency. 1992 (Sep). National Dam Safety Program, 1990 & 1991 A Progress Report, Vol 2, Washington, DC.
11- FEMA 21, Federal Emergency Management Agency. 1982 (May), Dam Safety Research, Current, Planned and Future, Washington, DC.
12- FEMA 92, Federal Emergency Management Agency. 1986 (Jan). Training Courses Related to Dam Safety, Washington, DC.
13- FEMA 115, Federal Emergency Management Agency. 1986 (Oct), Proceedings of the Workshop on Current Developments in Dam Safety Management, Washington DC.
14- FEMA 148, Federal Emergency Management Agency. 1988 (Feb), Glossary of Terms for Dam Safety, Washington, DC.
15- Franois Lemprre, 1995, Dam cost and safety, Water and Energy 2001, International R and D Conference, New Delhi, pp. 24-30.
16- Federal Coordinating Council for Science, Engineering and Technology, 1978 (Jul). Improving Federal Dam Safety, Washington, DC.
17- FERC 0119-2, 1991, FERC (Federal Energy Regulatory Commission, United States), Office of Hydropower Licensing.
18- ICOLD Bulletin 109, 1998, Dams less than 30 m high - Cost savings and safety improvements.
19- Lave, L. B., Resendiz-Carrillo, D., and McMichael, F.C. 1990 (Jul). Safety Goals for High-Hazard Dams: Are Dams Too Safe?, Water Resources Research,Vol 26, No. 7, pp 1383-1391.

omoorepeyman.ir

20- Lemperiere, F., 1993, Dams that have failed by flooding: an analysis of 70 failures. Water Power & Dam Construction, Sept/Oct, 19-24.
21- Mahoney, D. J., 1990, FERC's Dam Safety Program: A New Focus on Monitoring, Hydro Review,Vol 9, No. 3, pp 38-45.
22- Rettemeier, K. & Köngeter J., 1998: Dam Safety Management: Overview of the State of the Art in Germany compared to other European Countries, Proceedings of the International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety Management.
23- Teresa Viseu and Rui Martins (1998). Safety risks of small dams, International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, Barcelona, pp.283-288.
24- USACE ER 1110-2-1156, Dam Safety - Organization, Responsibilities, and Activities.
25- USACE ER 1110-2-1155, Dam Safety Assurance Program.
26- USBR, Robert Jansen, 1983, Dams and public safety, U.S. Bureau of Reclamation, pp. 191-213.
27- Veesaert, C. J., 1990, Standardizing the Approach to Dam Safety Training, Hydro Review, V. 9, No. 3, pp 46-50.
28- Von Thun, J. L., 1984, Applications of Decision Analysis Techniques in Dam Safety Evaluation and Modification, Serafim, J. L., ed., Safety of Dams, A. A.Balkema, Boston, MA, pp 265-271.
29- Wiseman, R., 1987 (Sep), Many U.S. Dams `Still Unsafe', World Water, Vol 10, No. 8, pp 17-21.
30- Wang, S. & Wang, R., 2003, Dam safety regulatory framework in China, Proceedungs of Workshop on Dam Management, Nanjing Hydraulic Research Institute and Dam Safety Management Centre of MWR, Nanjing, China.

طبقه‌بندی سدها

31- ANCOLD Bulletin No. 92, Anderson D ., 1993, Development of Hazard Rating.
32- B.C.Hydro, 1993, Guidelines for Consequeence-Based Dam Safety Evaluations and Improvements (Interim). Hydroelectric Engineering Division Report No . H2528.
33- Brown , Curtis A . , and Wayne j . Graham. 1988, Assessing the Threat to Life from Dam Failure, American Water Resources Association Water Resources Bulletin, Vol. 24, No .6.
34- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
35- Dekay , Micheal L.,and Gary H. McClelland. 1993, Predicting Loss of Life in Cases of Dam Failure and Flash Flood. Risk Analysis, Vol. 13, NO .2, 1993 , pages 193-205.
36- Funnemark E., Odgaard E., V. N. Svendsen and T. Amdal, 1998, Consequence analysis of dam breaks, International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, Barcelona, pp. 329-336.
37- ICOLD Bulletin 59, 1987, Dam Safety Guidelines, Paris, France.
38- Pate-Cornell M . E ., 1984, Warning System : Application to the reduction of risks costs for new dams, Proc. of the International Conf . on Safety of Dams , Coimbra, Pages 73-83.

نوع و دوره‌های زمانی ارزیابی ایمنی سد و تعیین معیارهای ایمنی

39- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.

omoorepeyman.ir

40- EPRI AP-4714, Morrison-Knudsen Engineers, Inc. 1986 (Sep). Inspection and Performance Evaluation of Dams, Electric Power Research Institute, PaloAlto, CA.
41- ICOLD Bulletin 130, 2005, Risk Assessment in Dam Safety Management, A reconnaissance of Benefits. Methods and Current Applications CD F/E 52.
42- ICOLD Bulletin 59, 1987, Dam Safety Guidelines, Paris, France.
43- ICOLD Bulletin 61, 1988, Dam Design Criteria: The Philosophy of Their Selection, 83 pages.
44- IWR Report 88-R-4, Haimes, Y. Y. Tetrakian, R., Karlsson, P. O., and Mitsiopoulos, J. 1988 (Apr). Multiobjective Risk-Partitioning: An Application to Dam Safety Risk Analysis, Institute for Water Resources, Fort Belvoir, VA.
45- USBR, Robert Jansen, 1983, Dams and public safety, U.S. Bureau of Reclamation, pp. 191-213.
46- Jansen, R. B. 1988. Dam Safety Engineering, Kollgaard, E. B. and Chadwick, W. L., eds. Development of Dam Engineering in the United States, Pergamon Press, New York, pp 1031-1049.
47- National Research Council, 1983, Safety of Existing Dams, Evaluation and Improvement, National Academy Press, Washington, DC.
48- Schurer, J., Wilkinson, E., Norfleet, J., Sciver, J. V., Huntington, C., Lee, C., and Rogers, A. 1988 (Jan). Dam Safety Manual, Denver, CO.
49- USCOLD, 1984, Dam Safety and Rehabilitation, Proceedings of the Fourth USCOLD Lecture, Denver, CO.
50- USCOLD, 1986, General Considerations Applicable to Performance Monitoring of Dams, Denver, CO.
51- USCOLD, 1982, Dam safety practices and concerns in the United States, U.S. Committee on Large Dams.

برنامه بهره‌برداری سد و برنامه نگهداری سد

52- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
53- ICOLD Bulletin 041, 1982, Automated observation for the safety control of dams.
54- James, R. 1990, Safety of Dams as Related to Design and Construction, Design and Safety Surveillance of Embankment Dams, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
55- USACE ER 1130-2-417, Major Rehabilitation Program and Dam SafetyAssurance Program.
56- USACE ER 1130-2-419, Dam Operations Management Policy.
57- USACE ER 1110-2-110, Instrumentation for Safety Evaluations of Civil Works Projects.

برنامه پایش سد

58- Bianchi M., Bremen R., 2000, Health monitoring of arch dams. Recent developments, Proceedings of the Sixth Int. Workshop Design Present and Future of Health Monitoring, Germany, pp. 223-234
59- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.

omoorepeyman.ir

60- Dunn cliff, J. 1988, Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley Sons.
61- Dunnicliff, J. 1990, 25 steps to successful performance monitoring of dams, Hydro-Review, IX (4).
62- EPRI AP-4714, 1986, Inspection and Performance Evaluation of Dams, EPRI Electric Power Research Institute.
63- ICOLD Bulletin 21, 1969, General Considerations Applicable to Instrumentation of Earth and Rockfill Dams.
64- ICOLD Bulletin 68, 1989, Monitoring of Dams and Their Foundations, State of the Art.
65- ICOLD Bulletin 41, 1982, Automated Observation for the Safety Control of Dams.
66- ICOLD Bulletin 87, 1992, Improving of Existing Dam Monitoring.
67- Morrison R., 1984, Instrumentation Fundamentals and Applications, John Wiley and Sons, New York.
68- Technical Report No. REMR-CS-5, December 1986, Instrumentation Automation for Concrete Structures, Reports 1, 2 and 3, Instrumentation Automation Techniques, by John Lindsey, et. al., US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS,
69- TR REMR-CS-5, Instrumentation Automation for Concrete Structures, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
70- USACE EM 1110-2-1908, Instrumentation of Earth and Rock-fill Dams - Parts 1 and 2.
71- USACE EM 1110-2-4300, Instrumentation for Concrete Structures.
72- USACE ER 1110-2-110, Instrumentation for Safety-Evaluations of Civil Works Projects.
73- USACE, 1987, Methods of Automating the Collection of Instrumentation Data, REMR Technical Note CS-ES-2.3.
74- USCOLD, 1993, U.S. Committee on Large Dams. 1993. General Guidance, and Current U.S. Practice in Automated Performance Monitoring of Dams, Committee on the Monitoring of Dams and Their Foundations of the UnitedStates Committee on Large Dams.
75- USBR, 1987, Embankment Dam Instrumentation Manual, Water Resources Technical Publication.
76- USBR, Bartholomew, Charles L., 1987, Concrete dam instrumentation manual.
77- USBR, Bartholomew, Charles L., 1987, Embankment dam instrumentation manual.

بررسی برنامه آمادگی در شرایط اضطراری

78- Babbtt D H & Mraz, D M, 1999, Emergency drawdown capability. 19th USCOLD Annual lecture series (conference). Pp 277 - 291.
79- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
80- Chagnon J.P. et al., How to Develop and Implement an Emergency Action Plan, 1989, Training Aids for Dam Safety, U. S. Bureau of Reclamation, United States Government Printing Office, Denver, Colorado.
81- FEMA 64, 1985, Emergency Action Planning Guidelines for Dams, Interagency Committee of Dam Safety, Sub Committee on Emergency Action Planning, Federal Emergency Management Agency, United States Government Printing Office, Washington, D.C.

omoorepeyman.ir

82- Federal Emergency Management Agency, 1985, Guide for Development of State and Local Emergency Operation Plans, Interagency Committee on Dam Safety, Sub Committee on Emergency Action Planning, united States Government Printing Office, Washington, D.C.
83- Gotzmer, J. W., 1991 (Sep), Emergency Action Plans: The Comprehensive Exercise, Proceedings of the Eight Conference of the Association of State Dam Safety Officials, pp 216-224.
84- ICE , 1996, Floods and reservoir safety: 3rd edition. Thomas Telford, London. 63pp., Errors & omissions given in Dams & Reservoirs Nov 1997 page 12.
85- Martinsen J.G., 1995, Dam failure warning systems, Hydropower & Dams, May, 38-39.
86- USACE ER 1110-2-101, Reporting of Evidence of Distress of Civil Works Structures.
87- USACE, Hydrologic Engineering Center, 1980 (Jun), Flood Emergency Plans Guidelines for Corps Dams, Research Document No. 13, Davis, CA.
88- USACE, Hydrologic Engineering Center, 1982 (Jan), Emergency Planning for Dams, Bibliography and Abstracts of Selected Publications, Davis, CA.

عوامل تهدید کننده ایمنی سد (سیل)

89- ANCOLD, 1986, Guidelines on Design Floods for Dams. Australian National Committee on Large Dams.
90- ANCOLD, 1995, Draft Guidelines on Design Floods for Dams.
91- ANCOLD, 2000, Guidelines on Selection of Acceptable Flood Capacity for Dams.
92- ASCE, 1988, Committee on Surface Water Hydrology, Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, Evaluation Procedures for Hydrologic Safety ofDams, New York.
93- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
94- FEMA94, 1986 (Jan), Federal Guidelines for Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams, Washington, DC.
95- ICOLD Bulletin 82, 1992, Selection of Design Flood.
96- National Research Council, 1985, Safety of Dams, Flood and Earthquake Criteria, National Academy Press, Washington, DC.
97- USACE, 1959, Reservoir Regulation Manual for Flood Control: Folsom.
98- USACE ER 1110-8-2, Inflow Design Floods for Dams and Reservoirs.

عوامل تهدید کننده ایمنی سد (زلزله)

99- ASCE, Babbitt, D. H., 1993, Improving Seismic Safety of Dams in California , Geotechnical Practice in Dam Rehabilitation, Geotechnical Special Publication No. 35.
100- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
101- ICOLD Bulletin 52, 1986, Earthquake Analysis Procedures for Dams – State of the Art.
102- ICOLD Bulletin 72, 1989, Selecting Seismic Parameters for Large Dams.
103- ICOLD Bulletin 98, 1995, Tailings Dams and Seismicity.
104- ICOLD Bulletin 112, 1998, Neotectonics and Dams.
105- ICOLD Bulletin 113, 1999, Seismic Observation of Dams.

omoorepeyman.ir

106- ICOLD Bulletin 120, 2001, Design Features of Dams to Effectively Resist Seismic Ground Motion.
107- Gupta, H.K., 1992, Reservoir-Induced Earthquakes, Elsevier, Amsterdam.
108- USACE ER 1110-2-1802, Reporting Earthquake Effects.
109- USACE, ER 1110-2-1806, Earthquake Design and Evaluation for Civil Works Projects.
110- USACE, ER 1110-1-103, 1981, Strong-Motion Instruments for Recording Earthquake Motions on Dams.

برنامه ارزیابی کیفی ایمنی سد و برنامه ارزیابی کمی ایمنی سد

111- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
112- CIRIA Report 148, Kennard MF, Owen, Cl and Reader RA, 1996, Engineering guide to the safety of concrete and masonry dam structures in the UK., 172pp
113- FEMA 93, Federal Emergency Management Agency. 1979 , Federal Guidelines for Dam Safety, (Prepared by the Ad Hoc Interagency Committee on Dam Safety of the Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology), Washington, DC.
114- ICOLD Bulletin 59, 1987, Dam Safety Guidelines.
115- ICOLD Bulletin 74, 1989, Tailings dams' safety - Guidelines
116- JCOLD, 1986, Japan Commission on Large dams, Standard for Management of Dams, Tokyo.
117- NRC, 1983, National Research Council, Committee on the Safety of Existing Dams, Safety of Existing Dams - Evaluation and Improvement, Washington, DC: National Academy Press.
118- NZSOLD, 1993, Dam Safety Guidelines, New Zealand Society on Larg Dams.
119- PRFA, 1988, Revised Project Data Book Guideline and Phase 1 Dam Safety Evaluation Guidelines PFRA, Canada Agriculture.
120- Safety of Existing Dams, Evaluation and Improvement, National Academy Press, Washington DC . 354p.
121- Walz, A. H., 1990, History of Dam Safety, Design and Safety Surveillance of Embankment Dams, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

بررسی مسایل ژئوتکنیکی سدها

122- Bieniawski, Z.T and C.M. Orr., 1976, Rapid Site Appraisal for Dam Foundations by the Geomechanics Classification Proc 12th Cong. Large Dams, ICOLD, Mexico City.
123- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 1999, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
124- Cundall, P.A. 1987, Distinct Element Models of Rock and Soil Structure, Analytical and Computation method in Engineering Rock Mechanics, E.T. Brown (ed), George Allen & Unwin, London.
125- Hoek, E., and E.T Brown 1980, Empirical Strength Criterion for Rock Masses, Journal of the Geotechnical Engineering Division ASCE. 106, No GT9, 1013-35.
126- Hoek, E., P.K. Kaiser and W.F. Bawden, 1995, Rock Support for Underground Excavations in Hard Rock, A.A Balkema, Rotterdam

omoorepeyman.ir

127- Jennings, J.E., 1971, An Approach to the Stability of Rock Slopes Based on the Theory of Limit Equilibrium with a Material Exhibiting Anisotropic Shear Strength, Proc. 13th Symp on Rock Mechanics, ASCE.
128- Lo, K.Y., T. Ogawa, B. Lukajic and D. Dupak, 1991, Measurements of Strength Parameters of Concrete-Rock Contact at the Dam-Foundation Interface Geotechnical Testing Journal, Vol. 14, No. 4.
129- Lo, K.Y., T. Ogawa, B, LukaJic, G.F. Smith and J. Tang., 1991, The Evaluation of Stability of Existing Concrete Dams on Rock Foundations and Remedial Measures, Proceedings International Congress on Large Dams, Vienna, Austria.
130- Ontario Hydro, 1990, Dam Safety Assessment Program, Engineering Standards and Criteria, Section 2, Rock Foundations Prepared by B. LukaJic and K. Tsui.
131- Patton, F.D., 1966, Multiple Modes of Shear Failure in Rock, Proc. of 1st Int. Congress of Rock Mechanics, Vol. 1, Lisbon.
132- Priest, S.D, 1993, Discontinuity Analysis for Rock Engineering, Chapman & Hall.
133- Rescher O.J., 1981, Foundation Problems of Large Dams - Geomechanical Model Test, Rock Mechanics, Vol 14 No 3.

تراوش آب

134- Cedergren. H.R., 1973, Seepage Control in Earth Dams, in Embankment Dam Engineering, the Casagrande Volume, Wiley Intersccience.
135- Cedergren, H.R., 1989, Seepage, Drainage and Flow Nets, Third Edition, John Wiley and Sons Inc.
136- Curtis, R P., and J.D Lawson, 1967, Flow Over and Through Rockfill Banks. ASCE J of the Hydraulics Division, Sept Vol. 93 HY5, pp 1-21
137- Hansen,D 1992, The behaviour of flowthrough rockfill dams, Dissertation submitted in partial fuilfilment of the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering, Dept of Civil Engineering, university of Ottawa, Ottawa, Ontario, 355 pp
138- ICOLD Bulletin 95, 1994, Embankment Dams, Granular Filters and Drains- Review and Recommendations.
139- Janser, R.B. (ed), 1988, Advanced Dam Engineering Van Nostrand- Reinhold.
140- Kells, JA, 1993, Spatially varied flow over rockfill embankments, Can Jour. Civil Eng., Vol. 20, No.5, pp. 820-827.
141- Sherard, J.L., Dunnigan L.P., 1989, Critical Filters for Impervious Soil. ASCE J. Geotech, Eng., Vol. 115, No.7.
142- Stephenson D., 1979, Rockfill in hydraulic engineering, Elsevier Scientific, Amsterdam.
143- Stevens, M.A, and D.B Simons, 1971, Stability analysis for coarse granular material on slopes, Chapter 17 in River Mechanics, Vol. I, ed. and publ by H.W. Shen, Fort Collins, Colorado.

کنترل پایداری سدهای خاکی (رفتار سدهای خاکی)

144- FERC, 1991, Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Project. U.S. Federal Energy Regulatory Commission, Office of Hydropower Licensing.
145- ICOLD, 1987, Dam Safety Guidelines. ICOLD Bulletin 59.

omoorepeyman.ir

146- Pech, R.B. 1969, Advantages and Limitations of the Observational Method in Applied Soil Mechanics. Geotechnique, Vol. 19, No.2.
147- USACE, ER 1110-2-1901, Embankment Criteria and Performance Report, Monitoring and Operational Approach.
148- USBR, 1983, Safety Evaluation of Existing Dams (SEED), A Manual for the Safety Evaluation of Embankment and Concrete Dams. U.S. Department of the Interior, Denver, Colorado.

کنترل پایداری سدهای خاکی (پایداری سدهای خاکی و شیب‌ها)

149- Ashford, S.A., L.H.Roth, S.L. Madsen and D.G. Anderson. 1992, FS=1.5: Is it Appropriate for Embankment Design? ASCE Geotechnical Special Publication No. 31, Stability and performance of Slopes and Embankments- II, Berkeley, California.
150- FERC, 1991, Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects. U.S. Federal Energy Regulatory Commission, Office of Hydropower Licensing.
151- Morgenstern, N.R. 1992, The Evaluation of Slope Stability, 25 Year Perspective. ASCE Geotechnical Special Publication No. 31. Speciality Conference, Berkeley, California.
152- Peck, R.B. 1988, The Place of Stability Calculations in Evaluating the Safety of Existing Embankment Dams. Civil Engineering Practice.

کنترل پایداری سدهای خاکی (ترک خوردگی و فرسایش سطحی)

153- CEA, 1988, Performance of Riprap in Northern Climates, Canadian Electrical Association, CEA No. 625 G 571, Prepared by Acres International Limited, Principal Investigator D.S. Matheson.
154- Peters, N., and J.E. Towle. 1979, Upstream Slope Protection for Earth Dams in the Provinces, Canadian Geotechnical Journal, Volume 16.
155- Sherard, J.L. 1973, Embankment Dam Cracking in Embankment Dam Engineering, the Casagrande Volume, Wiley- Interscience.
156- USACE, 1984, Shore Protection Manual, U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, United States Government Printing Office, Washington, D.C.
157- USACE, EM 1110-2-1601, 1991, Hydraulic design of Flood Control Channals, Engineering Manual.

کنترل پایداری سدهای خاکی (روان‌گرایی)

158- CEA, 1990, Safety Assessment of Existing Dams for Earthquake Conditions, Canadian Electrical Association, 7 Volumes.
159- Finn, W.D.L.1991, Assessment of Liquefaction Potential and Post- Liquefaction Behaviour of Earth Structures: Developments 1981-1991 (State of the Art Paper). Proceedings: 2nd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics. St. Louis, Missouri.
160- ICOLD, The Seismic Design and Evaluation of Tailings Dams. Draft Bulletin.
161- Marcuson III, W.F., M.E. Hynes and A.G. Franklin. 1990, Evaluation and Use of Residual Strength in Seismic Safety Analysis of Embankments, Earthquake Spectra, Vol.6, No. 3.
162- Robertson, P.K. 1994, Earthquake Terminology. Proceedings 47th Canadian Geotechnical Conference, Halifax.

omoorepeyman.ir

163- Seed H.B 1979, Earthquake Resistant design of Earth and Rockfill Dams. Geotechnique, Vol. 29. No. 3.
164- Seed H.B. K. Tokimatse, L. Harder and R. Chung. 1985, Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Evaluations, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 111, GT 12.
165- Seed, H.B. and L.F. Harder. 1990, SPT- Based Analysis of Cyclic Pore Pressure Generation and Untrained Residual Strength, Proceedings H. Bolton Seed Memorial Symposium, Volume 2, Bi Tech Publishers.

کنترل پایداری سدهای خاکی (رفتار لرزه ای سدهای خاکی و شیب‌ها)

166- Byrne, P.M 1991, A model for Predicting Liquefaction Induced Displacements Due to Seismic Loading, 2nd int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Eng. and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri
167- CEA, 1990, Safety Assessment of Existing Dams for Earthquake Conditions, Canadian Electrical Association, 7 Volumes.
168- Finn, W.DL. 1991, Assessment of Liquefaction Potential and Post-Liquefaction Behaviour of Earth Structures: Developments 1981-1991 (State of the Art Paper). Proceedings: 2nd International Conference on recent Advances in Geotechnical Earthquake engineering and Soil Dynamics. St, Louis, Missouri
169- Franklin, A., and F Chang. 1977, Earthquake Resistance of Earth and Rockfill Dams, Report 5, Permanent Displacements of Earth Embankments by Newmark sliding Block Analysis U.S. Army Corps of Engineers, W.E.S., Miscellaneous Paper S-71-17.
170- ICOLD, The Seismic Design and Evaluation of Tailings Dams. Draft Bulletin.
171- Makdisi, F.,and H.B Seed. 1978, Simplified Procedure for Estimating Dam and Embankment Induced Deformations, Journal of Geotechnical Engineering, A.S.C.E., Volume 104, No. GT7.
172- Resendiz, D., M. Romo and E. Moreno. 1982, EI Infiernillo and La Villita Dams: Seismic Behaviour, ASCE J. Geotech. Eng., Vol. 108, No GT1.
173- Seed, H.B. 1979, Earthquake Resistant Design of Earth and Rockfill Dams, Geotechnique, Vol. 29. No 3.
174- Seed, H.B., Lee K. L., Idriss I.M. & Makdisi F., 1973, Analysis of Slides in the San Fernando Dam during the Earthquake of February 1971, Report No. EERC-73-2, Earthquake Engineering Research Centre, Univ of Calif.
175- USCOLD. 1992, Observed Performance of Dams during Earthquakes, Denver.

کنترل پایداری سدهای خاکی (سدهای خاکی با رویه بتنی)

176- Beach, A., R Gill and P. Van Emmenck, 1991 January, Advances in Face Slab Construction Techniques for CFRDs. Water Power and Dam Construction.
177- Cooke, J.B 1984, Progress in Rockfill Dams. 18th Terzaghi Lecture. ASCE J. Geotech. Eng , Vol 110, No 10.
178- Cooke J.B 1991, The Concrete Faced Rockfill Dam. Water Power and Dam Construction.
179- Golze, A.R. (Ed.) 1977, Handbook of Dam Engineering. Van Nostrand-Reinhold Company.
180- ICOLD 1989, Bulletin No 70 Rockfill Dams with Concrete Facing - State of the Art,

omoorepeyman.ir

181- Marulanda, A., F. Amaya and C.A. Ramirez. 1991 January, Colombian Experience with Concrete Paced Rockfill Dams. Water Power and Dam Construction.
182- Neidert, S.H and N.B. Toniatti 1991 January, Design and Construction of the Segredo Concrete Faced Rockfill Dams. Water Power and Dam Construction.

کنترل پایداری سدهای بتنی

183- ACI Committee 207, Roller Compacted Concrete, ACI 207.5R-80, ACI Manual of Concrete Practice, 1988.
184- ASCE Task Committee on Guidelines for Instrumentation and Measurements for Monitoring Dam Performance (2000), Guidelines for Instrumentation and Measurements for Monitoring Dam Performance, ASCE Publications, 2000, 712 pages.
185- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
186- Chopra, A. K., 1988, Earthquake analysis of concrete dams, Chapter 15 in Advanced Dam Engineering for Design, Construction, and Rehabilitation, edited by Robert B. Jansen, Van Nostrand.
187- FEMA 65, 1985 (Mar), Federal Emergency Management Agency, Federal Guidelines for Earthquake Analyses and Design of Dams, Washington, DC.
188- ICOLD Bulletin 59, 1987, Dam safety Guidelines, International Committee on Large Dams.
189- USACE, EM 1110-2-2002, 1995, Evaluation and Repair of Concrete Structures.
190- USACE, ER 1130-2-417, 1994, Major Rehabilitation Program and Dam Safety Assurance Program.
191- USACE, EM 1110-2-2006, 1995, Roller-Compacted Concrete.
192- USACE, EM 1110-2-2201, 1994, Arch Dam Design.
193- USACE, EM 1110-2-2200, 1995, Gravity Dam Design.
194- USACE, EM 1110-2-4300, 1987, Instrumentation for Concrete Structures.
195- USACE, EM 1110-2-2100, 2005, Stability Analysis of Concrete Structures.
196- USACE, EM 1110-2-6050, 1999, Response Spectra and Seismic Analysis for Concrete Hydraulic Structures.
197- USACE, EM 1110-2-6051, 2003, Time History Dynamic Analysis of Concrete Hydraulic Structures.
198- USACE, EM 1110-2-6053, 2007, Earthquake Design and Evaluation of Concrete Hydraulic Structures.
199- USACE, EP 1110-2-12, 1995, Seismic Design Provisions for Roller Compacted Concrete Dams.
200- USACE, ETL 1 1 10-2-568, 2006, Seismic Evaluation Procedures for Existing Civil Works Powerhouses.

بررسی سازه‌های هیدرولیکی جنبی و بررسی سایر ابنیه و تاسیسات وابسته

201- ASCE, 1997, Guidelines for the Retirement of Dams and Hydroelectric Facilities, American Society of Civil Engineers, ASCE Publications.
202- ATLSS Report No. 92-12, Bower, J. E., Kaczinski, M. R., Ma, Z., Zhou, Y., Wood, J. D., and Yen, B. T. 1992. .Structural Evaluation of Riveted Spillway Gates, Lehigh University, Bethlehem, PA.

omoorepeyman.ir

203- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
204- ICOLD Bulletin 123, 2002, Earthquake design and evaluation of structures appurtenant to dams.
205- USACE EM 1110-2-6054, 2001, Inspection, Evaluation, and Repair of Hydraulic Steel Structures.
206- USACE ER 1110-2-100, Periodic Inspection and Continuing Evaluation of Completed Civil Works Structures.
207- USACE ER 1110-2-1150, Engineering and Design for Civil Works Projects.
208- USACE ER 1110-2-8157, Responsibility for Hydraulic Steel Structures.
209- USACE EM 1110-2-2105, Design of Hydraulic Steel Structures.
210- USACE EM 1110-2-2701, Vertical Lift Gates.
211- USACE EM 1110-2-2702, Design of Spillway Tainter Gates.
212- USACE EM 1110-2-2703, Lock Gates and Operating Equipment.
213- USACE EM 1110-2-3400, Painting: New Construction and Maintenance.

بررسی اثرات زیست محیطی و بررسی مسایل رسوب و جریان غلیظ (کناره‌های مخزن)

214- B.C.Hydro. 1988, Guidelines for Review of Reservoir Slope Stability, Hydroelectric Engineering Division, Report H 1890.
215- Canadian Dam Assosiation, CDA-ACB, 2007, Dam Safety Guidelines, Edmonton, Alberta, Canada.
216- Cruden, D.M. 1985, Rock Slope Movements in the Canadian Cordillera, Can. Geotech. J. V. 22, pp. 528-540.
217- Enegren, E. G., and D. P. Moore. 1990, Guidelines for Landslide Hazard Evaluation on Reservoirs, Proceedings, Canadian Dam Safety Conference, Toronto.
218- Hendron, A. J. & Patton F.D. 1985, The Vaiont Slide, A Geotechnical Analysis Based on New Geologic Observations of the Failure Surface, USACE, Technical Report GL-85-5, Vol. I. and II.
219- Slingerland, R. L., and B. Voight. 1979, Occurrences, Properties, and Predictive Models of Landslide-Generated Waterwaves, Rockslides and Avalanches 2, Engineering Sites. Developments in Geotechnical Engineering. Vol. 14B (B. Voight. Ed). Elsevier Scientific Publishing.
220- Viscner D.L. 1986, Rock fall-Induced Waves in Reservoirs, Water Power and Dam Construction, pp. 45-48.

بررسی اثرات زیست محیطی و بررسی مسایل رسوب و جریان غلیظ (اثر کیفیت آب)

221- ICOLD Bulletin 71, 1989, Exposure of Dam Concrete to Special Aggressive Waters, International Commission on Large Dams, Paris.

بررسی اثرات زیست محیطی و بررسی مسایل رسوب و جریان غلیظ (محیط زیست)

222- National Research Council (U.S), Committee on the Safety of Existing Dams, 1983, Safety of Existing Dams: Evaluation and Improvement, National Academy Press. Washington, DC.

omoorepeyman.ir

223- Razvan, E., 1992, The environmental impact of large dams. Water Power & Dam Construction,48-50.
224- World Bank Technical Paper Number 115, Plusquellec, H., eds., Dam Safety and the Environment, Washington, DC, pp 45-52.

بررسی اثرات زیست محیطی و بررسی مسایل رسوب و جریان غلیظ (رسوب)

225- Chunhong, Hu, 1995, Controlling reservoir sedimentation in China. Hydropower & Dams, March 50-52.
226- d'Angeljan, Bruno, (1994). Potential sedimentological impacts of hydro-electric developments in James Bay and Hudson Bay. Hydro-Electric Development: Environmental Impacts – Paper No 5, James Bay Publication Series.
227- Harrison, L. L., (1993). Rock Creek-Cresta Sediment Management Project. Procs of ASCE , Hydraulic Engineering Conference, San Francisco.
228- ICOLD Bulletin 67, 1989, Sedimentation Control of Reservoirs, Paris.
229- Morris L M and Fan J, 1998, Reservoir Sedimentation Handbook: design and management of dams, reservoirs and watershed for sustainable use. McGraw Hill, New York. ISBN 0-07-043302-X.
230- Palmieri A, Shah F and Dinar A, 1998, Reservoir sedimentation and the sustainable management of dams. World Congress of Environmental and Resouce Economists, Venice, June 23-27.
231- Snow, Darlene, 1999, Dam removal and sedimentation issues. Erosion Control, March, 32-44.
232- Shuman, John R., 1995, Environmental considerations for assessing dam removal alternatives for river restoration. Regulated Rivers: Research & Management, 11, 249-261.
233- Walling D E and Webb B W, 1983, Patterns of Sediment Yield. In K.J Gregory [ed] Background to Palaeo-Hydrology, John Wiley, New York, pp 69-100.
234- White W R, Attewill L, Ackers J, Wingfield R, 1999, Guidelines for the flushing of sediment from reservoirs. HR Wallingford. Report SR 563. November.

بررسی اثر مسایل اجرایی و بررسی سوابق آسیب در سدها

235- Committee on Safety Criteria for Dams, 1985, Safety of dams. Flood and earthquake criteria, National Academy Press, Washington, p. 55.
236- Funnemark E., Odgaard E, Nebdal Svendsen V.and Amdal T., 1998, Consequence analysis of dam breaks, Int. Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, Barcelona, pp. 329-336.
237- François Lempérière, 1995, Dam cost and safety, Water and Energy 2001, International R and D Conference, New Delhi, pp. 24-30.
238- ICOLD Bulletin 59, 1987, Dam safety. Guidelines, International Committee on Large Dams, p. 26.
239- USBR, Robert Jansen, 1983, Dams and public safety, U.S. Bureau of Reclamation, pp. 191-213.
240- Teresa Viseu and Rui Martins, 1998, Safety risks of small dams, International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, Barcelona, pp.283-288.
241- USACE EM 1110-2-1911, Construction Control for Earth and Rock-fill Dams.
242- USCOLD, 1982, Dam safety practices and concerns in the United States, United States.

omoorepeyman.ir

243- Vogel A., 1998, Risk classification of dams in relation to a failure – cause specific –break-mechanism, International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, Barcelona, pp. 377-381.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Guidelines for Safety Assessment and Emergency Action Plan for Dams and Appurtenant Structures

No .644

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs
nezamfanni.ir

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater
http://seso.moe.org.ir

2013

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان «راهنمای ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری در سدها و سازه‌های وابسته» می‌باشد. اطلاعات این نشریه با بهره‌گیری از تجربیات بین‌المللی و ملی برای استفاده در پروژه‌های سدسازی تدوین شده است.

در این نشریه خطرات تهدیدکننده ایمنی سدها ارائه شده است. این مجموعه به‌صورت یکنواخت و هماهنگ الزامات کلی ارزیابی ایمنی و اقدامات اضطراری را برای سدهای کشور مشخص می‌کند.

omoorepeyman.ir