جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

دستورالعمل طراحی ، اجرا و نگهداری سازه‌های کنترل سیل و رسوب (بندهای اصلاحی)

نشریه شماره ۴۱۶

معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی

http://tec.mporg.ir

سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری
معاونت آبخیزداری
دفتر طرح ریزی و هماهنگی

http://www.Fer.org.ir

۱۳۸۷

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره :** ۱۰۰/۴۳۷۳۶
	تاریخ : ۱۳۸۷/۵/۱۲

موضوع :
مبانی طراحی و راهنمای اجرا و نگهداری سازه‌های کنترل سیل و رسوب (بندهای اصلاحی)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی ، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷هـ ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۱۶ دفتر نظام فنی اجرایی، با عنوان «**مبانی طراحی و راهنمای اجرا و نگهداری سازه‌های کنترل سیل و رسوب (بندهای اصلاحی)**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

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

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

امیرمنصور برقعی
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده 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.*

٤- *نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.*

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، دفتر نظام فنی اجرایی

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

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

رودخانه‌ها و آبراهه‌ها تحت تأثیر عوامل طبیعی و یا دخالت‌های انسان دچار فرسایش بستر، فرسایش کناره‌ها و جابه‌جایی عرضی می‌شوند. فرسایش رودخانه‌ای به نوبه خود موجب بروز خطرات و خسارات عدیده‌ای برای اراضی مجاور رودخانه‌ها و مستحدثات ساحلی می‌شود، به‌طوریکه سالانه میلیون‌ها تن از خاک‌های با ارزش اراضی حاشیه رودخانه‌ها دچار فرسایش شده و علاوه بر هدر رفتن خاک با ارزش، موجب از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و پرشدن مخازن سدها و کاهش عمر مفید آنها و همچنین ایجاد مشکلات زیادی در بهره برداری از تأسیسات آبگیری و انتقال آب می‌شود.

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل مختلف پیدایش، مطالعات توجیهی، طراحی تفصیلی، اجرا، راه‌اندازی، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌ها و پروژه‌ها موجب ساماندهی عرصه، کاهش هزینه‌ها و نیز مانع بهره‌برداری بی‌رویه از منابع می‌شود.

بر همین اساس و با توجه به ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مربوطه و نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ ت ۳۳۴۹۷ ه مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰هیات محترم وزیران) ، تهیه دستورالعمل و ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری طرح‌های کنترل فرسایش در رودخانه‌ها و مسیل‌ها را مد نظر قرار داد و با اعلام نیاز دستگاه اجرایی (معاونت آبخیزداری)، دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی آبخیزداری، که مجری طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی در سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور است، با همکاری و هماهنگی دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری که مسئولیت تهیه و تدوین ضوابط را برعهده دارد نسبت به تهیه **مبانی طراحی و راهنمای اجرا و نگهداری سازه‌های کنترل سیل و رسوب (بندهای اصلاحی)**، در راستای برنامه تدوین ضوابط و معیارهای فنی آبخیزداری و منابع طبیعی اقدام نمود.

این نشریه به عنوان راهنمایی برای معرفی روش‌های مهار فرسایش و تثبیت رودخانه‌ها، بیان اصول طراحی سازه‌های کنترل فرسایش و شرایط احداث آنها، ارائه شده است. در این نشریه همچنین توصیه‌هایی عمومی برای اجرا و نگهداری این سازه‌ها بیان شده‌است.

متن اولیه با محوریت و هدایت معاونت آبخیزداری و توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری تهیه و سپس در جلسات کارشناسی توسط کار گروه فنی نهایی شد.

معاونت نظارت راهبردی رییس جمهور بدین‌وسیله از کلیه عزیزانی که در تهیه این نشریه همکاری داشته‌اند و رهنمودها و حمایت‌های ایشان در به ثمر رسیدن نشریه حاضر موثر بوده است، سپاسگزاری و قدردانی می‌نماید.

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

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۷

omoorepeyman.ir

مبانی طراحی و راهنمای اجرا و نگهداری

سازه‌های کنترل سیل و رسوب (بندهای اصلاحی)

نشریه شماره ٤١٦

تهیه کننده

دکتر علی اکبر عباسی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

کمیته علمی و فنی

آقای مهندس رضا روشنی کلخوران، دفتر آبخیزداری مناطق بحرانی و سیل خیز

داور

آقای دکتر محمدحسین مهدیان، سرپرست تیم داوری

آقای دکتر مهدی حبیبی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

کمیته بررسی و تصویب نهایی

الف) معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری:

آقای مهندس علیرضا دولتشاهی، معاون دفتر نظام فنی اجرایی

آقای مهندس خشایار اسفندیاری، رییس گروه آب و کشاورزی دفتر نظام فنی اجرایی

خانم مهندس مهتاب معلمی، کارشناس

ب) سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری

آقای مهندس علیرضا بنی‌هاشمی، مدیرکل دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی آبخیزداری و مجری طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی آبخیزداری و منابع طبیعی

آقای مهندس محمد عقیقی، رییس گروه ضوابط و استانداردهای سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- کلیات	۸
۱-۱- مقدمه	۸
۱-۲- انواع بندهای اصلاحی	۸
۱-۲-۱- بر اساس مدت کاربرد	۸
۱-۲-۲- بر اساس نوع کاربرد	۸
۱-۲-۳- بر اساس نوع مصالح	۸
۱-۳- انتخاب نوع مصالح بندهای اصلاحی	۹
۲- اصول حاکم در انتخاب محل اجرا	۱۱
۲-۱- بندهای چپری	۱۱
۲-۲- بندهای فلزی سبک	۱۱
۲-۳- بندهای چوبی	۱۱
۲-۴- بندهای خشکه چین	۱۱
۲-۵- یندهای سنگی – ملاتی	۱۱
۲-۶- بندهای توریسنگی	۱۲
۳- معیارها و شاخص‌های مورد نیاز برای تعیین تعداد و فاصله بندها	۱۳
۳-۱- شیب حد	۱۳
۳-۲- فاصله بندها	۱۷
۳-۳- ارتفاع بندها	۱۸
۳-۴- تعداد بندها	۲۰
۴- ضوابط و معیارهای فنی طراحی بندهای اصلاحی	۲۱
۴-۱- مطالعه	۲۱
۴-۱-۱- مطالعه هیدرولوژی	۲۱
۴-۱-۲- مطالعه زمین شناسی و مکانیک خاک	۲۱
۴-۱-۳- مطالعه فرسایش و رسوب	۲۱
۴-۲- طراحی	۲۱
۴-۲-۱- بندهای فلزی سبک	۲۲
۴-۲-۲- بندهای چپری	۲۴
۴-۲-۳- بندهای الواری	۲۷

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۲-۴- بندهای خشکه چین	۲۹
۴-۲-۵- بندهای قلوه سنگی	۳۲
۴-۲-۶- بندهای سنگ و سیمانی	۳۳
۴-۲-۷- بندهای توزیسنگی	۳۷
۵- پایداری بندهای اصلاحی	۴۱
۵-۱- کلیات	۴۱
۵-۲- پایداری بندهای توریسنگی	۴۲
۵-۳- پایداری بندهای سنگی و ملاتی	۵۰
۶- طراحی سرریز بندهای اصلاحی	۵۱
۶-۱- کلیات	۵۱
۶-۲- طراحی سرریز بندهای چپری،خشکه چین، سنگی ملاتی	۵۱
۶-۳- طراحی سرریز بندهای توریسنگی	۵۵
۶-۴- محاسبات سازه ای	۷۱
۶-۴-۱- آنالیز پایداری مقاومت واژگونی و لغزش	۷۱
۶-۴-۲- آنالیز پایداری در مقابل نیروی زیر فشار	۷۵
۶-۴-۳- آنالیز مقاومت پی سرریز	۷۶
۷- ضوابط اجرایی بندهای اصلاحی	۷۹
۸- ضوابط نگهداری بندهای اصلاحی	۸۰
منابع و مآخذ	۸۱

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شماره و عنوان شکل **صفحه**

شکل شماره (۱) ارتباط فاصله بندها ، ارتفاع مؤثر بند و شیب آبراهه ۱۸
شکل شماره (۲) بند اصلاحی فلزی سبک هلالی شکل ۲۳
شکل شماره (۳) نمای جلوی بند اصلاحی چپری ۲۵
شکل شماره (۴) مقطع بند اصلاحی چپری ۲۶
شکل شماره (۵) تصویر اولین بند اصلاحی چپری همراه با پیش‌بند ۲۶
شکل شماره (۶) تصویر اولین بند اصلاحی الواری همراه با پیش‌بند ۲۸
شکل شماره (۷) نمای جلوی اولین بند اصلاحی الواری ۲۸
شکل شماره (۸) مقطع اولین بند اصلاحی الواری ۲۹
شکل شماره (۹) نمای جلوی بند اصلاحی خشکه‌چین ۳۰
شکل شماره (۱۰) مقطع اولین بند اصلاحی خشکه‌چین همراه با پیش‌بند ۳۱
شکل شماره (۱۱) تصویر اولین بند اصلاحی خشکه‌چین همراه با پیش‌بند ۳۱
شکل شماره (۱۲) مقطع اولین بند اصلاحی قلوه سنگی با پیش‌بند ۳۲
شکل شماره (۱۳) تصویر اولین بند اصلاحی قلوه سنگی ۳۳
شکل شماره (۱۴) نمای جلوی اولین بند اصلاحی سنگ و سیمان ۳۴
شکل شماره (۱۵) مقطع اولین بند اصلی سنگ و سیمانی با پیش‌بند ۳۴
شکل شماره (۱۶) تصویر اولین بند اصلاحی سنگ و سیمانی با پیش‌بند ۳۵
شکل شماره (۱۷) نمای جلوی اولین بند اصلاحی تورسنگی ۳۸
شکل شماره (۱۸) مقطع اولین بند اصلاحی توریسنگی با پیش‌بند ۳۸
شکل شماره (۱۹) تصویر اولین بند اصلاحی توریسنگی با پیش‌بند ۳۹
شکل شماره (۲۰) کنترل پایداری بندهای وزنی و حجمی ۴۲
شکل شماره (۲۱) نیروهای وارده بر یک سرریز توریسنگی ۴۴
شکل شماره (۲۲) سازه توریسنگی پلکانی و نیروهای وارد بر آن ۴۷
شکل شماره (۲۳) نیروهای وارده بر پیکر آزاد یک توزیسنگ در سازه پلکانی ۴۸
شکل شماره (۲۴) پایداری توریسنگ های پلکانی ۴۹
شکل شماره (۲۵) اشکال معمولی سرریز بندهای اصلاحی ۵۴
شکل شماره (۲۶) مقطع و نمای یک سرریز توریسنگی قائم ۵۶
شکل شماره (۲۷) سرریز توریسنگی قائم با سرریز ثانویه و حوضچه آرامش بی آستر ۵۷
شکل شماره (۲۸) سرریز توریسنگی قائم با حوضچه آرامش آستردار ۵۸
شکل شماره (۲۹) یک توریسنگ قائم با حوضچه آرامش آستردار ۵۹
شکل شماره (۳۰) نمودار طراحی تاج سرریزهای توریسنگی و طراحی حوضچه آرامش ۶۱
شکل شماره (۳۱) پوشش سرریز با قطعات مختلف ۶۲
شکل شماره (۳۲) بند توریسنگی قائم بدون بند ثانویه ۶۳
شکل شماره (۳۳) تغییرات عمق آب شستگی ۶۵
شکل شماره (۳۴) پارامترهای مربوط به طراحی حوضچه آرامش ۶۶

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شماره و عنوان شکل **صفحه**

شکل شماره (۳۵) رفتار هیدرولیکی سرریز تا سطح تاج خاکریزی شده ۶۶
شکل شماره (۳۶) نمودار تغییرات دبی سرریز ۶۷
شکل شماره (۳۷) تعیین ابعاد حوضچه آرامش سرریزهای توریسنگی ۶۸
شکل شماره (۳۸) رابطه وزن مخصوص توریسنگ با وزن مخصوص سنگها ۷۲
شکل شماره (۳۹) نیروهای وارده بر یک سرریز توریسنگی ۷۳
شکل شماره (۴۰) برآیند نیروهای وارده از سوی سازه بر روی سرریزها ۷۶
شکل شماره (۴۱) سطح گسیختگی برشی در پی سرریز توریسنگی ۷۷

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

شماره و عنوان جدول		صفحه
جدول (۱)	حداکثر سرعت مجاز توصیه شده برای آبراهه با شیب کم و امتداد مستقیم	۱۴
جدول (۲)	مقادیر ضریب زبری مانینگ (n) برای آبراهه‌های طبیعی	۱۵
جدول (۳)	مقادیر ضریب C مورد استفاده در طرح کنترل تراوش	۷۰

omoorepeyman.ir

فصل اول – کلیات

۱-۱- مقدمه

بندهای اصلاحی[1] سازه‌های کوچکی هستند که به‌منظور کاهش شیب آبراهه‌ها، کاهش سرعت جریان و مهار فرسایش در آبراهه‌ها ساخته می‌شوند. مصالحی نظیر چوب، سنگ، سنگ و ملات، بتن و توریسنگ در ساخت بندهای اصلاحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازه‌ها در سطح گسترده‌ای در طرحهای حفاظت خاک و آبخیزداری توسط دستگاههای اجرایی در سالهای اخیر مورد استفاده قرار گرفته و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده‌است .

انتخاب نوع مصالح، ابعاد، فاصله و ارتفاع این بندها به عوامل مختلفی نظیر منابع قرضه، شیب و ابعاد آبراهه، مصالح بستر، مقدار بارندگی و سطح حوزه بالادست بستگی دارد. انتخاب مناسب مصالح، ابعاد، فاصله و ارتفاع بندها نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها دارد. در این راستا دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری بندهای اصلاحی تهیه شده است.

۱-۲- انواع بندهای اصلاحی:

بندهای اصلاحی براساس اهداف، مدت کاربرد، نوع کاربرد و مصالح مورد استفاده تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱-۲-۱- براساس مدت کاربرد :

در این تقسیم‌بندی بندهای اصلاحی موقت یا دائمی می‌باشند: بندهای اصلاحی موقت زمانی استفاده می‌شوند که شرایط استقرار و رشد پوشش گیاهی در بستر آبراهه وجود نداشته باشد. پس از احداث این بند، رسوب و مصالح حمل شده توسط جریان در پشت این بندها ته‌نشین شده و محیط مناسب برای حفظ رطوبت، استقرار و رشد پوشش گیاهی فراهم می‌شود. بندهای چپری، چوبی، فلزی سبک و خشکه‌چین از جمله این بندها هستند. زمانیکه بندهای موقتی برای کنترل فرسایش بستر آبراهه یا خندق کافی نباشد، از بندهای دائمی استفاده می‌شود. این بندها برای مهار فرسایش در خندقهای بزرگ و یا تثبیت شیب آبراهه استفاده می‌شوند. بندهای سنگ و ملاتی، بتنی و توریسنگی از جمله این بندها می‌باشند. هزینه احداث این بندها از بندهای موقتی بیشتر و هزینه نگهداری آنها کمتر است.

۱-۲-۲- براساس نوع کاربرد :

بندهای اصلاحی برای مهار فرسایش یا مهار سیل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در هر دو مورد شیب آبراهه کاهش یافته و سبب کاهش سرعت جریان می‌شود، کاهش سرعت جریان سبب کاهش فرسایش بستر و یا نشست رسوبات حمل شده توسط جریان در پشت بندها می‌شود. از طرفی کاهش شیب و سرعت جریان سبب افزایش زمان تمرکز حوزه و کاهش پیک سیلاب می‌شود.

۱-۲-۳- براساس نوع مصالح مورد استفاده :

مهمترین تقسیم‌بندی بندهای اصلاحی براساس نوع مصالح مورد استفاده در ساخت آنها می‌باشد. بندهای اصلاحی چپری، فلزی سبک، چوبی، خشکه‌چین، سنگ و ملاتی و توریسنگی در این تقسیم‌بندی قرار می‌گیرند.

omoorepeyman.ir

[1]- Check Dams

بندهای چپری: بندهای اصلاحی چپری سازه‌های موقتی هستند که به منظور نگه‌داشتن مواد ریزدانه‌ای که همراه جریان در داخل آبراهه یا خندق حمل می‌شوند، ساخته می‌شوند .

این بندها با فرو کردن پایه‌های چوبی در عرض آبراهه و قراردادن چوبهای نازک در لابلای پایه‌ها (چپربندی) ساخته می‌شوند.

بندهای فلزی سبک : بندهای اصلاحی فلزی سبک، بندهای موقت کوچکی هستند که معمولاً برای نگهداری موارد ریزدانه در داخل آبراهه یا خندق ساخته می‌شوند. این بندها در آبراهه‌ها و خندقهای با شیب ملایم و حوزه مساحت کم که جریان نتواند مصالح درشت دانه را حمل کند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بندهای چوبی: بندهای اصلاحی چوبی از الوار و پایه‌هایی که در عرض آبراهه یا خندق قرار می‌گیرند ساخته می‌شوند. این بندها توانایی نگهداشت مصالح ریزدانه و درشت‌دانه حمل شده توسط جریان در داخل آبراهه را دارند.

بندهای خشکه‌چین: بندهای اصلاحی خشکه‌چین از چیدن تخته سنگها روی هم و درعرض آبراهه یا خندق ساخته می‌شوند. این بندها که یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین بندهای اصلاحی می‌باشند معمولاً در سرشاخه‌ها و آبراهه‌ها با مساحت کم ساخته می‌شوند.

بندهای سنگ و ملاتی: بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی با سنگ و ملات سیمان ساخته می‌شوند و ارتفاع آنها از بندهای چوبی و خشکه‌چین بیشتر است. این بندها بیشتر به منظور اصلاح شیب آبراهه، مهارسیلاب و یا ایجاد یک نقطه ثابت برای تثبیت شیب آبراهه یا خندق ساخته می‌شوند. هزینه اجرای این بندها بیشتر ولی هزینه نگهداری آنها کمتر می‌باشد.

بندهای توریسنگی: بندهای اصلاحی توریسنگی از سنگ و تورسیمی در عرض آبراهه یا خندق ساخته می‌شوند. ارتفاع این بندها نیز از بندهای چوبی و خشکه‌چین بیشتر می‌باشد و معمولاً به منظور اصلاح شیب آبراهه، مهار سیلاب و با ایجاد یک نقطه ثابت برای تثبیت شیب آبراهه یا خندق ساخته می‌شوند و هزینه اجرای این بندها از بندهای چوبی و خشکه‌چین بیشتر و هزینه نگهداری آنها کمتر خواهد بود.

۱-۳- انتخاب نوع مصالح بندهای اصلاحی

نوع مصالح مورد استفاده در ساخت بندهای اصلاحی نقش عمده‌ای در کاهش هزینه‌ها دارد. از طرفی کاربرد مصالح مختلف از محدودیتهایی نیز برخوردار می‌باشد. به‌طور مثال بندهای اصلاحی چپری و چوبی در بسترهای سنگی کاربرد ندارد. از نظر ارتفاع نیز برای بندهای چپری، چوبی و خشکه‌چین محدودیت کاربرد وجود دارد. وجود منابع قرضه و دسترسی به مصالح از مهمترین عوامل در انتخاب نوع مصالح است. اثرات زیست‌محیطی نیز از جمله عواملی است که در انتخاب مصالح باید مدنظر قرا گیرد. بندهای فلزی سبک، چپری و چوبی که محیط استقرار و رشد پوشش گیاهی را فراهم می‌کنند، سازگاری بیشتری با محیط دارند.

بندهای اصلاحی کوتاه که معمولاً در تعداد زیادی استفاده می‌شوند، بندهای چپری، چوبی و خشکه‌چین هستند که براساس دسترسی به مصالح، جنس بستر و هزینه‌های احداث، مرمت و نگهداری انتخاب می‌شوند. بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی و توریسنگی زمانی استفاده می شوند که نیاز به ارتفاع بیشتر برای بند باشد. در این بندها نیز دسترسی به مصالح و هزینه نقش عمده را دارد، بندهای توریسنگی به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتری که دارند در مقابل فرسایش و زیرشویی مقاوم‌تر بوده و دیرتر تخریب می‌شوند.

omoorepeyman.ir

جزئیات مربوط به ابعاد و مقاومت مصالح در هر یک از بندهای اصلاحی (قطر و نوع چوب در بندهای چپری و چوبی، قطر یا ابعاد سنگها در بندهای خشکه‌چین، قطر یا ابعاد سنگها و مقاومت آنها در بندهای سنگ و ملاتی و قطر یا ابعاد سنگها و مشخصات توریسنگ در بندهای توریسنگی) در قسمت طراحی و مشخصات اجرایی بندها به تفصیل شرح داده خواهد شد.

omoorepeyman.ir

فصل دوم - اصول حاکم در انتخاب محل اجرای انواع بندهای اصلاحی

عوامل مختلفی در انتخاب محل اجرای بندهای اصلاحی مؤثر است. شیب آبراهه، طول آبراهه، سطح حوزه بالادست و جنس مصالح بستر از جمله این عوامل می‌باشند. برای بندهای اصلاحی کوتاه چپری، فلزی سبک، چوبی و خشکه‌چین محدودیت‌های بیشتری وجود دارد.

۲-۱- بندهای چپری :

این بندها در آبراهه‌های کوچک که سطح حوزه بالادست آنها کم باشد کاربرد دارند. جنس مصالح بستر باید امکان فرو بردن پایه‌های چوبی را در زمین فراهم‌کند. این بندها در شیب‌های مختلف (۵ تا ۱۲۰ درصد) آبراهه استفاده می‌شوند. طول آبراهه یا کانال خندق باید کمتر از ۱۰۰ متر و مساحت حوزه بالادست محل بند کمتر از یک هکتار باشد.

۲-۲- بندهای فلزی سبک

این بندها سازه‌های کوچکی هستند که معمولاً برای نگهداری مواد ریزدانه داخل آبراهه یا خندق ساخته می‌شوند. این بندها در آبراهه‌ها و خندق‌های با شیب ملایم (کمتر از ۱۰ درصد) و سطح حوزه کم که سیلاب‌ها قدرت جابجایی موارد درشت دانه را نداشته باشند ساخته می‌شوند.

۲-۳- بندهای چوبی

بندهای اصلاحی چوبی از پایه‌های چوبی و الوارهایی که در بین پایه‌ها قرار داده‌می‌شوند، ساخته می‌شوند. این بندها نیز معمولاً برای آبراهه و خندق‌های کوچک و سطح حوزه کمتر از ۲ هکتار به‌کار می‌روند. طول کانال خندق باید کمتر از ۱۰۰ متر باشد و جنس بستر امکان فرو بردن پایه‌های چوبی را داشته باشد.

۲-٤- بندهای خشکه‌چین

این بندها که یکی از پرکاربردترین بندهای اصلاحی هستند، در آبراهه و خندقهای کوچک با مساحت حوزه آبخیز کمتر از ۴ هکتار و شیب آبراهه کمتر از ۲۰ درصد ساخته می‌شوند.

۲-۵- بندهای سنگ و ملاتی

بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی با سنگ و ملات سیمان ساخته می‌شوند و معمولاً به منظور مهار سیل و یا ایجاد یک نقطه ثابت و مستحکم در کانال خندق ساخته می‌شوند. این بندها در خندق‌هایی با طول کمتر از ۱۰۰۰ متر و سطح حوزه کمتر از ۲۰ هکتار، کاربرد دارند. هزینه این بندها زیاد بوده و به تعداد زیاد ساخته نمی‌شوند. بستر محل احداث این بندها باید مقاومت کافی در مقابل نشست و لغزش را داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۲-٦- بندهای توریسنگی

بندهای اصلاحی توریسنگی با استفاده از توری فلزی و سنگ ساخته می‌شوند. این بندها نیز همانند بندهای سنگ و ملاتی در آبراهه‌ها و خندقهای بزرگتر که بندهای چوبی و خشکه‌چین کاربرد ندارد، ساخته می‌شوند. این بندها نیز به عنوان سازه‌های کاهش شیب با هدف مهار سیل و یا با هدف ایجاد یک نقطه مستحکم در بستر خندق ساخته می‌شوند. طول خندقها باید کمتر از ۱۰۰۰ متر و سطح حوزه آنها کمتر ۲۰ متر باشد. بستر محل احداث این بندها باید مقاوت کافی در مقابل نشست و لغزش را داشته باشد در عین حال به دلیل انعطاف پذیری این بندها، بستر آنها تا حدی که پایداری سازه با مشکل مواجه نشود، می‌تواند نشست پذیر باشد.

omoorepeyman.ir

فصل سوم- معیارها و شاخص‌های مورد نیاز برای تعیین تعداد و فاصله بندهای اصلاحی

۳-۱- شیب حد

تعداد بندهای اصلاحی در یک آبراهه به شیب آبراهه، ارتفاع و فاصله بندها و شیب آبراهه پس از رسوبگذاری پشت بندها بستگی دارد. در اغلب موارد بندهای اصلاحی برای کاهش شیب آبراهه، به منظور کاهش سرعت جریان و کنترل فرسایش بستر آبراهه ساخته می‌شوند. جهت کنترل فرسایش در آبراهه‌ها، کم کردن شیب بستر به‌گونه‌ای انجام می‌شود که سرعت آب باعث جدا شدن ذرات مصالح بستر دیواره آبراهه نشود. این عمل با ساخت شیب شکن‌ها و بندهای اصلاحی میسر می‌شود. شیب مناسب با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید. (جوان و همکاران، ۱۳۶۹)

$$i_e = \frac{(K.V)^{10/3} B^{4/3} n^2}{Q^{4/3}} \qquad (۱)$$

که در آن :

i_e = شیب آبراهه پس از تثبیت

V = سرعت مجاز جریان بر حسب متر بر ثانیه

K = نسبت سرعت متوسط جریان در آبراهه به سرعت جریان در نزدیک بستر که معمولاً بین ۱/۳ تا ۱/۵ متغیر است.

B = طول محیط تر شده بر حسب متر

n = ضریب زبری مانینگ

Q = دبی سیلابی بر حسب متر مکعب بر ثانیه، این دبی با توجه به اهداف طرح و درجه اهمیت و طول عمر طرح از ۱۰ تا ۵۰ سال می تواند متغیر باشد.

مقادیر توصیه ای برای سرعت مجاز (V) و ضریب زبری مانینگ درجداول ۱ و ۲ آمده است .

omoorepeyman.ir

جدول شماره ۱ ـ حداکثر سرعت مجاز توصیه شده برای آبراهه‌های با شیب کم و امتداد مستقیم
(نقل از جوان و همکاران ، ۱۳٦۹)

جنس آبراهه	سرعت آب صاف m/sec	سرعت آب حامل لای کلوئیدی m/sec
ماسه ریزکلوئیدی	۰/۴۵	۰/۷۶
لوم ماسه‌ای غیرکلوئیدی	۰/۵۳	۰/۷۶
لوم لای‌دار غیرکلوئیدی	۰/۶۰	۰/۹۱
لای آبرفتی غیرکلوئیدی	۰/۶۰	۱/۰۰
لوم معمولی	۰/۷۶	۱/۰۰
خاکستر آتشفشانی	۰/۷۶	۱/۵۲
رس سخت بسیار کلوئیدی	۱/۱۴	۱/۵۲
لای آبرفتی کلوئیدی	۱/۱۴	۱/۸۲
شیل و سطح غیرقابل نفوذ (۳)	۱/۸۲	۱/۵۲
شن ریز (۴)	۰/۷۶	۱/۵۲
لوم با دانه‌بندی همراه با قلوه‌سنگ غیرکلوئیدی	۱/۱۴	۱/۶۷
لای با دانه‌بندی همراه با قلوه‌سنگ کلوئیدی	۱/۲۲	۱/۸۲
شن درشت غیرکلوئیدی	۱/۲۲	۱/۶۷
قلوه‌سنگ	۱/۵۲	

تذکر : برای آبراهه‌های با پیچ و خم باید از سرعت‌های پایین‌تر استفاده کرد، درصد کاهش سرعت پیشنهاد شده توسط لاین از ۵ درصد برای آبراهه‌های با پیچ و خم متوسط تا ۲۲ درصد برای آبراهه‌ها با پیچ و خم زیاد است.

omoorepeyman.ir

جدول شماره ۲ ـ مقادیر ضریب زبری مانینگ (n) برای آبراهه‌های طبیعی

(نقل از جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

نوع آبراهه و مشخصات آن	کمینه	متوسط	بیشینه
۱ ـ رودخانه‌های کوچک (پهنای بالا در هنگام سیلاب کمتر از ۳۰ متر) :			
الف) . رودخانه‌های واقع در دشت :			
(۱) تمیز با سواحل مستقیم پر از آب بدون گودی‌های موجود در کف،	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۳
(۲) مانند (۱) اما با سنگ و علف هرز	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰
(۳) آبراهه‌های پیچ و خم‌دار با گودی‌های موجود در کف،	۰/۰۳۳	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵
(۴) مانند (۳) اما با سنگ و علف،	۰/۰۳۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰
(۵) مانند (۴) با آب کمتر، شیبهای غیرمؤثر بیشتر،	۰/۰۴۰	۰/۰۴۸	۰/۰۵۵
(۶) مانند حالت (۴) اما با سنگهای بیشتر،	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰
(۷) رودخانه‌های با شیب بسیار کم، پوشیده از علف هرز و گودی‌های عمیق،	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰
(۸) رودخانه با علف هرز فراوان با گودی‌های عمیق پوشیده از بوته‌ها	۰/۰۷۵	۰/۱۰۰	۰/۱۵۰
ب) رودخانه‌های کوهستانی بدون پوشش گیاهی در آبراه با کرانه‌های پرشیب،			
درختها و بوته‌های موجود در کرانه که در اثر سیلاب به زیر آب می‌روند:			
(۱) کف رودخانه قلوه‌سنگ و پاره‌سنگ	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
(۲) کف رودخانه قلوه‌سنگ و پاره‌سنگهای بزرگ	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰

omoorepeyman.ir

ادامه جدول شماره ۲ ـ

نوع آبراهه و مشخصات آن	کمینه	متوسط	بیشینه
۲ ـ سیلاب دشت :			
الف) مرتع بدون بوته :			
(۱) علف کوتاه	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵
(۲) علف بلند	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰
ب) مناطق زراعی :			
(۱) کشت نشده	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰
(۲). گیاهان ردیفی کامل	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۵
(۳). گیاهان کرتی کامل	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
ج) بوته‌زارها:			
(۱) بوته‌های پراکنده و علف هرز فراوان	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰
(۲) بوته‌ها و درختان کم در زمستان	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰	/۰۶۰
(۳) بوته و درختان کم در تابستان	۰/۰۴۰	۰/۰۶۰	۰/۰۸۰
(۴) بوته متوسط تا متراکم در زمستان	۰/۰۴۵	۰/۰۷۰	۰/۱۱۰
(۵) بوته متوسط تا متراکم در تابستان	۰/۰۷۰	۰/۱۰۰	۰/۱۶۰
د) درختان:			
(۱) بید متراکم در تابستان و مسیر مستقیم	۰/۱۱۰	۰/۱۵۰	۰/۲۰۰
(۲) درختان متراکم و بعضی درختان قطع شده در مسیر	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۳ـ رودخانه‌های بزرگ (پهنای سطح آب در هنگام سیل بیشتر از ۳۰ متر): مقدار کمتر از رودخانه‌های کوچک مشابه می‌باشد زیرا کرانه‌ها مقاومت کمتری در مقابل جریان نشان می‌دهند.			
الف) مقطع منظم بدون سنگ یا بوته	۰/۰۲۵	–	۰/۰۶۰
ب) مقاطع نامنظم و زبر	۰/۰۳۵	–	۰/۱۰۰

از طرفی پس از احداث بندهای اصلاحی متوالی در بین آنها رسوبگذاری انجام می‌شود که این رسوبگذاری پس از به تعادل رسیدن، شیبی پیدا می‌کند که به شیب نهایی معروف است. این شیب زمانی شکل می‌گیرد که پشت بند اصلاحی تا ارتفاع تاج سرریز با مصالح حمل شده توسط جریان پر شود. این شیب معمولاً در حد ۳ درصد است.

تعیین فاصله، ارتفاع و تعداد بندهای اصلاحی به‌هم وابسته بوده و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و اهداف طرح مقادیر بهینه تعیین می‌شود. بندهای با ارتفاع زیاد، فاصله بیشتر و تعداد کمتری خواهند داشت ولی هزینه احداث واحد حجم آنها

omoorepeyman.ir

بیشتر بوده و نیاز به کنترل پایداری خواهند داشت. در صورتیکه بندهای کوتاه، با فاصله کمتر و در تعداد بیشتری ساخته می شوند ولی هزینه واحد حجم احداث آنها کمتر است و پایداری آنها نیاز به کنترل ندارد. در نهایت با انجام محاسبات اقتصادی و برآوردهزینه گزینه های مختلف، فاصله، ارتفاع و تعداد بهینه بندها مشخص می‌شود . با این حال توصیه‌هایی برای انتخاب فاصله، ارتفاع و تعداد بندهای اصلاحی در یک آبراهه قابل ارائه است.

۳-۲- فاصله بندها

بطور کلی، بهترین و اقتصادی ترین فاصله در سیستم بندهای اصلاحی و رسوبگیر، فاصله‌ای است که به موجب آن، هر بند در بالادست پنجه آخرین رسوبات بند پایین دستی قرار گیرد. تعیین این فاصله، نیاز به آگاهی درخصوص ارتباط شیب اولیه بستر آبراهه و شیب رسوبات پشت بندهای احداث شده در آبراهه دارد. در این خصوص رابطه تجربی زیر پیشنهاد شده است. (جوان وهمکاران ، ۱۳۶۹)

$$S=\frac{H_e}{KG\cos\psi} \qquad (۲)$$

که در آن :

S = فاصله بین بندها بر حسب متر

He = ارتفاع مؤثر بندها (اختلاف بستر آبراهه و تاج سرریز)

ψ = زاویه شیب بستر آبراهه بر حسب درجه

G = شیب بستر آبراهه ($\tan\psi$)

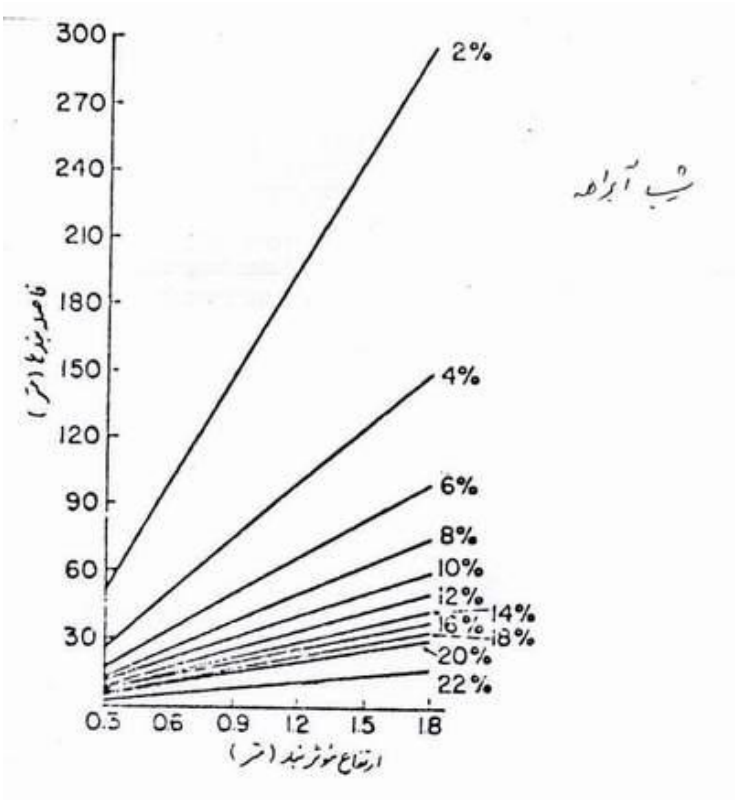
K = یک ضریب تجربی است که با توجه به شیب‌دار بودن سطح رسوبات پشت بندها در رابطه منظور شده‌است. مقادیر زیر برای K پیشنهاد شده است.

برای $G \le 0/2 \rightarrow K = 0/3$ و برای $G > 0/2 \rightarrow K = 0/5$

omoorepeyman.ir

پس از انتخاب مقدار مناسب K، رابطه (۲) می‌تواند برای تعیین فاصله بندها مورد استفاده قرار گیرد. پس از لحاظ مقادیر K، با استفاده از رابطه (۲) نمودار زیر برای محاسبه فاصله بندهای اصلاحی بر اساس شیب آبراهه و ارتفاع مؤثر بندها ارائه شده است.

شکل - ۱- ارتباط فاصله بندها، ارتفاع مؤثر بند و شیب آبراهه (نقل از جوان و همکاران، ۱۳۶۹)



۳-۳- ارتفاع بندها

ارتفاع بندهایی که برای اصلاح شیب آبراهه ها و خندق‌ها ساخته می‌شوند معمولاً کم بوده و از ۵ متر تجاوز نمی‌کند. ارتفاع مؤثر بند (فاصله بستر آبراهه تا تاج سرریز بند) در حجم رسوب پشت بند، فاصله و تعداد بندها مؤثر خواهدبود. با توجه به توپوگرافی آبراهه و شیب دیواره‌ها، حجم رسوب‌گیری در پشت چندین بند کوتاه، که مجموع ارتفاع آنها با ارتفاع یک بند بلند برابر است، از حجم رسوب‌گیری در پشت یک بند بلند کمتر است. از این رو از دیدگاه تله اندازی رسوبات یک بند بلند بر چند بند کوتاه ارجحیت دارد. درصورتیکه برای تثبیت شیب چند بند کوتاه همان عملکرد بند بلند را دارد و معمولاً هزینه آنها نیز کمتر است. با این حال ارتفاع، فاصله و تعداد بندها با در نظر گرفتن اهداف طرح و ملاحظات اقتصادی تعیین می‌شود.

ارتفاع مؤثر یک بند اصلاحی، بنا به تعریف فاصله قائم تاج سرریز تا بستر آبراهه است. با توجه به ارتفاع مؤثر و فاصله بندهای اصلاحی، تعداد بندها و حجم رسوبات پشت آنها نیز قابل محاسبه است. برای محاسبه دقیق رسوب پشت بند، نیاز به نقشه توپوگرافی آبراهه در بالادست بند می باشد که معمولاً وجود ندارد. از این رو رابطه زیر که با تقریب خوبی حجم رسوبات پشت بند را برآورد می کند، ارائه شده است .

omoorepeyman.ir

$$V_s = \frac{1}{2} H_e . L_{He} . S . \cos\psi \qquad (۳)$$

که در آن :

Vs = حجم رسوب پشت بند بر حسب متر مکعب

He= ارتفاع مؤثر بند بر حسب متر

L_{He} = طول متوسط بند بر حسب متر

S = فاصله بین بندها بر حسب متر

ψ = زاویه متناظر با شیب آبراهه بر حسب درجه

طول متوسط بند از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$L_{He} = L_B + \frac{L_u - L_B}{2D_B} . He \qquad (۴)$$

که در آن :

L_B= پهنای کف آبراهه بر حسب متر

L_U = پهنای آبراهه در تراز تاج سرریز بر حسب متر

D_B = بلندی تاج بند تا کف آبراهه بر حسب متر

H_e = فاصله تاج سرریز بند تا کف آبراهه بر حسب متر

چنانچه فاصله بندها (S) از رابطه ۲ در رابطه ۳ قرارداده شود، رابطه حجم رسوبات پشت بند به شکل زیر تبدیل می‌شود.

$$V_s = \frac{He^2}{2KG} . L_{He} \qquad (۵)$$

این رابطه نشان می‌دهد که مقدار رسوب پشت بند، به نسبت مربع ارتفاع مؤثر بند افزایش پیدا می‌کند.

۳-٤- تعداد بندها

تعداد بندها بر اساس فاصله بندها، طول آبراهه، ارتفاع مؤثر بند، شیب اولیه آبراهه و شیب آبراهه پس از تثبیت به شرح زیر تعیین می‌شود.

$$N = L \frac{P - I}{H_e} \qquad (۶)$$

که در آن :

N = تعداد بندها

L = طول آبراهه بر حسب متر

P = شیب اولیه آبراهه

omoorepeyman.ir

I = شیب آبراهه پس از رسوبگذاری پشت بندها (شیب حد آبراهه)

He = ارتفاع مؤثر بند بر حسب متر

شیب حد را می‌توان با استفاده از اطلاعات بندهای ساخته شده قبلی که رسوبگذاری در پشت آنها صورت گرفته‌است تعیین کرد ولی معمولاً این شیب را حدود ۳ درصد در نظر می‌گیرند. اگرچه در بعضی مواقع این شیب را حدود یک سوم شیب طبیعی آبراهه نیز توصیه کرده‌اند. (اردکانی، ۱۳۷۹)

omoorepeyman.ir

فصل چهارم - ضوابط و معیارهای فنی طراحی بندهای اصلاحی

٤-۱- مطالعه

قبل از طراحی بندهای اصلاحی یک سری مطالعات و بررسی‌ها جهت تعیین نوع بند، ابعاد و محل احداث آن لازم است انجام شود.

٤-۱-۱- مطالعات هیدرولوژی

برای محاسبه ابعاد سرریز بندهای اصلاحی نیاز به برآورد سیلاب حوزه در محل احداث بند می باشد. چنانچه ایستگاه هیدرومتری وجود داشته باشد، از تجزیه و تحلیل آمار هیدرومتری و در غیر اینصورت از نتایج آنالیز منطقه‌ای سیلاب (که معمولاً به‌صورت روابط دبیـ وسعت حوزه می باشد) و یا روابط تجربی تبدیل بارش به رواناب مانند روش منطقی یا روش SCS استفاده می‌شود. دوره بازگشت سیلاب برای بندهای فلزی سبک، چپری و خشکه چین بین ۵ تا ۱۰ سال و برای بندهای با ارتفاع بیشتر معمولاً تا ۲۵ سال هم در نظر گرفته می شود.

٤-۱-۲- مطالعات زمین شناسی و مکانیک خاک

انتخاب نوع بند و محل احداث آن بستگی به جنس مصالح بستر دارد. در بندهای چوبی و چپری باید امکان فرو بردن پایه‌ها در داخل بستر وجود داشته باشد. در بندهای وزنی مانند بندهای سنگ و ملاتی و توریسنگی نیز باید مصالح بستر مقاومت کافی برای تحمل وزن بند را داشته باشد. با مطالعات زمین‌شناسی و مکانیک خاک، جنس بستر و مقاومت آن جهت احداث بندهای مختلف تعیین می‌گردد.

٤-۱-۳- مطالعات فرسایش و رسوب حوزه

با انجام مطالعات فرسایش و رسوب حوزه، میزان رسوباتی که در پشت بندها رسوب خواهد کرد تخمین زده می‌شود و در نتیجه زمانی که پشت بند از رسوبات پر و تثبیت خواهد شد، تعیین می گردد.

٤-۲- طراحی

از آنجا که بندهای اصلاحی سازه های کوچک می باشند، نیاز به محاسبات پیچیده ندارند و اگر ابعاد آنها مناسب انتخاب گردد، معمولاً پایدار مانده و عملکرد مورد انتظار را خواهند داشت . در بندهای با ارتفاع کم نظیر بندهای اصلاحی چپری، چوبی و خشکه‌چین نکات اجرایی درخصوص ابعاد و اندازه‌ها برای پایداری سازه کافی بوده و نیاز به محاسبه و کنترل پایداری نیز نیست. در بندهای اصلاحی با ارتفاع بیشتر نظیر بندهای سنگ و ملاتی و توریسنگی اگرچه با انتخاب ابعاد مناسب پایداری سازه تأمین می‌گردد، ولی کنترلهای لازم نیز باید صورت گیرد.

سرریز بندهای اصلاحی نیز از عوامل تعیین کننده در پایداری و عملکرد بندها می باشد. سرریز بندهای چپری، چوبی و خشکه‌چین معمولاً هلالی شکل و سرریز بندهای سنگ و ملاتی و توریسنگی معمولاً به‌صورت ذوزنقه یا مستطیل می باشد. در هر صورت سرریز باید توانایی عبور جریان و سیلاب طراحی را از روی سازه به صورت ایمن داشته باشد.

omoorepeyman.ir

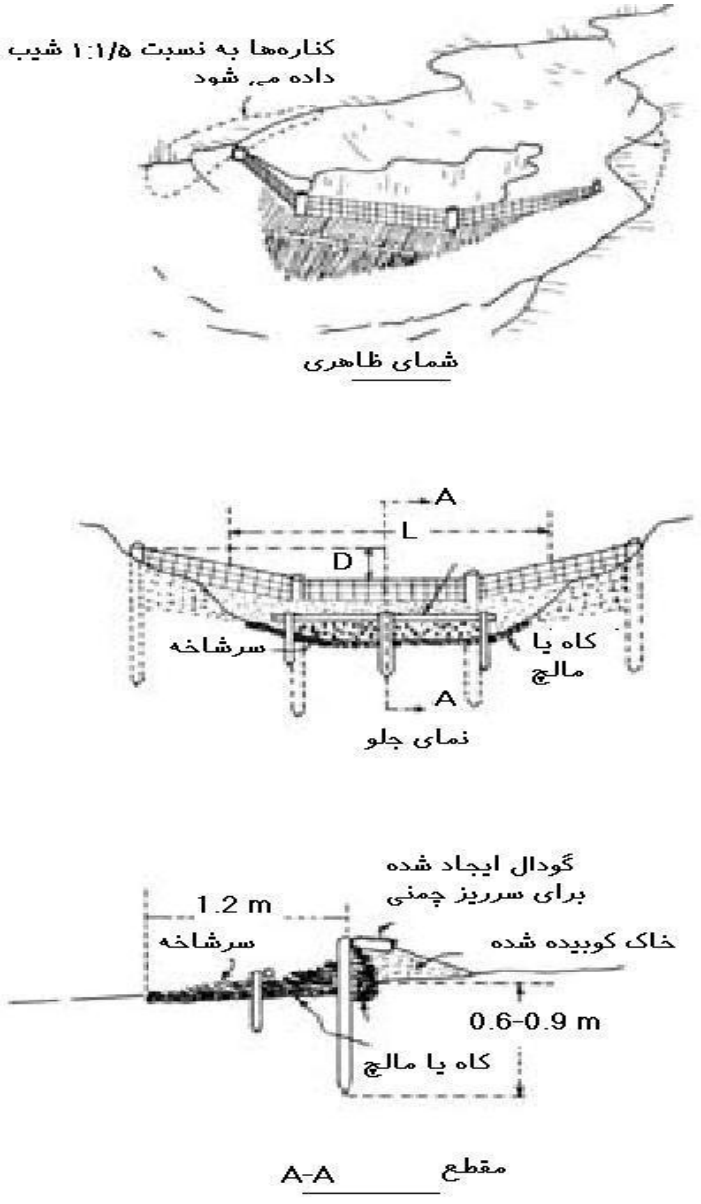
در این بخش ابتدا ضوابط و معیارهای طراحی انواع بند بیان می شود و سپس کنترل‌های لازم برای پایداری بندها و انتخاب ابعاد سرریزها ارائه می‌شود.

٤-۲-۱- بندهای فلزی سبک

بندهای اصلاحی فلزی سبک بندهای کوچکی هستند که معمولاً برای نگهداری مواد ریزدانه در خندق یا آبراهه ساخته می‌شوند (شکل ۲). این بندها در آبراهه‌ها یا خندق هایی با شیب ملایم (کمتر از ۱۰ درصد) و همچنین نواحی با مساحت کم که سیلابها نتوانند تخته سنگ (Rock) و قلوه سنگها (Boulder) را جابجا کنند مورد استفاده قرار می‌گیرند. این بندها عمود بر جهت خندق و یا به شکل هلال ساخته می شوند تا طول سرریز بیشتر گردد. علاوه بر این آن را با سیم بسته و دو انتهای بند را محافظت می کنند. اگر از محور مستقیم بند حدود یک ششم پهنای خندق در محل بند جلو برویم انحنای لازم ایجاد می‌شود. برای مثال اگر پهنای خندق ۷/۵ متر باشد سرریز حدود ۱/۲۵ متر پایین تر از محور مستقیم بند واقع می شود. یک ردیف پایه در عمق ۰/۶ تا ۰/۹ متر در طول قوس بند و به فاصله یک متر از یکدیگر قرار می گیرند. در قسمت مرکزی باید یک فاصله خالی بین پایه‌ها وجود داشته باشد تا آب از این قسمت سریز کند. شیاری به عمق ۰/۲ متر و پهنای ۰/۱۵ متر در بالادست پایه حفر می‌شود. شبکه سیمها یا سیم‌های نمره بالا (به قطر ۴ میلیمتر یا بیشتر) در شیارهای مقابل پایه قرار می‌گیرند. قسمتهای درشت بافت در عمق شیار کار گذاشته می شود. سیمها به پایه ها محکم بسته می شوند. تاج سرریز مسطح ساخته می شود تا آب یکنواخت روی آن پخش شود. لایه‌ای نازک از مالچ در کف بند قرار می گیرد تا شاخه های کوچک به زمین محکم شود. ممکن است از تخته سنگ، سرشاخه یا کلوخه‌های چمنی برای کف بند استفاده شود. انتهای شاخه‌ها در داخل شبکه سیمها کشیده می شود، تا پس از پر شدن پشت آنها به‌راحتی نگهداری شوند. لایه شاخه ها باید حداقل به فاصله ۱/۲ متر از پایه ها و به اندازه حداقل ۰/۶ متر از هر طرف پایه‌ها ادامه داشته باشد. یک تیر افقی متصل به چند پایه عمودی روی شاخه ها و در محل کف بند قرار داده می شود تا آنها را متراکم کند. برای جلوگیری از فرسایش تاج سرریز روی آن را با شاخه های کوچکتر می پوشانند. برای اینکه عمل پر کردن سریعتر پیش برود و سازه آب‌بندی شود، از کاه، شاخه های نازک و موارد مشابه در پشت شبکه سیمی در بالادست تاج سرریز استفاده می شود.

شبکه‌های یاد شده با خاک پر و متراکم می شود و شیب آنها باید حداقل ۲ : ۱ یا ۵۰ درصد باشد. قراردادن کلوخه‌های چمن یا تخته سنگها در پشت تاج سرریز از فرسایش آن جلوگیری می کند. مشخصات بندهای فلزی سبک در شکل ۲ ارائه گردیده است.

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۲- مشخصات بندهای فلزی سبک

omoorepeyman.ir

٤-۲-۲- بند های چپری (Brushwood Check Dams)

بند اصلاحی چپری با فرو کردن پایه‌هایی در زمین در عرض خندق یا آبراهه و قرار دادن چوب در لابه‌لای آنها در جهت عرض خندق و یا آبراهه ساخته می‌شوند (شکل‌های ۳ تا ۵) کار اصلی بند اصلاحی چپری نگه‌داشتن مواد ریز دانه‌ای است که در داخل آبراهه با جریان آب حمل می‌شود. خندق‌های با عمق کم که از یک متر تجاوز نکند با این نوع بند اصلاحی تثبیت می‌شود.

بندهای اصلاحی چپری سازه‌هایی موقت هستند و نباید در مسائل پیچیده مثل تمرکز آب اطراف جاده‌ها و زمینهای کشاورزی به‌کار گرفته شوند. این بندهای اصلاحی ممکن است در ارتباط با زمینهایی که مجدداً جنگل‌کاری می‌شوند و یا در ارتباط با نگهداری مراتع تا زمانیکه پوشش گیاهی مستقر می‌شوند استفاده می‌گردند. اگر در خندق یا بستر آبراهه خاک به عمق کافی وجود داشته باشد بند اصلاحی چپری ممکن است در همه منطقه مورد استفاده قرار گیرد در مورد خندق‌ها شیب بستر خندق ممکن است از ۵ تا ۱۲۰ درصد تغییر کند. اما طول خندق که از قسمت پیشانی خندق شروع می‌شود نباید از ۱۰۰ متر بیشتر شود. مساحت حوزه خندق باید یک هکتار و یا کمتر از یک هکتار باشد. انواع زیادی بند اصلاحی چپری وجود دارد. انتخاب یک نوع از آنها برای یک محل مخصوص به مقدار و نوع چوبهای موجود در محل بستگی دارد. هر نوعی که مورد استفاده قرارگیرد باید ارتفاع تاج سرریز از کناره‌های آن کمتر باشد تا آب از روی بند حرکت کند و نتواند از اطراف آن ریزش نماید.

ـ ارتفاع بند از زمین (ارتفاع مؤثر) یک متر است. هر دو طرف آن (هم بالادست و هم پایین‌دست) باید با شیب ۳۰ درصد ساخته شود. سرریز هم مقعر یا مستطیل شکل ساخته می‌شود.

ـ پایه‌ها درگودالی به ابعاد (۰/۲ متر * ۰/۳ متر) و به عمق $\frac{1}{3}$ یا $\frac{1}{2}$ طول پایه و به فاصله ۰/۳ تا ۰/۴ متر از یکدیگر در جهت عرض خندق قرار داده می‌شوند.

ـ طول پایه‌ها ۱/۰ تا ۱/۵ متر و قطر انتهای بالایی آن ۸ تا ۱۲ سانتیمتر است.

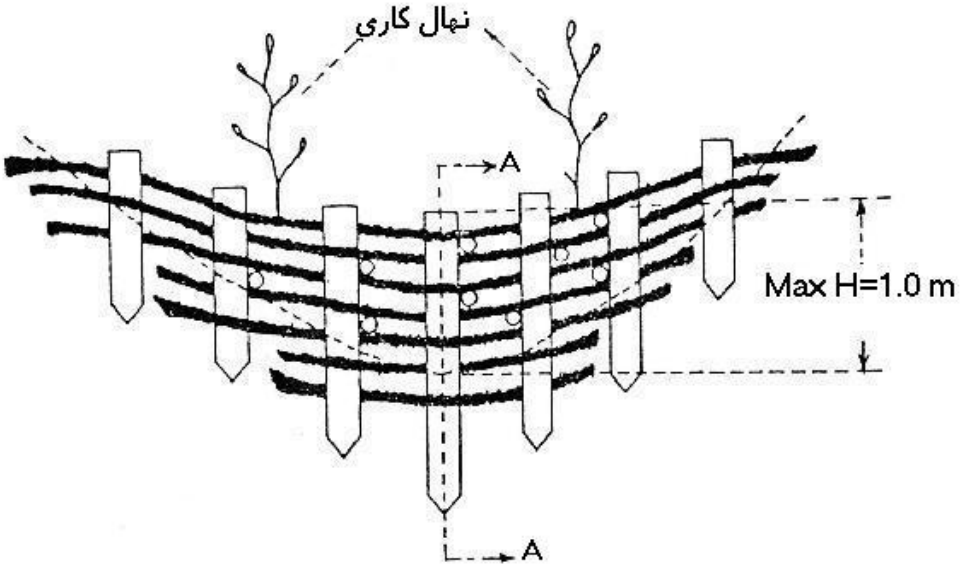
ـ چوب هر یک از گونه‌های درختان و یا گیاهان مانند توسکا (alnus) ، کاج (pine) ، خیزران (bamboo) ، بید (salixs) صنوبر (poplar) و ... را می‌توان به‌عنوان پایه مورد استفاده قرارداد.

ـ از شاخه‌های انعطاف‌پذیر گیاهانی مثل (salix، poplar، glirecidia، cassia) و از ساقه‌های انعطاف‌پذیر گیاهانی مثل (grandis، tithonia ، intermedia taramix ، arndinaria و ....) و تکه‌های تنه خیزران برای قسمتی که به هم بافته می‌شود می‌توان استفاده کرد. اینها به چوبهایی که در زمین فرو رفته‌اند بافته می‌شوند.

ـ اگر گونه‌های جوانه‌دار (بید، صنوبر، tithona grandis و ....) به‌عنوان پایه و چوبهای بهم بافته شده انتخاب شود، بند اصلاحی باید زمانی ساخته شود که خاک اشباع و یا نزدیک فصل بارانی باشد.

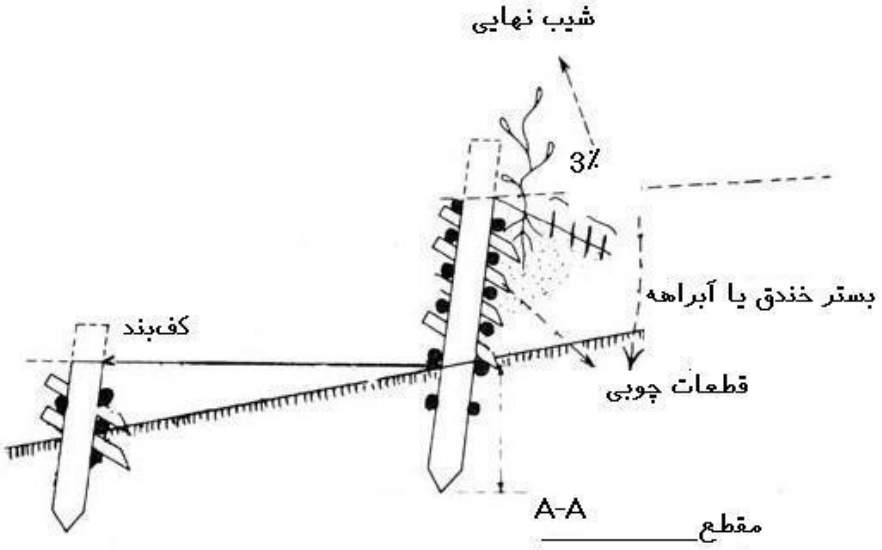
omoorepeyman.ir

ـ اگر گونه‌های بدون جوانه، کاج و توسکا به‌عنوان پایه و قطعات خیزران به‌عنوان چوبهای بهم بافته شده، استفاده شود بند اصـلاحی را در هر فصلی می‌توان ساخت.

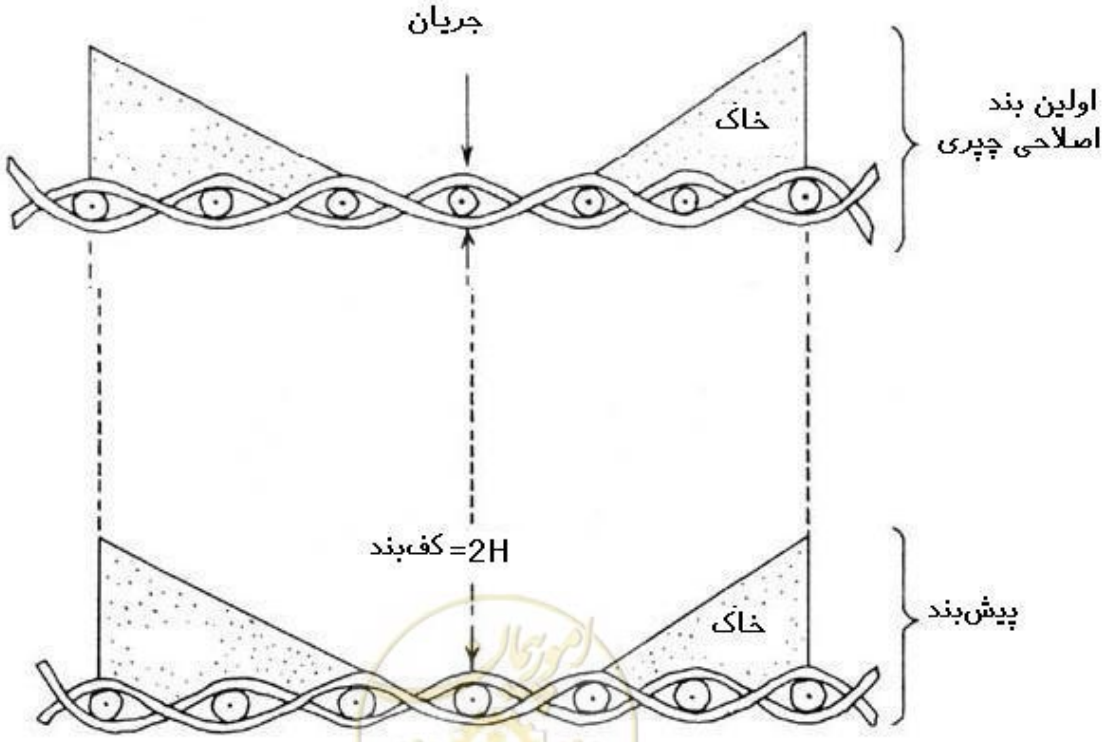


شکل شماره ۳ ـ نمای جلوی بند اصلاحی چپری (Geyik,۱۹۸٦)

omoorepeyman.ir



شکل شماره ٤ ـ مقطع بند اصلاحی چپری (Geyik ، ١٩٨٦)



شکل شماره ٥ ـ تصویر اولین بند اصلاحی چپری همراه با پیش‌بند (Geyik ، ١٩٨٦)

omoorepeyman.ir

٤-۲-۳- بندهای الواری (Log Check Dams)

این بندهای اصلاحی از الوار و پایه‌هایی که در عرض خندق قرار می‌گیرند ساخته می‌شوند. ممکن است این بندها را با الوار، تخته‌های بزرگ، تخته سنگ، تیرهای چوبی و یا تراورس ایجاد کرد. هد اصلی این بندها نگه‌داشتن مصالح ریز و درشتی است که با جریان آب به خندق می‌ریزد و پیشانی خندق را تثبیت می‌کند. این بندها برای تثبیت خندقهای اولیه، خندقهای کوچک و شاخه‌های خندق که معمولاً طول آنها از ۱۰۰ متر بیشتر نیست و حوزه آبخیز آنها از دو هکتار کمتر است، به‌کار می‌رود.

ـ حداکثر ارتفاع این بندهای اصلاحی از سطح زمین ۱/۵ متر می‌باشد. دو طرف بالادست و پایین‌دست نیز باید حدود ۲۵ درصد به طرف بالادست شیب داده شود. نوع سرریز هم مستطیل شکل استفاده می‌شود. معمولاً طول سرریز در حدود یک تا دو متر و عمق آن ۰/۵ تا ۰/۶ متر است (اشکال ۶ تا ۸).

ـ پایه‌ها در دو ردیف و در عرض خندق و در عمقی به اندازه نصف طول آنها یا حداقل یک متر قرار داده می‌شود.

ـ بایستی طول پایه‌ها حدود ۱ تا ۲ متر و قطر آنها بیشتر از ۸ سانتیمتر باشد.

ـ الوارها یا مصالح مشابه (تخته ، تخته‌سنگ ، تیر و ...) در بین دو ردیف پایه طوری قرار می‌گیرند که سرریز در وسط بند واقع شود.

ـ انتهای الوارها باید حداقل ۵۰ سانتیمتر در کناره‌های خندق فرو رود.

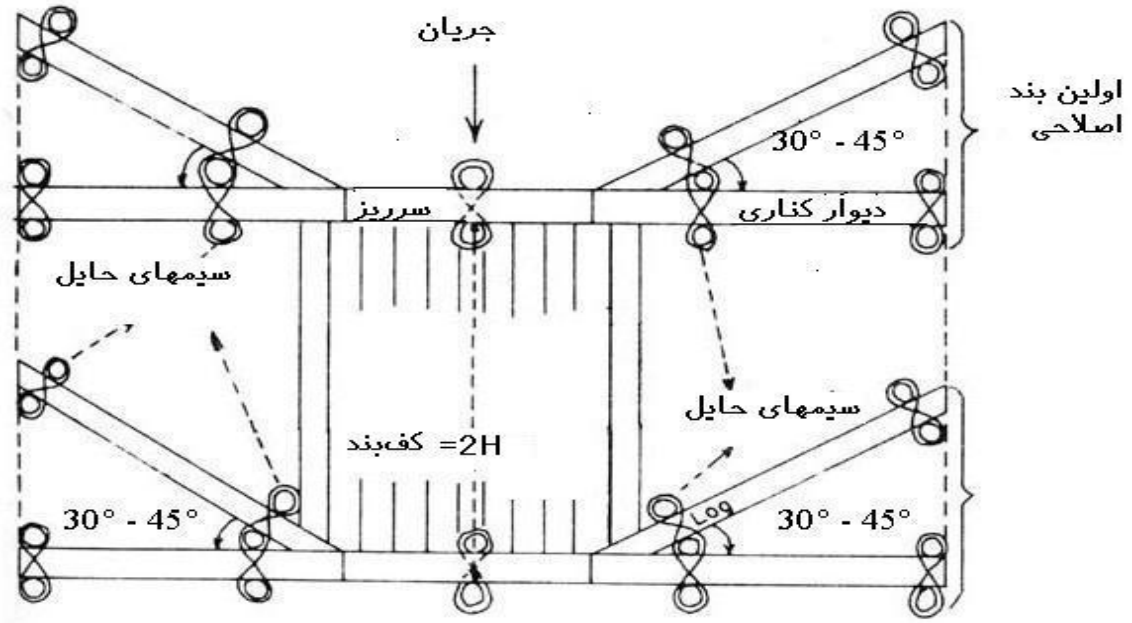
ـ الوارها با سیم به پایه‌ها بسته می‌شوند.

ـ از دیواره‌های کناری سرریز باید در مقابل ریزش آب از روی دستک‌ها محافظت شود.

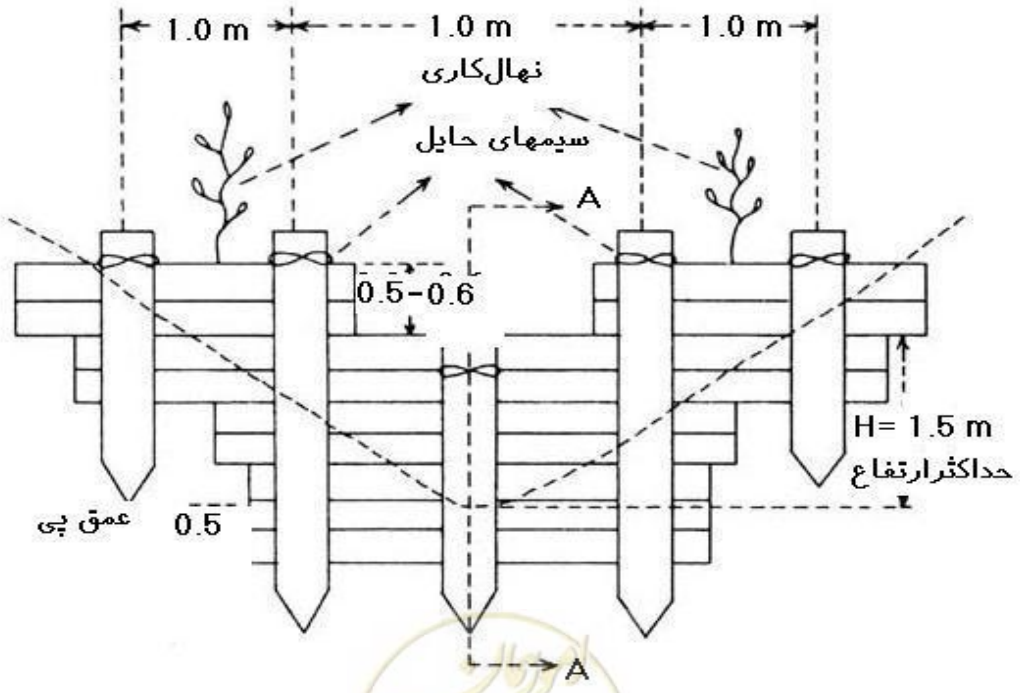
زاویه دستک‌ها در حدود ۳۰ تا ۴۵ درجه است. ارتفاع دیواره‌های بالی شکل باید به اندازه عمق سرریز و بالاتر از تراز سرریز باشد. اگر سنگ موجود باشد از دیواره‌های سنگی بالی شکل به‌جای الوار استفاده می‌شود.

ـ فضای بین دیواره‌های کناری و دیواره‌های بالی شکل با مصالح موجود در پی پر می‌شود.

omoorepeyman.ir

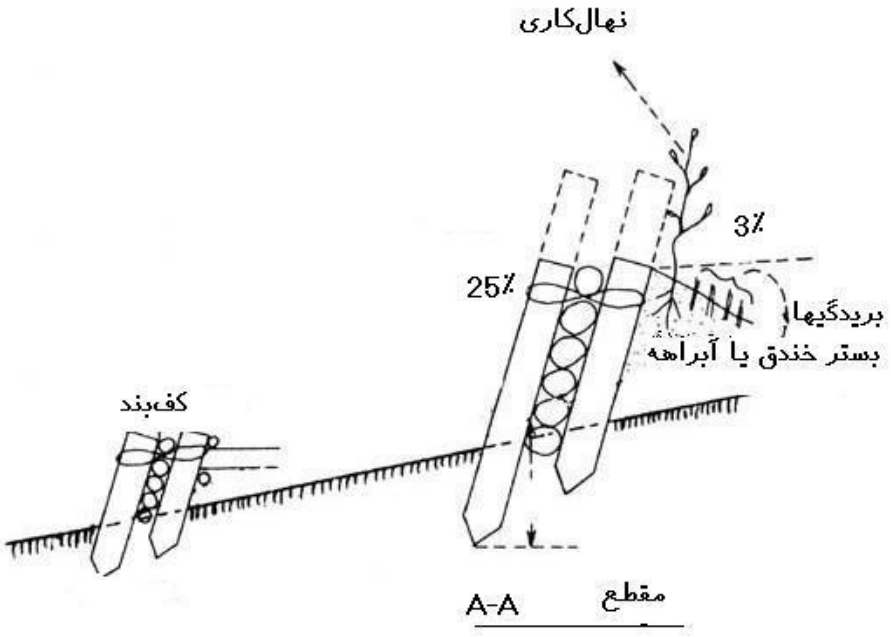


شکل شماره ٦ ـ تصویر اولین بند اصلاحی الواری همراه با پیش‌بند (Geyik ، ١٩٨٦)



شکل شماره ٧ ـ نمای جلوی اولین بند اصلاحی الواری (Geyik ، ١٩٨٦)

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۸ ـ مقطع اولین بند اصلاحی الواری همراه با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸٦)

٤-۲-٤- بندهای خشکه‌چین (Loose Stone Check Dams)

بندهای اصلاحی خشکه‌چین از چیدن تخته سنگها روی هم و در عرض آبراهه ساخته می‌شوند. هدف اصلی این بندها کنترل فرسایش در طول کانال آبراهه و یا کاهش شیب می‌باشد بندهای اصلاحی خشکه‌چین معمولاً برای تثبیت آبراهه‌های کوچک، خندقهای اولیه و کوچک و شاخه‌های خندق در شبکه خندقهای پیوسته به‌کار می‌روند. طول کانال خندق نباید از ۱۰۰ متر بیشتر و مساحت حوزه خندق حداکثر دو هکتار است. این نوع بندها در تمام نواحی کاربرد دارند.

ـ ارتفاع مؤثر این بندها حداکثر یک متر و عمق پی آنها دست کم یک متر است. ضخامت بند در تراز سرریز در حدود ۰/۵ تا ۰/۷ متر بوده و پایین‌دست آن شیب ۲۰ درصد (۰/۲ : ۱) دارد. ضلع بالادست معمولاً قائم است.

ـ طول پی این بندها از طول سرریز بیشتر است. پی دیواره‌های کناری هم به نحوی گودبرداری می‌شود که حداقل ۵۰ سانتیمتر در داخل کناره‌های آبراهه فرو رود.

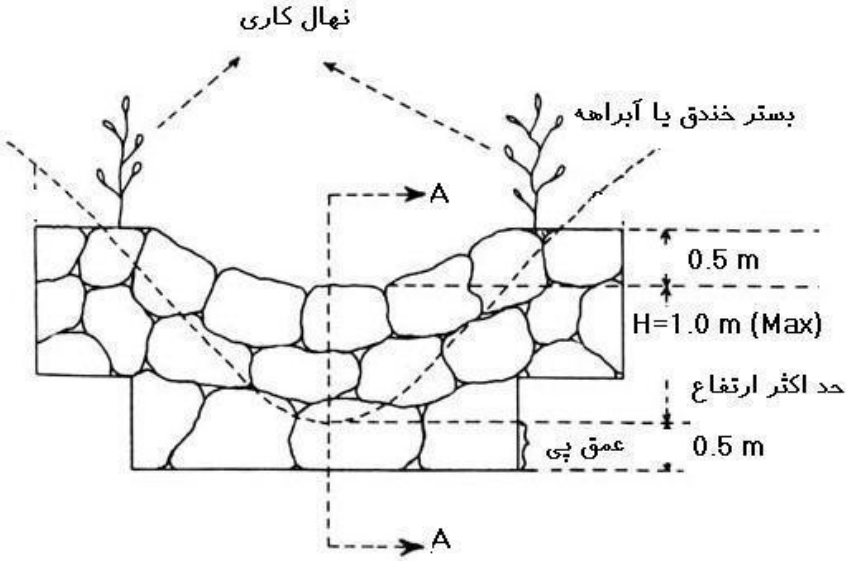
ـ تاج و قسمت وسط با سنگهای بزرگتر ساخته می‌شود.

ـ دیواره‌های کناری باید در مقابل ریزش آب از روی دستکها محافظت شوند.

omoorepeyman.ir

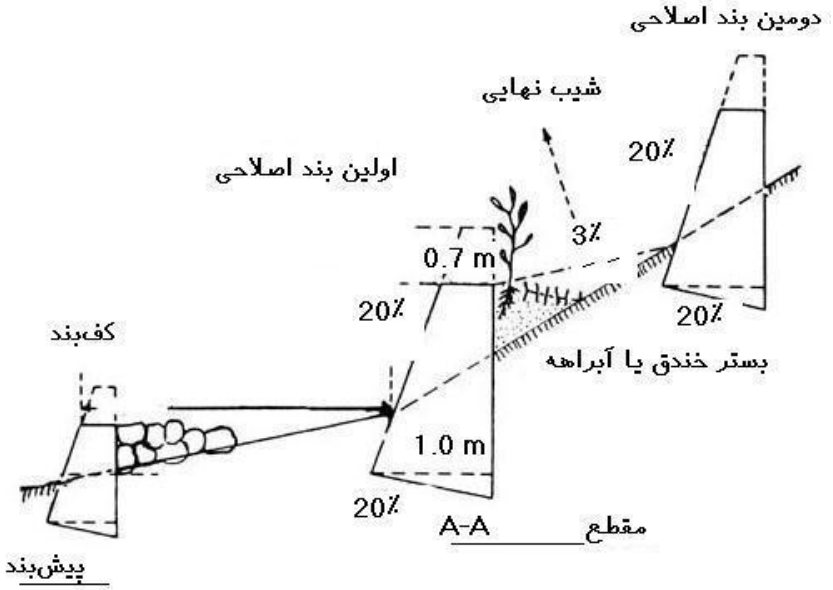
ـ زاویه بین دستکها و دیواره‌های کناری بین ۳۰ تا ۴۵ درجه متغیر است و ارتفاع دستکها به اندازه عمق سرریز از تـراز سـرریز بـالاتر است. فضای پشت دیواره‌های کناری با خاک پر می‌شود.

– فضای پشت بند با خاک گود برداری شده از پی تا تراز سرریز پر و شکل داده می‌شود و سرریز مقعر ساخته می‌شود.

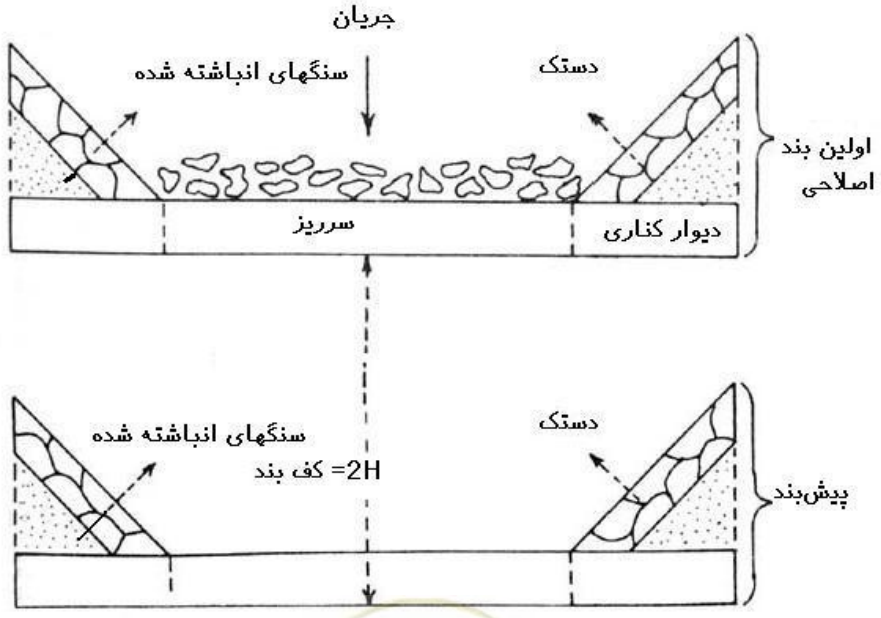


شکل شماره ۹- **نمای جلوی بند اصلاحی خشکه‌چین (Geyik ، ۱۹۸٦)**

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۱۰- مقطع اولین بند اصلاحی خشکه‌چین همراه با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸٦)



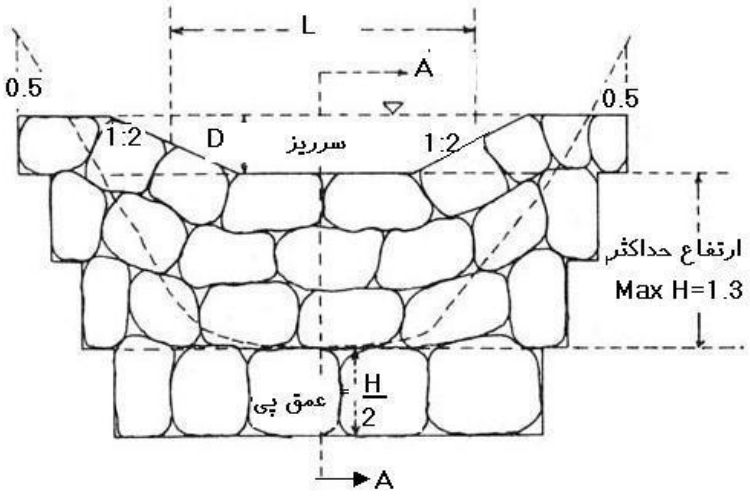
شکل شماره ۱۱ـ تصویر اولین بند اصلاحی خشکه‌چین همراه با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸٦)

omoorepeyman.ir

٤-۲-۵- بندهای قلوه‌سنگی (Boulder Check Dams)

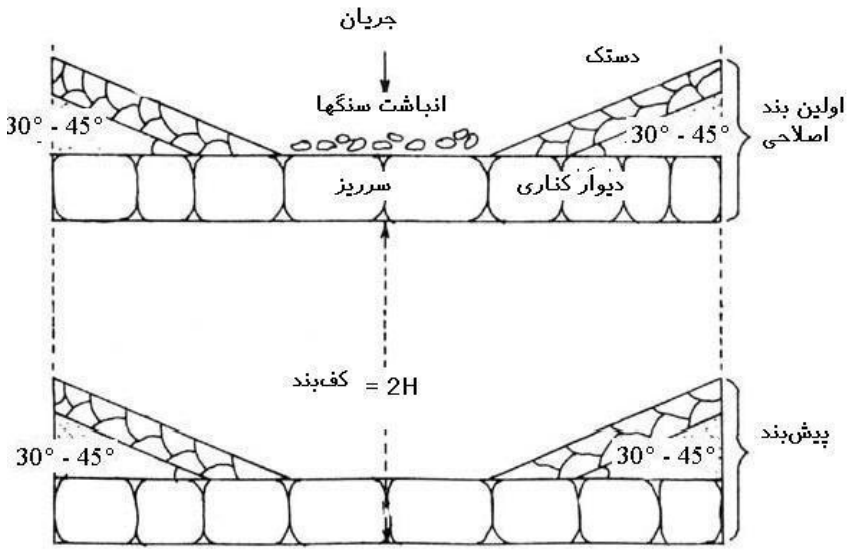
بندهای اصلاحی قلوه‌سنگی در عرض خندق و یا آبراهه ساخته می‌شوند و هدف اصلی آنها کنترل فرسایش بستر کانال یا کاهش شیب آبراهه می‌باشد (اشکال ۱۲ و ۱۳) خندقهای با طول حدود ۹۰۰ متر به‌وسیله بند اصلاحی قلوه‌سنگی تثبیت می‌شود. این بندها در تمام نواحی کاربرد دارند.

حداکثر ارتفاع این بندها ۱/۳ متر از تراز سرریز تا بستر آبراهه می باشد. عمق پی حداقل باید برابر با نصف ارتفاع مؤثر باشد. ضخامت بند در تراز سرریز ۰/۷ تا ۱ متر است (متوسط ۰/۸۵ متر) و پایین دست شیبی حدود ۳۰ درصد دارد (۰/۳ : ۱).



شکل شماره ۱۲ ـ مقطع اولین بند اصلاحی قلوه‌سنگی با پیش‌بند (Geyik، ۱۹۸٦)

omoorepeyman.ir



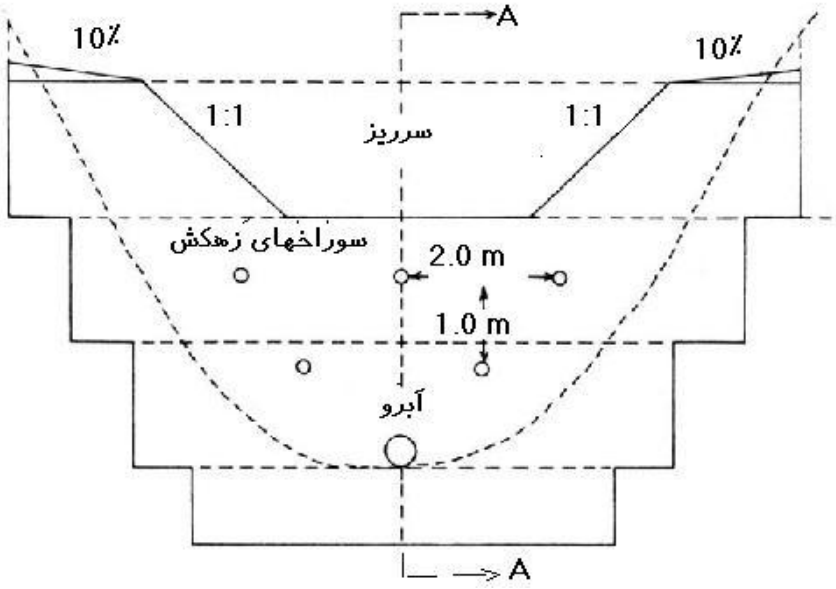
شکل شماره ۱۳ ـ تصویر اولین بند اصلاحی قلوه‌سنگی با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸٦)

٤-۲-٦- بندهای سنگ و سیمانی (Masonry Check Dams)

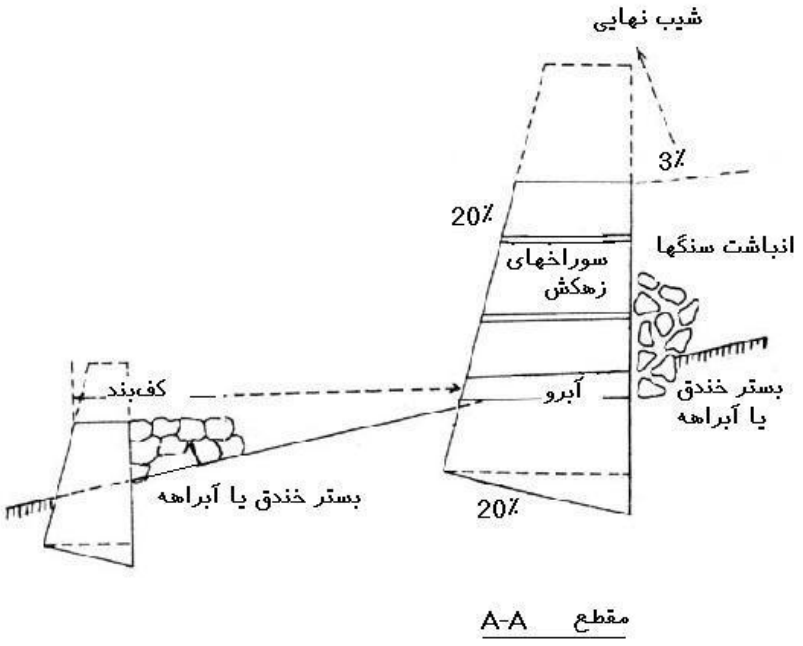
بندهای اصلاحی سنگ و سیمانی با سیمان و سنگهای خرد نشده ساخته می‌شوند و معمولاً در کنترل سیلابها مورد استفاده قرار می‌گیرند . هدف اصلی از ساختن این بندها نگه‌داشتن مصالح ریز و درشتی است که همراه سیل به داخل خندق سرازیر می‌شوند. از نقطه نظر فنی و اقتصادی ساختن بندهای اصلاحی سنگ و سیمانی برای کنترل فرسایش کانال خندق توصیه نمی‌شود بلکه بیشتر برای ایجاد یک نقطه مقاوم و تثبیت شده در بستر خندق برای سایر بندها مورد استفاده قرار می گیرد. این بندها برای اهداف کنترل سیل و رسوب در آبراهه‌ها نیز مورد استفاده قرار می گیرند.

هر نوع خندقی که حدود ۱۰۰۰ متر طول داشته باشد و حوزه آبخیز آن حداکثر ۲۰ هکتار باشد به‌راحتی با بند اصلاحی قلوه‌سنگی تثبیت می‌شود. در یک مجموعه بند اصلاحی قلوه‌سنگی اولین بند می‌تواند با سنگ و سیمان بنا شود و بندهای اصلاحی که بالاتر و پایین‌تر از نقطه تقاطع خندق و جاده قرار دارند نیز ممکن است با سنگ و سیمان ساخته شوند. اشکال ۱۴ تا ۱۶ نمای بند اصلاحی سنگ و سیمانی را نشان می‌دهند.

omoorepeyman.ir

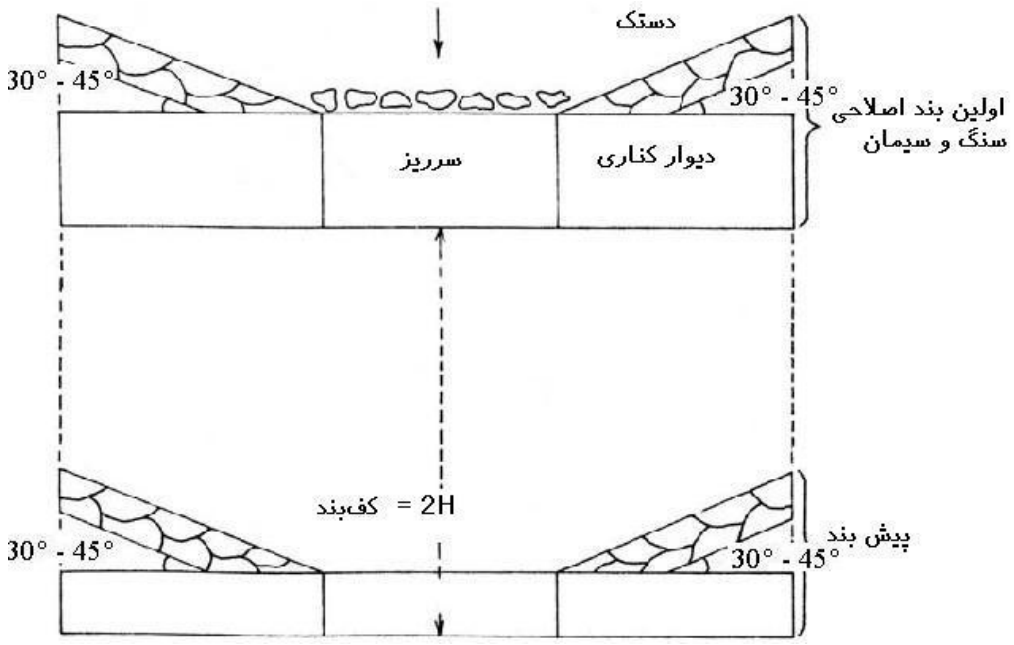


شکل شماره ١٤ ـ نمای جلوی اولین بند اصلاحی سنگ و سیمانی (Geyik ، ١٩٨٦)



شکل شماره ١٥- مقطع اولین بند اصلاحی سنگ وسیمانی با پیش بند (Geyik ١٩٨٦)

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۱۶ ـ تصویر اولین بند اصلاحی سنگ و سیمانی با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸۶)

درخصوص تعیین ابعاد بندهای اصلاحی سنگ و سیمانی با توجه به ارتفاع آنها نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- بندهای با ارتفاع کمتر از ۲ متر

اگر ارتفاع بند اصلاحی سنگ و سیمانی از ۲ متر کمتر باشد ضخامت تاج آن باید ۰/۴ متر درنظر گرفته شود. ضخامت پایه آن هم براساس ارتفاع و شیب صفحه پایین‌دست محاسبه می‌شود.

- بندهای با ارتفاع ۲ تا ٦ متر

اگر ارتفاع بند اصلاحی سنگ و سیمانی از ۲ تا ۶ متر باشد ضخامت پایه با استفاده از فرمول (هوفمن) محاسبه می‌شود.

فرمول هوفمن: $d = ۰/۴۶۲ H$

d: ضخامت پایه

H : ارتفاع کل بند

ضخامت تاج‌بند براساس ارتفاع بند و شیب صفحه پایین‌دست محاسبه می‌شود.

omoorepeyman.ir

ـ دیگر مشخصات و روشهای اجرایی بندهای سنگ و سیمانی

ـ بندها نباید در نقاطی که در آنجا بلوکهای عظیم خاک حرکت می‌کنند ساخته شوند. توصیه می‌شود بندها در بستر خندق یا آبراهه و در نقطه‌ای مستحکم و پایین‌تر از نقطه‌ای که لغزش می‌کند ساخته شوند تا مصالحی را که در بستر خندق حمل می‌شود نگه دارند و حرکت بلوکهای خاک را متوقف کنند.

ـ پی اولین بند اصلاحی تا لایه مقاوم (مانند لایه سنگی) گودبرداری می‌شود. اگر چنین لایه سختی وجود نداشته باشد حداقل تا عمق یک متری گودبرداری می‌شود و سپس یک لایه ۳۰ سانتیمتری بتن مسلح اجرا می شود. روی این لایه بتن مسلح باید بدنه اولین بند اصلاحی با استفاده از سنگهای گوشه‌دار و ملات سیمان پرتلند (۲۵۰ کیلیوگرم سیمان در مترمکعب ماسه ، نسبت وزنی ۱:۴ یا ۱:۵) ساخته شود.

ـ پی بقیه بندهای اصلاحی اگر روی لایه سخت بنا نشود، حداقل به عمق یک متر اجرا می‌شود.

ـ شیب صفحه بالادست پی باید حداقل ۲۰ درصد باشد.

ـ دیواره‌های کناری حداقل یک متر از هر طرف در کناره‌های خندق داخل شوند.

ـ طول پی باید از طول سرریز بیشتر باشد.

ـ لازم است آبرویی (به قطر ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر) در سطح زمین و سوراخهای زهکش (قطر هر سوراخ باید حداقل ۱۰ سانتیمتر باشد) در حین ساخت بند اصلاحی ایجاد شوند .

ـ فاصله قائم سوراخها باید یک متر و فاصله افقی سوراخها دو متر و شیب آبرو و سوراخهای زهکشی حدود ۵ درصد درنظر گرفته‌شود.

ـ صفحه بالادست بند قائم است و صفحه پایین‌دست حدود ۲۰ درصد (۰/۲ :۱) شیب دارد.

ـ پشت بند اصلاحی و جلو دهانه آبرو با سنگ پر می‌شود تا عمل زهکش انجام شود. بهتر است پشت بند تا ارتفاع سرریز از خاکهای حاصل از پی پر شود.

ـ دستک‌ها جلوتر از دیواره‌های کناری و برای محافظت از آنها در مقابل ضربات آب ساخته می‌شوند.

ـ فضای پشت دیواره‌های کناری با خاک پر می‌شود. زاویه دستکها بین ۳۰ تا ۴۵ درجه متغیر است. ارتفاع دستکها به اندازه عمق سرریز بلندتر است. دستک‌ها خشکه‌چین ساخته می‌شوند.

ـ سنگهایی که در ساختمان بند اصلاحی سنگ و سیمانی به‌کار می‌روند باید در مقابل سایش، خردشدگی و هوازدگی به اندازه کافی مقاوم باشند.

omoorepeyman.ir

ـ پیش‌بند در جلو اولین بند اصلاحی سنگ و سیمانی ساخته می‌شود و ممکن است در ساخت آن سنگ و سیمان به‌کار رود.

٤-۲-۷- بندهای توریسنگی (Gabion Check Dams)

بندهای اصلاحی توریسنگی از سنگ و تورسیمی ساخته شده و معمولاً برای کنترل سیلاب، کاهش شیب آبراهه و تثبیت بستر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌علاوه ممکن است همراه بند اصلاحی توریسنگی از دیواره‌های توریسنگی برای تثبیت کناره‌های خندق یا آبراهه استفاده شود. معمولاً استفاده از مجموعه بندهای اصلاحی توریسنگی برای کنترل فرسایش خندق ضروری نیست و صرفه اقتصادی نیز ندارد . شکلهای ۱۷ تا ۱۹ پلان و مقاطع این بندها را نشان می‌دهد.

درخصوص تعیین ابعاد بندهای اصلاحی توریسنگی با توجه به ارتفاع آنها نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- بندهای با ارتفاع حداکثر ۳ متر

اگر ارتفاع (ارتفاع مؤثر به اضافه عمق پی) بند اصلاحی توریسنگی از ۳ متر کمتر یا برابر ۳ متر و جعبه‌های توریسنگی مورد استفاده در ابعاد ۲ * ۱/۵ * ۰/۷۵ متر باشد. در این صورت به محاسبه ابعاد بند (ضخامت تاج و پایه) براساس قوانین هیدرواستاتیک و فرمولهای تجربی نیاز نیست زیرا این جعبه‌ها بند را در مقابل واژگونی، لغزش و شکست پایدار می‌کند.

- بندهای با ارتفاع تا ۵ متر

اگر ارتفاع بند اصلاحی توریسنگی ۳ تا ۵ متر باشد ضخامت تاج و قاعده ان براساس فرمولهای زیر محاسبه می‌شود :

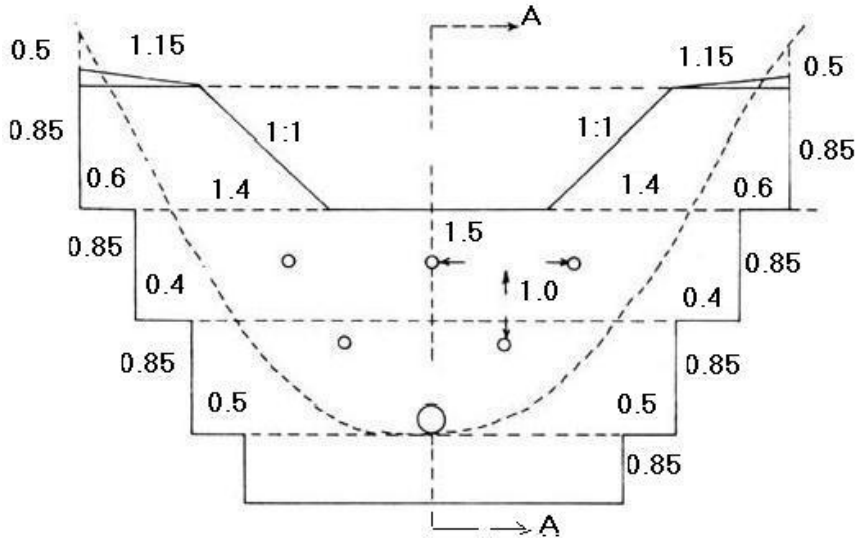
K : ضخامت تاج بند در تراز سرریز $K = ۰/۴H$

D : ضخامت قاعده (پایه) بند $D = ۰/۶H$

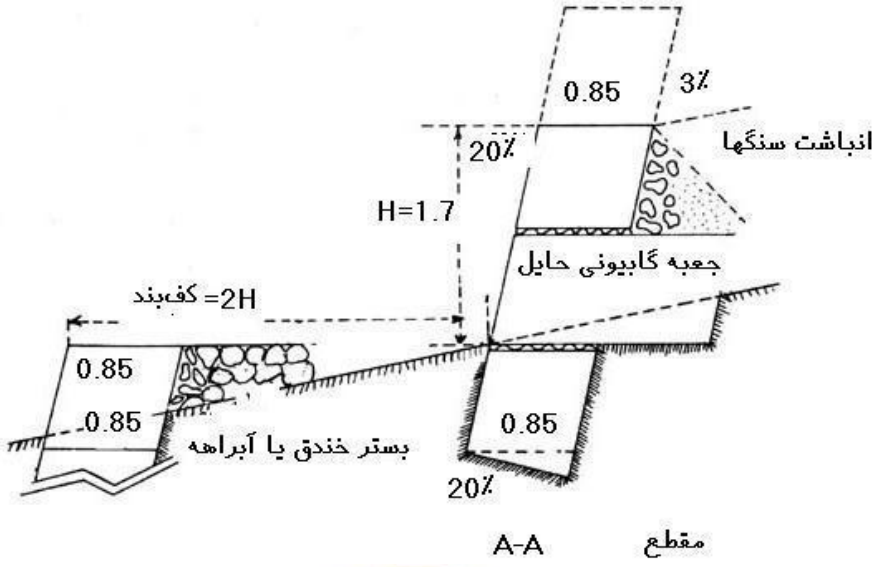
H : ارتفاع کل بند اصلاحی با درنظر گرفتن عمق پی

این فرمولها پایداری در مقابل واژگونی، لغزش و شکست را تأمین می‌کنند. در عین حال توصیه‌های لازم برای کنترل پایداری این بندها در فصول بعدی ارائه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

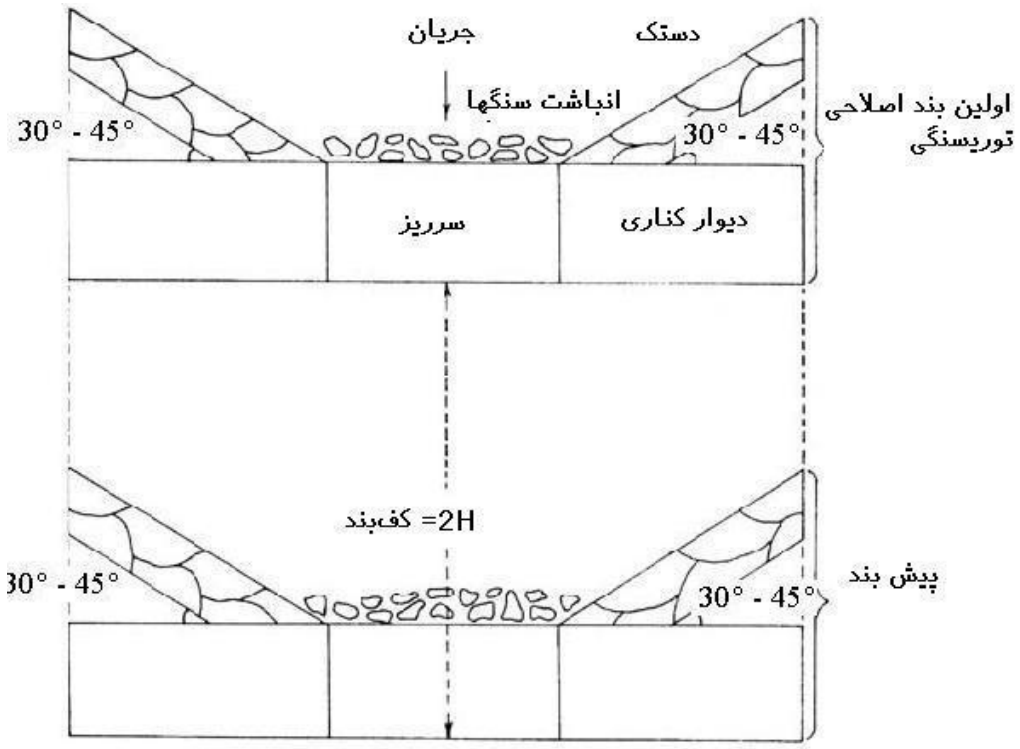


شکل شماره ۱۷ ـ نمای جلو اولین بند اصلاحی توریسنگی (Geyik ، ۱۹۸٦)



شکل شماره ۱۸ ـ مقطع اولین بند اصلاحی توریسنگی با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸٦)

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۱۹ ـ تصویر اولین بند اصلاحی توریسنگی با پیش‌بند (Geyik ، ۱۹۸٦)

ـ دیگر مشخصات و روشهای اجرایی بندهای اصلاحی توریسنگی

ـ عمق پی این بندها باید حدود $\frac{1}{2}$ ارتفاع مؤثر یا حدود $\frac{1}{3}$ ارتفاع کل بند باشد ، طول پی از طول سرریز بیشتر است.

ـ بعد از گودبرداری پی لایه‌ای از جعبه توریسنگ به‌صورت قائم در آن قرار داده می‌شود. کناره‌های قائم جعبه‌های توریسنگی با سیمهای با همان قطر بسته می‌شود .

ـ سنگها باید به اندازه کافی سخت باشند تا در مقابل سایش مقاومت کنند، خرد نشوند و در برابر هوازدگی مقاومت کنند. سنگهای بزرگتر در طول جعبه قرار می‌گیرند و بین آنها با سنگهای کوچکتر پر می‌شود.

ـ وقتی که از جعبه‌های با طول ۲ متر استفاده می‌شود. پس از پر شدن $\frac{1}{3}$ حجم کناره‌های داخلی و خارجی و همچنین گوشه‌هایش با پنج ردیف سیم رابط محکم بسته و این عمل پس از پر شدن $\frac{2}{3}$ از توریسنگ نیز تکرار می‌شود.

ـ بعد از اینکه جعبه توریسنگ پر شد و نشست صورت گرفت سرپوش آن با سیم به کناره‌ها بسته می‌شود. سرپوش باید دقیقاً روی جعبه را بپوشاند.

omoorepeyman.ir

ـ اگر بیشتر از یک ردیف جعبه توریسنگ در بند اصلاحی استفاده شود، لایه بالایی باید به لایه پایینی بسته شود. باید توجه شود که بسته‌های توریسنگ یک اتصال داخلی محکم داشته باشند. برای این منظور ضروری است که بطور صحیح به هم بسته شوند.

ـ وقتی بند اصلاحی توریسنگی از سه لایه تشکیل شده باشد و ارتفاع آن از سه متر بیشتر نباشد . استفاده از یک جعبه توریسنگی حایل (Binding Box Gabion) در ردیف بالا و یا وسط ضروری است .

ـ فضای پشت بند اصلاحی و دستکها با مصالح برداشت شده از پی پر می‌شود.

ـ ابعاد سرریز براساس بده حداکثر حوزه آبخیز محاسبه می‌شود.

ـ دیواره‌های کناری باید حداقل از هر طرف ۵۰ سانتیمتر در کناره‌های خندق داخل شوند.

زاویه بین دیواره‌های کناری و دیواره‌های بالی شکل بین ۳۰ تا ۴۵ درجه است. ارتفاع دیواره‌های بالی به اندازه عمق سرریز از تراز سرریز بالاتر است.

ـ جعبه‌های توریسنگی را که دربندهای اصلاحی استفاده می‌شوند می‌توان با شبکه‌های سیمی آماده به هم متصل کرد.

ـ جعبه‌های توریسنگی را می‌توان از شبکه‌های گالوانیزه (به قطر ۳ تا ۴ میلیمتر یا نمره ۸ تا ۱۰) تهیه کرد. اگر نمره ۸ (قطر ۴ میلیمتر) استفاده می‌شود اندازه سوراخ‌های ۱۵*۱۵ سانتیمتر و اگر نمره ۱۰ (قطر ۳ میلیمتر) استفاده شود اندازه سوراخها ۱۰*۱۰ سانتیمتر است.

ـ پیش‌بند توریسنگی مانند بند اصلاحی ساخته می‌شود.

omoorepeyman.ir

فصل پنجم- پایداری بندهای اصلاحی

۵-۱- کلیات

بندهای اصلاحی خشکه‌چین، قلوه‌سنگی، گابیونی و سنگ و سیمانی که برای کنترل رسوب استفاده می‌شوند، بندهای وزنی[1] و حجمی[2] نامیده می‌شوند. پایین‌دست این بندها شیب‌دار و بالادست آنها معمولاً قائم است. بنابراین مقطع عرضی بندهای وزنی ذوزنقه‌ای شکل است. پهنای تاج و پایه بندهای حجمی بر مبنای ارتفاع و فرمولهای تجربی محاسبه می‌شود، پایداری این بندها در برابر واژگونی، خراب شدن و لغزش بر مبنای فرمول تجربی تعیین می‌شود. وزن بند و آبی که از روی سرریز می‌گذرد به‌عنوان نیروی قائم عمل می‌کند. فشار آب در سطح بالادست از محلی که پر شده تا سطح تراز سرریز نیروی افقی قلمداد می‌شود. برآیند این دو نیرو که به صورت مایل به پی وارد می‌شود باید از $\frac{1}{3}$ میانی عرض قاعده بگذرد. برای پایداری، وزن بندهای وزنی که روی زمین سنگی یا بستر آبرفتی قرار می‌گیرند نباید از ۵۰ تن بر مترمربع یا ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تجاوز کند. اگر فشار وارده به زمین کمتر از ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد و برآیند نیروها (R) از $\frac{5}{6}$ عرض قاعده بگذرد بند اصلاحی وزنی یا حجمی شکسته نخواهد شد. بندهای اصلاحی خشکه چین و قلوه‌سنگی بندهای نسبتاً کوچکی هستند. حداکثر ارتفاع آنها با در نظرگرفتن ارتفاع پی دو متر است. بنابراین فشار حاصل از آنها بر روی زمین همیشه از ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع کمتر است.

بند حجمی بر مبنای فشار هیدرواستاتیک (فشار خاک + فشار آب) ساخته می‌شوند، زیرا پشت بند اصلاحی تا ارتفاع سرریز با مصالح گودبرداری شده از پی پر می‌شود، به بیان دیگر فشار اب یا مخلوط آب و خاک و ماسه ابتدا روی مصالح پر کننده وارد می‌شود، سپس روی سطح بالادست دست‌بند .

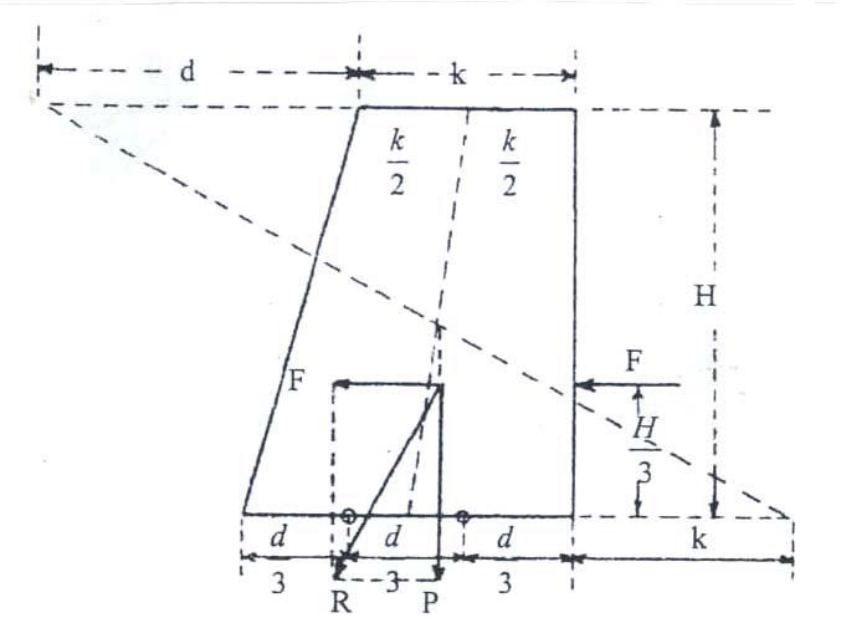
در بندهای اصلاحی کوتاه معمولاً به طراحی بند وزنی و حجمی بر مبنای فشار هیدرواستاتیک نیاز نیست. زیرا استفاده از فرمول تجربی همیشه بند اصلاحی را از واژگونی، خرابی و لغزش محافظت می‌کند. اگر گل در داخل خندق جاری باشد، ابعاد بندهای وزنی و حجمی بر مبنای محاسبات هیدرواستاتیک تعیین می‌شود.

زیرا در این حالت فشار هیدرواستاتیک از ۱/۸ تا ۱۰ برابر فشار آب تغییر پذیر است. برای جلوگیری از خطر گل، پشت بند اصلاحی تا ارتفاع سرریز کاملاً پر می‌شود. در این راستا روش گرافیکی هم جدای بررسی پایداری بند وزنی و حجمی مطابق شکل شماره۲۰ می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

[1] - Gravity Dam

[2] - Bulk Dam



شکل شماره ۲۰ ـکنترل پایداری بندهای وزن و حجمی با روش گرافیکی ـ نیروی برآیند R باید از $\frac{1}{3}$ وسطی قاعده بگذرد (Geyik، ۱۹۸۶)

۲-۵- پایداری بندهای توریسنگی

در طراحی بندهای توریسنگی محاسبات مربوط به تعیین شکل هندسی، ترکیب کلی سازه و قطر سیم، اندازه و دانه‌بندی سنگ و دیگر پارامتری‌های سیستم را در بر می‌گیرد. افزون بر این ملاحظات کلی، هر یک از انواع سازه‌های توریسنگی نیاز به ملاحظات ویژه در امر طراحی دارند که باید در یک طرح جامع منظور گردند.

آنالیز سازه‌ای سیستم‌های توریسنگی، شامل شناخت رفتار واحدهای توریسنگی و بررسی رفتار کل سازه توریسنگی در مقابل نیروهای وارده می‌باشد. بخش عمده‌ای از انالیز توریسنگ‌ها به بررسی پایداری واحدهای توریسنگ و کل سیستم سازه‌ای ارتباط می‌یابد. بررسی پایداری[۱] نیز خود شامل مطالعات مربوط به ناپایداری لغزشی[۲] و ناپایداری واژگونی[۳] می‌گردد.

در انالیز سازه‌ای توریسنگ‌ها، باید کلیه نیروهای وارده بر سازه شامل نیروهای برهم زننده تعادل، نیروهای مقاوم و اثراتی نظیر نشت پی و آب‌شستگی را منظور کرد. آنالیز سازه‌های توریسنگی، شامل بررسی میزان تنش در شبکه توری، تغییر فرم واحدهای توریسنگی و تغییر فرم کل سازه نیز می‌باشد. طراحی سازه‌ای سیستم توریسنگ مشتمل است بر تعیین قطر سیمهای شبکه توری، محاسبه

[1] - Stability Analysis
[2] - Sliding Instability
[3]- Overturning Instability

omoorepeyman.ir

ضخامت سازه (در مورد پوشش‌های حفاظتی)، محاسبه سرعت مجاز آب و محاسبه ابعاد و وضعیت سیستم توریسنگی. آخرین مورد مشتمل بر تعیین درازا، بلندا، زاویه تمایل سازه نسبت به جریان (در مورد دیواره‌های باله‌ای)، طول سرریز و ابعاد حوضچه آرامش (در مورد سرریزهای توریسنگی) می‌باشد.

۵-۲-۱- بارهای وارده بر سازه‌های توریسنگی

سازه‌های توریسنگی، بسته به نوع، مورد استفاده، و محل کاربرد خود، در معرض بارهای[1] گوناگونی قرار می‌گیرند. آگاهی از کمیت و کیفیت نیروهای وارده بر توریسنگ‌ها، از نظر آنالیز و طراحی اینگونه سازه‌ها بسیار مهم است. از این روی، شناخت انواع اثرات محیطی بر توریسنگ‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. در یک جمع‌بندی بارهای وارده بر سازه‌های توریسنگی را از نظر چگونگی تأثیرشان بر سازه به دو گروه اصلی می‌توان تقسیم کرد. این دو گروه عباتند از :

الف : نیروهای محرک[2]

تأثیر این نیروها بر سازه به‌گونه‌ای است که می خواهند تعادل و یا پایداری آنرا بهم زنند از جمله نیروهای محرک، فشار هیدرواستاتیکی آب زیر فشار[3] نیروهای هیدرودینامیکی ناشی از جریان آب، نیروها زلزله و اثرات ناشی از آن و فشار خاک در پشت سازه را می‌توان نام برد.

ب : نیروهای مقاوم[4]

نیروهای مقاوم نیروهایی هستند که در جهت حفظ تعادل و پایداری سیستم عمل می‌نمایند. عمده‌ترین این نیروها وزن سازه است که در مورد سازه‌های توریسنگی بسیار چشمگیر است و باید گفت که یکی از ویژگی‌های مطلوب سازه‌های توریسنگی حجیم بودن و وزین بودن آنهاست . در ارتباط با نیروی مقاوم باید از نیروی اصطکاک بین واحدهای توریسنگی و سازه توریسنگی بار پی و یا زمین اطراف آن یاد کرد . در در کنار اینها نیروی حاصل از وزن آب روی پله‌های توریسنگ‌های پلکانی و نیروی‌های غیرفعال (در صورت وجود) و نیروهای هیدرواستاتیکی پایاب را باید بر شمار نیروهای مقاوم افزود.

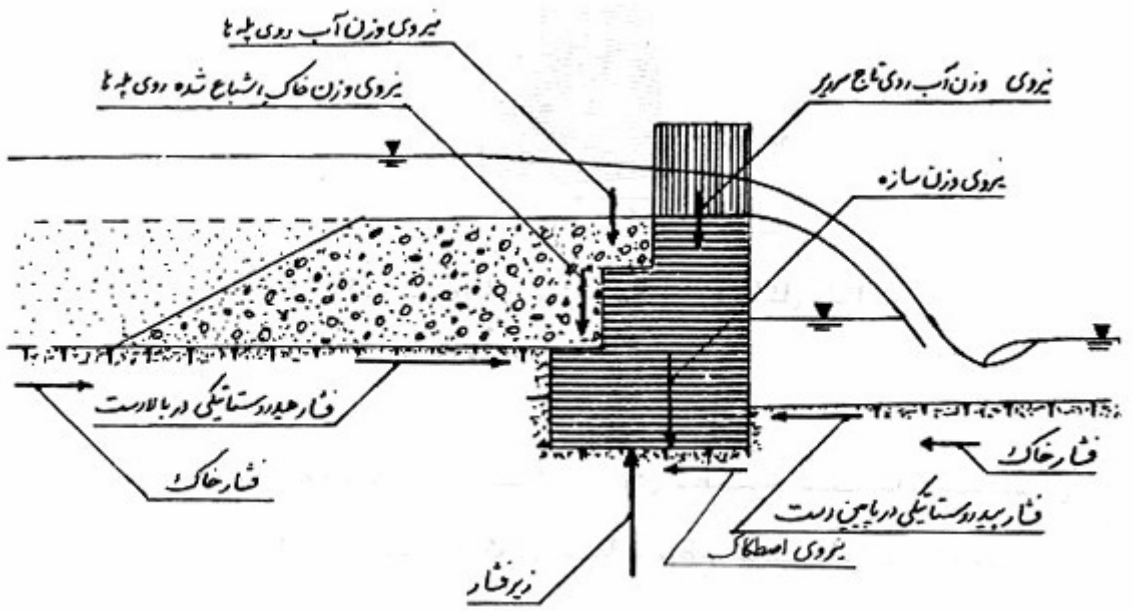
علاوه بر نیروهای یاد شده، سازه‌های توریسنگی تحت تأثیر عوامل مکانیکی دیگری نیز می‌توانند قرار گیرند. در این صورت ممکن است تعادل و یا پایداری و اساساً یکپارچگی آنها، دچار آشفتگی و پاشیدگی گردد. از جمله این عوامل شسته شدن[5] زیر پی سیستم

---

[1] - Loads
[2] - Driving Forces
[3] - Uplift
[4] - Resisting Force
[5]- Scouring

omoorepeyman.ir

توریسنگ و نیز نشست‌هایی[1] است که ممکن است در پی سازه توریسنگی پدید آیند. این عوامل رویهم رفته برهم زننده تعادل و پایداری سیستم توریسنگی می‌باشند. اما باید افزود که سازه‌های توریسنگی به‌علت وجود قفسه‌های توری، سازه‌هایی نرم و تغییر فرم‌پذیر می باشند و می‌توانند بطور چشمگیری خود را با نشست‌های ناهمگون و یا زیر شستگیهای ناشی از جریان آب سازش دهند. اما بهتر است که آن اثرات را نیز در آنالیز و طراحی سازه‌های توریسنگی منظور نماییم. شکل شماره ۲۱ سیستم نیروهای وارده بر یک سازه توریسنگی از نوع سرریز را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۲۱- نیروهای وارده بر یک سرریز توریسنگی (جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

۵-۲-۱-۱- پایداری سازه‌های توریسنگی قائم

در این قسمت پایداری یک واحد مستغرق توریسنگی واقع بر یک رویه افقی را با انجام فرضیات ساده کننده‌ای بررسی می‌کنیم. این فرضیات عبارتند از :

۱ ـ عمق آب در پایین‌دست توریسنگ صفر است یعنی عمق پایاب وجود ندارد.

۲ ـ توزیع زیر فشار (Uplift) خطی و مثلثی است و مقدارش از بیشینه‌ای در سرآب به عدد صفر در پایاب می‌رسد.

۳ ـ سطح اب در درون واحد توریسنگی مطابق شکل شماره ۲۲ می‌باشد.

[1] - Settlements

omoorepeyman.ir

الف ـ آنالیز لغزش[1]

سیستم نیروهای وارده بر واحد توریسنگی شکل شماره ۲۲ را در نظر می‌گیریم . نیروی هیدرواستاتیکی فشار آب در بالادست $Y_{\omega}\frac{\gamma^2}{2}$ می‌باشد. از سوی دیگر برآیند نیروی قائم که همانا واکنش قائم تکیه‌گاه سازه نیز بر شمار می‌آید عبارتست از

$$N = Y_w \frac{s}{1+e} a.b + Y_w \frac{e}{1+e} \cdot \frac{y.b}{2} - Y_w \frac{y.b}{2}$$

بنابراین شرط انکه نیروی لغزاننده کوچکتر از نیروی اصطکاک باشد ، چنین خواهد بود .

$$Y_w \frac{y^2}{2} \le (Y \frac{s}{1+e} a.b + Y \frac{e}{1+e} \cdot \frac{y.b}{2} - Y \frac{y.b}{2}) \tan\phi$$

که به‌صورت زیر نیز می‌تواند نوشته شود :

$$y/b \le \frac{\frac{2sa}{y}-1}{1+e} \tan\phi \qquad (۷)$$

که در آن :

Y_w = وزن واحد حجم آب (N/m^3)

S = چگالی نسبی سنگ

e= نسبت تخلخل

n = ضریب پوکی

y = عمق آب

a = ارتفاع سازه

b = پهنای سازه

$\tan\phi$ = ضریب اصطکاک

[1] - Sliding

omoorepeyman.ir

ب ـ انالیز واژگونی

برای آنکه واحد توریسنگی حول پنجه‌اش (نقطه A در شکل ۲۳) دوران نداشته باشد ، باید مجموع گشتاوردهای کلیه نیروها حول نقطه A برابر صفر گردد و بنابراین باید داشته باشیم:

$$Y_w \frac{y^2}{2}.\frac{y}{3} - Y_w \frac{s}{1+e} a.b \frac{b}{2} + Y_w \frac{y.b}{2}.\frac{2b}{3} = 0$$

که پس از ساده کردن به‌صورت زیر در خواهد آمد:

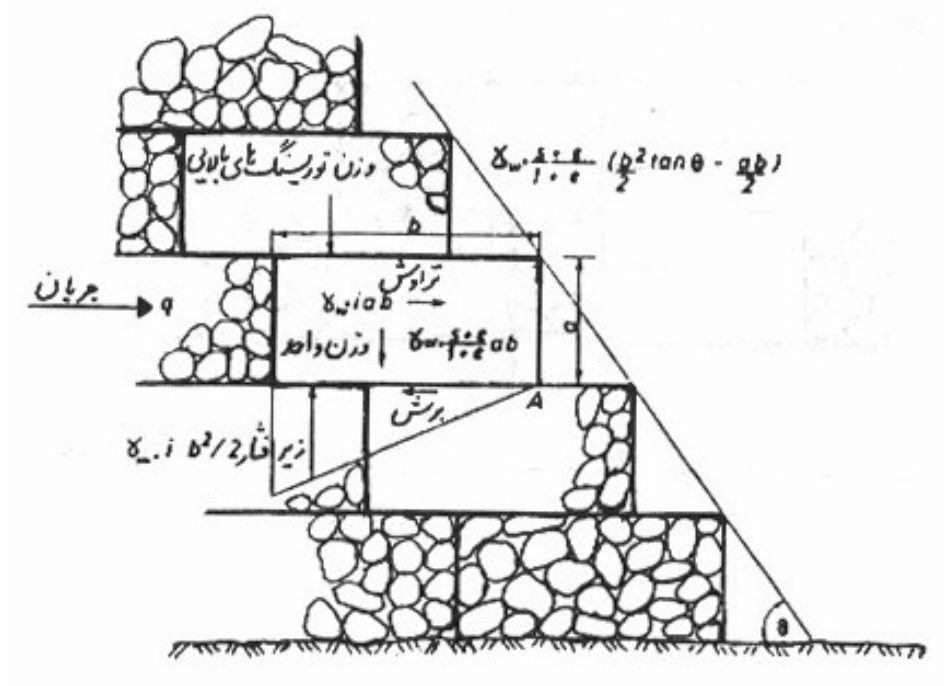
$$y/b \leq \sqrt{\frac{\frac{35.a}{y}-2}{1+e}} \qquad (۸)$$

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که معادلات ۷ و ۸ تعادل حدی توریسنگ‌ها را حتی برای اعماق زیاد پایاب (تا ۵۰ درصد عمق سر آب) تأمین می‌کنند. بنابراین روابط ۷ و ۸ را می‌توان برای آنالیز سازه‌های توریسنگی با پایاب‌های گوناگون نیز به‌کار برد. اما برای پایاب‌های نسبتاً ژرف‌تر باید آنالیز جدیدی را انجام داد.

۵-۲-۱-۲- پایداری سازه‌های توریسنگی پلکانی

برای ایجاد مقاومت و پایداری بیشتر، مجموعه توریسنگ‌های روی هم دارای چنان ترکیبی است که در آن هر واحد توریسنگی با اندکی «پس‌رفتگی» بر روی واحد زیرین جای داده می‌شود. به‌این ترتیب منظره‌ای پلکانی حاصل می‌شود و از این روی سیستم‌های توریسنگی متشکل از توریسنگ‌های برروی هم را یک سازه «پله‌ای» نیز می‌توان نامید. در آنالیز پایداری اینگونه سازه‌ها نه تنها باید پایداری یکایک واحدهای توریسنگی را بررسی نمود بلکه باید پایدای کل سیستم سازه توریسنگی را نیز مورد بررسی قرار داد. آنالیزی که برای پایداری تک توریسنگ‌ها مطرح است را برای بررسی پایداری کل سازه توریسنگی نیز می‌توان به‌کار برد.

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۲۲ ـ سازه توریسنگی پلکانی و نیروهای وارده بر آن (جوان و همکاران ، ۱۳۷۹)

ـ آنالیز پایداری تک توریسنگ :

چنانکه در شکل ۲۳ مشاهده می‌شود، فشار جانبی آب با نیروی اصطکاک ناشی از وزن هر واحد توریسنگی به‌علاوه وزن توریسنگ‌های بالای آن تحمل می‌شود.

نیروهای وارده بر پیکر آزاد یک واحد توریسنگی (شکل ۲۴) عبارتند از :

۱ ـ نیروی وزن مصالح سنگی و آب داخل توریسنگ‌های واقع بر روی تک توریسنگ مورد نظر :

$$W_3 = Y_W \cdot \frac{s+e}{1+e}\left(\frac{b^2}{2}\tan\theta - \frac{ab}{2}\right) \qquad (۹)$$

۲ ـ نیروی وزن مصالح سنگی و آب درون خود تک توریسنگ :

$$W_1 = Y_W ab \frac{s+e}{1+e} \qquad (۱۰)$$

۳ ـ زیر فشار وارد بر تک توریسنگ :

$$W_2 = (\tfrac{1}{2})Y_W .i.b^2 \qquad (۱۱)$$

۴ ـ نیروی ناشی از تراوش آب :

$$P = Y_W i.ab \qquad (۱۲)$$

omoorepeyman.ir

پس مجموع (برآیند) نیروهای قائم وارد بر تک توریسنگ عبارتند از :

$$N = W_1 + W_3 - W_2 \qquad (۱۳)$$

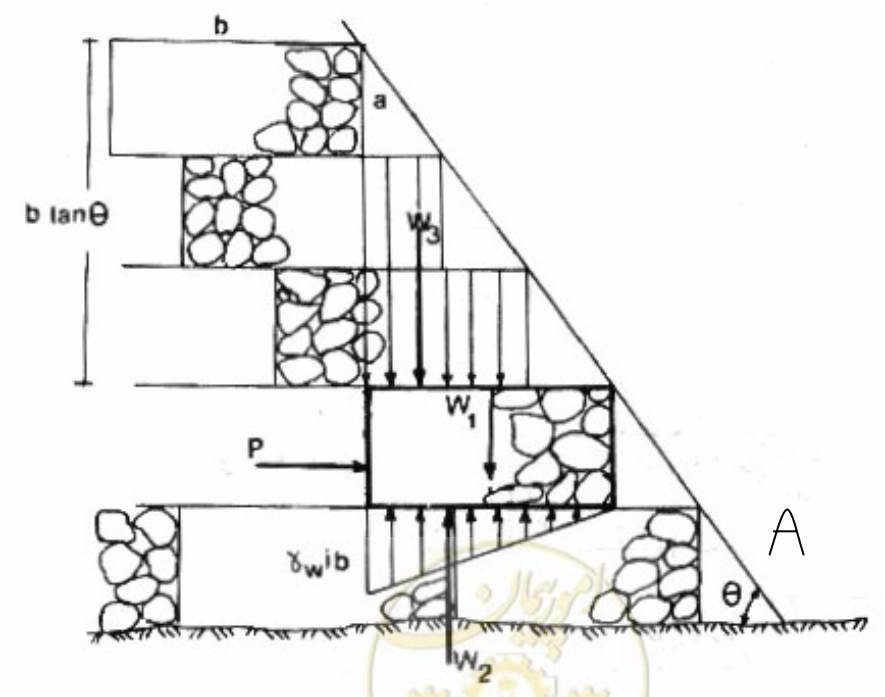
بنابراین برای آنکه لغزشی در کف تک توریسنگ مورد بحث صورت نگیرد، باید نامساوی $P \le Ntag\theta$ برقرار باشد. با استفاده از عبارات بالا، این رابطه تعادل را به‌صورت زیر می‌توان نوشت :

$$Y_W .i.ab \le \left[Y_w .ab \frac{s+e}{1+e} + Y._w \frac{s+e}{1+e} \left(\frac{b^2 \tan\theta}{2} - \frac{a^2}{2\tan\theta} \cdot \frac{b\tan\theta}{a} \right) - Y_W . \frac{i.b^2}{2} \right] \tan\theta$$

که پس از اندکی عملیات ساده‌سازی به رابطه زیر تبدیل می‌شود:

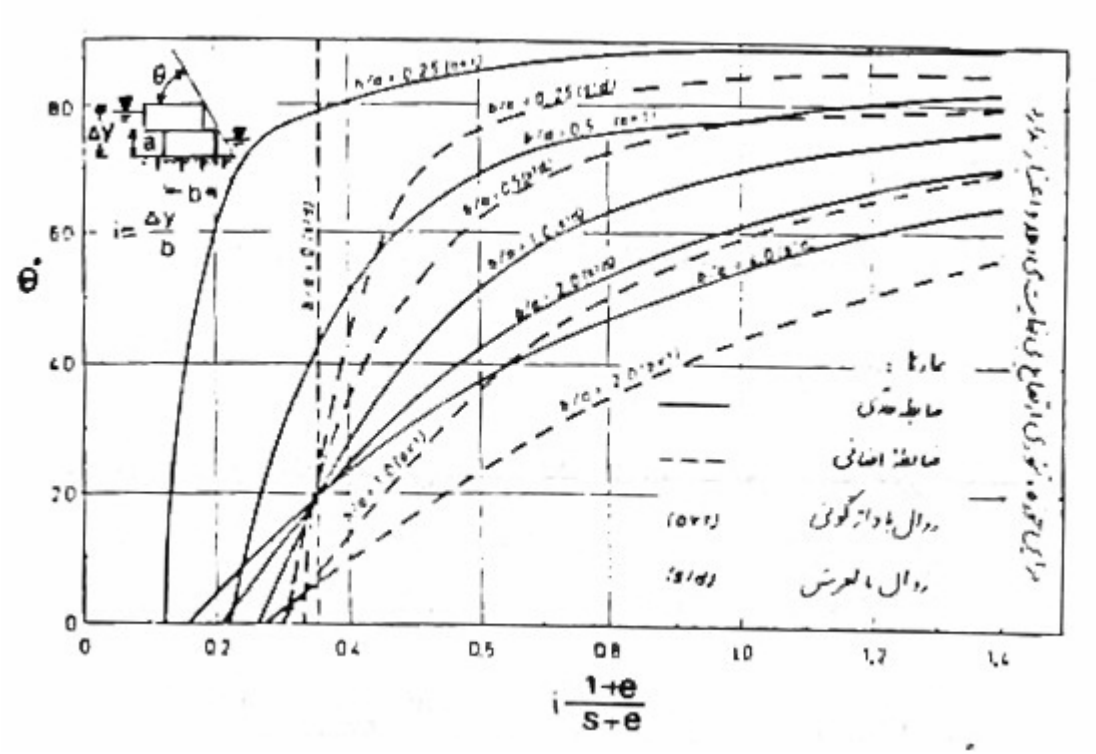
$$i(a/b) \le 1/2[[s+e/1+e][(a/b)+tg\theta]-i]tg\theta \qquad (۱۴)$$

رابطه بین کمیت $i(\frac{1+e}{s+e})$ و θ (برای مقادیر گوناگون $\frac{b}{a}$ و مقدار $y = 35^\circ$) برحسب θ در شکل شماره ۲۴ ترسیم شده است. باید توجه داشت که برای آنکه رابطه بالا برقرار باشد بایستی ضریب اصطکاک در کف توریسنگ حداقل برابر $\tan 35^\circ = 0.7$ باشد.



شکل شماره ۲۳- نیروهای وارده بر پیکر آزاد یک واحد توریسنگی در یک سازه پلکانی (جوان و همکاران ، ۱۳۷۹)

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۲۴ ـ پایداری توریسنگ‌های پلکانی (جوان و همکاران ، ۱۳۷۹)

- آنالیز پایداری در برابر واژگونی :

برای جلوگیری از دوران هر تک توریسنگ حول پنجه‌اش از نقطه A در شکل ۲۳ باید رابطه زیر برقرار باشد.

$$Y_W .a.b.i.\frac{a}{b} - Y_W ab.\frac{s+e}{1+e}\frac{b}{2} - Y_W .\frac{s+e}{1+e}(\frac{b^3}{3}\tan\theta\frac{b^2 a}{4}) + Y_W .i.\frac{b^2}{2}.\frac{2b}{3} \le 0$$

که به‌صورت زیر نیز بازنویسی خواهد شد:

$$i\frac{1+e}{s+e} \le \frac{(b/2a)+(2b^2/3a)\tan\theta}{(1+2b^2/3a^2)} \qquad (۱۵)$$

این رابطه به ازای مقادیر مختلف در شکل ۲۴ ترسیم شده است . چنانکه مشاهده می‌شود، برای مقادیر $b/a = 0.7$ تک توریسنگ‌ها دچار ناپایداری از نوع «واژگونی» و به ازای مقادیر $b/a < 0.7$ دستخوش ناپایدای ناشی از «لغزش» خواهند شد.

omoorepeyman.ir

۵-۳- پایداری بندهای سنگ و ملاتی

پایداری بندهای سنگ و ملاتی نیز همانند بندهای توریسنگی محاسبه و کنترل می‌گردد. تفاوت عمده این بندها با بندهای توریسنگی وزن مخصوص مصالح بند، عدم وجود تخلخل و عدم وجود جریان در داخل سازه می‌باشد که نیروهای مربوط حذف می‌گردند.

omoorepeyman.ir

فصل ششم - طراحی سرریز بندهای اصلاحی

٦-١- کلیات

همانگونه که قبلاً ذکر شد، سرریز بندهای چپری، چوبی و خشکه‌چین معمولاً هلالی شکل و سرریز بندهای سنگ و ملاتی و توریسنگی معمولاً ذوزنقه یا مستطیل شکل هستند. ابعاد سرریز بندها باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که توانایی عبور دادن سیلاب طراحی بند اصلاحی را داشته باشد.

ژرفا، درازا و شکل سرریزها، بر کارکرد بندهای اصلاحی تأثیر می‌گذارد. سرریزها باید جریانهای بیشینه پیش‌بینی شده بر حسب سیل طرح (با دوره بازگشت ۲۵ ساله)، را از خود عبور دهند. طول و ژرفای سرریز باید طوری باشد که از جریان آب از هر دو سوی تاج‌بند جلوگیری نماید. بیشتر آبراهه‌ها و خندقها معمولاً دارای سرسیزهای ذوزنقه‌ای، مستطیلی و یا V شکل هستند.

برای محاسبه ابعاد سرریزها روابطی توسط پژوهشگران پیشنهاد شده‌است.

شکل سرریز، از پارامترهای مهم یک بند اصلاحی می‌باشد. بندهای اصلاحی با تاج کرانه عمودی شاخ و برگ و قطعات شناور را بیشتر از سرریزی که کرانه تاج آن شیب‌دار است نگه می‌دارند. از این روی، در بندهای اصلاحی مقاطع ذوزنقه‌ای شکل از مقاطع مستطیلی بهترند . همچنین، طول سرریزها در مقایسه با پهنای کف آبراهه یا خندق جهت حفاظت آبراهه و سازه بسیار مهم است. معمولاً مناسب است که سرریز با طولی کمتر از پهنای کف آبراهه یا خندق طراحی شود، بطوریکه آب از تاج‌بند فقط بر کف آبراهه بریزد. این عمل باعث جلوگیری از برخورد آب به دیواره‌ها شده و مانع از فرسایش دیواره می‌شود.

٦-٢- طراحی سرریز بندهای چپری، خشکه‌چین و سنگی ملاتی

٦-٢-١- تخمین دبی حداکثر و ابعاد سرریز

برای تخمین بده حداکثر (Qmax) در حوزه خندق یا آبراهه از رابطه رواناب سطحی استفاده می‌کنیم.

- فرمول منطقی (Rational Formula)

$$Q_{\max} = \frac{CIA}{3.6} \qquad (۱۶)$$

C = ضریبی است که بین ۰/۲ و ۰/۵ تغییر می‌کند و به نوع زمین و توپوگرافی منطقه بستگی دارد. برای تعیین ضریب در کتب مرجع جداولی نیز ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

I = شدت بارندگی، به زمان تمرکز حوزه بستگی دارد. (زمان تمرکز: مدت زمانی که طول می‌کشد تا آب از انتهای حوزه به محل احداث بند اصلاحی برسد). شدت بارندگی بر اساس حداکثر شدت بارندگی در یک ساعت (میلیمتر در ساعت) برای دوره‌های ۵ تا ۲۵ سال محاسبه می‌شود .

A = مساحت حوزه در بالادست قسمتی که بند اصلاحی پیشنهاد شده است (کیلومتر مربع)

Qmax = بده حداکثر حوزه در محل بند اصلاحی (مترمکعب در ثانیه)

استفاده از فرمول منطقی زمانی امکانپذیر است که نقشه شدت بارندگی (برحسب میلیمتر در ساعت) برای منطقه با دوره‌های بازگشت ۵ ، ۱۰ ، ۲۵ ساله در دسترس باشد. اگر نقشه شدت بارندگی منطقه موجود نباشد به‌جای این فرمول از رابطه کرسینگ و یا رابطه عمومی رواناب و رابطه سرعت مانینگ استفاده می شود.

- رابطه کرسینگ

این روابط به‌قرار زیر است:

- رابطه اصلی کرسینگ $$Q_{\max} = \frac{32aA}{0.5+A^{0.5}}$$

- رابطه ساده شده کرسینگ $$Q_{\max} = 25A^{0.5} \qquad (۱۷)$$

که در آن:

A = مساحت حوزه بالادست محل پیشنهادی برای بند اصلاحی

Qmax = بده حداکثر حوزه در محل بند اصلاحی (مترمکعب در ثانیه)

α = ضریبی است که به نوع زمین بستگی دارد و از ۰/۶ تا ۲ تغییر می‌کند.

ـ رابطه عمومی رواناب (استفاده از داغ آب موجود)

این رابطه عبارت است از $$Q = V.A \qquad (۱۸)$$

که در آن:

A = سطح مقطع (سطح مرطوب شده) آبراهه در محل پیشنهادی برای بند اصلاحی با درنظر گرفتن بالاترین تراز آب در زمان سیلاب (مترمربع)

V = سرعت آب در محل پیشنهادی برای بند اصلاحی (متر در ثانیه)

omoorepeyman.ir

ـ رابطه مانینگ

یکی از روابطی است که کاربرد فراوانی دارد و عبارت است از:

$$V = \frac{10456}{n} R^{2/3} S^{1/2} \qquad (۱۹)$$

n = ضریب زبری کانال که از جداول مربوط قابل برآورد می‌باشد.

R = شعاع هیدرولیکی (سطح مرطوب شده تقسیم برمحیط خیس شده) و واحد آن متر می‌باشد و برای نقطه‌ای از آبراهه یا خندق محاسبه می‌شود که در آن سطح مقطع با توجه به بالاترین تراز سیلاب محاسبه شده‌است.

S = شیب کانال خندق یا آبراهه (برحسب متر بر متر)

V = سرعت جریان در محل پیشنهادی برای بند اصلاحی (متر بر ثانیه)

رابطه ساده شده کرسینگ برای خندق‌هایی با مساحت کمتر از ۲۰ هکتار برای کنترل سیلاب در حوزه‌ها کاربرد مطلوب دارد و برای مساحت حداکثر ۳۰۰ هکتار نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. رابطه اصلی کرسینگ برای سیلابهای با حوزه‌های بیشتر از ۳۰۰ هکتار مناسب‌تر است .

٦-۲-۲- رابطه سرریز

رابطه عمومی سرریز به صورت زیر می‌باشد

$$Q = CLD^{1.5} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

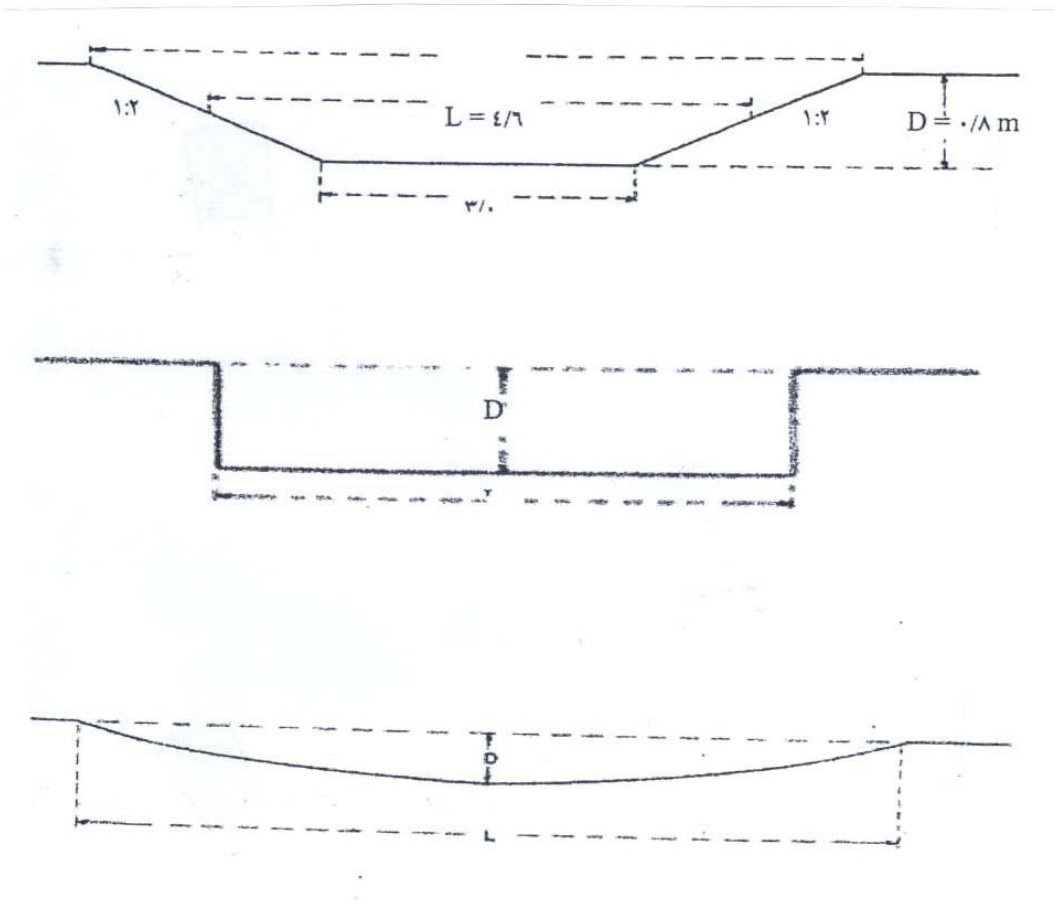
C: ضریبی است که برای بندهای اصلاحی، خشکه‌چین، قلوه‌سنگی، الواری و چپری برابر ۳ و برای بندهای اصلاحی سنگ و سیمان برابر ۱/۸ انتخاب می‌شود.

L: طول سرریز (متر)

D: عمق سرریز (متر)

Q: بده حداکثر در نقطه ای که برای بند اصلاحی پیشنهاد شده است (مترمکعب در ثانیه) در زیر شکل‌های معمولی سرریز که برای بند اصلاحی استفاده می‌شود به‌عنوان نمونه آورده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۲۵ ـ شکل‌های معمولی سرریز مورد استفاده در بند اصلاحی (Geyik ، ۱۹۸٦)

٦-۲-۳- طراحی طول سرریز

شکل سرریز بند اصلاحی، مستطیلی و یا ذوزنقه‌ای است برای مثال طول سرریز ذوزنقه‌ای که برابر متوسط اضلاع موازی است به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$L = \frac{AB+DC}{2} = \frac{6.2+3}{2} = 4.6m \qquad (۲۱)$$

بنابراین طول سرریز ذوزنقه‌ای ۴/۶ متر و عمق آن ۰/۸ متر است. شیب اضلاعی که با هم موازی نیستند ۵۰ درصد می‌باشد $(1:2)$. برای جلوگیری از شسته و خراب شدن سرریز یا ریزش آب باید طول پی از طول سرریز همیشه بیشتر باشد. تاج سرریزهای مستطیلی و ذوزنقه‌ای باید تراز باشد.

omoorepeyman.ir

٦-۳- طراحی سرریز بندهای توریسنگی

سرریزهای توریسنگی بسته به شکل دیواره پایین‌دست به سه گروه تقسیم می‌شوند، که عبارتند است از:

الف : سرریز قائم Vertical Weir ب : سرریز پلکانی Stepped Weir ج : سرریز شیب‌دارSloped Weir

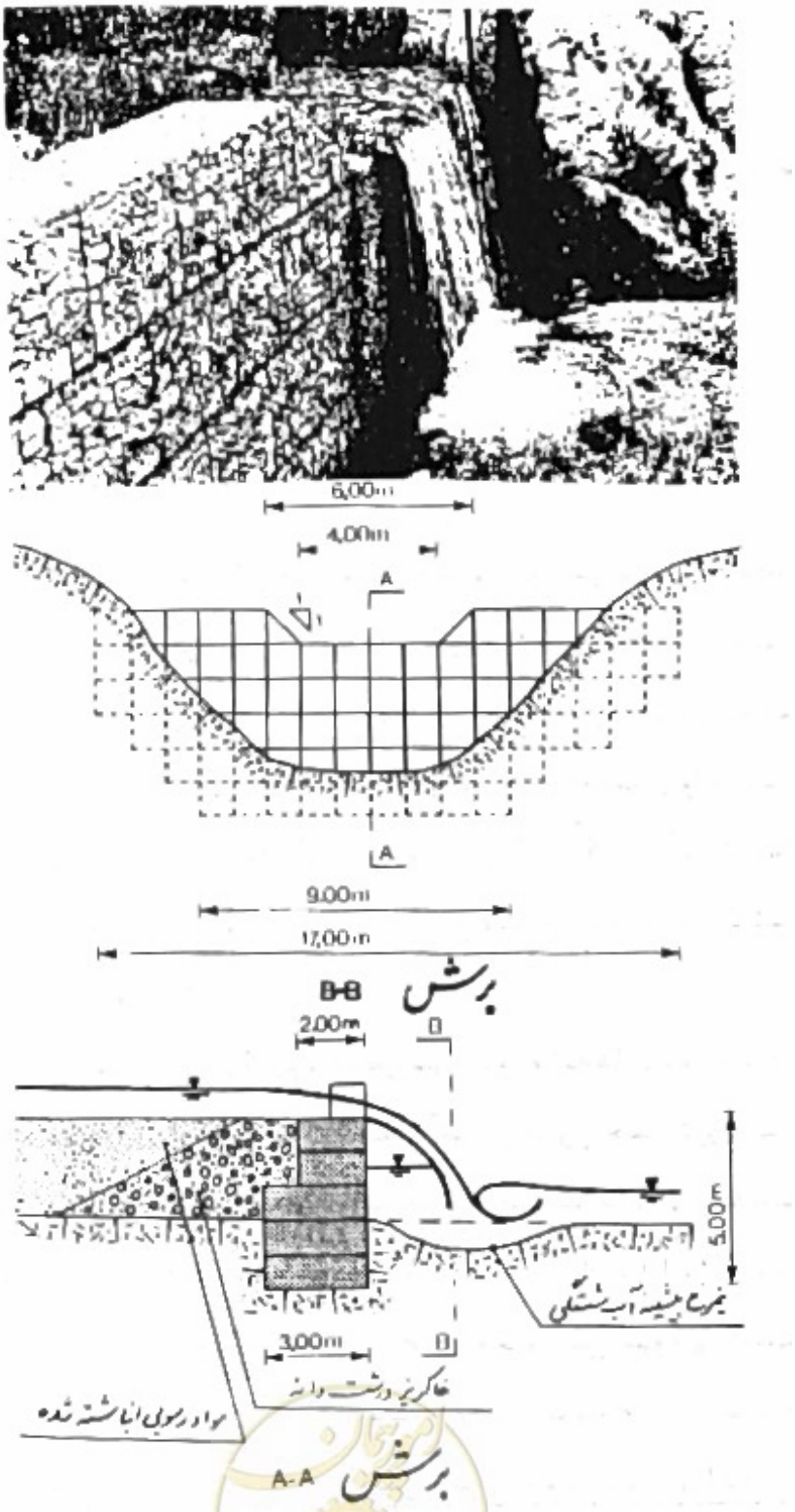
سرریزهای توریسنگی قائم، ساده‌ترین نوع سرریز می‌باشند که به‌عنوان سازه‌های آبی کوچک در آبراهه‌ها جهت تنظیم سطح آب و یا نگهداشت رسوب بکار می‌روند. برای بهترین بهره‌برداری از این نوع سازه‌ها، باید واحدهای توریسنگی واقع برروی تاج سرریز و همچنین واحدهای واقع در پایین‌دست آنرا در مقابل فرسایش ، زنگ‌زدگی ، و آب‌شستگی پنجه محافظت نمود . شکل ۲۶ نیمرخ و نمای یک سرریز قائم توریسنگی را نشان می‌دهد.

در صورتی‌که آبراهه رسوبات زیادی را انتقال ندهد برای کاهش میزان عبور آب از درون جسم توریسنگ می‌توان بالادست سازه توریسنگی را با مصالح درشت دانه (متناسب با اندازه چشمه‌های توریها) سنگریزی نمود . (شکل ۲۶) باید افزود که، در بسیاری از مناطق ایران جریان در آبراهه‌ها همراه خود مقدار زیادی مواد رسوبی را منتقل می‌کند . از این روی ، در ایران معمولاً نیازی به اجرای چنین سنگریزی وجود ندارد ، جز مواردی که ذخیره آب در پشت بند مورد نظر باشد . تفاوت سرریزهای توریسنگی پلکانی با سرریزهای قائم در اینست که در سرریزهای پلکانی مقداری از انرژی جنبشی آب بر روی هر پله مستهلک می‌شود . این نوع سازه برای جاهایی مناسب است که مقدار دبی اندک بوده و بار رسوبی حمل شده توسط جریان کم باشد.

سرریزهای توریسنگی شیب‌دار (مایل) ، سازه‌هایی هستند که جبهه پایین‌دست آنها «شیب‌دار» است. این شیب، به‌گونه‌ای طرح و اجرا می‌شود که آب جاری شده بر روی آن از بسترش جدا نشده و به‌صورت ورقه‌ای نسبتاً همگون از روی آن عبور نماید. سرریزهای توریسنگی شیب‌دار، ازنظر پایداری هیدرولیکی و سازه‌ای بهتر از دو نوع قبلی می‌باشند. سرریز شیب‌دار توریسنگی بیشتر در شرایط زیر بکار می‌رود :

۱ ـ آبراهه‌های با دبی زیاد ۲ ـ آبراهه‌های با بار رسوبی کم ۳ ـ خاک بهتر رودخانه با توان باربری کم

omoorepeyman.ir



شکل شماره ۲۶ ـ مقطع و نمای یک سرریز توریسنگی قائم (جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

omoorepeyman.ir

٦-۳-۱- طرح و آنالیز سرریزهای توریسنگی قائم :

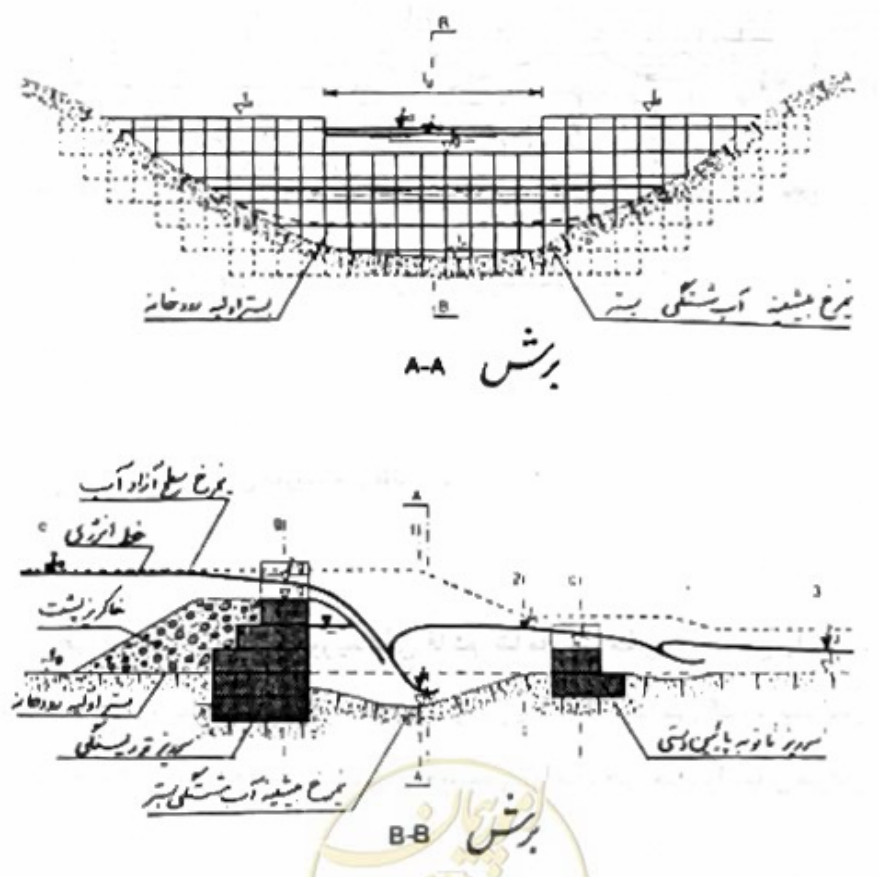
طراحی سرریزهای توریسنگی قائم شامل چند مرحله است. مراحل طراحی به گونه‌ای خاص از سرریز قائم بستگی پیدا می‌کند. پس ابتدا آن گونه‌ها را طبقه‌بندی نموده و پس مراحل طراحی را بیان می‌داریم.

٦-۳-۱-۱- انواع سرریزهای قائم :

از دیدگاه رفتار هیدرولیکی، سرریزهای قائم را می‌توان به سه گروه فرعی تقسیم نمود.

- سرریز قائم اصلی که دارای سرریز ثانویه در پایین‌دست است :

در این نوع تأسیسات تیغه آب باعث فرسایش کف حوضچه (Stilling Pool) پایین‌دست می‌شود، به‌گونه‌ای که این حوضچه خود باعث اتلاف انرژی آب می‌گردد. (شکل ۲۷)

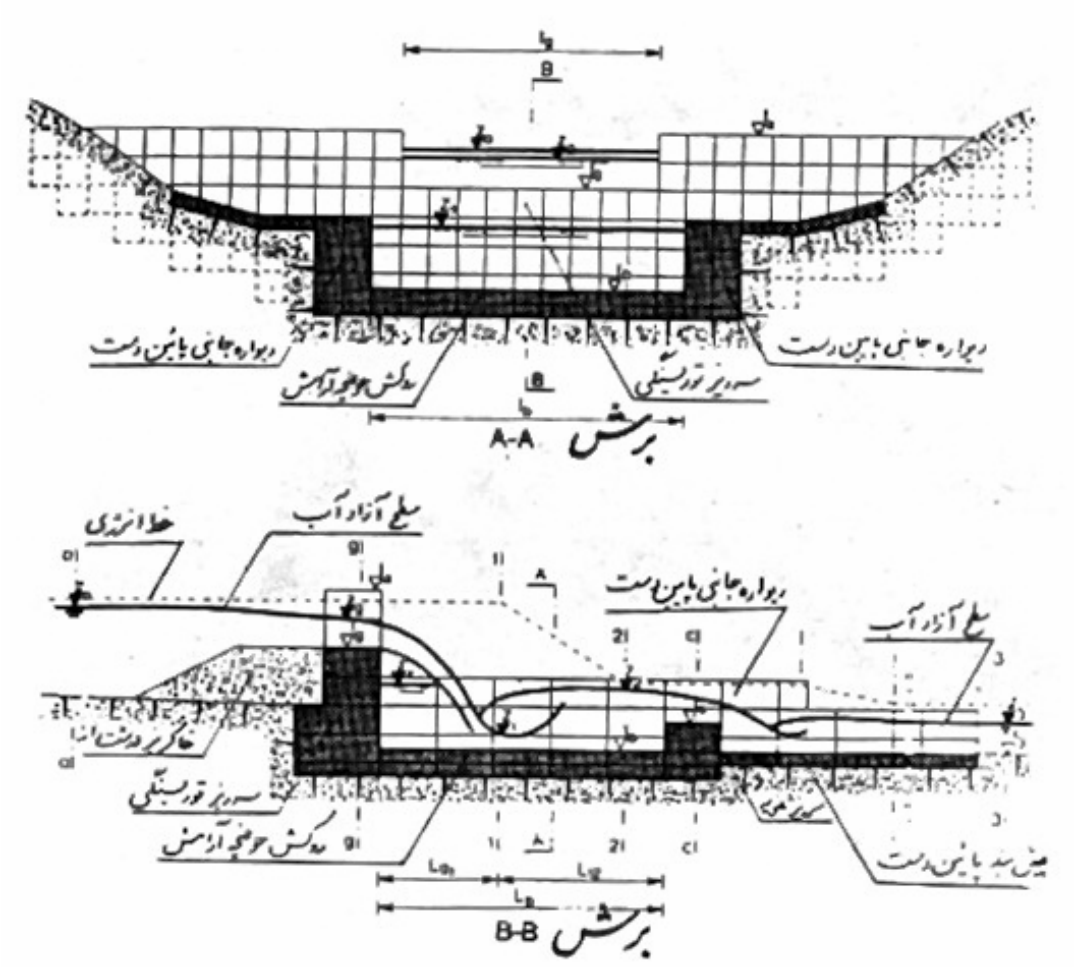


شکل شماره ۲۷ ـ سرریز توریسنگی قائم با سرریز ثانویه و حوضچه آرامش بی‌آستر (جوان و همکاران ، ۱۳٦۹)

omoorepeyman.ir

- **سرریزهای توریسنگی با حفاظت حوضچه آرامش که هم سطح با بستر آبراهه ساخته شده است.**

این نوع سرریز، که نیمرخ و نمای آن در شکل ۲۸ نشان داده شده، دارای آن ویژگی است که وقوع حالت بحرانی در سرریز ثانویه‌اش باعث می‌شود تا جریان در حوضچه آرامش از شرایط جریان پایین‌دست تأثیر نگیرد.



شکل ۲۸ ـ سرریز توریسنگی قائم با حوضچه آرامش آستردار همسطح با بستر رودخانه (جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

۶-۳-۲ ـ محاسبات هیدرولیکی سرریزهای توریسنگی :

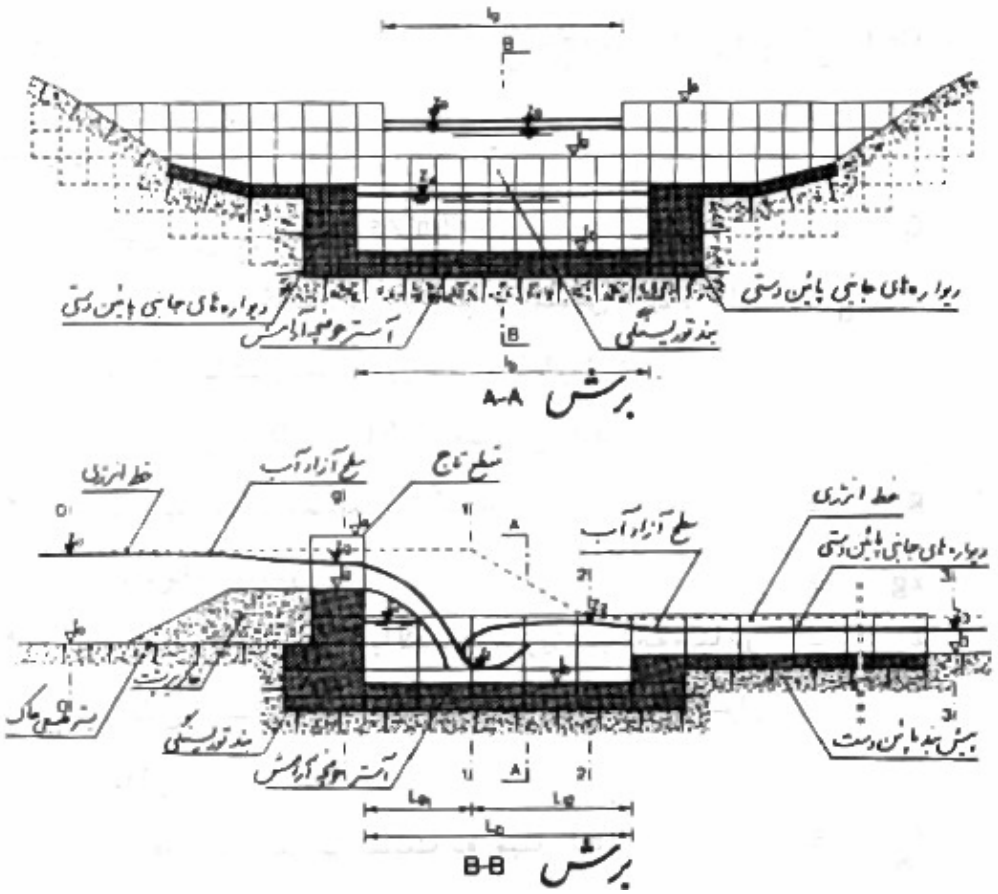
محاسبات هیدرولیکی سرریز توریسنگی شامل مراحل زیر می‌باشد :

۱) طرح تاج سرریز ، به‌قسمی که سرریز بتواند سیلاب طراحی را از خود عبور دهد.

۲) طرح حوضچه آرامش (Stilling pool)، به‌قسمی که فرسایش بسته پایین‌دست کنترل شود.

omoorepeyman.ir

۳) کنترل تراوش (Seepage) ، از زیر و اطراف سرریز ، به‌منظور جلوگیری از شسته شدن مواد کف رودخانه، شکل ۲۹ بند توریسنگی قائم با حوضچه آرامش آستردار را نشان می‌دهد. در این سیستم، کنترل جهش هیدرولیکی با ایجاد پله انتهایی صورت گرفته است.



شکل ۲۹ - بند توریسنگی قائم با حوضچه آرامش آستردار (عمیق‌تر از کف رودخانه) با کنترل جهش هیدرولیکی با ایجاد پله انتهایی

(جوان و همکاران، ۱۳۶۹)

omoorepeyman.ir

با توجه به شکل‌های ۲۷ تا ۲۹ تاج مستطیلی شکل سرریز بر پایه فرمول زیر طراحی می‌گردد.

$$Q = B.Lg(Z_{\circ} - f_g)\sqrt{2g(z_{\circ} - f_g)} \qquad (۲۲)$$

که در آن :

Q = دبی طرح برحسب متر مکعب بر ثانیه

$B = C_d$ = ضریب دبی که تابعی از انرژی جنبشی جریان پایین‌دست می باشد و مقدارش تقریباً از ۰/۳۸۵ تا ۰/۶ تغییر می‌نماید.

g = شتاب ثقل برحسب متر بر مجذور ثانیه

Lg = عرض تاج سرریز (متر)

$Z_{\circ}$ = تراز سطح آب در بالادست سرریز نسبت به مبنا در محلی که سطح آب تحت تأثیر فشردگی جریان قرار ندارد.

fg = تراز تاج سرریز نسبت به مبنا (متر)

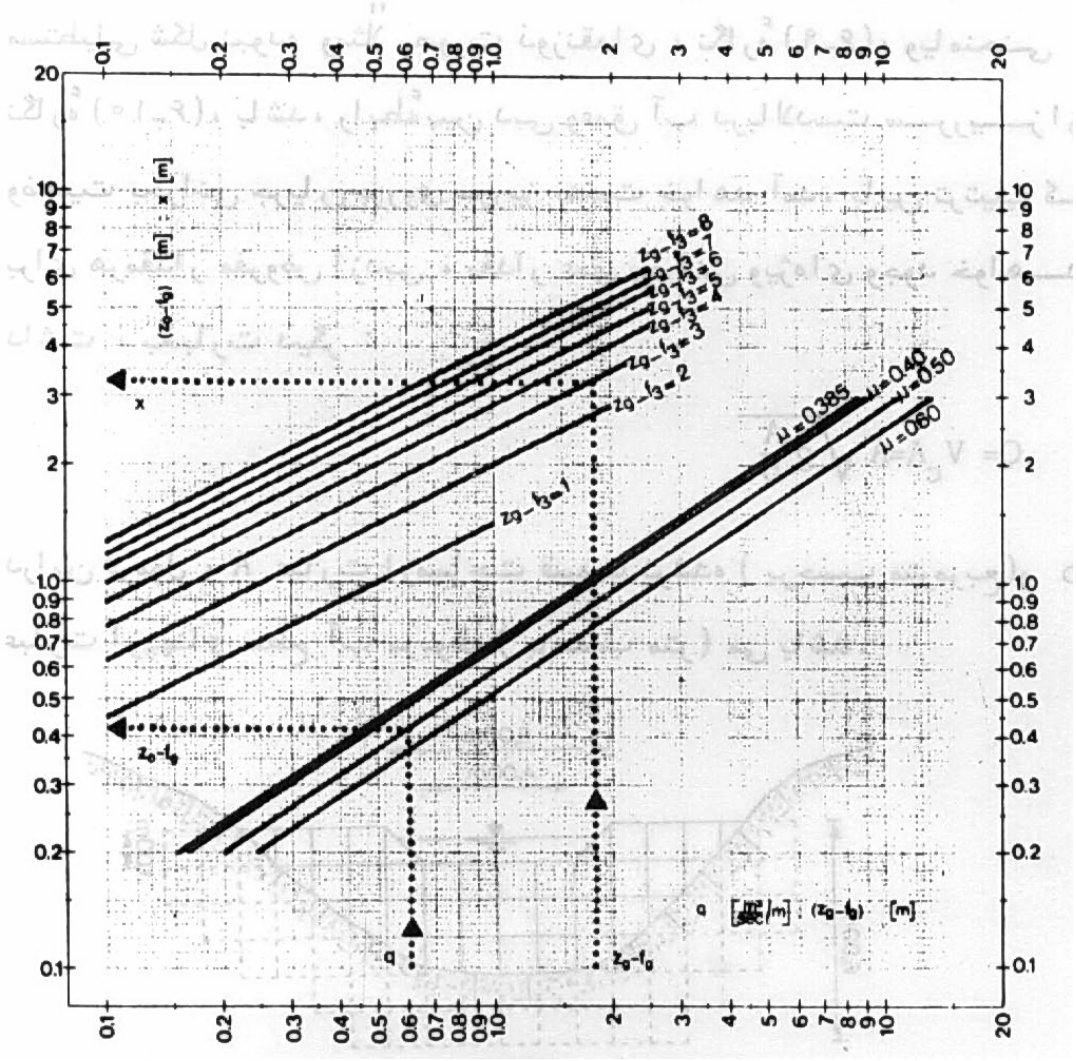
با در دست بودن مقادیر Q و M و با استفاده از رابطه فوق، می‌توان مناسبترین مقادیر Lg ، $Z_{\circ}$ ، fg را محاسبه نمود. در این مورد، باید درنظر داشت که باید مقادیری انتخاب گردد تا عمق جریان آب در وسط آبراهه بیشینه باشد. در این‌صورت است که از آب‌شستگی کناره‌های آبراهه جلوگیری می‌شود. برای سهولت کاربرد رابطه فوق می‌توان از شکل ۳۱ بهره گیری کرد. در این نمودار، بر روی محور افقی مقادیر (دبی در واحد عرض) و بر روی محور عمودی مقادیر ($Z_{\circ} - fg$) نشان داده شده‌اند.

با محاسبه ($Z_{\circ} - fg$)، می‌توان ارتفاع آب بر روی تاج سرریز ($Z_{\circ} - fg$) را تعیین نمود. معمولاً این ارتفاع را برابر $\frac{2}{3}$ ارتفاع آب در بالادست سرریز درنظر می‌گیرند . رقوم تکیه‌گاه‌ها (f_g) باید ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر بالاتر از رقوم Z_0 باشد. در صورتی که تاج سرریز به‌صورت مستطیلی شکل نبوده و مثلاً به‌صورت ذوزنقه‌ای باشد، رابطه بین دبی و عمق آب در بالادست سرریز از وضعیت بحرانی جریان بر روی سرریز به‌دست خواهد آمد. به‌این ترتیب که به‌ازای هر مقدار مفروض از دبی، مقدار عمق بحرانی ویژه‌ای وجود خواهد داشت . به‌عبارت دیگر :

$$Q = V_C A = A\sqrt{g\frac{A}{b}} \qquad (۲۳)$$

در این فرمول A مساحت قسمت تر شده (برحسب مترمربع) و b پهنای سطح آب مربوطه (برحسب متر) است.

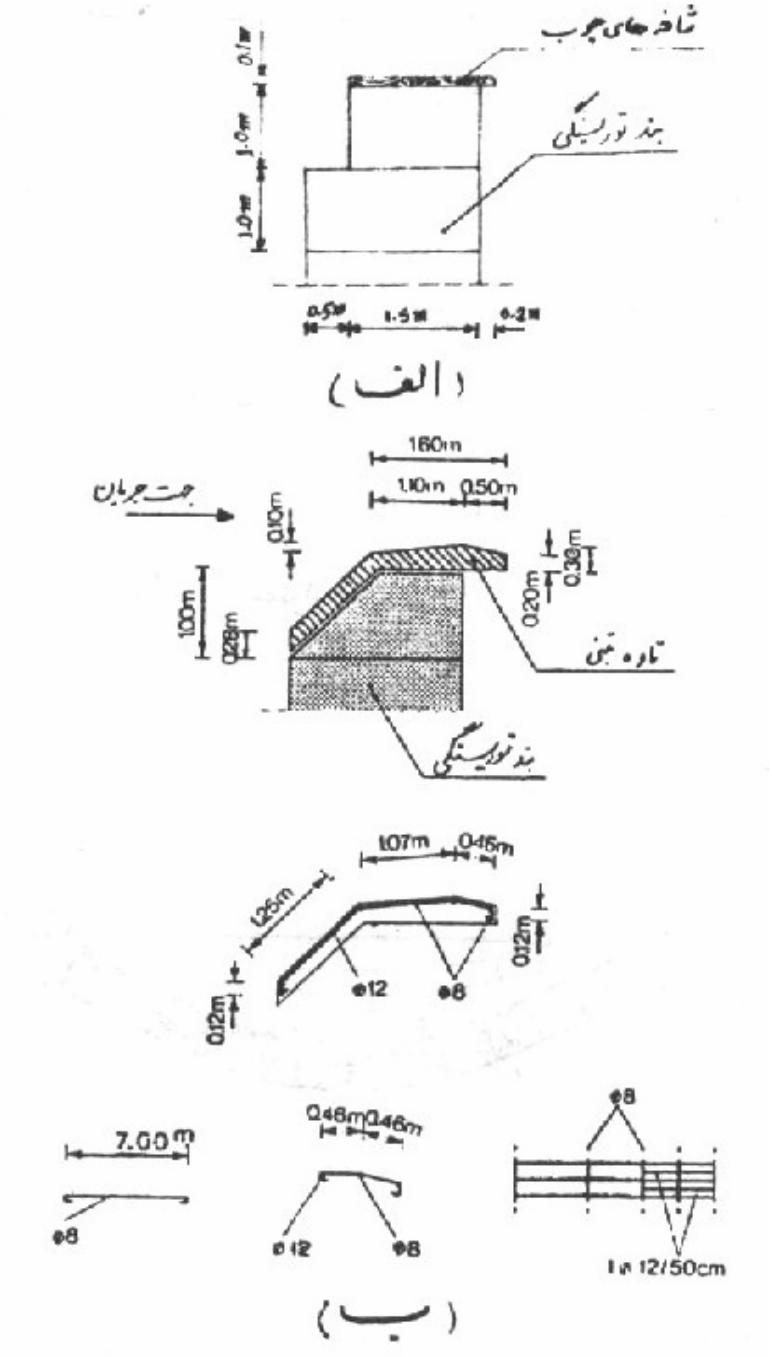
omoorepeyman.ir



شکل ۳۰ - نمودار ($Z_\circ - fg$) در طراحی تاج سرریزهای توریسنگی و طراحی حوضچه آرامش بدون پوشش بستر (جوان و همکاران، ۱۳۶۹)

برای محافظت واحدهای توریسنگی واقع بر تاج سرریز (در مقابل سنگهای بزرگ یا شاخه‌های حمل شده توسط آب) می‌توان از قطعات چوبی دوخته شده به‌هم با سیم‌های فلزی (شکل ۳۱- الف) و یا از تاوه بتنی (شکل ۳۱- ب) استفاده کرد . حفاظت چوبی را می‌توان بلافاصله پس از اتمام سازه نصب نمود اما توصیه می‌شود که اجرای حفاظت بتنی چند ماه بعد از بهره‌برداری از سرریز ، که طی آن نشست کافی در سازه انجام گرفته است، صورت گیرد. به‌جای بتن و چوب برای این کار می‌توان از ورقه‌های فلزی نیز استفاده نمود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳۱ - پوشش سرریز

(الف) قطعات چوبین متصل شده با سیمهای فلزی مورد استفاده برای محافظت تاج سد

(ب) جزییات فولادگذاری سرپوش بتنی برای سرریزی با تاجی به‌طول تقریبی هفت متر.

(جوان و همکاران، ۱۳۶۹)

omoorepeyman.ir

٦-۳-۳- طراحی حوضچه آرامش

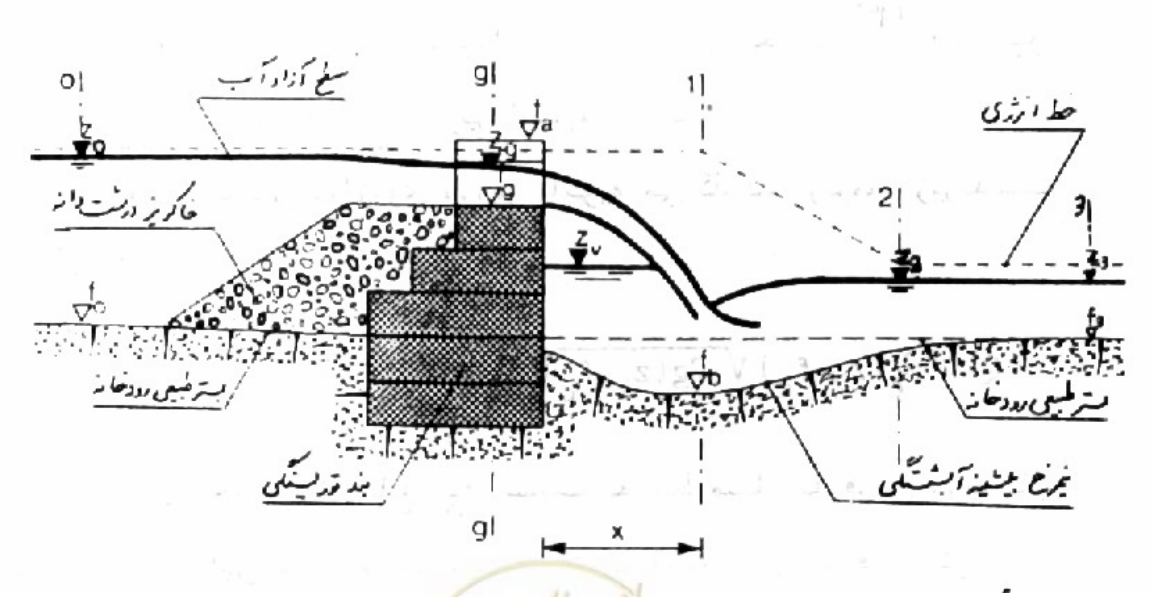
٦-۳-۳-۱- حوضچه آرامش بدون پوشش بستر

ارتفاع آبی که از سرریز بر روی بستر رودخانه می‌ریزد تا جایی ادامه پیدا می‌کند که آب جمع شده در درون حوضچه باعث اتلاف انرژی حاصله از جریان آب روی سرریز گردد. بنابراین، عمق پی باید بیشتر از عمق آبشستگی درون حوضچه آرامش باشد. لازم است که فاصله محل برخورد تیغه آب به کف حوضچه تا دیواره، x در شکل ۳۲ و عمق آب‌نشستگی محاسبه گردد. برای تعیین مقدار x از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$x = \sqrt{2(Z_g - f_g)(Z_g - F_3)} \qquad (۲۴)$$

F_3 = رقوم کف رودخانه

در شکل ۳۳ (که بندی بدون سرریز ثانویه را نشان می‌دهد) $F_C = F_3$ و $Z_2 \approx Z_3$ می‌باشد.



شکل ۳۲- بند توریسنگی قائم بدون بند ثانویه (جوان و همکاران ، ۱۳٦۹)

omoorepeyman.ir

برای آسان سازی محاسبات، می‌توان از نمودار شکل ۳۰ ، که در آن بر روی محور عمودیx و ($Z_g - f_3$) و بر وری محور افقی q و ($Z_g - fg$) نشان داده شده‌اند، استفاده نمود. عمق آب شستگی را می‌توان با رابطه شوکلیتچ (Schoklitsch) که در زیر آمده است، محاسبه کرد:

$$Z_3 - f_b = 4.75 \frac{(z_\circ - z_3)^{0.2} q^{0.57}}{d_{90}^{0.32}} \qquad (۲۵)$$

در رابطه بالا d_{90} (برحسب میلیمتر) نشانگر قطر دانه‌هایی است که قطر ۹۰ درصد ذرات مساوی این مقدار و یا از آن بیشتر است. q، دبی در واحد عرض (بر حسب مترمکعب بر ثانیه در متر) می‌باشد. با استفاده از نمودار شکل ۳۳ ، می توان عمق آب شستگی را نیز محاسبه نمود، چنانچه در این نمودار مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار (Z_3) عمق آب شستگی کاهش می‌یابد. برای رسیدن به این هدف، لازم است در پایین‌دست سرریز یک سرریز ثانویه به ارتفاع ($Z_2 - f_3$) ساخته شود، به‌گونه‌ای که جریان زیر بحرانی به عمق ($Z_2 - f_3$) در بالادست سرریز ثانویه تشکیل گردد.

مقدار جریانی که از روی سرریز ثانویه می‌گذرد، از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$Q = bl_c(Z_2 - f_c)\sqrt{2g(Z_2 - f_c)} \qquad (۲۶)$$

برای محاسبه ارتفاع Z_3 نسبت به خط مبناء با فرض جریان یکنواخت در پایین‌دست سرریز، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد.

$$Q = xA\sqrt{Rj} \qquad (۲۷)$$

که در آن :

R = شعاع هیدرولیکی (برحسب متر)

j = شیب کف رودخانه

x = ضریب مقاومت مربوط به زبری کف رودخانه (بر حسب $m^{1/2}/s$)

ضریب زبری کف رودخانه را می‌توان برحسب یکی از فرمولهای معمول هیدرولیک از جمله فرمول بازن (Bazin)، استریکلر (Strickler) و کاتر (Kutter) به‌دست آورد.

omoorepeyman.ir

به‌عنوان نمونه، در اینجا فرمول استریکر آمده است :

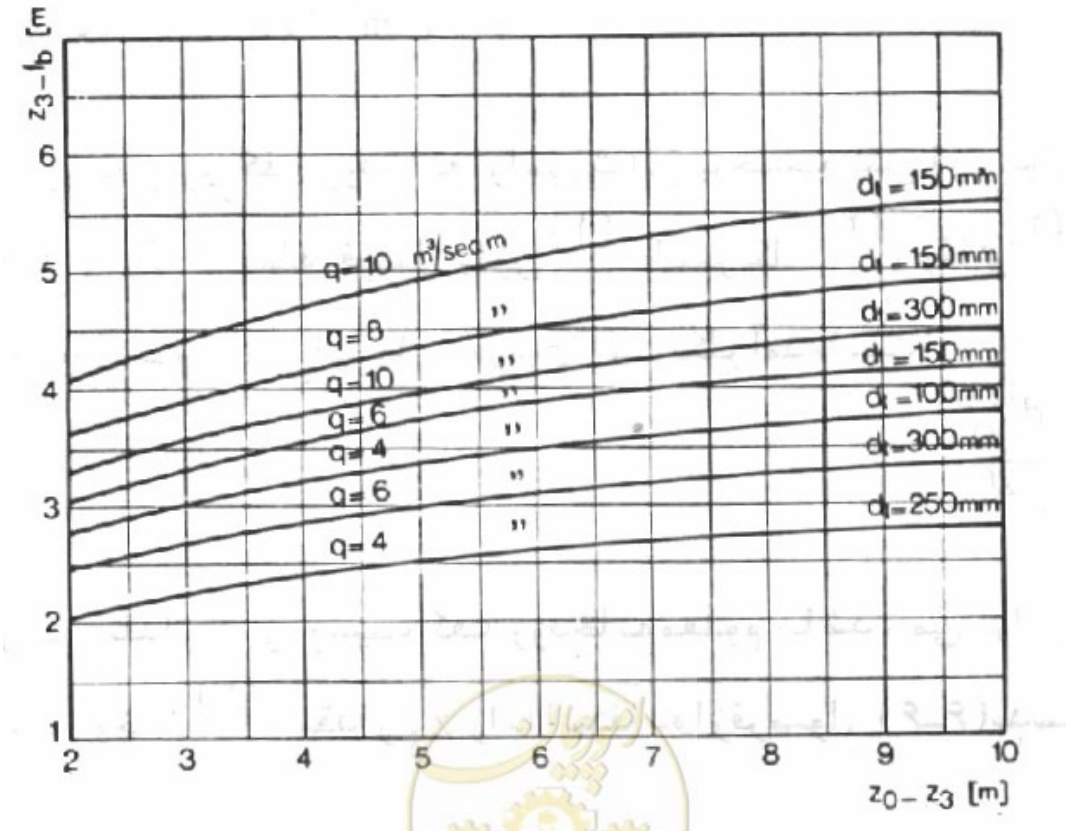
$$n = \frac{d_{90}^{1.6}}{26} \qquad (۲۸)$$

در حالتی که مقدار دبی و شیب کف رودخانه معلوم باشد، می‌توان با روش آزمون و خطا مقدار Z_3 را با استفاده از فرمول ۲۴ به‌دست آورد.

۶-۳-۳-۲- حوضچه آرامش یا پوشش بستر و سرریز لبه‌پهن

در این نوع حوضچه آرامش کف حوضچه تارقوم F_b که تقریباً برابر رقوم کف رودخانه (f_3) است، از جنس توریسنگ بوده و دارای یک سرریز ثانویه توریسنگی به ارتفاع (Z_3) نیز می‌باشد، با تشکیل جریان بحرانی بر روی سرریز ثانویه، جریان آب درون حوضچه آرامش تحت تاثیر جریان آب پایین‌دست سرریز ثانویه قرار نخواهد گرفت. جریان حاصله در مقطع سرریز (شکل‌های ۳۴ و ۳۵)، از تیغه جریان فوق بحرانی بوده و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$(Z_\circ - f_b) + \frac{Q^2}{2gA_\circ^2} = (Z_1 - f_b) = (Z_1 - f_b) + \frac{Q^2}{2g(z_1 f_b)^2 l_b^2} \qquad (۲۹)$$



شکل ۳۳ : تغییرات عمق آب شستگی بنا بر فرمول شوکلتیچ (جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

omoorepeyman.ir

اما در بیشتر موارد، در محاسبات، از جمله‌های $\frac{Q^2}{2gA_0^2}$ و $(Z_1 - f_b)$ چشم‌پوشی می‌شود. در این‌صورت رابطه بالا به فرم زیر درخواهد آمد:

$$(Z_1 - f_b) = \frac{Q}{L_b\sqrt{2g(z_0 - F_B)}} \qquad (۳۰)$$

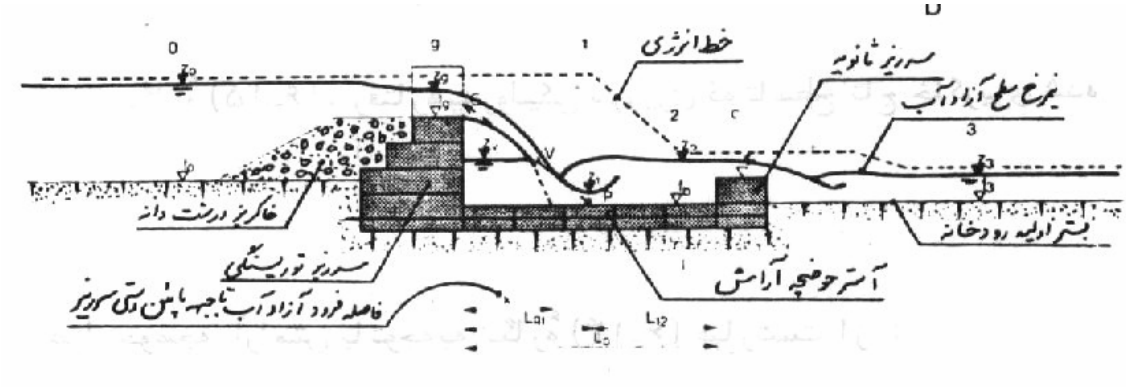
عمق نسبی جریان بحرانی در پایین‌دست جهش هیدرولیکی عبارت است از:

$$(Z_2 - f_b) = \frac{(Z_1 - f_b)}{2} + \sqrt{\frac{2Q^2}{gl_b^2(z_1 - f_b)} + \frac{(Z_1 - F_B)^2}{4}} \qquad (۳۱)$$

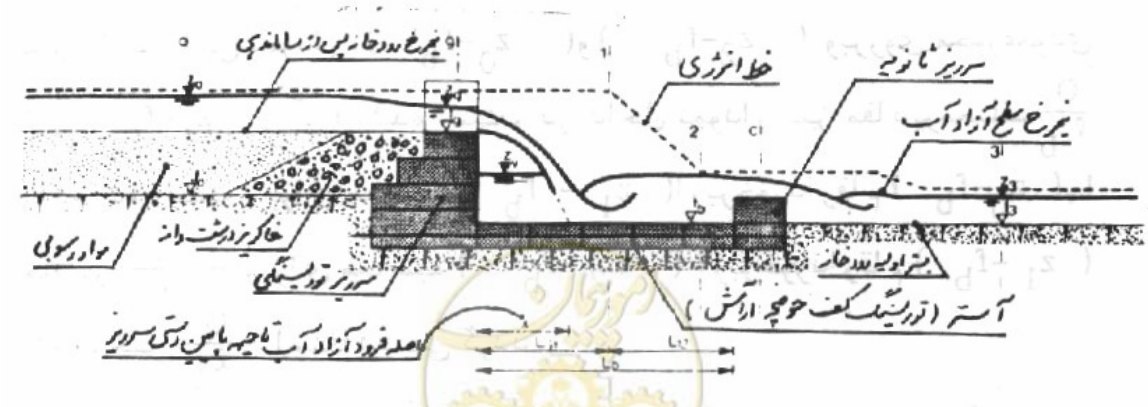
این عمق با استفاده از سرریز ثانویه به‌دست می‌آید. دبی گذرنده (Q) از این سرریز عبارتست از:

$$Q = b(Z_2 - f_C)l_C\sqrt{2g(Z_2 - f_C)} \qquad (۳۲)$$

برای آسانی محاسبات می‌توان از نمودار شکل ۳۶ استفاده نمود.

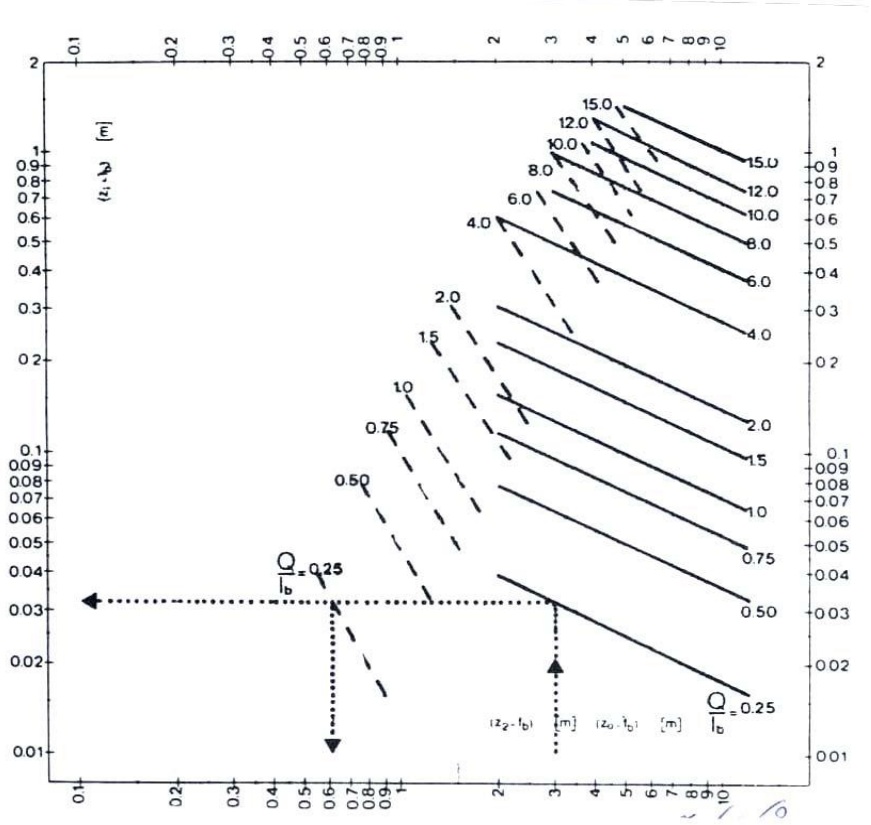


شکل ۳٤ : پارامترهای مربوط به تعیین طول حوضچه آرامش (جوان و همکاران، ۱۳٦۹)



شکل ۳۵ : رفتار هیدرولیکی سرریزی تا سطح تاج خاکریزی شده (جوان و همکاران، ۱۳٦۹)

omoorepeyman.ir



شکل ۳۶ : نمودار تغییرات دبی سرریز (جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

در طراحی سرریزها باید از این موضوع اطمینان یافت که عمق پایاب بر روی دبی جریان روی سرریز اصلی اثری نگذارد. یعنی باید کاری کرد که عمق پایاب کمتر از عمق بحرانی برروی سرریز ثانویه باشد، البته مستغرق بودن سرریز اشکالی ندارد. اما در چنین شرایطی بهتر است که یا طول حوضچه آرامش کمتر در نظر گرفته شود و یا حوضچه‌ای ایجاد گردد که در آن جهش هیدرولیکی توسط برآمدگی کف حوضچه کنترل شود. برای تکمیل طراحی حوضچه آرامش باید که ارتفاع نیز محاسبه گردد.

$$(Z_V - f_b) = (f_g - f_b)\left[\frac{Q^2}{g l_y^2 (f_g - f_b)^3}\right] \qquad (۳۳)$$

طول حوضچه آرامش با توجه به شکل ۳۴ عبارتست از :

$$L_b = Lg_1 + L_{12} = (Zg + f_g - 2f_b)\sqrt{\frac{z_g - f_g}{Z_g + f_y - 2Z_V}} + 6.9(Z_2 - Z_1) \qquad (۳۴)$$

omoorepeyman.ir

برای سرریزهایی که در بالادست آنها (در محل تاج سرریز) رسوبی به ارتفاع معین جمع شده است (شکل ۳۵) می توان فرمول‌های تجربی زیر را بکار برد :

$$Lgi/(fg - f_b) = 4.3D^{0.27} \qquad (۳۵)$$

$$(Z_V - f_b)/(f_g - f_b) = D^{0.22} \qquad (۳۶)$$

$$(Z_1 - f_b)/(f_g - f_b) = 0.54\,D^{0.42} \qquad (۳۷)$$

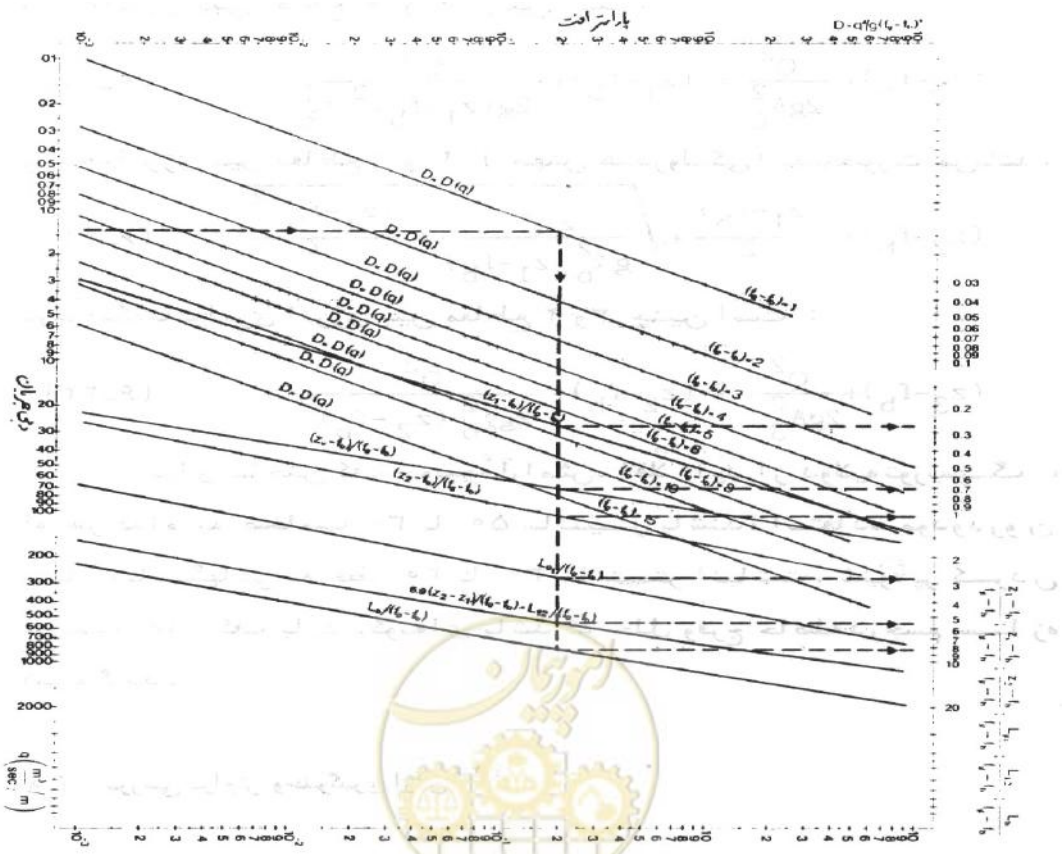
$$(Z_2 - f_b)/(f_g - f_b) = 1.66D^{0.24} \qquad (۳۸)$$

$$L_{12} = 69(Z_2 - Z_1) \qquad (۳۹)$$

ایجاد حوضچه آرامش بر حسب تابعی از عدد افت (D) از رابطه زیر به‌دست می آید :

$$D = g^2 / q(f_g - f_b) \qquad (۴۰)$$

که در آن q دبی در واحد پهنا و g شتاب ثقل است. برای سادگی محاسبات مقادیر D و ابعاد حوضچه آرامش را می توان از نمودار شکل ۳۷ به‌دست آورد.



شکل ۳۷ - نمودار تعیین ابعاد حوضچه آرامش سرریزهای تورپسنگی بر حسب پارامتر افت D (جوان و همکاران ، ۱۳۶۹)

omoorepeyman.ir

٦-۳-۳-۳- حوضچه آرامش با بستر آستر شده و برآمدگی کف

در این گونه از طراحی سرریزها رقوم کف حوضچه (f_b) در زیر بستر رودخانه (f_3) در پایین دست سرریز قراردارد. این انتخاب از آن جهت صورت می‌گیرد که وضعیت جریان در حوضچه به‌وسیله شرایط پایین دست حوضچه کنترل گردد. در این حالت پارامترهای هیدرولیکی حوضچه آرامش از روابط زیر به‌دست می آیند.

$$R = \mu \lg(Z_0 - l_y).\sqrt{2g(Z_0 - l_y)} \qquad (۴۱)$$

رابطه انرژی بین مقاطع ۰ و ۱ این چنین است .

$$(Z_0 - f_g) + \frac{Q^2}{2gA^2} = (Z_1 - f_b) + \frac{Q^2}{2g(Z_1 - f_b)^2 l^2_b} \qquad (۴۲)$$

در رابطه انرژی بین مقاطع ۱ و ۲ (جهت هیدرولیکی) بدین صوت می باشد:

$$(Z_2 - f_b) = \frac{(Z_1 - f_b)}{2} + \sqrt{\frac{2Q^2}{g.l_b^2} + \frac{(Z_1 + f_b)^2}{a}} \qquad (۴۳)$$

در حالیکه نابرابری انرژی بین مقطع ۲ و۳ چنین است.

$$(z_3 - f_b) + \frac{Q^2}{2gA_3^2} \geq (z_2 - f_b) + \frac{Q^2}{2gl_b^2(z_2 - f_b)} \qquad (۴۴)$$

برای ساختن کف حوضچه آرامش حداقل باید از دو لایه توریسنگ که هر کدام به ضخامت ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر باشند، استفاده نمود و درون آنها را با سنگهایی به قطر ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر انباشت. شیوه پر کردن توریسنگ های کف باید به‌گونه‌ای باشد که خلل و فرج حاصله در جسم سازه کمیته گردد.

بررسی تراوش و جلوگیری از آن

اختلاف ارتفاعی که در بالا دست و پایین دست سرریز ایجاد می‌شود باعث میگردد تا از زیر و اطراف سرریز تراوش آب وجود داشته باشد. در اثر این عمل، ذرات ریز خاک از زیر پی سازه خارج خواهند شد. پس، در طرح اولیه، برای جلوگیری از وقوع این پدیده لازم است که طول کل مسیر تراوش (L) از زیر و اطراف سرریز در نابرابری زیر که به فرمول بلای (Bligh) شهرت دارد، صدق نماید.

$$L > C\,\Delta h$$

omoorepeyman.ir

که در آن Δh (برحسب متر)، اختلاف سطح بین آب در بالا دست و پایین دست سرریز $(z_0 - z_3)$ و C ضریبی است که مربوط به بافت خاک است. در جدول ۳ ، مقادیر ضریب C بر حسب نوع خاک و اندازه ذرات خاک داده شده اند.

جدول ۳- مقادیر ضریب C مورد استفاده در طرح کنترل تراوش

نوع خاک	اندازه ذرات (mm)	مقدار ضریب (C)
گل[1] و لای[2]	٪۵ – ٪۱	۲۰
لای با ماسه ریزدانه	٪۱۰ – ٪۶	۱۸
ماسه ریز دانه	٪۲۵ – ٪۱۲	۱۵
ماسه متوسط	٪۵ – ٪۳	۱۲
ماسه درشت دانه	۱/۰ – ٪۶	۱۰
شن ریز تا درشت	۲/۰	۹ –۴
رس[3] نیمه سخت	–	۶ –۳

[1] -Mud
[2] - Silt
[3] - Clay

omoorepeyman.ir

٦-٤- محاسبات سازه ای

محاسبات سازه‌ای سرریزها شامل بررسی های زیر می باشد.

۱- آنالیز پایداری و مقادیر واژگونی و لغزش ۲- آنالیز پایداری در مقابل نیروی زیر فشار پیش‌بند حوضچه آرامش (در صورت وجود این پدیده) ۳- آنالیز مقاومت پی سر ریز ۴- توان باربری سازه توریسنگی

٦-٤-١- آنالیز پایداری مقاومت واژگونی و لغزش

سرریزهای توریسنگی را می توان سازه‌های وزنی فرض کرد. نیروهایی که باید در آنالیز اینگونه سازه‌ها در نظر گرفته شوند عبارتند از :

٦-٤-١-١- نیروهای وارده

- **وزن آب** : چگالی آب گل الود (P) را معمولاً بین ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ کیلوگرم درمتر مکعب در نظر می‌گیرند.

- **وزن توریسنگ** : در صورتی که وزن واحد حجم $(\wp_s)$ بکار رفته درون توریسنگ معلوم باشد، می‌توان وزن واحد حجم سازه توریسنگی را از رابطه زیر به‌دست آورد :

$$\wp_g = \wp_s(1-n) \qquad (۴۵)$$

که در آن n نشانگر درصد حفره‌ها (نسبت خلال و فرج بین سنگها در توریسنگ به حجم کل آن) می باشد، مقدار n ، معمولاً برابر ۴٪- ۲۵٪ اختیار میگردد. در شکل ۳۸ ، رابطه ۴۵ به‌صورت نموداری ترسیم گشته است در صورتی که حفره‌های جسم با آب پر شده و u (حجم خلل و فرج که توسط آب پر گشته) نشانگر درجه اشباع است. وزن حجم تورسنگ $(\wp gu)$ از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\wp gu = \left[\wp_s(1-n) + nu\,\wp_w\right] \qquad (۴۶)$$

در صورتی که تورسنگ کاملاً با آب پر شده باشد $(u=1)$ ، خواهیم داشت :

$$\wp g_1 = \left[\wp_s(1-n) + n\,\wp_w\right] \qquad (۴۷)$$

- **وزن خاک** : وزن واحد حجم خاک خشک؛

$$\wp t_0 = \wp_s(1-n) \qquad (۴۸)$$

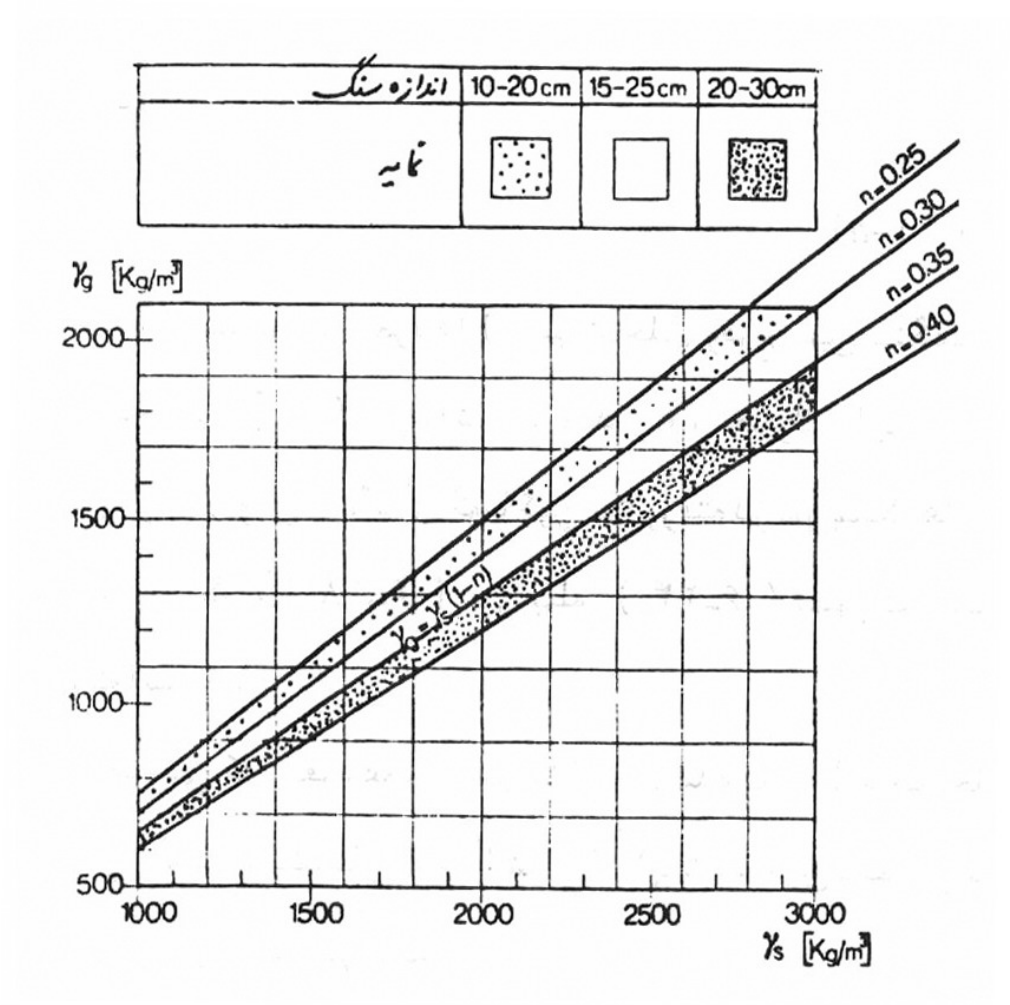
omoorepeyman.ir

وزن واحد حجم خاک اشباع شده ؛

$$\wp t_1 = \wp_s(1-n) + n \qquad (۴۹)$$

و وزن واحد حجم خاک مستغرق؛

$$\wp t_w = (\wp_s - \wp_w)(1-n) \qquad (۵۰)$$

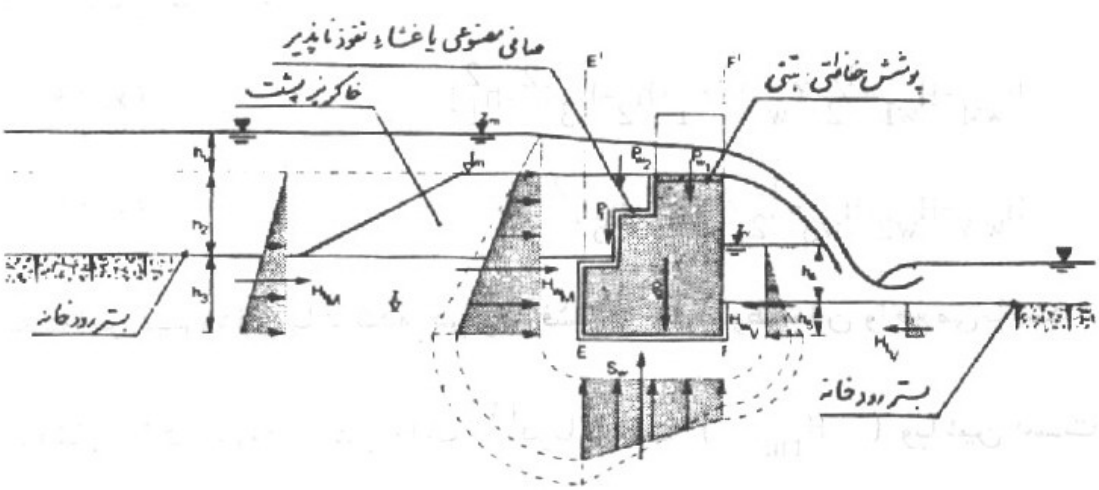


شکل شماره ۳۸- ارتباط میان وزن مخصوص توریسنگ با وزن مخصوص سنگها بر حسب مقادیر مختلف n (جوان و همکاران، ۱۳۶۹)

omoorepeyman.ir

- نیروهای آب و خاک

مجموعه نیروهای وارده بر یک سازه توریسنگی از نوع سرریز در شکل ۳۹ نشان داده شده است. در اینجا به اختصار از طرح آن گونه سرریزها یاد می‌کنیم.



شکل شماره ۳۹- نیروهای وارده بر یک سرریز توریسنگی(جوان وهمکاران، ۱۳۶۹)

- فشار هیدرو استاتیک

برآیند نیروهای هیدرواستاتیک بر روی دیواره بالادست (H_{wm}) و پایین دست (H_{wv}) از روابط زیر محاسبه می شوند.

$$H_{wm} = H_{w1} = \frac{1}{2}\wp_w\left[(h_1+h_2+h_3)^2 - h_1^2\right] \qquad (۵۱)$$

$$H_{wv} = H_{w2} + H_{w3} = \frac{1}{2}\wp_w\left[h_4+h_s\right]^2 \qquad (۵۲)$$

نقطه اثر نیروهای یاد شده در مراکز فشار مربوطه شان واقع است.

- فشار خاک

رانش خاک در بالا دست (H_{tm}) و پایین دست (H_{tv}) سازه عبارت است از:

$$H_{tv} = \frac{1}{2}\wp_t h_s^2 K_a \quad \text{و} \quad H_{tm} = \frac{1}{2}\wp_{tw}(h_2+h_3)^2 K_a \qquad (۵۳)$$

$$K_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{Q}{2}\right) = \frac{1-\sin Q}{1+\sin Q} \qquad (۵۴)$$

omoorepeyman.ir

نقطه اثر این دو نیرو به ترتیب در نقاط $\frac{h_2+h_3}{2}$ و $\frac{h_s}{3}$ بالای پی واقع است.

– زیرفشار: درصورتی‌که در بالادست و پایین‌دست سرریز آب وجود داشته باشد مقادیر بیشینه (در بالادست) و کمینه (در پایین دست) این زیر فشار از روابط زیر به‌دست می آیند:

$$S_w = \wp_w(h_1 + h_2 + h_3) \quad \text{(بالادست)} \qquad (۵۵)$$

$$S_w = \wp_w(h_4 + h_s) \quad \text{(پایین‌دست)} \qquad (۵۶)$$

٦-٤-١-٢- پایداری در مقابل واژگونی :

یک سازه در مقابل واژگونی هنگامی پایدار است که گشتاور نیروهای مقاوم بیشتر از گشتاور نیروی واژگون‌کننده باشد.

نیروی مقاوم عبارتند از :

– وزن مرده سازه qg ، که مقاوم در رقوم بالای پایاب "خشک" (Z_v)، و در قسمت های زیر آن به‌صورت "مستغرق" در نظر گرفته می شود، وزن آب مرده تاج سرریز (P_w) ، وزن آب (P_{w2}) ، وزن خاک اشباع شده (P_t) بر روی پیکان بالا و پایین دست سرریز، و نیروهای افقی H_{wn} و H_{tv}.

نیروهای واژگون‌کننده عبارتند از:

نیروهای افقی (H_{wm}) و (H_{tm}) ، زیر فشار (S_w) ، و نیروهای متفرقه مانند فشار یخ، نیروهای دینامیکی (درصورتی که جریان فوق بحرانی باشد)، نیروهای زلزله و غیره.

چنانچه M_r گشتاور نیروهای واژگون کننده و M_s گشتاور نیروهای مقاوم باشند، ضریب اطمینان سازه درمقابل واژگونی عبارت خواهد بود از:

$$S_r = \frac{M_s}{M_r} \geq 1 \qquad (۵۷)$$

در مورد سازه‌های کوچک ، برآورد نامساوی $S_r \geq 10^3$ می باشد، کنترل واژگونی باید در کلیه مقاطع افقی سازه توریسنگی نیز انجام گردد.

omoorepeyman.ir

٦-٤-١-٣- پایداری در مقابل لغزش

بررسی پایداری سازه در مقابل لغزش[1] بدین صورت انجام می شود که برآیند نیروهای افقی، وارد بر سازه، با نیروی اصطکاک و چسبندگی[2] که به پی وارد می آیند، مقایسه می‌شود. چنانچه ضریب اطمینان در مقابل لغزش را با S_s نشان دهیم برای حفظ پایداری باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$S_s = \frac{\sum V}{\sum H} \tan Q \geq 1.3 \qquad (۵۸)$$

چنانچه سرریز توریسنگی بر روی خاک غیرچسبنده[3] (ناچسبنده) ساخته شود، زاویه اصطکاک داخلی(g) برابر ۳۵ درجه می‌باشد که در آن‌صورت tang= 0.7 خواهد بود. در رابطه ۳۲ ، جمله $\sum V$ نشانگر برآیند نیروهای عمودی و جمله $\sum H$ نمایشگر برآیند نیروهای افقی است.

٦-٤-٢- آنالیز پایداری در مقابل نیروی زیر فشار پیش بند حوضچه آرامش

برای محاسبه زیر فشار در هر نقطه از پیش بند[4] حوضچه آرامش می توان از رابطه زیر استفاده نمود :

$$P = \wp_w \left[(Z_0 - \frac{Z_0 - Z_3}{L_f} y) - Z_x \right] \qquad (۵۹)$$

که در آن Z_0 رقوم آب در بالادست ، Z_3 رقوم آب در پایین دست ، Z_x رقوم کف حوضچه درنقطه اختیاری x و y فاصله از نقطه صفر تا محل محاسبه p دردرازای پی و L_f فاصله صفر تا f در درازای پی می باشند. چناچه عمق آب بر روی پیش بند حوضچه را h (بر حسب متر) و ضخامت پیش بند را s (برحسب متر) فرض کنیم، ضریب اطمینان در مقابل زیرفشار عبارت خواهد بود از :

$$S_g = (\frac{\wp g_1^S + \wp wh}{P}) \qquad (۶۰)$$

در محاسبه عملی، مقادیر Sg=1.1 تا Sg=1.2 حدود قابل قبول طراحی می باشند.

omoorepeyman.ir

[1] - Sliding
[2] - Cohesion
[3]- None Cohesive
[4] - Apron

٦-٤-٣- آنالیز مقاومت پی سرریز

برای تعیین مقاومت خاک پی لازم است که مقدار و نقطه اثر برآیند نیروهای وارده بر پی را محاسبه نماییم. در صورتی‌که بر آیند نیروهای وارده بر پی از یک سوم میانی قاعده (سطح MN در شکل ۴۰- الف) بگذرد، مقدار فشار وارد بر پی عبارت خواهد بود از :

$$S_B=6\frac{V.XM}{100\,AB^2} \qquad (۶۱)$$

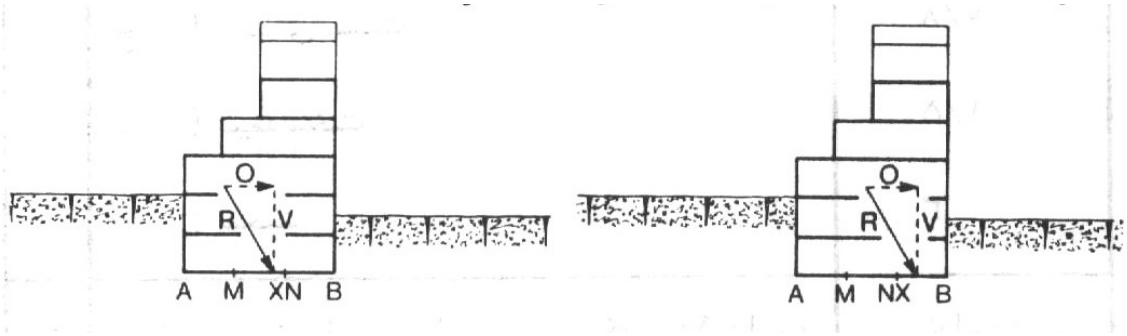
در این فرمول، V عبارتست از مولفه عمودی نیروهای وارده (برحسب کیلوگرم) ، SB بیشینه فشار وارده بر پی (بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع)، و $\overline{XB}$ و $\overline{AB}$ فواصلی (برحسب سانتیمتر) می باشند. در صورتی‌که برآیند نیروهای (R) از نقطه N بگذرد، فرمول مناسب به‌صورت زیر خواهد بود :

$$S_B=2\frac{V}{100\,\overline{AB}} \qquad (۶۲)$$

و چنانچه R از ثلث مقطع نگذرد ، شکل (۴۰- ب) رابطه به‌صورت زیر خواهد بود :

$$S=2\frac{V}{3\times100\,\overline{XB}} \qquad (۶۳)$$

برای بررسی مقاومت خاک پی کافی است که S_B کمتر از توان باربری خاک (K_t) باشد.



شکل شماره ٤٠- برآیند نیروهای وارد از سوی سازه بر پی سرریزها

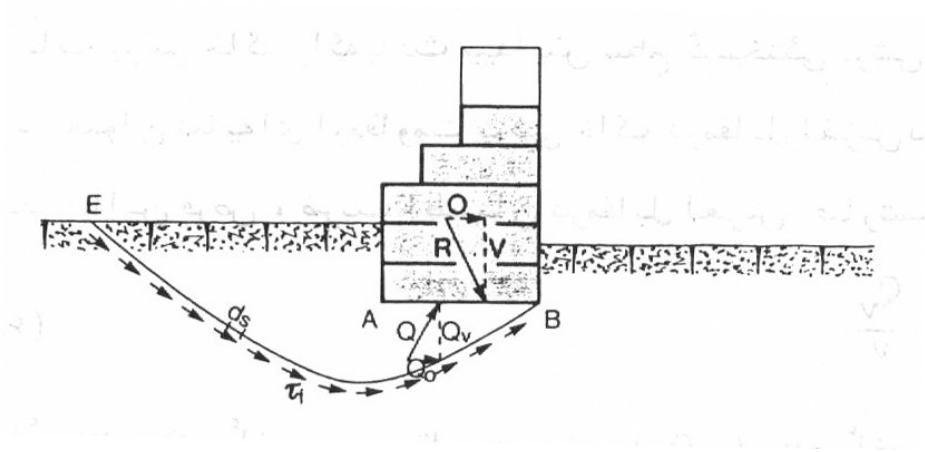
الف) مرکز فشار در یک سوم مقطع وارد است

ب) مرکز فشار در بیرون از یک سوم مقطع است(جوان وهمکاران ١٣٦٩)

omoorepeyman.ir

در مورد سازه‌های مهم، نه تنها فشار وارده بر خاک پی بلکه مقاومت برشی خاک را نیز باید مورد بررسی قرارداد. در واقع، هنگامی که فشار بر خاک پی از طرف سرریز بیشتر از توان باربری خاک باشد. در خاک زیر پی گونه‌ای گسیختگی برشی[1] به‌وجود می‌آید.

(شکل ۴۱)



شکل شماره ٤١- سطح گسیختگی برشی در پی سرریز توریسنگی(جوان و همکاران ، ١٣٦٩)

پیشینه باری که در امتداد AB به پی می تواند وارد شود بستگی به مقاومت برشی خاک (Z_t) دارد.

$$Z_f = C + S\tan Q \qquad (۶۴)$$

چنانچه خاک به بیشینه تاب (مقاومت) برشی خود (Z_f) ، برسد سطح لغزش در خاک پدید می‌آید.

برای هر سطح لغزش در خاک (مثل سطح BE) ، یک تنش برشی مشخص (Q) وجود دارد . با این مقدار :

$$Q = f_B^E Z_f d_s = f_B^E (C + S\tan Q) d_s \qquad (۶۵)$$

پیشنه تاب برشی خاک را که باعث پیدایش سطح گسیختگی برش در خاک می‌شود به‌عنوان نمایه‌ای از مقاومت برش خاک در مقابل لغزش درنظر می‌گیرند. با این فرض، ضریب اطمینان در مقابل لغزش عبارتست از :

$$S_r = \frac{Q_V}{V} \qquad (۶۶)$$

[1] - Shear Failure

omoorepeyman.ir

در رابطه (۶۶)، Q_V مؤلفه عمودی مقاومت برشی (Q) و (V) مؤلفه عمودی برآیند R می باشد. بیشینه ضریب اطمینان را برابر ۲ می‌توان درنظر گرفت.

درصورتی‌که خاک پی از نظر مقاومت جواب دهد به کنترل مقاومت سازه توریسنگی نیاز نیست، در صورتی‌که بررسی مقاومت سازه توریسنگی ضروری باشد از روشی همانند آنچه که در بررسی مقاومت خاک پی بیان شد استفاده می‌شود در این حالت بشینه فشار وارده باید با توان باربری سازه توریسنگی مقایسه شود که این کار معمولاً در آزمایشگاه انجام می شود.

سازه‌های توریسنگی، تحت تاثیر بار تک محوری (حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) تا ۲۰ در صد نشست نسبی را می‌توانند تحمل نمایند. با این مقدار نشست، معمولاً به سیم‌های توریسنگ زیانی وارد نخواهد شد. اما، در صورتی‌که بار وارده به ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم با سانتیمتر مربع برسد به سیم های شبکه فلزی آسیب وارد خواهد آمد.

omoorepeyman.ir

فصل هفتم - ضوابط اجرایی بندهای اصلاحی

در فصول گذشته مراحل مطالعات و طراحی بندهای اصلاحی بیان شد. علاوه بر طراحی، اجرای بندهای اصلاحی نیز باید به درستی صورت گیرد تا اهداف مورد نظر از ساخت آنها برآورده گردد. در اینجا نکات کلی که در اجرای صحیح بندهای اصلاحی مؤثر خواهد بود ارائه می‌شود.

۱- اگر مصالح از پایین دست و داخل آبراهه حمل می شود، ساخت بندها باید از بالادست شروع شود و بالعکس اگر از بالادست حمل شود ساخت بندها از پایین دست باید شروع شود.

۲- عملیات سازه ای ساخت بندهای اصلاحی باید در فصل خشک و ایجاد پوشش گیاهی در پشت بندها در فصل بارانی انجام شود.

۳- بندهای اصلاحی چیری باید زمانی ساخته شوند که خاک اشباع و یا نزدیک فصل بارانی باشد.

۴- دیواره های کناری بندهای اصلاحی باید به اندازه کافی در داخل دیواره طرفین آبراهه امتداد یابد تا اتصال بین بند اصلاحی و دیواره آبراهه به‌وجود آید.

۵- فضای پشت بند اصلاحی و دیواره های کناری با خاک گود برداری شده از پی پر می شود تا از برخورد مستقیم جریان (خصوصاً جریان کلی) با بدنه جلوگیری به‌عمل آید.

۶- در بندهای توریسنگی اتصال بین لایه های توریسنگ به خوبی باید برقرار شود که این امر با مهار کردن جعبه های توریسنگ به هم، استفاده از پرده مرکزی در جعبه های با طول زیاد، و با استفاده از جعبه های حایل در بندهای با ارتفاع زیاد محقق می‌شود.

۷- پی بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی باید تا لایه مقاوم گودبرداری شود و اگر لایه مقاوم وجود نداشته باشد حداقل یک متر گودبرداری و سپس یک لایه بتن مسلح به ضخامت ۳۰ سانتیمتر در زیر پی اجرا شود.

۸- در ساخت بندهای اصلاحی سنگ و ملاتی از سنگهای گوشه گودار و ملات سیمان ۲۵۰ کیلوگرم در متر مکعب استفاده شود.

۹- سوراخهای زهکشی در بدنه و دیواره‌های آن (قطر سوراخها حداقل ۱۰ سانتیمتر باشد) ساخته شود و پشت آنها با سنگ و شن و ماسه پر شود تا عمل زهکشی به خوبی صورت گیرد.

۱۰- سرریز بندها باید کاملاً مسطح و تراز ساخته شود تا ریزش آب از روی آنها به‌صورت یکنواخت صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

فصل هشتم- ضوابط نگهداری بندهای اصلاحی

نگهداری از عملیات سازه ای یکی از مسائلی است که از اهمیت زیادی برخوردار است و متأسفانه در کشور ما کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. چه بسا سازه‌هایی که درست طراحی و اجرا می شوند ولی به‌دلیل اینکه پس از پایان کار به خوبی نگهداری نمی شوند، بر اثر ایرادات جزیی که در حین عملکرد سازه به وجود می آید، تخریب گشته و کارایی خود را از دست می دهند از این رو توصیه‌هایی برای نگهداری بندهای اصلاحی ساخته شده در حوزه‌های آبخیز ارائه می گردد .

نگهداری از بندهای اصلاحی حداقل تا دو سال بعد از اجرا باید ادامه یابد و حداقل یک بار در سال مورد بازرسی قرار گیرد. بعد از هر بارندگی سنگین و وقوع سیلاب نیز بازرسی باید انجام گیرد.

خرابی‌های به وجود آمده در بند اصلاحی در اثر عوامل مختلف باید ترمیم گردد.

در مواردی که هدف از احداث بند اصلاحی نگهداشت رسوبات حمل شده در آبراهه باشد پس از پر شدن مخزن بند از رسوب پشت بند تخلیه گردد تا ظرفیت کافی برای انباشت رسوب وجود داشته باشد. در این خصوص ملاحظات مختلفی باید در نظر گرفته شود، از جمله اینکه تمام بندهای ساخته شده دریک مجموعه باید از رسوب پر شده باشند. امکان تخلیه رسوبات و انباشت آنها به نحوی که در بارشهای بعدی به چرخه تولید رسوب وارد نشود، وجود داشته باشد. توجیه اقتصادی داشته باشند و اثرات زیانبار زیست محیطی نداشته باشد.

برای نگهداری بندهای اصلاحی لازم است پرسنل با تخصص‌های مورد نیاز و اعتبارات کافی توسط دستگاههای متولی پیش‌بینی و در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

منابع و مآخذ

۱- پیری اردکانی، محمود « بهینه سازی فاصله و ارتفاع بندهی اصلاحی »۱۳۸۰، پایان نامه کارشناسی ارشد ، مرکز آموزش عالی امام خمینی

۲- جوان، محمود، ناصر طالب بیدختی و پرهام جواهری « سازه های توریسنگی » ۱۳۷۹، انتشارات کمیته آمور آب جهاد سازندگی استان فارس

3- Geyik , M.P. , FAO Watershed management field manual: Gully control , 1986.

4-USDA, natural re sources conservation service “Introduction to storm water management “

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

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

دفتر نظام فنی اجرایی

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice presidency for strategic planning and supervision

Basic Design & Guidelines for Implementation and Maintenance of Sediment and Flood Control Measures (Check Dams)

No. 416

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

Watershed Management Deputy
Planning & Coordination Bureau
http://Frw.org.ir

2009

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

دستورالعمل طراحی و اجرای اقدامات سازه ای در آبخیزداری است که دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری بندهای اصلاحی یا سازه های کنترل سیل و رسوب نامیده میشوند. در این نشریه ضمن ارائه تعاریف و مفاهیم مرتبط با موضوع، اصول حاکم در انتخاب نوع مصالح و محل مناسب برای احداث این سازه‌ها معرفی می شوند. در ادامه روابط موجود در تعیین تعداد بندهای اصلاحی، مراحل و روابط مورد استفاده در طراحی آنها ارائه شده و در نهایت ضوابط اجرایی و موارد مربوط به نگهداری بندها ارائه شده است.

omoorepeyman.ir