جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

راهنمای روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها

نشریه شماره ۵۹۸

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۹۸۲۸۴
	تاریخ: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳

موضوع: راهنمای روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها

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 ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۹۸ امور نظام فنی، با عنوان «**راهنمای روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱ اجباری است.

بهروز مرادی

امور پیمان
omoorepeyman.ir

869464

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، 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 امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

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

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

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

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده بهینه از رودخانه‌ها به لحاظ اهمیتی که این منابع طبیعی در برآوردن نیازهای بشری داشته‌اند از انگیزه‌های مهم به‌وجودآمدن شاخه جدید و جوانی در مهندسی آب به نام مهندسی رودخانه بوده است. رودخانه‌ها به مثابه شریان‌های اصلی حیات کلیه سازه‌های آب کشور محسوب می‌گردند و بدین علت حفاظت و بهره برداری بهینه از آنها از اهم مسوولیت های وزارت نیرو می‌باشد. رسوب که در اثر فرسایش پدید می‌آید از عواملی است که بهره‌برداری مناسب از رودخانه‌ها و سازه‌های مرتبط با آن‌را به مخاطره انداخته و در صورت عدم اتخاذ تدبیر و طرح مناسب و به موقع جهت مهار آن، می‌تواند اثرهای زیانبار جانی و مالی فراوانی به بارآورد.

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

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

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

معاون نظارت راهبردی

پاییز ۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل نشریه راهنمای روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها (نشریه شماره ۵۹۸)

مجری: موسسه تحقیقات آب

مولف اصلی: علاء الدین کلانتر	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی

اعضای گروه تهیه‌کننده:

هوشنگ افشاری	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	دکترای مهندسی عمران
مهرداد برخوردار	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	لیسانس مهندسی آبیاری
مهدی پور آباده‌ای	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
مجید رستمی	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	لیسانس مهندس زراعی (آبیاری)
محمود شفاعی بجستان	دانشگاه شهید چمران اهواز	دکترای مهندسی عمران- هیدرولیک
حسین قویسی	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	فوق لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
علاء الدین کلانتر	شرکت مهندسین مشاور آبراه گستر تدبیر	لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی

اعضای گروه نظارت:

محمود افسوس	شرکت مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک
فیروز بهادری خسروشاهی	دانشگاه خواجه نصیر طوسی	دکترای مهندسی عمران- آب
عبدالرسول تلوری	دانشگاه آزاد اسلامی اهواز	دکترای مهندسی منابع آب
کیاندخت کباری	کارشناس آزاد	لیسانس مهندسی راه و ساختمان

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

محمود افسوس	شرکت مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک
محمدابراهیم بنی‌حبیب	دانشگاه تهران	دکترای عمران- آب
محمدحسن چیتی	شرکت مهندسین مشاور ساز آب‌پردازان	فوق‌لیسانس مهندسی سازه‌های آبی
فریدون خزاعی	انجمن شرکت‌های ساختمانی	فوق‌لیسانس مهندسی راه و ساختمان
نرگس دشتی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	لیسانس مهندسی آبیاری
شکور سلطانی	شرکت مدیریت منابع آب	دکترای مهندسی آب
حسن سید سراجی	دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور	دکترای مکانیک سیالات
حسام فولادفر	موسسه تحقیقات آب	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک
سید کمال الدین نوری	وزارت کشور	لیسانس مهندسی کشاورزی
جبار وطن‌فدا	وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی سازه‌های هیدرولیکی

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

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

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول – کلیات	**۳**
۱-۱- پیامدهای فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها	۵
۱-۲- منابع تغذیه رسوبی رودخانه‌ها	۵
۱-۳- مبانی و مکانیزم رسوب‌گذاری	۶
۱-۴- دیدگاه‌های مهار رسوب	۷
فصل دوم- تعاریف	**۹**
۲-۱- حوضه آبریز و مشخصات فیزیوگرافی آن	۱۱
۲-۱-۱- کلیات	۱۱
۲-۱-۲- شبکه رودخانه	۱۱
۲-۱-۳- خصوصیات حوضه در رابطه با رواناب	۱۳
۲-۱-۴- خصوصیات هندسی حوضه	۱۴
۲-۲- رودخانه و انواع آن	۱۶
۲-۲-۱- کلیات	۱۶
۲-۲-۲- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها از نظر ریخت‌شناسی	۱۶
۲-۲-۳- طبقه‌بندی رودخانه‌ها از نظر زمین‌شناسی	۱۷
۲-۲-۴- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها از نظر تداوم جریان	۱۸
۲-۲-۵- طبقه‌بندی رودخانه‌ها براساس مسیر امتداد یا شکل ظاهری آنها	۱۸
۲-۲-۶- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها براساس پایداری	۱۹
۲-۲-۷- خصوصیات رودخانه‌ها	۲۰
۲-۳- فرسایش و انواع آن در حوضه و رودخانه	۲۲
۲-۳-۱- فرسایش	۲۲
۲-۴- رسوب و عوامل تولید و انتقال آن در حوضه و رودخانه	۲۸
۲-۴-۱- شناخت عوامل موثر بر انتقال رسوب	۲۸
فصل سوم – جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز برای اقدامات مهار رسوب	**۳۱**
۳-۱- کلیات	۳۳
۳-۲- آمار و داده‌های هواشناسی	۳۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۳- آمار و داده‌های هیدرولوژی	۳۳
۳-۴- داده‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیک	۳۴
۳-۵- اطلاعات اجتماعی و زیست محیطی	۳۴
۳-۶- نقشه‌های زمین‌شناسی	۳۵
۳-۷- نقشه‌های خاک‌شناسی و پوشش گیاهی	۳۵
۳-۸- آمار و اطلاعات رسوب رودخانه	۳۵
۳-۹- بررسی گزارشات قبلی و نیز طرح‌های عمرانی مرتبط با مهار رسوب	۳۶
فصل چهارم – مطالعات مورد نیاز برای اقدامات مهار رسوب	**۳۷**
۴-۱- مطالعات پایه	۳۹
۴-۱-۱- مطالعات هواشناسی	۳۹
۴-۱-۲- مطالعات هیدرولوژی	۳۹
۴-۱-۳- مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک	۴۱
۴-۱-۴- مطالعات خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی	۴۲
۴-۱-۵- مطالعات اجتماعی	۴۳
۴-۱-۶- بررسی و مطالعه منابع قرضه	۴۳
۴-۲- مطالعات تخصصی	۴۵
۴-۲-۱- مطالعات هیدرولیکی	۴۵
۴-۲-۲- مطالعات ریخت‌شناسی در رودخانه	۴۶
۴-۲-۳- مطالعات زیست محیطی	۴۷
۴-۲-۴- بررسی و مطالعه اثر سازه‌های رودخانه‌ای بر تولید رسوب	۴۷
۴-۲-۵- کاربرد مدل‌های فیزیکی و ریاضی در مطالعات مهار رسوب	۴۸
۴-۳- شناسایی بازه‌های رودخانه به منظور مهار رسوب و اولویت‌بندی آنها	۵۱
فصل پنجم – روش‌های مختلف مهار رسوب و طراحی آنها	**۵۳**
۵-۱- سازه‌های تثبیت کناره‌ها	۵۵
۵-۱-۱- تثبیت کناره‌های رودخانه به روش مستقیم	۵۶
۵-۱-۲- تثبیت کناره‌های رودخانه به روش غیرمستقیم	۵۶
۵-۲- سازه‌های تثبیت بستر	۵۸
۵-۲-۱- تثبیت بستر به وسیله کاهش شیب طولی رودخانه	۵۹

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۲-۲- تثبیت بستر به‌وسیله سنگفرش	۶۲
۵-۳- سدهای اصلاحی	۶۲
۵-۳-۱- اصول حاکم در انتخاب محل اجرای انواع سدهای اصلاحی	۶۳
۵-۳-۲- معیارهای طراحی سدهای اصلاحی	۶۶
۵-۴- راهکارهای مقابله با رانش زمین	۶۸
۵-۴-۱- پایدار نمودن شیب‌ها	۶۹
۵-۴-۲- کنترل آب	۶۹
۵-۴-۳- کنترل مواد موجود بر روی شیب‌ها	۷۰
۵-۴-۴- افزایش پوشش گیاهی	۷۰
۵-۵- راهکارهای مقابله با ریزش کناره‌ها و فرسایش توده‌ای	۷۱
۵-۶- راهکارهای مقابله با جریان‌های واریزه‌ای	۷۲
۵-۶-۱- مخازن رسوب‌گیر جریان‌های واریزه‌ای	۷۲
۵-۷- راهکارهای مقابله با پدیده کوه ریزش و جریان‌های گلی	۷۲
۵-۸- سازه‌های تله‌اندازی رسوب	۷۵
۵-۹- احداث گذرگاه فرعی (مجرای انحرافی)	۷۷
۵-۱۰- ایجاد مخزن فرعی خارج از مسیر رودخانه	۷۷
۵-۱۱- روش‌های بیولوژیک	۷۸
۵-۱۱-۱- پوشش به وسیله پوشش گیاهی	۷۸
۵-۱۲- انحراف جریان‌های پر رسوب در بالا دست آبگیرها	۸۶
۵-۱۲-۱- انحراف دهنده‌های رسوب	۸۶
۵-۱۳- برداشت اصولی مصالح از بازه‌های رسوب‌گذار	۱۰۱
۵-۱۴- اصلاح مسیر و افزایش ظرفیت انتقال	۱۰۱
۵-۱۴-۱- اصلاح مسیر از طریق احداث کانال میانبر	۱۰۱
۵-۱۵- روش‌های مهار رسوب در کانال‌های آبگیری	۱۰۳
۵-۱۵-۱- سازه‌های خارج کننده رسوب	۱۰۳
۵-۱۵-۲- خارج کننده‌های نوع لوله‌ی گردابی	۱۰۵
۵-۱۶- روش‌های تلفیقی	۱۰۹

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۱۷- روش‌های مهار رسوب در مجاری فاضلاب	۱۱۰
۵-۱۷-۱- Hydrass	۱۱۰
۵-۱۷-۲- Hydroself	۱۱۱
۵-۱۷-۳- Biogest	۱۱۱
فصل ششم – انتخاب روش‌های مناسب مهار رسوب	**۱۱۳**
۶-۱- مبانی و معیارهای فنی انتخاب روش‌های مهار رسوب	۱۱۵
۶-۲- مبانی و معیارهای اقتصادی انتخاب روش	۱۱۵
۶-۳- مبانی و معیارهای زیست محیطی انتخاب روش	۱۱۵
۶-۴- مبانی و معیارهای اجتماعی انتخاب روش	۱۱۶
۶-۵- انتخاب روش‌های مناسب مهار رسوب	۱۱۶
فصل هفتم – ملاحظات اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های مهار رسوب	**۱۱۷**
۷-۱- کلیات	۱۱۹
۷-۱-۱- نکات عمومی در اجرای سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه	۱۱۹
۷-۱-۲- نکات عمومی در نگهداری سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه‌ها	۱۲۰
پیوست – کلید واژه‌ها	**۱۲۳**
منابع و مراجع	**۱۲۹**

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- تصویر شماتیک یک حوضه آبریز ۱۱
شکل ۲-۲- رده‌بندی شبکه رودخانه حوضه ۱۲
شکل ۲-۳- چهار الگوی مختلف از انشعابات شبکه رودخانه در حوضه‌های آبریز ۱۳
شکل ۲-۴ - شکل‌های سه‌گانه حوضه‌های آبریز ۱۵
شکل ۲- ۵- الف- نمایی از رودخانه‌های مختلف و بعضی از خصوصیات آنها ۲۱
شکل ۲-۵ - ب- راهنمای تشریحی مقاطع عرضی الگوهای رودخانه در طبقه‌بندی Rosgen ۲۱
شکل ۲-۶- پدیده کف‌کنی مستمر در پایین دست سد مخزنی ۲۴
شکل ۲-۷ - نحوه رسوب‌گذاری در پایین دست سد انحرافی ۲۴
شکل ۲-۸ - نمایش چگونگی وقوع آبشستگی عمومی ناشی از تنگ شدگی مقطع رودخانه ۲۵
شکل ۲-۹- نمونه‌ای از رسوب‌گذاری موضعی در خم رودخانه و تاثیر آن در جابجایی مسیر ۲۶
شکل ۲-۱۰ - نمایش نحوه تشکیل تلماسه‌ها در بستر رودخانه‌ها ۲۷
شکل ۲-۱۱- نمونه‌هایی از تشکیل جزایر و پشته‌های رسوبی در بستر رودخانه‌ها ۲۸
شکل ۲-۱۲- منحنی شیلدز (منحنی آستانه حرکت مواد رسوبی) ۲۹
شکل ۵-۱- صفحات مستغرق برای تثبیت سواحل رودخانه ۵۸
شکل ۵-۲- قسمت‌های مختلف یک آبشار ۶۰
شکل ۵-۳- اجرای کف‌بند توری سنگی داخل رودخانه ۶۱
شکل ۵-۴- کف‌بند توری سنگی پایین دست حوضچه آرامش ۶۱
شکل ۵-۵- نمای کف‌بند توری سنگی کنار دیواره سنگی ساحل راست ۶۲
شکل ۵-۶- نمونه‌ای از تشک توری سنگی ساحل راست ۶۲
شکل ۵-۷- نمای جلوی سد اصلاحی چپری ۶۳
شکل ۵-۸- مشخصات سدهای فلزی سبک ۶۴
شکل ۵-۹- تصویر اولین سد اصلاحی الواری همراه با پیش بند ۶۴
شکل ۵-۱۰- نمای جلوی اولین سد اصلاحی الواری ۶۵
شکل ۵-۱۱- نمایی از سد اصلاحی (رسوب‌گیر) سنگی در آبراهه ۶۷
شکل ۵-۱۲- نمایی از سد رسوب‌گیر با بسته‌های پر شده در آبراهه ۶۸
شکل ۵-۱۳- وقوع جریان گلی و ورود آن به رودخانه (ایالات متحده) ۷۳
شکل ۵-۱۴- سرازیر شدن جریان گلی و ورود آن به مناطق مسکونی (ایالات متحده) ۷۴
شکل ۵-۱۵- نمای شماتیک از وقوع زمین لغزه در یک شیب تند ۷۴
شکل ۵-۱۶- جزییات دهانه خروجی سرریز لوله‌ای ۷۵
شکل ۵-۱۷- انواع حوضچه‌های تاخیری ۷۶
شکل ۵-۱۸- احداث گذر انحرافی ۷۷
شکل ۵-۱۹- روش‌های مختلف احداث مخزن فرعی ۷۸

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۵-۲۰- کشت شبکه قلمه‌ها برای رسوب‌گذاری ۸۳
شکل ۵-۲۱- کشت طولی قلمه‌ها برای حفاظت کناره‌ها ۸۳
شکل ۵-۲۲- کشت قلمه‌ها برای کنترل آبراهه‌های کوچک ۸۴
شکل ۵-۲۳- کشت قلمه در پناه کنده درختان و یا الوار چوبی ۸۴
شکل ۵-۲۴- بخش‌های مختلف دیواره رودخانه در ارتباط با پوشش گیاهی ۸۵
شکل ۵-۲۵- جزییات طراحی دیواره‌های انحراف جریان در کانال اسبورن در سد انحرافی وود استون در ایالت کانزاس ایالات متحده ۸۷
شکل ۵-۲۶- جزییات طراحی کناره‌های هدایت کننده جریان و جزیره‌ی مرکزی آن در مدل سد انحرافی کورتی در پاکستان ۸۹
شکل ۵-۲۷- جزییات طراحی کناره‌های هدایت کننده جریان و جزیره مرکزی آن در مدل اصلاح شده‌ی سد انحرافی کورتی در پاکستان ۸۹
شکل ۵-۲۸- نمایی از آرایش سد انحرافی کورتی ساخته شده در پاکستان ۹۰
شکل ۵-۲۹- جزییات طراحی دیوار تقسیم کننده و پاکت در یک طرح اجرا شده ۹۲
شکل ۵- ۳۰- عکس یک سازه شن‌گیر بر روی رودخانه لوپ واقع در آمریکا ۹۳
شکل ۵-۳۱- الف – جزییات طراحی پره‌های هادی کفی در یک مدل هیدرولیکی ۹۴
شکل ۵-۳۱- ب – جزییات طراحی پره‌های هادی سطحی در یک مدل هیدرولیکی ۹۵
شکل ۵-۳۲- سازه انحرافی ورودی در پروژه‌ی حوضه وبر در ایالت یوتا ۹۶
شکل ۵-۳۳- پلان و مقطع سازه انحرافی ورودی همراه با دریچه‌های تخلیه نوع دوفور در پروژه‌ی تامپسون در ایالت کلورادو ۹۷
شکل ۵-۳۴- آبگیر ورودی جریان در مسیر رودخانه‌ی کوهستانی در فرانسه ۹۸
شکل ۵-۳۵- جزییات دریچه تخلیه اتوماتیک بر روی ورودی جریان در فرانسه ۹۸
شکل ۵-۳۶- تونل‌های انحراف رسوب در کانال جامنای غربی در هندوستان ۱۰۰
شکل ۵-۳۷- ایجاد میانبر در یک خم از رودخانه ۱۰۲
شکل ۵-۳۸- ایجاد میانبر در چند خم از رودخانه ۱۰۲
شکل ۵-۳۹- نمایی از تونل‌های خارج کننده‌ی رسوب در کانال Ubd در سلامپور کشور هندوستان ۱۰۴
شکل ۵-۴۰- جزییات طراحی خارج کننده‌ی رسوب از نوع در سد انحرافی کورت لند در ایالت کانزاس ۱۰۶
شکل ۵-۴۱- جزییات طراحی خارج کننده‌ی رسوب از نوع لوله گردابی در پروژه‌ی Uncompahge در ایالت کلورادو ۱۰۷
شکل ۵-۴۲- پلان و مقطع لوله‌گردابی برای خروج سیلت ۱۰۸
شکل ۵-۴۳- دریچه Hydrass ۱۱۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

فرسایش خاک[1] به از بین رفتن خاک در اثر کنده شدن ذرات خاک و انتقال آن به محل دیگری در اثر عواملی چون باد و آب اطلاق می‌شود. در فرسایش آبی که موضوع بحث این راهنما می‌باشد، عامل کنده شدن و انتقال، جریان آب می‌باشد. به مصالح خاکی در حال انتقال نیز رسوب[2] گفته می‌شود.

هر دو پدیده‌ی فرسایش و ترسیب از پدیده‌های طبیعی هستند که می‌توانند توسط عوامل طبیعی و یا انسان تشدید و یا کنترل گردند. متاسفانه امروزه در اثر عوامل انسانی نرخ فرسایش و به طبع آن میزان تولید رسوب به شدت افزایش داشته است. هر دو پدیده مشکلات دیگری را نیز به وجود می‌آورند که ضروری است راهکارهای لازم برای مهار آنها به کار گرفته شود. البته به هیچ وجه نمی‌توان پدیدهای فرسایش و رسوب را به طور کامل از بین برد و لذا منظور از «مهار» در این راهنما به حداقل رساندن نرخ فرسایش و تولید رسوب می‌باشد.

- هدف و دامنه کاربرد

تولید رسوب زاییده‌ی عمل فرسایش است، لذا هر نوع ساز و کاری برای مهار رسوب در درجه‌ی اول باید مبتنی بر شناخت عوامل فرسایش و مهار فرسایش باشد. عمل فرسایش از سطح حوضه شروع و در طول مسیر رودخانه تا انتهای پایاب رودخانه ادامه دارد. به دلیل این‌که عوامل اصلی فرسایش در سطح حوضه‌ها و روش‌های مهار آن متفاوت از دلایل فرسایش در رودخانه‌ها می‌باشد، این راهنما فقط اختصاص به معرفی روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها دارد. منظور از رودخانه آبراهه‌ای است با مرزهای محدود و معین. بنابراین هدف اصلی این راهنما معرفی روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها و بیان روش‌های آن در حد مختصر و مفید می‌باشد. ارائه جزییات طراحی برای همه‌ی روش‌ها جزو اهداف راهنما نبوده و هر کجا که لازم بوده است منابع و مراجع تخصصی‌تر برای ارجاع ارائه شده است. مطالب این راهنما می‌تواند برای کارشناسان مهندسی رودخانه، آبخیزداری، آبیاری و سازه‌های آبی که در مهندسین مشاور و یا در سازمان‌های دولتی و غیردولتی مشغول هستند مورد استفاده قرار گیرد.

1- Soil Erosion
2- Sediment

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱- ۱- پیامدهای فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها

به طور کلی فرسایش و رسوب‌گذاری باعث تغییرات عمده‌ای در ظاهر و نحوه‌ی شکل‌گیری سرشاخه‌ها و مشخصات دیگر حوزه‌ی آبریز می‌شود. رودخانه‌ها از جمله مواردی هستند که بر اثر این فرآیند، دچار تغییر و تحولات شدیدی می‌شوند. فرسایش به صورت طبیعی در بستر و کناره‌ی رودخانه‌ها وجود دارد. تشدید فرسایش بستر منجر به ناپایداری سواحل نیز گردیده و ریزش توده‌ای خاک ساحل را در پی دارد. این فرآیند می‌تواند باعث تغییر در مقطع هندسی رودخانه و نیز تغییر در ریخت‌شناسی آن گردد. تغییرات ذکر شده خود عامل تغییر در ساختار جریان گردیده و افزایش فرسایش و تولید رسوب را به دنبال خواهد داشت.

همچنین پیشروی قوس رودخانه‌ها که به صورت طبیعی شکل می‌گیرد، خود عاملی جهت تهدید سازه‌های ساحلی و نیز تاسیسات مجاور رودخانه‌ها می‌شود. وجود پایه‌های پل و هر نوع سازه‌ی رودخانه‌ای عامل تغییر در ساختار جریان و به تبع آن تغییر در بستر رودخانه است. فرسایش اطراف این سازه‌ها، سلامت و استحکام سازه‌ی مذکور را به خطر انداخته و نیز سازه‌های حفاظتی دیگر را همچون سیل بندها، خاکریزها، کف بندها و... در معرض آسیب دیدگی قرار می‌دهد [۳ و ۵].

وقوع رسوب‌گذاری در مقاطعی از رودخانه باعث افزایش تراز بستر می‌شود که با ادامه چنین روندی در مواردی موجبات عریض شدن بستر رودخانه را فراهم می‌آید. در اثر این فرآیند به هنگام وقوع سیل، اراضی اطراف رودخانه دچار سیل گرفتگی خواهد شد که تبعات اقتصادی و اجتماعی فراوانی را به دنبال خواهد داشت [۵]. علاوه بر این، افزایش تراز بستر مشکلاتی را در رودخانه‌هایی که قابلیت کشتیرانی دارند سبب می‌شود.

همچنین انتقال بیش از حد رسوبات در رودخانه باعث افزایش بار بستر و بار معلق شده که هرکدام به نوبه‌ی خود، مشکلات فراوانی را باعث می‌شود. افزایش بار بستر باعث افزایش تراز بستر رودخانه در مقاطع عریض رودخانه شده که شکل بستر و مسیر رودخانه را تغییر می‌دهد. وجود بار معلق زیاد در جریان رودخانه، تبعات زیست محیطی فراوانی به همراه دارد. این شرایط علاوه بر خسارات سنگین به سازه‌های رودخانه‌ای و استهلاک این سازه‌ها، باعث به خطر افتادن زندگی موجودات آبزی رودخانه نیز خواهد شد. نهشته شدن رسوبات در مخازن سدها باعث از دست رفتن حجم مفید مخزن می‌گردد. ورود رسوب به کانال‌ها و ترسیب آنها باعث کاهش ظرفیت کانال‌ها و افزایش هزینه‌های لایروبی می‌شود.

۱- ۲- منابع تغذیه رسوبی رودخانه‌ها

به طور کلی رسوب بر اثر عوامل متعدد فرسایش در حوضه‌ها تولید شده و توسط رواناب‌های به‌وجود آمده در سطح حوضه، به زهکش‌های فرعی و نهایتا به رودخانه‌های اصلی منتقل می‌شوند. عوامل موثر در فرسایش حوضه‌ها و تولید رسوب در آنها بسیار گسترده بوده و در حدود اهداف این راهنما نمی‌گنجد. مراجع متنوعی در این ارتباط موجود می‌باشد که می‌توان برای آگاهی از جزییات این عوامل به آنها مراجعه نمود.

از طرف دیگر، تولید رسوب می‌تواند در مسیر رودخانه و به واسطه‌ی فرسایش بستر و سواحل آن حادث شود. میزان نرخ تولید رسوب از بستر و یا ساحل بستگی به نوع رودخانه دارد که متعاقبا در ادامه‌ی این راهنما اشاره خواهد شد. عوامل طبیعی و غیرطبیعی گوناگونی در فرسایش و تولید رسوب در مسیر رودخانه‌ها دخیل هستند که به ذکر چند نمونه از آن بسنده می‌شود:

- پدیده‌ی کف‌کنی یا فرسایش بستر رودخانه‌ها در پایین دست سدها

omoorepeyman.ir

- فرسایش پس رونده که به آن فرسایش خندقی نیز گفته می‌شود در اثر تغییر ناگهانی تراز سطح آب و یا گودبرداری‌های زیاد در بستر رودخانه‌ها و یا عوامل دیگر به‌وجود می‌آید و در کوتاه مدت رسوب زیادی را به رودخانه منتقل می‌کند
- فرسایش در قوس خارجی رودخانه‌ها که جزو خاصیت طبیعی رودخانه‌ها می‌باشد
- آبشستگی بستر و تولید رسوب در محل تنگ شدگی‌ها، به ویژه در محل احداث پل
- آبشستگی در جلوی اپی‌ها (آبشکن‌ها)، پایه‌ی پل‌ها، خروجی کالورت‌ها و دیگر سازه‌های آبی موجود در مسیر رودخانه
- آبشستگی ناشی از جت‌های عمودی و افقی (به طور مثال وجود یک آبشار در مسیر رودخانه)
- فرسایش ناشی از حرکات تکتونیکی و دگرگونی‌های زمین ریخت‌شناسی
- فرسایش ناشی از اقدامات مهندسی نظیر تثبیت کناره‌ها، ایجاد میانبرها و یا استفاده از سیلاب دشت و مسیر رودخانه برای فعالیت‌های عمرانی و عملیات ساماندهی و غیره

تمامی موارد فوق در زمره‌ی عوامل تولید رسوب محسوب شده و نوعی از انواع منابع تغذیه‌ی رسوبی هستند. علاوه بر موارد ذکر شده، گه گاه رسوبات به صورت توده‌ای و خارج از محدوده‌ی رودخانه به این مجموعه وارد می‌شوند. از جمله بر اثر رانش زمین، کوه ریزش، وقوع جریان‌های گلی و... که باعث ورود توده‌ای رسوبات به رودخانه می‌گردد. در این شرایط رسوبات وارد شده به شکل باتلاق در کناره‌های رودخانه باقی مانده و تا مدت زیادی منبعی برای تغذیه‌ی رسوبی پایین دست رودخانه بوده و باعث صدمات شدیدی به زیست‌بوم رودخانه می‌شود.

۱- ۳- مبانی و مکانیزم رسوب‌گذاری

از دیدگاه محققین علم هیدرولیک رسوب، منشا عمده‌ی رسوباتی که در رودخانه‌ها در حال حرکت هستند، مصالح بستر رودخانه می‌باشد. با قبول این، مقدار رسوب عبوری از هر مقطع رودخانه به شرایط جریان رودخانه در آن مقطع بستگی دارد. از جمله شرایط هیدرولیکی رودخانه می‌توان به تنش برشی و یا سرعت برشی اشاره کرد. چنانچه این مقدار بیش از تنش برشی بحرانی مصالح رسوبی باشد، فرسایش و انتقال رسوب وجود دارد و چنانچه سرعت برشی از حد مجازی کم‌تر باشد، رسوبات نمی‌توانند معلق و منتقل شوند. اکنون چنانچه در بازه‌ای از رودخانه میزان رسوب ورودی به آن بازه بیش از میزان رسوب خروجی باشد، پدیده‌ی رسوب‌گذاری حادث می‌شود. به بیان ریاضی می‌توان به معادله‌ی پیوستگی رسوب به شرح زیر اشاره کرد [۱۹]:

$$\frac{\partial q_s}{\partial x}+\frac{\partial z_b}{\partial t}=0 \qquad (۱-۱)$$

که در این رابطه با فرض ثابت بودن عرض رودخانه، q_s: مقدار حجم بار رسوب حمل شده توسط رودخانه (اعم از بار بستر و بار معلق) در واحد زمان در واحد عرض و z_b تراز بستر نسبت به مبدا افقی می‌باشد. به طور کلی برای تعیین میزان رسوب‌گذاری یا فرسایش در یک مقطع از رودخانه، نیاز به دانستن شرایط هیدرولیکی آن مقطع می‌باشد. نحوه‌ی فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها به شدت به شرایط هیدرولیکی جریان وابسته است. برای این منظور باید از رابطه‌ی پیوستگی و نیز رابطه‌ی حرکت در جریان رودخانه استفاده کرد [۱۹]:

$$\frac{\partial y}{\partial t}+y\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial y}{\partial x}=0 \qquad (۲-۱)$$

omoorepeyman.ir

$$\frac{\partial V}{\partial t}+V\frac{\partial V}{\partial x}+g\left(\frac{\partial y}{\partial x}+\frac{\partial z_b}{\partial x}\right)=-g\frac{V^2}{C^2 y} \qquad (۳-۱)$$

حل معادلات فوق منوط به مشخص کردن فرم معادله‌ی انتقال رسوب می‌باشد. حالت کلی معادله‌ی انتقال رسوب را که مبین توان حمل رسوب در شرایط مشخص هیدرولیکی باشد، می‌توان به صورت ذیل نشان داد:

$$q_s = f\left(v,\ D,\ S_s,\ v_c,\ \ldots\right) \qquad (۴-۱)$$

که در این رابطه v: سرعت جریان، y: عمق جریان، g: شتاب ثقل، c: ضریب شزی، D: اندازه‌ی دانه‌های بستر، S_s: چگالی دانه‌های رسوب و v_c سرعت آستانه حرکت مصالح رسوبی می‌باشد.

علاوه بر معادلات فوق، نیاز به معادله‌ی مقاومت در مقابل جریان نیز می‌باشد که می‌توان از معادله‌ی مانینگ یا شزی استفاده کرد:

$$v = c\sqrt{RS} \qquad (۵-۱)$$

$$v = \frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}} \qquad (۶-۱)$$

از حل هم‌زمان روابط (۱-۱) تا (۱-۶)، می‌توان تغییرات بستر و میزان رسوب‌گذاری را بر حسب زمان و مکان تعیین نمود. این محاسبات توسط رایانه و از طریق روش‌های اجزای محدود، المان محدود و یا دیگر روش‌های مناسب می‌تواند انجام گیرد. مدل‌های ریاضی متعددی تاکنون برای این منظور ارائه شده‌اند که در ادامه‌ی این راهنما به آنها اشاره خواهد شد.

۱-۴- دیدگاه‌های مهار رسوب

برای کاهش نرخ انتقال رسوبات و مهار قسمتی از رسوب جریان، نظرات و دیدگاه‌های متنوعی مطرح شده است که بر مبنای آنها، روش‌های متفاوتی ارائه گردیده است. به طور کلی برخی از متخصصین معتقدند که برای مهار رسوب، بهترین روش، کنترل فرسایش و کاهش نرخ تغذیه‌ی منابع رسوبی برای رودخانه‌ها است. این افراد با ارائه‌ی روش‌های متنوع سازه‌ای و غیر سازه‌ای، قصد کاهش نرخ فرسایش حوضه، سرشاخه‌ها و رودخانه‌ها را دارند. روش‌های بسیار گسترده‌ای جهت کنترل فرسایش در هر سه قسمت مذکور وجود دارد که در مراجع گوناگون به تشریح آنها پرداخته شده است.

گاهی اوقات به روش‌های کنترل فرسایش حوضه، عملیات آبخیزداری اطلاق می‌گردد ولی باید توجه شود که روش‌های کنترل فرسایش حوضه فقط جزیی از عملیات آبخیزداری است چرا که این عملیات بسیار گسترده بوده و اهداف دیگری همچون تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان، کاهش بده اوج سیلاب، بهبود کیفیت آب و افزایش نسبی رطوبت حوضه برای پوشش گیاهی مناسب را نیز شامل می‌شود.

اما عده‌ای دیگر این روش‌ها را ناکافی دانسته و معتقدند باید اقدامات تکمیلی برای مهار رسوب در رودخانه‌ها به اجرا گذاشته شود. مشکلات ایجاد شده توسط رسوب رودخانه‌ها که در بند ۱-۳ ارائه گردید باعث شده است تا روش‌های کنترل و مهار رسوب در رودخانه‌ها نیز مورد توجه قرار گیرد. این روش‌ها نیز به دو دسته‌ی کلی روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌شود. در روش‌های سازه‌ای، از یک سازه یا ترکیبی از چند سازه‌ی خاص که برای تله‌اندازی و خارج نمودن رسوبات از رودخانه طراحی شده‌اند، استفاده می‌شود. این سازه‌ها می‌تواند از مصالح ساختمانی یا مواد و مصالح موجود در منطقه ساخته شود. روش‌های غیرسازه‌ای می‌تواند شامل

omoorepeyman.ir

روش‌های طبیعی یا زیستی و یا روش‌های مدیریتی باشد. علاوه بر آن می‌توان از ترکیبی از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای نیز بهره برد. روش‌های مذکور در فصل پنجم معرفی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

با توجه به اهداف این راهنما، ابتدا روش‌های کنترل فرسایش بستر و سواحل رودخانه‌ها که منشای اصلی تولید رسوب هستند، معرفی می‌شوند. از آن‌جا که تعدادی از این روش‌ها به طور جداگانه در راهنماهای دیگر به تفصیل ارائه شده‌اند، در این راهنما به طور مختصر بیان می‌گردد. سپس روش‌های کاهش خسارات رسوب ارائه می‌شود. این روش‌ها در دو دسته‌ی روش‌های انحراف رسوب و روش‌های جداکردن و تخلیه‌ی رسوب تقسیم می‌شوند. روش‌های انحراف رسوب به آن گروه از روش‌ها اطلاق می‌شود که با تغییر مسیر حرکت رسوب، از ورود آنها به مخازن سدها یا آبگیرها جلوگیری می‌کند. روش‌های تخلیه رسوب نیز شامل آن دسته از روش‌های مکانیکی، هیدرولیکی و دستی است که رسوبات نهشته شده در مخازن سدها، کانال‌ها، رودخانه‌ها و سایر مجاری انتقال را تخلیه تا شرایط به حالت قبل از رسوب‌گذاری برگردد. به طور خاص، روش‌های مهار رسوب به گونه‌ای طراحی، اجرا و نگهداری می شوند تا یا از ورود رسوب اضافی به جریان رودخانه جلوگیری و یا رسوب را به منطقه‌ای خارج از محدوده‌ی مورد نظر با بهترین فناوری انتقال دهند.

به نظر می‌رسد انتخاب یک روش مناسب برای طرح‌های مهار رسوب در یک منطقه، بستگی به شرایط محل طرح، خصوصیات ریخت‌شناسی و هیدرولیکی رودخانه‌ی مورد نظر، اندازه‌ی رسوبات و اهداف طرح داشته باشد که باید توسط مهندس طرح، تجزیه و تحلیل و سپس روش مورد نظر معرفی گردد.

omoorepeyman.ir

فصل ۲

تعاریف

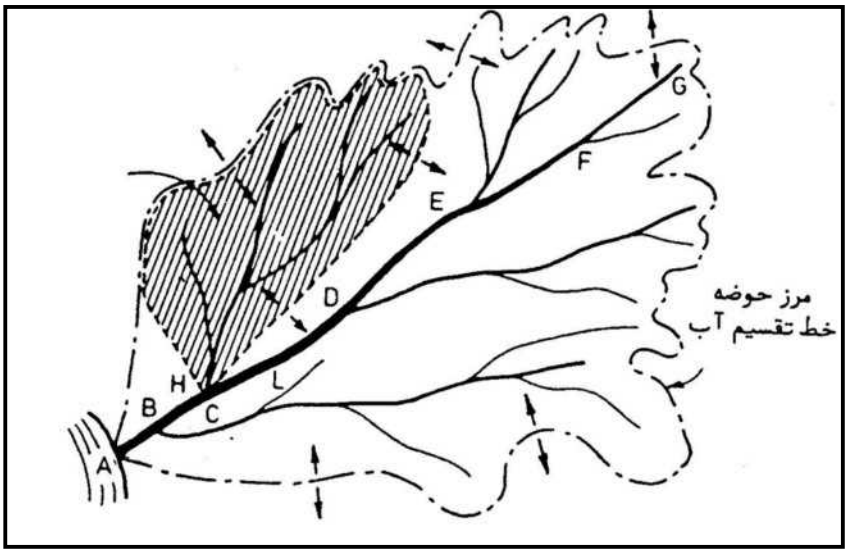
omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲- ۱- حوضه آبریز و مشخصات فیزیوگرافی آن

۲-۱- ۱- کلیات

حوضه آبریز[1] به مساحتی از یک منطقه اطلاق می‌شود که رواناب حاصل از بارندگی‌هایی که روی آن می‌بارد، تماما به‌طور طبیعی به نقطه واحدی به نام نقطه تمرکز[2] هدایت شود. اگر نقطه تمرکز در داخل حوضه قرار گرفته باشد، یعنی حوضه محیط کاملا مسدودی را تشکیل داده باشد آن را حوضه بسته و اگر نقطه تمرکز در انتهای حوضه واقع شده باشد، به نحوی که رواناب بتواند از حوضه خارج شود، آن‌را حوضه باز نامند. هر حوضه از زیر حوضه‌های[3] متعددی تشکیل شده است به طوری که نقطه خروجی هر زیر حوضه در محل تلاقی آنها با رودخانه اصلی قرار دارد. رودخانه‌ای که تمامی رواناب زیر حوضه‌ها به آن می‌ریزد به نام زهکش اصلی یا رودخانه اصلی نامیده می‌شود. ابتدای رودخانه اصلی معمولا مرتفع‌ترین قسمت حوضه و انتهای آن یعنی نقطه‌ی تمرکز، پست‌ترین نقطه‌ی حوضه است. معمولا رودخانه‌ی اصلی بر خط القعر یک حوضه منطبق می‌باشد.



شکل ۲- ۱- تصویر شماتیک یک حوضه آبریز

خط فرضی که حوضه‌های مختلف را از یکدیگر مجزا می‌سازد به خط تقسیم آب معروف است. شکل خط تقسیم آب فقط به توپوگرافی حوضه بستگی دارد و از به‌هم پیوستن خط الراس های ارتفاعات به دست می‌آید.

۲-۱- ۲- شبکه رودخانه

شبکه رودخانه به مجموعه آبراهه‌هایی گفته می‌شود که در سطح حوضه عمل تخلیه رواناب را بر عهده دارد. برخی از این آبراهه‌ها به صورت رودخانه‌های دایم، برخی به‌صورت فصلی و بعضی دیگر مسیل‌هایی هستند که فقط در هنگام بارندگی ممکن

1- Watershed/Catchment
2- Point of Concentration
3- Sub - Basin

omoorepeyman.ir

است آب در آنها جاری باشد. در رودخانه‌های دایم بیش از ۹۰ درصد اوقات سال آب جاری است. از طرف دیگر رودخانه‌های فصلی بیش از ۵۰ درصد ایام سال را خشک می‌باشند. در یک حوضه ممکن است هر سه نوع رودخانه مذکور وجود داشته باشد [۲۳].

هر چه شبکه رودخانه‌های یک حوضه تکامل یافته‌تر باشد، به این معنی که دارای انشعابات و آبراهه‌های بیش‌تر و گسترده‌تری باشد، تخلیه رواناب از آن حوضه بهتر و ساده‌تر انجام می‌شود. شاخص‌های متداول برای سنجش درجه تکامل شبکه رودخانه‌های حوضه عبارتند از تراکم شبکه آبراهه‌ها، رده رودخانه اصلی در نقطه تمرکز و نسبت انشعاب رودخانه‌های حوضه.

اگر مجموع طول تمام رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوضه اندازه‌گیری و بر مساحت حوضه تقسیم شود عدد به‌دست آمده که معمولا بر حسب کیلومتر در هر کیلومتر مربع (km/km^2) توصیف می‌شود، تراکم شبکه رودخانه‌های حوضه نامیده می‌شود که از رابطه (۲-۱) به‌دست می‌آید [۲۳].

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{A} \qquad (۲-۱)$$

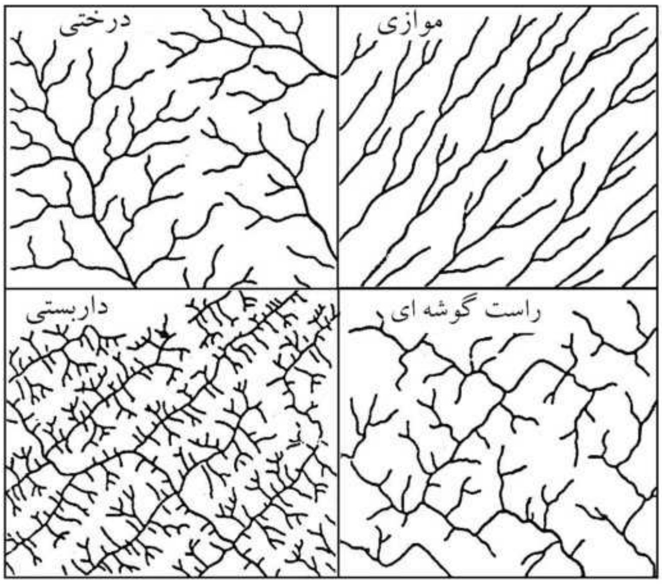
تراکم شبکه رودخانه معیاری است که فقط طول رودخانه‌ها را مشخص می‌سازد و از طرز شبکه‌بندی و اتصال شاخه‌های مختلف اطلاعی به دست نمی‌دهد. برای اطلاع از نحوه ارتباط انشعابات مختلف از روش رده‌بندی رودخانه‌ها استفاده می‌شود.

اولین انشعابات رودخانه را شاخه رده ۱ گویند. از اتصال دو شاخه شماره ۱ رودخانه رده ۲ به وجود می‌آید. رودخانه رده ۲ زمانی به رده ۳ تبدیل می‌شود که حداقل یک رودخانه رده ۲ دیگر به آن بپیوندد. از اتصال دو یا چند رودخانه رده ۳ رودخانه رده ۴ و الی آخر تشکیل می‌شود. شماره رده رودخانه در نقطه تمرکز نشان دهنده تکامل شبکه‌بندی آبراهه‌ها در حوضه بالادست آن نقطه است. شکل(۲-۲) رده بندی یک سامانه رودخانه را نشان می‌دهد [۲۳].

شکل ۲- ۲- رده‌بندی شبکه رودخانه حوضه [۲۳]

نحوه اتصال انشعابات در شبکه رودخانه‌ها بسیار متفاوت است. انشعابات رودخانه در پاره‌ای از حوضه‌ها به شکل شاخه‌های درخت، در برخی به طور موازی، در بعضی دیگر به‌صورت داربستی و یا در مواردی راست گوشه‌ای است (شکل ۲-۳).

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۳- چهار الگوی مختلف از انشعابات شبکه رودخانه در حوضه‌های آبریز [۲۳]

برای مشخص کردن تاثیر انشعابات شبکه رودخانه بر هیدروگراف سیل، از نسبت انشعاب استفاده می‌شود. اگر در حوضه‌ای n_3, n_2, n_1 و... n_i تعداد شاخه‌هایی باشد که رده آنها به ترتیب ۱ و ۲ و ۳ و... I است برحسب تعریف نسبت انشعاب برابر است با [۲۳]:

$$BR = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4} + \ldots + \frac{n_{i-1}}{n_i}\right)\frac{1}{i-1} = \text{Anti}\log\left(\frac{\log n_1 - \log n_i}{n-1}\right) \qquad (۲-۲)$$

نسبت انشعاب در حوضه‌های معمولی بین ۳ تا ۵ است. هر چه این نسبت کوچک‌تر باشد نشان دهنده این است که هیدروگراف سیل در مقایسه با حوضه‌های دیگر دارای نقطه اوج بالاتری خواهد بود.

۲-۱- ۳- خصوصیات حوضه در رابطه با رواناب

عوامل بسیار زیادی وجود دارند که بر عکس‌العمل هیدرولیکی حوضه‌های آبریز موثرند. این عوامل را می‌توان به ۸ گروه مستقل طبقه‌بندی کرد:

۱- خصوصیات هندسی حوضه: از قبیل سطح، محیط، شکل، موقعیت، طول آبراهه‌ها، شیب متوسط آبراهه اصلی، تراکم شبکه رودخانه‌ها و غیره

۲- خصوصیات خاک‌های حوضه: نوع خاک‌ها، دانه‌بندی ذرات خاک، بافت، ساختمان، قابلیت فرسایش، نفوذپذیری و غیره

۳- پوشش گیاهی: نوع گیاهان حوضه، توزیع پوشش گیاهی، برگاب، تعرق و غیره

۴- آب‌شناسی: نگهداشت سطحی، آب‌های زیرزمینی، سیلاب‌ها، جریان‌های دائمی و فصلی، هیدروگراف‌های سالانه و غیره

۵- زمین‌شناسی: ساختمان سنگ‌ها، درز و شکاف‌ها، نوع سنگ‌ها، گسل‌ها و چین خوردگی‌ها و غیره

۶- آب و هوا: درجه حرارت، مقدار و نوع بارندگی‌ها و فراوانی وقوع آنها

۷- بار رسوب: فرسایش، انتقال و رسوب‌گذاری مناطق رسوب خیز حوضه

۸- عوامل انسانی: عملیات کشاورزی، دامداری، احداث جاده‌ها، تاسیسات و غیره

omoorepeyman.ir

هر چند تمام عوامل در مورد یک حوضه اثرهای بسیار بارزی بر حجم رواناب و خصوصیات سیلاب‌ها دارد ولی در این‌جا به اختصار ویژگی‌های هندسی حوضه‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند.

۲-۱-۴- خصوصیات هندسی حوضه

خصوصیات هندسی حوضه به مجموعه پارامترهای فیزیکی گفته می‌شود که مقادیر آنها برای هر حوضه نسبتا ثابت است و نشان‌دهنده وضع ظاهری حوضه می‌باشد. این پارامترها از این جهت حایز اهمیت‌اند که بین آنها و رواناب حوضه روابطی وجود دارد و در مورد حوضه‌هایی که در آنها آمار اندازه‌گیری بده وجود ندارد می‌توان از این روابط استفاده نمود و مقدار رواناب یا شدت سیلاب‌ها را تخمین زد. این خصوصیات عبارتند از مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، شکل حوضه، عرض متوسط حوضه، شیب حوضه، ارتفاع حوضه، پستی و بلندی و عرض مستطیل معادل. این خصوصیات را خصوصیات ژئومتری یا مورفومتری حوضه نیز می‌نامند.

- مساحت حوضه

بارزترین مشخصه حوضه مساحت آن است. میزان رواناب، بده سیلاب و میزان انتقال رسوب (فرسایش) حوضه به‌طور مستقیم به مساحت حوضه بستگی دارد. حوضه‌ها از نظر مساحت به دو دسته تقسیم می‌شوند: حوضه‌های کوچک با مساحتی کم‌تر از ۳۰ الی ۴۰ کیلومتر مربع و حوضه‌های بزرگ که مساحت آنها بیش از ۴۰ کیلومتر مربع است. در حوضه‌های کوچک عکس‌العمل حوضه نسبت به بارندگی در زمانی کوتاه‌تر از ۱ تا ۲ روز ظاهر می‌شود [۲۳].

- محیط حوضه

محیط حوضه به طول خط فرضی تقسیم آب گفته می‌شود که حوضه را از حوضه‌های مجاوز مجزا می‌سازد. محیط حوضه بر حسب کیلومتر یا مایل سنجیده می‌شود.

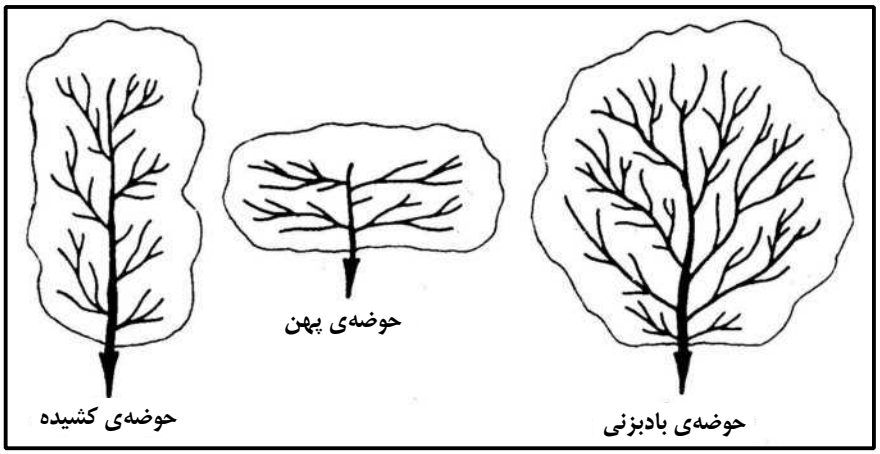
- طول آبراهه اصلی

آبراهه اصلی به رودخانه‌ای گفته می‌شود که در خطر القعر حوضه جریان داشته و رواناب زیر حوضه‌های مختلف به آن می‌ریزد. زمان تمرکز حوضه و زمانی که بده سیلاب‌ها به نقطه اوج می‌رسد به طول آبراهه اصلی بستگی کامل دارد. آبراهه اصلی معمولا طولانی‌ترین مسیر هیدرولیکی آب در حوضه است.

- شکل حوضه

حوضه‌های آبریز بر حسب توپوگرافی دارای شکل‌های گوناگون می‌باشند. تاثیر شکل حوضه بر رواناب سطحی و هیدروگراف سیل خروجی از حوضه محرز می‌باشد. حوضه‌ها از نظر شکل بسیار متنوعند ولی می‌توان سه گروه عمده را مشخص کرد: حوضه‌های کشیده، حوضه‌های پهن و حوضه‌های بادبزنی که درشکل (۲-۴) نشان داده شده است [۲۳].

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۴ - شکل‌های سه‌گانه حوضه‌های آبریز [۲۳]

برای آن‌که بتوان حوضه‌ها را از نظر شکل مقایسه کرد از ضرایب یا شاخص‌های مربوط به شکل استفاده می‌شود. تمامی این ضرایب و معیارهای تعیین شکل حوضه بدون بعد می باشند و عبارتند از [۲۳]:

الف- ضریب شکل که عبارت است از نسبت مساحت حوضه (A) به مجذور طول حوضه (L^2) [۲۳]

$$FF = \frac{A}{L^2} \qquad (۳-۲)$$

ب- ضریب فشردگی که به نام ضریب گراویلیوس نیز نامیده می‌شود و عبارت است از نسبت محیط حوضه (P) به محیط دایره فرضی (P′) که مساحت آن برابر با مساحت حوضه باشد [۲۳]

$$C = \frac{P}{P'} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \qquad (۴-۲)$$

اگر حوضه دایره کامل باشد ضریب فشردگی برابر یک می‌باشد در غیر این‌صورت مقدار این ضریب بزرگ‌تر از یک خواهد بود که نشان‌دهنده انحراف شکل آن از دایره است که معمولا بین ۱/۵ تا ۲/۵ می‌باشد [۲۳]

ج- نسبت دایره‌ای عبارتست از نسبت مساحت حوضه به مساحت دایره ای که محیط آن برابر محیط حوضه باشد

$$F_C = \frac{P}{\sqrt{4\pi A}} \qquad (۵-۲)$$

که A و P به ترتیب مساحت و محیط حوضه می‌باشد. نسبت دایره‌ای به صورت دیگری نیز توصیف می‌شود و آن عبارت است از [۲۳]:

$$R_C = \frac{A}{Ao} \qquad (۶-۲)$$

که A مساحت حوضه و A_0 مساحت دایره‌ایست که محیط آن مساوی محیط حوضه می‌باشد.

د- نسبت کشیدگی برابر است با نسبت قطر دایره ای که مساحت آن برابر مساحت حوضه باشد به طول حوضه

$$Re = \frac{2}{L_m}\left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5} \qquad (۷-۲)$$

که Lm حداکثر طول حوضه در جهت موازی با طولانی‌ترین آبراهه حوضه است [۲۳]

omoorepeyman.ir

- ارتفاع حوضه و پستی و بلندی‌ها

ارتفاع حوضه از سطح دریا نشان دهنده موقعیت اقلیمی آن حوضه است. در حوضه‌های مناطق مرتفع نه تنها بارندگی بیش از حوضه‌های پست است بلکه در قلل ارتفاعات، غالبا نزولات جوی به‌صورت برف می‌باشد. ارتفاع متوسط به روش های مختلفی تعیین می‌گردد. ساده‌ترین روش، محاسبه میانگین ارتفاع حداقل و حداکثر حوضه می باشد.

- زمان تمرکز

زمان تمرکز از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی حوضه است و آن عبارت از مدت زمانی است که قطره‌ی آب از دورترین نقطه‌ی حوضه لازم دارد تا به نقطه تمرکز برسد.

محاسبه زمان تمرکز در حوضه‌ها بسیار حایز اهمیت است. زیرا انتخاب مدت باران طرح، از نظر تجزیه و تحلیل آماری داده‌های شدت- مدت به زمان تمرکز بستگی دارد. اگر زمان باران طرح بزرگ‌تر از زمان تمرکز انتخاب شود چون با افزایش مدت از شدت بارندگی‌ها کاسته می‌شود لذا بده سیل نیز معمولا کاهش می‌یابد و برعکس اگر مدت باران طرح از زمان تمرکز کوچک‌تر باشد قبل از آن‌که دورترین قطرات، خود را به نقطه تمرکز برسانند باران قطع می‌شود و شدت سیل تقلیل می‌یابد. لذا بحرانی‌ترین مدت همان زمان تمرکز است [۲۳].

۲- ۲- رودخانه و انواع آن

۲-۲- ۱- کلیات

شناخت خصوصیات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها از جمله فعالیت‌های مهم در علم مهندسی رودخانه می‌باشد. رودخانه‌ها بر حسب خصیصه‌ی طبیعی خود دستخوش تحولات مستمر ریخت‌شناسی می‌باشند. این تغییرات عمدتا به صورت جابجایی‌های عرضی و طولی و تغییر شکل بستر و مقطع جریان، توسعه یافتگی، انتقال و چرخش چم‌ها خودنمایی می‌کنند. از این رو شناخت طبیعت رودخانه‌ها و آگاهی از مشخصه‌های ریخت‌شناسی آنها را می‌توان در زمره موضوعات محوری و اولویت دار کارشناسی تلقی نمود. بدیهی است به لحاظ تاثیرپذیری متقابل فرآیندهای ریخت‌شناسی و هیدرولیک از یکدیگر و تعدد عوامل و پارامترهای تاثیرگذار مربوطه و تنوع طبیعت رودخانه‌ها، بحث و بررسی پیرامون چنین مقوله‌هایی، بهره‌گیری موثر از تجارب کارشناسی و استفاده گسترده از منابع و ماخذ علمی و فنی را طلب می‌کند.

۲-۲- ۲- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها از نظر ریخت‌شناسی

از دیدگاه ریخت‌شناسی رودخانه‌ها به دو دسته‌ی آبرفتی و دره رود تقسیم می‌شوند [۱۴]:

۲- ۲- ۲-۱- رودخانه‌های آبرفتی

رودخانه‌های آبرفتی سواحل خود را فرسایش داده و کف آنها دچار آب شکستگی می‌شود و مشخصات هندسی آنها از جمله عمق و عرض براساس بده رودخانه، شیب دره و بده رسوب که از بالادست دیکته می‌شود، تعیین می‌گردد. این رودخانه‌ها دارای سیلابدشت هستند و هراز چند گاهی جریان از بستر اصلی آن بیرون ریخته و در سیلابدشت پخش می‌شود.

omoorepeyman.ir

۲-۲-۲-۲- دره رودها

دره رودها نیز مشابه رودخانه‌های آبرفتی رفتار می‌کنند لیکن توپوگرافی زمین به صورت پارامتر محدود کننده بر جریان و هندسه آبراهه تاثیر می‌گذارد. اصولا این رودخانه‌ها باریک‌تر و عمیق‌تر از رودخانه‌های آبرفتی هستند و به ندرت طغیان می‌کنند.

در هر دو نوع رودخانه رسوبات به صورت بار معلق و بار بستر حمل می‌شود، بار معلق متشکل از مواد ریزدانه است به همین دلیل همواره به صورت معلق حمل می‌شود. بیش‌تر این مواد معلق حاصل شسته شدن مواد از حوضه‌ی آبریز است که توسط رواناب‌ها به داخل رودخانه منتقل شده است. قسمت درشت بار معلق عمدتا ناشی از مواد بستر رودخانه است. به‌طوری‌که وقتی بده رودخانه کم می‌شود و ظرفیت رودخانه برای حمل رسوب کاهش می‌یابد، این مواد ته‌نشین می‌شوند و به همراه بستر که قسمت اعظم آن را مواد دانه درشت تشکیل می‌دهد، در امتداد بستر حرکت کرده و تقریبا همیشه در تماس با کف باقی می‌ماند.

۲-۲-۳- طبقه‌بندی رودخانه‌ها از نظر زمین‌شناسی

۲-۲-۳-۱- رودخانه‌های جوان[1]

در این قبیل رودخانه‌ها تمرکز جریان آب سبب کنده شدن و برداشت مواد نرم و دانه‌های شن و ماسه می‌شود. شیب‌های تند زمین‌های بالاتر سبب شتاب گرفتن جریان و تعمیق ناوه رودخانه در دره‌ی آن می‌شود. رودخانه‌هایی که در مسیر خود فرسایش ناوه و تعمیق بستر، نیمرخ غیرمنظم، آبشارهای طبیعی، برجستگی‌ها، حوضچه‌ها و تغییر شیب‌های ناگهانی به وجود آورده‌اند، عمدتا در این دسته قرار می‌گیرند. پدیده‌های مذکور به تدریج در طول زمان با فرسایش نقاط بلندتر کاهش می‌یابد. در مرحله جوانی رودخانه، دره‌های V شکل عمیق که در آنها فرسایش قائم بیش‌تر از فرسایش افقی است، شکل می‌گیرد. فرسایش در این رودخانه‌ها تا هنگامی که بستر به حالت تعادل نسبی برسد ادامه خواهد داشت.[۳۴]

۲-۲-۳-۲- رودخانه‌های بالغ[2]

رودخانه بالغ، رودخانه‌ای است که بستر خود را به‌طور ملایم ساییده و شکل داده باشد. این نوع رودخانه‌ها در دره‌های پهن جریان داشته و از شیب نسبتا ملایمی برخوردارند. در رودخانه‌های بالغ، آبشار، پرتگاه، تغییر شیب‌های تند، حوضچه و امثال آن وجود ندارد. در این گونه رودخانه‌ها غالبا تعادلی بین مواد فرسایش یافته و ته‌نشین شده یافت می‌شود. بخش‌هایی که در یک سیلاب فرسایش یافته و از بین می‌رود معمولا در سیلاب‌های بعدی جانشین می‌شود. فرسایش و تعمیق بستر این گونه رودخانه‌ها بسیار آهسته و متوقف شده ولی فرسایش کناره‌ها همچنان ادامه دارد. تشکیل سیلابدشت در بستر دره اولین نشانه‌ی دوران بلوغ رودخانه است. قوس‌ها در امتداد مسیر رودخانه ملایم‌تر شده و شکل نسبی قرینه به خود می‌گیرد. بلوغ کامل زمانی حاصل می‌شود که قوس‌های رودخانه در فضای دشت عریضی بدون محدودیت از طرفین دره، آزادانه حرکت می‌کند. [۳۴]

omoorepeyman.ir

1- Young River
2- Mature River

۲-۲-۳-۳- رودخانه‌های پیر[1]

با افزایش پهنای کمربند چم‌ها، رودخانه وارد دوران پیری می‌شود و عرض سیلابدشت به علت فرسایش‌های جانبی افزایش می‌یابد. کمربند چم‌ها حدود ۱۰ تا ۲۰ برابر پهنای رودخانه و پهنای سیلابدشت چندین برابر کمربند چم‌ها می‌شود. رودخانه پیر دارای حوضچه‌های نعل اسبی، عدسی‌های رسی، خاکریزهای طبیعی و باتلاق‌های ناشی از طغیان سیلاب‌هاست. [۳۴]

۲-۲-۴- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها از نظر تداوم جریان

رودخانه‌ها را از دید تداوم جریان نیز به دو نوع رودخانه‌های فصلی و دائمی تقسیم می‌کنند:

۲-۲-۴-۱- رودخانه‌های فصلی[2]

در این قبیل رودخانه‌ها بین بده اوج و پایه آنها اختلاف زیادی وجود دارد و در بیش‌تر مواقع سال بده پایه ندارند. از طرف دیگر رودخانه‌های فصلی بیش از ۵۰ درصد ایام سال را خشک می‌باشند.

۲-۲-۴-۲- رودخانه‌های دائمی[3]

این رودخانه‌ها دارای بده پایه می‌باشند و در همه فصول سال بده پایه در آنها جریان دارد. در رودخانه‌های دایم بیش از ۹۰ درصد اوقات سال آب جاری است.

۲-۲-۴-۳- رودخانه‌های اتفاقی

رودخانه‌هایی هستند که در بیش‌تر ایام خشک بوده و فقط در هنگام بارندگی های زیاد فعال شده و پس از مدت کوتاهی (کم‌تر از یک ماه که بعضا به چند ساعت محدود می شود) مجددا خشک می‌شوند. مشخصه اصلی این رودخانه‌ها این است که مدت تداوم جریان در آنها کم‌تر از یک فصل و عموما چندین روز در سال است.

۲-۲-۴-۴- رودخانه‌های خشک

رودخانه‌هایی هستند که ممکن است چندین سال خشک باشند و فقط هر چند سال یک‌بار (یا به ندرت ۲ یا ۳ بار) در اثر بارندگی های فراگیر با تداوم زیاد فعال شده و مجددا خشک می‌شوند. مشخصه اصلی این رودخانه‌ها این است که چندین سال متوالی نیز ممکن است هیچ جریانی در آنها مشاهده نشود.

۲-۲-۵- طبقه‌بندی رودخانه‌ها براساس مسیر امتداد یا شکل ظاهری آنها

مطالعه الگو و یا شکل پلان رودخانه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد، زیرا الگوی رودخانه معیار مناسبی برای تعیین میزان و نوع کنترل لازم از خطراتی است که پلان و تاسیسات وابسته را تهدید می‌کند. علاوه بر این، مطالعه پلان رودخانه، پیش‌بینی وضعیت تغییرات احتمالی در بستر و دیواره‌ی رودخانه را ممکن می‌سازد. مسیر رودخانه‌ها یا پلان آن به سه نوع مختلف تقسیم‌بندی می‌شود:

1- Old River
2- Ephemeral River
3- Perennial River

omoorepeyman.ir

۲-۲-۵-۱- مسیر مستقیم[1]

این قبیل مسیرها به طور نسبی کوتاه و ناپایدارند و به ندرت در طولی بیش‌تر از ۱۰ برابر عرضشان مسیر مستقیم دارند زیرا حتی با ناهمواری‌های جزیی در شکل مسیر و یا وجود موانع موقت دچار اختلال موضعی می‌گردد که منجر به ایجاد جریان‌های عرضی و متعاقبا به وجود آمدن چم می‌شود. در رودخانه‌های مستقیم درجه انحنا رودخانه (نسبت طول مسیر خط القعر به مسیر دره) در شرایط لبریز[2] کم‌تر است. در بده‌های کم، بارهای رسوبی متناوب[3] در بستر رودخانه تشکیل می‌گردد و مسیر خط القعر با دور زدن بارهای رسوبی حالت پیچشی به خود می‌گیرد.

۲-۲-۵-۲- مسیر پیچان (پیچانرودی)[4]

این رودخانه‌ها در پلان شامل یک سری قوس هستند که یک در میان جهت انحنای آنها عوض می‌شود و به صورت تعدادی S به هم پیوسته که بعضا به وسیله قطعات مستقیم کوتاه[5] به هم اتصال دارند، دیده می‌شود. این نوع رودخانه‌ها اغلب در بازه‌های پایین دست، که دارای شیب ملایمی می‌باشند، تشکیل می‌شوند. در داخل قوس‌ها حوضچه‌های عمیق تشکیل می‌شود و بالاترین سرعت جریان در قسمت‌های خارجی قوس‌های مقعر به وجود می‌آید. عمق جریان در اتصال قوس‌ها در مقایسه با عمق آب در داخل قوس‌ها نسبتا کم‌تر است.

۲-۲-۵-۳- مسیر شریانی[6]

این قبیل رودخانه‌ها معمولا دارای شیب تند و حامل رسوبات زیادی است و الگوی مسیر در این نوع رودخانه‌ها ناپایدار است. از آن‌جا که ورودی رسوب در این نوع رودخانه‌ها بیش از ظرفیت حمل آن است، در مسیر آن رسوب‌گذاری شده، عمق کاهش یافته و عرض آبراهه چنان زیاد می‌شود که جریان منحرف شده و آبراهه به چند شاخه‌ی تقسیم مسیر می‌دهد.

۲-۲-۶- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها براساس پایداری

رودخانه‌ها براساس پایداریشان به انواع پایدار استاتیکی، پایدار دینامیکی و ناپایدار تقسیم می‌شوند.

- رودخانه‌های پایدار استاتیکی

این رودخانه‌ها به مرحله‌ای رسیده‌اند که نیروی جریان در آنها قادر به شستن کف و فرسایش کناره‌ها و به عبارتی حمل رسوب به صورت بار بستر و یا بار معلق نمی‌باشد. کف و کناره‌های این رودخانه‌ها در بیش‌تر طول سال ثابت است و مانند آبراهه‌های با بستر صلب رفتار می‌کند هر چند ایجاد هر گونه اختلال و الگوی جریان ممکن است باعث تغییرات موضعی در هندسه آبراهه شود.

1- Straight
2- Full Bank Discharge
3- Alluvial Bars
4- Meandering
5- Crossing
6- Braided

omoorepeyman.ir

- رودخانه‌های پایدار دینامیکی

این رودخانه‌ها به طور مداوم فعال بوده، آبشستگی و رسوب‌گذاری در کف، فرسایش و رسوب‌گذاری در سواحل و حمل مقادیر زیادی رسوب در آنها انجام می‌شود. هر چند در یک دوره‌ی کوتاه ممکن است شکل آبراهه تغییر یابد ولی این تغییرات پیش رونده نبوده و در یک محدوده‌ی مشخص انجام می‌گیرد. شکل رودخانه‌ها در پلان جابجا نمی‌گردد، مگر این‌که جنس مصالح بستر در طول آبراهه دستخوش تغییرات قابل توجهی شود. جابجایی الگوی آبراهه به طرف پایین دست (مثلا حرکت خم‌ها) فرسایش پیش رونده‌ای را ایجاد می‌کند. هر گونه اختلال در الگوی جریان در چنین رودخانه‌هایی باعث تغییرات موضعی در هندسه آبراهه می‌شود که ممکن است تا فواصلی در پایین دست و بالا دست ادامه یابد.

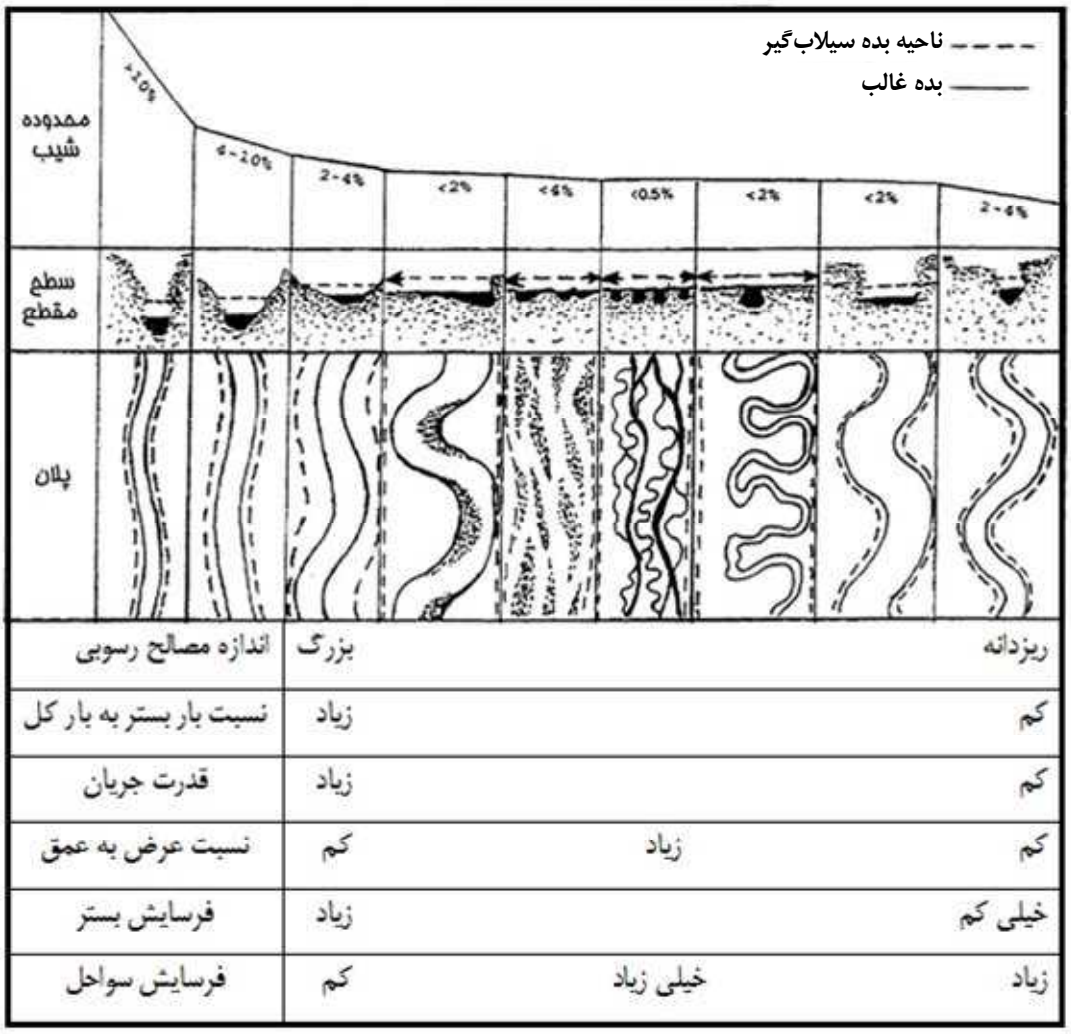
- رودخانه‌های ناپایدار

این رودخانه‌ها معمولا مقادیر زیادی رسوب را با خود حمل می‌کنند و به طور مداوم در مسیر خود آبشستگی و رسوب‌گذاری ایجاد می‌کنند. عمق مناطق رسوب‌گذاری شده کاهش یافته و باعث انحراف جریان می‌گردد و این خود تغییرات پیوسته‌ای را در شکل، موقعیت و الگوی آبراهه باعث می‌شود. رفتار چنین رودخانه‌هایی معمولا قابل پیش‌بینی نبوده و کنترل آنها دشوار است. اصلاح مسیر این رودخانه‌ها اغلب احتیاج به یک برنامه‌ریزی وسیع آبخیزداری دارد که شامل کنترل فرسایش در حوضه‌ی آبخیز، ساخت سدهای رسوبگیر در بازه‌های بالا دست رودخانه، حفاظت کناره‌ها و ساخت خاکریزهای سیل‌بند می‌باشد.

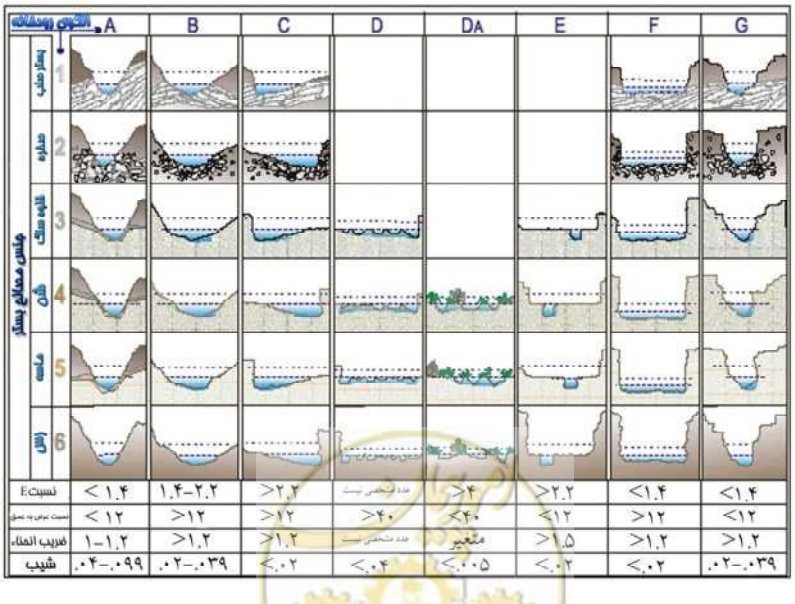
۲-۲-۷- خصوصیات رودخانه‌ها

خصوصیات رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در درجه اول با استفاده از تعیین ویژگی‌هایی همچون نیمرخ طولی، مقطع عرضی کانال و دره و نیز پلان رودخانه مشخص می‌گردد. شکل (۲- ۵) شکل ظاهری و بعضی از خصوصیات رودخانه‌های مختلف را نشان می‌دهد [۳۵].

omoorepeyman.ir



شکل ۲- ۵- الف- نمایی از رودخانه‌های مختلف و بعضی از خصوصیات آنها [۳۶]



شکل ۲- ۵ - ب- راهنمای تشریحی مقاطع عرضی الگوهای رودخانه در طبقه‌بندی Rosgen [۳۶]

omoorepeyman.ir

بده غالب[1] به جریانی که مقدار و تکرار آن به حدی باشد که ابعاد و هندسه یک مقطع آبرفتی را بسازد گفته می شود. در بسیاری از رودخانه‌های طبیعی مقدار آن تقریبا برابر بده لب پر[2] کانال با دوره بازگشت ۱/۵ سال در نظر گرفته می شود [۵].

۲- ۳- فرسایش و انواع آن در حوضه و رودخانه

رواناب سطحی و جریان آب در رودخانه‌ها همواره توام با فرسایش خاک و حمل مواد رسوبی است. این مواد در هر کجا که موقعیت ایجاب کند ته‌نشین می‌شوند. اطلاع از چگونگی فرسایش و توانایی حمل رسوب در آبراهه‌های مختلف حوضه از جمله مواردی است که در هر طرحی باید مورد نظر قرار گیرد. محاسبات حجم مرده مخازن برای پر شدن از مواد رسوبی یا عملیات رسوب‌زدایی و یا طراحی حوضچه‌های رسوب‌گیر و کانال‌های دانه‌گیر و غیره همگی براساس اطلاعات رسوب‌شناسی حوضه استوار می‌باشند.

۲-۳- ۱- فرسایش

فرسایش به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شوند. در صورتی که عامل جدا شدن ذرات از بستر و انتقال آنها آب باشد به آن فرسایش آبی گفته می‌شود. از انواع دیگر فرسایش می‌توان فرسایش بادی و یا فرسایش یخچالی را نام برد.

فرآیند فرسایش خاک توسط آب از سه مرحله اساسی تشکیل می‌شود که عبارتند از:

الف- فرسایش به وسیله قطرات باران: این نوع فرسایش نتیجه برخورد مستقیم آب با سطح خاک است. قطرات باران به دلیل وزن و سرعت خود در هنگام برخورد با خاکدانه‌ها دارای مقداری انرژی جنبشی می‌باشند که در اثر آن ذرات خاک از همدیگر متلاشی می‌شوند.

ب- فرسایش ورقه‌ای: جریان آب در سطح زمین باعث می‌شود که ذرات خاک به صورت ورقه‌ای از محل اولیه خود جدا شده و همراه با آب حمل شوند. توانایی آب در حرکت خاک به عوامل زیر بستگی دارد:

- عمق جریان آب
- سرعت حرکت آب
- شیب زمین
- مقاومت خاک در مقابل جریان آب

ج- فرسایش آبراهه‌ای: این نوع فرسایش در اثر حرکت جریان آب و نیرویی که از طرف آب به بستر آبراهه وارد می‌شود صورت می‌گیرد.

در یک آبراهه با شیب S و شعاع هیدرولیکی R، نیروی تنش برشی (τ) که در اثر جریان آب به کف آن وارد می‌شود برابر است با [۲۱]:

$$\tau = \gamma RS \qquad (۸-۲)$$

که در این رابطه γ وزن مخصوص آب می‌باشد.

1- Dominant Discharge
2- Bankfull Discharge

omoorepeyman.ir

در اثر نیروی برشی که بر سطح خاک وارد می‌گردد ذرات خاک از بستر جدا شده و فرسایش صورت می‌گیرد. مشاهده می‌شود که هر چه شیب زمین زیاد باشد نیروی برشی زیادتر شده و طبعا خاک بیش‌تر فرسایش پیدا می‌کند و یا هر چه وزن مخصوص زیادتر باشد باز هم تنش برشی زیادتر شده و قدرت فرسایش آب زیادتر می‌گردد یعنی هر چه آب گل‌آلوده‌تر باشد وزن مخصوص آن زیادتر و قدرت فرسایش آن افزوده می‌شود، به همین دلیل است که آب گل‌آلود خاک بستر خود را بیش‌تر از آب زلال می‌تواند جابجا کند.

فرسایش یکی از پدیده‌های مهم رودخانه‌ای است. عوامل مختلفی در وقوع فرسایش دخالت دارند که از جمله می‌توان به شیب رودخانه، وقوع سیلاب‌ها، نقش پیچاب‌ها، دانه‌بندی مواد رسوبی، مشخصات حوضه‌های آبریز و پدیده‌های زمین‌شناسی اشاره نمود. بدیهی است دخالت مستقیم و غیرمستقیم انسان در محیط رودخانه‌ای که به منظور بهره‌برداری و ساماندهی رودخانه‌ها انجام می‌گیرد به نوبه خود در تشدید این فرآیند تاثیرگذار می‌باشد.

بررسی پدیده فرسایش در رودخانه‌ها عموما از دیدگاه کمی و کیفی مطرح می‌باشد. در کارهای مهندسی توجه اصلی به موارد کمی است. در این خصوص تعیین میزان گودافتادگی بستر، تغییر مشخصه‌های هندسی رودخانه، حجم و نوع رسوبات حمل شده و تغییر دانه‌بندی بستر از جمله موارد کمی می‌باشند که مستقیما در ارتباط با اقدامات ساماندهی و طرح‌های مهندسی رودخانه قرار می‌گیرند. در عین حال بررسی‌های کیفی نظیر چگونگی تاثیرپذیری فرسایش رودخانه از تغییر نظام هیدرولوژیک، نقش تغییرات پوشش گیاهی، پدیده‌های زمین‌شناسی و تکتونیک، نوسانات سطح آب زیرزمینی، اثر تغییرات زیست‌بوم رودخانه و موارد دیگر به نوبه خود در تحلیل رفتار و فرسایش رودخانه و تبعات حاصل از آن دارای اهمیت است. از طرفی به لحاظ تعداد عوامل تاثیرگذار تجزیه و تحلیل پدیده فرسایش و تعیین کمی آن به آسانی میسر نبوده و استفاده از روابط و معادلات و الگوهای ارائه شده مستلزم احتیاط و لحاظ کردن دیدگاه‌های کارشناسی است.

اقدامات ساماندهی و تعیین مشخصه‌های سازه‌های حفاظت و ایمن‌سازی مسیر رودخانه مستلزم شناخت صور مختلف فرسایش و رسوب‌گذاری می‌باشد. براساس منابع موجود انواع فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها را می‌توان در چهار گروه عمده زیر طبقه‌بندی نمود [۱۳]:

- فرسایش یا رسوب‌گذاری مستمر[1] (کف‌کنی یا تراز افزایی)
- فرسایش عمومی[2] (آبشستگی عمومی)
- فرسایش موضعی[3] (آبشستگی موضعی)
- تشکیل تلماسه‌ها[4]، جزایر و پشته‌های رسوبی[5] در بستر رودخانه

به لحاظ اهمیت هر یک از موارد فوق به بررسی ویژگی‌های آنها پرداخته شده است.

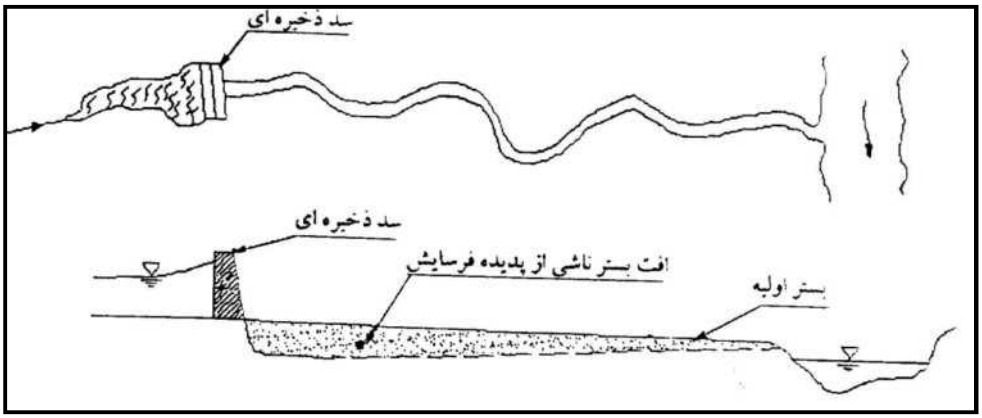
۲-۳-۱-۱- فرسایش یا رسوب‌گذاری مستمر

فرسایش مستمر به حالتی اطلاق می‌شود که در آن بستر رودخانه دچار کف‌کنی فراگیر گردیده و این پدیده برای مدت زمان مدیدی تداوم یابد. در وقوع چنین وضعیتی عوامل طبیعی و دخالت‌های انسانی موثرند. از جمله عوامل انسانی می‌توان به تغییر

1- Long term Aggradation or Degradation
2- General Scour
3- Local Scour
4- Sand Dunes
5- Islands & Bars

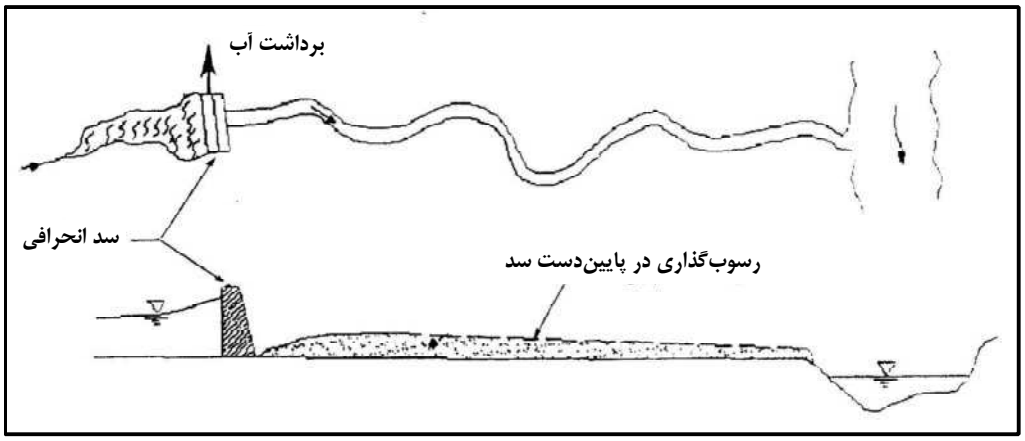
omoorepeyman.ir

کاربری اراضی، احداث سدهای مخزنی و برداشت شن و ماسه از رودخانه اشاره نمود. چنین اقداماتی موجب کاهش تغذیه رسوبی رودخانه گردیده و در نتیجه آن فرآیند کف‌کنی تا رسیدن به وضعیت تعادل ادامه می‌یابد. در شکل (۲-۶) نمونه‌ای از این نوع فرسایش در پایین دست سد نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- پدیده کف‌کنی مستمر در پایین دست سد مخزنی [۱۳]

رسوب‌گذاری مستمر یا تراز افزایی فرایندی است که طی آن در بخش عمده ای از مسیر رودخانه تراز بستر به‌طور مستمر در اثر رسوب‌گذاری افزایش می‌یابد. در چنین حالتی تغذیه رسوبی رودخانه بیش‌تر از ظرفیت حمل آن می‌باشد. تشدید عوامل ناپایداری خاک در سطح حوضه آبریز، وقوع زمین لغزه‌ها[1]، کوه ریزش‌ها، اتصال شاخه‌های پر رسوب، احداث سدهای انحرافی و برداشت آب در مسیر رودخانه از جمله عواملی هستند که موجب افزایش رسوب ورودی به رودخانه و بالا آمدن بستر آن می‌شوند. در شکل (۲-۷) تاثیر احداث سد انحرافی در افزایش تراز بستر رودخانه نشان داده شده است.



شکل ۲-۷ - نحوه رسوب‌گذاری در پایین دست سد انحرافی [۱۳]

امور پیمان
omoorepeyman.ir

1- Land Slides

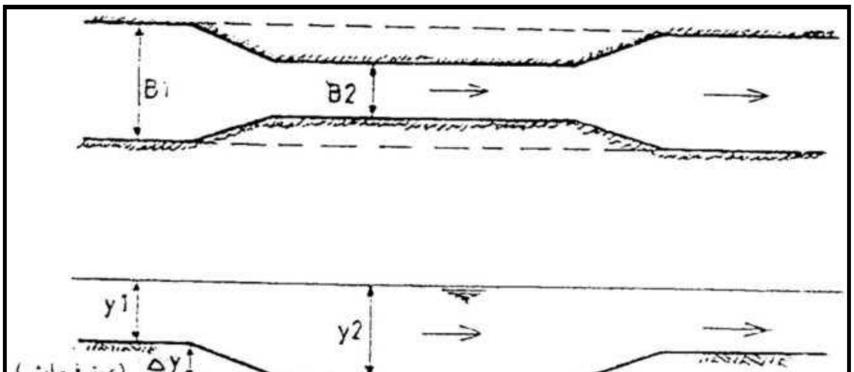
در بعضی رودخانه‌ها فرسایش به‌صورت تعریض بستر نمایان می‌گردد. این‌گونه فرسایش در رودخانه‌های شریانی[1] عمومیت دارد. به‌علاوه در رودخانه‌های مستقیم[2] نیز فرسایش متوجه کناره‌ها بوده و همراه با تعریض بستر می‌باشد. دراین نوع رودخانه‌ها حد نهایی تعریض بستر را اصطلاحا کمربند فرسایشی[3] گویند.

علاوه بر تغییرات عرضی، تغییر نیمرخ طولی و کف‌کنی از نمودهای فرسایش در رودخانه‌ها می‌باشد. در این نوع فرسایش فرآیند کف‌کنی تا رسیدن به نیمرخ تعادل نهایی ادامه می‌یابد. کاهش تغذیه رسوبی رودخانه به دلایل مختلف طبیعی از جمله تغییر رژیم بارندگی و افزایش تراکم پوشش گیاهی که موجب تثبیت خاک حوضه می‌گردد، بعضا نقش اصلی را در وقوع فرسایش مستمر بازی می‌کند. وقوع کف‌کنی در بستر رودخانه به نوبه خود موجب ناپایداری خاک کناره‌ها گردیده و در اثر ریزش توده‌ای به‌تدریج عرض رودخانه افزایش پیدا می‌کند. در اثر این پدیده حجم رسوبات زیادی وارد رودخانه می‌گردد.

۲- ۳- ۱-۲- فرسایش و رسوب‌گذاری عمومی

هنگام وقوع سیلاب‌ها و یا در رودخانه‌های با شیب تند در اثر افزایش سرعت جریان آب، مواد رسوبی موجود در بستر رودخانه شسته شده و در بازه‌ای طولانی از مسیر رودخانه بستر به تدریج گود می‌گردد. وقوع این حالت را در رودخانه می‌توان به‌عنوان فرسایش عمومی یا آبشستگی عمومی قلمداد نمود. بدیهی است افت بستر در چنین حالتی موقتی بوده و در مرحله فروکش سیلاب در اثر رسوب‌گذاری، بستر به‌تدریج تراز اولیه خود را باز می‌یابد. رسوب‌گذاری فراگیر در بستر رودخانه بعد از فروکش سیلاب در دوره جریان‌های کم ادامه می‌یابد، از این فرآیند به‌عنوان رسوب‌گذاری عمومی می‌توان نام برد.

همچنین در نتیجه احداث سازه‌های حفاظتی نظیر آبشکن[4] و یا خاکریزهای سیلبند (گوره‌ها)[5] مقطع رودخانه کاهش یافته و این پدیده منجر به وقوع آبشستگی عمومی می‌گردد. این نوع آبشستگی عمومی اصطلاحا به آبشستگی تنگ شدگی موسوم می‌باشد. در شکل (۲-۸) نمونه ای از وقوع کف‌کنی ناشی از تنگ شدگی مقطع نشان داده شده است. فرسایش عمومی در رودخانه‌های کوهستانی عامل اصلی انتقال حجم زیادی از رسوبات به پایین دست می‌باشد.



شکل ۲-۸ - نمایش چگونگی وقوع آبشستگی عمومی ناشی از تنگ شدگی مقطع رودخانه [۱۳]

1- Braided River
2- Straight River
3- Scouring Belt
4- Groin
5- Levee

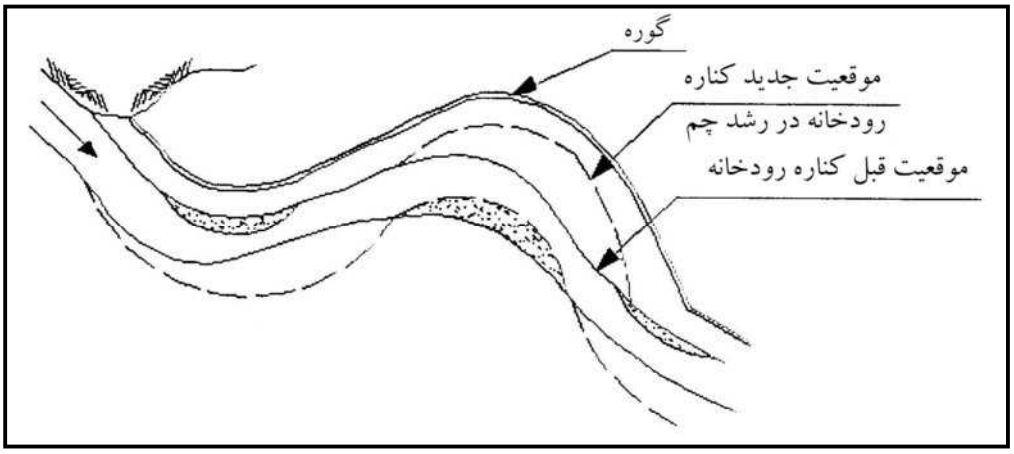
omoorepeyman.ir

۲-۳-۱-۳- آبشستگی موضعی و رسوب‌گذاری موضعی

آبشستگی موضعی اغلب در اطراف پایه‌های پل، نوک آبشکن‌ها[1]، خم رودخانه‌ها و به‌طور کلی در محدوده و پایین دست موانع ایجاد شده در مقابل جریان طبیعی رودخانه که منجر به انحراف خطوط جریان و تمرکز و تفرق آنها می‌شود حادث می‌گردد.

عمق آبشستگی موضعی اغلب به مراتب بیش‌تر از کف‌کنی ایجاد شده توسط آبشستگی عمومی است. از این‌رو تعیین عمق چاله آبشستگی[2] ناشی از فرسایش موضعی در طراحی و بررسی پایداری سازه‌های ساماندهی دارای اهمیت زیادی است.

رسوب‌گذاری موضعی نیز از جمله فرآیندهایی است که به‌طور مکرر در رودخانه حادث می‌شود. این نوع رسوب‌گذاری در قوس داخلی خم‌های رودخانه، در محل اتصال شاخه‌های جانبی، در بالادست و پایین دست پل‌ها، در میدان آبشکن‌ها، در بالادست سدهای انحرافی و سایر تاسیسات هیدرولیکی مشاهده می‌شود. در شکل (۲-۹) رسوب‌گذاری موضعی در قوس داخلی پیچاب‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲-۹- نمونه‌ای از رسوب‌گذاری موضعی در خم رودخانه و تاثیر آن در جابجایی مسیر [۱۳]

از جمله عوامل طبیعی موثر در فرسایش رودخانه‌ها، رشد چم‌ها (پیچان‌ها) می‌باشد که در زمره فرسایش موضعی قرار دارد. این‌گونه فرسایش که حاصل وقوع جریان پیچشی یا حلزونی[3] در خم رودخانه است یکی از مهم‌ترین عوامل در تغییر شکل بلند مدت رودخانه‌های پیچانرودی شناخته می‌شود. جابجایی عرضی و تغییر پلان نیمرخ رودخانه در طی سالیان متمادی حاصل فرسایش موضعی در چم‌ها می‌باشد.

این نوع فرسایش در رودخانه‌های مختلف اعم از پیچانی، مستقیم و شریانی اتفاق می‌افتد. در رودخانه‌های پیچانی همان‌طوری‌که قبلا نیز اشاره شد فرسایش در قوس خارجی خم به‌عنوان فرسایش موضعی قلمداد می‌شود. این پدیده علت اصلی جابجایی عرضی و طولی رودخانه‌های پیچانی می‌باشد. در این نوع رودخانه‌ها هم‌زمان با فرسایش قوس خارجی، رسوب‌گذاری در قوس داخلی اتفاق می‌افتد. در این فرآیند عرض رودخانه در مراحل مختلف زمانی تقریبا ثابت می‌باشد. ثابت بودن عرض یکی از ویژگی‌های رودخانه‌های پیچانی است. در رودخانه‌های مستقیم و شریانی نیز فرسایش‌های موضعی در پای دیواره ساحلی که اصطلاحا به آن

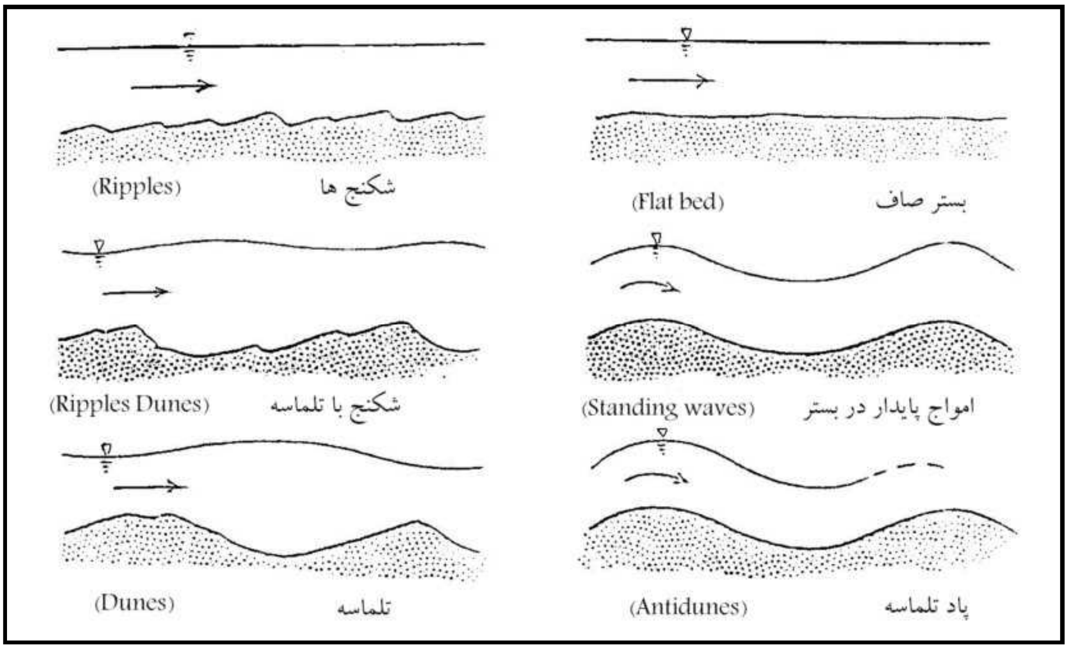
1- Groyne/Groin/Spurdike
2- Scour hole
3- Spiral Flow

omoorepeyman.ir

پنجه‌شویی یا زیرکنی[1] گفته می‌شود موجب ریزش توده‌ای و فرسایش کناره می‌گردد. انباشته‌های رسوبی موجود در بستر رودخانه موجب انحراف و تمرکز جریان گردیده ودر اثر افزایش تنش برشی در پای دیواره به‌طور موضعی فرسایش و گودافتادگی ایجاد می‌گردد.

۲- ۳- ۱-۴- تشکیل تلماسه‌ها، جزایر و پشته‌های رسوبی در بستر رودخانه

جابجایی مواد رسوبی در بستر رودخانه‌ها به اشکال مختلف صورت می‌گیرد. در رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای حرکت مواد رسوبی به‌صورت امواج ماسه‌ای است که بسته به شرایط هیدرولیکی از نوع شکنج[2]، تلماسه[3] یا پادتلماسه[4] می‌باشد و عموما از آنها با عنوان تلماسه یاد می‌شود. تلماسه‌ها با افزایش ابعاد هندسی رودخانه و عمق جریان رشد نموده و موجب تشدید اصطکاک انحراف و تفرق جریان به‌خصوص در مواقع کم آبی می‌گردند. در شکل (۲–۱۰) تصاویر مختلف تلماسه نشان داده شده است [۱۸].

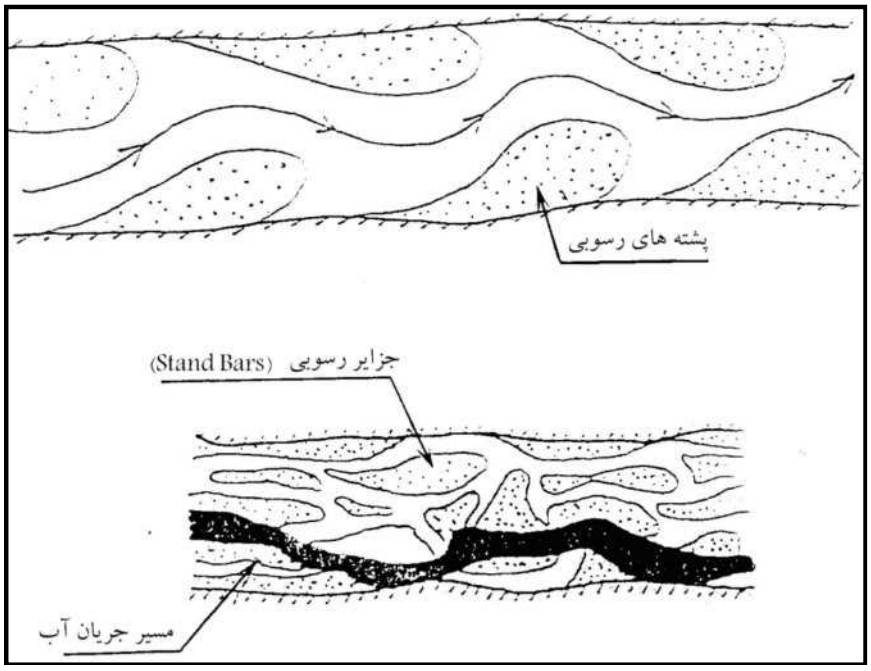


شکل ۲- ۱۰ – نمایش نحوه تشکیل تلماسه‌ها در بستر رودخانه‌ها [۱۸]

جزایر و پشته‌های رسوبی نیز شکل دیگری از منابع رسوبی رودخانه می‌باشند که عمدتا در رودخانه‌های شریانی با بستر شنی مشاهده می‌گردد. در عین حال امکان تشکیل آن در بسترهای ماسه‌ای نیز وجود دارد. شکل (۲–۱۱) مواردی از تشکیل جزایر و پشته‌های رسوبی را به نمایش می‌گذارد.

1- Undercutting
2- Ripples
3- Dunes
4- Anti-Dunes

omoorepeyman.ir



شکل ۲- ۱۱- نمونه‌هایی از تشکیل جزایر و پشته‌های رسوبی در بستر رودخانه‌ها [۱۳]

۲-۴- رسوب و عوامل تولید و انتقال آن در حوضه و رودخانه

حمل رسوب از جمله ویژگی‌های شاخص رودخانه‌ها در شرایط طبیعی است. مواد رسوبی حمل شده به تبعیت از تغییر مشخصه‌های هندسی رودخانه و خصوصیات جریان فرصت ترسیب یافته و این فرآیند به‌صورت پدیده تراز افزایی یا رسوب‌گذاری در بازه‌های مختلف رودخانه خودنمایی می‌کند. بخشی از مواد رسوبی حمل شده حاصل فرسایش بستر و سواحل رودخانه می‌باشد و بخشی از منابع رسوبی رودخانه نیز منشا حوضه‌ای داشته و حاصل فرسایش خاک سطحی و یا فرسایش خندقی و جابجایی‌های توده‌ای ناشی از رانش زمین و نظایر آن می‌باشد. از این‌رو از دیدگاه مهندسی رسوب، فرسایش و رسوب‌گذاری مقوله‌هایی هستند که امکان وقوع آنها به‌طور هم‌زمان در بازه‌های مختلف رودخانه میسر می‌باشد.

۲-۴- ۱- شناخت عوامل موثر بر انتقال رسوب

جابجایی مواد رسوبی در رودخانه‌ها تابع عوامل مختلفی است. براساس نظریه شیلدز انتقال مواد رسوبی در رودخانه‌ها را می‌توان تابع دو عامل بی‌بعد که به‌صورت زیر ارائه شده است عنوان نمود [۱۸]:

$$F_s = \frac{\tau}{\gamma(G_s - 1)D} \qquad (۹-۲)$$

$$R_{e^*} = \frac{u_* D}{\upsilon} \qquad (۱۰-۲)$$

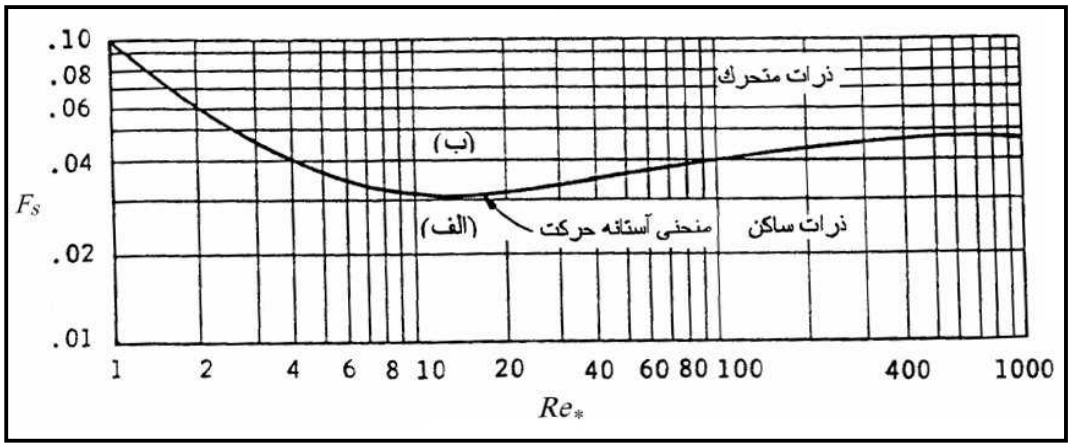
که در این روابط:

Fs: عدد شیلدز (بی‌بعد)، *Re: عدد رینولدز ذره (بی‌بعد)، τ: تنش برشی حاصل از جریان آب (نیوتن بر متر مربع)، D: قطر دانه‌های مواد رسوبی موجود در بستر رودخانه (متر)، *u: متوسط سرعت برشی جریان آب (متر بر ثانیه)، γ: وزن مخصوص آب

omoorepeyman.ir

(نیوتن بر متر مکعب)، Gs : چگالی دانه‌های رسوبی (بی‌بعد) که برابر ۲/۶۵ منظور می‌شود و υ ویسکوزیته سینماتیکی آب (متر مربع بر ثانیه) می‌باشد.

نظر به اهمیت پارامترهای شیلدز در تحلیل رفتار انتقال رسوب و به منظور معرفی نحوه ارتباط Fs و *Re در شرایط هیدرولیکی مختلف در شکل (۲-۱۲) منحنی شیلدز معروف به منحنی آستانه حرکت معرفی شده است [۱۸].



شکل ۲- ۱۲- منحنی شیلدز (منحنی آستانه حرکت مواد رسوبی) [۱۳]

بر روی نمودار شیلدز دو ناحیه متمایز قابل تشخیص می‌باشد. ناحیه «الف» که در زیر منحنی قرار گرفته و معرف حالت پایداری یا سکون دانه‌ها در شرایط هیدرولیکی حاکم می‌باشد و توسط مختصات Fs و *Re مشخص می‌گردد. ناحیه «ب» که در بالای منحنی شیلدز قرار دارد و معرف حرکت دانه‌های رسوبی به‌صورت بار بستر یا بار معلق است. این حالت انعکاسی از شرایط هیدرولیکی فعال بوده و با افزایش تنش برشی و سرعت جریان (در اثر افزایش بده جریان هنگام وقوع حالت سیلابی) نقاط حاصل از مختصات Fs و *Re از منحنی شیلدز فاصله بیش‌تری گرفته و بیانگر توان حمل رسوب بالای رودخانه می‌باشد. شایسته ذکر است که منحنی شیلدز مرز بین سکون و حرکت دانه‌ها را مشخص می‌نماید و از این رو به منحنی آستانه حرکت نیز معروف است [۱۳].

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز برای اقدامات مهار رسوب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳- ۱- کلیات

در مطالعات مهندسی، نقش آمار و اطلاعات دقیق بر کسی پوشیده نیست تا حدی که می‌توان گفت که آمار و اطلاعات دقیق از مهم‌ترین عوامل موفقیت طرح‌های مهندسی می‌باشد. این امر به خصوص در مطالعات طرح‌هایی که در ارتباط با پدیده‌های طبیعی باشد و طراحی آنها براساس روش‌های تحلیلی یا تجربی استوار است، نقش بسیار حساس‌تری دارد. در مهندسی آب و به‌ویژه در مهندسی رودخانه که با یکی از عناصر پیچیده طبیعت به نام رودخانه سروکار دارد و عوامل متعددی در رخدادها و پدیده‌های مرتبط با آن دخیل هستند، دستیابی به آمار و اطلاعات ثبت شده اهمیت زیادی دارد. بدیهی است که در ابتدای مطالعات هر طرحی باید این عوامل تاثیرگذار را شناسایی کرد و با توجه به میزان تاثیر هر کدام در وقوع پدیده‌های طبیعی مرتبط، آنها را اولویت‌بندی کرد و بر حسب مورد، حد و مرز اطلاعات مورد نیاز هر عامل را نیز تعیین کرد.

در زیر آمار، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای اقدامات مهار رسوب به اختصار آورده شده است:

۳- ۲- آمار و داده‌های هواشناسی

در این بخش باید اطلاعات زیر در محدوده طرح به صورت اجمالی جمع‌آوری و بررسی گردد:

- متوسط حداقل ماهانه و سالانه، حداکثر ماهانه و سالانه و متوسط دمای سالانه
- بررسی آمار تبخیر و محاسبه میزان آن
- میزان متوسط ماهانه و سالانه بارندگی منطقه
- چگونگی توزیع بارندگی در طول ماه‌ها و فصول سال
- نسبت میزان برف به کل نزولات جوی منطقه در سال
- تجزیه و تحلیل آمار باد و رطوبت
- ارائه تصویری از اقلیم یا اقلیم‌های منطقه مورد مطالعه
- آمار مربوط به داده‌های رسوب اندازه‌گیری شده اعم از رسوب معلق و یا رسوب بستر همچنین خصوصیات دانه‌بندی و جنس مصالح رسوبی

۳- ۳- آمار و داده‌های هیدرولوژی

- آمار و اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمینه بده جریان و تغییرات سطح آب رودخانه در سال‌های گذشته و به‌ویژه در مواقع سیلابی در محدوده طرح
- آمار میانگین‌های روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه آبدهی رودخانه
- تغییرات سالانه سطح آب دریا یا دریاچه در رودخانه‌های منتهی به دریا یا دریاچه
- آمار مربوط به داده‌های رسوب اندازه‌گیری شده اعم از رسوب معلق و یا رسوب بستر و همچنین خصوصیات دانه‌بندی و جنس مصالح رسوبی
- آمار میزان برداشت آب از رودخانه جهت مصارف مختلف و حقابه‌ها
- گزارش‌های هیدرولوژی موجود مربوط به منطقه

omoorepeyman.ir

۳-۴- داده‌های زمین شناسی و ژئوتکنیک

- آمار و اطلاعات مربوط به تغییرات سطح آب زیرزمینی و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در حاشیه رودخانه
- آمار و اطلاعات مربوط به مشخصات زلزله‌های واقع شده در منطقه و وضعیت گسل‌ها و ترانشه‌های موجود در محدوده طرح
- آمار و اطلاعات مربوط به زمین لغزه‌ها و گسستگی‌های ناشی از روانگرایی[1] ناحیه‌ای، فرونشست‌های منطقه‌ای، تورم‌پذیری خاک ولایه‌های ضعیف در مسیر رودخانه
- عمق و نوع لایه‌های خاک زیرزمینی و به‌ویژه خاک‌های سست و مساله‌دار نظیر خاک‌های واگرا[2]، خاک‌های رمبنده[3] و خاک‌های پس‌مانده معدنی و همچنین سنگ کف
- برآورد اولیه منابع قرضه و مصالح مورد نیاز برای ساختمان طرح

۳-۵- اطلاعات اجتماعی و زیست محیطی

هدف اصلی از طرح‌های رودخانه‌ای، ایمن‌سازی مناطق نزدیک و یا در حاشیه رودخانه‌ها است، به نحوی که شرایط قابل اطمینانی برای ادامه فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی مراکز روستایی، شهری و صنعتی اطراف رودخانه‌ها فراهم گردد. با توجه به این نکته، در راستای تحقق این هدف ضروری است اطلاعات جامعی از وضعیت اجتماعی و اقتصادی منطقه طرح جمع‌آوری گردد تا با استفاده از این اطلاعات، بتوان در طراحی و تعیین جانمایی سازه‌ها و ابعاد منطقی برای آنها تصمیم درستی گرفت و در توجیه اجتماعی و اقتصادی اجرای طرح مورد استفاده قرار داد. اطلاعات مورد نیاز عمدتا شامل موارد زیر است:

- آمار جمعیت ساکن در مناطق اطراف رودخانه و چگونگی ترکیب و پراکندگی این جمعیت
- وسعت و ارزش اراضی، تاسیسات و ابنیه واقع در اطراف رودخانه با توجه به نوع استفاده از اراضی مذکور
- موقعیت مراکز روستایی، شهری، صنعتی و زراعی و وسعت و ارزش هر یک به تفکیک
- نحوه و میزان استفاده از آب رودخانه به منظور مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب
- برنامه‌های توسعه در اراضی حاشیه رودخانه و حدود سرمایه‌گذاری‌های پیش‌بینی شده

در مورد اطلاعات زیست محیطی نیز اطلاعات زیر مورد نیاز می‌باشد:

- اطلاعات و گزارش‌های حیات وحش و ارزیابی زیست محیطی موجود در منطقه
- مقررات و گزارش‌های موجود در مورد مناطق تحت حفاظت متاثر از محدوده طرح
- گزارش‌های مربوط به کیفیت آب رودخانه
- گزارش‌های مربوط به کارگاه‌ها و کارخانه‌های موجود و کیفیت پساب ناشی از آنها
- بازدیدهای میدانی جهت تعیین مواد آلاینده در محدوده بستر و حریم رودخانه

1- Liquification
2- Dispersive Soil
3- Collapsible Soil

omoorepeyman.ir

۳-۶- نقشه‌های زمین‌شناسی

- نقشه‌های راه‌ها و موقعیت عمومی منطقه طرح با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ تا ۱/۲۵۰۰۰۰
- نقشه‌های توپوگرافی اراضی اطراف رودخانه به پهنای حداقل ۵۰۰ متر از کناره رودخانه به مقیاس از ۱/۵۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰ بر حسب مورد برای شناسایی عمومی منطقه طرح
- نقشه‌های توپوگرافی اراضی حاشیه رودخانه حداکثر تا پهنای ۱۰۰۰ متر از کناره رودخانه با مقیاس ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰ و معمولا ۱/۲۰۰۰ برای طرح نقشه پلان منطقه طرح
- عکس‌های هوایی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰ از محدوده طرح و در صورت امکان با فواصل مناسب زمانی (معمولا ۱۰ تا ۳۰ سال) برای بررسی تغییرات پدید آمده در منطقه طرح و مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه
- تصاویر و اطلاعات ماهواره‌ای از منطقه طرح با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ تا ۱/۲۵۰۰۰۰
- نقشه موقعیت جاده‌های ارتباطی و دسترسی منطقه طرح با مقیاس ۱/۵۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰

۳-۷- نقشه‌های خاک‌شناسی و پوشش گیاهی

آمار و اطلاعات خاکشناسی مورد نیاز به شرح زیر می‌باشد:

- آمار مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در محدوده طرح
- گروه‌های بزرگ خاک و زیرگروه‌های آنها براساس طبقه‌بندی جدید خاک در محدوده طرح
- آمار مربوط به وضعیت اراضی حاشیه‌ای رودخانه در رابطه با فیزیوگرافی، نوع و فرسایش‌پذیری در محدوده طرح
- اطلاعات مربوط به وجود مواد سمی شامل آفت‌کش‌ها، کودها، علف‌کش‌ها، فلزات سنگین در خاک در رابطه با اثرهای سمی بر روی گیاهان و یا گیاه خواران در محدوده طرح

در رابطه با نقشه‌های پوشش گیاهی نیز اطلاعات زیر ضروری می‌باشد:

- نقشه تنوع و پراکندگی پوشش گیاهی اراضی حاشیه رودخانه (حتی‌الامکان نقشه‌های قدیمی و جدید)
- نقشه تیپ‌های گوناگون و غالب گیاهان موجود در محل طرح

۳-۸- آمار و اطلاعات رسوب رودخانه

یکی از مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز جهت طرح‌های مهار رسوب، آمار و اطلاعات مربوط به رسوب رودخانه می‌باشد. مواردی از قبیل:

- آمار رسوب رودخانه شامل رسوب معلق، کف و بار کل رودخانه
- آمار رسوب رودخانه در فصل‌های مختلف سال
- آمار نمونه‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌های رسوب
- اطلاعات برداشت رسوب و شن و ماسه از رودخانه

omoorepeyman.ir

۳-۹- بررسی گزارشات قبلی و نیز طرح‌های عمرانی مرتبط با مهار رسوب

علاوه بر موارد فوق، لازم است درصورتی‌که در محدوده طرح قبلا کارهای مهندسی رودخانه با اهداف مختلف دیگر مطالعه یا اجرا شده باشد، گزارش‌های فرسایش و رسوب این مطالعات نیز در صورت امکان جمع‌آوری شده و بررسی گردند مانند:

- آمار و اطلاعات مربوط به خسارت‌های ناشی از سیلاب‌های گذشته در محدوده طرح
- اطلاعات مربوط به تاسیسات و ابنیه موجود در حاشیه و یا تقاطع با رودخانه نظیر سدها، بندها، پل‌ها، جاده‌ها، کانال‌ها، ساختمان‌ها، خطوط لوله و غیره
- اطلاعات مربوط به سایر طرح‌های در دست مطالعه و یا در دست اجرا در حاشیه و یا مرتبط با رودخانه در منطقه طرح
- گزارش‌های زمین‌شناسی، ژئوتکنیک و مکانیک خاک موجود و مرتبط با سایر طرح‌های اجرا شده قبلی، طرح‌های در دست اجرا و سایر طرح‌های مطالعاتی در منطقه طرح

omoorepeyman.ir

فصل ۴

مطالعات مورد نیاز برای اقدامات مهار رسوب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۴- ۱- مطالعات پایه

۴-۱- ۱- مطالعات هواشناسی

در مطالعات هواشناسی عوامل مختلفی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. به‌طور کلی مطالعات هواشناسی هنگامی ضرورت پیدا می‌کند که به تعیین رگبار طرح برای شبیه‌سازی هیدرولوژیکی نیاز باشد.

مطالعات هواشناسی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- بررسی صحت آمارهای جمع‌آوری شده و حذف و تصحیح آمار مشکوک

۲- بررسی آمار، اطلاعات و گزارش‌های هواشناسی

۳- تعیین رگبارهای طرح با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ سال

در بررسی آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده، دوره آمار موجود در ایستگاه‌های منطقه و اطراف آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. هنگام بررسی گزارش‌های موجود، باید امکان استفاده از داده‌های رگبارها و الگوی بارش مورد توجه قرار گیرد.

درصورتی‌که داده‌های تحلیل شده در گزارش‌های مورد نظر، شرایط کافی را نداشته باشد، باید ابتدا داده‌های ایستگاه‌های موجود با روش‌های بررسی صحت و کفایت آمار توسط آزمون‌های آماری مانند t استونت مورد بررسی قرار گیرد و در صورت کوتاه بودن آمار می‌توان طول کل آمار را با روش‌های بازسازی و تطویل داده مانند روش درون‌یابی یا برون‌یابی، روش همبستگی بین ایستگاه‌ها و یا روش نسبت‌ها افزایش داد.

برای تعیین رگبار طرح نیز می‌توان از روش‌هایی مانند تجزیه رگبارهای منطقه (منحنی های شدت- مدت- فراوانی) و یا نتایج تجزیه بارندگی‌های حداکثر ۲۴ ساعته استفاده کرد.

۴-۱- ۲- مطالعات هیدرولوژی

مطالعات هیدرولوژی یکی از اساسی‌ترین مطالعات مربوط به طرح‌های رودخانه می‌باشد. در طراحی سازه‌های رودخانه‌ای عوامل مختلف هیدرولوژی تاثیرگذار می‌باشند. وقوع سیلاب‌ها، تغییرات تراز آب، فرسایش و کف‌کنی بستر، تنش‌های هیدرولیکی وارد بر سازه‌های حفاظتی و موارد متعدد دیگر از جمله پیامدهای رفتار هیدرولوژیکی رودخانه‌ها تلقی می‌شوند. به‌لحاظ تاثیرپذیری پایداری و ساختار سازه‌های حفاظتی از عوامل مزبور لازم است در بررسی‌های کارشناسی بخشی از مطالعات به شناخت عوامل هیدرولوژیک اختصاص داده شود.

مواردی که باید در مطالعه هیدرولوژی انجام شود عبارتند از:

۱- بررسی آمار، اطلاعات و گزارش‌های هیدرولوژی

۲- بررسی صحت و دقت آمار، بازسازی آمار ناقص و تطویل آمار تا حد دوره شاخص

۳- تعیین بده اوج سیلاب با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ سال

۴- بررسی آبنگار[1] ثبت شده و در صورت نیاز تهیه آبنگار واحد

1- Hydrograph

omoorepeyman.ir

۵- واسنجی مدل‌های هیدرولوژیک در صورت نیاز

۶- ترسیم آبنگارهای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت مذکور

۷- پیشنهاد تجهیز ایستگاه‌های آب سنجی در صورت نیاز

۸- بررسی رگبارهای هم زمان آبنگار سیلاب‌های مورد استفاده در واسنجی مدل هیدرولوژیک در صورت نیاز.

موارد ۱ و ۲ مشابه داده‌های هواشناسی و رگبار طرح مطابق بحث بند ۴-۱-۱ عمل می‌شود. از میان بقیه موارد بسته به اهمیت، فقط به موارد تعیین بده اوج سیلاب و تعیین آبنگار سیلاب پرداخته می‌شود.

اولین نکته‌ای که در مورد بده اوج سیلاب باید به آن پرداخته شود مساله دوره بازگشت سیلاب می‌باشد. به جهت این‌که مقدار بده اوج سیلاب به تبعیت از دوره بازگشت تغییر می‌کند، در فرآیند طراحی برای تعیین مشخصات سازه و ارزیابی پایداری آن در مقابل تنش‌های حاصل از وقوع سیلاب باید دوره بازگشت مشخصی بسته به اهمیت سازه و منطقه و همچنین مسایلی نظیر میزان ریسک‌پذیری طرح انتخاب گردد که برای این منظور می‌توان به مراجع [۱۱ و ۲۴] مراجعه کرد.

روش‌های محاسبه بده اوج سیلاب را می‌توان به سه روش زیر طبقه‌بندی کرد [۲۴]:

- روابط تجربی
- روش‌های تحلیل آماری داده‌های سیلاب
- روش‌های تبدیل بارش به رواناب

روابط تجربی شامل روش‌هایی مانند کریگر[1]، فرانکو-رودیه[2] و مایر[3] می‌شود. در روش‌های نام برده، بده اوج تابعی از مساحت حوضه و یک یا دو ضریب ثابت می‌باشد [۲۴]. ضرایب ثابت این فرمول‌ها برای کشورهایی مانند آمریکا و بعضی از کشورهای آسیایی و اروپایی توسط محققین تعیین شده‌اند. از آن‌جا که بارش به عنوان یکی از عوامل اصلی تولید سیلاب در این روابط حضور ندارد، بدون واسنجی این روابط برای مناطق مختلف کشورمان، استفاده از این روش‌ها مناسب نخواهد بود.

روش‌های آماری تحلیل سیلاب در اغلب کتاب‌های هیدرولوژی تشریح شده است که در صورت وجود داده‌های لازم، یکی از روش‌های اصلی محاسبه بده اوج سیلاب طراحی خواهد بود.

روش‌هایی نیز برای تبدیل بارش به رواناب پیشنهاد شده که از معروف‌ترین آنها می‌توان به روش استدلالی و روش دفتر حفاظت خاک آمریکا[4] (SCS) اشاره نمود. در این روش‌ها، علاوه بر مساحت، مقدار بارش نیز در تعیین بده اوج سیلاب نقش دارد. ضرایب تجربی نیز براساس شرایط فیزیکی حوضه و دوره بازگشت تعیین می‌شود.

همان‌طور که قبلا نیز اشاره گردید آبنگار سیلاب نیز یکی از پارامترهای هیدرولوژیکی مهم می‌باشد. روش‌های تعیین آبنگار سیلاب به دو روش زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- روش آبنگار واحد طبیعی
- روش‌های آبنگار واحد مصنوعی[5]

1- Creager
2- Francou-Rodier
3- Mayer
4- Soil Conservation Service
5- Synthetic Unit Hydrograph

omoorepeyman.ir

روش آبنگار واحد طبیعی براساس رابطه خطی بارش مازاد و رواناب بنا گردیده و نیاز به داشتن آبنگار ثبت شده همزمان با داده‌های ثابت بارندگی در آن حوضه می‌باشد.

و روش‌های آبنگار واحد مصنوعی عبارتند از: آبنگار مثلثی، آبنگار SCS[۱] و آبنگار اشنایدر[۲].

برای آشنایی با این روش‌ها و نحوه انجام آنها می‌توان از کتاب های هیدرولوژی استفاده نمود.

۴-۱-۳- مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک

هدف از مطالعات زمین‌شناسی، شناسایی مناطق فرسایشی و عوامل تولید رسوب می‌باشد. علاوه بر این برای مکان‌هایی که نیاز به احداث سازه‌های مهار رسوب می‌باشد، مطالعات ژئوتکنیک ضروری می‌باشد. مطالعات زمین‌شناسی در سه مرحله انجام می‌شود [۱۳]:

۴-۱-۳-۱- بررسی‌های مقدماتی

به منظور شناخت عمومی از محدوده‌ی مطالعاتی مورد نظر ضروری است تا ابتدا کلیه‌ی گزارش‌ها، اطلاعات و نقشه‌های زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و وقوع پدیده‌های تکتونیک جمع‌آوری گردد. در این مرحله لازم است تا موارد زیر مورد تاکید قرار گیرد:

- وضعیت ریخت‌شناسی رودخانه
- وضعیت آب‌های زیرزمینی اطراف رودخانه
- وضعیت زمین لغزه‌ها و گسل‌ها در محدوده‌ی طرح
- وضعیت مخروط افکنه‌ها و شیب‌های ناپایدار در محدوده‌ی طرح

۴-۱-۳-۲- بررسی‌های تکمیلی

در این مرحله از مطالعات ضروری است تا با انجام بازدیدهای صحرایی نسبت به نمونه‌گیری و عمق‌یابی از محدوده‌ی طرح اقدام گردد. در بازدیدهای صحرایی توجه لازم به عوارض مختلف نظیر واریزه‌ها، مخروط افکنه‌ها، زمین لغزش‌ها، گسل‌ها و تراس‌ها صورت گیرد.

۴-۱-۳-۳- بررسی‌های تفصیلی صحرایی

در بررسی‌های تفصیلی، آزمون‌های صحرایی مختلفی همچون آزمون‌های مقاومت باربری و آزمون‌های نفوذپذیری و همچنین آزمون‌های آزمایشگاهی همچون آزمون برش و تحکیم به منظور کسب اطلاعات مورد نیاز به انجام می‌رسد.

در این مرحله از مطالعات اقدامات عمده زیر صورت می‌پذیرد:

- حفاری‌ها و اخذ نمونه‌های دست خورده اضافی
- حفاری‌ها و اخذ نمونه‌های دست نخورده
- آزمایش‌های برش پره‌ای در خاک‌های رسی

۱- در منابع جدید معمولا به اسم سرویس حفاظت منابع طبیعی (NRCS) بیان می‌شود.

2 -Shnyder

omoorepeyman.ir

- آزمایش‌های پمپاژ
- مشاهدات تراز آب زیرزمینی در محدوده شالوده و محل منابع قرضه (با استفاده از پیزومتر)

فاصله گمانه‌های اکتشافی و چاهک‌ها در مورد مراحل مقدماتی و تفصیلی با همدیگر متفاوت می‌باشد که بستگی زیادی به شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی، پایداری و ناپایداری منطقه و وجود یا عدم وجود گسل، مناطق خرد شده و خاک‌های مشکل زا دارد. در این زمینه تجربیات قبلی در منطقه و نیز نوع و هدف طرح نیز تعیین کننده می‌باشد. برای این منظور مراجعه به کتب ژئوتکنیک و نیز مرجع [۱۳] راهگشا می‌باشد.

در طرح‌های رودخانه‌ای گمانه‌ها و چاهک‌ها باید همیشه به مقدار کافی عمیق باشد تا اطلاعات لازم از شرایط زیر سطحی محل فراهم آید. در جایی که به خاک سست یا نفوذپذیر برخورد شود عمق گمانه‌ها باید به قدر کافی عمیق باشد تا امکان بررسی شرایط موجود خاک و بررسی شرایط تراوش و زهکشی آب فراهم گردد.

آزمایش‌های درجا که در این نوع طرح‌ها ممکن است مورد استفاده قرار گیرد عبارتند از:

- آزمایش نفوذپذیری
- آزمایش برش پره‌ای در خاک‌های ریزدانه و رسی
- اندازه‌گیری سطح ایستابی با اپیزومتر
- آزمایش چگالی صحرایی
- آزمایش نفوذ استاتیکی

برای تکمیل اطلاعات صحرایی و ارزیابی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک، اقدام به نمونه‌گیری و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی می‌گردد. از آن‌جایی‌که تعداد این آزمایشات زیاد می‌باشد و مشابهت زیادی نیز با سایر اقدامات رودخانه‌ای دارد، انواع این آزمایشات و جزییات مربوط به هر کدام به کتب ژئوتکنیک و نیز مرجع [۱۳] واگذار می‌شود.

۴-۱-۴- مطالعات خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی

مطالعه مشخصه‌های عمومی خاک به منظور شناخت خصوصیات فیزیکی (بافت و ساختمان) و شیمیایی (اسیدیته و هدایت الکتریکی) و تعیین گروه‌های بزرگ خاک (براساس طبقه‌بندی جدید خاک‌ها) در اراضی حاشیه رودخانه انجام می‌شود. از نتایج این مطالعه می‌توان به آگاهی از میزان فرسایش‌پذیری و ارائه نگرشی اولیه از مقاومت خاک و نیز تاثیر آن در کیفیت آب اشاره کرد.

وضعیت پوشش گیاهی حوضه‌های آبریز از جمله عوامل تاثیرگذار در تغذیه رسوبی رودخانه‌ها بوده و بر ظرفیت انتقال رسوب اثر می‌گذارد. در دوره‌های پرآبی رشد و توسعه پوشش گیاهی به‌طور طبیعی نرخ فرسایش خاک حوضه را کاهش داده و این امر به نوبه خود فرسایش تدریجی بستر رودخانه را به همراه دارد. در دوره‌های کم آبی بالعکس تراکم پوشش گیاهی و دامنه گسترش آن کاهش یافته و خاک حوضه در مقابل بارش‌های جوی و جریان‌های سطحی ناپایدار گردیده و نرخ فرسایش خاک رو به افزایش می‌گذارد. این امر تغذیه رسوبی رودخانه را تشدید نموده و با رسوب‌گذاری مستمر موجبات افزایش تراز بستر را فراهم می‌آورد.

بررسی پوشش گیاهی اراضی حاشیه رودخانه و شناسایی تیپ‌های گیاهی موجود و کمیت و کیفیت آنها نیز منجر به نتایج زیر خواهد شد [۱۳]:

- آگاهی از گیاهان بومی منطقه از نقطه نظر مسایل زیست محیطی

omoorepeyman.ir

- آگاهی از وضعیت پوشش گیاهی اراضی حاشیه
- بررسی امکان بذرپاشی یا بوته‌کاری دراین اراضی برای افزایش تراکم یا تغییر گونه‌های موجود به گونه‌هایی که بهتر خاک را در برابر فرسایش محافظت می‌کنند. هدف از مطالعات کاربری اراضی بستر و حاشیه رودخانه، تهیه نقشه کاربری فعلی براساس اطلاعات موجود و بازدیدهای میدانی می‌باشد. در این راستا باید موارد زیر انجام شود:
- بررسی اطلاعات، نقشه‌ها، گزارش‌ها در مورد کاربری اراضی بستر و حاشیه رودخانه
- بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به منظور تعیین کاربری‌های قبلی و فعلی اراضی بستر و حاشیه رودخانه
- بررسی کاربری اراضی حاشیه رودخانه یا مسیل براساس نقشه‌های پوشش گیاهی، خاک، طرح‌های جامع، تفصیلی موجود و بازدیدهای میدانی
- تدوین نقشه‌های کاربری فعلی براساس اطلاعات موجود و بازدیدهای میدانی

۴-۱-۵- مطالعات اجتماعی

در طرح‌های رودخانه‌ای جهت تعیین مسایل اجتماعی مرتبط با این طرح‌ها، استفاده از روش‌های زیر سودمند می‌باشد [۱۳]:

- جمع‌آوری آمار مراکز جمعیتی حاشیه رودخانه
- تکمیل پرسشنامه‌ها در مصاحبه با مردم حاشیه رودخانه
- بررسی گزارش بهره‌برداری از آب رودخانه
- شرکت در جلسه با دستگاه‌های محل و کسب نظرات آنها
- بررسی گزارش‌های سیل و فرسایش و خسارات آنها

موارد زیر با طرح سوالات مناسب در پرسشنامه‌ها و تکمیل آنها توسط مردم بررسی می‌شود:

- بررسی اجمالی و تعیین ارزش عرفی اراضی حاشیه رودخانه و مسیل برای کاربری‌های مختلف
- بررسی آداب و رسوم در بهره‌برداری از رودخانه یا مسیل و حاشیه آن
- بررسی سوابق اختلاف یا مشارکت در بهره‌برداری از رودخانه یا مسیل و حاشیه آن و حقوقی ذی‌ربط
- تحلیل پرسشنامه‌های تکمیل شده در مورد خسارت اجتماعی و مشارکت مردم در طرح‌های رودخانه‌ای
- بررسی عکس‌العمل‌های ساکنان و اهمیت آن از نظر سیاسی و امنیتی بررسی آثار منفی اقتصادی اجتماعی ناشی از، فرسایش، رسوب‌گذاری و افزایش آلودگی آب
- بررسی میزان رعایت و احترام به قوانین موجود در مورد رودخانه یا مسیل توسط اشخاص حقیقی

۴-۱-۶- بررسی و مطالعه منابع قرضه

بررسی و انتخاب منابع قرضه یکی از بخش‌های مطالعات پایه را تشکیل می‌دهد و بررسی کامل و دقیق آن علاوه بر تاثیر بر برآورد اقتصادی و برنامه‌ریزی اجرایی طرح، نقش به سزایی در انتخاب روش مناسب با شرایط منطقه طرح، خواهد داشت.

از مصالحی که بیش‌تر در طرح‌های مهار رسوب به کار گرفته می‌شود، می‌توان به خاک، سنگ و چوب اشاره نمود.

خاک‌های آلی و ریزدانه برای مناطق احداث پوشش‌های گیاهی مورد استفاده می‌باشند.

omoorepeyman.ir

خاک‌های ریزدانه با توجه به خواص تراکم ناپذیری، انعطاف‌پذیری و نفوذناپذیری در کارهای مختلف کاربرد دارند. بـرای نمونـه از این خاک‌ها می‌توان در ساخت هسته‌های نفوذناپذیر استفاده کرد.

خاک‌های درشت دانه یا همان شن و ماسه در ترکیب بتن و لایه فیلتر و یا ترکیبی با خاک‌های ریز دانه کاربرد دارند.

جهت شناسایی و بررسی منابع و مصالح قرضه خاکی، چاهک‌های کم عمق حفر گردیده می‌شود و به‌وسیله اوگر و یا حفاری‌هـای ماشینی نمونه‌برداری صورت می‌پذیرد. به‌طور کلی بر روی نمونه‌های برداشت شده باید آزمایشات زیر صورت گیرد [۱۳]:

- وزن مخصوص
- دانه‌بندی
- درصد رطوبت
- حدود اتربرگ
- آزمایش تراکم و تحکیم
- نفوذپذیری
- مقاومت برشی

سنگ یکی از پرکاربردترین مصالح طبیعی می‌باشد که در کارهای مهندسی رودخانه و به خصوص مهار فرسایش و رسوب کـاربرد دارد. به عنوان نمونه سنگ‌های گردگوشه رودخانه‌ای معمولا در بدنه‌ی توری‌سـنگ‌هـا و سـنگ‌هـای شکسـته‌ی معـدنی در سـاخت سازه‌های خشکه چین، سازه‌های وزنی سنگ و سیمان و یا سنگ با شفته آهک به‌کار می‌روند. نکته قابل توجه ایـن اسـت کـه در بـه کاربردن سنگ‌ها باید به مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آنها توجه نموده و از به‌کـار بـردن مصـالح سـبک، متخلخـل و زود زوال اجتناب کرد. ویژگی اساسی و شاخص سنگ‌ها سختی، دوام، واکنش پذیری، تخلخل و وزن مخصوص آنها می‌باشد.

به‌طور کلی نمونه‌های سنگی گرفته شده باید در معرض آزمایشات زیر قرار گیرد [۱۳]:

- تعیین درصد جذب آب
- چگالی
- تخلخل
- سختی (چکش اسمیت)
- مقاومت در برابر ضربه و خردشوندگی و سایش
- مقاومت در برابر خوردگی

مصالح چوبی متنوعی از درختان گوناگون به صورت زنده یا غیرزنده در روش‌های مختلف مهار رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. چوب زنده به‌خصوص در بیو مهندسی به دلیل دوام و خصوصیات طبیعی آن، بسیار مفید می‌باشد. الوار و دیگر مصالح چوبی غیر زنده، نیز به صورت دیرک یا میله، میخ چوبی، شمع و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاج و صنوبر بهترین مصالح برای این‌گونه استفاده‌ها هستند. مقاومت چوب در مقابل تغییرات درصد رطوبت، عامل بسیار مهمی در عمر آنها می‌باشد از این نظر به هم فشردگی نسوج چوب یکی از مشخصات فیزیکی آن می‌باشد. برای این منظور باید از کاربرد چوب‌های دارای گسیختگی و ترک فراوان اجتناب کرد.

omoorepeyman.ir

۴-۲- مطالعات تخصصی

۴-۲-۱- مطالعات هیدرولیکی

در مطالعات مهار رسوب رودخانه، تعیین مشخصات جریان نظیر تراز سطح آب، سرعت جریان و تنش برشی در بده‌های مختلف ضروری است که با انجام مطالعات هیدرولیکی مقدور می‌باشد. برای این منظور ضروری است تا معادلات حاکم بر جریان حل گردد. حل کامل معادلات حاکم بر جریان پیچیده بوده و نیازمند اجرای مدل‌های رایانه‌ای است که خود نیازمند اطلاعات و داده‌های زیادی می‌باشد. معمولا در مطالعات مقدماتی که این گونه اطلاعات در اختیار نمی‌باشد، می‌توان شرایط جریان را ساده‌تر در نظر گرفت. در این رابطه معمولا جریان‌ها را به جریان‌های ماندگار که شرایط جریان با زمان ثابت است و جریان‌های غیرماندگار که شرایط جریان با زمان متغیر است، تقسیم‌بندی می‌شود. هر یک از این جریان‌ها را می‌توان به جریان‌های یکنواخت و غیریکنواخت تقسیم کرد. در جریان یکنواخت فرض بر این است که شرایط جریان در جهت جریان ثابت است. جریان غیریکنواخت خود به دو دسته جریان متغیر تدریجی و جریان متغیر سریع تقسیم می‌شود.

۴-۲-۱-۱- جریان یکنواخت

ساده‌ترین نوع جریان جریان یکنواخت است. هر چند وقوع چنین جریانی در رودخانه‌ها و مجاری طبیعی غیرممکن است ولی با تقریب می‌توان اطلاعات مورد نیاز را با فرض جریان یکنواخت به‌دست آورد. روابط حاکم عبارتند از رابطه پیوستگی و رابطه مانینگ که به صورت زیر بیان می‌شوند:

$$Q = AV \qquad (۱-۴)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (۲-۴)$$

که در این روابط:

Q: بده جریان بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A: سطح مقطع جریان بر حسب متر مربع

V: سرعت متوسط جریان بر حسب متر بر ثانیه

n : ضریب زبری مانینگ

R: شعاع هیدرولیکی مقطع بر حسب متر

S: شیب کانال رودخانه بر حسب متر بر متر

از آن‌جا که شرایط هیدرولیکی به ضریب زبری حساس می‌باشد، ضروری است تا مقدار ضریب زبری با دقت قابل قبولی تعیین گردد. روش‌های مختلفی برای تعیین ضریب زبری در کتب جریان در مجاری رو باز ارائه شده است که خوانندگان محترم می‌توانند به این منابع مراجعه نمایند.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۱-۲- جریان ماندگار متغیر تدریجی

این نوع جریان به شرایط رودخانه‌ی طبیعی نزدیک تر بوده ولی نیازمند داده‌های بیش‌تری برای حل معادلات می‌باشد. معادلات حاکم بر جریان یک بعدی به منظور تعیین عمق و سرعت جریان رودخانه به شرح زیر است [۵]:

$$H = z + y + \alpha\frac{v^2}{2g} \qquad (۳-۴)$$

$$Q = AV \qquad (۴-۴)$$

که در این روابط:

H: انرژی کل، V: سرعت متوسط، Y: عمق جریان، Z: تراز کف نسبت به مبنا ، Q: بده جریان و A: سطح مقطع جریان می‌باشد. برای حل معادلات فوق که به ترتیب معادله انرژی و معادله پیوستگی نام دارند روش‌های عددی به کار می‌رود که معمول‌ترین روش با نام گام به گام استاندارد برای رودخانه‌های طبیعی استفاده می‌شود. برای این منظور لازم است تا مقطع عرضی رودخانه در فواصل معینی برداشت گردد. رابطه‌ی بده–اشل اندازه‌گیری شده نیز در مقطعی ضروری است. محاسبات معمولا از مقطع فوق شروع می‌گردد، عمق آب در مقطع بعدی اختیار و با روش سعی و خطا و یا روش‌های عددی دیگر، مقادیر عمق و سرعت از معادلات فوق به دست می‌آید. از آن‌جا که انجام محاسبات مذکور به صورت دستی در رودخانه‌های طبیعی بسیار وقت‌گیر می‌باشد، می توان از مدل‌های رایانه‌ای مانند Hec-Ras استفاده کرد. شرح این مدل‌ها خارج از مطالب این راهنما است و خوانندگان محترم می‌توانند برای اطلاع بیش‌تر به مرجع [۱۴] مراجعه نمایند.

۴-۲-۱-۳- جریان غیر ماندگار

این نوع جریان در اثر حرکت امواج سیل، انتشار جزر و مد، باز و بسته شدن دریچه‌های کنترل جریان، شکست سد و غیره بوجود می آید. معادله پیوستگی و مومنتم را برای جریان غیر ماندگار، بدون جریان جانبی، می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + D\frac{\partial V}{\partial x} + V\frac{\partial y}{\partial x} = 0 \qquad (۵-۴)$$

$$\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g}\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = S_0 - S_f \qquad (۶-۴)$$

در این روابط D: عمق هیدرولیکی، S: شیب رودخانه و S_f شیب انرژی می‌باشد.

معادلات (۴-۵) و (۴-۶) معادلات غیر خطی هستند و به معادلات سنت و نانت[1] معروفند. مدل‌های رایانه‌ای زیادی قادر به حل این معادلات با شرایط اولیه و مرزی معلوم هستند که از آن جمله می‌توان به مدل Hec-Ras و Mike11 اشاره نمود [۱۴].

۴-۲-۲- مطالعات ریخت‌شناسی در رودخانه

از آن‌جا که روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌های مختلف متفاوت است، ضروری است ابتدا با انجام مطالعات ریخت‌شناسی، وضعیت فعلی رودخانه از نظر شکل ظاهری و تغییر شکل احتمالی آن در آینده مورد بررسی قرار گیرد. ریخت‌شناسی معمولا از دو

1- Saint-Venant Equations

omoorepeyman.ir

جنبه مورد مطالعه قرار می‌گیرد که یکی از جنبه‌های زمین شناختی است و آن تغییرات شکل رودخانه و چگونگی پیدایش آن در طی قرن‌های گذشته تحت عوامل زمین‌شناسی و تکتونیکی بررسی می‌شود و جنبه‌ی دوم که بیش‌تر مد نظر مهندسین هیدرولیک است، بررسی چگونگی تغییر شکل رودخانه با توجه به شرایط هیدرولیکی است. این جنبه معمولا در دوره‌ی زمانی ۲۵ تا ۵۰ سال مد نظر است.

لذا در این بخش از مطالعات ضروری است تا رودخانه از نظر شکل و طبقه‌بندی مشخص و ضمنا هرگونه تغییر احتمالی شکل رودخانه در اثر ایجاد روش‌ها و یا احداث سازه‌های مهار رسوب در آینده پیش‌بینی گردد تا از بروز مشکلات و حوادث آتی جلوگیری گردد. برای انجام مطالعات ریخت‌شناسی باید مطابق با مراجع [۹ و ۱۴] اقدامات لازم صورت گیرد.

۴-۲-۳- مطالعات زیست محیطی

یکی از موارد مطالعاتی که در سال‌های اخیر تقریبا در تمامی پروژه‌های عمرانی مدنظر قرار گرفته و بر آن تاکید شده است، بررسی آثار زیست محیطی ناشی از اجرای طرح می‌باشد. این آثار می‌تواند منشای ایجاد آلودگی‌های مختلف بوده و گیاهان، جانوران و یا ساکنین منطقه طرح یا مناطق مجاور را متاثر گرداند. در این مطالعات آثار احتمالی و غیر قابل محاسبه و برگشت‌ناپذیر ناشی از اجرای طرح‌ها بر شرایط موجود زیست محیطی مانند آثار کاهش کیفیت آب بر محیط زیست حاشیه رودخانه و آبزیان و ارزیابی کلی آثار زیست محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مطالعات با اهداف زیر انجام می‌شود:

- ارائه شناخت اجمالی از شرایط زیست محیطی محدوده طرح
- ارزیابی اجمالی اثر طرح‌های رودخانه‌ای در شرایط زیست محیطی

کلیه گزارش‌های حیات وحش، پوشش گیاهی و ارزیابی زیست محیطی موجود در منطقه طرح بررسی می‌شود و گزارش خلاصه‌ای که شناختی از شرایط زیست محیطی منطقه را ارائه نماید تهیه می‌گردد. ابتدا باید بررسی کرد که آیا بازه مطالعاتی بخشی از مناطق حفاظت شده است یا خیر. درصورتی‌که بازه مطالعاتی بخشی از مناطق حفاظت شده سازمان محیط زیست باشد، قوانین و مقررات باید بررسی و از مواردی که موثر در طرح هستند خلاصه گزارش تهیه گردد. همچنین باید در بازدیدهای میدانی، منابعی را که مواد آلاینده را به آب و بستر رودخانه وارد می‌کنند و در محدوده بستر و حریم رودخانه هستند مشخص نمود و سپس برآورد کرد که اگر این منابع آلاینده در بستر و حریم رودخانه رفع تجاوز شوند چه اثری در شرایط زیست محیطی رودخانه خواهند داشت. موارد مربوط به مطالعات زیست محیطی دارای ابعاد زیادی هستند که برای اطلاع از آنها می‌توان به مرجع [۱۵] مراجعه نمود.

۴-۲-۴- بررسی و مطالعه اثر سازه‌های رودخانه‌ای بر تولید رسوب

احداث سازه‌های رودخانه‌ای در طرفین یک آبراهه یا رودخانه موجب تغییر شرایط هیدرولیکی رودخانه به‌ویژه در مواقع سیلابی می‌شود، محدود کردن بستر سیلابی رودخانه منجر به افزایش سرعت و تنش برشی جریان در زمان سیل و در نتیجه بالا رفتن انرژی فرسایش و ظرفیت حمل مواد جامد رودخانه خواهد شد. در چنین شرایطی زمینه لازم برای وقوع پدیده آبشستگی عمومی در طول رودخانه و آبشستگی موضعی در اطراف موانع و سازه‌های موجود درمسیر جریان فراهم می‌گردد. این امر در درازمدت

omoorepeyman.ir

می‌تواند باعث بروز اختلال در سامانه تعادلی رودخانه گردد که در نهایت منجر به تخریب سازه‌های آبی موجود و بروز مشکلاتی در رودخانه گردد.

به همین سبب لازم است در مطالعات تخصصی به این موضوع پرداخته شود و با استفاده از روش‌های معمول و روابط تجربی موجود و یا در شرایط خاص با ساخت مدل‌های فیزیکی و به کارگیری مدل‌های ریاضی مناسب، عمق فرسایش عمومی و موضعی برآورد و پیش‌بینی گردد.

از طرف دیگر، ممکن است به دلیل وجود موانعی نظیر پل، آبشکن و غیره، به‌خصوص در سیلاب‌های با دوره بازگشت کم و یا در زمان فروکش سیلاب‌های بزرگ‌تر، در نقاطی از مسیر رودخانه پدیده‌ی رسوب‌گذاری اتفاق افتد که در نتیجه ظرفیت سیل گذری رودخانه را به‌ویژه برای سیلاب‌های آتی بسیار کاهش خواهد داد و لازم است با تخلیه رسوبات و در صورت امکان رفع موانع، امکان عبور سالم‌تر سیلاب فراهم گردد.

۴-۲-۵- کاربرد مدل‌های فیزیکی و ریاضی در مطالعات مهار رسوب

انجام مطالعات در زمینه فرسایش و رسوب در رودخانه به طور معمول دارای پیچیدگی‌های فراوانی است و استفاده عملی از نتایج مطالعات مستلزم دقت و توجه زیادی می‌باشد. از این رو لازم است قبل از اقدام به طراحی و اجرای پروژه‌های مهندسی رودخانه از نحوه عملکرد آنها اطمینان حاصل شود. برای این منظور از مدل‌های فیزیکی و ریاضی به عنوان ابزارهای مفید برای حل مسایل مرتبط با فرسایش و رسوب در رودخانه‌ها بهره گرفته می‌شود. فرسایش موضعی در اطراف سازه‌های رودخانه‌ای نظیر پل‌ها و آبشکن‌ها، تغییرات ریخت‌شناسی، فرسایش و رسوب‌گذاری در خم رودخانه‌ها وانتقال رسوب در رودخانه از جمله مسایلی هستند که با استفاده از مدل‌های فیزیکی و ریاضی قابل بررسی می‌باشند.

مدل‌های فیزیکی معمولا به دلیل محدود بودن فضا و امکانات آزمایشگاهی، با محدودیت مقیاس روبرو هستند ولی به دلیل این‌که پدیده‌ها به صورت سه بعدی قابل مدل کردن می‌باشند فهم نتایج آنها آسان‌تر است. از طرفی مدل‌های ریاضی به دلیل آن‌که ابعاد واقعی پدیده‌ها را مدل می‌کنند با محدودیت مقیاس مواجه نیستند ولی به اطلاعات اندازه‌گیری شده برای واسنجی و صحت سنجی نیاز دارند که در موارد بسیاری در دسترس نیستند و با تهیه آنها به زمان و هزینه زیادی نیاز دارد [۲۳].

۴-۲-۵-۱- کاربرد مدل فیزیکی در مطالعات مهار رسوب

یکی از روش‌های مطالعه‌ی پدیده‌های هیدرولیکی و از جمله مباحث مرتبط با فرسایش و رسوب‌گذاری، استفاده از مدل فیزیکی[1] می‌باشد. مدل فیزیکی در حقیقت نمونه کوچک شبیه‌سازی شده از آنچه که قرار است در آینده ساخته شود، می‌باشد و نسبتی را که با آن نمونه اصل کوچک می‌شود مقیاس مدل می‌گویند. مدل فیزیکی باید طوری ساخته شود تا رفتار جریان و رسوب در آن شبیه رفتار نمونه اصلی باشد. مدل‌های فیزیکی به‌طور کلی به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از [۲۳]:

- مدل‌های فیزیکی غیر کج[2] با بستر صلب[3] و منظور مدلی است که مقیاس درسه بعد یکسان باشد و بستر آن از مصالح غیر قابل فرسایش تشکیل شده باشد.

1- Physical Modeling
2- Non Disturbed Model
3- Rigid Boundary

omoorepeyman.ir

- مدل‌های فیزیکی غیرکج[1] با بستر متحرک و منظور مدلی است که مقیاس درسه بعد یکسان باشد و بستر آن از مصالح آبرفتی قابل فرسایش تشکیل شده باشد.
- مدل‌های فیزیکی کج[2] با بستر متحرک و منظور مدلی است که مقیاس در جهت افقی و عمودی یکسان نمی‌باشد و بستر آن از مصالح غیر قابل فرسایش تشکیل شده باشد.
- مدل‌های فیزیکی کج با بستر متحرک و منظور مدلی است که مقیاس در جهت افقی و عمودی یکسان نمی‌باشد و بستر آن از مصالح آبرفتی قابل فرسایش تشکیل شده باشد.

مدل‌های فیزیکی باید از نظر هندسی[3] و دینامیکی[4] مشابه نمونه اصل باشند. تشابه هندسی یعنی این‌که تمام ابعاد به یک نسبت که همان مقیاس باشد کوچک شوند. ضمن این‌که کلیه‌ی نیروهای موثر بر حرکت جریان و رسوب در مدل فیزیکی به یک نسبت کوچک شده باشند. البته معمولا نمی‌توان یک مدل فیزیکی کامل که کلیه شرایط فوق را ارضا کند، ساخت. زیرا نمی‌توان همه نیروها را به طور یکسان کوچک کرد از این رو در مدل فیزیکی سعی می‌شود که نیروهایی را که بیش‌تر موثر هستند به یک نسبت کوچک کرد. بدیهی است نیروهایی که در اصل ممکن است تاثیر ناچیزی داشته باشند چون به همان نسبت کوچک نمی‌شوند، در مدل فیزیکی و در مقایسه با نیروهای کوچک شده ممکن است بر شرایط جریان تاثیرگذارند که ضروری است تا کنترل‌های لازم اعمال شود. برای این منظور معمولا معیارهای مختلفی ارائه شده‌اند. در مطالعه مسایل فرسایش و رسوب رودخانه معمولا نیروی ثقل عمده‌ترین نیروی موثر بر حرکت جریان و رسوب می‌باشد. از این رو در مطالعات مدل فیزیکی رودخانه‌ها سعی می‌شود که نسبت نیروی اینرسی به نیروی ثقل یا همان عدد فرود در مدل و اصل یکی باشد. مسلما چنانچه مقیاس مدل خیلی کوچک انتخاب گردد (مثلا به خاطر محدودیت فضا ویا کاهش هزینه‌ها) در این حالت نیروهای دیگری چون لزجت و کشش سطحی که در اصل اثر ناچیزی بر شرایط جریان دارند، ممکن است در مدل و در مقایسه با نیروی ثقل آن‌قدر بزرگ باشند که شرایط جریان را تحت تاثیر قرار دهند. در این مطالعات برای کنترل معمولا از معیار عدد رینولدز، عدد رینولدز مرزی و عدد وبر[5] استفاده می‌شود. به‌طوریکه این مقادیر در مدل نباید از مقدار مشخصی کوچک‌تر شوند. برخی از مدل‌های رودخانه‌ای را معمولا به صورت کج شبیه‌سازی می‌کنند بدین معنی که مقیاس عمودی را کم‌تر از مقیاس افقی می‌گیرند تا این‌که از نظر طولی بتوان در فضای آزمایشگاه آن‌را پیاده و از نظر عمقی نیز بتوان متغیرهایی چون عمق جریان را اندازه‌گیری کرد.

در مدل‌های فیزیکی رودخانه‌ای تعیین مقدار مناسب زبری بسیار اهمیت دارد و ضروری است تا با انجام واسنجی[6] در مدل، مقدار بهینه گردد. مدل‌های رودخانه‌ای با بستر زنده (متحرک) کمی پیچیده تر از مدل‌های فیزیکی با بستر صلب می‌باشند چرا که زبری در حین جریان ممکن است به‌خاطر تشکیل فرم بستر[7]، تغییر کند.

مسلما به منظور بررسی مسایلی که دارای شرایط مرزی پیچیده می‌باشد همچون جریان رودخانه‌های شریانی و پیچانرودی مدل‌های فیزیکی بسیار مفید می‌باشند. در مدل فیزیکی به راحتی می‌توان رفتار سه بعدی جریان رسوب را مشاهده و اندازه‌گیری

1- Movable Bed
2- Disturbed Model
3- Geometric Similarity
4- Dynamic Similarity

۵- عدد وبر (We) طبق تعریف برابر نسبت نیروی اینرسی به نیروی کشش سطحی می‌باشد.

6- Calibration
7- Bed Form

omoorepeyman.ir

کرد، کاری که در مدل ریاضی در حال حاضر با این دقت تقریبا غیرممکن است. از طرفی هزینه بالا، طولانی بودن زمان اجرای گزینه‌های مختلف و یا وقت‌گیر بودن مطالعه‌ی تاثیر متغیرها بر عملکرد پدیده در دست مطالعه از جمله مضرات مدل‌های فیزیکی می‌باشد. مدل فیزیکی معمولا از نمونه اصل و در یک آزمایشگاه خاصی ساخته می‌شود و نمی‌توان از آن برای بررسی نمونه اصل دیگری استفاده کرد ضمن این‌که امکان انتقال آن به آزمایشگاه دیگر نیز ممکن نیست. از این رو چنانچه برای بررسی مساله‌ی خاصی امکان مطالعه آن پدیده هم با مدل ریاضی و هم با مدل فیزیکی وجود داشته باشد، بهتر است از مدل ریاضی استفاده شود.

در مطالعه مهار رسوب در رودخانه‌ها، مدل فیزیکی علاوه بر هزینه‌بر بودن و نیاز به فضای نسبتا قابل توجهی، امکان شبیه‌سازی رسوبات به‌خصوص رسوبات چسبنده با دقت قابل قبولی وجود ندارد. از این رو مطالعات انجام شده با مدل فیزیکی بسیار اندک بوده است و بیش‌تر مطالعات انجام شده معطوف به مطالعه الگوی جریان، فرسایش و یا بررسی روش‌های کنترل فرسایش و رسوب بوده است. در این مطالعات هدف بررسی الگوی جریان و رسوب و میزان فرسایش و رسوب‌گذاری و یا بررسی تاثیر روش‌های مختلف بر کنترل رسوب دارد. از جمله می‌توان به مطالعات مربوط به روش‌های کنترل رسوب ورودی به آبگیرها و یا روش‌های مربوط به مطالعه چگونگی گسترش آبشستگی و فرسایش و نیز مهار آنها در قوس‌های رودخانه و پایین دست سازه‌های هیدرولیکی اشاره کرد [۲۳].

۴-۲-۵-۲- مدل‌های ریاضی

با توجه به پیچیدگی پدیده‌های هیدرولیکی و رسوبی در رودخانه‌ها، امکان حل معادلات حاکم به روش‌های تحلیلی ممکن نیست و معمولا از روش‌های عددی استفاده می‌شود. امروزه با پیشرفت کامپیوتر و توسعه روش‌های عددی، مدل‌های ریاضی در مطالعات مهندسی رودخانه کاربرد زیادی یافته‌اند. همان‌طور که قبلا نیز گفته شد، در مدل‌های ریاضی با توجه به این‌که اندازه واقعی رودخانه مدل می‌شود، محدودیت مقیاس وجود ندارد.

معمولا مدل‌های ریاضی در مطالعات فرسایش و رسوب برای موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۴]:

- شبیه‌سازی فرسایش در اطراف سازه‌های رودخانه‌ای مانند پل‌ها و آبشکن‌ها
- شبیه‌سازی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه
- شبیه‌سازی فرسایش و رسوب‌گذاری در خم رودخانه
- بررسی عملکرد سازه‌های حفاظت دیواره رودخانه
- انتقال رسوب در رودخانه
- رسوب‌گذاری در مخازن سدها

به‌دلیل پیچیده بودن روابط حاکم بر پدیده‌های فرسایش و رسوب، معمولا مدل‌های یک بعدی در این گونه مطالعات مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال مدل‌های دوبعدی و سه بعدی نیز توسعه یافته و در مواردی برای اهداف مهندسی از آنها استفاده می‌شود. مدل‌های ریاضی یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی با توجه به ماهیت پدیده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مدل‌های یک بعدی فرض می‌شود که تغییرات مولفه‌های جریان فقط در جهت طولی وجود دارد و در سایر جهات ثابت می‌باشد. مدل‌های ریاضی دو بعدی شامل دو گروه هستند، دو بعدی در جهت قائم و دو بعدی در جهت افق. مدل‌های دو بعدی در جهت قائم تغییرات در جهت طول و در عمق غالب است و از تغییرات در جهت عرض صرف‌نظر می‌شود. این مدل‌ها خصوصا در مواردی که مرتبط با غلظت رسوب و تغییرات آن در عمق هستند کاربرد دارد. در مدل‌های دو بعدی در جهت افق از تغییرات در جهت عمق صرف‌نظر می‌شود.

omoorepeyman.ir

مثلا در مواردی که با جریان کم عمق سروکار داریم می‌توان از این مدل‌ها استفاده کرد. مدل‌های سه بعدی نیز عموما برای مطالعه هیدرودینامیک جریان توسعه یافته‌اند و اغلب آنها به هیدرولیک جریان بدون در نظر گرفتن رسوب و مرزهای فرسایش‌پذیر می‌پردازند. از موارد کاربرد این مدل‌ها می‌توان به جریان در خم رودخانه، جریان در اطراف سازه‌های رودخانه‌ای مانند پایه‌های پل، آبشکن‌ها و دهانه آبگیر اشاره نمود.

مدل‌های ریاضی زیادی توسط محققین مختلف برای مطالعه جریان ورسوب در رودخانه‌ها توسعه یافته‌اند.

۴- ۳- شناسایی بازه‌های رودخانه به منظور مهار رسوب و الویت‌بندی آنها

در طرح‌های رودخانه‌ای و از جمله طرح‌های مهار رسوب، شناسایی بازه‌ها و آبراهه‌های مختلف سامانه رودخانه و تقسیم‌بندی آنها جهت انجام و اولویت‌بندی طرح‌های مناسب از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. به همین منظور انجام موارد زیر توصیه می‌شود:

- شناسایی آبراهه‌های فصلی، مسیل‌های ورودی به رودخانه
- شناسایی و بررسی آبراه‌ها و بازه‌های فرسایش‌پذیر و پررسوب رودخانه
- شناسایی و بررسی شاخه‌های غیرمفید رودخانه
- شناسایی محل‌های آبگیری از رودخانه
- شناسایی، بررسی و ارزیابی عملکرد سیل در گذشته
- شناسایی و بررسی سازه‌ها و تاسیسات اطراف و داخل رودخانه به‌ویژه از دیدگاه فرسایش و رسوب‌گذاری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۵

روش‌های مختلف مهار رسوب و طراحی آنها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵- ۱- سازه‌های تثبیت کناره‌ها

آن‌چنان که ذکر شد، پدیده فرسایش به عنوان مقدمه و سرآغاز پدیده انتقال رسوب مطرح می‌باشد. در حالت طبیعی فرسایش بستر منجر به ناپایداری کناره‌ها می‌شود و این امر ریزش توده‌ای خاک را در پی دارد. نمونه دیگر، قوس رودخانه‌ها می‌باشد که در اثر فرسایش موضعی تولید رسوب می‌کنند.

بنابراین ابتدایی‌ترین، اصلی‌ترین و مستقیم‌ترین فعالیتی که در جهت کاهش خسارت ناشی از فرسایش خاک و رسوبات به دست آمده انجام می‌گیرد، در ارتباط با سواحل و کناره‌ها و بستر رودخانه‌ها می‌باشد و طرح‌های مهار رسوب رودخانه غالبا مستلزم تثبیت کناره‌ها و بستر و حفاظت آن در برابر فرسایش می‌باشد.

به طور کلی در طرح‌های تثبیت سواحل و بستر رودخانه‌ها، اهداف زیر دنبال می‌گردد:

۱- جلوگیری از فرسایش و تخریب دیواره‌ها و بستر و به خطر افتادن اراضی حاشیه‌ی رودخانه‌ها

۲- جلوگیری از خسارات ناشی از پیشروی رودخانه به سمت راه‌ها، پل‌ها و خطوط انتقال نیرو

۳- جلوگیری از تخریب تاسیسات آبی و شبکه‌ی بهره‌برداری از رودخانه‌ها

۴- کنترل سیلاب و کاهش خطر سیل گرفتگی اراضی دشت سیلابی رودخانه‌ها

۵- جلوگیری از تخریب متناوب حفاظ‌های موضعی دیواره‌ی رودخانه‌ها

به همین منظور در این بخش ابتدا به اختصار به تشریح روش‌های تثبیت کناره‌ها و بستر به عنوان روش‌های مهار رسوب پرداخته می‌شود [۲، ۵، ۸، ۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۴].

اصولا جریان آب درون رودخانه به طور مداوم سبب فرسایش جداره رودخانه می‌شود و در عین حال در امتداد مسیر رودخانه رسوب‌گذاری می‌کند. برای جلوگیری از فرسایش و لغزش سواحل، اجرای عملیات حفاظتی و تثبیت دیواره‌های کناری رودخانه ضرورت دارد.

جهت تثبیت کناره‌های رودخانه روش‌های متفاوتی وجود دارد که انتخاب این روش‌های بستگی کامل به عواملی چون محل اجرای پروژه، فاصله و مقدار دسترسی به مصالح مورد نیاز، مقدار بودجه اختصاص یافته، درجه حفاظت مورد نظر، خصوصیات هیدرولیکی و مورفولوژیکی رودخانه مورد نظر دارد.

روش‌های حفاظت و تثبیت رودخانه بر حسب نوع مصالح، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن، مکانیزم عملکرد حفاظتی، دوام کارکرد، به موارد زیر تقسیم می‌شوند:

الف- از نظر انعطاف‌پذیری: «صلب» یا «انعطاف‌پذیر»

ب- از نظر آبگذری: «نفوذپذیر» یا «نفوذناپذیر»

ج- از نظر سازکار حفاظتی: روش «مستقیم» (روکش‌ها، دیواره حایل) یا روش «غیرمستقیم» (آرام‌کننده‌ها، انحراف‌دهنده‌ها)

د- از نظر نوع مصالح و ساختار حفاظتی: «طبیعی»، «سازه‌ای» یا «طبیعی- سازه‌ای»

هـ- از نظر دوام: «موقتی» (اضطراری)، «کوتاه مدت» یا «دائمی» (حفاظت درازمدت)

omoorepeyman.ir

به‌طور کلی در مهندسی رودخانه، سازه‌های انعطاف‌پذیر بهتر از سازه‌های صلب هستند. دیواره‌های رودخانه به‌طور طبیعی بر اثر نیروی «تراوش» و پدیده «زیرشویی» نشست‌های ناهمگون نموده و یا بستر رودخانه در موقعیت پنجه دیواره در معرض آبشستگی قرار می‌گیرد. در این‌صورت، یک سازه صلب به سهولت دچار ترک خوردگی شده و بخش‌هایی از آن تخریب می‌گردد، که سرانجام منجر به گسیختگی کل سازه و تشدید روند تخریبی دیواره خواهد شد. درحالی‌که سازه‌های انعطاف‌پذیر نسبت به تغییرات قابلیت تنظیم و جابجایی و تحکیم داشته و امکان مرمت و بازسازی مجدد دارند.

حفاظت دیواره‌های رودخانه با پوشش گیاهی و یا روکش سنگ‌ریزه‌ای[1] از مثال‌های بارز روش‌های انعطاف‌پذیر به شمار می‌آیند.

در طرح‌های ساحل‌سازی رودخانه، روش‌ها و سازه‌های آبگذر– از نظر هیدرولیکی برتراز سازه‌های نفوذناپذیر می‌باشند. در حفاظت مستقیم دیواره‌ها، روکش‌های نفوذپذیر به‌سهولت قادر به زهکشی دیواره رودخانه و آزادسازی نیروی تراوش و زیر فشار آب هستند.

روش‌های تثبیت دیواره‌های رودخانه به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌پذیرد.

۵-۱- ۱- تثبیت کناره‌های رودخانه به روش مستقیم

روش مستقیم تثبیت دیوارهای رودخانه از طریق ساحل‌سازی به‌وسیله ایجاد پوشش بدنه[2] و با استفاده از مصالح گوناگون می‌باشد. پوشش‌های بدنه بر روی دیواره فرسایش‌پذیر و به موازات جریان آب احداث می‌شوند تا با ایجاد دیواره‌ای با شیب جانبی ملایم از فرسایش کناره جلوگیری نمایند.

روش‌های متداولی در دنیا برای تثبیت مستقیم دیواره رودخانه وجود دارد که روش‌های زیر از آن جمله‌اند:

- پوشش بدنه سنگ‌ریزه‌ای
- پوشش بدنه با روکش تورسنگی (گابیونی)
- پوشش بدنه با کیسه‌های محتوی مخلوط سیمان و ماسه
- پوشش با لاستیک‌های فرسوده
- پوشش خاک سیمان
- حفر ترانشه حفاظتی[3]

از آن‌جا که روش‌های ذکر شده به همراه جزییات طراحی و نگهداری و بهره‌برداری مربوط به هر کدام در مرجع [۱۳] به تفصیل آورده شده است در این راهنما از ذکر توضیح بیش‌تر خودداری می‌شود.

۵-۱- ۲- تثبیت کناره‌های رودخانه به روش غیرمستقیم

تثبیت دیواره‌های رودخانه به روش غیرمستقیم از طریق احداث انواع آبشکن یا اپی[4] و همچنین حصارها در طولی از ساحل رودخانه که فرسایش‌پذیر می‌باشد انجام می‌گیرد.

1- Riprap
2- Revetment
3- Standard Trench Fill Revetment
4- Groyne

omoorepeyman.ir

۵- ۱- ۲-۱- آبشکن‌ها

آبشکن‌ها سازه‌هایی می‌باشند که به‌طور متوالی و عمود بر دیواره خارجی پیچ‌ها در طولی از سواحل رودخانه (دیواره‌های فرسایش‌پذیر)، قرار می‌گیرند و تا مسافتی در داخل آبراهه پیش می‌روند. جنس آنها از مصالح سنگ‌ریزه‌ای، توری‌سنگی، شمع (فلزی، چوبی و...) ساخته می‌شوند. انتخاب نوع آبشکن به قابل دسترس بودن مصالح، عمق رودخانه و سهولت و شرایط اجرای کار بستگی دارد.

احداث سازه‌های آبشکن به صورت متوالی و با فاصله مشخصی از هم باید صورت گیرد تا علاوه بر اصلاح الگوی جریان و جلوگیری از فرسایش ساحل باعث تشکیل گرداب افقی در بین آبشکن‌ها گردد. این گرداب به تدریج باعث رسوب‌گذاری ما بین آبشکن‌ها می‌شود. در نتیجه به مرور با جمع شدن حجمی از رسوبات بر روی هم، ساحل جدیدی مابین آبشکن‌ها و در جلوی ساحل قبلی ایجاد خواهد شد که بدین ترتیب با دور کردن بستر اصلی رودخانه از ساحل قبلی اهداف احداث آبشکن برآورد شده است.

آبشکن‌ها از نظر نوع مواد ساختمانی دارای انواع متفاوتی هستند، از آن‌جمله:

- آبشکن سنگ‌ریزه‌ای
- آبشکن فلزی
- آبشکن چوبی با سرشاخه درختان
- آبشکن تورسنگی (گابیونی)
- آبشکن شمع فلزی (با شمع کوبی)

قابل ذکر می‌باشد که خصوصیات، مزایا و معایب هر کدام از آبشکن‌ها، همچنین طراحی آنها که شامل تعیین فاصله، طول و زاویه آبشکن‌ها می‌باشد به همراه مسایل مربوط به تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری آنها به تفصیل در مرجع [۱۲] آورده شده است که برای اطلاع از این ضوابط رجوع به این راهنما توصیه می‌شود.

از مهم‌ترین مواردی که در طراحی آبشکن‌ها باید در نظر داشت مساله آبشستگی در محل دماغه آبشکن می‌باشد که در صورت بی توجهی باعث تخریب کل آبشکن می‌شود. از این رو توصیه می‌شود تا جهت شناخت الگوهای مختلف فرسایش و رسوب‌گذاری در محدوده آبشکن‌ها و آشنایی با روش‌های تعیین کمی آنها خواننده به مرجع [۸] مراجعه نماید.

۵- ۱- ۲-۲- حصار کشی[1]

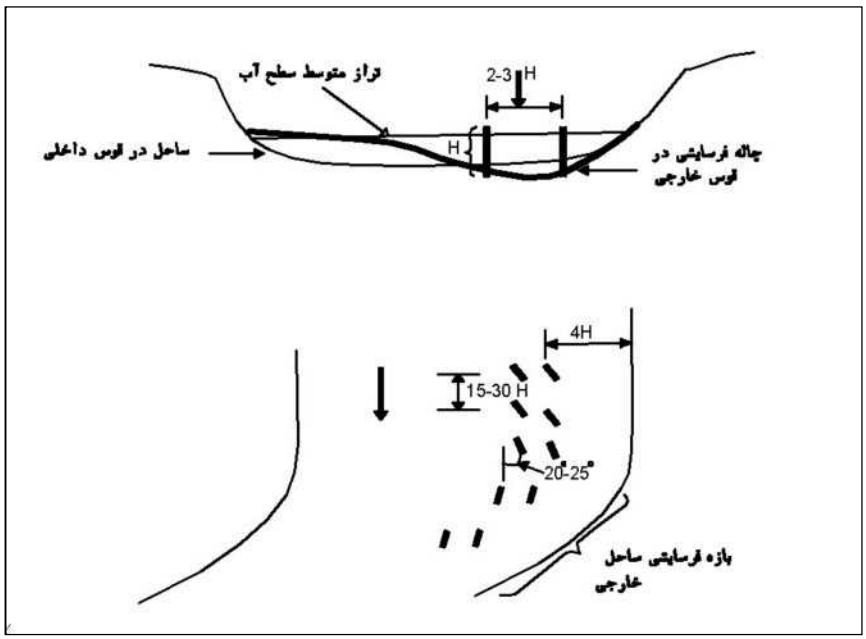
حصارکشی یا نرده‌کشی دیواره نفوذپذیری است که با استفاده از مصالحی مانند چوب، قطعات تیرها، لوله‌های بتنی و فلزی و نیز توری سیمی در امتداد طول فرسایش‌پذیر رودخانه احداث می‌گردد و بیش‌تر برای رودخانه‌های با شیب کم، بار رسوبی زیاد مناسب می‌باشد. دیواره مزبور با فاصله‌ای از ساحل رودخانه در امتداد طولی مستقر می‌شود. در اثر کاهش سرعت جریان در فاصله بین نرده و کناره رودخانه، به‌تدریج رسوبات انباشته شده و بخشی از منابع تغذیه رسوبی رودخانه کنترل می‌گردد و ضمنا شرایط مناسبی برای پایداری و تثبیت کناره فراهم می‌آید.

1- Fencing

omoorepeyman.ir

۵- ۱- ۲-۳- صفحات مستغرق[1]

از جمله روش‌های غیرمستقیم حفاظت سواحل، به‌خصوص در قوس خارجی خم‌های رودخانه، استفاده از صفحات مستغرق می‌باشد. صفحات مستغرق یا پره‌های مستغرق صفحاتی هستند که به صورت متوالی در قوس خارجی رودخانه نصب می‌شوند. این صفحات با تغییر الگوی جریان باعث خواهند شد تا فرسایش پاشنه ساحل متوقف و در دراز مدت با رسوب‌گذاری بین ساحل و محل صفحات، ساحل جدیدی تشکیل شود. شکل (۵-۱) نحوه قرارگیری صفحات بین ساحل و محل صفحات را نشان می‌دهد. ارتفاع صفحات براساس عمق آب در بده متوسط به‌دست می‌آید. فاصله صفحات، فاصله قرارگیری صفحات از ساحل و طول صفحات تابعی از ارتفاع صفحه هستند. زاویه قرارگیری صفحات بین ۱۸ تا ۲۲ درجه توصیه شده است که زاویه ۲۰ درجه مناسب می‌باشد [۱۶ و ۳۲].



شکل ۵- ۱- صفحات مستغرق برای تثبیت سواحل رودخانه [۳۲]

۵- ۲- سازه‌های تثبیت بستر

با تثبیت کناره‌ها و توقف فرسایش عرضی تمایل جریان به فرسایش و کف‌کنی[2] بستر بیش‌تر شده و امکان وقوع فرسایش بازه‌ای و گودافتادگی بستر بیش‌تر می‌شود. در این حالت پوشش‌های حفاظتی به عنوان سازه‌های طولی بخشی از مقطع جریان طبیعی رودخانه را به خود اختصاص داده و به‌صورت تنگ شدگی ممتد موجب افزایش توان حمل رسوب می‌گردد. رسوبات حمل شده به نوبه خود در پایین دست فرصت ترسیب یافته و مشخصه‌های هندسی و رفتار ریخت‌شناسی رودخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این‌رو لازم است در طراحی این‌گونه سازه‌ها پیشاپیش اثرهای فرسایش و رسوب‌گذاری آنها مورد بررسی قرار گرفته و تصمیمات لازم برای مقابله با این عوارض اتخاذ گردد.

omoorepeyman.ir

1- Submerged Vane
2- Degradation

همچنین چنانچه برای یک آبدهی معین، شیب رودخانه در اثر عوامل طبیعی یا اصلاح مسیر افزایش یابد سرعت جریان افزایش یافته و آبشستگی گسترش می‌یابد که به تبع آن بار کف زیاد می‌گردد. زمانی که شیب طولی رودخانه و پتانسیل بار کف زیاد است، رودخانه در بالادست در معرض کف‌کنی بوده و موجب تخریب پنجه دیواره‌ها یا تاسیسات دیگر می‌شود. در قسمت پایین دست نیز ممکن است به دلیل رسوب‌گذاری باعث بالا آمدن کف بستر رودخانه و حتی موجب بسته شدن آن گردد. این امر خسارات سنگینی را در مواقع سیلابی به همراه خواهد داشت. برای حفاظت و تثبیت بستر[1] روش‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

- تثبیت بستر به روش کاهش شیب طولی رودخانه
- تثبیت بستر به وسیله سنگفرش (خشکه‌چینی، سنگ ، سیمان و یا توری سنگی)

۵-۲- ۱- تثبیت بستر به وسیله کاهش شیب طولی رودخانه[2]

یکی از راه‌های مقابله با فرسایش بستر به‌ویژه در رودخانه‌های کوهستانی که پرشیب هستند، تثبیت بستر به‌وسیله کاهش شیب طولی رودخانه می‌باشد. برای کنترل شیب کف و ارتفاع کف بستر و نیمرخ سطح آب سازه‌های زیر تشریح می‌گردد.

۵- ۲- ۱-۱- آبشار کوتاه[3]

آبشارهای کوتاه یا شیب‌شکن‌ها، موجب شکستن شیب بستر به چندین شیب کم‌تر از شیب اصلی می‌شوند. در نتیجه بار کف به علت رسوب‌گذاری کم می‌شود.

آبشارهای کوتاه سازه‌هایی هستند که به صورت آبشار قائم و با ارتفاع کمی از کف بستر در عرض رودخانه ساخته می‌شوند. تعداد این آبشارها به شیب رودخانه و ارتفاع سازه بستگی دارد و عموما جهت کنترل جریان در پایین دست آبشارها، حوضچه آرامش ساخته می‌شود. نکاتی که در احداث آبشارهای کوتاه باید مد نظر قرار داد به شرح زیر است:

- شیب جدید رودخانه پس از احداث آبشارهای کوتاه با توجه به چسبندگی ذرات مواد بستر در مقابل سرعت برآورد گردد، به عبارت دیگر، متوسط تنش برشی ناشی از جریان برای بده طرح، کم‌تر از تنش برشی بحرانی مواد بستر باشد.
- تعداد آبشارها و ارتفاع آنها باید با توجه به حداقل هزینه طراحی شود. بنابراین پس از مطالعات هیدرولیکی و جنبه‌های اقتصادی، باید راه حل‌های مختلف جهت تعداد و ارتفاع آبشارها مشخص شود.
- بعضی مواقع شرایط خاک و بده طرح، به صورتی است که باید جهت کنترل اثرهای شیب تند، ترکیبی از آبشار و بند را مد نظر قرار داد. وقتی در مسیر رودخانه پر شیب آبشار احداث شود، چون ارتفاع آن محل کم می‌شود، سرعت زیاد می‌گردد و در نتیجه فرسایش شدت می‌گیرد. در این مورد باید با بالا بردن ارتفاع آب سرعت آن را کاهش داد. در این صورت لازم است که در این محل در دو طرف، آبشار و خاکریز احداث شود.
- آبشارهای کوتاه را نباید خیلی نزدیک به هم ساخت. چون هر چند که در مواقع کم آبی موجب کاهش گرادیان انرژی و سرعت جریان می‌شوند ولی در مواقع پر آبی و سیلابی، به دلیل پدیده فرسایش و رسوب‌گذاری و ارتفاع زیاد آب، شیب یا

1- Fixation of the Bed
2- Reduction of Longitudinal
3- Drop

omoorepeyman.ir

گرادیان انرژی تقریبا موازی سطح اصلی (اولیه) آبراهه می‌شود و دیگر این آبشارها تاثیری در کاهش سرعت و انرژی نخواهند داشت.

- نکته دیگر بررسی و کنترل افزایش ارتفاع آب ناشی از احداث آبشار و شیب‌شکن است که در مواقع سیلابی نباید این افزایش باعث سرریزی و بروز سیلاب گردد.

از نظر هیدرولیکی، عمل اصلاحی از طریق آبشار دارای سه قسمت زیر می‌باشد (شکل ۵-۲):

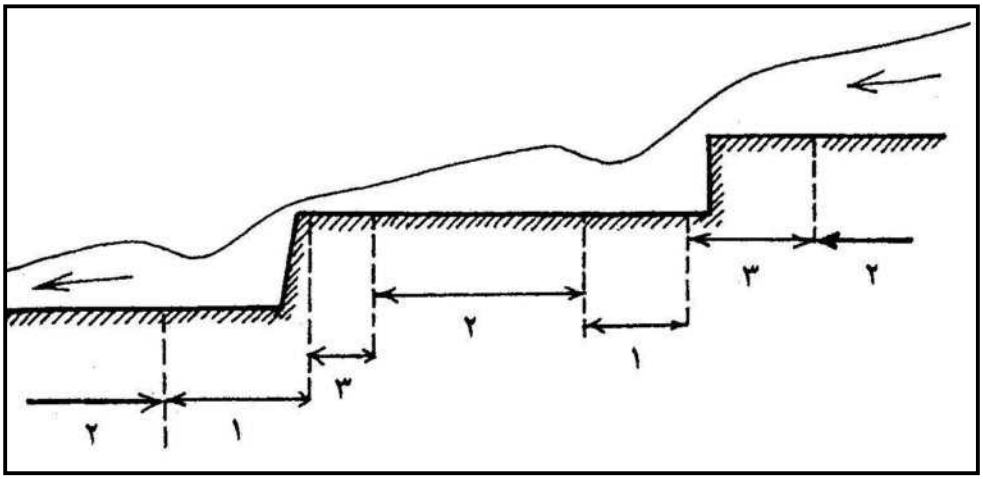
۱- آبشار و جهش هیدرولیکی مربوط

۲- مسیر بین شوت‌ها (سقوط آب) که جریان یکنواخت است

۳- قسمت منحنی فروکش آب که با عمق بحرانی به طرف لبه آبشار متمایل می‌شود

جهت اجتناب از فرسایش در قسمت (۳) باید با ایجاد کف‌بندهای انتهایی و ساختمان‌های هدایت‌کننده، شرایطی ایجاد نمود تا از تمرکز آب و افزایش سرعت در این مکان‌ها جلوگیری شود.

آبشارهای کوتاه را می‌توان از مصالح مختلفی نظیر سنگ و سیمان، توری سنگی و دیواره‌های بتنی و غیره احداث کرد. چنانچه ارتفاع آبشار زیاد باشد بهتر است به صورت پلکانی احداث شود. در چنین شرایطی بخش مهمی از انرژی جنبشی در حین عبور از روی پلکان مستهلک می‌گردد [۲۵].



شکل ۵- ۲- قسمت‌های مختلف یک آبشار [۵]

۵- ۲- ۱-۲- کف‌بندها[1]

کف‌بند، سازه‌ایست که در عرض بستر رودخانه با ارتفاعی در حدود ارتفاع کف طبیعی رودخانه جهت حفاظت بستر رودخانه، در مقابل افزایش سرعت جریان آب و خالی شدن پی ساختمان‌ها و جلوگیری از تخریب آنها ساخته می‌شود. در واقع کف‌بند که مانند یک بند انحرافی با ارتفاع صفر از کف بستر عمل می‌کند، از مصالحی نظیر سنگ، سنگ و سیمان، توری‌سنگ، بتن و یا سپرهای فلزی ساخته می‌شود (شکل‌های ۵- ۳ الی ۵- ۶).

1- Sills

omoorepeyman.ir

در موقع احداث کف‌بندها، باید توجه داشت که نسبت عمق جریان بحرانی در پایین دست به عمق جریان سیلابی حداقل معادل ۰/۸ باشد تا جهش حاصل از عبور آب از کف‌بند، در پایین دست مستغرق گردد و جریان به حالت فوق بحرانی تبدیل نشود. در این صورت با داشتن عمق، برای سیلاب طرح مورد نظر و عرضی معادل عرض رودخانه، مقدار ارتفاع کف‌بند از بستر طبیعی محاسبه می‌شود.

پدیده آبشستگی موضعی در پایین دست کف‌بندها مانند دیگر سازه‌های هیدرولیکی رخ می‌دهد و جهت محاسبه عمق آبشستگی مذکور روابط متعددی ارائه شده است که می‌توان با مراجعه به کتب مهندسی رودخانه و هیدرولیک رسوب از آنها استفاده کرد. کف‌بندها، شیب کف بستر رودخانه را کم می‌کنند و خط آبراهه را به سمت وسط سطح مقطع هدایت می‌کنند.

خاطر نشان می‌شود جهت مهار فرسایش و تثبیت بستر استفاده از کف‌بندهای شیب دار به دلیل عمق آبشستگی کم‌تر و نیز پایداری بهتر، بر سازه‌های شیب‌شکن ترجیح داده می‌شود.

شکل ۵- ۳- اجرای کف‌بند توری سنگی داخل رودخانه

شکل ۵- ۴- کف‌بند توری سنگی پایین دست حوضچه آرامش

omoorepeyman.ir

شکل ۵-۵- نمای کف‌بند توری سنگی کنار دیواره سنگی ساحل راست

شکل ۵-۶-نمونه‌ای از تشک توری سنگی ساحل راست

۵-۲-۲- تثبیت بستر به‌وسیله سنگفرش

در قسمت‌هایی از بستر رودخانه که خاک آنها سست است و یا از مارن و لیمون[1] تشکیل شده است، می‌توان با سنگفرش کردن کف بستر رودخانه، از کنده شدن کف بستر جلوگیری نمود. سنگ‌ها باید طوری چیده شوند که از نظر طولی مانند سفال یکی روی دیگری در جهت جریان آب قرار گیرند.

۵-۳- سدهای اصلاحی

احداث سدهای اصلاحی یکی از روش‌های سازه‌ای برای کنترل فرسایش سطحی بستر رودخانه و تثبیت آن می‌باشد. رودخانه‌های کوهستانی که شیب تندی دارند معمولا دارای نرم فرسایش سطحی زیاد و در نتیجه تولید رسوب زیادی دارند. سدهای

1- Limon

omoorepeyman.ir

اصلاحی به نحو موثری می‌تواند رسوب تولیدی را مهار نماید. سدهای اصلاحی از مصالح مختلفی ساخته می‌شوند که بر این اساس، سدهای اصلاحی به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند [۳۰]:

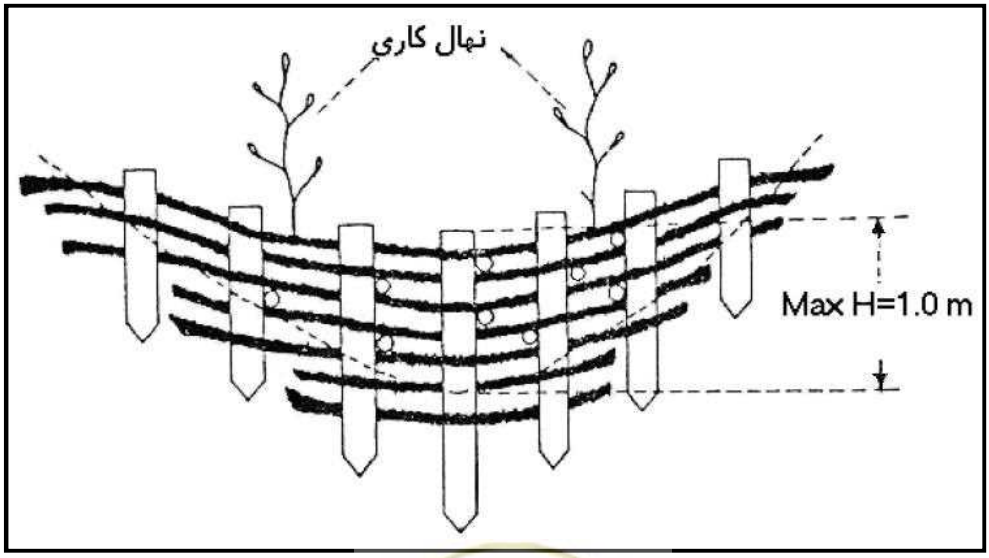
- سدهای چپری
- سدهای فلزی سبک
- سدهای چوبی یا الواری
- سدهای خشکه چین
- سدهای سنگ و سیمان
- سدهای توری‌سنگی

۵-۳- ۱- اصول حاکم در انتخاب محل اجرای انواع سدهای اصلاحی

عوامل مختلفی در انتخاب محل اجرای سدهای اصلاحی موثر می‌باشد. شیب آبراهه، طول آبراهه، سطح حوضه بالادست و جنس مصالح بستر از جمله این عوامل می‌باشند. برای سدهای اصلاحی کوتاه چپری، فلزی سبک، چوبی و خشکه چین محدودیت‌های بیش‌تری وجود دارد.

۵- ۳- ۱-۱- سدهای چپری[1]

این سدها در آبراهه‌های کوچک که سطح حوضه بالادست آنها کم باشد کاربرد دارند. جنس مصالح بستر باید امکان فرو بردن پایه‌های چوبی را در زمین فراهم کند (شکل ۵-۷). این سدها در شیب‌های مختلفی (۵ تا ۱۲ درصد) آبراهه استفاده می‌شوند. طول آبراهه یا کانال خندق باید کم‌تر از ۱۰۰ متر و مساحت حوضه بالادست محل سد کم‌تر از یک هکتار باشد [۳۰].



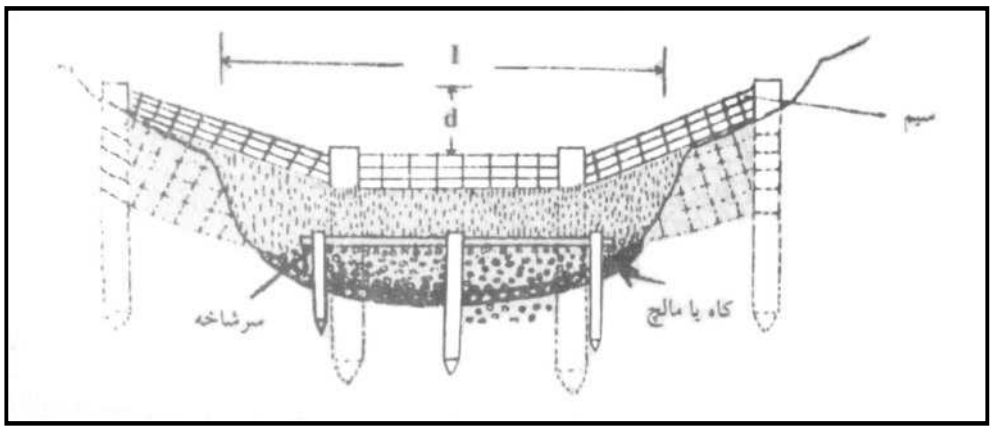
شکل ۵-۷- نمای جلوی سد اصلاحی چپری

1- Brushwood Check Dams

omoorepeyman.ir

۵-۳-۱-۲- سدهای فلزی سبک[1]

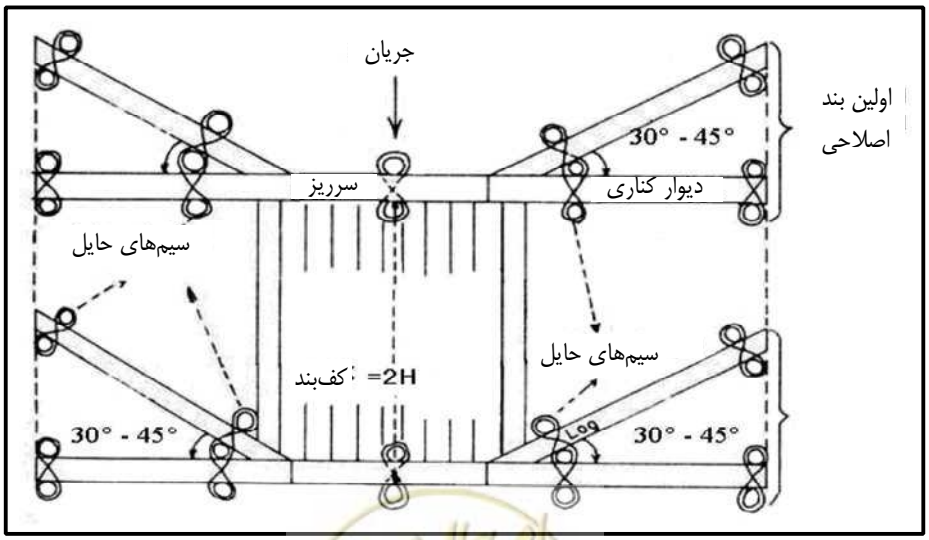
این سدها سازه‌های کوچکی هستند که معمولا برای نگهداری مواد ریزدانه در داخل آبراهه‌ها یا خندق ساخته می‌شوند. این سدها در آبراهه‌ها و خندق‌ها با شیب ملایم (کم‌تر از ۱۰ درصد) و سطح حوضه کم که سیلاب‌ها قدرت جابجایی موارد درشت دانه را نداشته باشند ساخته می‌شوند [۳۰]. در حوضه‌هایی که پوشش گیاهی مناسبی دارند در هنگام سیلاب خار و خاشاک توسط جریان رودخانه حمل می‌شوند و با تله افتادن پشت این سدها به تدریج باعث ترسیب موارد رسوبی نیز خواهند شد (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸- مشخصات سدهای فلزی سبک

۵-۳-۱-۳- سدهای چوبی یا الواری[2]

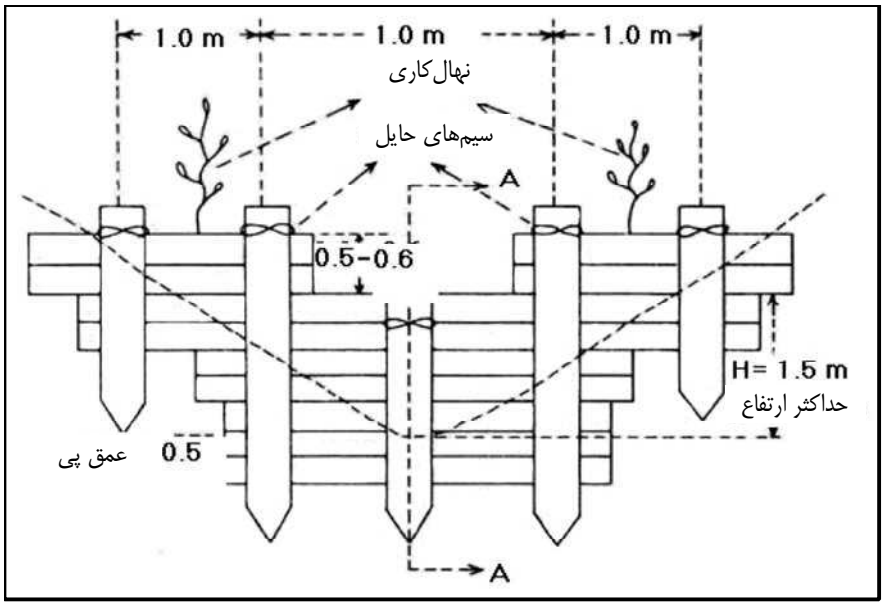
سدهای اصلاحی چوبی از پایه‌های چوبی و الوارهایی که در بین پایه‌ها قرار داده می‌شوند، ساخته می‌شوند. این سدها نیز برای آبراهه و خندق‌های کوچک و سطح حوضه کم‌تر از ۲ هکتار معمولا به‌کار می‌روند. طول کانال خندق باید کم‌تر از ۱۰۰ متر باشد و جنس بستر امکان فرو بردن پایه‌های چوبی را داشته باشد (شکل‌های ۵-۹ و ۵-۱۰) [۳۰].



شکل ۵-۹- تصویر اولین سد اصلاحی الواری همراه با پیش بند

1- Woven-Wire Check Dams
2- Log Check Dam

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۱۰- نمای جلوی اولین سد اصلاحی الواری

۵- ۳- ۱-۴- سدهای خشکه چین[1]

این سد که یکی از معمول‌ترین بندهای اصلاحی هستند، در آبراهه و خندق‌های کوچک با مساحت حوضه آبخیز کم‌تر از ۴ هکتار و شیب آبراهه کم‌تر از ۲۰ درصد ساخته می‌شوند. حداکثر ارتفاع این سدها از پی ۲/۰ متر و با مقطع ذوزنقه ساخته می‌شود. شیب شیروانی پایین دست معمولا ۲۵ تا ۳۰ درصد است [۳۰].

۵- ۳- ۱-۵- سدهای اصلاحی سنگ و ملاتی[2]

سدهای اصلاحی سنگ و ملاتی با سنگ و ملات سیمان ساخته می‌شوند و معمولا به منظور مهار سیل و یا ایجاد یک نقطه ثابت و مستحکم در کانال خندق ساخته می‌شوند. این سدها در خندق‌هایی با طول کم‌تر از ۱۰۰۰ متر و سطح حوضه کم‌تر از ۲۰ هکتار کاربرد دارند. هزینه احداث این سدها زیاد بوده و به تعداد زیاد ساخته نمی‌شوند. بستر محل احداث آن باید مقاومت کافی در مقابل نشست و لغزش را داشته باشد. این سدها با ارتفاع حداکثر ۶ متر ساخته می‌شوند [۳۰].

۵- ۳- ۱-۶- سدهای اصلاحی توری‌سنگی[3]

سدهای اصلاحی توری‌سنگی با استفاده از توری‌های فلزی به قطر ۳ تا ۴ میلی‌متر و سنگ ساخته می‌شوند. این سدها نیز همانند سدهای سنگ و ملاتی در آبراهه‌ها و خندق‌های بزرگ‌تر که سدهای چوبی و خشکه‌چین کاربرد ندارد ساخته می‌شوند. این سدها نیز به عنوان سازه‌های کاهش شیب با هدف مهار رسوب در هر نوع آبراهه کاربرد دارد. بستر محل احداث باید مقاومت کافی داشته باشد. این نوع سدها را تا ارتفاع ۶ متر نیز می‌توان ساخت. ابعاد جعبه‌های توری ۲×۰/۷۵ متر به ضخامت نیم متر است [۳۰].

1- Boulder Check Dams
2- Masonry Check Dams
3- Gabion Check Dams

omoorepeyman.ir

۵-۳-۲- معیارهای طراحی سدهای اصلاحی

برای طراحی سدهای اصلاحی با ارتفاع کم‌تر از ۲ متر بده سیلاب با دوره بازگشت ۵ تا ۱۰سال و برای سدهای با ارتفاع بیش‌تر از ۲ متر، دوره بازگشت ۲۵ ساله انتخاب می‌گردد (شکل ۵-۱۱).

۵-۳-۲-۱- تعیین شیب اصلاحی رودخانه

شیب اصلاحی رودخانه، شیبی است که در آن رسوبات بستر فرسایش نداشته باشند. مقدار آن‌را می‌توان از رابطه مانینگ به‌دست آورد [۶]:

$$Se = \frac{(KV)^{\frac{10}{3}} (B)^{\frac{4}{3}} n^2}{Q^{\frac{4}{3}}} \qquad (۱-۵)$$

که در این رابطه:

Se : شیب اصلاحی، V: سرعت متوسط جریان(m/sec)، B: محیط خیس شده (m)، Q : بده سیلاب طرح و مقدار K بین ۱/۵ – ۱/۳ می‌باشد.

۵-۳-۲-۲- فاصله بین سدهای اصلاحی

فاصله بین سدهای اصلاحی در یک آبراهه سنگی به ارتفاع سد و شیب طبیعی آبراهه دارد (شکل ۵-۱۲). برای تعیین فاصله می‌توان از یکی از روابط زیر استفاده کرد:

۱- رابطه هیدرومافیچ (۱۹۷۳)

$$L = \frac{H_e}{KS_0 \cos\theta} \qquad (۲-۵)$$

که در این رابطه:

He: ارتفاع مفید سد (فاصله تاج تا بستر رودخانه بر حسب متر)، S_0: شیب طبیعی آبراهه، θ: زاویه بستر آبراهه با افق و K ضریبی است که برای رودخانه‌های با شیب کوچک‌تر از ۲۰ درصد برابر ۰/۳ و بزرگ‌تر از ۲۰ درصد برابر ۰/۵ می‌باشد [۶].

۲- رابطه لنزی (۲۰۰۲)

$$\frac{\frac{H}{L}}{S_0} = 1.4 \qquad (۳-۵)$$

۵-۳-۲-۳- اندازه سنگ‌های مورد استفاده

برای محاسبه ابعاد و اندازه‌ی سنگ‌های مورد استفاده می‌توان از روابط زیر بهره گرفت [۱۹].

۱- رابطه وتیاکروجاگی (۱۹۸۶)

$$q = 0.25 s^{-1.167} \left[g(G_s - 1) D_{65}^3 \right]^{0.5} \qquad (۴-۵)$$

omoorepeyman.ir

۲- رابطه شفاعی بجستان (۱۹۸۷)

$$q = 0.423(G_S - 1)^{1.67} D_{50}^{1.5} S^{-1.17} [\cos\theta(1 - \frac{G_S}{G_S - 1}\frac{\tan\theta}{\tan\phi})]^{1.67} \quad (۵-۵)$$

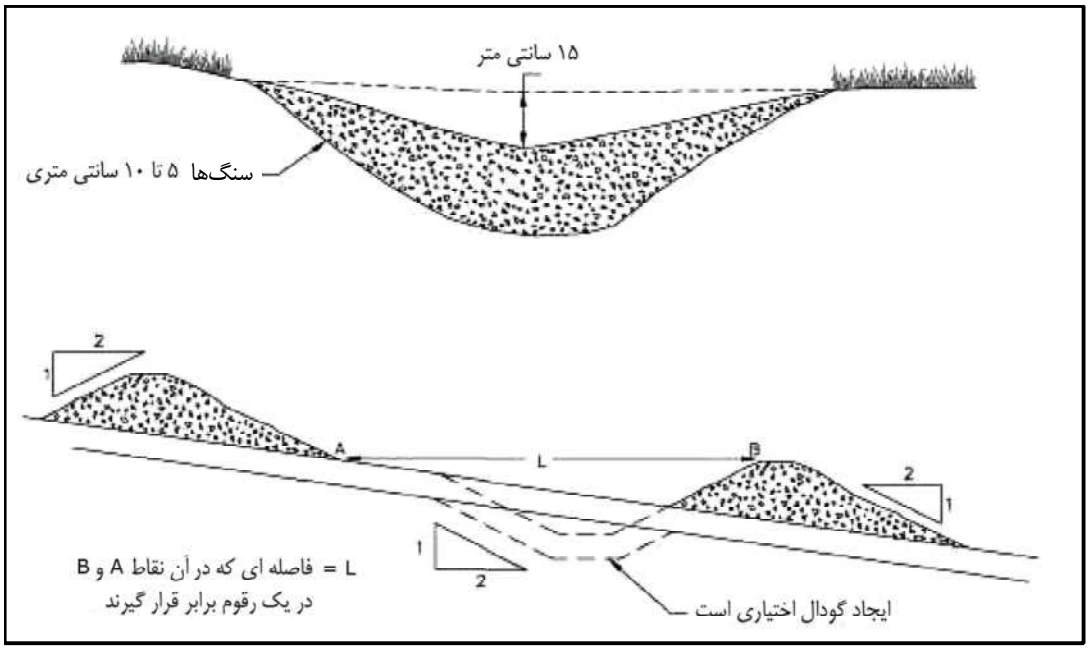
که در این رابطه:

q: بده سیلاب طرح در واحد عرض (m3/se/m)، S: شیب دیواره پایین دست، Gs: چگالی ویژه سنگ برابر ۲/۶۶، θ: شیب دیواره پایین دست سد و ϕ زاویه ایستایی سنگ‌ها (37°)

۵- ۳- ۲-۴- تعداد سدهای اصلاحی

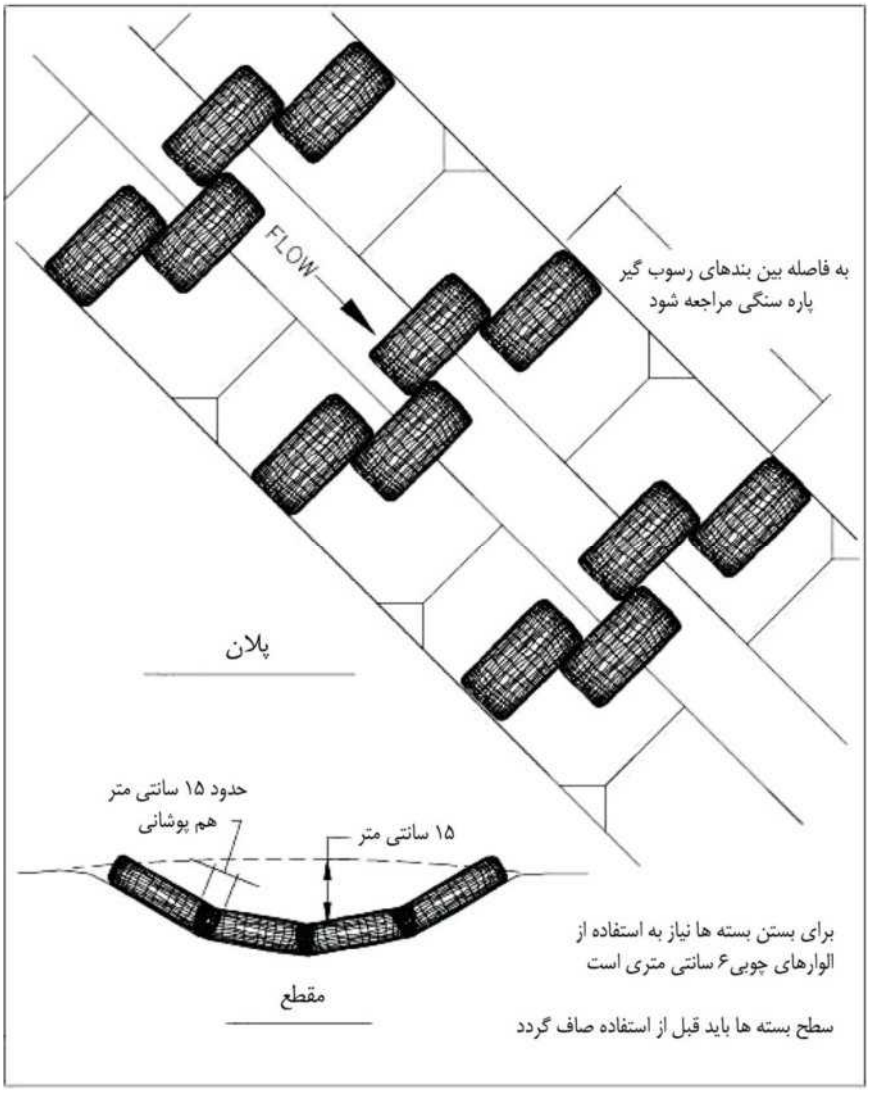
تعداد سدهای اصلاحی به عواملی چون ارتفاع موثر (He) فاصله بین سدها (L)، شیب طبیعی آبراهه (S_0) و شیب اصلاحی رودخانه (Se)، بستگی دارد که از رابطه زیر استخراج می‌شود:

$$N = L\frac{S_0 - S_e}{H_e} \quad (۶-۵)$$



شکل ۵- ۱۱- نمایی از سد اصلاحی (رسوب‌گیر) سنگی در آبراهه

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۱۲- نمایی از سد رسوب‌گیر با بسته‌های پر شده در آبراهه

۵-۴- راهکارهای مقابله با رانش زمین[1]

عملیات مقابله با زمین لغزه یا رانش زمین در مورد مناطقی که در آن به علت از بین رفتن پوشش گیاهی، وجود خاک‌های اشباع در شیب‌های تند، وجود سنگ‌های کنده شده از کوه و قرارگیری آن در کناره جاده‌ها و یا تشخیص پتانسیل حرکت خاک به صورت توده‌ای به گونه‌ای که باعث به خطر افتادن زندگی افراد، تجهیزات و نیز محیط زیست باشد، اجرا می‌شود. برای اجرای راهکارهای مقابله با رانش زمین، تحقیقات اولیه‌ای جهت شناسایی و تشخیص نوع مقابله با این پدیده ضروری است. از تحقیقات انجام شده باید موارد زیر حاصل گردد [۲۸]:

- نیمرخ‌های سطحی، سطوح مقاطع و توپوگرافی محدوده طرح

1- Land Sliding

omoorepeyman.ir

- نیمرخ‌های زمین شناختی و نیز سطوح مقطعی که وضعیت قرارگیری و شرایط لایه‌های زمین و نیز جزییات منطقه لغزش را نمایش دهد.
- طبقه‌بندی خاک و مشخصات آن، شامل درجه بندی، چگالی، مقاومت کششی، و مشخصات شیمیایی خاک
- شرایط آب زیرزمینی و موقعیت قرارگیری آن
- وسعت، اندازه، عمق، حجم و مواد سازنده آن
- تخمین نیمرخ لغزش احتمالی و شرایط زیر سطحی آن
- شرایطی که در آن با مواد یکسان، شیب به صورت پایدار باقی بماند
- بررسی عوامل دارای منشای خارجی (مثل فعالیت‌های کاربری اراضی و یا بارندگی‌های شدید، که باعث تحریک و تجهیز شیب جهت حرکت توده‌ای می‌شود)

تمام مواد فوق باید بررسی گردد و تجهیزات و طرح قابل اجرا باید با نهایت احتیاط بر روی این گونه شیب‌ها به اجرا گذاشته شود. شیب‌های این گونه، عموما در دوره‌های اشباع احتمال ریزش داشته و معمولا در زمان‌هایی که خشک هستند از یک پایداری نسبی برخوردارند. اما راهکارهای معمول برای مقابله با لغزش زمین به اختصار به شرح زیر می‌باشد:

۵-۴- ۱- پایدار نمودن شیب‌ها

طرح‌ریزی برای پایداری یک شیب باید بر مبنای تجزیه و تحلیل‌های مهندسی و قضاوت یک مهندس با تجربه در زمینه مکانیک خاک و بیومهندسی خاک‌ها انجام گیرد. بررسی پایداری شیب برای تمام شرایط بحرانی خاک‌ها و نیز شرایط بارگذاری آنها محاسبه می‌گردد. پارامترهای کششی خاک‌های طبیعی، سنگ و مواد دیگر موجود در خاک باید برمبنای شرایط واقعی هر شیب محاسبه گردد. روش‌های تجزیه پایداری شیب‌ها، به طور مناسب شرایط بارگذاری و نیز موقعیت و شکل شیب‌های در معرض لغزش و یا سطوح مستعد ریزش را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. با به کارگیری ضریب اطمینان مناسب بر مبنای درجه عدم قطعیت در میزان مقاومت و کشش خاک و نیز فرض نمودن شرایط خاک و آب، تجزیه پایداری شیب‌ها انجام می‌پذیرد. هنگامی که در محدوده‌ای احتمال به خطر افتادن زندگی موجودات یا مناطق مسکونی، جاده‌های اطراف و نیز تجهیزات و ساختمان‌های اطراف باشد باید جهت تخلیه افراد و جابجایی تجهیزات و امکانات ممکن اقدام نمود و یا این‌که در شکل دهی پایداری، از ضریب اطمینان بالاتری استفاده کرد.

۵-۴- ۲- کنترل آب

منبع آبی که در شیب‌های تند و خطرناک وارد خاک می‌شود باید کنترل شده و موارد زیر رعایت گردد:

- کنترل آب‌های سطحی روان: رواناب‌های موجود در سطح زمین که به هر صورت وارد خاک‌های روان روی شیب‌ها می‌شوند بایدکنترل و ورود آنها قطع شده و به محدوده مطمئن و پایداری منتقل گردد.
- کنترل آب‌های ناشی از بارش مستقیم باران: حتی‌الامکان باید از نفوذ و جاری شدن آب باران جلوگیری کرد و آن را محدود نمود. برای این کار می‌توان از زهکش‌های سطحی و شکاف‌های ایجاد شده پایدار در سطح منطقه استفاده کرد. استفاده از سازه‌های تراز کننده و ایجاد تراس و نیز ایجاد مجاری عبور آب جهت

omoorepeyman.ir

جلوگیری از فرسایش و کاهش نفوذ و نشست الزامی است. سطح محدوده طرح که احتمال خطر و ریزش در آن زیاد است باید در مقابل فرسایش ایمن شود.

- کنترل سطح آب زیرزمینی: استفاده از پوشش گیاهی مناسب و در محل‌های مورد نیاز برای حایل شدن بین سطح شیب و آب زیرزمینی ضروری است. چرا که این گونه آب‌ها نیز در ایجاد ناپایداری در شیب‌ها مشارکت می‌کنند. نصب زهکش‌های زیرزمینی در این مناطق نیز راهکار دیگری است که جهت جلوگیری از تاثیر آب زیرزمینی بر مناطق مذکور اتخاذ می‌شود.

۵-۴-۳- کنترل مواد موجود بر روی شیب‌ها

کنترل مواد موجود در شیب‌ها جهت تنظیم و کنترل بارگذاری، کاهش شیب، افزایش کشش داخلی و... می‌باشد.

- کنترل بارگذاری: در مناطقی که بارگذاری بر روی شیب‌های تند و در آستانه لغزش زیاد می‌باشد، می‌توان با تمهیداتی این بارگذاری طبیعی را کاهش دهد. از آن جمله، برداشت مواد اضافی از توده خاک موجود در شیب، برداشت تمام توده خاک موجود در منطقه برش، آبگیری در محدوده منطقه برش در روی شیب و برداشت وزن اضافی مرتبط با فعالیت‌های آتی و توسعه شیب.
- کاهش شیب: شیب‌های بحرانی در مناطق حساس و خاک‌های اشباع باید توسط وسایل مخصوص کاهش داده شوند.
- افزایش کشش داخلی توده خاک: باید در اجرا طرح، تاثیر برداشت و دوباره فشرده کردن مواد بر روی شیب‌ها بررسی و تجزیه گردد و نیز میزان کشش و مقاومت آن در رطوبت‌های مختلف مورد تحلیل قرار گیرد. همچنین باید اثر فعالیت‌های بیوتکنیکی، استفاده از پوشش گیاهی و تاثیر مواد آلی بر پایداری شیب‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

۵-۴-۴- افزایش پوشش گیاهی

پوشش‌های گیاهی بر مبنای خاک منطقه طرح و نیز طرح بیومهندسی ارائه شده انتخاب می‌گردند. استفاده از فعالیت‌های بیوتکنیکی برای پایداری شیب‌ها، یکی از گزینه‌های مناسب است. ریشه عمیق گیاهان و درختچه‌ها می‌توانند در عملکرد مناسب روش‌های بیومهندسی موثر بوده و علاوه بر افزایش کشش داخلی خاک باعث جذب آب و کاهش تاثیر منفی آن گردد. شرایط محل اجرا طرح شامل pH خاک، اندازه ذرات و میزان غنی بودن خاک از مواد آلی می‌تواند در تجزیه و انتخاب پوشش گیاهی مناسب، موثر باشد.

مطالعات انجام شده بر روی اثر پوشش گیاهی در افزایش خصوصیات مکانیکی خاک که باعث مقاومت سواحل رودخانه در مقابل لغزش می‌شود، حاکی از موثر بودن این روش‌ها است. البته کاشت پوشش گیاهی باید در ترازهای بالاتر تراز سطح آب در بده متوسط دراز مدت رودخانه انجام شود زیرا بیش‌تر گیاهان مقاومت زیادی در مقابل قرار گرفتن در زیر آب به مدت طولانی را ندارند. ولی چنانچه از گیاهان با ریشه های عمیق و افشان استفاده شود به نحو موثری می‌توانند از افزایش فرسایش دیواره‌ها جلوگیری کنند. برای تثبیت ساحل رودخانه در زیر تراز سطح آب در بده متوسط درازمدت روخانه بهتر است از روش‌های سازه‌ای مستقیم و یا غیرمستقیم استفاده شود [۲۰ و ۲۱]. توضیحات بیش‌تر در بند ۵-۱۱ این راهنما ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

۵-۵- راهکارهای مقابله با ریزش کناره‌ها و فرسایش توده‌ای[1]

ناپایداری و ریزش کناره‌ها یکی از عوامل موثر در تولید توده‌ای رسوب، از بین رفتن حاشیه رودخانه‌ها و اثرهای زیانبار زیست محیطی است. کاربری نادرست اراضی حاشیه رودخانه‌ها، تخریب پوشش گیاهی حاشیه‌ای و نیز تغییرات هیدرولوژیکی از عوامل ایجاد این ناپایداری‌ها در سواحل رودخانه‌ها می‌باشد [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶].

ناپایداری در کناره‌ها عمدتا بر اثر فقر پوشش گیاهی و پراکندگی آن در حواشی رودخانه می‌باشد که نتیجه‌ی آن فرسایش شدید جداره‌ها و بریدگی آنها است. بر اثر ایجاد برش در سواحل ریزش توده‌ای شکل گرفته و حواشی رودخانه‌ها (عموما ساحل خارجی) به صورت باتلاقی در می‌آید [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶]. با ورود این توده‌های فرسایش یافته، زیستگاه بسیاری از موجودات حاشیه نشین در رودخانه‌ها به خطر افتاده و در عین حال منشای تولید رسوب و محلی آسیب‌پذیر جهت توسعه‌ی پیچ[2] رودخانه و گسترش تخریب کناره‌ها می‌گردد. راهکارهای کلی جهت کنترل فرسایش و مقاوم‌سازی کناره‌ها در چند مورد زیر خلاصه می‌گردد [۳۷]:

- مدیریت پوشش‌های گیاهی حاشیه رودخانه‌ها و توسعه‌ی آنها؛ گیاهان حاشیه‌ای رودخانه‌ها با توسعه ریشه در سواحل باعث پایداری هر چه بیش‌تر خاک و به‌هم پیوستگی آن می‌شود. بنابر این با مهیا نمودن شرایط رشد و توسعه‌ی پوشش گیاهی حواشی رودخانه‌ها، می‌توان پایداری کناره‌های رودخانه را تضمین کرد
- زرهی کردن مسیر کانال و جداره‌های آن توسط پوشش‌های سنگی، سیمانی و دیگر مواد مقاوم موجود در محل
- پایداری شیب کناره‌ای توسط پوشش گیاهی و استفاده از تکنیک‌های زیستی برای مقاوم‌سازی این شیب‌ها در برابر فرسایش
- استفاده از سازه‌هایی جهت کنترل و هدایت جریان‌های فرسایش دهنده به مناطق پایدار رودخانه در راستای کاهش قدرت فرسایش در سواحل
- استفاده از سازه‌ی دیوار حایل که در طرح‌های مهندسی ایران معمولا از این روش برای کنترل ریزش و فرسایش توده‌ای استفاده می‌شود
- کنترل سطح آب و ثابت نگاه داشتن آن در رودخانه و جلوگیری از نوسانات آب

بدیهی است تمامی راه‌ها و روش‌های ذکر شده در بخش‌های قبلی این نشریه جهت تثبیت و پایداری کناره‌ها و سواحل، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

1- Bank Sliding & Sloughing
2- Meander

omoorepeyman.ir

۵- ۶- راهکارهای مقابله با جریان‌های واریزه‌ای[1]

۵-۶- ۱- مخازن رسوب‌گیر جریان‌های واریزه‌ای

یک مخزن رسوب‌گیر واریزه‌ای، مخزنی است که به طور مخصوص جهت تله‌اندازی رسوبات و واریزه‌ها طراحی شده است. بنا به حجم واریزه‌های پیش‌بینی شده، حجم قابل دسترس مخزن و نیز بزرگی حجم پروژه و منابع مالی موجود، حجم مخزن طراحی شده می‌تواند برابر حجم واریزه‌های پیش‌بینی شده باشد [۳۷]. این مخازن در شرایط بهره‌برداری از یک پروژه و در راستای عملکرد مناسب سازه‌های مستقر و افزایش عمر مفید آنها عمل می‌کنند. دراین گونه موارد، حذف و زدودن رسوبات تجمع یافته در مخزن به صورت دوره‌ای ضروری است. از اهداف دیگر طراحی این مخازن، کاهش مقدار رسوبات دانه درشت و واریزه‌های ته‌نشین شده در انتهای کانال‌ها و در مواقع سیلابی بر روی بزرگراه‌ها، ریل‌ها و مناطق شهری و روستایی است. برای اطلاع از جزییات طراحی مخازن (از جمله مخازن تله‌انداز واریزه‌ها) به کلیه متون طراحی مخازن (از جمله مرجع [۳۷]) مراجعه شود.

۵- ۷- راهکارهای مقابله با پدیده کوه ریزش و جریان‌های گلی[2]

وقوع این دو پدیده هنگامی است که آب نسبتا زیادی در سطح زمین تجمع یافته و به صورت آنی باعث ایجاد یک لایه‌ی شکست شده و در نتیجه‌ی آن، یک توده‌ی روان از سنگ، خاک و واریزه‌ها به صورت اشباع ایجاد می‌شود. دلایل وقوع این پدیده‌ها مشابه زمین لغزه بوده و می‌توان آن را زیر مجموعه‌ای از زمین لغزه دانست. جریان گلی و ریزش توده‌ای واریزه‌ها عموما بر روی شیب‌های تند آغاز می‌شود و برخی پدیده‌های طبیعی مثل سیل و زلزله آن را تسریع می‌کند. مناطقی که بر اثر وقوع آتش سوزی و یا دست برد بشر در آن دچار فقر گیاهی و از بین رفتن پوشش طبیعی آن شده است، در حین و پس از بارندگی بسیار حساس و آسیب‌پذیر بوده و احتمال وقوع زمین لغزه و یا جریان‌های گلی و واریزه‌ای در آن زیاد است.

جریان گلی با حرکت سریع آب و رسوب می‌تواند باعث جراحت و مرگ موجودات زنده‌ی در مسیر خود شود. این پدیده در ایالات متحده آمریکا سالانه جان ۲۵ الی ۵۰ نفر را می‌گیرد. شکستن خطوط آب، برق، گاز و شبکه‌های فاضلاب می‌تواند در حجم وسیع باعث بروز انواع بیماری‌ها و شیوع آن در سطح منطقه شود.

آنچه در این‌جا حایز اهمیت می‌باشد این است که وقوع این پدیده در حواشی رودخانه و ریزش واریزه‌ها و جریان‌های گلی باعث ایجاد یک منبع تولید رسوب در رودخانه می‌شود. این منبع ایجاد شده، تا مدت‌ها باعث تغذیه‌ی رسوبی رودخانه شده و به تبع آن رژیم رودخانه و ریخت‌شناسی آن دستخوش تغییر می‌گردد.

به طور کلی مناطقی که در آنها احتمال وقوع زمین لغزه، جریان‌های گلی و واریزه‌ای وجود دارد به شرح زیر می‌باشد:

۱- مناطقی که به دلایل مختلف پوشش طبیعی آنها دستخوش تغییر شده و خاک سطحی در معرض فرسایش قرار گرفته است.

omoorepeyman.ir

1- Debris Flow
2- Mud Flow

۲- مناطقی که تجربه وقوع زمین لغزه در آنها وجود داشته است

۳- شیب‌های تند و یا مناطقی که در انتهای شیب‌ها قرار گرفته‌اند

۴- شیب‌هایی که بر اثر انواع عملیات عمرانی دچار تغییر شده و از شکل طبیعی خود فاصله گرفته است

۵- کانال‌های طبیعی در حاشیه‌ی رودخانه و به موازات آنها

۶- مناطقی که جریان سطحی و رواناب به آنها هدایت می‌شود

برای جلوگیری از وقوع جریان‌های گلی و کنترل آن در صورت وقوع، از تمامی روش‌های پایدار نمودن شیب و کناره‌ها که در بند ۵- ۱- ۱- معرفی شدند می‌توان استفاده نمود. زهکشی شیب‌ها و افزایش مقاومت داخلی خاک، جلوگیری از ورود رواناب به مناطق حساس و پر خطر، تقویت و توسعه‌ی پوشش گیاهی شیب‌های خطرناک، فنس‌کشی و غیره از جمله این روش‌ها است.

برای درک روشن تر از جریان‌ها گلی و واریزه‌ای شکل‌های (۵-۱۳) تا (۵-۱۵) در زیر ارائه می‌شود.

شکل ۵- ۱۳- وقوع جریان گلی و ورود آن به رودخانه (ایالات متحده)

omoorepeyman.ir

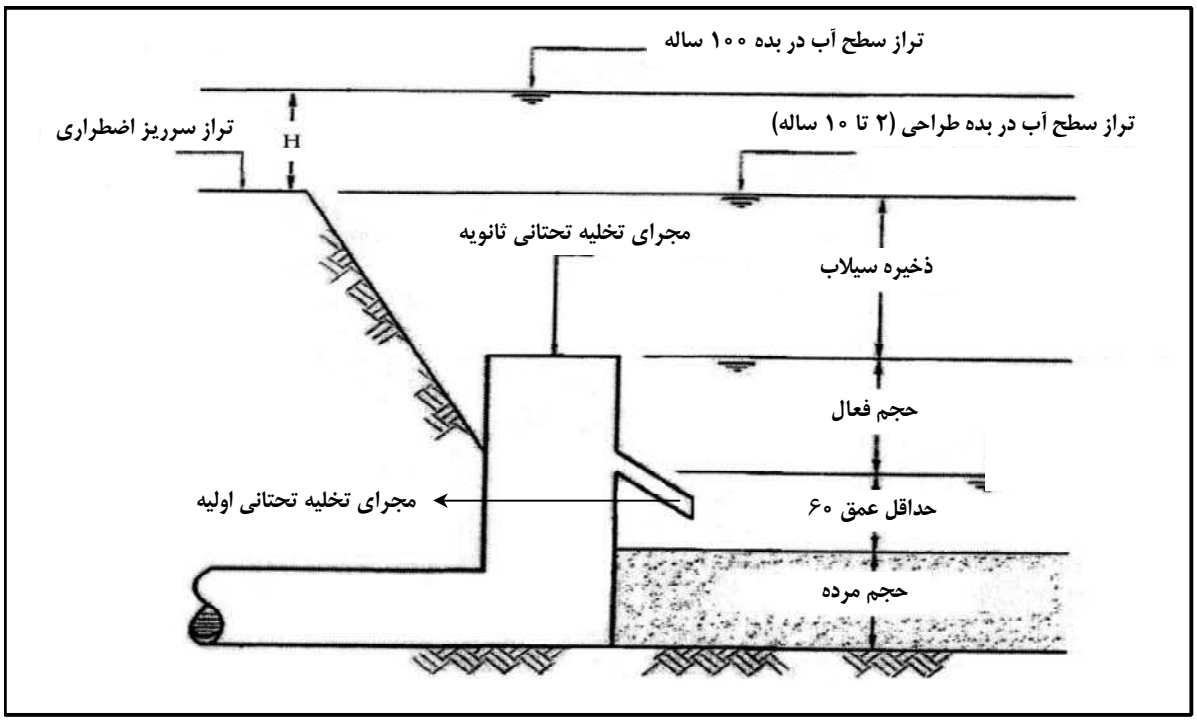
شکل ۵- ۱۴- سرازیر شدن جریان گلی و ورود آن به مناطق مسکونی (ایالات متحده)

شکل ۵- ۱۵- نمای شماتیک از وقوع زمین لغزه در یک شیب تند

omoorepeyman.ir

۵- ۸- سازه‌های تله‌اندازی رسوب

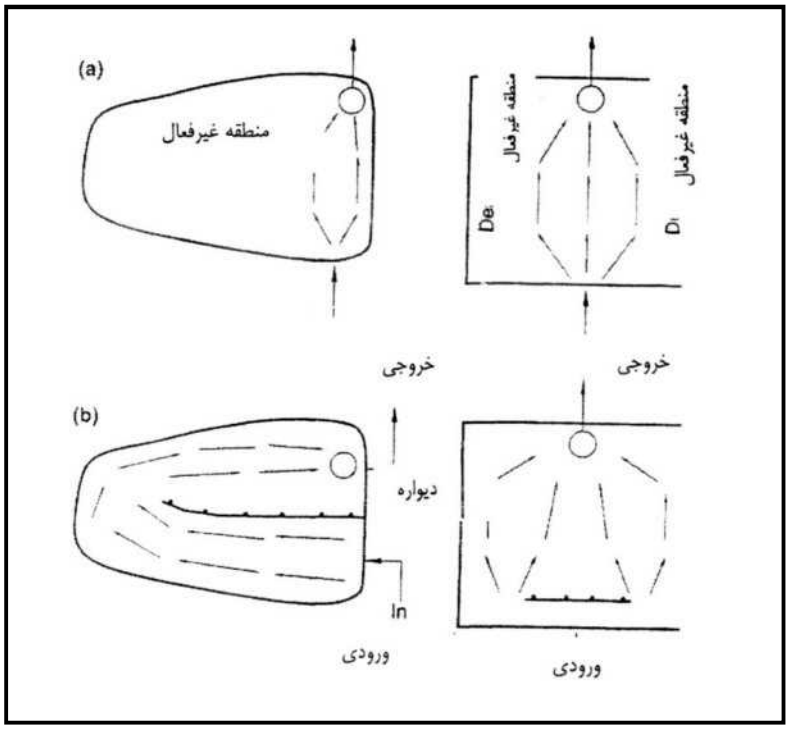
حوضچه‌های تاخیری از سازه‌هایی هستند که به منظور ترسیب بخشی از مواد فرسایشی پایین دست مناطق نفوذناپذیر و در بالادست مخازن سدها ممکن است احداث شوند. از آن‌جایی که حجم این حوضچه‌ها به تدریج از رسوب پر می‌شود، تمهیدات لازم برای تخلیه آنها باید در زمان طراحی دیده شود. رسوب تولید شده از مناطق غیر قابل نفوذ (مناطق کوهستانی پوشیده از سنگ و یا مناطق شهری) متفاوت از رسوب تولید شده از خاک است. معمولا غلظت رسوب در این مناطق ودر مراحل اولیه رواناب سطحی زیاد می‌باشد و سپس به تدریج از غلظت رسوب کاسته می‌شود. از این رو، حجم حوضچه باید طوری طراحی شود تا آن حجم رواناب اولیه را که دارای غلظت رسوب زیادی است ذخیره نماید. شکل (۵-۱۶) وضعیت قرارگیری رقوم مجرای تخلیه تحتانی ثانویه و همچنین سرریز اضطراری را نشان می‌دهد، معمولا تراز مجرای تخلیه تحتانی ثانویه براساس سیلاب با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰ ساله و رقوم سرریز اضطراری براساس بده با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله طراحی می‌شوند. مجرای تخلیه تحتانی ثانویه باید طوری طراحی شود که آب ذخیره شده در اثر سیلاب به مدت ۲۴ ساعت تخلیه گردد تا در صورت وقوع سیلاب دیگری فضا برای ذخیره وجود داشته باشد. شکل (۵-۱۷) انواع حوضچه‌های تاخیری را نشان می‌دهد [۳۳].



شکل ۵- ۱۶- جزییات دهانه خروجی سرریز لوله‌ای [۳۳]

نسبت طول به عرض این حوضچه‌ها باید بیش‌تر از ۲/۰ باشد. در صورتی که فضای کافی وجود ندارد، بهتر است از دیواره جدا کننده برای افزایش طول استفاده شود به‌طور مثال شکل (b- ۵-۱۷).

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۱۷- انواع حوضچه‌های تاخیری

به منظور طراحی، ابتدا لازم است تا مقدار بده ورودی در اثر رواناب به حوضچه تاخیری، Q_i، مشخص شود که برای این منظور می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$Q_i = CIA_w \qquad (۵-۷)$$

که در این رابطه:

A_w: مساحت حوضه آبریز، I: شدت بارندگی و C ضریب تجربی (بسته به نوع پوشش گیاهی، شیب و خاک حوضه) می‌باشد (تمام واحدها متریک می باشد).

سطح حوضچه در پلان (A) باید طوری طراحی شود که سرعت رو به پایین که از رابطه (۵-۸) به‌دست می‌آید برابر سرعت رو به پایین کوچک‌ترین ذرات معلق ورودی به حوضچه باشد.

$$V = Q_i / A \qquad (۵-۸)$$

بده عبوری از دریچه نیز از رابطه (۵-۹) (رابطه روزنه‌ها) به‌دست می‌آید:

$$Q_0 = C_0 A_0 \sqrt{2gh} \qquad (۵-۹)$$

که در این رابطه:

C_0: ضریب بده تقریبا برابر ۰/۶ ، A_0: سطح مقاطع روزنه و یا لوله و H نیز برابر ارتفاع سطح آب از لبه روزنه می‌باشد.

و زمان تخلیه از رابطه (۵-۱۰) به‌دست می‌آید:

$$T = \frac{B\sqrt{2H}}{3600 A_0 C_0 \sqrt{g}} \qquad (۵-۱۰)$$

omoorepeyman.ir

که در این رابطه B عرض حوضچه و T زمان تخلیه برحسب ثانیه است (واحدها متریک می باشد) و مقدار بده سرریز اضطراری از رابطه (۵-۱۱) تعیین می‌شود:

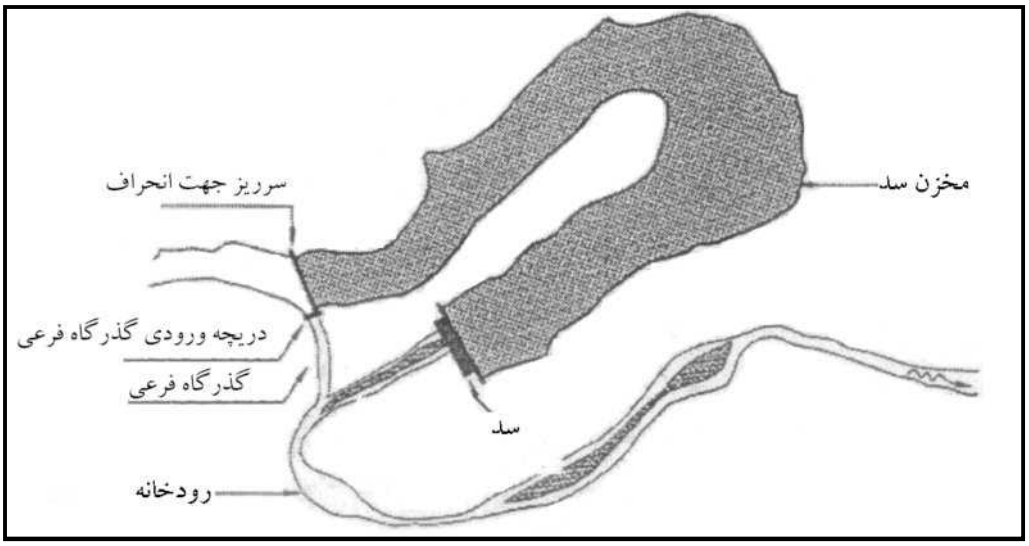
$$Q = CLH^{3/2} \qquad (۱۱-۵)$$

که در این رابطه:

C: ضریب بده سرریز ، L: طول سرریز و H ارتفاع سطح آب در بده سیلاب ۱۰۰ ساله تا لبه تاج سرریز می‌باشد.

۵- ۹- احداث گذرگاه فرعی (مجرای انحرافی)

چنانچه پستی و بلندی منطقه‌ایجاب کند، می‌توان با احداث کانال یا تونل انحرافی با ظرفیت زیاد، حجم زیادی از جریان سیلابی رودخانه را که میزان زیادی رسوب حمل می‌کند، از مسیر اصلی رودخانه منحرف نمود. این روش در سد ناگل کشور آفریقای جنوبی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است که در شکل (۵-۱۸) نشان داده شده است [۳۳].



شکل ۵- ۱۸- احداث گذر انحرافی

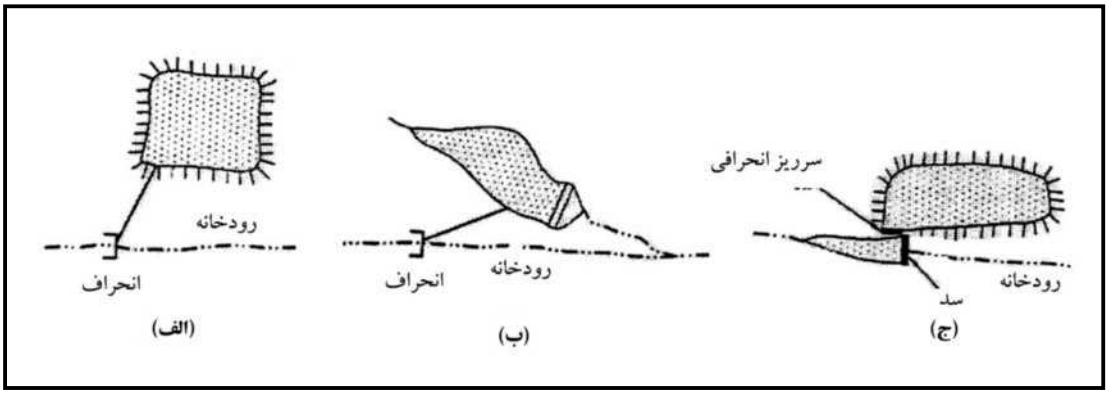
همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سد مخزنی در انتهای قوس طولانی و تند یک رودخانه قرار دارد. برای کنترل رسوب و جلوگیری از ورود آن به مخزن سد در بالادست رودخانه و ابتدای قوس با ایجاد سازه آبگیر و راه انحرافی، جریان‌ها سیلابی با آورد رسوب بسیار بالا، از این مسیر و بدون این که وارد مخزن شوند، به پایین دست منتقل می‌شوند. مشابه این روش برای مهار رسوب در مخزن نان هوا در کشور تایوان استفاده شده است.

۵- ۱۰- ایجاد مخزن فرعی خارج از مسیر رودخانه

یکی دیگر از روش‌های مهار رسوب ورودی به مخازن سدها، انحراف بخشی از جریان پر از رسوب رودخانه اصلی و ذخیره آن در مخزن فرعی که خارج از مسیر اصلی رودخانه در نظر گرفته شده است. البته این روش تنها در موقعیت‌هایی امکان‌پذیر می‌باشد که

omoorepeyman.ir

بتوان در مجاورت رودخانه یا به موازات مخزن اصلی، گودال طبیعی یا یک حوزه کوچک در مجاورت رودخانه اصلی باشد که با احداث دایک بتوان حجم مشخصی را ذخیره کرد. ابعاد سرریز مخزن فرعی بزرگ نیست، چرا که میزان ورود آب به این مخزن از طریق سازه آبگیر کنترل می‌شود. رسوبات نهشته در مخزن فرعی را می‌توان به روش‌های مختلف تخلیه کرد زیرا این مخزن در بیش‌تر مواقع سال خشک می‌باشد. شکل (۵-۱۹) سه روش احداث مخزن فرعی را نشان می‌دهد. برای افزایش بازده انتقال رسوب به مخزن فرعی، ضروری است که تاسیسات آبگیری در محل قوس داخلی رودخانه اصلی احداث گردد. در روش (الف) جریان آب غلیظ وارد مخزن فرعی می‌شود. در روش (ب) در انتهای مخزن فرعی سرریز برای خروج آب زلال وجود دارد و در روش (ج) جریان غلیظ ورودی به سد در پایین دست سد از طریق سرریز انحرافی وارد مخزن فرعی می‌شود [۳۳].



شکل ۵-۱۹- روش‌های مختلف احداث مخزن فرعی

۵-۱۱- روش‌های بیولوژیک

۵-۱۱-۱- پوشش به وسیله پوشش گیاهی

نقش پوشش گیاهی در حفاظت و تثبیت دیواره و سواحل رودخانه و دریاها به طور گسترده‌ای توسط محققان در اقصی نقاط جهان مطالعه شده و همگی آن را به‌عنوان یک گزینه اقتصادی و زیست محیطی شناخته‌اند. این روش قدرت و قابلیت تجدید حیات و بازسازی به صورت طبیعی را دارد ولی تاکنون در ایران بررسی‌های معدودی در این مورد انجام گرفته است.

تاثیر پوشش گیاهی در حفاظت کناره رودخانه توسط دو رفتار زیر قابل توصیف می‌باشد [۴]:

۱- رفتار مکانیکی پوشش گیاهی در حفاظت دیواره

عمل ریشه باعث تحکیم خاک دانه و بهبود ساختمان خاک شده و سبب افزایش مقاومت دیواره‌ها می‌گردد. ریشه‌ها ممکن است باعث مسلح شدن بیولوژیکی خاک[1] و افزایش تحمل تنش بحرانی و مقاومت کششی آن شود، و گسیختگی دیواره‌ها را در اثر لغزش‌های کم عمق توده خاک روی شیب دیوار به شدت کاهش می‌دهد [۲۰ و ۲۱].

۲- رفتار هیدورلیکی پوشش گیاهی در حفاظت دیواره

1-Bio Reinforeced

omoorepeyman.ir

اندام بیرونی گیاه، باعث افزایش زبری دیواره و کاهش سرعت و تنش برشی جریان می‌گردد. در واقع انرژی آب در محل دیواره‌ها با برخورد به پوشش گیاهی مستهلک می‌شود. این عمل باعث ته‌نشینی مواد رسوبی در کناره‌های رودخانه شده و باعث کنترل عرض رودخانه و افزایش پایداری دیواره می‌گردد.

حفاظت از دیواره‌های رودخانه‌ها به‌وسیله پوشش گیاهی از دو نظر حایز اهمیت است. یکی از جنبه طراحی و اجرای عملیات حفاظت دیواره‌های رودخانه با استفاده از پوشش گیاهی و دیگری موضوع مدیریت و حفاظت از پوشش گیاهی ایجاد شده برای تداوم اثر آن در پایداری مقاومت دیواره.

پوشش گیاهی، که در ساماندهی رودخانه به‌کار می‌روند، به طور کلی به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند [۴]:

۱- گیاهان علفی، بوته و چمنی

۲- گیاهان خشبی، درختچه‌ها و درختان

نکته قابل توجهی که در مورد پوشش گیاهی باید به آن توجه داشت این است که روش‌ها و تکنیک‌هایی که در یک منطقه برای تثبیت زیستی رودخانه‌ای موفق بوده است، نمی‌تواند عینا و بدون شناخت عوامل زیستی (گیاهان) و ویژگی‌های اکولوژیکی رودخانه در محل دیگری کاربرد داشته باشد.

به همین علت برای طراحی روش‌های بیولوژیکی تثبیت و حفاظت دیواره‌ها علاوه بر مطالعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیک، ریخت‌شناسی، هیدرولوژی، هیدرولیک و رسوب‌شناسی که در فصل ۴ شرح داده شد، باید مجموعه مطالعات و بررسی‌هایی صورت گیرد که به طور خلاصه شامل موارد زیر باشد [۴]:

- بررسی پوشش گیاهی طبیعی منطقه و شرایط زیست محیطی و اکولوژیکی گونه‌های مناسب برای حفاظت دیواره‌ها
- انتخاب گونه‌های گیاهی به‌عنوان پوشش زنده و یا اندام‌های گیاهی به‌عنوان مواد غیرزنده جهت استفاده در عملیات ساماندهی و یاکمک به ایجاد پوشش گیاهی
- انتخاب روش عملیات کشت و اقدامات ساماندهی بیولوژیکی

۵-۱۱-۱-۱- مراحل اجرای عملیات استقرار پوشش گیاهی

- دادن شکل فیزیکی مناسب به دیواره‌ها

استفاده از پوشش گیاهی وقتی مقدور است که شرایط هندسی و هیدرولیکی رودخانه و به‌خصوص شیب دیواره در شرایط مطلوبی قرار داشته باشد. مثلا انحنا و زاویه ورودی به پیچ در حدی باشد که خطوط جریان موازی دیواره‌ها باشد و به عبارتی تغییرات مقطع و ابعاد آن شدید نباشد. شیب دیواره نقش مهمی در ایجاد پوشش گیاهی دارد. برای دیواره با مصالح غیرچسبنده، شیب مستقل از ارتفاع دیواره بوده و مقدار آن با توجه به بافت خاک و زاویه قرار آن قابل محاسبه است. برای دیواره با مصالح چسبنده، شیب تابع ارتفاع می‌باشد. اگرچه حداقل شیب دیواره ۱ به ۱/۵ (عمودی به افقی) بیان شده است ولی شیب ۱ به ۲ تا ۱ به ۳ برای اکثر مناطق توصیه شده است [۴].

omoorepeyman.ir

- آماده‌سازی خاک برای کشت

دیواره مورد نظر باید از نظر خاک، عمقی حداقل در حدود ۰/۵ متر داشته باشد و از نظر حاصلخیزی، مواد غذایی و شرایط فیزیکی مورد نیاز گیاه، مناسب باشد. مسایل مهم در این رابطه عبارتند از [۴]:

- فراهم نمودن شرایط مناسب بستر روی سطح شیب‌دار دیواره
- فراهم نمودن شرایط توپوگرافی برای مدیریت آینده پس از استقرار پوشش گیاهی
- فراهم نمودن شرایط مناسب عمق خاک برای گیاهان
- انجام عملیات اصلاحی خاک از نظر فیزیکی جهت سهولت در نفوذ ریشه‌ها به اعماق پایین‌تر خاک
- فراهم نمودن شرایط اولیه جهت جلوگیری از فرسایش خاک و کنترل آن از طریق کاربرد روش‌های سازه‌ای و ساده و ارزان قیمت و موقتی تا استقرار پوشش گیاهی

همان‌طور که مشخص می‌باشد آماده‌سازی خاک باید متناسب با ویژگی‌های گونه گیاهی بوده و باید براساس توصیه‌های پیشنهاد شده صورت گیرد.

- انتخاب گیاه

انتخاب گیاه برای حفاظت دیواره با استفاده از گونه‌های مختلف موجود درمنطقه و به‌خصوص شناخت گونه‌های حاشیه رودخانه است. به طور کلی گیاهان حاشیه رودخانه، ممکن است به‌صورت گیاهان آبزی[۱]، علفی[۲]، بوته‌ها[۳] و یا درختان باشند [۴].

الف- گیاهان آبزی: گیاهانی هستند که عمدتا ریشه آنها دائما در آب مستغرق بوده ولی گل، برگ‌ها و ساقه‌های آنها ممکن است خارج از آب باشند. این گیاهان در حفاظت دیواره در زیر سطح آب نقش بسیار مهمی به‌خصوص در رودخانه‌های دائمی دارند.

ب- گیاهان علفی: این گیاهان ریشه‌های عمیق و طویل با تارهای خزنده و مقاوم داشته و قدرت نفوذ و توسعه آنها در خاک زیاد است به همین دلیل می‌توانند نیروهای وارد به اندام هوایی را به‌خوبی تحمل نموده و از گسیختگی موضعی دیواره‌ها بکاهند. هر چه پوشش گیاهی علفی متراکم‌تر باشد انعطاف‌پذیری و خاصیت ارتجاعی بیش‌تری داشته و در پایداری و حفاظت دیواره‌ها موثرترند. به‌دلیل مقاومت به خشکی این گیاهان، انتخاب آنها برای کشت در سطح بالاتر از سطح آب توصیه شده است. این گیاهان همچنین مقاومت نسبت به شرایط غرقابی را دارند.

ج- گیاهان خشبی: گونه‌های خشبی یا چوبی پیش‌قراول[۴] از نظر توسعه سامانه‌های بیومهندسی بسیار حایز اهمیت می‌باشند زیرا این گونه‌ها به صورت پلی میان گونه‌های علف گندمی و لگوم‌ها و سپس توسعه و رشد و نمو سایر گونه‌های گیاهی در کناره‌ها و حاشیه رودخانه عمل می‌کنند. این دسته از گیاهان اغلب دارای ساقه‌های زیرزمینی[۵] بوده و در تثبیت ازت و فراهم نمودن شرایط مناسب برای رشد و توسعه سایر گونه‌ها نقش اساسی دارند. درختان و درختچه‌هایی که سامانه ریشه‌ای قوی با قابلیت نفوذ قائم داشته و ساقه‌های زیرزمینی و نیز ساقه‌های ریشه‌زا داشته باشند، برای کار حفاظت دیواره

1-Aquatic
2-Grass
3-Shrubs
4-Pionerring Woody Species
5-Rhyzobia

omoorepeyman.ir

بسیار مطلوب هستند. مقاومت به خشکی درختان و درختچه‌ها برای مواقع کم آبی و همچنین مقاومت بـه غرقـاب شـدن در مواقع پرآبی از عوامل انتخاب گونه‌های مختلف برای این کار است.

انتخاب نوع گیاهان و گونه‌های مناسب علاوه بر شناخت خصوصیات بیولوژیکی آنها، بستگی به شرایط اقلیمی (باران، دما و غیـره) منطقه، نوع مواد دیواره رودخانه (بافت، ساختمان، تراکم و ظرفیت رطوبتی، شوری و اسیدیته خاک) و شرایط رودخانـه از نظـر سـرعت آب و راستای آن دارد. بنابراین انتخاب نهایی گیاه براساس شرایط خاص هر منطقه و ویژگی‌های آن خواهد بود.

گیاهان علفی زمان کم‌تری را برای رشـد اولیـه و اسـتقرار و تثبیـت دیـواره لازم دارنـد در حـالی کـه گیاهـان خشـبی بـه زمـان طولانی‌تری نیاز دارد (حدود دو سال). کشت گیاهان علفی در مقایسه با کشت درختان به سرمایه‌گذاری کم‌تری نیاز دارند.

به هر حال در انتخاب گیاهان توجه به نکات زیر نیز می‌تواند راهگشا باشد [۴]:

- گونه‌های بومی و محلی شانس بیش‌تری جهت استقرار دارند.
- در انتخاب گیاهان استفاده از گیاهان سریع‌الرشد و معمولی توصیه می‌شود.
- شرایط اقلیمی در مقایسه با شرایط اکولوژیکی مورد نیاز گیاهان انتخابی مدنظر باشد.

تصمیم نهایی در مورد انتخاب نوع پوشش گیاه و همچنین نوع عملیـات سـاماندهی مـورد نیـاز براسـاس شـرایط محلـی صـورت می‌پذیرد. اصولا باید عملیات را از جایی شروع کرد که واقعا احتیاج به حفاظت داشته باشد. بسته به تغییرات تراز سطح آب در رودخانـه و نیمرخ طولی آن، رودخانه را معمولا به بازه‌های مختلف تقسیم می‌کنند و برای هر بازه براساس ویژگی‌های رودخانه و شرایط موجـود و یا قابل ایجاد برای استقرار، نوع گیاه یا گیاهان انتخاب می‌شود.

انتخاب گونه‌های گیاهی برای شرایط با تراز سطح آب در مواقع کم آبی در رودخانه‌های دائمی باید بر پایه مقاومت آنهـا بـه عمـل موج و نیروهای فرساینده جریان آب باشد. تولید، انتقال و کشت این گونه‌های گیاهی نسبتا مشکل بوده و به تغییرات ناشی از انتقـال و کاشت بسیار حساس می‌باشند.

میزان اثر موج و همین‌طور جریان در تراز آبی بده‌های متوسط بیش‌تر است و بسته به شرایط ممکن اسـت پوشـش غالـب در ایـن ناحیه به آسانی قابل تشخیص باشد. شاخ و برگ و حتی ریزوبیوم‌ها و ریشه‌های این گونه گیاهان در ترسیب رسوبات و تجمع آنهـا در حاشیه رودخانه بسیار موثر بوده و استحکام و پایداری دیواره‌ها بیش‌تر می‌شود.

- تهیه قلمه

اصولا در تثبیت بیولوژیکی دیواره رودخانه‌ها و مسیل‌ها سعی می‌شود که از کشت قلمه استفاده شود. ایـن قلمـه‌هـا ممکـن اسـت بسته به نوع گونه گیاهی از ساقه[1] و یا ریشه‌ها[2] تهیه گردد. تهیه قلمه از ساقه بـرای بسـیاری از گونـه‌هـای اعـم از انـواع چمـن‌هـا و درختچه‌ها در استقرار پوشش گیاهی مرسوم است. قلمه‌ها باید از گیاهان سالم و سریع‌الرشد و زمانی تهیـه شـوند کـه گیـاه در حالـت خواب زمستانه باشد. تهیه قلمه از گونه‌های خشبی در پاییز و زمستان بهترین شرایط را دارند زیرا مقدار کربوهیدرات‌های ذخیـره شـده

1-Stem Cutting
2-Root Cutting

omoorepeyman.ir

در بالاترین مقدار خود بوده و سبب رشد بسیار خوب قلمه‌ها در زمان کشت و در فصل بهار و یا اوایل تابستان خواهد شد. قلمه‌های گونه‌های چمنی به‌دلیل قدرت سازگاری بالا با شرایط جدید کشت، سریع جوانه‌زده و ریشه‌ها و ساقه‌های آن توسعه می‌یابند.

اگرچه تهیه قلمه‌های ریشه بسیار مشکل‌تر از ساقه است، ولی کشت مستقیم قلمه‌های ریشه در خصوص برخی از گونه‌ها که در استقرار و تثبیت بیولوژیکی دیواره موثرتر است، به کار می‌رود. بهترین اندازه قلمه‌های ریشه همانند قلمه‌های ساقه دارای قطری در حدود ۱/۵ تا ۱ سانتی‌متر و طول ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر و در زمان خواب گیاه، که دارای حداکثر ذخیره مواد غذایی است، بهترین نتیجه را می‌دهد. تهیه قلمه در زمان هرس درختان توصیه شده است [۴].

۵- ۱۱-۱- ۲- روش‌های کشت گیاهان

معمولا قلمه ریشه را یا در امتداد ریشه‌های درخت مادری و یا به صورت افقی و در عمق ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر و در شرایط خاک مرطوب و در هر زمان که شرایط جوی اجازه دهد، می‌کارند. روش کشت قلمه‌های ساقه بستگی به اهداف و یا شرایط حاکم بر وضعیت دیواره‌های رودخانه دارد که در زیر چند مورد اساسی آن اشاره می‌شود [۴]:

- کشت ساده قلمه‌ها

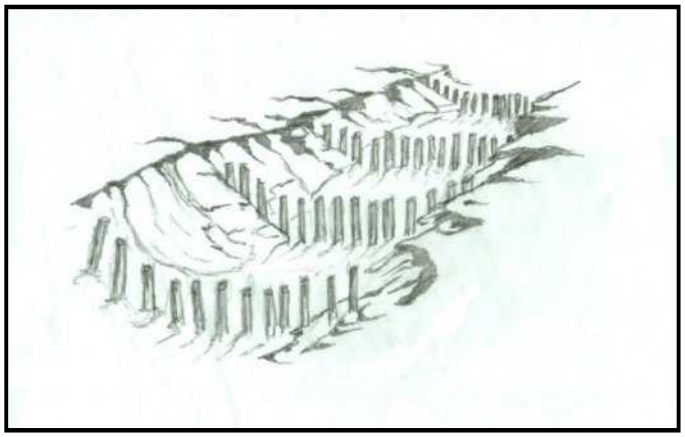
استفاده از قلمه‌های زنده[1]، گونه‌های خشبی به صورت قیم برای سایر گونه‌های گیاهی، و یا مانند شمع‌کوبی برای تثبیت مصالح ناپایدار و یا ناپیوسته، در شیب دیواره رودخانه، در خاک فرو می‌روند. این روش یکی از ساده‌ترین روش‌های تثبیت کناره به روش پوشش گیاهی می‌باشد. در این روش قلمه‌ها به صورت مجزا از هم و تا سه چهارم طول قلمه در خاک فرو می‌روند. این نسبت در مورد خاک‌های خشک تا هفت هشتم طول قلمه توصیه شده است. طول این قلمه‌ها حداقل ۴۰ سانتی‌متر و با قطر حداقل ۲ سانتی‌متر می‌باشد. کشت قلمه‌ها الزاما می‌تواند به صورت کاملا عمودی هم نباشد و برای تثبیت خاک می‌تواند عمود بر سطح شیب‌دار باشد. فاصله بین قلمه‌ها بستگی به مصالح دیواره رودخانه دارد ولی حداقل کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر نباشد.

- کشت شبکه‌ای قلمه‌ها برای رسوب‌گذاری[2]

برای کاهش حرکت رسوبات در رودخانه‌ها و مسیل‌های با شیب کم و کنترل گالی‌های با شیب زیاد و یا رودخانه‌های فصلی و همچنین تثبیت بیولوژیکی دیواره‌های رودخانه‌های بزرگ از این روش استفاده می‌شود. در این روش قلمه‌ها مطابق شکل (۵-۲۰) در چند ردیف و به صورت عرضی تا محلی که عمق و سرعت آب کم می‌باشند، کشت می‌شود. این روش سبب کاهش سرعت و رسوب‌گذاری بیش‌تر می‌گردد و با رشد قلمه‌ها شرایط برای رشد و نمو و توسعه پوشش طبیعی فراهم می‌شود.

1- Live Stacking
2- Live Silt Fence

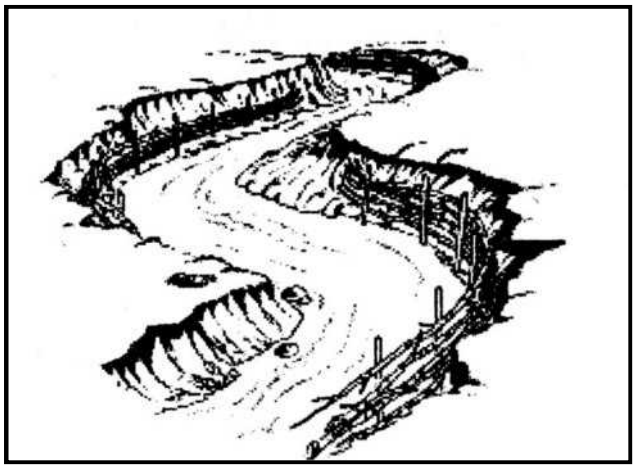
omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۲۰- کشت شبکه قلمه‌ها برای رسوب‌گذاری

- کشت طولی قلمه‌ها برای حفاظت کناره‌ها[1]

در این روش قلمه‌ها مطابق شکل (۵-۲۱) در امتداد کناره رودخانه کشت می‌شود و به منظور تثبیت کناره‌های رودخانه‌هایی که در اثر جریان‌های با مواد محموله در معرض تخریب قرار دارند و همچنین در حفاظت از جاده‌ها و یا آبگذرها به کار می‌برند. از این روش در تثبیت پیچ داخلی رودخانه نیز استفاده می‌شود. پشت این ردیف قلمه‌های کشت شده را از خاک مناسب پر می‌کنند و باید از به‌کار بردن قلوه سنگ و سنگ‌های بزرگ پرهیز کرد زیرا در فصل تابستان و کم آبی سبب خشک شدن قلمه‌ها می‌شود. رشد و نمو این قلمه‌ها، منطقه پوشش گیاهی حاشیه‌ای را فراهم می‌کند.



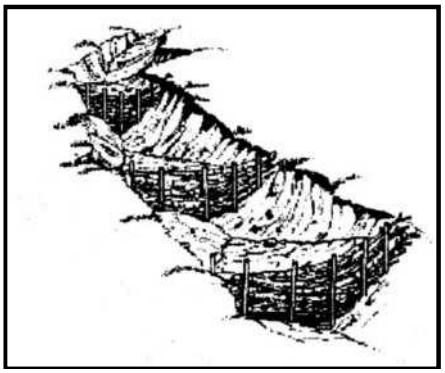
شکل ۵- ۲۱- کشت طولی قلمه‌ها برای حفاظت کناره‌ها

- کشت قلمه‌ها برای کنترل آبراهه‌های کوچک[2]

در برخی حالات برای شکستن شیب طولی آبراهه‌های کوچک در سرشاخه‌ها مطابق شکل (۵-۲۲) اقدام به کشت قلمه گونه‌های خشبی می‌شود تا از تجمع هم زمان رواناب جلوگیری شده و سرعت جریان آن کاهش یابد تا فرسایش و گسترش گالی کنترل شود.

1- Live Bank Protection
2- Live Gully Breaks

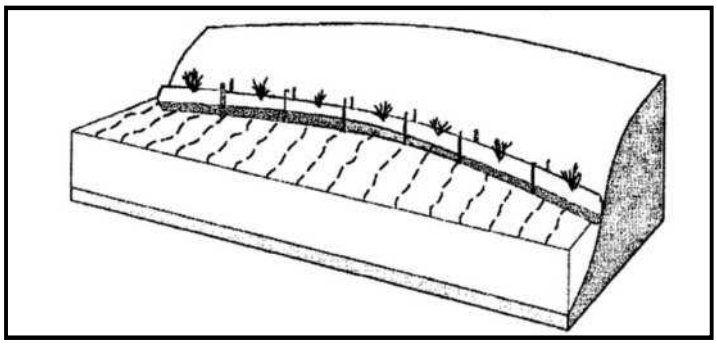
omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۲۲- کشت قلمه‌ها برای کنترل آبراهه‌های کوچک

- **کشت قلمه در پناه کنده درختان و یا الوار چوبی[1]**

در این روش با مستقرکردن الوار چوبی و یا کنده‌های تازه درختان با طولی حدود ۲ متر و به صورت افقی و در خلاف جهت شیب دیواره‌ها مطابق شکل (۵-۲۳) شرایط برای کشت قلمه‌ها در پناه آن فراهم می‌شود. مزیت استفاده از کنده درختان در جوانه زدن آنها در تماس با خاک می‌باشد که خود سبب توسعه پوشش گیاهی خواهد شد و در جلوگیری از ریزش مصالح به رودخانه نقش بسیار خوبی دارد. ممکن است از ایجاد شیار طولی در جهت عمود بر شیب روی دیواره و خوابانیدن قلمه‌ها با فواصل مناسب نیز استفاده کرد.



شکل ۵- ۲۳- کشت قلمه در پناه کنده درختان و یا الوار چوبی

۵-۱۱-۱-۳- مدیریت پوشش گیاهی روی دیواره رودخانه

دیواره رودخانه را از نظر فیزیکی و هیدرولیکی در ارتباط با پوشش گیاهی مطابق با شکل (۵- ۲۴) به سه بخش می‌توان تفکیک نمود [۴]:

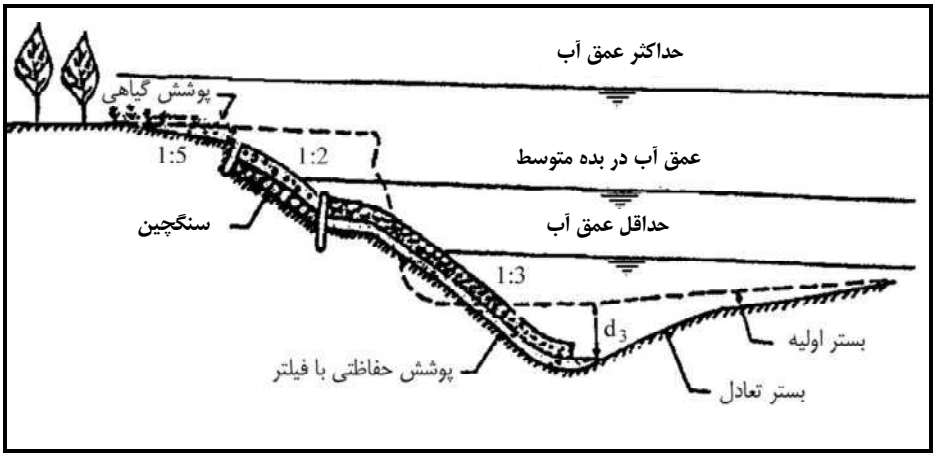
۱- تراز زیر سطح کم آبی یا دیواره پایین[2]: این قسمت حد فاصل کف بستر رودخانه تا سطح متوسط کم آبی است که همواره در معرض جریان آب قرار دارد.

۲- سطح دیواره میانی: حد فاصل سطح متوسط کم آبی تا سطح متوسط میانگین است که به‌طور متناوب با آب در تماس می‌باشد.

۳- ساحل بالا[3]: این قسمت به‌ندرت و تنها در مواقع رویداد سیلاب‌های بزرگ به طور موقتی غرقاب می‌شود.

1- Modified Brush Layers
2-Low Bank
3-Face of Bank

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۲۴- بخش‌های مختلف دیواره رودخانه در ارتباط با پوشش گیاهی [۴]

اکنون به حفاظت هر کدام از این بخش‌های سه‌گانه پرداخته می‌شود:

الف- حفاظت دیواره پایین: این بخش همیشه مستغرق بوده و تحت تاثیر سرعت و تنش برشی دائمی جریان آب است. از این‌رو ایجاد پوشش گیاهی نه تنها مشکل است بلکه ممکن است موثر هم نباشد و از طرفی ظرفیت عبور آب را هم کاهش می‌دهد. در بسیاری از مناطق شاید بتوان از گیاهان آبزی برای حفاظت دیواره در این قسمت استفاده نمود. رسته مهندسی ارتش آمریکا [۴]، کشت درختان مقاوم به شرایط غرقابی را که دارای سامانه ریشه‌ای قوی و اندام بیرونی انعطاف‌پذیر هستند برای کشت در محل پنجه دیواره جهت حفاظت از کنش توصیه نموده است. در هر صورت استفاده از روکش‌های ساختمانی و یا آبشکن‌ها برای حفاظت از این قسمت مطمئن‌تر است.

ب- حفاظت سطح دیواره میانی: استقرار پوشش گیاهی در این قسمت می‌تواند در حفاظت دیواره‌ها موثرتر باشد ولی به دلیل این‌که به‌صورت متناوب در معرض جریان سیلابی قرار می‌گیرد باید دارای ریشه‌های قوی و خزنده، اندام بیرونی انعطاف‌پذیر و ارتجاعی باشد. یک پوشش گیاهی چمنی خوب می‌تواند سرعت جریان را روی دیواره تا ۹۰ درصد کاهش دهد. برای این منظور گیاهان علفی و کوتاه با سطح تراکم زیاد و سریع‌الرشد در ترکیب با گیاهان خشبی و درختچه‌ای کوتاه و انعطاف‌پذیر توصیه شده است.

ج- حفاظت ساحل بالا: استفاده از پوشش گیاهی برای حفاظت این بخش از رودخانه موثرترین و اقتصادی‌ترین روش است. ایجاد پوشش در این قسمت باید با ایجاد پوشش ترکیبی از گیاهان علفی، بوته‌ای و کشت درختان باشد. ولی چون به‌ندرت در معرض آب قرار می‌گیرند و تبخیر هم سبب تجمع املاح در سطح خاک می‌گردد، لذا باید از گونه‌های مقاوم به خشکی و شوری استفاده گردد. اگر دیواره رودخانه کوتاه باشد، کاشت درختان با ریشه عمیق و قائم در ساحل بالای رودخانه می‌تواند پنجه دیواره را از خطر آبشستگی محافظت نماید.

نکاتی را که باید در موقع استفاده از گیاهان برای حفاظت و تثبیت دیواره رودخانه مورد توجه قرار داد، عبارتند از [۴]:

۱- خاک‌های سنگین و چسبنده مانع نفوذ ریشه و جذب آب بوده و در دوره خشکی و حرارت زیاد نیز در اثر انقباض امکان ترک و شکاف دارند لذا برای استفاده از پوشش گیاهی مناسب نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

۲- خاک‌های ماسه‌ای و غیرچسبنده فاقد ساختمان بوده و مقدار مواد آلی آنها کم است و لذا کاشت و استقرار پوشش گیاه علفی (چمنی و بوته‌ای) نیاز به تامین بستر مناسب و در عین حال غنی از مواد آلی و نفوذپذیر دارند. افزودن یک لایه خاک سطحی زارعی به ضخامت ۱۰-۵ سانتی‌متر روی این نوع دیواره‌ها توام با زدن غلطک سبک و استقرار پوشش گیاهی کمک می‌کند.

همین‌طور استفاده از مالچ‌های نفتی و توام با بذرپاشی و یا نهال‌کاری توصیه می‌شود. مقدار توصیه شده ۲- ۱ لیتر مالچ نفتی در هر متر مربع سطح کناره رودخانه می‌باشد.

۳- کشت گیاهان علفی را به صورت بذرپاشی با نشاکاری و بوته‌کاری و درختان را با نهال‌کاری می‌توان انجام داد.

۴- زمان کاشت با توجه به نوع گیاه باید در فصل مناسب رشد سریع و نیاز آبی کم انجام داد.

۵- ۱۲- انحراف جریان‌های پر رسوب در بالا دست آبگیرها

۵-۱۲- ۱- انحراف دهنده‌های رسوب[1]

انحراف دهنده‌های رسوب، سازه‌هایی هستند که بر روی کانال و در ترازی بالاتر از کف آن سوار شده و مانع عبور قسمت عمده‌ای از رسوب موجود در رودخانه به کانال می‌شود. این سازه‌های انحراف رسوب می‌توانند به گونه‌ای تنظیم و جایگذاری شوند که تنها قسمت کوچکی از جریان‌های مملو از رسوب را از جریان آب جدا کنند [۳۷]. از لحاظ تاریخی، سازه‌های ابتکاری گوناگونی برای رسیدن به این منظور استفاده شده است. قسمتی از آنها براساس روابط تئوری و قسمتی دیگر براساس مدل‌های فیزیکی و ریاضی و قسمتی تلفیقی از هر دو بوده‌اند. همچنین سازه‌های زیادی نیز از نتایج سعی و خطا و ساخت تجربی سازه‌های انحراف رسوب در کانال به‌دست آمده است.

با این‌حال هنگامی که رسوب فراوان به صورت معلق در جریان موجود است، برای خارج نمودن آن به حوضچه‌های ته‌نشینی نیاز است. حوضه‌های ته‌نشینی[2] جهت ترسیب و تله‌اندازی رسوب در موقعیت‌های از قبل تعیین شده در طول کانال طراحی می‌شوند به گونه‌ای توسط این جایگاه‌ها، عملیات حذف و انتقال رسوب از کانال به فوریت انجام گیرد. هر کدام از انواع این روش‌ها و سازه‌های حذف رسوب باید متناسب با شرایط خاص عملیاتی منطقه طرح استفاده قرار گیرد [۳۷].

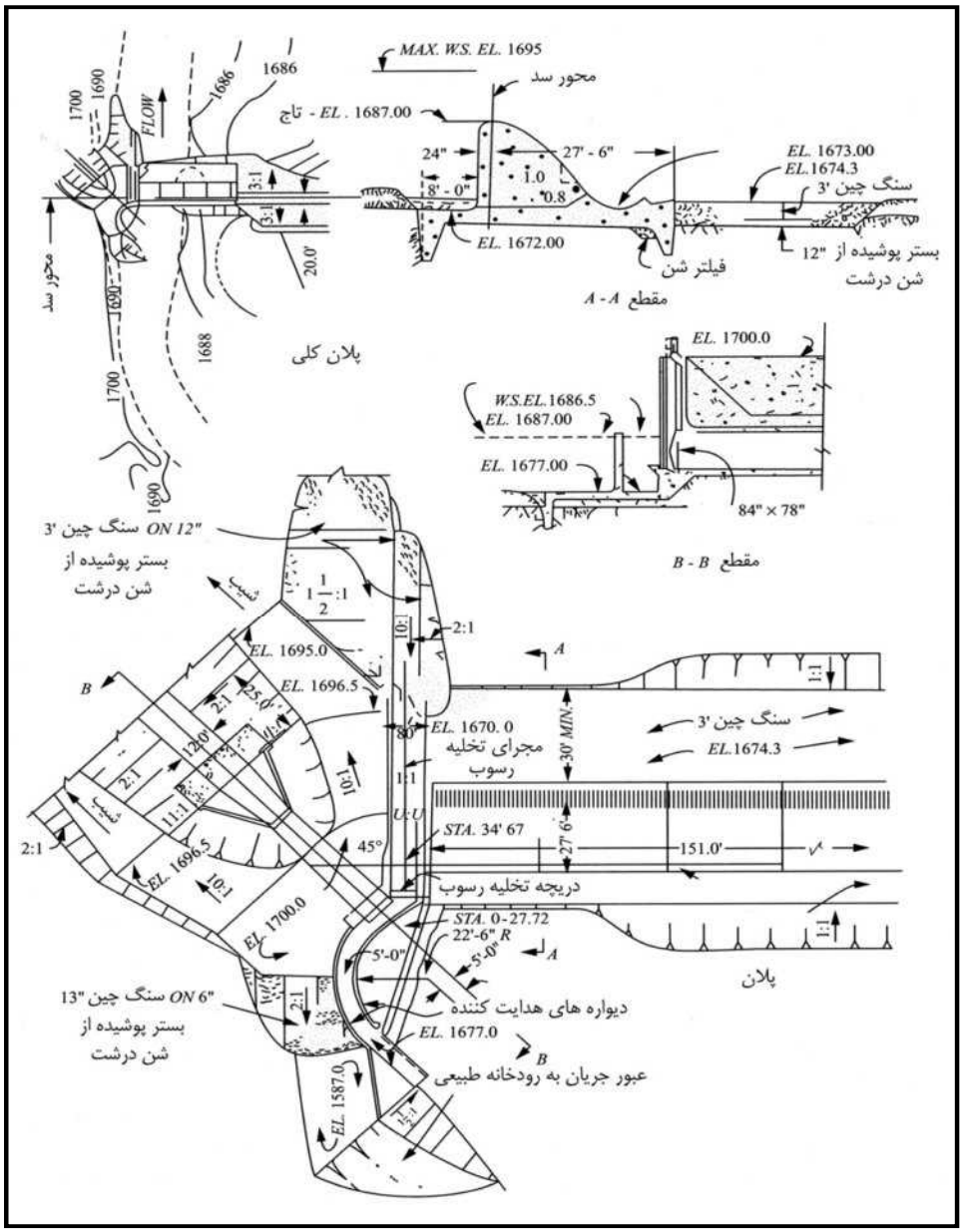
۵-۱۲-۱- ۱- کناره‌ها و دیواره‌های انحراف جریان[3]

دیواره‌های هدایت کننده (انحراف دهنده) معمولا در کناره‌های جریان به صورت منحنی شکل و قوس‌دار ساخته می‌شود. این دیواره‌ها با القای یک جریان ثانویه از نوع چرخش‌های حلزونی، باعث شسته شدن بار بستر در لایه‌های پایینی جریان شده و از مسیر اصلی حرکت آب (که معمولا در حال عبور از سازه‌های کنترل می‌باشند) دور می‌شوند. سرعت جریان مابین دیواره‌های هدایت کننده باعث حرکت رسوب بستر به سمت دریچه‌های تخلیه رسوب که در کناره‌های سازه‌های کنترل (مثل سدهای انحرافی، سازه‌های تنظیم، سرریز و ...) نصب شده‌اند می‌گردد. تراز آب‌گیری معمولا بسیار بالاتر از دریچه‌های تخلیه رسوب بوده به گونه‌ای که رسوب شسته شده بستر در تراز پایینی جریان به راحتی به دریچه‌های تخلیه رسوب رسیده و منحرف می‌گردد. آب نسبتا شفاف و عاری از

1- Sediment Diverters
2- Settlement Basins
3- Walls and Banks Training

omoorepeyman.ir

رسوب محدوده‌ی بالایی جریان نیز از طریق دریچه‌هایی به کانال‌های مورد نظر انتقال داده می‌شود [۳۷]. برای نمایش این سازه، سد انحرافی ووداستون[1] بر روی رودخانه‌ی سولمون[2] به صورت پلان و مقاطع در شکل (۵–۲۵) ارائه شده است.



شکل ۵- ۲۵- جزییات طراحی دیواره‌های انحراف جریان در کانال اسبورن در سد انحرافی وود استون در ایالت کانزاس ایالات متحده

برای کارکرد مناسب این سازه باید آب کافی در کانال جریان داشته باشد تا چرخش‌های ثانویه به صورت مطلوب شکل گرفته و عملیات تخلیه رسوب انجام گیرد. سد ووداستون، ابتدا به صورت مدل ساخته شد و نسبت Cr در آن برابر ۰/۵۱ بود. $C_r = \frac{C_s}{C_n}$ است که C_s، غلظت رسوب عبوری در کانال برای مصارف مورد نیاز و C_n ، غلظت رسوب جریان در کانال‌های تخلیه رسوب می‌باشد [۳۷].

1- Woodston Diversion Dam
2- Solomon

omoorepeyman.ir

سرریزهای اوجی شکل، عموما باعث پر شدن مخازن سدهای انحرافی از رسوب می‌گردند. در این حالت، ادامه عملیات دریچه‌های تخلیه رسوب با مشکل مواجه شده و باید برای تخلیه رسوب بده کم‌تری به کانال وارد کرد و با جریان کم‌تری شبکه را فعال نگه داشت. چنانچه شرایط جریان به شکلی درآید که جریانی از روی سرریزها عبور نکند (بده در کل شبکه کاهش یابد)، مقدار زیادی بار رسوبی از بین دیوارهای هدایت کننده وارد کانال می‌شوند. توصیه می‌شود با نگه داشتن حداقل سرعتی بین ۲/۵ تا ۳ متر بر ثانیه در کانال درصد زیادی از بار بستر به دورن دریچه‌های تخلیه رسوب هدایت شود.

کناره‌ها یا سواحل هدایت کننده[1] نیز به‌صورت منحنی شکل بوده و دارای کاربردی مشابه دیواره‌های هادی می‌باشد. این نوع سازه‌ها باعث دور نگه داشتن بار رسوبی از کانال‌های آبگیری می‌شود. این سازه به‌طور گسترده و به صورت قوس‌دار جهت ایجاد جریان‌های عرضی و چرخشی در دوسوی رودخانه استفاده می‌شود. در این روش هنگامی که کناره‌های هدایت کننده انحنادار ساخته می‌شوند، جزیره‌ای در وسط جریان به صورت خودکار شکل می‌گیرد (مشابه رودخانه‌های شریانی) چرا که بارهای رسوبی از دو ساحل رودخانه به سمت مرکز آن هدایت شده و در آن نقطه ترسیب می‌شوند.

مدل سد کوتری[2] [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶] که از وجود کناره‌های هادی و جزیره مرکزی بهره برده است در شکل (۵- ۲۶) نمایش داده شده است. سد در دو قسمت طراحی شده و از جزیره طبیعی برای تامین انحنای مقعر در هر دو سوی رودخانه بهره گرفته شده است. این جانمایی برای خارج نمودن بار بستر از رودخانه در محل انحراف به کانال فوللی[3] موثر واقع شد. کارکرد دریچه‌های سد برای پررنگ کردن چرخش‌های ثانویه و انحنا در جریان با وجود تمامی تلاش‌ها در مدل، بی اثر جلوه کرد. برای بهبود وضعیت آبگیرها و کاهش رسوب ورودی به آنها در کانال فوللی، وسایل و اصلاحاتی مطابق شکل های (۵- ۲۷ و ۵- ۲۸) بر روی مدل مذکور لحاظ گردید.

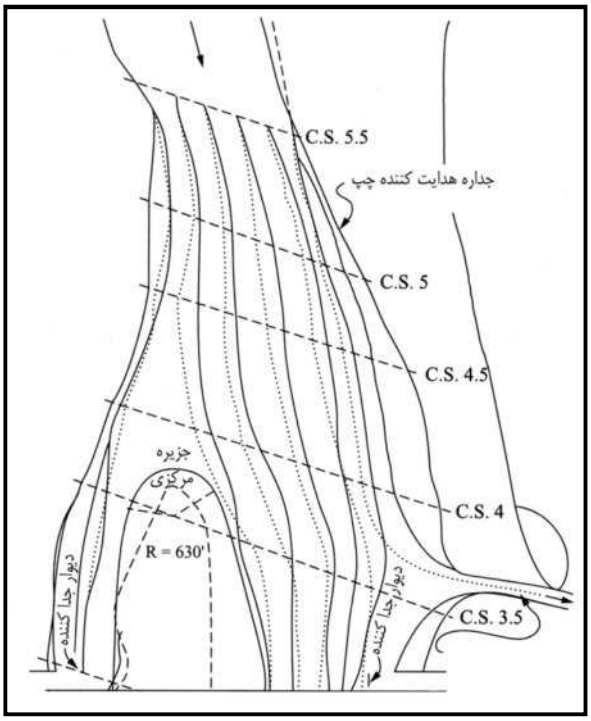
این وسایل عبارتند از [۳۷]:

- توسعه دیوارهای هادی (دیوارهای تقسیم کننده)
- اصلاح در انحنای مقعر هدایت کننده‌های سمت چپ
- تغییر در انحنای محدب جزیره موجود
- نصب تیغه‌های هدایت کننده[4] با طول‌های متفاوت در مناطق مختلف

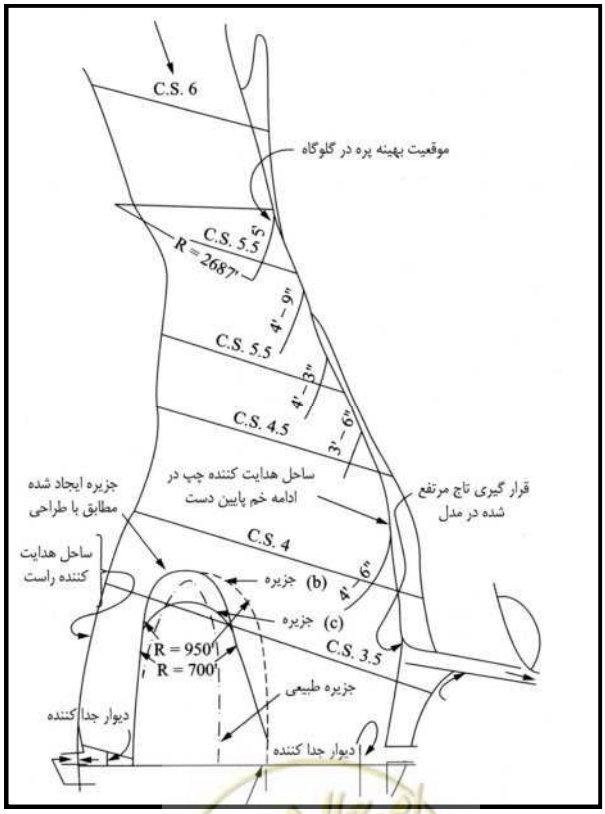
مطالعات مدل هیدرولیکی سد کورتی نشان داد که انتخاب یک مکان ساده در ساحل خارجی یک خم برای جلوگیری از ورود رسوب اضافه، کافی نمی‌باشد. این مطالعات نشان داد که نقطه انحراف آب باید در پایین دست خم (انحنای ساحل رودخانه) در محلی قرار بگیرد که جریان‌های حلزونی شکل گرفته (که برای شستن بارهای بستر در نظر گرفته شده‌اند) به توسعه کامل برسند. این محل، بسته به اندازه و مقدار بار رسوبی، سرعت جریان و نیز هندسه مقطع جریان متغیر می‌باشد. در این مورد امکان این که بتوان پیش‌بینی نمود کدام یک از پارامترهای مذکور نتیجه بهتری می‌دهد، وجود نداشت. در نتیجه انتخاب محل مناسب برای انحراف جریان کم رسوب باید به مطالعات مدل سپرده شود. چنانچه امکان ساخت مدل موجود نباشد، محل انحراف را می‌توان در $\frac{۲}{۳}$ تا $\frac{۳}{۴}$ طول انحنا از ابتدای خم در نظر گرفت. اطمینان حاصل شود که محل مورد نظر جایی است که جریان‌های عرضی ثانویه توسعه یافته‌اند و به صورت موثر در بالا دست سازه‌های انحراف عمل می‌کنند [۳۷].

1- Guide Banks
2- Kotri
3- Fuleli
4- vane

omoorepeyman.ir

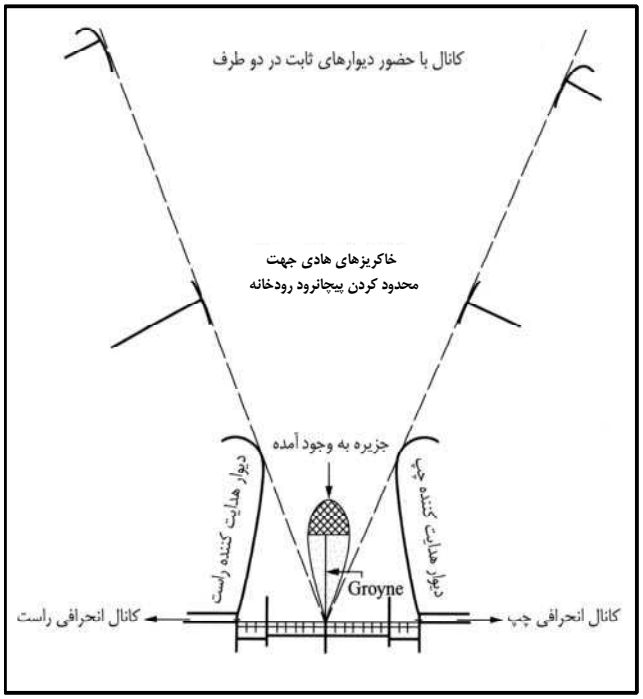


شکل ۵- ۲۶- جزییات طراحی کناره‌های هدایت کننده جریان و جزیره‌ی مرکزی آن در مدل سد انحرافی کورتی در پاکستان [۳۷]



شکل ۵- ۲۷- جزییات طراحی کناره‌های هدایت کننده جریان و جزیره مرکزی آن در مدل اصلاح شده‌ی سد انحرافی کورتی در پاکستان[۳۷]

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۲۸- نمایی از آرایش سد انحرافی کورتی ساخته شده در پاکستان [۳۷]

۵-۱۲-۱-۲- پاکت و دیوار تقسیم کننده[1]

این سازه برای کاهش رسوبات ورودی به کانال آبگیری ساخته شده و به‌صورت دیوار تقسیم کننده در بالا دست سد و نیز شکل دادن یک فضای کوچک[2] در جلوی ورودی کانال آبگیری می‌باشد. چنانچه عبور آب از سد توسط سازه‌های دریچه‌ای باشد، قسمتی از آب توسط دیواره‌های مذکور به سمت دریچه‌های تخلیه رسوب هدایت شده و مابقی آن به سمت دریچه‌های موجود بر روی سد می‌رود. چنانچه عبور آب از روی سد به‌صورت سرریز باشد، عمده عملکرد دیواره‌های تقسیم کننده، ایجاد یک فضای کوچک در جلوی کانال آبگیری با سرعت جریان پایین می‌باشد که باعث ترسیب رسوبات در این فضا شده و از حجم رسوب ورودی به کانال می‌کاهد. رسوبات ترسیب شده در این فضا پس از باز شدن دریچه‌های تخلیه توسط آشفتگی جریان ایجاد شده، شسته شده و از طریق دریچه‌های رسوب خارج می‌شوند.

تخلیه رسوبات این فضا می‌تواند توسط راکد نمودن آب قسمتی از این فضا انجام گیرد که در آن به‌صورت دوره‌ای این شستشو انجام گیرد و یا این‌که در صورت وجود آب کافی برای خروج رسوبات، این عمل مداوم انجام گیرد. در محلی که روش رکود آب و ترسیب رسوبات انجام می‌گیرد، بهتر است در هنگام شستشوی رسوبات و عمل تخلیه رسوب، دریچه‌های کانال آبگیری بسته باشد. این عمل خصوصا در مکان‌هایی توصیه می‌شود که درصد زیادی از جریان آب برای شستشوی رسوبات انحراف می‌یابد چرا که باید رسوبات به صورت معلق در آمده و توسط دریچه‌ها تخلیه شوند. در مکان‌هایی که سدهای انحرافی به صورت دریچه‌ای عمل می‌کنند، میزان باز شدگی دریچه‌ها، تاثیر زیادی بر روی میزان رسوبات وارد به کانال‌های آبگیری می‌گذارد. دریچه موجود در سدهای انحرافی که از نقطه انحراف کانال‌های آبگیری فاصله دارند، باید برای انتقال بیش‌ترین جریان، باز شود و نیز دریچه‌های نزدیک محل ترسیب رسوبات در نزدیکی آبگیرها باید حداقل باز شدگی را داشته باشند. بنابراین افزایش بده دریچه‌های دورتر باعث ایجاد یک جریان چرخشی شده و

1- Pocket and Divider wall
2- Pocket

omoorepeyman.ir

رسوبات را به سمت خود کشیده و از دریچه‌های آبگیرها دور می‌نماید. چنانچه آبگیرها در دو سمت انتهای سد موجود باشند، برای کاهش ورود رسوبات باید دریچه‌های میانی سد با بازشدگی بیش‌تری همراه شوند تا مقصود حاصل شود.

می‌توان با تنظیم نسبت سرعت در دو سوی دیوار تقسیم کننده (که باعث شکل‌گیری فضای ترسیب و سپس شستشو می‌شود)، میزان رسوبات خارج شده از ورودی دهانه آبگیر را تا حد مشخصی افزایش داد. این عمل با تنظیم باز شدگی دریچه‌های تخلیه رسوب و نیز دریچه‌های سد مجاور دیوار تقسیم کننده (باتنظیم هم‌زمان این دو دریچه) انجام می‌گیرد. همچنین آگاهی از نسبت $\frac{V_r}{V_p}$ نیز نیاز می‌باشد [۳۷].

V_r = سرعت جریان در سمت رودخانه‌ای دیوار و V_p = سرعت جریان در سمت فضای پاکت مانند دیوار تقسیم کننده می‌باشد.

چنانچه این نسبت بزرگ‌تر از ۱ شود، جریان‌های شکل گرفته در بستر به سمت دماغه دیوار تمایل پیدا کرده و به همراه رسوبات بستر به جناح رودخانه‌ای دیوار حرکت می‌کند و از دهانه‌ی آبگیرها دور می‌شوند. چنانچه این نسبت برابر واحد شود، یک نوع تساوی بین جریان و رسوبات در دو سوی دیوار تقسیم کننده اتفاق افتاده و رسوبات با نسبت مساوی بین دو سوی دیوار تقسیم می‌شود. نهایتا چنانچه این نسبت کم‌تر از یک باشد، رسوبات بیش‌تری وارد پاکت شده و میزان رسوب ورودی به آبگیرها افزایش می‌یابد.

به طور کلی طول دیوار تقسیم کننده بستگی به ماهیت طرح و نیز نسبت جریان آبی دارد که باید به کانال یا کانال‌های آبگیری منتقل شود و چنانچه ماهیت طرح احداث دیوار تقسیم کننده، ایجاد یک انحنا در مسیر جریان و نیز استفاده از عمده جریان آب برای تخلیه‌ی رسوبات به دریچه‌های تخلیه رسوب باشد، آنگاه طول این دیوار و زاویه آن باید توسط مطالعات مدل فیزیکی– هیدرولیکی تعیین شود (شکل ۵- ۲۹). از طرفی دیگر، چنانچه طرح چنین دیواری جهت انتقال عمده آب به کانال‌های آبگیر باشد آنگاه نیازی نمی‌باشد که طول دیوار تا بالادست کانال آبگیر ادامه پیدا کند. اصولا در چنین مواقعی طول کانال از ابتدا سد تا $\frac{۲}{۳}$ فاصله سد تا کانال آبگیر بالادست کفایت می‌کند. عرض بهینه و نیز عمق پاکت در زیر دهانه آبگیر بهتر است توسط مدل هیدرولیکی تعیین شود [۳۷]. با این حال سطح مقطع پاکت باید برای انتقال آب به آبگیرها و نیز دریچه‌های تخلیه رسوب به اندازه کافی بزرگ باشد و هم‌زمان باید به اندازه کافی کوچک باشد تا بتواند سرعت لازم را برای شستشو و نیز توانایی تامین جریان مناسب در تقابل با شرایط رودخانه را دارا باشد. پاکت معمولا به آرامی به سمت دریچه‌های تخلیه رسوب همگرا شده (که به پاکت‌های مستقیم ترجیح داده می‌شود) و به این دلیل باعث آبشستگی بیش‌تر رسوب در دهانه‌ی آبگیر می‌شود. هم‌گرایی بزرگ‌تر از ۱۰: ۱ ممکن است مانع عبور جریان مناسب از دریچه‌های مجاور بر روی سد شود. همچنین، ورودی بزرگ نیز، تاثیر شستشو در بالادست پاکت را کاهش می‌دهد. تراز کف کانال آبگیر باید یک سوم (۱/۳) عمق آب از کف در قسمت پاکت قرار گیرد. این افزایش تراز کف، باعث عدم ورود بار بستر به آبگیر شده و تنها آب موجود در دو سوم (۲/۳) عمق را که دارای رسوب کم‌تری است، وارد آبگیر می‌کند. این عمل در دراز مدت اثرهای بسیار مثبتی را نشان می‌دهد و موثر بودن خود را ثابت می‌کند. رسوب موجود در ۱/۳ پایینی جریان به تدریج ترسیب شده و بر روی هم جمع می‌شود. عمق ۱/۳ برای جمع‌آوری رسوبات، عمق مناسبی است و چنانچه برنامه‌های شستشو دوره‌ای به گونه‌ای تنظیم شود که با پر شدن این عمق شستشو انجام گیرد، این راه، روش مناسبی برای کنترل بار بستر خواهد بود [۳۷].

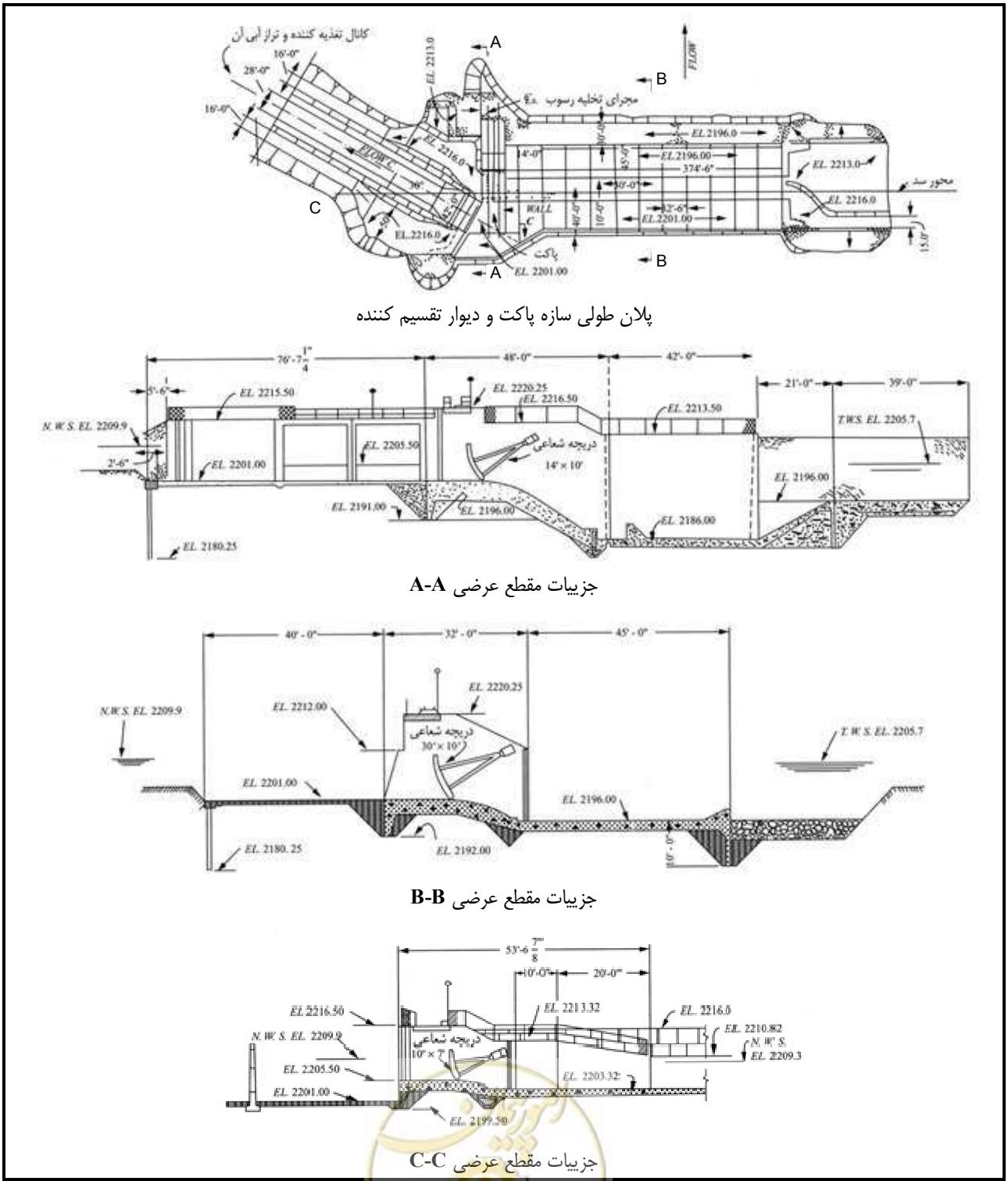
۵- ۱۲-۱- ۳- سازه‌های شن‌گیر[1]

سازه‌ی شن‌گیر سازه‌ای است که به طور وسیع در کشورهای هندوستان و مصر مورد استفاده قرار می‌گیرد این وسایل در حقیقت موانع کوتاهی در مسیر جریان هستند. این موانع کوتاه موقتی در ایالات متحده آمریکا با نام Skimming Weir شناخته می‌شود چرا که یک لایه فوقانی از آب عبوری از سازه‌ی مذکور وارد کانال شده که آب شفاف و زلال بوده و لایه‌های تحتانی و پر رسوب جریان

1- Sand Screen

omoorepeyman.ir

از کانال اصلی دور می‌شود [۳۷]. این وسیله باعث انتقال و دور شدن رسوبات از کانال انحرافی شده و جریان پر رسوب را دوباره به جریان اصلی (در مسیر اصلی رودخانه) باز می‌گرداند. به هر صورت آب عاری از رسوب به واسطه این سازه به کانال انحرافی وارد می‌شود. تاج سازه فوق در ترازی قرار می‌گیرد که رسوبات به شکل موثری از کانال دور شده و برای کنترل تغییرات تراز آب و عدم تاثیر آن بر عملکرد سازه مذکور از تخته‌هایی بر روی این موانع استفاده می‌شود.



پلان طولی سازه پاکت و دیوار تقسیم کننده

جزییات مقطع عرضی **A-A**

جزییات مقطع عرضی **B-B**

جزییات مقطع عرضی **C-C**

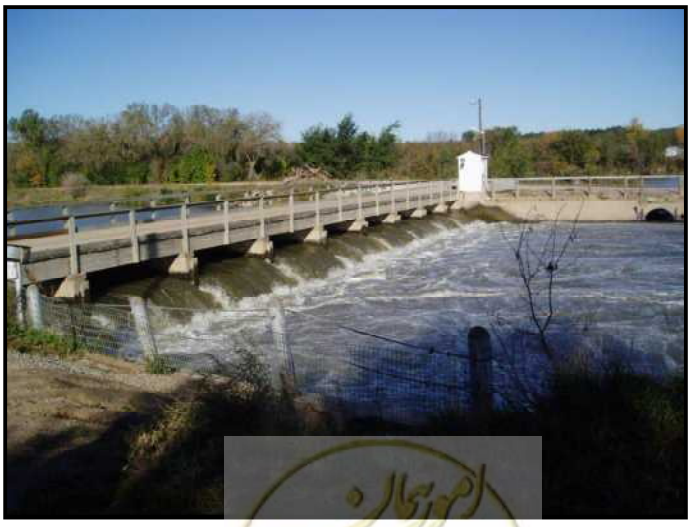
شکل ۵- ۲۹- جزییات طراحی دیوار تقسیم کننده و پاکت در یک طرح اجرا شده [۳۷]

omoorepeyman.ir

معمولا بهترین عملکرد این سازه (شکل ۵-۳۰) در رودخانه‌هایی است که دارای بار بستر از نوع شن یا دیگر مواد دانه درشت باشد. برای موثر بودن سازه فوق باید مقدار کافی و مناسبی از جریان در محل انحراف موجود باشد تا بتواند رسوباتی را که تمایل به ترسیب در وجه بالا دست این سازه را دارند، منحرف نماید. در غیر این صورت، رسوبات امکان ترسیب را پیدا کرده و سپس با ایجاد یک جریان نرمال، از مسیر تخلیه منحرف و با عبور از روی سرریز وارد کانال انحرافی می‌شوند. این شرایط به ویژه در مواقعی که نرخ جریان عبوری از روی سازه شن‌گیر خیلی زیاد می‌باشد، صادق است.

به هر صورت میزان جریان عبوری مناسب برای عملکرد مثبت سازه مذکور باید توسط آزمایش و تجربه تعیین گردد. چرا که این مقدار جریان بستگی به اندازه دانه‌ی رسوبی، شرایط هیدرولیکی و دیگر شرایط وابسته داشته که غیرقابل پیش‌بینی است. در بعضی موارد استفاده از یک لایه ورق نازک یا یک پیشامدگی در تاج دیواره‌های موقتی که اندکی هم به بالا دست گسترش داده شود، می‌تواند در بهبود عملکرد سازه مذکور موثر باشد. در این مورد نیز جریان آب عبوری باید به اندازه کافی سریع باشد که بتواند رسوبات بستر را قبل از رسیدن به نقطه انحراف، به سمت دریچه‌ای تخلیه رسوب هدایت کند.

نمای بالادست سازه شن‌گیر



نمای پایین دست سازه شن‌گیر

شکل ۵- ۳۰- عکس یک سازه شن‌گیر بر روی رودخانه لوپ واقع در آمریکا

omoorepeyman.ir

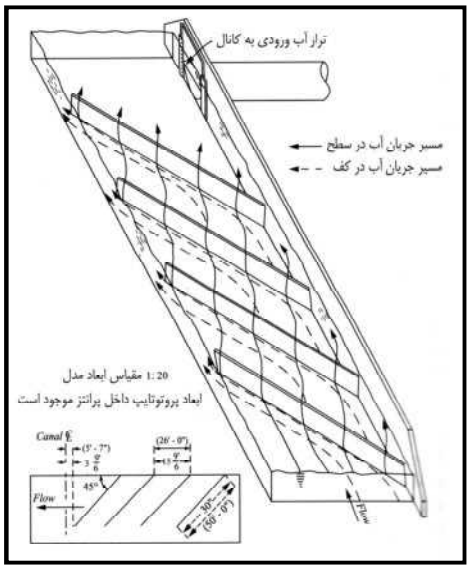
۵-۱۲-۱-۴- پره‌های هدایت کننده[1]

شکل‌های (۵-۳۱- الف) و (۵-۳۱- ب) نمایی از نوعی سازه‌ی انحراف رسوب می‌باشد که به پره‌های هدایت‌کننده معروف هستند. این سازه با تشکیل جریان‌های متمرکز حلزونی شکل، باعث زدودن رسوب از مناطق حساس شده و با هدایت آن، از ورود به آبگیرها جلوگیری می‌کند. این نوع جریان‌های ثانویه (حلزونی شکل) آن‌چنان که در سطور قبلی ذکر شد، به طور طبیعی در اطراف خم‌ها (سواحل انحنادار) شکل می‌گیرد. پره‌های هدایت کننده به دو نوع می‌باشند [۳۷]:

۱- پره‌های هدایت کننده کفی که لبه‌های تحتانی آن بر روی بستر رودخانه یا در نزدیکی آن قرار می‌گیرد شکل (۵-۳۱- الف). در این حالت پره‌ها، جریان‌های نزدیک به بستر رودخانه را به طور مستقیم هدایت می‌کنند. ابعاد و زوایای طراحی این نوع پره در یک پروژه موفق نیز به صورت مدل هیدرولیکی در شکل (۵-۳۱- الف) قابل مشاهده است.

۲- پره‌های سطحی که به گونه‌ای در نزدیکی سطح قرار می‌گیرند که بتوانند به‌واسطه تاثیر بر جریان سطحی، آن را هدایت نمایند شکل (۵-۳۱- ب).

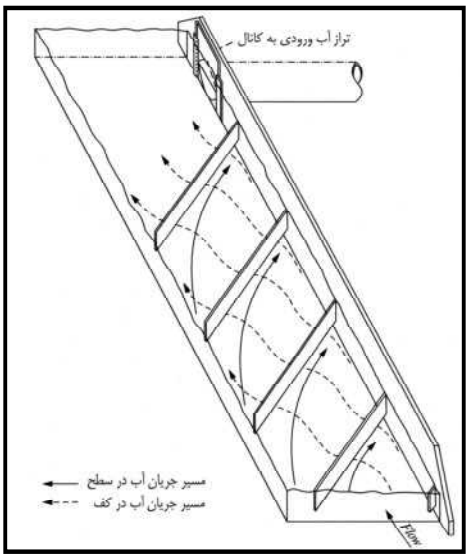
آن‌چنان که در شکل (۵-۳۱- الف) نمایش داده شده، پره‌های مستغرق کفی جریان‌های تحتانی رودخانه را از ورودی‌های آبگیرها دور می‌نمایند. چرا که بیش‌ترین بار رسوبی (بار بستر) در این جریان‌ها تمرکز یافته است. پره‌های موجود در شکل (۵-۳۱ – ب) جریان‌های سطحی رودخانه را هدایت می‌نماید که معمولا دارای رسوبات نسبتا اندکی بوده و از ورود این رسوبات به کانال انحرافی جلوگیری می‌کند. این شکل از پره‌ها، همچنین باعث ایجاد یک جریان عرضی شده که رسوبات بستر را نیز از آبگیرها دور می‌نماید.



شکل ۵- ۳۱- الف - جزییات طراحی پره‌های هادی کفی در یک مدل هیدرولیکی [۳۷]

1- Guide Vanes

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۳۱- ب- جزییات طراحی پره‌های هادی سطحی در یک مدل هیدرولیکی [۳۷]

استفاده از پره‌های سطحی نشان داد که آنها نیز دارای کارآیی مناسبی مشابه پره‌های کفی بوده و توانایی کاهش بارهای بستر را در ورود به کانال دارا هستند. به هر صورت به کارگیری این پره‌های سطحی در بالا دست پره‌های کفی می‌تواند در بالا بردن توانایی سامانه در تله‌اندازی و انحراف رسوبات معلق گلی[1] موثر باشد چرا که این رسوبات می‌توانند مشکلات متعددی را باعث شوند. در نهایت استفاده از هر دو پره کفی وسطحی می‌تواند کاهش چشم‌گیری در رسوبات ورودی به کانال داشته باشد که در مطالعات قبلی به اثبات رسیده است [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶].

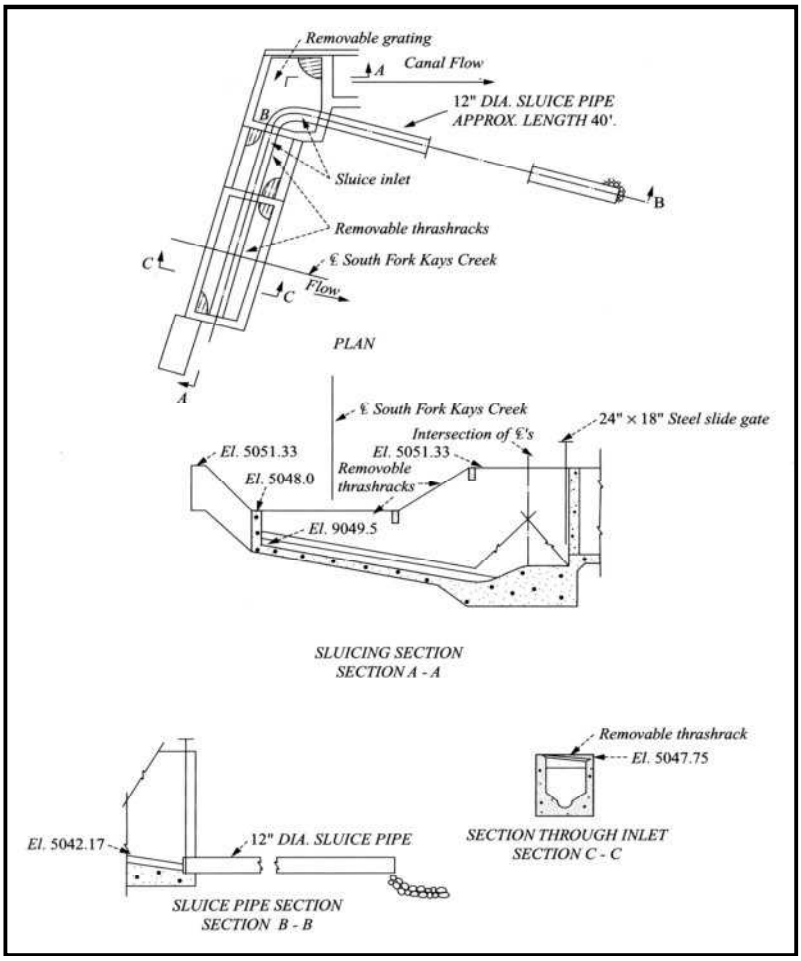
۵- ۱۲- ۱- ۵- سازه‌های ورودی جریان[2]

به طور کلی سازه‌ی ورودی جریان نوعی ورودی ریزشی بوده که در بستر رودخانه ساخته می‌شود. با ساخت این سازه، رسوبات عبوری از بستر جریان به تله افتاده و مشکلات عدیده استفاده از بعضی انواع مجاری تخلیه رسوب را در طراحی نخواهد داشت. در هر حال، این نوع از سازه کنترل رسوب، بسیار کم هزینه‌تر از ساخت سدهای انحرافی با آرایش مخصوص دریچه‌های آبگیری خواهد بود. نتیجتا، سازه‌هایی از نوع ورودی‌های جریان معمولا جهت انحراف‌های کوچک ساخته شده و جایگزین مناسبی برای سدهای انحرافی پرهزینه در این شرایط هستند [۳۷]. شکل (۵-۳۲) نمایی از آرایش سازه انحرافی مذکور را نمایش می‌دهد که در طراحی آن از مجاری تخلیه رسوب ویژه‌ای استفاده شده است.

در ارتباط با شکل (۵- ۳۲) این نکته شایان ذکر است که یک لوله ۳۰ سانتی‌متری کنترل، برای تخلیه رسوبات جمع شده، در مجاری مورد استفاده قرار گرفته است که پس از انتقال، رسوبات آن را به جریان در پایین دست محل انحراف تخلیه می‌کند. گرادیان شدید جریان موجود در این سازه فرصتی شده است برای کارآیی بهتر مشخصه‌های مجاری انتقال، چرا که با طول کوتاه و اختلاف ارتفاع زیاد می‌توان چنین شرایطی را در لوله مهیا نمود. به عبارت دیگر با استفاده از این شرایط، تخلیه رسوبات توسط مجاری مذکور به سهولت و با بازده بالایی انجام می‌پذیرد.

1- Floating Debris
2- Stream Inlet

omoorepeyman.ir



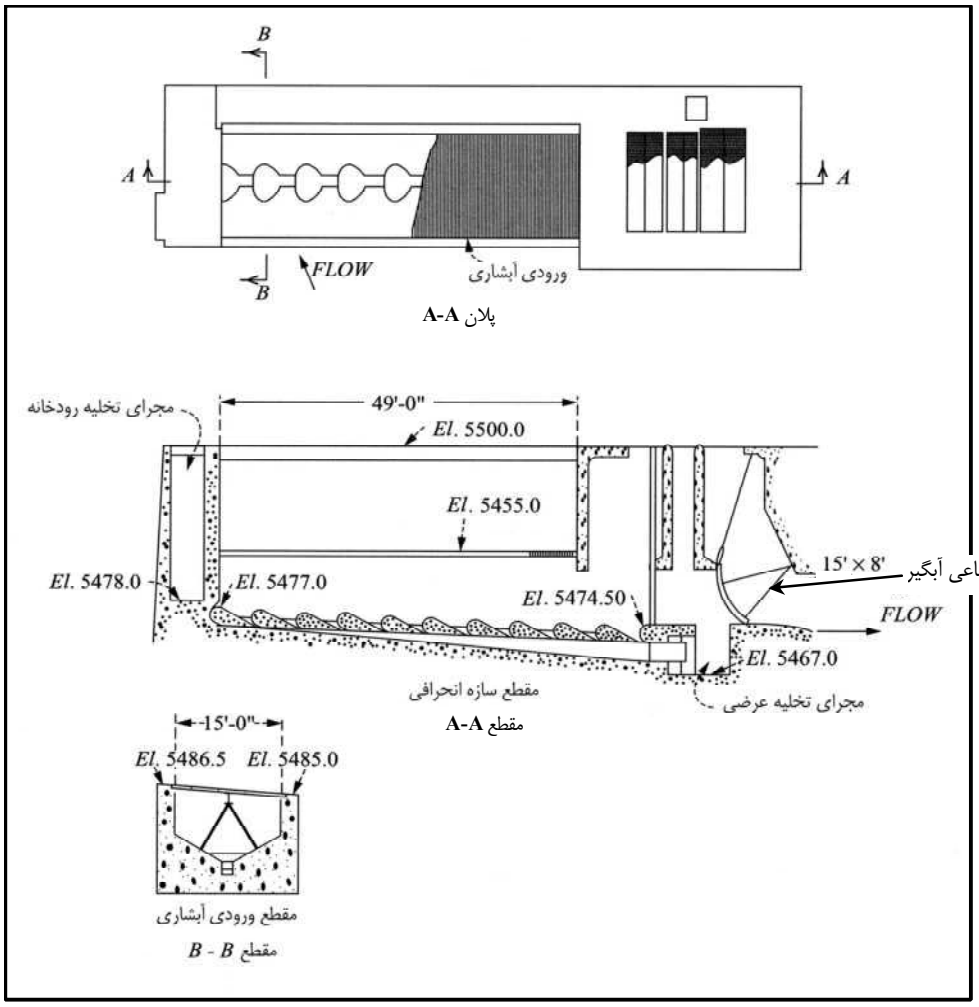
شکل ۵- ۳۲- سازه انحرافی ورودی در پروژه‌ی حوضه وبر در ایالت یوتا [۳۷]

شکل (۵-۳۳) ورودی جریان با یک دریچه تخلیه رسوب از نوع دوفور[1] نمایش می‌دهد. نوع دوفور دریچه تخلیه، به‌واسطه شکل و فرم موجود در کف مخزن جذب، باعث پیوستگی تخلیه رسوبات و نیز افزایش بازده آن می‌شود. این سازه در طی زمان عملکرد خود و با حضور بده مناسب، به صورت خودکار رسوبات را از مجاری طراحی شده تخلیه می‌کند، با این وجود این سازه باید به صورت دوره‌ای مورد بازرسی قرار گیرد.

سازه‌ی ورودی معمولا در راستای ساخت کانال‌های کوچک انحرافی که معمولا بر روی رودخانه‌های کوچک کوهستانی ساخته می‌شوند مورد توجه است. این رودخانه‌ها عموما در مناطقی وجود دارند که از لحاظ دسترسی جهت عملیات عمرانی یا نگهداری و یا هر دو در وضعیت مناسبی نیستند. با عنایت به دلایل فوق باید از ورود خرده سنگ‌ها و باقی مانده‌های[2] موجود در این مناطق به سازه‌های انحراف جلوگیری نمود. آشغال‌گیرها[3] قسمت مهمی در این زمینه هستند. این قسمت سازه‌ای با شیب حدود یک in/ft در راستای جریان رودخانه قرار گرفته که عموما شیب آن بیش‌تر از شیب سازه‌ی ورودی در بستر رودخانه است.

1- Dufour
2- Debris
3- Trash Racks

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۳۳- پلان و مقطع سازه انحرافی ورودی همراه با دریچه‌های تخلیه نوع دوفور در پروژه‌ی تامپسون در ایالت کلورادو [۳۷]

طراحی سازه‌های ورودی جریان می‌تواند ساده یا خیلی پیچیده باشد. یک مثال خوب از این سازه‌ها در سال‌های گذشته می‌تواند شکل (۵-۳۴) باشد که در این بخش آورده شده تا این طرح خودکار مبتکرانه نمایش داده شود [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶].

شکل (۵-۳۴) آرایش کلی و عمومی و شکل (۵-۳۵) جزییات اجزای دریچه‌های تخلیه خودکار را نمایش می‌دهد.

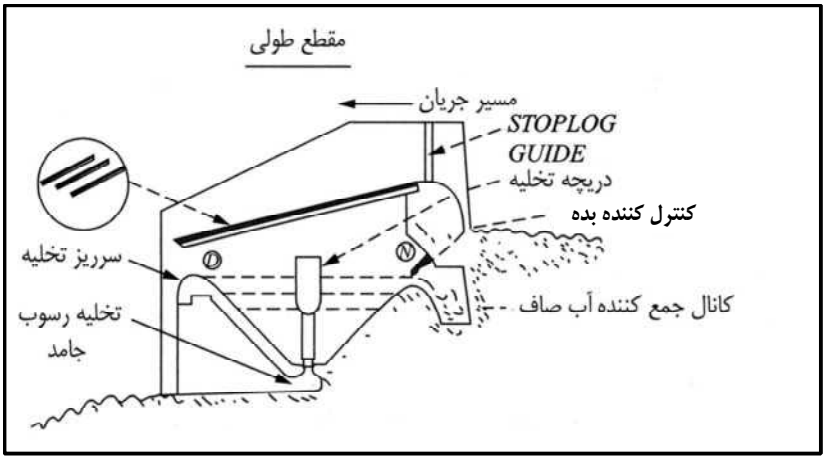
تراز نرمال آب در دریچه‌های تخلیه حوضچه برابر N است. دریچه تخلیه رسوب C، توسط دو سیلندر هم محور C1 و C2 با قطرهای φ_1 , φ_2 شکل گرفته است (شکل ۵-۳۵). عملکرد دریچه‌های تخلیه به شرح زیر است:

موقعیت قرارگیری توپ در دریچه تخلیه C برای تعدیل است به گونه‌ای که نرخ جریان خروجی از سیلندرها به‌واسطه روزنه o کم‌تر از جریان ورودی به واسطه سوراخ های موجود در شیارها است [۳۷]. بنابر این، هنگامی که رسوبی در اطراف دریچه تخلیه نباشد، سوراخ‌ها به اندازه کافی بزرگ خواهند بود که جریان آب ورودی به دریچه سریع‌تر از جریان خروجی در روزنه o باشد که در نتیجه، تراز آب در بیرون و درون دریچه یکسان می‌ماند و دریچه بسته خواهد ماند. هنگامی که تجمع رسوبات اطراف دریچه زیاد شود، سوراخ‌های داخل شیارها بسته شده و جریان خروجی از دریچه بیش‌تر از ورودی آن به‌واسطه سوراخ‌ها می‌شود، که این خود باعث یک نیروی شناوری شده و نیروی بالابر[1]

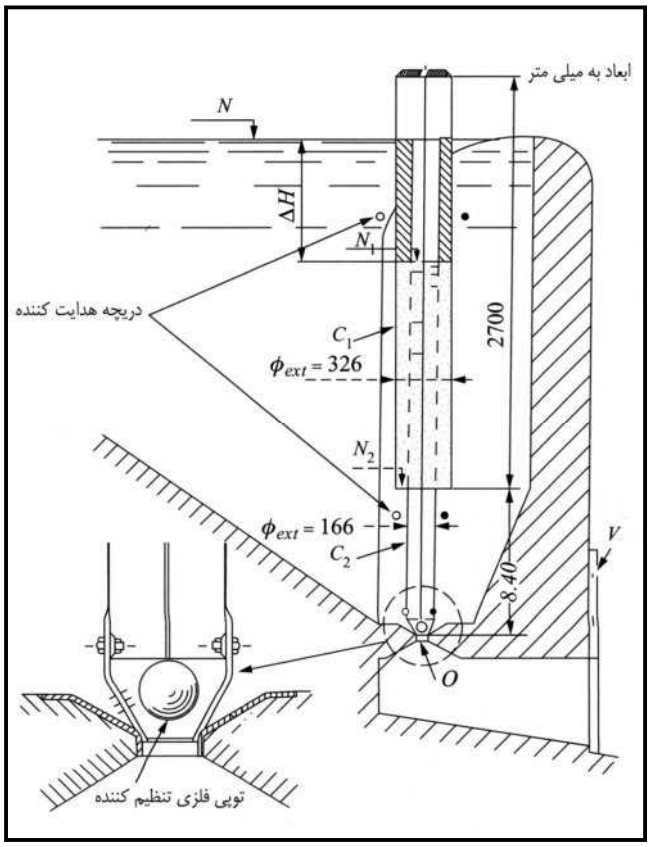
1- Lift

omoorepeyman.ir

وارد به دریچه اجازه تخلیه رسوبات از روزنه o را می‌دهد. هنگامی که سوراخ‌های موجود بر شکاف توسط عمل تخلیه[1] تمیز شود، سیلندر دوباره پر شده ودریچه بر روی نقطه مخروطی خودش و بر روی روزنه نشسته و باعث بسته شدن روزنه و قطع جریان خروجی می‌شود.



شکل ۵- ۳۴- آبگیر ورودی جریان در مسیر رودخانه‌ی کوهستانی در فرانسه [۳۷]



شکل ۵- ۳۵- جزییات دریچه تخلیه اتوماتیک بر روی ورودی جریان در فرانسه [۳۷]

امور پیمان
omoorepeyman.ir

1- Sluicing

۵-۱۲-۱-۶- تونل‌های انحراف رسوب[1]

این نوع از سازه انحراف رسوب، به صورت اطاقک‌های بالایی و پایینی به گونه‌ای بر روی هم ساخته شده است که آب منحرف شده در این اطاقک‌ها در مسیرهای طراحی شده قرار گیرد. آب عاری از رسوب توسط اطاقک بالایی (تونل بالایی) به کانال انتقال داده شده و آب مملو از رسوب وارد قسمت اطاقک پایینی شده و به جریان اصلی بازپس داده می‌شود. این سازه انحراف رسوب با بازده بالایی برای هر دو شکل انحراف کانال‌های بزرگ و کوچک، آزمایش شده است. آن‌چنان که ذکر شده است، رسوبات بار بستر در جریان رودخانه‌ها اغلب در $\frac{۱}{۳}$ پایینی عمق جریان تمرکز پیدا می‌کند و در نیمه جریان و $\frac{۱}{۳}$ بالایی آن رسوبات بسیار کم‌تر هستند [۳۷]. رسوب دانه درشت اغلب به صورت بار بستر در حال حرکت می‌باشد. بنابراین چنانچه بتوان جریان را به صورت افقی به دو ناحیه تقسیم نمود، قسمت پایینی که غلظت رسوب بالایی دارد به مسیر اصلی جریان منحرف می‌شود و از کانال انحرافی دور خواهد شد. قسمت بالایی جریان نیز به کانال انحرافی منتقل می‌شود که بدین وسیله رسوبات ورودی به کانال انحرافی به میزان بسیار زیادی کاهش می‌یابد.

در این سازه‌ها، لایه پایینی جریان، بدون ایجاد و توسعه‌ی گردابه‌ها[2] باید از مابقی جریان عبوری جدا گردد. ایجاد گردابه‌ها باعث تبدیل قسمتی از بار بستر به صورت رسوبات معلق می‌شودکه جداسازی آن از جریان، زمان وهزینه زیادی را می‌طلبد. تحقیقات انجام شده در موسسه تحقیقات آبیاری پنجاب [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶] نشان داد که برای عملکرد بهینه، بده موجود در تونل پایینی باید حداقل ۱۵ الی ۲۰ درصد از کل بده کانال انحرافی باشد [۳۷]. چنانچه کانال انحرافی کوچک باشد، این درصد ممکن است افزایش یابد به طوری که سرعت در تونل انحراف آب مملو از رسوب نباید کم‌تر از ۳ متر بر ثانیه باشد [۳۷].

نتایج تحقیقات [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶] با سازه‌های انحراف رسوب نشان داد که بازده عملکرد این سازه‌ها نسبت به پارامتر بده بسیار متغیر می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود چنانچه زمان و هزینه عامل محدود کننده نمی‌باشد برای ساخت این نوع سازه انحراف از مطالعات مدل هیدرولیکی استفاده نموده و از نتایج آن برای عملکرد بهینه سازه مذکور استفاده شود.

باز شدگی و ورود جریان آب به داخل تونل انحراف، باید در بالا دست انجام گیرد. تلاش‌های بسیاری برای آبگیری در طول جریان و از کناره‌های تونل انجام گرفت اما نتایج حاصل شده موفقیت‌آمیز نبود. به هر صورت مقطع تونل در ابتدا و برای ورود جریان آب باید زنگوله‌ای شکل[3] (دهانه گشاد) بوده و طراحی هیدرولیکی این سازه نیز باید به گونه‌ای انجام گیرد، که جریان در طول کانال به صورت پر عمل کند[4]. سرعت عبور جریان در مجاری تخلیه رسوب نیز باید حدود ۱۰ فوت بر ثانیه در سراسر تونل حفظ شود.

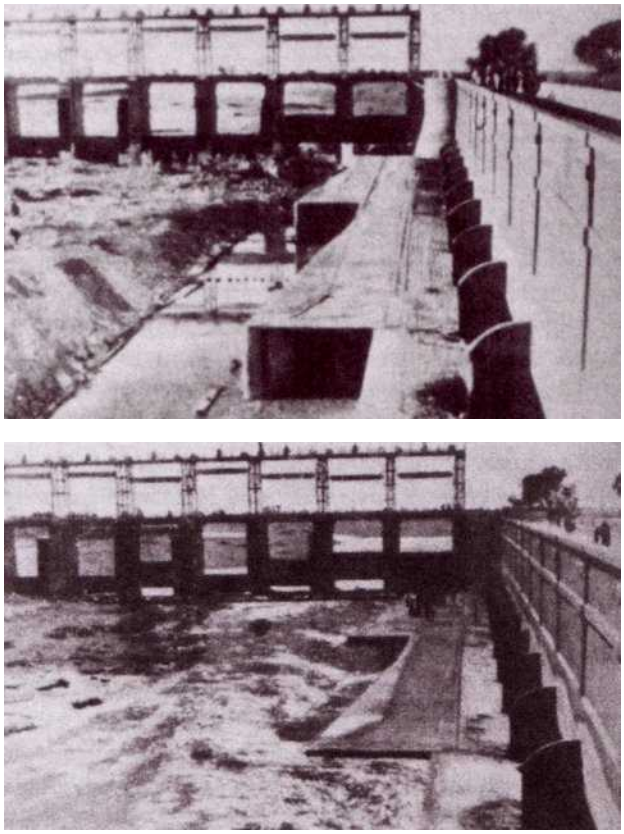
به دلیل وجود سرعت زیاد در مقطع تونل و حفظ این سرعت در سراسر طول تونل، ذرات رسوبی و رسوبات دانه درشت فرصت ته‌نشینی نداشته و بنابراین مقطع تونل با مشکل گرفتگی مواجه نمی‌شود. حرکت ذرات رسوبی در بستر جریان رودخانه در حال نزدیک شدن به تونل، به شکل تند و با شیبی مناسب به سمت تونل شکل می‌گیرد که باعث عدم گرفتگی ورودی تونل در حین عملکرد آن خواهد شد.

1- Tunnel Type Sediment Diverters
2- Eddy
3- Bell mouth
4- Run Full

omoorepeyman.ir

سرعت جریان در داخل تونل باعث ایجاد یک شیب تند در بالای ورودی تونل می‌شود. این سرعت باعث تاثیر در فاصله کوتاهی در بالا دست خود و در ورودی تونل می‌شود (حدود یک متر). این تاثیر در ورودی باعث ایجاد یک شیب هیدرولیکی برای ورودی جریان به این دهانه شده و طول تاثیر آن حدود عرض تونل می‌باشد. (تاثیر سرعت جریان بستگی به اندازه رسوبات موجود در بستر جریان دارد. برای رسوباتی با ذرات کوچک، اثرهای جانبی سرعت ممکن است دو برابر عرض ورودی کانال یا بیش‌تر باشد).

یکی از مواردهای مهم در ارتباط با تونل‌های انحراف رسوب که باید به خاطر سپرده شود، خروجی کانال پایین دست کانال انحراف می‌باشد. خروجی کانال باید تمیز نگه داشته شود به‌طوری که جریان مملو از رسوب این کانال به صورت آزاد خارج شود. شکل (۵-۳۶) نمایی از تونل‌های انحراف رسوب را در کشور هندوستان نشان می‌دهد. این شکل اندازه و شکل این تونل‌ها را برای یک انحراف بزرگ جریان به نمایش گذاشته است. تمامی انواع تونل‌های انحراف رسوب باید به‌صورت محکم و با مقاومت بالا در شرایط سخت ساخته شود چرا که این سازه در معرض انواع رسوبات معلق و غیر معلق اعم از تکه سنگ‌های بزرگ، درخت‌های شناور بر روی جریان رودخانه، کنده‌های درخت و دیگر باقی‌مانده موجود در آب هستند. در اغلب موارد، به علت پوشش این سازه و بسته بودن آن در شرایط سیلابی، موارد فوق (رسوبات معلق و غیر معلق) باعث ایجاد خسارت‌های شدید به سازه مذکور نخواهد گردید.



شکل ۵- ۳۶- تونل‌های انحراف رسوب در کانال جامنای غربی در هندوستان [۳۷]

برقراری دقیق شرایط طراحی برای تونل‌های انحراف رسوب، بسیار مشکل می‌باشد. این شرایط شامل مشخصات هیدرولیکی جریان در محل تونل‌ها، نوع و مقدار بار بستر عبوری، شرایط فیزیکی در محل سازه پیشنهادی و بسیاری عوامل دیگر که در هر محل

omoorepeyman.ir

و به مقتضای آن محل، متفاوت می‌باشد. بنابراین مطالعات مدل فیزیکی- هیدرولیکی برای رسیدن به روش‌های مطلوب و مناسب برای حل این مشکلات و ارائه طراحی بهینه برای این نوع سازه‌های انحراف رسوب انجام گرفت.

عملکرد موفقیت‌آمیز تونل انحراف در تجارب کشورهای گوناگون نشان داد که این نوع سازه برای انحراف جریان در کانال‌های کوچک در دامنه‌ای از بده ۷ الی ۲۴ متر مکعب بر ثانیه که بر روی جریان رودخانه‌ای با بده‌های حدود ۹۵ الی ۵۵۰ متر مکعب بر ثانیه قرار گرفته باشد، دارای عملکرد مناسب و بهینه‌ای است. کاربرد این نوع سازه در انحراف جریان‌های بزرگ رسوبی بر روی رودخانه‌های با بده بزرگ مورد بررسی قرار نگرفته و تجربه نشده است [۳۷].

۵- ۱۳- برداشت اصولی مصالح از بازه‌های رسوب‌گذار

برداشت شن و ماسه از اغلب رودخانه‌های ایران انجام می‌گیرد. این گونه بهره‌برداری‌ها عموما مازاد بر ظرفیت رسوب‌گذاری رودخانه بوده و برداشت بی‌رویه رسوبات باعث تغییراتی در ریخت‌شناسی رودخانه می‌گردد.

به طور کلی با برداشت رسوبات رودخانه از یک محدوده، میزان تغذیه طبیعی در بازه‌های پایین دست کاهش یافته و به تبع آن نیز در راستای برقراری تعادل بین خصوصیات هیدرولیکی و پتانسیل انتقال، شیب رو به کاهش می‌گذارد [۲]. به علاوه در بازه‌های بالا دست به سبب افزایش سرعت جریان آب در محدوده نزدیک به نقاط برداشت، کف‌کنی و گودافتادگی بستر آغاز می‌شود. در چنین شرایطی نیمرخ سطح آب نیز دچار تغییر می‌گردد. در هر صورت پیش‌بینی وضعیت بستر تعادل و ارزیابی میزان افت بستر ناشی از برداشت را می‌توان از معادلات متنوع انتقال رسوب و با توجه به حجم برداشت و میزان آورد رسوب رودخانه محقق ساخت. با این حال میزان و چگونگی برداشت صحیح رسوبات از رودخانه‌ها، بستگی کامل به شرایط محل طرح و رودخانه مورد نظر دارد و نمی‌توان روابط و قوانین صریحی ارائه نمود [۲]. مجموعه‌ای از شرایط هیدرولیکی، توپوگرافی و ریخت‌شناسی رودخانه و نیز محتوی طرح مورد نظر می‌تواند در تصمیم‌گیری و اجرای صحیح طرح ساماندهی و کنترل رسوب و سیلاب موثر باشد.

جهت آگاهی از جزییات بیش‌تر به راهنمای برداشت مصالح رودخانه ای، « نشریه شماره ۳۳۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور» مراجعه گردد.

۵- ۱۴- اصلاح مسیر و افزایش ظرفیت انتقال

۵-۱۴- ۱- اصلاح مسیر از طریق احداث کانال میانبر[1]

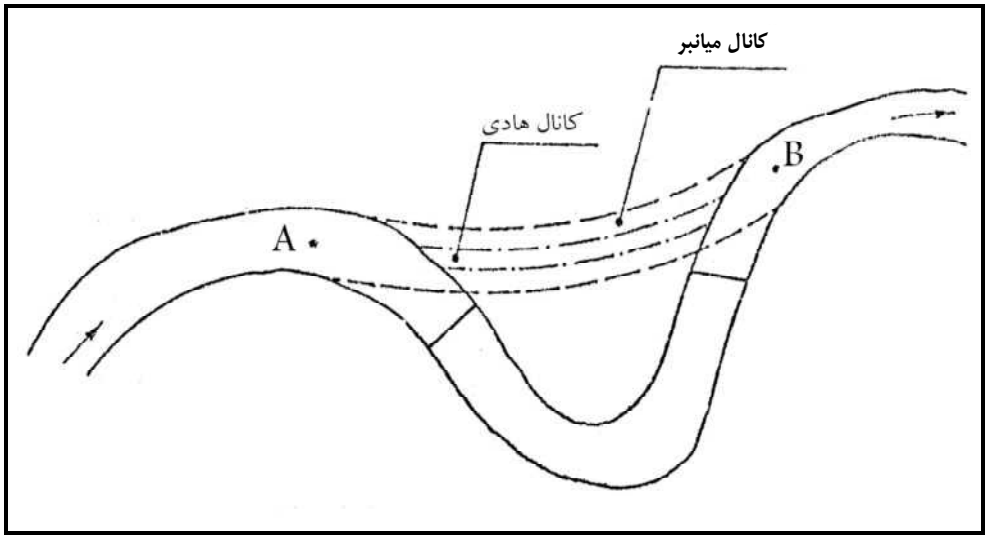
به طور کلی پیچ و خم رودخانه‌ها حاصل عملکرد طبیعی جریان آب بوده که برای حداقل نمودن انرژی خود و رسیدن به شیب پایدار، دچار این تحول می‌شود. خم‌های رودخانه‌های مارپیچ عمدتا ناشی از اندرکنش نیروهای گریز از مرکز و جدار رودخانه‌ها است که با ایجاد جریان‌های ثانویه‌ی شکل گرفته در خم‌ها، فرسایش و یا رسوب‌گذاری در بستر رودخانه نیز به این مجموعه اضافه

1- Cut off

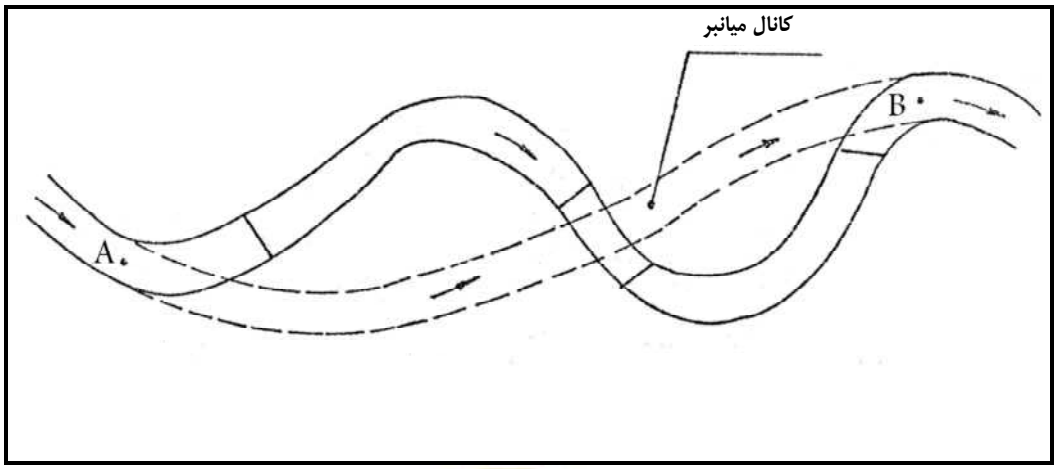
omoorepeyman.ir

می‌گردد. با این وجود تغییر در برخی از مسیرهای طبیعی در پروژه‌های کنترل سیلاب امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. کانال‌های میانبر معمولا مسیرهایی با طول کوتاه می‌باشند که در گلوگاه پیچ‌ها احداث می‌گردند.

مسیر کانال‌های میانبر از نقطه‌ی شروع انحنای پیچ آغاز و به صورت ملایمی به قسمت انتهایی پیچ متصل می‌گردد به گونه‌ای که ابتدای کانال میانبر، با شروع انحنای پیچ رودخانه و پایان آن، با انتهای انحنای پیچ رودخانه مماس باشد. این مسیرها گاها به شکل طبیعی نیز به وجود آمده به گونه‌ای که رودخانه به طور طبیعی در گلوگاه بریده شده و ابتدای پیچ به انتهای آن متصل می‌گردد. این حالت در شرایطی به وقوع می‌پیوندد که درجه‌ی انحنای قوس بسیار زیاد شده باشد و ابتدا و انتهای پیچ به هم نزدیک شده باشد. به هر صورت جهت تسهیل عبور سیلاب و حل مشکلات ناشی از آن، همچنین برای کشتی‌رانی در رودخانه‌های بزرگ، احداث میانبرها به صورت مصنوعی انجام می‌گیرد. این عمل علاوه بر پیچ‌های منفرد، برای پیچ‌های متوالی نیز صورت می‌پذیرد.



شکل ۵- ۳۷- ایجاد میانبر در یک خم از رودخانه



شکل ۵- ۳۸- ایجاد میانبر در چند خم از رودخانه

سه هدف عمده جهت تشکیل میانبرها در پروژه‌های مهندسی رودخانه مورد نظر است [۳۴]:

۱- صرفه‌جویی در هزینه تثبیت کناره‌ی رودخانه در تمام طول پیچ که مسیری به مراتب طولانی‌تر از کانال میانبر را دارد.

omoorepeyman.ir

۲- کوتاه‌تر شدن طول مسیر رودخانه

۳- افزایش توان انتقال رودخانه از طریق کوتاه تر شدن مسیر رودخانه، چرا که در محدوده مورد نظر بر اثر کوتاه شدن مسیر، شیب رودخانه افزایش می‌یابد که خود باعث ازدیاد سرعت و نهایتا افزایش بده عبوری توسط رودخانه می‌گردد.

نحوه‌ی اجرای کانال میانبر به دو صورت زیر معمول و مرسوم می‌باشد [۳۴]:

روش اول: در این روش مسیر بین ابتدا و انتهای خم تعیین شده و مقطع عرضی طراحی شده برای بده پایدار به طور کامل خاک‌برداری می‌شود. رقوم کف این مسیر بر مبنای میانگین رقوم کف رودخانه در نقاط ابتدا و انتها پیچ طراحی می‌گردد. نهایتا با خاک‌ریزی در ابتدای مسیر قدیمی رودخانه و انسداد آن، جریان وارد مسیر خاک‌برداری شده می‌گردد.

روش دوم: در این روش اصلاح مسیر از طریق احداث کانال هادی[1] در طول مسیر کانال میانبر انجام می‌گیرد. ظرفیت کانال هادی طوری طراحی می‌شود تا بتواند حدود ۱۰٪ از بده اوج سیلابی را از خود عبور دهد. سپس حفر مابقی مسیر میانبر و ایجاد عرض پایدار به خود رودخانه واگذار می‌گردد تا طی چند سال (که عموما بین ۲ تا ۴ سال در رودخانه‌های بالغ به طول خواهد کشید)، مسیر اصلی و عرض مناسب را توسط فرسایش کناره‌ها و کف ایجاد نماید. البته گاهی اوقات برای تسریع در مراحل فوق و شکل‌گیری مقطع پایدار، حفاری‌های اضافی انجام می‌گیرد. نکته قابل ذکر دیگر آن است که طراحی کانال‌های هادی (شامل نیمرخ طولی و مقطع عرضی آن) باید به گونه‌ای انجام گیرد که حتی در بده‌های کم نیز عمل انتقال رسوب توسط این کانال‌ها انجام شود تا دهانه‌ی آنها توسط رسوبات بسته نشود.

برای رفع این مشکل می‌توان از یک آستانه‌ی خاکی کوتاه[2] در قسمت ابتدای کانال هادی استفاده نمود. این آستانه‌ی خاکی مانع از ورود آب در بده‌های کم به داخل کانال هادی شده تا از رسوب‌گذاری و بسته شدن دهانه‌ی آن جلوگیری شود و در بده‌های بیش‌تر و یا بده سیلابی این آستانه‌ی خاکی به‌وسیله آب شسته شده و تمام مقطع کانال هادی جهت عبور آب باز می‌شود.

نکته مهم در احداث کانال میانبر این است که از این روش نباید بدون مطالعه دقیق استفاده کرد چرا که حذف قوس رودخانه باعث افزایش انرژی جنبشی جریان رودخانه و در نتیجه ایجاد فرسایش‌هایی در پایین دست آن می‌گردد که ممکن است شروع قوس دیگری را در پایین دست به همراه داشته باشد. لذا این روش فقط با مطالعه دقیق و بررسی امکان تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه و تاثیر این تغییرات بر محیط زیست و خسارات احتمالی باید طراحی و اجرا گردد.

۵-۱۵- روش‌های مهار رسوب در کانال‌های آبگیری

۵-۱۵-۱- سازه‌های خارج کننده رسوب[3]

سازه‌های خارج کننده رسوب با اصول کلی مشابه سازه‌های انحراف جریان‌های رسوبی می‌باشند ولی با این تفاوت که این سازه‌ها جهت زدودن رسوب ازکانال‌های آبگیر طراحی شده و در ابتدای ورودی دهانه‌های آبگیری و در ابتدای کانال قرار می‌گیرند. بعضی از رسوبات موجود در جریان رودخانه، فارغ از نوع سازه‌های رسوبگیر و انحراف رسوبات در بالا دست آبگیرها، وارد کانال‌های آبگیر می‌شوند. انحراف قسمت عمده رسوبات بسته به جریان رودخانه در پایین دست، از هر نوع سازه‌ی انحراف رسوبی انتظار می‌رود. با

1- Pilot Channel
2- Low Earth Sill
3- Sediment Ejector

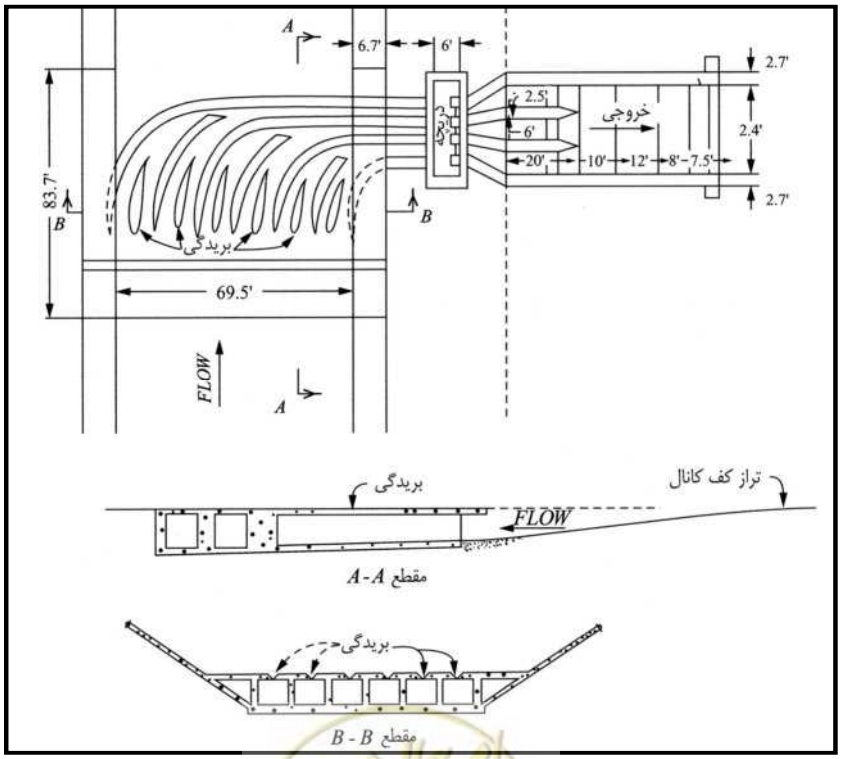
omoorepeyman.ir

این حال، قسمتی از رسوبات که به دلیل گردابه‌های به‌وجود آمده به صورت معلق در آمده‌اند، در ابتدای کانال آبگیر ترسیب می‌کنند. قسمتی از این رسوبات ممکن است شن‌های درشت[1]، ماسه یا رس‌های ریز باشد. ذرات رسوب بسیار ریز (مانند رس) برای اغلب مزارع و محصولات کشاورزی زیان آور بوده و باید از آبی که برای آبیاری گیاهان و مزارع استفاده می‌شود، زدوده شود [۳۷].

این عمل می‌تواند توسط حوضچه‌های رسوب‌گیر و یا بعضی از انواع خارج کننده‌های رسوب صورت گیرد. تعداد انواع سازه‌های خارج‌کننده رسوب در حال افزایش بوده، اما این سازه‌ها بر مبنای شرایط طرح و محل استقرار دارای طراحی ویژه خواهند بود. بسیاری از این سازه‌ها عملکرد مناسبی داشته‌اند. دو نوع از پرکاربردترین این سازه‌ها در این بخش تشریح خواهد شد [۳۷].

۵-۱۵-۱-۱- تونل‌های خروج رسوب[2]

عمومی‌ترین نوع سازه‌های خارج کننده رسوب بار بستر که در کانال‌های بزرگ آبیاری در کشورهای هند و پاکستان مورد استفاده قرار گرفته است، تونل خروج رسوبات می‌باشد. این سازه شباهت زیادی به تونل‌های انحراف رسوب که در سطور قبلی ذکر گردید، دارد، با این تفاوت که در کانال آبگیری واقع شده و جهت خروج باقی‌مانده‌های بار رسوبی استفاده می‌گردد [۳۷]. شکل (۵-۳۹) نمایی از طرح یک تونل خروج رسوب را نشان می‌دهد [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶]. آن‌چنان که از شکل بر می‌آید، عرض کانال به تعدادی کانال اصلی تقسیم شده است. این تونل منحنی شکل، با گردش به سمت راست، به یک نقطه خروجی همگرا می‌شود. در این نقطه دریچه‌ها، بده خروجی را تنظیم می‌نمایند. هر کدام از تونل‌ها ممکن است به قسمت‌های کوچک‌تری تقسیم شده و سطح مقطع را به مجموعی از تونل‌های کوچک‌تر تبدیل کند. دیواره‌های هادی، جریان را تا نزدیکی نقطه مذکور هدایت می‌کنند.



شکل ۵-۳۹- نمایی از تونل‌های خارج کننده‌ی رسوب در کانال Ubd در سلامپور کشور هندوستان [۳۷]

1- Gravel
2- Tunnel Type Ejector

omoorepeyman.ir

ارتفاع تونل‌های خروجی رسوب در این دهانه‌ها، حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد عمق آب داخل کانال می‌باشد. سقف تونل معمولا ۴۵ الی ۶۰ سانتی متر به سمت بالا دست کشیده می‌شود تا رسوبات موجود در تونل‌ها در مجاری خود باقی مانده و تحت تاثیر گردابه‌های موضعی موجود در دهانه تونل، از مسیر خروجی منحرف نگردند. گاهی گردابه‌های به‌وجود آمده بزرگ‌تر از حدی می‌گردند که بتوانند ذرات رسوب را به صورت معلق درآورد. به طور کلی، حداقل اختلاف تراز هیدرولیکی مورد نیاز برای عملکرد خارج کننده‌های رسوب ۷۶ سانتی‌متر می‌باشد. با این حال، اختلاف تراز بیش‌تر یا به عبارتی بار آبی بزرگ‌تر باعث عملکرد بهتر سامانه می‌شود که البته مقدار بده بیش‌تری را نیز طلب می‌کند. برای عبور ذرات رسوبی در حد ماسه، سرعت مورد نیاز در تونل حدود ۲/۵ تا ۳ متر بر ثانیه کافی به نظر می‌رسد. مقدار آب انحرافی به کانال آبگیر، برای عملکرد مناسب تونل‌های خروج رسوب باید ۲۰ تا ۲۵ درصد افزایش پیدا کند. در کانال‌های خیلی بزرگ بیش از یک سازه خارج کننده مورد نیاز می‌باشد. به تبع، مقدار جریان آبگیری نیز برای عملکرد مناسب این خروجی‌ها باید افزایش یابد. افزایش جریان ورودی، باعث ورود رسوبات بیش‌تری به کانال شده که باید توسط خارج کننده‌های رسوب از کانال زدوده شود. این رسوبات اضافی وارد شده به کانال ممکن است باعث اختلال در خروج آزاد جریان و گرفتگی در انتهای تونل‌ها شوند که باید برای حل این مشکل، جریان آب کافی جهت خروج کلیه رسوبات تامین گردد [۳۷].

در بعضی از موارد خارج کننده‌ها با مجاری خروج فاضلاب[1] ترکیب شده که در این نوع از سازه نرخ جریان عبوری از کانال قابل تنظیم بوده و بده بیش‌تری نسبت به حالت انحراف جریان در خارج کننده‌ها وارد سامانه می‌شود که جهت تخلیه رسوبات به جریان اصلی رودخانه گزینه بهتری است. از ترکیب این دو سازه مقداری از هزینه‌ها کاسته می‌شود. در این سازه ترکیبی، استفاده از دریچه‌های تخلیه نوع یک طرفه[2] (دریچه‌هایی که به‌واسطه‌ی عبور آب از زیر آنها حول لولای خود چرخیده و باز می‌شوند) می‌تواند بسیار موثر عمل کند. نوع دیگر مجاری فاضلاب از سیفون‌های خودکار[3] جهت تخلیه رسوبات به جریان اصلی استفاده می‌کنند. این نوع از مجاری فاضلاب می‌توانند جهت ترکیب با تونل‌های خارج کننده رسوب مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، ایراد بزرگی که به این نوع از سازه وارد است، نوع عبور بده آن به صورت ضربه‌ای و یک طرفه است چرا که حجم زیادی از جریان را در یک دوره‌ی کوتاه زمانی عبور دادن، باعث ایجاد خسارت و آسیب به کانال پایین دستی شده که برای عبور این حجم یک‌باره آماده نمی‌باشد.

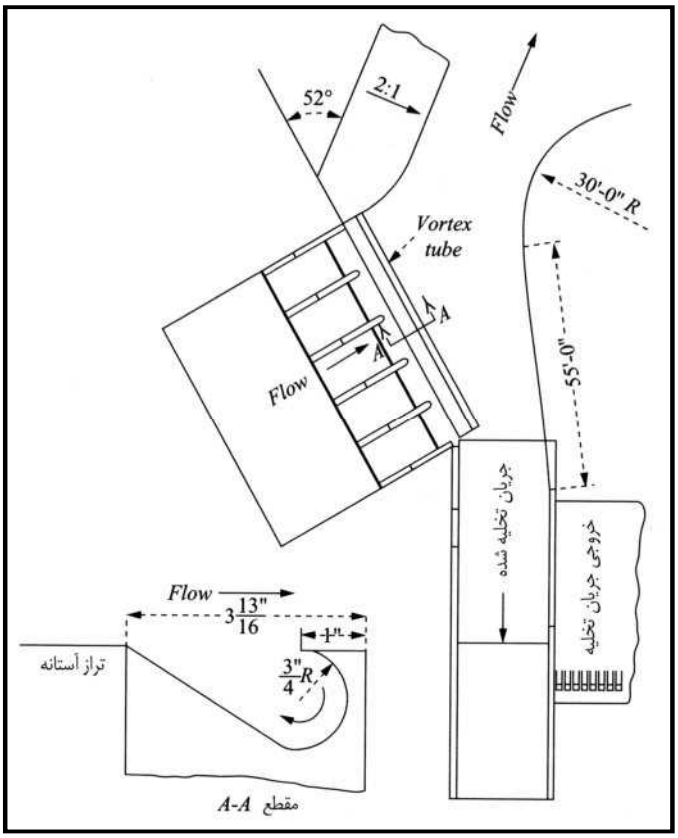
۵-۱۵-۲- خارج کننده‌های نوع لوله‌ی گردابی[4]

یکی دیگر از سازه‌های خارج کننده رسوب بستر، لوله‌ی گردابی است. این سازه در عین سادگی بسیار موثر بوده و شامل یک لوله از بالا باز یا یک کانال با یک سطح مقطع به شکلی که در قسمت A-A در شکل (۵-۴۰) نشان داده شده است می‌باشد. این لوله‌های از بالا باز[5] با زاویه ۴۵ تا ۹۰ درجه نسبت به محور جریان در ابتدای کانال‌های آبگیر نصب می‌گردد. لبه بالایی این لوله‌ها در ترازی معادل کف کانال قرار می‌گیرد. جریان آب در حین عبور از روی این لوله رو باز، باعث ایجاد یک جریان چرخشی حلزونی شکل در داخل لوله و در سرتاسر آن می‌شود. جریان چرخشی ایجاد شده باعث به حرکت در آمدن رسوبات داخل لوله می‌شود (که این رسوبات قبلا در تله این لوله گرفتار شدند) و آنها را در راستای شیب لوله به خروجی هدایت می‌کند. آزمایشات بر روی خارج

1- Waste way
2- Undershot
3- Self-Priming
4- Vortex Tube
5- Open Top Tube

omoorepeyman.ir

کننده‌های نوع لوله گردابی توسط افراد مختلفی در کشورهای مختلف به انجام رسیده است. اولین سازه لوله گردابی در این ارتباط توسط پارشال[1] در سال ۱۹۵۰ در ایالات متحده آمریکا ساخته شده است [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶].



شکل ۵- ۴۰- جزییات طراحی خارج کننده‌ی رسوب از نوع در سد انحرافی کورت لند در ایالت کانزاس [۳۷]

شکل (۵-۴۰) ایده مورد آزمایش را در مطالعات پارشال به نمایش گذاشته است. تنوع شکل، اندازه و طول لوله‌های مورد نظر در تحقیقات آزمایشگاهی او مورد مطالعه قرار گرفته است. از تحقیقات او نتایج زیر قابل برداشت می‌باشد [۳۷]:

- برای لوله‌هایی با قطر ۴ اینچ و با سرعتی حدود ۲/۵ فوت بر ثانیه بر روی لبه‌ها، ۱۰ تا ۱۵٪ کل آب انحرافی کانال به صورت پساب‌های پر رسوب از خروجی، خارج می‌شود.
- نرخ چرخش‌های حلزونی شکل در داخل لوله حدود ۲۰۰ دور در دقیقه (RPM) بوده که توانایی حرکت دادن شن درشتی به اندازه حدود ۵ سانتی‌متر را دارد.
- دیگر نتایج برای عرض ۴ اینچ نشان داد که حداکثر ایجاد چرخش‌های حلزونی شکل می‌تواند ۳۰۰ دور در دقیقه باشد. با این نرخ چرخش می‌تواند یک تکه سنگ ۳/۴ کیلوگرم را در طول لوله و با سرعت ۱۵ سانتی‌متر برثانیه در جریان یکنواخت حرکت داد. محور لوله با جهت جریان در کانال دارای زاویه ۳۰ درجه می‌باشد و نیز دارای شیب ۵ سانتی‌متر در ۱۲۲ سانتی‌متر به سمت خروجی لوله است (حدود ۴٪). جریان خروجی به صورت پساب در این لوله تنها ۳٪ از کل آب

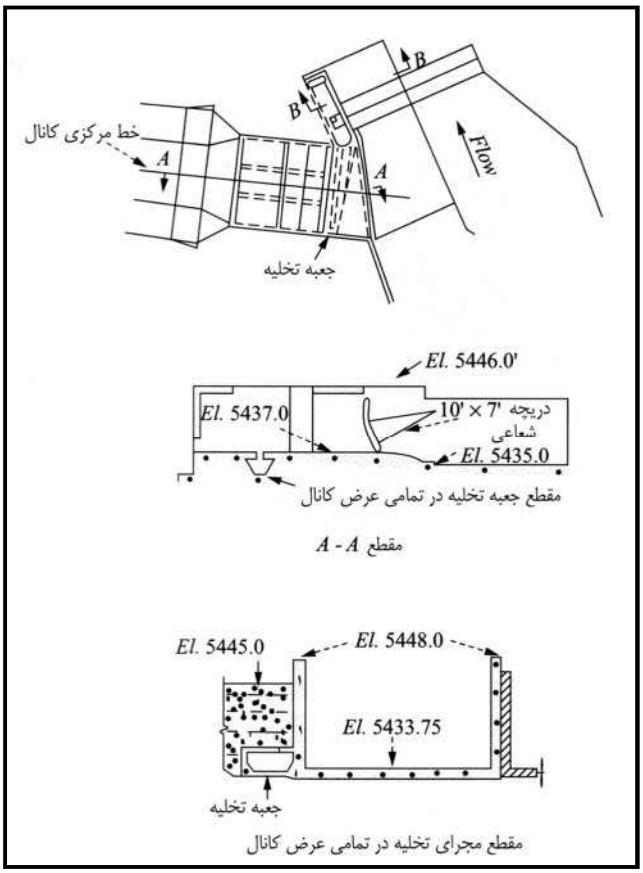
1- Parshall

omoorepeyman.ir

انحرافی به داخل کانال می‌باشد. بازده این سامانه می‌تواند با تغییر زاویه از ۳۰ درجه به ۴۵ درجه بـا محـور کانـال اصـلی، افزایش یابد.

- کنش جریان در لوله‌ها با بالا بردن بسیار اندک کف در بالا دست لبه لوله‌ها می‌تواند بهبود یابد. همچنین ایجاد شیب کـف در همان قسمت و به سمت مخالف لبه‌ها در مسیر جریان کانال می‌تواند به ایجاد شرایط مناسـب در جریـان لولـه کمـک کند. با این حال چنانچه شیب ایجاد شده زیاد باشد، باعث پرش رسوبات از روی قسمت باز لوله شـده و رسـوبات در لولـه به تله نمی افتند. بنابراین هرگونه تغییر در شکل و ساختار این سازه باید در مدل هیدرولیکی مـورد آزمـایش قـرار گیـرد و سپس اجرا گردد.

شکل (۵–۴۱) اصول یک لوله گردابی را به خوبی نشان می‌دهد. در این شکل این سازه بـا یـک لولـه تخلیـه نمـایش داده شـده است. این شکل تصویر یک طرح آزمایش شده است که عملکرد بسیار خوبی را گزارش کرده اما این طرح آزمایشگاهی تصـویر واقعـی قابل دسترسی را نداشته است.



شکل ۵- ۴۱- جزییات طراحی خارج کننده‌ی رسوب از نوع لوله گردابی در پروژه‌ی Uncompahge **در ایالت کلورادو [۳۷]**

نتایج آزمایشات پارشال، استفاده از لوله‌های گردابی با قطر نسبتا کوچک را به علاوه شکاف‌های بزرگ و عریض جهت تلـه‌انـدازی رسوب توصیه می‌کند (آن‌چنان که در شکل ۵–۴۱ مقطع A-A نمایش داده است). با وجود این، شکل مربوط به کانال‌های کوچـک و

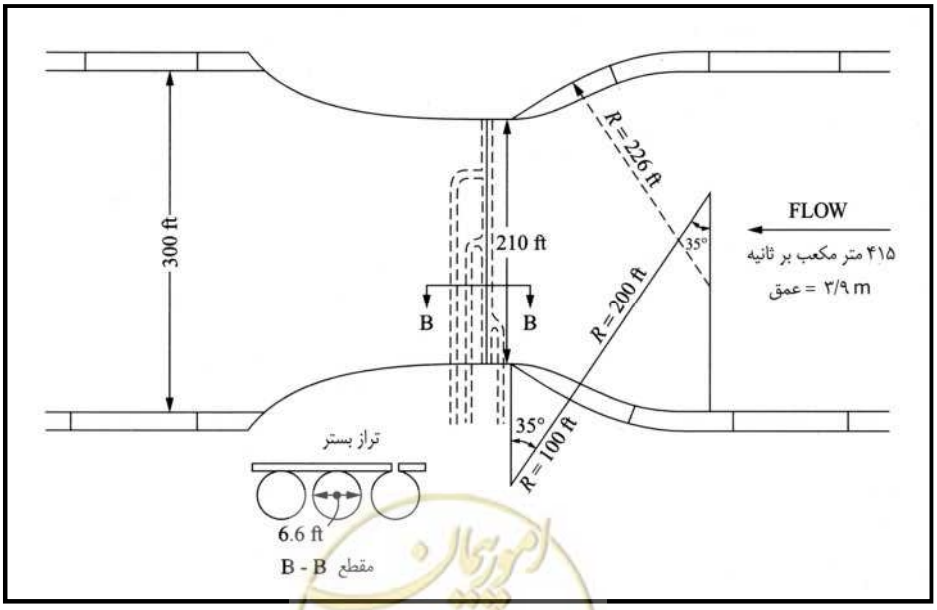
omoorepeyman.ir

با عمق نسبی کم می‌باشد. نهایتا، نتایج بهینه جهت خارج نمودن رسوبات توسط این سازه مناسب ارزیابی شده و میزان اتلاف آب جهت خروج رسوب در این سازه که توسط لوله‌های گردابی خارج می‌شود، حدود۱۰ الی ۱۵٪ کل جریان کانال می‌باشد.

آنچه به نظر می‌رسد، پارشال آزمایشات خود را بر روی خارج نمودن رسوب دانه درشت مشابه رودخانه‌های کوهستانی متمرکز کرده بود و بنابراین از شکاف‌های عریض در سازه گردابی خود بهره جسته است. تحقیقات مرتبط در پاکستان در ارتباط با لوله‌های گردابی خارج کننده رسوب، نشان داده است که برای خارج نمودن رسوبات ریزدانه، باید شکاف این لوله‌ها باریکتر بوده تا از هدر رفت آب به صورت پساب جلوگیری شود. این مطلب توسط احمد و همکارانش در سال ۱۹۶۰ گزارش گردید. او در تحقیقات خود درباره سازه مذکور در کانال‌های پاکستان، با استفاده از نتایج پارشال و از ابعاد سازه او، شکاف‌های لوله را بسیار باریک در نظر گرفت تا آب خروجی از لوله‌ها به حداقل برسد. برای تعیین عرض بهینه لوله‌های گردابی نیاز به استفاده از نتایج مدل فیزیکی- هیدرولیکی می‌باشد. با این وجود، بدیهی است که اندازه ذرات رسوبات بستر نقش موثر و محسوسی در عرض شکاف لوله‌های گردابی بازی می‌کند.

همچنین احمد (۱۹۷۳) خارج کننده‌های لوله گردابی ساخته شده در کانال D.Gn.kahn که دارای بده ۹۰۰۰ فوت مکعب بر ثانیه است گزارش نمود [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶]. در این پروژه از یک لوله گردابی با شاخه‌های چند تایی استفاده شده است به طوری که گرداب ایجاد شده در چند لوله نصب شده در بستر کانال تقسیم شده و رسوبات را از این لوله‌ها خارج می‌کند. گزارش ارائه شده از این پروژه نشان از موفقیت این پروژه دارد. شکل ۵-۴۲ نمای کلی این سازه را در کانال نشان می‌دهد.

علی (۱۹۷۳) در ادامه‌ی تحقیقات گذشته مذکور (احمد ۷۳-۶۳-۱۹۶۰) از کانال‌های بسیار بزرگ، که از لوله گردابی بهره گرفته بودند، گزارش ارائه کرد [به نقل از Vanoni، ۲۰۰۶]. این لوله‌گردابی که خارج کننده سیلت در این کانال‌ها بوده دارای یک خروجی بوده است که به تدریج رو به انسداد می‌رفته است. برای مقابله با این مشکل، لوله‌های گردابی به چند قسمت مساوی تقسیم شده و به صورت موازی و کنار هم مطابق آنچه احمد گزارش کرد قرار داده شد. در عین حال کل سازه را با زاویه نسبت به جریان قرار داده تا جریان عبوری در لوله‌ها به طور آسان‌تری به حالت یکنواخت برسد و آن را حفظ کند.



شکل ۵- ۴۲- پلان و مقطع لوله‌گردابی برای خروج سیلت [۳۷]

omoorepeyman.ir

همچنین دیگر تحقیقات انجام شده در کشور پاکستان نشان می‌دهد که حداکثر بازده خارج کننده‌های رسوب به صورت لوله‌های گردابی در اعداد فرود حدود ۰/۸ انجام می‌گیرد. اما در اغلب موارد در کانال‌های پوشش نشده اعداد فرود به ندرت از ۰/۲ یا ۰/۳ فراتر می‌رود. برای رسیدن به عدد فرود ۰/۸، جریان باید به حالت بحرانی نزدیک شود. برای رسیدن به عدد فرود ۰/۸ باید یک تنگ شدگی ملایم و نیز یک افزایش تراز سطح کف در آن محل انجام گیرد که جریان زیر بحرانی، به تدریج به فوق بحرانی تبدیل شود. این حالت نیز نشان داده شده است. در هر دو مورد تغییرات مختصر در رژیم جریان بالا دست احتمالا باعث ایجاد ته‌نشینی رسوبات در دیگر قسمت‌ها می‌شود [۲۶].

آنچه که بدیهی است، طراحی یک لوله‌گردابی بدون توجه به نتایج مدل فیزیکی– هیدرولیکی که باعث تمایز بسیاری زیادی پارامترهای هیدرولیکی و فیزیکی است، غیر عملی می‌باشد.

۵-۱۶- روش‌های تلفیقی

در بخش‌های قبلی کلیات مربوط به انواع روش‌های سازه‌ای و طبیعی، محدودیت‌ها و توصیه‌های کاربردی ارائه شد. در این بخش مجموعه شرایط حفاظت توام ساختمانی و بیولوژیکی به منظور گزینش برتر از نظر اقتصادی، فنی و زیست محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کاربرد روش‌های تلفیقی طبیعی– سازه‌ای[1] با در نظر گرفتن موارد زیر عموما برتر و در مواردی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود [۴]:

- در مسیرهای مستقیم رودخانه که سرعت و شدت تلاطم جریان زیاد باشد در در نواحی خارجی پیچ‌های تند، همچنین در شرایط دیواره بلند قائم و فرسایش‌پذیر، روش بیولوژیکی و گیاهی بتنهایی کارساز نخواهد بود.
- تحت شرایط فیزیکی و هیدرولیکی فوق، گزینه‌های ساختمانی– در طول زیاد رودخانه– عموما حجیم، پرهزینه و گاها توجیه‌ناپذیر و غیرممکن خواهند بود.
- شرایط فیزیکی و هیدرولیکی رودخانه (راستا، عرض، عمق، شیب، و...) در طول مسیر، در دو سمت رودخانه (دیواره چپ و راست)، و بر روی دیواره رودخانه (نواحی سه‌گانه از پنجه تا ساحل بالا) عموما یکسان نیست. از این رو، درجه حفاظتی در سطوح مختلف دیواره و در موقعیت‌های طولی در طرفین رودخانه لزوما مشابه نخواهد بود.
- در طرح‌های اصلاح مسیر رودخانه، تثبیت دیواره رودخانه در مقطع اصلی ضروری خواهد بود. دیواره‌سازی در راستای اصلاح شده– با مصالح خاکی یا ساختمانی، و حفاظت سطحی دیواره‌ها به روش مستقیم– عموما از نظر اقتصادی و فنی توجیه‌ناپذیر، از نظر هیدروموروفولوژیکی (به‌دلیل تغییرات ناگهانی در هندسه هیدرولیکی در بازه و تاثیرات ناخواسته در بالا دست و پایین دست بازه) خطرساز، و از نظر زیست محیطی غیرقابل قبول به‌شمار می‌آید.

بنابراین دیده می‌شود که استفاده از روش‌های تلفیقی طبیعی– سازه‌ای در اکثر موارد از لحاظ مسایل فنی، زیست محیطی و اقتصادی گزینه برتر می‌باشد و در مواردی نیز استفاده از آنها اجتناب‌ناپذیر است. در زیر به مواردی از این روش‌ها اشاره می‌شود [۴]:

یکی از روش‌های «سازه‌ای– طبیعی»، گزینه سنگ‌ریزه‌ای[2] به‌عنوان روکش در حفاظت مستقیم دیواره‌های رودخانه (به‌خصوص در سطح پایینی دیواره) یا حفاظت سطحی آبشکن‌ها می‌باشد. نتایج مطالعات مهندسی ارتش آمریکا (۱۹۸۱) نشان می‌دهد که در

1- Bio-Technical Methods
2- Riprap

omoorepeyman.ir

شرایطی که مصالح سنگی به حد کافی و در اندازه‌های مختلف قابل دسترسی باشد، نوع حفاظت سنگ‌ریزه‌ای علاوه بر آن‌که برای تمامی شرایط مختلف رودخانه‌ها موثر و مناسب خواهد بود، از جنبه اقتصادی نیز در مقایسه با روش‌های دیگر گزینه برتری بوده و از مزایای اصلی آن قابلیت انعطاف‌پذیری و تثبیت بیولوژیکی و طبیعی (در اثر جذب رسوبات معلق) در دراز مدت می‌باشد.

در حفاظت مستقیم دیواره‌ها به روش تلفیقی ممکنست که سطح پایین دیواره (از عمق آبشستگی احتمالی تا تراز سطح متوسط کم آبی) با روش سازه‌ای (ترجیحا انعطاف‌پذیر و نفوذپذیر، نظیر روش سنگ‌ریزه‌ای)، و در حفاظت سطوح بالاتر آن بترتیب از روش‌های سازه‌ای با قابلیت تثبیت طبیعی (استقرار تایر ماشین...) و یا پوشش گیاهی حفاظت گردد.

در حفاظت غیرمستقیم دیواره‌ها و در اصلاح مسیر رودخانه، از سازه‌های ناپیوسته نفوذناپذیر (نظیر: آبشکن‌ها، صفحات مستغرق)، و یا از سازه‌های آبگذر (نظیر: شبکه نرده‌ای، جک‌های فلزی، شمع‌کوبی‌ها، ...) استفاده می‌شود. آبشکن‌های نفوذناپذیر گرچه مانع از عبور آب از خود سازه هستند، ولی به علت انحراف مسیر آب از کناره‌ها باعث توسعه جریان گردابی در حد فاصل بین آبشکن‌های متوالی وته‌نشینی رسوبات می‌گردد. سازه‌های آبگذر، سبب کاهش سرعت و تنش برشی جریان اولیه رودخانه و گسترش جریان‌های چرخشی موضعی و ضعیف کناره رودخانه شده، که به‌طور طبیعی قابلیت رسوب‌گذاری و جذب مواد شناور و معلق را فراهم می‌سازد. در اثر تجمع و ته نشست رسوبات لازم برای توسعه دیواره و تثبیت طبیعی یا مصنوعی گیاهی آن فراهم می‌گردد. روند تدریجی رسوب‌گذاری در حد فاصل دیواره‌های طبیعی موجود در مرز راستای اصلاح شده رودخانه، همراه با استقرار پوشش گیاهی به‌تدریج توسعه و تثبیت می‌یابد. از این دیدگاه، سازه‌های حفاظت غیرمستقیم دیواره‌های رودخانه را می‌توان در گروه روش‌های تلفیقی به‌شمار آورد.

روش‌های تلفیقی در حقیقت کاربرد متناسب همه روش‌ها در شرایط مختلف رودخانه‌ای است. امروزه تلفیق روش‌های حفاظتی «مستقیم و غیرمستقیم»، با ویژگی‌های «طبیعی- سازه‌ای»، با قابلیت «انعطاف و نفوذپذیری»، زیادتر و با نیاز «مدیریت نگهداری» کم‌تر به عنوان راهکار موثر و در عین حال اقتصادی مورد توجه است، و از جنبه‌های زیستابی و زیباشناسی نیز گزیده‌تر می‌باشند.

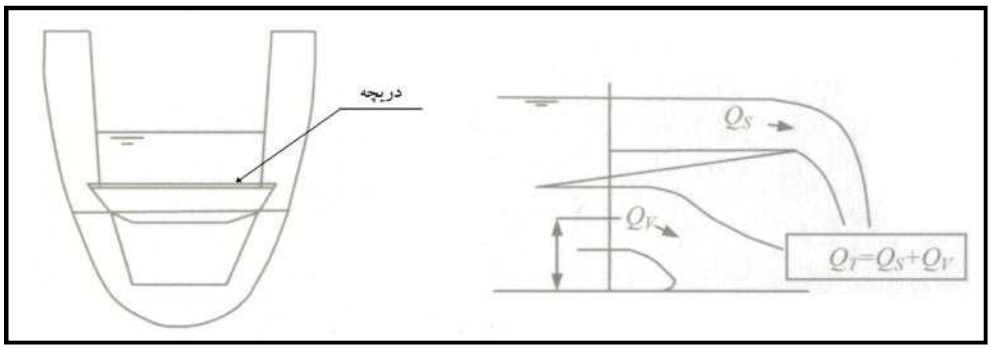
۵-۱۷- روش‌های مهار رسوب در مجاری فاضلاب

در سال‌های اخیر روش‌هایی جهت شستشوی اتوماتیک رسوبات ته‌نشین شده در مجاری فاضلاب، در کشورهای فرانسه و آلمان استفاده شده است. بعضی از این روش‌ها مبتنی بر استفاده از دریچه و ایجاد موج ناگهانی می‌باشد که امروزه در شمال آمریکا نیز از این روش استفاده گردیده است. از روش‌های به‌کار رفته می‌توان Hydrass، Hydroself و Biogest را نام برد.

۵-۱۷-۱- Hydrass

این سامانه که در فرانسه ثبت و استفاده شده است شامل دریچه مفصلی است که شکل آن همانند مقطع عرضی مجرا در محل نصب دریچه می‌باشد (شکل ۵-۴۳).

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۴۳- دریچه Hydrass

در جریان‌های کم، وزن دریچه باعث می‌شود تا دریچه به حالت عمودی بایستد و آب در پشت آن انباشته گردد (فاز ذخیره). این عمل آن‌قدر ادامه می‌یابد تا ارتفاع آب انباشته شده در پشت دریچه به اندازه‌ای برسد که نیروی فشاری این حجم آب، بر نیروی وزن دریچه غلبه کرده (تغییر مومنتم سطح آب بالادست) و باعث چرخیدن دریچه حول مفصل‌ها گردد و آن را به حالت افقی در آورد. این عمل باعث می‌شود تا آب انباشته شده به صورت موجی ناگهانی وارد مقطع مجرا گردد. موج حاصل بر رسوبات ته‌نشین شده واقع در پایین دست دریچه اثر کرده و باعث شستشوی آنها می‌گردد (فاز شستشو). پس از رها شدن و خالی گشتن آب انباشته شده، دریچه دوباره به حالت عمودی بر می‌گردد و این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود تا رسوبات به طور کامل شسته شود.

Hydroself -۲-۱۷-۵

در آلمان سامانه Hydroself جهت شستشوی رسوبات ته‌نشین شده در مجاری فاضلاب استفاده شده است. از این سامانه در لوله‌هایی با قطر ۲۵۰ تا ۴۳۰۰ میلی‌متر استفاده گردیده و به کمک آن رسوبات تا طول ۳۴۰ متر شسته شده است. این سامانه شامل یک مخزن جهت انباشته کردن آب، شناور و دریچه هیدرولیکی است. دریچه هیدرولیکی توسط نیروی برق کار می‌کند. هرگاه سطح آب دورن مخزن به اندازه تعیین شده برسد، شناور عمل کرده و باعث وصل شدن برق می‌گردد. با جریان برق، دریچه شناور سریع باز شده و آب انباشته شده در مخزن به صورت موج مثبت پایین دست وارد مجرا شده و شسته شدن رسوبات را سبب می‌گردد. در لوله‌هایی با قطر بیش از ۲ متر و طول زیاد می‌توان از یک مخزن کمکی استفاده کرد. از این سامانه در شهر Whitten در نزدیکی دورتمند آلمان استفاده گردیده است. در این پروژه قطر لوله‌ها ۲/۰ متر و طول و شیب آنها به ترتیب ۷۷۰ متر و ۲۲٪ می‌باشد. مخزن ذخیره آب مورد استفاده نیز حدود ۳۵ متر مکعب ظرفیت دارد.

Biogest -۳-۱۷-۵

یکی از انواع سامانه Hydrass، سامانه Biogest می‌باشد، که از یک مخزن بتنی و یک سامانه پمپاژ تخلیه تشکیل شده است و موج شستشویی ایجاد می‌نماید تا رسوبات مجددا در لوله‌ها به صورت معلق درآیند. این سامانه شامل یک سطح ذخیره آب، یک شیر دیافراگم، پمپ تخلیه کننده، سوییچ های سطح و صفحه کنترل عملیات اتوماتیک می‌باشد. سطح آب در لوله برای فعال‌سازی پمپ مورد استفاده قرار می‌گیرد. پمپ تخلیه کننده هوا را از محفظه تخلیه خارج و پس از آن آب از لوله گرفته شده و در دورن محفظه

omoorepeyman.ir

سطح آب بالا می رود. پمپ‌های تخلیه پس از آن‌که سطح مورد نظر در محفظه به‌دست آمد خاموش مـی‌گـردد. در لولـه حسـگرهایی وجود دارد که سطح آب لوله را کنترل کرده و موج شستشو درون لوله را ایجاد می‌کند. موج تخلیه با باز شدن شیر دیـافراگم در بـالای محفظه تخلیه، ایجاد می‌شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۶

انتخاب روش‌های مناسب مهار رسوب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶-۱- مبانی و معیارهای فنی انتخاب روش‌های مهار رسوب

به طور کلی انتخاب یک روش مناسب جهت مهار و تعدیل رسوبات در رودخانه به عوامل متعددی بستگی دارد. عوامل موثر در انتخاب این روش‌ها مشابه دیگر طرح‌های عمرانی شامل مبانی و معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد.

چنانچه روش‌های معرفی شده در فصل پنجم به دو گروه کلی تقسیم گردد، می‌توان چنین بیان کردکه روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها شامل روش‌های تثبیت کناره و روش‌های تثبیت بستر می‌باشد. در روش‌های مذکور با اعمال تمهیداتی، انتقال رسوب در بستر و فرسایش و رسوب‌گذاری در کناره‌ها به تعادل نزدیک شده و از کف کنی و یا افزایش تراز کف در بازه‌های مورد نظر در رودخانه جلوگیری می‌شود.

انتخاب یک روش مناسب برای یک طرح، بسته به نظر مهندس آن طرح باید براساس اهداف آن طرح انتخاب گردد. چنانچه رودخانه‌ای در بازه‌های مورد مطالعه دچار فرسایش و رسوب‌گذاری در بستر می‌باشد، انتخاب روش‌های گوناگون تثبیت بستر در دستور کار قرار خواهد گرفت. بنا به مصالح موجود در منطقه و نیز معیارهای اقتصادی و اجتماعی نوع روش (سازه‌ای یا غیرسازه‌ای) انتخاب و با توافق کارفرما بهینه می‌شود.

در مواردی که فرسایش و رسوب‌گذاری در کناره‌های رودخانه عامل تهدید و تخریب باشد، از روش‌های متنوع تثبیت کناره‌ها استفاده خواهد شد و نوع روش براساس شرایط محلی و مصالح موجود انتخاب می‌گردد. در هر صورت یکی از معیارهای انتخاب یک روش مناسب برای مهار رسوب، معیارهای فنی آن طرح می‌باشد. معیارهای فنی به عوامل متعددی بستگی دارد که پرداختن به تک تک آنها از حوصله این مجموعه خارج است. این عوامل موثر در انتخاب روش‌های مهار رسوب هر طرح به شکل خاصی موجود بوده و بستگی کامل به ماهیت طرح‌های عمرانی دارد. به هر صورت معیارهای فنی انتخاب روش‌های مهار رسوب باید متناسب با ماهیت طرح، اهداف طرح و نظرات کارفرما تعریف و اولویت‌بندی گردد.

۶-۲- مبانی و معیارهای اقتصادی انتخاب روش

تصمیم‌گیری و طراحی برنامه‌های عمرانی و مهندسی بدون اعمال اصول و مفاهیم اقتصادی بی‌مفهوم می‌باشد. در واقع یکی از اساسی‌ترین ارزیابی‌ها در مطالعات عمرانی، آزمون اقتصادی طرح می‌باشد که پیش از تصمیم‌گیری و انجام سرمایه‌گذاری به انجام می‌رسد. بنابراین هیچ طرح عمرانی مورد تصویب قرار نمی‌گیرد مگر این‌که از لحاظ اقتصادی توجیه شده و مزایای آن نسبت به معایب و هزینه‌های آن غالب باشد. اقتصادی شدن طرح‌های مهار رسوب با توجه به تحقق اهداف طرح تعریف می‌گردد به این صورت که با اجرای این طرح از خسارات و تلفات مالی و جانی بسیاری در محدوده‌ی طرح جلوگیری می‌شود. برای اطلاع از جزییات مبانی اقتصادی و نحوه‌ی اجرای آزمون‌های اقتصادی طرح‌های مهندسی آب به مرجع [۱۰] مراجعه شود.

۶-۳- مبانی و معیارهای زیست محیطی انتخاب روش

در این ارتباط نیز دستورالعمل جداگانه‌ای توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور به چاپ رسیده که ملاک و معیار مناسبی برای تعیین معیارهای زیست محیطی طرح‌های آبی است [۷]. به طور کلی در اجرای طرح‌های آبی اصل بر این اساس

omoorepeyman.ir

گذاشته می‌شود که کم‌ترین آسیب به محیط زیست و اکولوژی موجود در محدوده‌ی طرح وارد آید. به طور معمول پیامدهای زیست محیطی طرح‌های آبی باعث مجموعه‌ای از پیامدهایی می‌شود که تاثیر دامنه‌داری در محیط‌های آبی و خاکی خواهد گذاشت. به طور نمونه تغییر در جریان یا سطح آب در اثر اجرای طرح، تغییر در کیفیت آب، تغییر در نوع زیست بوم‌ها و پیدایش زیست بوم‌های جدید و ... از جمله مواردی است که در حین یا به صورت تاخیری در طرح‌های آبی به‌وجود می‌آید. به هر صورت طبیعت امانتی است که از گذشتگان به ما رسیده و باید با برنامه‌ریزی و اجرای صحیح طرح‌های مهندسی با کم‌ترین آسیب به آن به نسل‌های آتی منتقل شود. به طور حتم با اجرای صحیح و علمی طرح‌های مهندسی می‌توان توسعه پایدار و محیط زیست سالم را توامان تجربه نمود.

۶-۴- مبانی و معیارهای اجتماعی انتخاب روش

در کشور ما، به دلیل کمبود بارش و نیز ناهماهنگ بودن زمان بارش با نیاز کشاورزان (که مصرف کننده‌ی عمده‌ی آب در کشور هستند) مباحث مربوط به طرح‌های آبی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. به دلیل همین حساسیت، نقش عوامل و معیارهای اجتماعی در تصمیم‌گیری‌ها در این حوضه انکارناپذیر می‌باشد. مبحث آب (که در حال حاضر عمده‌ترین منبع آن رودخانه‌ها هستند) به دلیل ارتباط تنگاتنگ با وضعیت سلامت، محیط زیست و اقتصاد مردم، دارای مسایل پیچیده و گوناگون اجتماعی است.

معمولا پیامدهای اجتماعی طرح‌های حوضه‌ی آب یا ناشی از مسایل زیست محیطی خواهد بود و یا ناشی از تغییرات اقتصادی و گاها فرهنگی ناشی از اجرای طرح. در هر صورت قبل از اجرای هر طرح و در حین مطالعات باید مسایل اجتماعی و فرهنگی منطقه مورد بررسی قرار گیرد و تبعات و پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم اجتماعی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. در ارتباط با طرح‌های مهار رسوب نیز مشابه دیگر طرح‌های آبی، مسایل اجتماعی مختص هر منطقه موجود بوده و نمی‌توان برای تمام طرح‌ها یک دستورالعمل واحد اعمال نمود. در تمامی طرح‌های مهار رسوب در صورت احتمال وجود مسایل اجتماعی، با نظر مدیر طرح باید از یک جامعه شناس جهت بررسی و تشریح این مسایل استفاده کرد. قطعا هماهنگی با کارفرما و افراد بومی ذی‌نفع، جهت انجام هر چه بهتر این گونه طرح‌ها مثمر ثمر خواهد بود.

۶-۵- انتخاب روش‌های مناسب مهار رسوب

مبانی و معیارهای مذکور در بندهای فوق هرکدام به نوبه خود در انتخاب یک روش مناسب موثر هستند. هم‌زمان هر کدام بر دیگری نیز تاثیرگذار خواهند بود. به عنوان مثال تغییرات مثبت در وضعیت اقتصادی مردم در اثر اجرای یک طرح به طور مستقیم باعث عکس‌العمل مثبت اجتماعی به طرح مذکور خواهد شد. همچنین انتخاب یک روش بر مبنای معیارهای فنی صحیح، باعث ایجاد تغییرات مثبت اقتصادی و حفظ محیط زیست می‌شود. در نهایت توجه به تک تک معیارها جهت انجام تصمیم‌گیری و انتخاب یک روش مناسب جهت بهره‌گیری بهینه از ظرفیت‌های موجود ضروری است.

omoorepeyman.ir

فصل ۷

ملاحظات اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های مهار رسوب

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷- ۱- کلیات

دوام و عملکرد سازه‌های کنترل فرسایش و رسوب در رودخانه بستگی به اجرای مناسب، نگهداری و مرمت مداوم آنها دارد. از این رو توصیه‌های کلی برای اجرا و نگهداری این سازه‌ها ارائه می‌گردد:

۷-۱- ۱- نکات عمومی در اجرای سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه

اغلب راه حل‌های آزمون و خطا در حل مسایل مهار رسوب کاربرد دارد، اما این روش می‌تواند خیلی پرهزینه و گاهی بی‌نتیجه و دارای فرایندی زمان بر باشد. در این‌جا چند نکته اساسی برای لحاظ این موضوع قبل از آغاز اجرای پروژه ارائه می‌گردد.

- سعی شود دقیقا آنچه در طی سال‌های قبل در طول ساحل رودخانه رخ داده و دارای تغییر است، تشخیص داده شود. بحث وگفتگو در مورد فوق با همسایه‌ها یا ساکنین بومی منطقه می‌تواند مفید باشد. این موضوع می‌تواند به تلاش برای پیش‌بینی روند تغییرات وحل مسایل آینده کمک کند.
- آیا پروژه‌ای که در حال برنامه‌ریزی آن هستید به مسایل جدیدی منجر می‌شود؟ آیا طرح‌هایی که ریخته‌اید کفایت می‌کند؟ برای مثال اگر انجام یک پروژه اندازه عرض کانال را تنگ کند، آیا می‌تواند باعث ایجاد سیلاب در بالادست گردد؟ همچنین یک جریان جمع شده می‌تواند جریان سریع‌تری ایجاد کند، و این مسایل باعث فرسایش بدتر در پایین دست شود. به یاد داشته باشید که حفاظت ساحل رودخانه اغلب نیازمند تلاشی قابل ملاحظه است و اغلب نیازمند مصالح سنگی بزرگ است. توصیه‌های اولیه یا پیشنهادات آغازین نیازمند استفاده از کارشناسان مجرب می‌باشد به‌خصوص اگر در آغاز یک بازسازی بسیار گران و پیچیده هستید از این که بر وظایفتان مسلط هستید اطمینان پیدا کنید.
- اگر جریان رودخانه مقدار زیادی اشیای شناور و آشغال حمل می‌کند یا دارای قطعات یخ در زمان ذوب شدگی در فصل بهار است، روش کنترلی انتخاب شده با این نوع آوردهای رودخانه‌ای نباید خسارت دیده و به سادگی تخریب شود.
- در تمام پروژه‌های حفاظت ساحل رودخانه‌ای باید در طول ساحل از نقاط پایدار شروع و به نقاط پایدار پایان یابد. این محل‌ها نواحی هستند که تحت تاثیر فرسایش نبوده یا آن که نیروی اصلی جریان موازی با ساحل رودخانه است. ساختمان پروژه از بالادست آغاز می‌شود و کار به سمت پایین دست با مصالح طبیعی مقاوم به فرسایش شکل می‌گیرد.
- روشی که برای حفاظت ساحل به‌کار می‌رود باید دارای سطح زبر یا ناهموارتر از کانال‌های طبیعی باشد این امر سرعت جریان در مجاورات ساحل را آرام کرده و موجب کاهش تصادم فرسایش ناشی از مصالح رودخانه‌ای می‌گردد.
- پیش‌بینی‌های لازم برای نگهداشت مستمر پروژه فراهم گردد و خسارات سیل و فرسایش باید در هر زمان برآورد گردد به عبارتی داشتن دستوالعمل مناسب اجرای سریع بازسازی ضروری است.
- اجرای سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه باید در زمان کم آبی صورت گیرد تا هزینه‌های انحراف آب در حین ساخت به حداقل برسد.
- برای نقطه شروع اجرای سازه‌ها باید موقعیت منابع قرضه و جهت حمل مصالح در نظر گرفته شود. به‌طور مثال درصورتی‌که مصالح از پایین دست به بالادست و در داخل آبراهه حمل می‌شود، نقطه شروع اجرای سازه‌ها باید از بالادست باشد.

omoorepeyman.ir

- در انتخاب شیوه اجرا باید امکانات و استعدادهای محلی و منطقه‌ای طرح مد نظر قرارگیرد تا سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی گردد.
- کلیه علف‌ها، درختچه‌ها و شاخ و برگ و سنگ‌های موجود در بستر کار قبل از اجرای پوشش باید برداشته شود.
- قبل از اجرای پوشش سنگ‌ریز، لازم است بستر و دیواره‌ها مطابق با شیب طراحی شیب‌دهی شده و در صورت نیاز کوبیده شود.
- برای اجرای پوشش سنگ‌ریز از سنگ‌های مقاوم با دانه‌بندی مناسب استفاده گردد و در زیر لایه پوشش از فیلتر استفاده شده تا از فرسایش خاک زیرین جلوگیری گردد.
- برای اجرای پوشش سنگ چینی، (متناسب با قطر سنگ‌ها) مکان اجرای پروژه و امکانات قابل دسترس باید مهیا گردد. مصالح پوشش با استفاده از کارگر یا بیل مکانیکی در لایه‌ها مورد نظر چیده شوند به طوری که سنگ‌های کوچک‌تر، خلل و فرج سنگ‌های بزرگ را پرکنند. چیدن سنگ‌های کوچک در فضای خالی بین سنگ‌های بزرگ معمولا توسط کارگر صورت می‌گیرد.
- در روی دیواره، چیدن سنگ‌ها باید از قسمت پنجه شروع شده و به طرف بالای دیواره ادامه یابد. باید دقت شود که لایه پوشش سنگ‌ریز لایه فیلتر را به خوبی بپوشاند. برای مرتب کردن سطح پوشش و متراکم کردن سنگ‌ها و کوبیدن آنها روی دیواره از بیل مکانیکی می‌توان استفاده کرد.
- درصورتی‌که پوشش سنگ‌ریز روی دیواره انجام شود باید در جلوی پنجه شیب گودالی مطابق دستورالعمل حفر گردد و با سنگ‌های لایه پوشش پر شود تا پنجه در مقابل فرسایش محافظت نماید.لایه فیلتر باید قسمت پنجه را نیز در بر بگیرد.
- لایه پوشش باید بلافاصله بعد از اجرای لایه فیلتر، اجرا گردد.
- کف‌بندها باید در مقابل تاثیر سایش سنگ‌ها و مصالح حمل شده توسط جریان مقاومت کافی داشته باشند.
- پایداری پی (کف‌بند ودیواره‌ها) در رابطه با مقاومت، توان باربری و فرسایش باید مدنظر قرارگیرد.
- از آن‌جا که کف‌بندها اغلب همراه با سازه‌های کنترل فرسایش کناری ساخته می‌شوند باید اتصال آنها با این سازه‌ها به خوبی صورت گیرد.
- سطح زیرین باید به‌خوبی صاف و شیب‌بندی شود تا پوشش روی سطح زمین قرارگیرد.
- اشیایی که از تماس با سطح زمین جلوگیری می‌کنند مانند قطعات چوبی و سنگ‌ها باید قبل از اجرا جمع‌آوری گردند.
- در روی شیب دیواره اجرای پوشش یکپارچه باید از بالای شیب شروع شده و به سمت پنجه ادامه پیدا کند.(در پوشش سنگ‌ریز درجا از سمت پنجه به سمت بالای دیواره اجرا می‌شود).
- چنانچه قرار باشد بذرپاشی در بین پوشش یکپارچه صورت گیرد، بهتر است قبل از اجرای پوشش بذرپاشی انجام شود.

۷-۱- ۲- نکات عمومی در نگهداری سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه‌ها

اهمیت نگهداری کم‌تر از اهمیت طراحی و اجرای سازه‌های کنترل رسوب نمی‌باشد. چه بسا سازه‌هایی که مناسب طراحی و اجرا شده‌اند ولی به دلیل آن‌که برای نگهداری آنها برنامه‌ریزی مناسب صورت نگرفته، بر اثر شکل‌های جزیی که در مدت عملکرد سازه

omoorepeyman.ir

به وجود آمده، کارآیی آنها از دست رفته است. از این رو سازه‌های کنترل رسوب و ساماندهی رودخانه باید به طور منظم و هرساله و همچنین بعد از هر سیلاب مورد بازرسی قرار گیرد و بخش‌های تخریب شده سازه‌ها و یا فرسایش‌های موضعی ایجاد شده در اطراف سازه ترمیم گردد. در این‌جا توصیه‌های کلی برای نگهداری سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه ارائه می‌گردد. با رعایت موارد زیر فرسایش کناری رودخانه به حداقل می‌رسد:

- تا فاصله ۶ متری از ساحل، زراعت و دامپروری نشود. استفاده از پوشش گیاهی ثابت که ریشه‌های آن پایدار کننده خاک است، از ریزش کناره‌های جلوگیری کرده و حفاظت محدوده موردنظر نیز تامین خواهد شد.
- سربار اضافی از کناره‌های ساحل دور نگهداشته شود. بدنه درختان مرده، آثار مخروبه و آوار، ساحل را از بین می‌برد و نباید نزدیک تر از ۶ متری ساحل ریخته شوند. همچنین سعی شود تا از عملکرد ماشین‌آلات کشاورزی در این ناحیه اجتناب گردد. سربار اضافی در مجاورت کناره‌های رودخانه زمین آن را تضعیف کرده و باعث شکسته شدن ساحل و لغزیدن آن به سوی کانال جریان می‌گردد.
- حتی‌الامکان از چرای دام در کناره‌های مسیر رودخانه اجتناب گردد. کمبود پوشش گیاهی و پایمال کردن زمین و ریزش ساحل توسط دام، سهم جدی در فرسایش و مهار رسوب برعهده دارد. هر گاه جریان آب رودخانه، منبع اصلی آب برای دام باشد، از حصارکشی استفاده شود تا ناحیه ای که دام می‌تواند به رودخانه برسد، محدود و یا کنترل گردد. ترجیحا محل آبخوری دام ها در ساحل شیب‌دار نباشد. معمولا محل آبخوری دام در خم داخلی کانال در جایی که سرعت جریان آب آرام است، قرار گیرد. حصار کشی در محدوده ۶ متری (بالادست) و یک مسیر مجاز به عرض ۱۵ متر جهت دسترسی به محل‌های آبخوری پیشنهاد می‌شود.
- وجود بار رسوبات، موانع، کنده درختان، توده آشغال، رشد علف‌های هرز و دیگر گیاهان در بستر کانال، اغلب جریان را به سوی حاشیه مسیر، هدایت می‌کنند. بنابراین هر گونه انسدادی در مسیر جریان باید از بستر جریان پاکسازی شود. معمولا این موضوع اولین قدم در اجرای حفاظت است و در بسیاری از حالات، فقط پیمایش و اقدام به پاکسازی موردنیاز می‌باشد. قابل توجه است که هر گونه انحراف یا اصلاح در مسیر رودخانه و به هر منظور حتی با حضور مالک نیازمند کسب مجوزهای اصلاحی است.
- انحراف رواناب سطحی یا زهکشی در مناطقی که پتانسیل فرسایش ساحلی وجود دارد، انجام شود. جریان سریع آب به پایین یک شیب تند باعث افزایش فرسایش خواهد شد. در محلی که رواناب می‌تواند به جریان رودخانه وارد شود با نصب یک کالورت یا آبشار کوچک (شیب‌شکن) انرژی را مستهلک کرده و سواحل آن را محافظت کنید.
- در محل‌هایی که تراوش آب از کرانه‌ها مشاهده می‌شود زهکش‌های زیرزمینی نصب شود. رطوبت زیرین خاک یا زهکشی آب های زیرزمینی می‌تواند خاک را سست کرده و آن را حرکت دهد.
- نگهدای گیاهان را در حالت و وضعیت شاداب نگهداری کنید و تاحد ممکن نوع، تنوع و تراکم پوشش گیاهی در طول ساحل جریان را کنترل کنید.
- برای جلوگیری از آسیب رساندن حیوانات، درختان آسیب‌پذیر حداقل ۱ متر بالاتر از سطح زمین با توری‌های سیمی پوشیده و محافظت گردد.

omoorepeyman.ir

- باید برنامه منظم و دوره‌ای برای بازدید از سازه‌های کنترل رسوب در رودخانه تدوین و به اجرا گذاشته شود. خصوصا در پایان فصل خشک و قبل از فرارسیدن فصل پر باران و همچنین بعد از وقوع سیلاب‌های شدید نیز باید بازدید صورت گیرد و اقداماتی که برای نگهداری سازه‌ها لازم است، مشخص گردد.
- پس از بازدیدهای صورت گرفته و براساس برنامه‌ریزی انجام شده برای نگهداری، خرابی‌های ایجاد شده در سازه باید ترمیم گردد.
- در پوشش‌های سنگ‌ریز، جابجایی سنگ، تخریب سنگ‌ها و یا تراوش از بین سنگ‌ها باید مدنظر قرار گرفته و خرابی‌های به‌وجود آمده بلافاصله ترمیم گردد.
- ریزش و جابجایی سنگ‌ها در حجم زیاد ممکن است ناشی از ناپایداری شیب و یا ناپایداری داخلی دیواره باشد. لذا باید علت آن بررسی و عامل ایجادکننده مشکل برطرف گردد.
- در صورتی که رشد گیاهان در لابه‌لای پوشش سنگ‌ریز باعث کاهش ظرفیت عبور جریان و سیل‌خیزی در رودخانه شود و یا این‌که موجب جابجایی سنگ‌ها و ناپایداری آنها گردد، باید نسبت به هرس یا حذف گیاهان اقدام نمود.
- در بازدیدها و در مرحله نگهداری از سازه‌های کنترل فرسایش و رسوب در رودخانه، ممکن است نیاز به بازنگری در طراحی سازه ضروری به نظر برسد که باید انجام شود.

omoorepeyman.ir

پیوست

کلید واژه ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Sediment Diversion	انحراف دهنده رسوب
Flexible	انعطاف پذیر
Drop	آبشار کوتاه/شیب‌شکن
General Scour	آبشستگی عمومی
Local Scour	آبشستگی موضعی
Groyne/Groin/Spurdike	آبشکن یا اپی
Scour	آبشستگی
Hydrograph	آبنگار
Low Earth Sill	آستانه خاکی کوتاه
Incipient Motion	آستانه حرکت
Trash Rack	آشغال‌گیر
Aggradation	افزایش تراز
Bar	بار یا پشته رسوبی
Alluvial Bars	بارهای رسوبی متناوب
Anti-Dune	پادتلماسه
Islands & Bars	پشته‌های رسوبی
Undercutting	پنجه‌شویی یا زیرکنی
Tired Revetment	پوشش با لاستیک فرسوده
Revetment	پوشش بدنه
Gabion Revetment	پوشش تورسنگی
Soil – Cement Revetments	پوشش خاک سیمان
Grouted Revetment	پوشش سنگچین با ملات
Windrow Revetment	پوشش سنگریسه
Hand-placed Revetment	پوشش سنگی دستچین (سنگچین)
Dumped Revetment	پوشش سنگی ریزشی
Geotextile	پوشش غشایی/ژئوتکستایل/زمین پارچه
Bag Revetment	پوشش کیسه‌ای
Fixation of the bed	تثبیت بستر

omoorepeyman.ir

تراز افزایی	Aggradation
تلماسه	Dune
توری‌سنگ	Gabion
توری‌سنگ بلوکی یا جعبه‌ای	Block Gabion
روکش تورسنگی	Gabion - Mattress
تورسنگ کیسه‌ای	Sack Gabion
تونل خارج کننده‌ی رسوب	Tunnel Ejector
تیغه هدایت کننده	Guide Vane
جریان پر	Run Full
جریان پیچشی یا حلزونی	Spiral Flow
جریان چرخشی	Eddy current
جریان گردابی	Vortex
جریان گلی	Mud Flow
جریان واریزه‌ای	Debris Flow
چاله آبشستگی	Scour hole
حصارکشی	Fencing
حوضچه‌های ته‌نشینی	Settling Basins
حوضه آبریز	Watershed/Catchment/Basin
خارج کننده‌های رسوب	Sediment Ejectors
خاک‌های رمبنده	Collapsible Soils
خاک‌های واگرا	Dispersive Solis
خاک بیولوژیکی مسلح شده	Bio Reinforced Soil
خاکریز سیلبند (گوره)	Levee
بده غالب	Dominant Discharge
بده لب پر	Bankfull Discharge
دهانه زنگوله‌ای شکل	Bell Mouth
دیوارهای هادی	Wall Training
رانش زمین	Land sliding

omoorepeyman.ir

Sedimentation	رسوب‌گذاری
Liquefaction	روانگرایی
Alluvial River	رودخانه آبرفتی
Mature River	رودخانه بالغ
Meandering River	رودخانه پیچانرودی
Old River	رودخانه پیر
Young River	رودخانه جوان
Perennial Stream	رودخانه دائمی
Braided River	رودخانه شریانی
Ephemeral River	رودخانه فصلی
Straight River	رودخانه مستقیم
Riprap	روکش سنگ‌ریزه‌ای
Armoring	زرهی شدن
Land Slide	زمین لغزه
Sub - Basin	زیر حوضه
Gabion Check Dam	سد اصلاحی توری سنگی
Brushwood Check Dam	سد اصلاحی چپری
Log Check Dam	سد اصلاحی چوبی یا الواری
Boulder Check Dam	سد اصلاحی خشکه چین
Masonry Check Dam	سد اصلاحی سنگ و ملات
Woven-wire Check Dam	سد اصلاحی فلزی سبک
Check Dam	سد رسوب‌گیر
Grouted	سنگچین با ملات
Guide Banks	سواحل هدایت کننده
Ripple	شکنج
Drop Structure	شیب‌شکن
Rigid	صلب
Submerged Vanes	صفحات مستغرق

omoorepeyman.ir

ضریب شکل	Shape Factor
ضریب فشردگی (ضریب گراویلیوس)	Coefficient of Contraction
عمق آبشستگی	Scour Depth
فرسایش	Erosion
فرسایش ورقه‌ای	Sheet Erosion
فرم بستر	Bed Form
فیلتر ژئوتکستایل/فیلتر زمین پارچه	Geotextile Filter
قوس یا پیچ رودخانه	Meander
کانال هادی	Pilot Channel
کانال میانبر	Cut off
کف‌بند	Sill
کف‌کنی	Degradation
کمربند فرسایشی	Scouring Belt
گوره	Levee
گیاهان آبزی	Aquatic
گیاهان بوته‌ای	Shrubs
گیاهان علفی	Grass
لوله گردابی	Vortex tube
مجرای فاضلاب	Waste Way
مدل هیدرولیکی	Hydraulic Model
مهار رسوب	Sediment Control
میانبر	Cut Off
نفوذپذیر	Permeable
نفوذناپذیر	Impermeable
نقطه تمرکز	Point of Concentration

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

۱- ابن‌جلال، رضا، شفاعی بجستان، محمود،«اصول نظری و علمی مکانیک خاک»، دانشگاه چمران اهواز، (چاپ پنجم،۱۳۸۴).

۲- بهادری، فیروز، «روش‌های کنترل فرسایش در بستر رودخانه‌ها»، کارگاه آموزشی- تخصصی کنترل فرسایش در رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران، (۱۳۷۴).

۳- تلوری، عبدالرسول، «عوامل مختلف فرسایش رودخانه‌ای و بررسی اجمالی چگونگی تاثیر آنها»، کارگاه آموزشی-تخصصی کنترل فرسایش در رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران، (۱۳۷۴).

۴- تلوری، عبدالرسول، «تشریح روش‌های استقرار و ترکیب پوشش گیاهی در تثبیت جداره رودخانه‌ها»، اولین کارگاه علمی- تخصصی روش‌های بیومهندسی در ساماندهی رودخانه‌ها و مسیل‌ها. وزارت جهاد کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری با همکاری انجمن هیدرولیک ایران، (۱۳۸۳).

۵- تلوری، عبدالرسول، «اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه». وزارت جهاد کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، (۱۳۸۳).

۶- جوان، م، طالب بیدختی، ن، فرشاد، م، جواهری، پ، (۱۳۶۹). «طرح و آنالیز و اجرای سازه‌های توری‌سنگی (گابیون)»، انتشارات معاونت امور آب جهاد سازندگی استان فارس.

۷- «راهنمای ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه‌های عمرانی »، نشریه‌ی شماره‌ی۵۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۱).

۸- «راهنمای فرسایش و رسوب‌گذاری در محدوده آبشکن‌ها». نشریه شماره ۲۴۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۱).

۹- « راهنمای مهار فرسایش و حفاظت رودخانه‌ها». نشریه شماره ۱۴۹ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو، (۱۳۸۳)

۱۰- «راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب». نشریه شماره ۳۳۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۴).

۱۱- «راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه». نشریه شماره ۳۱۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۴).

۱۲- « راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری آبشکن‌های رودخانه‌ای». نشریه شماره ۵۱۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۸).

۱۳- «راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه». نشریه شماره ۳۳۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۵).

۱۴- «راهنمای مطالعات فرسایش و رسوب در ساماندهی رودخانه‌ها». نشریه شماره ۳۸۳ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۶).

omoorepeyman.ir

۱۵- «راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حدبستر و حریم رودخانه‌ها»، نشریه شماره ۳۰۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، (۱۳۸۴).

۱۶- شفاعی بجستان، محمود، فروغی، عبدالمجید «استفاده از روش صفحات مستغرق در حفاظت سواحل رودخانه کرخه»، دومین سمینار مهندسی رودخانه ایران، اهواز، (۱۳۷۱).

۱۷- شفاعی بجستان، محمود، زند پارسا، شاهرخ «عملکرد سرریزها برای کنترل کف و سطح آب رودخانه‌ها». مجله آب، شماره ۱۲. (۱۳۷۳).

۱۸- شفاعی بجستان، محمود، «مروری بر مبانی و مکانیزم فرسایش و نظریه‌های مختلف فرسایش سطحی»، کارگاه آموزشی- تخصصی کنترل فرسایش در رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران. (۱۳۷۴).

۱۹- شفاعی بجستان، محمود، «هیدرولیک رسوب»، انتشارات دانشگاه شهید چمران، (چاپ سوم، ۱۳۸۴).

۲۰- شفاعی بجستان، محمود و محمد سلیمی گل شیخ، «برآورد میزان افزایش پایداری سواحل کارون- ۱۲ با استفاده از ژئومتری ریشه‌های درختان گز و پده»، مجله علمی کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، جلد ۲۵، شماره یک، صفحات ۲۷ الی ۴۱. (۱۳۸۱).

۲۱- شفاعی بجستان، محمود، سلیمی گل شیخ، محمد، «تعیین اثر ریشه درختان پده و گز در افزایش مقاومت برشی خاک ساحل کارون». مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، (۱۳۸۱).

۲۲- شفاعی بجستان، محمود، «جریان در کانال‌های باز»، انتشارات دانشگاه شهید چمران، (چاپ اول، ۱۳۸۳).

۲۳- شفاعی بجستان، محمود، «مبانی و کاربرد مدل‌های فیزیکی- هیدرولیکی». انتشارات دانشگاه شهید چمران، (چاپ اول، ۱۳۸۴).

۲۴- علیزاده، امین، «اصول هیدرولوژی مهندسی». انتشارات دانشگاه امام رضا، (۱۳۸۱).

۲۵- کاظمی نسبان، غلامرضا، شفاعی بجستان، محمود، «بررسی میزان استهلاک انرژی در سرریزهای پلکانی گابیون». فصلنامه مهاب قدس، شماره ۸، (۱۳۷۸).

۲۶- مؤذن، ایمان ، شفاعی بجستان، محمود، «تعیین راندمان تله‌اندازی رسوب‌سازی لوله‌گرداب»، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۱۷۳ تا ۱۸۰، (۱۳۸۴).

27- Department of Environmental Science، (2006). "Erosion Prevention and Sediment Control Manual"، City of Gresham، Oregon، United State of America.

28- Disaster and emergency management resources، (2003). "Landslide and Mud flow Management measures"، West Virginia University، Extension service، Section 7.3.

29- Fan، C-Y; R. Field and F. H. Lai، (2003). "Sewer-Sediment Control: Overview of an Environmental Protection Agency Wet-weather Flow Research Program". Journal of Hydraulic Engineering، 129(4)، 253-259.

omoorepeyman.ir

30- Geyik، M. P.، (1986). "FAO watershed management field manual، Gully Control". FAO conservation guide، 13/2، FAO، Rome.

31- Hemphill، R. W. and M. E. Barmley، (1989). "Protection of river and canal banks: guide to selection and design".

32- Iowa Dept of Natural Resources in cooperation with the US Dept of Agriculture (2006). "How to control stream bank".

33- Morris، G. L. and J. Fan، (1977). "Reservoir sedimentation handbook"، McGraw Hill book co. New York، 758P.

34- Peterson، M. S، (1986). "River Engineering"، Englewood Gliffs.، New Jersey، Prentice-Hall Publication.

35- Przedwojski، B.; R. Blazejewski and K. W. Pilarczyk، (1995). "River Training Techniques: Fundamentals، Design and Applications"، A. Balkema، Rotterdam، Brookfield.

36- Rosgen، D. L، (1994). "A Classification of Natural Rivers"، Catena، 22. pp، 169-199.

37- Vanoni Vito، A.، (2006). "Sedimentation Engineering"، Manual and Reports on Engineering Practice No. 54. Published by American Society of Civil Engineering.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت 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**nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Guideline for Sediment Control Methods for Rivers

No.598

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater

nezamfanni.ir

http://seso.moe.org.ir

2013

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان «راهنمای روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها» عناوین مطالعات، خدمات موردنیاز و روش‌های مختلف مهاررسوب و طراحی آنها را در رودخانه‌ها ارائه می‌دهد.

این نشریه با هدف یک مرجع راهنما برای مهندسانی که در این مبحث جدیدا مشغول به کار شده‌اند تهیه شده و می توان با مراجعه به مراجع مختلف ارائه شده در آن، اطلاعات و دانش کاربردی‌تر جهت طراحی پروژه‌های مهار رسوب را تهیه نمود.

omoorepeyman.ir