جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای طراحی و بهره‌برداری

تخلیه‌کننده عمقی مخازن سدها

نشریه شماره ۵۲۱

معاونت نظارت راهبردی

دفترنظام فنی اجرایی

http://tec.mporg.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۸۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره :** ۱۰۰/۱۱۹۲۶۸
	تاریخ : ۱۳۸۸/۱۲/۲۳

موضوع : راهنمای طراحی و بهره‌برداری تخلیه‌کننده عمقی مخازن سد

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ٤۲۳۳۹/ت ۳۳٤۹۷هـ ، مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست تشریه شماره ۵۲۱ دفتر نظام فنی اجرایی، با عنوان «**راهنمای طراحی و بهره‌برداری تخلیه‌کننده عمقی مخازن سد**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

ابراهیم عزیزی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون 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 به صورت زیر 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.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر 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، دفتر نظام فنی اجرایی

Email:tsb.dta@mporg.ir **web: http://tec.mporg.ir/**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

در سال‌های اخیر فعالیت‌های زیادی در رابطه با ساخت سدها و نیروگاه‌های برق آبی با ارتفاع بالا در کشور انجام گرفته است. در پروژه‌های بزرگ که دارای ارزش اقتصادی نسبتا بالائی می‌باشند، حصول اطمینان از عملکرد تأسیسات وابسته به سد، در شرایط بهره برداری متفاوت از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

تاسیسات تخلیه کننده عمقی از ارکان اساسی سدها محسوب می‌شوندکه وضعیت جانمایی، موقعیت، ابعاد و مشخصات فنی آنها نقشی تعیین کننده در ایمنی و روند بهره‌برداری سدها دارد.

با توجه به نقش این سامانه در دوران آبگیری مخزن به لحاظ کنترل روند افزایش تراز آب (خصوصا در این اولین آبگیری)، دوره عادی بهره‌برداری و همچنین در مواقع اضطراری که الزاما می بایست تمام یا بخشی از مخزن در یک بازه زمانی معین تخلیه گردیده و از افزایش غیر متعارف تراز مخزن در دوره بحرانی پیشگیری شود، طراحی آن اهمیت به‌سزایی را دارا می‌باشد.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی آب و آبفا، تهیه نشریه "راهنمای طراحی و بهره‌برداری تخلیه‌کننده عمقی سد" را با هماهنگی دفتر نظام فنی اجرایی معاونت نظارت راهبردی رییس جمهور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (دفتر نظام فنی اجرایی) ارسال نمود که پس از بررسی، بر اساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ نمود.

راهنمای حاضر با هدف ضابطه‌مند کردن فرایند طراحی، بهره برداری و نگهداری از تخلیه کننده‌های عمقی در سدهای مخزنی، تدوین شده است تا با رعایت موارد ذکر شده، تخلیه کننده‌های عمقی کارکرد مناسب و کارایی لازم در همه طرح‌های سد سازی کشور را داشته باشند.

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی رییس جمهور از تلاش و جدیت مدیر کل محترم دفتر نظام فنی اجرایی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و کارشناسان این دفتر و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای محمد حاجرسولیها و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون آنان 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

۱۳۸۸

omoorepeyman.ir

ترکیب اعضای تهیه‌کننده، کمیته و ناظران تخصصی

این راهنما در **شرکت مهندسی مشاور مهاب‌قدس با مسوولیت خانم مهندس فرزین عارفی** و همکاری افراد زیر تهیه شده است. اسامی این افراد به ترتیب حروف الفبا به شرح زیر می‌باشد:

آقای سید هاشم اسلامی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	دکترای سازه
آقای سلیمان امامی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	لیسانس مهندسی عمران
خانم منصوره خرامانی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	لیسانس مهندسی سازه
خانم ساحره صفوی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
خانم فرزین عارفی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	فوق‌لیسانس مهندسی راه و ساختمان
آقای سعید غیاثی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	فوق‌لیسانس مهندسی معدن
آقای حمید میرزایی	شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک

گروه نظارت که مسوولیت نظارت تخصصی بر تدوین این راهنما را به عهده داشته‌اند به ترتیب حروف الفباء عبارتند از :

آقای محمود آدرنگی	شرکت مهندسین مشاور یکم	فوق‌لیسانس مهندسی راه و ساختمان
آقای علیرضا دائمی	وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی سازه‌های هیدرولیکی
آقای فرزان رفیعا	شرکت مهندسین مشاور کاوشگران	فوق‌لیسانس مهندسی معدن و فوق لیسانس مکانیک سنگ
خانم نوشین رواندوست	طرح تهیه ضوابط ومعیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	لیسانس مهندسی سازه
آقای حمید کردبچه	شرکت نیرپارس	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
آقای وحید فریدنی	شرکت مهندسین مشاور بندآب	فوق‌لیسانس مهندسی راه و ساختمان

اسامی اعضای کمیته تخصصی سد و تونل‌های انتقال طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور که بررسی و تایید راهنمای حاضر را به عهده داشته‌اند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از :

آقای مسعود حدیدی‌مود	شرکت مهندسی مشاور مهاب‌قدس	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
آقای ناصر خیرخواه	شرکت مهندسین مشاور بهان‌سد	فوق‌لیسانس مهندسی راه و ساختمان
آقای علیرضا دائمی	وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی سازه‌های هیدرولیکی
آقای رضا راستی اردکانی	دانشکده صنعت آب و برق	دکترای مهندسی عمران
خانم نوشین رواندوست	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	لیسانس مهندسی سازه
آقای محمدطاهر طاهری بهبهانی	شرکت مهندسین مشاور توان‌آب	فوق‌لیسانس مهندسی منابع آب (هیدرولیک)
آقای محمدرضا عسکری	شرکت مهندسین مشاور بندآب	دکترای مهندسی عمران
آقای سیاوش لیتکوهی	شرکت مهندسین مشاور خدمات مهندسی مکانیک خاک	دکترای ژئوتکنیک

omoorepeyman.ir

آقای علی یوسفی	شرکت خدمات مهندسی برق ایران (مشانیر)	فوق‌لیسانس مهندسی معدن و زمین‌شناسی مهندسی

آقایان مهندس ناصر خیرخواه و مهندس محمدطاهرطاهری بهبهانی در بازبینی نهایی متن همکاری قابل تقدیر داشته‌اند.

همکاران معاونت نظارت راهبردی:

آقای علیرضا دولتشاهی	دفتر نظام فنی اجرایی	لیسانس مهندسی کشاورزی
خانم فرزانه آقارمضانعلی	دفتر نظام فنی اجرایی	فوق لیسانس مهندسی صنایع
خانم ساناز سرافراز	دفتر نظام فنی اجرایی	فوق لیسانس مهندسی منابع آب

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- هدف و دامنه کاربرد	**۱**
۱-۱-کلیات	۳
۱-۲- هدف	۳
۱-۳- دامنه کاربرد	۳
فصل دوم-کارکردهای تخلیه کننده عمقی	**۵**
۲-۱- کلیات	۷
۲-۲- تخلیه مخزن	۷
۲-۲-۱-تخلیه مخزن به منظور بازرسی و تعمیرات احتمالی	۷
۲-۲-۲-تخلیه اضطراری مخزن	۷
۲-۳- کنترل آبگیری اولیه مخزن	۸
۲-۴- تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در زمان آبگیری مخزن	۸
۲-۵- تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در شرایط تخلیه اضطراری مخزن	۸
۲-۶- تخلیه سیلاب هنگام ساخت	۸
۲-۷- تخلیه رسوبات ورودی به مخزن	۸
۲-۸- کمک به سامانه تخلیه سیلاب	۹
۲-۹- استفاده‌های دیگر	۹
فصل سوم- معیارها و ضوابط طراحی هیدرولیکی	**۱۱**
۳-۱- ظرفیت طراحی سامانه تخلیه‌کننده عمقی	۱۳
۳-۱-۱- تخلیه مخزن	۱۳
۳-۱-۲- آبگیری اولیه سد	۱۵
۳-۱-۳- تخلیه رسوبات از مخزن	۱۵
۳-۲- طراحی هیدرولیکی آبگیر ورودی	۱۸
۳-۲-۱- تراز و موقعیت آبگیر ورودی	۱۸
۳-۲-۲- شکل ورودی	۲۲
۳-۲-۳- آشغالگیر	۲۲
۳-۲-۴- شیار دریچه‌های تعمیراتی رأس	۲۴
۳-۳-مجرای هدایت جریان	۲۴
۳-۴-سامانه کنترل جریان	۲۶

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۵-استهلاک انرژی جریان خروجی	۲۷
۳-۶-محاسبات هیدرولیکی تعیین ظرفیت تخلیه‌کننده عمقی	۲۸
۳-۷-پدیده‌های مخرب هیدرولیکی در تخلیه‌کننده‌های عمقی	۳۲
۳-۷-۱- جریان کوبشی	۳۲
۳-۷-۲- جریان گردابی	۳۳
۳-۷-۳-خلاءزایی	۳۳
فصل چهارم-طرح جانمایی	۴۳
۴-۱-کلیات	۴۵
۴-۲-تخلیه‌کننده‌ها در تکیه‌گاه‌های سدهای خاکی و بتنی	۴۵
۴-۲-۱-دهانه ورودی	۴۵
۴-۲-۲-اتاق کنترل دریچه‌ها	۵۰
۴-۲-۳-مجرای فلزی و دریچه‌های تخلیه‌کننده عمقی	۵۱
۴-۲-۴-سازه پایانه	۵۷
۴-۳-تخلیه‌کننده‌های عمقی در بدنه سدهای بتنی	۵۷
۴-۳-۱-تخلیه‌کننده‌ها در بدنه سدهای بتنی وزنی یا RCC	۵۷
۴-۳-۲-تخلیه‌کننده‌ها در بدنه سدهای قوسی	۵۸
۴-۴-جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی	۶۲
فصل پنجم- معیارها و ضوابط طراحی سازه‌ای	**۷۳**
۵-۱-کلیات	۷۵
۵-۲-جمع‌آوری اطلاعات	۷۵
۵-۲-۱-اطلاعات پایه زمین‌شناسی و ژئوفیزیک	۷۵
۵-۲-۲-اطلاعات تجهیزات هیدرومکانیکی	۷۶
۵-۲-۳-شرایط هیدرولیکی	۷۶
۵-۳-بارگذاری	۷۷
۵-۳-۱-سازه ورودی	۷۸
۵-۳-۲-شفت	۷۸
۵-۳-۳-مجرای تخلیه‌کننده عمقی	۷۹
۵-۳-۴-اتاق کنترل دریچه	۸۰

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۳-۵-سازه مستهلک‌کننده انرژی	۸۱
۵-۴-پایداری	۸۱
۵-۵-مدلسازی	۸۲
۵-۵-۱-سازه ورودی	۸۲
۵-۵-۲-سازه‌های شفت و تونل یا آبگذر	۸۲
۵-۵-۳-سازه اتاق کنترل دریچه‌ها	۸۲
۵-۵-۴-سازه مستهلک‌کننده انرژی	۸۳
۵-۶-آنالیز و طراحی	۸۳
۵-۷-مصالح مصرفی	۸۴
۵-۷-۱-فولاد	۸۴
۵-۷-۲-بتن	۸۴
۵-۸-جزئیات اجرایی	۸۴
فصل ششم- ضوابط طراحی تجهیزات هیدرومکانیکی	**۸۷**
۶-۱-کلیات	۸۹
۶-۲-معیارهای انتخاب نوع تجهیزات	۸۹
۶-۲-۱-دریچه‌های تعمیراتی	۸۹
۶-۲-۲-دریچه‌های سرویس و اضطراری	۹۱
۶-۲-۳-شیرهای سرویس	۹۳
۶-۲-۴-تجهیزات جانبی دریچه‌ها	۹۳
۶-۳-آنالیز و محاسبات سازه‌ای تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی	۹۵
۶-۳-۱-دریچه‌ها	۹۶
۶-۳-۲-پوشش فلزی و قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری	۱۰۳
۶-۳-۳-در پوش قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری	۱۰۵
۶-۳-۴-سامانه‌های بالابر	۱۰۵
۶-۳-۵-شیرهای تخلیه	۱۰۵
۶-۴-بررسی ارتعاشات و رفتار هیدرولیکی جریان در محل تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده‌ها با استفاده از روابط و زمایش‌های تجربی و بررسی نیروهای وارد بر دریچه	۱۰۶
۶-۴-۱-کلیات	۱۰۶

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶-۴-۲-دریچه‌های سرویس و اضطراری	۱۰۶
۶-۴-۳-شیرهای اضطراری و سرویس	۱۱۲
فصل هفتم- مطالعات ژئوتکنیکی	**۱۱۵**
۷-۱-کلیات	۱۱۷
۷-۲-بررسی‌ها و مطالعات پایه	۱۱۷
۷-۲-۱-اطلاعات پایه و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ‌ها	۱۱۷
۷-۲-۲-روش‌های دستیابی به ویژگی‌های ژئوتکنیکی ساختگاه	۱۱۸
۷-۳-طراحی‌های ژئوتکنیکی	۱۱۸
۷-۳-۱-پارامترهای طراحی	۱۱۸
۷-۳-۲-ملاحظات طراحی پی‌ها	۱۱۹
۷-۳-۳-ملاحظات طراحی شیب‌های سنگی	۱۱۹
۷-۳-۴-ملاحظات طراحی فضاهای زیرزمینی	۱۱۹
۷-۳-۵-روش‌های آنالیز	۱۱۹
فصل هشتم- نگهداری و بهره برداری از سامانه تخلیه کننده عمقی	**۱۲۱**
۸-۱-کلیات	۱۲۳
۸-۲-مشکلات مشاهده‌شده در عملکرد تخلیه‌کننده‌های عمقی	۱۲۳
۸-۳-نکات مهم در بهره‌برداری از تخلیه‌کننده‌های عمقی	۱۲۴
۸-۴-نگهداری و بهره‌برداری تجهیزات هیدرومکانیک	۱۲۵
۸-۴-۱-کلیات	۱۲۵
۸-۴-۲-ساختار و اساس دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری	۱۲۷
۸-۴-۳-دستورالعمل تفکیکی بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده‌ها	۱۲۸
فصل نهم-ضمائم	**۱۴۱**
۹-۱- اطلاعات پایه	۱۴۳
۹-۲- مشخصات تخلیه کننده عمقی تعدادی از سدهای ایران	۱۴۴
۹-۳- تجربه‌ای در زمینه تخلیه رسوبات از مخزن سد سفیدرود	۱۴۷
۹-۴- واژه‌نامه	۱۴۸
منابع و مراجع اصلی	**۱۵۳**

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

عنوان | **صفحه**

شکل ۳-۱- دستورالعمل تخلیه رسوبات در مخزن سد رزیر ۱۹
شکل ۳-۲- حرکت جریان غلیظ در مجاورت بدنه سد ۱۹
شکل ۳-۳- تخلیه رسوبات توسط تخلیه کننده تحتانی و یا سیفون ۱۹
شکل۳-۴- مکش و تخلیه رسوبات الف) از روی بدنه سد ب) از تخلیه کننده عمقی ۲۰
شکل ۳-۵- مکش و تخلیه رسوبات (پلان) با استفاده از روش سیفون ۲۰
شکل۳-۶- الف- سازه ورودی تخلیه‌کننده عمقی سد کارده ۲۱
شکل۳-۶ - ب- نمونه‌ای از شکل ورودی تخلیه‌کننده عمقی ۲۳
شکل۳-۷- مشخصات شیار دریچه ۲۴
شکل۳- ۸- ضریب آبگذری دریچه کشویی ۳۰
شکل ۳-۹- ضریب آبگذری دریچه قطاعی ۳۱
شکل ۳-۱۰- حرکت حباب‌های هوا در مجاری دایره‌ای بسته کاملا پر ۳۴
شکل ۳-۱۱- رفتار پاکت‌های هوا در کانال‌های مستطیلی بسته ۳۵
شکل۳-۱۲- هندسه شیار ۳۶
شکل۳-۱۳- اندیس خلاءزایی مجاز در شیار دریچه(R=0) ۳۹
شکل۳-۱۴- اندیس خلاءزایی مجاز در شیار دریچه ($R=\frac{1}{12}D$) ۴۰
شکل ۳- ۱۵- دریچه عمودی ۴۱
شکل ۴-۱- جانمایی کلی سد تالوار ۴۶
شکل ۴-۲- جانمایی تونل تخلیه کننده عمقی سد تالوار ۴۷
شکل ۴-۳- سازه ورودی تخیه کننده عمقی سد تالوار ۴۸
شکل ۴-۴- دهانه ورودی تخیه کننده عمقی سد گلابر ۴۹
شکل ۴-۵- شیوه دسترسی به اتاق کنترل دریچه‌های سد گلابر ۵۲
شکل ۴-۶- سامانه تخلیه کننده عمقی سد مخزنی کرخه ۵۳
شکل ۴-۷- سامانه تخلیه کننده عمقی سد مخزنی کرخه ۵۴
شکل ۴-۸- سامانه تخلیه کننده عمقی سد تهم زنجان ۵۵
شکل ۴-۹- اتاق دریچه‌ها و مجرای فلزی تخلیه کننده عمقی سد نرماشیر ۵۶
شکل ۴-۱۰- تخلیه کننده عمقی سد شفارود ۵۹
شکل ۴-۱۱- تخلیه کننده عمقی سد جگین (طرح اولیه) ۶۰
شکل ۴-۱۲- تخلیه کننده عمقی سد جگین (طرح اولیه) ۶۱
شکل ۴-۱۳- تخلیه کننده عمقی سد سمیره ۶۳

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۴-۱۴- تخلیه کننده عمقی سد بارزو	۶۴
شکل ۴-۱۵- جانمایی عمومی تجهیزات اتاق تخلیه کننده عمقی سد طالقان	۶۵
شکل ۴-۱۶- دریچه راس تخلیه کننده عمقی سد طالقان	۶۶
شکل ۴-۱۷- دریچه سرویس و اضطراری کشویی سد طالقان	۶۷
شکل ۴-۱۸- جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه کننده عمقی سد شفارود	۶۸
شکل ۴-۱۹- دریچه راس تخلیه کننده عمقی سدشفارود	۶۹
شکل ۴-۲۰- جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه کننده عمقی سد سیمره	۷۰
شکل ۴-۲۱- دریچه راس تخلیه کننده عمقی سد تالوار	۷۱
شکل۶-۱- نمودار انتخاب نوع دریچه‌های تحت فشار نسبت به پارامترهای سطح مقطع و بار طراحی	۹۲
شکل۶-۲- شیوه قرارگیری تیرهای افقی دریچه	۹۸
شکل ۶-۳- عرض موثر ورقه رویه	۹۹
شکل ۶-۴- ضریب کاهش	۱۰۰
شکل۶-۵- تنش‌های صفحات رویه	۱۰۱
شکل ۶-۶- شکل کلی دریچه قطاعی سرویس تخلیه‌کننده‌های عمقی	۱۰۲
شکل ۶-۷- فاکتور تشدید $(T.R)$ بر حسب $\frac{f_f}{f_N}$	۱۰۷
شکل ۶-۸- نمودار تغییرات فرکانس در بازشدگی‌های مختلف دریچه	۱۰۸
شکل ۶-۹- فرکانس طبیعی ارتعاشی دریچه در طول‌های مختلف سامانه اتصال	۱۰۹
شکل ۶-۱۰- توزیع نیروهای وارد بر دریچه	۱۱۰
شکل ۶-۱۱- سرعت مجاز در شیرهای پروانه‌ای	۱۱۲
شکل ۶-۱۲- ضریب افت در شیرهای پروانه‌ای (دیسک کاملا باز)	۱۱۳
شکل ۶-۱۳- حالت‌های ارتعاشی مختلف در شیرهای هاول بانگر	۱۱۴
شکل ۷-۱- ترتیب و توالی انجام مطالعات و طراحی‌های ژئوتکنیکی	۱۲۰

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول۳-۱ راهنمای کلی تعیین مدت زمان تخلیه اضطراری مخزن (روز)	۱۴
جدول۳-۲ تعیین میزان خسارت	۱۴
جدول ۳-۳ مقدار زبری سطح برحسب میلی‌متر	۲۹
جدول ۳-۴ شیب مناسب بر اساس سرعت	۴۲
جدول ۳-۵ رواداری سطح جریان با توجه به ارتفاع ناصافی	۴۲
جدول ۳-۶ رواداری مجاز با توجه به شاخص خلاءزایی و طرح هوادهی	۴۲
جدول ۵-۱ ضرایب اطمینان لازم برای حفظ پایداری سازه	۸۲
جدول۶-۱ مقادیر تنش مجاز برای سه نوع فولاد ساختمانی رایج در ساخت دریچه‌ها	۹۸
جدول ۶-۲- مقادیر ضریب **C**	۱۱۴
جدول ۸-۱- چک‌لیست رفتارسنجی‌های سامانه تخلیه‌کننده عمقی	۱۲۶
فرم ۸-۱ شناسنامه تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی	۱۳۰
فرم ۸-۲ فهرست تجهیزات نیازمند سرویس	۱۳۳
فرم ۸-۳ برنامه‌ریزی نگهداری دریچه تعمیراتی راس	۱۳۴
فرم ۸-۴ برنامه‌ریزی نگهداری وتعمیرات بالابر الکترومکانیکی دریچه راس	۱۳۴
فرم ۸-۵ برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات دریچه کشویی اضطراری	۱۳۴
فرم ۸-۶ برنامه‌ریزی و نگهداری و تعمیرات دریچه کشویی سرویس	۱۳۵
فرم ۸-۷ برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات بالابر هیدرولیکی	۱۳۵
فرم ۸-۸ برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات جرثقیل سقفی	۱۳۵
فرم ۸-۹ عیب‌یابی دریچه تعمیراتی راس	۱۳۶
فرم ۸-۱۰ عیب‌یابی سامانه بالابر الکترومکانیکی دریچه راس	۱۳۷
فرم ۸-۱۱ عیب‌یابی دریچه سرویس و اضطراری	۱۳۷
فرم ۸-۱۲ عیب‌یابی بالابر هیدرولیکی	۱۳۸
فرم ۸-۱۳ عیب‌یابی جرثقیل سقفی	۱۳۸
فرم ۸-۱۴ بازرسی دریچه تعمیراتی راس	۱۳۹
جدول ۹-۱- مشخصات تخلیه‌کننده عمقی تعدادی از سدهای ایران	۱۴۵

omoorepeyman.ir

فصل ۱

هدف و دامنه کاربرد

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- کلیات

احداث سدهای مخزنی در سطح کشور با هدف‌های گوناگونی مانند تأمین آب اراضی کشاورزی، مصارف شرب، صنعت و نیروگاه‌های آبی به طور فزاینده‌ای در حال گسترش است.

با توجه به وجود و گسترش مراکز مسکونی و اقتصادی مهم در پایین‌دست بیشتر سدهای مخزنی، عملکرد مناسب تمام اجزای سدهای مخزنی، به‌منظور حفظ ایمنی این مراکز، اهمیت ویژه‌ای دارد.

تخلیه‌کننده‌های عمقی در سدها، یکی از ارکان مهم رعایت ایمنی و تضمین کننده کاهش خطرات در پایین‌دست می‌باشند، از این رو، برای دستیابی به موارد ذکرشده و همچنین اعمال رویه‌های معتبر علمی و فنی یکسان در طراحی آن‌ها، باید استانداردهای لازم تعریف شوند.

راهنمای حاضر برای دستیابی به این اهداف تهیه شده و در اختیار جامعه مهندسی قرار می‌گیرد.

۱-۲- هدف

این راهنما با هدف ضابطه‌مندکردن فرایند طراحی، بهره‌برداری و نگهداری از تخلیه‌کننده‌های عمقی در سدهای مخزنی، تدوین شده است تا با رعایت موارد ذکرشده، تخلیه‌کننده‌های عمقی کارکرد مناسب و کارایی لازم در همه طرح‌های سدسازی کشور را داشته باشند.

۱-۳- دامنه کاربرد

کاربرد این راهنما در طراحی تخلیه‌کننده‌های عمقی در همه طرح‌های سدسازی و در مرحله‌های مختلف مطالعاتی و طراحی و همچنین برای سازمان‌های بهره‌بردار در بهره‌برداری، بازرسی و تعمیرات از سدهای در دست بهره‌برداری، است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

کارکردهای تخلیه کننده عمقی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- کلیات

تخلیه‌کننده عمقی ، از سازه‌های مهمی است که در ایمنی کلی طرح و تنظیم تراز سطح آب مخزن سد به شیوه مطلوب، نقش اساسی داشته و با توجه به شرایط طرح، دارای یک یا چند مورد از کارکردهای زیر است:

- تخلیه مخزن،
- کنترل آبگیری اولیه مخزن،
- تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در زمان آبگیری مخزن،
- تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در شرایطی که مخزن به هر دلیلی خالی نگه داشته می‌شود،
- تخلیه سیلاب هنگام ساخت سد،
- تخلیه رسوبات ورودی به مخزن،
- کمک به سامانه تخلیه سیلاب.

۲-۲- تخلیه مخزن

۲-۲-۱- تخلیه مخزن به منظور بازرسی و تعمیرات احتمالی

بازرسی و تعمیرات سازه‌ها در بالادست سد، مانند مخزن، دهانه ورودی سرریز، آبگیر ورودی نیروگاه یا آبیاری و شرب، تنها زمانی امکان‌پذیر است، که سطح آب در مخزن پایین باشد. بنابراین یکی از کارکردهای اصلی تخلیه‌کننده‌های عمقی، کاهش تراز آب مخزن تا حد مطلوب و امکان حفظ سطح آب مخزن در آن تراز با توجه به آورد رودخانه است. همچنین تخلیه مخزن، پس از نخستین آبگیری به‌منظور انجام‌کارهای اصلاحی، گاهی بسیار ضروری است.

۲-۲-۲- تخلیه اضطراری مخزن

تخلیه اضطراری مخزن با دو هدف عمده زیر و به منظور حفظ ایمنی سد انجام می‌شود:

الف - کاهش نیروهای وارد به سازه سد در موارد زیر:

۱- بروز نشت غیر متعارف در بدنه سد یا پی آن،
۲- نشست قابل توجه در بدنه یا پی سد،
۳- لغزش بخشی از بدنه سد،
۴- پس از زمین لرزه‌ها و ایجاد ترک در بدنه سد.

ب - ایجاد امکان پذیرش حجم آب بیشتر در مخزن به منظور تسکین سیلاب ورودی در موارد زیر:

۱- موج سیلاب غیرمنتظره در حوضه آبریز بالادست،
۲- شکست یک سد دیگر در بالادست،
۳- رخداد سیلابی بزرگ‌تر از سیلاب طراحی،

omoorepeyman.ir

۴- درصورت احتمال لغزش تکیه‌گاه‌ها و ناپایداری شیب در کرانه‌های مخزن.

۲-۳- کنترل آبگیری اولیه مخزن

کنترل میزان افزایش سطح آب مخزن به ویژه در اولین آبگیری، به دلایل زیر الزامی است:

- اندازه‌گیری و مشاهده رفتار دیواره‌ها و تکیه‌گاه‌های سد،
- جلوگیری از احتمال رخداد زمین لرزه القایی،
- جلوگیری از تحکیم سریع پی و خاکریز.

۲-۴- تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در زمان آبگیری مخزن

شامل نیازهای زیست محیطی و حقابه‌های کشاورزی، صنعتی و شرب در زمان آبگیری مخزن، پیش از رسیدن تراز سطح آب در مخزن به تراز کمینه بهره‌برداری (در این خصوص توجه به کمترین میزان مجاز بازگشایی دریچه‌ها پیشنهاد می‌شود).

۲-۵- تأمین نیازهای آبی پایین‌دست در شرایط تخلیه اضطراری مخزن

به هنگام تخلیه اضطراری مخزن، ممکن است سطح آب پایین‌تر از تراز آبگیر آبیاری و نیروگاه قرار گیرد و یا به‌دلیل تعمیر، این آبگیرها قادر به تخلیه آب نباشند. در این شرایط، برای تأمین نیازهای پایین‌دست از تخلیه‌کننده عمقی استفاده می‌شود.

۲-۶- تخلیه سیلاب هنگام ساخت

در بعضی از طرح‌ها، به منظور کاهش هزینه‌های سامانه انحراف، می‌توان با ساخت سریع‌تر تخلیه‌کننده عمقی ، از این سازه به عنوان جزئی از سامانه انحراف استفاده کرد. این امر زمانی ممکن است که شرایط ورودی و خروجی جریان تخلیه‌کننده عمقی ، فضای مناسب برای احداث سازه‌های آبگیر را با مشکل رو به رو نسازد.

۲-۷- تخلیه رسوبات ورودی به مخزن

در صورت نزدیک بودن آبگیر تخلیه‌کننده عمقی به آبگیر آبیاری یا نیروگاه و تخلیه رسوبات از تخلیه‌کننده، می‌توان این آبگیرها را از خطر مسدود شدن با رسوب مصون نگه داشت.

همچنین در شرایط اضطراری و خاص نیز می‌توان از تخلیه‌کننده عمقی برای تخلیه رسوبات ته‌نشین‌شده در مخزن و افزایش حجم مفید مخزن استفاده کرد (مانند سد سفیدرود).

در مواقعی که روش‌های ممکن برای کنترل رسوبات ورودی به مخزن، کارآیی لازم را نداشته و رسوب ورودی به مخزن چنان زیاد باشد که امکان طراحی سدی با حجم مرده زیاد، اقتصادی نباشد، تخلیه رسوبات ته نشین‌شده در مخزن، یکی از راه‌های ممکن

omoorepeyman.ir

برای اقتصادی‌شدن طرح خواهد بود. طرح سد تری گورجز[1] (سه دره) در کشور چین و سد پل‌رود در ایران، با استفاده از این روش طراحی شده‌اند.

این روش (فرسایش رسوب و تخلیه آن از طریق تخلیه‌کننده تحنانی) به دلایل زیر کاربرد گسترده‌ای ندارد:

- فقط در مخازن باریک موثر است.
- حجم زیادی از آب تخلیه خواهد شد.
- لازم است که مخزن تقریباً به‌طور کامل تخلیه شود.

استفاده از این روش به شرط تأمین شرایط زیر، می‌تواند کاربرد داشته باشد:

- حجم رسوبات تخلیه‌شده از تخلیه‌کننده برای ایجاد تعادل درازمدت بین رسوبات ورودی و تخلیه آن کافی باشد.
- حجم رسوبی‌که بعد از تعادل رسوب در مخزن باقی می‌ماند به اندازه کافی کم باشد تا حجم مفید مورد نیاز برای مخزن تأمین شود.
- هزینه تخلیه رسوب از سود آن فراتر نرود.

۲-۸- کمک به سامانه تخلیه سیلاب

به‌طور کلی استفاده از تخلیه‌کننده‌های عمقی به‌عنوان جزئی از سامانه تخلیه سیلاب به دلایل زیر، پیشنهاد نمی‌شود:

- در بسیاری از سدها، سرعت جریان در مجاری تخلیه‌کننده‌های تحنانی زیاد (۲۰ تا ۳۰ متر برثانیه) و دریچه‌های سرویس با فشار آب بالا می باشند، که عملکرد آن‌ها در شرایط سیلابی می‌تواند خطرهایی را برای سامانه تخلیه‌کننده ایجاد کند.
- در زمان رخداد سیلاب، اطمینان از عملکرد مطلوب دریچه‌های تخلیه‌کننده نسبت به دریچه‌های سطحی و نیمه سطحی سرریزها، کمتر است.
- احتمال مسدود شدن مجرای تخلیه‌کننده عمقی با رسوبات ورودی، به ویژه در سال‌های آخر بهره‌برداری، زیاد است.

بنابراین جز در موارد خاص نباید از این سامانه به‌عنوان بخشی از سامانه تخلیه سیلاب استفاده شود. درصورت استفاده به‌عنوان سامانه تخلیه سیلاب، باید با بازرسی و مراقبت‌های ویژه از کارکرد مطلوب سامانه در زمان رخداد سیلاب اطمینان حاصل کرد.

۲-۹- استفاده‌های دیگر

با توجه به شرایط مخزن و دریاچه سد، تخلیه‌کننده‌ها می‌توانند استفاده‌های دیگری نیز داشته باشند، مانند تخلیه آب‌هایی که در لایه زیرین مخزن نیتراته شده و غیرقابل آشامیدن می‌شوند. با این عمل، کیفیت آب مخزن بهبود می‌یابد.

1 - Three Gorges

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

معیارها و ضوابط طراحی هیدرولیکی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- ظرفیت طراحی سامانه تخلیه‌کننده عمقی

ظرفیت سامانه تخلیه‌کننده عمقی باید براساس نیازها و اهداف منظورشده برای آن، تعیین شود.

۳-۱-۱- تخلیه مخزن

ظرفیت سامانه تخلیه‌کننده عمقی باید به‌گونه‌ای تعیین شود که شرایط زیر تأمین گردد:

۱- تخلیه مخزن تا رقوم کمینه[1] بهره‌برداری، به‌گونه‌ای که امکان کارکرد عادی نیروگاه و یا سامانه آبیاری وجود داشته باشد و بتوان این رقوم را دست کم به مدت یک ماه در شرایط عادی جریان آب رودخانه (غیرسیلابی) حفظ کرد. به‌عبارت دیگر، کمترین ظرفیت تخلیه‌کننده عمقی در تراز کمینه بهره‌برداری، باید برابر با بیشینه[2] درازمدت آبدهی ماهانه کم‌آب‌ترین ماه باشد.

۲- در رقوم کمینه بهره‌برداری برای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ده تا صد ساله، آهنگ افزایش سطح آب در مخزن، باید با توجه به شرایط تکیه‌گاه‌ها و بدنه سد محدود شود. پس از عبور سیلاب، باید با نظر طراح در مدتی قابل قبول دوباره سطح آب به رقوم کمینه بهره‌برداری کاهش یابد.

۳- ظرفیت تخلیه‌کننده عمقی باید در رقوم پایین‌تر از تراز آبگیر ورودی آبیاری یا نیروگاه، دست کم برابر آبدهی میانگین رودخانه در پرآب‌ترین ماه دوره خشکسالی باشد تا در صورت لزوم، امکان تعمیر و یا بازرسی این سازه‌ها وجود داشته باشد.

۴- بیشترین مدت زمان تخلیه مخزن، به جز در موارد خاص، که با نظر طراحان سد تعیین می‌شود، مطابق جدول ۳-۱ پیشنهاد می‌شود. در این رابطه باید توجه داشت که :

- مدت زمان تخلیه باید با توجه به شرایط خاص ساختگاه، نوع سد، شرایط ایمنی سد و مخزن در مقابل زمین‌لرزه و سیلاب، مسایل اقتصادی و نیازهای طرح به منظور تأمین توازن قابل قبول بین هزینه‌ها و آهنگ تخلیه یا آبگیری اولیه تعیین شود.
- در تعیین مدت زمان مناسب تخلیه باید ظرفیت رودخانه در پایین‌دست و میزان خطرپذیری سد و خسارت‌های احتمالی پایین‌دست، و همچنین زمان لازم برای آماده‌سازی مردم ناحیه در مقابله با خطر سیل را مدنظر قرار داد.

omoorepeyman.ir

1 - Minimum
2 - Maximum

جدول۳-۱- راهنمای کلی تعیین مدت زمان تخلیه اضطراری مخزن (روز)[۱] [۱]

میزان خسارت / خطر پذیری / مرحله تخلیه	خسارت زیاد خطرپذیری زیاد	خسارت زیاد خطرپذیری متوسط	خسارت زیاد خطرپذیری کم	خسارت متوسط خطرپذیری زیاد	خسارت متوسط خطرپذیری متوسط	خسارت متوسط خطرپذیری کم	خسارت کم خطرپذیری زیاد	خسارت کم خطرپذیری متوسط	خسارت کم خطرپذیری کم
۷۵٪ عمق *	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۹۰
۵۰٪ عمق *	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰	۷۰-۹۰	۹۰-۱۲۰
۱۰ ٪ حجم**	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۷۰-۸۰	۷۰-۸۰	۸۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۶۰
۲۵٪ عمق *	۶۰-۸۰	۷۰-۹۰	۸۰-۱۰۰	۷۰-۹۰	۸۰-۱۰۰	۹۰-۱۱۰	۹۰-۱۱۰	۱۰۰-۱۶۰	۱۵۰-۲۲۰

* منظور، عمق دریاچه است که برابر با اختلاف تراز عادی بهره‌برداری تا تراز کف رودخانه درمحل سد است. برای مثال۷۵ درصد عمق یعنی تراز سطح آب دریاچه برابر ۷۵ درصد عمق دریاچه می‌باشد.

** منظور، حجم کل مخزن می‌باشد.

تعیین میزان خسارت‌ها با توجه به خسارت‌های جانی و مالی احتمالی پایین‌دست به شرح جدول ۳-۲ انجام می‌گیرد.

جدول۳-۲ تعیین میزان خسارت [۱]

نوع خسارت / میزان خسارت	جانی	مالی
کم	وجود ندارد	کم (زمین‌های کشاورزی توسعه‌نیافته و کم توسعه یافته)
متوسط	کم (مانند آبادی‌های بسیار کوچک)	قابل ملاحظه (زمین‌های کشاورزی قابل توجه و وجود ساختمان‌های صنعتی و غیره)
زیاد	زیاد (مانند شهرستان‌ها و شهرهای بزرگ)	بسیار زیاد (زمین‌های کشاورزی قابل توجه، شهرها و شهرستان‌ها، ساختمان‌ها و کارخانه‌های صنعتی و غیره)

میزان خطرپذیری با توجه به موارد زیر تعیین می‌شود:

۱- وجود گسل فعال در پی و یا نزدیکی سد

۲- احتمال جابه جایی پی در زمان رخداد زمین‌لرزه‌های بزرگ

۳- پتانسیل زیاد روانگرایی پی

۴- پتانسیل انحلال سنگ

۵- کیفیت مصالح ساختمانی

۱- اعداد داخل کروشه نشانگر منابع و مراجعی هستند که در انتهای نشریه ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

۶- کیفیت اجرا

۷- شیوه نظارت بر اجرا

۸- احتمال زمین‌لرزه

- در مواردی که انتخاب تخلیه‌کننده عمقی با ظرفیتی بالاتر از موارد پیشنهاد شده، باعث افزایش هزینه‌های اجرائی به میزان زیادی نمی‌شود، توصیه می‌شود که امکان تخلیه مخزن در حدود یک ماه در نظر گرفته شود.
- در شروع تخلیه مخزن، سطح آب در مخزن برابر رقوم عادی بهره‌برداری فرض شود.
- در زمان تخلیه مخزن، فرض می‌شود که جریان ورودی به مخزن برابر حداکثر متوسط آورد ماهانه یا دو برابر متوسط سالانه (هر کدام که بزرگ‌تر است) باشد.
- در تخلیه سریع مخزن از ظرفیت سرریزهای دریچه‌دار، آبگیر آبیاری و ۵۰ درصد ظرفیت نیروگاه نیز استفاده می‌شود. در نظر گرفتن ۵۰ درصد ظرفیت نیروگاه به منظور اطمینان از امکان استفاده از نیروگاه است، زیرا ممکن است بعضی از واحدها به‌دلیل تعمیر، قابل بهره‌برداری نباشند.

۳-۱-۲- آبگیری اولیه سد

وجود تخلیه‌کننده عمقی برای تأمین شرایط مناسب آبگیری اولیه سد مهم بوده و کنترل سرعت آبگیری برای تکیه‌گاه‌ها به منظور کنترل زمین‌لرزه القایی در مخزن، لازم است.

همچنین کنترل سرعت آبگیری برای بدنه سد خاکی و جلوگیری از افزایش فشار منفی بیش از حد مجاز ضروریست. میزان افزایش رقوم سطح آب در شرایط عادی با نظر طراح بدنه سد تعیین می‌شود. در سدهای بتنی نیز کنترل سرعت آبگیری، به ویژه به منظور اندازه‌گیری رفتارهای سد الزامی می‌باشد.

بنابراین لازم است ظرفیت سامانه تخلیه‌کننده عمقی به‌گونه‌ای انتخاب شود که :

- در زمان آبگیری اولیه، امکان آبگیری کنترل شده، به میزان مورد نظر طراح بدنه سد ، با فرض ورود جریانی برابر با میانگین دراز مدت آبدهی ماهانه برای حفظ سطح آب مخزن در ترازهای مورد نظر به مدت چند روز و با نیت رفتارنگاری سد وجود داشته باشد.
- میزان افزایش سرعت آبگیری در صورت رخداد سیلاب‌هایی با دوره بازگشت مختلف در ترازهای مختلف مخزن باید محاسبه و با شرایط طرح کنترل و بررسی شود.

۳-۱-۳- تخلیه رسوبات از مخزن

چنانچه طراحی تخلیه‌کننده عمقی با هدف تخلیه رسوبات ورودی به مخزن مدنظر باشد، در تعیین ظرفیت آن باید به موارد زیر توجه شود:

۱- ظرفیت تخلیه‌کننده باید به‌گونه‌ای تعیین شود که امکان کاهش تراز سطح آب مخزن وجود داشته باشد. با کاهش تراز سطح آب مخزن، نیروی مالشی[1] در بستر رودخانه به حدی می‌رسد که موجب حرکت قابل توجه رسوب می‌شود. از معایب عمده

1 - Tractive force

omoorepeyman.ir

این عمل، از دست رفتن حجم زیادی از آب است. بنابراین این عمل فقط برای مخازنی مناسب است که آورد زیادی دارند و امکان آبگیری سالانه در آن‌ها وجود دارد.

۲- چنانچه مخزن در ابتدای فصل سیلابی به‌طور مرتب برای تخلیه رسوبات خالی می‌شود، باید ظرفیت تخلیه‌کننده زیاد و برابر نسبتی از حداکثر سیلاب ورودی به مخزن باشد.

رسوب‌زدایی توسط تخلیه‌کننده‌های عمقی، فرآیندی پیوسته نیست و تنها به دوره‌ای از سال و زمان‌های رخداد سیلاب محدود می‌شود. در مخزن سد روزیرز[1] بر روی رودخانه بلو نیل[2] در سودان، دستورالعملی مطابق شکل ۳-۱ برای تخلیه رسوبات در نظر گرفته شده است. در این مخزن برای مدت چهار ماه، تراز مخزن پایین (۴۶۷ متر) نگهداری می‌شود. سپس مخزن تا تراز ۴۸۰ متر آبگیری شده و سپس مجدداً تا تراز ۴۶۷ متر پایین آورده می‌شود.

۳- هنگامی‌که نسبت حجم مخزن به آورد رودخانه کم و ظرفیت تخلیه‌کننده زیاد باشد، می‌توان بدون کاهش تراز سطح آب مخزن، رسوبات را تخلیه کرد. برای مثال در مخزن سد گبیدم[3] در سویس نسبت حجم مخزن به آورد رودخانه فقط ۰/۰۲ و میانگین ظرفیت تخلیه‌کننده ۱۱۵ مترمکعب در ثانیه، معادل بیشینه لحظه‌ای سیلاب با دوره بازگشت سی ساله است. در این سد بدون کاهش تراز سطح آب مخزن، با ۱۵ بار گشودن تخلیه‌کننده عمقی به مدت یک ساعت، بار رسوب سالانه ورودی به مخزن، به‌طور کامل از تخلیه‌کننده عمقی تخلیه می‌شود.[۲]

۴- بدون کاهش تراز سطح آب مخزن نیز می‌توان مواد ریزدانه را از طریق نسبت‌های غلیظ رسوبی تخلیه کرد. یکی از مثال‌های موفق، تخلیه ۵۳ درصد بار رسوبی ورودی به مخزن، از طریق نسبت‌های غلیظ رسوبی[4] در مخزن سد ایگیل امدا[5] در الجزایر است. نتایج رضایت‌بخشی نیز در مخازن متوسط سدهای چین، در رودخانه‌هایی با بار رسوبی زیاد به دست آمده است. این روش برای مخازن بزرگ موثر نیست. جریان‌های غلیظ در مخازن با شیب تند شکل می‌گیرد. هنگامی که جریان با غلظت بالا در مخزن به وجود می‌آید، رسوبات توسط نیروی وزن خود در طول حوضه آبریز و به سمت سد حرکت می‌کنند. هنگامی که این رسوبات به بدنه سد می‌رسند، در امتداد دیواره مخزن و تا ارتفاع مشخص بالا می‌آیند و سپس به پایین افتاده و جریان‌های گل‌آلود را تشکیل می‌دهند (شکل ۳-۲). در شرایطی که در بدنه سد، تخلیه‌کننده عمقی وجود داشته باشد، چنین جریان‌های غلیظی به‌طور موثر از مخزن خارج می‌شود (شکل۳-۳). در چنین حالتی، ظرفیت تخلیه‌کننده باید به‌گونه‌ای باشد که امکان تخلیه چنین جریان‌هایی را داشته باشد.

در سال ۱۹۹۶، نتایج مطالعات گسترده‌ای که توسط مؤسسه والینگفورد[6] انگلستان انجام شده بود، در گزارشی با عنوان «امکان‌سنجی تخلیه رسوبات از مخازن[7]» ارائه شد.

براساس این گزارش، معیارهایی که در صورت تحقق آن‌ها، تخلیه رسوب از مخازن موفقیت‌آمیز خواهد بود، به شرح زیر است:

1 - Roseires
2 - Blue Nile
3 - Gebidem
4 - Densey current
5 - Ighil Emda
6 - Walingford
7 - The feasibility of flashing sediment from reservoirs

omoorepeyman.ir

۱- نسبت تخلیه مخزن[1] بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد. به عبارت دیگر، لازم است برای عملیات تخلیه رسوب، دست کم ۷۰ درصد ارتفاع مخزن تخلیه شود:

$$DDR = ۱ - \frac{\text{عمق جریان در زمان عمل تخلیه رسوب}}{\text{عمق جریان در مخزن در تراز عادی بهره‌برداری}} \geq ۰/۷$$

۲- نسبت تعادل رسوب[2] بزرگ‌تر از یک باشد:

$$SBR = \frac{\text{میزان رسوب تخلیه شده سالانه}}{\text{میزان رسوب ورودی سالانه به مخزن}} > ۱$$

۳- نسبت عرض کانال تخلیه رسوب[3] در حدود یک باشد:

$$FWR = \frac{\text{عرض کانال تخلیه}}{\text{عرض کف مخزن}} \approx ۱$$

اگر این نسبت از ۱ خیلی کمتر باشد، عملیات رسوب‌زدایی موفق نخواهد بود.

۴- نسبت عرض بالای کانال تخلیه به عرض موجود دره[4]

$$TWR = \frac{\text{عرض بالای کانال تخلیه}}{\text{عرض موجود دره}}$$

اگر نسبت عرض کانال تخلیه رسوب (FWR) کمتر از ۱ باشد، لازم است حتماً نسبت عرض بالای کانال تخلیه به عرض دره (TWR) بزرگ‌تر از ۲ باشد. در غیر این صورت، نسبت حدود ۱کافی خواهد بود.

در تعیین نسبت‌های بالا، ظرفیت تخلیه‌کننده، موثر است و با افزایش ظرفیت، می‌توان به نسبت‌های بالا رسید. جز در مورد آخر که عمدتاً به شکل مخزن ارتباط دارد. برای جزئیات بیشتر به مرجع۱۱رجوع شود.

رسوبات را می‌توان با سیفون کردن توسط یک جریان تحت فشار، به‌صورت هیدرولیکی تخلیه کرد. جریان تحت فشار، با استفاده از دستگاه حفاری که از اختلاف تراز بالادست و پایین‌دست بهره می‌گیرد، تولید می‌شود.

اصول به کار برده شده در سیفون کردن رسوبات، در شکل‌های ۳-۴ و ۳-۵ نمایش داده شده است. در این شکل‌ها، دو نوع تخلیه رسوب قابل تمایز است:

الف – در حالت اول، لوله سیفون از بالای تاج سد عبور داده شده و به پایین‌دست انتقال می‌یابد. در این شرایط، تراز آب مخزن با توجه به محدودیت فشار بارومتری نمی‌تواند کمتر از ۹ تا ۱۰ متر باشد.

ب – در حالت دوم، خط لوله از درون تخلیه‌کننده عمقی عبور داده شده است. در این شرایط نیز محدودیت اندازه سازه خروجی و همچنین افت هیدرولیکی وجود دارد ولی نیازی به پمپ خلأ نیست.

1 - Draw down ratio
2 - Sediment balance ratio
3 - Flashing width ratio
4 - Top – width ratio

omoorepeyman.ir

۳-۲- طراحی هیدرولیکی آبگیر ورودی

۳-۲-۱- تراز و موقعیت آبگیر ورودی

تراز آبگیر ورودی تخلیه‌کننده عمقی باید با توجه به موارد زیر تعیین شود:

۱- تراز آبگیر باید به‌گونه‌ای باشد که بخش عمده حجم مخزن از طریق جریان گرانشی قابل تخلیه باشد.

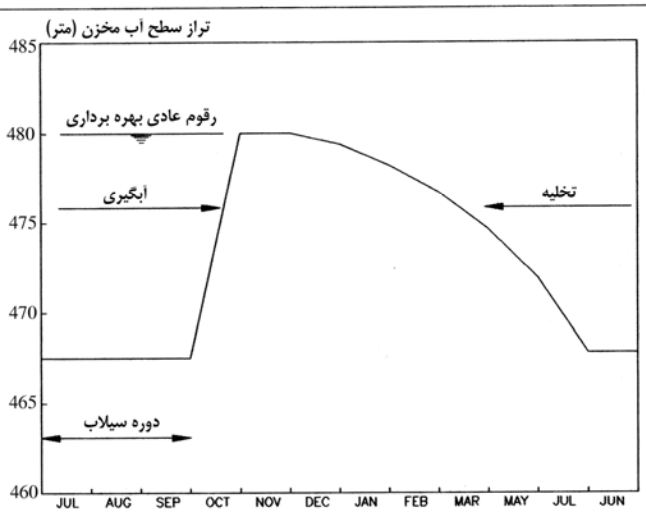
۲- به‌منظور اطمینان از عملکرد درست تخلیه‌کننده در عمر مفید سد، تراز آن باید بالاتر از رسوبات ۵۰ ساله پخش شده در مخزن باشد یا آن که سامانه تخلیه‌کننده عمقی دست کم دارای دو دهانه آبگیر باشد که یکی از آن‌ها بالاتر از تراز رسوبات ۵۰ ساله قرار بگیرد. در غیر این‌صورت باید با پیش‌بینی امکاناتی مانند لوله تزریق (سد کارده و طرق) تسهیلاتی ایجاد کرد تا در صورت انسداد دهانه، به وسیله تزریق آب با سرعت زیاد، رسوبات شسته شوند (شکل ۳-۶ الف). در هر حال با توجه به عدم قطعیت در محاسبات رسوب، پیشنهاد می‌شود از لوله تزریق حتی برای مواردی که دهانه آبگیر بالاتر از رسوبات ۵۰ ساله باشد نیز استفاده شود.

۳- در انتخاب موقعیت آبگیر باید به شرایط زمین‌شناسی ساختگاه، توجه کرد و از قرار دادن آبگیر در محل‌هایی که احتمال لغزش و رانش زمین وجود داشته باشد پرهیز کرد.

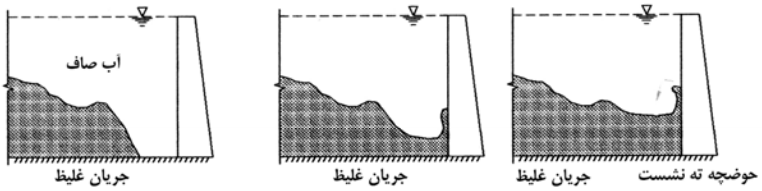
۴- آبگیر ورودی حتی الامکان در مجاورت سازه‌های آبگیر نیروگاه و یا آبیاری باشد تا از شسته شدن رسوبات و یا عدم انباشت آن در جلوی این آبگیرها اطمینان حاصل شود.

۵- با توجه به آنکه آبگیر تخلیه‌کننده معمولا در پایین‌ترین رقوم ممکن جانمایی می‌شود، از نظر رخداد جریان گردابی در ترازهای بهره‌برداری، مشکلی پیش نخواهد آمد.

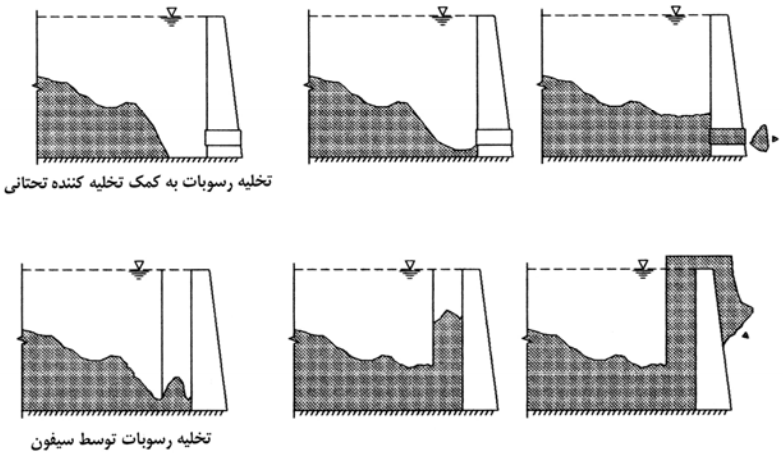
omoorepeyman.ir



شکل۳-۱- دستورالعمل تخلیه رسوبات در مخزن سد رزیر

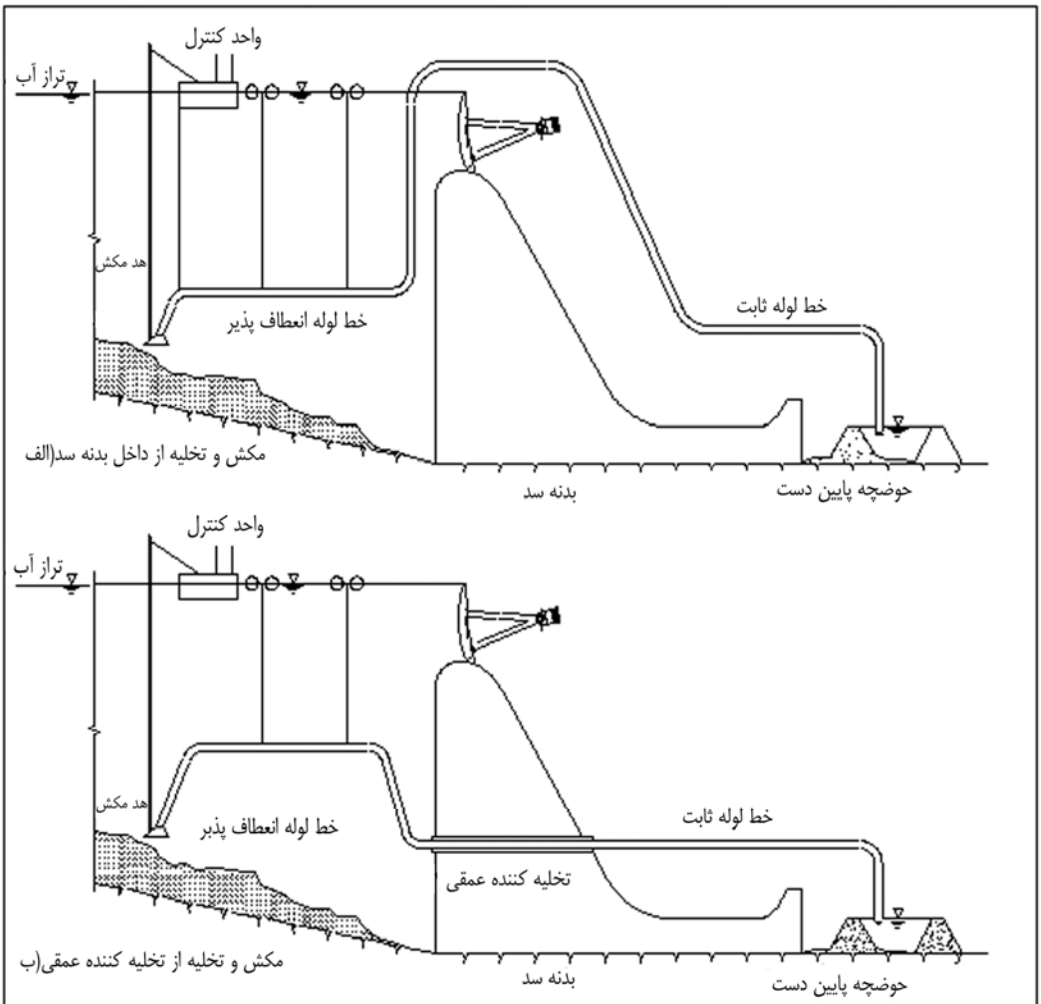


شکل۳-۲- حرکت جریان غلیظ در مجاورت بدنه سد

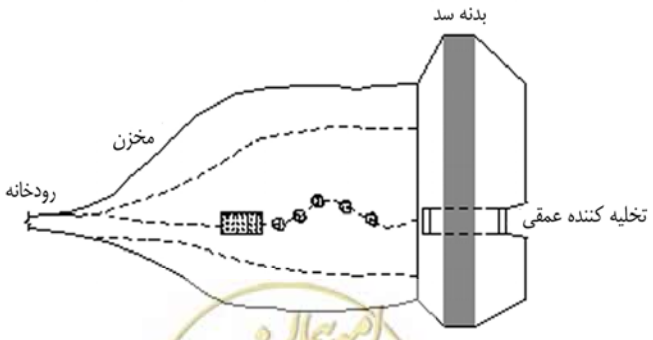


شکل۳-۳- تخلیه رسوبات توسط تخلیه‌کننده تحتانی و یا سیفون

omoorepeyman.ir

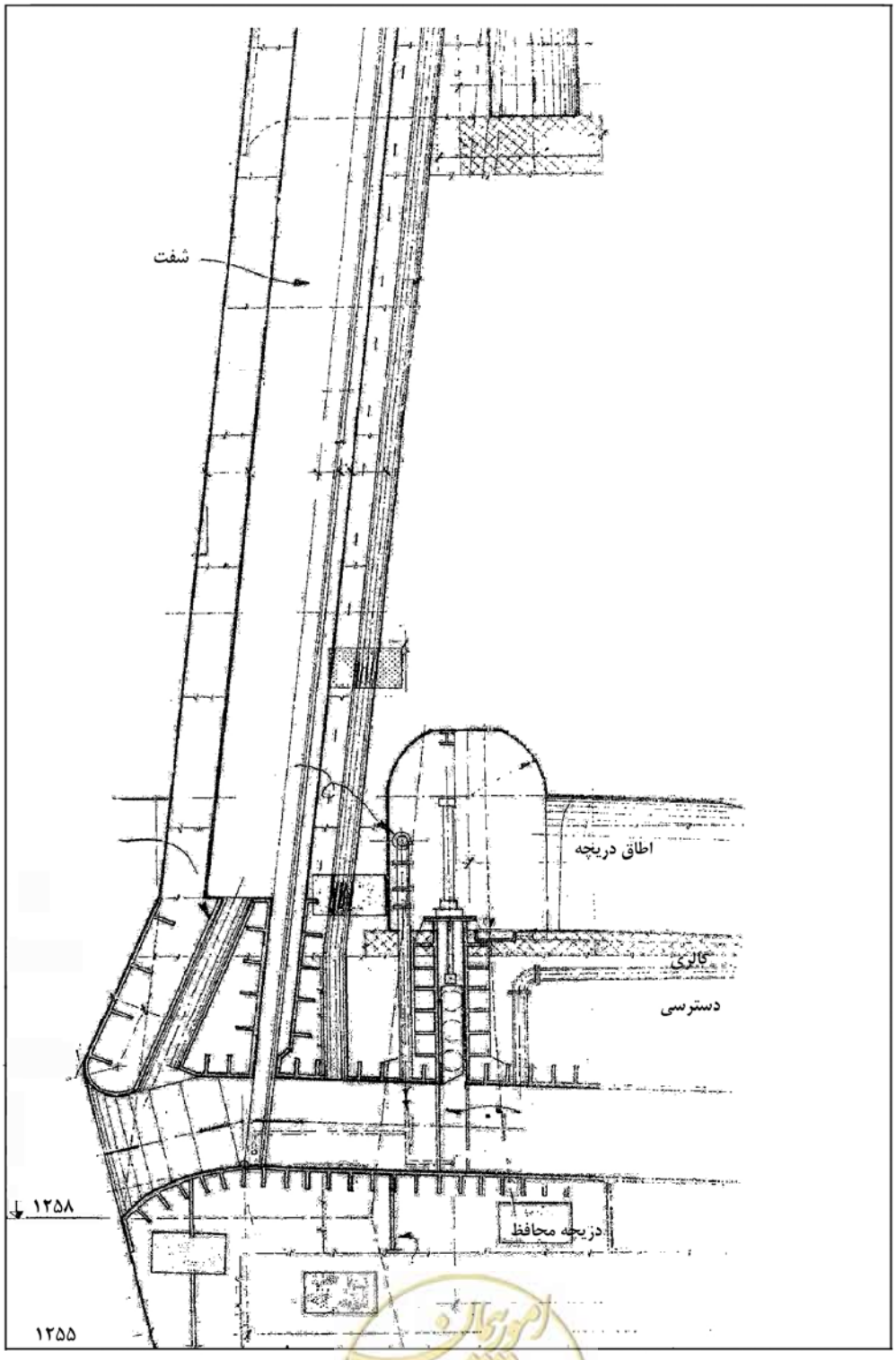


شکل۳-۴- مکش و تخلیه رسوبات الف) از روی بدنه سد ب) از تخلیه‌کننده عمقی



شکل۳-۵- مکش و تخلیه رسوبات (پلان) با استفاده از روش سیفون

omoorepeyman.ir



شکل۳-۶- الف- سازه ورودی تخلیه‌کننده عمقی سد کارده

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲- شکل ورودی

با توجه به آنکه معمولا سرعت جریان در تخلیه‌کننده‌های عمقی زیاد می‌باشد، ضروری است سازه ورودی دارای شکل هیدرولیکی مناسبی باشد تا در آن فشار منفی ایجاد نشود. منحنی سازه ورودی، با توجه به شکل مقطع مجرا که دایره‌ای یا مربع، مستطیل می‌باشد، متفاوت است. نمونه‌ای از شکل ورودی در شکل ۳-۶ ب نشان داده شده است.

لازم است در طراحی ابعاد کانال ورودی، با توجه به جنس کانال، حداکثر سرعت مجاز برای عدم ایجاد فرسایش در کانال کنترل شود.

۳-۲-۳- آشغالگیر

چنانچه سامانه تخلیه‌کننده عمقی مجهز به شیرهای سرویس و کنترل باشد، استفاده از آشغالگیر فلزی به منظور جلوگیری از ورود اجسامی که در قطعات شیر گرفتار می‌شوند، لازم است. در این حالت، لازم است سرعت جریان در آشغالگیر به ۱ تا ۱/۵ متر در ثانیه محدود شود.

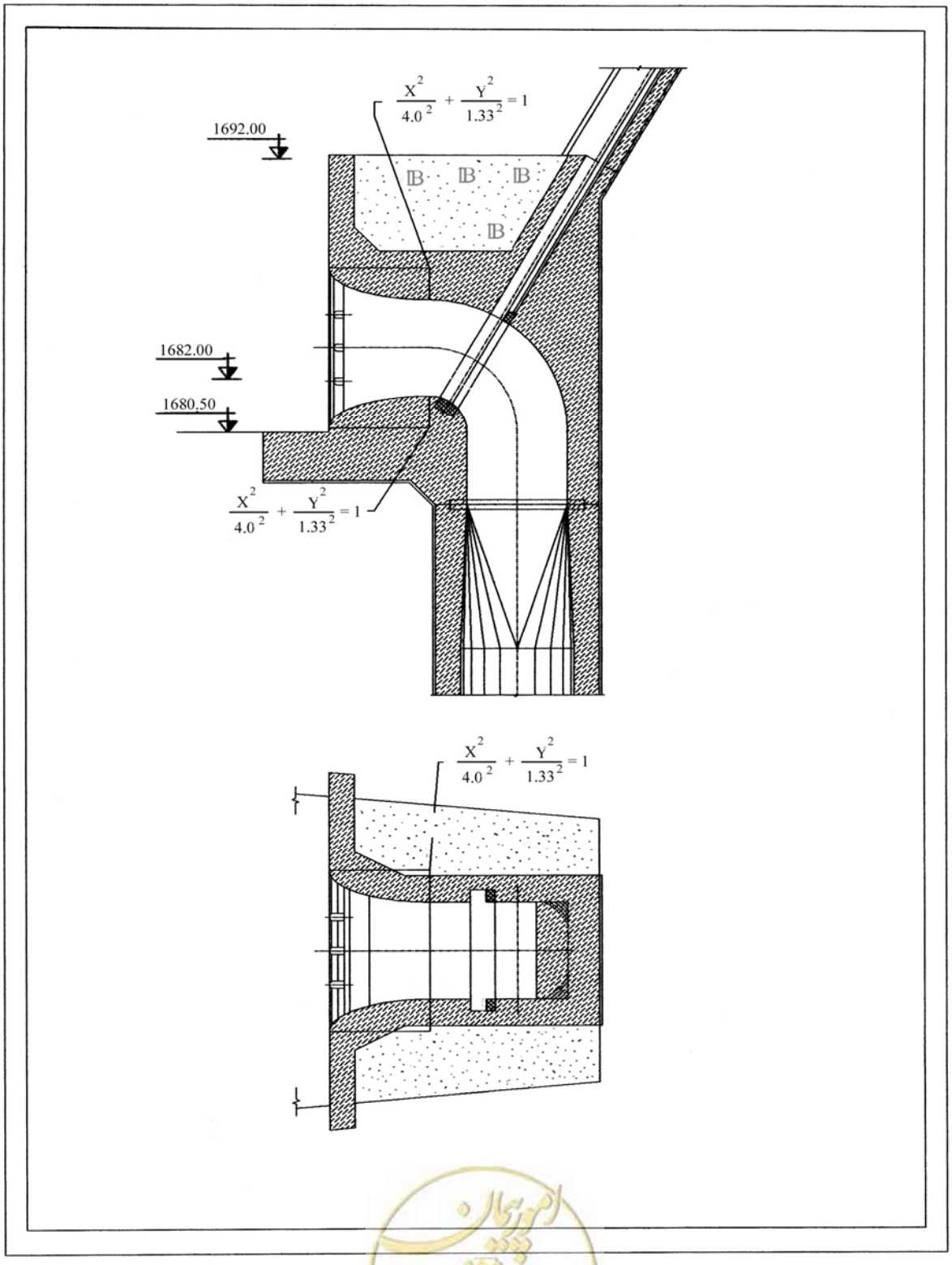
چنانچه سامانه تخلیه‌کننده عمقی مجهز به دریچه‌های سرویس و کنترل باشد، از آشغالگیر بتنی نیز می‌توان استفاده کرد.

حداکثر سرعت مجاز در آشغالگیر بتنی به ۴/۵ متر در ثانیه محدود می‌شود.

حداکثر فضای باز بین تیرها و ستون‌های بتنی آشغالگیر باید کمترین مقدار موارد زیر باشد:

- $\frac{۲}{۳}$ ارتفاع و عرض دریچه سرویس،
- قطر بازشدگی آشغالگیر کمتر از حد اقل بعد دریچه یا هر مقطع کنترل کننده باشد،
- حداکثر ارتفاع و عرض بازشدگی به ترتیب نباید از ۲ و ۱/۵ متر فراتر رود،
- اگر ارتفاع و عرض بازشدگی به ترتیب از ۰/۷ و ۰/۵ متر کمتر باشد، پیشنهاد می‌شود از آشغالگیر فلزی استفاده شود.

omoorepeyman.ir

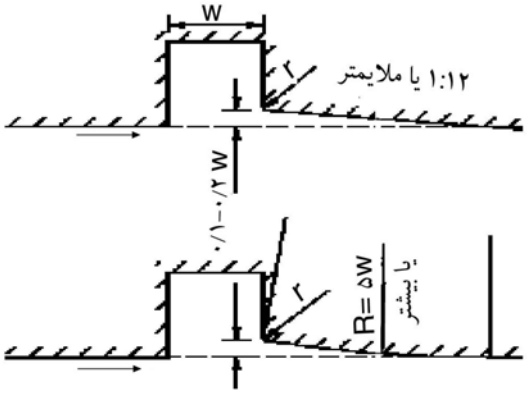


شکل۳-۶- ب- نمونه‌ای از شکل ورودی تخلیه‌کننده عمقی

omoorepeyman.ir

۳-۲-۴- شیار دریچه‌های تعمیراتی رأس

چنانچه سازه آبگیر ورودی، مجهز به دریچه تعمیراتی رأس (رجوع شود به فصل ۶) و سرعت در محل شیار بیش از ۹ متر بر ثانیه باشد، ضروری است این شیار مشابه شکل ۳-۷ طراحی شود.



شکل۳-۷- مشخصات شیار دریچه

پیشنهاد می‌شود چنانچه حتی دریچه‌ای برای سازه ورودی پیش‌بینی نشده باشد، شیار دریچه جانمایی شود تا چنانچه در سال‌های بهره‌برداری، نیاز به بستن مجرا باشد، با ساخت دریچه در همان زمان بتوان مجرا را مسدود کرد.

۳-۳- مجرای هدایت جریان

مجرای هدایت جریان، معمولا به شکل دایره‌ای یا نعل اسبی در تونل‌ها یا آبگذرها و یا دایره‌ای و مربع مستطیل در بدنه سدهای بتنی و یا آبگذرها طراحی می‌شود. جریان در مجرای بالادست دریچه کنترل تحت فشار است.

چنانچه سرعت جریان در بالادست مقطع کنترل از حدود ۹ متر بر ثانیه فراتر رود، باید از پوشش فلزی استفاده شود، مگر آنکه امکان دسترسی مناسب به این محدوده برای بازرسی و ترمیم تخریب‌های احتمالی وجود داشته باشد. در غیر این صورت، پوشش بتنی مناسب است. پیشنهاد می‌شود سامانه تخلیه‌کننده در این ناحیه به‌گونه‌ای طراحی شود که جریان آب در مسیر خود، همواره جریانی شتاب‌گیرنده باشد.

جریان در پایین‌دست دریچه (مقطع کنترل) با توجه به شرایط پایاب ممکن است آزاد باشد. با توجه به اینکه در صورت وجود جریان آزاد بعد از دریچه، پتانسیل ارتعاش دریچه و خسارت‌های خلاءزایی[1] به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، پیشنهاد می‌شود که طراحی تخلیه‌کننده به‌گونه‌ای باشد که همیشه در پایین‌دست دریچه‌ها جریان آزاد حاکم باشد.

در مجرای پایین‌دست مقطع کنترل، چنانچه سرعت جریان از ۲۰ متر بر ثانیه فراتر رود، پوشش فلزی پیشنهاد می‌شود. این پوشش معمولا تا حدود ۵۰ متر اولیه، لازم خواهد بود مگراینکه هوادهی کامل به زیر جریان انجام پذیرد.

همچنین لازم است که ابعاد مجاری بسته در پایین‌دست مقطع کنترل برای تأمین جریان آزاد در سراسر مسیر کنترل شود. در این حالت پیشنهاد می‌شود، حداکثر عمق آب از ۰/۷۵ ارتفاع مجرا فراتر نرود.

1 - Cavitation

omoorepeyman.ir

هوادهی به جریان ممکن است از سه منبع مختلف به شرح زیر تأمین شود:

۱- تونل خروجی

۲- مجرای هوا در اتاق دریچه‌ها یا پایین‌دست دریچه برای هوادهی سطحی

۳- هوادهی کف که خطر خلاءزایی را کاهش می‌دهد.

میزان هوای مورد نیاز با توجه به نوع جریان، متفاوت است.

شارما (۱۹۷۶) انواع جریان در تخلیه‌کننده‌های عمقی بدون هوادهی کف را به شرح زیر طبقه‌بندی کرده است:

۱- جریان افشانه‌ای[1] برای بازشدگی کمتر از ۱۰ درصد با مکش زیاد هوا

۲- جریان آزاد فوق بحرانی

۳- جریان کف‌دار[2] برای تونل‌هایی که تقریباً با جریان هوا-آب پر شده‌اند

۴- پرش هیدرولیکی با جریان پایاب آزاد

۵- پرش هیدرولیکی با جریان پایاب تحت فشار

۶- جریان کاملاً تحت فشار به علت استغراق زیاد پایاب.

در عمل فقط سه حالت اولیه فوق برای طراحی تخلیه‌کننده عمقی ، قابل قبول است و حالت‌های دیگر، به علت نوسانات فشار پیشنهاد نمی‌شود. طراحی اولیه برای میزان هوای مورد نیاز براساس رابطه رابن و رو[3] (۱۹۸۵) به شرح زیر است:

برای جریان افشانه‌ای با بازشدگی نسبی کمتر از ۶ درصد دریچه و عدد فرود بزرگ‌تر از ۲۰

$\beta = \frac{Q_a}{Q_w}$ نسبت بده هوا به بده جریان آب=

$\beta = (\frac{A_a^*}{A_d})F_c$

$A_a^* = A_a(1+\sum\xi)^{-1/2}$

A_a = سطح مقطع مجرای هوا (مترمربع)

$\sum\xi$ = مجموع افت‌های هوا از محل فشار اتمسفر تا محل اتاق دریچه‌ها (متر)

A_d = سطح مقطع پایاب (مترمربع)

$F_c = \frac{q}{[g(C_c a)^3]^{1/2}}$

q = بده در واحد عرض (مترمکعب درثانیه در واحد طول)

a = بازشدگی دریچه (مترمربع)

C_c = ضریب جمع شدگی جریان (Vena contracta)

1 - Spray flow
2 - Foamy flow
3 - Rabben and Rouve

omoorepeyman.ir

برای جریان آزاد با بازشدگی پیش از ۱۲ درصد دریچه و عدد فرود کمتر از ۴۰

$$\beta = 0.94(\frac{A_a^*}{A_d})^{0.9} F_c^{0.62}$$

همچنین اداره مهندسی ارتش آمریکا و شارما (۱۹۷۶) نیز برای تعیین میزان هوای لازم روابط زیر را پیشنهاد کرده است:

- براساس رابطه شارما $\beta = 0.09F_r$
- براساس رابطه ارائه شده توسط اداره مهندسی ارتش امریکا $\beta = 0.03(F_r - 1)^{1.06}$

عدد فرود در روابط فوق در محل Vena contracta می‌باشد.

همه روابط فوق برای تونل با طول‌های کوتاه است. برای تونل‌های بلند، استفاده از مدل هیدرولیکی پیشنهاد می‌شود.

۳-۴- سامانه کنترل جریان

باید جریان در تخلیه‌کننده عمقی به کمک دریچه یا شیرهای مناسب، در شرایط زیر قابل کنترل باشد:

- بستن کامل مجرا به منظور تعمیرات و بازرسی مجرا و دریچه‌ها
- بستن اضطراری مجرا که معمولا در مسیر کوتاهی بالادست دریچه سرویس بسته می‌شود
- کنترل عبور جریان توسط دریچه‌های کنترل یا سرویس
- در بسیاری از تخلیه‌کننده‌ها، این دریچه‌ها برای حالت کاملاً بسته یا کاملاً باز طراحی می‌شوند. در این حالت کنترلی در تنظیم جریان خروجی وجود ندارد. ولی چنانچه کنترل آبگیری اولیه و یا تأمین نیازهای حداقل در صورت عدم کارکرد سامانه آبگیر آبیاری لازم باشد، باید از دریچه‌ها در بازشدگی‌های مختلف بهره‌برداری شود.
- دریچه‌های کشویی به عنوان دریچه اضطراری کاربرد زیادی دارند.
- به‌طور معمول، از دریچه‌های کشویی و قطاعی به عنوان دریچه سرویس و کنترل استفاده می‌شود.
- با توجه به اینکه یکی از اهداف تخلیه‌کننده عمقی ، تخلیه بخشی از رسوبات وارده به مخزن می‌باشد، به منظور جلوگیری از آسیب رسیدن به سامانه کنترل و تنظیم جریان، استفاده از شیرها به عنوان سامانه کنترل پیشنهاد نمی‌شود و عمدتاً از دریچه‌های کنترل که به‌خوبی قادر به تخلیه رسوبات می‌باشند، استفاده می‌شود. تجربه بارز مشکل آفرینی شیرها، سد دز می‌باشد که در هنگام تخلیه رسوبات، تنه درخت در شیرهای هاول‌بانگر گیر کرد و عملاً بستن شیرها را با مشکلات فوق‌العاده زیادی روبرو کرد.
- به منظور تأمین فشار مثبت در بالادست مقطع کنترل، لازم است ابعاد دریچه اضطراری دست کم ۱۰ درصد بیشتر از ابعاد دریچه سرویس انتخاب شود. جنس مقطع کنترل جریان، فلزی است. در این حالت حداکثر سرعت با توجه به ارتفاع آب مخزن تعیین می‌شود و حتماً باید به کمتر از ۵۰ متر بر ثانیه محدود شود.

برای رسیدن به این هدف، می‌توان از چند تخلیه‌کننده در ترازهای مختلف استفاده کرد و در ترازهای پایین‌تر مخزن، از تخلیه‌کننده‌ها در ترازهای پایین استفاده کرد تا سرعت جریان محدود شود.

omoorepeyman.ir

پیشنهاد می‌شود در سدهای خاکی محل مقطع کنترل در پایین‌دست سازه آب‌بند (پرده آب‌بند و...) انتخاب شود. این انتخاب مزایای زیر را خواهد داشت:

۱- مجرای تحت فشار در زمان بسته بودن دریچه‌های کنترل که بیشتر موارد را شامل می‌شود، بارهای خارجی و داخلی متعادل‌تری را تحمل خواهد کرد.

۲- اتاق کنترل مورد نیاز برای بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات دریچه‌ها در محلی که فشار خارجی کاهش یافته است، قرار می‌گیرد.

۳- با توجه به کاهش فشار خارجی و وجود پرده آب‌بند در بالادست، میزان نشت به اتاق دریچه‌ها کاهش خواهد یافت. این امر به ویژه از نظر بهره‌برداری تجهیزات بسیار مهم است.

این محدودیت برای تخلیه‌کننده، در داخل بدنه سدهای بتنی وجود ندارد. ابعاد اتاق کنترل با توجه به نوع، تعداد و ابعاد دریچه‌ها و دیگر تجهیزات مورد نیاز آن تعیین می‌شود. برای توضیحات بیشتر به فصل ۶ رجوع شود.

۳-۵- استهلاک انرژی جریان خروجی

جریان خروجی از تخلیه‌کننده‌های عمقی به‌علت دارا بودن سرعت و انرژی زیاد، دارای توان فرسایش زیاد در پایین‌دست می‌باشد. برای پرهیز از فرسایش‌های پیش‌بینی‌نشده، ضروری است انرژی جریان خروجی با استفاده از یکی از روش‌های زیر مستهلک شود:

- حوضچه آرامش

از حوضچه‌های آرامش معمولا در سدهای بتنی وزنی و یا در سدهای خاکی استفاده می‌شود، در این حوضچه‌ها با استفاده از پرش هیدرولیکی، انرژی جریان مستهلک می‌شود.

- حوضچه‌های استغراق

از این حوضچه‌ها معمولا در سدهای بتنی قوسی استفاده می‌شود. عمق حوضچه استغراق بر اساس بده واحد جریان و ارتفاع آب (اختلاف ارتفاع بین سرآب و پایاب) و با استفاده از فرمول‌های تجربی تعیین می‌شود.

چنانچه ابعاد حوضچه در پایداری سازه‌های مجاور آن، مانند بدنه سد موثر باشد، لازم است که عمق و ابعاد حوضچه بر اساس نتایج مدل هیدرولیکی نیز کنترل شود.

با استفاده ازپرتاب‌کننده‌های جامی‌شکل، می‌توان محل حوضچه استغراق را از پی سد دورتر کرد مانند تخلیه‌کننده عمقی در سد خاکی مارون.

همچنین با استفاده از طرح‌هایی مانند انحراف‌دهنده‌ها یا شکاف‌دهنده‌های جریان در پایین‌دست دریچه‌ها می‌توان، توان فرسایش جت خروجی و در نتیجه عمق‌لازم حوضچه استغراق را کاهش داد. مانند تخلیه‌کننده عمقی در سد بتنی قوسی شهید رجایی.

omoorepeyman.ir

- کاهش انرژی جریان در مجرای تخلیه

در این روش انرژی جریان با ایجاد افت‌های ناگهانی ناشی از بازشدگی و جمع شدگی مسیر در چندین مرحله کاهش می‌یابد. در این روش باید از وجود فشار مثبت در هر مرحله اطمینان حاصل کرد تا پدیده خلاء زایی اتفاق نیفتد.

- دیگر روش‌ها

می‌توان از روش‌های دیگر با کمک مدل هیدرولیکی برای استهلاک انرژی استفاده کرد. مانند تخلیه‌کننده سد قوسی اشلیگایس[1] که از اتاقک‌های مستهلک‌کننده انرژی پس از حصول اطمینان از کارکرد آن با کمک آزمایش‌های مدل هیدرولیکی استفاده کردند.[۳]

۳-۶- محاسبات هیدرولیکی تعیین ظرفیت تخلیه‌کننده عمقی

ظرفیت سامانه در تخلیه‌کننده‌های عمقی تابعی از بار آب، افت‌های موجود در مسیر بالادست مقطع کنترل و ابعاد مقطع کنترل می‌باشد و با کمک رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$Q = A\sqrt{\frac{2gh}{\sum k_{in}}}$$

که در آن:

Q: ظرفیت مورد نیاز طرح است (مترمکعب برثانیه) (رجوع شود به فصل ۲)

h: بار آب که تابعی از تراز سطح آب مخزن و تراز محور مقطع کنترل است (متر). چنانچه جریان خروجی مستغرق باشد این میزان برابر اختلاف تراز سطح آب مخزن و پایاب می‌باشد.

g: شتاب ثقل (۹/۸ متر بر مجذور ثانیه)

A: مساحت مقطع کنترل جریان (مترمربع) که با توجه به ظرفیت مورد نیاز (فصل ۲) و با سعی و خطا محاسبه می‌شود.

$\sum k_{in}$: مجموع ضریب افت‌های موجود در مسیر، شامل افت‌های اصطکاکی و افت‌های موضعی است که نسبت به سطح مقطع کنترل جریان به صورت زیر نرمال شده‌اند:

$$K_{in} = K_i(\frac{A}{A_i})^2$$

A_i : مساحت مقطع مربوطه (مترمربع)

K_i : ضریب افت‌های موضعی هر قسمت از تخلیه‌کننده که به شرح زیر می‌باشند:

- افت آشغالگیر
- افت ورودی
- افت خم
- افت تبدیل شامل تبدیل‌های جمع شونده و باز شونده

1 - Schlegeis

omoorepeyman.ir

- افت شیار دریچه‌های راس و یا اضطراری
- افت انشعاب
- افت دریچه یا شیر مقطع کنترل

همان‌گونه که قبلاً ذکر شد از انواع دریچه‌هایی که برای سامانه تخلیه‌کننده عمقی به‌عنوان دریچه کنترل کاربرد زیاد دارند، می‌توان از دریچه‌های کشویی و قطاعی نام برد. اشکال شماره ۳-۸ و۳-۹ ضریب آبگذری این دو نوع دریچه را نمایش می‌دهد.

با کمک این ضرایب می‌توان افت دریچه را در بازگشایی‌های مختلف محاسبه کرد. باید توجه کرد که افت خروجی در این ضرایب، معادل ۱ منظور شده است.

- افت اصطکاکی براساس زبری سطح با استفاده از دیاگرام مودی و یا ضریب زبری مانینگ قابل محاسبه می‌باشد. مقدار زبری سطح برحسب میلی‌متر برای بتن و فولاد به شرح زیر پیشنهاد می‌شود [۴].

جدول ۳-۳ مقدار زبری سطح برحسب میلی‌متر

مقدار زبری	فولاد	بتن
حد اقل	۰/۲	۰/۵
حداکثر	۰/۵۵	۳

- افت خروجی

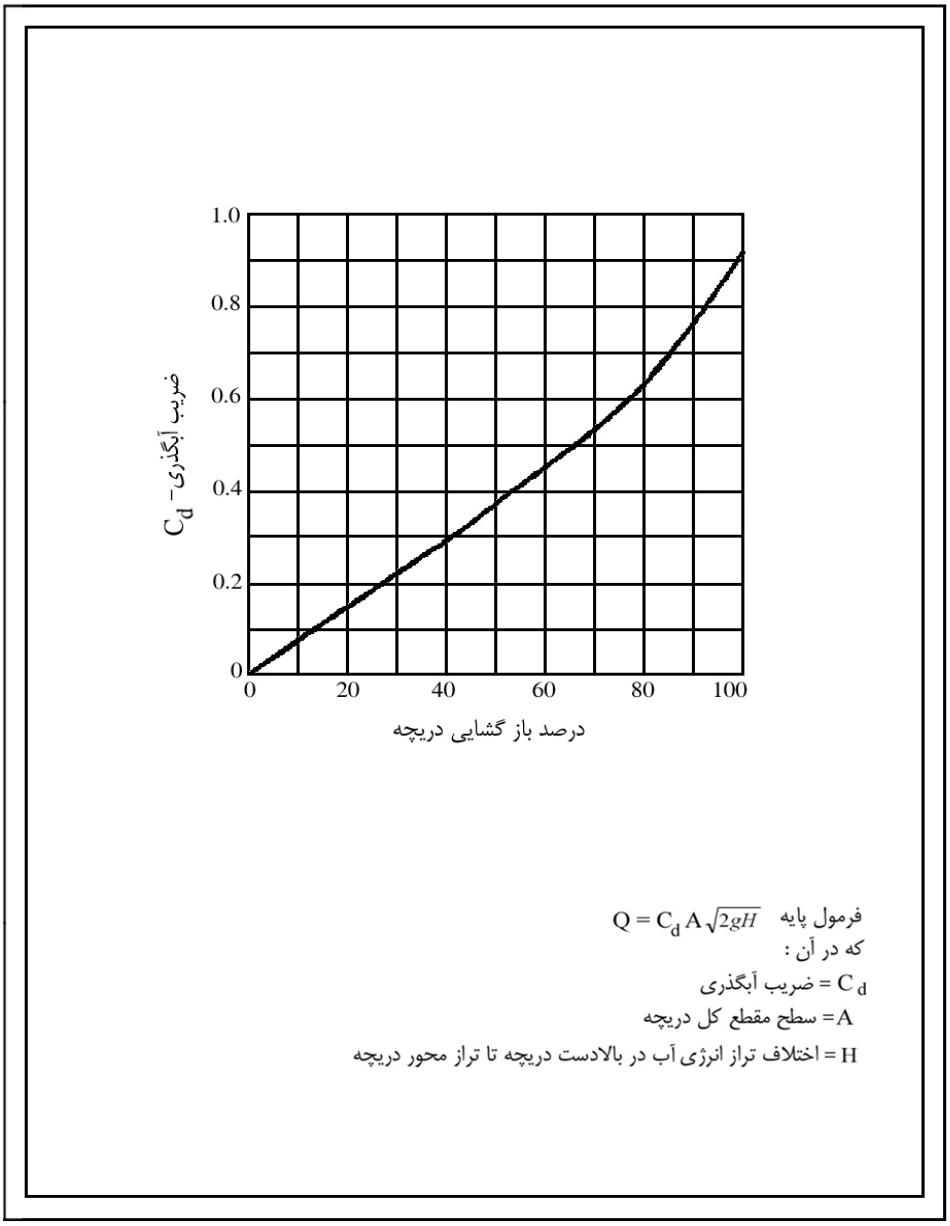
برای تعیین میزان ضرایب افت‌های فوق مراجع [۵]، [۶] و [۷] قابل استفاده می‌باشند.

با توجه به اینکه تعیین دقیق افت‌ها امکان‌پذیر نیست، پیشنهاد می‌شود برای اطمینان، به منظور تعیین ظرفیت سامانه، از افت‌های حداکثر ممکن مسیر و به منظور تعیین سرعت در سامانه و بررسی فشار منفی و رخداد خلاء زایی و یا بررسی شیوه استهلاک انرژی جریان از افت‌های حداقل ممکن و با توجه به شرایط خاص طرح استفاده شود.

با توجه به بار آب و افت‌ها، حدوداً سرعت جریان در محل مقطع کنترل به‌ازای ترازهای مختلف سطح آب مخزن مشخص می‌شود. با انتخاب اولیه سطح مقطع، ظرفیت تخلیه‌کننده در این ترازها به دست می‌آید. چنانچه ظرفیت محاسبه‌شده، موارد مورد نیاز در فصل ۲ را ارضا کند، سطح مقطع قابل قبول است، در غیر این‌صورت با افزایش یا کاهش آن باید سعی در ارضای نیازهای طرح کرد.

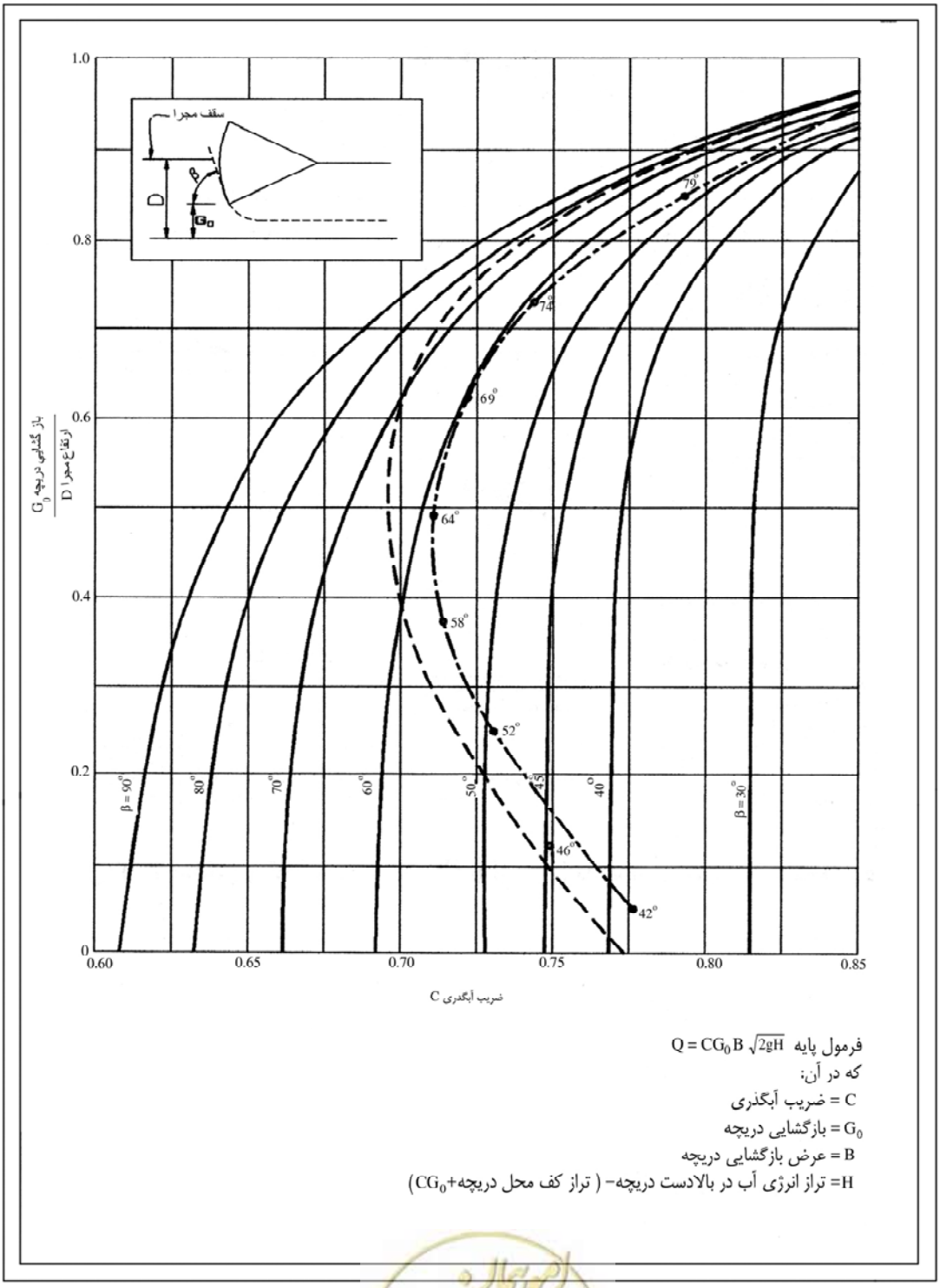
زمانی که بار آب طراحی زیاد و مقطع کنترل نیز بزرگ باشد، پیشنهاد می‌شود به‌جای استفاده از یک مقطع بزرگ، از ۲ مقطع با ابعاد کوچک‌تر استفاده شود.

omoorepeyman.ir



شکل۳- ۸ - ضریب آبگذری دریچه کشویی

omoorepeyman.ir



فرمول پایه $Q = CG_0B\sqrt{2gH}$

که در آن:

C = ضریب آبگذری

G_0 = بازگشایی دریچه

B = عرض بازگشایی دریچه

H= تراز انرژی آب در بالادست دریچه- (تراز کف محل دریچه+CG_0)

شکل ۳-۹- ضریب آبگذری دریچه قطاعی [۷]

omoorepeyman.ir

۳-۷- پدیده‌های مخرب هیدرولیکی در تخلیه‌کننده‌های عمقی

۳-۷-۱- جریان کوبشی[1]

یکی از پدیده‌های مخرب هیدرولیکی که می‌تواند در مجرای پایین‌دست مقطع کنترل تخلیه‌کننده عمقی رخ دهد، جریان کوبشی است، احتمال رخداد این پدیده در مجاری بسته زمانی است که جریان فوق بحرانی در مجرا به پایاب مستغرق منتهی شود.

جریان کوبشی دارای سه مرحله عمده است.

۱- مرحله یک با پرش هیدرولیکی در انتهای مجرا آغاز می‌شود. در این مرحله پرش هیدرولیکی به سمت بالادست حرکت می‌کند. در پیشانی پرش، حباب‌های هوا وارد جریان آب می‌شوند. حباب‌ها به سمت پوشش کانال بالا می‌روند و به یکدیگر ملحق شده یک محفظه هوا ایجاد می‌شود که در اثر ورود مداوم حباب‌های هوا، این محفظه بزرگ‌تر شده و به پیشانی پرش هیدرولیکی به سمت بالادست فشار وارد می‌کند. در پایین‌دست مجدداً یک پرش دیگر رخ می‌دهد. زمان حرکت پرش به سمت بالادست و گسترش و توسعه پاکت هوا به شرایط هندسی و پارامترهای هیدرولیکی و به ویژه میزان ورود هوا بستگی دارد. در انتهای این مرحله، محفظه هوا تمایل به خروج از پیشانی پرش به سمت بالادست دارد.

۲- در این مرحله با تخلیه ناگهانی هوای جمع‌شده در طول سقف کانال، پدیده بلو بک[2] رخ می‌دهد. پس از خروج هوا، یک موج آب (باقیمانده پرش اولیه) باقی می‌ماند. این موج به سمت پایین‌دست حرکت می‌کند و با پیشانی پرش دوم برخورد می‌کند.

۳- در مرحله سوم، این موج با پیشانی پرش دوم برخورد کرده و مجرای بسته نوعی از ضربه قوچ را تجربه می‌کند. بعد از این مرحله مجدداً مراحل ۱ تا ۳ اتفاق می‌افتد.

ویژگی جریان‌های کوبشی در مجاری بسته به شرح زیر است:

- تغییرات متناوب فشار و رخداد نوعی از پدیده ضربه قوچ
- تغییرات دائمی ضربه دینامیکی وارده به سازه
- ناپیوستگی و ناپایداری جریان
- ایجاد ارتعاش در دریچه‌ها و سامانه‌های مکانیکی تخلیه‌کننده عمقی

به منظور جلوگیری از رخداد این پدیده مخرب در تخلیه‌کننده‌های عمقی ، روش‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- طراحی مجرای خروجی تخلیه‌کننده به‌گونه‌ای که هیچ‌وقت پایاب آن مستغرق نباشد.

چنانچه این امر ممکن نباشد یا نیازمند صرف هزینه‌های زیاد باشد، باید برای تخلیه‌کننده دستورالعمل بهره‌برداری خاص تهیه کرد و عملکرد آن را محدود به بده‌هایی که خارج از ناحیه بحرانی باشند محدود کرد. شکل‌های شماره ۳-۱۰ و ۳-۱۱، براساس شیب و مقطع مجرا، ناحیه‌های بحرانی را مشخص می‌کند. دستورالعمل بهره‌برداری باید به گونه‌ای باشد که از کارکرد سامانه در ناحیه جریان کوبشی پرهیز شود. لازم به ذکر است در این حالت استفاده از مقطع دایره به‌دلیل آنکه در این حالت محدوده بحرانی کمتر است برتری دارد.

1 - Slug flow
2 - Blow back

omoorepeyman.ir

۲- چنانچه هیچ‌کدام از دو روش بالا امکان‌پذیر نباشد، لازم است که در سقف مجرا، مجاری خروج هوا تعبیه شود.

۳-۷-۲- جریان گردابی

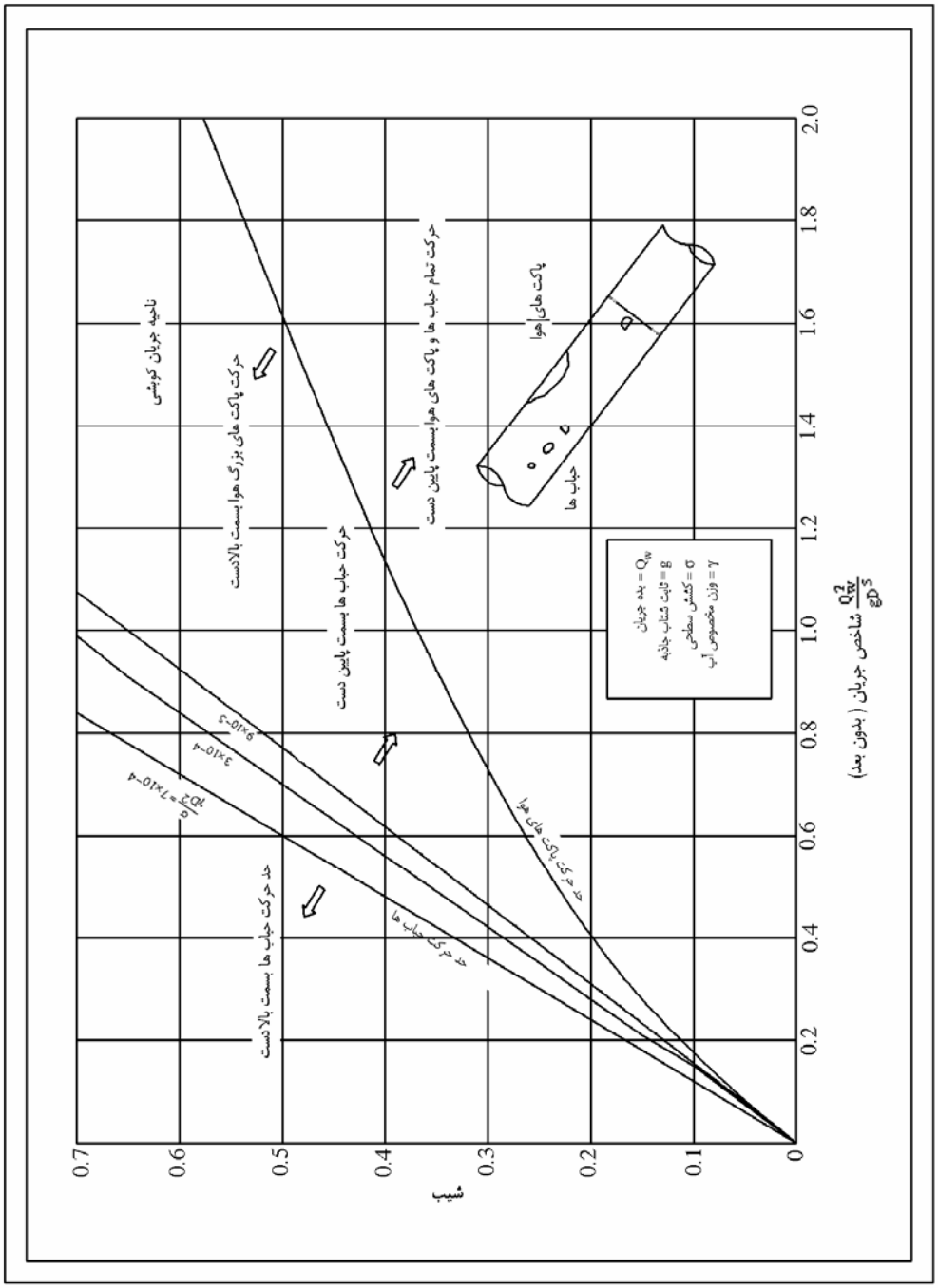
در جریان‌های تحت فشار، هنگامی جریان گردابی رخ می‌دهد که عمق غرقابی سازه ورودی کافی نباشد. رخداد جریان گردابی شدید در ورودی آبگیر، باعث ورود حباب‌های هوا به جریان آب می‌شوند. این امر باعث کاهش ظرفیت تخلیه و گاه عامل ایجاد مشکلاتی برای دریچه می‌شود.

در تخلیه‌کننده‌های عمقی مشکلات ناشی از جریان گردابی مشاهده نشده است، زیرا تخلیه‌کننده‌ها معمولا به اندازه کافی در اعماق پایین مخزن تعبیه می‌شوند.

۳-۷-۳- خلاءزایی

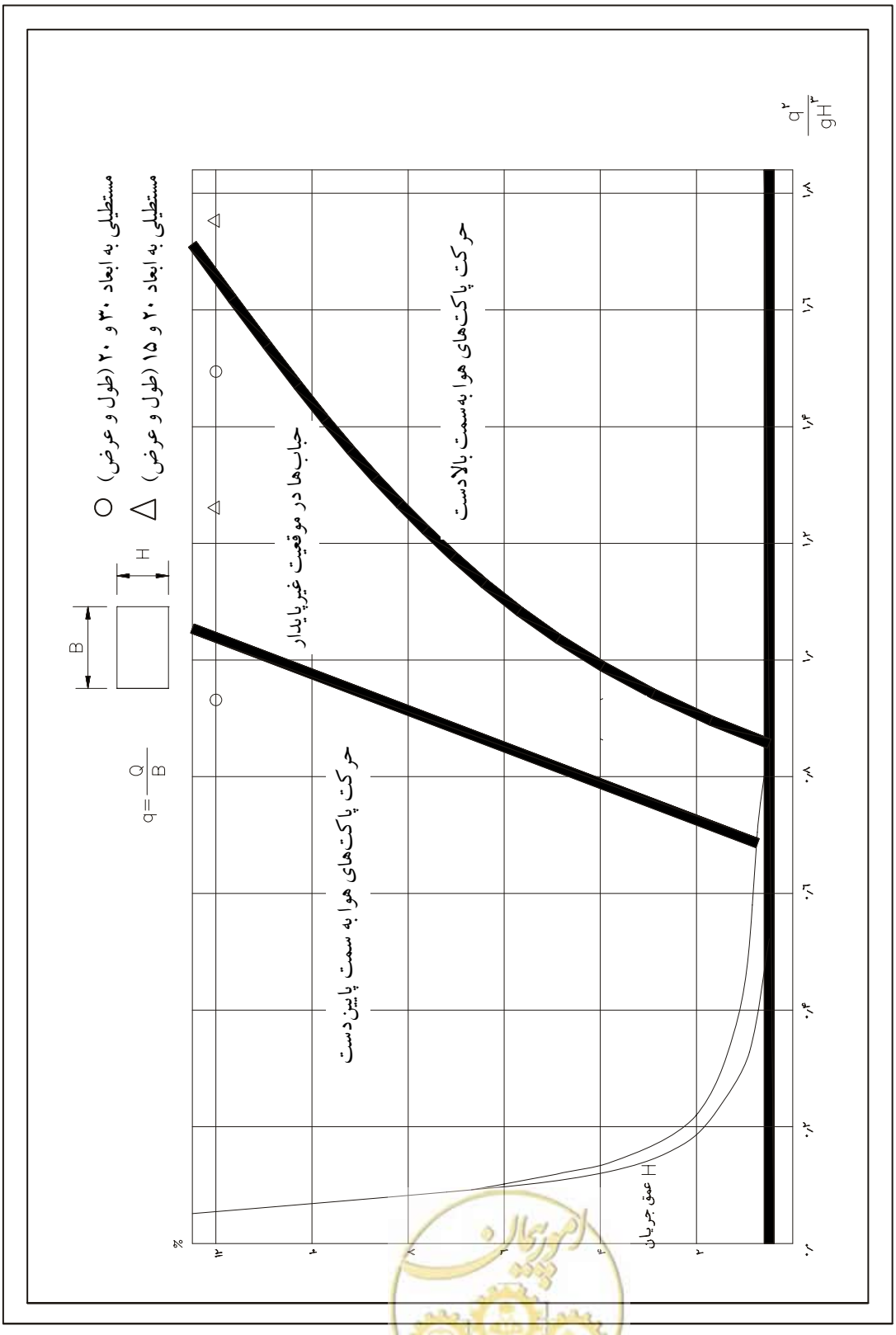
خلاءزایی به ایجاد حباب یا خلاء در میان سیال گفته می‌شود و عبارت است از مرحله عبور از حالت مایع به بخار، به‌دلیل تغییر فشار محلی، در حالی‌که دما ثابت است. کاهش فشار می‌تواند ناشی از آشفتگی، اغتشاش و یا ایجاد جریان گردابی در جریان آب باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۰- حرکت حباب‌های هوا در مجاری دایره‌ای بسته کاملا پر [۸]

omoorepeyman.ir



شکل۳-۱۱- رفتار پاکت‌های هوا در کانال‌های مستطیلی بسته [۹]

omoorepeyman.ir

در تخلیه‌کننده‌های عمقی به علت سرعت بالای جریان، احتمال جداشدگی جریان از جداره و ایجاد اغتشاش و آشفتگی و در نتیجه کاهش فشار و رخداد پدیده خلاءزایی زیاد است.

برای جلوگیری از رخداد این پدیده موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

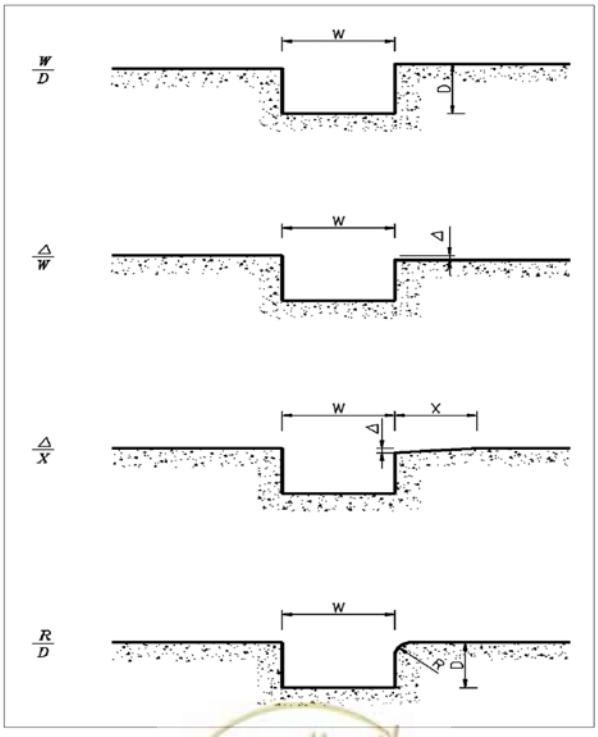
الف - تأمین فشار مثبت در مجرای بالادست دریچه کنترل با استفاده از روش‌های زیر:

- کاهش سرعت در حد امکان با افزایش سطح مقطع بالادست دریچه کنترل
- جلوگیری از افت‌های زیاد و ناگهانی در مسیر

ب - با توجه به اینکه بیشترین مشکل خلاءزایی در محدوده دریچه‌هاست، لازم است شیار دریچه‌ها به شکلی که ضریب خلاءزایی آن ازضریب خلاءزایی بحرانی بیشترباشد، طراحی شوند.

مطالعات مربوط به خلاءزایی در شیار دریچه‌ها نشان می‌دهد که اندیس مجاز خلاءزایی، تابع هندسه شیار و شرایط جریان می‌باشد. هندسه شیار با مشخصات ارائه‌شده در شکل ۳-۱۲ عموماً به شکل پارامترهای بی‌بعد مطالعه می‌شود.

این پارامترها شامل $\frac{R}{D}$ ، $\frac{\Delta}{x}$ ، $\frac{\Delta}{w}$ و $\frac{w}{D}$ می‌باشند که در کنار مشخصات هیدرولیکی جریان یعنی سرعت و فشار استفاده می‌شوند.



شکل ۳-۱۲- هندسه شیار

omoorepeyman.ir

با توجه به مطالعاتی که در سال ۱۹۹۳ توسط جین- تای- لای[1] انجام گرفت، اندیس مجاز خلاءزایی تابعی از $\frac{w}{D}$ به شکل رابطه زیر پیشنهاد شد.

$$\delta_i = 0.38\left(\frac{w}{D}\right) \qquad \text{و} \qquad \delta_i = 0.28\left(\frac{w}{D}\right)^{1/2}$$

$$1.5 < \frac{w}{D} < 3.5 \qquad \text{و} \qquad 0.75 < \frac{w}{D} < 1.5$$

مطالعات نشان می‌دهد که وجود یک پله در پایین‌دست شیار باعث بهبود طرح از نظر رخداد پدیده خلاءزایی می‌شود، بنابراین اندیس مجاز خلاءزایی با تعبیه چنین افتادگی کاهش خواهد یافت، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که اندیس خلاءزایی در این وضعیت به دو پارامتر بی‌بعد $\frac{\Delta}{D}$ و $\frac{w}{D}$ بستگی دارد، اگر δ_i. معرف اندیس خلاءزایی برای شیاربا افتادگی Δ باشد، شکل ۳-۱۲ جین- تای- لای، رابطه‌ای تجربی به شکل زیر برای محاسبه اندیس خلاءزایی برای شیار با افتادگی نسبی $\frac{\Delta}{w}$ پیشنهاد کرده است:

$$\frac{\delta_{i_0}}{\delta} = \frac{0.128}{\left(\frac{\Delta}{w}\right)^{0.36}}$$

که در رابطه بالا δ_i. اندیس خلاءزایی شیار بدون افتادگی بوده و شیب پایین‌دست به صورت ۱۲: ۱ در نظر گرفته شده است.

این معادله به صورت دو منحنی در شکل‌های ۳-۱۳ و ۳-۱۴ نشان داده شده است که در یکی لبه مربوط به پله پایین‌دست کاملاً تیز بوده $(R = 0)$ و دیگری دارای شعاعی معادل $\frac{1}{12}D$ است.

این مطالعات همچنین نشان می‌دهد که شیب دیواره جانبی تأثیر مثبتی در کاهش خطر رخداد خلاءزایی دارد. در این مورد رابطه تجربی زیر برای در نظر گرفتن اثر شیب دیواره توسط جین- تای- لای پیشنهاد شده است.

$$\delta_i = \left(\frac{x}{\Delta}\right)^{-0.7}$$

در نظر گرفتن ابعاد شیار مانند شکل ۳-۱۵ موجب می‌شود که اندیس مجاز خلاءزایی از اندیس بحرانی بیشتر باشد. (رجوع شود به شکل‌های ۳-۱۳ و ۳-۱۴)

ج - هوادهی جریان در پایین‌دست دریچه کنترل

در پایین‌دست دریچه‌های کنترل، زمانی که جریان خروجی از دریچه وارد مجرای دیگری که مستقیماً به هوای آزاد ارتباط ندارد، می‌شود، برای جلوگیری از رخداد پدیده خلاءزایی ناشی از سرعت بالای آب، وجود سامانه هوادهی لازم است.

میزان حجم هوای مورد نیاز در محاسبات اولیه با یکی از فرمول‌های ارائه شده در بخش ۳-۳ قابل محاسبه است.

میزان هوای مورد نیاز باید برای بازشدگی‌های مختلف دریچه کنترل شود.

omoorepeyman.ir

1- Jin- Tai- Lai

حداکثر سرعت مجاز در مجرای هوا می‌تواند ۹۰ متر بر ثانیه باشد، ولی پیشنهاد می‌شود که این میزان به حدود ۵۰ متر بر ثانیه محدود شود.

سرعت متوسط در دهانه ورودی مجرای هوا نباید از ۹ متر بر ثانیه فراتر رود[۹].

دهانه ورودی باید در نقطه‌ای غیرقابل دسترس باشد و برای جلوگیری از ورود پرندگان باید با شبکه فلزی مناسب، حفاظت شود. شعاع قوس در مجاری هوا باید بزرگ و تبدیل‌ها نیز باید خیلی آرام و تدریجی باشند تا افت و صدای زیاد در مجرا کاهش یابد. خروجی مجرای هوا نیز باید چنان طراحی شود که بتواند به تمام عرض جریان، هوا را برساند (شکل ۳-۱۵).

د- هوادهی بین دریچه کنترل و اضطراری

هوادهی بین دو دریچه زمانی مورد نیاز خواهد بود که دریچه سرویس به‌دلیل مشکلات فنی در حالت نیمه‌باز مانده باشد و برای بستن جریان از دریچه اضطراری استفاده شود، نصب هواده در فاصله بین دو دریچه باعث افزایش فشار در ناحیه بین دو دریچه و مثبت شدن فشار در این نواحی می‌شود. ابعاد لوله‌های هواده معمولا با آزمایش مدل هیدرولیکی تعیین می‌شود.

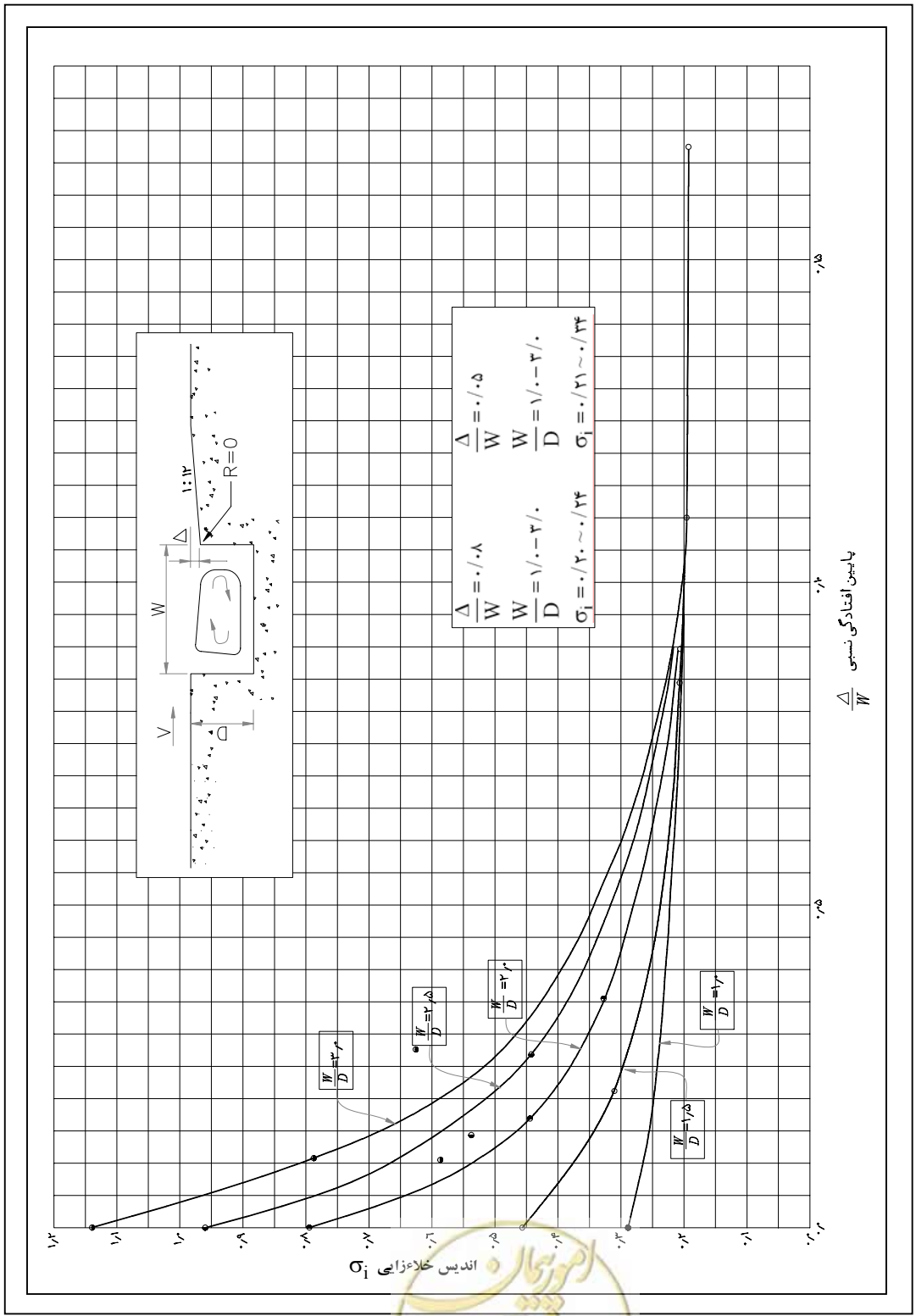
هـ - هوادهی در مجرای جریان آزاد

در جریان آزاد، چنانچه سطح بتن کاملاً صاف و صیقل باشد، پدیده خلاءزایی زمانی رخ می‌دهد که شاخص خلاءزایی جریان از ۰/۲ کمتر شود. با توجه به این امر لازم است که شاخص خلاءزایی جریان خروجی از دریچه‌های تخلیه‌کننده عمقی در طول مسیر مجرا محاسبه شود و در محلی که این شاخص در حدود ۰/۲۵ تا ۰/۲ است به پیش‌بینی شیب راهه[1] و مجرای هواده در فواصل مناسب اقدام کرد (سد مسجد سلیمان).

لازم به ذکر است چنانچه این شاخص از ۰/۱ کمتر شود، حتماً باید طرح مجرا عوض شود چون در این حالت رخداد پدیده خلاءزایی حتی در صورت هوادهی نیز حتمی است.

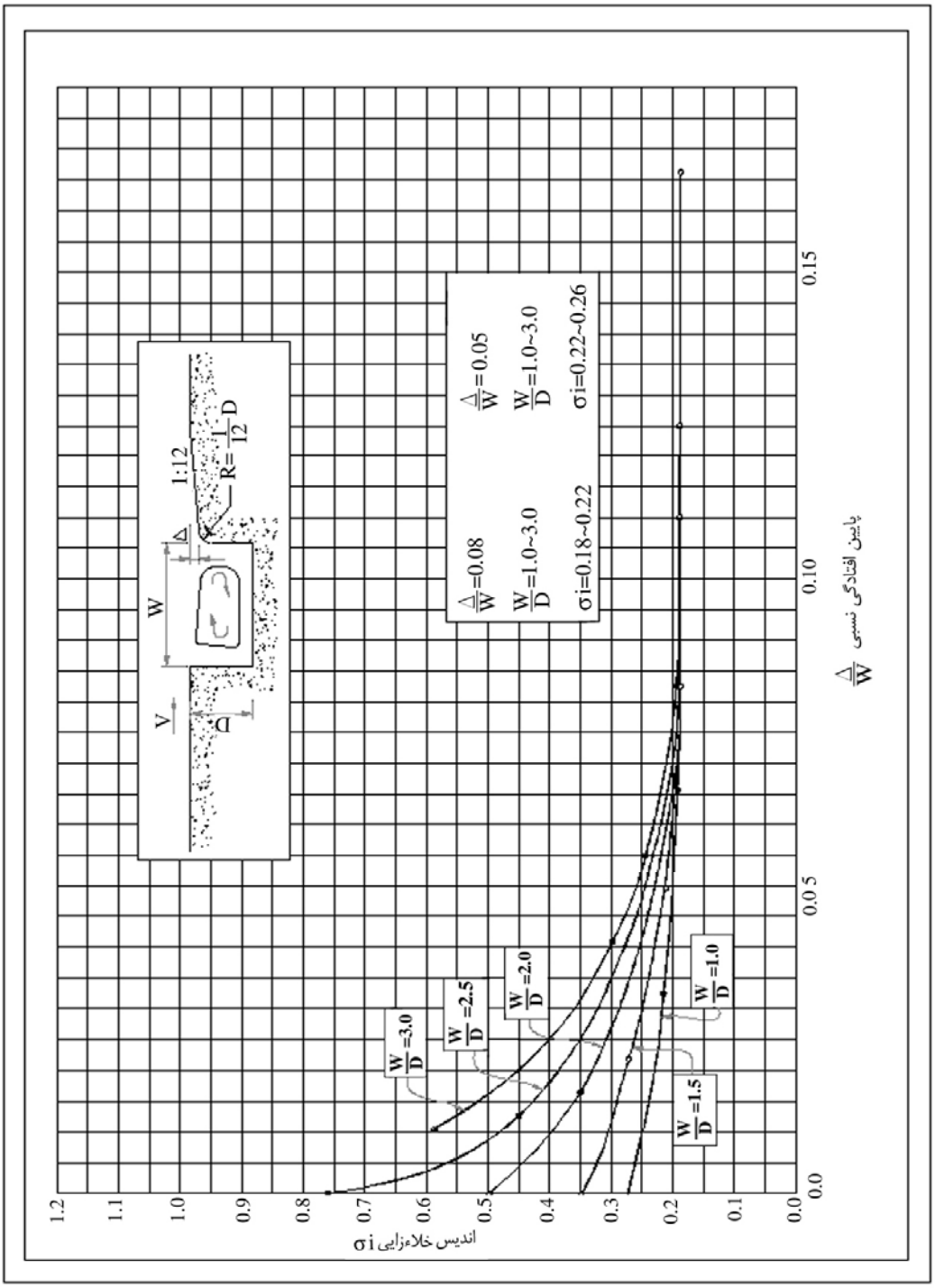
1 - Ramp

omoorepeyman.ir



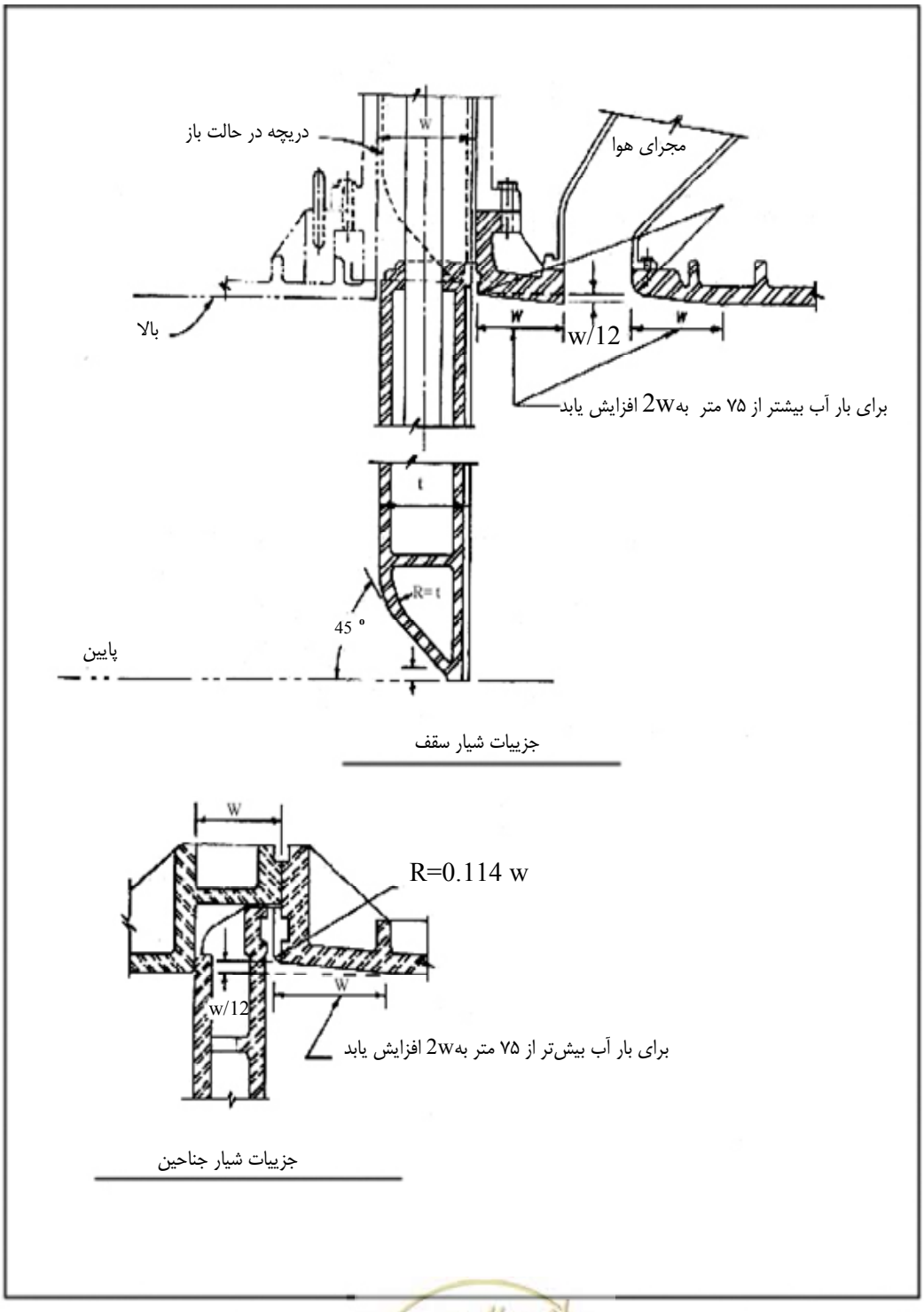
شکل ۳-۱۳- اندیس خلاءزایی مجاز در شیار دریچه (R=۰)

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۴- اندیس خلاءزایی مجاز در شیار دریچه $(R=\frac{1}{12}D)$

omoorepeyman.ir



شکل ۳- ۱۵- دریچه عمودی [۷]

omoorepeyman.ir

و- رعایت رواداری‌های مجاز در زمان اجرا

وجود ناهمواری‌ها و ناپیوستگی‌های بیش از حد مجاز در سطح، می‌تواند حتی در شرایط وجود سرعت‌های نه چندان زیاد نیز باعث رخداد خلاءزایی شود.

وجود ناهمواری‌های بزرگ‌تر از ۳ میلیمتر در سرعت‌های بالغ بر ۲۵ متر در ثانیه به‌عنوان یک عامل مهم بروز خلاءزایی شناخته شده است. چنانچه ارتفاع ناهمواری‌ها در مسیر جریان بیشتر از ۳ میلیمتر باشد، باید با استفاده از شیب مناسب به شرح مندرج در جدول ۳-۴ نسبت به حذف آن اقدام کرد. [۱۰]

جدول۳-۴ شیب مناسب بر اساس سرعت

محدوده سرعت (متربرثانیه)	شیب مناسب حذف ناهمواری (ارتفاع به طول)
۲۷-۱۲	۱ به ۲۰
۳۶-۲۷	۱ به ۵۰
بالاتر از ۳۶	۱ به ۱۰۰

رواداری‌های سطح جریان با توجه به ارتفاع‌های مختلف ناصافی (برآمدگی یا فروافتادگی) و گونیای مورد قبول برای رفع ناصافی‌های بیش از حد مجاز، در جدول ۳-۵ مشخص شده است.

جدول۳-۵ رواداری سطح جریان با توجه به ارتفاع ناصافی

رواداری T	ارتفاع برآمدگی یا فروافتادگی (میلی‌متر)	شیب مناسب حذف ناهمواری افقی: عمودی
T۱	۲۵	۱ : ۴
T۲	۱۲	۱ : ۸
T۳	۶	۱ : ۱۶

جدول۳-۶رواداری مجاز با توجه به شاخص خلاءزایی و طرح هوادهی

شاخص خلاءزایی	رواداری بدون سامانه هوادهی	رواداری با وجود سامانه هوادهی
بزرگ‌تر از ۰/۶	T۱	T۱
بین ۰/۴ تا ۰/۶	T۲	T۱
بین ۰/۲ تا ۰/۴	T۳	T۱
بین ۰/۱ تا ۰/۲	تغییر طراحی	T۲
کوچک‌تر از ۰/۱	تغییر طراحی	تغییر طراحی

omoorepeyman.ir

فصل ۴

طرح جانمایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۴-۱- کلیات

تخلیه‌کننده‌های عمقی در داخل بدنه سدهای بتنی، تکیه‌گاه‌ها و یا در داخل تونل‌ها و آبگذرها جانمایی می‌شوند.

۴-۲- تخلیه‌کننده‌ها در تکیه‌گاه‌های سدهای خاکی و بتنی

مجاری تخلیه‌کننده انواع سدهای خاکی (خاکی، سنگریزه‌ای، رویه بتنی و...) با استفاده از تونل یا آبگذر در تکیه‌گاه‌های بدنه، جانمایی می‌شوند.

در سدهای بتنی در شرایط خاصی که جانمایی تخلیه‌کننده در بدنه سد امکان‌پذیر نباشد (مانند استقرار ساختمان نیروگاه در پای بدنه و...) استفاده از تونل مدنظر قرار می‌گیرد.

استفاده ثانویه از تونل‌ها یا آبگذرهای انحراف، متداول‌ترین و در بیشتر اوقات اقتصادی‌ترین گزینه برای جانمایی تخلیه‌کننده‌ها در سدهای خاکی است.

اجزای مختلف سامانه تخلیه‌کننده عمقی به شرح زیر است:

۴-۲-۱- دهانه ورودی

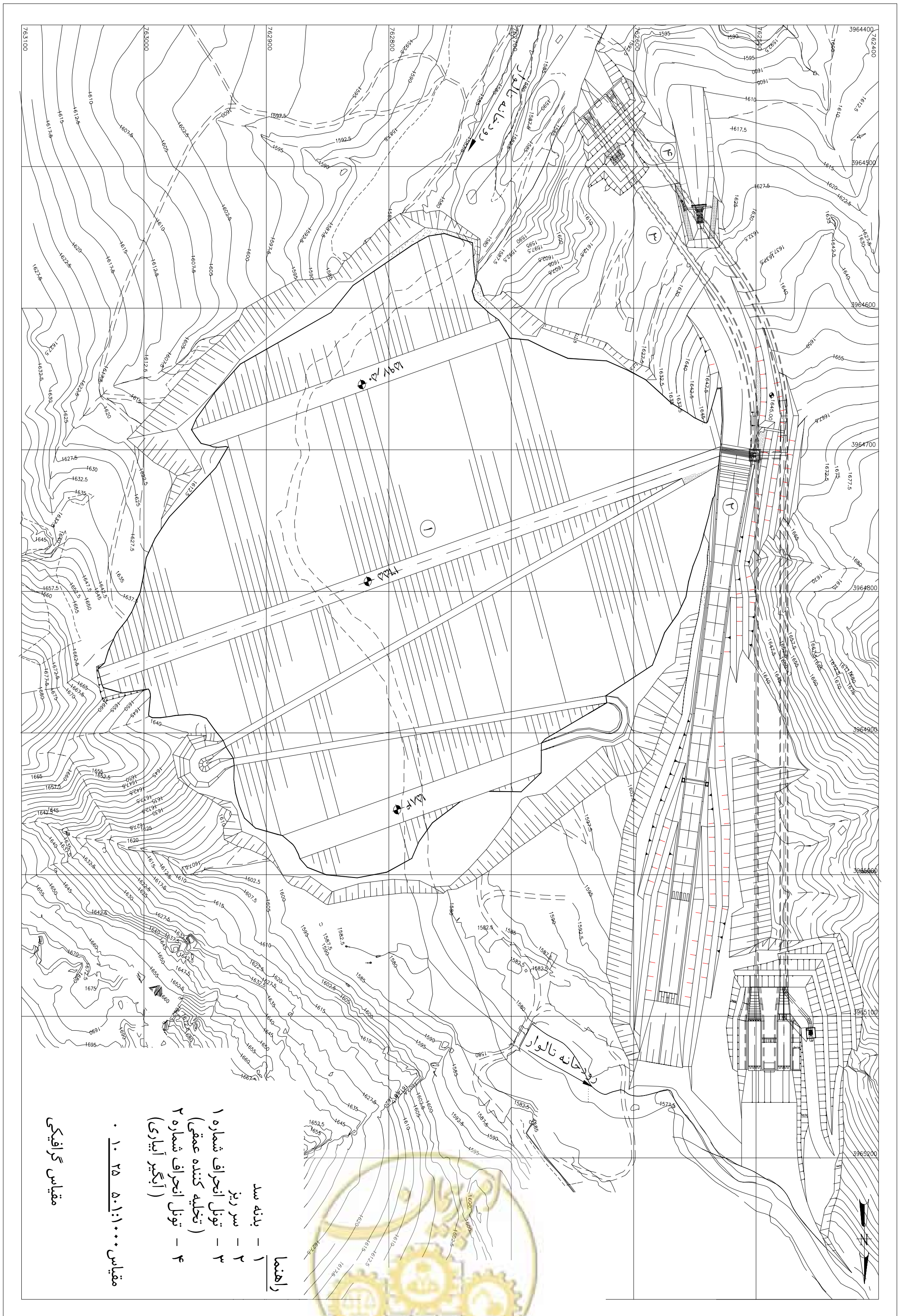
از آنجا که ورودی تونل‌های انحراف اکثراً در حدود تراز بستر رودخانه است، بنابراین استفاده از این دهانه‌ها به عنوان دهانه ورودی تخلیه‌کننده ممکن است منجر به بسته شدن آن توسط رسوبات در سال‌های اولیه بهره‌برداری شود. بنابراین در طرح جانمایی تونل انحراف، باید موقعیت مناسبی برای دهانه ورودی تخلیه‌کننده که بعد از زمان انحراف به تونل اصلی مرتبط می‌شود مدنظر قرار گیرد. در این مورد مسائل ژئوتکنیکی، مقادیر حفاری مورد نیاز برای دهانه و کانال ورودی آن و نیز امکان کنترل از رأس، از جمله موارد مهم در تصمیم‌گیری موقعیت دهانه می‌باشند.

شکل ۴-۱ جانمایی کلی طرح سد تالوار را نشان می‌دهد. در این طرح، تونل انحراف سمت راست به سامانه تخلیه‌کننده عمقی تبدیل شده است.

با توجه به محدودیت‌های توپوگرافی، دهانه ورودی به شکل برج در داخل مخزن طراحی شده و اتصال آن با تونل انحراف از طریق یک شفت قائم صورت می‌پذیرد. دسترسی به سکوی کنترل دهانه از طریق قایق و در ارتفاع ۱۰ متری زیر تراز عادی بهره‌برداری انجام می‌گیرد (شکل ۴-۲ و ۴-۳).

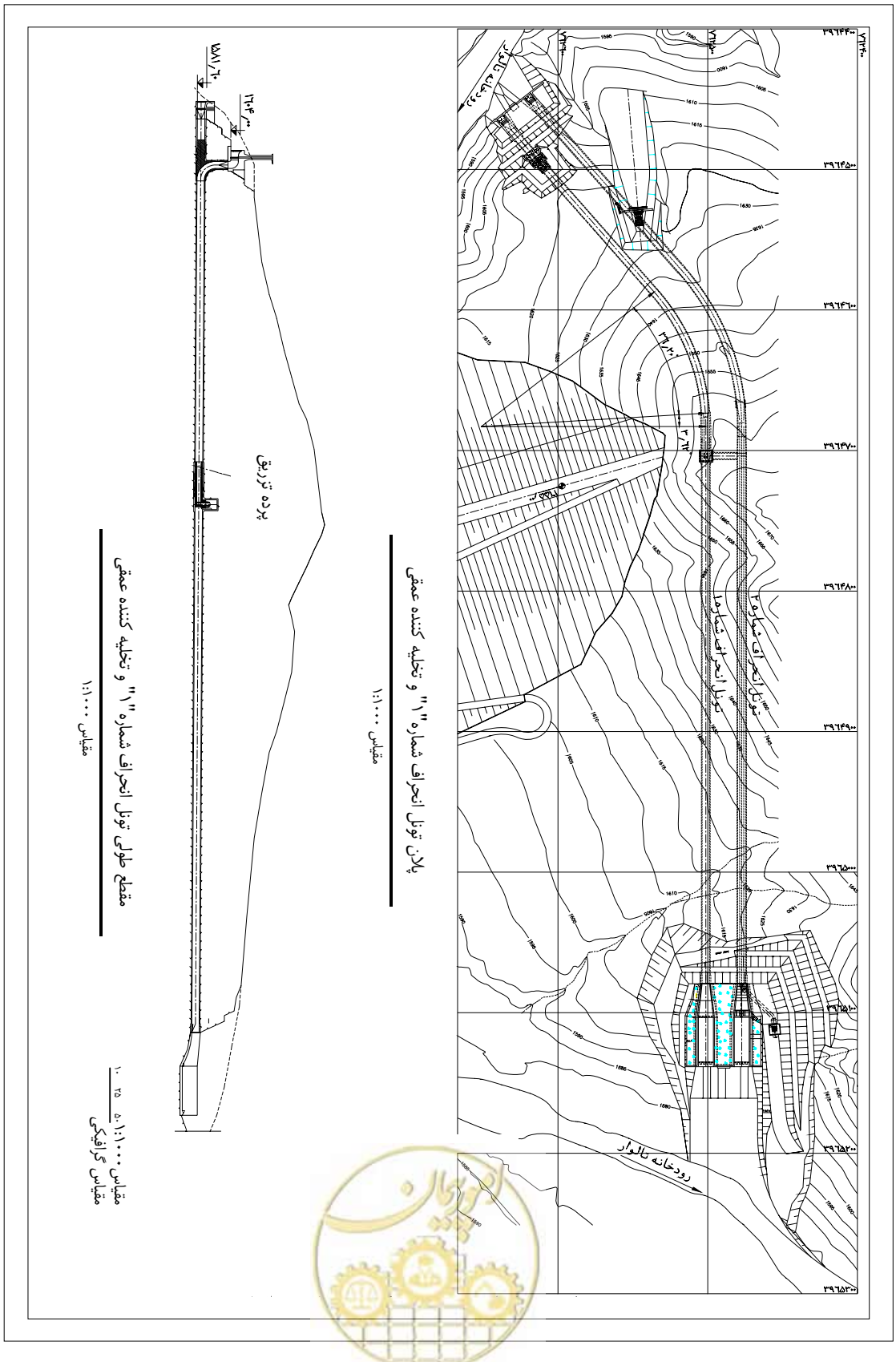
شکل ۴-۴ نوع دیگری از دهانه ورودی تخلیه‌کننده عمقی مربوط به سد گلابر را نشان می‌دهد. بسته شدن دهانه ورودی از طریق ریل با زاویه ۶۰ درجه صورت می‌پذیرد.

omoorepeyman.ir



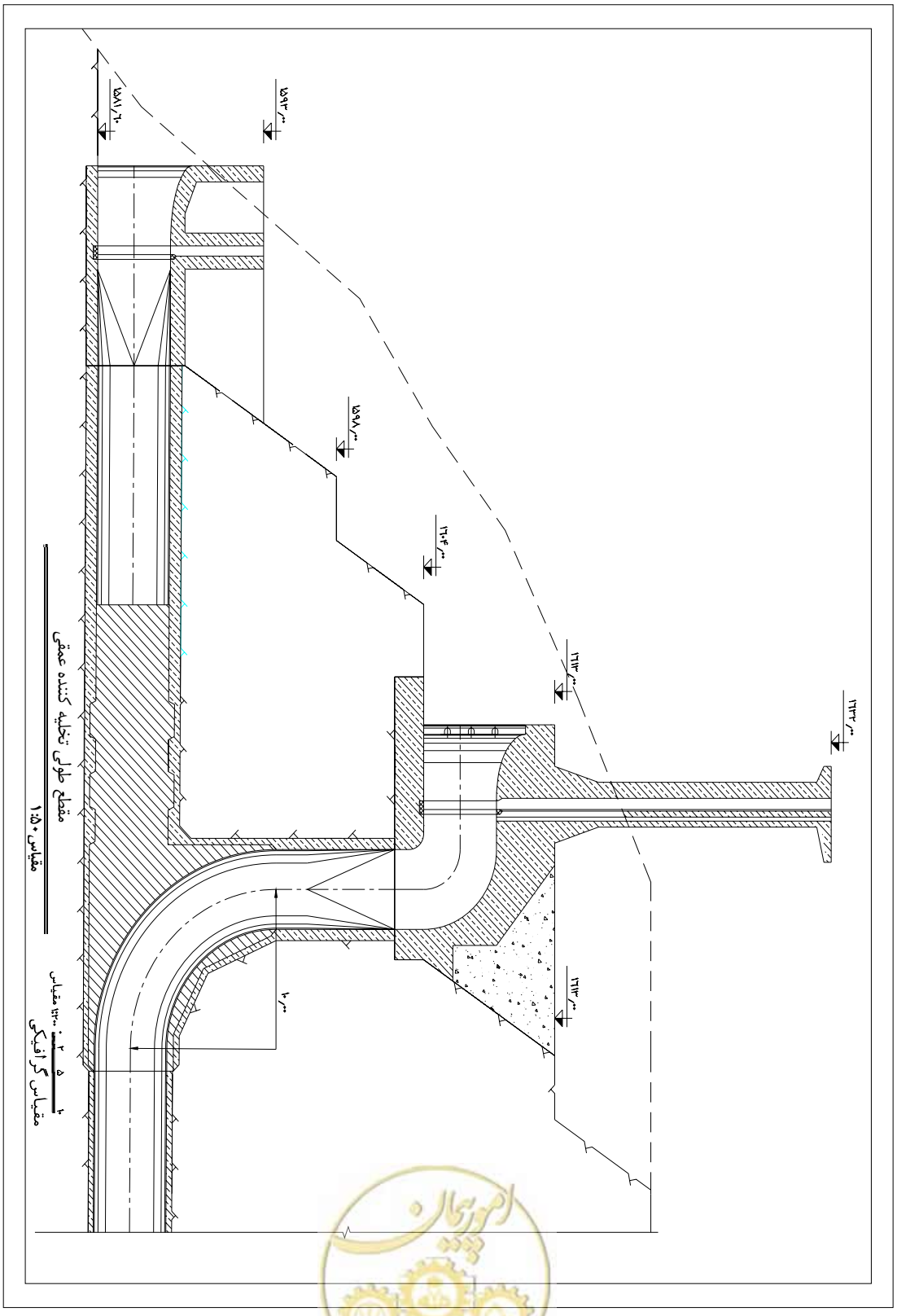
شکل ۴-۱- جانمایی کلی سد تالوار

omoorepeyman.ir



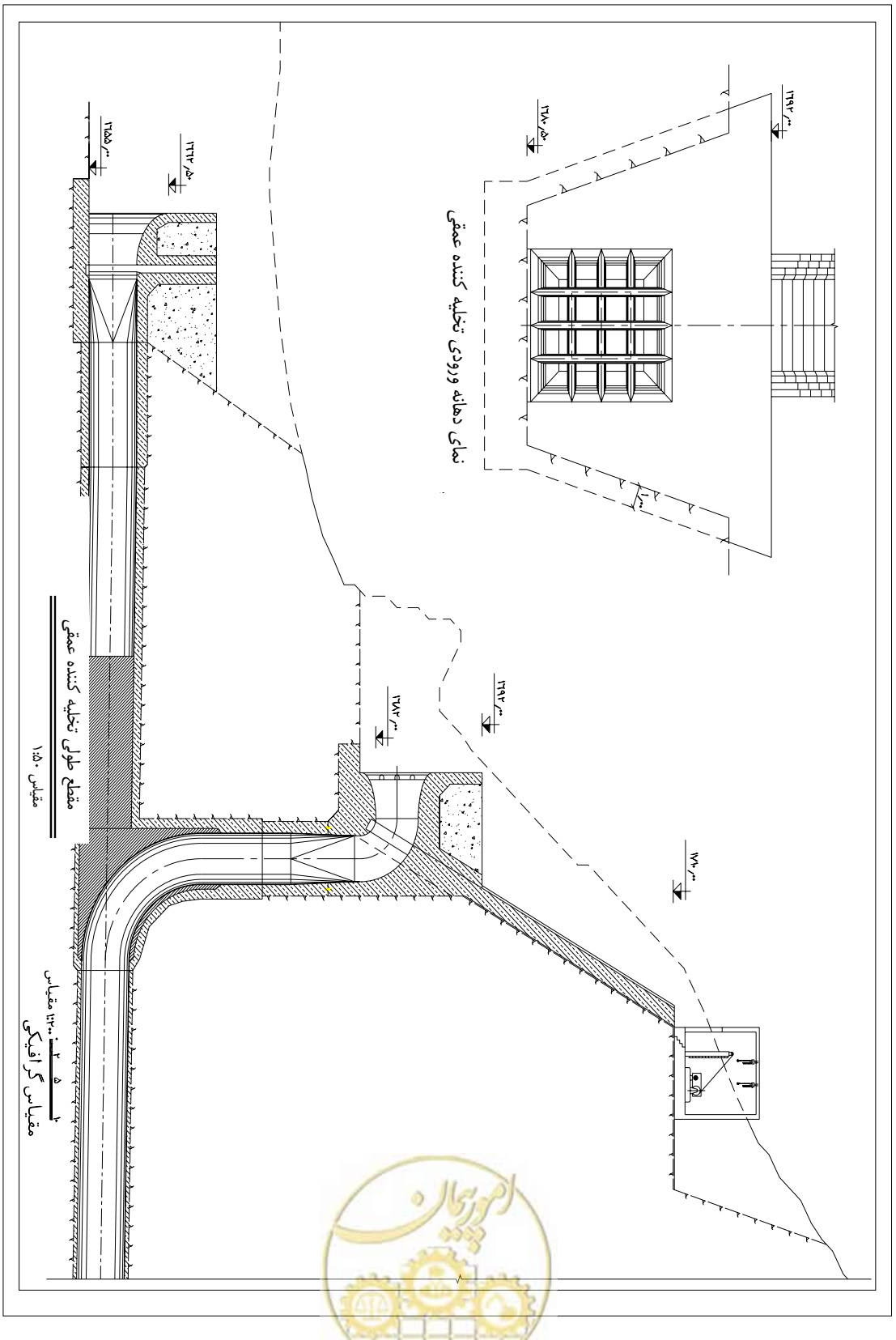
شکل ۴-۲- جانمایی تونل تخلیه‌کننده عمقی سد تالوار

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۳- سازه ورودی تخلیه‌کننده عمقی سد تالوار

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۴- دهانه ورودی تخلیه‌کننده عمقی سد گلابر

omoorepeyman.ir

۴-۲-۲- اتاق کنترل دریچه‌ها

از اتاق دریچه‌ها برای نصب، بازگشایی و تعمیرات دریچه‌ها استفاده می‌شود. پیشنهاد می‌شود محل این اتاق در فضای بالایی تونل یا آبگذر در پایین‌دست محل پرده آب‌بند قرار داده شود. (رجوع شود به بخش ۳-۴)

انتخاب این اتاق در بالادست پرده آب‌بند، افزون بر افزایش مشکلات سازه‌ای برای اتاق، موجب نشت زیاد آب به اتاق و در نتیجه افزایش خطر زنگ زدن تجهیزات مکانیکی می‌شود.

چنانچه اتاق در پایین‌دست مجرای تخلیه‌کننده قرار گیرد، قسمتی از مجرا دارای فشار داخلی زیاد و فشار خارجی کم خواهد بود. همچنین احتمال دارد طول لوله فلزی بالادست مقطع کنترل نیز به‌خاطر روباره کم سنگ و خطر شکست هیدرولیکی افزایش یابد که این امر می‌تواند موجب افزایش هزینه‌ها شود.

ارتفاع و ابعاد اتاق متناسب با ابعاد و مشخصات تجهیزات هیدرومکانیکی و دریچه‌ها تعیین می‌شود و سقف اتاق به دلایل پایداری بیشتر سنگ در هنگام حفاری معمولا به صورت تاق در نظر گرفته می‌شود. دسترسی به این اتاق به روش‌های زیر امکان‌پذیر می‌باشد:

الف- از طریق تونل موازی تونل تخلیه‌کننده عمقی (در صورت وجود) و سپس اجرای یک تونل دسترسی که هر دو تونل را به یکدیگر مرتبط می کند.

شکل ۴-۵ شیوه دسترسی به اتاق دریچه‌های تخلیه‌کننده سد گلابر را از طریق تونل انحراف دوم نشان می‌دهد.

ب- دسترسی از طریق دهانه آبگذر[1] موازی با دهانه یا دهانه‌های تخلیه‌کننده عمقی

شکل ۴-۶ آبگذرهای انحراف سد کرخه را نشان می‌دهد. سه دهانه سمت راست به تخلیه‌کننده عمقی تبدیل شده و از دهانه چهارم به عنوان دسترسی به اتاق دریچه‌های تخلیه‌کننده‌ها استفاده می‌شود (شکل ۴-۷).

ج – دسترسی به اتاق دریچه‌ها از طریق ایجاد تونل جداگانه

زمانی که قطر تونل آبگیر آبیاری که معمولا در کنار تونل تخلیه‌کننده قرار دارد کم باشد و نتوان از آن برای تونل دسترسی استفاده کرد یا بنا به دلایلی امتداد این تونل با تونل تخلیه‌کننده فاصله داشته باشد، لازم است با احداث تونل دسترسی به اتاق دریچه‌ها، دسترسی داشت، مانند شکل ۴-۸ که نشان‌دهنده سامانه تخلیه‌کننده سد تهم زنجان است.

د – دسترسی به اتاق دریچه‌ها با استفاده از شفت قائم

در این حالت از شفت قائم برای دسترسی به اتاق دریچه‌ها استفاده می‌شود. (مانند شفت قائم سد علویان)

با توجه به اینکه به منظور کاهش طول پوشش فلزی مجرا، اتاق کنترل دریچه در نزدیکی پایین‌دست پرده تزریق (آب‌بند) سد قرار دارد معمولا گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی زیاد می‌باشد. در این شرایط جنس سنگ اطراف اتاق باید مناسب و با ضریب نفوذپذیری

۱- چنانچه تراز خروجی تونل یا آبگذر مورد استفاده برای دسترسی، در شرایط سیلابی غرقاب شود، لازم است در انتها با ایجاد دایک یا دیوار بتنی مانع از ورود سیلاب به مجرای دسترسی شد.

omoorepeyman.ir

کم باشد تا از شسته شدن سنگ (میان لایه‌های سنگی) جلوگیری شود. در بیشتر موارد، لازم است با تزریق تحکیمی و پیش‌بینی سامانه زهکش، برای بهره‌برداری از اتاق شرایط مناسب را فراهم کرد.

۴-۲-۳- مجرای فلزی و دریچه‌های تخلیه‌کننده عمقی

در بیشتر موارد، سطح مقطع دریچه‌های تخلیه‌کننده عمقی کوچک‌تر از ابعاد مقطع داخلی تونل یا آبگذر انحراف آب است. بر این اساس در محل موردنظر از یک مجرای مستطیل شکل استفاده می‌شود. دهانه ورودی مجرا یا به‌صورت شیپوری‌شکل طراحی می‌شود و یا از تبدیلی استفاده می‌شود که مقطع داخلی تونل یا آبگذر را به مقطع داخلی مجرای مستطیل‌شکل تبدیل کند. این دهانه در چند متری بالادست پرده تزریق سد قرار می‌گیرد.

به‌دلیل کوچک بودن سطح مقطع مجرای تخلیه‌کننده نسبت به مقطع داخلی مجرای انحراف آب، سرعت جریان در این محل افزایش می‌یابد لیکن با توجه به جنس مجرا که پوشش فلزی می‌باشد، خطری برای عملکرد تخلیه‌کننده عمقی ایجاد نمی‌شود، بهر حال پیشنهاد می‌شود با انتخاب ابعاد مناسب مجرا نسبت به مقطع دریچه بیشینه سرعت محدود به ۲۰ متر در ثانیه گردد.

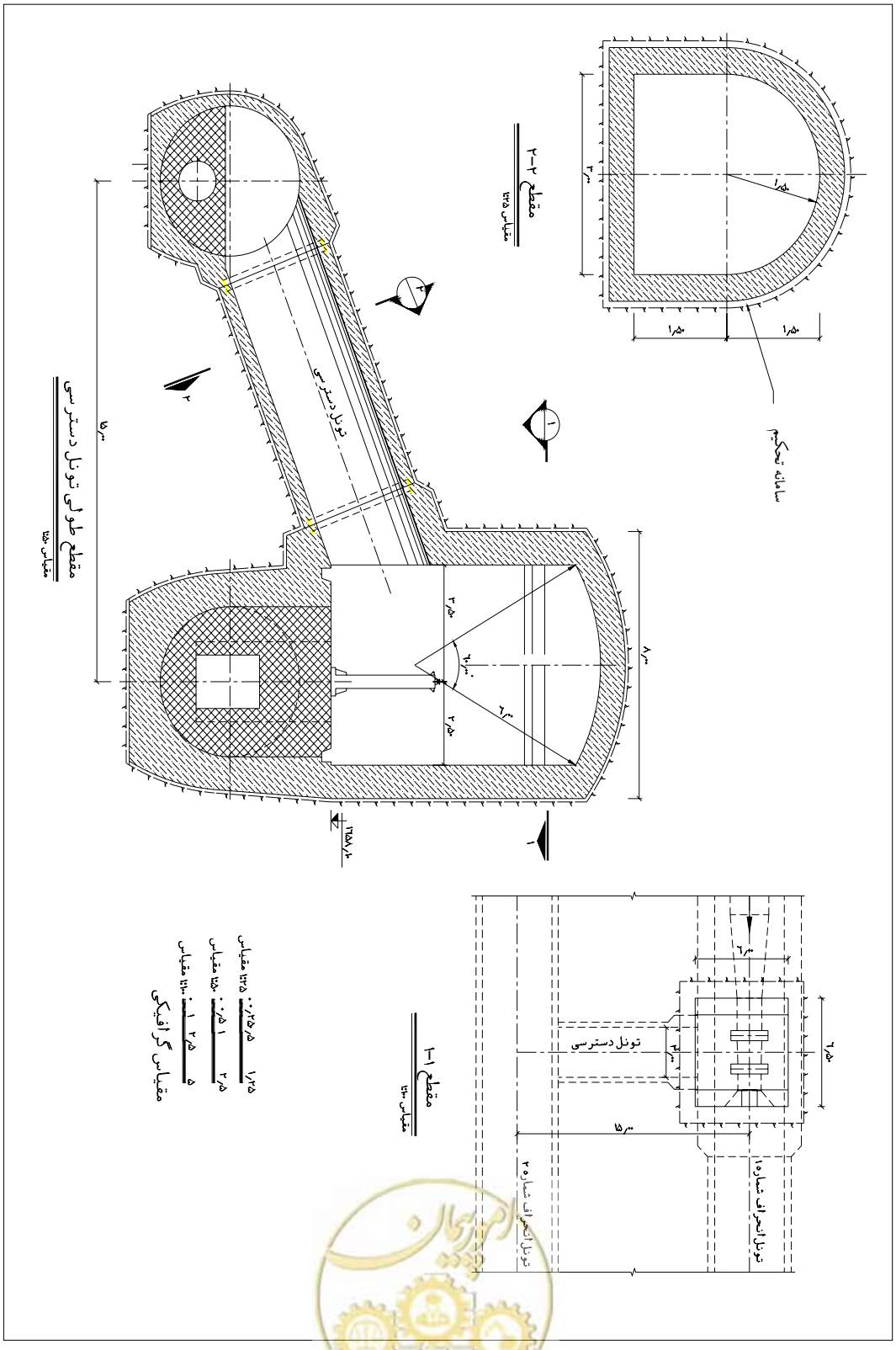
طول مجرا با در نظر گرفتن بار آب مخزن و گرادیان هیدرولیکی توسط محاسبات سازه‌ای تعیین می‌شود. اطراف مجرای فلزی تا سطح مقطع داخلی تونل یا آبگذر با بتن پر می‌شود و برای جلوگیری از لغزش مجرا توسط نیروهای وارده بر آن از کلیدهای برشی استفاده می‌شود.

شکل ۴-۹ اتاق دریچه‌ها و مجرای فلزی تخلیه‌کننده عمقی سد نرماشیر را نشان می‌دهد. مشخصات این طرح به شرح زیر می‌باشد:

طول مجرای فلزی :	۳۰/۷ متر
ابعاد مجرا تا بالادست دریچه‌ها:	۲/۵ ×۲ مترمربع (ارتفاع × عرض)
دریچه اضطراری از نوع کشویی به ابعاد:	۲ ×۱/۴ مترمربع (ارتفاع ×عرض)
دریچه سرویس از نوع کشویی به ابعاد:	۱/۹ ×۱/۴ مترمربع (ارتفاع × عرض)
دریچه تاشو[1] در بالادست دریچه اضطراری :	به منظور امکان تعمیرات احتمالی دریچه اضطراری
قطر داخلی تونل:	۶ متر
ظرفیت تخلیه کننده عمقی:	۸۵ مترمکعب بر ثانیه
مدت زمان تخلیه :	۲۶ روز

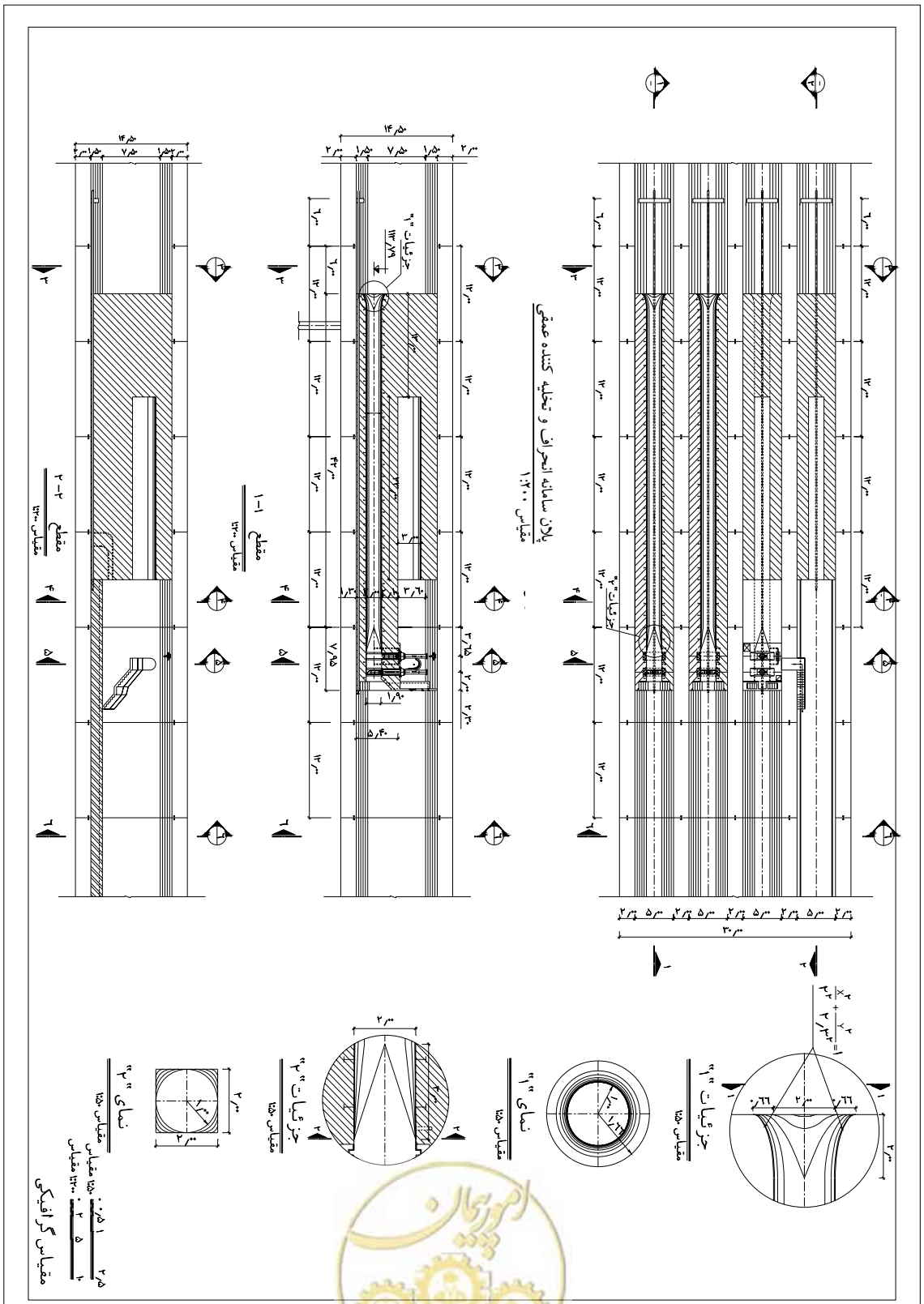
1 - Flap gate

omoorepeyman.ir



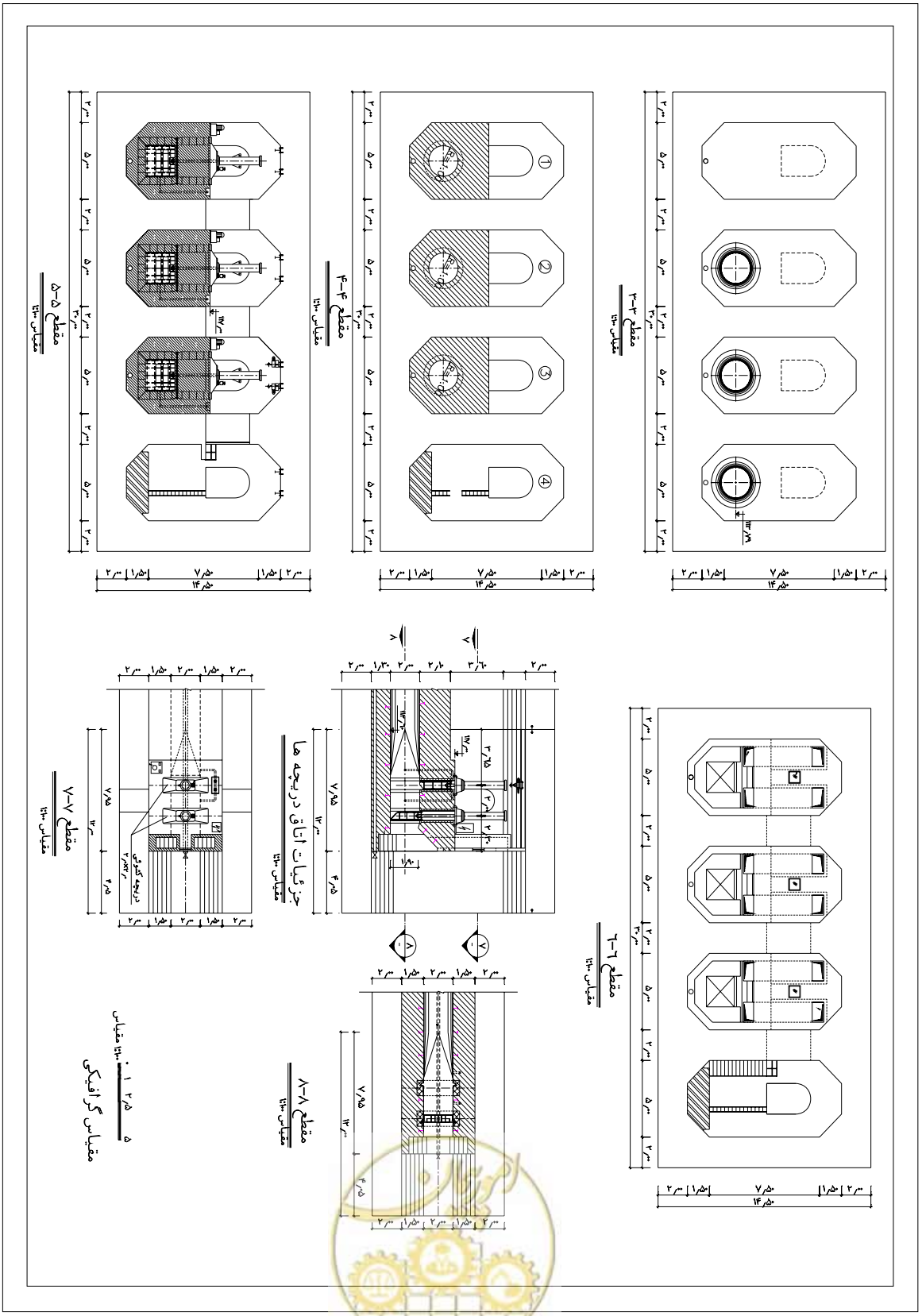
شکل ۴-۵- شیوه دسترسی به اتاق کنترل دریچه‌های سد گلابر

omoorepeyman.ir



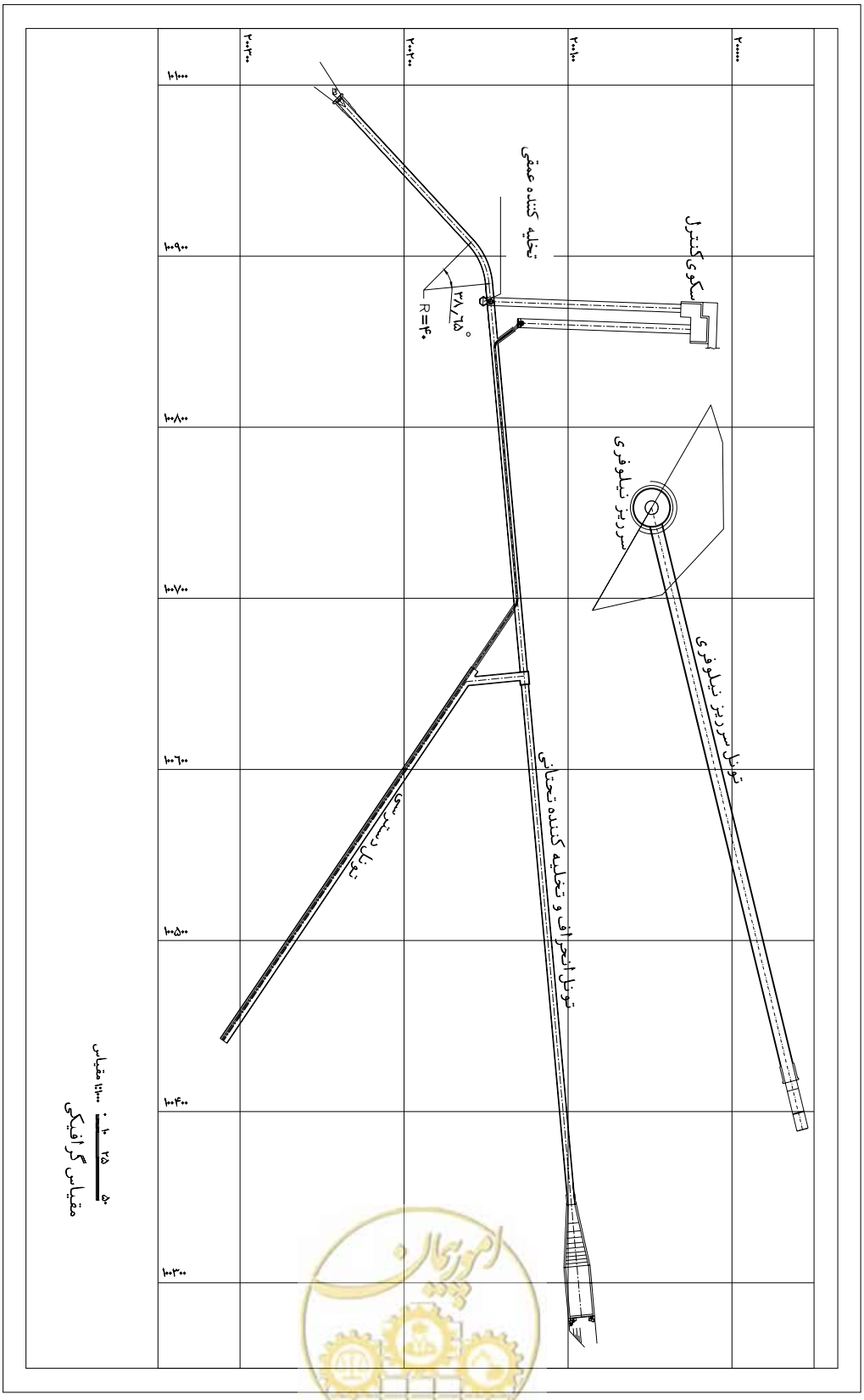
شکل ۴-۶- سامانه تخلیه کننده عمقی سد مخزنی کرخه

omoorepeyman.ir



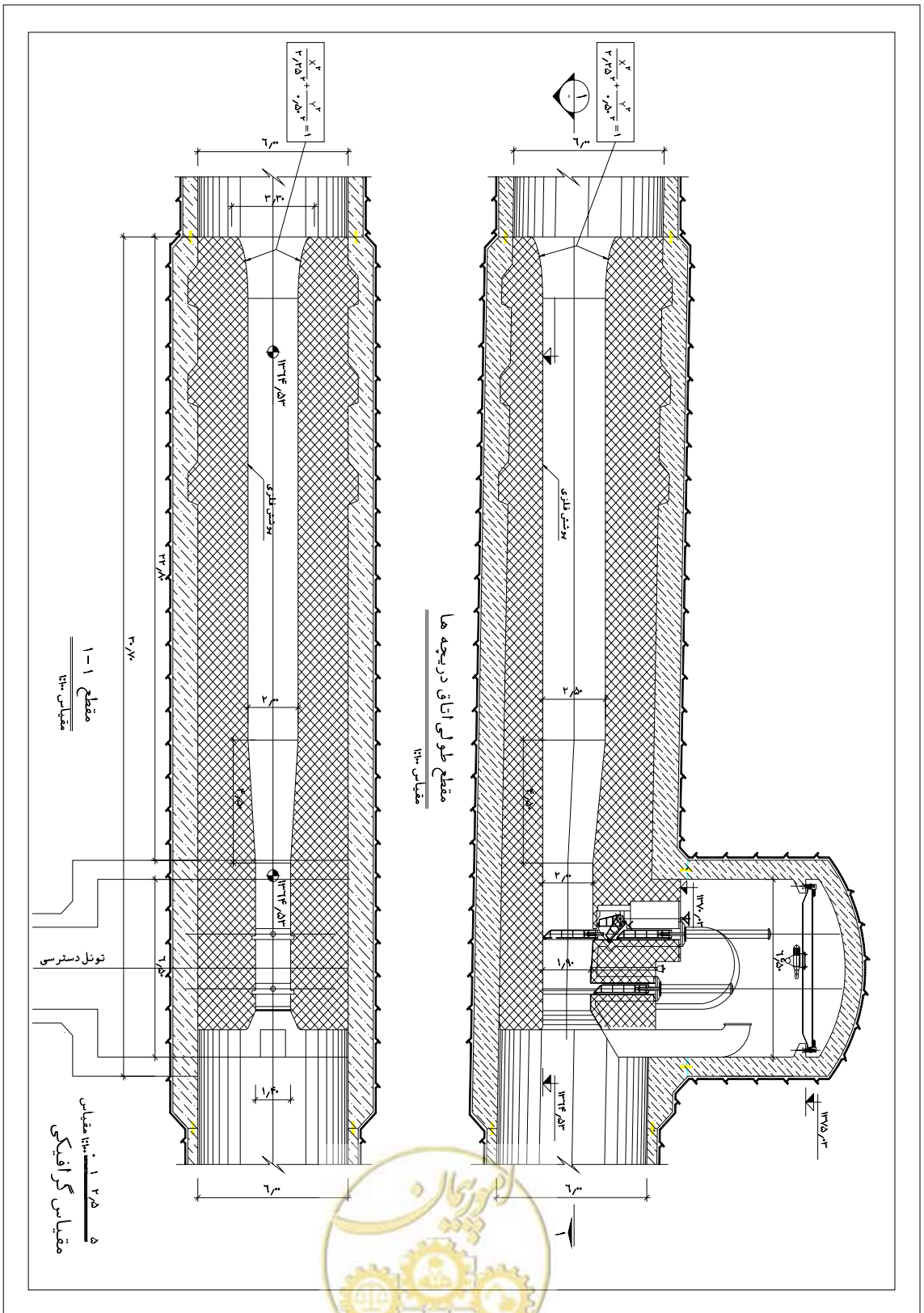
شکل ۴-۷- سامانه تخلیه‌کننده عمقی سد مخزنی کرخه

omoorepeyman.ir



شکل ۴- ۸- سامانه تخلیه‌کننده عمقی سد تهم زنجان

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۹- اتاق دریچه‌ها و مجرای فلزی تخلیه کننده عمقی سد نرماشیر

omoorepeyman.ir

۴-۲-۴- سازه پایانه

با توجه به اینکه در بیشتر سدهای خاکی، به منظور کاهش طول تونل‌ها، خروجی تونل‌های انحراف در نزدیکی پاشنه پایین‌دست سد قرار دارد، به منظور جلوگیری از فرسایش، در مجاورت بدنه سد از حوضچه آرامش به‌عنوان مستهلک‌کننده انرژی استفاده می‌شود. (مانند سد علویان)...

بنابراین چنانچه خروجی تخلیه‌کننده عمقی فاصله مناسبی از پای سد داشته باشد و همچنین جنس سنگ بستر، فرسایش‌پذیر نباشد از پرتاب‌کننده‌های جامی‌شکل نیز برای تخلیه جت خروجی استفاده می‌شود مانند تخلیه‌کننده عمقی سد مارون.

۴-۳- تخلیه‌کننده‌های عمقی در بدنه سدهای بتنی

در جانمایی مجاری تخلیه‌کننده‌های عمقی در داخل سدهای بتنی، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- پرهیز از انتخاب موقعیت مجاری در محدوده‌های نزدیک به تکیه‌گاه‌های که منجر به حفاری‌های زیاد کانال ورودی می‌شود.
- انتخاب موقعیت مجاری در داخل بلوک‌های سد با دست کم یک متر فاصله از درزها
- رعایت حداکثر میزان مجاز جلوآمدگی دهانه ورودی (کنسول) از نظر طراحی سازه‌ای بدنه سد
- بررسی امکان دسترسی به اتاق دریچه‌های تخلیه‌کننده (عمدتاً از طریق گالری‌های موجود در بدنه سد)
- بررسی امکان استفاده از شیار دریچه آب‌بند رأس، برای بازرسی و تعمیرات احتمالی پایین‌دست مجرا
- تأمین مجاری هوادهی مناسب در پایین‌دست دریچه‌ها
- انتخاب راستای مناسب مجرا با توجه به محل برخورد جت خروجی در پایین‌دست بدنه
- کنترل عدم غرقاب شدن اتاق دریچه‌ها در پایین‌دست ناشی از حداکثر تراز سطح آب پایاب

۴-۳-۱- تخلیه‌کننده‌ها در بدنه سدهای بتنی وزنی یا RCC

در بیشتر سدهای بتنی وزنی، وجه بالادست به‌صورت قائم طراحی می‌شود. این مسئله، سهولت استفاده از شیار دریچه آب‌بند رأس و امکان مانور آن از تاج سد را فراهم می‌آورد. بر خلاف انواع دیگر سدهای بتنی، امکان قرارگیری شیار دریچه رأس در داخل بدنه سد وجود دارد. این مورد موجب کوتاهتر شدن کنسول دهانه ورودی می‌شود. در سدهای بتنی غلتکی (RCC) به دلایل مسائل اجرایی پیشنهاد می‌شود که موقعیت تخلیه‌کننده‌های عمقی در نزدیکی تکیه‌گاه‌ها در نظر گرفته شود.

در مواردی که خروجی تخلیه‌کننده عمقی با سرریز که اغلب بر روی بدنه سد قرار می‌گیرد تداخلی نداشته باشد، اتاق دریچه‌های تخلیه‌کننده در وجه پایین‌دست آن در نظر گرفته می‌شود مانند سد شفارود در شکل ۴-۱۰.

در مواردی که تخلیه‌کننده عمقی در زیر سرریز به‌گونه‌ای قرار دارد که خروجی آن به کانال تندآب سرریز منتهی می‌شود، امکان استقرار اتاق دریچه‌ها در داخل بدنه سد نیز وجود دارد، در این حالت سازه پایانه می‌تواند پرتاب‌کننده جامی شکل و یا حوضچه استغراق باشد.

شکل ۴-۱۱ و ۴-۱۲ مشخصات مجاری تخلیه‌کننده عمقی در طرح اولیه سد جگین را نشان می‌دهد[۱].

۱ - نوع تخلیه کننده این سد بعداً تغییر یافت

omoorepeyman.ir

مشخصات کلی این تخلیه‌کننده به شرح زیر است:

- دهانه ورودی مجهز به آشغالگیر بتنی
- دریچه اضطراری رأس در ابتدای دهانه به ابعاد ۳/۷ × ۲ مترمربع (ارتفاع ×عرض) وکنترل از تاج سد
- دریچه کنترل جریان از نوع کشویی به ابعاد ۲/۵ × ۲ متر مربع (ارتفاع × عرض)
- جریان در بالادست دریچه کنترل به‌صورت تحت فشار و در پایین‌دست با سطح آزاد
- اتاق دریچه در داخل بدنه سد در نزدیکی تکیه‌گاه چپ و دسترسی به آن از طریق گالری داخل بدنه

همچنین مشخصات تخلیه‌کننده عمقی سد وزنی شفارود در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است.

مشخصات کلی این تخلیه‌کننده به شرح زیر است:

- ورودی به شکل شیپوری مجهز به آشغالگیر فلزی
- دریچه آب‌بند رأس به ابعاد ۳/۵ × ۲/۲ متر مربع (ارتفاع × عرض) و قابل کنترل از تاج سد
- استفاده از مجرای فلزی دایره شکل با توجه به طول زیاد مجرا در داخل بدنه
- دریچه‌های اضطراری و سرویس در انتهای مجرا از نوع کشویی و به ترتیب به ابعاد ۲/۱ × ۱/۵ مترمربع و ۲ × ۱/۳ مترمربع (ارتفاع × عرض)
- ورود جریان به حوضچه استغراق سرریز
- ظرفیت سامانه برابر ۱۶۰ مترمکعب بر ثانیه
- زمان تخلیه معادل ۳۵ روز

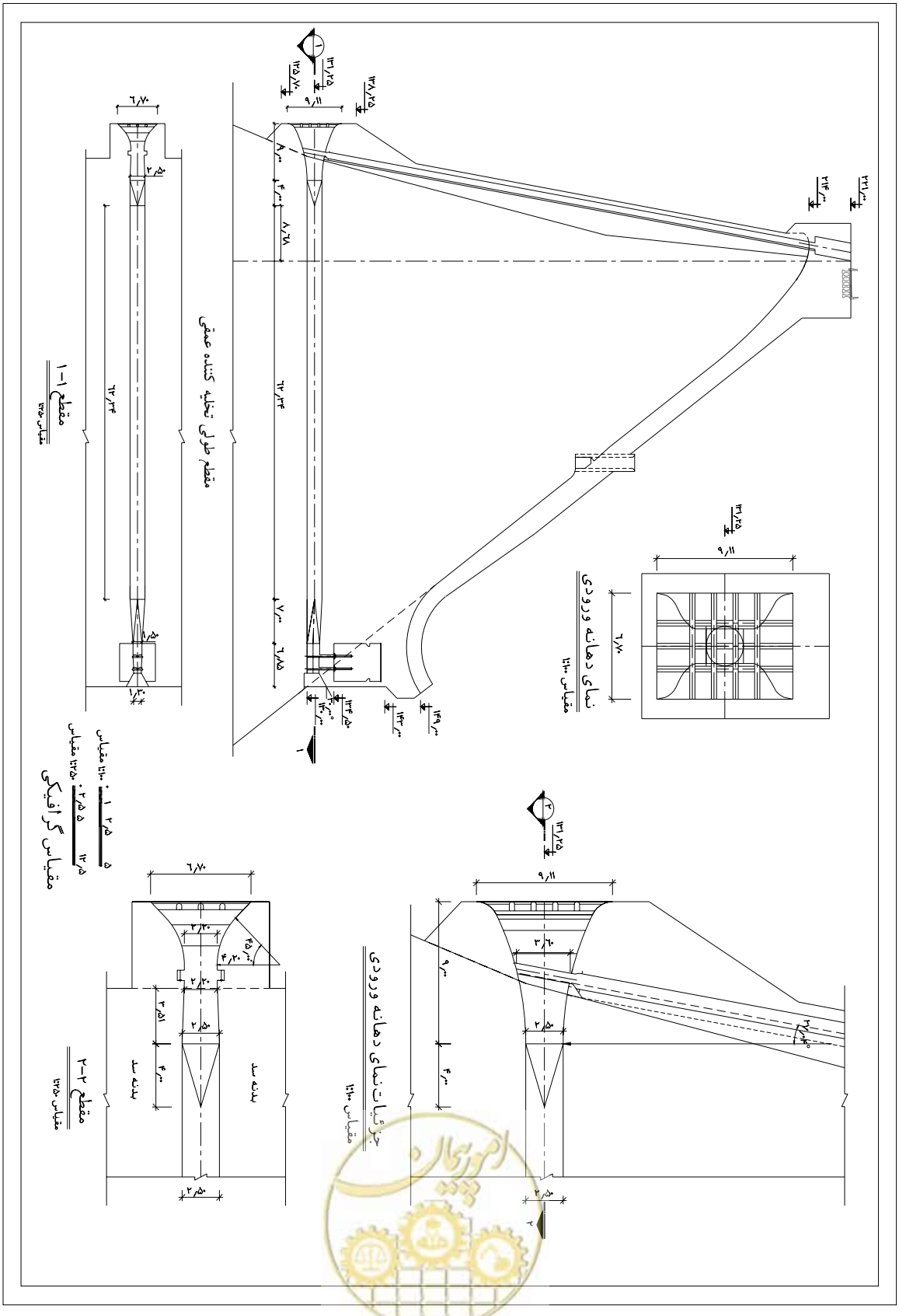
۴-۳-۲- تخلیه‌کننده‌ها در بدنه سدهای قوسی

در شرایطی که در پای سد قوسی نیروگاه وجود نداشته باشد، جانمایی تخلیه‌کننده‌ها در داخل بدنه سد نسبت به دیگر گزینه‌های دیگر مناسب‌تر است. در صورت وجود نیروگاه، جانمایی این مجاری باید با توجه به جانمایی نیروگاه در پای سد و مجاری آب‌بر در داخل بدنه سد، تعیین شود.

در چنین شرایطی می‌توان راه‌حل‌هایی مانند امتداد کانال خروجی تخلیه‌کننده بر روی سقف نیروگاه و یا استفاده از تونل‌های انحراف و یا تونل در تکیه‌گاه را مدنظر قرار داد.

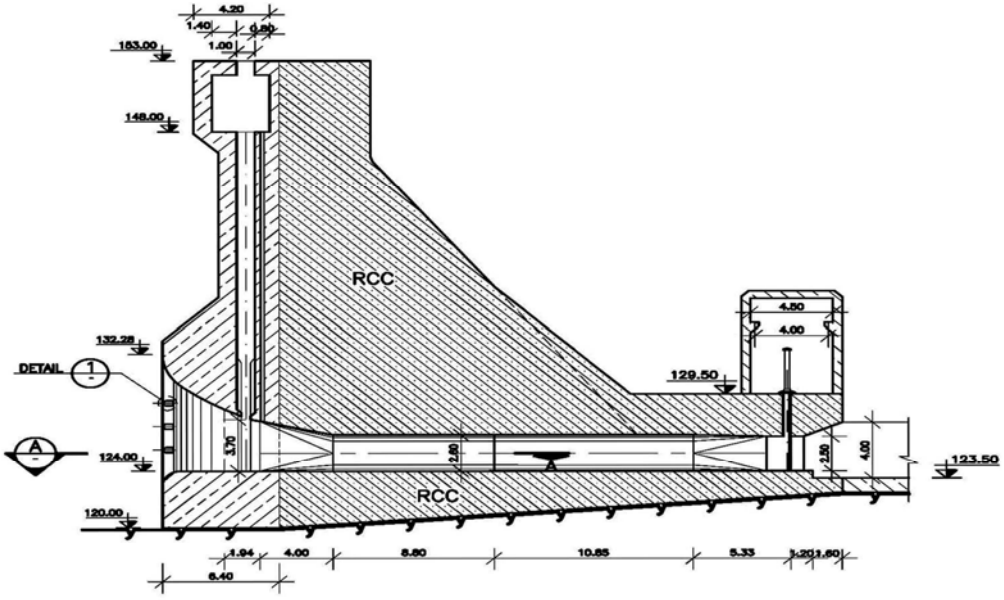
با توجه به ضخامت کمتر این نوع سدها نسبت به سدهای بتنی وزنی، اتاق دریچه‌ها بیشتر در خارج بدنه و در وجه پایین‌دست آن مستقر می‌شود.

omoorepeyman.ir



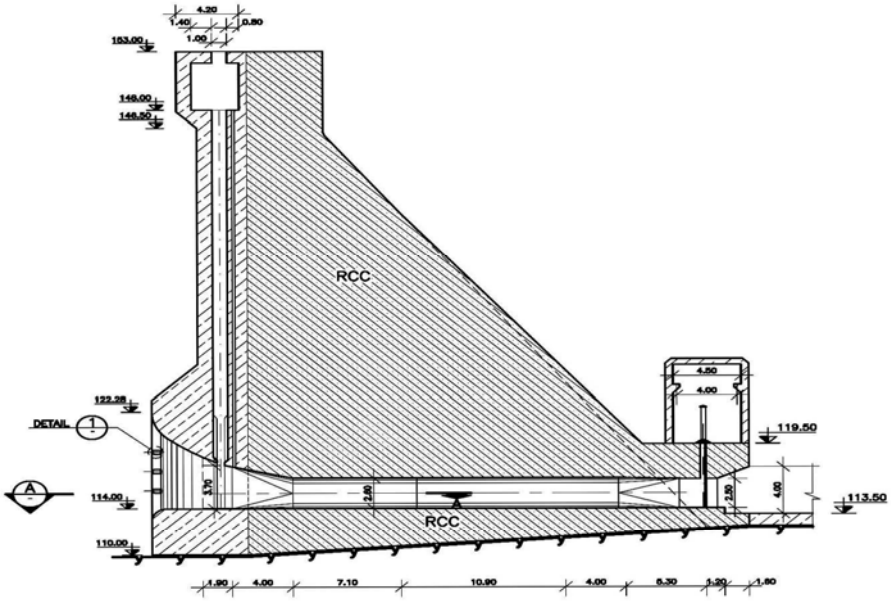
شکل ۴- ۱۰- تخلیه کننده عمقی سد شفارود

omoorepeyman.ir



مقطع طولی تخلیه کننده عمقی شماره ۱ سد جگین

مقطع B-B

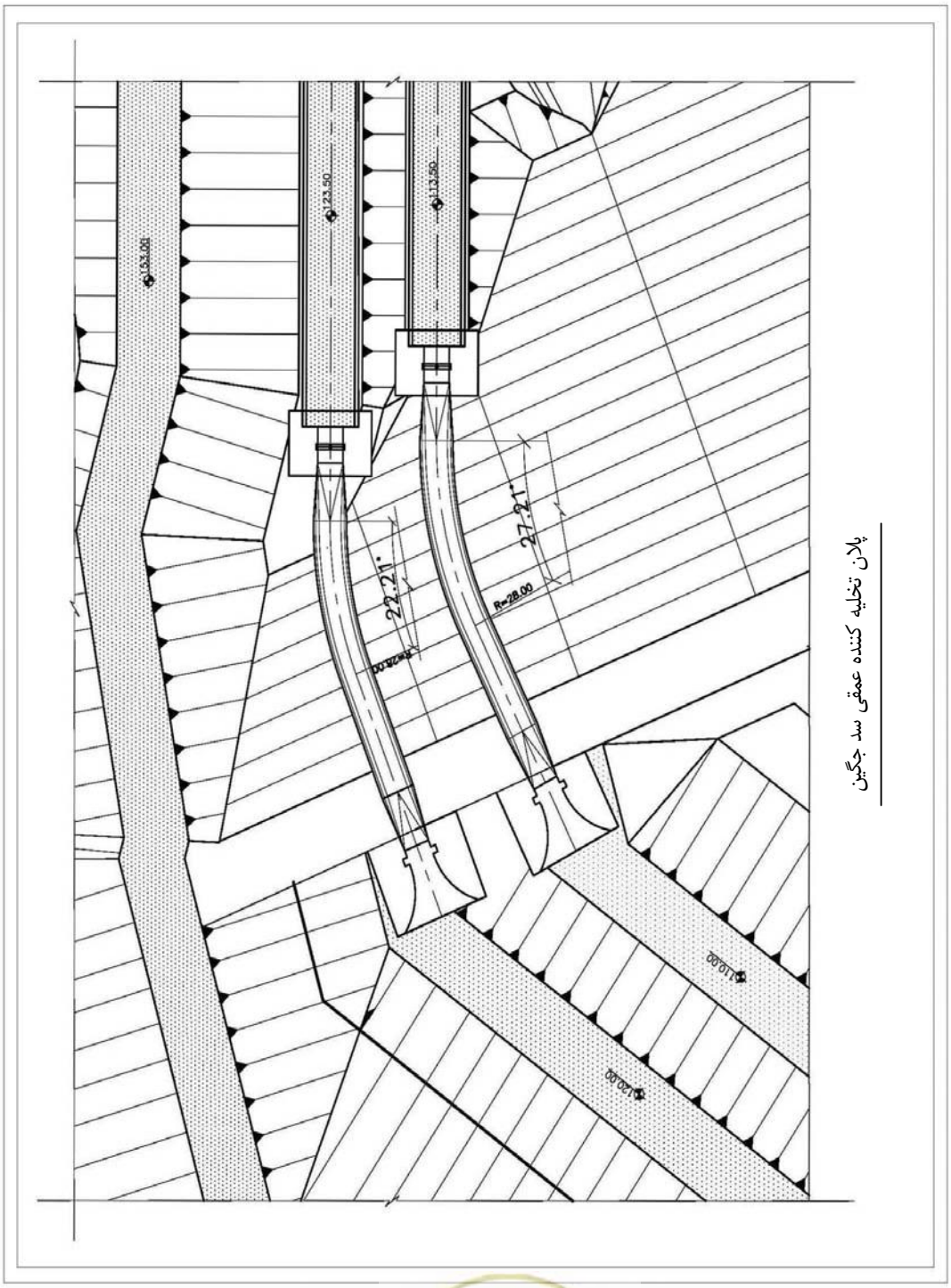


مقطع طولی تخلیه کننده عمقی شماره ۲ سد جگین

مقطع B-B

شکل ۴- ۱۱- تخلیه‌کننده عمقی سد جگین (طرح اولیه)

omoorepeyman.ir



پلان تخلیه کننده عمقی سد جگین

شکل ۴-۱۲- تخلیه‌کننده عمقی سد جگین (طرح اولیه)

omoorepeyman.ir

در سدهای بتنی قوسی سازه پایانه معمولا پرتاب‌کننده جامی‌شکل است. در بعضی موارد مانند سد بتنی قوسی شهید رجایی به‌جای پرتاب‌کننده جامی‌شکل، به منظور کاهش عمق فرسایش در پایین‌دست سد، از منحرف‌کننده جریان استفاده شده است.

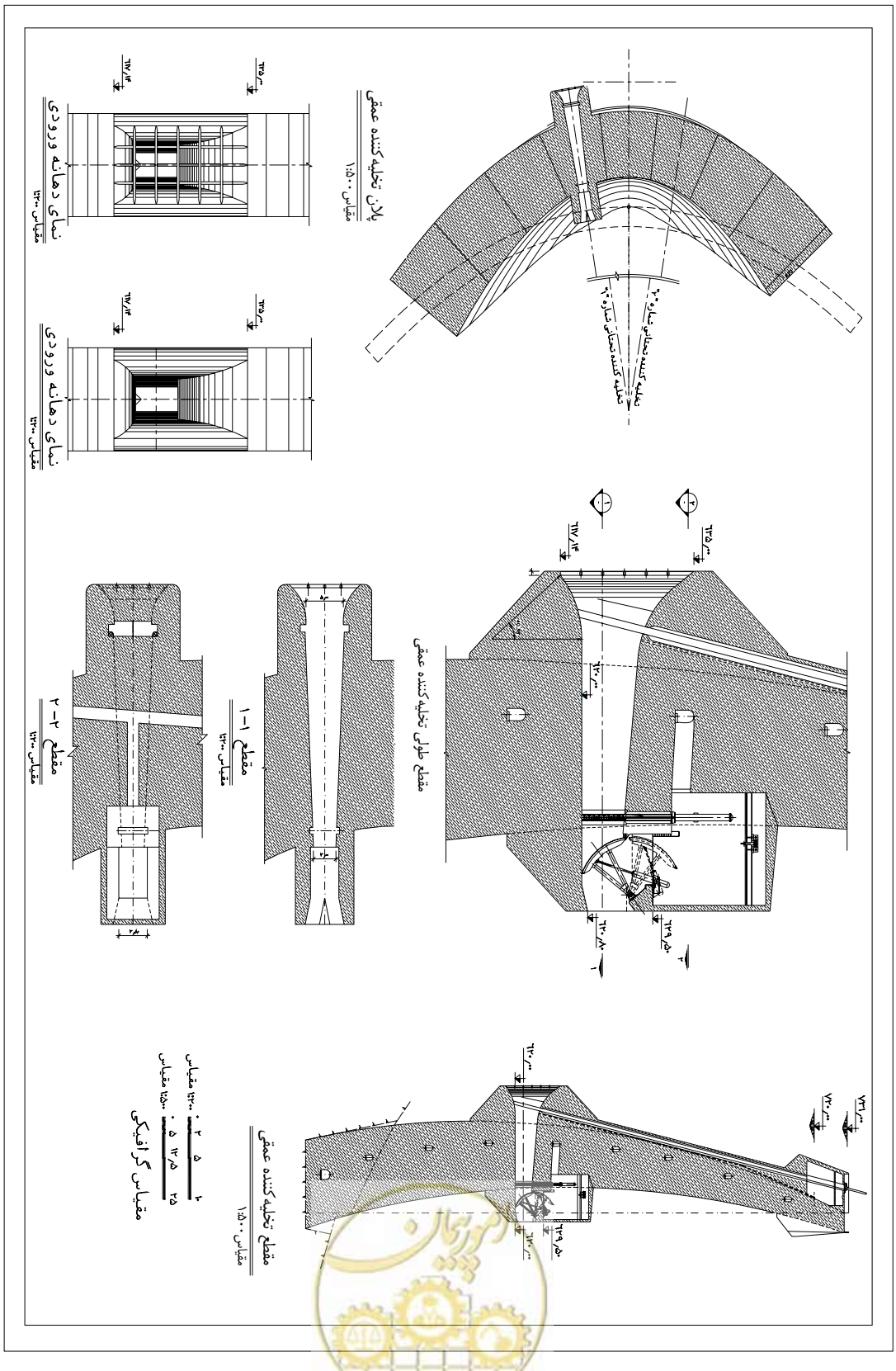
شکل ۴-۱۳ مشخصات تخلیه‌کننده‌های عمقی سد سیمره را در دو تراز مختلف که در داخل بدنه سد جانمایی شده‌اند نشان می‌دهد. مشخصات کلی هر یک از این تخلیه‌کننده‌ها به شرح زیر است:

- آشغالگیر بتنی به ابعاد ۱۷/۸۵ × ۹/۵۶ مترمربع (ارتفاع × عرض)
- دریچه آب‌بند رأس به ابعاد ۹ × ۵ مترمربع (ارتفاع × عرض) و قابل مانور از تاج سد
- اتاق دریچه‌ها در وجه پایین‌دست بدنه
- دریچه اضطراری از نوع کشویی به ابعاد ۵/۷ × ۳/۲ مترمربع (ارتفاع × عرض)
- دریچه سرویس از نوع قطاعی به ابعاد ۵/۵ × ۳ مترمربع (ارتفاع × عرض)
- پرتاب‌کننده با زاویه پرتاب صفر درجه مجهز به پخش‌کننده جریان
- ظرفیت سامانه ۵۲۸ و ۵۹۱ متر مکعب بر ثانیه
- زمان تخلیه معادل ۱/۵ ماه
- در شکل ۴-۱۴ تخلیه‌کننده عمقی سد بارزو نشان داده شده است.

٤-٤- جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی

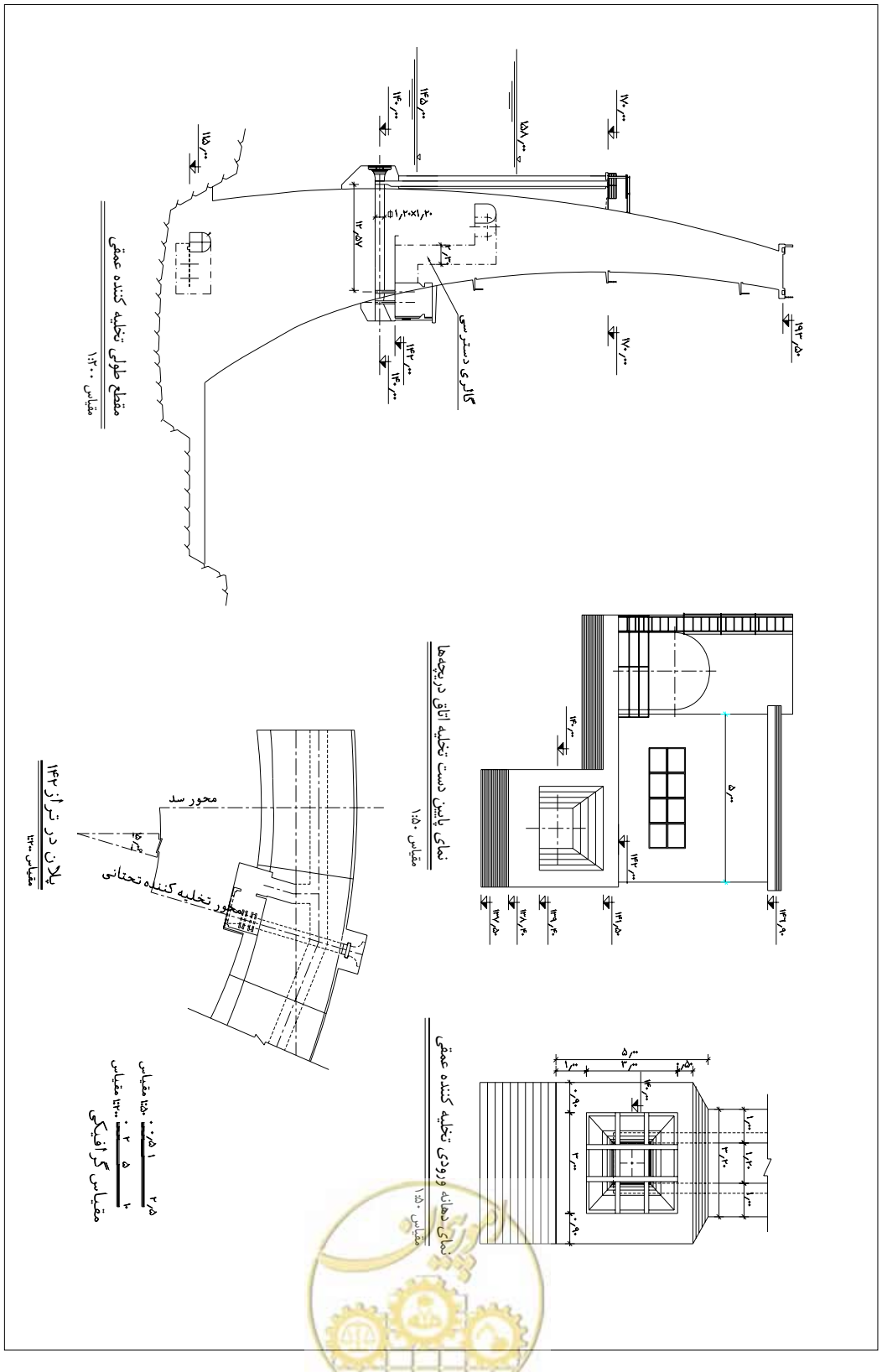
نمونه‌ای از جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی در شکل‌های ۴-۱۵ تا ۴-۲۱ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



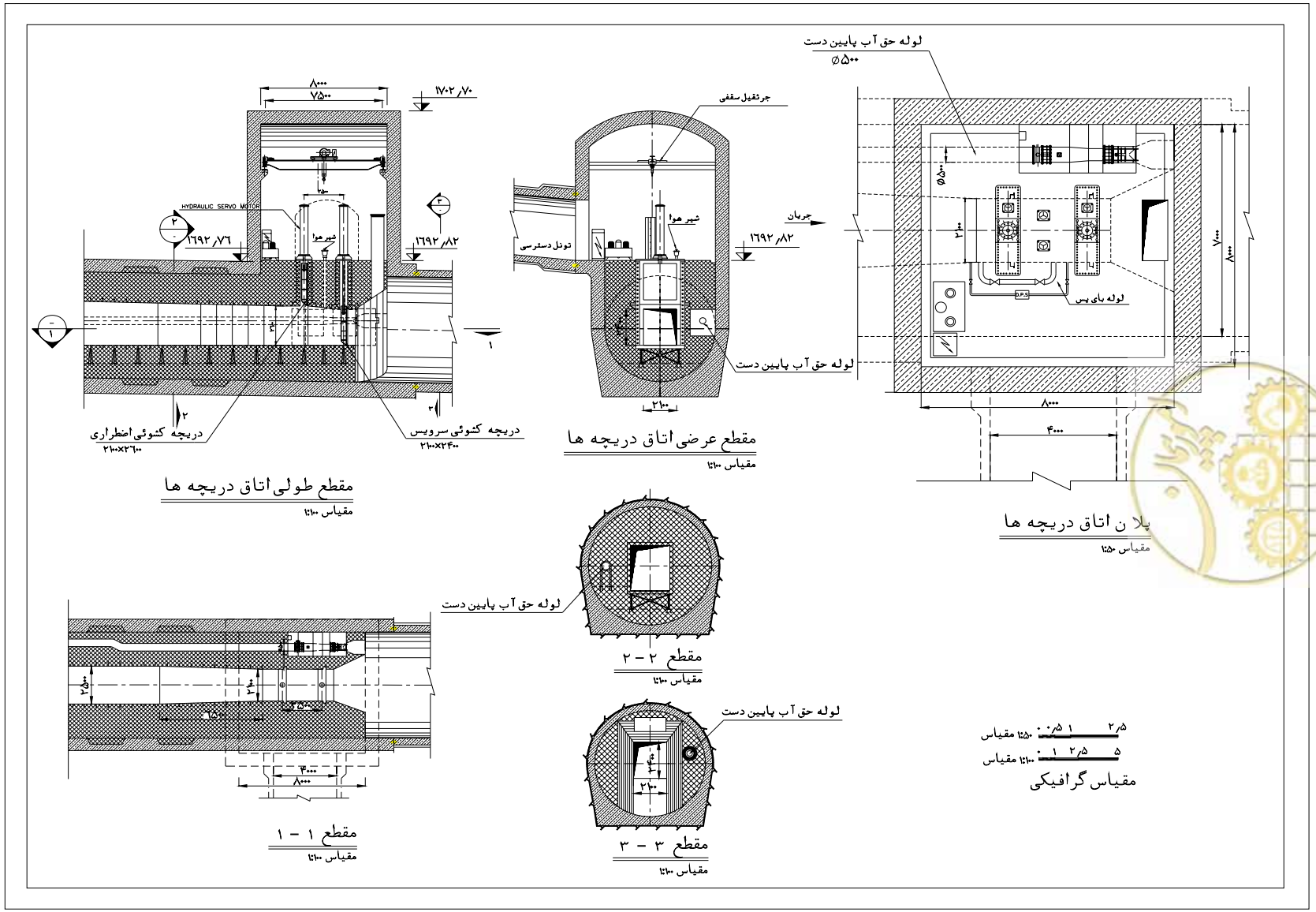
شکل ۴-۱۳- تخلیه کننده عمقی سد سیمره

omoorepeyman.ir



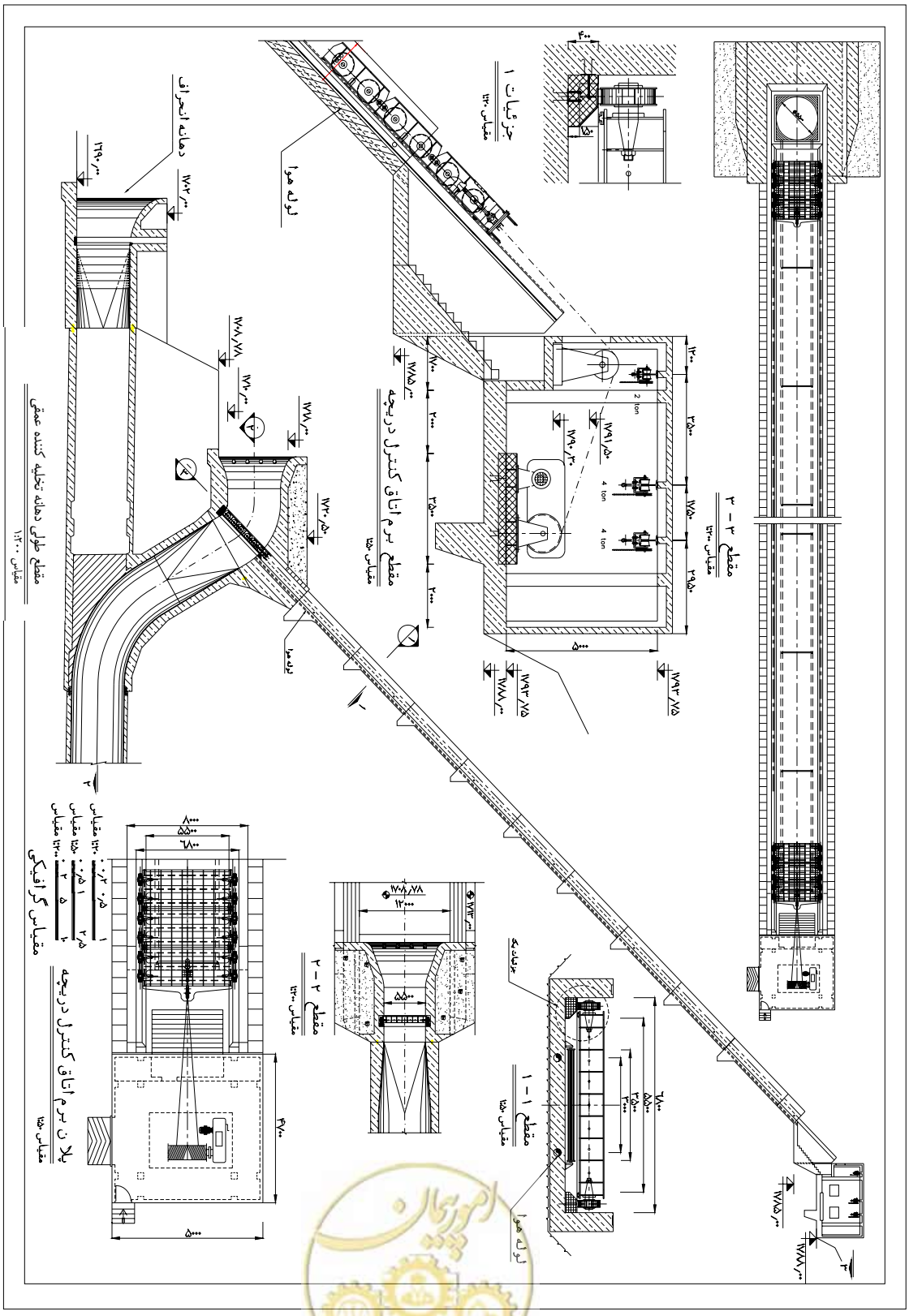
شکل ۴-۱۴- تخلیه کننده عمقی سد بازرو

omoorepeyman.ir



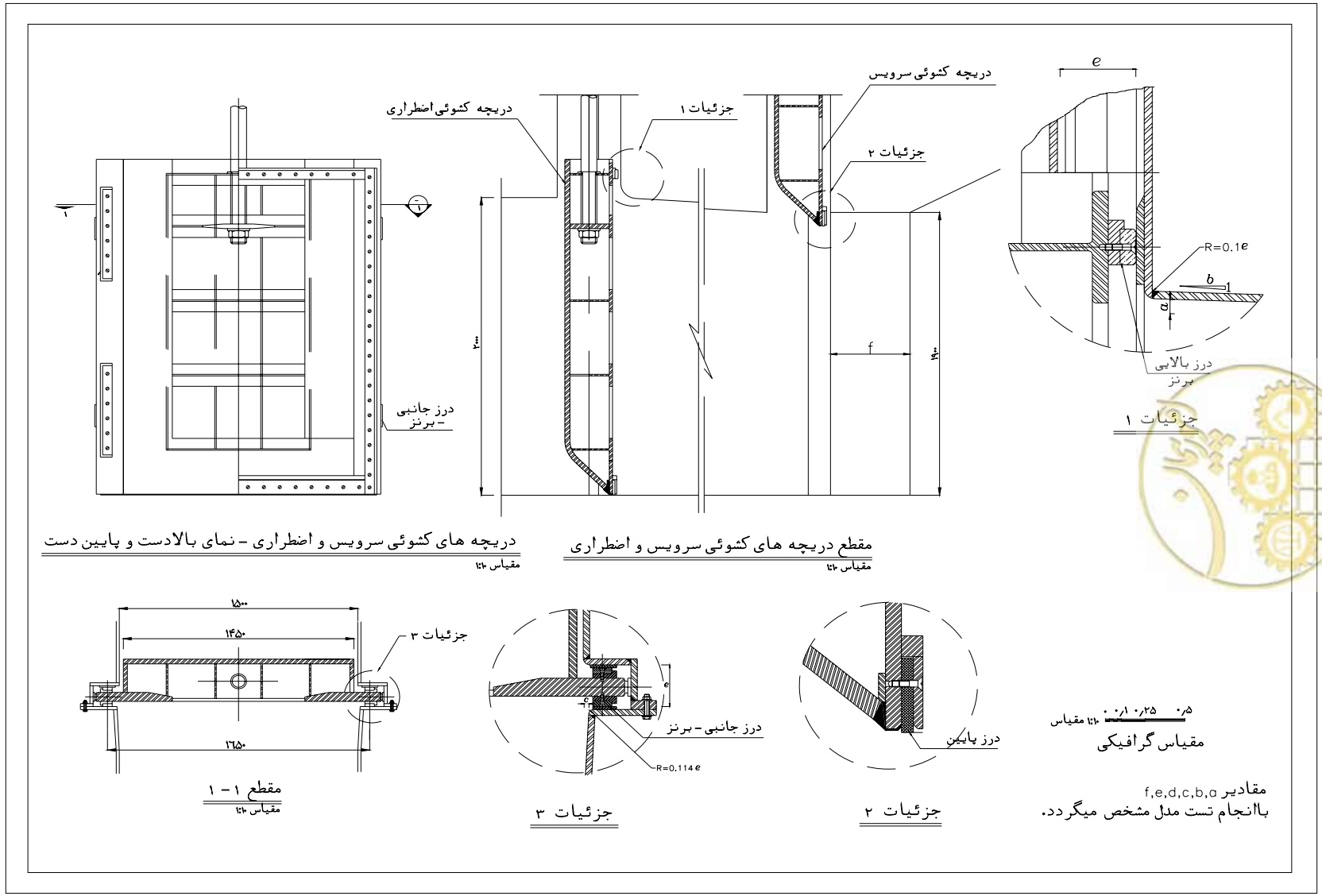
شکل۴- ۱۵- جانمایی عمومی تجهیزات اتاق تخلیه‌کننده عمقی سد طالقان

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۱۶- دریچه رأس تخلیه‌کننده عمقی سد طالقان

omoorepeyman.ir



دریچه های کشوئی سرویس و اضطراری - نمای بالادست و پایین دست
مقیاس ۱:۱۰

مقطع دریچه های کشوئی سرویس و اضطراری
مقیاس ۱:۱۰

جزئیات ۱

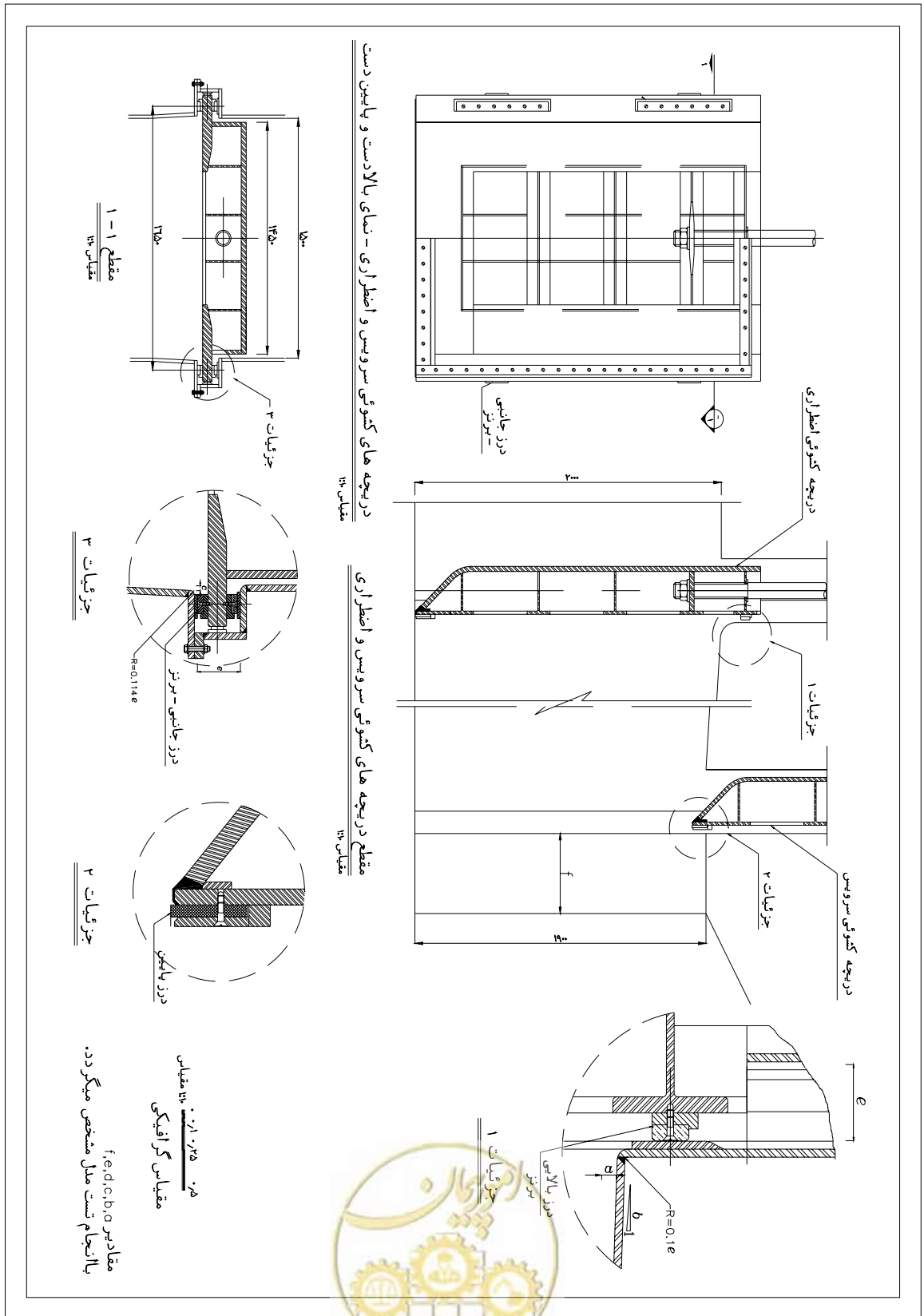
مقطع ۱ - ۱
مقیاس ۱:۱۰

جزئیات ۳

جزئیات ۲

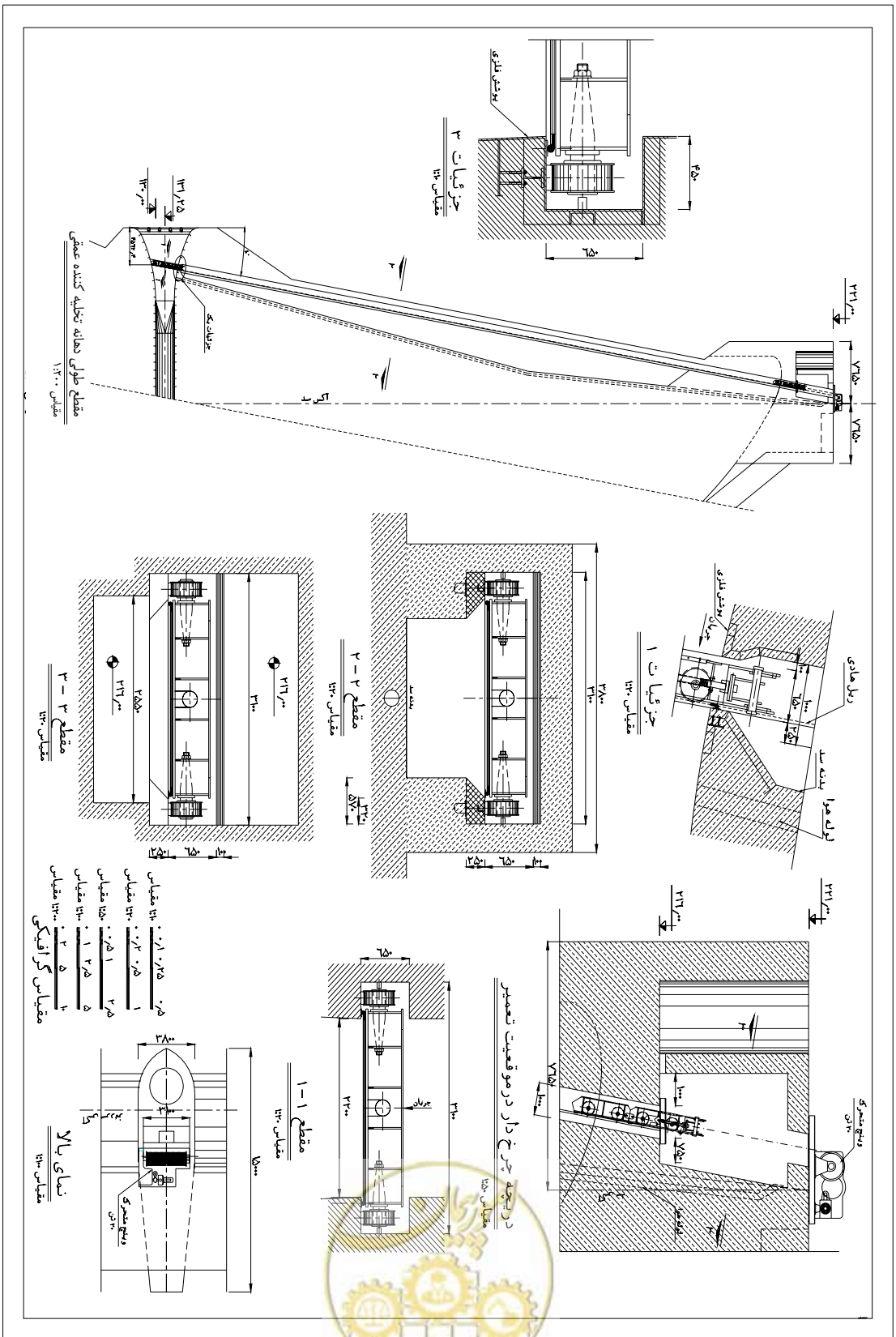
شکل۴-۱۷- دریچه سرویس و اضطراری کشویی سد طالقان

omoorepeyman.ir



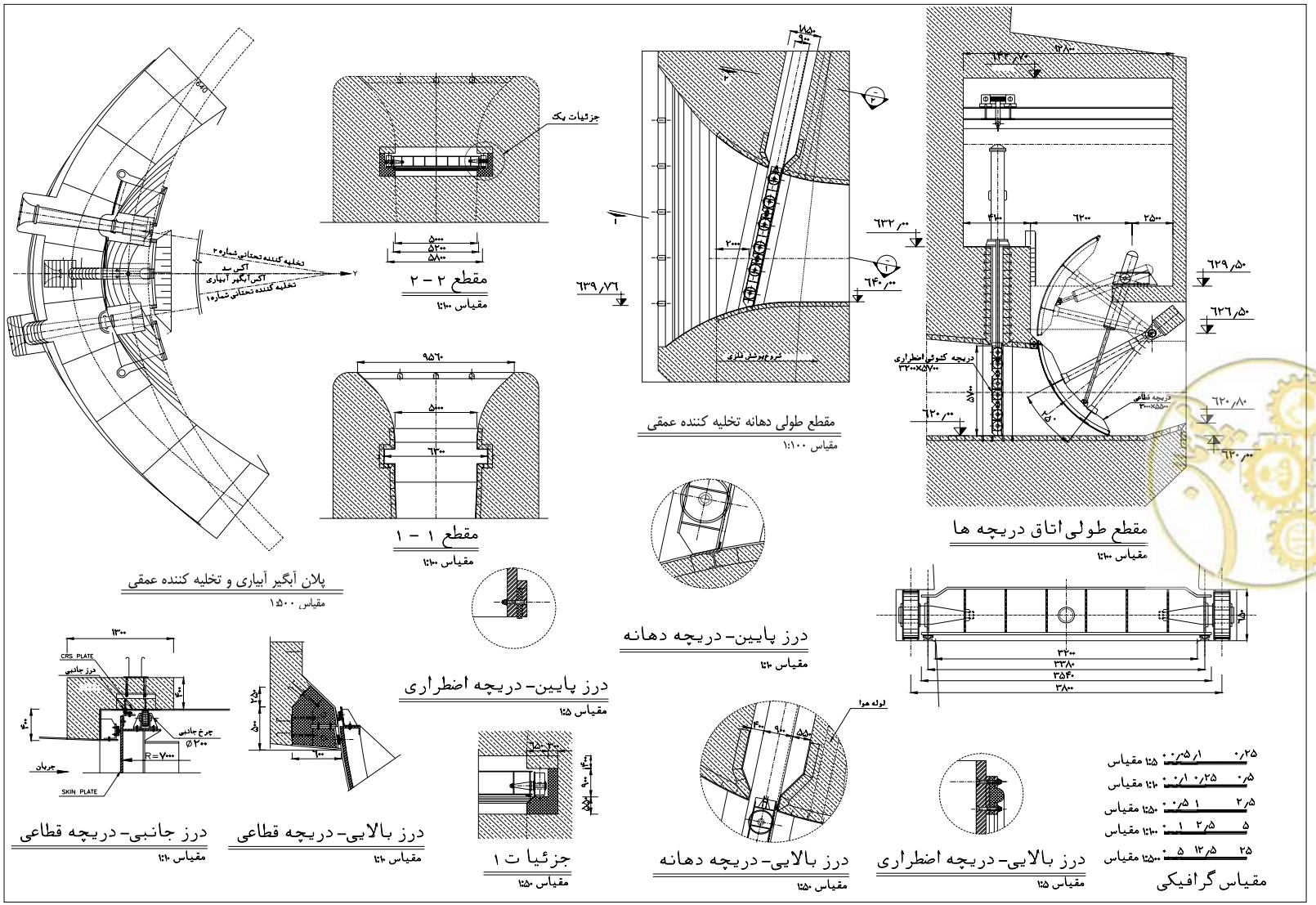
شکل ۴-۱۸- جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی سد شفارود

omoorepeyman.ir



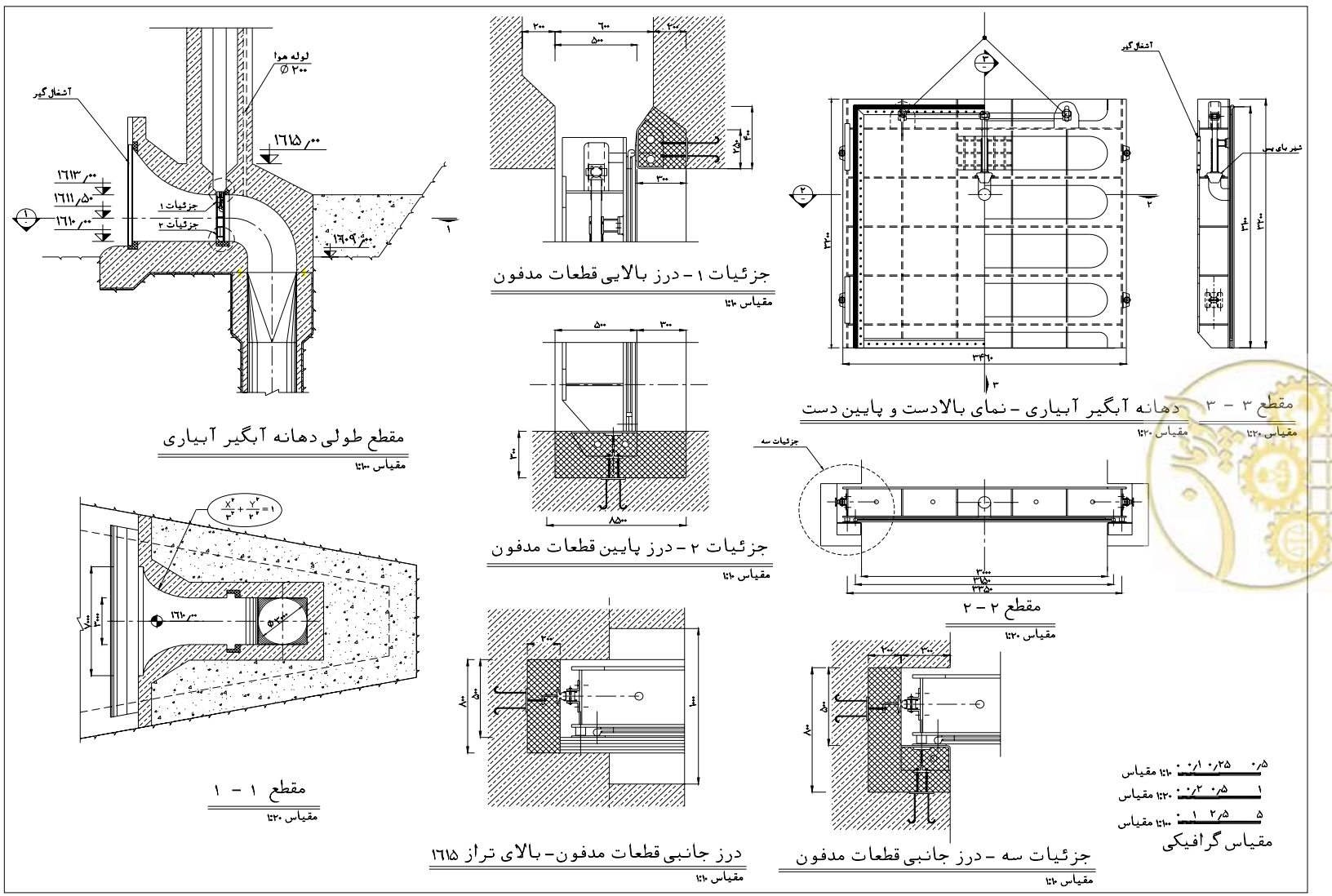
شکل ۴- ۱۹- دریچه رأس تخلیه‌کننده عمقی سد شفارود

omoorepeyman.ir



شکل۴-۲۰- جانمایی تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی سد سیمره

omoorepeyman.ir



شکل۴-۲۱- دریچه رأس تخلیه‌کننده عمقی سد تالوار

omoorepeyman.ir

فصل ۵

معیارها و ضوابط طراحی سازه‌ای

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- کلیات

هر سامانه تخلیه‌کننده عمقی شامل آبگیر یا سازه ورودی، شفت، مجرای تخلیه‌کننده عمقی ، اتاق کنترل دریچه و سامانه مستهلک‌کننده انرژی است. برای طراحی سازه‌ای این سامانه لازم است مراحل زیر به‌ترتیب طی شود.

الف- جمع‌آوری اطلاعات پایه

ب - بارگذاری و ترکیبات بارگذاری

ج - کنترل پایداری

د - مدل‌سازی

هـ - آنالیز و طراحی

و - ارائه جزئیات

لازم به توضیح است که در سدهای بتنی، غالباً تمام بخش‌های سامانه تخلیه‌کننده عمقی در بدنه سد ساخته می‌شود. بنابراین با توجه به ابعاد دهانه آبگیر و رقوم قرارگیری سازه از کف رودخانه، لزوم منظور کردن آن در مدل ریاضی بدنه سد توسط طراح بررسی می‌شود. تجربه نشان داده است که اگر سطح دهانه تخلیه‌کننده عمقی حدود ۹ متر مربع و یا کمتر باشد، نیازی به پیش‌بینی آن در مدل ریاضی بدنه سد نیست و میلگردهای پیش‌بینی‌شده اطراف بازشو طبق آیین‌نامه‌ها می‌توانند جوابگوی تنش‌های ایجادشده در آن باشند.

همچنین اگر دهانه آبگیر در فاصله‌ای حدود یک سوم ارتفاع سد از کف رودخانه قرار گرفته باشد، به دلیل محدود بودن تغییر مکان‌ها، نیازی به تغییر در مدل ریاضی سد نیست. اما اگر ابعاد سازه در مقایسه با ابعاد یکپارچه بدنه سد قابل ملاحظه باشد، ضروری است این سازه در مدل ریاضی طره سد در نظر گرفته شود و تنش‌های ایجادشده در آن تحت بارگذاری‌های اعمال‌شده که متأثر از بدنه سد نیز می‌باشد همراه با تحلیل بدنه سد بررسی شود و طراحی سازه بر این اساس صورت گیرد.

۵-۲- جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات موردنظر شامل اطلاعات پایه زمین‌شناسی مهندسی و ژئوفیزیک، اطلاعات هیدرولیکی، و اطلاعات تجهیزات هیدرومکانیکی است.

۵-۲-۱- اطلاعات پایه زمین‌شناسی و ژئوفیزیک

اطلاعات پایه زمین‌شناسی و ژئوفیزیک شامل :

- پلان و پروفیل زمین‌شناسی در محدوده هر سازه با قید نوع سنگ، لایه‌های سنگ، درزه‌ها و گسل‌های فعال و غیرفعال، ضخامت آبرفت و سنگ هوازده
- پارامترهای برشی سنگ شامل چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی
- پارامترهای برشی سنگ و بتن شامل چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی
- میزان نفوذپذیری سنگ
- نسبت پواسون

omoorepeyman.ir

- مدول تغییر شکل‌پذیری سنگ
- پروفیل سطح آب زیرزمینی در محدوده سازه قبل و بعد از آبگیری مخزن
- شیب‌های پایداری موقت و دائم در سنگ سالم، هوازده و آبرفت
- باربری مجاز سنگ بستر
- میزان فشار تزریق تماسی برای سازه‌های زیرزمینی و الگوی گمانه‌های تزریق
- میزان فشار تزریق تحکیمی برای سازه‌های زیرزمینی و الگوی گمانه‌های تزریق
- میزان فشار سنگ وارد بر سازه (در صورت وجود)
- میزان فشار تورم وارد بر سازه (درصورت وجود)
- شتاب زلزله
- مشخصات لرزه‌خیزی محل احداث سازه‌ها شامل شتاب‌های مختلف زمین‌لرزه در دو راستای قائم و افقی در سطوح مبنای زمین‌لرزه[۱]، بیشینه زمین‌لرزه[۲] و بیشینه قابل باور زمین‌لرزه[۳].

۵-۲-۲- اطلاعات تجهیزات هیدرومکانیکی

اطلاعات تجهیزات هیدرومکانیکی شامل :

- نوع تجهیزات و شیوه مانور آن‌ها
- ابعاد و وزن دریچه‌ها
- مشخصات جرثقیل‌ها شامل وزن، ظرفیت، طول بازوی اهرم، تعداد و فاصله چرخ‌ها و...
- ابعاد بتن ثانویه مورد نیاز به منظور نصب تجهیزات هیدرومکانیکی

۵-۲-۳- شرایط هیدرولیکی

شرایط هیدرولیکی شامل :

- تراز آب در شرایط عادی بهره‌برداری
- تراز آب بالادست در حالت سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله
- تراز آب بالادست در حالت بیشینه سیلاب احتمالی
- تراز آب در سامانه استهلاک انرژی متناسب با تراز آب بالادست
- تغییرات سرعت در مسیر جریان

1 - DBE (Design base earthquake)
2 - MDE (Maximum design earthquake)
3 - MCE (Maximum credible earthquake)

omoorepeyman.ir

۵-۳- بارگذاری

با توجه به مطالب ذکرشده در کلیات، در اینجا عمده توجه به بارگذاری سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی در سدهای خاکی است. بارهای وارده بر سازه‌های سامانه تخلیه‌کننده عمقی به شرح زیر می‌باشند:

- بار مرده : که از لحاظ مقدار و محل تأثیر در طول عمر سازه ثابت می‌باشند، معمولا قسمت اعظم بارهای مرده، وزن سازه است.
- نیروی ناشی از خاکریز : این نیروها در حالت‌های استاتیکی و دینامیکی می‌تواند به صورت وزن و فشار جانبی به سازه اعمال شود. فشار جانبی در حالت استاتیکی با استفاده از روش‌هایی مانند رانکین[1] و یا کولمب[2]، و اضافه فشار دینامیکی، با استفاده از روش‌هایی مانند مونونوبه ـ اوکابه[3] محاسبه می‌شوند.
- فشار آب : که در حالت‌های مختلف متناسب با سطح آب در مخزن به سازه اعمال می‌شود. این فشار در حالت هیدرواستاتیک ناشی از ارتفاع آب و در حالت دینامیکی ناشی از زمین‌لرزه با کمک روش‌هایی مانند وسترگارد و نیومارک محاسبه و به سازه اعمال می‌شود. ضمن اینکه در قسمت‌هایی از سامانه مانند سازه مستهلک‌کننده انرژی که در آن نوسانات سطح آب و سرعت بالای جریان وجود دارد لازم است اضافه فشار ناشی از شرایط هیدرودینامیکی نیز محاسبه شود.
- نیروی زمین‌لرزه وارد بر جرم سازه
- فشار تزریق تماسی برای سازه زیرزمینی : به منظور پرکردن فضای خالی بین سنگ و بتن در بخش بالایی سازه تزریق تماسی صورت می‌گیرد. آرایش گمانه‌های تزریق و شدت فشار آن توسط کارشناسان ژئوتکنیک تعیین می‌شود.
- فشار تزریق تحکیمی برای سازه‌های زیرزمینی: مقدار فشار تزریق تحکیمی متناسب با نوع سنگ، درزه‌ها و ترک‌های آن و انتظاری که از رفتار سنگ در محدوده موردنظر می‌رود انتخاب می‌شود. آرایش گمانه‌های تزریق و شدت فشار آن همانند تزریق تماسی، توسط کارشناسان ژئوتکنیک تعیین می‌شود.
- فشار سنگ و تورم : برای سازه‌های زیرزمینی، در صورت عدم پیش‌بینی سامانه نگهدارنده دائمی برای سنگ، ممکن است بخشی از فشار سنگ به سازه اعمال شود. همچنین در صورت وجود خاصیت تورم در سنگ پیرامون سازه، این فشار به عنوان فشار خارجی باید به سازه اعمال شود که میزان و شکل توزیع فشار سنگ و فشار تورم توسط کارشناسان مکانیک سنگ مشخص خواهد شد.
- نیروی ناشی از مانور تجهیزات هیدرومکانیکی : همه مشخصات تجهیزات هیدرومکانیکی مانند نوع تجهیزات، وزن، شیوه مانور تجهیزات، ابعاد دریچه‌ها، تعداد و فاصله چرخ‌های جرثقیل‌ها، بازوی اهرم جرثقیل و ظرفیت آن که در طراحی سازه‌ای می‌توانند تأثیرگذار باشند توسط کارشناسان مربوط تعیین و ارائه خواهد شد.

بارهای ذکر شده در بالا به تناسب نوع سازه و احتمال رخداد به‌طور همزمان آن‌ها با یکدیگر، ترکیب می‌شوند. ترکیب‌های بارگذاری به تفکیک در مورد هر سازه ذکر خواهد شد.

1 - Rankin
2 - Coloumb
3 - Mononobe- Ocabe

omoorepeyman.ir

۵-۳-۱- سازه ورودی

الف - زمان ساخت

- بارگذاری عادی : بار مرده + اثر فشار آب در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی + نیروهای ناشی از خاکریز
- بارگذاری غیرعادی : بار مرده + اثرهای فشار آب در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی + نیروهای ناشی از خاکریز + تأثیر زمین‌لرزه بر نیروهای ذکرشده (در سطح ساخت[1]) که معمولا ۰/۸ سطح مبنای زمین‌لرزه است.

ب - زمان بهره‌برداری

- بارگذاری عادی: بار مرده + اثر فشار آب موجود در مخزن تا رقوم عادی بهره‌برداری + نیروهای ناشی از خاکریز
- بارگذاری غیرعادی: بار مرده + اثر فشار آب موجود در مخزن تا رقوم عادی بهره‌برداری+ نیروهای ناشی از خاکریز+ اثر زمین‌لرزه بر نیروهای ذکرشده در سطح مبنای زمین‌لرزه.
- بارگذاری فوق‌العاده : بار مرده + اثرات فشار آب موجود در مخزن تا رقوم عادی بهره‌برداری + نیروهای ناشی از خاکریز+ اثر زمین‌لرزه بر نیروهای ذکرشده با احتمال رخداد آن در سطح بیشینه قابل باور زمین‌لرزه (به‌دلیل اهمیت سازه به‌منظور تخلیه سریع مخزن در مواقع ضروری، لازم است سازه برای احتمال رخداد زمین‌لرزه در سطح بیشینه قابل تصور، پایداری خود را حفظ کند).
- بارگذاری فوق‌العاده : بار مرده + اثر فشار آب خارجی به‌دلیل تخلیه سریع مخزن[2]، احتمال رخداد این بارگذاری به این دلیل است که سرعت کاهش تراز آب در سنگ پیرامون سازه با سرعت کاهش تراز آب در مخزن مساوی نیست، که این اختلاف منجر به ایجاد فشار آب خارجی بر سازه می‌شود + نیروهای ناشی از خاکریز اطراف سازه در صورت وجود.

ج – زمان تعمیرات یا بازرسی : (بسته بودن دریچه کنترل رأس)

بارگذاری غیرعادی: بار مرده + اثر فشار آب خارجی (این فشار زمانی‌که دریچه رأس بسته است، متناسب با بالاترین رقوم سطح آب می‌باشد) + نیروهای ناشی از خاکریز اطراف سازه در صورت وجود.

در تمام بارگذاری‌های ذکرشده در صورت وجود خاصیت تورم در سنگ، فشار تورم در پی سازه به عنوان یک نیروی برکنش اعمال می‌شود.

۵-۳-۲- شفت

الف- زمان ساخت

- بارگذاری عادی: فشار سنگ + فشار آب خارجی ناشی از سطح آب زیرزمینی + فشار تورم
- بارگذاری فوق‌العاده: فشار تزریق تماسی + فشار سنگ + فشار آب خارجی ناشی از سطح آب زیرزمینی + فشار تورم .

1 - CL (Construction level)
2 - Rapid draw down

omoorepeyman.ir

- بارگذاری فوق‌العاده: فشار تزریق تحکیمی + فشار سنگ + فشار تورم + فشار آب خارجی ناشی از بالابودن سطح آب زیرزمینی.

ب – زمان بهره‌برداری

- بارگذاری فوق‌العاده: فشار سنگ + فشار تورم + فشار آب داخلی (بالا آمدن ناگهانی سطح آب در مخزن درحالی‌که سنگ هنوز فرصت اشباع‌شدن نیافته است). به این بارگذاری، بارگذاری شروع سیلاب نیز گفته می‌شود.

ج – زمان تعمیرات یا بازرسی (بسته بودن دریچه کنترل از رأس)

- بارگذاری غیرعادی: فشار سنگ + فشار تورم + فشار آب خارجی (این فشار متناسب با بالاترین رقوم سطح آب زمانی‌که دریچه رأس بسته است، می‌باشد).

لازم به ذکر است در ترکیب‌های بارگذاری برای شفت، بار مرده در نظر گرفته نمی‌شود.

۵-۳-۳- مجرای تخلیه‌کننده عمقی

۵-۳-۳-۱- تونل

الف- زمان ساخت

- بارگذاری عادی: بار مرده + فشارسنگ + فشار تورم + فشار آب خارجی ناشی از سطح آب زیرزمینی
- بارگذاری فوق‌العاده: بار مرده + فشار سنگ + فشار تورم + فشار تزریق تحکیمی یا تماسی + فشار آب خارجی ناشی از سطح آب زیرزمینی.

ب - زمان بهره‌برداری

- بارگذاری فوق‌العاده: بار مرده + فشار سنگ + فشار تورم + فشار آب داخلی در اثر رخداد سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف. در این بارگذاری سطح آب خارجی معادل رقوم حداقل آب در مخزن بوده و به عنوان فشار خارجی در نظر گرفته می‌شود.

ج – زمان بازرسی یا تعمیرات (بسته بودن دریچه کنترل از رأس)

- بارگذاری غیرعادی: بار مرده + فشار سنگ + فشار تورم + فشار آب خارجی (که معادل با بیشترین سطح ایستایی آب مخزن در این زمان است).

قابل ذکر است که فشار آب خارجی متناسب با قرارگیری مجرای تخلیه قبل و یا بعد از پرده تزریق و یا پرده آب‌بند، همچنین میزان نفوذپذیری سنگ قابل تفسیر و تعیین است.

omoorepeyman.ir

همچنین با توجه به ماهیت فشار سنگ و فشار تورم و عدم قطعیت در مورد میزان و شیوه اعمال آن‌ها بر سازه، پیشنهاد می‌شود در ترکیبات باری که فشار داخلی آب تعیین‌کننده است یک بارگذاری نیز با حذف دو نیروی ذکرشده در نظر گرفته شود و طراحی سازه با آن کنترل شود.

۵-۳-۳-۲- آبگذر[1]

در صورت انتخاب گزینه آبگذر به‌عنوان مجرای تخلیه‌کننده عمقی ترکیبات بارگذاری به شرح زیر خواهد بود.

الف- زمان ساخت

- بارگذاری عادی: بار مرده + وزن مصالح ناشی از بدنه سد + فشار جانبی خاکریز + فشار خارجی آب در صورت بالابودن سطح آب زیرزمینی + فشار تورم سنگ بستر.

ب- زمان بهره‌برداری

- بارگذاری عادی: بار مرده + فشار ناشی از بدنه سد + فشار جانبی خاکریز + فشار داخلی آب + فشار خارجی آب ناشی از رقوم آب مخزن (که متناسب با قرارگیری آبگذر قبل و بعد از هسته رسی متفاوت خواهد بود).
- بارگذاری غیرعادی: بار مرده + فشار ناشی از بدنه سد + فشار جانبی خاکریز + فشار داخلی آب ناشی از شروع سیلاب + فشار خارجی آب (در حد تراز حد اقل آب در مخزن).

ج – زمان بازرسی یا تعمیرات (بسته بودن دریچه کنترل از رأس)

- بارگذاری غیرعادی: بارمرده + فشار ناشی از بدنه سد + فشار جانبی خاکریز + فشار خارجی آب ناشی از رقوم آب در مخزن (که معادل با بیشترین سطح ایستایی آب مخزن در این زمان است).

۵-۳-۴- اتاق کنترل دریچه

الف- زمان ساخت

- بارگذاری عادی: بارمرده + فشار سنگ + فشار تورم + فشار خارجی آب ناشی از سطح آب زیرزمینی
- بارگذاری فوق‌العاده: بار مرده + فشار سنگ + فشار تورم + فشار تزریق تماسی یا تحکیمی + فشار خارجی آب در صورت بالابودن سطح آب زیرزمینی.

ب – زمان بهره‌برداری

- بارگذاری عادی: بار مرده + فشار سنگ + فشار تورم + فشار خارجی آب ناشی از بار آب مخزن در حالت عادی (در صورت وجود اتاق بعد از پرده تزریق یا دیوار آب‌بند، افت بار آب ناشی از عملکرد آن‌ها باید منظور شود).

omoorepeyman.ir

1 - Culvert

ج - بارگذاری فوق‌العاده: مشابه بارگذاری عادی (بند ب) است با این تفاوت که تراز آب در مخزن در حالت بیشینه آن خواهد بود.

د - بارگذاری غیرعادی: مشابه بارگذاری بند (ب) است به انضمام اثرهای نیروهای وارد بر تکیه‌گاه جرثقیل به‌دلیل مانور دریچه‌های موجود در اتاق

۵-۳-۵- سازه مستهلک‌کننده انرژی

الف- زمان ساخت

- بارگذاری عادی: بار مرده + فشار جانبی خاک + فشار آب ناشی از سطح آب زیرزمینی به‌صورت فشار جانبی و نیروی برکنش + فشار تورم سنگ
- بارگذاری غیر عادی: شامل بارهای ذکرشده در بارگذاری عادی وتأثیر شتاب زلزله در سطح ساخت که معادل ۸۰ درصد سطح مبنای زمین‌لرزه است، بر هر یک از آن‌ها می باشد.

ب- زمان بهره‌برداری

- بارگذاری عادی: بارمرده + فشار جانبی خاک (درصورت وجود) + فشار داخلی آب + فشار خارجی آب (در این بارگذاری فشار آب معادل با عملکرد عادی مخزن خواهد بود) + فشار تورم.
- بارگذاری فوق‌العاده: بارمرده + فشار داخلی آب ناشی از شروع سیلاب به صورت وزن و فشار جانبی + اضافه فشار ناشی از سرعت جریان آب در داخل سامانه. در این بارگذاری فشار خارجی آب معادل ارتفاع آب داخل سامانه می‌باشد + فشار جانبی ناشی از خاکریز.
- بارگذاری فوق‌العاده: بار مرده + فشار خارجی آب ناشی از خاتمه سیلاب + فشار جانبی ناشی از خاکریز
- بارگذاری فوق‌العاده: بار مرده + فشار داخلی و خارجی ناشی از عبور جریان در حالت عادی بهره‌برداری + فشار جانبی ناشی از خاکریز+ تأثیر شتاب زلزله بر نیروهای ذکرشده در سطح بیشینه زمین‌لرزه

ج- زمان تعمیرات

- بارگذاری غیرعادی: بار مرده + فشار خارجی آب معادل با تراز رودخانه + فشار جانبی ناشی از خاکریز

در این زمان آب درون حوضچه با پمپ تخلیه می‌شود.

توضیح: همان‌گونه که در بند بارگذاری ذکر شده است، نیروهای ناشی از بالابودن سطح آب زیرزمینی، فشار سنگ و فشار تورم با توجه به ویژگی‌های ساختگاه سازه قابل تعیین و یا حذف می‌باشند. همچنین فشار آب ناشی از سطح آب زیرزمینی نیز در صورت بالا بودن آن، در مقایسه با رقوم قرارگیری سازه مطرح خواهد بود.

۵-۴- پایداری

برای اینکه سازه‌ای بتواند اهداف تعیین‌شده را برآورده کند، لازم است در مقابل تمام ترکیبات بارگذاری که احتمال رخداد آن‌ها بر سازه می‌رود، مقاوم بوده و پایدار بماند. بنابراین پایداری اجزای سازه‌ای در برابر لغزش، شناوری و واژگونی تحت ترکیبات بارگذاری

omoorepeyman.ir

که به تفکیک ذکر شده است، بررسی می‌شود. افزون بر این تعیین تنش زیر پی و مقایسه آن با باربری مجاز سنگ بستر نیز از شاخص‌های مهم تعیین ابعاد نهایی سازه و پایداری آن است.

ضرایب اطمینان لازم برای حفظ پایداری سازه طبق جدول زیر پیشنهاد می‌شود.

جدول ۵-۱ ضرایب اطمینان لازم برای حفظ پایداری سازه

شرایط پایداری	بارگذاری عادی	بارگذاری غیرعادی	بارگذاری استثنایی یا فوق‌العاده
شناوری	۱/۲	۱/۱	۱/۰۵
لغزش	۱/۵ ~۲	۱/۲۵	۱/۰۵

به منظور تأمین پایداری در برابر واژگونی، در حالت عادی می‌تواند یک سوم عرض پی به کشش بیفتد، درحالت غیرعادی یک دوم عرض پی به کشش بیفتد و در حالت فوق‌العاده ضریب ایمنی ۱/۰۵ تأمین شود.

۵-۵- مدلسازی

۵-۵-۱- سازه ورودی

این سازه معمولا دارای رفتار سه‌بعدی بوده و هندسه پیچیده‌ای دارد و با توجه به اینکه اغلب سه بعد سازه دارای اندازه‌هایی نزدیک به هم هستند، نمی‌توان وجه غالبی برای هیچ‌یک از آن‌ها درنظر گرفت و فرض رفتار دوبعدی برای آن دور از واقعیت است. بنابراین مدل سازی با استفاده از روش اجزاء محدود و بکارگیری المان‌های سه‌بعدی[1] پیشنهاد می‌شود.

برای منظورنمودن اندرکنش سنگ و سازه می‌توان از المان‌های تماسی استفاده کرد و یا با تعبیری مجازی از المان‌های فنر استفاده کرد.

در سازه‌های ورودی با ارتفاع کم، انتخاب چند مقطع عرضی و مدل‌سازی آن‌ها با پذیرش رفتار تنش مسطح کافی است.

۵-۵-۲- سازه‌های شفت و تونل یا آبگذر

در سازه‌های شفت و تونل و یا آبگذر یک بعد سازه نسبت به دو بعد دیگر بسیار بزرگ است. بنابراین تهیه یک مدل دوبعدی با فرض کرنش مسطح برای آن‌ها کافی است و سازه فقط در داخل صفحه بارگذاری می‌شود. روش مناسب برای کسب نتایج نسبتاً دقیق، منظور کردن اندرکنش سنگ و سازه و مدل کردن فضای پیرامون سازه ۲/۵ الی ۳ برابر قطر آن می‌باشد.

۵-۵-۳- سازه اتاق کنترل دریچه‌ها

در سازه اتاق کنترل دریچه که سه بعد سازه دارای اندازه‌های نزدیک به هم هستند تهیه مدل سه‌بعدی ترجیح داده می‌شود، ولی با توجه به اینکه سقف اتاق در راستای عمود بر جریان، دارای قوس می‌باشد، توزیع نیروهای وارد بر سقف عمدتاً در مسیر قوس

1 - Solid

omoorepeyman.ir

خواهد بود. بنابراین می‌توان از المان‌های تنش مسطح برای مدل سازی در راستای قوس استفاده کرد. ضمن اینکه برای آنالیز دیوارهای عمود بر این مقطع استفاده از المان‌های پوسته و یا بهره‌گیری از جدول‌های دال‌ها، امکان پذیر است.

۵-۵-۴- سازه مستهلک‌کننده انرژی

عرض سازه مستهلک‌کننده انرژی در تعیین المان‌های سازه‌ای آن مهم است. اگر عرض حوضچه محدود باشد می‌توان سامانه یکپارچه برای مدل انتخاب کرد اما اگر سامانه مستهلک‌کننده انرژی دارای ابعاد بزرگ باشد، تفکیک دال یا دال‌های کف از دیوارهای طرفین منطقی است. حوضچه آرامش دارای رفتار دوبعدی داخل صفحه است. بنابراین می‌توان برای تهیه مدل از المان‌های کرنش مسطح استفاده کرد و یا با کمک روش‌های دستی، طراحی دیوارهای حائل و دال را انجام داد. همچنین با توجه به اینکه در دال کف و یا دیوارهای جناحین یک بعد سازه نسبت به دو بعد دیگر کوچک‌تر است و بارگذاری خارج از صفحه دوبعد بزرگ‌تر است، از المان پوسته با رفتار خمشی، غشایی نیز می‌توان برای تهیه مدل آن‌ها استفاده کرد.

۵-۶- آنالیز و طراحی

پس از تهیه مدل ریاضی، انتخاب روش آنالیز و طراحی اهمیت دارد. همه سازه‌های سامانه تخلیه‌کننده عمقی ، تحلیل خطی می‌شوند به جز سازه‌های ورودی که در صورت لزوم با توجه به ارتفاع آن‌ها نیاز به آنالیز دینامیکی و یا طیفی خواهند داشت. در صورت استفاده از روش تنش مجاز، برای آنالیز از بارهای بدون ضریب و یا در حد خدمت استفاده می‌کنیم. برای طراحی در این حالت، تنش‌های ایجادشده در مصالح نباید از مقادیر مجاز آن فراتر رود. به عبارت دیگر بیشترین تنش فشاری ایجادشده در بتن به ۴۵ درصد مقاومت مشخصه فشاری آن و بیشترین تنش ایجادشده در فولاد به حدود ۵۰ درصد مقاومت تسلیم آن محدود می‌شود. ضمن اینکه با کنترل عرض ترک مقدار قطعی مقاومت مجاز کششی فولاد تعیین خواهد شد. در سازه‌های هیدرولیکی عرض ترک مجاز به ۰/۱ تا ۰/۳ میلیمتر محدود می‌شود.

در طراحی به روش تنش مجاز در دو حالت بارگذاری غیرعادی و فوق‌العاده، تنش مجاز مصالح را می‌توان به ترتیب ۲۵٪ و ۳۳٪ افزایش داد.

روش دیگر طراحی، طراحی در حالت حدی است. در این روش، سازه به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که المان یا المان‌های آن تا رسیدن به حالت‌های حدی وظایف خود را به‌طور کامل انجام دهند ولی پس از رسیدن به آن‌ها قادر به انجام وظایف خود نبوده و برای بهره‌برداری دیگر مفید نخواهند بود.

استفاده از این روش طراح را ملزم می‌سازد که به هنگام آنالیز،ضرایب تشدید بار و در هنگام طراحی ضرایب کاهش ظرفیت مصالح را متناسب با نوع بار و بارگذاری اعمال کند که مبنای طراحی در حالت حدی نهایی است و سپس کنترل عرض ترک و بیشترین تغییر شکل بر مبنای حالت حدی بهره‌برداری انجام پذیرد. در این مرحله بارهای اعمالی در حد خدمت و یا بدون ضریب بوده و ضرایب کاهش ایمنی مقاومت نیز برابر واحد درنظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

از آیین‌نامه‌های معتبر در زمینه طراحی سازه‌های آبی به ویژه برای تعیین فاکتور هیدرولیکی، ضرایب تشدید بار و کاهش ظرفیت مصالح، آیین‌نامه بتن آمریکا[1] و راهنمای طراحی مهندسین ارتش آمریکا[2] را می‌توان نام برد.

۵-۷- مصالح مصرفی

۵-۷-۱- فولاد

میلگردهای خمشی، برشی و حرارتی عمدتاً از فولاد S300 با مقاومت مشخصه تسلیم $f_y = 3000$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

در صورت ضرورت استفاده از میل مهار به منظور تأمین پایداری سازه و نیاز به کسب مقاومت بالا می‌توان از فولاد S400 با مقاومت مشخصه $f_y = 4000$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استفاده کرد.

۵-۷-۲- بتن

از عوامل مهم برای تعیین مقاومت مشخصه فشاری بتن در سازه‌های گفته‌شده، میزان تنش ایجادشده در سازه‌ها و سرعت عبور جریان آب از روی سازه است. چون علاوه بر نیاز به مقاومت کافی در برابر بارهای اعمالی، نباید سازه در مقابل جریان دچار فرسایش شود. بنابراین برای سازه‌هایی که در معرض جریان آب با سرعت کمتر از ۱۲ متر بر ثانیه هستند، عموماً مقاومت مشخصه بتن $f'_c = 250$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع کافی است. معمولا سازه ورودی، شفت، بخش تحت فشار مجرای تخلیه و اتاق کنترل دریچه مشمول این مطلب می‌شوند.

در مورد دیگر بخشها یعنی بخش دوم مجرای تخلیه که در معرض جریان آزاد آب است و حوضچه آرامش که سرعت جریان در آن‌ها عموماً بالای ۱۲ متر بر ثانیه می‌باشد، بتن مصرفی دست کم باید دارای مقاومت مشخصه فشاری $f'_c = 300$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.

در صورت استفاده از بتن‌های حجیم که عمدتاً نقش پرکننده را دارند، بتن با مقاومت مشخصه فشاری $f'_c = 200$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع کافی است. همچنین برای بتن پاکیزگی یا مگر $f'_c = 120$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

۵-۸- جزئیات اجرایی

عموماً سازه ورودی یا مجرای آبگیر به‌وسیله درز انقباض از سازه شفت جدا می‌شود. استفاده از نوار آب‌بند در محل این درز برای جلوگیری از نشت آب به‌داخل شفت در هنگام بسته بودن دریچه کنترل از رأس الزامی است. درزهای ساخت با توجه به امکانات پیمانکار و یا هندسه سازه تعیین می‌شود. لزوم استفاده از نوار آب‌بند معمولا با صلاحدید کارشناسان زمین‌شناس و مکانیک سنگ و با توجه به ویژگی‌های سنگ (مثل شسته شوندگی و...) تعیین می‌شود. در صورت وجود آبگذر معمولا بین هر دو بلوک از درز انقباض استفاده می‌شود. در این حالت استفاده از نوار آب‌بند الزامی است.

1 - ACI 350R
2 - US Army Corps of Engineers

omoorepeyman.ir

اتاق کنترل دریچه به‌وسیله درز انقباض از تونل جدا می‌شود. باز هم لزوم استفاده از نوار آب‌بند در محل درزهای انقباضی در ابتدا و انتهای اتاق ضروری است. در انتهای مجرای تخلیه درز انقباض استفاده می‌شود و در سامانه مستهلک‌کننده انرژی عموماً از ترکیب درزهای انقباض- درزهای ساخت و کنترل ساخت استفاده می‌شود. نوار آب‌بند حتماً در محل درزها لازم‌الاجرا است. در سازه‌های آبی از پیش‌بینی درز انقباض در راستای عمود بر مسیر جریان حتی‌الامکان باید اجتناب کرد.

حداقل ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها برای سازه‌های ذکرشده در این مجموعه ۷/۵ سانتی‌متر است.

برای محاسبه طول مهاری و طول وصله می‌توان از آئین‌نامه‌های معتبر مثل آئین‌نامه بتن ایران و یا آمریکا استفاده کرد.

در سازه‌هایی که دارای رفتار تنش و یا کرنش مسطح می‌باشند، به منظور کنترل عرض ترک ناشی از تنش‌های حرارتی باید حتماً از آرماتورهای حرارتی عمود بر صفحه استفاده شود، اما در سازه‌های با رفتار سه‌بعدی، ضرورتی برای استفاده از آرماتور حداقل حرارتی علاوه بر آرماتور خمشی محاسباتی نمی‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود آرماتورهای رویی همواره در جهت جریان آب قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۶

ضوابط طراحی تجهیزات هیدرومکانیکی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶-۱- کلیات

تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی شامل تجهیزاتی است که در قسمت‌های مختلف سازه تخلیه‌کننده به منظور بهره‌برداری آسان و مطمئن از سامانه تخلیه‌کننده سد نصب می‌گردند.

این تجهیزات معمولا شامل یک دریچه برای تنظیم جریان خروجی (دریچه سرویس)، یک دریچه به عنوان دریچه اضطراری برای بستن مجرا در صورت عدم عملکرد دریچه سرویس و یا تعمیرات احتمالی آن، پوشش فلزی در قسمتی یا کل مجرا و یک دریچه در قسمت ورودی به عنوان دریچه تعمیراتی رأس برای انجام تعمیرات احتمالی پایین‌دست (پوشش فلزی و دریچه اضطراری) می‌باشند. در صورتی‌که به دلیل مشکلات سازه‌ای، امکان اجرای دریچه رأس تعمیراتی نباشد از دریچه تاشو[1] برای تعمیرات احتمالی دریچه اضطراری استفاده می‌شود. همچنین در موارد خاص از شیرهای خروجی به عنوان تنظیم‌کننده جریان به جای دریچه سرویس استفاده می‌شود.

به غیر از تجهیزات ذکرشده که تجهیزات اصلی تخلیه‌کننده می‌باشند، تجهیزات دیگری مانند بالابر دریچه‌ها (الکترومکانیکی، هیدرولیکی)، جرثقیل‌های تعمیراتی و سامانه‌های برق و کنترل به عنوان تجهیزات جانبی مطرح می‌باشند.

۶-۲- معیارهای انتخاب نوع تجهیزات

در این بخش شیوه انتخاب تجهیزات برای سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی به تفکیک برای قسمت‌های ورودی و خروجی بحث و بررسی می‌شود.

۶-۲-۱- دریچه‌های تعمیراتی

الف- دریچه تعمیراتی رأس

به طور معمول برای انجام تعمیرات احتمالی پایین‌دست (پوشش فلزی و دریچه اضطراری) در تخلیه‌کننده‌ها یک سری دریچه تعمیراتی رأس در دهانه ورودی در نظر گرفته می‌شود.

مانور این دریچه در فشار متعادل (عدم وجود جریان) انجام می‌پذیرد. برای ایجاد تعادل فشار در مجرا، از شیر کنارگذر[2] استفاده می‌شود.

سامانه مانور این دریچه‌ها با توجه به مکان قرارگیری سکوی مانور، شامل سامانه الکترومکانیکی (وینچ) یا مکانیکی ثابت یا متحرک است. مسیر حرکت دریچه و سکوی مانور معمولا با توجه به توپوگرافی اطراف دهانه ورودی و مسائل سازه‌ای به صورت قائم (برج) و یا به صورت مسیر شیبدار (ریلی) است و ترجیحاً رقوم سکوی مانور باید بالاتر از رقوم عادی بهره‌برداری باشد. اگر به علت مسائل سازه‌ای و دیگر محدودیتها بالابردن رقوم سکو تا رقوم عادی بهره‌برداری امکانپذیر نباشد، دست کم باید ۱ الی ۲ ماه از سال، امکان دسترسی به سکوی مزبور براساس بهره‌برداری عادی از مخزن وجود داشته باشد. در دریچه‌های تعمیراتی رأس، معمولا ورق رویه و آب‌بندها در پایین‌دست قرار می‌گیرند. شیوه انتخاب دریچه، کاملاً بستگی به نوع مسیر حرکت آن دارد. هنگامی که مسیر

1 - Flap gate
2 - By-pass

omoorepeyman.ir

حرکت دریچه قائم است هدایت دریچه در شیار معمولا توسط راهنمای جانبی انجام می‌شود و دریچه از نوع لغزشی[1] انتخاب می‌شود. اما وقتی که مسیر حرکت به صورت شیبدار است، دریچه از نوع چرخدار[2] انتخاب می‌شود و هدایت آن از سکو به محل نشیمنگاه، توسط چرخ‌هایی که بر روی ریل حرکت می‌کنند انجام می‌پذیرد.

سامانه مانور برای دریچه‌های تعمیراتی رأس با توجه به ابعاد، نوع دریچه و مکان قرارگیری سکو تعیین می‌شود. معمولا برای دریچه با ابعاد کوچک و وزن کم (تقریباً کمتر از ۵ تن) که مانور آن‌ها از سکویی پایین‌تر از رقوم عادی بهره‌برداری انجام می‌شود، سامانه مانور از نوع مکانیکی به همراه سازه مناسب برای نصب جرثقیل انتخاب می‌شود و برای دریچه‌های با ابعاد بزرگ و وزن زیاد (بالاتر از ۵ تن) در صورت امکان سامانه مانور در بالای رقوم عادی بهره‌برداری استقرار می‌یابد و از نوع الکترومکانیکی (وینچ) ثابت استفاده می‌شود. در صورتی‌که به دلیل مسائل سازه‌ای امکان استقرار سکوی مانور در بالای رقوم عادی بهره‌برداری نباشد، در مرحله اول گزینه استفاده از سامانه الکترومکانیکی متحرک و انتقال آن توسط جرثقیل ماشینی به محل سکوی مانور در مواقع لزوم و در مرحله بعدی استفاده از سامانه مانور مکانیکی مطرح است. بدیهی است استفاده از این روش‌ها با توجه به وزن زیاد تجهیزات، فقط در مواقع خاص که روش‌های معمولی ذکرشده امکانپذیر نباشد، پیشنهاد می‌شود.

هنگامی‌که به لحاظ استقرار چند دریچه راس، امکان استفاده از یک بالابر مشترک برای آن‌ها وجود داشته باشد، جرثقیل دروازه‌ای به عنوان سامانه مانور مشترک برای این دریچه ها کاربرد دارد .

سرعت بالابری و پایین‌بری دریچه‌های رأس بسته به ابعاد و مسیر حرکت از ۰/۸–۰/۳ متر بر دقیقه پیشنهاد می‌شود.

در مواقعی که فاصله دریچه سرویس تخلیه‌کننده تا دهانه ورودی کم باشد و یا به عبارت دیگر طول پوشش فلزی چندان زیاد نباشد، می‌توان با انتقال دریچه اضطراری به دهانه ورودی، دریچه رأس را حذف کرد. لازم به ذکر است این روش در تعداد معدودی از طرح‌های خاص استفاده شده و به عنوان یک روش عمومی پیشنهاد نمی‌شود.

با توجه به اینکه لازم است این نوع دریچه در حالت اضطراری (عبور جریان از دهانه) قابلیت بسته‌شدن را داشته باشد، برای غلبه بر اصطکاک‌های موجود، معمولا از نوع چرخدار استفاده می‌شود. مانور این دریچه به طور معمول توسط سروموتور هیدرولیکی که توسط میله‌های رابط[3] به دریچه متصل است انجام می‌پذیرد.

در چنین حالتی که سامانه مانور، قابلیت مانور دریچه در شرایط نامتعادل فشار (تحت جریان) را دارد، به‌جای شیر کنارگذر می‌توان از کراکینگ[4] استفاده کرد. در این حالت ابتدا دریچه توسط سروموتور به میزان کمی بالابرده می‌شود (کراکینگ) و بعد از ایجاد تعادل فشار در دو طرف، دریچه به طور کامل به بالا کشیده می‌شود.

ب- دریچه تاشو[5]

در موارد خاص که به علت محدودیت‌های توپوگرافی و سازه‌ای، امکان ایجاد سازه‌ای برای قرارگیری دریچه رأس وجود ندارد، برای انجام تعمیرات احتمالی دریچه اضطراری از یک دریچه تاشو در داخل قاب دریچه اضطراری استفاده می‌شود. حرکت این دریچه به صورت لولایی است و معمولا سامانه مانور آن مکانیکی (پیچ قدرت) و یا هیدرولیکی است.

omoorepeyman.ir

1 - Slide gate
2 - Fixed wheel gate
3 - Link road
4 - Cracking
5 - Flap gate

همان‌گونه که ذکر شد استفاده از این دریچه به عنوان یک روش عمومی توصیه نمی‌گردد و پیشنهاد می‌شود تا حد امکان از دریچه رأس به عنوان دریچه تعمیراتی استفاده گردد.

۶-۲-۲- دریچه‌های سرویس و اضطراری

در سامانه تخلیه‌کننده معمولا از دو دریچه به طور متوالی استفاده می‌شود. یک دریچه برای تنظیم و هدایت جریان خروجی تحت عنوان دریچه سرویس، و دریچه دیگر در بالادست دریچه سرویس به منظور بستن مجرا در هنگام بروز مشکل در دریچه سرویس، که دریچه اضطراری نامیده می‌شود.

این دریچه‌ها در شرایط فشار نامتعادل (تحت جریان) مانور می‌کنند و سامانه مانور آن‌ها معمولا بالابرهای هیدرولیکی (سروموتور) است. دریچه سرویس به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که قابلیت باز و بسته شدن در حالت عبور جریان را داشته باشد و در درصد گشودگی‌های مختلف (بیشتر از ۱۰٪) جریان خروجی را تنظیم نماید. دریچه اضطراری تنها قابلیت بسته شدن در شرایط نامتعادل را دارد و باز کردن دریچه اضطراری در فشار متعادل انجام می‌پذیرد. (تعادل فشار توسط شیرهای کنارگذر ممکن است). مسئله مهم در این دریچه‌ها، انتخاب نوع مناسب دریچه (با در نظر گرفتن ابعاد و بار آب طراحی) است.

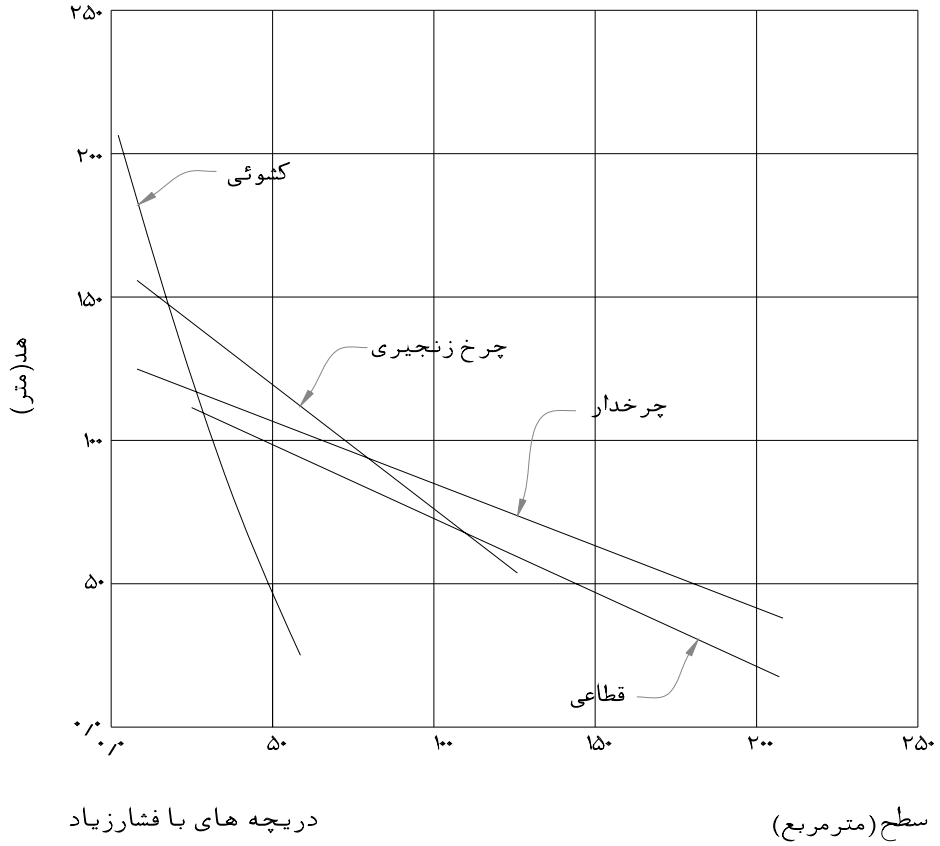
گشودگی دریچه سرویس به میزان کمتر از ۱۰٪ به علت خوردگی سریع آب بند کف، اثر ارتعاش دریچه‌ها و دیگر مشکلات بر مبنای تست‌های مدل و تجربیات عملی در سدهای مختلف، به هیچ وجه پیشنهاد نمی‌شود.

معمولا برای دریچه‌های سرویس و اضطراری با ابعاد مقطع نسبتاً کوچک، دریچه‌های کشویی پیشنهاد می‌شود. این دریچه‌ها قابلیت مانور در بار آب‌های بالا را نیز دارا می‌باشند. برای مقاطع بزرگ که دارای بار آب کم یا متوسط می‌باشند، دریچه‌های قطاعی به عنوان دریچه سرویس پیشنهاد می‌شود. استفاده از دریچه قطاعی به عنوان دریچه سرویس باعث کنترل بده و هدایت بهتر جریان و همچنین کاهش نیروی بالابری و کاهش وزن تجهیزات می‌شود. لیکن نکته مهم در استفاده از این نوع دریچه‌ها محفظه‌دار نبودن دریچه[1] و امکان پاشیده شدن آب به داخل اتاق تخلیه‌کننده در هنگام مانور دریچه یا استفاده از آن در حالت نیمه باز است که برای جلوگیری از رخداد این پدیده، ماشین‌کاری سطوح ورق رویه دریچه و استفاده از آب‌بند دومی برای آب‌بندی دریچه در هنگام مانور پیشنهاد می‌شود.

چنانچه ابعاد دهانه و بار آب در حد متوسط باشد استفاده از دریچه‌های چرخدار به عنوان دریچه اضطراری معمول‌تر است. استفاده از این نوع دریچه در ابعاد بزرگ باعث کاهش قابل توجه نیروی بالابری می‌شود اما به دلیل امکان رخداد ارتعاشات بیشتر نسبت به دریچه کشویی به علت سطح اتکای کمتر فقط در دریچه‌های اضطراری که استفاده کمتری از آن‌ها صورت می‌گیرد و مانور آن‌ها به صورت کاملاً باز یا بسته است، آن‌ها را پیشنهاد می‌کنند. ضمن اینکه در این نوع دریچه‌ها فضای مورد نیاز برای شیار عبوری دریچه به علت چرخدار بودن آن‌ها بزرگ است و امکان رخداد پدیده خلاء زایی افزایش می‌یابد. این موضوع با توجه به پروژه‌هایی که تاکنون انجام شده توسط اربیستی[2] به صورت منحنی‌هایی نمایش داده شده است. (شکل۶-۱)

omoorepeyman.ir

1 - Bonnetted gate
2 - Erbisti



شکل۶-۱- نمودار انتخاب نوع دریچه‌های تحت فشار نسبت به پارامترهای سطح مقطع و بار طراحی

پیشنهاد انتخاب این نوع دریچه‌ها مطابق شرایط گفته‌شده با توجه به مسائل مربوط به هدایت جریان، نیروی بالابری، شیوه آب‌بندی و... انجام پذیرفته است.

سامانه آب‌بندی دریچه‌های سرویس و اضطراری در دریچه‌های کشویی، استفاده از برنز بر روی صفحات فولادی ضد زنگ است و در مواردی که از دریچه‌های چرخدار و یا قطاعی استفاده می‌شود آب‌بندها لاستیکی است. استفاده از برنز به علت ضریب اصطکاک کمتر نسبت به لاستیک و کاهش نیروی بالابری در دریچه‌های کشویی است و در دریچه‌های چرخدار که سطح اتکا آن‌ها چرخ‌ها می‌باشند از آب‌بند لاستیکی استفاده می‌شود، ضمن اینکه مقاومت برنز در مقابل خوردگی به مراتب از لاستیک بیش‌تر است. ولی در نقطه مقابل، لاستیک به علت امکان تنظیم و فشردگی آن آب‌بندی بهتری را تضمین می‌نماید.

سامانه مانور دریچه‌های سرویس و اضطراری به طور معمول بالابرهای هیدرولیکی[1] می‌باشد. اتصال سروموتور به دریچه باید به‌گونه‌ای باشد که جداسازی را برای تعمیرات آسان کند. بدین‌منظور برای اتصال میله پیستون به دریچه باید از مهره‌هایی که قابل قفل کردن بوده و در مقابل خوردگی مقاوم باشند، استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

1 - Servomotor

قطعات اصلی تشکیل‌دهنده سروموتور عبارتند از سیلندر، پیستون و شافت متصل به آن که باید از فولاد ضد زنگ با روکش کروم باشد. این مجموعه با اتصال به واحد قدرت هیدرولیکی، سامانه مانور دریچه‌های سرویس و اضطراری را تشکیل می‌دهند.

سرعت مانور این دریچه‌ها معادل ۰/۳ الی ۰/۴ متر بر دقیقه پیشنهاد می‌شود. لیکن در صورت عدم امکان هوادهی مناسب و کافی بین دو دریچه در حالت عدم عملکرد دریچه سرویس، سرعت بستن دریچه اضطراری را می توان ۳ متر بر دقیقه در نظر گرفت.

از دیگر دریچه‌هایی که به عنوان دریچه اضطراری استفاده شده است، دریچه حلقوی[1] است که البته با توجه به هزینه زیاد، پیچیدگی و بالابودن تکنولوژی ساخت و قرار گرفتن شفت سامانه بالابر در جریان، استفاده از آن پیشنهاد نمی‌شود.

۶-۲-۳- شیرهای سرویس

در بعضی مواقع که بستگی به پارامترهای مختلفی مانند کیفیت آب، میزان رسوب، سرعت جریان، میزان بده خروجی، قطر مجرا و... دارد ممکن است شیرهای مخروطی ثابت میان تهی (شیرهای هاول بانگر) به جای دریچه‌های سرویس در تخلیه‌کننده‌های عمقی مورد استفاده قرار گیرند. این شیرها عملکرد مناسبی از نظر آب‌بندی (در صورت بسته بودن کامل) دارند اما با توجه به این که سرعت بالای جریان و کیفیت نامناسب آب (که در تخلیه‌کننده‌های عمقی معمول است) باعث سایش و فرسودگی زود هنگام در محل خروج آب از شیر می‌شود، لذا به طور معمول استفاده از شیرهای ذکرشده در تخلیه‌کننده‌های عمقی پیشنهاد نمی‌شود.

۶-۲-۴- تجهیزات جانبی دریچه‌ها

تجهیزات جانبی مورد استفاده در تخلیه‌کننده‌های عمقی به شرح زیر می‌باشند:

الف- شیر کنارگذر[2]

شیر کنارگذر وظیفه ایجاد تعادل فشار در بالادست و پایین‌دست دریچه‌های رأس و یا اضطراری را به عهده دارد و عموماً در دریچه‌های رأس در داخل بدنه دریچه قرار دارد. در قسمت خروجی به‌منظور تعادل فشار بین دریچه‌های اضطراری و سرویس از لوله کنارگذر با قطر مناسب که مجهز به دو عدد شیر دروازه‌ای باشد، استفاده می‌شود.

(معمولا شیر اضطراری از نوع دستی، و شیر سرویس سامانه کنارگذر از نوع برقی و یا دستی انتخاب می‌شوند).

ب- سامانه آب‌بندی دریچه‌ها

سامانه آب‌بندی در دریچه‌های تعمیراتی رأس با توجه به مانور آن‌ها در شرایط تعادل فشار از نوع لاستیکی است. این آب‌بندها باید دارای انعطاف‌پذیری کافی در هنگام جابه‌جایی دریچه و تحت فشار هیدرواستاتیک باشند. شکل‌های مختلفی از آب‌بندهای لاستیکی وجود دارد که تعدادی از آن‌ها به شرح زیر می‌باشند.

آب‌بندهای تخت که برای آب‌بندی قسمت نشیمنگاه دریچه استفاده می‌شوند.

آب‌بندهای j شکل، دو ساقه و L شکل که برای آب‌بندی قسمت‌های کناری و پیشانی دریچه‌ها به‌کار می‌روند.

لاستیک‌های آب‌بندی از نوع لاستیک مصنوعی یا طبیعی بوده و دست کم دارای خصوصیات فیزیکی زیر خواهند بود.

1 - Ring follower gate
2 - By -pass

omoorepeyman.ir

سختی شور (نوع A)	۶۵ ± ۵
حداقل تغییر طول ارتجاعی	٪۳۰۰
حداکثر جذب آب	٪۵
حداقل مقاومت کشی	۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
ضریب اصطکاک لاستیک بر روی فولاد	۰/۷

سامانه آب‌بندی در دریچه‌های سرویس و اضطراری کشویی معمولا به صورت آب‌بندی برنز بر روی استیل است که این روش نیاز به دقت بالای ماشین‌کاری سطوح آب‌بندی دارد. علت استفاده از برنز به جای لاستیک، کاهش ظرفیت سامانه بالابر به‌واسطه نیروی اصطکاکی کمتر است.

در دریچه‌های سرویس و اضطراری با بار آب بالا و ابعاد بزرگ که از دریچه‌های چرخدار یا قطاعی استفاده می‌شود، آب‌بندها از نوع لاستیکی به‌شرح فوق می‌باشند.

ج – سامانه‌های برق و کنترل تجهیزات

تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز تجهیزات از طریق تابلوی توزیع فرعی که معمولا در نزدیکی یا داخل اتاق تخلیه‌کننده‌ها تعبیه می‌شود، انجام می‌پذیرد. تابلوی توزیع فرعی نیز از تابلوی توزیع اصلی، مستقر در اتاق کنترل مرکزی تغذیه می‌شود.

برای مانور و نظارت بر عملکرد تجهیزات هیدرومکانیکی تخلیه‌کننده‌های عمقی ، سامانه‌های کنترل پیش‌بینی می‌شود. این سامانه‌ها در دو سطح محلی و از راه دور عمل خواهند کرد. برای کنترل محلی همه تجهیزات، تابلوهای کنترل محلی نصب خواهد شد. از طریق این تابلوها فرمان‌های لازم برای مانور تجهیزات اعمال می‌شود. برای بالابردن قابلیت کنترل و نظارت بر عملکرد همه تجهیزات، یک تابلو کنترل مرکزی در اتاق کنترل سد نصب شده است که امکان کنترل تجهیزات از راه دور را امکانپذیر می‌سازد.

برای هر دریچه (سرویس و اضطراری) یک نشان‌دهنده بازشدگی مکانیکی که در کنار سیلندر هیدرولیک آن نصب شده و از تابلوی کنترل قابل رویت باشد، پیش‌بینی می‌شود. افزون بر این، دریچه سرویس باید به یک نشان‌دهنده بازشدگی الکتریکی برای نمایش وضعیت روی تابلوی کنترل مجهز باشد. انجام همه عملیات بازکردن و بستن دریچه‌های سرویس، اضطراری و دریچه رأس تعمیراتی توسط تابلوهای کنترل محلی انجام می‌پذیرد اما به طور معمول کنترل از راه دور فقط برای بستن اضطراری مجرا توسط دریچه اضطراری است و در دیگر موارد مانند مانور دریچه سرویس و مانور دریچه تعمیراتی رأس به علت امکان رخداد خطر در پایین‌دست به‌واسطه باز و بسته کردن مجرای تخلیه‌کننده و لزوم حضور بهره‌بردار در هنگام مانور در نزدیکی تجهیزات، کنترل از راه دور انجام نمی‌شود و فقط وضعیت باز یا بسته بودن دریچه‌ها و میزان گشودگی دریچه سرویس بر روی تابلوی کنترل مرکزی نشان داده می‌شود.

د – جرثقیل تعمیراتی اتاق تخلیه‌کننده عمقی

به‌منظور انجام تعمیرات احتمالی و نصب تجهیزات اتاق تخلیه‌کننده عمقی از یک عدد جرثقیل تعمیراتی استفاده می‌شود. این جرثقیل باید قابلیت انتقال و جابه جایی همه تجهیزات داخل اتاق را داشته باشد و ظرفیت و نوع آن با توجه به سنگین‌ترین قطعه

omoorepeyman.ir

داخل اتاق و شیوه نصب و تعمیرات تجهیزات انتخاب می‌شود. ارتفاع قلاب ازکف اتاق باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که قابلیت مونتاژ و دمونتاژ تجهیزات به سهولت امکانپذیر باشد.

به‌منظور تعیین ارتفاع اتاق ، ارتفاع دریچه، کورس سروموتور و سرانجام ارتفاع سروموتور محاسبه شده، سپس فاصله حداقل یک متری از بالای سروموتور تا نوک قلاب در نظر گرفته می‌شود و با توجه به این موارد ارتفاع اتاق تخلیه‌کننده محاسبه می‌گردد.

به‌طور معمول و با توجه به ابعاد و وزن نسبتاً بالای تجهیزات تخلیه‌کننده‌ها از جرثقیل‌های تعمیراتی الکتریکی استفاده می‌شود. تمامی حرکت‌های جرثقیل باید الکتریکی بوده و بالابر آن از نوع کابلی باشد. ضمناً همه موتورها، قطعات و متعلقات اصلی به‌منظور کار در محیط با رطوبت زیاد طراحی می‌گردد.

هـ- شیرهای تخلیه هوا و هوادهی

به‌منظور تخلیه هوای بین دریچه‌های سرویس و اضطراری به هنگام ورود آب به این قسمت، برای حفظ تعادل فشار توسط سامانه کنارگذر بر روی درپوش قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری، از شیرهای هوای اتوماتیک[1] استفاده می‌شود

همچنین برای هوادهی بین دریچه‌های سرویس و اضطراری (درصورت نیاز و با توجه به نتایج تست مدل) از شیرهای هوادهی دیسکی[2] به تعداد و قطر مناسب استفاده می‌شود.

و- سامانه تأمین‌کننده فشار هیدرولیکی جک‌ها[3]

جک‌های هیدرولیک دریچه‌های سرویس و اضطراری از واحد تأمین‌کننده فشار هیدرولیکی تغذیه می‌شوند. این سامانه مجهز به همه تجهیزات لازم شامل شیرهای کنترلی، لوله‌کشی، اتصالات، کلیدهای حدی، واحد پمپاژ روغن، نشانگرها و دیگر تجهیزات می‌باشد. واحد پمپاژ باید مجهز به دو سری موتور پمپ روغن، یکی برای بهره‌برداری عادی و دیگری به عنوان ذخیره باشد که پمپ دوم به صورت اتوماتیک در هنگام خرابی پمپ اول وارد مدار شود. سامانه پمپاژ روغن باید به‌گونه‌ای باشد که در یک زمان یک پمپ قادر به بازکردن یک دریچه باشد.

ز – پیچ و مهره‌ها و اتصالات

همه پیچ و مهره‌های نگهدارنده آب‌بندها باید از نوع فولاد زنگ نزن[4] باشد. دیگر پیچ‌ها و مهره‌های استفاده‌شده در تجهیزات خارج از آب نیز با توجه به رطوبت موجود در اطراف تجهیزات، باید از نوع فولادی با روکش گالوانیزه گرم انتخاب شوند.

۶-۳- آنالیز و محاسبات سازه‌ای تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی

در این بخش تجهیزات هیدرومکانیکی که معمولا برای سامانه تخلیه‌کننده‌های عمقی سدها مورد استفاده قرار می‌گیرند، به تفکیک از لحاظ آنالیز و محاسبات سازه‌ای بحث و بررسی می‌شوند.

1 - Automatic air valve
2 - Disc valve
3 - Power unit
4 - ST-ST

omoorepeyman.ir

۶-۳-۱- دریچه‌ها[1]

همان‌گونه که در بخش قبلی گفته شد، دریچه‌های مورد استفاده در سامانه تخلیه‌کننده عمقی عمدتاً دریچه‌های کشویی[2] یا چرخدار[3] به عنوان دریچه‌های تعمیراتی رأس و اضطراری، دریچه‌های کشویی یا قطاعی[4] به عنوان دریچه سرویس تخلیه‌کننده می‌باشند.

این دریچه‌ها به شکل یک قاب فولادی هستند که از دو قسمت عمده تشکیل می‌شوند. یکی بخش متحرک دریچه[5] که توسط سامانه بالابر، دریچه بالا یا پایین برده می‌شود و دیگری بخش ثابت که محل حرکت دریچه است و به عنوان تکیه‌گاه دریچه یا مسیر حرکتی دریچه عمل می‌کند. بخش متحرک شامل صفحه پوسته، تیرهای اصلی و تقویت‌کننده‌ها، بخش ثابت شامل قاب دریچه، صفحات تکیه‌گاهی و مهاربندها است.

ورق رویه در بالادست یا پایین‌دست دریچه می تواند قرار بگیرد و معمولا در دریچه‌های پایین‌دست (سرویس و اضطراری که وظیفه تنظیم جریان را دارند) به منظور جلوگیری از آسیب‌های احتمالی ناشی از رسوب و هدایت بهتر جریان از زیر دریچه، در بالادست دریچه قرار می‌گیرد.

هندسه انتهایی دریچه‌های خروجی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است و در تعیین نیروهای هیدرودینامیکی وارد بر دریچه مانند نیروهای پایین‌کشنده، ارتعاشات و خلاءزایی نقش اصلی خواهد داشت.

در این باره استفاده از نتایج تست مدل تجربی و نمودارهای کتاب دریچه‌ها و شیرهای هیدرولیکی[6] پیشنهاد می‌شود.

بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت این دریچه‌ها به تناسب اهدافی که بر آن اساس به کار می‌روند، باید چنان شکلی داشته باشند که کمترین ارتعاش و نوسانات در مدت عبور جریان از زیر آن‌ها، اتفاق بیفتد و قابلیت بالاروی یا پایین‌روی توسط بالابر در سرعت‌های مشخص‌شده را دارا باشند و نیروهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی وارده به سازه دریچه را به‌طور مناسبی تحمل نمایند.

طراحی و آنالیز سازه‌ای دریچه‌های ذکرشده دارای مبانی و اصول مشترکی است که بر مبنای استانداردهای مختلف و روابط مقاومت مصالح استوار شده است.

از مهم‌ترین استانداردهایی که در کشور ایران برای طراحی دریچه‌ها از آن استفاده می‌شوند، استانداردهای آلمان[7] و ژاپن است که بر همین مبنا، مراحل مختلف طراحی و آنالیز سازه‌ای دریچه‌ها به ترتیب اولویت انجام می‌شود.

۶-۳-۱-۱- بارگذاری[8]

نخستین گام در طراحی یک دریچه تعیین بارهای وارد بر سازه دریچه است. عمده‌ترین و موثرترین بارهای وارد بر دریچه، فشار هیدرواستاتیک در حالت تراز عادی و حداکثر بهره‌برداری مخزن و فشار دینامیکی ناشی از زمین‌لرزه می‌باشند. (البته بارهای دیگری

1 - Gates
2 - Slide gate
3 - Fixed wheel gate
4 - Tainter
5 - Gate leaf
6 - Hydraulic gates and valves
7 - DIN 19704
8 - Loading

omoorepeyman.ir

مانند فشار ناشی از موج، یخ، باد، برف، تغییر دما نیز بر دریچه وارد می‌شوند که به علت تأثیر بسیار جزئی، بجز در موارد خاص، معمولا در محاسبات سازه‌ای در نظر گرفته نمی‌شوند).

بر همین مبنا در ابتدای طراحی، با محاسبه و مقایسه این مقادیر، بارگذاری غالب، تعیین، نیروهای وارد بر دریچه به طور دقیق مشخص می‌شوند.

فشار هیدرواستاتیک (بار آب بالادست دریچه) وارد بر دریچه، در حالت‌های زیر بررسی می‌شود:

حالت اول- تفاضل رقوم عادی بهره‌برداری مخزن و رقوم نشیمنگاه دریچه (حالت NB)

حالت دوم- تفاضل رقوم حداکثر مخزن و رقوم نشیمنگاه دریچه (حالت BB)

حالت سوم- فشار دینامیکی در هنگام زمین‌لرزه (P_d) با فشار هیدرواستاتیک در حالت عادی (P_{NB}) جمع می‌شود و فشار کل حاصل می‌شود (حالت AL). به منظور تعیین فشار دینامیکی در هنگام زمین‌لرزه برای دریچه‌های رأس از فرمول‌های وسترگارد[1] یا زنگار[2] به شرح زیر استفاده می‌شود و برای دریچه‌های سرویس و اضطراری که در داخل تونل قرار دارند، رابطه زینکویچ[3] پیشنهاد می‌شود.

فرمول وسترگارد: $$P_d = \frac{7}{8} w_0 . K \sqrt{H.h}$$

فرمول زنگار: $$P_d = \frac{C_m}{2} \times \left[\frac{h}{H}(2-\frac{h}{H}) + \sqrt{\frac{h}{H}(2-\frac{h}{H})} \right] . w_0 . KH$$

فرمول زینکویچ: $$P_d = K . w_0 . C . T / 2\pi$$

که درآن P_d فشار دینامیکی (کیلوگرم بر متر مربع)، w_0 وزن حجمی آب(کیلوگرم بر متر مکعب)، K ضریب زمین‌لرزه، H عمق آب از رقوم عادی بهره‌برداری مخزن تا پی سد (متر)، h عمق آب از رقوم عادی بهره‌برداری تا نشیمنگاه دریچه (متر)، c سرعت صوت در آب (متربر ثانیه)، Cm ، مقدار C هنگامی‌که فشار دینامیکی حداکثر باشد (متر بر ثانیه) وT زمان نوسان موج در سنگ $T = 0.5$ ثانیه است.

معمولا هنگامی که وجه بالادست سد به شکل تقریباً قائم باشد (در بیشتر از نصف عمق کل) می‌توان از فرمول وسترگارد استفاده کرد و هنگامی که وجه بالادست دارای یک شیب ملایم باشد (سدهای خاکی) برای محاسبه فشار دینامیکی از فرمول زنگار استفاده می‌شود.

بعد از تعیین فشارهای هیدرواستاتیک و دینامیکی ناشی از زمین‌لرزه، با توجه به مقادیر تنش‌های مجاز برای فولادهای ساختمانی که به طور معمول در ساخت دریچه‌ها بکار می‌روند و با مقایسه بارها نسبت به تنش‌های مجاز در سه حالت ذکرشده، بارگذاری غالب تعیین می‌شود. به عبارت دیگر با تشکیل نسبت‌های $\frac{P_{BB}}{P_{NB}}$ ، $\frac{P_{AL}}{P_{NB}}$ ، $\frac{P_{AL}}{P_{BB}}$ و با مقایسه آن با نسبت‌های $\frac{\sigma_{BB}}{\sigma_{NB}}$ ، $\frac{\sigma_{AL}}{\sigma_{NB}}$ ، $\frac{\sigma_{AL}}{\sigma_{BB}}$ بارگذاری غالب مشخص می‌شود.

omoorepeyman.ir

1 - Westergard
2 - Zengar
3 - Zienkiewicz

جدول۶-۱- مقادیر تنش مجاز برای سه نوع فولاد ساختمانی رایج در ساخت دریچه‌ها

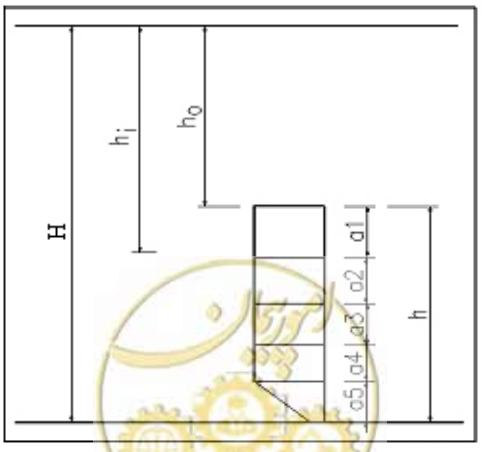
نوع تنش	نوع فولاد								
	ST۳۷			ST۴۲			ST۵۲		
	حالات بارگذاری								
	NB N/mm^2	BB N/mm^2	AL N/mm^2	NB N/mm^2	BB N/mm^2	AL N/mm^2	NB N/mm^2	BB N/mm^2	AL N/mm^2
تنش فشاری به دلیل خمش	۱۴۰	۱۶۰	۱۸۵	۱۵۱	۱۷۳	۲۰۰	۲۱۰	۲۴۰	۲۸۰
تنش کششی به دلیل خمش	۱۶۰	۱۸۰	۲۱۰	۱۷۳	۱۹۵	۲۲۸	۲۴۰	۲۷۰	۳۱۵
تنش برشی	۹۲	۱۰۴	۱۲۱	۱۰۰	۱۱۳	۱۳۱	۱۳۹	۱۵۶	۱۸۲
تنش ترکیبی	۱۸۰	۱۹۲	۲۱۶	۱۹۵	۲۰۹	۲۳۵	۲۷۰	۲۸۸	۳۲۴
تنش ترکیبی در صفحه رویه	۲۰۴	۲۰۴	۲۱۶	۲۲۲	۲۳۵	۲۳۵	۳۰۶	۳۰۶	۳۲۴

۶-۳-۱-۲- تعیین شکل، آرایش و قرارگیری تیرهای افقی وعمودی وضخامت ورقه رویه بااستفاده از آنالیز تنش

الف- دریچه‌های قائم

بعد از تعیین بار وارد بر دریچه، نسبت به آرایش و قرارگیری تیرهای افقی و عمودی اقدام می‌شود. آرایش تیرهای افقی و عمودی باید به‌گونه‌ای باشد که اولاً سازه دریچه با بهینه بودن مواد مصرفی و وزن آن در مقابل نیروهای وارده با توجه به تنش‌های مجاز به خوبی مقاومت نماید، ثانیاً امکان اجرایی و جوشکاری آسان از لحاظ عمق و نزدیکی تیرها فراهم شود.

برای رسیدن به بهترین حالت، می‌توان به روش سعی و خطا در چند مرحله نسبت به آرایش و قرارگیری تیرهای افقی و عمودی اقدام کرد تا دو شرط ذکرشده همزمان رعایت گردد و مناسب‌ترین گزینه انتخاب شود. به عنوان نمونه یکی از روش‌های مرسوم برای انتخاب قرارگیری تیرهای افقی در دریچه‌های با هد طراحی پایین، تقسیم ارتفاع دریچه به چند قسمت و سپس قرار دادن بار به نسبت تقسیم انجام‌شده در هر قسمت است.



شکل۶-۲- شیوه قرارگیری تیرهای افقی دریچه

omoorepeyman.ir

مطابق روابط زیر مقادیر فاصله تیرهای افقی به دست می‌آید:

$$q_{all} = \frac{1}{2}(H + h_{\circ}).\quad h$$

$$q_{1} = \frac{q_{all}}{2n} \quad , \quad a_i = \sqrt{h_i^2 + 2q_1} - h_i$$

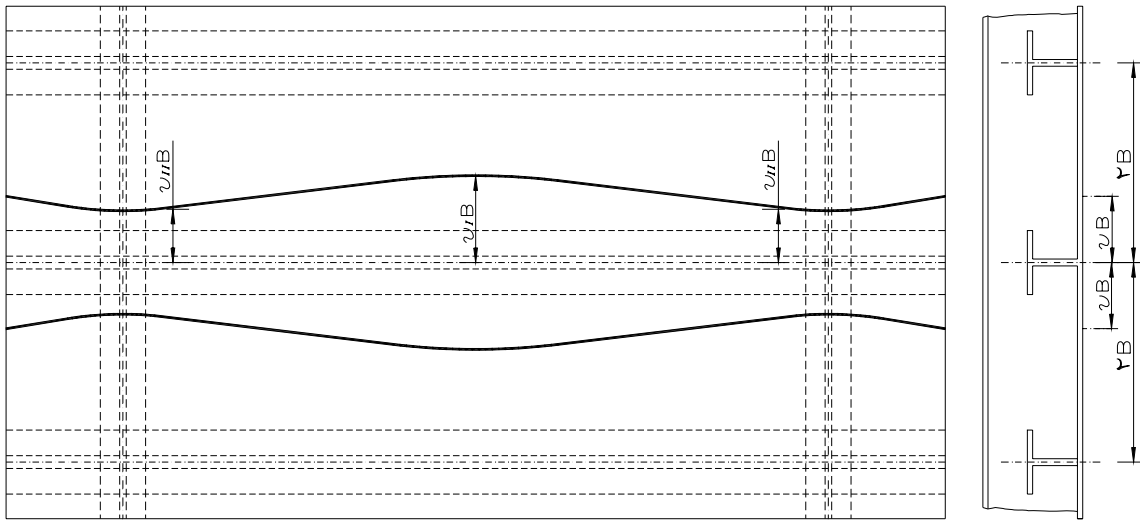
البته در دریچه‌هایی با هد متوسط و بالا، این فواصل مساوی در نظر گرفته می‌شود.

بعد از تعیین آرایش تیرهای افقی و عمودی، ورق رویه دریچه و همه تیرها از لحاظ مقاومت مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند.

به این منظور با در نظر گرفتن ضخامت اولیه برای ورق رویه و ابعاد برای جان و بال تیر افقی همه تنش‌ها محاسبه و بررسی می‌شود و در صورتی که این مقادیر از تنش‌های مجاز کوچک‌تر باشند و دیگر شرایط مانند خیز مناسب را نیز دارا باشد، تیر انتخاب‌شده به عنوان تیر مناسب ارزیابی می‌شود.

به‌منظور تعیین ضخامت اولیه برای ورق رویه می‌توان با استفاده از رابطه تنش خمشی در صفحات مسطح[1] و با قرار دادن تنش مجاز به جای مقدار تنش، کمترین ضخامت را محاسبه کرد.

اگر ورق رویه به تیر جوش داده شود و به عنوان یک سازه واحد عمل کند، باید عمل مشترک تیر و ورق رویه در نظر گرفته شود. (عرض موثر)



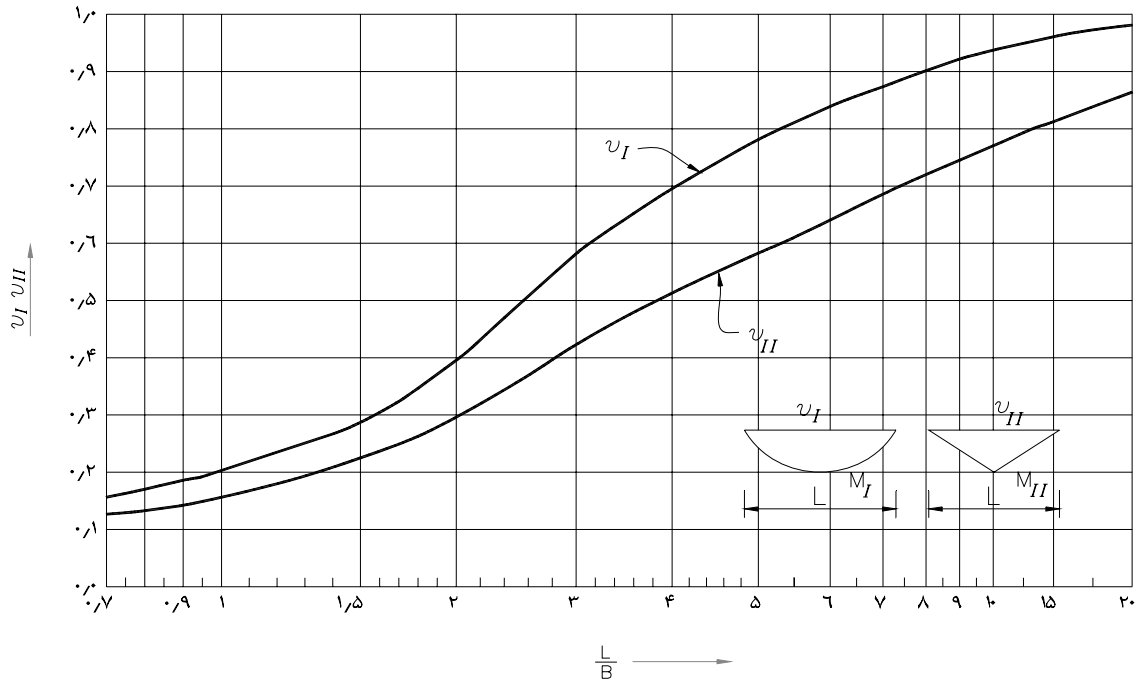
شکل ۶-۳- عرض موثر ورقه رویه

بر این اساس عرض موثر برابر با مقدار ($2\gamma B$) است که درآن γ ضریب بدون بعد و به نام ضریب کاهش است که با توجه به نسبت طول دهانه به نصف فاصله بین دو تیر متوالی $\left(\frac{L}{B}\right)$ مطابق شکل ۶-۴ به‌دست می‌آید.

1 - DIN 19704

omoorepeyman.ir

با محاسبه مقدار عرض موثر ($2\gamma B$) و با توجه به ابعاد جان و بال تیر، مدول مقطع تیر محاسبه و با استفاده از روابط مقاومت مصالح تنش‌های فشاری، کششی و برشی در نقاط مختلف تیرهای افقی و عمودی محاسبه و با تنش‌های مجاز مربوطه در حالت بارگذاری مقایسه می‌شود. همچنین در این مرحله بعد از کنترل تنش، خیز تیر محاسبه و با مقدار مجاز خیز مقایسه می‌شود.



شکل ۶-۴- ضریب کاهش

کنترل خیز تیر دریچه به‌دلیل این که آب‌بند نزدیک به تکیه‌گاه‌ها قرار می‌گیرد بسیار حائز اهمیت است و در بسیاری از مواقع اهمیت خیز از تنش بیشتر می‌شود.

خیز ورق رویه در دریچه‌های تخلیه‌کننده عمقی با آب‌بند لاستیکی به مقدار $\frac{L}{800}$ و در آب‌بندهای فلزی به مقدار $\frac{L}{2000}$ محدود می‌شود. مقدار (L) برای دریچه‌های چرخدار فاصله مرکز به مرکز چرخ‌ها و در دریچه‌های کشویی فاصله مرکز تا مرکز فشار گیر است.

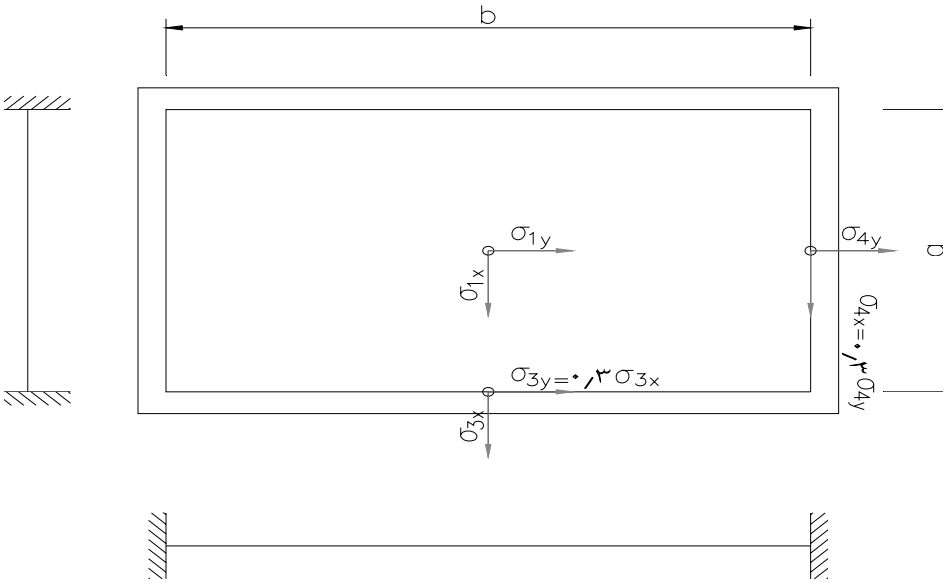
لازم به ذکر است که وقتی دریچه‌ای کاملا" زیر آب باشد و یا در معرض فرسایش و خوردگی باشد ضخامتی به عنوان خوردگی مجاز به ضخامت محاسباتی ورق رویه دریچه افزوده می‌شود که مطابق استانداردهای مختلف، این مقدار به میزان ۲ میلیمتر پیشنهاد می‌شود.

بعد از کنترل تنش در تیرهای افقی، تنش‌ها در ورق رویه بررسی می‌شود. بدین‌منظور با استفاده از رابطه تنش‌های خمشی در صفحات مسطح، با لحاظ کردن عرض و طول (a,b) بحرانی‌ترین شبکه حاصل از تقاطع تیرهای افقی و عمودی، همه تنش‌های وارده به ورق مطابق شکل محاسبه می‌شود و با تنش‌های مجاز مقایسه می‌شود. می‌توان با توجه به پارامترهای مهمی مانند $\frac{b}{a}$ و یا محل قرارگیری شبکه در دریچه و مطابق رابطه تنش‌های خمشی در صفحات مسطح، بحرانی‌ترین شبکه را از لحاظ تنش حداکثر به‌دست آورد.

omoorepeyman.ir

$$\sigma = \frac{k}{100} \quad \frac{P \times a^2}{t^4}$$

این رابطه مربوط به تنش خمشی در صفحات مسطح است که در آن k ضریب وابسته به عرض و طول شبکه و شیوه گیرداری و p بار وارد بر دریچه و t ضخامت ورق رویه است. (برای به‌دست آوردن مقدار k به استاندارد آلمان[1] رجوع شود).



شکل۶-۵- تنش‌های صفحات رویه

و سرانجام در آخرین مرحله، تنش‌های ترکیبی ناشی از تنش‌های ورق رویه و تنش‌های تیر، مطابق رابطه ون مایسز محاسبه و با تنش‌های مجاز مربوط به تنش ترکیبی مقایسه می‌شود. (در این مرحله تعیین دقیق نوع تنش فشاری و کششی از اهمیت خاصی برخوردار است) چنانچه در همه مراحل ذکرشده مقادیر تنش‌ها و خیز کمتر از مقدار مجاز باشد، طراحی تیرها و آرایش آن‌ها مناسب ارزیابی می‌شود.

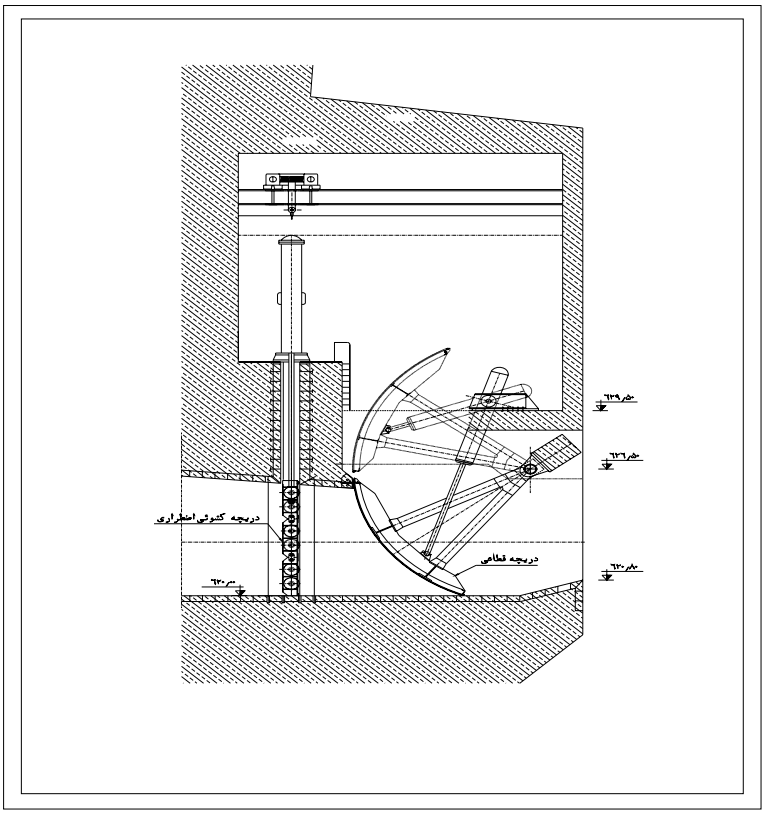
کنترل همه اتصالات جوشی و محاسبه تنش‌ها در جوش‌ها نیز از مراحل مهم طراحی دریچه‌ها است.

ب – دریچه‌های قطاعی

مبانی و کلیات طراحی دریچه‌های قطاعی مطابق با طراحی دریچه‌های قائم است. دریچه‌های قطاعی شامل یک سازه شعاعی، بازوها و دو عدد محور دوران (ترنیون) و پایه‌های مربوطه است. سازه شعاعی شامل پوسته فولادی، تیرها و تقویت کننده‌هاست که پوسته فولادی آن به‌صورت سطحی از یک استوانه است.

omoorepeyman.ir

1 - DIN 19704



شکل ۶-۶- شکل کلی دریچه قطاعی سرویس تخلیه‌کننده‌های عمقی

برای طراحی، ابتدا تعیین مؤلفه‌های نیروهای هیدرواستاتیکی و زاویه نیرو (α) در حالت‌های مختلف بارگذاری، به منظور تعیین بار غالب ضروری است. بعد از تعیین بار غالب مهم‌ترین مسئله در طراحی، قرارگیری مکان بازوها و تعیین زوایای F_1 و F_2 است. قرارگیری بازوها باید به‌گونه‌ای باشد که در دیاگرام گشتاور، میزان قدر مطلق گشتاورهای ماکزیمم تا حد امکان به هم نزدیک باشد که این موضوع سبب طراحی بهینه با حداقل وزن دریچه می‌شود. بعد از تعیین مکان بازوها، دیگر جزییات طراحی مانند تعیین ضخامت صفحه پوسته‌ای، قرارگیری تیرهای عمودی و افقی مانند مراحل طراحی دریچه‌های قائم است.

یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی دریچه‌های قطاعی تعیین جانمایی صحیح دریچه است به‌گونه‌ای که مکانیسم حرکت دریچه حول نقطه دوران، صحیح عمل کند و همه شرایط هیدرولیکی، هیدرواستاتیکی و دینامیکی به صورت مطلوب و مناسب تأمین شوند.

از نظر هیدرولیکی باید موقعیت مرکز دوران به‌گونه‌ای تعیین شود که با جریان خروجی هیچ‌گونه تداخلی نداشته باشد. بعد از آن تعیین موقعیت جک باید با توجه به رقوم کف اتاق به‌گونه‌ای انتخاب گردد که تا حد امکان کورس مفید جک، کاهش و دسترسی به جک در داخل اتاق امکانپذیر شود. با روش‌های هندسی مرکز دوران جک برای عملکرد صحیح مکانیسم حرکتی تعیین می‌شود.

۶-۳-۱-۳- محاسبات مربوط به چرخ‌ها، ریل‌ها و سطوح آب‌بندی

در صورتی‌که از دریچه چرخدار استفاده می‌شود، ابعاد چرخ‌ها باید طراحی و تعیین شوند. این چرخ‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که قادر به تحمل نیروی ناشی از حداکثر فشار هیدرواستاتیکی وارد بر دریچه بوده و این نیرو را به‌گونه مناسبی به ریل‌ها منتقل کنند.

omoorepeyman.ir

اندازه، تعداد و محل چرخ‌ها باید چنان تعیین شود که بتوانند با ایمنی، فشار هیدرولیکی و وزن دریچه را در هر موقعیت به هدایت‌کننده انتقال دهند.

برای محاسبه تنش‌های وارد بر چرخ رابطه هرتز پیشنهاد می‌شود.

$$\sigma = 0.418\sqrt{\frac{F.E}{B.R}}$$

که در آن F نیروی وارد بر چرخ، E مدول الاستیسیته، R شعاع و B طول خالص نشیمنگاه چرخ است. در این صورت تنش محاسبه‌شده باید کمتر از تنش لهیدگی در سطح تماس باشد. تنش لهیدگی مجاز، ارتباط مستقیم با سختی چرخ دارد که در استانداردهای آلمانی و ژاپنی مقادیر آن آورده شده است.

چرخ‌ها باید از فولادهای آلیاژی با سختی و استحکام بالا ساخته شده و جنس محور چرخ‌ها از فولاد مقاوم در مقابل خوردگی (ضد زنگ) باشد و دارای کمترین ضریب اصطکاک ممکن باشند.

برای محاسبه نیروی اصطکاک چرخ‌ها رابطه زیر از استاندارد ژاپنی پیشنهاد می‌شود.

$$F_W = \frac{(\mu_1 + \mu_2 \frac{d}{2})}{\frac{D}{2}} P$$

که در آن:

P = فشار کل هیدرواستاتیکی هنگام مانور

μ_1 = ضریب اصطکاک غلتشی چرخ معادل ۰/۱

μ_2 = ضریب اصطکاک لغزشی یاتاقان با توجه به کاتالوگ شرکت سازنده

d = قطر یاتاقان برحسب سانتیمتر

D = قطر چرخ برحسب سانتیمتر

۱- ریل‌ها و سطوح آب‌بندی باید صیقلی و دارای شکل صحیح و عاری از تاب‌خوردگی، پیچیدگی و برآمدگی باشند.

۲- ریل‌ها وسطوح درتماس با آب‌بندها باید توسط ورق‌ها یا مقاطع فولادی ضدزنگ‌که به سازه فولادی جوش داده شده‌اند، پوشیده شوند.

۳- ریل‌ها و سطوح آب‌بندی باید در مقابل بارهای هیدرواستاتیکی و نشت آب طراحی گردند.

۶-۳-۲- پوشش فلزی و قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری

به‌طور معمول در سدهای بتنی و یا خاکی به منظور هدایت جریان، محل قرارگیری دریچه‌های خروجی و قسمتی یا کل مسیر بالادست دریچه‌های سرویس و اضطراری، مجهز به پوشش فلزی (معمولا به صورت مقطع مستطیلی)[1] به همراه تقویت‌کننده‌ها[2] می‌شود.

امیر پیمان
omoorepeyman.ir

1 - Box
2 - Stiffeners

طول انتخابی و یا محل قرارگیری پوشش فلزی به عوامل مختلفی مانند مکان پرده تزریق، مکان اتاق دریچه‌های تخلیه‌کننده، میزان نفوذپذیری آب در سنگ و... بستگی دارد.

همچنین با توجه به اینکه دریچه‌های سرویس و اضطراری باید نسبت به اتاق دریچه‌ها آب‌بند باشد، بنابراین قاب این دریچه‌ها به صورت محفظه بسته[1] ساخته می‌شود. به همین دلیل با توجه به اینکه قاب دریچه‌ها نیز مانند پوشش فلزی به صورت تحت فشار عمل می‌کند، ضروری است از سازه با استحکام کافی به همراه تعداد مناسبی تقویت‌کننده استفاده شود.

صفحات نشیمنگاه آب‌بند و هادی دریچه باید از ورق‌های ضد زنگ ساخته شود. به علت حساسیت فوق‌العاده و نیاز به رواداری‌های توازی و تعامد این سطوح به‌منظور آب‌بندی مناسب دریچه‌ها، این ورق‌ها به دقت ماشین‌کاری می‌شوند و فرآیند ساخت قاب باید به‌گونه‌ای باشد که در پایان، دقت مورد نیاز حاصل گردد. (اتمام همه عملیات جوشکاری پیش از ماشین‌کاری نهایی و اتصال نهایی دو قطعه بالادست و پایین‌دست توسط پیچ و مهره و دیگر جزییات اجرایی برای حصول دقت بالا در رعایت رواداری‌ها)

طراحی و آنالیز سازه‌ای پوشش فلزی و قاب دریچه‌ها بعد از تعیین بارگذاری (نیروهای هیدرواستاتیکی) و لحاظ کردن فشارهای خارجی مانند فشار تزریق بتن و... به دو روش انجام می‌گیرد.

الف- استفاده از روابط مقاومت مصالح

در این روش بعد از تعیین آرایش تقویت کننده‌ها با استفاده از رابطه تنش خمشی در صفحات مسطح، ضخامت ورق اصلی مقطع محاسبه می‌شود. بعد از آن با در نظر گرفتن عملکرد مشترک ورق اصلی و تقویت کننده، مدول مقطع محاسبه می‌شود.

سپس با در نظر گرفتن مقطع به صورت قاب[2] با استفاده از روابط حاکم برقاب در مقاومت مصالح، ممان‌های وارده به قسمت‌های مختلف محاسبه و تنش‌های کششی و فشاری در نقاط مربوط به دست می‌آید و با تنش‌های مجاز کنترل می‌شود. تنش‌های برشی و ترکیبی نیز به همین ترتیب محاسبه و با تنش مجاز مقایسه می‌شود.

ب – روش المان محدود

در این روش با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای مانند انسیس[3] و نیسا[4] که مبتنی بر روش المان محدود می‌باشند همه تنش‌ها محاسبه و با تنش‌های مجاز کنترل می‌شوند. در این روش، درنظر گرفتن شرایط اولیه، شرایط مرزی و بارگذاری دقیق و همچنین تسلط کامل محاسب به نرم‌افزار مربوط از اهمیت بالایی در رسیدن به نتایج درست برخوردار است.

به طور کلی برای آنالیز سازه‌ای پوشش فلزی و قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری هر دو روش پیشنهاد می‌شود، به‌گونه‌ای که ابتدا آرایش تقویت‌کننده‌ها (استیفنرها) و جزئیات اولیه آن با روش محاسبات دستی تعیین و بعد از آن با روش رایانه‌ای نتایج به‌دست آمده از روش اول به صورت دقیق‌تر بررسی و به عبارت دیگر بهینه گردند.

1 - Bonnetted
2 - Frame
3 - Ansys
4 - Nisa

omoorepeyman.ir

۶-۳-۳- در پوش قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری

برای آب‌بندی کامل قاب دریچه‌های سرویس و اضطراری نسبت به اتاق دریچه‌ها و نصب سامانه بالابر (سروموتور) از یک درپوش در روی قاب استفاده می‌شود. این درپوش باید به‌گونه‌ای طراحی شود که اولاً در مقابل نیروی وارده از طرف آب و سامانه بالابر به خوبی مقاومت کند و ثانیاً عمل آب‌بندی به طور کامل (به کمک واشرهای لاستیکی) انجام پذیرد.

اتصال درپوش به قاب، توسط تعدادی پیچ انجام می‌شود که این امر مونتاژ و دمونتاژ درپوش به هنگام نصب یا تعمیرات دریچه‌ها را امکانپذیر می‌سازد.

طراحی درپوش قاب با استفاده از فرمول‌های مقاومت مصالح و یا آنالیز المان محدود امکانپذیر است اما مهم‌ترین مسئله، طراحی دقیق و آرایش صحیح پیچ‌های اتصالی است. برای طراحی پیچ‌های اتصالی افزون بر در نظر گرفتن فشار داخلی به علت اینکه سروموتور متصل به درپوش در هنگام زمین‌لرزه عملکرد پاندولی دارد، در نظر گرفتن بار دینامیکی و عملکرد پاندولی سروموتور و تأثیر آن بر پیچ‌های اتصالی بسیار مهم و ضروری است.

۶-۳-۴- سامانه‌های بالابر

سامانه‌های بالابر مورد استفاده برای دریچه‌های تعمیراتی رأس که در فشار متعادل، باز و بسته می‌شوند، معمولا بالابرهای الکترومکانیکی (وینچ) ثابت یا متحرک به همراه سازه مورد نیاز می‌باشند. برای طراحی وینچ‌ها، استاندارد CMAA وDIN۱۹۷۰۴ پیشنهاد می‌شود. همچنین برای مانور دریچه‌های سرویس و اضطراری که قابلیت باز و بسته شدن در فشار نامتعادل و تحت جریان را دارند، از جک‌های هیدرولیکی (سروموتور) استفاده می‌شود.

طراحی و ساخت سروموتورها توسط سازنده‌های تخصصی انجام می‌شود و استفاده از استانداردهای ASME SecVIII پیشنهاد می‌شود.

۶-۳-۵- شیرهای تخلیه

همان‌گونه که در بخش قبلی اشاره شد در مواردی خاص و نادر، به‌منظور تخلیه جریان، در انتهای تخلیه‌کننده به‌جای دریچه سرویس از شیرهای غلافی به ویژه از نوع هاول‌بانگر استفاده می‌شود. این شیرها در شرایط نامتعادل باز و بسته شده و قابلیت تنظیم جریان را دارند. سامانه مانور از نوع محرک الکترومکانیکی یا هیدرولیکی است. طراحی سازه شیر باید به‌گونه‌ای باشد که کمترین ارتعاش و خلاءزایی در حین بهره‌برداری رخ دهد.

بدنه شیر، از سازه جوشکاری شده است که پس از جوشکاری، معمولا تنش‌زدایی می‌شود. ساختار شیر از دو قسمت ثابت و متحرک تشکیل شده است که عمل تنظیم جریان، با تغییر موقعیت قسمت متحرک نسبت به قسمت ثابت توسط سامانه مانور امکانپذیر می‌شود.

شیرها توسط سازنده متخصص و با توجه به تجربیات سازنده (مبتنی بر آزمایش‌ها و محاسبات) و مطابق استانداردهای موجود در این زمینه طراحی و ساخته می‌شوند. سازنده برای بررسی وضعیت مقاومتی سازه به علت شکل پیچیده، معمولا از تحلیل مدل رایانه‌ای استفاده می‌کند.

omoorepeyman.ir

مطابق استانداردهای مختلف تست فشار در ۱/۵ برابر فشار کاری، پس از ساخت شیر، برای بررسی وضعیت مقاومتی سازه پیشنهاد می‌شود.

۶-۴- بررسی ارتعاشات و رفتار هیدرولیکی جریان در محل تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده‌ها با استفاده از روابط و آزمایش‌های تجربی و بررسی نیروهای وارد بر دریچه

۶-۴-۱- کلیات

به‌طور کلی در پروژه‌هایی که از نظر اقتصادی دارای ارزش بالایی هستند، لازم است اطمینان بالایی از عملکرد صحیح تجهیزاتی که در عملکرد کل سامانه نقش حیاتی دارند، حاصل شود.

در این بخش به بررسی رفتار هیدرولیکی جریان، مسائل مربوط به ارتعاشات و نیروهای وارده بر تجهیزات مرتبط با تخلیه‌کننده عمقی با توجه به روابط تجربی و مدل‌های ساخته‌شده، پرداخته می‌شود. این تجهیزات در سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی سدها عمدتاً شامل دریچه‌های سرویس و اضطراری (و شیرآلات به‌صورت خاص) می‌باشند.

۶-۴-۲- دریچه‌های سرویس و اضطراری

دریچه‌های سرویس و اضطراری، تخلیه‌کننده‌های عمقی یکی از تجهیزات حساس سدها بوده که لازم است در هنگام طراحی، به مسائل مربوط به جدایی جریان و همچنین ارتعاشات سازه دقت کافی به‌عمل آید. بخش ۶-۲ به تفصیل به انتخاب نوع این تجهیزات با توجه به ابعاد و ارتفاع طراحی آن‌ها، پرداخته است. با توجه به این انتخاب که مسائل مربوط به ارتعاشات و رفتار هیدرولیکی جریان، نیز در آن نهفته شده است به بررسی پدیده‌های ذکرشده پرداخته می‌شود.

الف- بررسی پدیده خلاءزایی

رجوع شود به بخش ۳-۷-۳ .

ب – بررسی پدیده ارتعاشات

سازه‌های هیدرولیکی و به ویژه دریچه‌های کنترل جریان در سدها معمولا تحت تأثیر شرایط دینامیکی نامساعد و خطرناکی قرار دارند.

وجود ارتعاش در چنین سازه‌هایی که از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشند، ممکن است باعث بروز خسارت شود که گاهی جبران آن ناممکن خواهد بود. بنابراین طراحی بهینه این سازه‌ها از نظر هیدرولیکی به منظور اطمینان از عدم رخداد ارتعاشات مخرب از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به پیچیده بودن روابط و مدل‌های ریاضی برای جریان تحت فشار، به ویژه در حالت آشفته، معمولا تحلیل ارتعاشات چنین سازه‌هایی بر اساس مدل‌های فیزیکی انجام می‌شود.

در این قسمت با استفاده از روابط تجربی، پدیده ارتعاشات بر روی دریچه‌های تخلیه‌کننده عمقی بررسی می‌شود. گرچه دریچه ممکن است در هر یک از درجات آزادی خود ارتعاش کند، اما ارتعاشات قائم یک دریچه بر روی یک تعلیق الاستیک معمولا مهم‌ترین ارتعاش دریچه است. در حالت ارتعاش چنانچه فرکانس تحریک دقیقاً مساوی فرکانس طبیعی سازه باشد، وضعیت تشدید برقرار می‌شود. در این حالت دامنه جابه‌جایی سامانه در حال ارتعاش، بسیار سریع افزایش یافته، به‌گونه‌ای که ممکن است سرانجام

omoorepeyman.ir

باعث شکست سازه شود و همچنین در صورتی‌که بین فرکانس تحریک و فرکانس طبیعی اختلاف اندکی وجود داشته باشد منجر به افزایش شدید دامنه ارتعاش می‌شود.

برای ارزیابی ارتعاش دریچه، فاکتوری به نام ضریب تشدید[1] به شکل زیر تعریف می‌شود.

$$T.R = \frac{1}{1-\left(\frac{f_f}{f_N}\right)^2}$$

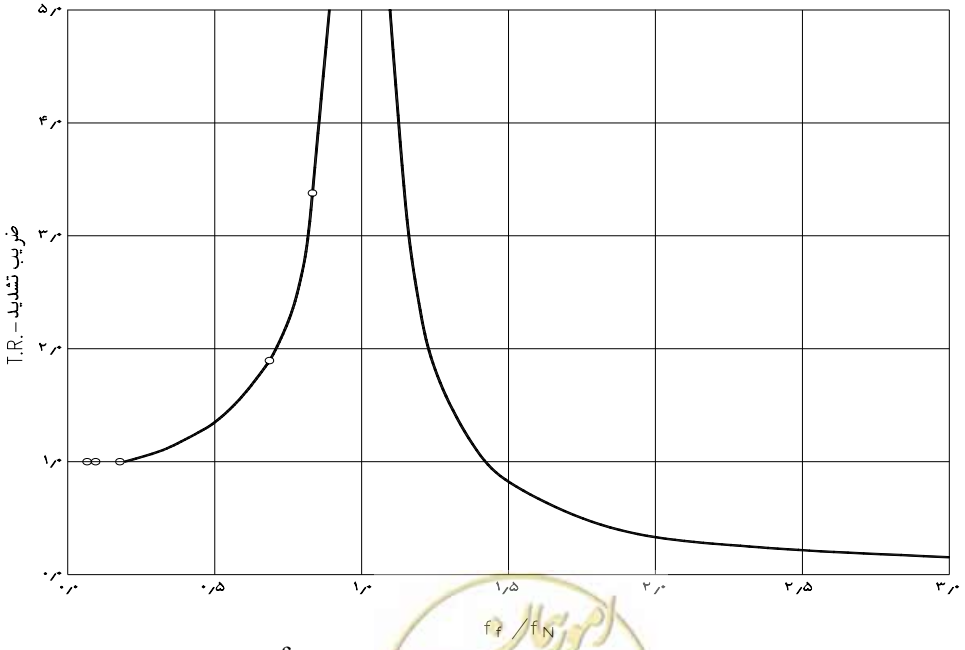
که f_f فرکانس تحریک و f_N فرکانس طبیعی سازه است.

شکل ۶-۷ نمودار فاکتور تشدید را بر حسب $\frac{f_f}{f_N}$ های مختلف نشان می‌دهد.

براساس پیشنهاد استانداردهای موجود، فاکتور تشدید باید به عدد یک نزدیک و یا کمتر از آن باشد تا دریچه از ارتعاشات مخرب در امان باشد.

دو منشأ ممکن برای فرکانس‌های تحریک عبارتند از: ریزش گرداب‌ها از لبه پایین یک دریچه نیمه باز و نوسانات فشار در ناحیه جداشده جریان در زیر دریچه و نیز امواج فشاری ایجادشده در تونل بالادست دریچه که بین دریچه و دریاچه سد مرتباً رفت و آمد می‌کنند. براساس استانداردهای موجود برای دریچه‌های با لبه پایین مسطح، فرکانس تحریک ناشی از جدایی جریان از زیر دریچه توسط رابطه $f_f = \frac{\sqrt{2\times g\times H_e}}{7\times(2\times y)}$ محاسبه می‌شود که در آن H_e بار آب نسبت به لبه پایین دریچه و y معرف طولی از دریچه است که در مسیر جریان قرار دارد.

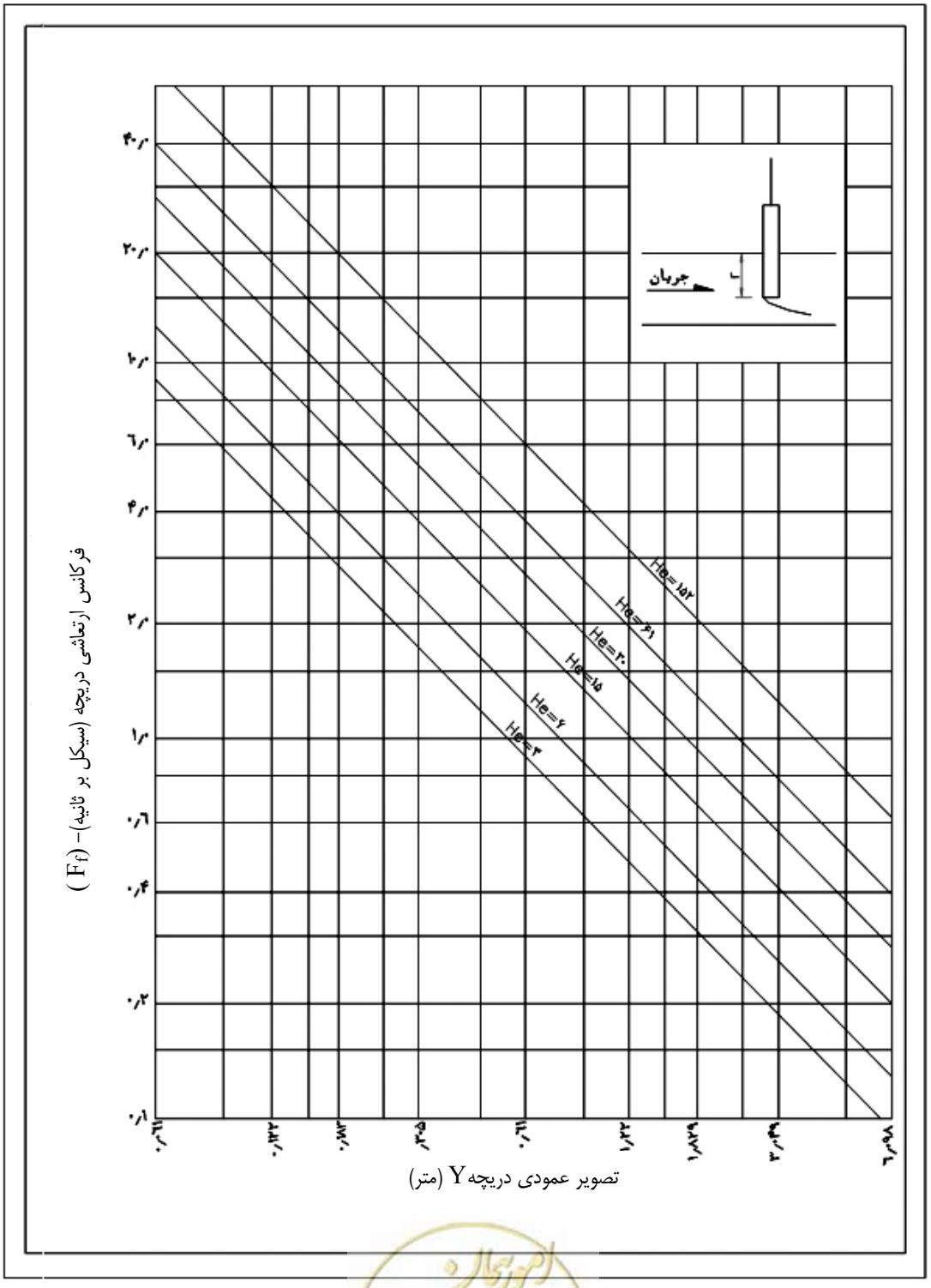
این رابطه در شکل ۶-۸ برای ارتفاع‌های مختلف آورده شده است.



شکل ۶-۷- فاکتور تشدید (T.R) بر حسب $\frac{f_f}{f_N}$

1 - Transmissibility factor

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۸- نمودار تغییرات فرکانس در بازشدگی‌های مختلف دریچه[۷]

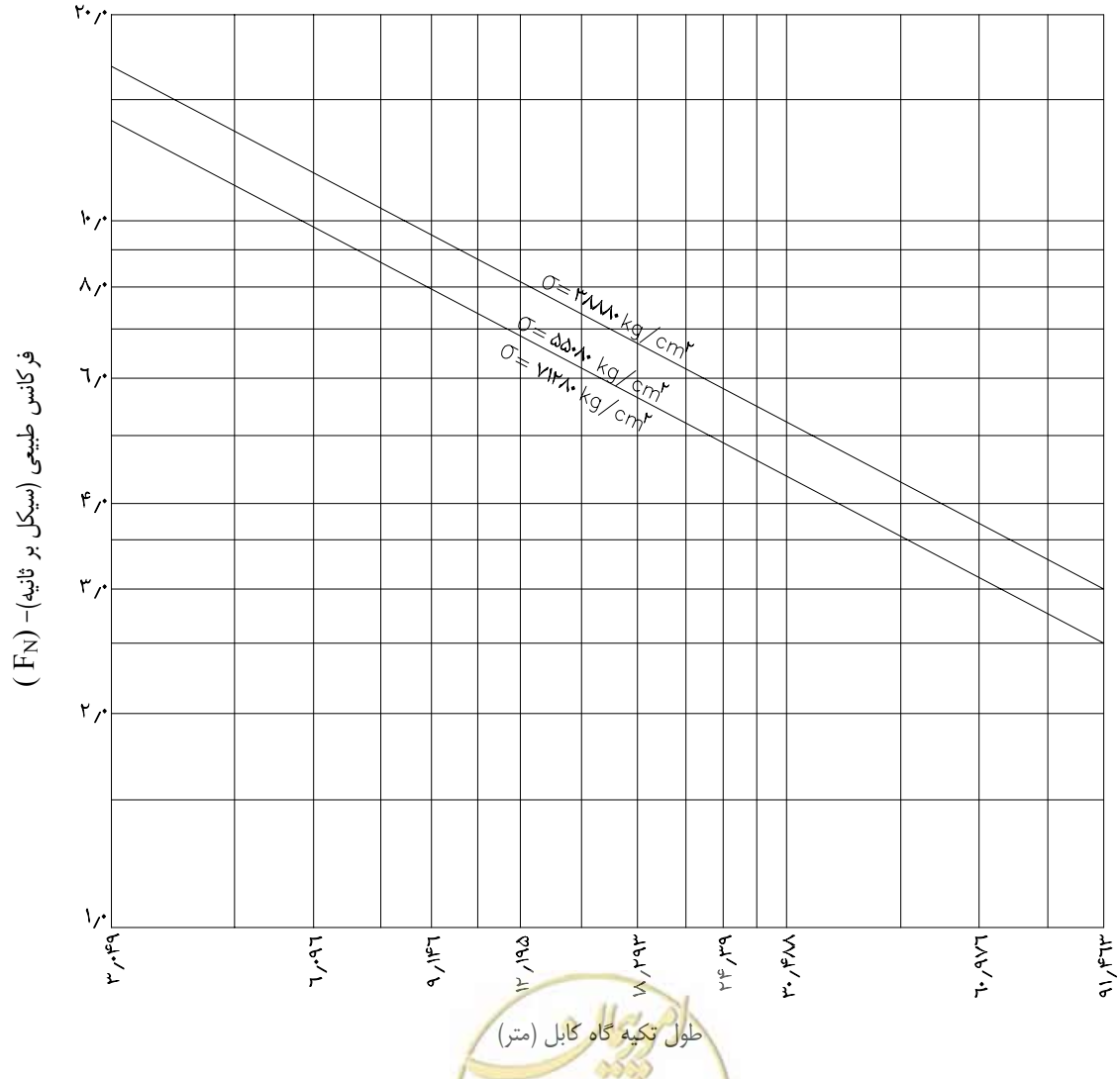
omoorepeyman.ir

لازم به ذکر است با توجه به تجربیات موجود و مدل‌های ساخته‌شده در صورت ایجاد یک شیب در لبه پایین دریچه، نقطه جدایی جریان از گوشه ابتدایی لبه به گوشه انتهایی آن منتقل شده و این باعث از بین رفتن ناحیه ناپایدار جریان از زیر دریچه می‌شود.

بدین ترتیب احتمال رخداد ارتعاش عمودی، باز هم کمتر خواهد شد. با توجه به تجربیات و آزمایش‌های انجام‌گرفته، شیب ذکرشده معادل ۴۵ درجه پیشنهاد می‌شود.

فرکانس طبیعی ارتعاش دریچه نیز براساس استانداردهای موجود از رابطه زیر محاسبه می‌شود که در آن E مدول الاستیسیته سامانه اتصال، L طول سامانه اتصال، σ تنش در سامانه اتصال است. نمودار این رابطه نیز در شکل ۶-۹ آورده شده است.

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g\times E}{12\times L\times \sigma}}$$



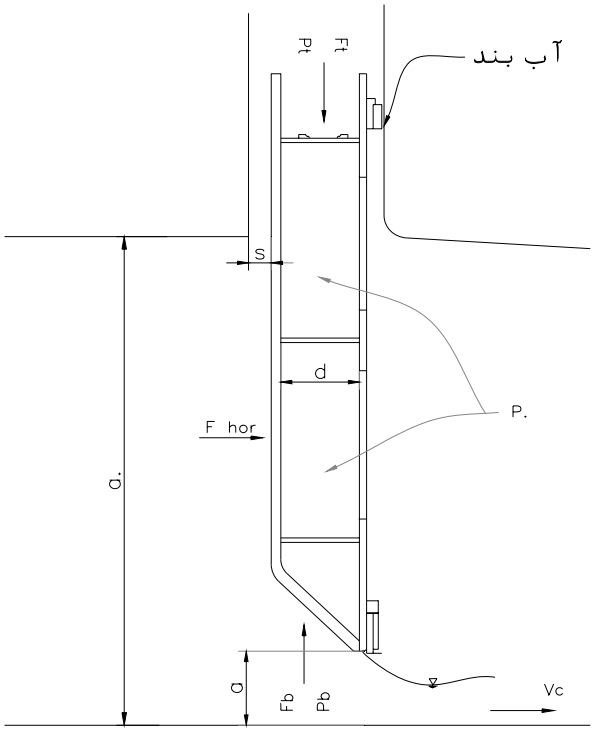
شکل ۶-۹- فرکانس طبیعی ارتعاشی دریچه در طول‌های مختلف سامانه اتصال [۷]

omoorepeyman.ir

ج – بررسی نیروهای وارد بر دریچه

هنگامی که دریچه قائم در عرض کانالی در مسیر جریان قرار دارد، سرعت جریان در زیر دریچه، بیشتر از متوسط سرعت جریان در مجرای بالادست خواهد بود. در این حالت به دلیل سرعت بالا، فشار زیر دریچه کاهش یافته و در نتیجه، اختلاف فشار بین بالا و پایین دریچه، منجر به وارد آمدن نیرویی به سمت پایین و یا بالا به دریچه می‌شود که در نتیجه بحث نیروی پایین‌کشنده و بالابرنده را مطرح می‌سازد.

نیروهای وارد بر دریچه ناشی از توزیع فشار در اطراف دریچه، مطابق شکل ۶-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۰- توزیع نیروهای وارد بر دریچه

همانگونه که در شکل نیز مشخص است این شرایط با فرض صفحه پوسته[1] در بالادست و آب‌بند در پایین‌دست است. (فرض ذکرشده با توجه به تجربیات موجود درباره بهینه کردن عبور جریان از زیر دریچه در نظر گرفته شده است).

در این شکل P_o فشار محیط و P_b فشار در پایین دریچه و P_t فشار در داخل تیر اصلی دریچه است.

از آنجا که در این حالت آب‌گذری از بالای دریچه وجود ندارد، فشار در بالای دریچه تقریباً یک فشار استاتیک خواهد بود که این فشار با فشار در سطح جلوی دریچه تقریباً برابر است. درصورتی‌که سراسر پیشانی دریچه، آب‌بند نباشند، جریان عبوری از بالای دریچه باعث کاهش فشار از حالت فشار سکون می‌شود. از طرفی با توجه به اینکه نیروی رانش به سمت پایین برابر است با $F_d = F_t - F_b$ لذا کاهش فشار در قسمت بالای دریچه باعث کاهش نیروی رانش به سمت پایین می‌شود و در نتیجه فرض آب‌بند بودن دریچه باعث افزایش در ضریب اطمینان می‌شود.

1 - Skin plate

omoorepeyman.ir

درفرمول ذکرشده F_t نیروی وارد بر بالای دریچه و F_b نیروی وارد بر پایین دریچه است. بر اساس روش پیشنهادی ناداشر[1]، نیروهای گفته‌شده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$F_t = k_t B d_t \rho \frac{v_c^2}{2}$$

$$F_b = k_b B d \rho \frac{v_c^2}{2}$$

که در آن :

k_t : ضریب نیروی پایین‌کشنده در قسمت بالای دریچه

k_b : ضریب نیروی پایین‌کشنده در قسمت پایین دریچه

B : عرض دریچه

d_t : ضخامت دریچه و آب‌بند پیشانی

d : ضخامت دریچه

ρ : چگالی آب

v_c : سرعت جت فشرده جریان در زیر دریچه

در صورتی‌که در بررسی عکس‌العمل‌های دریچه، از مدلسازی استفاده شود، ضرایب k_t و k_b به‌وسیله نصب پیزومتر در محل‌های مناسب بر روی دریچه، به‌دست می‌آیند. همچنین چنانچه نتایج حاصل از پروژه‌های مشابه با مقیاس‌های متفاوت نیز در دسترس باشد، به شرط اینکه دو سامانه دارای تشابه دینامیکی باشند، ضرایب فشاری بعد (k_t و k_b) را می‌توان از این پروژه‌ها استخراج کرده و از آن استفاده کرد.

افزون بر نیروی پایین‌کشنده، نیروی اصطکاکی و وزن دریچه نیز به آن وارد می‌شود که در نهایت نیروی لازم برای باز و بسته کردن دریچه به شرح زیر به‌دست می‌آید.

$$F_{close} = F_f + w + F_{Down\ \ pull} \quad \downarrow$$

$$F_{open} = F_f - w - F_{Down\ \ pull} \quad \uparrow$$

که F_f نیروی اصطکاک، w وزن دریچه و $F_{Downpull}$ نیروی رانش به پایین است.

$$F_f = \mu . F_{hor}$$

F_{hor} نیروی افقی وارد بر دریچه ناشی از توزیع فشار در جلوی دریچه و μ ضریب اصطکاک در محل شیار دریچه است. برای برنز ساده μ برابر ۰/۳ و برای آب‌بند برنزخود روغن‌کاری شونده، μ برابر ۰/۱۵ پیشنهاد می‌شود.

درباره دریچه‌های قطاعی با توجه به اینکه برآیند نیروهای وارد بر دریچه از مرکز دوران دریچه می‌گذرد. بنابراین هیچ نیروی مستقیمی حاصل از فشار و بار آب به سامانه بالابر وارد نمی‌شود.

این موضوع و همچنین شکل دریچه‌های قطاعی باعث می‌شود که نیروهای پایین‌بری اثر چندانی در بررسی نیروهای وارد بر سامانه بالابر نداشته باشد.

---

1 - Naudascher

omoorepeyman.ir

در دریچه‌های قطاعی نیروهایی که در محاسبه نیروی بالابر در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از:
وزن دریچه- نیروی حاصل از پیش فشردگی آب‌بند، نیروی حاصل از فشردگی آب‌بند و نیروی اصطکاک یاتاقان.

۶-۴-۳- شیرهای اضطراری و سرویس

در بعضی مواقع با توجه به کیفیت آب، میزان رسوب، بده تخلیه و ارتفاع آب، ممکن است به جای استفاده از دریچه از شیرهای پروانه‌ای (به عنوان شیر اضطراری و تعمیراتی) و شیرهای هاول‌بانگر (به عنوان شیر سرویس و کنترل کننده بده) استفاده شود.

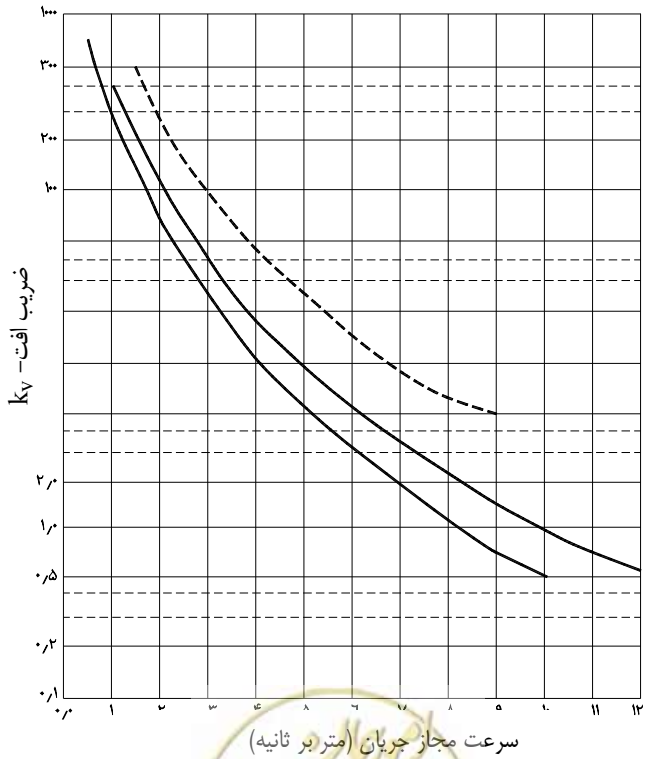
با توجه به این موضوع لازم است مسائل مربوط به ارتعاشات و رفتار هیدرولیکی جریان در این‌گونه شیرآلات نیز بررسی شود.

لازم به ذکر است در تخلیه‌کننده‌های عمقی استفاده از دریچه‌های کشویی به جای شیرهای پروانه‌ای معمول‌تر بوده که قبلاً به بررسی شرایط کارکرد آن پرداخته شده است.

الف- بررسی پدیده خلاءزایی

در شیرهای پروانه‌ای به علت به‌وجود آمدن اغتشاش و انقباض جریان هنگام عبور از پروانه شیر که باعث کاهش فشار محلی در قسمت پایین‌دست شیر می‌شود، خلاء به‌وجود می‌آید. این امر می‌تواند موجب بروز پدیده خلاءزایی شود.

میلر[1] در مورد خلاءزایی و سرعت مجاز آب در داخل شیر، آزمایش‌هایی را انجام داده و سرعت مجاز برای جلوگیری از مسئله خلاءزایی را به صورت منحنی شکل ۶-۱۱ پیشنهاد کرده است.

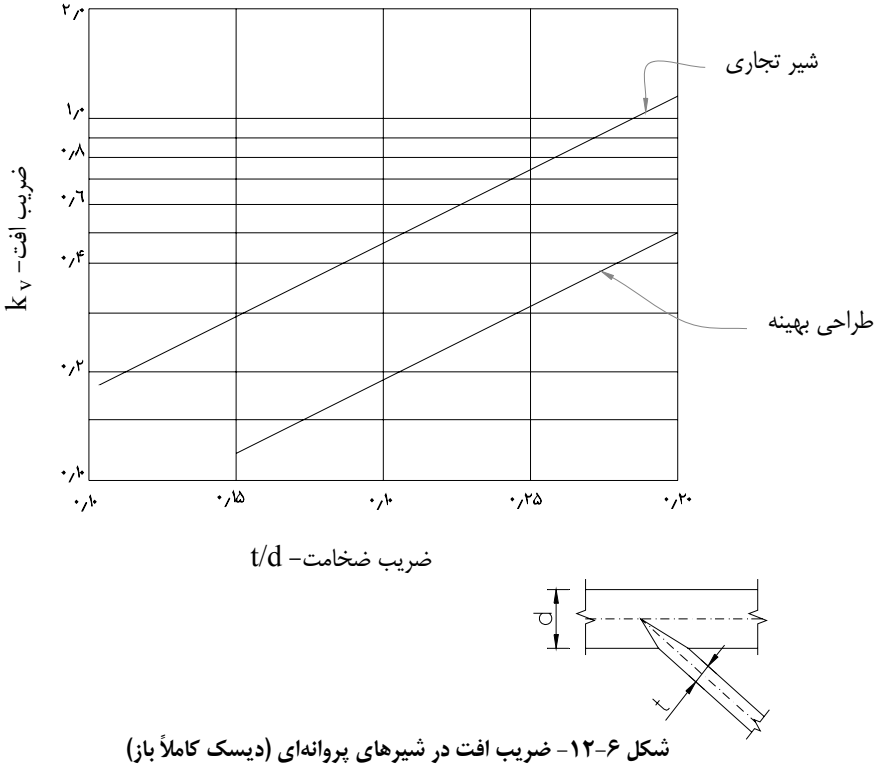


شکل ۶-۱۱- سرعت مجاز در شیرهای پروانه‌ای

1 - Miller

omoorepeyman.ir

در این منحنی، K_V ضریب افت است که از اشکال زیر برای حالتی‌که دیسک کاملاً باز باشد (شکل ۶-۱۲) قابل استخراج است.



شکل ۶-۱۲- ضریب افت در شیرهای پروانه‌ای (دیسک کاملاً باز)

ب – بررسی پدیده ارتعاشات

پدیده ارتعاشات در شیرهایی که به منظور تنظیم جریان استفاده می‌شوند بسیار حائز اهمیت است.

در شیرهای هاول بانگر با توجه به اینکه پوسته شیر به صورت متحرک بوده و به‌وسیله آن تنظیم جریان انجام می‌شود استهلاک انرژی با شیوه‌ای مطلوب صورت می‌گیرد. بنابراین به دلیل وجود اختلاف فشار زیاد در دو طرف قسمت ثابت شیر، احتمال رخداد ارتعاشات وجود دارد.

این موضوع بستگی مستقیم به تعداد پره‌های داخل قسمت ثابت شیر دارد. ارتعاشات ممکن است در جهت عمود بر قطر و یا به صورت پیچش حول محور شیر رخ دهد.

ارتعاشات مخرب و حالت تشدید در شیرهای هاول بانگر بستگی به سرعت مجاز جریان در داخل شیر دارد.

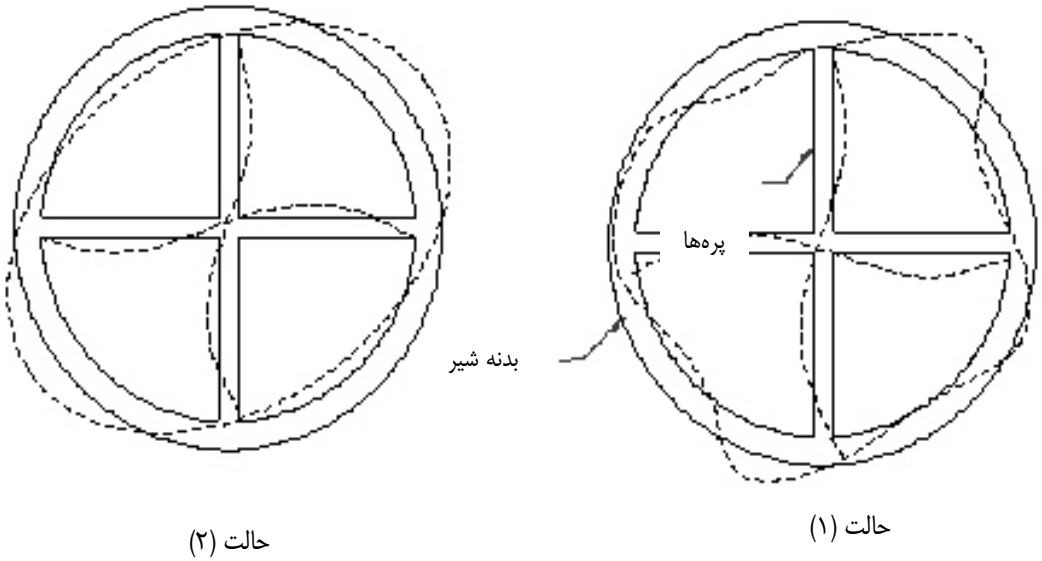
با توجه به مطالعات انجام‌گرفته توسط مرکر[1] احتمال رخداد این ارتعاشات در دو حالت مطابق شکل ۶-۱۳ امکانپذیر خواهد بود.

مرکر درباره پدیده ارتعاشات و شیرهای هاول بانگر پارامتری را به صورت زیر تعریف کرده (MC) که به نسبت ضخامت پوسته به ضخامت پره و تعداد پره‌های شیر بستگی دارد.

$$MC = \frac{Q/(CDT_S)}{\sqrt{(E/e)}}$$

1 - Mercer

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۱۳- حالت‌های ارتعاشی مختلف در شیرهای هاول بانگر

Q : بده m^3/sec

D : قطر شیر m

E : ضریب یانگ

C : ضخامت بی‌بعد

T_V : ضخامت پره

T_S : ضخامت پوسته

e: چگالی سیال

K : نسبت ضخامت پوسته به ضخامت پره $\left(\frac{T_S}{T_V}\right)$

لازم به ذکر است ضریب C به تعداد پره‌های شیر و همچنین نسبت ضخامت پوسته به پره شیر بستگی دارد و مطابق جدول ۶-۲ تعیین می‌شود.

جدول ۶-۲- مقادیر ضریب C

تعداد پره‌های شیر	۴	۵	۶	۶	۶	۶	۶
نسبت ضخامت پوسته به ضخامت پره	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۰/۹۰	۱/۰۰	۱/۲۰	۲/۰۰
ضریب بی‌بعد	۲/۲۲	۲/۳۵	۱/۹۸	۲/۴۰	۲/۴۸	۲/۵۱	۲/۵۷

با توجه به آزمایش‌های انجام شده توسط مرکر، چنانچه MC کوچک‌تر از ۰/۱۱۵ باشد، شیر دارای کارکرد مطمئن و چنانچه ضریب بالاتر از ۰/۱۳ بیشتر باشد، احتمال تخریب شیر بسیار زیاد خواهد بود.

omoorepeyman.ir

فصل ۷

مطالعات ژئوتکنیکی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- کلیات

به‌منظور طراحی سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی ، مانند آبگیر یا سازه ورودی، شافت، مجرای تخلیه‌کننده عمقی ، اتاق کنترل دریچه‌ها، حوضچه آرامش و دیگر اجزای طرح، لازم است مطالعات ژئوتکنیکی پی سازه‌های مذکور و همچنین شرایط توده سنگ‌های پیرامون تونل‌ها و دیگر فضاهای زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد و ویژگی‌های رفتاری و مشخصات مقاومتی آن‌ها برآورد شود. با توجه به اینکه هدف اصلی راهنمای تهیه‌شده بیشتر در زمینه‌های هیدرولیکی و سازه است، بنابراین بخش مطالعات و طراحی‌های ژئوتکنیکی به‌صورت کلی ذکر شده است.

۷-۲- بررسی‌ها و مطالعات پایه

با توجه به اینکه سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی ، جزئی از سازه‌های جنبی سدها به شمار می‌روند و برای طراحی سدها، مطالعات ژئوتکنیکی کاملی انجام می‌گیرد، به‌طور معمول اطلاعات ژئوتکنیکی لازم برای طراحی سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی نیز در مطالعات ژئوتکنیکی سدها فراهم می‌آید. از این رو، در این مبحث فقط به سرفصل‌ها و عناوین اصلی ویژگی‌های ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی مورد نیاز اشاره می‌شود.

۷-۲-۱- اطلاعات پایه و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ‌ها

اطلاعات پایه ژئوتکنیکی و به ویژه پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ‌ها برای طراحی‌های ژئوتکنیکی و سازه‌ای سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی به شرح زیر است:

- پروفیل‌های زمین‌شناسی (لیتولوژی، عوارض ساختاری، مشخصات هندسی واحدها و...)
- نقشه خطوط همتراز سنگ سالم
- شیب، جهت شیب، تداوم و مواد پرکننده ناپیوستگی‌ها
- موقعیت گسل‌ها و زون‌های خردشده و هوازده
- ضخامت روباره و میدان‌های تنش پیرامون فضاهای زیرزمینی
- شرایط آب زیرزمینی قبل و بعد از احداث سازه
- واحدهای لیتولوژیکی و زون‌بندی محیط از نظر شباهت‌های رفتاری
- مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی توده سنگ‌ها در هر زون و طبقه‌بندی آن‌ها
- معیار شکست توده سنگ‌ها
- رفتار توده سنگ‌ها در مجاورت آب
- شناسایی زون‌های مسئله‌دار مانند توده سنگ‌های آماسی[1]، انحلال‌پذیر و فشارنده[2]
- مکانیسم‌های شکست محتمل سنگ
- نفوذپذیری توده سنگ‌ها و مسیرهای ترجیحی جریان
- پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ‌ها و نیز فصل مشترک سنگ – سازه

1 - Swelling
2 - Squeezing

omoorepeyman.ir

- تزریق پذیری و روش‌های بهبود کیفیت توده سنگ‌ها

۷-۲-۲- روش‌های دستیابی به ویژگی‌های ژئوتکنیکی ساختگاه

جمع‌آوری اطلاعات و برآورد پارامترهای ژئومکانیکی با استفاده از روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

- جمع‌آوری اطلاعات صحرایی درباره وضعیت طبقات و توده‌های سنگی و خاکی
- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی
- مطالعات ژئوتکنیکی
- انجام آزمایش‌های ژئوفیزیکی (در صورت نیاز)
- حفر گمانه‌های اکتشافی و در صورت نیاز چاهک‌ها و گالری‌های اکتشافی و نمونه‌برداری
- آزمایش‌های آزمایشگاهی روی نمونه‌ها
- آزمایش‌های برجا
- طبقه‌بندی توده سنگ‌ها (با استفاده از طبقه‌بندی‌های مهندسی مناسب)

۷-۳- طراحی‌های ژئوتکنیکی

طراحی‌های ژئوتکنیکی به‌طور کلی شامل، بررسی پایداری شیب‌های سنگی، پایداری فضاهای زیرزمینی، سامانه‌های زهکشی، روش‌های بهسازی و بهبود کیفیت توده سنگ‌ها است. این طراحی‌ها برای سد و اجزای وابسته به آن به‌طور کامل انجام می‌گیرد. برای سامانه‌های تخلیه‌کننده عمقی نیز این طراحی‌ها به طور مشابه صورت می‌پذیرد، به‌همین دلیل در این مبحث به‌طور خلاصه به آن‌ها اشاره می‌شود.

۷-۳-۱- پارامترهای طراحی

برای طراحی شیب‌ها، پی‌های سنگی و فضاهای زیرزمینی و نیز تعیین اندرکنش سازه و سنگ پارامترهای زیر مورد نیاز است:

الف- وضعیت لایه‌بندی و دیگر ناپیوستگی‌های عمده

ب – وضعیت شکستگی‌ها و جابجایی‌ها

پ – وضعیت میدان‌های تنش

ت – طبقه‌بندی توده سنگ‌ها

ث – پارامترهای مقاومت برشی در هر زون

ج – مشخصه‌های الاستیسیته و تغییر شکل‌پذیری هر زون

چ – نفوذپذیری توده سنگ‌ها و فشارهای برکنش[1]

ح – مدل‌های رفتاری توده سنگ‌ها

خ – خواص وابسته به زمان توده سنگ‌ها مانند تورم، خزش، تحکیم

د – مشخصه‌های فیزیکی مانند چگالی، تخلخل و ...

1 - Uplift Pressure

omoorepeyman.ir

۷-۳-۲- ملاحظات طراحی پی‌ها

در معیارهای طراحی و کنترل پایداری سازه و پی آن موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف- تغییر شکل‌ها

ب – ظرفیت باربری

پ – بارهای وارده و شیوه توزیع آن‌ها در پی‌های سنگی

ت – ضرایب اطمینان

۷-۳-۳- ملاحظات طراحی شیب‌های سنگی

در طراحی شیب‌های سنگی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف- مدهای شکست

ب – آب زیرزمینی

پ – میدان تنش

ت – فرسایش‌پذیری توده سنگ‌ها

ث – بارهای وارده

۷-۳-۴- ملاحظات طراحی فضاهای زیرزمینی

افزون بر مشخصات ژئوتکنیکی و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ‌ها، موارد زیر باید موردتوجه قرار گیرد:

الف- تغییر شکل‌های پیرامون فضاهای زیرزمینی

ب – شرایط زمین‌شناسی و ویژگی‌های توده سنگ‌های پیرامون تونل

پ – ویژگی‌های ساختاری و اثر آن در پایداری فضای زیرزمینی

ت – میدان‌های تنش و شکست ناشی از تنش‌ها

ث – رفتار وابسته به زمان توده سنگ‌ها

ج – اندرکنش سنگ پیرامون با پوشش فضای زیرزمین

۷-۳-۵- روش‌های آنالیز

در هر مرحله از مطالعات می‌توان از یک یا همه روش‌های زیر برای طراحی‌های ژئوتکنیکی شیب‌ها، پی‌ها و فضاهای زیرزمینی استفاده کرد.

الف – روش‌های تجربی [۱]

ب –روش‌های ترسیمی [۲]

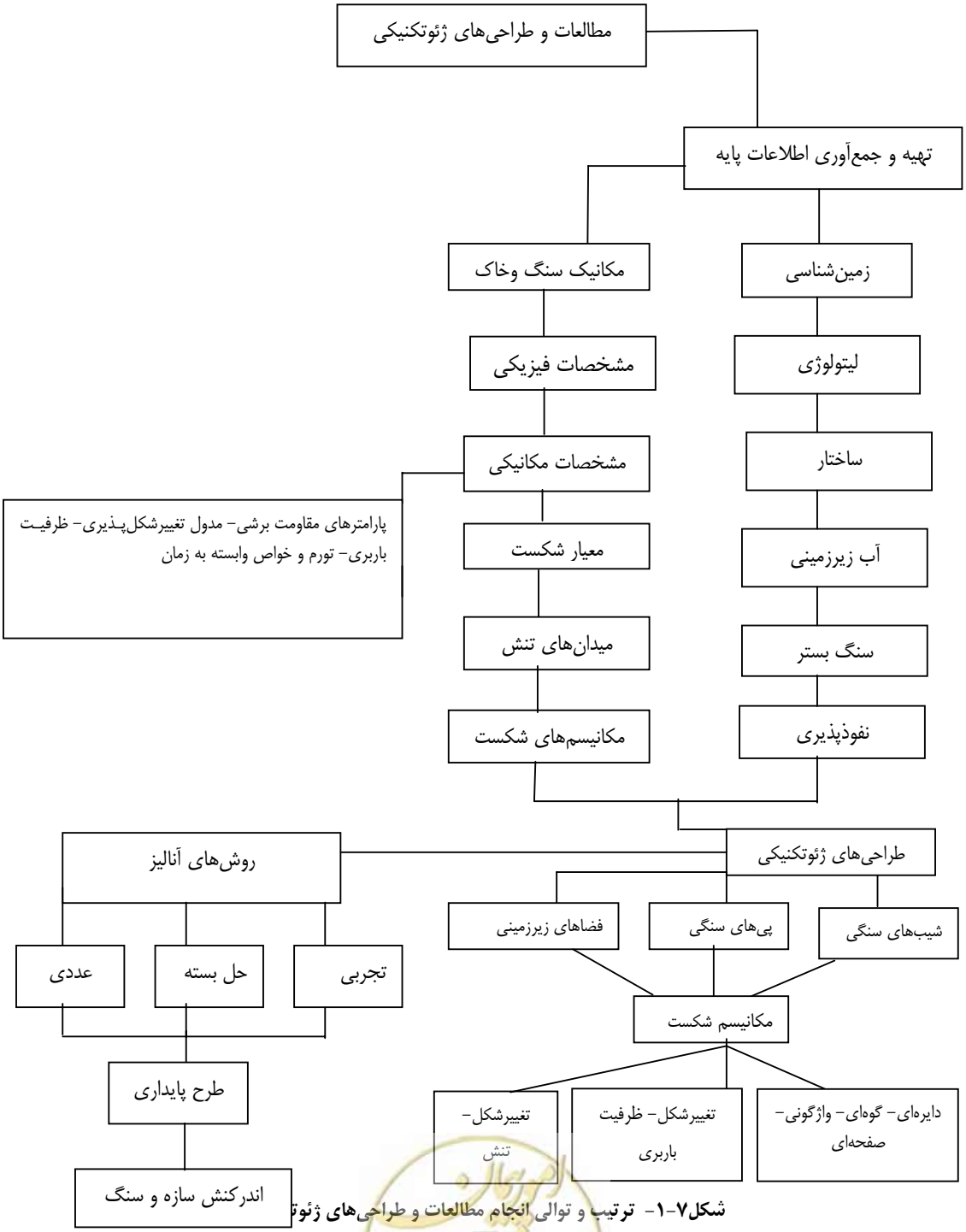
پ – روش‌های حل بسته [۳]

1 -Empirical Methods
2 - Graphical Methods
3 - Closed-form Solutions

omoorepeyman.ir

ت – روش‌های عددی[1]

در شکل ۷-۱ اطلاعات مورد نیاز، شیوه دستیابی به آن‌ها، طراحی‌های مورد نیاز و ارتباط آن با اطلاعات ژئوتکنیکی اشاره شده است.



شکل۷-۱- ترتیب و توالی انجام مطالعات و طراحی‌های ژئوتکنیکی

1 - Numerical Methods

omoorepeyman.ir

فصل ۸

نگهداری و بهره‌برداری از سامانه تخلیه‌کننده عمقی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱- کلیات

بهره‌برداری صحیح از تخلیه‌کننده‌های عمقی و نگهداری آن‌ها در شرایط مطلوب در حصول اطمینان از کارکرد تخلیه‌کننده در مواقع لازم و ضروری، افزایش طول عمر مفید آن و کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، اهمیت ویژه‌ای دارد.

بازرسی‌های مداوم و مستمر برای شناسایی مشکلات و اتخاذ تدابیر لازم برای رفع آن‌ها از مهم‌ترین فعالیت‌های دوران بهره‌برداری سد به شمار می‌آیند.

اهمیت و حساسیت ویژه نگهداری و بهره‌برداری صحیح از تخلیه‌کننده عمقی، دفتر امور فنی و تدوین معیارهای معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور را بر آن داشت که نشریه شماره ۲۱۶ را با عنوان «راهنمای بازرسی در سدهای بزرگ» در سال ۱۳۸۰ منتشر کند.

مراحل بازرسی از تخلیه‌کننده‌های عمقی در سه سطح بازرسی‌های معمولی و مستمر (سطح ۱) بازرسی‌های نیمه تخصصی متناوب (سطح ۲) و بازرسی‌های تخصصی ویژه (سطح ۳) با تواترهای لازم و مشخصات لازم بازرسان در هر بازرسی، به تفصیل در این نشریه (شماره ۲۱۶) شرح داده شده است.

لازم است مطابق با توصیه‌های نشریه شماره ۲۱۶، بازرسی از تخلیه‌کننده عمقی و اجزای آن به‌طور مرتب انجام شود و مستندات آن توسط دستگاه بهره‌بردار، نگهداری و مراقبت شود. به ویژه بعد از مواقع خاص و اضطراری مانند رخداد زمین‌لرزه و سیلاب، بازرسی و مشاهده عیوب اجزا ، ثبت و گزارش هرگونه رفتار غیرمتعارف در سازه‌ها بسیار ضروری است.

در تکمیل راهنمای نشریه شماره ۲۱۶، در این فصل موارد خاصی که باید مورد توجه دستگاه بهره‌بردار در هنگام بازرسی و استفاده از تخلیه‌کننده‌های عمقی باشد، تشریح می‌شود.

۸-۲- مشکلات مشاهده‌شده در عملکرد تخلیه‌کننده‌های عمقی

مشکلاتی که تاکنون در زمینه بهره‌برداری و نگهداری از تخلیه‌کننده‌ها گزارش شده‌اند عمدتاً شامل موارد زیر است:

۱- خلاءزایی ناشی از عبور جریان با سرعت زیاد، مانند تخلیه‌کننده سد بتنی وزنی لیبی[1] با ارتفاع ۱۲۸ متر که سرعت جریان در تخلیه‌کننده آن به حدود ۴۰ متر بر ثانیه می‌رسید. خلاءزایی در حدود ۵۰ متری پایین‌دست دریچه سرویس تخلیه‌کننده رخ داده بود.

۲- رخداد سایش در مجاری تخلیه‌کننده که جریان بار رسوبی را حمل می‌کند مانند سایش در تونل تخلیه‌کننده سد ماد مانتین[2]. در این سد عبور جریان با مواد بزرگ متشکل از قطعه سنگ‌ها به قطر ۶۰ سانتیمتر و با سرعت ۹ تا ۱۲ متر در ثانیه موجب خرابی شدید در تونل تخلیه‌کننده شد.

۳- خرابی ناشی از سایش و خلاءزایی. در بسیاری از موارد، خرابی‌های ابتدایی ناشی از سایش موجب افزایش ناهمواری‌های بیش از حد مجاز سطح بتن با توجه به سرعت جریان شده‌اند و سپس به‌علت وجود سطح ناصاف، خلاءزایی رخ داده است مانند تخلیه‌کننده سد سفید رود.

1 - Libby
2 - Mud mountain

omoorepeyman.ir

۴- خرابی در حوضچه استهلاک انرژی جریان خروجی که عمدتاً ناشی از برخورد سنگ‌ها و مواد موجود در جریان با سطح بتن است مانند حوضچه آرامش سدهای ناوایو[1] و تری نی‌تی[2].

۵- فرسایش پایین‌دست کانال خروجی حوضچه استهلاک انرژی جریان

۶- عدم کارکرد مطلوب تجهیزات هیدرومکانیکی:

- آب‌بند نبودن
- نشت زیاد آب
- لرزش و ارتعاش دریچه
- خوردگی بدنه دریچه و پوشش فلزی

۸-۳- نکات مهم در بهره‌برداری از تخلیه‌کننده‌های عمقی

بخشی از مشکلات مشاهده‌شده در عملکرد تخلیه‌کننده‌ها ناشی از مسائل طراحی و بخشی دیگر به‌دلیل عدم بهره‌برداری و نگهداری مناسب بوده است. توصیه‌های ارائه‌شده در فصول ۱ تا ۷ برای کمک به رفع نقایص طراحی است.

در رابطه با مسائل و مشکلات مشاهده‌شده در زمینه بهره‌برداری، رعایت موارد زیر به منظور حصول اطمینان از کارکرد مناسب سامانه تخلیه‌کننده عمقی ضروری است.

از آنجا که از تخلیه‌کننده‌های عمقی به‌طور مستمر استفاده نمی‌شود و عملکرد آن در مواقع خاص مورد نیاز است، ضروری است هر سال دست کم یک بار از تخلیه‌کننده عمقی ، بهره‌برداری آزمایشی انجام گیرد تا اطمینان لازم از شرایط مناسب اجزای آن حاصل شود.

پیش از هر بهره‌برداری از تخلیه‌کننده عمقی ، علاوه بر بازرسی و کنترل‌های کلی که در نشریه شماره ۲۱۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور قید شده است، توجه به موارد زیر ضروری است:

۱- مجرای تخلیه جریان آزاد در پایین‌دست اتاق کنترل باید کاملاً پاک و دارای سطحی صاف و یکنواخت باشد. وجود مواد کلسیتی در مجرا می‌تواند با توجه به سرعت زیاد تخلیه‌کننده، منجر به رخداد پدیده خلاءزایی شود.

۲- مجاری هواده باید بازرسی شده و باز بودن تمام مسیرهای ورود هوا تأیید شود.

۳- پایین‌دست حوضچه آرامش از مواد زائد و آشغال پاک باشد. در بسیاری موارد ریزش مصالح موجود در پایین‌دست به حوضچه موجب فرسایش داخل حوضچه شده است.

۴- دهانه آبگیر با آشغال و تنه درخت مسدود نشده باشد. زمانی‌که سطح آب مخزن بالا باشد و امکان مشاهده و بازدید با کمک غواص یا دوربین نباشد، می‌توان با استفاده از سلول‌های حساس و اندازه‌گیری میزان فشار، میزان گرفتگی را تشخیص داد.

۵- بازرسی شیب کانال ورودی و خروجی و حصول اطمینان از پایداری آن.

۶- کنترل تجهیزات مکانیکی (به بخش (۸-۴) رجوع شود.)

1 - Navajo
2 - Trinity

omoorepeyman.ir

در دوران بهره‌برداری، ثبت منظم عملکرد تخلیه‌کننده‌ها و تهیه مستندات لازم حائز اهمیت است. در حال حاضر یکی از ضعف‌های مهم مدیریت صنعت آب کشور، عدم ثبت اطلاعات مربوط به شیوه عملکرد سازه‌ها است. لازم است با رفتارسنجی‌های منظم و ثبت آن‌ها، این نقص را برطرف کرد.

رفتارسنجی‌ها را می‌توان به سه دسته عمده زیر تقسیم کرد:

الف- در حین ساخت و آبگیری اولیه

هدف اول این رفتارسنجی، سلامت آتی است ولی ممکن است هدف از آن کسب اطلاعاتی جزئی در مورد عملکرد کلی سد در مقابل فاکتورهای پیچیده و یا ناشناخته و یا در نظر گرفته شده در طراحی نیز باشد. رفتارسنجی‌های حین آبگیری اولیه، نقطه شروعی برای تعیین اهمیت و خطرپذیری هرگونه تغییراتی در رفتار سد است.

ب- در دوران بهره‌برداری

این رفتارسنجی اطلاعات مفیدی در مورد عملکرد تخلیه‌کننده ارائه می‌دهد و می‌تواند در اصلاح دستورالعمل بهره‌برداری و استفاده ایمن از تخلیه‌کننده‌ها بسیار موثر باشد.

ج- به منظور بررسی‌های فنی و علمی

این رفتارسنجی در زمان‌های خاص به منظور حل مسئله معینی انجام می‌گیرد. یکی از اهداف اصلی این رفتارسنجی، تست فرضیات طراحی است که تنها پس از گذشت چند سال از عملکرد آن مشخص می‌شود.

چک لیست رفتارسنجی سامانه تخلیه‌کننده عمقی در جدول ۸-۱ و چک لیست بازرسی‌ها در نشریه شماره ۲۱۶ ارائه شده است.

۸-۴- نگهداری و بهره‌برداری تجهیزات هیدرومکانیک

۸-۴-۱- کلیات

بعد از نصب کامل تجهیزات هیدرومکانیک و تحویل آن به گروه بهره‌بردار، دوره بهره‌برداری از تجهیزات آغاز می‌شود.

بهره‌برداری بدون شناخت کافی از تجهیزات و عدم توجه به مراحل درست بهره‌برداری، تعمیرات به‌موقع و نگهداری آن‌ها علاوه بر اینکه باعث خرابی و توقف کارکرد سامانه می‌شود، سبب می‌شود تجهیزات عمر مفید خود را طی نکنند و هزینه‌های اضافی برای تعمیرات و یا تعویض قطعات اصلی به دستگاه بهره‌بردار تحمیل شود و سرانجام علاج بخشی آن‌ها قبل از پایان عمر مفید تجهیزات ضروری شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۱- چک‌لیست رفتارسنجی‌های سامانه تخلیه‌کننده عمقی

رقوم آب مخزن پس از اتمام بهره‌برداری (متراز سطح دریا): _____			رقوم آب مخزن قبل از شروع بهره‌برداری (متراز سطح دریا): _____					
ملاحظات	جریان ورودی به مخزن (مترمکعب بر ثانیه)	حداکثر تراز آب در حوضچه آرامش (متر از سطح دریا)	تراز آب رودخانه بعد از خروجی (متراز سطح دریا)	رقوم سطح آب در مخزن (متراز سطح دریا)	درصد بازگشایی دریچه	زمان			ردیف
						ساعت	روز	ماه	سال	

omoorepeyman.ir

افزون بر آن در صورت نگهداری نامناسب تجهیزات، به ویژه در تخلیه‌کننده‌های عمقی ممکن است در مواقع اضطراری (مانند رخداد ترک در بدنه یا حوادث قهری مانند سیل و زمین‌لرزه) که تخلیه‌کننده وظیفه تخلیه فوری مخزن را به عهده دارد، موفق به انجام این مهم نشود و موجب ضررهای مالی و تلفات جبران‌ناپذیری گردد. از این رو اهمیت نگهداری از امکانات و تجهیزات و استفاده بهینه با حداکثر بهره‌وری از آن‌ها بسیار زیاد می‌باشد و لازم است براساس اصول فنی و مهندسی برای نگهداری و تعمیرات آن‌ها برنامه‌ریزی انجام گیرد. بنابراین ضروری است که هر یک از تجهیزات هیدرومکانیک سد دارای کتابچه‌ای مدون شامل جدول‌ها و توضیحات تفصیلی برای استفاده هرچه صحیح‌تر از تجهیزات و روش‌های نگهداری مناسب از آن‌ها باشد.

۸-۴-۲- ساختار و اساس دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری

به‌منظور تهیه دستورالعمل «بهره‌برداری» و «نگهداری» تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده‌ها، در نظر گرفتن موارد زیر به عنوان ساختار و اساس دستورالعمل ضروری است.

الف- مشخصات کلی سد، مخزن و تخلیه‌کننده

در ابتدای دستورالعمل ضروری است مشخصات کلی سد و مخزن و بعد از آن مشخصات کلی تخلیه‌کننده و شیوه استقرار تجهیزات مربوط از ورودی تا خروجی به‌صورت کامل بیان شود.

ب- شناسنامه تجهیزات

هر کدام از تجهیزات به‌کار رفته در سامانه تخلیه‌کننده عمقی باید دارای شناسنامه‌ای کامل و به‌صورت مجزا باشد تا در مواقع لزوم بتوان اطلاعات مورد نیاز را از آن‌ها استخراج کرد.

شناسنامه باید شامل جزییات کامل به شرح زیر باشد:

- نقشه جانمایی کلی و نقشه مونتاژی
- مشخصات اولیه مجموعه شامل: کد مجموعه، نام دستگاه، ابعاد، وزن، ابعاد بزرگ‌ترین قطعه قابل حمل، وزن بزرگ‌ترین قطعه قابل حمل، تعداد، محل نصب.
- مشخصات تجهیزات برقی و کنترل شامل ولتاژ ، فرکانس، نوع کابل مصرفی، شیوه کنترل و دیگر موارد لازم.
- مشخصات ثانویه شامل تعیین اجزای تعمیراتی، جنس، شرکت سازنده و نحوه تماس با آن، تفکیک اجزای ساختنی از اجزای خریدنی و خدمات مورد نیاز

ج - دستورالعمل بهره‌برداری

هنگام بهره‌برداری از مجموعه تخلیه‌کننده عمقی ، رعایت قواعد کلی و شرایط مطلوب استفاده از تجهیزات، ضروری است.

دستورالعمل بهره برداری به‌طور کلی موارد زیر را در بر می‌گیرد:

۱- شرح تجهیزات، مشخصات هیدرومکانیکی، وظیفه و شیوه بهره‌برداری هر کدام از آن‌ها

۲- مشخصات گروه اپراتوری تجهیزات و شرح وظایف هر یک از افراد گروه

۳- تدابیر ایمنی:

- نکات ایمنی

omoorepeyman.ir

- نکات ایمنی در شرایط اضطراری
- تجهیزات ایمنی ضروری

۴- بازدید و تأیید فنی همه تجهیزات به ویژه سامانه‌های بالابر هیدرولیکی و جرثقیل‌ها قبل از بهره‌برداری

۵- آماده شدن برای شروع به‌کار و مراحل انجام بهره‌برداری

د – دستورالعمل تعمیر و نگهداری

پس از نصب تجهیزات تخلیه‌کننده و انجام آزمایش‌های کارگاهی، لازم است همه تجهیزات، مورد بازدید و بررسی دقیق قرار گرفته، قطعات فرسوده تعویض و تنظیم‌های نهایی انجام شود، به‌گونه‌ای‌که همه تجهیزات بدون عیب و نقص به بهره‌بردار تحویل داده شود.

همچنین برای سالم نگه داشتن آن‌ها در طول عمر بهره‌برداری، لازم است اقدام‌های زیر صورت پذیرد.

۱- انجام بازدیدهای فنی مرتب (دوره‌ای) در دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت.

۲- ارائه چک لیست بازرسی اجزای هر تجهیز هنگام انجام بازدیدهای دوره‌ای بازرسان یا تعمیرکاران با ذکر رواداری‌های مجاز و تخصص مورد نیاز برای انجام بازدید.

۳- ارائه فهرست معایب احتمالی هر تجهیز، دلایل وجود و شیوه رفع آن‌ها.

۴- ارائه فهرست لوازم یدکی ضروری.

۸-۴-۳- دستورالعمل تفکیکی بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده‌ها

در این بخش با توجه به تعریف ساختار دستورالعمل در بند ۸-۴-۲ برای تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی یک سد، به عنوان نمونه و به صورت مجزا، فرم‌های ضروری ارائه می‌شود.

لازم به ذکراست موارد ارائه‌شده به‌عنوان نمونه است و ضروری است با توجه به شرایط خاص هر پروژه فرم‌های مربوط تهیه شود.

۸-۴-۳-۱- مشخصات کلی سد، مخزن و تخلیه‌کننده

- مشخصات سد:

نوع سد

ارتفاع سد از پی

رقوم تاج سد

طول تاج سد

- مشخصات مخزن :

حجم کل مخزن

رقوم عادی بهره‌برداری

رقوم بیشینه آب

omoorepeyman.ir

رقوم کمینه آب

- مشخصات تخلیه‌کننده :

مکان استقرار تخلیه‌کننده

رقوم ورودی (کف یا محور)

رقوم خروجی (کف یا محور)

ظرفیت تخلیه

- فهرست تجهیزات هیدرومکانیک:

به عنوان نمونه پوشش فلزی، دریچه تعمیراتی رأس و بالابر مربوط، دریچه اضطراری، دریچه یا شیر سرویس و بالابرهای هیدرولیکی، جرثقیل تعمیراتی اتاق تخلیه‌کننده عمقی

۸-۴-۳-۲- فرم شناسنامه تجهیزات

فرم نمونه شناسنامه پیشنهادی برای تجهیزات، مطابق فرم شماره ۸-۱ است که لازم است برای اجزای هر کدام از تجهیزات به‌صورت مجزا تهیه شود. به عنوان مثال برای هر کدام از اجزای پوشش فلزی مانند ورودی زنگوله‌ای شکل، قطعه مستطیلی و قطعه واگرای خروجی، فرم‌های جداگانه تهیه می‌شود.

۸-۴-۳-۳- دستورالعمل بهره‌برداری

در دستورالعمل بهره‌برداری لازم است مشخصات هیدرومکانیکی و شیوه عملکرد و بهره‌برداری هر دستگاه شرح داده شود، به‌گونه‌ای که بهره‌بردار به راحتی و مرحله به مرحله با مطالعه دستورالعمل قادر به استفاده و بهره‌برداری از دستگاه شود. در این قسمت برای نمونه، شیوه عملکرد و بهره‌برداری از تجهیزات تخلیه‌کننده عمقی به‌صورت کلی آورده می‌شود که بدیهی است باید به صورت کامل‌تر و با ذکر جزئیات بیشتر توسط سازنده تجهیزات برای تجهیزات هر سد تکمیل شود.

omoorepeyman.ir

عنوان تجهیز

فرم ۸-۱- شناسنامه تجهیزات هیدرومکانیک تخلیه‌کننده عمقی						
کد دستگاه:				مشخصات خاص:		
ابعاد:				ظرفیت یا فشار نامی:		
ابعاد بزرگ‌ترین قطعه قابل حمل:						
وزن:				توان نامی:		
وزن بزرگترین قطعه قابل حمل:						
تعداد:				ولتاژ و آمپر:		
محل نصب:				نوع کابل مصرفی:		
ردیف	اجزای دستگاه	جنس	خریدنی	ساختنی	شرکت سازنده	خدمات مورد نیاز
ملاحظات:			**تهیه کننده:** **تایید کننده:**			

۸-۴-۳-۳-۱- پوشش فلزی

این سازه به منظور هدایت جریان آب به محل قرارگیری دریچه‌های خروجی در نظر گرفته شده و متشکل از قطعات ورودی زنگوله‌ای شکل، قطعه مستطیلی و قطعه واگرا بوده، لازم است از لحاظ آسیب‌دیدگی پوشش حفاظتی، خوردگی و اتصالات جوشی توسط بهره‌بردار کنترل شود.

omoorepeyman.ir

۸-۴-۳-۳-۲- دریچه تعمیراتی رأس

این دریچه به‌منظور بازدید و در صورت نیاز تعمیرات تجهیزات پایین‌دست استفاده می‌شود. در حالت تعادل فشار عمل می‌کند، بنابراین قبل از مانور باید دریچه پایین‌دست آن مسدود شود.

مانور دریچه توسط یک بالابر کابلی الکترومکانیکی صورت می‌گیرد. در مواقع عادی، دریچه بر روی تیرک‌های نگهدارنده در رقوم استقرار قرار می‌گیرد. برای استقرار دریچه بر روی تیرک‌های نگهدارنده در اولین بهره‌برداری و یا جابه‌جایی دریچه هنگام انجام تعمیرات به یک جرثقیل متحرک با ظرفیت مناسب نیاز است.

- پایین‌بردن دریچه

برای قراردادن دریچه در مجرا باید شرایط تعادل فشار در دو سمت آن ایجاد شود (عدم وجود جریان آب) برای این منظور ابتدا دریچه سرویس و یا در صورت لزوم، دریچه اضطراری انتهای مجرا بسته می‌شود.

بعد از این مرحله با دادن فرمان به بالابر، دریچه را به مقدار کم بالا کشیده تا از روی تیرک‌های نگهدارنده بلند شود. پس از عقب کشیدن تیرهای نگهدارنده با فرمان مجدد به بالابر، دریچه توسط کابل به پایین فرستاده می‌شود تا مجرا بسته شود.

کنترل موقعیت دریچه در مسیر و مجرا از طریق اندیکاتور نصب‌شده بر روی بالابر امکانپذیر است.

- بالاکشیدن دریچه

قبل از بالاکشیدن دریچه باید شرایط تعادل فشار در دو سمت آن ایجاد شود. برای این منظور مجرای پایین‌دست دریچه باید از آب پر شود. بدین‌ترتیب با بستن دریچه پایین‌دست، مجرا را کاملاً بسته و سپس با دادن فرمان به بالابر، کابل را به میزان مورد نیاز جمع می‌کنیم تا شیر کنارگذر دریچه باز شود. سپس فرمان توقف به بالابر داده می‌شود. با عبور جریان آب از شیر و بالا آمدن سطح آب در پایین‌دست دریچه، برقراری تعادل فشار از طریق حسگر[1] انتقال دهنده فشار که درون لوله هوای دریچه قرار گرفته است، مشاهده می‌شود. این حسگر، تعادل فشار را با روشن شدن یک لامپ بر روی تابلوی کنترل اعلام می‌کند.

پس از اعلام تعادل فشار، امکان بالاکشیدن دریچه ممکن می‌شود. (در این باره ضروری است با محاسبه حجم مجرا، زمان پر شدن به صورت تقریبی محاسبه و در دستورالعمل آورده شود).

با دادن فرمان دوباره به بالابر، دریچه به محل استقرار خود در رقوم موردنظر منتقل و بر روی تیرک‌های نگهدارنده قرار می‌گیرد.

نکته قابل توجه اینکه هنگام پر شدن مجرا، هوای موجود در آن به وسیله لوله هوا تخلیه می‌شود. لازم است هنگام بازدید از مسدود نبودن این لوله‌ها اطمینان حاصل کرد.

۸-۴-۳-۳-۳- دریچه اضطراری

محل قرار گرفتن این دریچه در قسمت انتهایی پوشش فلزی است. این دریچه به عنوان دریچه محافظ دریچه سرویس عمل می‌کند و عملکرد آن به صورت کاملاً باز یا بسته است. این دریچه قابلیت بستن مجرا را در هر حالتی دارد ولی باید در فشار متعادل باز شود.

سامانه مانور دریچه، بالابر هیدرولیکی با همه تجهیزات لازم است.

1 - Sensor

omoorepeyman.ir

- بستن دریچه

برای بستن دریچه با فرمان دادن به سروموتور از روی تابلوی کنترل، اقدام می‌شود. در حین بستن دریچه، بهره‌بردار باید با مشاهده اندیکاتور، موقعیت دریچه را در هر لحظه زیر نظر داشته باشد. بعد از رسیدن دریچه به حد پایین نیز باید عملکرد کلید قطع‌کن حدی پایین با موقعیت اندیکاتور و دریچه کنترل شود.

- باز کردن دریچه

پس از بازدید، رفع عیب از دریچه سرویس، بر طرف شدن مشکلات مجرا و قبل از باز کردن دریچه اضطراری لازم است فشار در دو طرف آن متعادل شود. برای این منظور دو عدد شیر در مسیر کنارگذر دریچه اضطراری قرار گرفته است. شیر قرار گرفته در بالادست همواره باز است. با باز کردن شیر پایین‌دست و متعادل شدن فشار در دو طرف دریچه، حسگر نشان‌دهنده اختلاف فشار، تعادل فشار را اعلام می‌کند. در این حالت شیر کنارگذر بسته و امکان بازشدن دریچه اضطراری فراهم می‌شود.

۸-۴-۳-۳-۴- دریچه سرویس

مانور دریچه سرویس مشابه دریچه اضطراری است، با این تفاوت که این دریچه در شرایط جریان (فشار نامتعادل) قادر به باز کردن و بستن مجرا است و دیگر اینکه می‌توان دریچه سرویس را در ارتفاع‌های مختلف متوقف و نسبت به تنظیم بده خروجی اقدام کرد.

نکته مهم: هیچگاه مجاز به نگه داشتن دریچه در مقدار بازشدگی کمتر از ۱۰٪ نیستیم.

۸-۴-۳-۳-۵- جرثقیل سقفی تعمیراتی اتاق تخلیه‌کننده

جرثقیل سقفی تعمیراتی در اتاق دریچه‌های تخلیه‌کننده نصب می‌شود. این جرثقیل قابلیت حرکت در دو مسیر طولی و عرضی اطاق را برای جابه‌جایی تجهیزات دارد و از طریق مجموعه کلیدهای کنترل آویزی، حرکت به سمت بالا، پایین، راست و چپ کالسکه، مطابق با جهت نشان داده شده بر روی کلیدها تأمین می‌شود.

۸-۴-۳-۳-۶- سامانه بالابر هیدرولیکی

سامانه بالابر هیدرولیکی معمولا برای مانور دریچه‌های اضطراری و سرویس تخلیه‌کننده‌های عمقی به‌کار می‌روند.

بهره‌برداری از این دریچه‌ها با فعال کردن مدار هیدرولیکی توسط سامانه مولد فشار هیدرولیکی[1] انجام می‌گیرد و لازم است دستورات خاص کنترلی به ترتیب اعمال شود.

این دستورات معمولا برای چهار حالت در نظر گرفته می‌شوند:

حالت اول – باز کردن دریچه

حالت دوم – بستن در شرایط عادی

حالت سوم– بستن در شرایط اضطراری

1 - Power unit

omoorepeyman.ir

حالت چهارم– نگهداری (فقط در حالت بسته بودن دریچه)

در حالت‌های اضطراری اگر کنترل سامانه از کار بیفتد، روش‌هایی برای عملکرد دستی سامانه پیش‌بینی می‌شود که لازم است بهره‌بردار از آن‌ها مطلع باشد.

همچنین در صورت بروز مشکل در هر یک از مراحل عملیات، علائم هشداردهنده‌ای وجود دارد که لازم است بهره‌بردار از آن‌ها آگاه باشد.

۸-۴-۳-۴- دستورالعمل تعمیر و نگهداری

- در این قسمت، ابتدا فهرست همه تجهیزات نیازمند سرویس، با مشخص کردن نوع سرویس مورد نیاز، مطابق فرم ۸-۲ آورده می‌شود.
- در مرحله بعدی فرم‌های راهنمای برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات برای همه تجهیزات ذکرشده در فهرست تجهیزات نیازمند سرویس تکمیل می‌شود. این فرم‌ها به‌عنوان نمونه، طی فرم‌های ۸-۳ تا ۸-۸ آورده شده است.
- فرم‌های ۸-۹ تا ۸-۱۳ مشکل‌های احتمالی را که ممکن است در حین عملکرد تجهیزات به وجود آید به همراه عیب و علت آن، نشان می‌دهد. اما لازم است در هر مورد، مسئله با حضور کارشناس مربوط بررسی شود.
- علاوه بر فرم‌های راهنمای نگهداری و تعمیرات ۸-۳ تا ۸-۱۳ لازم است فرم‌های بازرسی متناظر با فرم‌های ذکرشده تکمیل شود و همه اطلاعات لازم از جمله تاریخ انجام بازدید قبلی، تاریخ انجام بازدید فعلی، نام و امضای فرد بازدیدکننده و نتیجه بازدید در آن فرم‌ها درج شود. فرم ۸-۱۴ نمونه‌ای از این فرم را ارائه می‌دهد.
- در آخر فهرست لوازم یدکی ضروری هر یک از تجهیزات ضمیمه مدرک می‌شود.

فرم ۸-۲- فهرست تجهیزات نیازمند سرویس

ردیف	نام دستگاه	تعداد	نوع خدمات مورد نیاز			
			نیاز: *		عدم نیاز: -	
			مکانیکی	الکتریکی	روانکاری	پوششی
۱	دریچه تعمیراتی راس	۱	*	*	*	*
۲	دریچه اضطراری	۱	*	*	*	*
۳	دریچه سرویس	۱	*	*	*	*
۴	جرثقیل تعمیراتی اتاق تخلیه‌کننده	۱	*	*	*	*
۵	پوشش فلزی	۱	-	-	-	*
۶	بالابر دریچه راس	۱	*	*	*	*
۷	بالابر هیدرولیکی دریچه‌های سرویس و اضطراری	۲	*	*	*	*
۸	شیرهای هوا	۲	*	*	*	*

omoorepeyman.ir

فرم ۸-۳ - برنامه‌ریزی نگهداری دریچه تعمیراتی راس

ردیف	موضوع مورد بازرسی	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۱	بدنه دریچه	- بازبینی پوشش حفاظتی، رسوب‌زدایی و ترمیم نقاط آسیب‌دیده - بازبینی اتصالات جوشی از نظر ترک و یا شکستگی - بازدید مجموعه از نظر تغییر شکل‌های بیش ازحدمجاز	۱۲ ۱۲ ۱۲	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک
۲	چرخ و یاتاقان‌ها	- بازبینی یاتاقان‌ها و گریس‌کاری - بازبینی اتصالات پیچی و درپوش‌ها	۶ ۶	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک
۳	آب‌بندها و اتصالات پیچی آن	- تنظیم میزان نشتی عبوری توسط پیچ‌های نگهدارنده - بررسی لاستیک‌ها از لحاظ سایش یا شکستگی و تعویض آن‌ها درصورت نیاز - بازرسی پیچ‌ها و اتصالات و تعویض آن‌ها در صورت نیاز	۶ ۶ ۶	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک
۴	محل اتصال کابل بالابر	- بازبینی اتصالات جوشی - پولی بالای دریچه	۶ ۶	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک
۵	شیر کنارگذر	- بازبینی کلی - بررسی عملکرد شیر به صورت دستی	هربار قبل از مانور دریچه	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک

فرم ۸-۴ - برنامه‌ریزی نگهداری وتعمیرات بالابر الکترومکانیکی دریچه راس

ردیف	موضوع مورد بازرسی	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۱	سازه فلزی پی	بازبینی وضعیت عمومی سازه فلزی پی بالابر و اتصالات پیچ و مهره‌ای	۶	تکنسین مکانیک
۲	گیربکس و کوپلینگ	بازبینی وضعیت عمومی گیربکس‌ها و کنترل واسکازین آن، بازبینی عملکرد کوپلینگ‌ها و کنترل آنها از نظر لقی و یا سروصدای ناهنجار	۳	تکنسین مکانیک
۳	درام	بازبینی درام‌ها و اتصال کابل بر روی آن و وضعیت گیربکس روی سازه	۳	تکنسین مکانیک
۴	الکتروموتور	بازبینی وضعیت عمومی عملکرد الکتروموتور	۶	تکنسین الکترونیک
۵	رنگ	بازبینی وضعیت عمومی رنگ و پوشش حفاظتی	۳	تکنسین مکانیک
۶	کابل بالابر	کنترل کابل از نظر پیچیدگی، زدگی و ریش ریش شدن	۶	تکنسین مکانیک

فرم ۸-۵- برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات دریچه کشویی اضطراری

ردیف	نام قطعه	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۱	بدنه و قالب دریچه	- بازبینی پوشش حفاظتی و ترمیم نقاط آسیب‌دیده - بازبینی اتصالات جوشی از نظر ترک و یا شکستگی - بازدید مجموعه از نظر تغییر شکل‌های بیش از حد مجاز	۱۲ ۱۲ ۱۲	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک
۲	راهنما	- بازدید راهنماها از نظر سایش و یا شکستگی و بازبینی اتصالات جوشی آن	۱۲	تکنسین مکانیک
۳	آب‌بندها و اتصالات پیچی آن	- نصب میزان نشتی عبوری توسط پیچ‌های مجموعه - بازرسی پیچ‌ها و جایگزینی آن‌ها در صورت نیاز - بررسی آب‌بندها از لحاظ سایش و بروز ترک و شکستگی و تعویض آن‌ها در صورت نیاز - گریس‌کاری لاستیک‌ها	۶ ۶ ۶ ۶	تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک تکنسین مکانیک

omoorepeyman.ir

فرم ۸-۶- برنامه‌ریزی و نگهداری و تعمیرات دریچه کشویی سرویس

ردیف	نام قطعه	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۱	بدنه و قاب دریچه	– بازبینی پوشش حفاظتی و ترمیم نقاط آسیب‌دیده	۶	تکنسین مکانیک
		– بازبینی اتصالات جوشی از نظر ترک و یا شکستگی	۶	تکنسین مکانیک
		– بازدید مجموعه از نظر تغییر شکل‌های بیش از حد مجاز	۶	تکنسین مکانیک
۲	راهنما	– بازدید راهنماها از نظر سایش و یا شکستگی و بازبینی اتصالات جوشی آن	۶	تکنسین مکانیک
۳	آب‌بندها و اتصالات پیچی آن	– نصب میزان نشتی عبوری توسط پیچ‌های مجموعه	۳	تکنسین مکانیک
		– بازرسی پیچ‌ها و جایگزینی آنها در صورت نیاز	۳	تکنسین مکانیک
		– بررسی آب‌بندها از لحاظ سایش و بروز ترک و شکستگی و تعویض آنها در صورت نیاز	۳	تکنسین مکانیک
		– گریسکاری لاستیک‌ها	۳	تکنسین مکانیک

فرم ۸-۷- برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات بالابر هیدرولیکی

ردیف	نام قطعه	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۱	سیلندر	– بازبینی وضعیت عمومی و اتصالات	۳ و قبل از هر مانور	تکنسین مکانیک
۲	شفت	– بازبینی وضعیت عمومی عملکرد، شکل ظاهری شفت و اتصالات آن	۳ و قبل از هر مانور	تکنسین مکانیک
۳	درپوش عمقی و فوقانی	– بازبینی وضعیت عمومی، اتصالات و محکم کردن آنها	۳ و قبل از هر مانور	تکنسین مکانیک
۴	سامانه قدرت	– بازبینی وضعیت عمومی، تنظیم روغن و عملکرد کل سامانه	۳ و قبل از هر مانور	تکنسین الکترونیک
۵	لوله‌ها	– بازبینی وضعیت عمومی از نظر آلودگی به مواد روغنی	۳ و قبل از هر مانور	تکنسین مکانیک

فرم ۸-۸- برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات جرثقیل سقفی

ردیف	نام قطعه	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۱	موتور الکتریکی	– بازرسی سیم‌پیچی و روتور	۳	تکنسین الکترونیک
		– بازبینی یاتاقان و محور روتور	۶	تکنسین مکانیک
		– بازدید کنتاکت‌های ذغالی و تعویض آن‌ها در صورت لزوم	۶	تکنسین مکانیک
		– بازرسی اتصالات برقی، کربنی و فیوزها	۶	تکنسین الکترونیک
۲	کوپلینگ و چرخ دنده‌ها	– روانکاری چرخ‌دنده‌ها	۳	تکنسین الکترونیک
		– بازبینی سطح چرخ‌دنده‌ها و یاتاقان از نظر سایش، بریدگی و صدمات احتمالی	۶	تکنسین مکانیک
		– بازبینی کوپلینگ و اطمینان از هم راستایی محورها	۱	تکنسین مکانیک
		– شستشوی مجموعه هنگام تعمیرات اساسی و تعویض روغن آن	۱	تکنسین مکانیک
۳	مدارهای برقی و کنترلی	– بررسی عملکرد صحیح کلیدهای حدی و مدارهای کنترلی	۶	تکنسین مکانیک
		– کنترل قرار داشتن ولتاژ ورودی به سامانه در محدوده ۱۰ درصد ولتاژ برق شهر	۳	تکنسین الکترونیک
		– بازدید لاستیک‌های کلیدهای حدی از نظر ساییدگی و صدمات احتمالی	۳	تکنسین الکترونیک
		– بازدید کابل‌ها خصوصاً در مواردی که تحت تنش خم و راست شدن قرار دارند	۶	تکنسین الکترونیک
		– بازبینی کلیدها و اتصالات و محکم کردن آن‌ها	۶	تکنسین الکترونیک
۴	قلاب و قرقره	– گریس‌کاری یاتاقان قرقره و پیچ‌های آن	۳	تکنسین مکانیک
		– بررسی دقیق قلاب از نظر وجود ترک‌ها و تغییر شکل‌های احتمالی	۱۲	تکنسین مکانیک
		– بررسی اتصالات آن	۱۲	تکنسین مکانیک

omoorepeyman.ir

ادامه فرم ۸-۸- برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات جرثقیل سقفی

ردیف	نام قطعه	دستورالعمل	دوره (ماه)	تخصص
۵	کابل فولادی و گیره انتهایی آن	– اطمینان از سالم بودن کابل از نظر پارگی بیش ازحد مجاز، ساییدگی، شکستگی و پیچیدگی احتمالی آن	۱۲	تکنسین مکانیک
		– اطمینان از محکم بودن اتصالات گیره انتهایی آن	۶	تکنسین مکانیک
		– روغن‌کاری کابل فولادی	۳	تکنسین مکانیک
۶	طبلک راهنما و قفل کننده حدی کابل فولادی	– گریسکاری طبلک راهنما	۳	تکنسین مکانیک
		– بازبینی و گریسکاری یاتاقان‌های طبلک راهنما	۳	تکنسین مکانیک
		– بازبینی سطح طبلک راهنما از نظر سایش و قرار گرفتن صحیح کابل فولادی در شیارهای هادی	۱۲	تکنسین مکانیک
۷	سامانه ترمز	– بازدید، تنظیم و یا تعویض لنت ترمز	۱۲	تکنسین مکانیک
۸	ارابه محرکه انتقالی ترولی	– تنظیم چرخ‌ها نسبت به ریل	۳	تکنسین مکانیک
		– بازدید اتصالات و محکم کردن اتصالات پیچی	۶	تکنسین مکانیک
		– بازبینی و گریسکاری یاتاقان چرخ‌ها	۶	تکنسین مکانیک
		– بازبینی سطحی چرخ‌ها از نظر ساییدگی یا آلودگی به مواد روغنی و صدمات احتمالی	۶	تکنسین مکانیک
۹	بدنه	بازبینی اتصالات پیچی، جوشی و پرچی و رفع عیوب مربوط	۶	تکنسین مکانیک
		بازبینی پوشش حفاظتی و ترمیم نقاط معیوب	۱۲	تکنسین مکانیک
۱۰	ریل و ضربه‌گیر	– بازبینی سطحی از نظر آلودگی به مواد روغنی، بروز ساییدگی و صدمات احتمالی و رفع نواقص مربوط	۱۲	تکنسین مکانیک
		– بازرسی ضربه‌گیرهای انتهایی	۱۲	تکنسین مکانیک

فرم ۸-۹- عیب‌یابی دریچه تعمیراتی راس

ردیف	اشکال	علت	اقدام	ملاحظات
۱	تغییر شکل در المان‌های فولادی جوش	– اعمال تنش‌های بیش از حدمجاز در اثر سیلاب و زمین‌لرزه	– جدا سازی و تعویض – تعمیر	– انجام عملیات جوشکاری مطابق با دستور دفتر طراحی
۲	ارتعاش دریچه هنگام حرکت	– پاره شدن لاستیک‌های آب‌بند و گیرکردن آن‌ها در مسیر حرکت دریچه – وجود آشغال و قطعات خارجی در مسیر	– تعویض لاستیک‌ها – تمیزکردن مسیر حرکت دریچه	
۳	نشتی بیش از حد مجاز	– خرابی لاستیک‌های آب‌بند – تنظیم و تراز نبودن لاستیک‌ها – خرابی پیچ‌های نگهدارنده لاستیک‌ها – گیرکردن جسم خارجی بین لاستیک‌های آب‌بند و نوار فلزی نگهدارنده آب‌بند – تنظیم نبودن سطوح چرخ‌ها	– تنظیم یا تعویض لاستیک‌های آب‌بند – تعویض پیچ‌ها – تمیز کردن بین لاستیک‌ها و نوارفلزی – تنظیم چرخ‌ها	
۴	از بین رفتن پوشش رنگ	– وارد شدن ضربه یا گذشت زمان	– اعمال پوشش مجدد	– طبق مدرک QS&PS رنگ‌آمیزی مجدد شود
۵	عدم عملکرد شیر کنارگذر	– خراب شدن فنر – به هم خوردن تنظیم	– تعویض فنر – تنظیم مجدد	
۶	عدم گردش روان چرخ‌ها	– خرابی یا تاقان – کمبود روغن روانکار	– تعمیر یا تعویض یاتاقان – روغنکاری	

omoorepeyman.ir

فرم ۸-۱۰- عیب‌یابی سامانه بالابر الکترومکانیکی دریچه راس

ردیف	اشکال	علت	اقدام	ملاحظات
۱	صدای ناهنجار از بالابر	– خرابی کوپلینگ‌ها – خرابی یاتاقان‌های موتور یا پایه‌های درام – خرد شدن دنده‌های گیربکس – لق شدن اتصالات بالابر	– بررسی دقیق علل عیب و رفع موارد مکانیکی	
۲	تغییر فرم کابل و یا ریش‌ریش شدن آن	– وجود پلیسه بر روی پولی‌ها و یا درام – تماس کابل با یک جسم خارجی – سایش کابل به لبه‌های پولی	– برداشتن جسم خارجی در تماس با کابل – تنظیم دریچه و کابل – تعویض کابل آسیب دیده	

فرم ۸-۱۱- عیب‌یابی دریچه سرویس و اضطراری

ردیف	اشکال	علت	اقدام	ملاحظات
۱	در خلال بسته یا بازشدن دریچه، صدای ساییدگی به گوش می‌رسد	آب‌بند برنزی یا ضربه‌گیرها در تماس با بدنه هستند	چنانچه این مساله بار اول و در زمان تست عملکرد در سایت اتفاق بیفتد و با تکرار مراحل تست از بین نرود، سامانه را متوقف کنید. چنانچه بعد از چندین بار تست، صدا از بین رفت، نیاز به هیچ اقدامی نیست.	دریچه را مانند مرحله تعمیر و بازرسی بازکرده، آب‌بند برنزی را بازرسی کنید. در صورت صدمه دیدن هر کدام که احتمالاً در زمان حمل و نقل به‌وجود آمده است اقدام به تعمیر کنید.
۲	در زمان بسته بودن مجرا توسط دریچه سرویس یا اضطراری، خروج آب از مجرا مشاهده می‌شود	نشتی آب ممکن است از آب‌بند برنزی و یا لاستیک زیر دریچه و یا محل اتصال شفت سروموتور به دریچه باشد.	درصورت وجود نشتی و خروج آب و عدم امکان تعمیرات و بازرسی، مجرا طبق روش تعمیر و بازرسی، از آب خالی شود.	ممکن است هر یک از آب‌بندهای برنزی دریچه و یا ارینگ بین محل اتصال شفت و دریچه، یا لاستیک زیر دریچه نیاز به تعمیر یا تعویض داشته باشد.
۳	دریچه در زمان شروع حرکت به طرف پایین نمی‌رود و با بالارفتن فشار هیدرولیک سامانه قطع می‌شود.	– مسدود شدن مجرا توسط عامل خارجی	– چند بار سامانه را به‌کار انداخته و اگر دریچه حرکت نکرد مجرا را باید از آب خالی کرد.	– دریچه و مجرا را به‌طور کامل بازرسی کنید. – با توجه به دستورالعمل سروموتور آن‌را بازرسی و تعمیر کنید.
۴	دریچه از وضعیت کاملا بسته به طرف بالا حرکت نمی‌کند.	– خرابی سروموتور – صدمه دیدن محل اتصال شفت سروموتور دریچه		– محل اتصال شفت سروموتور به دریچه را بازدید کنید و در صورت وجود صدمه در آن قسمت، به رفع عیب بپردازید.

omoorepeyman.ir

فرم ۸-۱۲- عیب‌یابی بالابر هیدرولیکی

ردیف	اشکال	علت	اقدام	ملاحظات
۱	صداهای غیرعادی	– سطح روغن پایین است – هواگیری به‌طورکامل انجام نشده است. – حباب‌های کوچک هوا وارد مسیر مکش شده است. – روغن، آلوده به حباب‌های کوچک شده است. – روغن نامناسب بوده و دمای آن پایین است.	سطح روغن تنظیم شود هواگیری انجام شود به لوله‌های مکش توجه شود پس از گذشت زمان کوتاهی این پدیده اصلاح می‌شود	گاهی هوا از مسیر فیلتر مکش وارد می‌شود. موقع یافتن موضع نشت، می‌توان از مالیدن گریس سنگین به محل‌های مشکوک استفاده کرد.
۲	بالارفتن فشار	– جهت دوران پمپ تغییر کرده است – تغذیه پمپ نامناسب است – مانعی در جلوی مسیر روغن ایجاد شده است.	جهت کنترل شود تغذیه مناسب شود موانع برطرف شود	– تنظیم کنترلر فشار یا جبران‌ساز پمپ درست شود
۳	گرم کردن سامانه	– خنک‌کن آب درست کار نمی‌کند – جهت دوران فن خنک کن هوایی درست نباشد – سامانه بی جهت در فشار بالا کار می‌کند – شیر تخلیه بار درست کار نمی‌کند	– وجود جریان آب کنترل شود – جهت تدقیق شود – کنترلر فشار، بر روی میزان صحیح تنظیم شود – توجه شود شیر تخلیه بار درست کار کند	– همواره آب خروجی گرم‌تر از آب ورودی و روغن خروجی سردتر از روغن ورودی است. – مراقبت شود کانال‌های هوا کاملا باز باشد.

فرم ۸-۱۳- عیب‌یابی جرثقیل سقفی

ردیف	اشکال	علت	اقدام	ملاحظات
۱	سامانه عمل نکند	– بار بیش از حد مجاز اعمال شده – فیوز سوخته یا کابل‌ها پاره شده‌اند	– میزان بار اعمالی را کنترل و آن را کاهش دهید – درصورت کارکرد موتور و عدم چرخش آن، گروه متخصصین را مطلع کنید	
۲	ترولی متوقف نشود	– لنت ترمز ساییده شده است – ریل راهنما صدمه دیده است	– دیسک مربوطه تنظیم یا تعویض شود – بازبینی و تعمیر شود	در صورت نیاز، گروه متخصص را مطلع کنید

omoorepeyman.ir

فرم ۸-۱۴- بازرسی دریچه تعمیراتی راس

محل بازدید	شماره	شرایط	مشاهدات	کنترل	بررسی	تعمیر
بدنه دریچه	۱	بازبینی پوشش حفاظتی، رسوب‌زدایی و ترمیم نقاط آسیب‌دیده				
	۲	بازبینی اتصالات جوشی از نظر ترک و یا شکستگی				
	۳	بازدید مجموعه از نظر تغییر شکل‌های بیش از حد مجاز				
چرخ و یاتاقان‌ها	۴	بازبینی یاتاقان‌ها و گریس‌کاری				
	۵	بازبینی اتصالات پیچی و درپوش‌ها				
آب‌بندها و اتصالات پیچی آن	۶	تنظیم میزان نشتی عبوری توسط پیچ‌های نگهدارنده				
	۷	بررسی لاستیک‌ها از لحاظ سایش یا شکستگی و تعویض آن‌ها در صورت نیاز				
	۸	بازرسی پیچ‌ها و اتصالات و تعویض آن‌ها در صورت نیاز				
محل اتصال کابل بالابر	۹	بازبینی اتصالات جوشی				
	۱۰	بازبینی پولی بالای دریچه				
شیر کنارگذر	۱۱	بازبینی کلی				
	۱۲	بررسی عملکرد شیر به صورت دستی				
تاریخ انجام بازدید قبلی				تاریخ انجام بازدید فعلی		
نام وامضا بازدیدکننده						
نتیجه بازدید به شماره‌های مربوط ارجاع شود.						

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۹

ضمائم

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۹-۱- اطلاعات پایه

به منظور طراحی هیدرولیکی، سازه‌ای، تجهیزاتی و پی سامانه تخلیه‌کننده عمقی ، اطلاعات پایه زیر مورد نیاز می‌باشد:

- نقشه‌های توپوگرافی
- مقاطع عرضی رودخانه
- اطلاعات ژئوتکنیک و ویژگی‌های ژئومکانیکی
  - پلان و پروفیل‌های زمین‌شناسی
  - نقشه خطوط همتراز سنگ سالم
  - شیب، جهت شیب ، تداوم و مواد پرکننده ناپیوستگی‌های موجود
  - موقعیت فضایی گسل‌ها و ضخامت زون‌های خردشده و هوازده
  - ضخامت روباره فضاهای زیرزمینی
  - شرایط آب زیرزمینی و فشارهای آن قبل و بعد از احداث سازه‌ها
  - لیتولوژی
  - مشخصات فیزیکی و مکانیکی توده سنگ‌ها
  - طبقه‌بندی توده سنگ‌ها
  - شناسایی زون‌های دارای پتانسیل تورم
  - رفتار توده سنگ‌ها در مجاورت آب
  - شرایط میدان‌های تنش زمین
  - مکانیزم‌های شکست احتمالی
  - مکانیزم انتقال بار از سازه به پی سنگی
  - عکس‌العمل پی به بارهای وارده و اثر رفتار پی در سازه
  - نفوذپذیری توده سنگ‌ها و مسیرهای ترجیحی جریان
  - پارامترهای ژئومکانیکی مرز بین سنگ و سازه (چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی)
  - پارامترهای تغییر شکل‌پذیری
  - شتاب زمین‌لرزه افقی و قائم در سطوح مختلف
  - تعیین گسل‌های فعال و غیرفعال
  - میزان و راستای جابه‌جایی گسل‌های فعال در محدوده سازه‌ها
  - شتاب نگاشت‌های زمین‌لرزه افقی و قائم در سطوح مختلف
- اطلاعات مکانیک خاک
  - مشخصات مکانیکی بستر خاکی در صورت نیاز
  - مشخصات مکانیکی بدنه سد خاکی در صورت نیاز

omoorepeyman.ir

- مشخصات مکانیکی خاکریز در صورت نیاز

– اطلاعات هیدرولوژی و هواشناسی

- مقادیر متوسط، کمینه و بیشینه بده رودخانه به‌صورت ماهانه در سال‌های آماری موجود
- هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشتی‌های مختلف
- مقادیر پیک سیلاب‌های حداکثر روزانه و تداوم‌های چند روزه

– اطلاعات برنامه‌ریزی منابع آب

- منحنی سطح– حجم– ارتفاع مخزن
- منحنی سطح– حجم– ارتفاع مخزن بعد از رسوب‌گذاری ۲۵ ساله، ۵۰ ساله و ۱۰۰ ساله
- حجم رسوبات ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله
- جدول عملکرد مخزن
- میزان حقابه‌های پایین‌دست
- پروفیل رسوبات ۵۰ و ۱۰۰ ساله در مخزن

– اطلاعات هیدرومکانیک و هیدرولیک برای طراحی سازه‌ای

- ابعاد و مشخصات اتاق کنترل دریچه‌ها و شیرها
- ابعاد، وزن و نیروهای استاتیکی و دینامیکی در حالت‌های مختلف بارگذاری ناشی از دریچه‌ها
- ابعاد، وزن و نیروهای استاتیکی و دینامیکی در حالت‌های مختلف بارگذاری ناشی از شیر
- ابعاد، وزن و نیروهای استاتیکی و دینامیکی در حالت‌های مختلف بارگذاری ناشی از جرثقیل
- مشخصات هندسی شیارهای دریچه
- نیروهای دینامیکی در قوس‌ها در مجاری فلزی
- بار آب طراحی در حالت‌های عادی بهره‌برداری و سیلابی در نقاط مختلف سازه
- سرعت آب در نقاط مختلف سازه
- فشارهای استاتیکی و دینامیکی در حوضچه آرامش
- شرایط احتمالی پایین‌دست

– دیگر اطلاعات

- طرح جانمایی سد بتنی یا سد خاکی
- پلان، مقاطع سد
- شرایط اجتماعی، اقتصادی پایین‌دست

۹-۲- مشخصات تخلیه کننده عمقی تعدادی از سدهای ایران

مشخصات تخلیه کننده عمقی تعدادی از سدهای ایران در جدول ۹-۱ ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۹-۱- مشخصات تخلیه‌کننده عمقی تعدادی از سدهای ایران

ردیف	نام سد	نوع سد	موقعیت	ارتفاع (متر)	تراز عادی بهره‌برداری (متر از سطح دریا)	حجم مخزن (میلیون متر مکعب)	نوع شیر یا دریچه	تراز کف دریچه سرویس تخلیه‌کننده عمقی (متر از سطح دریا)	طول مجرای فلزی (متر)	ابعاد دریچه متر×متر	ظرفیت (مترمکعب برثانیه)
۱	بانه	خاکی	بانه	۱۹	۱۶۰۷	۴/۳۷	دریچه کشویی	۱۵۸۸/۵	۲۸۳	۰/۷۵×۰/۹	۶/۴۵
۲	ایلام	سنگریزه ای	استان ایلام	۶۵	۹۶۰	۷۱/۲	دریچه کشویی	۹۲۰	۱۴	۱/۲×۱/۵	۴۲
۳	سیرجان	سنگریزه ای	استان کرمان	۷۱	۲۱۲۰	۳۸/۹	دریچه کشویی	۲۰۸۴	۲۳	۰/۸×۱/۲	۱۹/۲
۴	بارزو	بتنی قوسی	شیروان	۵۷/۵	۱۴۵۹/۵	۹۲	دریچه کشویی	۱۴۱۱/۵	۱۳	۱/۲×۱/۲	۳۳
۵	کرخه	سنگریزه ای	اندیمشک	۱۲۷	۲۲۰	۵۵۷۲	دریچه کشویی	۱۶۰-۱۵۶	۴۲	۲/۰×۲/۰	۳۶۰
۶	علویان	خاکی با هسته رسی	مراغه	۷۸	۱۵۶۸	۶۰	دریچه کشویی	۱۵۲۵	۸۴	۱/۲۵×۱/۶	۶۰
۷	بارون	خاکی با هسته رسی	ماکو	۷۹	۱۶۹۱	۱۵۰	دریچه کشویی	۱۶۴۰		۲/۴×۱/۷	۹۴/۵
۸	مارون	سنگریزه ای	بهبهان	۱۶۵	۴۹۳	۱۲۰۰	دریچه قطاعی	۴۲۰	۹۲	۴/۲×۳/۳	۵۱۳
۹	شهید عباسپور	بتنی دو قوسی	استان خوزستان		۵۳۰	۲۹۰۰	دریچه قطاعی	۳۹۵/۹۶		۲/۱×۳/۸	۶۶۰
۱۰	زاینده رود	بتنی قوسی	اصفهان	۱۰۰	۲۰۵۹	۱۲۵۰	دریچه قطاعی	۱۹۸۳		۲/۵×۲/۰	۱۶۵
۱۱	سفید رود	بتنی پایه دار	منجیل	۱۰۶	۲۷۱/۶۵	۱۸۰۰	دریچه قطاعی	۱۹۳/۸		۳/۰×۲/۵	۵۷۰
۱۲	لتیان	بتنی پایه دار	استان تهران	۱۰۷	۱۶۱۰	۹۵	دریچه کشویی	۱۵۳۲		۱/۴×۱/۴۵	۵۰
۱۳	گرگان	خاکی	استان گلستان	۲۰	۱۲۶	۹۰	دریچه کشویی	۱۱۰		۲/۰×۲/۵	۱۲۲/۵
۱۴	وحدت	خاکی سنگریزه ای	سنندج	۷۸	۱۵۷۱	۲۲۴	شیرهاول بانگر	۱۴۹۷/۹		قطر ۱,۰ متر	۱۶
۱۵	گلپایگان	خاکی با هسته رسی	رختخوان	۵۶	۱۹۲۱	۴۴/۷	شیر هاول بانگر	۱۸۸۰		قطر ۰/۹۱۴ متر	۱۲/۲

omoorepeyman.ir

ادامه جدول ۹-۱ مشخصات تخلیه‌کننده عمقی تعدادی از سدهای ایران

ردیف	نام سد	نوع سد	موقعیت	ارتفاع (متر)	تراز عادی بهره‌برداری (متر از سطح دریا)	حجم مخزن (میلیون متر مکعب)	نوع شیر یا دریچه	تراز کف دریچه سرویس تخلیه‌کننده عمقی (متر از سطح دریا)	طول مجرای فلزی (متر)	ابعاد دریچه متر×متر	ظرفیت (متر مکعب بر ثانیه)
۱۶	طرق	بتنی قوسی	استان خراسان	۶۵	۱۲۱۷	۴۰	دریچه کشویی	۱۱۵۸/۵		۱/۱×۰/۸	ضمای ۲۱/۸
۱۷	فریمان	بتنی وزنی	فریمان	۲۴	۷۲	۲	دریچه کشویی	۵۰/۵		۱/۰×۱/۱	۱۷
۱۸	شهید رجائی	بتنی قوسی	ساری	۱۱۱	۴۹۸/۵	۱۶۲	دریچه کشویی	۴۱۱		۱/۵×۲	۱۰۲
۱۹	پانزده خرداد	خاکی	دلیجان	۵۴	۱۴۴۸/۸	۲۰۰	دریچه کشویی	۱۳۹۳/۶	۴۹		۹۴
۲۰	جیرفت	بتنی دوقوسی	کرمان	۱۳۴		۴۳۰	دریچه کشویی			۱/۳۵×۱/۵	۱۶۴
۲۱	لار	خاکی با هسته رسی	شمال پلور	۱۰۵		۹۶۰	شیر هاول‌بانگر			قطر ۱/۳	۱۶۴
۲۲	زرینه‌رود	خاکی با هسته رسی		۴۰۶	۱۴۱۶	۵۳۰					۲×۵۸
۲۳	مهاباد			۴۹	۱۳۵۸/۵	۱۹۸/۳	دریچه کشویی			۱×۱/۵	۴۰۰

omoorepeyman.ir

۹-۳- تجربه‌ای در زمینه تخلیه رسوبات از مخزن سد سفیدرود

عملیات رسوب زدایی مخزن سد سفیدرود به روش شاس (تخلیه رسوبات) پس از آنکه حجم مخزن سد از ۱/۸ میلیارد اولیه به کمتر از یک میلیارد متر مکعب کاهش یافت و آبگیری از سد را با مشکل مواجه کرد، از سال ۱۳۵۹ آغاز شد.

راندمان متوسط سالانه تخلیه رسوبات بدون احتساب بار کف رسوبات ورودی از حوضه شاهرود و قزل اوزن از میزان ۲۹٪ مربوط به سال‌های قبل از شروع عملیات شاس (۱۳۵۸-۱۳۴۲) به میزان حداکثر ۱۲۹٪ در طول دوره عملیات شاس افزایش یافت.

با تشکیل کانال‌های عمیق در تراس رسوبی در طول مخزن و در امتداد مجاری تخلیه‌کننده عمقی سد، شرایط مناسبی برای تشکیل و تخلیه جریان غلیظ فراهم شد. ضمن اینکه وجود جریان نشستی با گرادیان هیدرولیکی بالا از سمت تراس‌های رسوبی به طرف کانال‌های عمیق ایجاد شده، باعث شکل‌گیری رگاب و در نتیجه ایجاد گالی‌های عمیق در امتداد عمود بر کانال‌های مذکور شد.

بررسی نتایج حاکی از آن است که در دوره عملیات شاس در مخزن سد سفید رود، تقریباً حدود ۲۸۵ میلیون مترمکعب از حجم مخزن سد احیا شده است. در حال حاضر حجم مفید مخزن سد سفیدرود در حدود ۱۲۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد و تلاش شده است با ادامه عملیات، حجم مفید مخزن در این سطح نگه داشته شود.

در مقابل این تأثیر بسیار مثبت و مهم، انجام عملیات موارد منفی زیر را به همراه داشته است:

- کاهش مدت کارکرد نیروگاه
- تخریب در بعضی قسمت‌های دریچه‌ها و مجاری تخلیه سد
- اثرهای مخرب در پایاب سد شامل:
  - پر شدن مخازن سدهای انحرافی تاریک و سنگر از رسوب
  - تجمع رسوبات در جلوی دهانه‌های آبگیر سدهای فوق
  - پر شدن سریع حوضچه‌های رسوبگیر این سدها و هزینه‌های بالای تخلیه و لایروبی
  - کاهش ظرفیت کانال‌های شبکه آبیاری و زهکشی
  - ایجاد خوردگی در تأسیسات و دریچه‌های شبکه
  - گرفتگی آبگیرهای مزارع
  - افزایش ارتفاع سطح مزارع نسبت به تراز آبگیر
  - تغییر مورفولوژی رودخانه
  - تغییر مصب رودخانه

omoorepeyman.ir

۹-٤- واژه‌نامه

آب‌بند	Seal
آب‌بند j شکل	“j” seal
آب‌بند تخت	Flat seal
آب‌بند دوساقه	Double stream seal
آبگذر	Culvert
آبگیر (ورودی)	Intake (Inlet)
آبگیری مخزن	Reservoir filling
آشغالگیر	Trashrack
آشغالگیر بتنی	Trash Strut
اتاقک آرامش	Stilling chamber
اتاق دریچه‌ها	Gate chamber
اتصال جوشی	Welding connection
اتصال‌های مهار کننده	Bracing
استهلاک انرژی	Energy dissipation
اصطکاک	Friction
افت بار	Head loss
المان تماسی	Contact element
ایمنی سد	Dam safety
بار آب	Water head
بازرسی	Inspection
بالابر	Hoist
بالابر هیدرولیکی	Hydraulic hoist
بخش متحرک دریچه (بدنه)	Gate leaf
بدنه دریچه	Gate body
بدنه سد	Dam body
برج	Tower
بهره‌بردار	Operator
بهره‌برداری	Operation
پایداری	Stability
پرتاب کننده جامی شکل	Flip bucket
پرده تزریق	Grout curtain
پرش هیدرولیکی	Hydraulic jump
پوشش بتنی	Concrete cover
پوشش حفاظتی	Protective coating
پوشش فلزی	Steel lining (Liner)

omoorepeyman.ir

Bolt & Nut	پیچ و مهره
Contractor	پیمانکار
Hydro- Mechanical equipments	تجهیزات هیدرومکانیکی
Emergency draw dowm	تخلیه اضطراری
Rapid draw down	تخلیه سریع
Evacuation	تخلیه
Bottom outlet	تخلیه‌کننده عمقی
Crack	ترک
Brake	ترمز
Consolidation grouting	تزریق تحکیمی
Contact grouting	تزریق تماسی
Repair	تعمیر
Stiffener	تقویت کننده
Plain stress	تنش مسطح
Ventilation	تهویه
Tunnel	تونل
Access tunnel	تونل دسترسی
Main beam	تیر اصلی
Dogging device	تیرک نگهدارنده
Layout	جانمایی
Crane	جرثقیل
Gantry crane	جرثقیل دروازه‌ای
Over head crane	جرثقیل سقفی
Mobile crane	جرثقیل ماشینی
Dense current	جریان غلیظ
Vortex	جریان گردابی
Details	جزئیات
Gear box	جعبه دنده
Wheel	چرخ
Gear	چرخ دنده
Cohesion	چسبندگی
Min. average monthly flow	حداقل دراز مدت آبدهی ماهانه
Max. average monthly flow	حداکثر دراز مدت آبدهی ماهانه
Stilling basin	حوضچه آرامش
Plunge pool	حوضچه استغراق
Backfill	خاکریز

omoorepeyman.ir

Outlet	خروجی
Hazard	خسارت
Risk	خطرپذیری
Corrosion	خوردگی
Unit discharge	بده واحد جریان
Construction joint	درز اجرایی
Expansion joint	درز انبساط
Contraction joint	درز انقباض
Control – Construction joint	درز کنترل- ساخت
Stoplog	دریچه آب‌بند (تعمیراتی)
Emergency gate	دریچه اضطراری
Flap gate	دریچه تاشو
Fixed wheel gate	دریچه چرخدار
Ring follower gate	دریچه حلقوی
Service gate	دریچه سرویس
Bulkhead gate	دریچه فرازبند (رأس)
Tainter gate	دریچه قطاعی
Slide gate	دریچه کشویی
Bellmouth	دهانه شیپوری (زنگوله‌ای)
Cut off wall	دیوار آب‌بند
Retaining wall	دیوار حائل
Guide	راهنما
Sediment	رسوب
Minimum water level	رقوم کمینه بهره‌برداری
Normal water level	رقوم عادی بهره‌برداری
Tolerance	رواداری
Lubricating	روانکاری
Liquefaction	روانگرایی
Lighting	روشنایی
Rail	ریل
Friction angle	زاویه اصطکاک
Maximum design Earthquake	زمین‌لرزه بیشینه طرح
Maximum credible Earthquake	زمین‌لرزه بیشینه قابل باور
Design base Earthquake	زمین‌لرزه مبنای طرح
System	سامانه
Spillway	سرریز

omoorepeyman.ir

Under ground water level	سطح آب زیرزمینی
Construction level	سطح ساخت
Weathered rock	سنگ هوازده
Diversion system	سامانه انحراف
Hollow cone valve (Howell bunger valve)	شیر با پاشش میان تهی
Service valve	شیر سرویس
Regulating valve	شیر کنترل
Base plate	صفحه تکیه‌گاهی
End stop	ضربه‌گیر انتهایی
Discharge coefficient	ضریب آبگذری
Factor of safety	ضریب اطمینان
Cantilever	طره
Capacity	ظرفیت
Cracking	فاصله‌اندازی
Erosion, Scour	فرسایش، آب شستگی
Swelling pressure	فشار تورم
Design pressure	فشار طراحی
Nominal pressure	فشار نامی
Parts list	فهرست قطعات
Spare parts list	فهرست قطعات یدکی
Stainless steel	فولاد ضد زنگ
Gate casing	قاب دریچه
Transition	قطعه واگرا یا هم‌گرا (قطعه کاهنده یا افزاینده)
Hook	قلاب
Trolley	کالسکه
Plain strain	کرنش مسطح
Limit switch	کلید حدی
By- pass	کنارگذر
Greasing	گریس کاری
Fault	گسل
Rubber	لاستیک
Clearance	لقی
Conduit	مجرای هدایت جریان
Bonneted	محفظه بسته
Trunion	محور چرخش
Control diagram	مدار کنترلی

omoorepeyman.ir

Deformation modulus	مدول تغییر شکل
Power unit (power pack)	مولد فشار
Mean average monthly flow	میانگین دراز مدت آبدهی ماهانه
Anchor bolt	میل مهار
Poisson ratio	نسبت پواسون
Indicator	نشانگر
Leakage	نشتی
Permeability	نفوذپذیری
General assembly drawing	نقشه جانمایی کلی
Maintenance	نگهداری
Waterstop	نوار آب‌بند
Fluctuation	نوسان
Power plant	نیروگاه
Uplift force	نیروی بالا برنده
Down pull force	نیروی پایین برنده
Aeration	هوادهی
Skin plate	ورق رویه یا صفحه پوسته
Bearing	یاتاقان

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع اصلی

ردیف	ناشر و نام نویسنده	منبع
1	United States department of the interior bureau of reclamation acer technical memorandum No.3	Criteria and guidelines for evacuating storage reservoirs and sizing low- level outlet works
2	Icold, Q.54-R.25	Fourteenth international congress on large dams – Rio de Janeiro (1982)
3	Dipl. Ing. Dr. Techn. Richard Widmann, Austria Onzieme congres des grands barrages, Madrid, 1973 Q.41-R.40	Bottom outlets with stilling caverns at high dams
4	Chow, Ven Te, 1959	Open channel hydraulics
5	United States department of the interior bureau of reclamation	Design of small dams
6	Calvin Victor Davis	Handbook of applied hydraulics
7	United States Army Corps of Engineers	Hydraulic design charts
8	XXIV-IAHR Congress, Madrid 1991	Safe operation of closed conduit systems at slug flow conditions: Unveroffentlichter Beitrag zum Seminar " Safety evaluation and maintenance of hydraulic structures"
9	ASCE	EPRI Guides 1989- chapter 3- Outlets
10	A water resources technical publication engineering monograph No. 42	Cavitation in chutes and spillways
11	HR Wallingford-Report OD 137 November 1996-E Atkinson	The feasibility of flushing from reservoirs
12	D.L. Vischer, W.H. Hager	Dam hydraulics

منابع و مراجع اطلاعاتی

13	Roma - ANIDEL-Italian national committee on large dams- 1952	Dams for hydroelectric power in Italy
14	Japanese national committee on large dams- 1991	Dams in Japan
15	Vienna – Austrian national committee on large dams –1991	Dams in Austria
16	The United States committee of the international commission on large dams- 1988	Development of dam engineering in the United States
17	Yugoslav committee on large dams-1971	Dams in Yugoslavia
18	Chilean national committee on large dams-1996	Large dams in Chile
19	New Delhi- the central board of irrigation and power- 1987	Large dams in India
20	Denver- USBR- 1954	Dams and outlet works
21	American concrete institute	Building code requirements for reinforced concrete (ACI-318)
22	Technical engineering and design guides- as adapted from the US Army Corps of Engineers, No.2	Strength design for reinforced concrete hydraulics structures
23	Icold- 1987	Spillways for dams
24	American concrete institute	Environment engineering concrete structures (ACI-

omoorepeyman.ir

		350R-89)
25	ASCE	Technical engineering & design guides as " Rock foundations" as adapted from the U.S. Army Corps of Engineers, No.16
26	Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, 1997.	Engineering and design, tunnels & shafts in rock.
27	E.Hoek, E.t. Brown-1980	Under-ground excavation in rock.
28	Icold	Forth international congress on large dams – New Delhi (1951)
29	Icold	Fifth international congress on large dams – Paris (1955)
30	Icold	Eighth international congress on large dams – London (1964)
31	Icold	Ninth international congress on large dams – Istanbul (1967)
32	Icold	Tenth international congress on large dams – Montreal (1970)
33	Icold	Eleventh international congress on large dams – Madrid (1973)
34	Icold	Twelfth international congress on large dams – Mexico city (1976)
35	Icold	Thirteenth international congress on large dams – New Delhi (1979)
36	Icold	Fourteenth international congress on large dams –Rio de Janeiro (1982)
37	Icold	Fifteenth international congress on large dams – Lausane (1985)
38	Icold	Sixteenth international congress on large dams –San Francisco (1988)
39	Icold	Seventeenth international congress on large dams – Vienna (1991)
40	Icold	Eighteenth international congress on large dams – Durban (1994)
41	Icold	Nineteenth international congress on large dams – Florence (1997)
42	Icold	Twentieth international congress on large dams – Beijing- China (2000)
43	United States Army Corps of Engineers	Hydraulic design of reservoir outlet works

omoorepeyman.ir

44	Prof. Dr. D. VISCHER	Bauumleitung , grundablass, triebwasserfassung
45	DIN- 19704	Hydraulic steel structure, 1997
46	Japanese standard	Technical standard for gates and penstocks, 1981
47	Lewin Jack	Hydraulic gates and valves, 1995
48	Is- 4622	Recommendations for structural design of fixed- wheel gates, 1978

۴۹	بهینه‌سازی طرح‌های تخلیه‌کننده عمقی با استفاده از آزمایش‌های مدل فیزیکی	علیرضا دائمی- سید احمد هاشمیان- چهارمین کنفرانس سد سازی ایران- ۱۳۷۹
۵۰	آئین‌نامه طراحی ساختمآن‌ها در برابر زمین‌لرزه (نشریه شماره ۲۵۳- آذرماه ۱۳۷۸)	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
۵۱	آئین‌نامه بتن ایران (آبا) نشریه شماره ۱۲۰-۱۳۷۹	معاونت امور فنی دفتر تحقیقاتی و معیارهای فنی
۵۲	طراحی تونل‌های آبی	انیستیتو ئیدروپروژکت- مسکو
۵۳	طرح سد مخزنی آغ چای- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس
۵۴	طرح سد مخزنی سیمره- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۵۵	طرح سد مخزنی شفارود- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۵۶	طرح سد مخزنی جره- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۵۷	طرح سد مخزنی جگین – مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۵۸	طرح سد مخزنی تالوار- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۵۹	طرح سد مخزنی سیرجان (تنگویه) – مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۰	طرح سد مخزنی تهم- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۱	طرح سد مخزنی ایلام- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۲	طرح سد مخزنی گاوشان- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۳	طرح سد مخزنی سلمان فارسی (قیر) - مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس

omoorepeyman.ir

۶۴	طرح سد مخزنی نساء (نرماشیر) – مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۵	طرح سد ذخیره‌ای بانه- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۶	طرح سد مخزنی البرز- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۷	طرح سد مخزنی شورک- مطالعات مرحله دوم- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۸	طرح سد مخزنی کارون ۴- مطالعات مرحله دوم- گزارش دستورالعمل آزمایش‌های مدل هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۶۹	طرح سد مخزنی تفرش- مطالعات مرحله اول- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۰	طرح سد مخزنی خرسان ۲- مطالعات مرحله(پیش توجیهی)- گزارش طرح سازه‌های هیدرولیکی	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۱	گزارش طرح پایداری سد مخزنی طرق (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۲	گزارش طرح پایداری سد مخزنی کارده (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۳	گزارش طرح پایداری سد مخزنی اکباتان (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۴	گزارش طرح پایداری سد مخزنی دز (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۵	گزارش طرح پایداری سد مخزنی قشلاق (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۶	گزارش طرح پایداری سد مخزنی سفیدرود (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۷	گزارش طرح پایداری سد مخزنی مهاباد (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۸	گزارش طرح پایداری سد مخزنی شهیدعباسپور (سازه‌های‌هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۷۹	گزارش طرح پایداری سد مخزنی امیرکبیر (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۰	گزارش طرح پایداری سد مخزنی پیشین (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۱	گزارش طرح پایداری سد مخزنی درودزن (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۲	گزارش طرح پایداری سد مخزنی گلپایگان (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۳	گزارش طرح پایداری سد مخزنی زرینه رود (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۴	گزارش طرح پایداری سد مخزنی شهید رجایی (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۵	گزارش طرح پایداری سد مخزنی گرگان (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
۸۶	گزارش طرح پایداری سد مخزنی میناب (سازه‌های هیدرولیکی)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

A Guideline for Design & Operation of Dam's Bottom Outlets

No.521

Office of Deputy for Strategic Supervision
Bureau of Technical Execution System
http://tec.mporg.ir

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criterias for Water and Wastewater
http://seso.moe.org.ir

2010

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

این راهنما با هدف ضابطه‌مند کـردن فراینـد طراحی، بهره بـرداری و نگهـداری از تخلیـه کننده‌های عمقی در سدهای مخزنی، تدوین شده است تا با رعایت موارد ذکر شده، تخلیه کننده‌های عمقی کـارکرد مناسـب و کـارایی لازم در همه طرح‌های سد سـازی کـشور را داشته باشند. کاربرد ایـن راهنمـا در طراحـی تخلیه کننده‌های عمقی در همـه طـرح‌هـای سد سازی و در مرحله‌های مختلف مطالعـاتی و طراحـی و همچنـین بـرای سـازمان‌هـای بهره‌بردار در بهره‌برداری ، بازرسی و تعمیرات از سدهای در دست بهره‌برداری ، است.

omoorepeyman.ir