

راهنمای مهار سیلاب رودخانه

(روش‌های سازه‌ای)

نشریه شماره ۲۴۲

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها



جمهوری اسلامی ایران

راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش‌های سازه‌ای)

نشریه شماره ۲۴۲

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۸۰

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۰/۰۰/۹۲



فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها
راهنمای مهار سیلاب رودخانه(روش های سازه ای)/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و
تدوین معیارها؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب.-
تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و
انتشارات، ۱۳۸۰.

۱۳۶ ص: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین
معیارها؛ نشریه شماره ۲۴۲) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی
کشور؛ ۸۰/۰۰/۹۲)

ISBN 964-425-319-1

مربوط به دستورالعمل شماره ۵۴/۴۵۳۸-۱۱۸۸۶/۱۰۵ مورخ ۱۳۸۰/۸/۱۳
کتابنامه: ص. ۱۳۵-۱۳۶

۱. سیل - مهار. ۲. سیل - خسارات و خرابیها - پیشگیری. ۳. سیل - ایران. الف. سازمان
مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب. ب. سازمان مدیریت و برنامه ریزی
کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۰ ش. ۲۴۲ ۲۴ س/۳۶۸ TA

ISBN 964-425-319-1

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۳۱۹-۱

راهنمای مهار سیلاب رودخانه(روش های سازه ای)

تهیه کننده: دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات
چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۰

قیمت: ۱۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.





ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

دفتر رئیس سازمان

شماره:	۱۰۵/۱۱۸۸۶-۵۴/۴۵۳۸	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران
تاریخ:	۱۳۸۰/۸/۱۳	
موضوع: راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش‌های سازه‌ای)		
<p>به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸ ه.م. مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۲۴۲ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش‌های سازه‌ای)" از نوع گروه سوم ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، ارسال دارند.</p>		
<p>محمد ستاری فرد معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>		



پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

پاییز ۱۳۸۰



ترکیب اعضای کمیته

این استاندارد توسط آقایان مهندس محمدحسن چیتی و مهندس حمید خورسندی تهیه گردیده و کمیته فنی مهندسی رودخانه و سواحل آن را مورد بررسی و تصویب قرار داده است.

اسامی اعضای کمیته فنی شماره ۲ (مهندسی رودخانه و سواحل) به ترتیب الفباء به شرح زیر است:

کارشناس هیدرولیک	آقای محمد ابراهیم بنی حبیب
کارشناس هیدرولوژی	آقای عبدالکریم بهنیا
کارشناس مکانیک خاک و مهندسی پی	خانم رؤیا چائچی ملتشاهی
کارشناس سازه‌های آبی	آقای محمدحسن چیتی
کارشناس هیدرولیک	آقای حمید خورسندی
کارشناس راه و ساختمان	آقای حسین شفیعی‌فر
کارشناس آبیاری و زهکشی	آقای علاءالدین کلانتر
کارشناس هیدرولیک	آقای حسین محمدولی سامانی
کارشناس منابع آب و آبخیزداری	آقای علی ملک
کارشناس سازه‌های آبی	آقای جبار وطن‌فدا



فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۲	۱- کلیات
۲	۱-۱ مفاهیم و تعاریف اساسی
۴	۲-۱ دامنه مطالعات مهار سیلاب
۵	۳-۱ مفاهیم خسارات سیلاب
۶	۴-۱ سیلخیزی در جهان و ایران
۱۳	۲- مفاهیم اساسی هیدرولوژی سیلاب
۱۳	۱-۲ بارش و انواع آن
۱۶	۲-۲ منشاء و انواع سیلاب‌ها
۱۸	۳-۲ اطلاعات پایه برای برآورد سیلاب
۲۰	۴-۲ روشهای برآورد سیلاب
۳۰	۵-۲ سیلابهای فرضی
۳۲	۳- طبقه‌بندی روشهای مهار سیلاب
۳۳	۱-۳ اقدامات سازه‌ای
۳۶	۲-۳ اقدامات غیر سازه‌ای
۴۲	۴- مهار سیلاب با استفاده از مخازن
۴۲	۱-۴ مفاهیم کلی
۴۳	۲-۴ انواع مخازن مهار سیلاب
۴۵	۳-۴ محل و گنجایش مخزن
۴۶	۴-۴ روندیابی سیلاب
۵۰	۵-۴ ملاحظات بهره‌برداری
۵۱	۶-۴ ملاحظات اقتصادی
۵۵	۵- محدودسازی سیلاب
۵۶	۱-۵ گوره
۸۴	۲-۵ دیوارهای سیل‌بند



فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹۴	۶- انحراف سیلاب
۹۵	۶-۱ روشهای انحراف سیلاب
۱۰۲	۶-۲ ملاحظات لازم در انحراف سیلاب
۱۰۵	۶-۳ انحراف سیلاب برای سایر اهداف
۱۰۹	۷- بهسازی آبراه (رودخانه)
۱۰۹	۷-۱ عوامل کاهش توان آبگذری رودخانه
۱۰۹	۷-۲ عوامل و متغیرهای مؤثر در بهسازی آبراه
۱۱۲	۷-۳ روشهای بهسازی آبراه یا رودخانه



مقدمه

در بین بلایای طبیعی، سیل، زلزله و خشکسالی به لحاظ خسارت مالی و جانی ناشی از وقوع آنها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. به استناد آمار و اطلاعات موجود خسارات ناشی از سیل در پاره‌ای از نقاط دنیا به ویژه در آسیا و اقیانوسیه، بیشترین میزان را در بین خسارات حاصل از بلایای طبیعی به خود اختصاص می‌دهد. با وجود اینکه تاکنون آمار و اطلاعات مقایسه‌ای در خصوص خسارات ناشی از سیل و زلزله در کشور ما منتشر نشده است، لیکن چنین به نظر می‌رسد که گذشته از اهمیت خسارات جانی ناشی از زلزله، خسارات مالی سیل به لحاظ تناوب زیاد وقوع از یک سو و گسترش وسیع آن از سوی دیگر در مرتبه بالاتری قرار می‌گیرد.

در واقع بلایای طبیعی حاصل اندرکنش فعالیتهای انسانی و پدیده‌های فعال طبیعی تصادفی است. به عبارت دیگر در صورت نبود فعالیتهای انسانی در حوزه عمل پدیده‌های طبیعی، نه تنها پدیده‌های طبیعی کوچک، حتی می‌توان گفت وقوع پدیده‌های طبیعی بزرگ نیز، منجر به ظهور بلایای طبیعی نخواهد شد. این نکته در مورد سیل، به دلیل تمرکز نسبی فعالیتهای اقتصادی بشر در سیلابدشت‌ها حائز اهمیت است.

ضمناً باید توجه کرد که اندرکنش بین رخداد سیل و استفاده انسان از سیلابدشت دارای ماهیت پویایی است. در حالی که واقعه سیل می‌تواند به عنوان یک عامل معلوم در نظر گرفته شود، کاربرد سیلابدشت به صورت پویا در حال تغییر است. لذا، می‌توان گفت که خسارت سیل دائماً با زمان تغییر می‌کند. در پاره‌ای از موارد، انجام اقدامات مهار سیلاب و حفاظت از خطرات آن، موجبات تسریع در تغییرات سیلابدشت را فراهم می‌آورد. به این ترتیب که بعلت اطمینان‌کاذبی که در اذهان ساکنان سیلابدشت بوجود می‌آید و به تبع آن به علت توسعه بیشتر سیلابدشت، خسارات سیلاب نسبت به وضعیت قبلی فزونی پیدا می‌کند.

نکته قابل توجه این است که خسارات سیل تنها به خسارات مستقیم و ملموس آن اعم از مالی و جانی محدود نمی‌شود. بلکه در مواردی خسارات غیرمستقیم و گاه غیرملموس آن از قبیل ایجاد وقفه در سیستم ارتباطی و آثار سوء اجتماعی و زیست محیطی آن که معمولاً چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد، وزن بیشتری از ضایعات ناشی از سیلزدگی را دربرمی‌گیرد.



۱- کلیات

۱-۱ مفاهیم و تعاریف اساسی

۱-۱-۱ سیل یا سیلاب^۱

طبق تعریف، سیل یا سیلاب عبارت است از تراز یا جریان زیاد (غیرعادی) آب در سطح زمین، در داخل رودخانه، در سیراه، در دریاچه یا در منطقه ساحل که منجر به اثرگذاری قابل توجه شود. [۱۶].

۲-۱-۱ هیدرولوژی سیلاب

اگر هیدرولوژی را بطور عام علم بررسی چرخه آب در طبیعت تعریف کنیم، هیدرولوژی سیلاب به آن بخش از این علم گفته می‌شود که عمدتاً پدیده سیلاب و به ویژه مقادیر آن را در زمان و مکان تعریف می‌کند.

۳-۱-۱ هیدرولیک سیلاب

با توجه به تعریف سیل، هیدرولیک سیلاب را می‌توان بررسی رفتار هیدرولیکی جریان آب در رودخانه‌ها، سیلابدشتها، سیراه‌ها، دریاچه‌های (طبیعی و مخازن سدها) و در مناطق ساحلی در شرایط سیلابی تعریف نمود.

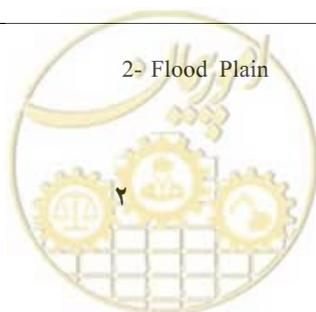
۴-۱-۱ سیلابدشت^۲

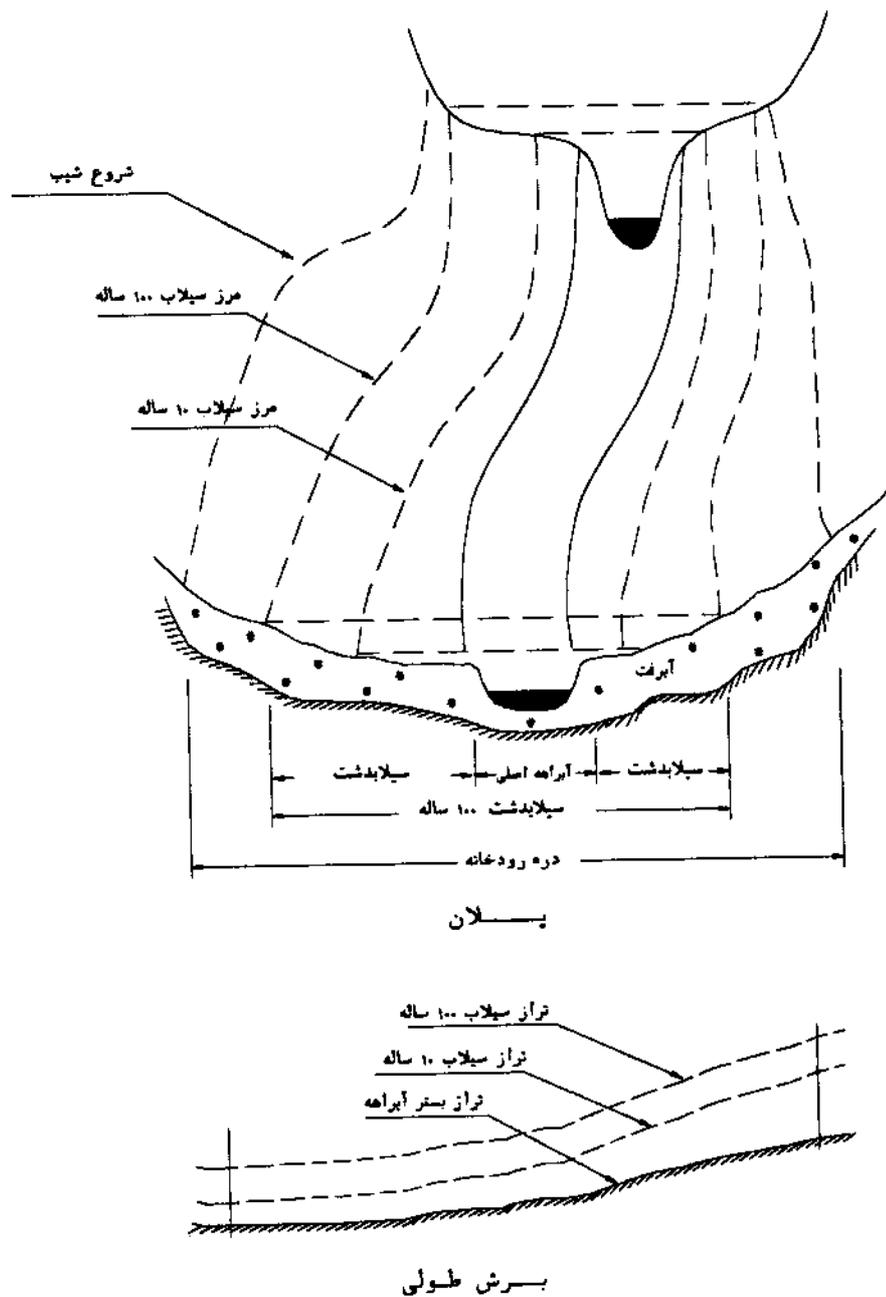
سیلابدشت به اراضی مجاور یا حاشیه رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها گفته می‌شود که عموماً در شرایط عادی خشک و عاری از جریان آب بوده و در مواقع سیلابی مستغرق می‌باشد. سیلابدشت با توجه به توپوگرافی دره رودخانه^۳ می‌تواند تمامی عرض دره رودخانه در دره‌های باریک و یا منطقه وسیعی در حاشیه و در طول رودخانه در دره‌های مسطح و عریض باشد. در شکل ۱-۱ نیمرخهای طولی و عرضی بازه‌ای از دره رودخانه برای توضیح بیشتر و بطور شماتیک نشان داده شده است.

1- Flood or Flood Water

2- Flood Plain

3- Stream Valley

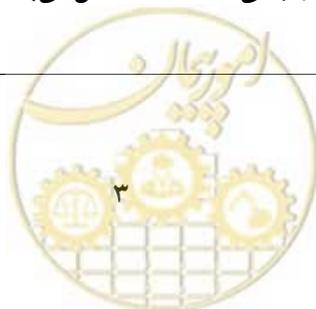




شکل ۱-۱- نمونه بازه‌ای از رودخانه و نیمرخهای طولی و عرضی آن

۵-۱-۱ مهار سیلاب^۱

اساسی‌ترین هدف مهار سیلاب عبارت از کاهش یا حذف خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ناشی از وقوع احتمالی سیل به ویژه از نوع مالی و جانی آن، تا حد ممکن می‌باشد. ضمن آنکه کاهش خسارات در حین وقوع و



جبران صدمات و خسارات حاصل از وقوع سیل نیز در حد مقدور در حیطة عمل این موضوع قرار می‌گیرد. به این ترتیب مهار سیلاب را می‌توان به انجام اقداماتی اعم از سازه‌ای^۱ (فیزیکی) و غیرسازه‌ای^۲ (مدیریتی) تلقی نمود که موجب کاهش یا حذف اثرات زیانبار سیلاب شود.

لازم به تأکید است که حذف کامل خسارتها از هر نوع بندرت از نقطه نظر فنی امکان‌پذیر و به لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر می‌باشد. در واقع، هدف از مهار سیلاب، کاهش خسارات به حداقل ممکن با توجه به امکانات فنی و مالی است. به همین دلیل در پاره‌ای از متون به ویژه در متون استرالیایی عموماً به جای مهار سیلاب از اصطلاح کاهش خسارات سیلاب^۳ استفاده می‌شود.

۲-۱ دامنه مطالعات مهار سیلاب

پروژه‌های مهار سیلاب از جمله انواع طرحهای مهندسی رودخانه می‌باشند. فهرست خدمات مهندسی رودخانه برای سه مرحله مطالعاتی شناسایی، توجیهی و طراحی تفصیلی توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در قالب آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی به عنوان دستورالعمل نوع دوم ابلاغ و منتشر شده است. (نشریه‌های شماره ۱۹۰، ۱۹۱ و ۱۹۲ معاونت امور فنی - دفتر امور فنی و تدوین معیارها). طبعاً نشریات یادشده می‌تواند برای تهیه شرح خدمات و دامنه مطالعات مهار سیلاب مورد استفاده قرار گیرد. با وجود این به دلیل تخصصی شدن موضوع در زیر کلیات شرح خدمات و گامهای مطالعاتی آن برای مطالعات طرحهای مهار سیلاب در مراحل یک (شناسایی و توجیهی) و دو (طراحی تفصیلی) آورده شده است.

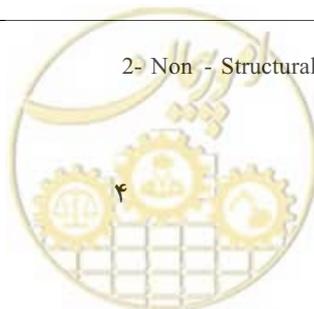
الف - مرحله یک (توجیهی)

- گردآوری و تهیه اطلاعات و مدارک مورد نیاز از قبیل آمار، نقشه‌ها، عکسهای هوایی و تصاویر و اطلاعات ماهواره‌ای
- بازدیدها و بررسیهای صحرائی
- انجام مطالعات پایه با توجه به نوع طرح از قبیل هواشناسی، هیدرولوژی، ریخت‌شناسی رودخانه، زیست‌محیطی و منابع قرضه
- تعیین خصوصیات سیلابهای منطقه و سیل طراحی پروژه
- پهنه‌بندی سیل و تعیین خسارات سیل در ترازهای مختلف و تعیین اراضی مورد حفاظت
- تعیین شیوه‌های مهار سیلاب، در صورت قابل توجیه بودن روشهای استفاده از مخازن مهار سیلاب یا سیلراه‌های

1- Structural Measures (Means)

2- Non - Structural Measures (Means)

3- Flood damage mitigation



- کنارگذر، لازم است ابتدا محل‌های ممکن انتخاب و سپس خصوصیات فیزیکی آنها تعیین گردد
- طراحی تأسیسات مورد نیاز برای هر یک از اقدامات در نظر گرفته شده. ضروری است درجه تفصیلی بودن طراحی‌ها به میزانی باشد که امکان برآورد هزینه‌های اجرایی هر یک از شیوه‌ها و تحلیل اثرات آنها را بر روی جریان سیلابی فراهم آورد
- انتخاب سازه یا مجموعه سازه‌های مناسب که منجر به مهار سیلاب به صورت مطلوب با حداقل هزینه و حداقل اثرات منفی زیست‌محیطی شود (بهگزینی)
- تحلیل اقتصادی پروژه با استفاده از نسبت سود و هزینه و یا عوامل اقتصادی دیگر
- تهیه گزارش مشروح مبنی بر یافته‌های مربوط به امکانات، شیوه حفاظت توصیه شده و درجه حفاظت منظور شده

ب - مرحله دو (طراحی تفصیلی)

- تدقیق مطالعات طرح (گزینه منتخب) با توجه به اطلاعات جدید به ویژه نقشه‌های بزرگ مقیاس تهیه شده
- انتخاب یا تدوین معیارها و ضوابط طراحی تفصیلی با توجه به مشخصه‌های ژئوتکنیکی، هیدرولیکی و هیدرولوژیکی محدوده طرح
- تهیه نقشه‌های اجرایی برای هر یک از اجزای طرح و همچنین جزئیات اجرایی مورد نیاز
- تهیه اسناد مناقصه
- برآورد احجام و مقادیر عملیات و هزینه‌های اجرایی
- تهیه مشخصات فنی ویژه طرح شامل؛ ضوابط و روشهای اجرایی در شرایط خاص
- تهیه گزارش فنی نتایج مطالعات مرحله دو شامل؛ کلیات طرح، ضوابط، معیارها و استانداردهای مورد استفاده و دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری

۳-۱ مفاهیم خسارات سیلاب

خسارات یا زیانهای ناشی از جاری شدن سیلاب عموماً شامل خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. معمولاً خسارات سیلاب (و به تبع آن هزینه‌های ناشی از آن) به دو گروه اصلی خسارات ملموس و خسارات ناملموس تقسیم می‌شوند. خسارات ملموس به نوبه خود خسارات مستقیم و غیرمستقیم را در بر می‌گیرد. خسارات ملموس آن دسته از خسارات را شامل می‌شوند که کم و بیش قابل اندازه‌گیری و برآورد می‌باشد. خسارات مستقیم نتیجه هجوم آب به ساختمانها، کشاورزی، دام و غیره است. در حالیکه خسارات غیرمستقیم به زیانهای ناشی از وقفه در کسب و کار، بهم ریختن شرایط عادی زندگی و ضرورت ارائه خدمات فوری و... اطلاق می‌گردد. خسارات ناملموس مواردی همانند آسیبهای جسمی و روانی را شامل می‌شود. در جدول ۱-۱ گروه‌بندی ارتباط و انواع خسارات نشان داده شده است.



جدول ۱-۱- گروه‌بندی ارتباط و انواع خسارات

خسارات ناملموس	خسارات ملموس	
	خسارات مستقیم	خسارات غیرمستقیم
مرگ و میر بیماری تنشهای روانی نگرانی و تشویش زیست محیطی	جسم ساختمان محتویات ساختمان تجهیزات محصولات زراعی امکانات عمومی	اختلال در تولید و تجارت: - تولیدات صنعتی - سایر فعالیتهای بازرگانی اختلال در شرایط زندگی - ارتباطات - خدمات عمومی - هزینه‌های اضافی - فعالیتهای فوریتی - فعالیتهای جایگزینی

۴-۱ سیلخیزی در جهان و ایران

توان سیل خیزی را می‌توان به عنوان یک عامل کمی در یک دوره زمانی مشخص بر حسب فراوانی و شدت وقوع سیلابها یا میزان خسارات وارده یا تلفیقی از این دو عامل تعریف کرد. شناخت توان سیل خیزی در سطح کشور برای مناطق مختلف این امکان را فراهم می‌آورد که ضمن تشخیص ضرورت و تعیین اولویتهای برنامه‌ریزی منطقه‌ای و ملی، سیاستگذاری، مهار سیلاب بطور آگاهانه و با اتخاذ شیوه‌های مناسب انجام گیرد.

سازمان ملل متحد با توجه به آمارهای درازمدت از نقاط مختلف جهان، سیل را در زمره جدی‌ترین بلایای طبیعی قلمداد کرده است. آمار نشان می‌دهد که فقط معدودی از کشورها بطور جدی از خسارات این بلیه مصون می‌باشند.

آمار وقایع و خسارات سیل در سده اخیر نشان می‌دهد که سیل بعنوان یک بلیه طبیعی گذشته از تهدید پیوسته بیشتر مناطق جهان، در چند مورد به گونه‌ای شدید و ابعاد آن وسیع بوده که به صورت یک فاجعه ملی بروز کرده است. نکته قابل توجه اینکه سیلهای بزرگ در قرن اخیر به ویژه در کشورهای توسعه یافته در اثر تخریب خاکریزها روی داده است.

موارد زیر نمونه‌هایی از سیلهای بزرگ دنیا در دوره میانی قرن بیستم است:

- سیلاب ۱۹۳۲ کشور هلند که تلفات آن بیش از ۱۰۰۰۰ نفر ذکر شده است یکی از فاجعه‌آمیزترین سیلابهای قاره



اروپا می‌باشد. در همان موقع در اثر طغیان رودخانه آنور در فیرنگوی^۱ ایتالیا خسارات غیر قابل جبرانی به آثار تاریخی آن کشور وارد شد.

- شدیدترین سیلاب ناشی از بارندگیهای چرخه‌ای در سده حاضر در سال ۱۹۵۴ در کانادا اتفاق افتاد. در اکتبر این سال در اثر وقوع هاریکان^۲ که ایالت انتاریو کانادا و ایالت نیویورک آمریکا را فرا گرفت، سیلاب حاصل به صورت یک فاجعه درآمد.

- سیل ۱۹۵۴ هندوستان در اثر بارندگی ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر باران در سطح ۶۷۰۰۰ کیلومترمربع در شمال شرق آن کشور اتفاق افتاد. در این واقعه حدود ۹/۵ میلیون نفر به نوعی آسیب دیدند و ۲۴۷ نفر نیز جان باختند. مساحت اراضی زراعی آسیب دیده در سیل یاد شده نزدیک به ۵/۵ میلیون هکتار برآورد گردید.

- نمونه بارز سیلابهای ناشی از ترکیب بارندگیهای چرخه‌ای و ذوب برف، سیل ۱۹۶۵ رودخانه دانوب و سیل ۱۹۷۰ رودخانه تیزا^۳ در اروپا می‌باشد.

- سیل تابستان ۱۹۶۶ نمونه بارزی از سیلابهای ناشی از رگبارهای شدید در برزیل می‌باشد. این سیل در شرق برزیل به ویژه در مناطق ریود وژانیرو و آراسس گسترش یافت و در اثر زمین لغزه‌های ناشی از بارندگی و سیل، تعداد زیادی کشته شدند و شبکه زهکشی شهر از کار افتاد.

در ایران نیز همانند سایر مناطق سیل خیز دنیا در دهه‌های اخیر، شدت وقوع سیلابها و میزان خسارات ناشی از آن بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. واقعه سیل که زمانی و در پاره‌ای از مناطق این کشور از نسلی به نسلی دیگر نقل قول می‌شد، هم‌اکنون در غالب نقاط بعنوان یک واقعه ملموس و انکارناپذیر طبیعت پذیرفته شده است.

آمار سیلابهای ایران تا سال ۱۹۵۰ توسط چارلز ملویل با استفاده از اخبار روزنامه‌ای و اخبار ارسالی توسط نمایندگیهای کنسولگری انگلستان در ایران جمع‌آوری و منتشر شده است. هرچند نتایج این تحقیق را باید مقدماتی تلقی نمود، با این وجود می‌توان گفت که حاوی اطلاعات با ارزشی است که بنحوی حساسیت به سیل خیزی مناطق مختلف را نشان می‌دهد. [۱۱]. در زیر به چند نمونه از آمار یاد شده اشاره گردیده است.

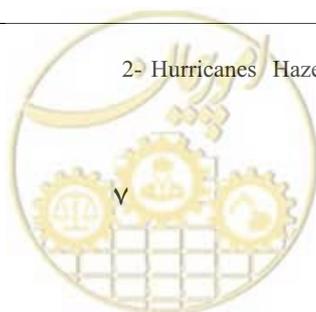
تاریخی‌ترین مورد گزارش شده، سیلاب شهر ساری می‌باشد که در سال ۳۲۵ هجری اتفاق افتاده است. در شرح وقایع چنین آمده است: تمام ساختمانها به علت سیلاب تخریب و مردم به کوهپایه‌ها هجوم برده و به مأمورین دستور داده می‌شود که از شدت عمل علیه خسارت دیدگان برحذر باشند.

- در ۷ می سال ۱۸۶۷ مطابق با اردیبهشت ۱۲۴۶ شمسی سیلاب مهمی بخشی از تهران را فرا می‌گیرد و بیش از ۱۲۰ خانه ویران و تعدادی تلف می‌شود، ۱۲۰ سال بعد یعنی در سال ۱۳۶۶ نیز شاهد سیلاب قابل توجهی در منطقه تجریش بوده‌ایم.

1- Firengo

2- Hurricanes Haze

3- Tiza



- برخی از سیلابهای استان خوزستان عبارتند از: زمستان سال ۱۲۴۸ تخریب شوش، بهار ۱۲۶۴ طغیان بزرگ کارون و شکست پل بند شوشتر و سیلاب دی ماه ۱۳۰۲ که در پی ۵ روز باران شدید موجب تخریب پل شوشتر می شود و در نتیجه بخشی از شهر غرقاب می شود و در اهواز ۲۰۰ خانه و مغازه تخریب می شود. با استناد به آمار یاد شده می توان گفت که این منطقه از پتانسیل بالای سیل خیزی برخوردار است، به نحوی که از نیمه دوم سده ۱۳ تا اوایل سده ۱۴ حدود ۹ مرتبه سیلابهای مخرب در آن جاری شده است.

- در زمستان ۱۰۵۷ شمسی شهر شیراز مورد هجوم سیلاب مخرب و سنگینی قرار گرفته است. در این زمان که سیلاب یک سوم شهر را فرا گرفت، به علت تلفات سنگین، اپیدمی و بیماری های مترتب بر آن شهر حاکم شده و دامنه تلفات را گسترش می دهد. همچنین شیراز در یک سده گذشته ۵ بار شاهد بارانهای سنگین و سیل آسا بوده است، شاید بتوان در همین ردیف، سیلابهای آذرماه ۱۳۶۵ را اضافه نمود.

در چند سال اخیر نیز به همت وزارت جهاد سازندگی در قالب «طرح جامع سیل خیزی - شناسایی و اولویت بندی مناطق سیل خیز کشور»، آمار مربوط به حوادث و خسارات سیلاب گردآوری شده است. این آمار برای سالهای ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۰ البته با دقت بیشتر از کارهای گذشته از مجاری مختلف (عمدتاً از طریق اخبار روزنامه ها) گردآوری شده و نتایج تحلیلی اولیه آن در سال ۱۳۷۴ منتشر گردیده است.

تعداد ۱۸۹۰ سیل در چهار دهه (۱۳۷۱ - ۱۳۳۱) که کمی بیشتر از ۵۰ درصد آن در دهه ۶۰ به وقوع پیوسته از نتایج این مطالعات است. در جای دیگر آمار نشان می دهد که طی مدت مذکور ۶۲۵ شهر آسیب دیده که سهم دهه ۶۰ برابر با ۲۳۹ مورد بوده است.

برای دوره یاد شده مجموع خسارات سیلاب حدود ۱۲۵۰ میلیارد ریال برآورد گردیده که نزدیک به ۶۸ میلیارد ریال (۵۵ درصد) از آن در دهه آخر بوده است.

در جدول ۱-۲ توزیع وقایع و خسارات سیلاب به تفکیک استانها و در جدول ۱-۳ اطلاعات نظیر جدول ۱-۲ برای چهار دهه و بالاخره در جدول ۱-۴ توزیع درصدی خسارت طی مدت یاد شده برای انواع تأسیسات و دام آمده است. در شکل ۱-۲ شدت سیل خیزی به تفکیک استانها برای دوره آماری ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۰ نشان داده شده است.

نکته حائز اهمیت این است که، به دلایلی در هیچ یک از مطالعات یاد شده سیلابها از دیدگاه هیدرولوژی و ارتباط آن با خسارات مورد توجه قرار نگرفته و تنها به تدوین و جمع بندی خسارات سیلاب پرداخته شده است. اهم این دلایل می تواند: نبود یا کمبود اطلاعات و آمار ثبت شده از خصوصیات هیدرولوژیکی سیلابها در رودخانه ها و سیلابدشت به ویژه در سده های گذشته، اهداف و دامنه مطالعات و شیوه نگاه به موضوع، گستردگی دامنه مطالعات و پیچیدگی آن باشد.



بدیهی است که مطالعات یادشده گامهای نخستین از نیازهای مطالعاتی و پژوهشی در زمینه شناخت و اهمیت رفتار و آثار سیلابهای جاری شده در مناطق مختلف است. این امر نه تنها به هیچ وجه از ارزش مطالعات گذشته نمی‌کاهد بلکه به عنوان آغاز کار و پایه مطالعات و پژوهشهای بعدی ارزشمند و قابل تقدیر است.

با همه اینها می‌توان گفت مطالعات و بررسیهایی که از چند سال گذشته آغاز شده، نشان از اشراف به کمبودها و نواقص موجود در این زمینه دارد. این مطالعات در قالب طرحهای جامع مهار سیلاب (همانند استان هرمزگان، مرکزی و...) یا به صورت بررسیهای موردی یا در بطن طرحهای مهار سیلاب انجام گرفته و نتایج اولیه برخی از آنها نیز منتشر شده است. در خصوص رابطه خسارات سیل با آبدهی بیشینه رودخانه که اولین قدم در برقراری ارتباط بین خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبریز و خسارات در سیلابدشت است، در اینجا برای نمونه به منطقه سیستان که یکی از مناطق مهم سیلخیزی می‌باشد، اشاره شده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سده اخیر حداقل چهار سیل بزرگ اراضی سیستان را مورد هجوم قرار داده است. این چهار سیل به ترتیب در سالهای ۱۳۱۸، ۱۳۳۶، ۱۳۶۸، ۱۳۶۹ رخ داده است. از آنجا که در سال ۱۳۱۸ رودخانه هیرمند در خاک ایران فاقد تجهیزات اندازه‌گیری آبدهی بوده، لذا آمار رسمی ثبت شده از آبدهی سیل در دسترس نیست. با وجود این، برآوردهای کارشناسی براساس آثار شواهد و اطلاعات کسب شده از سالخوردهگان حاکی از آن است که بیشینه آبدهی رودخانه بیش از ۱۶۰۰ متر مکعب در ثانیه و اراضی آسیب دیده حدود ۳۰۰۰۰ هکتار بوده است.

در سال ۱۳۳۶ به عبارت دیگر ۱۸ سال بعد سیل بزرگ دیگری به دشت سیستان هجوم برد که آبدهی بیشینه آن ۱۶۰۰ متر مکعب در ثانیه و مساحت اراضی از بین رفته ۲۳۰۰۰ هکتار بوده است.

از آثار سیل نیمه دوم فروردین ماه ۱۳۶۸ با بیشینه آبدهی ۱۳۵۰ متر مکعب در ثانیه که منجر به طغیان رودخانه هیرمند گردید، اطلاعات نسبتاً دقیقی در دست است. براساس آمار موجود با هجوم این سیل حدود ۱۱۰۰۰ هکتار اراضی زراعی و ۱۵۰ کیلومتر کانال و انهار آبیاری و ۲۰۰ کیلومتر راه روستایی و تعدادی دیگر تأسیسات زیربنایی دولتی و خصوصی کم و بیش تخریب گردید. تعداد واحدهای مسکونی آسیب دیده از این سیلاب ۳۵۰۰ واحد گزارش شده است. همچنین مجموع خسارات سیل ۱۳۶۸ معادل با ۱۵ میلیارد ریال (بر پایه نرخهای همان سال) برآورد شده است.

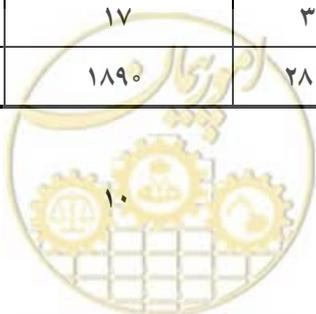
بالاخره آخرین سیل مهم بزرگ در منطقه مزبور در سال ۱۳۶۹ با آبدهی بیشینه از ۲۰۰۰ متر مکعب در ثانیه منطقه سیستان را در نوردید که طبق برآوردها بیش از ۸۰۰۰۰ هکتار از اراضی مورد هجوم سیلاب قرار گرفت و موجب خسارات حدود ۴۰ میلیارد ریال گردید. روند این سیلاب این چنین گزارش شده است: «سیلاب سال ۱۳۶۹-۷۰ از نظر بزرگی شبیه به سیلاب ۱۳۳۵-۳۶ بود. با این وجود خسارات بسیار سنگین تری برای رود سیستان به بار آورد. این سیلاب از حدود اول بهمن آغاز گردیده و به فاصله یک هفته به اوج خود رسید. بعد از یک نزول موقتی در جریان سیلابی تا حدود ۲۰ بهمن رخ داده و سپس نوساناتی در بده رود سیستان در اواخر بهمن تا حدود اسفند ایجاد شد. مجدداً از ۲۰ اسفندماه، جریان افزایش یافته و تا اواخر فروردین استمرار پیدا کرد. حدود ۸۰۰۰۰ هکتار اراضی در اوج اول در بهمن ماه در سیستان ایران غرقاب گردید. سیستان افغانستان نیز خسارات کاملی دید.» [۱۰].



جدول ۱-۲- توزیع رخدادهای سیل برحسب استانهای طی دوره ۱۳۳۱ - ۱۳۷۰

(رتبه‌بندی برحسب تعداد سیل)

ردیف	استان	تعداد شهر	تعداد سیل	میانگین تعداد سیل در ده سال	خسارات دوره ۴۰ ساله (به میلیارد ریال)
۱	خراسان	۳۵	۳۰۰	۷۵	۱۶۶/۱
۲	خوزستان	۲۲	۱۳۴	۳۲/۵	۱۵۰/۷
۳	مازندران	۲۶	۱۲۷	۳۱/۸	۱۸/۴
۴	کرمان	۱۴	۱۱۷	۲۹/۳	۱۲۱/۷
۵	تهران	۱۱	۱۱۳	۲۸/۳	۳۰/۱
۶	اصفهان	۲۳	۹۶	۲۴	۸۷/۹
۷	فارس	۲۱	۹۱	۲۸	۱۱۸/۶
۸	بوشهر	۱۱	۸۷	۲۱/۸	۳۴/۳
۹	لرستان	۸	۸۲	۲۰/۵	۱۵
۱۰	همدان	۶	۸۱	۲۰/۳	۲۱/۲
۱۱	آذربایجان شرقی	۱۰	۷۹	۱۹/۸	۴۸/۳
۱۲	آذربایجان غربی	۱۳	۷۶	۱۹	۵۴/۸
۱۳	سیستان و بلوچستان	۹	۶۶	۱۶/۵	۱۶۳/۴
۱۴	سمنان	۶	۶۶	۱۶/۵	۴۳
۱۵	گیلان	۱۵	۵۷	۱۴/۳	۱۰/۸
۱۶	کهگیلویه و بویراحمد	۴	۵۰	۱۲/۵	۳۱/۵
۱۷	کردستان	۶	۳۷	۹/۳	۲/۲
۱۸	یزد	۶	۳۷	۹/۳	۱۷/۴
۱۹	مرکزی	۵	۳۵	۸/۸	۱۷/۲
۲۰	هرمزگان	۴	۳۳	۸/۳	۳/۴
۲۱	ایلام	۷	۳۳	۸/۳	۱۰/۹
۲۲	زنجان	۴	۲۹	۷/۳	۴/۵
۲۳	اردبیل	۴	۲۶	۶/۵	۵/۵
۲۴	کرمانشاه	۸	۲۱	۵/۳	۴۲/۵
۲۵	چهارمحال و بختیاری	۳	۱۷	۴/۳	۳۱/۱
	جمع	۲۸۱	۱۸۹۰		۱۲۵۰/۵



جدول ۱-۳- توزیع رخدادها و خسارات سیل در دوره ۱۳۳۱-۷۰

خسارات		شهرهای آسیب دیده		رخدادها		دهه
درصد	میلیارد ریال	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۱۰/۸	۱۳۵/۰۵	۱۶	۱۰۱	۱۰/۱	۱۹۱	۱۳۳۱-۴۰
۱۱/۹	۱۴۸/۸۱	۲۱	۱۳۱	۱۳/۳	۲۵۱	۱۳۴۱-۵۰
۲۲	۲۷۵/۱۱	۲۵	۱۵۴	۲۳/۳	۴۴۰	۱۳۵۱-۶۰
۵۵/۳	۶۹۱/۵۳	۳۸	۲۳۹	۵۳/۳	۱۰۰۸	۱۳۶۱-۷۰
۱۰۰	۱۲۵۰/۵	-	-	۱۰۰	۱۸۹۰	جمع

جدول ۱-۴- درصد زیانهای مالی سیل به تفکیک نوع زیانها

نوع خسارات	خانه	دام	مزرعه	پل	راه	قنات	جمع
درصد	۴۲/۸	۱/۵	۳۰/۶	۲/۱	۱۷/۶	۵/۴	۱۰۰



۲- مفاهیم اساسی هیدرولوژی سیلاب

۱-۲ بارش و انواع آن

۱-۱-۲ انواع بارش

بارش^۱ به صورت مختلف ریزشهای قطرات آب و آبگونه جوی اطلاق می‌شود. انواع اصلی بارشها عبارتند از باران^۲، برف^۳ و تگرگ^۴. در واقع باران به ریزش قطرات آبی با قطر بیش از ۰/۵ میلیمتر گفته می‌شود. بارندگی^۵ معرف میزان باران در مدت معین است. در آمریکا بارندگیها بر حسب شدت باران عموماً به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند: که می‌تواند در ایران نیز مورد استفاده قرار گیرد [۲۳]:

- باران سبک با شدت حداکثر ۲/۵ میلیمتر بر ساعت
- باران متوسط با شدت ۲/۸ تا ۷/۶ میلیمتر بر ساعت
- باران سنگین با شدت بیش از ۷/۶ میلیمتر بر ساعت

سه ساز و کار اصلی که موجب حرکت توده هوا به بالا و به تبع آن در شرایطی منجر به بارش می‌شوند عبارتند از: حرکت جبهه‌ای، حرکت کوهستانی و حرکت همرفت یا جابجایی. با توجه به این سه ساز و کار، انواع اصلی بارشها نیز در سه گروه زیر مورد توجه قرار می‌گیرند. در نمودار ۱-۲ انواع بارشها نشان داده شده است.

۱-۱-۱-۲ بارش همرفت^۶

این نوع بارش در اثر بالا رفتن هوای گرم و سبک در محیط سرد و سنگین حاصل می‌شود. بارش همرفت معمولاً به صورت رگبار محلی و همراه با تغییرات سریع شدت بارندگی می‌باشد.

۲-۱-۱-۲ بارش چرخه‌ای^۷

بارش چرخه‌ای در اثر بالا رفتن هوا و ورود آن به درون مرکز کم‌فشار یا چرخه به وجود می‌آید. بارشهای چرخه‌ای معمولاً منشأ جبهه‌ای یا غیر جبهه‌ای دارند.

1- Precipitation

2- Rain

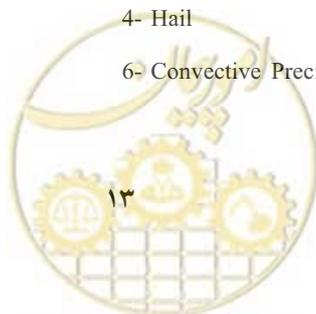
3- Snow

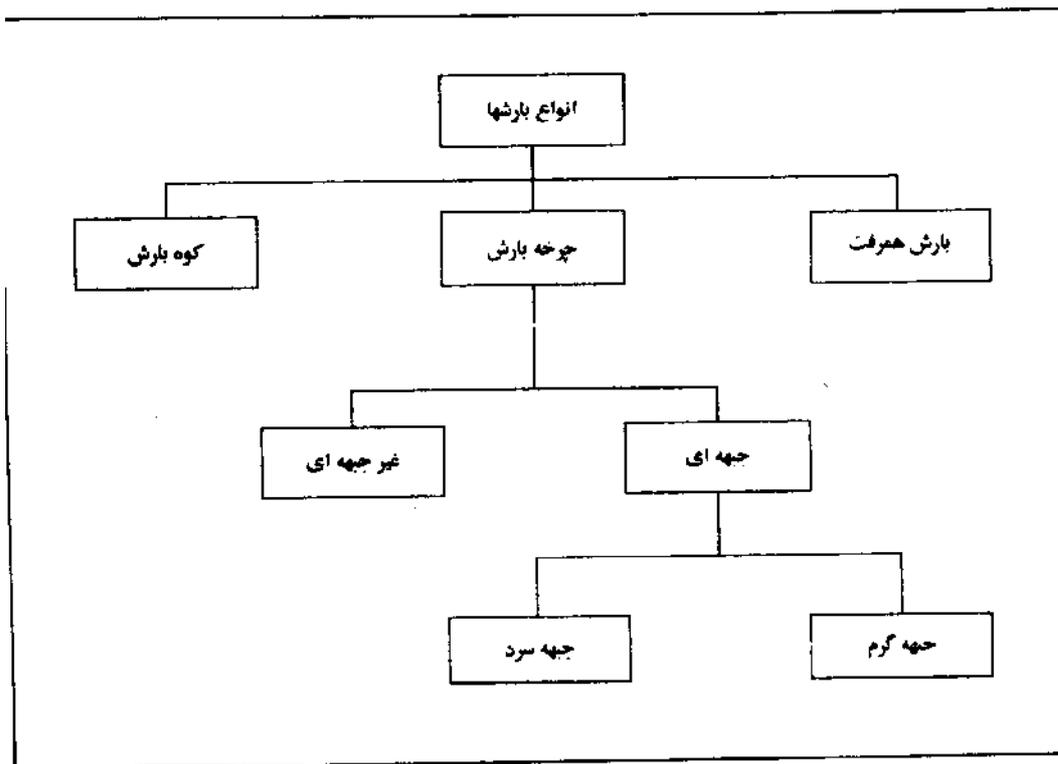
4- Hail

5- Rainfall

6- Convective Precipitation

7- Cyclonic Precipitation





نمودار ۱-۲- انواع بارشها با توجه به منشاء و عوامل ایجادکننده

۳-۱-۱-۲- کوه بارش^۱

این نوع بارش در اثر صعود مکانیکی هوای مرطوب در حاشیه مانع کوهستانی حاصل می شود.

۲-۱-۲- بارانهای فرضی

حداکثر سیل محتمل و سیل استاندارد پروژه دو نوع سیلاب فرضی اند که در پاره ای از اوقات به عنوان سیلاب طراحی مورد استفاده قرار می گیرند. این دو نوع سیلاب با استفاده از دو نوع باران قراردادی برآورد می شوند که عبارتند از حداکثر باران محتمل و باران استاندارد پروژه. ذیلاً نحوه برآورد آنها به طور مختصر بیان می شود.

الف - باران استاندارد پروژه^۲

این نوع باران غالباً بر روی منحنیهای پوش کلیه یا اکثر قریب به اتفاق بارندگیهای قرار می گیرند که در آن منطقه بخصوص رخ داده اند. اندازه و بزرگی چنین بارانی را می توان با ترسیم نقشه همباران بزرگترین بارانهای ثبت شده و

1- Orographic Precipitation

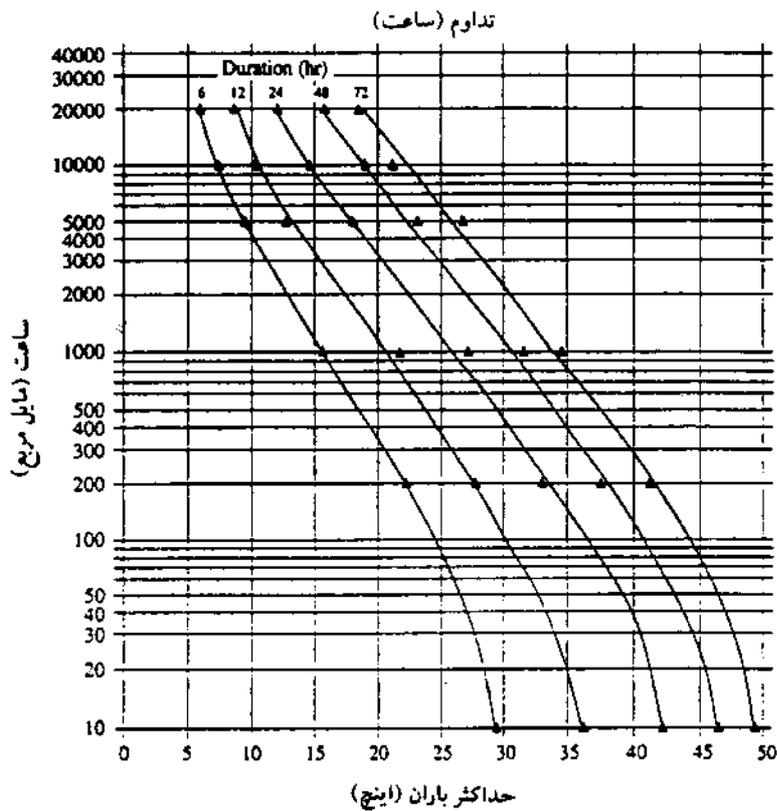
2- Standard Project Precipitation (SPP)

تاریخی در آن منطقه و سپس تعیین رابطه ارتفاع بارندگی - مساحت برای شدیدترین قسمت هر یک از بارانهای ثبت شده به دست آورد. روابط ارتفاع بارندگی - مساحت برای رگبارهایی با تداوم مشخص را می توان از نگاره های ثبات ایستگاههای معرف پوشش منطقه ای مختلفی که در مرکز رگبار هستند، استخراج نمود.

پس از آنکه نمودارهای ارتفاع - مساحت (پوشش منطقه ای) برای کلیه بارانهای عظیم منطقه تهیه گردید، مقادیر حداکثر بارندگی برای مساحتها و تداومهای مشخص استخراج و با استفاده از آن یک مجموعه واحد از نمودارهای ارتفاع بارندگی - مساحت - تداوم ترسیم می شود. در نمودار ۲-۲ یک نمونه از نمودارهای مذکور نشان داده شده است. باران نگار باران استاندارد پروژه برای مساحتهای انتخابی و مشخص را می توان با استفاده از نمودار اخیرالذکر و همچنین تیپ توزیع زمانی بارندگیهای سنگین که در منطقه رخ داده است، تهیه و ترسیم نمود.

ب - حداکثر باران محتمل^۱

تعیین مقادیر حداکثر باران محتمل تشابه زیادی با روش ارائه شده برای باران استاندارد پروژه دارد. تفاوت بین آنها تنها از این لحاظ است که برای حداکثر باران محتمل با توجه به حداکثر مقادیر پاره ای عوامل هواشناسی نظیر سرعت باد و حداکثر رطوبت موجود در جو، نخست مقدار بارندگی را (متناسب با حداکثرهای فوق) تنظیم نموده و افزایش می دهند.



نمودار ۲-۲- نمونه ای از منحنی های ارتفاع بارندگی - مساحت - تداوم



۱-۲-۲ منشاء سیلابها

جاری شدن سیل در رودخانه‌ها و سیلابدشته‌ها عموماً ناشی از عوامل طبیعی مختلف می‌باشد. بارش باران شدید و کوتاه‌مدت یا ضعیف و بلندمدت، ذوب برف یا ترکیب باران و ذوب برف و بالاخره در مناطقی فشرده شدن یخهای شکسته از عوامل اصلی ایجاد سیل می‌باشند. دیگر رخدادهایی که می‌توانند به نوعی در ایجاد سیل مؤثر واقع شده یا موجب تشدید آن بشود عبارتند از: زمین‌لرزه، لغزش زمین و طوفانهای دریایی. عوامل غیرطبیعی همانند شکست (خرابی) سدها و خاکریزهای طولی و برخی سازه‌های رودخانه‌ای از جمله عوامل ایجاد یا تشدید سیل می‌باشند.

بطور طبیعی سیلابهای ناشی از باران در مناطق گرم و معتدل و سیلابهای ناشی از ذوب برف در مناطق معتدل و سرد یا در رودخانه‌هایی که بخشهایی از حوضه آبریز آنها در چنین مناطقی قرار دارد، ایجاد می‌شوند. سیلابهای ناشی از ترکیب باران و ذوب برف نیز در رودخانه‌هایی ایجاد می‌شوند که حداقل بخش قابل توجهی از سطح حوضه آبریز رودخانه در منطقه برفی واقع شده باشد.

سیلابهایی که در ایران اتفاق می‌افتد به‌طور کلی به سه نوع؛ سیلابهای ناشی از انواع بارانها، ترکیب ذوب برف و باران و در مواقعی ذوب برف تعلق دارند. در مناطق گرم و خشک ایران از جمله مناطقی جنوبی، جنوب غربی، مرکزی و شرقی سیلابهای ناشی از باران به ویژه بارانهای شدید و کوتاه مدت نوع غالب سیلابها را تشکیل می‌دهند. در بخشهایی از این مناطق سیلابهای ناشی از بارانهای موسمی^۱ نیز دیده می‌شود. در مناطق معتدل و سرد کشور از جمله شمال و شمال غربی و بخش وسیعی از غرب، سیلابهای ناشی از باران یا ترکیب ذوب برف و باران وجه غالب سیلابها می‌باشند.

۲-۲-۲ انواع سیلابها

با توجه به منشاء سیلابها، انواع آنها به چهارگروه اصلی که در ذیل تعریف شده‌اند، تقسیم می‌شوند. پرواضح است که این نوع طبقه‌بندی، به دلیل امکان تعریف هر سیل با مشخصه‌های معین، روش فراساده^۲ شده، می‌باشد. چراکه در طبیعت امکان ایجاد یک سیلاب تنها به یک علت به ندرت وجود داشته و در عمل عوامل متعددی باعث بوجود آمدن یک سیلاب می‌باشد.

1- Monsoon

2- Oversimplified



۱-۲-۲-۲ سیلابهای ناشی از رگبار چرخه‌ای^۱

اندازه و گسترش این نوع سیلاب با توجه به طبیعت رگبار مولد آن، متغیر می‌باشد. بارانهایی که منجر به این گونه سیلابها می‌شوند نسبت به بارانهای همرفت دارای تداوم و گسترش زیاد بوده ولی در مقایسه شدت آنها کم می‌باشد. در نتیجه این نوع سیلابها مساحت زیادی از یک حوضه آبریز را دربر می‌گیرند، لیکن سطح آب سیلاب به تدریج افزایش پیدا می‌کند.

۲-۲-۲-۲ سیلابهای ناشی از رگبار همرفت^۲

این گونه سیلابها در اثر رگبارهای محلی شدید که ناشی از جابجایی جریان هوا می‌باشد، به وجود می‌آیند. آبنمود^۳ این نوع سیلابها کشیده و تیز می‌باشد. زمان اوج و فروکش سیلابهای ناشی از رگبار همرفت سریع بوده به گونه‌ای که تداوم آنها به ندرت به بیش از چند ساعت می‌رسد.

۳-۲-۲-۲ سیلابهای ناشی از ذوب برف^۴

این نوع سیلابها که عمدتاً ناشی از ذوب برف می‌باشد، در اوایل بهار ایجاد می‌شوند. چنین سیلابهایی عموماً در مناطقی که دارای بارش برف سنگین بوده بعد از یک برف سنگین غیر معمول اتفاق می‌افتد. همچنین سیلابهای ناشی از ذوب برف حاصل افزایش سریع درجه حرارت هوا و تداوم آن برای چند روز بعد از یک دوره طولانی سرد است. آبنمود این گونه سیلابها اغلب به صورت پخ بوده و فاصله زمانی مابین شروع و نقطه اوج آن ممکن است روزها یا هفته‌ها طول بکشد.

۴-۲-۲-۲ سیلابهای ناشی از خرد شدن یخها^۵

زمان وقوع این نوع سیلابها نیز عموماً اوایل فصل بهار می‌باشد. با وجود این، احتمال وقوع چنین سیلابهایی در فصول دیگر نیز در اثر شکستن یخها وجود دارد. نحوه تشکیل این گونه سیلابها چنین است که در اثر شکستن یخها و فشرده شدن آنها به همدیگر در یک نقطه از رودخانه، نوعی سد موقت تشکیل می‌شود و به تبع آن، سطح آب به طور ناگهانی بالا می‌رود. عموماً این نوع سیلاب در نقاط محدود شده، همانند قوسهای تیز رودخانه، محل تقاطع پلها ایجاد

1- Cyclonic Storm Floods

2- Conventional Storm Floods

3- Hydrograph

4- Snow - melt Floods

5- Ice - jam and Ice - Break - up Floods



می‌شوند. آنها ممکن است در محل تغییر شیب رودخانه (از شیب تند به شیب ملایم) و در نقطه تخلیه رودخانه به دریاچه نیز پدیدار شوند. در شرایط تشکیل سد در اثر فشردگی یخ، غالباً افزایش سطح آب سریع بوده و در نتیجه آبنمود سیلابهای حاصله در غالب اوقات خیلی تیزتر از سیلابهای ذوب برفی می‌باشد.

۳-۲ اطلاعات پایه برای برآورد سیلاب

۳-۲-۱ ملاحظات کلی

عموماً برآورد میزان سیلاب در یک منطقه با روشها و مدل‌های مختلفی امکان‌پذیر می‌باشد. این روشها می‌تواند تجربی، آماری یا استفاده از مدل‌های آبنمود باشد. بکارگیری یک روش خاص، به منظور برآورد حداکثرآبدهی یک سیل یا تعیین آبنمود آن تابع عواملی چند از قبیل هدف طرح، اندازه پروژه و اهمیت آن، مرحله مطالعات یا دقت مورد نیاز، نوع اطلاعات و آمار موجود یا در دسترس و دقت آنها می‌باشد.

تعیین نوع و هدف یک طرح مهار سیلاب، اولین گام در انتخاب روش است. معمولاً در طرحهای مهار سیلاب یا فقط نیاز به برآورد حداکثرآبدهی سیل مورد نظر است و یا نیاز به تعیین شکل آبنمود سیل (منحنی تغییرات آبدهی با زمان) می‌باشد. طبیعی است که برای تعیین آبنمود سیل آگاهی از حجم جریان سیلاب یک امر ضروری خواهد بود، در حالی که برای حداکثرآبدهی ممکن است از برآورد حجم جریان یک سیل مشخص صرفنظر شود.

در طرحهای بزرگ و بااهمیت که بنا به ضرورت، سیل طراحی آنها دارای دوره بازگشت زیاد است و اغلب به حوضه‌های آبریز بزرگ تعلق دارند، استفاده از روشهای برآورد دقیق و مدل‌های هیدرولوژیک با قابلیت بالا یک امر ضروری می‌باشد. در چنین شرایطی نیاز به تعیین شکل آبنمود سیل یا سیلهای طراحی خواهد شد. علاوه برآن در برخی از شرایط، روندیابی سیلاب نه تنها در آبراهه اصلی حوضه آبریز، بلکه در آبراهه‌های فرعی آن و ترکیب نتایج اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

دقت مورد نیاز به نوبه خود تابعی از مرحله مطالعات، اهداف طرح و ابعاد آن می‌باشد. به عنوان مثال برای یک پروژه کوچک مهار سیلاب در مرحله شناسایی کافی است میزان سیل با استفاده از روابط یا روشهای ساده که به عوامل کمتری نیاز دارد، به دست آید. برعکس در مراحل پیشرفته‌تر طرح استفاده از روش یا حتی چند روش دقیق‌تر امری اجتناب‌ناپذیر است.



شاید بتوان گفت که میزان اطلاعات و آمار موجود چه به لحاظ کمی و چه به لحاظ کیفی تعیین‌کننده‌ترین عامل در انتخاب روش یا روشهای برآورد سیلاب می‌باشد. نوع آمار (عوامل ثبت شده)، طول دوره آماری، کیفیت آنها، پراکندگی و موقعیت ایستگاههای هواشناسی و هیدرومتری (آب‌سنجی) در ارتباط با طرح از جمله موارد قابل ذکر در این زمینه می‌باشد.

نکته قابل توجه دیگر در مورد انتخاب روش برآورد سیلاب این است که در کلیه طرحهای متوسط و بزرگ، باید ابتدا با در نظر گرفتن جمیع جهات، روش اصلی انتخاب شود و سپس میزان سیل‌های برآورد شده با این روش، حداقل با یک یا دوروش مکمل دیگر مورد مقایسه و قضاوت قرار گیرد.

برای روشهای مختلف محاسبه و برآورد سیلاب، تقسیم‌بندی‌های متفاوتی وجود دارد. لیکن، دو نوع تقسیم‌بندی که اولی در ارتباط با عوامل مورد نیاز و دومی به صورت عمومی و عمدتاً با توجه به اطلاعات پایه و آمار موجود می‌باشد، بیشتر از سایر روشها مورد توجه می‌باشد.

۲-۳-۲ داده‌های پایه مورد نیاز

بدون شک برآورد سیلاب با هر روشی که انجام گیرد، مستلزم وجود داده‌های دقیق و کافی از یک سری پارامترهای مربوط به آب و هوای منطقه و خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبریز می‌باشد. پر واضح است که نوع و تعداد و اهمیت نسبی پارامترهای مورد نیاز می‌تواند از روشی به روش دیگر متفاوت باشد. توصیه سازمان یونسکو [۱۷] در این زمینه به شرح زیر است:

الف - در بین خصوصیات ماندگار حوضه آبریز، کسب اطلاعات در مورد خصوصیات زیر از اهمیت زیادی برخوردار است.

- مساحت و شکل حوضه آبریز
- تراکم شبکه زهکشی
- رابطه ارتفاع و مساحت
- شیب حوضه
- ظرفیت ذخیره‌ای دریاچه‌ها و ماندآب‌ها
- شرایط زمین‌شناختی

ب - مابین خصوصیات متغیر حوضه، باید موارد زیر برای یک دوره ۵ تا ۱۰ ساله کنترل و مورد توجه قرار گیرد:

- پوشش گیاهی
- شرایط خاک
- ذخیره آب در مخازن
- ویژگیهای آبراه‌های



پ - داده‌های موردنیاز در خصوص رژیم آب و هوایی و جریان آب به شرح زیر می‌باشد:

- شرایط اقلیمی حوضه آبریز
- بارش برف و باران
- جریان رودخانه

شرایط اقلیمی حوضه آبریز علاوه بر پارامترهای معمول، شامل پارامترهای توزیع زمانی و مکانی درجه حرارت، الگوی رگبارهای همرفت و فعالیتهای چرخه‌ای می‌باشد.

۴-۲ روشهای برآورد سیلاب

در مراجع مختلف روشهای برآورد سیلاب به گونه‌های متفاوت تقسیم‌بندی شده‌اند به نحوی که حتی، در مواردی روشهای برآورد سیلاب با روشهای انتخاب آن، آمیخته شده است. در اینجا سعی بر این بوده که تقسیم‌بندی روشها براساس مبانی مشخص و حتی‌الامکان قابل تفکیک استوار گردد. این مبانی در درجه اول ماهیت تجربی و آماری هر روش می‌باشد. با وجود این، در مواردی که تفکیک مطلق مبانی امکان‌پذیر نبوده، جنبه غالب مبنای روش اساس تقسیم‌بندی را تشکیل داده است.

نکته دیگر در خصوص روشهای برآورد سیلاب موضوع نحوه برآورد رواناب مستقیم ناشی از بارندگی می‌باشد که اساس ایجاد سیلابها را تشکیل می‌دهد. در مواردی مشاهده می‌شود که به اشتباه شیوه برآورد رواناب به نوعی بارش برآورد سیلاب پیوند داده می‌شود. لذا، برای احتراز از این امر، در اینجا فرض بر این بوده که برای هر روش برآورد سیلاب، ابتدا رواناب مستقیم ناشی از بارندگی بارش مناسب (با توجه به اطلاعات و امکانات موجود) برآورد می‌گردد. برای تعیین حجم و توزیع زمانی رواناب مستقیم ناشی از یک باران مشخص روشها و مدل‌های مختلفی وجود دارد که در مباحث ذیربط در کتابهای هیدرولوژی به تفصیل آمده است.

۴-۲-۱ روش آبدهی پیشینه

با وجود محدودیت‌هایی که در بطن روشهای تجربی وجود دارد، معه‌ذا، هنوز در سطح قابل ملاحظه‌ای برای برآورد سیلاب به ویژه در حوضه‌های آبریز کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اکثر این روشها امکان ارزیابی پارامترهای هیدرولوژیک وجود ندارد. به موازات افزایش آمار ثبت شده از آبدهی رودخانه‌ها، کاربرد مستقیم این گونه روشها کاهش پیدا کرده و غالباً به عنوان یک روش مکمل برای شیوه‌های پیشرفته‌تر مورد توجه قرار می‌گیرند.



شاید بیش از ۱۰۰ روش تجربی برای محاسبه سیلاب وجود داشته باشد که فرمول عمومی اکثر آنها به شرح زیر می‌باشد:

$$Q = C \cdot A \cdot I \left(\frac{S}{A} \right)^X \quad (1-2)$$

در این رابطه:

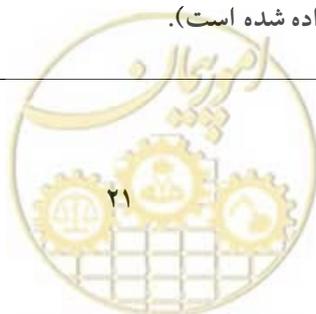
- Q - آبدهی بیشینه
- C - ضریب ویژه شرایط اقلیمی و فیزیوگرافیک حوضه آبریز
- A - مساحت حوضه آبریز
- I - متوسط شدت بارندگی
- S - شیب حوضه آبریز
- X - عدد نمای رابطه

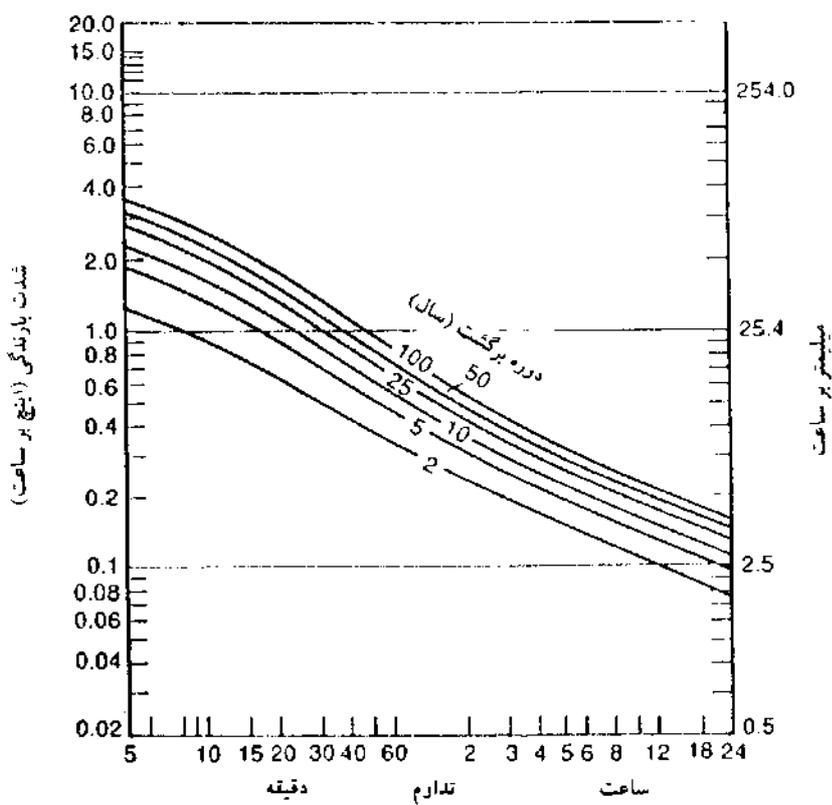
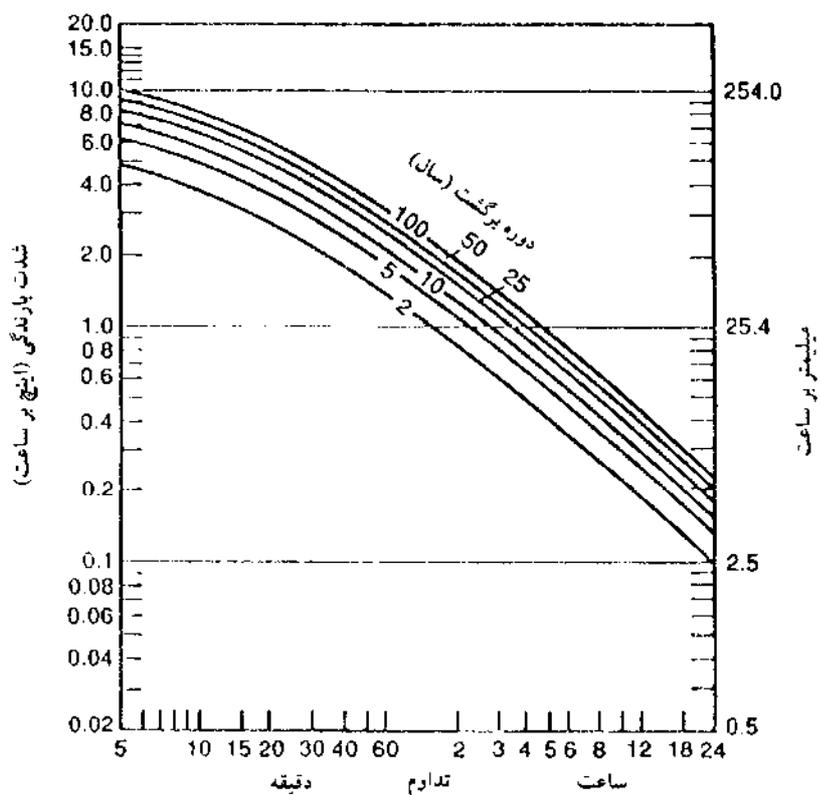
قدیمی‌ترین فرمول تجربی که بیش از ۱۰۰ سال از معرفی آن می‌گذرد، رابطه منطقی^۱ است که کاربرد آن برای حوضه‌های آبریز کوچک به ویژه در مناطق شهری و پلها عمومیت دارد. شکل عمومی و اجزاء آن چنین است:

$$Q = F.C \cdot I \cdot A \quad (2-2)$$

در رابطه بالا Q عبارت است از آبدهی بیشینه، A مساحت حوضه آبریز، I شدت بارندگی، C ضریب جریان که بدون بعد بوده و می‌تواند بعنوان نسبت رواناب به بارندگی تعریف شود. در رابطه اخیر F ضریب تبدیل واحدها می‌باشد. در صورتی که از واحدهای انگلیسی فوت مکعب بر ثانیه (ft^۳/s)، اکر و اینچ بر ساعت استفاده شود ضریب F برابر با ۱/۰۰۸ خواهد شد که معمولاً از فرمول حذف می‌شود. با واحدهای متریک، یعنی مترمکعب بر ثانیه (m^۳/s)، کیلومتر مربع و میلیمتر بر ساعت (mm/h) مقدار F برابر با ۰/۲۷۸ یا $\frac{1}{3/6}$ خواهد شد.

در رابطه یاد شده زمان تداوم مورد استفاده برای تعیین متوسط شدت بارندگی (I) برابر با زمان تمرکز حوضه آبریز می‌باشد. ضمناً فرض بر این است که شدت بارندگی در طول زمان بارندگی ثابت می‌باشد. برای طراحی، شدت متوسط بارندگی را می‌توان از منحنی‌های تهیه شده برای شدت - مدت - فراوانی بارندگی برای محل مورد نظر که دوره برگشت فراوانی، آن برابر دوره برگشت طرح می‌باشد، انتخاب نمود. (در نمودار ۲-۳ دو نمونه از منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی برای دو منطقه نشان داده شده است).





شکل ۲-۳- دو نمونه از منحنی های شدت - مدت - فراوانی



یکی دیگر از روابط معروف، رابطه کریگر^۱ است که بر مبنای ترسیم منحنی پوش برای آبدهی ویژه بزرگترین سیلابهای مشاهده شده پیشنهاد گردیده است. این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Q_p = 1/304 \cdot C(0/386 A)^{0/9358 A^{-0/048}} \quad (3-2)$$

در این رابطه:

- Q_p - آبدهی بیشینه بر حسب متر مکعب در ثانیه
- A - مساحت حوضه آبریز بر حسب کیلومتر مربع
- C - ضریبی است که حداکثر مقدار آن ۲۰۰ می‌باشد.

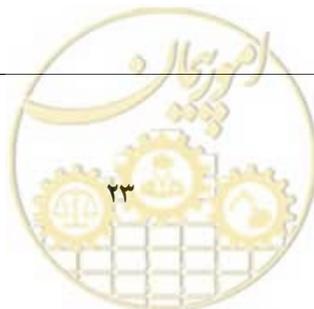
در نمودار ۲-۴ رابطه مذکور برای ضرایب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ به صورت گروه منحنیها نشان داده شده است. قابل توجه است که مقدار ۲۰۰ شامل منحنی پوشش سیلابهای بزرگ مشاهده شده در سطح دنیا و مقدار ۱۰۰ منحنی پوشش سیلابهای مشاهده شده در ایالات متحده آمریکا و قسمت اعظم سیلابهای ثبت شده در سطح دنیا را دربر می‌گیرد.

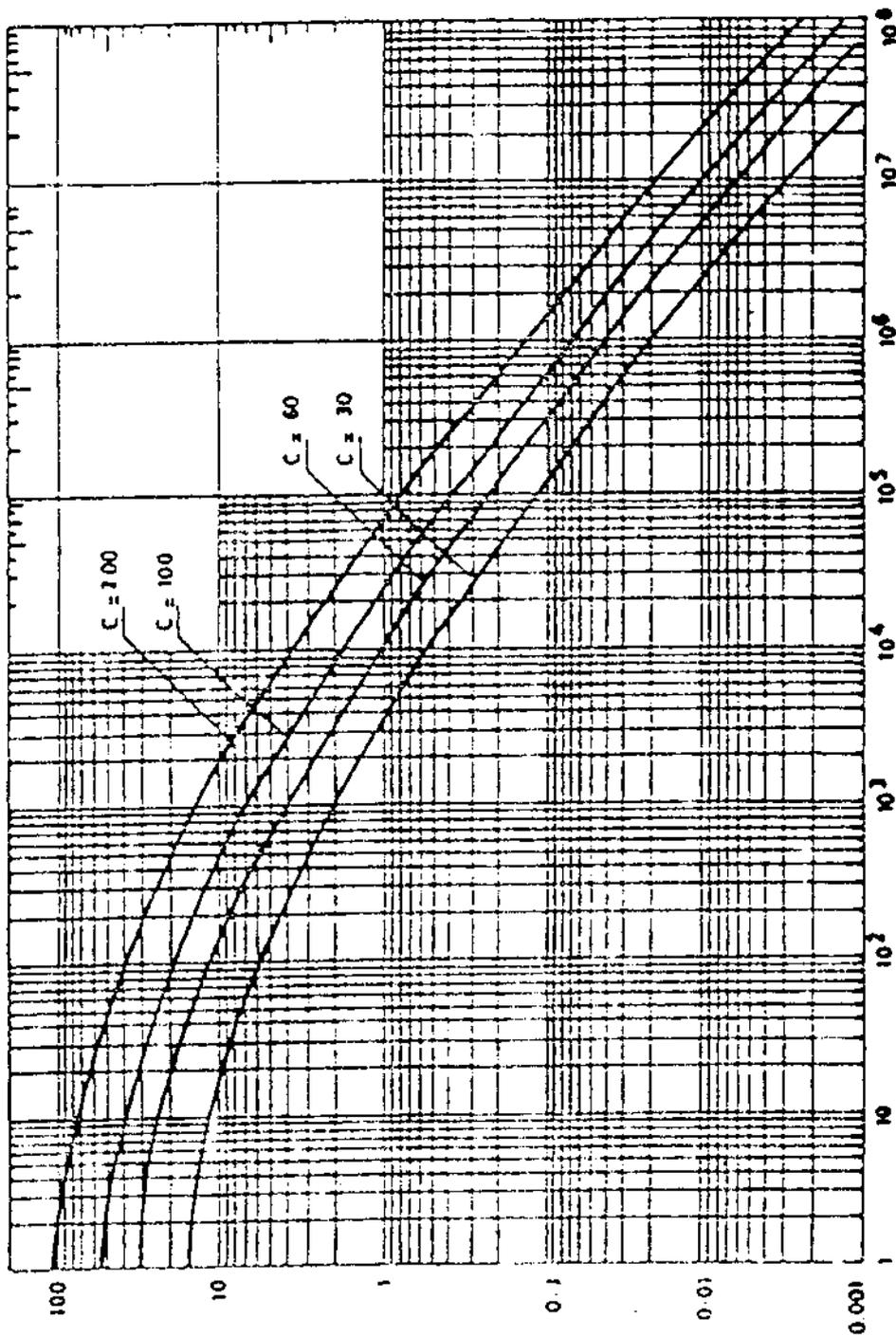
در گزارش هم نهاد طرح جامع آب کشور که در اواخر دهه ۶۰ منتشر شده، منحنی‌های برای سیلاب ده هزار ساله در ایران داده شده است، که می‌توان آن را به نوعی منحنی‌های گریکر برای ایران تلقی نمود (نمودار ۲-۵). همانجا گفته شده که منحنی مذکور با استفاده از آمار سیلابهای مشاهده شده ۱۴۴ ایستگاه آب‌سنجی و مدل ریاضی تهیه گردیده است. به نظر می‌رسد پایه برآورد سیلاب ده هزار ساله شیوه تحلیل فراوانی با مناسب‌ترین تابع توزیع بوده است.

مشاهده می‌شود که برای سیلابهای ده هزار ساله در ایران ضریب C بین ۱۰ تا ۱۰۰ متغیر بوده و سیلابهای کوچک در مناطق شمالی و سیلابهای بزرگ بیشتر در مناطق جنوبی کشور رخ می‌دهند. به عنوان مثال برای یک حوضه آبریز با مساحت ۱۰۰۰ کیلومتر مربع مقدار سیل ده هزار ساله با توجه به منطقه می‌تواند از ۷۰۰ متر مکعب بر ثانیه در مناطق شمالی تا ۷۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه در مناطق جنوبی متغیر باشد.

روش SCS یکی دیگر از روشهایی است که بیشتر در حوضه‌های آبریز کشاورزی (غیر شهری) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش ابتدا میزان رواناب به شیوه خاص SCS محاسبه می‌شود و سپس آبدهی بیشینه با آنمود مثلی تقریبی طبق رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$q_p = \frac{KAQ}{0/5 D + 0/6 tc} \quad (4-2)$$





آبدهی بیشینه (متر مکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع)

مساحت حوضه آبریز (کیلومتر مربع)

نمودار ۲-۴ - رابطه گریگر برای مقادیر مختلف ضریب C



در این رابطه :

$$q_p = \text{آبدهی بیشینه بر حسب متر مکعب بر ثانیه یا فوت مکعب بر ثانیه}$$

$$A = \text{مساحت بر حسب کیلومتر مربع یا مایل مربع}$$

$$Q = \text{میزان رواناب بر حسب اینچ یا میلیمتر}$$

$$D = \text{زمان تداوم بارندگی مازاد بر حسب ساعت}$$

$$tc = \text{زمان تمرکز بر حسب ساعت}$$

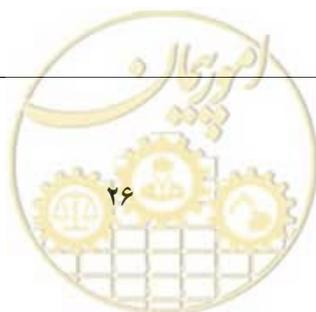
$$k = \text{ضریب ثابت که مقدار آن در واحد متریک برابر با } 0.208 \text{ و در واحد انگلیسی برابر با } 484 \text{ می باشد.}$$

۲-۴-۲ روش آبنمود واحد

آبنمود واحد عبارت است از آبنمود جریان مستقیم (DRH) ناشی از یک واحد باران مؤثر که به نوبه خود از یک رگبار با شدت یکنواخت در مدت زمان مشخص در تمامی سطح حوضه آبریز مورد نظر حاصل شده باشد. مقدار باران مؤثر با توجه به سیستم اندازه گیری مورد استفاده می تواند یک میلیمتر، یک سانتیمتر یا یک اینچ باشد. در واقع آبنمود واحد یک مدل خطی برای استخراج آبنمود هر جریان مستقیم ناشی از هر بارندگی است. این مدل حاوی فرضیات پایه به شرح زیر است:

- الف - شدت باران مؤثر در طول بارندگی ثابت می باشد.
- ب - توزیع بارندگی مؤثر در کل حوضه آبریز به طور یکنواخت می باشد.
- پ - زمان پایه آبنمود رواناب مستقیم حاصل از یک باران مؤثر با تداوم مشخص، مقدار ثابتی می باشد.
- ت - مقادیر مربوط به محورهای عرضی (Y) تمام آبنمودهای رواناب مستقیم با یک زمان پایه معمولی با کل جریان مستقیم هر آبنمود نسبت مستقیم دارد.
- ث - برای یک حوضه آبریز معین، آبنمود حاصله از یک باران مؤثر مشخص، خصوصیات تغییرناپذیر حوضه را منعکس می کند.

بدیهی است که در شرایط طبیعی امکان وجود فرضیات بالا به صورت کامل منتفی می باشد. با وجود این در صورتی که داده های هیدرولوژیکی مورد نیاز، به دقت انتخاب شوند، نتیجه امر برای (مدل آبنمود واحد) مقاصد کاربردی قابل قبول خواهد بود.



روش آبنمود واحد برای برآورد سیلاب ابتدا توسط شرمن در سال ۱۹۳۲ پیشنهاد گردید و پس از آن در سطح گسترده‌ای برای برآورد سیلاب طرح و سیلاب واقعی در شرایطی که نیاز به شکل آبنمود سیل و دقت بالا باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آبنمودهای واحد با توجه به منشأ آنها به دو گروه آبنمودهای واحد طبیعی یا واقعی و آبنمودهای واحد مصنوعی تقسیم می‌شود. یک آبنمود واحد طبیعی یا واقعی، آبنمودی است که از داده‌های ثبت شده بارندگی و جریان رودخانه در یک حوضه آبریز حاصل می‌شوند و فقط برای همان حوضه و همان نقطه‌ای که جریان رودخانه اندازه‌گیری شده، اعتبار دارد. در حالی که شیوه آبنمود واحد مصنوعی برای تهیه آبنمود واحد در نقاط مختلف رودخانه در یک حوضه آبریز یا برای حوضه مجاور با خصلت مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مجموع سه نوع آبنمود واحد مصنوعی به شرح زیر وجود دارد:

الف - آبنمود واحد اشنایدر^۱ (۱۹۳۸) و گری^۲ (۱۹۶۱). در این گونه آبنمودهای واحد، مشخصه‌های آبنمود مانند آبدهی بیشینه (اوج)، زمان پایه و سایر خصوصیات آن در ارتباط با مشخصه‌های حوضه آبریز تعیین می‌گردند.

ب - آبنمود واحد بی‌بعد. منشأ این گونه آبنمودها که به صورت بی‌بعد تهیه می‌شوند سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS، ۱۹۷۲) می‌باشد.

پ - آبنمود واحد از نوع مدل‌های ذخیره‌ای حوضه آبریز که ابتدا توسط کلارک (۱۹۴۳) معرفی گردید.

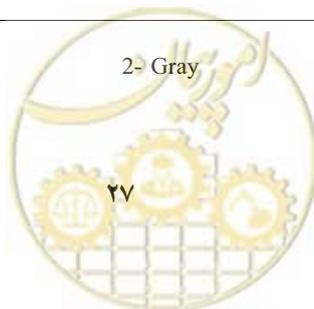
برای استخراج آبنمود یک سیل از آبنمود واحد چنین عمل می‌شود: وقتی که آبنمود واحد مشخص گردید از آن می‌توان برای پیدا کردن جریان مستقیم و آبنمود جریان رودخانه استفاده نمود. ابتدا یک باران نگار^۳ انتخاب می‌شود، سپس مقدار باران جذب شده برآورد می‌شود. در مرحله بعد آبنمود باران مؤثر محاسبه می‌گردد. فاصله زمانی مورد استفاده در باران نگار باران مؤثر (در محور Xها) باید همان فاصله زمانی آبنمود واحد باشد. معادله مربوطه چنین است:

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m} + 1 \quad (5-2)$$

1- Snyder

2- Gray

3- Hyetograph



که ممکن است برای تهیه آبنمود جریان مستقیم مورد استفاده قرار گیرد. با اضافه کردن جریان پایه به آبنمود جریان مستقیم، آبنمود رودخانه به دست می‌آید. در رابطهٔ اخیر عوامل به شرح زیر تعریف شده‌اند:

Q- مقدار رواناب مستقیم بر حسب متر مکعب بر ثانیه

P- مقدار بارندگی مؤثر بر حسب میلی‌متر

U- آبنمود واحد بر حسب متر مکعب بر ثانیه بر میلی‌متر

M- تعداد پاره‌های (تپ‌ها)^۱ بارندگی مؤثر

N- تعداد پاره‌های رواناب مستقیم

۲-۴-۳ روش تحلیل فراوانی

تحلیل فراوانی یکی از روشهای مناسب برای برآورد مقادیر سیلاب محسوب می‌شود. در صورتی که شرایط لازم از قبیل وجود آمار کافی و امکان برازش تابع توزیع مناسب وجود داشته باشد، با این روش می‌توان به نتایج مطلوب دست یافت. این روش دارای طیف وسیعی بوده و شامل استفاده از آمار ریاضی تا روشهای مربوط به ایجاد همبستگی با سایر ایستگاهها با آمار طولانی و یا پارامترهای اقلیمی حوضه‌های مشابه و بهره‌گیری از روابط بین بارندگی و جریان سطحی (رواناب) می‌گردد.

در چند دههٔ اخیر در حالی که بر تعداد و تراکم ایستگاههای هواشناسی و آب سنجی افزوده شده، به طور طبیعی طول دورهٔ آماری ایستگاههای قدیمی نیز افزایش یافته است. این فرایند باعث شده که روز به روز اهمیت روش تجزیه و تحلیل فراوانی فزونی پیدا کند. به نحوی که امروزه در غالب پروژه‌ها برای برآورد سیلاب از این روش به عنوان یک روش اصلی یا حداقل همانند یک روش مکمل استفاده می‌شود. با وجود این بهره‌گیری از این روش مستلزم رعایت نکاتی چند از جمله نکات زیر می‌باشد:

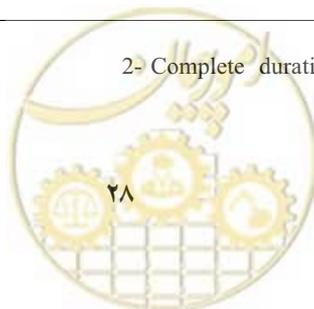
الف - از آنجا که دقت برآوردها مستقیماً تابع طول دورهٔ آمار می‌باشد، لذا باید برای محاسبهٔ دوره‌های برگشت طولانی مدت از آمار بلندمدت استفاده شود. به عبارت دیگر لازم است فیما بین تعداد نمونه‌های انتخاب شده برای تحلیل فراوانی و طول دورهٔ برگشت تناسب لازم وجود داشته باشد. به عنوان مثال استفاده از آمار با طول ۲۵ سال برای محاسبهٔ سیل با دورهٔ برگشت ۵۰۰ ساله نتیجهٔ رضایت‌بخشی ارائه نمی‌دهد.

ب - سری آماری منتخب می‌تواند یک سری کامل^۲ یا یک سری جزئی^۳ باشد. یک سری کامل عبارت است از کلیهٔ داده‌های در دسترس، در حالی که یک سری جزئی عبارت است از مجموعه داده‌هایی که اندازهٔ آنها بیشتر از یک مقدار مشخص باشد. در صورتی که مقدار پایه به نحوی انتخاب شود که تعداد مقادیر سری برابر با

1- Pulse

2- Complete duration Series

3- Partial duration Series



تعداد سالهای آماری ثبت شده باشد، سری به نام سری سالانه^۱ (بیشتر از) نامیده می‌شود. یک سری مقادیر حد^۲ شامل بزرگترین یا کوچکترین مقادیر اتفاق افتاده در دوره‌های زمانی مساوی می‌باشد. به طور معمول دوره زمانی برابر با یک سال در نظر گرفته می‌شود. در این صورت سری به نام سری سالانه^۳ خوانده می‌شود. سری سالانه به نوبه خود می‌تواند سری حداکثرهای سالانه یا سری حداقل‌های سالانه باشد.

پ - انتخاب قانون احتمال یا تابع توزیع باید به نحوی انجام گیرد که نتایج تحلیل دارای قابلیت اعتماد کافی باشد. قوانین احتمال که برای داده‌های تصادفی حد بکار می‌روند معمولاً شامل قوانین نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال سه عاملی، توزیع مقادیر حد (سه تیپ)، پیرسون و لوگ پیرسون تیپ ۳، وایبل و چند قانون دیگر است که در بررسی سیلابها عمدتاً از قوانین لوگ نرمال سه عاملی، لوگ پیرسون و پیرسون تیپ ۳ و توزیع مقادیر حد استفاده می‌شود.

۲-۴-۳-۱ گام‌های مختلف برای برآورد سیلاب

الف - اولین گام برای تجزیه و تحلیل فراوانی سیلابها تعیین یک قانون احتمالی مناسب است. از بین قوانینی که در بالا مورد اشاره قرار گرفت، در مطالعه سیلابها قوانین لوگ پیرسون، لوگ پیرسون تیپ ۳، لوگ نرمال سه عاملی کاربرد زیادی دارند. برای تعیین پارامترهای قانون مورد استفاده، که دارای اهمیت زیادی به هنگام محاسبه فراوانی سیلاب دارد، معمولاً از دوروش محتمل‌ترین پیشینه^۴ و گشتاورها استفاده می‌شود. برای محاسبه فراوانی سیلابها یا هر پدیده تصادفی هیدرولوژیکی دیگر مدل‌های محاسباتی و نرم‌افزارهای رایانه‌ای متعددی تهیه شده است. این برنامه‌ها در جریان اجرا تطابق چند قانون احتمالی (تابع توزیع) را با توزیع تجربی داده‌ها مورد آزمون قرار داده و پس از انجام مقایسه‌های لازم مناسب‌ترین قانون را انتخاب می‌نماید.

ب - انتقال نتایج به محل مورد نظر: در صورتی که محل پروژه مورد نظر در نزدیکی ایستگاه آب سنجی که از آمار آن برای تعیین فراوانی سیلاب استفاده شده، قرار گرفته باشد، نیازی به انتقال نتایج نخواهد بود و نتایج تحلیل فراوانی مستقیماً قابل استفاده خواهد بود. در غیر این صورت، ضروری است نتایج حاصل از تحلیل فراوانی به محل پروژه تعمیم داده شود. برای این منظور روشهای مختلفی وجود دارد که در ذیل فهرست وار مورد توجه قرار گرفته است:

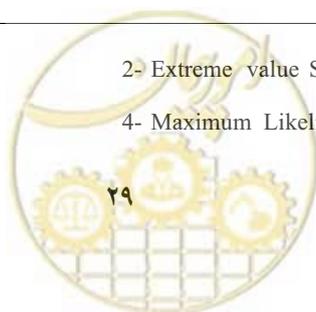
- انتقال نتایج به نسبت سطح حوضه آبریز
- بهره‌گیری از روشهای تحلیل منطقه‌ای
- بهره‌گیری از قانون همبستگی بین دو سری آمار

1- Annual exceedence Series

2- Extreme value Series

3- Annual Series

4- Maximum Likelihood



۱-۵-۲ حداکثر سیل محتمل^۱ (P.M.F)

حداکثر سیل محتمل عبارت است از بزرگترین سیلاب قابل انتظار (آبدهی یا آبنمود) که با فرض همزمانی کامل تمامی عوامل هواشناسی به وجود آورنده بیشترین بارندگی و هیدرولوژیکی به وجود آورنده بیشترین رواناب ایجاد می شود. به عبارت ساده حداکثر سیل محتمل، بزرگترین سیلی است که به طور منطقی می توان انتظار داشت در یک منطقه بخصوص جغرافیایی رخ دهد.

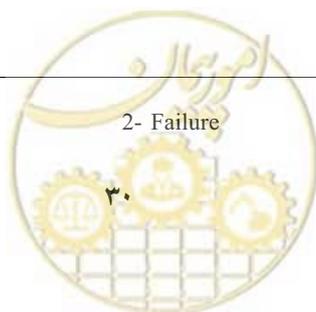
به دلیل اینکه حداکثر سیل محتمل از حداکثر بارندگی محتمل (P.M.P) به دست می آید و حداکثر بارندگی محتمل از نظر آماری فاقد فراوانی خاص می باشد، لذا از نظر ریاضی امکان تعیین دوره برگشت برای حداکثر سیل محتمل وجود ندارد. با وجود این، در پاره ای اوقات به ویژه در تحلیل اقتصادی طرحها، تعیین یک فراوانی معادل برای این سیلاب ضرورت پیدا می کند. به این منظور عموماً حداکثر سیل محتمل را معادل با دوره برگشت ۱۰۰۰۰ ساله فرض می کنند.

از حداکثر سیل محتمل عموماً در طراحی سرریز سدهای بزرگ استفاده می شود. در واقع از دهه ۱۹۴۰ میلادی سرریز غالب سدهای بزرگ با توجه به میزان حداکثر سیل محتمل در منطقه سد، طراحی گردیده است. از آنجا که هزینه مهار سیلاب بر اساس سیل طراحی معادل با حداکثر سیل محتمل در حوضه های آبریز بزرگ می تواند خیلی زیاد و در نتیجه غیرمنطقی و غیرقابل توجیه باشد، لذا حداکثر سیل محتمل عمدتاً در شرایطی مورد استفاده قرار می گیرد که فرو ریختن (شکست^۲) سرریز موجب خسارات جانی جدی گردد و یا موجب شود که سایر خسارات به میزانی باشد که به صورت فاجعه درآید.

حداکثر سیل محتمل با استفاده از حداکثر بارندگی محتمل و روش آبنمود واحد محاسبه می شود. حداکثر بارندگی محتمل به نوبه خود از حداکثر سازی میزان رطوبت توده هوایی که در جو حوضه آبریز با حداکثر سرعت ممکن باد در حرکت می باشد، و از حداکثر راندمان مکانیزم تولید رگبار در اثر تبدیل بخار اشباع به بارندگی به دست می آید. ضروری است توجه شود که در مناطق متعددی ذوب برف نیز در ایجاد سیلابها نقش قابل توجهی (در پاره ای از اوقات حتی نقش اول) را ایفاء می کند. لذا، در چنین شرایطی منظور نمودن مؤلفه ذوب برف در محاسبات غیرقابل اجتناب است.

1- Probable Maximum Flood (P.M.F.)

2- Failure



در واقع این تبدیل یعنی محاسبه حداکثر سیل محتمل با استفاده از حداکثر بارندگی محتمل و مؤلفه ذوب برف (در صورت نیاز) با بهره‌گیری از روشهای هیدرولوژیکی امکان‌پذیر می‌شود. تعیین روابط بارندگی - جریان، آبنمود واحد و شیوه‌های شبیه‌سازی از جمله موارد قابل ذکر در این زمینه می‌باشد. در جریان این تبدیل متخصص هیدرولوژی ناچار است فرضیات و پارامترهای عددی مختلفی را انتخاب و مورد عمل قرار دهد. شناخت دقیق خصوصیات منطقه از دیدگاههای آب و هواشناسی و فیزیکی و استفاده از تجربیات مختلف می‌تواند در برآورد دقیق حداکثر سیل محتمل نقش سازنده و قابل توجهی داشته باشد.

۲-۵-۲ سیل استاندارد پروژه^۱

سیل استاندارد پروژه عبارت است از آبدهی‌هایی که از نظر منطقی می‌تواند از ترکیب حادثترین^۲، نه نادرترین^۳ شرایط آب و هوایی یک منطقه جغرافیایی ایجاد شود. این تعریف از رسته مهندسی ارتش آمریکا می‌باشد و همانجا به عنوان مبنای مطالعات سیلاب طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر سیل استاندارد پروژه، سیلاب ناشی از بزرگترین رگباری (بارانی) است که از نظر منطقی با توجه به ویژگیهای منطقه می‌توان انتظار داشت در سراسر حوضه آبریز مورد نظر، و در شرایطی فرو ریزد که اراضی حوضه مذکور از توان بالایی برای رواناب برخوردار باشد.

با توجه به تعریف سیل استاندارد پروژه بدیهی است که تعیین دقیق فراوانی آن امکان‌پذیر نمی‌باشد. با این وجود، تجارب عملی در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که در غالب موارد مقادیر سیل استاندارد پروژه حدود یک‌دوم مقادیر نظیر حداکثر سیل محتمل می‌باشد. در مواردی نیز اعتقاد بر این است که چنین سیلی دارای دوره بازگشت نسبتاً زیادی است که معمولاً بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ سال نوسان دارد.

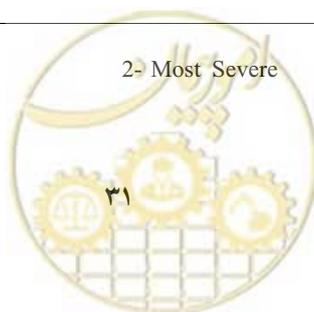
از سیل استاندارد پروژه معمولاً در طراحی سازه‌های آبی متوسط و بزرگ و مهار سیلاب استفاده می‌شود. از این سیل در طراحی سرریزهایی (سرریز سدها) استفاده می‌شود که فرو ریختن آن موجب خسارات جانی جدی نشود.

روش و نحوه محاسبه سیل استاندارد پروژه همانند حداکثر سیل محتمل است. به این ترتیب که این سیل از باران استاندارد پروژه یعنی شدیدترین بارندگی مشاهده شده در منطقه و با استفاده از مدل بارندگی - رواناب و آبنمود واحد به دست می‌آید. در حالی که در حوضه‌های کوچک می‌توان از فرمول منطقی استفاده به عمل آورد، در حوضه‌های بزرگ علاوه بر مدل آبنمود واحد بهتر است از روندیابی سیلاب نیز استفاده شود.

1- Standard Project Flood (S.P.F)

2- Most Severe

3- Extermely Rare



۳- طبقه‌بندی روشهای مهار سیلاب

سیلاب یک پدیده طبیعی است که همواره جوامع انسانی را مورد تهدید قرار می‌دهد. با وجود این، با استفاده از اقداماتی می‌توان میزان یا اثرات منفی سیلاب را کاهش داده و حتی المقدور از زیانهای وارده به انسان و املاک و دارایی‌ها جلوگیری بعمل آورد.

اقدامات مربوط به جلوگیری از زیانهای سیلاب و مدیریت آن سعی بر آن دارد که اثرات سیلابی شدن را بر شرایط اجتماعی و اقتصادی که در اثر تغییر کاربری حوضه آبریز و به ویژه استفاده از سیلابدشت بوجود آمده، کاهش دهد. اقدامات جامع مدیریت و جلوگیری از زیانهای سیل شامل دو دسته اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای (مدیریتی) است. اقدامات سازه‌ای، همانند بهسازی آبراه، ذخیره سیلاب و احداث گوره عموماً برای کاهش وقوع سیل یا جلوگیری از توسعه سیلزدگی^۱ انجام می‌گیرند. در حالی که، اقدامات غیر سازه‌ای، همانند بیمه سیل، طرحهای هشدار سیل، پهنه‌بندی سیلابدشت و یا ترکیبی از آنها در اصل برای کاهش خسارات سیلاب می‌باشند.

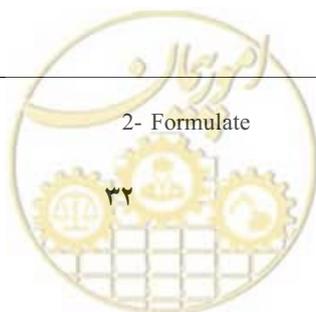
اقدامات غیرسازه‌ای یا مدیریتی که در اصل فاقد فعالیتهای ساختمانی بزرگ می‌باشد، به تبع آن نیز اثرات زیست محیطی کمتری دارند. با وجود این، ارزیابی این نوع اقدامات، دقت و توجه بیشتری را نسبت به اقدامات سازه‌ای می‌طلبد. این نوع اقدامات بطور معمول جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، سازمانی و قانونی بیشتری را در مقایسه با اقدامات سازه‌ای در برمی‌گیرد.

روشهای غیرسازه‌ای، حساسیت به سیلاب و اثر آن را کاهش می‌دهد. برنامه‌ریزی برای کاربری اراضی، حفاظت ساختمانها، پیش‌بینی و هشدار سیل و ساماندهی اسکان، از اقدامات اصلی می‌باشد که حساسیت به سیلزدگی را بهبود می‌بخشد. بیمه سیلاب، جبران خسارت سیلاب، اطلاع‌رسانی و آموزش، اقدامات اصلی مربوط به بهبود اثرات سیلزدگی را تشکیل می‌دهند. چنانکه کاهش زیانهای آینده به دارایی‌ها (مستحدثات، املاک و ...) و زندگی انسان موردنظر باشد، در این صورت باید به شیوه‌هایی تأکید کرد که دارای ظرفیت بالا برای رسیدن به این هدفها باشد.

فرمول‌بندی^۲ یک برنامه کاهش خسارت سیلاب که دارای چارچوب تعریف شده باشد، شامل ترکیب بهینه‌ای از روشهای مختلف خواهد بود. بدیهی است که این اقدامات به‌طور معمول ترکیبی از اقدامات مربوط به هر دو گروه سازه‌ای و غیرسازه‌ای است.

1- Flooding

2- Formulate



۱-۱-۳ گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند^۱

هدف اساسی گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند محدود کردن سیل در داخل رودخانه و بخشی از سیلابدشت می‌باشد. در این شیوه فقط اراضی پشت خاکریز یا دیوار و تنها برای تراز سیلاب طرح حفاظت می‌شوند. مزیت اصلی گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند در این است که از آنها می‌توان برای حفاظت اراضی کوچک و خاص یا حفاظت یک منطقه استفاده نمود. برای مثال از این روش می‌توان برای حفاظت یک محله مسکونی کوچک یا بخشی از آن استفاده بعمل آورد. با این وجود، این نوع اقدامات می‌تواند یک برداشت غلط در مورد میزان و درجه حفاظت بوجود آورد. همچنین در صورت افزایش تراز سیل از میزان سیلاب طراحی و سرریز شدن آن به منطقه امکان بوجود آمدن خسارات زیاد مالی و جانی وجود دارد.

گوره‌ها و سیل‌بندها در صورتی که همراه با سایر اقدامات مهار سیلاب و در چارچوب یک طرح فراگیر (جامع) جلوگیری از زیانهای سیلاب مورد توجه قرار نگیرند، ممکن است موجبات سیلابی شدن مناطق دیگر را فراهم آورد. اگر این گونه سازه‌ها با هدف جلوگیری از گسترش سیلاب، طرح شده باشد، در این صورت تراز سطح آب، سرعت و حداکثر بده در بازه‌های محدود شده بالا خواهد رفت. علاوه بر این در چنین وضعیتی شدت حرکت موج سیلاب به پایین دست افزایش پیدا می‌کند. این سازه‌ها ممکن است اثرات نامطلوب (ناخواسته) زیست محیطی همانند تخریب آشیانه وحوش و از بین رفتن زیبایی‌های طبیعی منطقه را در برداشته باشد.

معیارهای مورد نیاز برای طراحی و ساخت گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند با توجه به میزان زیانهای جانی و مالی ناشی از سیل و شرایط محل تدوین و انتخاب می‌شوند. گوره‌ها عموماً با استفاده از مصالح خاکی ساخته می‌شوند و بدین سبب فضای قابل توجهی در مسیر خود اشغال می‌کنند. دیوارهای سیل‌بند بطور معمول با بتن، سنگ یا فولاد ساخته می‌شوند و از این رو نیاز به فضای کمتری دارند. نوع اخیر برای مناطق توسعه یافته و با تراکم بالا مناسب تر است.

۲-۱-۳ بهسازی آبراه

غالب آبراه‌های طبیعی دارای مجرای رودخانه‌ای با ظرفیت محدود می‌باشند. به نحوی که ممکن است همه‌ساله در شرایط سیلابی بخشی از جریان سیلاب در سیلابدشت جاری شود. به این ترتیب بهسازی هیدرولیکی آبراه یا سیلابدشت و یا سیلراه‌های داخل سیلابدشت این امکان را فراهم خواهد آورد که ظرفیت آبگذری افزایش یافته و



تراز جریان عبوری پایین تر از تراز جریان در شرایط طبیعی باشد. چنین اقداماتی در مناطق شهری بطور طبیعی به زهکشی اراضی نیز کمک کرده و از این طریق استفاده بهینه از اراضی را ممکن می‌کند. انواع روشهای اصلاح مسیر به شرح زیر می‌باشد:

- تعمیق، تعریض و مستقیم‌سازی آبراه
- پاکسازی رودخانه از آشغال و بوته‌های گیاهی
- پوشش آبراه برای کاهش ضریب زبری
- بزرگ‌سازی پلها و زیرگذرهایی که دارای بده عبوری محدود می‌باشند
- برداشتن موانع سر راه جریان آب

نتیجه همه این روشها کاهش تراز آب است. همچنین در برخی اوقات این امکان وجود دارد که رودخانه را در سطح وسیع بازسازی کرده و سیلابهای بزرگ را در داخل آن محدود نمود. در تمامی موارد باید توجه کرد که، بهسازی آبراه می‌تواند منجر به انتقال جریان به پایین دست شده و در آنجا مشکلاتی را فراهم آورد.

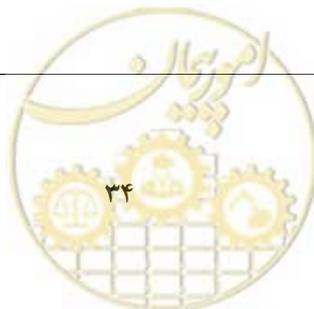
اصلاح مسیر یکی از روشهایی است که در رودخانه‌های کوچک و با شیب زیاد که دارای سیلابدشت کم عرض و پوشش گیاهی متراکم می‌باشد، اثر قابل توجهی دارد. برعکس این روش در رودخانه‌های با سیلابدشتهای وسیع یا در دلتاهای تحت تأثیر تراز جزر و مد دریا چندان مؤثر نمی‌باشد.

۳-۱-۳ انحراف سیلاب

با توجه به اینکه، اساسی‌ترین روش انحراف سیلاب، استفاده از سیلراههای کنارگذر^۱ می‌باشد، از اینرو در بعضی از مراجع این دو معادل یکدیگر تلقی می‌شوند.

این شیوه دارای دو کارکرد در مهار سیلاب است. اولین کارکرد این شیوه ایجاد یک مخزن‌گونه بزرگ و کم عمق است که بخشی از سیلاب در آن ذخیره شده و به این ترتیب موجب کاهش جریان در آبراه اصلی بعد از نقطه انحراف می‌شود. کارکرد بعدی این روش با توجه به تخلیه بخشی از جریان در بالادست، بهبود مشخصه‌های جریان و کاهش تراز آب در پایین دست محل انحراف و به فاصله مشخص از آن می‌باشد. معمولاً موقعیت مناسب کمتری برای ساخت سیلراه کنارگذر با توجه به محدودیت توپوگرافی اراضی و در دسترس نبودن زمین کم‌ارزش وجود دارد.

سیلراه به دو دسته طبیعی و ساخته شده تقسیم می‌شود. یک سیلراه طبیعی در مسیر موجود که از اراضی اطراف پایین تر می‌باشد احداث می‌گردد و آن بخش از جریان سیلابی را که مازاد بر ظرفیت آبراه اصلی می‌باشد، به خارج از



رودخانه منتقل می‌کند. اراضی سیلراه طبیعی عموماً متفاوت با اراضی زراعی حاشیه آن نبوده و تنها تفاوت آن در پایین بودن تراز این اراضی نسبت به حاشیه است. در بعضی از سیلراه‌ها با توجه به شرایط موجود ممکن است برای جلوگیری از پخش آب نیاز به احداث خاکریزهای طولی در دو طرف آن باشد (سیلراه ساخته شده). توسعه اراضی در حاشیه سیلراه باید به گونه‌ای انجام گیرد که خسارات حاصل از سیلابهای بزرگ به کمینه برسد، ضمن آنکه باید اطمینان حاصل شود که کارکرد سیلراه براساس مبانی طراحی باشد.

۳-۱-۴ حوضچه‌های تأخیری و اراضی ویژه ذخیره سیلاب^۱

شیوه‌های تأخیر و ذخیره سیلاب معمولاً برای مهار سیلاب در اراضی مشخص، به منظور کمینه‌سازی زیانها انجام می‌گیرد. این روش اجازه می‌دهد که سیلاب بیشتر از حد معین، با استفاده از سرریز یا سازه‌های دریچه‌ای ساخته شده بر روی خاکریزها در اراضی پست (با تراز پایین) پشت خاکریزها پخش شود. به این ترتیب در صورتی که انحراف سیلاب به دقت کنترل شود، سیلاب بیشینه در پایین دست رودخانه کاهش یابد.

اراضی‌ای که به این منظور انتخاب می‌شود عموماً اراضی با تراز پایین می‌باشد که سابقه سیلابی شدن را دارند. در شرایطی و با یک طراحی و برنامه بهره‌برداری مناسب، امکان استفاده از این اراضی برای کشاورزی و حتی الامکان سکونت وجود دارد. ضمن آنکه ساکنین و بهره‌برداران منطقه از احتمال سیلابی شدن اراضی غافل نمی‌باشند.

عموماً اراضی حاشیه رودخانه‌ها و اراضی فروافتاده طبیعی در سیلابدشت برای ذخیره در خارج از رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. جریانهای سیلابی به منظور کاهش اوج سیلاب به داخل آنها منحرف می‌شود. بازدهی کارکرد این شیوه معمولاً با پیش‌بینی سازه‌های مناسب آبرگیری برای پرکردن آنها و سازه‌های خروجی برای تخلیه آنها (در صورت شرایط مناسب پایین دست) افزایش پیدا می‌کند.

۳-۱-۵ مخازن تسکین سیلاب^۲

در صورت وجود شرایط مناسب می‌توان با احداث سدها و ایجاد مخازن، سیلابهای با دوره برگشت نسبتاً زیاد را مهار کرد. مهار سیلاب با استفاده از مخازن غالباً در رودخانه‌های کوچک و متوسط معمول می‌باشد. به این ترتیب جریان بطور موقت در بالادست اراضی در معرض سیل، ذخیره می‌شود. حجم لازم برای ذخیره بستگی به درجه حفاظت لازم و ظرفیت آبراه در پایین دست دارد.

1- Retarding Basin and Flood Storage Areas

2- Flood Mitigation Reservoirs



میزان تسکین حاصل از مخازن مهار سیلاب بستگی به ترکیب حجم دریاچه سد، ظرفیت سرریز و الگوی جریان ورودی دارد. اثر ذخیره عبارت است از کاهش اوج سیلاب بدون آنکه عملاً حجم آن تغییر نماید. کاهش جریان اوج در نتیجه افزایش زمان جریان خروجی با آبدهی کم حاصل می‌شود. بدیهی است که در سدهای مجهز به دریچه‌ها و شیرها میزان جریان خروجی و به تبع آن درجه مهار سیلاب متأثر از نحوه بهره‌برداری از آنها می‌باشد.

۲-۳ اقدامات غیر سازه‌ای

۱-۲-۳ مدیریت کاربری اراضی^۱

مدیریت کاربری اراضی شیوه‌ای است که در آن استفاده بهینه از اراضی با توجه به محدودیت کاربری آنها به منظور اجتناب از زیانهای سیلاب و انتظارات مالکین برای توسعه اراضی خود، در مناطق مستعد به سیلاب، مورد توجه می‌باشد.

مدیریت کاربری اراضی، براساس دو عامل کنترل پهنه‌های کاربری و کنترل توسعه و ساخت و سازها پی‌ریزی شده است. هرکدام از این عوامل می‌تواند به‌طور مؤثر برای اراضی توسعه یافته یا اراضی جدید که در خطر سیل می‌باشد، بکار گرفته شود. بدیهی است که یکی از ابزارهای لازم برای مدیریت کاربری اراضی، تعیین حریم رودخانه می‌باشد.

برای کارایی بیشتر، مدیریت کاربری اراضی نباید فقط آن بخش از سیلابدشت را در برگیرد که در مجاورت اراضی حفاظت شده شهری، واقع شده است. مسلماً توسعه شهر در اراضی بالادست حوضه‌های آبریز کوچک می‌تواند منجر به از بین رفتن اثرات آن دسته از کارهای مهار سیلاب شود که به منظور حفاظت اراضی پایین دست انجام گرفته است. به عبارت دیگر در صورتی که کنترل‌های مناسب برای کاربری اراضی یا برخی اقدامات ضروری در بالادست حوضه آبریز انجام نشود، امکان افزایش آبدهی اوج سیلابها وجود خواهد داشت. بدیهی است که این امر موجب کاهش درجه حفاظت، اقدامات انجام شده در پایین دست خواهد شد و در صورت فزونی سیلاب از سیلاب طرح، نتایج نامطلوب و فاجعه‌آمیز به بار خواهد آورد.

۲-۲-۳ ساماندهی اسکان و پاکسازی سیلابدشت^۲

جابجایی ساختمانها و اجتماعات به خارج از سیلابدشت ممکن است مزایای درازمدت در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی داشته باشد، اما این کار معایبی از قبیل هزینه‌های بالا، از دست دادن شغل و بهم‌ریختن

1- Land Use Management

2- Property Aquisition and Flood Way Clearance

زندگی اجتماعی دارد. با وجود این در بعضی مناطق ممکن است، خرید املاک و دارایی‌ها از طرف دولت توجیه پذیر باشد. این وضعیت به ویژه بعد از وقوع سیلابهای فاجعه بار و در شرایطی که جبران خسارات سیلاب (به هر طریق) تضمین نشده باشد، مالکین را ترغیب به فروش دارایی‌ها و دوری از موقعیت خطر خیز می‌کند.

عموماً خرید اراضی بایر در مناطق شهری سیلابدشت از نقطه نظر اقتصادی به سختی قابل توجیه بوده و غالباً نیز غیر ضروری می‌باشد. به استثنای نقاط خطرپذیر، معمولاً یک سیاست جامع جلوگیری از خسارت به نتایج رضایت بخشی منجر خواهد شد. آشکار است که یک رابطه مستقیم بین شیوه مدیریت کاربری اراضی و خرید اراضی وجود دارد.

۳-۲-۳ بهسازی شرایط حوضه آبریز و ذخیره آب در محل^۱

در سیلابدشتهای با حوضه‌های آبریز بزرگ که عموماً بخش زیادی از اراضی را، زمینهای کشاورزی و جنگلی تشکیل می‌دهد، توسعه جنگل و پوشش گیاهی، شخم در خطوط تراز و سکوسازی (تراس و بانکت بندی) با توجه به افزایش نفوذپذیری و تسکین می‌تواند مقدار رواناب را کاهش دهد. معهدا، این نوع فعالیتها اثر قابل توجهی برای تسکین سیلابهای بزرگ ندارد. قابل ذکر است که در پاره‌ای از مراجع، این شیوه تحت عنوان «مدیریت حوضه آبریز» آمده است.

در حوضه‌های آبریز شهری کوچک، برای تسکین سیل از استخرهای ذخیره یا بازدارنده استفاده می‌شود. در واقع در این شیوه از دو فرآیند نگهداشت و بازداشت به شرح زیر استفاده می‌شود:

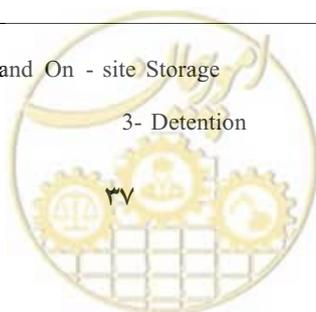
نگهداشت^۲: جریان سیلاب برای مدت زمان قابل توجه در حوضه آبریز نگهداشته می‌شود و با توجه به نفوذ، تراوش و تبخیر به تدریج انرژی آن از بین می‌رود. گودالهای سنگریز برای انباشت رواناب و محوطه‌های (پارکینگها، پیاده‌روها و زمینهای ورزشی) قابل نفوذ از جمله روشهای مورد استفاده می‌باشد.

بازداشت^۳: در این شیوه به منظور کاهش اوج جریان، سیلاب برای مدت کوتاهی و به گونه‌ای در حوضه آبریز نگهداشته می‌شود و سپس به یک آبراهه طبیعی یا مصنوعی تخلیه می‌شود. این شیوه شامل روشهای ذخیره در پشت‌بام، تانکهای باران، ذخیره در زمینهای ورزش و پارکینگهای بزرگ روباز می‌باشد.

1- Modification of Catchment Conditions and On - site Storage

2- Retention

3- Detention

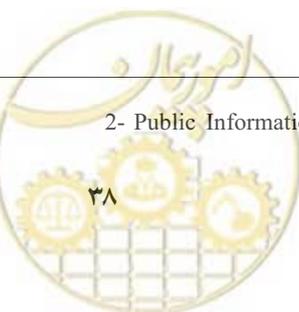


پیش‌بینی سیل عبارت است از تخمین آبدهی، تراز و زمان وقوع و تداوم سیلاب به ویژه در آبدهی اوج در یک نقطه مشخص رودخانه که از باران، ذوب برف یا ترکیب باران و ذوب برف حاصل شده باشد. هشدار سیل عبارت است از پیش‌آگاهی از وقوع سیلاب در آینده نزدیک و در محل مشخص یا در حوضه آبریز معین. برای اینکه این شیوه ارزشمند و مؤثر واقع شود، لازم است پیش‌بینی‌ها به موقع و دقیق بوده و همراه با برنامه آموزش ساکنان منطقه موردنظر باشد. پیش‌بینی و هشدار سیل در پاره‌ای از موارد، مهمترین اقدام غیرسازه‌ای در مدیریت اراضی سیلگیر و کاهش زیانهای ناشی از آن می‌باشد.

در مجموع منافع حاصله از این روش در مناطق شهری خیلی بیشتر از مناطق روستایی است، با وجود این، در مناطق روستایی به ویژه در شرایطی که بتوان دامها را جابجا کرد و محصول را قبل از شروع سیلاب برداشت نمود، منافع حاصله قابل توجه خواهد بود. بطور کلی فعالیتهای معمول برای پیش‌بینی و هشدار به شرح زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری داده‌ها
- انتقال داده‌ها
- پیش‌بینی هواشناسی
- مدل پیش‌بینی
- تهیه هشدارها
- پخش هشدارها
- دریافت هشدار و انجام عمل
- واکنش و پشتیبانی در برابر هشدار

اطلاعات مربوط به خطر سیلاب یک پیش شرط برای جلوگیری از زیانهای آن است. تهیه و گسترش اطلاعات مورد نیاز و آموزش مردم، به ویژه مسئولان و برنامه‌ریزان که وظیفه اصلی تفسیر و کاربرد اطلاعات را دارند، یک امر ضروری برای برنامه جلوگیری از خسارات سیلاب است. تهیه اطلاعاتی که به سهولت قابل دسترس و قابل تفسیر باشد و کیفیت بخشهای مختلف آن همسان باشد، یکی از اهداف توصیف و تفسیر سیلابدشت می‌باشد.



اطلاعات اساسی عبارتند از: هیدرولوژی و هیدرولیک سیلابهای کوچک تا خیلی بزرگ در اراضی سیلگیر و در سیلابدشت، در مورد مقررات سیلابدشت در همان منطقه و بالاخره اثرات بالقوه‌ای که کاربری اراضی می‌تواند بر ظرفیت سیلاب داشته باشد. با استفاده از این اطلاعات امکان فرموله کردن گزینه‌های نحوه برخورد با موضوع توسط مسئولان و تصمیم‌گیرندگان فراهم خواهد آمد.

بدیهی است که اطلاعات بهتر در زمینه در خطر قرار گرفتن دارایی‌ها و سطوح مختلف احتمال خسارت به تصمیم‌گیرندگان کمک خواهد کرد که بتواند نوع خطر را در قالب اصطلاحات، علائم و استعاره‌ها به نحوی مشخص کنند که بیانگر واکنش محلی مناسب به هنگام وقوع سیلاب باشد.

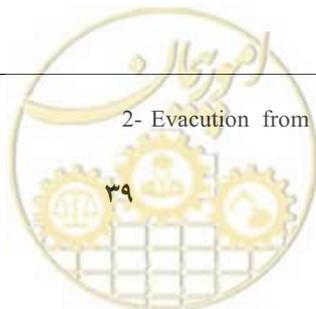
۳-۲-۶ ایمن‌سازی انفرادی ساختمانها^۱

در شرایطی این امکان وجود دارد که با اقدامات مناسب مانع از ورود آب به محل موردنظر شد و در نتیجه خسارت ناشی از سیل را به حداقل رساند. این گونه اقدامات می‌تواند احداث ساختمان بر روی ستونها یا در محل بلند باشد. احداث دیوارهای نگهبان (حایل) در دور یک ساختمان یا استفاده از مصالح نفوذناپذیر در ساختمان، از انواع دیگر این روش می‌باشد. نوعی دیگر از این گونه اقدامات، پیش‌بینی دریچه‌های ویژه برای جلوگیری از ورود سیلاب به ساختمان می‌باشد.

در مناطقی که عمق و سرعت آب کم می‌باشد، احداث دیواره موقت از کیسه‌های شنی یا مصالح بنایی برای ساختمانهای به صورت انفرادی می‌تواند قابل توجه باشد. گاهی اوقات برای ساختمانهایی که دارای پی و دیوارهای غیرقابل نفوذ می‌باشد، بستن (بلوکه کردن) درها و پنجره‌ها تا ارتفاع بالاتر از تراز سیلاب می‌تواند یک نوع مقابله با سیلاب باشد. بدون شک موفقیت در دورکردن سیلاب از ساختمانها موجب کاهش خسارت سیل شده و ضمن آن امکان استفاده مجدد از ساختمان را در کوتاه‌مدت فراهم خواهد کرد.

۳-۲-۷ تخلیه مناطق در خطر^۲

وقتی که سیلزدگی اراضی غیرقابل اجتناب باشد، بهترین روش برای کاهش خسارت سیل، تخلیه مردم و دارایی‌های موجود از منطقه مورد خطر است. در این شیوه، در حالیکه هدف اصلی تخلیه، نجات زندگی انسانها می‌باشد، با وجود این سعی می‌شود که حتی‌المقدور خسارت به اسباب و اثاثیه و تجهیزات قابل حمل نیز کاهش پیدا کند.



در این روش یک سیستم هشداردهنده مؤثر نقش کلیدی را بازی می‌کند. تخلیه مناطق در خطر باید همانند یک شیوه کوتاه‌مدت قلمداد شود. این شیوه را می‌توان به سه مرحله قبل از سیلاب، حین سیلاب و بعد از سیلاب تقسیم نمود. با وجود این حداکثر ظرفیت برای کاهش تعداد حوادث و خسارت سیلاب در مرحله قبل از سیلاب می‌باشد. در سیلابهای بزرگ ممکن است در مرحله حین وقوع سیل نیز به دلایلی از جمله وقوع سیلابهای بزرگتر از سیل پیش‌بینی شده، نیاز به تخلیه باشد. مرحله پس از سیلاب شامل عملیات امداد رسانی و اسکان مجدد در مناطق سیل زده می‌باشد.

۳-۲-۸ سیل ستیزی^۱

سیل ستیزی معمولاً به اقداماتی گفته می‌شود که آگاهانه برای مقابله با فاجعه در زمان جریان سیلاب و موج طوفان بعمل می‌آید. این شیوه مخصوصاً به واکنشهای فوری مربوط می‌شود که در حین سیلاب برای جلوگیری از استغراق اراضی و املاک و نجات جان انسانها و موجودات اتخاذ می‌شود. تمهیدات فوری شامل احداث سازه‌گونه‌های موقت برای دورکردن جریان سیلاب، جابجایی تجهیزات و ... از بازه سیلابی و عملیات فوری برای نگهداری سیستمهای برق رسانی و تأمین آب می‌باشد. این اقدامات به تعمیر فوری خاخریزها و سایر سازه‌ها نیز که ممکن است بخشی از آنها آسیب دیده باشد یا به صورت محدود آب از آنها سرریز شده باشد، اطلاق می‌شود.

۳-۲-۹ امداد رسانی بعد از سیلاب (امداد سیلاب^۲)

کمکهای دولتی برای بهبود آثار سیلاب معمولاً تحت برنامه امداد رسانی برای کاهش اثرات بلایای طبیعی انجام می‌گیرد. این اقدامات کمکهای مالی برای سازمانهای محلی به منظور تأمین هزینه‌های پیش‌بینی نشده و در پاره‌ای از موارد جبران هزینه‌های زیاد ناشی از بلایای طبیعی را در برمی‌گیرد.

هدف اصلی یاری بعد از سیلاب تأمین کمکهای فوری برای غلبه بر کارهای سخت و مشکلات کارکنان محلی شامل تعمیرات ضروری خانه‌ها و تعویض لوازم ضروری منزل است.



عموماً عقیده بر این است که بیمه سیل مزایای متعددی به عنوان یک وسیله برای بالابردن ظرفیت تحمل خسارت می‌باشد. این امر مالکین را قادر می‌سازد که خسارت بالقوه بزرگی را در بلندمدت توزیع کنند. بیمه‌گذاری همچنین سازوکار لازم را برای پخش خسارت ناشی از سیلاب در سطح وسیع و بین تعداد زیاد افراد بوجود می‌آورد.

از آنجا که سیلابی شدن یک پدیده محلی است، لذا به‌طور معمول باید حق بیمه از کسانی دریافت شود که در مناطق شناخته شده سیلگیر زندگی می‌کنند. در خصوص بیمه سیل بحث اساسی این است که آیا آنها که در منطقه خطر هستند باید متحمل پرداخت کل حق بیمه باشند یا در پرداخت‌های مربوط به این امر باید کسانی نیز که در معرض خطر نیستند، سهیم شوند.

برای اینکه بیمه سیل قابل اجرا باشد، باید برای درجات پایین خطر و با حق بیمه کم به مورد اجرا گذاشته شود. برای دستیابی به این هدف در بیشتر مناطق توسعه یافته، لازم است بدواً دیگر اقدامات مورد نیاز در زمینه مهار سیلاب بعمل آمده باشد. در عمل بیمه یک استراتژی مکمل برای پوشش دادن، خسارت ناشی از خطرهای کوچک باقیمانده پس از دیگر تمهیدات مورد نیاز می‌باشد.

۳-۲-۱۱ سازگاری با سیلاب^۲

قبول این واقعیت از طرف اهالی یک سیلابدشت که توسعه فعالیت آنها در منطقه‌ای انجام می‌گیرد که ناخواسته، هرازگاهی مواجه با آثار سیلاب خواهند شد، سازگاری با سیلاب نامیده می‌شود. آگاه‌سازی مردم از احتمال گسترش دامنه خسارت سیلاب به محل زندگی و کار، از تراز سیلابهای بزرگ بوقوع پیوسته، از سازماندهی نحوه زندگی از جمله خانه، مزرعه، مغازه و کارخانه در مقابل هجوم سیلاب و بالاخره از روشهای فوری مقابله با سیلاب از جمله نکاتی است که باید توسط مسئولین ذیربط مورد توجه قرار گیرد.

به این ترتیب ساکنین منطقه سیلگیر حتی المقدور اقدامات مربوط به حفاظت در مقابل سیلاب را رأساً انجام خواهند داد. مثالهای عملی از سازگاری با سیلاب می‌تواند احداث خاکریز و پناهگاه خصوصی و انفرادی باشد.



۴- مهار سیلاب با استفاده از مخزن

۱-۴ مفاهیم کلی

هدف از احداث مخزن مهار یا تسکین^۱ سیل عبارت از کاهش آبدهی اوج^۲ سیل طرح می باشد. این هدف عملاً به کمک ذخیره بخشی از جریان سیل در مخزن امکان پذیر می گردد. بدیهی است در شرایط خاص به ویژه برای برخی از سیل های کوچک تر از سیل طرح، امکان ذخیره تمامی جریان یک سیل نیز وجود خواهد داشت.

مطلوب ترین وضعیت برای مهار سیلاب در آبراهه، هنگامی ایجاد می شود که مخزن درست در بالادست بازه مورد حفاظت واقع شود و به نحوی مورد بهره برداری قرار گیرد یا کار کند که جریان خروجی از آن در هر شرایط به کمترین میزان ممکن برسد ($Q_{out} = \text{Min}$). از سوی دیگر باید شرایطی برای بهره برداری فراهم آید که دست کم در وضعیت غیر سیلابی همواره جریان خروجی از سد بیشتر از جریان ورودی به آن و کمتر از ظرفیت آبدهی ایمن آبراه یا به عبارتی سیلاب طراحی باشد ($Q_{in} > Q_{out} > Q_{safe}$). از اینرو، در شرایطی که جریان ورودی به سد بیشتر از ظرفیت آبدهی ایمن آبراه باشد ($Q_{in} > Q_{safe}$)، لازم است تا زمان کاهش جریان ورودی و رسیدن آن به بده ایمن رودخانه، مازاد جریان ($Q_{in} - Q_{safe}$) در مخزن ذخیره شود و به مجرد فراهم آمدن شرایط مناسب، به آبراه تخلیه شود تا امکان بازیافت گنجایش مخزن و آماده سازی آن برای مهار سیلاب بعدی فراهم آید.

در شکل ۱-۴ آبنمودهای یک مخزن مهار سیل در شرایط کارکرد مطلوب^۳ نشان داده شده است. اجزاء شکل عبارتند از:

- آبنمود جریان ورودی به مخزن (A)
- آبنمود جریان همان سیل در رودخانه در شرایط طبیعی (بدون مخزن) به فاصله ۲۴ ساعت با فرض این که هیچگونه جریان زیر حوضه ای در پایین دست وجود نداشته باشد. (C)
- آبنمود تسکین یافته خروجی از سد (D)
- آبنمود متناظر مورد اشاره در بند ۳ در پائین دست آبراهه بعد از گذشت ۲۴ ساعت، (B)
- منحنی آب ذخیره شده در مخزن. (E)

توضیح: منظور از عبارت «به فاصله ۲۴ ساعت»، نقطه ای در پایین دست مسیر آبراهه می باشد که سیل ۲۴ ساعت بعد از ترک محل سد به آن نقطه می رسد. به عنوان مثال در صورتی که میانگین سرعت جریان سیل ۲ متر در ثانیه باشد، فاصله نقطه مورد نظر با محل سد برابر با ۱۷۲/۸ کیلومتر خواهد شد.

1- Mitigation

2- Peak Discharge

3- Ideal



در این نمونه، از آنجا که مخزن درست در ابتدای بازه مورد حفاظت از آبراهه مورد نظر قرار گرفته، لذا آبنمود جریان خروجی از سد با آبنمود جریان در ابتدای بازه یکسان می‌باشد. مشاهده می‌شود که در چنین شرایط بهره‌برداری، آبدهی اوج سیلاب به اندازه AB کاهش پیدا می‌کند.

۲-۴ انواع مخازن مهار سیلاب

مخازن مهار سیلاب را می‌توان به دو گروه مخازن ذخیره‌ای^۱ و مخازن تأخیری^۲ تقسیم نمود. عموماً تنها تفاوت این دو گروه در نوع سیستم تخلیه پیش‌بینی شده در آنها می‌باشد.

جریان خروجی از یک مخزن ذخیره‌ای، با استفاده از دریچه‌ها و یا شیرهای ویژه این کار و برنامه بهره‌برداری تنظیم می‌شود. تفاوت مخازن ذخیره‌ای برای تسکین سیل با مخازن ذخیره‌ای برای مصارف، تنها در اندازه ظرفیت دریچه تخلیه آنها می‌باشد. به نحوی که در مخازن مهار سیلاب عموماً برای تخلیه سریع مخزن در شرایط وقوع سیل و یا پیش و بعد از آن، ظرفیت سیستم تخلیه بیشتر از سدهای ذخیره‌ای برای مصارف آب می‌باشد.

یک مخزن تأخیری عموماً مجهز به سیستم تخلیه ثابت غیر دریچه‌ای است که بطور خودکار جریان خروجی را با توجه به حجم آب ذخیره شده، تنظیم می‌کند. سیستم خروجی معمولاً از یک سرریز بزرگ و یا یک یا چند خروجی تحتانی باز^۳ (غیر دریچه‌ای) تشکیل می‌شود. نوع خروجی با توجه به خصوصیات ذخیره‌ای مخزن و سیلاب، طراحی می‌گردد. عموماً برای این منظور از خروجی روزنه‌ای بدون دریچه استفاده می‌شود، زیرا با توجه به معادله روزنه $[Q = CaA (2gh)^{1/2}]$ با افزایش تراز سطح آب در مخزن میزان بده خروجی نیز افزایش پیدا می‌کند. در این معادله: $Q =$ بده جریان، $h =$ ارتفاع آب از مرکز شکل روزنه، $g =$ شتاب ثقل، $A =$ سطح روزنه و $Ca =$ ضریب روزنه می‌باشد.

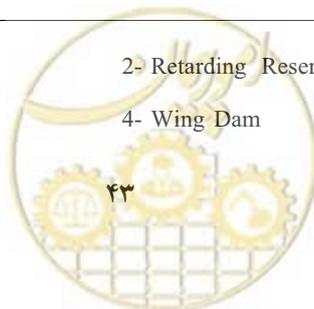
در مخازن تأخیری عموماً استفاده از یک سرریز ساده به تنهایی قابل توجیه نمی‌باشد. به دلیل اینکه در این وضعیت، حجم ذخیره زیر تاج سرریز غیر قابل استفاده خواهد بود. با وجود این، در هر حال ضروری است که یک واحد سرریز اضطراری به منظور تخلیه مازاد ظرفیت خروجی اصلی، در نظر گرفته شود. در شکل ۲-۴ یک نمونه مخزن تأخیری نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که این مخزن از دو واحد سد باله‌ای^۴ در دو کنار رودخانه تشکیل می‌شود که بین آنها در مسیر رودخانه یک شکاف برای تخلیه جریان، وجود دارد.

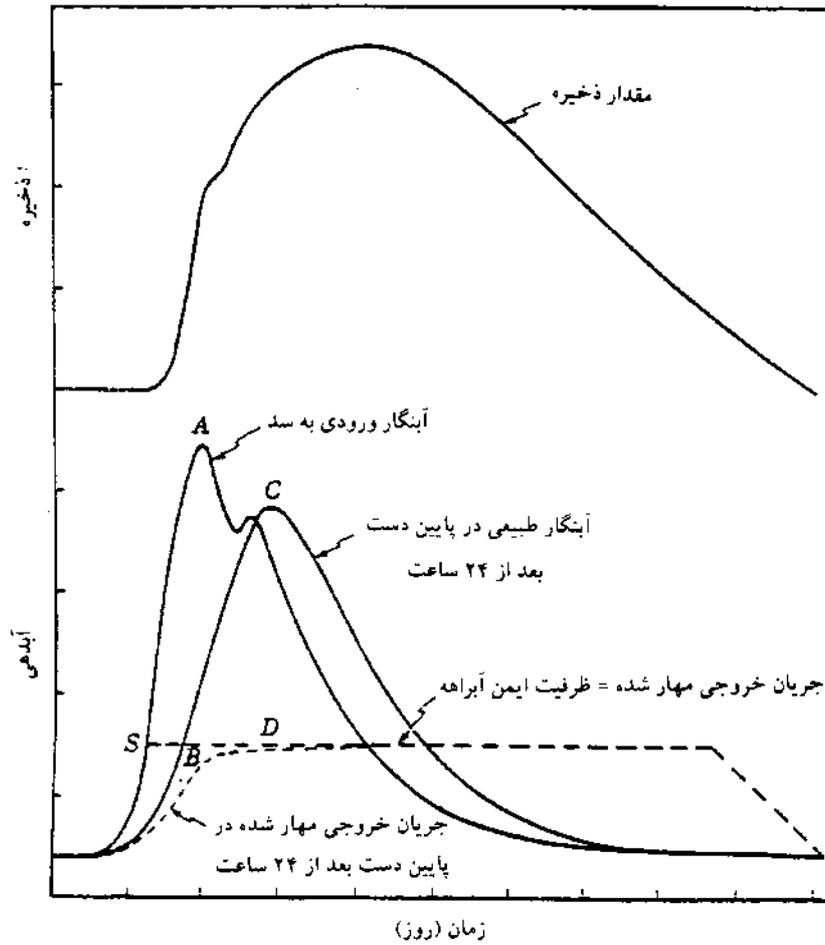
1- Storage Reservoir

2- Retarding Reservoir

3- Sluiceway

4- Wing Dam





شکل ۴-۱- کارکرد یک مخزن مهار سیلاب در شرایط آرمانی



شکل ۴-۲- یک نمونه از سدهای تأخیری



محل و گنجایش مخزن دو معیار اصلی برای طراحی سدهای مخزنی و بازدارنده برای کاهش اوج سیلاب و در نتیجه مهار آن می‌باشند. این دو معیار شدیداً در ارتباط با یکدیگر بوده و بطور متقابل بر یکدیگر تحت تأثیر می‌گذارند.

در طرح‌های مهار سیلاب عموماً مطلوب‌ترین وضعیت آن است که محل مخزن درست در بالادست محل یا بازه موردنظر برای حفاظت باشد و شرایط توپوگرافی منطقه نیز برای احداث سد با حجم مخزن کافی مناسب باشد. با وجود این، در عمل چنین شرایطی بندرت پیش می‌آید. از این گذشته در چنین وضعیتی غالباً هزینه احداث سد زیاد و ارزش اراضی نیز که در داخل مخزن قرار می‌گیرند، بالا می‌باشد.

در صورتی که محل مخزن در بالادست رودخانه و به فاصله نسبتاً زیاد از بازه موردنظر برای حفاظت در نظر گرفته شود باید جریانهای میان حوضه‌ای (حوضه آبریز حد فاصل محل سد و بازه موردنظر) نیز مورد توجه قرار گیرد. در این صورت جریانهای ناشی از حوضه آبریز پائین‌دست سد ممکن است به میزانی زیاد باشد که اثر تسکین مخزن را بر روی سیلاب بالادست از بین ببرد. به عبارت دیگر مجموع دو آبدهی رها شده از سد و حوضه میانی از ظرفیت آبدهی ایمن رودخانه بیشتر شود.

محدودیت دیگر مخازن بالادست رودخانه، گنجایش آنها می‌باشد. در واقع در بالادست رودخانه و به ویژه در سرشاخه‌های آن عموماً شرایط توپوگرافی به گونه‌ای است که اجازه احداث سد با گنجایش زیاد را نمی‌دهد.

در هر صورت درجه حفاظت و قابلیت اعتمادی که می‌تواند به وسیله یک مخزن مهار سیلاب حاصل شود، با توجه به جریان‌های میان حوضه‌ای به نسبت افزایش فاصله محل مورد حفاظت با محل سد، به شدت کاهش پیدا می‌کند. لذا در یک حوضه آبریز بزرگ برای حفاظت کافی و مؤثر عموماً استفاده از سیستم مخازن به همراه اقدامات تکمیلی بر روی آبراهه از قبیل احداث گوره ضرورت پیدا می‌کند.

یکی از معیارهای ارزیابی اثر مخزن یا سیستم مخازن مهار سیل، درصدی از مساحت حوضه آبریز است که در بالادست مخزن یا مخازن قرار می‌گیرد و به عبارت دیگر جریانهای آن به مخزن منتهی می‌شود. این معیار با وجود اینکه بیشتر جنبه کیفی دارد، معهداً از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. بطور کلی برای حفاظت مؤثر باید حداقل دو سوم مساحت حوضه آبریز تحت مهار مخزن باشد. [۳۹].



به بیان ساده، گنجایش موردنیاز برای مخزن (برای یک سیلاب ویژه) عبارت است از تفاوت جریان ورودی از جریان خروجی در مدت زمان جاری شدن سیلاب. برای تعیین گنجایش مخزن، ابتدا آبنمود سیلاب طراحی را به مخزن فرضی با گنجایش نامحدود وارد می‌کند و با توجه به یک مقدار تخلیه فرضی، نحوه استهلاك سیل را در مخزن بررسی می‌کنند. به این ترتیب حداکثر میزان ذخیره سیلاب در آن تعیین می‌شود. لذا حجم ذخیره شده سیلاب را معادل با گنجایش مخزن مورد نیاز برای مهار همان سیل تلقی می‌کنند.

اما در عمل ملاحظات ویژه و متعددی وجود دارد که وضعیتی پیچیده و مشکلی را پدید می‌آورد و فرآیند محاسبات را از آن شکل ساده و سهل یاد شده خارج می‌سازد. میزان تخلیه سیلاب از مخزن را نباید دفعتاً و بطور ناگهانی تغییر داد، و از اینرو محاسبات روندیابی سیلاب باید منطبق بر ضوابطی باشد که قبلاً حداکثر تغییرات مجاز در میزان تخلیه را مشخص و معلوم می‌کند. علاوه بر آن، ظرفیت یا قدرت تخلیه مجاری خروجی ممکن است بدان حد نباشد که در شرایطی که هنوز سطح آب دریاچه صعود ننموده و به ترازهای بالا نرسیده است، قادر به عبور دادن حداکثر تخلیه تنظیم شده باشد. در این گونه موارد، لازم است ابتدا یک طرح مقدماتی از سد و مخزن آماده شود تا بدان وسیله بتوان رابطه میان ظرفیت ذخیره‌سازی سد با قدرت تخلیه آن را بدست آورد.

۴-۴ روندیابی سیلاب

۱-۴-۴ مبانی روندیابی

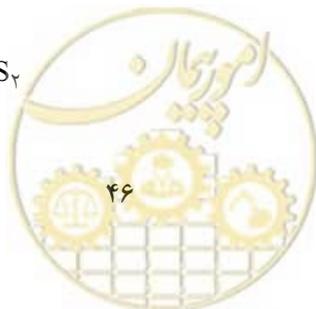
برای روندیابی سیلاب می‌توان از معادله پیوستگی جریان به شرح زیر استفاده نمود:

$$I - O = \frac{dS}{dt} \quad (۱-۴)$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{t_1}^{t_2} I dt - \int_{t_1}^{t_2} O dt \quad (۲-۴)$$

در این معادلات I بده جریان ورودی، O بده جریان خروجی، S میزان جریان ذخیره شده و t زمان را معرفی می‌کند. در معادلات روندیابی به فاصله زمانی t_1 تا t_2 زمان تناوب روندیابی (Δt) اطلاق می‌شود. همچنین برای سهولت حل مسئله فرض می‌شود که میانگین بده جریانهای ورودی در زمانهای نظیر t_1 و t_2 برابر است با میانگین بده جریان در طول زمان تناوب. در این صورت معادله پیوستگی جریان بر روندیابی به شرح زیر خواهد شد:

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = S_1 - S_2 \quad (۳-۴)$$



اساس غالب روشهای روندیابی ذخیره‌ای را معادله بالا تشکیل می‌دهد. به این ترتیب در یک روندیابی ذخیره‌ای معلومات مسئله عبارتند از: I_1, I_2, O_1, S_1 و مجهولات آن O_2 و S_2 . از آنجا که تعداد مجهولات در رابطه بالا دو عدد می‌باشد لذا برای حل کامل آن لازم است یک رابطه دیگر بین جریان و ذخیره برقرار گردد. در واقع مشکلات اصلی روندیابی ذخیره‌ای در ارتباط با نحوه برقراری رابطه دوم است.

۲-۴-۴ روندیابی سیلاب در مخازن

از آنجا که روندیابی هیدرولوژیک عبارت است از حل معادله پیوستگی جریان لذا، برای یک سیلاب باید حجم جریان خروجی برابر با حجم جریان ورودی و تغییرات حجم ذخیره باشد.

ساده‌ترین حالت روندیابی جریان در مخزن حالتی است که در آن بده جریان خروجی از مخزن تابع تراز سطح آب در مخزن باشد. چنین مخزنی ممکن است دارای یک سرریز ساده (مهار شده) یا خروجی بدون دریچه (روزنه‌ای) باشد. مخازن مجهز به سرریز یا روزنه دریچه‌دار را می‌توان همانند یک سرریز ساده یا روزنه بدون دریچه تلقی کرد به شرطی که گشودگی دریچه‌ها بهنگام روندیابی تغییر نکنند.

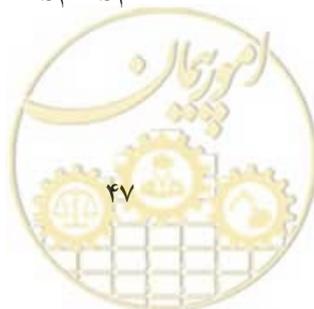
معادله بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$I_1 + I_2 + \left(\frac{\Delta S_1}{\Delta t} - O_1 \right) = \frac{\Delta S_2}{\Delta t} + O_2 \quad (4-4)$$

گفته شد که برای حل معادله روندیابی لازم است یک رابطه دیگر برقرار شود. برای این منظور از روابط (منحنی‌های) ارتفاع - حجم و ارتفاع - تخلیه (بده خروجی) استفاده می‌شود. به کمک اطلاعات اخیر رابط (منحنی) O با $\frac{\Delta S}{\Delta t} + O$ برقرار یا ترسیم می‌شود.

شیوه روندیابی در مخازن با سرریز و یا خروجی کنترل شده بستگی به نحوه بهره‌برداری از آن دارد. با استفاده از رابطه اخیر یک معادله عمومی برای این نوع مخازن بدست می‌آید:

$$\frac{I_1 + I_2}{\Delta t} - \frac{O_1 + O_2}{\Delta t} - O_R \Delta t = S_2 - S_1 \quad (5-4)$$



در اینجا O بده خروجی کنترل نشده و O_R بده خروجی تنظیم شده است. در صورتی که مقدار O برابر با صفر شود این معادله روندیابی به شکل زیر نوشته می شود:

$$I\Delta t - O_R\Delta t + S_1 = S_2 \quad (6-4)$$

این معادله به سهولت برای مقادیر مختلف ارتفاع مخزن و S_2 قابل حل است. چنانکه مقدار O صفر نباشد معادله روندیابی چنین خواهد شد:

$$I_1 + I_2 - 2O_R + \left(\frac{2S_1}{\Delta t} - O_1\right) = \left(\frac{2S_2}{\Delta t} + O_2\right) \quad (7-4)$$

تنها تفاوت معادله اخیر با معادله روندیابی با خروجی کنترل نشده در عامل O_R می باشد.

اگر میزان بازشدگی دریچه ها ثابت بماند، مقدار بده خروجی تابعی از تراز سطح آب بوده و حل معادله نیازمند برقراری یک گروه روابط یا منحنی ها $(\frac{2S}{\Delta t} + O)$ برای گشودگیهای مختلف دریچه است. شیوه روندیابی به استثنای اینکه برای هر مقدار گشودگی دریچه باید از رابطه یا منحنی ذی ربط استفاده شود، همانند روش مذکور در بالا است.

مثال ۳-۴-۴

برای یک مخزن فرضی مشخصه های آنمودورودی در ستون ۲ و ۳ جدول ۲-۴ داده شده است. با فرض اینکه تراز آب در تاج سرریز سد برابر با صفر باشد، رابط بین حجم آب ذخیره شده در مخزن و تراز سطح آب مطابق ستونهای ۲ و ۳ جدول ۱-۴ خواهد شد. هدف طراحی یک سرریز ساده است به گونه ای که ارتفاع بیشینه آب در تاج سرریز کمتر از ۳ متر باشد.

ابتدا فرض می کنیم که طول سرریز ۲۰۰ متر و ضریب آن ۰/۷۵ می باشد. بنابراین ظرفیت سرریز $443 H^{3/2}$ مترمکعب در ثانیه خواهد شد:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} b H^{3/2} = \frac{2}{3} \times 0.75 \times 4/43 \times 200 H^{3/2} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (8-4)$$

توجه شود که بده بیشینه ۳۳۰۰ مترمکعب در ثانیه باید با روندیابی سیلاب به $(443 \times 3^{3/2})$ یعنی ۲۳۰۰ مترمکعب بر ثانیه کاهش پیدا کند.



جدول ۴-۱- مقادیر ارتفاع و حجم و ... برای مخزن

ردیف	ارتفاع (H) (متر)	حجم (V) (میلیون مترمکعب)	بده خروجی (O) متر مکعب بر ثانیه	$\frac{\sum V}{\Delta t} + O$ متر مکعب بر ثانیه
۱	۰/۵	۴۵	۱۵۶	۲۶۵۶
۲	۱	۹۰	۴۴۳	۵۴۴۳
۳	۱/۵	۱۳۸	۸۱۴	۸۴۸۰
۴	۲	۱۸۸	۱۲۵۳	۱۱۶۹۷
۵	۲/۵	۲۴۳	۱۷۵۱	۱۵۲۵۱
۶	۳	۳۰۰	۲۲۰۲	۱۸۹۶۹

در جدول ۴-۱ گام زمانی (تناوب) روندیابی ۱۰ ساعت در نظر گرفته شده است. با استفاده از معادله روندیابی و اطلاعات جدول ۴-۱ محاسبات روندیابی به شرح جدول ۴-۲ انجام گرفته است.

جدول ۴-۲- داده‌ها روندیابی

ردیف	زمان (T)	بده ورودی (I)	$I_1 + I_2$	بده خروجی (O)	$\frac{\sum S}{\Delta t} - O$	$\frac{\sum S}{\Delta t} + O$	ستون
۱	۰	۲۰۰	-	۰	۰	۰	۱
۲	۱۰	۹۶۰	۱۱۶۰	۶۸	۱۰۲۴	۱۱۶۰	۲
۳	۲۰	۱۷۲۰	۲۶۸۰	۲۶۳	۳۱۷۶	۳۷۰۴	۳
۴	۳۰	۲۴۸۰	۴۲۰۰	۶۷۹	۶۰۱۸	۷۳۷۶	۴
۵	۴۰	۳۲۴۰	۵۷۲۰	۱۲۵۹	۹۲۲۰	۱۱۷۳۸	۵
۶	۵۰	۲۸۶۰	۶۱۰۰	۱۷۶۱	۱۱۷۹۸	۱۵۳۲۰	۶
۷	۶۰	۲۴۸۰	۵۳۴۰	۲۰۳۱	۱۳۰۷۶	۱۷۱۳۸	۷
۸	۷۰	۲۱۰۰	۴۵۸۰	۲۱۰۷	۱۳۴۴۱	۱۷۶۵۶	۸
۹	۸۰	۱۷۲۰	۲۸۲۰	۲۰۴۹	۱۳۱۶۳	۱۷۲۶۱	۹
۱۰	۹۰	۱۳۴۰	۳۰۶۰	۱۸۹۵	۱۲۴۳۳	۱۶۲۲۳	۱۰
۱۱	۱۰۰	۹۶۰	۲۳۰۰	۱۶۷۸	۱۲۴۳۳	۱۴۷۳۳	۱۱

* t_1 زمان بر حسب ساعت و بده بر حسب متر مکعب در ثانیه

ملاحظه می‌شود که خروجی بیشینه برابر با 21.07 مترمکعب در ثانیه (کوچکتر از 23.00 مترمکعب بر ثانیه) و ارتفاع بیشینه بر روی سرریز $H = \frac{(21.07)^{2/3}}{443} = 2/83$ متر است.

۵-۴ ملاحظات بهره‌برداری

با توجه به تفاوت‌هایی که در عملکرد مخازن مهار سیلاب یعنی مخازن ذخیره‌ای و تأخیری وجود دارد، می‌توان گفت که مخازن تأخیری نیاز به برنامه بهره‌برداری یا تخلیه ویژه ندارد. چراکه سیستم خروجی جریان در نوع اخیر ثابت و به صورت خودکار می‌باشد. از سوی دیگر عموماً منافع اقتصادی چنین ایجاب می‌کند که سدهای ذخیره‌ای با اهداف مختلف و به صورت چند منظوره طرح و احداث شوند. در این صورت تنها بخشی از گنجایش مخزن برای مهار سیلاب اختصاص داده می‌شود و از مابقی آن بسته به مورد برای مصارف دیگر از قبیل تأمین آب برای کشاورزی و یا سایر مصارف، تولید انرژی و یا حفظ حداقل بده رودخانه استفاده می‌شود. به این ترتیب در بیشتر موارد تحقق هدف مهار سیلاب منوط به اجرای برنامه بهره‌برداری مطلوب از مخزن خواهد شد.

از آنجا که برنامه‌ریزی بهره‌برداری از مخزن یکی از جنبه‌های اصلی پروژه‌های مهار سیلاب را تشکیل می‌دهد، لذا به مجرد مشخص شدن محل مخزن و مقدار ذخیره برای هر یک از اهداف، باید مطالعه دقیقی برای رسیدن به مطلوب‌ترین شرایط بهره‌برداری بعمل آید. با وجود این، لازم است توجه شود که به علت طبیعت تصادفی و بختی بودن جریان ورودی به مخزن در عمل امکان تهیه یک برنامه ثابت بهینه وجود ندارد. از این رو استفاده از مدل‌های ریاضی برای بهره‌برداری از مخزن از جمله برنامه‌ریزی پویا یک امر ضروری است. به طور کلی خواه به هنگام تهیه برنامه بهره‌برداری در مرحله طراحی مخزن و سد و خواه به هنگام بهره‌برداری از مخزن پس از اجرای طرح، رعایت نکات زیر می‌تواند منجر به استفاده مطلوب از گنجایش ویژه مخزن برای مهار سیلاب و اهداف دیگر شود:

الف - یک مخزن ویژه مهار سیلاب و تنظیم جریان باید به طریقی بهره‌برداری شود که در پایان فصل سیلاب (یافصل تر) در وضعیت حداکثر ذخیره و در پایان تابستان (فصل خشک) در وضعیت حداقل ذخیره قرار گیرد.

ب - گنجایش و ظرفیتی از مخزن که به مهار سیلاب تخصیص یافته، باید فقط آن قسمت از سیلاب را ذخیره کند که در صورت تخلیه و رها شدن به پائین دست سد، خسارات عمده‌ای پدید می‌آورد. بدین ترتیب بدیهی است چنانچه بتوان میزان تخلیه (مجاز) از سد را بالا برده و افزایش داد، طبعاً گنجایش کمتری برای ذخیره سیلابها مورد نیاز خواهد بود.

پ - تغییر دادن سرعت تخلیه سیلاب از مخزن باید آنچنان انجام گیرد که باعث بروز شرایط بحرانی در پائین دست نگردد. تغییرات جریان رها شده از سد حتی المقدور باید به مراتب کمتر از تغییرات آبدی رودخانه باشد که بیش از احداث سد، وجود داشته است.



ت - در عمل شرایط و مواردی پیش می‌آید که منجر به تنزل کارایی بهره‌برداری از سدهای مهار سیلاب می‌شود. برای منظور نمودن شرایط مزبور، معمولاً سرعت تخلیه را کمتر از حداکثر تخلیه مجاز در نظر می‌گیرند و عملاً حدود ۸۰ درصد تخلیه مجاز را در طراحی و برنامه بهره‌برداری منظور می‌کنند. معهذا لازم است به این امر مهم توجه شود که حین اجرای برنامه بهره‌برداری باید کوشید تا از حداکثر قدرت تخلیه مجاز سد و بطور کامل استفاده گردد و از این طریق منافع حاصل از مهار سیل‌ها به حداکثر رسانده شود.

۶-۴ ملاحظات اقتصادی

ملاحظات اقتصادی طرحهای مهار سیلاب با احداث سدهای مخزنی بخشی از مبحث اقتصاد منابع آب بطور عام و جنبه‌ای از تحلیل اقتصادی طرحهای مهار سیلاب را بصورت خاص تشکیل می‌دهد که در اینجا مبانی آن مورد توجه قرار گرفته است.

در این گونه پروژه‌ها نیز همانند سایر کارهای مهار سیلاب دو عامل میزان هزینه و منافع حاصله (کاهش خسارت) مورد بررسی قرار می‌گیرد و حتی الامکان نقطه بهینه آن تعیین می‌گردد. طبق معمول طرحهای مهار سیلاب، تعیین وضعیت بهینه با تحلیل فراوانی منافع و خسارات ناشی از آن امکان‌پذیر می‌شود. به عبارت دیگر بدلیل ماهیت احتمالی پدیده سیلاب، باید هزینه‌ها و منافع حاصله نیز به صورت احتمالی مورد توجه قرار گیرد.

عموماً با افزایش دوره برگشت سیل و در نتیجه افزایش حجم مخزن، هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیز افزایش پیدا می‌کند. اما خسارات مورد انتظار بدلیل حفاظت بیشتر، کاهش پیدا می‌کند. برای تحلیل هزینه‌ها و منافع در پروژه‌های مهار سیلاب با احداث سدهای مخزنی عموماً باید عوامل زیر مورد توجه قرار گیرد:

- ظرفیت ذخیره
- کاهش اوج سیلاب
- هزینه کل پروژه
- هزینه در حجم واحد ذخیره
- ارزش حال^۱ سودهای حاصله

بطور کلی حجم مخزن مورد نیاز هر واحد از آبدهی سیل بیشینه با بالا رفتن «میزان کاهش خسارت مورد انتظار»، افزایش پیدا می‌کند. در صورتی که فرض شود یک آبنمود به شکل مثلث باشد، لذا ظرفیت ذخیره مورد نیاز برای کاهش یک سیل با بیشینه مشخص، با مجذور کاهش اوج سیل، تغییر می‌کند. بنابراین معمولاً با کاهش بیشتر اوج سیلاب، سود حاصله از یک واحد کاهش اوج کمتر می‌شود. دلیل این امر را می‌توان چنین تبیین کرد که هرچه اوج سیلاب بیشتر کاهش پیدا کند، آن قسمت از اراضی مورد حفاظت قرار می‌گیرد که خسارات وارده به آنها کمتر بوده و

1- Present Worth



به عبارت دیگر حفاظت به حد نهایی^۱ نزدیک می‌شود. با وجود اینکه بطور معمول هزینه واحد حجم ذخیره در مخزن با افزایش حجم مخزن، کاهش پیدا می‌کند، لیکن در برخی موارد عکس این موضوع اتفاق می‌افتد.

در شکل ۳-۴ نتایج ترسیمی نحوه بررسی اقتصادی یک پروژه مهار سیلاب با احداث سد مخزنی نشان داده شده است. در این شکل منحنی A تغییرات هزینه واحد حجم ذخیره را با تغییرات ظرفیت ذخیره نشان می‌دهد. منحنی B نیز کاهش اوج سیلاب را نشان می‌دهد که می‌تواند برای ظرفیت‌های مختلف حاصل شود. با استفاده از دو منحنی یاد شده، منحنی C ترسیم شده که هزینه کل پروژه را برای یک مقدار معین کاهش اوج سیلاب نشان می‌دهد. در همان شکل منحنی D تغییرات ارزش حال سودهای حاصله (برآورد شده) از کاهش اوج سیلاب را نشان می‌دهد.

مطالعه شکل مذکور گویای این امر است که شرایط بهینه برای پروژه مورد نظر عبارت است از کاهش اوج سیلاب به میزان ۶۰۰۰۰ فوت مکعب بر ثانیه معادل با ظرفیت ذخیره ۲۸۰۰۰۰۰ ایکرفوت. چرا که در این وضعیت بیشترین سود خالص حاصل می‌شود. باید توجه شود که سرمایه‌گذاری بعد از این نقطه سودهایی را حاصل می‌کند که کمتر از افزایش هزینه‌ها می‌باشد. لذا از دید اقتصادی، توسعه حجم مخزن برای ظرفیت بیشتر از ۲۸۰۰۰۰۰ ایکرفوت، قابل توجیه نیست.

۷-۴ فهرست مطالعات مخزن

در جدول ۳-۴ فهرست و گامهای مطالعات مورد نیاز برای مخزن در طرحهای مهار سیلاب به شیوه احداث مخزن از مرجع [۳۸] آمده است. در این باره چند نکته لازم به توضیح است.

الف - همانطوری که ملاحظه می‌شود، این مطالعات صرفاً مطالعات و طراحی غیر سازه‌ای بخش مخزن از یک طرح مهار سیلاب به شیوه احداث سدهای مخزنی را در برمی‌گیرد. از اینرو به سایر عناوین مطالعات مورد نیاز اعم از مطالعات پایه و تخصصی از قبیل مطالعات هیدرولوژی، هیدرولیک و پهنبندی سیل و... پرداخته نشده است.

ب - نکته بعدی دیگر نحوه برخورد با موضوع است که خود ناشی از پیشرفتهای به عمل آمده در جنبه‌های مختلف تحلیل رخدادهای سیل و خسارات و... و عملکرد مخزن است. در این رابطه می‌توان با توجه به ماهیت تصادفی رخدادهای و منظور کردن عدم قطعیتها در ارزیابی عملکردی و اقتصادی مخزن و بالاخره به شیوه تحلیل اقتصادی طرح براساس خطر اشاره نمود.

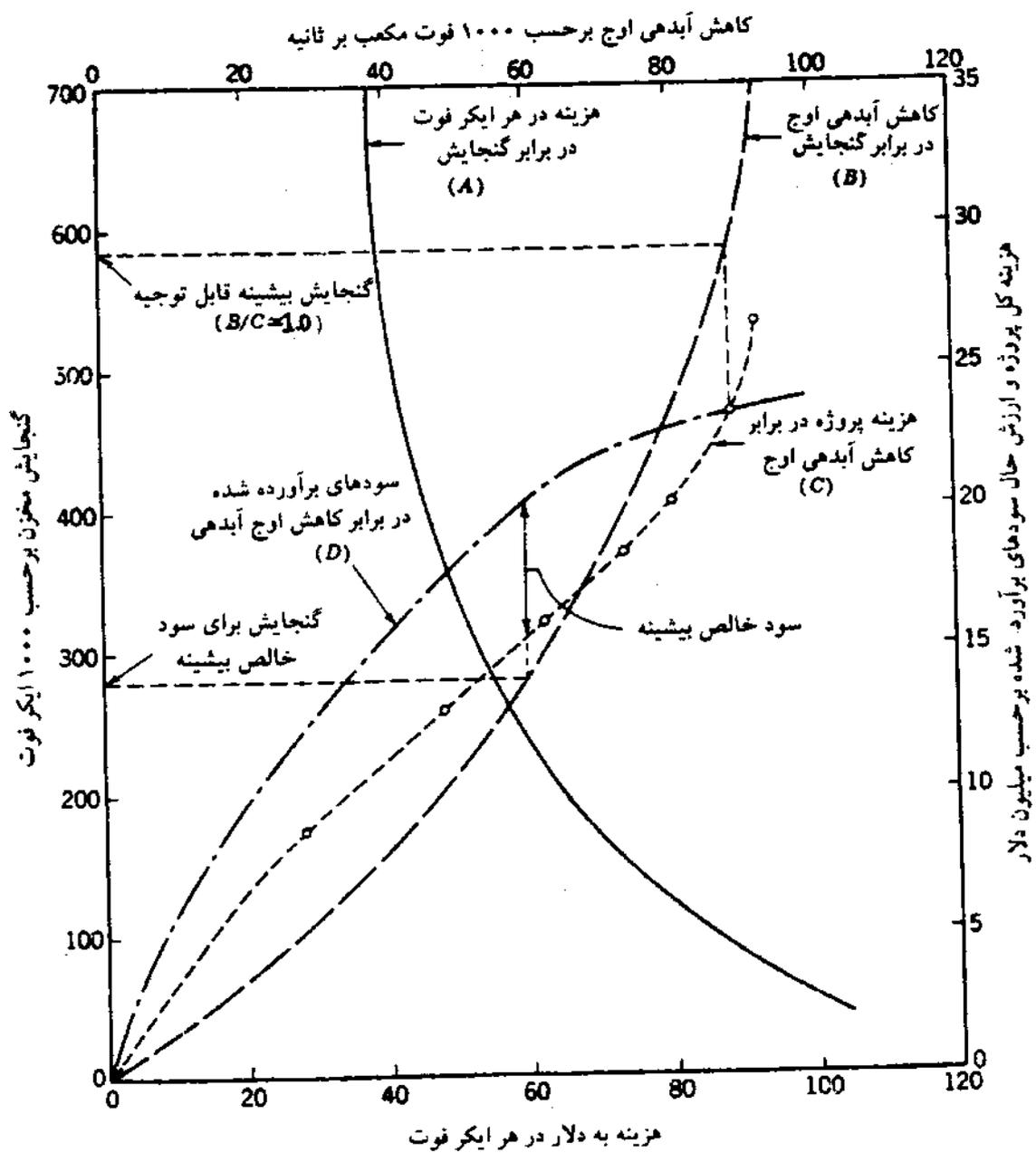
پ - توجه به اهمیت شرایط زیست محیطی منطقه مورد مطالعه و آثار زیست محیطی اجرای طرح به ویژه در جانمایی مولفه‌های طرح و بهینه کردن عوامل فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی از جمله نکات بارز فهرست یاد شده می‌باشد.



جدول ۴-۳- فهرست مطالعات مورد نیاز برای مخزن

موضوع	نوع و اجزاء مطالعه
<p>- بررسی گزینه‌های ساختگاه سد با توجه به رابطه مساحت حوضه آبریز با ظرفیت مخزن</p> <p>- تعیین نواحی حساس حاشیه و محیط آبی رودخانه و سد به لحاظ زیست‌محیطی</p> <p>- شناسایی مراکز خسارات و خرابی، مشخص نمودن مناطق توسعه یافته و تعریف کاربری اراضی برای انتخاب ساختگاه</p> <p>- تعیین فرصتهای مربوط به همگرایی و همیاری عناصر سیستم با یکدیگر</p>	جانمایی طرح
<p>- تعیین میزان تعدیل تابع فراوانی بده و خسارات سیلاب در پایین دست در صورت اجرای پروژه برای شرایط حال و آینده</p> <p>- مشخص نمودن میزان عدم قطعیت در تابع فراوانی بده و خسارات سیلاب</p> <p>- فرمول‌بندی و ارزیابی دامنه خروجی‌های جریان از سد برای ظرفیتهای متفاوت با استفاده از روش تحلیل خطر.</p>	اقتصاد
<p>- تعیین احتمال رخدادها در بعد سالانه</p> <p>- تعیین احتمال رخدادها در طول عمر طرح</p> <p>- توصیف نحوه بهره‌برداری برای دامنه‌ای از رخدادها و تحلیل حساسیت نقاط بحرانی</p> <p>- توصیف توالی رخدادهای بیش از ظرفیت طراحی</p> <p>- تعیین قابلیت اعتماد برای دامنه رخدادها</p> <p>- ارزیابی وضعیت پایداری سد</p>	عملکرد
<p>- فرمول‌بندی و ارزیابی مقدماتی ترکیب و شکل سرریزها و خروجی‌ها در حالات مختلف</p> <p>- تحلیل رسوبگذاری مخزن</p> <p>- ارزیابی کلیه اثرات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی پایین دست</p> <p>- فرمول‌بندی طرح‌های بهره‌برداری مقدماتی مختلف</p>	طراحی
<p>- ارزیابی شرایط زیست‌محیطی حاشیه رودخانه و سد بعد از اجرای طرح</p> <p>- ارزیابی آثار زیست‌محیطی حاشیه و محیط آبی رودخانه و سد، شناسایی فرصتهای بهبود و تقویت آن</p> <p>- پیش‌بینی و شناسایی فرصتهای تفریحی ناشی از اجرای طرح</p>	زیست‌محیطی - اجتماعی





شکل ۴-۳- تحلیل هزینه‌ها برای سدهای مهار سیلاب



۵- محدودسازی سیلاب^۱

محدود کردن جریان سیلاب در یک عرض معین از رودخانه به کمک سازه‌هایی نظیر گوره‌ها^۲ و دیواره‌های سیل‌بند^۳ انجام می‌گیرد. این سازه‌ها از پخش شدن و گسترش سیلاب در زمینهای اطراف رودخانه جلوگیری کرده و آن را در یک مسیر و مجرای مشخص و محدود هدایت می‌کند.

ساخت گوره‌ها (خاکریزهای سیل‌بند) قدیمی‌ترین، رایج‌ترین و نیز یکی از مهمترین روشهای مهار سیلاب از دیرباز تاکنون بوده است. به عنوان مثال از حدود ۴۰۰۰ سال پیش گوره‌هایی در اطراف رودخانه نیل ساخته شده‌اند. سایر رودخانه‌های مهم دنیا نیز مواردی مشابه داشته‌اند.

در گذشته در مسیر تاریخ تمدن بشر، نزاع بین اندیشه‌های مختلف در مورد مزایا و معایب محدود کردن سیلاب در بین گوره‌ها صورت گرفته است. اولین مدارک موجود در مورد چنین نزاع‌هایی به قرن سوم پیش از میلاد مسیح برمی‌گردد. در آن زمان این باور وجود داشت که محدودسازی به وسیله گوره‌ها تأثیر معکوس بر رژیم طبیعی رودخانه‌ها داشته و برای خاک نواحی پشت گوره‌ها (در سمت خشکی^۴ گوره) زیانبار است و ایجاد شکاف در گوره‌ها در هنگام طغیان که منجر به خطرات جدی و از دست دادن جان انسانها می‌شد، باعث می‌گشت که ساخت گوره را توصیه نکرده و از کوشش برای یافتن سایر راههای جلوگیری از سیل حمایت بعمل آید.

ساخت گوره‌ها در غالب اوقات به وسیله مردمی که در سیلابدشت‌ها زندگی می‌کردند به عنوان یک اقدام حفاظتی اولیه مورد استفاده قرار می‌گرفت. به عبارت دیگر اولین گام در جهت حفاظت سیلاب معمولاً مشتمل بر ساخت گوره‌ها در سیلابدشت بود. اما کوشش برای جلوگیری از گسترش سیلاب (یعنی محدودسازی سیلاب) به عنوان یک فعالیت مهندسی، دربرگیرنده همه کارهای حفاظتی شامل سازه‌های مهار سیلاب، نگهداری مداوم و اصلاحات مورد نیاز، انجام اقدامات لازم برای حفاظت مستقیم از اثرات مخرب سیل و نیز انجام کارهای تخلیه بعد از سیلاب می‌باشد.

همچنین دیواره‌های سیل‌بند که از مصالح بتنی، سنگی، چوبی و ... ساخته می‌شوند بیشتر برای مناطق شهری یا سایر جاهایی که زمین ارزش زیادی دارد به کار می‌روند. زیرا این دیوارها برعکس گوره‌ها زمین کمتری را اشغال می‌کنند. به هر حال محدودسازی سیلاب به وسیله انواع گوره‌ها و دیواره‌های سیل‌بند به همراه اقدامات وابسته نظیر نگهداری گوره‌ها، سیل ستیزی^۵، تسهیلات ارتباطی و سایر اقدامات صورت می‌گیرد.

1- Flood Confinement

2- Levees

3- Floodwalls

4- Landside

5- Flood Fighting



نظر به اینکه کاربرد گوره‌ها بسیار گسترده‌تر از دیوارهای سیلبندها می‌باشد، ابتدا به طور مفصل به بررسی محدودسازی سیلاب به وسیله گوره پرداخته و نکات طراحی، ساخت و نگهداری آن تشریح می‌گردد. سپس در انتها به معرفی و بررسی دیوارهای سیلبندها پرداخته می‌شود.

۱-۵ گوره

گوره، بند خاکی کوتاهی است که در فواصل مختلف از کناره دو طرف رودخانه و در امتداد آن ساخته می‌شود تا به عنوان کناره‌های مصنوعی، در دوره‌های سیلابی که آب رودخانه از کناره‌های طبیعی خود بیرون می‌رود، زمین‌های اطراف رودخانه را از آب‌گرفتگی محافظت نماید. این روش از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روشهای مهار سیلاب می‌باشد و اصولاً در مناطقی که ارزش اقتصادی زمینهای اطراف رودخانه کمتر باشد توصیه می‌گردد زیرا عرض بستر انتخابی برای پای گوره زیاد است. هزینه ایجاد گوره‌ها در اغلب اوقات نسبت به سایر راههای مهار سیلاب ارزانتر و نیز قابلیت اطمینان آن بیشتر است. این روش از جمله عمومی‌ترین و اقتصادی‌ترین روشها به ویژه در رودخانه‌های بزرگ بوده و در مواردی تنها راه‌حل می‌باشد (شکل ۵-۱).

مقاطع عرضی گوره‌ها از نقطه نظر طراحی عموماً شبیه به مقاطع عرضی سدهای خاکی بوده، اما مبانی طراحی آنها به دلایل زیر کمی متفاوت می‌باشد که عبارتند از:

- گوره‌ها در دو طرف رودخانه، فقط چند روز یا حداکثر چند هفته در طول سال (در هنگام وقوع سیل) با آب در تماس می‌باشند. در حالیکه سدهای خاکی بیشتر اوقات سال با آب در تماس هستند. این بدان معنی است که از نظر طراحی، مسأله تراوش^۱ و رگاب^۲ در گوره‌ها کم‌اهمیت‌تر از سدهای خاکی است.
- محل استقرار گوره‌ها براساس نیازهای مهار سیلاب مشخص می‌شوند و این امر بدون توجه به شرایط مناسب و یا نامناسب شالوده خواهد بود. گاهی می‌توان برای دوری جستن از وضعیت نامطلوب شالوده، محل استقرار گوره‌ها را به مقدار جزئی (در صورت وجود فضای کافی) جابجا کرد. اما اغلب اوقات، محدودیت ایجاد می‌کند که از زمین نامناسب استفاده کرده و به جای تغییر در محل استقرار گوره‌ها، طراحی گوره را تغییر داده و یا در صورت امکان خاک شالوده را تقویت کرد.
- مصالحی که از آنها برای احداث گوره استفاده می‌شود از منابع قرضه نزدیک به محل احداث فراهم می‌گردد. زیرا حجم عظیمی از مصالح برای خاکریزی و احداث گوره‌ها مورد نیاز است که تهیه آن از محلی به غیر از مجاورت گوره‌ها غیر اقتصادی می‌باشد. در حالیکه برای احداث سدهای خاکی مصالح، با دانه‌بندی و مشخصات مکانیکی خاص مورد نیاز است که در صورت لزوم حتی از فواصل نسبتاً دور نیز باید تأمین گردد.



برای طراحی گوره باید تحقیق و بررسیهای لازم از جمله بررسیهای صحرائی، مطالعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیک و مکانیک خاک، بررسی منابع قرضه و مصالح ساختمانی، مطالعات مربوط به پایداری و تراوش و نیز مطالعات ریخت‌شناسی و هیدرولیکی به منظور شناخت نحوه تغییرات رودخانه و رخداد فرسایش و چگونگی جریان آب در داخل رودخانه و سواحل اطراف صورت گیرد. سپس با توجه به مسایل ایمنی و اقتصادی و درجه اهمیت طرح، بده^۱ سیلاب طراحی انتخاب می‌شود. با استفاده از این بده و با توجه به روشهای مختلف تهیه نیمرخ طولی سطح آب، برحسب فاصله گوره‌های دو طرف رودخانه از یکدیگر، تراز سطح آب در رودخانه به دست می‌آید. با افزودن ارتفاع آزاد و اضافه ارتفاع^۲ ناشی از جریان در پیچ و در نظر گرفتن عوامل محتمل دیگر، ارتفاع نهایی گوره به دست می‌آید. با معلوم بودن این ارتفاع و با توجه به بررسی‌ها و مطالعات مورد نیاز که در بالا به آنها اشاره شد، اجزاء اصلی گوره طراحی می‌شود.

۵-۱-۱ عوامل مهم در طراحی گوره‌ها:

- عواملی که باید در طراحی گوره‌ها در نظر گرفته شوند از پروژه‌ای به پروژه دیگر برحسب شرایط ویژه محل تغییر می‌کند، که اهم آنها عبارتند از:
- دیواره‌های گوره‌ها نظیر دیگر سازه‌های خاکی در اثر سرریز کردن در معرض تخریب و گسیختگی قرار می‌گیرند لذا محاسبه ارتفاع مورد نیاز از اهمیت زیادی برخوردار است.
 - ایجاد گوره‌ها باعث افزایش سطح آب در بالادست و نیز افزایش سرعت و آبشستگی در محدوده طرح و افزایش بده بیشینه^۳ سیل در پایین دست نسبت به شرایط بدون گوره می‌شود.
 - شیروانی گوره‌ها به علت فرسایش شدید ناشی از سرعت زیاد جریان به ویژه در محل پیچها نیاز به اقدامات حفاظتی با روشهای مناسب دارند.
 - طراحی، بویژه برای گوره‌های با ارتفاع زیاد (بیش از ۳ متر)، باید آنچنان باشد که از پایداری شبیها و ایمنی کافی در مقابل شکست ناشی از زه یا رگاب در بدنه و شالوده اطمینان حاصل شود.
 - گوره‌های با ارتفاع بیش از ۴ یا ۵ متر نیاز به تحلیل دقیق پایداری شیروانی و شالوده دارند. پایداری گوره به مقدار زیادی بستگی به شیب شیروانی گوره و جنس مصالح و تراز سیلاب دارد.
 - مصالح خاکی بکار رفته در گوره بر طراحی آن اثر زیادی دارد. معمولاً مصالح از قرضه‌های نزدیک گوره و در سمت رودخانه^۴ تأمین می‌گردد. لذا گاهی به دلایل فنی، اقتصادی و غیره استفاده از مصالح ضعیف اجتناب ناپذیر است که باید در طراحی، تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

1- Discharge

2- Super Elevation

3- Maximum Discharge

4- Riverside



- مسیر گوره معمولاً از موقعیت و وضعیت زمینها و تأسیسات متابعت می‌کند تا آنها حفظ شوند. اما باید محدوده‌ای کافی بین گوره‌ها برای طغیان سیل منظور شود تا تراز سیل به طور قابل توجهی بالا نیاید. زیرا در چنین حالتی بر اثر شکست گوره، خطر برای سیلابدشت بدتر از حالتی است که گوره وجود ندارد.
- دیواره‌های گوره مانع از زهکشی اراضی پشت خود می‌شوند از اینرو نیاز به اقدامات خاص به منظور تخلیه و هدایت آبهای اضافی و همچنین تخلیه آبراهه‌های فرعی به رودخانه دارند (گروه مهندسين ارتش آمریکا^۱). [۱۴].
- مساحت زیادی از اراضی در حد فاصل گوره‌های دو سمت رودخانه تصرف شده و از امکان بهره‌برداری خارج می‌گردد. در اینصورت لازم است با تحلیل و بررسی اقتصادی، عرض بهینه رودخانه را تعیین نمود. البته گاهی شرایط توپوگرافی و یا مسایل اجتماعی محدودکننده هستند.
- عامل مهم دیگر در طراحی گوره، روشی است که برای ساخت به کار می‌رود که عبارت از ساخت متراکم، نیمه‌متراکم، نامتراکم و هیدرولیکی می‌باشد. کاربری و ارزش زمین نیز بر انتخاب مقطع گوره تأثیر می‌گذارد. در نواحی پرارزش، زمینهای پر استفاده و شرایط خوب شالوده، گوره‌ها با تراکم خوب و شیبهای نسبتاً تند ساخته می‌شوند. در نواحی با ارزش کمتر، شالوده ضعیف، یا بارندگی زیاد در طول فصل ساخت، مقاطع نامتراکم یا نیمه‌متراکم با شیب شیروانی ملایم‌تر ساخته می‌شوند.

۲-۱-۵ مشخصه‌های اصلی گوره

۱-۲-۱-۵ راستای گوره^۲

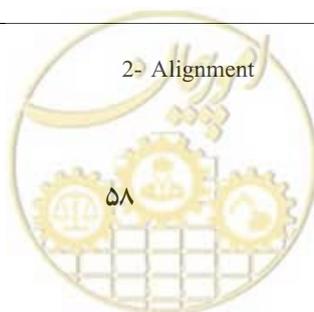
اگر مسیر رودخانه مستقیم بوده و شرایط محلی اجازه دهد، گوره را می‌توان در فواصل مساوی در دو طرف رودخانه ساخت. اما معمولاً رودخانه‌ها پیچ و خم دار بوده و مناسب نیست که مسیر گوره از پیچ و خم‌های رودخانه تبعیت کند. از این رو گوره باید تا آنجا که ممکن است مستقیم و بدون پیچهای تند باشد به طوری که کمربندی^۳ از گوره در دو طرف رودخانه ایجاد شود (مطابق شکل ۵-۱). پهنای سرتاسری این کمربند، کم و بیش باید در سرتاسر طول رودخانه ثابت بماند. تغییر راستای گوره باید توسط انحناهای با شعاع زیاد صورت گیرد. عوامل مهمی که در تعیین راستای گوره مؤثرند عبارتند از:

الف - توپوگرافی: نحوه استفاده از عوارض طبیعی حاشیه رودخانه در محدوده طرح، یکی از عوامل اصلی و مهم در انتخاب مسیرهای مختلف در گزینه‌ها می‌باشد. به این صورت که با عبور مسیر گوره بر روی زمینهای بلند حاشیه رودخانه سعی می‌شود تا حتی‌الامکان حجم خاکریزی‌ها کاهش یابد. همین‌طور از استفاده باتلاقها و دیگر گودبها برای محل استقرار گوره‌ها حتی‌الامکان باید پرهیز کرد.

1- U.S. Army Corps of Engineers (1978)

2- Alignment

3- Belt



ب - فاصله گوره‌ها: هر چه گوره‌ها به هم نزدیک‌تر باشند سطح مقطع عرضی کمتری برای عبور جریان وجود داشته و باعث بالا رفتن تراز سطح آب هنگام وقوع سیلاب خواهد شد. این موضوع منجر به ازدیاد ارتفاع گوره‌ها می‌شود. (شکل ۲-۵).

پ - مسیرسازی^۱ (هدایت مسیر): مسیرسازی به گونه‌های مختلف، باعث کم شدن طول مسیر رودخانه و در نتیجه کاهش طول گوره می‌شود. همچنین کوتاه‌تر شدن مسیر گوره‌ها خصوصاً در مناطقی که رودخانه دارای پیچ و خم زیاد و شاخه‌های غیرمفید می‌باشد، به دلیل حذف پیچ و خمها و شاخه‌های غیرمفید، می‌تواند هزینه‌های تثبیت رودخانه را کاهش دهد. با کم شدن طول رودخانه، شیب و در نتیجه سرعت افزایش یافته و تراز سیلاب و نتیجتاً ارتفاع گوره‌ها نیز کاهش می‌یابد.

ت - حریم و بستر قانونی، وجود روستاها و دیگر تأسیسات در حاشیه رودخانه، از دیگر نکاتی است که مسیر گوره‌ها را مشخص می‌کند. درجه اهمیت این موارد می‌تواند موجب انتخاب مسیرهای مختلف برای گوره‌ها گردد.

۵-۱-۲-۲ فاصله و ارتفاع گوره‌ها

همان‌گونه که بین گوره‌های بلند و دارای فاصله کم از کناره رودخانه، عبور می‌کند، بین گوره‌های کوتاه با فاصله زیاد از کناره نیز عبور می‌کند (شکل ۲-۵)، از این رو فاصله و در نتیجه ارتفاع گوره‌ها به عوامل زیر بستگی دارد:

- اقتصاد: از نظر هزینه اجرا، گوره‌های کوتاه ارزانتر ساخته می‌شوند. این موضوع نه تنها به علت حجم کمتری است که برای مصالح به کار می‌رود بلکه به این دلیل است که رقوم بلند و مرتفع برای ساخت خاکریزها، هزینه بیشتری در پی دارد. چون هم حجم عملیات و هم ضرایب هزینه کار در ارتفاع، افزایش می‌یابد. موقعیت صحیح برای جانمایی گوره‌ها از نظر اقتصادی آنست که جمع هزینه گوره و ارزش (قیمت) زمینهای احیاء نشده (محافظت نشده) بین گوره‌ها را حداقل سازد.

- ایمنی: شکست گوره نه تنها به علت سرریز شدن آب ناشی از یک سیل استثنایی می‌باشد بلکه می‌تواند مربوط به مسایل فنی نیز باشد. از آنجا که توجه به مسایل ایمنی با ملاحظات اقتصادی جور در نمی‌آید لذا باید یک طرح بهینه قبل از اتخاذ تصمیم نهایی تهیه گردد که در آن یک خطر^۲ معقول پذیرفته شده باشد.

- هیدرولیک: برای یک بده معین، تراز آب در قسمت گوره بندی شده از دیگر قسمتها بلندتر خواهد بود. از این رو باعث پس زدن آب در بالادست آن قسمت می‌شود. بنابراین عمق آب محاسبه شده باید در تعیین ارتفاع گوره در نظر گرفته شده و ملاحظات کافی در مورد نیمرخ طولی پس زدگی آب در بالادست اعمال شود.

- ارتفاع آزاد^۳: ارتفاع گوره در بالای تراز بیشینه سطح آب، ارتفاع آزاد نامیده می‌شود. ارتفاع نهایی گوره با اضافه کردن ارتفاع آزاد به تراز بیشینه طراحی حاصل می‌شود.

1- Canalization

3- Free Board (F.B.)



معمولاً برای انتخاب فاصله بهینه بین گوره‌ها، گزینه‌های مختلف در نظر گرفته می‌شوند و براساس محاسبات هیدرولیکی، ارتفاع گوره‌ها تعیین و سپس هزینه‌ها برآورد می‌گردد. با مقایسه کردن بین گزینه‌ها، گزینه دارای هزینه کمتر انتخاب می‌گردد.

نکته بسیار مهم در رابطه با فاصله و ارتفاع گوره‌ها آن است که ادامه شیب جانبی گوره نباید بستر رودخانه را قطع کند. همچنین برای اطمینان از حفاظت گوره‌ها در مقابل پیشروی و تخریب دیواره‌های رودخانه‌های بزرگ، حداقل فاصله پنجه گوره از لبه رودخانه (یا منابع قرضه) ۱۲ متر می‌باشد. [۱۴].

۵-۱-۲-۳ ارتفاع آزاد

فاصله بین تاج گوره و تراز بیشینه آب در سیلاب طرح، ارتفاع آزاد نامیده می‌شود. این ارتفاع اضافی برای اطمینان در مقابل سیلابهای بزرگتر از سیلاب طرح بوده و گوره را در مقابل امواج سیل محافظت می‌کند. ارتفاع آزاد، اضافه ارتفاع گوره را برای عواملی که نمی‌توانند به‌طور مستدل و دقیق در محاسبات نیمرخ طولی سطح آب آورده شوند تأمین می‌کند و باید عواملی مثل ارتفاع ناشی از باد و موج، مسأله نشست، اضافه ارتفاع ناشی از جریان آب در خم‌ها و امکان تخریب سطح فوقانی گوره را در نظر گرفت.

قسمت فوقانی خاکریز به اندازه ۰/۴ تا ۲ متر بسته به جریان آب و امواج سطحی باید از تراز سطح آب بالاتر باشد. در بعضی از کتابها این ارتفاع اضافی را به اندازه ۰/۵ تا ۱/۵ متر در نظر می‌گیرند (پاول پیتر، ۱۹۸۲). [۱۳]. حداقل مجاز ارتفاع آزاد معمولاً ۰/۶ متر برای گوره‌های واقع در زمینهای کشاورزی و ۱ متر برای گوره‌های واقع در نواحی شهری در نظر گرفته می‌شود (پترسن، ۱۹۸۶). [۳۳].

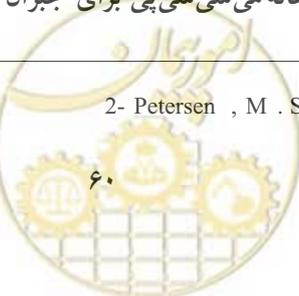
به هر حال حداقل ارتفاع آزاد برای گوره باید ۰/۵ متر باشد. همچنین باید توجه ویژه‌ای در انتخاب ارتفاع آزاد در جایی که سرعتها فوق بحرانی هستند، در نظر گرفته شود.

۵-۱-۲-۴ نشست

- در تعیین ارتفاع نهایی گوره، نشستی را که بعد از تکمیل خاکریز و پدیده تحکیم روی می‌دهد باید منظور کرد. این نشست نهایی بستگی به خصوصیات مصالح، درجه اشباع، روش اجرای گوره، ارتفاع گوره، نوع شالوده و باربری خاک شالوده دارد. کمیسیون رودخانه می‌سی‌سی‌پی برای جبران نشست، اضافه ارتفاع به میزان ۱۵ درصد برای

1- Pavol Peter (1982)

2- Petersen , M . S . (1986)



کار کردن با اسکرپر، ۲۰ درصد برای کار کردن با واگن و ۲۵ درصد برای کار کردن با دراگ لاین و سایر ماشین آلات حفاری را لازم می‌داند، اما معتقد است گوره‌ای که خوب ساخته شده باشد تا این اندازه نشست نخواهد کرد.

- گروه مهندسين ارتش آمریکا اضافه ارتفاع لازم را برای مقابله با کاهش ناشی از نشست، بسته به نوع خاک برای خاکریزهای متراکم از ۰ تا ۵ درصد، خاکریزهای نیمه متراکم ۵ تا ۱۰ درصد، خاکریزهای نامتراکم ۱۵ درصد و ۵ تا ۱۰ درصد برای خاکریزی به روش هیدرولیکی در نظر می‌گیرد. چون باید ارتفاع گوره بعد از نشست، حداقل تا ارتفاع از قبل تعیین شده باشد، پس بهتر است که مقدار بیشینه نشست در محاسبات منظور شود.

۵-۲-۱-۵ ارتفاع نهایی گوره

ارتفاع نهایی گوره (H_t) را می‌توان با توجه به رابطه زیر تعیین کرد:

$$H_t = h + F.B. \quad (۱-۵)$$

$$F.B. = \Delta h + h_s + h_w + F.B.\min \quad (۲-۵)$$

- h - ارتفاع تراز سطح آب در بدنه سیلاب طرح است که از محاسبه نیمرخ طولی سطح آب بدست می‌آید،
 $F.B.$ - ارتفاع آزاد،

Δh - اضافه ارتفاع تراز سطح آب ناشی از جریان در پیچ (دیواره خارجی پیچ)،

h_s - ارتفاع مربوط به نشست تاج گوره (کاهش رقوم تاج گوره)،

h_w - ارتفاع ناشی از موج و باد، که برای آبراه‌ها و مسیرهای باریک این ارتفاع در ارتفاع آزاد گنجانده شده است و برای آبراه‌ها و رودخانه‌های پهن و جاهایی که احتمال امواج بزرگ وجود دارد باید جداگانه ارزیابی شود،
 $F.B.\min$ - حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز،

۵-۲-۱-۶ شیب شیروانی

- شیب شیروانی گوره از مهمترین اجزاء طراحی است که به خصوصیات مواد و مصالح تشکیل دهنده گوره، روش اجرا و مدت زمان احتمال قرارگیری گوره در مقابل جریان سیلاب بستگی دارد.

- یک شیب جانبی ۱:۲ تندترین شیبی است که امکان انجام عملیات سنگ‌چینی را برای حفاظت از گوره با استفاده از ماشین آلات فراهم کرده و همچنین تندترین شیبی است که پایداری پوشش سنگی را مطمئن می‌سازد.
 یک شیب جانبی ۱:۲/۵ تندترین شیبی است که روی آن حرکت ماشین‌آلات مطابق قواعد و به طور مناسب صورت می‌گیرد (پترسن، ۱۹۸۶). [۳۳].



- برای شیب گوره‌های بلند تحلیل پایداری خاک مورد نیاز است. معمولاً برای گوره‌هایی که ارتفاع آنها از ۴ تا ۵ متر تجاوز نمی‌کند و هیچ مشکل خاصی در مورد شالوده آنها وجود ندارد، شیب سمت رودخانه ۱:۳ تا ۱:۳/۵ و شیب سمت خشکی ۱:۲ تا ۱:۲/۵ توصیه شده است. روی گوره‌های بلند، شیب مطابق شکل (۳-۵) با یک پله^۱ (سکو) شکسته می‌شود که باعث افزایش پایداری شیروانی‌ها شده و از فرسایش خاک ناشی از جریان آب سطحی حاصل از بارش مستقیم جلوگیری می‌کند (کینوری و مووراش، ۱۹۸۴). [۲۷].

۷-۲-۱-۵ شیب طولی

شیب طولی گوره براساس ارتفاع حداکثر سطح آب در طول مسیر رودخانه برای سیلاب طرح بدست می‌آید. در مواردی که اطلاعات اندازه‌گیری در دسترس نمی‌باشد ارتفاع اشل مربوط به بده بیشینه طراحی که در نقاط مختلف رودخانه برآورد شده است را باید بکار برد. با نبودن این اطلاعات، شیب طولی گوره را برابر شیب کف رودخانه انتخاب می‌کنند. اشکال کلی این انتخاب آن است که شیب سطح آب در یک رودخانه در حال طغیان بیشتر از شیب کف و در هنگام فروکش کردن سیل کمتر از شیب کف می‌باشد و لذا شیب کف به عنوان یک شیب متوسط می‌تواند مورد قبول قرار گیرد مگر اینکه تنگ‌شدگی‌های غیرقابل احترازی در مسیر، موجب انباشته شدن آب در بالادست گردد.

۸-۲-۱-۵ تاج گوره

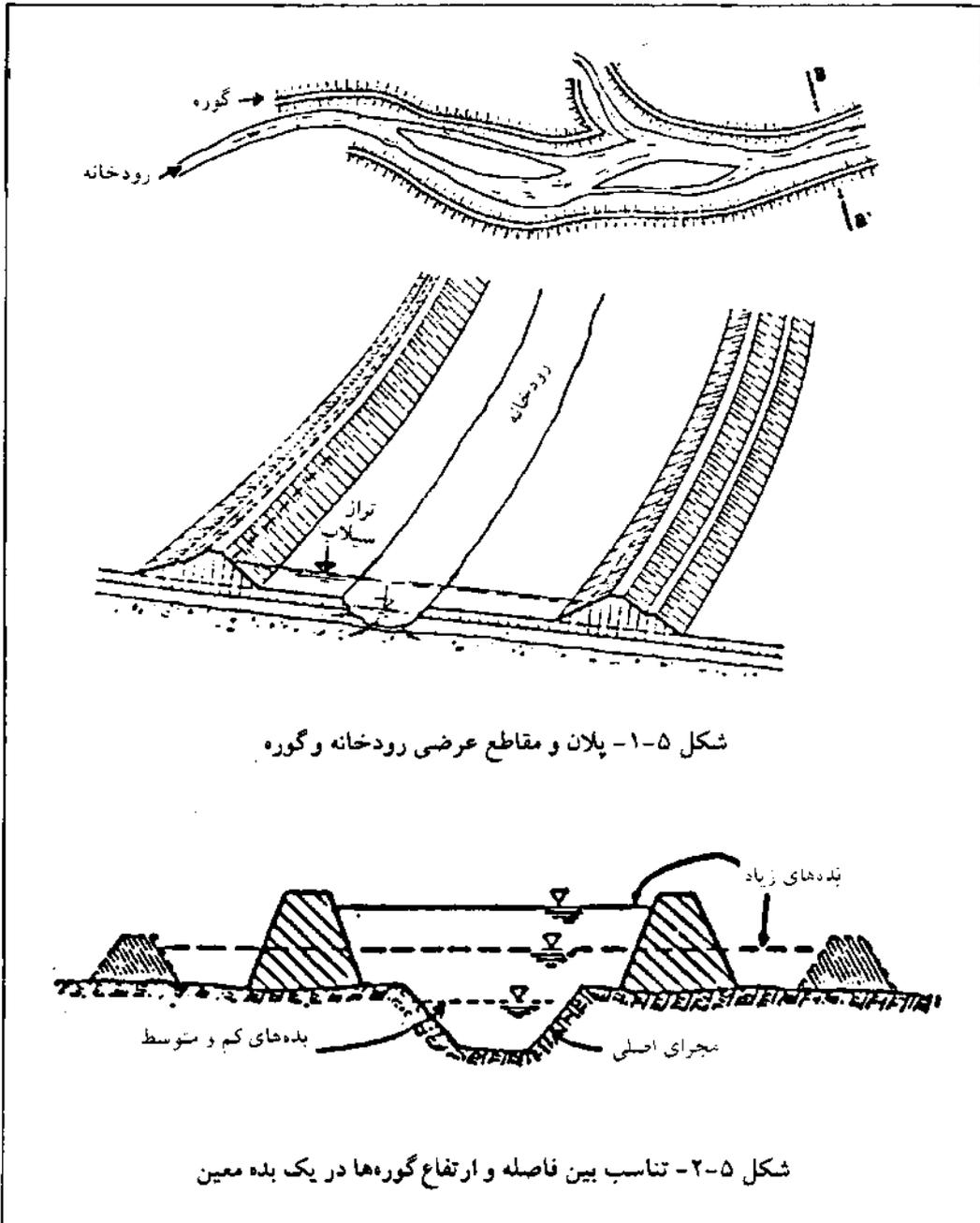
پهنای تاج گوره با توجه به حداقل عرض مورد نیاز براساس ضرورت‌های دوره اجرا مانند انتخاب نوع ماشین‌آلات اجرایی، نیازهای دوره نگهداری و تعمیرات بویژه در زمان رخداد سیل انتخاب می‌شود. پهنای تاج گوره اساساً به میزان تردد روی آن بستگی دارد. به طور کلی این پهنای تاج در حدود ۲/۵ متر تا ۵ متر می‌باشد که غالباً ۳ متر انتخاب می‌شود زیرا پهنای ۳ متر به قدر کافی بزرگ است که بتواند تردهای سبک را عبور دهد (کینوری و مووراش، ۱۹۸۴). [۲۷].

معمولاً حداقل پهنای ۳ تا ۴ متر برای عرض تاج بکار می‌رود. برای عبور و چرخش، گاه به گاه مکان‌هایی پهن‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامی که جاده‌های عمومی از روی تاج گوره عبور کند پهنای عریض‌تری برای تاج مورد نیاز است (پترسن، ۱۹۸۶). [۳۳].

از پهنای تاج هنگام طغیان رودخانه برای عبور و مرور و مهار اضطراری سیل (سیل ستیزی) استفاده می‌شود.



گوره‌ها عموماً بر حسب نوع زمینهای مورد حفاظت (شهری، صنعتی و کشاورزی) و یا بر حسب نوع کاربرد یا هدف (شاخه اصلی، شاخه فرعی، گوره حلقوی^۱، گوره پشتیان^۲، زیرگوره^۳ و گوره آبشکن^۴) و یا بر حسب روش ساخت آنها (کاملاً متراکم، نیمه متراکم، نامتراکم و هیدرولیکی) و یا بر حسب شکل مقطع عرضی طبقه‌بندی می‌شوند. [۳۳].

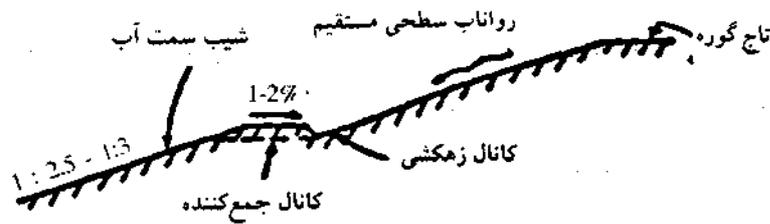


1- Ring Levee

2- Set Back Levee

3- Sub Levee

4- Spur Levee



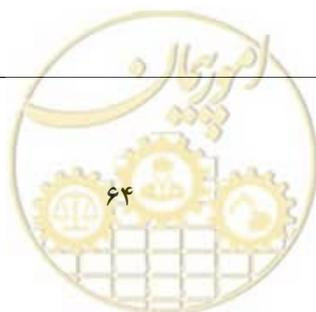
شکل ۵-۳- پله در روی گوره بلند

۱-۳-۱-۵ انواع گوره برحسب نوع کاربرد

- چنانچه گوره در امتداد شاخه اصلی رودخانه ایجاد شود آن را شاخه اصلی گوره و چنانچه در امتداد شاخه فرعی ایجاد شود آن را شاخه فرعی گوره می نامند.
- گوره حلقوی دور تا دور یک ناحیه در معرض سیل گرفتگی ایجاد شده و آن را کاملاً از همه جهات احاطه می کند.
- گوره پشتیبان در سمت غیر رودخانه ای گوره های موجود که شکافته شده اند و یا به وسیله فرسایش ناشی از جریان آب تهدید می شوند، در مجاورت گوره اصلی ساخته می شود.
- زیرگوره با هدف مهار زه تحتانی و جلوگیری از پدیده جوشش ماسه^۱، ناحیه ای در پشت یک گوره اصلی را احاطه می کند (به صورت خاکریز تقویتی در پشت گوره اصلی بکار می رود).
- گوره آبشکن به صورت پیش آمدگی از یک شاخه اصلی گوره به سمت ساحل رودخانه امتداد یافته و با انحراف جریان از بدنه گوره به سمت داخل رودخانه، مانند یک آبشکن، گوره اصلی را محافظت می کند (شکل ۵-۴).

۲-۳-۱-۵ انواع گوره برحسب محل کاربرد

گوره ها بر حسب نوع زمینها و تأسیسات مورد حفاظت نیز طبقه بندی می شوند. طراحی گوره در داخل مناطق شهری و صنعتی به نحوی متفاوت از گوره در زمینهای کشاورزی است، زیرا املاک مورد حفاظت در مناطق شهری و صنعتی خیلی بیشتر ارزش داشته و در صورت تخریب ممکن است تلفات جانی دربر داشته باشد. به همین دلیل گوره های نواحی شهری و صنعتی دارای خاکریزهای متراکم بوده و تمهیدات ایمنی و پایداری در آنها با دقت بیشتر صورت می گیرد.

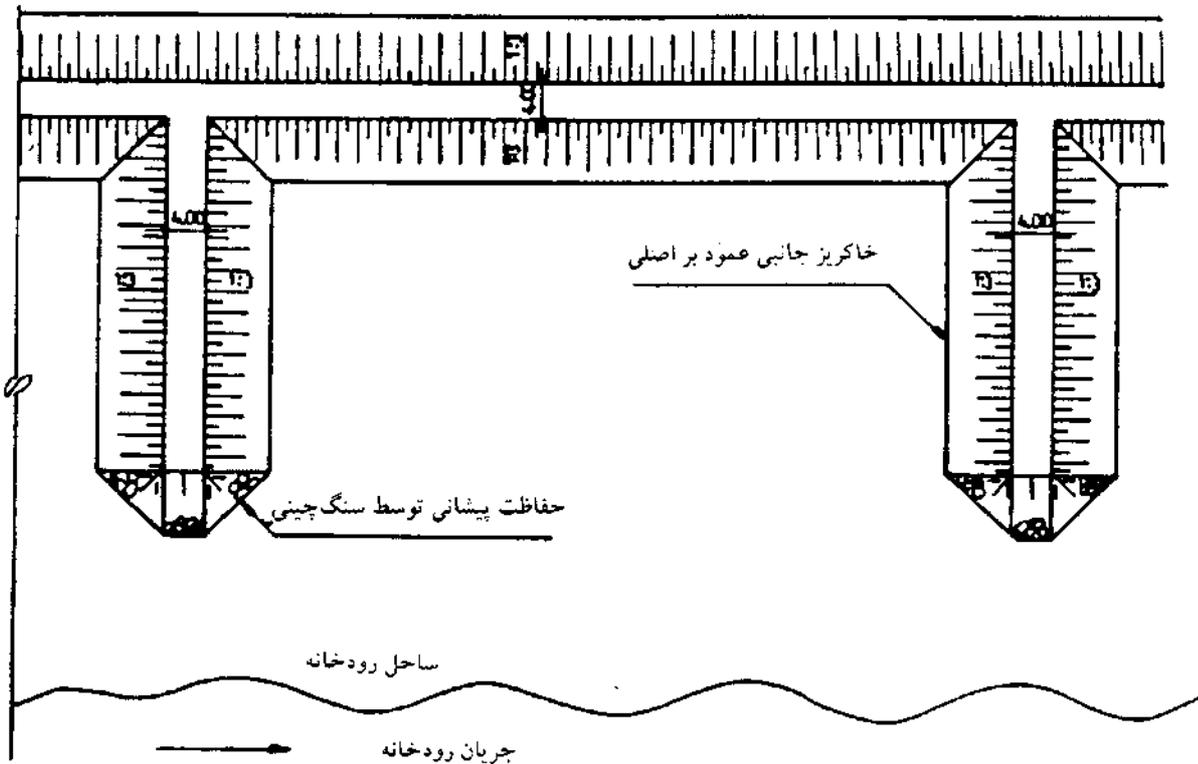


۳-۳-۱-۵ انواع گوره از نظر ساخت

گوره‌ها بر اساس روش ساخت به صورت متراکم، نیمه متراکم، نامتراکم و هیدرولیکی طبقه‌بندی می‌گردند. در مورد ساخت گوره‌ها در ادامه به تفصیل بحث خواهد شد.

۴-۳-۱-۵ انواع گوره برحسب ترکیب مصالح مقطع عرضی

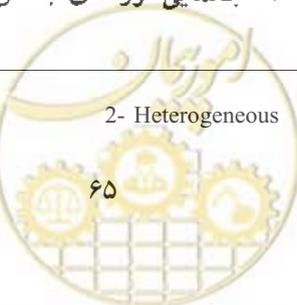
- گوره‌های همگن^۱ از خاکهای با نفوذپذیری کم ساخته شده و ترجیحاً وقتی به کار می‌روند که روی خاک یا سنگ نفوذناپذیر ساخته شوند. البته در عمل اکثر گوره‌ها به صورت همگن ساخته می‌شوند (شکل ۵-۵).
- گوره‌های ناهمگن^۲ که مقطع عرضی آنها از چند نوع خاک مختلف تشکیل می‌گردد و معمولاً خاک ریزدانه نقش مهار تراوش و آب‌بندی را ایفا می‌کند. (شکل ۶-۵)
- گوره پوشش‌دار دارای مقطع عرضی همگن یا ناهمگن بوده و در روی شیروانی سمت رودخانه‌ای آنها پوشش مناسب برای جلوگیری از فرسایش و آبستگي ایجاد می‌گردد. (شکل ۷-۵).

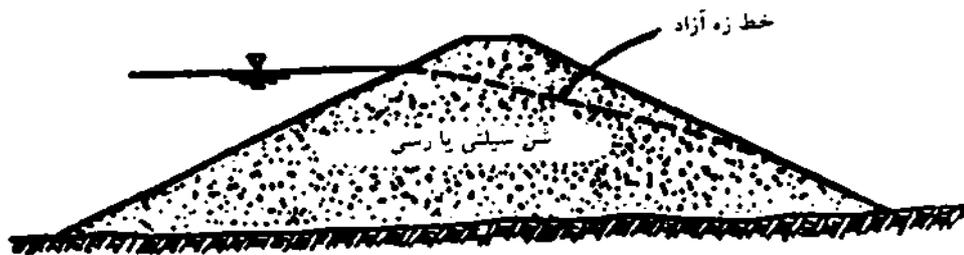


شکل ۵-۴ - جانمایی گوره‌های آبشکن در ساحل رودخانه

1- Homogeneous

2- Heterogeneous

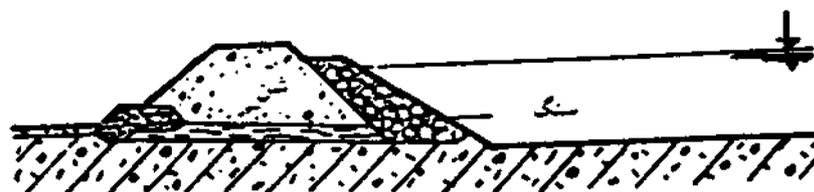




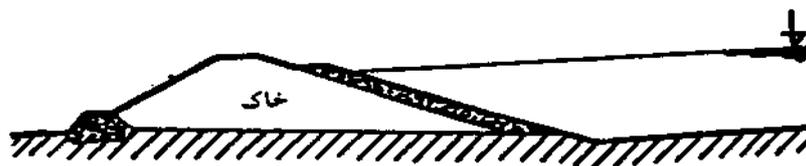
شکل ۵-۵- نمونه یک گوره همگن



شکل ۵-۶- نمونه یک گوره ناهمگن



الف - استفاده از پوشش سنگی درشت دانه برای حفاظت گوره



ب - استفاده از پوشش سنگی ریزدانه برای حفاظت گوره

شکل ۵-۷- چند نوع گوره همگن با پوششهای محافظ مختلف

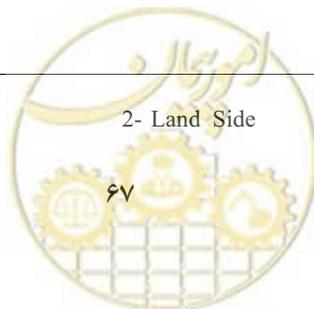


گوره‌ها را می‌توان به صورتهای متراکم، نیمه‌متراکم، نامتراکم و هیدرولیکی اجرا کرد (جدول ۵-۱). تمام مقطع عرضی یک‌گوره ضرورتاً با یک روش ساخته نمی‌شود. هسته مرکزی ممکن است کاملاً متراکم یا نیمه‌متراکم باشد و خاکریز پوسته نیمه‌متراکم یا نامتراکم باشد. کاربری زمین محل احداث نیز بر انتخاب روش ساخت و در نتیجه مقطع عرضی گوره‌ها تأثیر می‌گذارد. در نواحی پرارزش، زمینهای پر استفاده و شرایط مناسب شالوده، گوره‌ها با تراکم خوب و شیب شیروانی نسبتاً تند ساخته می‌شوند. در نواحی کم‌ارزش، زمینهای کم‌استفاده و شرایط نامناسب شالوده (شالوده ضعیف) و نیز در حالتی که در دوره اجرا طرح بارندگی زیاد باشد، گوره‌ها با مقاطع نیمه‌متراکم یا نامتراکم و با شیب شیروانی نسبتاً کند ساخته می‌شوند. خاکریزهای هیدرولیکی به وسیله مصالح بدست آمده از لایروبی رودخانه‌ها یا کانالها ساخته می‌شوند و معمولاً دارای شیب شیروانی خیلی ملایم با فضای مورد نیاز خیلی زیاد می‌باشند. باید توجه داشت که گوره‌های با مقاطع باریکتر و شیب شیروانی تندتر (گوره‌های متراکم) اغلب به کاوشها و بررسیهای کاملتر نسبت به گوره‌های با مقاطع پهن‌تر و شیبهای کندتر (گوره‌های نیمه‌متراکم، نامتراکم و یا هیدرولیکی) نیاز دارند. گوره‌ها با وسایل گوناگون از چرخ دستی گرفته تا انواع ماشین‌آلات پیشرفته نظیر دراگ لاین، لایروب هیدرولیکی، لودر، بولدوزر و غیره ساخته می‌شوند.

۵-۱-۵ منابع قرضه و مصالح ساختمانی

حجم زیادی از مصالح برای احداث گوره‌ها مورد نیاز است که تهیه آن از محلی به غیر از محدوده گوره در حال ساخت، غیراقتصادی است (بجز در موارد استثنایی). مصالح آبرفتی استخراج شده از بستر رودخانه غالباً برای این کار مناسب می‌باشد. محل‌های قرضه بهتر است در سمت رودخانه‌ای^۱ گوره باشد زیرا علاوه بر نزدیک بودن به محل احداث آن، به ظرفیت عبور سیل نیز می‌افزاید. قرضه‌های سمت خشکی^۲ گوره ممکن است منجر به تشدید پدیده تراوش و رگاب از زیرگوره شده و به ماندابی شدن آب در پشت گوره کمک کند. گودالهای قرضه با طول زیاد و پهنا و عمق کم به علت فاصله حمل کم و حداقل اثرات منفی زیست محیطی، مطلوب می‌باشند.

چالهای مورد نیاز قرضه نباید بلافاصله بعد از گوره قرار داشته باشند. زیرا علاوه بر سست شدن شالوده پنجه گوره، امکان ایجاد پدیده رگاب در زیرگوره وجود دارد. بهترین فاصله باید حدود ۵ تا ۱۰ برابر تراز بیشینه آب در مجاورت گوره و در هر حال نباید کمتر از ارتفاع گوره باشد (کینوری و مووراش، ۱۹۸۴). [۲۷]. این فاصله حدود ۱۲ متر گزارش شده است (گروه مهندسين ارتش آمریکا به نقل از پترسن، ۱۹۸۶).



جدول ۱-۵- روشهای ساخت گوره (پترسن، ۱۹۸۶ به نقل از گروه مهندسين ارتش آمريکا، ۱۹۷۸) [۳۳].

ملاحظات	شرح	نوع خاکريز
<p>- مقطع خاکريز حداقل فضا را اشغال کرده و دارای تراکم پذيري کم می باشد (چنانکه در مجاورت سازه های بتنی یا راههای اصلی روی تاج گوره مورد نیاز است)</p> <p>- احتیاج به شالوده قوی با تراکم پذيري کم دارد و مصالح خاکريز دارای رطوبت طبیعی که بطور معقول نزدیک به حدود رطوبت مورد نیاز باشد.</p>	<p>تعیین :</p> <p>- میزان رطوبت موجود با توجه به مقدار بهینه رطوبت طبق شرایط استاندارد</p> <p>- ضخامت خاک سست قابل برداشت</p> <p>- وسایل تراکم (غلتهای پاچه بزی یا چرخ لاستیکی)</p> <p>- تعداد مرتبه عبور برای بدست آوردن درصد تراکم مورد نظر مبتنی بر چگالی بیشینه استاندارد</p>	متراکم
<p>- معمولترین نوع سازه در جایی بکار رفته است که: هیچ محدودیت جدی از نظر فاصله وجود ندارد و خاکريز متراکم مورد نیاز نیست. شالوده های نسبتاً ضعیف نمی توانند خاکريز متراکم شده را تحمل کنند.</p> <p>- در شرایط زه تحثانی نیاز به یک خاکريز با قاعده پهن تر از حالت ساخت متراکم می باشد.</p> <p>- آب موجود در مصالح یا ریزش باران در طول فصل اجرا ساخت متراکم را توجیه نمی کنند.</p>	<p>- متراکم کردن با رطوبت طبیعی موجود (بدون هیچگونه واری رطوبت موجود)</p> <p>- با لایه های ضخیم تر از لایه های خاکريز در حالت متراکم (حدود ۳۰ سانتیمتر)</p> <p>- متراکم شده بوسیله حرکات کنترل شده تجهیزات هل دهنده و پخش کننده یا بوسیله تعداد عبور کمی از غلطکها</p> <p>- تراکم ارزیابی شده مربوط به آزمایش تراکم ۱۵ ضربه ای</p>	نیمه متراکم
<p>- خاکريز رویهم ریخته و انباشته شده، ابتدا برای کارهای اضطراری بکار می رود. هر دو روش برای ساخت سکو* بکار می رود.</p>	<p>خاکريز درجا در لایه های ضخیم با مقداری کم و یا بدون پخش و تراکم، ریخته و انباشته می شود.</p>	نامتراکم
<p>- خاکريز به روش هیدرولیکی در بعضی حالات بکار می رود تا بدنه اصلی گوره ای ساخته شود که منجر به شیب شیروانی خیلی ملایم با فضای مورد نیاز خیلی زیاد می شود.</p>	<p>خاکريز از نوع هیدرولیکی بوده و بوسیله مصالح لایروبی ساخته می شود که اغلب از حفر کانال یا رودخانه بدست می آید.</p>	هیدرولیکی

* Berm

به علاوه گذرگاه‌های دست نخورده طبیعی در فواصل بین محل‌های قرضه جا گذاشته می‌شوند تا دسترسی را ممکن سازند و از امکان ایجاد جریان در مجاورت ساحل در محل‌های قرضه که باعث فرسایش پنجه‌گوره می‌شود جلوگیری به عمل آورند (شکل ۵-۸).

استفاده از مصالح ضعیف موجود در مجاورت گوره در مواردی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. عملاً طرح مقطع گوره بستگی به مصالح بکار رفته در آن داشته و لذا تحت تأثیر نزدیکی به مصالح خاصی قرار می‌گیرد. خصوصیات خاک‌های مناسب برای گوره‌ها و طبقه‌بندی آنها در جدول (۵-۲) ذکر گردیده است.

۵-۱-۶ نکات مهم اجرایی

گوره‌ها، مانند سازه‌های خاکی دیگر، باید روی شالوده با خاک مرغوب ساخته شوند. این موضوع همیشه امکان‌پذیر نیست لذا باید اقدام‌های مناسبی برای جلوگیری از پدیده رگاب در زیر خاکریز بکار رود. یک اقدام خوب مهندسی آن است که لایه فوقانی شالوده را صاف و پاک کرده و آن را از گیاه، ریشه‌ها، علف‌های هرز، قلوه‌سنگ‌های بزرگ، خاک سطحی و مواد آلی پاک سازیم. عمق این لایه باید بر حسب موقعیت محل و نوع خاک تعیین شود. سطح شالوده نیز باید شیار زده شود تا اتصال بهتری بین شالوده و بدنه گوره ایجاد شود. وقتی که گوره‌ها از میان باتلاقها، لجنزارها و نهرهای آب بگذرند که مواد کف آنها نرم و ریزدانه و دارای مواد آلی زیاد باشد هزینه جابجایی خاک‌های شالوده ضعیف قابل توجه نیست به ویژه اگر گوره کوتاه باشد. در چنین حالتی باید خاک را بر روی شالوده به صورت پیش‌رونده تخلیه کرد به طوریکه وزن خاکریز، خاک‌های سست شالوده را جابجا کند. خاکریز باید با یک لبه هادی به شکل V جلو برود تا مواد نرم به دو طرف جابجا شود. این نوع خاکریزها اساساً غیرمترکم است.

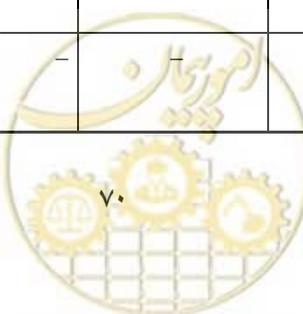
در گوره‌های از نوع مترکم، خاکریزی باید در لایه‌های ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتری پخش شده و در رطوبت بهینه با غلتک‌های مناسب کوبیده شود. خاک‌های چسبنده زمان طولانی برای رسیدن به تحکیم نهایی احتیاج دارند. از این رو در تعیین ارتفاع آزاد اولیه آنها این موضوع باید مدنظر قرار گیرد. در شالوده‌های نامناسب، اگر سرعت ساخت خاکریز بیش از سرعت زهکشی مصالح شالوده باشد می‌توان گوره را در بیش از یک مرحله ساخت. در آن صورت قبل از مرحله نهایی ساخت، تغییر شکلها به حداقل می‌رسد زیرا خاک شالوده و بدنه نشست لازم را کرده و تحکیم یافته است.

در جایی که مصالح قرضه دارای نفوذپذیری متفاوت باشند، باید مصالح نفوذپذیرتر در سمت خشکی و مصالح نفوذناپذیرتر در سمت رودخانه گوره بکار روند. همچنین باید مصالح نامرغوب در داخل بدنه گوره و مصالح مرغوبتر در روی بدنه گوره بکار روند. بیشتر گوره‌ها به علت اجرای نادرست و نه به علت مصالح نامرغوب خراب شده‌اند و بنابراین بیشترین مراقبت باید در اجرا به عمل آید تا گوره‌ای هر چه بهتر با مصالح موجود بدست آید.



جدول ۵-۲- طبقه‌بندی انواع خاکها (U.S.B.R) [۱۵]

کارآیی به عنوان مصالح	خواص مهم فیزیکی			اولویت برای خاکریز همگن	گروه خاک	نام گروه‌های خاک
	تراکم پذیری	مقاومت برشی	نفوذپذیری			
عالی	ناچیز	عالی	نفوذپذیر	-	GW	شن بادانه‌بندی مناسب، مخلوط شن و ماسه، با ریزدانه ناچیز
خوب	ناچیز	خوب	خیلی نفوذپذیر	-	GP	شن با دانه‌بندی نامناسب، مخلوط شن و ماسه، با ریزدانه ناچیز
خوب	ناچیز	خوب	نیمه نفوذپذیر تا نفوذپذیر	۲	GM	شن لای دار، مخلوطی از شن و ماسه و لای با دانه‌بندی نامناسب
خوب	خیلی کم	خوب تا متوسط	نفوذناپذیر	۱	GC	شن رس دار، مخلوطی از شن و ماسه و رس با دانه‌بندی نامناسب
عالی	ناچیز	عالی	نفوذپذیر	-	SW	ماسه با دانه‌بندی مناسب، ماسه شن دار، با ریزدانه ناچیز
متوسط	خیلی کم	خوب	نفوذپذیر	-	SP	ماسه با دانه‌بندی نامناسب، ماسه شن دار، با ریزدانه ناچیز
متوسط	کم	خوب	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	۴	SM	ماسه لای دار، مخلوط ماسه و لای با دانه‌بندی نامناسب
خوب	کم	خوب تا متوسط	نفوذناپذیر	۳	SC	ماسه رس دار، مخلوط ماسه و رس با دانه‌بندی نامناسب
متوسط	متوسط	متوسط	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	۶	ML	لای‌های غیرآلی، ماسه‌های خیلی ریز، آرد سنگ، ماسه‌های ریز لای دار و رس دار با پلاستیسیته کم
خوب تا متوسط	متوسط	متوسط	نفوذناپذیر	۵	CL	رس‌های غیرآلی با پلاستیسیته کم تا متوسط، رس‌های شن دار، رس‌های ماسه دار، رس‌های لای دار، رس‌های ضعیف
متوسط	متوسط	ضعیف	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	۸	OL	لای‌های آلی، رس و لای آلی با پلاستیسیته کم
ضعیف	بالا	متوسط تا ضعیف	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	۹	MH	لای‌های غیرآلی، ماسه‌های ریز میکایی یا دیاتومه‌ای یا خاکهای لای دار، لای‌های الاستیک
ضعیف	بالا	ضعیف	نفوذناپذیر	۷	CH	رس دارهای غیر آلی با پلاستیسیته بالا، رس‌های چرب
ضعیف	بالا	ضعیف	نفوذناپذیر	۱۰	OH	رس‌های آلی، با پلاستیسیته متوسط تا زیاد
-	-	-	-	-	PT	خاکهای مردابی و تمام خاکهای کاملاً آلی



۷-۱-۵ اقدامات اساسی برای جلوگیری از تخریب گوره‌ها

عوامل اصلی تخریب و شکست گوره‌ها عبارتند از:

- سرریز کردن^۱ آب از روی گوره در حالت سیلابی
- فرسایش سطحی شیروانی گوره ناشی از جریان آب، برخورد امواج، بارندگی و غیره
- تراوش و رگاب در خاکریز و شالوده گوره
- لغزش و گسیختگی شیروانی خاکریز و شالوده
- تخریب گوره به وسیله حیوانات و انسان

قبل از ارائه راه حل برای عوامل مخرب فوق اشاره می‌شود که عدم دقت در رعایت نکات فنی مربوط به مکانیک خاک، ژئوتکنیک، مصالح و نحوه اجرا منجر به تخریب بسیاری از گوره‌ها شده است.

۱-۷-۱-۵ بزرگسازی گوره^۲

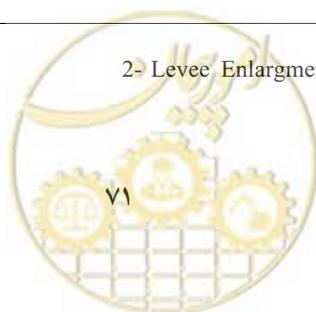
ارتفاع ناکافی یکی از علل اساسی خراب شدن گوره‌ها می‌باشد. برای جلوگیری از جاری شدن آب از روی تاج گوره (سرریز شدن آب) و شستن بخشی از آن، ارتفاع گوره را باید افزایش داد یا اینکه شیروانی‌های جانبی و تاج گوره باید با مصالح دیگری تقویت شده تا از تخریب گوره جلوگیری شود. همچنین نشستهای غیرقابل انتظاری ممکن است در بعضی از نقاط اتفاق بیفتد که تاج گوره را پائین تر از ارتفاع مقرر بیاورد و لازم باشد که خاک بیشتری به گوره اضافه شود تا ارتفاع آن افزایش یابد. روشهای مختلفی برای بزرگسازی اضطراری^۳ گوره وجود دارد. مثلاً ایجاد یک خاکریز اضطراری در بالای تاج گوره و یا انباشتن کیسه‌های شن و خاک بر روی تاج و یا بکاربردن تیرهای چوبی و کیسه‌های شنی و گاهی نیز تیرهای چوبی با خاکریزی در میان آن از جمله این روشها می‌باشد (شکل ۵-۹).

در این روشها بیشتر سعی می‌شود برای سرعت عمل و سهولت اجرا از خاک شیروانی سمت خشکی گوره استفاده گردد. در مواقعی که حالت اضطراری کمتر باشد دوروش اساسی برای بزرگسازی عبارت از بزرگسازی گوره با خاک و بزرگسازی گوره به کمک دیوارهای سیلبنده می‌باشد. بزرگسازی گوره با خاک را می‌توان در سمت رودخانه، سمت زمین و یا در هر دو سمت انجام داد. دیوارهای سیلبنده نیز با شکلهای مختلفی بر بالای تاج گوره نصب می‌شوند بویژه مواقعی که فضای کافی برای بزرگسازی با خاک وجود ندارد. شکل (۵-۱۰) روشهای بزرگسازی با خاک و شکل (۵-۱۱) روشهای بزرگسازی با دیوارهای سیلبنده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است از جمله مواقعی که بزرگسازی به کمک دیوارهای سیلبنده ضرورت می‌یابد آن است که فضای کافی بر روی زمین برای بزرگتر کردن گوره با خاک وجود نداشته باشد.

1- Overtopping

2- Levee Enlargement

3- Emergency Enlargement



۵-۱-۷-۲ مهار فرسایش و حفاظت شیروانی گوره

شیروانی گوره در اثر جریان آب، برخورد امواج و دیگر عوامل مخرب در معرض فرسایش و تخریب قرار می‌گیرد. این موضوع در شیروانی گوره‌های واقع در مواضع بحرانی با سرعت زیاد و سمت خارجی پیچها و در مجاورت سازه‌های نزدیک یا متقاطع با گوره بیشتر پدیدار می‌گردد. در هر کجا که انتظار آبستگی^۱ و یا فرسایش توسط این عوامل می‌رود، حفاظت لازم در مقابل آن باید در اجرای گوره و شیروانی آن منظور گردد و اگر در بخشی از شیروانی گوره فرسایش رخ داد لازم است اقداماتی برای جلوگیری از تخریب آن به عمل آید. علاوه بر حفاظت شیروانی گوره، حفاظت پنجه و ساحل مجاور گوره نیز باید در صورت لزوم مدنظر قرار گیرد. زیرا اگر ساحل مجاور گوره در معرض فرسایش و تخریب قرار گیرد، به سمت گوره پیشروی کرده و باعث فرسایش پنجه گوره یا از زیر خالی شدن گوره (پدیده غارکنی^۲) می‌شود. اگر سیلاب در مدت کوتاه و یا با سرعت کم در مجاورت گوره باشد پوشش گیاهی می‌تواند حفاظت کافی در مقابل فرسایش ایجاد کند. اما در هنگام وقوع سیلابهای شدید و درازمدت و یا اگر گوره بر روی کناره بالایی^۳ رودخانه (بلافاصله در کنار رودخانه) قرار گرفته باشد و یا اینکه شیروانی گوره قسمتی از کناره آبراه اصلی را تشکیل دهد، در آن صورت انواع پوششهای^۴ حفاظتی نظیر پوشش سنگریز یا سنگچین، پوشش تورسنگی، پوشش کیسه‌ای، پوشش بتنی، پوشش خاک سیمان، انواع روکشها^۵ و سایر روشهای حفاظت ضروری است. پوشش‌های یاد شده تحت عنوان روشهای حفاظت مستقیم مطرح می‌باشد. در مواردی نیز برای مهار فرسایش و حفاظت شیروانی گوره، از روشهای غیرمستقیم نظیر آبشکنها^۶ استفاده می‌شود. شکل‌های (۵-۵) و (۵-۱۱) چند نوع پوشش برای حفاظت شیروانی گوره در مقابل فرسایش را نشان می‌دهد.

۵-۱-۷-۳ مهار تراوش و رگاب

شیروانی گوره‌ها در سمت رودخانه، تنها در مدت کوتاهی از چند روز تا چند هفته (در زمان وقوع سیل) در تماس با آب می‌باشد، درست بر خلاف سد خاکی که در بیشتر اوقات با آب در تماس می‌باشد. این بدان معنی است که مسئله تراوش و رگاب در گوره‌ها کم‌اهمیت‌تر از سدهای خاکی می‌باشد و اجرای تمهیدات لازم برای کاهش تراوش و رگاب در داخل بدنه و زیر گوره نسبتاً ساده‌تر است. اما در مواقعی که مدت سیل طولانی باشد و یا نواحی تحت حفاظت خیلی مهم و یا مسئله تراوش خطرآفرین باشد باید روشهای مهار تراوش را بکار برد. مهار تراوش شامل دو مقوله اساسی است: یکی آب‌بندی است که مانع از نفوذ و نشست آب از داخل بدنه یا زیر گوره می‌شود و دیگری زهکشی است که آب نفوذ کرده به داخل بدنه یا شالوده را جمع‌آوری کرده و خطرات آن را کاهش می‌دهد.

1- Scouring

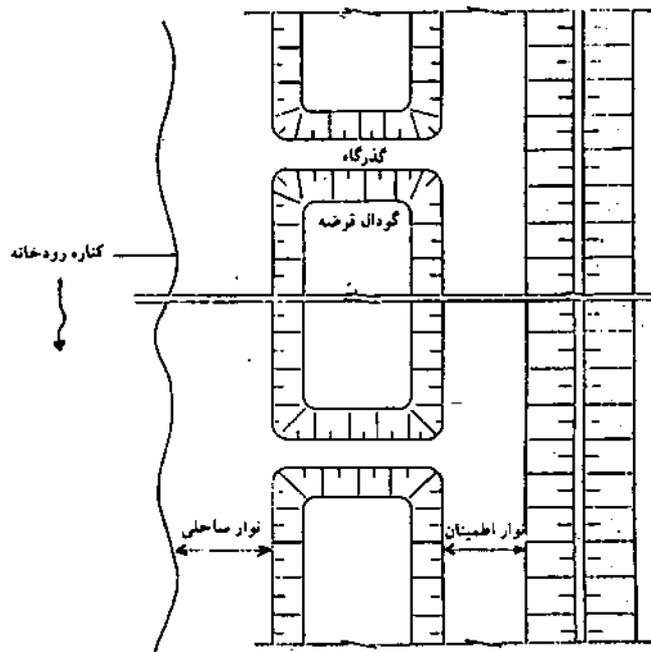
2- Caving

3- Upper Bank

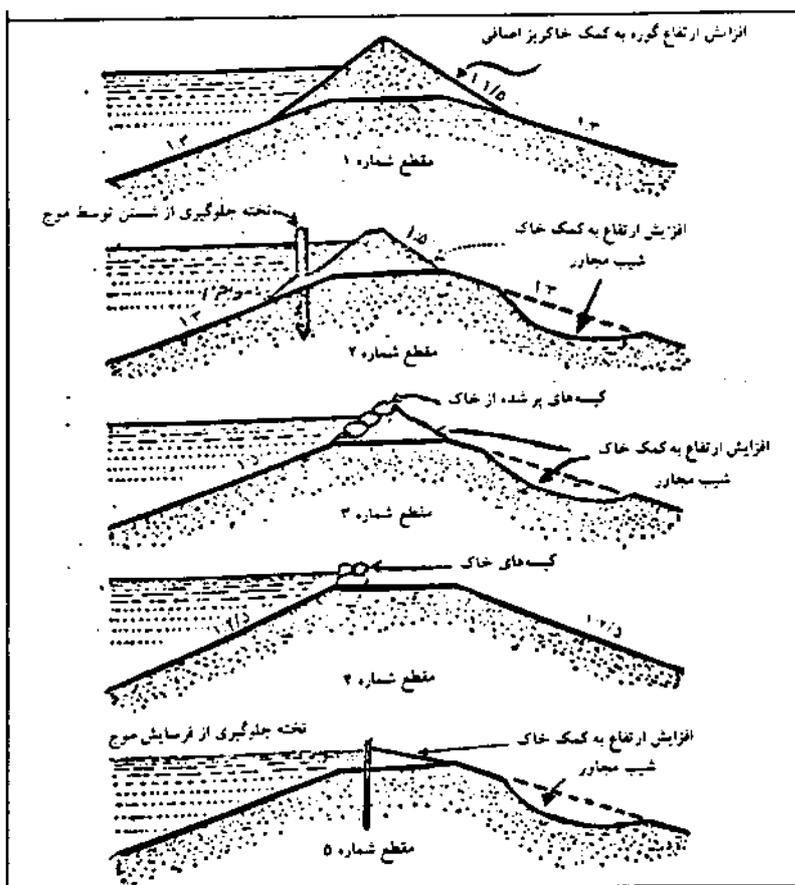
4- Revetments

5- Mattress

6- Groyne, Groin, Spurdike

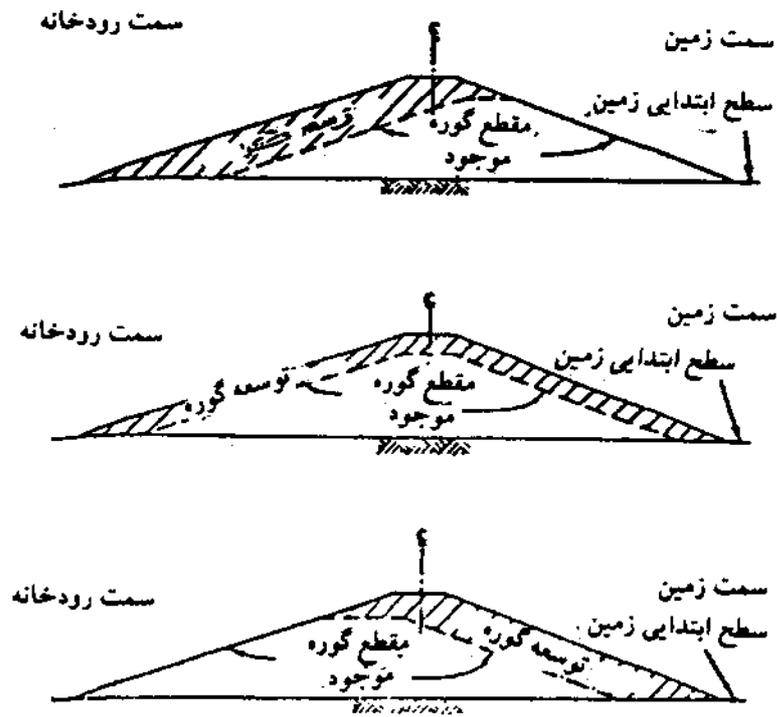


شکل ۵-۸ - محل قرضه در حاشیه رودخانه

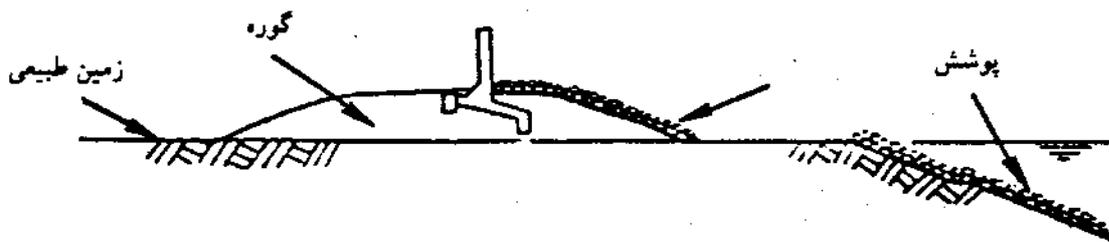


شکل ۵-۹ - بزرگسازای اضطراری گور





شکل ۵-۱۰ - بزرگسازی گوره با خاک



شکل ۵-۱۱ - بزرگسازی گوره به وسیله دیوارهای سیلند بتنی و حفاظت شیب گوره و

ساحل مجاور در مقابل فرسایش



زه تحتانی^۱ در شالوده نفوذپذیر زیرگوره‌ها ممکن است منجر به ایجاد فشار هیدرواستاتیک اضافی در زیر یک لایه نفوذناپذیر فوقانی در سمت خشکی گوره و یا منجر به پدیده جوشش ماسه^۲ و یا رگاب در زیرگوره بشود مگر اینکه اقدامات مهار تراوش انجام گیرد. اقدامات اساسی برای مهار تراوش در شکل (۵-۱۲) نشان داده شده است (گروه مهندسين ارتش آمریکا، ۱۹۷۸). [۱۴].

اگر زه عبوری از بدنه خاکریز گوره از شیروانی سمت زمین خاکریز بیرون بیاید، ممکن است منجر به پدیده پوسته‌ای شدن^۳ یا ایجاد رگاب بشود. پس باید اقدامات ویژه‌ای برای زهکشی در مقطع عرضی گوره نظیر زهکشهای افقی یا مورب و یا زهکش پنجه‌ای انجام داد.

۵-۱-۷-۴ نگهداری گوره‌ها

گوره‌ها باید مرتب بازرسی شده و در همه اوقات خوب نگهداری شوند. در جایی که آب و هوا اجازه دهد یک پوشش گیاهی مناسب باید بر روی شیروانی‌های خاکریز ایجاد شود و نواحی فرسوده باید تعمیر شده و سریعاً پر شوند. پوشش گیاهی روی گوره یا سکوه‌های زه^۴ باید برای هدف زیبایی خوب نگهداری شود. اما بوته‌های وحشی و علفهای هرز که ممکن است برای گوره خطر داشته باشد باید کنده و حذف شوند. همه سوراخها و پناهگاههای حیوانات کوچک باید با مصالح مناسب و متراکم در طول فصل خشک پر شوند.

یک علت رایج خرابی گوره، ریزش مصالح شیروانی سمت خشکی گوره ناشی از اشباع خاک یا شسته شدن ذرات ریزدانه توسط رگاب می‌باشد. ابتدا پدیده پوسته‌ای شدن و سپس لغزش شیب اتفاق می‌افتد و تا آن حد پیش می‌رود که فشار آب یک شکاف ایجاد کرده که معمولاً غیر قابل مهار است. لغزش معمولاً به علت اجرای ضعیف است و برای مهار آن اگر در مراحل اولیه باشد، کانالهای کوچکی در قسمت پایین شیروانی گوره و به صورت افقی در جهت طولی آن در فواصل ۰/۶ تا ۲ متری برای خارج کردن آب تراوشی حفر می‌شود. حفر این کانالها به طرف بالای شیروانی گوره تا محل مورد نیاز ادامه می‌یابد. اگر اقدامات بیشتری لازم باشد، شیب را با تنه درختان به صورت موازی شیب شیروانی گوره با بوته پوشانده و برای اینکه پایداری بیشتری به پوسته سطحی داده شود، کیسه‌های خاک به فواصلی روی پوشش قرار داده می‌شود. روش دیگر، ریختن خاک روی شیروانی سمت رودخانه‌ای گوره می‌باشد. این خاک باعث پر کردن ترکها و سوراخها و کاهش میزان تراوش خواهد گردید.

1- Under Seepage

2- Sand Boil

3- Sloughing

4- Seepage Berm



هنگامی که یک شکاف در گوره به وجود آید، سریعاً تحت عمل جریان تند آب عریض و عمیق شده و بستن آن اگر غیرممکن نباشد، خیلی مشکل و پرخرج است. در عمل باید صبر کرد تا سیلاب فروکش کرده و سپس یک گوره جدید دور تا دور محدوده شکاف در پشت گوره قدیمی و چسبیده به آن ساخته شود که به آن گوره پشتیبان گویند. اگر گوره نسبتاً کوتاه بوده و شکاف خیلی عریض نباشد و شالوده از خاک خوبی که به راحتی فرسایش نیابد تشکیل شده باشد، شکاف را هنگامی که آب رودخانه نیز زیاد است می توان بست. روش متداول عبارت از ساختن دیواره شمعی باز^۱ در اطراف شکاف، ایجاد پوشش کف توسط کیسه های خاک یا مصالح دیگر برای جلوگیری از فرسایش و پر کردن فضای بین دیواره ها با خاشاک یا کیسه های خاک می باشد. در صورت استفاده از کیسه های خاک برای این منظور، ابتدا باید عمیق ترین قسمت دیواره ها پر شده و پر کردن به صورت افقی به طرف بالا ادامه یابد تا بدین ترتیب تدریجاً از سرعت جریان آب کاسته شده و بدون فرسایش بیشتر شکاف بسته شود.

گوره های جدید به بازرسی مداوم و نگهداری عمومی قابل توجهی نیاز دارند، تا اینکه نشست گوره تمام شده و دیواره های آن توسط پوشش خوب گیاهی یا دیگر پوششهای مناسب حفاظت شود. بارشهای سنگینی که روی شیروانی های سست فرود می آید ممکن است موجب فرسایش عمیق خاک گشته و فرسایش خندقی^۲ ایجاد کند که در این صورت احتیاج به تعمیر دارد. نگهداری اساسی گوره مربوط به زمان طغیان می باشد که باید با بزرگسازي گوره و تقویت شیروانی ها در نقاط بحرانی، مشکل را برطرف کرد.

۵-۱-۸ جاده های دسترسی^۳ و شیبراه ها^۴ (شیبهای دسترسی)

جاده های دسترسی بر دو نوعند: یکی جاده های دسترسی به گوره و دیگری جاده های دسترسی در روی تاج گوره. همه جاده های دسترسی از هر دو نوع باید در فواصل نزدیک و مناسب برای بازرسی، نگهداری و سیل ستیزی ایجاد گردند. باید دقت کرد که سطح این جاده ها از مصالحی پوشیده شود که در هنگام طغیان سیل و یا بارندگیهای شدید، مشکلی برای عبور و مرور و بازرسی پیش نیاید. در روی تاج گوره باید جاهایی عریض در نظر گرفته شود تا اینکه دو وسیله نقلیه بتوانند روی جاده دسترسی یک طرفه عبور کنند. این ایستگاه^۵ (مشابه پارکینگ کنار جاده) برای این است که یک وسیله نقلیه بایستد تا وسیله نقلیه دیگر بدون برخورد عبور کند. فواصل بین این ایستگاهها حدود ۸۰۰ متر می باشد، به شرط آنکه شیبراه در آن قسمتها وجود نداشته باشد. موقعیت دقیق این ایستگاهها بستگی به عواملی نظیر فاصله محوطه کارگاه، خصوصیت جاده، راستای گوره و علائق و نیازهای محلی دارد. همچنین باید محلهایی برای

1- Open Pile Dike

3- Access Road

5- Turn Out

2- Gully

4- Ramps



دور زدن^۱ در روی تاج گوره و نیز انتهای همه جاده‌های دسترسی به وجود آید. شکل (۵-۱۳) دو محل مورد یاد شده را نشان می‌دهد. همچنین شیب‌راه‌هایی نیز وجود دارند که توسط آنها دسترسی به تاج گوره امکان‌پذیر می‌شود. این شیب‌راه‌ها ممکن است در دو طرف گوره قرار بگیرند. شیب‌راه‌های گوره در سمت خشکی برای اتصال جاده‌های دسترسی روی گوره به جاده‌های دسترسی به گوره است. در مواردی نیز شیب‌راه در سمت رودخانه‌ای گوره برای مقاصد خاصی ایجاد می‌شود.

۵-۱-۹ تأسیسات جنبی و متقاطع

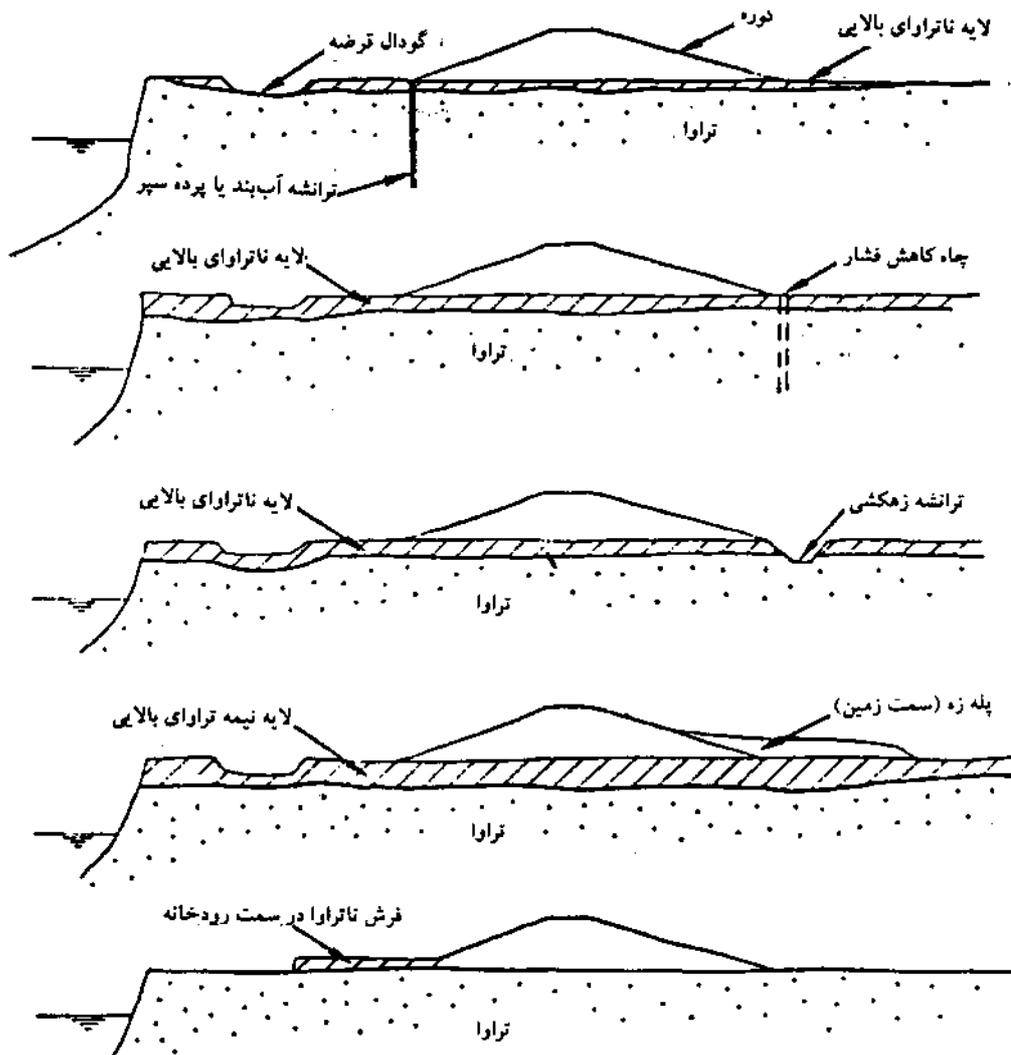
هر سازه غیرخاکی مثل بتن، فولاد و غیره که از داخل گوره می‌گذرد از نقطه نظر پایداری گوره یک نقطه ضعف ایجاد می‌کند، همچنین باعث پدیده رگاب در طول سطح تماس خاک با سازه عبوری می‌شود. این پدیده‌ها را می‌توان با اقدام‌های مناسب رفع کرد. اکثر سازه‌ها و تأسیسات عبوری از گوره بتنی می‌باشند و عمده مشکلات در اثر تماس و ناهماهنگی این دو جنس مختلف پیدا می‌شود. بنابراین باید بین گوره و سازه‌های بتنی پیوستگی برقرار شود. دیوارهای انتهایی سازه بتنی مجاور نباید شیبی بیش از $H:1.07$ داشته باشد تا از استحکام تماس بتن با خاک اطمینان حاصل شود. یک شیب تندتر موجب ایجاد ترک در خاکریز و در نتیجه نشست خواهد شد. تراکم کامل یک خاکریز در محل اتصال باعث کاهش نفوذپذیری مصالح خاکریز شده و موجب اطمینان از استحکام تماس با سازه می‌شود. اگر مقداری خاک چسبنده متورم‌شونده در محل اتصال گوره با بتن بکار برود در آن صورت وقتی آب به آن می‌رسد متورم شده و محل تماس را بیش از پیش آب‌بندی می‌کند. اقدام‌های مشابهی باید برای عبور لوله‌های آب، گاز، نفت و غیره بکار رود. امکان نشست‌های غیرمساوی نیز باید بین سازه‌های بتنی و یالوله‌ها باگوره و شالوده در نظر گرفته شود و در صورت لزوم، پیش‌بارگذاری یا سایر تمهیدات لازم بکار رود.

۵-۱-۱۰ زهکشی اراضی پشت گوره‌ها

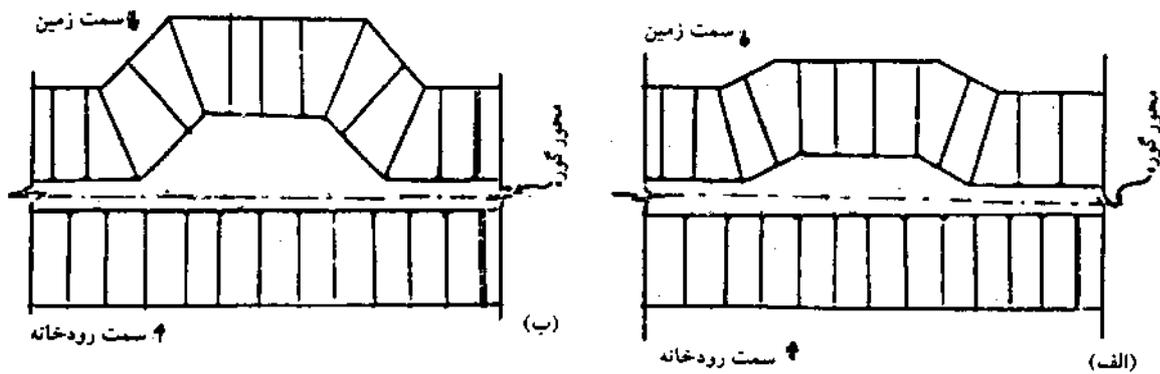
با احداث گوره‌ها در طرفین رودخانه، از زهکشی رواناب سطحی اراضی مجاور و ورود آن به داخل رودخانه جلوگیری شده و باعث غرقابی شدن موضعی اراضی دشت می‌گردند. راه‌حلهای کلی برای رفع این مشکل عبارتند از:

- روانابهای سطحی در محل پستی جمع‌آوری و از طریق پمپاژ به رودخانه تخلیه گردد.
- یک کانال زهکش در طول مسیر و در مجاورت پنجه‌گوره (در سمت خشکی گوره) ساخته شود و رواناب سطحی توسط آن کانال جمع‌آوری و در پایین دست به محلی که امکان تخلیه ثقلی آن به رودخانه یا جای دیگر وجود دارد، انتقال یابد.





شکل ۵-۱۲- اقدامات مهار تراوش در زیر گوره‌ها



شکل ۵-۱۳ - محل‌های پهن بر روی تاج گوره الف - ایستگاه (برای ایست) و

ب - گردشگاه (برای دورزدن)



- در مواردی که شاخه‌های فرعی به رودخانه می‌پیوندد، آب حاصله را می‌توان به طور ثقلی توسط لوله‌هایی از زیر خاکریز به رودخانه تخلیه کرد.
 - در مواردی می‌توان رواناب را در یک حوضچه یا استخر ذخیره کرده و با فراهم شدن امکان تخلیه ثقلی، آنرا به رودخانه تخلیه نمود.
 - می‌توان به کمک دریچه‌های کشندی (جزر و مدی) یک طرفه، در زمان کم‌آبی رودخانه، رواناب را به رودخانه تخلیه کرده و در زمان پرآبی رودخانه، از تخلیه رواناب جلوگیری کرد.
 - گوره در امتداد شاخه‌های فرعی ادامه داده شود.
- برای شاخه‌های فرعی مهم، ارزانتین راه‌حل برای جلوگیری از سیل، ساخت گوره‌هایی در امتداد شاخه‌های فرعی می‌باشد که به‌گوره اصلی متصل می‌شوند و به سمت بالادست شاخه فرعی تا محدوده تأثیر منحنی برگشت آب یا زمینهای بلند ادامه دارند (شکل ۵-۱۴). اما اگر تعداد شاخه‌های فرعی زیاد باشد باید چند شاخه فرعی را به یکی از آنها به عنوان جمع‌کننده انحراف دهیم و فقط در امتداد این شاخه جمع‌کننده، گوره تأسیس کنیم (شکل ۵-۱۵). زیرگذرهای دارای دریچه سیل فقط وقتی مؤثرند که تراز آب در رودخانه اصلی پایین باشد.

۵-۱-۱۱ مثالهایی از مقاطع عرضی گوره‌های مختلف در دنیا

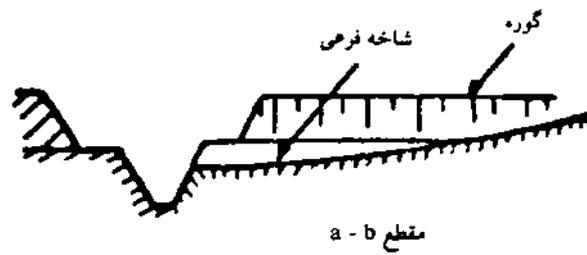
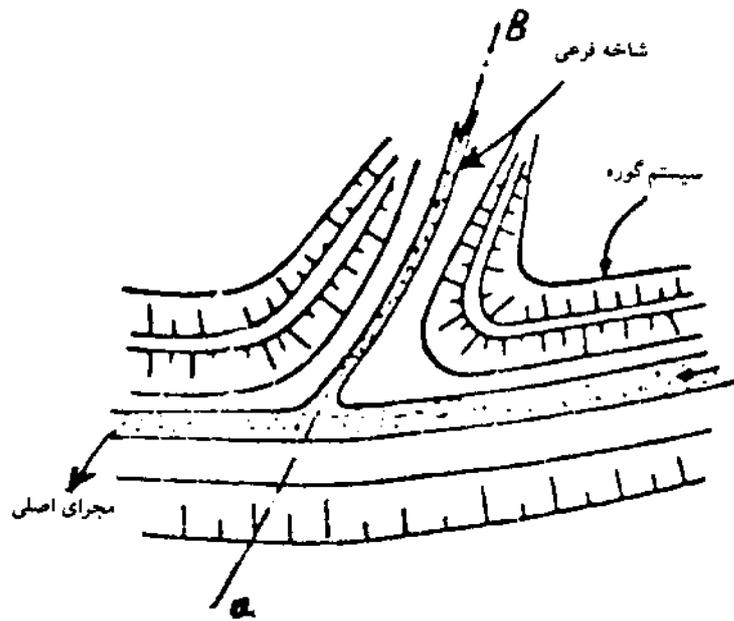
در کشورهای اروپایی مقطع عرضی همگن از نوع ماسه رسی یا شن ماسه‌ای همراه با ماده قوی لومی رواج پیدا کرده است. شکل‌های نشان داده شده (شکل ۵-۱۶) بیانگر این نکته هستند که مقاطع عرضی گوره‌ها در همه رودخانه‌های بزرگ اروپا کم تغییر می‌کند، به استثناء جاهایی که تاج گوره به عنوان یک راه یا تکمیل دیگر وظایف و مسئولیتها بکار می‌رود (برای مثال گوره‌های رودخانه لوآر^۱).

گوره‌ها در چکسلواکی دارای نیمرخهای عرضی رایج سنتی با شیروانی‌های ساده در دو طرف می‌باشند (شکل ۵-۱۷). چون این گوره‌های همگن معمولاً از لوم ماسه‌ای درست می‌شوند، به نظر می‌رسد که شیب ۱:۲ یک شیب پایدار و مناسب برای شیروانی باشد، مگر اینکه ارتفاع آنها از ۳/۵ متر تجاوز کنند. پهنای تاج گوره در چکسلواکی از ۲/۵ تا ۶ متر تغییر می‌کند که در محدوده ۲/۵ تا ۳ متر برای رودخانه‌های کوچک و پهن تر از ۴ متر فقط برای مسیر رودخانه‌های بزرگ نظیر دانوب و موراوا و واه^۲ بکار می‌رود.

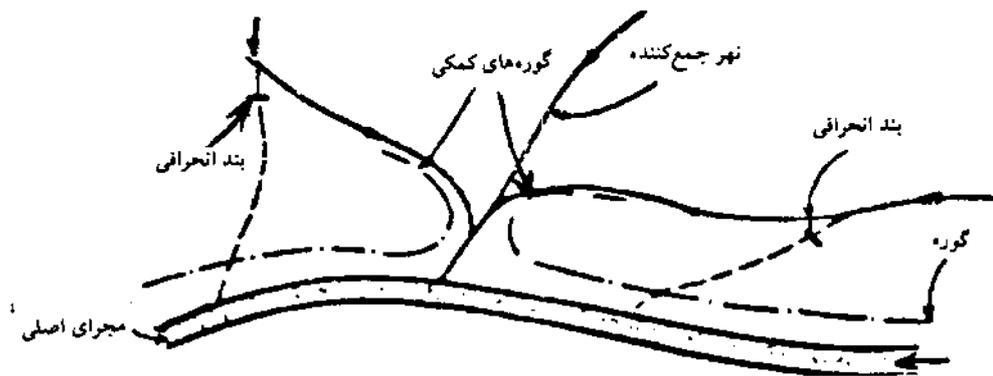
- بعضی از مقاطع عرضی گوره‌های دانوب از نقطه نظر ابعاد و شکل با دیگر گوره‌ها فرق می‌کند. آنها دارای تاج یا سکوهایی پهن هستند که اساساً برای خطوط ارتباطی (عبور و مرور) بکار می‌روند. در شکل (۵-۱۸) مقاطع مختلفی از گوره‌های رایج در چین نشان داده شده است.

1- Loir

2- Danube , Morava , Vah

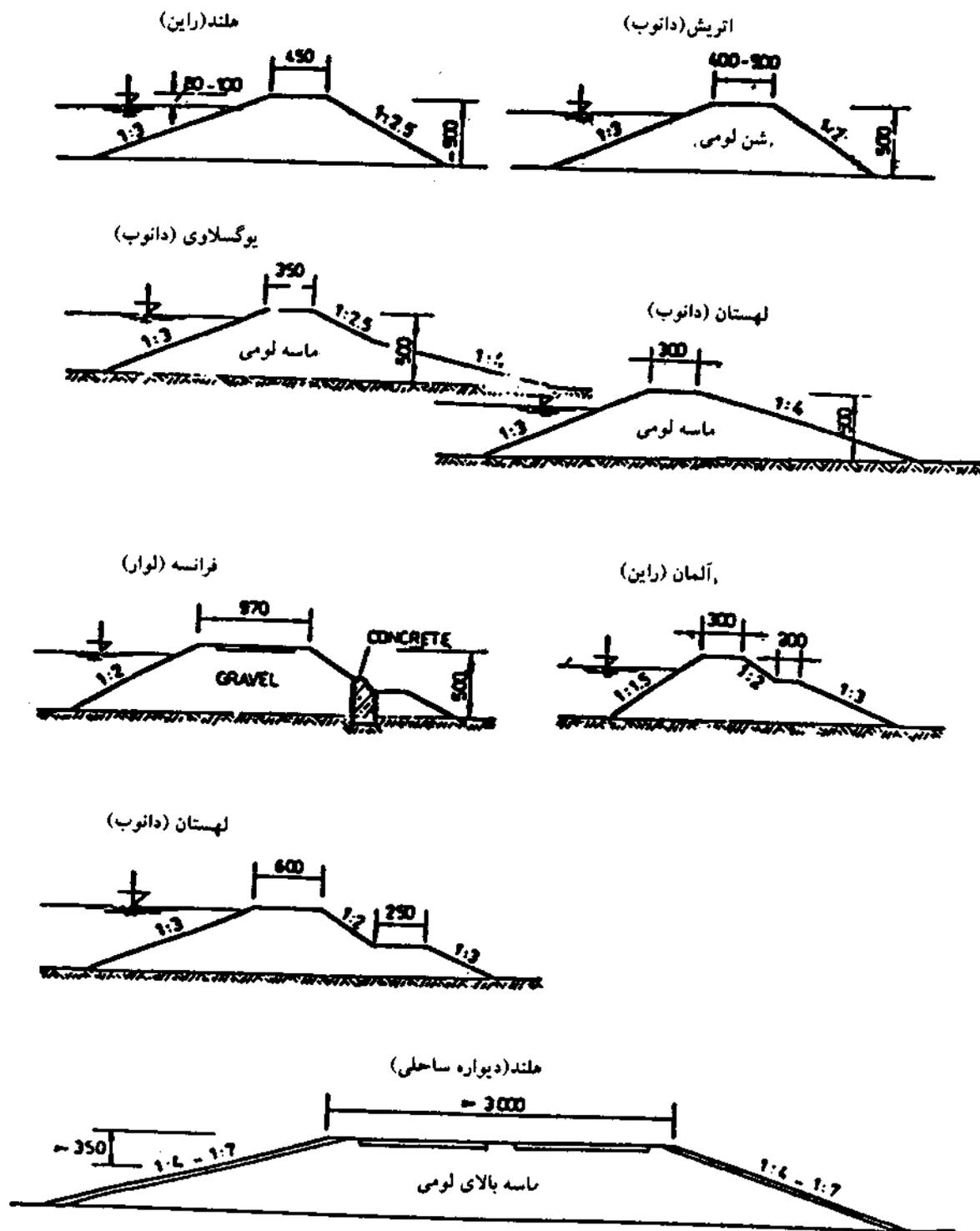


شکل ۵-۱۴- ترتیب گوره‌ها در ورودی یک شاخه فرعی



شکل ۵-۱۵- انحراف جریان چند شاخه فرعی به داخل نهر جمع‌کننده





شکل ۵-۱۶- مقاطع عرضی مختلف گوره‌ها در اروپا ۱ تا ۴- نیمرخهای یکنواخت، ۵- نیمرخ با دیوار اطمینان، ۶- نیمرخ کاملاً اقتصادی، ۷- تقویت نیمرخ با توجه به نرم بودن خاک زیرین، ۸- نیمرخ قوی چند منظوره



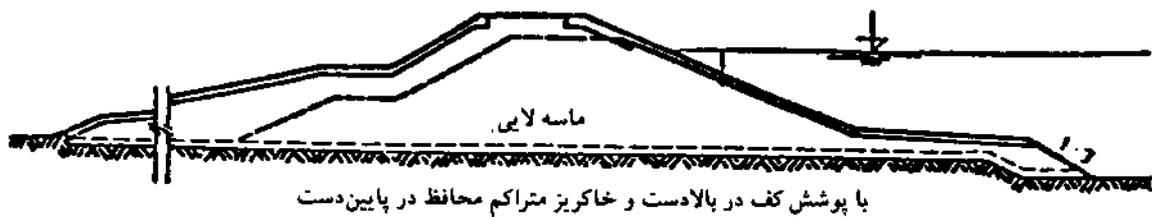
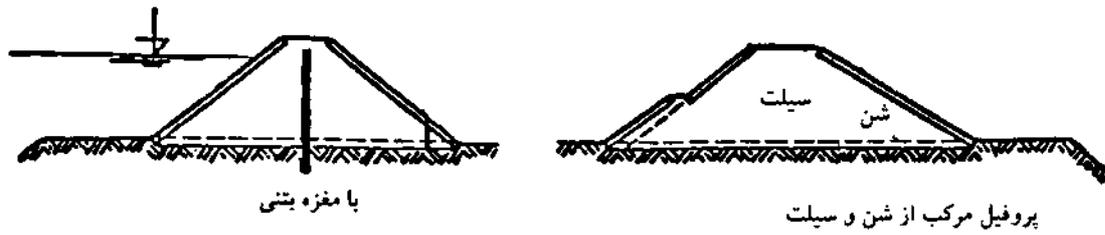
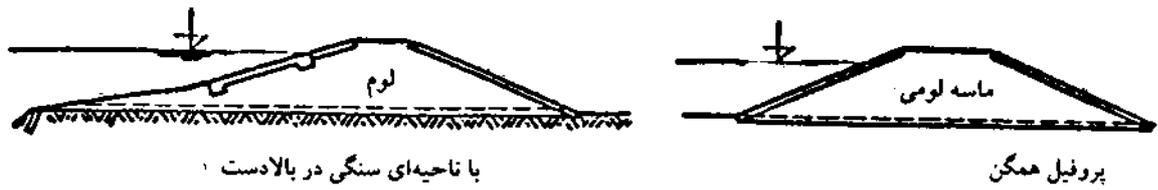
چنانکه گفته شد مهار سیلاب به وسیله گوره‌ها از قدیمی‌ترین و متداولترین روشهای مهار سیل می‌باشد و اصولاً در مناطقی که ارزش اقتصادی زمینهای اطراف رودخانه کم باشد توصیه می‌گردد، زیرا عرض پای گوره زیاد خواهد بود (نظیر زمینهای خارج از شهر، مناطق کشاورزی و ...). هزینه ایجاد گوره‌ها اغلب نسبت به سایر راههای مهار سیلاب ارزانتر و نیز قابلیت اطمینان آن بیشتر است، به ویژه برای گوره‌های کم‌ارتفاع که حداقل مطالعات را لازم داشته و کم‌هزینه می‌باشد. برای ساخت گوره از مصالح مجاور در محل استفاده می‌شود که این موضوع خود باعث سهولت اجرا و کاهش هزینه می‌گردد. از طرفی با محدود شدن جریان در رودخانه توسط گوره‌ها، سرعت بیشتر شده و فرسایش افزایش می‌یابد که در این حالت در صورت شکسته شدن گوره، خطر آن برای دشت‌های اطراف بیشتر از حالت وجود نداشتن گوره است. همچنین گوره‌ها اراضی دو طرف رودخانه را تصرف می‌کنند و هزینه زهکشی دشت پشت گوره باعث افزایش هزینه نهایی می‌شود. معایب فوق‌الذکر را می‌توان با رعایت اصول صحیح طراحی و اجرا کاهش داد.

مزایای دیگری نیز برای گوره‌ها می‌توان برشمرد از جمله اینکه قسمت مهمی از ساخت گوره به کمک ماشین‌آلات سنگین انجام می‌گیرد، از این رو نیروی متخصص ویژه‌ای نمی‌خواهد. همچنین وجود گوره‌ها در اغلب موارد (به جز در هنگام طغیان) رژیم رودخانه را چندان تغییر نمی‌دهد.

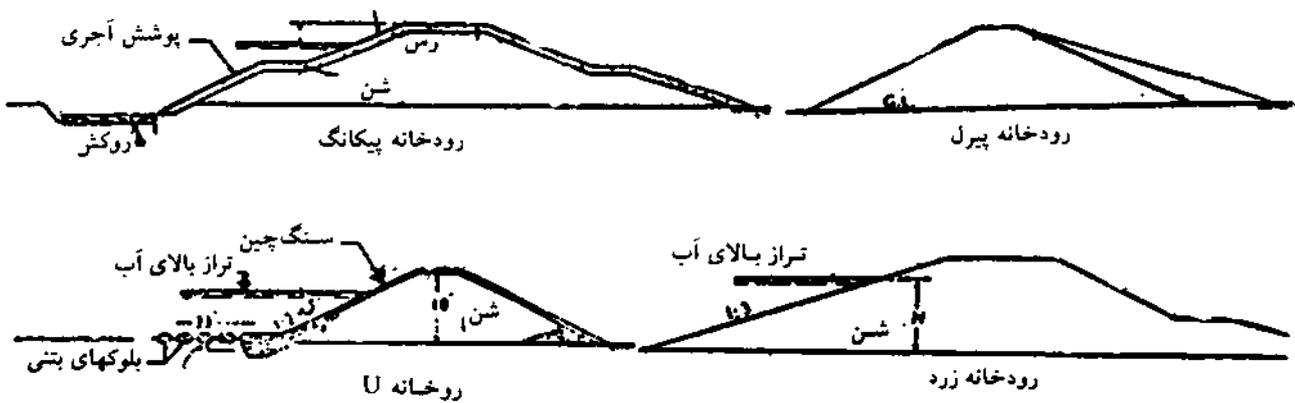
این روش به صورت گسترده‌ای به عنوان تنها کار مهندسی مهار سیلاب و حفاظت و یا به طور مشترک با دیگر روشهای مهار سیلاب و حفاظت کانالها و رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در موارد متعددی حفاظت به وسیله گوره به عنوان یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین راه‌حلهای مطرح بوده و بعضاً ملزم به کاربرد این روش می‌باشیم (نظیر رودخانه‌های بزرگ و سیلابی که در دشتهای وسیع ایران جریان دارند).

برای ساخت و نگهداری هر چه بهتر گوره‌ها و جلوگیری از تخریب و شکست آنها نکات زیر باید رعایت گردد:

- پاک کردن لایه فوقانی شالوده از گیاهان، ریشه‌ها، علفهای هرز، قلوهای بزرگ و مواد آلی
- شیار زدن سطح شالوده برای ایجاد پیوستگی بهتر بین شالوده و بدنه گوره
- ایجاد منابع قرضه در سمت رودخانه‌ای گوره و استفاده از چالهای دراز با پهنا و عمق کم و گذاشتن گذرگاه دست‌نخورده طبیعی در بین چالها و ایجاد فاصله حداقل ۱۰ متر بین گوره و چالهای قرضه
- رعایت جدی و دقیق نکات فنی مکانیک خاک، ژئوتکنیک، مصالح و ...
- در خاکریزهای از نوع متراکم، خاکریز لایه لایه ریخته شود و خوب متراکم گردد
- برنامه‌ریزی و اقدامات لازم برای مهار سرریز کردن جریان از روی گوره به کمک بزرگساز گوره صورت گیرد.



شکل ۵-۱۷- مقاطع عرضی گوره‌ها در چکسلواکی



شکل ۵-۱۸- مقاطع عرضی گوره‌ها در چین



- تمهیدات مهار تراوش و رگاب به ویژه در زیر گوره در حالتی که تراز سیلاب در مدت زیادی بالا باشد صورت گیرد.
- مهار فرسایش شیروانی گوره به ویژه در قسمت پنجه گوره و ساحل مجاور آن به کمک پوششها یا سایر اقدامات صورت گیرد.
- نشست گوره به وسیله اجرای مرحله ای یا سایر اقدامات مهار گردد.
- نواحی فرسوده تعمیر شده و ترکهای موجود و حفره های ایجاد شده توسط حیوانات به کمک مصالح متراکم و حتی به وسیله تزریق پر گردد.
- برای جلوگیری از غرقابی شدن اراضی پشت گوره ها، رواناب سطحی اراضی اطراف، زهکشی و به رودخانه تخلیه گردد.
- اگر شکافی در گوره ایجاد شده و سیل به زمینهای اطراف سرازیر گردد امکان بستن گوره در آن حالت خیلی سخت است لذا تأکید می گردد تمام ضوابط نگهداری گوره ها قبل از ایجاد شکاف و جاری شدن سیل رعایت گردد.
- در ایجاد یا عبور سازه های بتنی و فولادی در داخل گوره و نیز مهار تراوش و رگاب در سطوح تماس آن سازه ها با خاک گوره، نهایت دقت به عمل آید.
- بازرسی دقیق و مرتب از گوره ها یک اصل اساسی است، از اینرو بر ایجاد جاده های دسترسی به گوره و جاده های دسترسی در روی گوره تأکید می گردد. همچنین ایجاد ایستگاه برای ایست و دور زدن در روی تاج و نیز ایجاد شیرابه برای بالا و پایین رفتن از گوره ضروری است.

۲-۵ دیوارهای سیلبنده

۱-۲-۵ کلیات

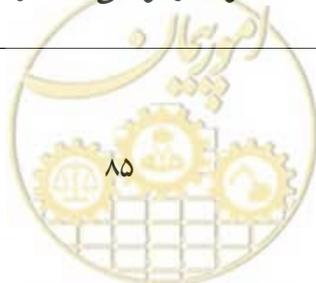
دیوارهای سیلبنده از جنس های مختلف از جمله بتنی، سنگی، آجری و غیره ساخته می شوند و بیشتر در نقاطی بکار می روند که فاصله رودخانه تا محل استقرار سیلبندها محدود بوده و جای کافی برای احداث گوره ها وجود نداشته باشد. از دیوارهای سیلبنده نیز مانند گوره ها برای مهار سیلاب به صورت افزایش تراز سیل و محدود کردن آن در یک عرض معین استفاده می شود. این سیلبندها، دیوارهای طولی می باشند که با مصالح ساختمانی مناسب و محکم در مناطق شهری و سایر مناطقی که ارزش زمینها در آن زیاد است ایجاد می شوند. ارتفاع این دیوارهای سیلبنده نیز همانند گوره ها با توجه به فاصله آنها از یکدیگر، محاسبه نیمرخ طولی سطح آب و سایر عوامل تعیین می شود و چون در مناطق شهری ارزش زمین زیاد است لزوماً فاصله بین دیوارهای سیلبنده (عرض بستر محدود بین دو دیوار

سیلبندها کم بوده و از اینرو ارتفاع آنها زیاد می‌باشد. پس باید از مصالح بسیار مرغوب استفاده شده و از نظر ساختمانی و تحمل فشارهای وارده کاملاً مستحکم طراحی شوند. اساساً تفاوت چندانی بین دیوارهای سیلبندها با دیوارهای حایل^۱ یا نگهبان وجود نداشته و در اکثر موارد با منظورهای یکسان ایجاد می‌گردند. دیوارهای حایل یا نگهبان در رودخانه‌ها برای جلوگیری از ریزش و تخریب و نیز مهار فرسایش کناره‌ها بکار می‌روند و همزمان با ایفای نقش فوق‌الذکر در صورت داشتن ارتفاع مناسب، نقش مهار سیلاب را نیز ایفا کرده و از اینرو به عنوان دیوارهای سیلبندها شناخته می‌شوند. در مواردی نیز دیوارهای سیلبندها هیچگونه نقش حایل یا نگهبان نداشته و اثری بر مهار فرسایش و تخریب کناره‌ها ندارند و این در صورتی است که دیوارهای سیلبندها در محلی بغیر از مجاورت کناره رودخانه ساخته شوند. به عنوان مثال ساخت یک دیواره سیلبندها در بستر عریض یک رودخانه، روی ساحل بالایی و یا در روی تاج گوره برای بزرگسازای آن مواردی از این قبیل می‌باشد (شکل‌های ۵-۱۱ و ۵-۱۹). استفاده از دیوارهای سیلبندها در شهرها و آبادیها به علت محدود بودن زمین و ارزش زیاد آن، متداولترین راه مهار سیلاب می‌باشد به ویژه آنکه هزینه ساخت دیوارهای سیلبندها نیز زیاد بوده و از این رو ساخت آن در محلهایی بجز شهرها، آبادیها و یا در مجاورت تأسیسات مهم، باصرفه نیست. این دیوارها همچنین در نزدیکی پلها برای حفاظت پل و نیز حفاظت سایر تأسیسات در بستر یا نزدیکی رودخانه، بکار می‌روند.

۵-۲-۲ مصالح مورد استفاده

چنانکه بیان گردید این دیوارها از مصالح مختلف نظیر بتن، سنگ، چوب، تورسنگ و غیره ساخته می‌شوند. از نظر اقتصادی باید مصالح مورد استفاده در این نوع دیوارها در نزدیکی محل وجود داشته باشد. همچنین این مصالح باید برای شرایط محیط مرطوب نیز مناسب باشند. قسمتهایی از این دیوارها دائماً در زیر آب قرار گرفته و سایر قسمتهای آن به طور متناوب تر و خشک می‌شوند و حتی در مناطق سردسیر امکان یخ زدن آنها هم وجود دارد. بنابراین کلیه قسمتهای دیوار باید توانایی مقابله با چنین شرایطی را داشته باشند بدون اینکه خراب شوند و تهدیدی برای دیوار به حساب آیند. در زیر به بررسی مشخصات فنی بعضی از مصالح رایج در ساخت دیوارها می‌پردازیم:

- سنگ: سنگ که یکی از مصالح عمده در ساخت این دیوارهاست باید از نوع سنگهای فشرده و متراکم و معدنی مقاوم در مقابل آب و هوا، یخبندان و بارندگی انتخاب شود. از بکار بردن سنگهای ماسه‌ای و دیگر سنگهای خرد شده و هوازده در ساخت این دیوارها باید جداً خودداری شود.
- بتن: به علت سولفاته بودن خاک و مصالح پرکننده پشت دیوار و یا امکان سولفاته شدن آب رودخانه یا آبراه، استفاده از سیمان ضد سولفات در تهیه بتن توصیه می‌گردد. همچنین در صورتی که از بتن ریزی درجا برای ساخت دیوارها استفاده شده و شرایط اجرا به طور متناوب در اثر عوامل محیطی عوض شوند، پیشنهاد می‌گردد از افزودنیهای زودگیر برای بتن استفاده شود. در مواقعی که مقاومت زیاد مورد نیاز نباشد از سرباره کوره ذوب



آهن نیز می‌توان استفاده کرد. همچنین بلوکهای پیش ساخته بتنی در انواع مختلف برای ساخت دیوارها بکار می‌رود.

- آجر: آجرهای مناسب (بارس فشرده و میزان مشخص جذب آب و مقاومت معلوم) را می‌توان برای استفاده در دیوارها بکار برد. این آجرها مقاومت بهتری در مقابل یخبندان از خود نشان می‌دهند. همچنین در مقابل سولفاتها نیز مقاوم بوده و از این رو می‌توان از آنها برای مدت زمان طولانی تری در محیطهای مرطوب استفاده کرد به ویژه اگر رس موجود در آجرها شامل سولفات هم باشد.

- ملات: دوام ملات نباید کمتر از دوام آجر یا سنگی باشد که در دیوار استفاده می‌شود. برای اغلب دیوارها می‌توان از ملات قوی بدون آهک (با نسبت ۱ به ۳ سیمان به ماسه) استفاده کرد. این مخلوط معمولاً مقاومت خوبی در مقابل سولفاتها از خود نشان داده و حداقل میزان جذب آب را هم دارد.

- تورسنگ^۱: از انواع توری‌های سیمی برای ساخت دیوارهای تورسنگی استفاده می‌شود. در نوع جعبه‌ای^۲ از جعبه‌هایی از جنس توری که به هم بافته شده یا جوش داده شده‌اند استفاده می‌شود تا قلوه‌سنگها را در درون خود نگاه دارند. روکشهای^۳ تورسنگی نوع بخصوصی از این جعبه‌ها با ضخامت کمتر و انعطاف پذیری بیشتر می‌باشند. از روکشها معمولاً در ساخت دیوار استفاده نشده و بیشتر برای ساخت پیش‌بند در مجاورت دیوار بکار می‌روند. مواد پرکننده تورسنگها معمولاً سنگها و قلوه‌سنگهای بادوام می‌باشند. این سنگها باید پس از قرار گرفتن در توریها، در مقابل عوامل جوی و فرسایش مقاومت کرده و شکسته نشوند.

- چوب: چوب از جمله مصالحی است که در مناطق جنگلی و سایر مناطقی که چوب ارزان و فراوان باشد بکار می‌رود. معمولاً از تنه درختان یا الوار برای ساخت دیوارهای سیلبنده استفاده کرده و از شاخه‌های انعطاف پذیر درختان برای اتصال قطعات بزرگ چوب به یکدیگر استفاده می‌شود.

۳-۲-۵ انواع دیوارهای سیلبنده

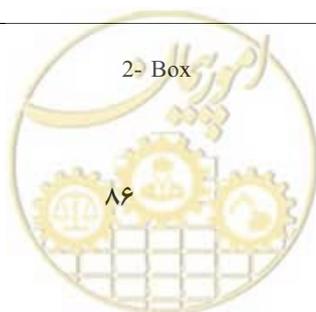
۱-۳-۲-۵ دیوار سیلبنده بتنی

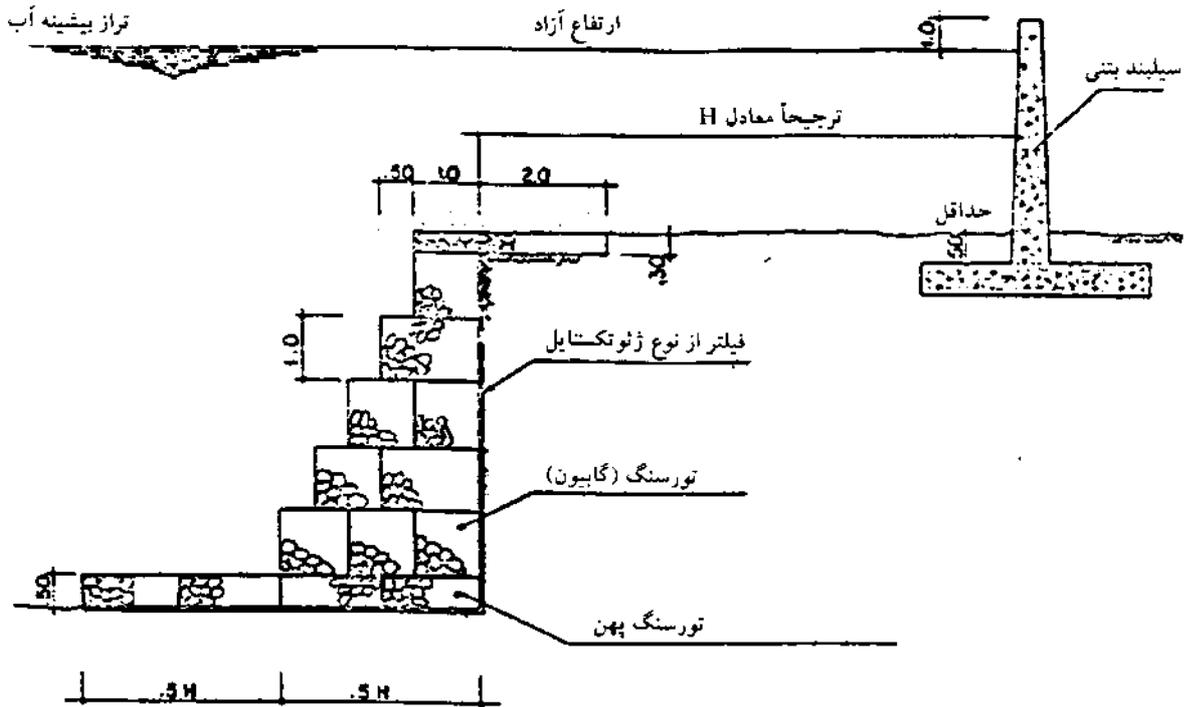
در اکثر موارد به ویژه در جاهایی که سنگ درشت در دسترس نباشد از دیوار بتنی ساده یا مسلح استفاده می‌شود. این سیلبندهای بتنی با مصالح مختلف و در شکلهای گوناگون ساخته شده و می‌توان از قلوه‌سنگ، از قطعات شکسته بتن، آجر یا سنگ به عنوان پرکننده در ساختن آنها استفاده کرد. در طراحی این دیوارها از انواع مختلف به صورت دیوار وزنی، دیوار طره‌ای، دیوار پشت بنددار، دیوار L شکل و غیره استفاده می‌گردد (شکل ۵-۲۰).

1- Gabion

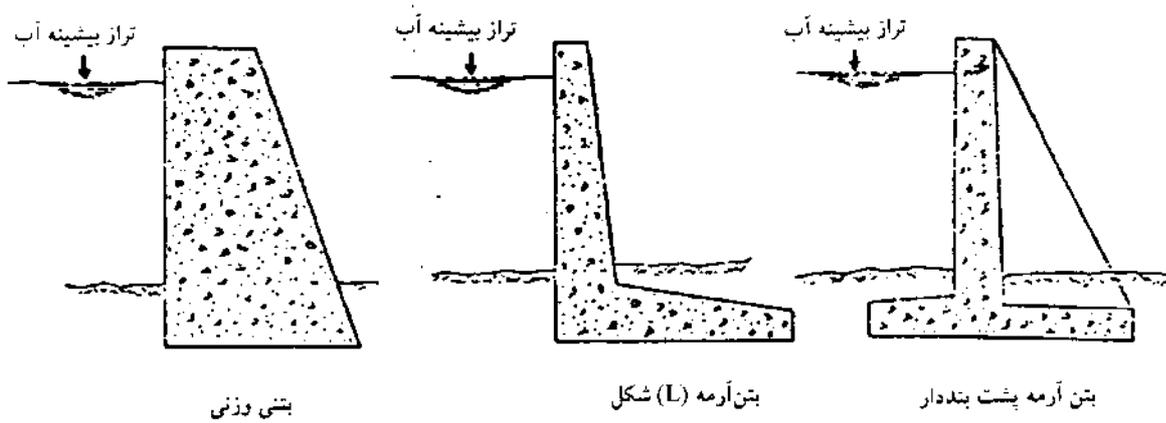
2- Box

3- Mattress





شکل ۵-۱۹- دیوار سیلیند بتنی و دیوار حائل تور سنگی



شکل ۵-۲۰- نمونه‌های مختلف دیوار سیلیند بتنی

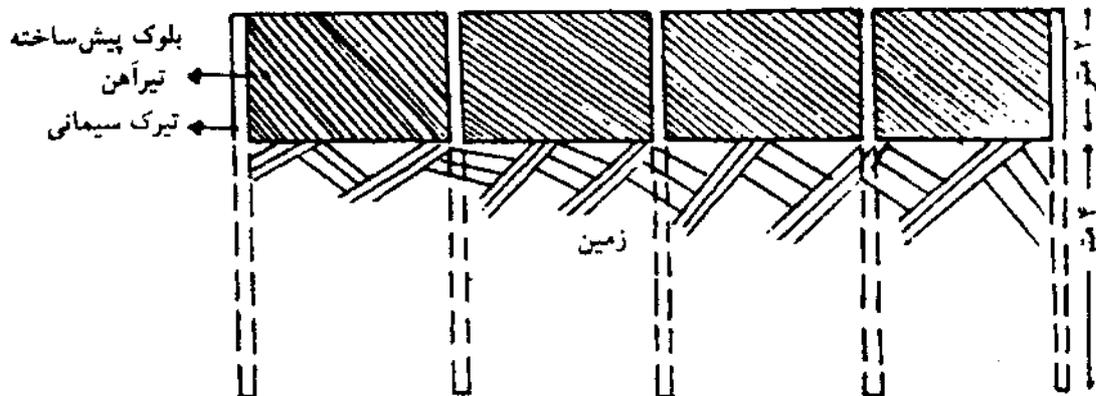


۲-۳-۲-۵ دیوار سیلبند سنگی

دیوارهای سنگی نیز با استفاده از سنگهای مناسب که در مبحث مصالح بیان گردید ساخته شده و برای استحکام سنگها با یکدیگر از ملات مناسب استفاده می‌گردد.

۳-۳-۲-۵ دیوار سیلبند بلوکی

از سیلبندهای بلوکی نیز در مواردی استفاده می‌گردد. بدین صورت که بلوکهای پیش‌ساخته با ابعاد مناسب را با استفاده از ملات به یکدیگر می‌چسبانند و معمولاً برای جلوگیری از ریزش بلوکها، آنها را در بین پایه‌های بتنی یا تیرآهن قرار می‌دهند به طوری که مجموعه پایه‌ها و بلوکها به صورت یک دیوار عمل می‌کند. همچنین برای استحکام بیشتر بجای بلوکهای بتنی از صفحات بتنی نیز استفاده می‌شود (شکل ۵-۲۱). این روش برای بدهای زیاد، مناسب بوده ولی هزینه آن نسبتاً بالا می‌باشد. عمر آن طولانی بوده، سطح کمتری از اراضی را اشغال کرده و هزینه نگهداری آن نیز کم می‌باشد. در مواردی که نیروی دینامیکی آب زیاد نباشد از نوع ساده بلوکهای سیمانی پیش‌ساخته استفاده می‌شود. بدین صورت که بر اساس ارتفاع مورد نیاز و نیروی دینامیکی آب، بلوکها را روی هم چیده و از ملات مناسب استفاده می‌گردد و احتیاجی به پایه‌های بتنی و یا تیرآهن ندارد.



شکل ۵-۲۱- دیوار سیلبند بلوکی

۴-۳-۲-۵ دیوار سیلبند تورسنگی

دیوارهای سیلبند را می‌توان با جعبه‌های تورسنگی که با سنگ پر شده‌اند نیز ساخت. استفاده از سازه‌های تورسنگی معمولاً انعطاف‌پذیری بهتری نسبت به سازه‌هایی دارد که از مصالح بنایی، آجری، بتنی یا بلوک ساخته می‌شوند.

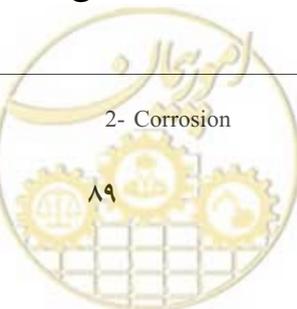
جعبه‌های تورسنگ با مواد پرکننده مناسب نظیر قلوه‌سنگها پر شده و به کمک بست‌هایی به یکدیگر متصل می‌گردند و به شکل مناسب در کناره رودخانه بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند تا به عنوان دیوار حایل یا دیوار سیل‌بند عمل کنند. این جعبه‌ها هم با ماشین و هم با دست پر می‌شوند. پر کردن ماشینی تورسنگها ارزانتر و سریعتر بوده اما دقت روش دستی را ندارد. در روش دستی معمولاً دیوار تمام شده ظاهر بهتری دارد. مصالح پرکننده باید کاملاً توری‌ها را پر کرده و به خوبی درون آن قرار بگیرند به طوری که فضای خالی میان سنگها به حداقل برسد و امکان جابجا شدن آنها نیز باید کم باشد. لازم به ذکر است که از این نوع دیوار کمتر به عنوان سیل‌بند و بیشتر به عنوان دیوار حایل استفاده می‌شود. همچنین استفاده از دیوار سیل‌بند تورسنگی، علیرغم نفوذپذیر بودن، از این جهت قابل توصیه است که هدف ما را برای مهار سیلاب می‌تواند تا حدودی تأمین کند. زیرا جلو هجوم سیل (نه نفوذ سیل) را می‌گیرد و می‌تواند در کاهش خسارت سیل مؤثر باشد. علاوه بر این، با پر شدن درز و شکاف دیوار در طول زمان از رسوبات و گل و لای، میزان نفوذپذیری کاهش می‌یابد. ضمناً می‌توان پشت دیوار تورسنگی را خاک ریخته و از نفوذپذیری آن کاست.

اگر سایش یا سایر عوامل خارجی سبب تخریب روکش گالوانیزه روی سیمها یا تخریب خود سیمها بشود عمر تورسنگ بشدت کاهش می‌یابد. همچنین امکان خوردگی توریها در آبهای با pH (اسیدیته) زیر ۷ یا بالای ۱۲ وجود دارد. لذا می‌توان برای جلوگیری از خوردگی از روکش پلی‌وینیل کلراید^۱ برای سیمها استفاده کرد. آبهای شور و آبهای آلوده (نظیر آبهای آلوده به فاضلاب صنعتی یا خانگی) موجب خوردگی سیمهای گالوانیزه می‌شوند. عوامل اصلی که عمر سازه‌های تورسنگی را محدود می‌کنند عبارت از سایش^۲، خوردگی و خرابکاری توسط مردم می‌باشند.

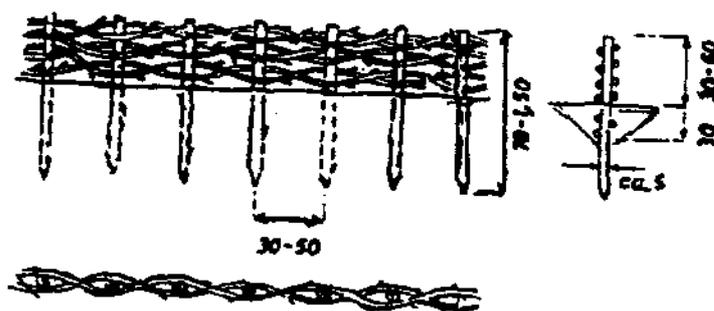
چنانکه گفتیم جعبه‌های تورسنگی را در کناره رودخانه بر روی یکدیگر قرار داده و به کناره رودخانه و یکدیگر مهار می‌کنند. لذا یک سازه مرکب ایجاد می‌گردد که انعطاف‌پذیر بوده و می‌تواند خود را با نشست شالوده هماهنگ کند. همچنین بهتر است سطح جلوی دیوارها کاملاً عمودی نباشد زیرا از نظر سازه‌ای می‌تواند موجب ناپایداری شده و نیز احساس ناخوشایندی ناشی از قائم بودن در بیننده ایجاد کند. لذا بهتر است سطح جلویی دیوار تورسنگی یک شیب ملایم (مثلاً ۱:۱۰) نسبت به حالت قائم داشته باشد که این شیب را می‌توان یا به صورت شیبدار کردن کلیه گابیونها از بالا به پایین و به طور تدریجی اعمال کرد یا اینکه در اکثر موارد ردیفهای مختلف را به صورت پله‌ای روی هم قرار داد (شکل شماره ۵-۱۹). از جمله مزایای دیوارهای تورسنگی آن است که به علت نفوذپذیر بودن، هیچگونه مشکلی ناشی از اختلاف فشار هیدرواستاتیکی آب در دو طرف دیوار ندارند، ولی باید پشت دیوارها از یک لایه فیلتر مناسب استفاده گردد تا مواد ریزدانه کناره شسته نشده و پشت دیوار را سست نکنند.

۵-۳-۲-۵ دیوار سیل‌بند چوبی

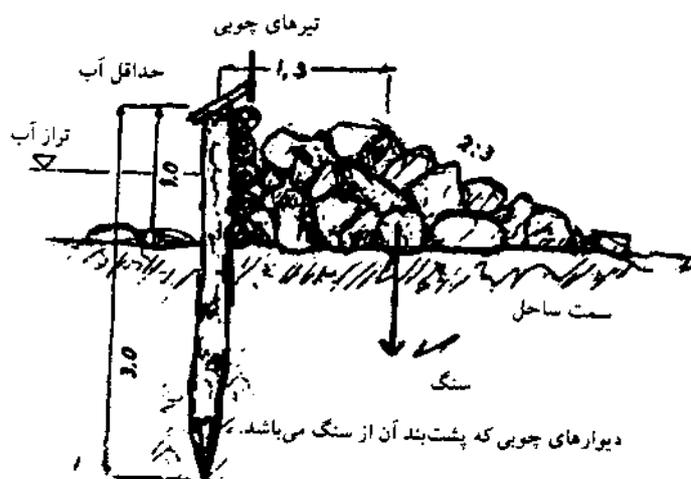
در مناطق جنگلی که چوب فراوان و ارزان بوده و سایر مصالح کمتر در دسترس می‌باشد می‌توان از دیوارهای سیل‌بند



چوبی استفاده کرد. این سیلبندها در کنار رودخانه‌هایی بکار می‌روند که سیلاب آن کم می‌باشد. از تنه درختان یا الوار در فواصل مناسب به عنوان پایه (شمع) استفاده کرده و فضای بین آنها با شاخه‌های انعطاف‌پذیر درختان بافته می‌شود. پایه‌های چوبی باید بقدر کافی در خاک فروروند تا استحکام لازم به دست آید. در جاهایی که نیروی دینامیکی آب زیاد است می‌توان از دو یا چند ردیف از پایه‌های چوبی استفاده کرد. فاصله بین ردیف‌های پایه‌ها از بسته‌های علفی پر شده تا آبگذری کاهش یابد. همچنین ردیف‌های پایه‌ها به وسیله شاخه‌های درختان یا ساقه‌های مناسب به یکدیگر محکم می‌گردند. در مواردی از ترکیب پایه‌های چوبی و سنگ، دیوارهای چوبی سنگی بوجود می‌آید که برای بده‌های زیادتر مناسب بوده و هزینه آن نیز زیاد می‌باشد. ارتفاع پایه‌ها بستگی به بده سیلاب طراحی دارد. فاصله بین هر پایه با پایه دیگر و نیز قطر پایه‌ها بستگی به جنس خاک کناره رودخانه، نیروی دینامیکی آب، بده سیلاب طراحی و سایر عوامل دارد. به علت هزینه زیاد این نوع سیلبندها، تنها در فاصله‌های کوتاه برای حفاظت مناطق پرارزش مثل تأسیسات، کارخانه‌ها و مناطق مسکونی بکار می‌رود. شکل (۵-۲۲) یک دیوار سیلبنده چوبی را نشان می‌دهد که با استفاده از پایه‌های چوبی و شاخه‌های بید ساخته شده است و برای بده‌های کم و یا برای قسمتهایی از رودخانه که نیروی دینامیکی آب کم باشد بکار می‌رود. شکل (۵-۲۳) یک سیلبنده چوبی را نشان می‌دهد که با پشت بند سنگی محکم شده است.



شکل ۵-۲۲- دیوار سیلبنده چوبی



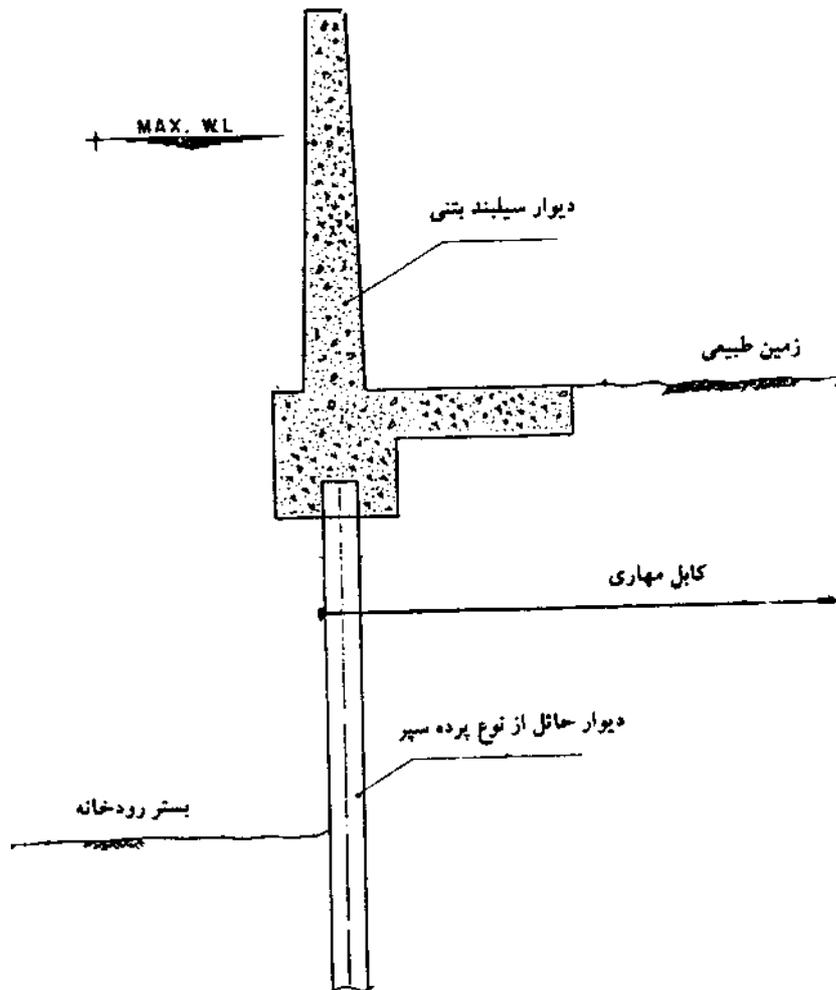
شکل ۵-۲۳- دیوار سیلبنده چوبی با پشت بند سنگی



لازم به ذکر است که استفاده از دیوار سیل‌بند چوبی، علیرغم نفوذپذیر بودن آن، از این جهت قابل توجیه است که هدف مهار سیلاب را تا حدودی تأمین می‌کند. زیرا جلو هجوم سیل (نه نفوذ سیل) را می‌گیرد و می‌تواند در کاهش خسارت سیل مؤثر باشد. علاوه بر این با پر شدن درز و شکاف دیوار چوبی در طول زمان از رسوبات و گل و لای، میزان نفوذپذیری کاهش می‌یابد. ضمناً می‌توان پشت دیوار چوبی را با خاک مناسب پر کرد تا از نفوذپذیری آن کاسته شود.

۵-۲-۳-۶ دیوار سیل‌بند ترکیبی

در مواردی از دیوار حائل با مصالح مناسب برای حفاظت کناره رودخانه در مقابل فرسایش و نیز به عنوان پایه‌ای برای دیوار سیل‌بند استفاده شده و سپس دیوار سیل‌بند بر روی آن ساخته می‌شود. شکل (۵-۲۴) نمونه‌ای از این نوع دیوارها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۴- سیل‌بند بتنی روی سپر فلزی



۵-۲-۴ عوامل تخریب دیوارها و حفاظت آنها

مسائل حفاظتی دیوارهای سیلبندها در مواردی شبیه‌گوره‌ها می‌باشد. در صورت داشتن جنس محکم، این دیوارها کمتر خراب شده و در صورت سرریز شدن جریان از روی آنها، بدنه دیواره خسارت زیادی نمی‌بیند. ضمناً می‌توان برای جلوگیری از سرریز شدن جریان از روی آنها، به کمک بزرگساز دیواره از وقوع خسارت جلوگیری کرد. برای طراحی دیوارهای سیلبندها باید آنها را در مقابل کلیه حالت‌هایی که منجر به تخریب می‌شود ایمن کرد. عوامل مهم در تخریب این نوع دیوارها عبارتند از:

- پدیده‌رگاب که در اثر تراوش جریان از زیر سازه رخ می‌دهد، سبب شسته شدن خاک زیر دیواره و پنجه آن شده و شرایط واژگونی سازه را فراهم می‌سازد.
- شالوده ضعیف که منجر به جابجایی و نشست‌های نامساوی می‌شود.
- لغزش جانبی در اثر نبودن قیدهای لازم
- واژگونی در اثر کم بودن وزن دیوار یا بد قرار گرفتن آن و یا کافی نبودن نیروهای مقاوم
- واژگونی دیوار در اثر آبستگی در محل پنجه دیوار
- ناپایداری شيروانی خاکی کناره رودخانه که دیوار سیلبندها به آن متکی است.
- خرابیهای سازه‌ای

در صورت نبودن عوامل مخرب بالا عمر این گونه دیوارها زیاد بوده و قدرت مهار آنها خوب می‌باشد. در جایی که خاک شالوده ضعیف باشد باید با استفاده از پاشنه و پنجه میزان فشار اعمال شده را با پخش آن بر روی یک سطح بزرگتر کاهش داد. سوراخهای درون دیوار (مربوط به تخلیه آب زیرزمینی در پشت دیوارهای بتنی، سنگی با ملات و غیره) را معمولاً با لوله‌های پلاستیکی درست می‌کنند. برای کسب اطمینان بیشتر، پشت دیوارها در محل لوله‌های زهکش را با مصالح فیلتر پر می‌کنند تا از شسته شدن خاک پشت دیوار جلوگیری شود. نکات مربوط به طراحی و ساخت این دیوارها در مراجع مختلف بیان شده است. از این رو در اینجا از پرداختن به آن نکات خودداری می‌شود.

۵-۲-۵ جانمایی دیوارهای سیلبندها

در صورتی که بخواهیم دیوار سیلبندها را در قسمت بیرونی و فرسایش‌پذیر پیچ‌های رودخانه ایجاد کنیم، چون فرسایش در این نقاط پیشروی کرده و حتی در بعضی از نقاط به داخل مناطق مسکونی و تجاری می‌رسد، از اینرو محلی برای احداث دیوار سیلبندها باقی نمی‌گذارد. در حقیقت چنین ساحل فرسایش‌پذیری نمی‌تواند شالوده پایداری



برای ساختن دیوارهای سیلبند بر روی آن باشد. لذا باید دیوار سیلبند در داخل رودخانه ساخته شود که مشکلات اجرایی متعددی به همراه دارد و یا باید دیوار سیلبند بر روی کناره بالایی (ساحل) ساخته شود که در آن صورت در مجاورت آن کناره فرسایش یافته عمودی رودخانه قرار داشته و خطر تخریب و واژگونی دیوار را به همراه دارد. در چنین وضعیتی اساساً دو روش عمده برای حل مسئله فوق وجود دارد. روش اول آن است که نواری از حاشیه رودخانه را با تغییر مکان دادن منازل، تأسیسات و سایر موانع برای احداث سیلبند آماده کنند بدون آنکه نیاز به احداث دیوار حایل (که کار آن نگهداری کناره و بار ناشی از وزن دیوار سیلبند می‌باشد) باشد. در این روش باید کناره رودخانه به وسیله روشهای حفاظت کناره تثبیت گردد.

روش دوم آن است که کناره رودخانه را به کمک دیوار حایل تثبیت کرده و در مجاورت آن در ساحل بالای کناره، دیوار سیلبند ایجاد گردد (شکل ۱۹-۵). چنانچه چنین فاصله‌ای وجود نداشته باشد، دیوار حایل در فاصله کمی از کناره در داخل رودخانه ساخته می‌شود تا فضای کافی برای سیلبند فراهم گردد.



۶- انحراف سیلاب^۱

این روش مهار سیلاب عموماً در نواحی بالادست مناطق توسعه یافته، نظیر شهرها و مجتمع‌های صنعتی بکار می‌رود که فضای کافی برای بزرگسازي^۲ (تعریض و تعمیق) آبراه یا ساخت گوره‌ها وجود ندارد و ساخت دیوارهای سیل‌بند نیز غیراقتصادی می‌باشد. در چنین حالت‌هایی قسمتی از سیلاب یا کل آن، از طریق یک سیل‌راه از ناحیه مورد حفاظت دور می‌شود.

انحراف سیلاب رودخانه‌ها و آبراه‌ها شاید یکی از قدیمی‌ترین روشهای حفاظت سیلاب باشد و در صورت امکان انجام آن، معمولاً یکی از بهترین و ارزانه‌ترین روشهای مهار سیلاب می‌باشد. زیرا با این روش، جریان سیلاب و خطرات آن از رودخانه و آبراه دور شده و در نتیجه در بازه موردنظر از رودخانه یا آبراه تأمین کافی بوجود می‌آید. از اینرو تأثیر این روش خیلی زیاد می‌باشد. فرق این روش با سایر روشهای مهار سیلاب مثل گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند در این است که با احداث گوره یا دیوار سیل‌بند خطرات بالقوه ناشی از سیل در سرتاسر طول گوره‌ها و دیوارهای سیل‌بند باقی می‌ماند، در حالیکه با انحراف سیلاب، خطرات ناشی از آن در سرتاسر بازه موردنظر از رودخانه یا آبراه برطرف می‌گردد.

امروزه در سیلابدشت‌های پرجمعیت، اساساً امکان کمی برای ساخت سیل‌راه‌های^۳ بزرگ (نظیر زمانهای گذشته که کانالهای عریض در بالای تراز زمین با خاکریزی یا گوره‌بندی ایجاد می‌شدند و سیلاب را از رودخانه طغیانی دور کرده و مخازن ذخیره موقت برای آنها ایجاد می‌کردند) وجود دارد. به همین دلیل باید روشهای مختلف انحراف سیلاب، متناسب با شرایط محیطی و امکانات فنی و اقتصادی بررسی گردد.

سیل‌راه انحرافی از طریق یک سرریز ثابت، دریچه سیل^۴ و یا سرریز خاکی^۵ کم ارتفاع عمل می‌کند. در حالت اخیر وقتی تراز سیلاب در آبراه اصلی به تراز سیل طراحی می‌رسد، سیلاب از روی سرریز خاکی عبور کرده و آن را تخریب می‌کند و سپس در داخل سیل‌راه جریان می‌یابد. در دوره‌های غیرسیلابی، زمینهای داخل سیل‌راه به عنوان زمینهای کشاورزی و نیز برای سایر هدفهای محدود، می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

در ادامه این فصل، به بررسی و مقایسه روشهای انحراف سیلاب پرداخته می‌شود.

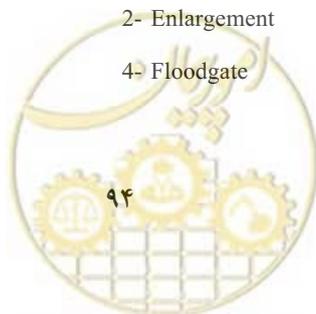
1- Flood Diversion

2- Enlargement

3- Floodways

4- Floodgate

5- Fuse plug



۱-۶ روشهای انحراف سیلاب

۱-۱-۶ انحراف به زمینهای پست (گود)

در این روش برای عملی ساختن انحراف سیلاب لازم است زمینهای پستی در مجاورت رودخانه وجود داشته باشد تا از آن طریق بتوان حجم سیلاب را در آنها موقتاً ذخیره کرد که به آن انحراف موقت گویند (شکل ۱-۶) و یا بطرف محل مناسبی (دریا، دریاچه، تالاب، باتلاق و غیره) انتقال داد که انحراف دائمی می‌باشد. چنین زمینهایی علاوه بر مناسب بودن شرایط توپوگرافی آنها، باید اراضی بایر غیرقابل کشت یا باارزش اندک باشند تا بتوان چنین انحرافی را ممکن ساخت و چنانچه زمین مناسبی با مشخصات ذکر شده در حوالی رودخانه نباشد، جریان سیلاب باید توسط یک سیلراه کنارگذر^۱ طولانی به محل مناسب (دریا، دریاچه، تالاب، باتلاق و غیره) منتقل گردد. غالباً یک سیلراه طولانی بخاطر ابنیه حفاظتی لازم که در طول آن باید پیش‌بینی گردد و نیز قطع جاده‌ها و تأسیسات، بسیار پرهزینه خواهد بود.

وقتی که مخازن ذخیره موقت در داخل سیلابدشت موجود باشد، آسان‌ترین راه برای انحراف سیلاب حتی تا به امروز، ساختن یک دهانه آبنگیر قابل تنظیم در بدنه خاکریزگوره یا کنار رودخانه و حفر یک سیلراه از دهانه به سمت محل مخزن می‌باشد. اگر آب ذخیره شده بتواند بعداً به رودخانه برگشت داده نشود، این راه حل آسان و فوق‌العاده مؤثر می‌باشد. سیلراه‌های انحرافی که سیلاب را به دریاچه‌های مجاور هدایت می‌کنند بهترین راه حل هستند، بویژه وقتی دریاچه آنقدر بزرگ باشد که به عنوان یک مخزن تسکین سیلاب، بدون افزایش قابل توجه در تراز آب عمل کند.

۲-۱-۶ سیلراه کنارگذر

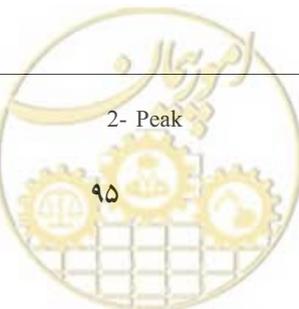
در این روش قسمتی از سیلاب را قبل از اینکه به بازه خاصی از شاخه اصلی رودخانه برسد منحرف کرده و پس از گذشتن از محل خطر دوباره وارد رودخانه می‌کنند. این انحراف می‌تواند موقتی یا دائمی باشد و در مواردی بکار می‌رود که ظرفیت رودخانه محدود بوده و انحراف به خارج از حوضه یا محل‌های دیگر دارای توجیه نباشد.

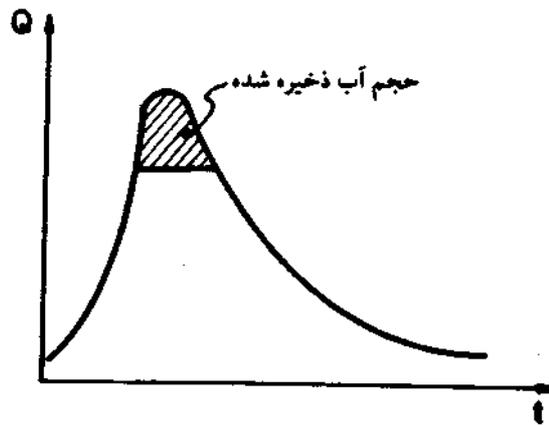
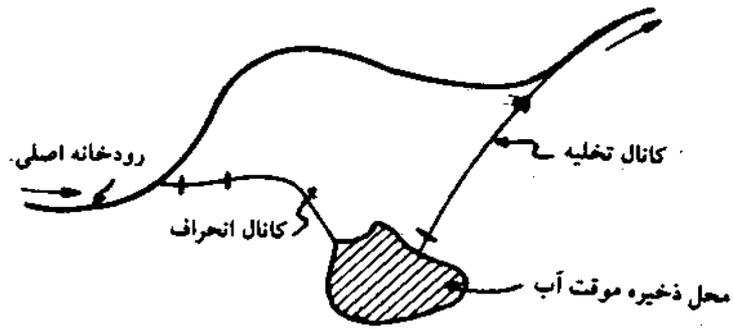
شاخه اصلی رودخانه که از سیلابدشت واقع در اراضی پست می‌گذرد، شاخه‌های فرعی منشعب از کوه‌های مجاور را دریافت می‌کند (شکل ۲-۶). شاخه اصلی می‌تواند جریانهای کم و متوسط را بدون خطر عبور دهد، اما در صورت افزایش بده باعث گسترش سیلزدگی می‌گردد. دو عامل زیر باعث تشدید این موقعیت می‌شوند:

- وقتی تطابق بین امواج سیلاب شاخه اصلی و یک یا چند شاخه فرعی رودخانه وجود داشته باشد یا به عبارت دیگر امواج^۲ سیل آنها روی هم بیفتند، در آن صورت خسارت سیل ممکن است خیلی زیاد باشد.

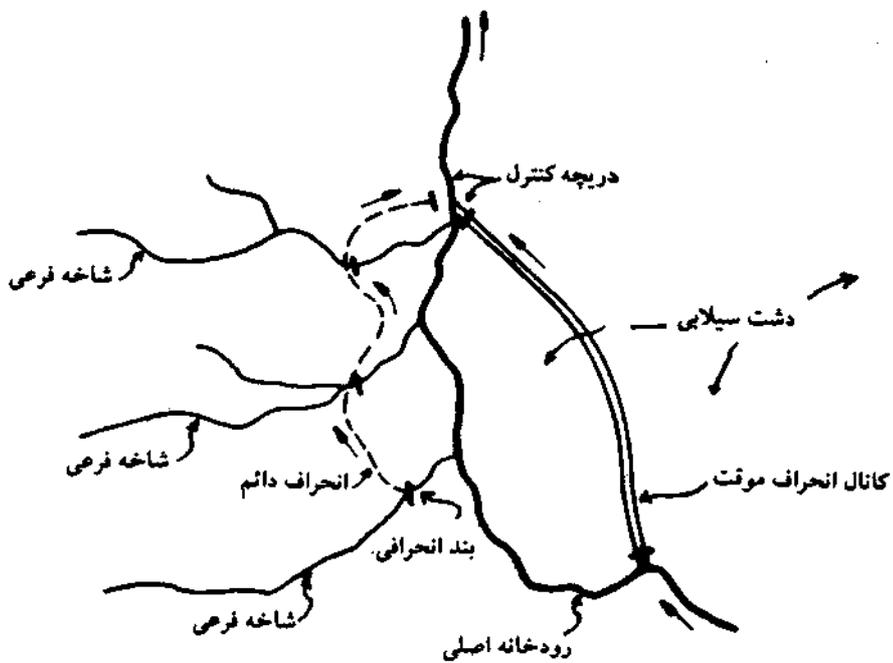
1- Flood Bypass; Bypass Channel

2- Peak





شکل ۶-۱- انحراف سیلاب به زمینهای پست



شکل ۶-۲- انحراف موقت و دائم آب



- در طول بازه‌هایی از رودخانه اصلی، بستر آبراه به علت سالها رسوبگذاری، در تراز بالاتر از تراز سیلابدشت قرار بگیرد و یا به هر دلیل دیگری ظرفیت آبگذری آن کم شده باشد.

بعد از بررسی گزینه‌های مختلف، راه حل رفع مشکل حالت‌های بالا، به دو طرح انحرافی زیر بستگی دارد:

- کنارگذر موقت: برای شاخه اصلی، یک سیلراه انحرافی موقت در نظر می‌گیرند که در ابتدا و انتها دارای دریچه بوده و فقط در هنگام وقوع سیلاب شدید از آن برای عبور سیلاب مزاد بر ظرفیت رودخانه استفاده می‌شود. در بقیه اوقات، این سیلراه کنارگذر به عنوان یک کانال جمع‌کننده اصلی برای زهکشی سیلابدشت عمل می‌کند. در این روش یک سازه انحرافی کنترل شده (دارای دریچه) برای انحراف جریان از رودخانه به سیلراه کنارگذر ضروری است.

- کنارگذر دائم: برای شاخه‌های فرعی، یک آبراه انحرافی دائم در نظر می‌گیرند. این شاخه‌های فرعی در فاصله‌ای نه چندان دور از هم‌ریزگاه^۱ مسدود شده و آب آنها بوسیله آبراه کنارگذر منحرف می‌شود تا در انتهای پایین دست سیلابدشت (پایین‌تر از ناحیه مورد حفاظت) به شاخه اصلی رودخانه پیوندد (شکل ۶-۲).

سیلراه‌های کنارگذر که از چم‌های^۲ رودخانه اصلی تبعیت نمی‌کنند و پس از انشعاب تقریباً با مسیری دارای پیچ‌وخم کمتر، به رودخانه اصلی برمی‌گردند، دارای طول کوتاهتری هستند و هنگامی که اختلاف ارتفاع بین محل انحراف و محل برگشت آن به رودخانه یکسان باقی بماند، دارای شیب خیلی تندتر از شیب رودخانه می‌گردند. در صورتی که این شیب تند منجر به بروز مشکلاتی برای سیلراه یا رودخانه اصلی (در محل تخلیه سیلاب) بگردد، برای غلبه بر چنین مشکلی، باید به کمک یک یا چند سازه شیب‌شکن در امتداد مسیر سیلراه کنارگذر، شیب آن را کندتر کرد.

برگشت سیلاب به داخل رودخانه اصلی در نقاط پایین دست، ناگزیر باعث پس‌زدن آب می‌گردد که اگر خیلی نزدیک به بازه مورد حفاظت باشد، خطرناک است. یک راه حل ساده، جابجایی نقطه برگشت سیلاب (هم‌ریزگاه) به محلی دورتر در پایین دست می‌باشد و این در حالیست که طولانی کردن سیلراه کنارگذر، مشکلات ویژه‌ای را در پی نداشته باشد. در غیر این صورت راه حل آن است که یک خاکریز (گوره) در امتداد طولی از رودخانه اصلی که تحت تأثیر پس‌زدن آب قرار می‌گیرد، ساخته شود تا بتواند اثرات پس‌زدن آب را در بالادست هم‌ریزگاه خنثی کند.

۳-۱-۶ انحراف بین حوضه‌ای (انحراف به رودخانه دیگر)

انحراف سیلاب یک رودخانه به رودخانه مجاور آن می‌تواند به عنوان یک راه حل مفید مطرح گردد. در این نوع انحراف باید دو شرط برقرار باشد:

- اوج سیلابهای دو رودخانه نباید رویهم قرار گیرد.

- رودخانه‌ای که قرار است سیلاب به آن منحرف شود (رودخانه گیرنده) باید به قدر کافی ظرفیت داشته باشد تا بتواند همه سیلاب انتقال یافته را عبور دهد.

در صورت برقرار بودن شرایط فوق، می‌توان با انحراف سیلاب از رودخانه مورد حفاظت به رودخانه دیگر، از شدت سیل کاست. در صورت نیاز می‌توان همین عمل را برای رودخانه دیگر نسبت به رودخانه اولی در محل‌های مناسب انجام داد (شکل ۶-۳). آبگیرهای خاص یا سدهای انحرافی، امکان انحراف جریانهای یک رودخانه با ظرفیت نامناسب را به رودخانه یا سیلراه با ظرفیت مناسب فراهم می‌سازند.

۶-۱-۴ انحراف به استخرها یا مخازن تأخیری^۱

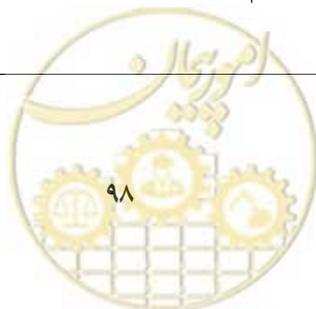
در سالهای اخیر به علت تبدیل مناطق روستایی به مناطق توسعه یافته شهری و صنعتی، در جریان رودخانه‌ها تغییراتی ایجاد شده و کارهای موجود ساماندهی رودخانه‌ها بویژه برای مهار سیلاب کفایت نمی‌کند. زیرا توسعه شهری و صنعتی باعث نفوذناپذیری حوضه آبریز شده و متعاقباً در آبنمود سیلاب رودخانه تغییر ایجاد می‌کند. بطوری که بده حداکثر (بده سیلاب طراحی) که قبلاً پذیرفته شده و براساس آن تأسیسات طراحی شده‌اند، به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و آبنمود سیلاب و اوج آن به سمت نقطه آغاز جابجا می‌گردد (شکل ۶-۴).

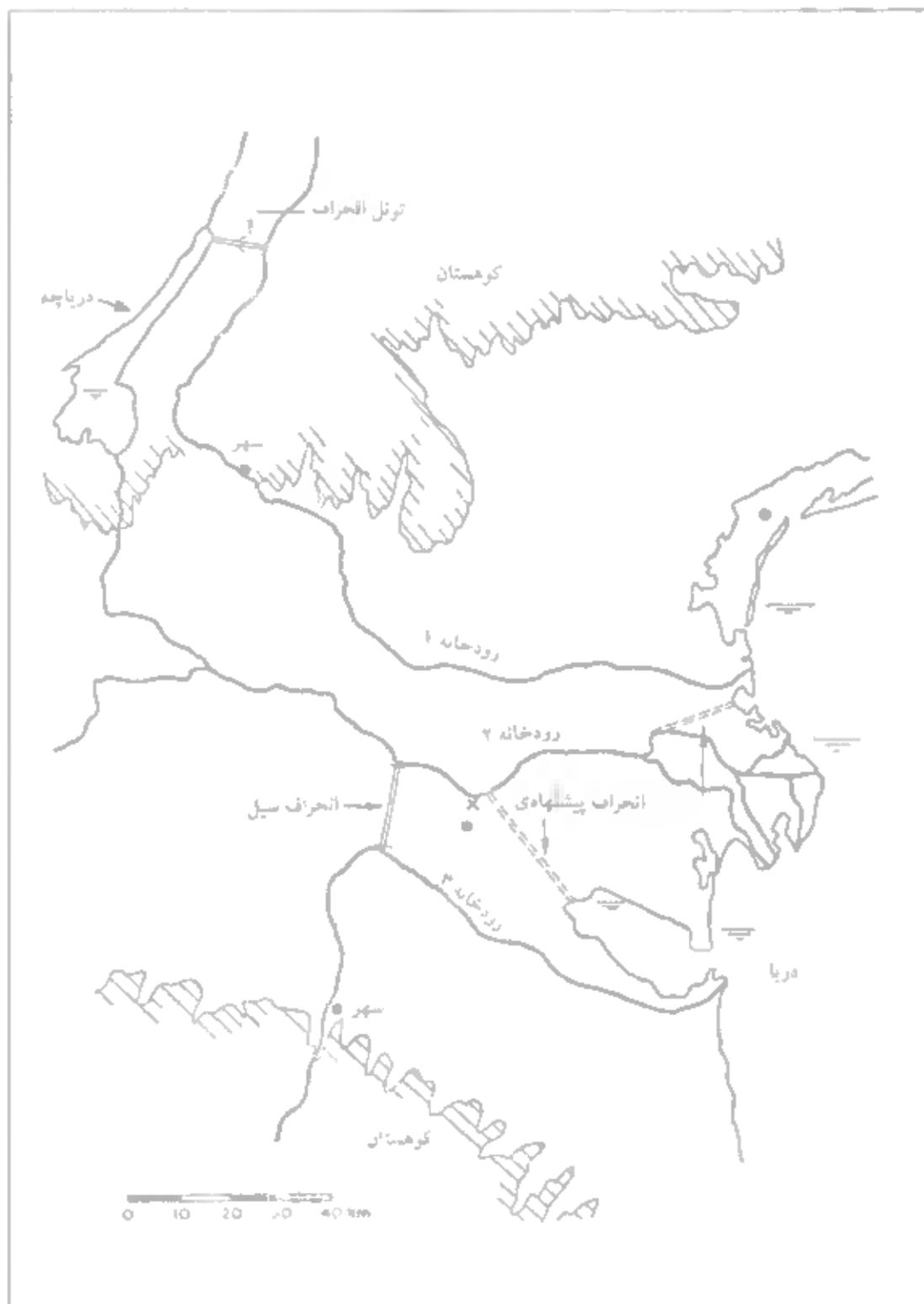
یک روش مفید در چنین حالاتی آن است که در صورت امکان، در امتداد گوره‌های ساخته شده در دو طرف رودخانه، استخرهای تأخیری بوجود می‌آورند بطوریکه وقتی جریان سیلاب زیاد بوده و تراز آب در رودخانه بالا باشد، جریان به سمت این استخرهای تأخیری جاری شده و از شدت سیلاب در پایین دست می‌کاهد. سپس هنگامیکه شدت سیلاب در رودخانه کاهش یافته و تراز آب در رودخانه پایین آمد، جریان از استخرها به داخل رودخانه صورت می‌گیرد (شکل ۶-۵). موضوع مهم در این روش، طراحی آبگیری از رودخانه است. بطوریکه همیشه باید سطح آبگیر از تراز گوره‌های دو طرف آن کمتر باشد تا مانعی برای ورود و خروجی آب پیش نیاید. در شکل‌های (۶-۶) و (۶-۷) جزئیات بیشتری از یک نمونه از این استخرهای تأخیری نشان داده شده است.

روش دیگر، مشابه روشی است که در مبحث انحراف آب به زمینهای پست مطرح گردید. یعنی با انحراف قسمتی از سیلاب به داخل زمینهای پست یا استخرهای تسکین، موقتاً آنها را ذخیره کرده (شکل ۶-۱) و پس از فروکش کردن سیلاب، مجدداً به داخل رودخانه برگشت داده می‌شود.

در هر دو حالت فوق با احداث یک دریاچه مناسب در محل ورودی به آبراه یا بوسیله سرریز جانبی در رودخانه اصلی، می‌توان سیلاب منحرف شده را تنظیم کرد.

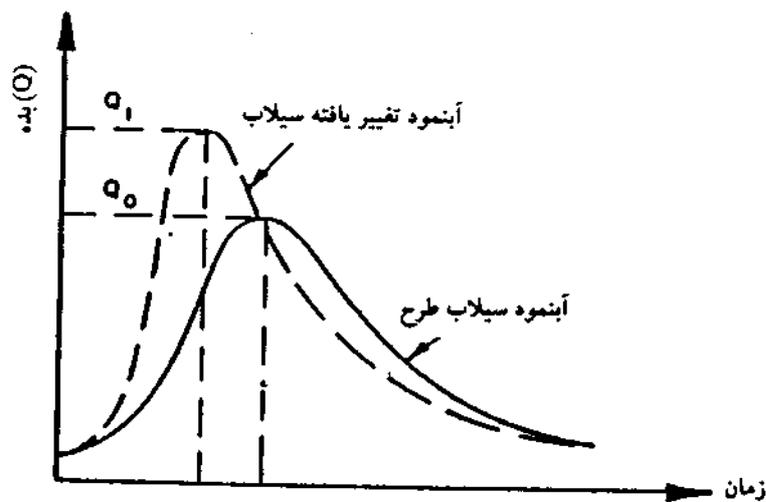
1- Detension Basin; Retarding Basin





شکل ۳-۶ - انحراف جزایر سیلاب به رودخانه مجاور





شکل ۴-۶- تغییر در آبنمود سیلاب

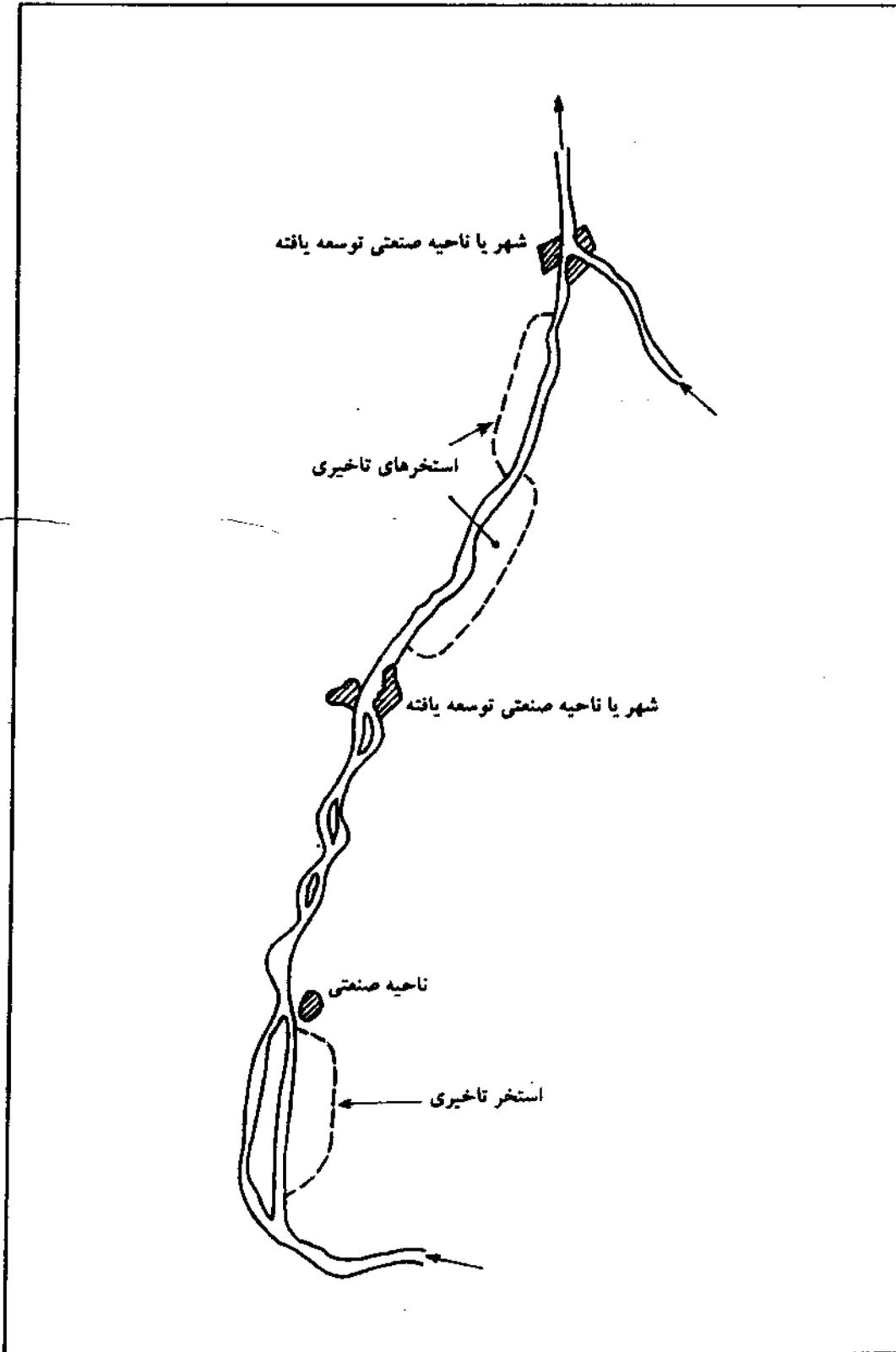
۵-۱-۶ انحراف سیلاب در پایین دست (افزایش شیب هیدرولیکی جریان)

با انحراف سیلاب در پایین دست محل مورد حفاظت، شیب خط انرژی جریان افزایش می یابد و تراز نیمرخ طولی سطح آب در بالادست کمتر از حالت قبل از انحراف سیلاب خواهد شد در نتیجه سیلابی که تراز سطح آن قبلاً از تراز کناره های رودخانه بالاتر می رفته و به اطراف سرریز می کرده است، در این حالت تراز آن پایین افتاده و در داخل رودخانه جریان می یابد. افزایش شیب خط انرژی S_f در پایین دست، با انحراف جریان و تخلیه آن در محل های مورد نظر، دو یا چند شاخه ای کردن رودخانه و افزایش کشش آن، حذف پیچ و خم ها و مستقیم کردن مسیر رودخانه، لایروبی و غیره انجام می گیرد که بجز روش انحراف جریان، بقیه روشها مربوط به مبحث بهسازی آبراه بوده و در فصل بعد مورد بررسی قرار می گیرد.

۶-۱-۶ انحراف به زمینهای کم ارزش

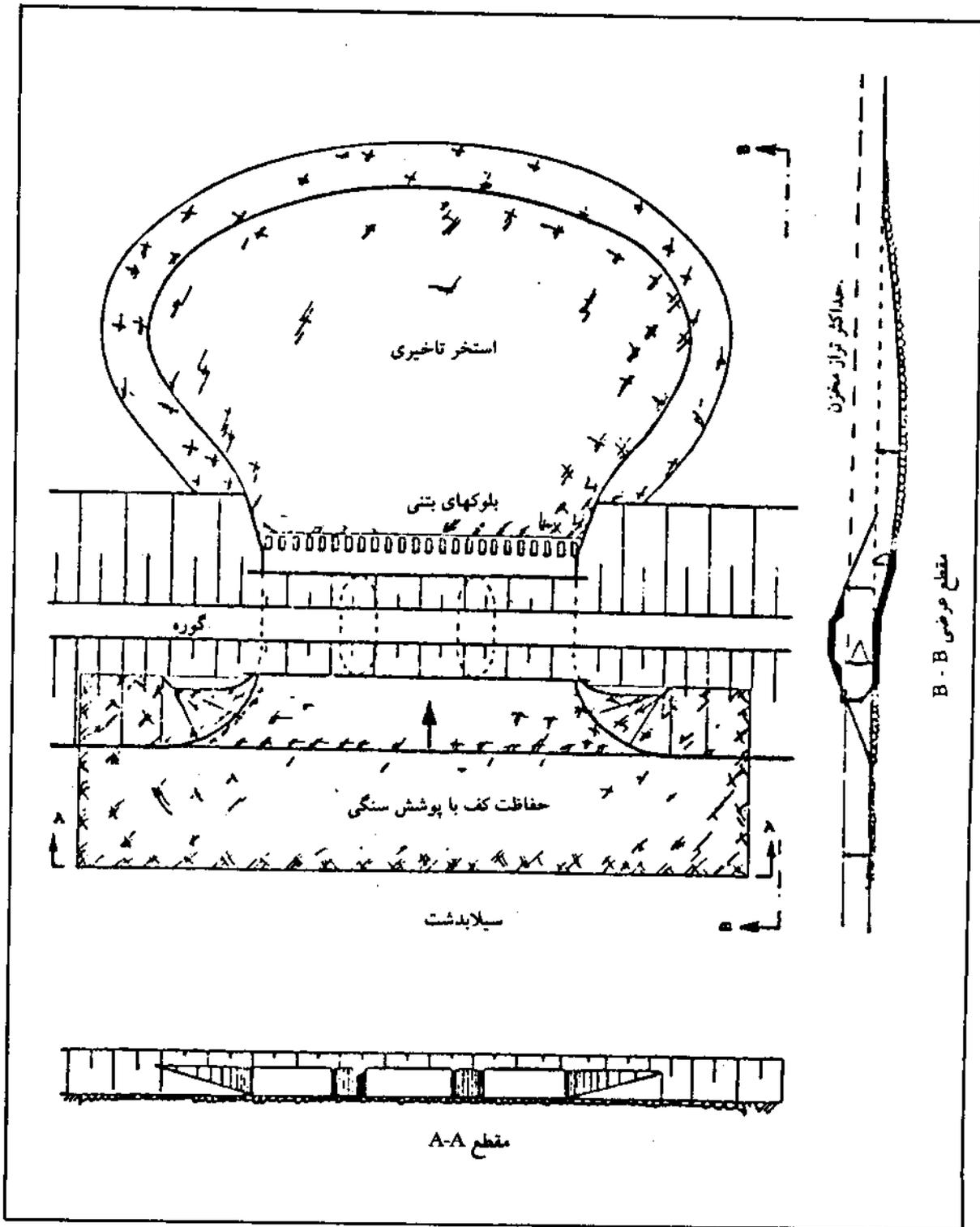
به غیر از مواردی که در روشهای بالا به آنها اشاره شد، در مواردی بویژه در رودخانه های کوچک، سرریزهای جانبی ثابت غیر قابل تنظیم در بدنه خاکریزها یا در کنار رودخانه کار گذاشته می شوند تا با انحراف قسمتی از سیلاب به سمت زمینهای کم ارزش سیلابدشت، زمینهای پر ارزش در پایین دست را محافظت کنند. همچنین در مواردی این عمل را برای جلوگیری از ایجاد شکاف و تخریب گوره ها بکار می برند. چون اینکار باعث می شود تا از سرریز شدن سیلاب از روی گوره ها جلوگیری بعمل آید.





شکل ۶-۵- انحراف سیلاب به استخرهای تأخیری

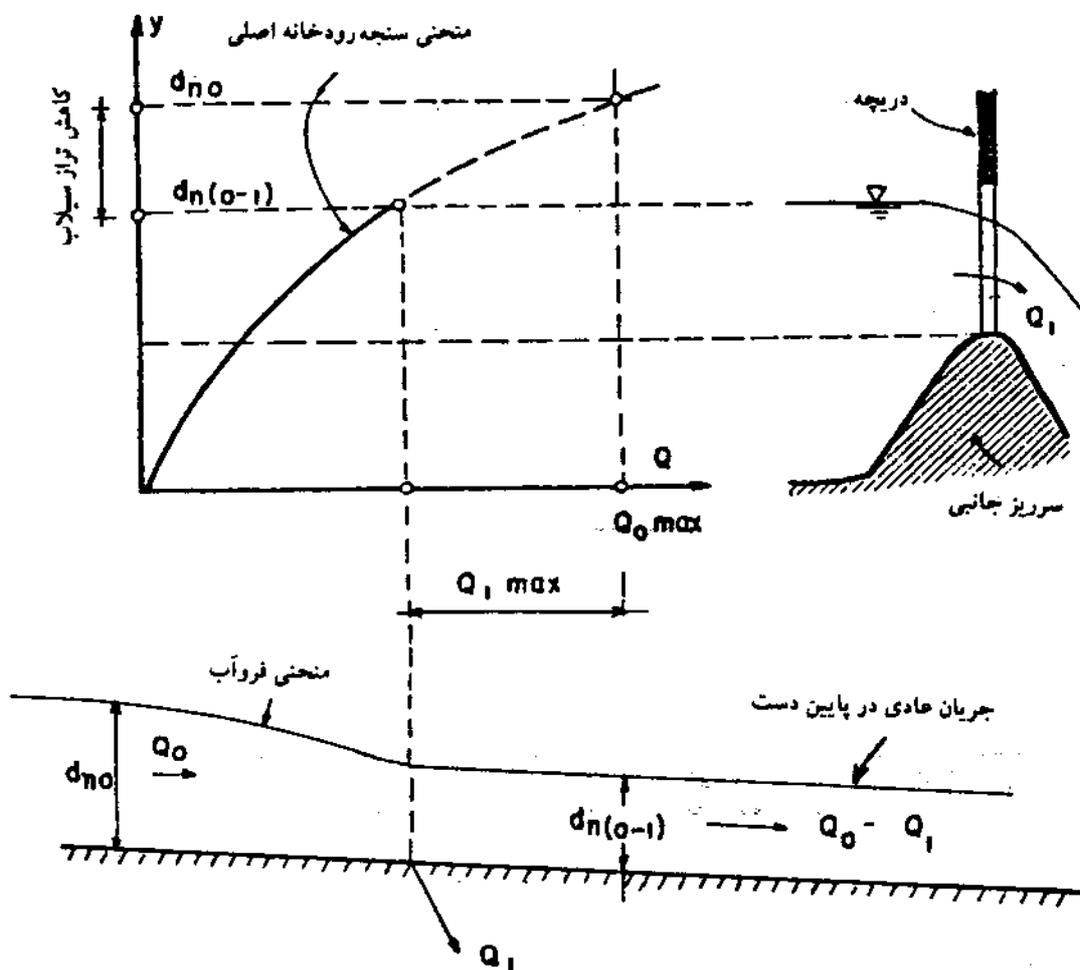




شکل ۶-۷- نمونه یک استخر تأخیری با جزئیات



به استثنای کارهای دائم انحراف آب، در ابتدای سیلراه انحرافی معمولاً یک سرریز ورودی وجود دارد که ورود سیلاب را به سیلراه انحرافی تنظیم می‌کند. تراز و پهنای تاج سرریز طوری تثبیت می‌شوند تا در هنگامی که موج سیلاب طرح در بالادست به اوج خود می‌رسد، بتواند حداکثر بده انحرافی را عبور دهد. قبل از رسیدن تراز آب به تراز تاج سرریز، آب رودخانه بطور معمولی در آبراه اصلی جریان دارد. اگر تراز آب از تراز تاج سرریز بالاتر رود، قسمتی از بده کل Q_0 شروع به تخلیه در سیلراه انحرافی می‌کند که تشکیل Q_1 را می‌دهد. بدیهی است که در رودخانه در پایین‌دست محل انحراف آب، بده $(Q_0 - Q_1)$ جریان داشته و همزمان با $Q_{0,max}$ به حداکثر مقدار خود می‌رسد. یک نمودار از چنین ترتیبی در شکل (۸-۶) نشان داده شده است.



شکل ۸-۶- انحراف به کمک سرریزهای جانبی



تغییرات ریخت‌شناسی^۱ در رودخانه اصلی و سیلراه انحرافی که بعد از ساختن تأسیسات انحرافی بوجود می‌آید، ممکن است بعد از گذشت زمان بطور قابل توجهی کارایی انحراف را کاهش دهد. این امر اثر منطقی حالتی است که سرریز جانبی وجود داشته باشد. چون سرریز جانبی لایه بالایی موج سیلاب را می‌گیرد از اینرو نسبت رسوب به آب در رودخانه اصلی چندان تغییری نمی‌کند. در حالتی که سیلراه انحرافی بدون سرریز ورودی باشد عملاً بصورت یک دو شاخه^۲ عمل می‌کند که در آن قسمتی از آب، برای کل عمق جریان، منحرف می‌شود. در آن صورت نسبت رسوب به آب می‌تواند تغییر کند و باعث رسوبگذاری در پایین دست بگردد. بهر حال اگر غلظت رسوب رودخانه زیاد باشد همیشه توصیه می‌شود که قبل از انجام کارهای انحراف، با یک طرح فراگیر ساماندهی رودخانه در بالادست محل انحراف، تا حد ممکن رسوب را کاهش دهیم، یا حداقل با اقدامات رسوب برگردان (دفع رسوب)^۳ در محل انحراف، میزان رسوب انتقالی به پایین دست را به حداقل برسانیم.

در بهترین حالت تنها از ورود بخشی از بار شسته^۴ (ذرات رس و لای) به داخل سیلراه جلوگیری می‌گردد. اگر غلظت رسوب سیلاب انحرافی زیاد باشد، در آن صورت در سیلراه امکان رسوبگذاری و تشکیل پشته‌های رسوبی وجود دارد. این انباشته‌های رسوبی از موادی تشکیل شده که آب را در خود نگهداشته و رشد گیاهان را سرعت می‌بخشد. همچنین ریشه‌ها و شاخه‌های درختان که از کناره به سمت داخل آب برآمدگی دارند، میزان رسوبگذاری را افزایش می‌دهند. در نتیجه ممکن است سیلراه بطور قابل توجهی باریک شود یا حتی سبب پس‌زدن آب بگردد. وقتی که بطور همزمان مقاومت آب بالا رود، نتیجتاً کاهش قابل توجهی در ظرفیت انتقال سیلاب در سیلراه صورت می‌گیرد. در این حالت عملیات رسوب برگردان (دفع رسوب) در محل انحراف، تأثیر کمی در بهبود شرایط سیلراه دارد و تنها اقدام مؤثر مهندسی، برگرداندن و اصلاح سیلراه به حالت و ابعاد اولیه آن می‌باشد.

۳-۶ انحراف سیلاب برای سایر اهداف

۱-۳-۶ انحراف سیلاب برای تأمین آب

این راه حل اساساً وقتی بکار می‌رود که سیلراه انحرافی، علاوه بر مهار سیلاب، برای تأمین مقدار معینی آب نیز بکار رود و شامل ساخت یک سد درپچه‌دار در عرض رودخانه اصلی و بلافاصله در پایین سیلراه انحرافی می‌باشد. از نظر مهار سیلاب، این راه حل امتیاز زیادی ندارد. مگر برای حالتی که سیلراه انحرافی به ناچار در زمین نسبتاً بلند حفر گردد. در این حالت با افزایش تراز سراب تا آنجا که با شرایط بالادست سازگار باشد می‌توان هزینه حفاری را کاهش داد. بطور کلی، مهار سرتاسری اوج سیلاب نسبت به حالت فوق انعطاف‌پذیرتر و سازگارتر می‌باشد.

1- Morphology

2- Bifurcation

3- Sediment Exclusion

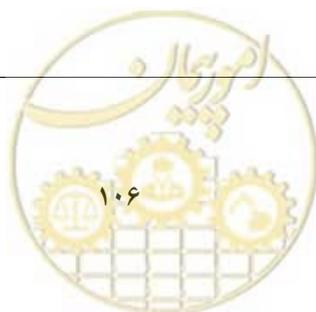
4- Wash Load

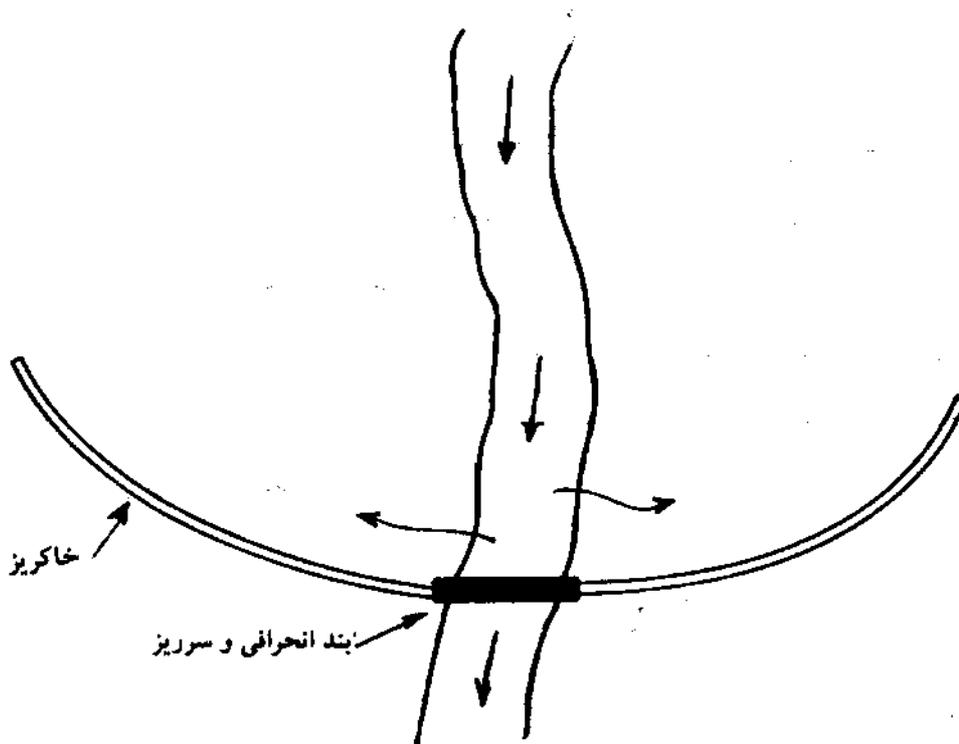
۲-۳-۶ انحراف سیلاب برای تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب

این راه حل یک روش انحراف سیلاب نیست بلکه هدف از آن استفاده از سیلاب انحرافی برای تغذیه سفره‌های زیرزمینی و بهبود پوشش گیاهی ناحیه مورد نظر می‌باشد و بیشتر برای نواحی کم‌آب بکار می‌رود. برای عملی شدن این اقدام، سازه‌های کنترل و هدایت ویژه‌ای مانند دیگر روشهای انحراف مورد نیاز می‌باشد تا بتوان مقدار سیلاب مورد نظر را به زمینهای مناسب هدایت کرد و سپس با انجام عملیات پخش سیلاب و یا تغذیه مصنوعی، باعث پرآب تر شدن سفره‌های زیرزمینی، قناتها، چشمه‌ها و چاهها شد.

یکی از این نوع اقدامات استفاده از بند و سرریز در مسیر آبراه می‌باشد بطوریکه مخزن ایجاد شده در پشت بند به عنوان یک استخر تغذیه مصنوعی عمل کرده و باعث تغذیه مسیر آبراه می‌گردد. در حالت دیگر، از خاکریزهایی به عنوان دیواره مخزن استفاده می‌شود. این خاکریزها از یک طرف به بدنه بند متصل بوده و از طرف دیگر در اراضی حاشیه رودخانه امتداد دارند (شکل ۶-۹). این کار باعث گسترده تر شدن سطح تغذیه مصنوعی می‌گردد. در هر دو حالت فوق، آب اضافی در مسیر آبراه تخلیه می‌گردد و باعث تغذیه مسیر پایین دست بند نیز می‌شود. حسن این روش در آن است که سیلابهای سنگین را می‌تواند در امتداد مسیر آبراه اصلی تخلیه کند و آبهای با حجم کمتر را در بستر و نیز در زمینهای مجاور آبراه نفوذ دهد.

روش بعدی عبارت از انحراف سیلاب برای تأخیر در جریان سیل می‌باشد که با استفاده از استخرهای تأخیری صورت می‌گیرد با این تفاوت که به جای بند انحرافی و سرریز، تنها به تثبیت آبراه پرداخته و یا از آستانه‌هایی^۱ برای اینکار استفاده می‌شود. در این روش طراحی را طوری انجام می‌دهند که سیلاب با مقدار کم از مسیر آبراه می‌گذرد و هرچه که تراز سیلاب بالایی‌تر علاوه بر اینکه مقداری از سیلاب در مسیر جریان می‌یابد، مقداری نیز به داخل استخرهای جانبی یا سایر مخازن مجاور رودخانه هدایت می‌گردد. همینطور همراه با بالا آمدن تراز سیلاب در آبراه، سطح آب در استخرهای جانبی نیز بالایی‌تر می‌آید و این عمل تا فروکش کردن سیلاب ادامه دارد. همراه با پایین آمدن تراز سیلاب در آبراه اصلی، سطح آب در استخرهای جانبی نیز شروع به پایین آمدن می‌کند و اگر نیاز به تغذیه مصنوعی در محل استخرها باشد می‌توان طراحی را طوری انجام داد که همیشه مقداری از آب در داخل استخرهای جانبی باقی بماند. این روش تا حدودی از لحاظ عملکرد مشابه روش قسمت ۶-۱-۴ می‌باشد با این تفاوت که در اینجا اهداف تغذیه مصنوعی نیز دنبال می‌شود.





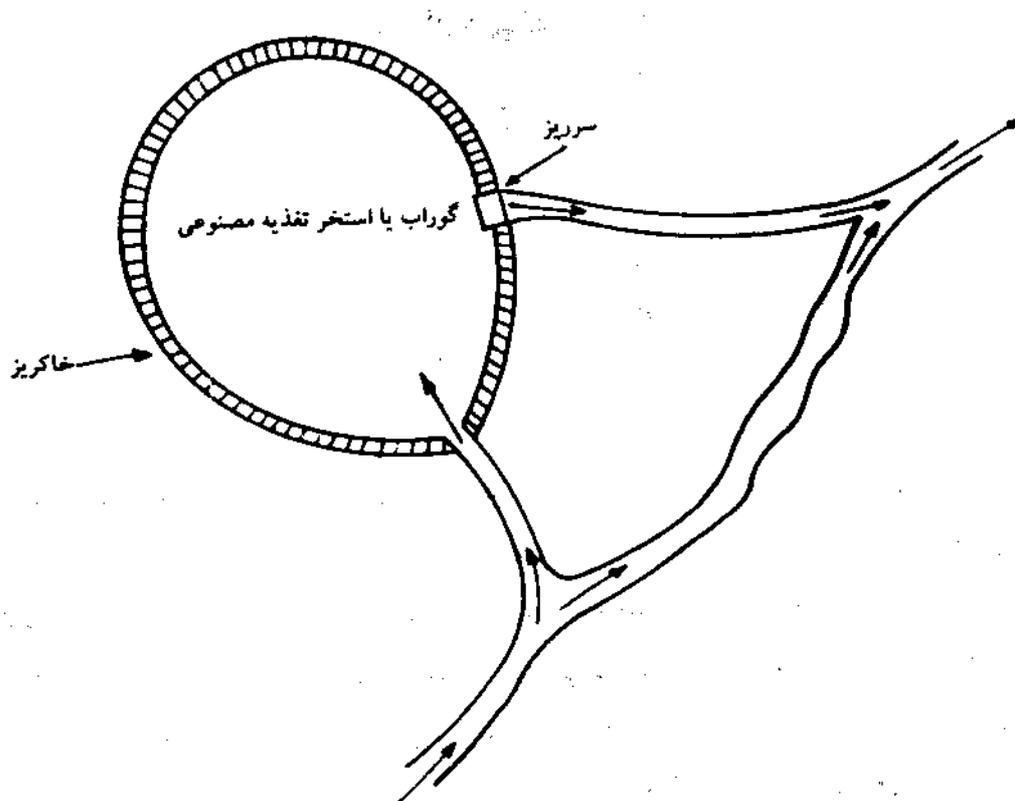
شکل ۶-۹- تغذیه مصنوعی به کمک بند انحرافی و سرریز در روی آبراه و زمینهای مجاور آن (استخرهای تغذیه جانبی)

روش دیگر تغذیه مصنوعی به کمک انحراف سیلاب آن است که با استفاده از سیلراه یا کانال، سیلاب را به سمت محل های مناسب مانند تپه ماهورها و غیره هدایت کرده و با زدن بندهای تغذیه، آب انحرافی را ذخیره و تغذیه می کنند. همچنین می توان سیلاب را به سمت استخرهای تغذیه مصنوعی هدایت کرد. این استخرها عموماً دارای شکل نعل اسبی بوده و اصطلاحاً به آنها ترکینست^۱ گفته می شود. در بعضی از نقاط ایران نیز اصطلاحات خاص محلی برای این نوع استخرها بکار می رود. بعنوان مثال در استان یزد به آنها گوراب می گویند. از جمله محل های مناسب برای این نوع انحراف سیلاب و تغذیه مصنوعی، مخروط افکنه ها و مناطق کوهپایه ای می باشد. نحوه عمل به این صورت است که ابتدا آب انحرافی را به کمک کانالهای انتقال به سمت استخرها هدایت کرده و پس از پر شدن استخر، سرریز مجاور استخر شروع به تخلیه سیلاب مازاد کرده و آنرا به استخرها بعدی انتقال می دهد و یا به رودخانه بر می گرداند. برای افزایش ظرفیت استخرها و کاهش هزینه اجرایی عموماً از خاک حفاری شده محل استخر، برای ساخت دیوارهای خاکریز اطراف آن استفاده می شود. این عمل باعث افزایش حجم آب ذخیره و تغذیه شده می گردد. پلان عمومی اینگونه استخرها مطابق شکل (۶-۱۰) می باشد.



در مواردی نیز با انحراف سیلاب بکمک تأسیسات خاصی، آنرا بر روی اراضی مساعد پخش می‌کنند. این اقدام علاوه بر تغذیه مصنوعی، عموماً در جهت بهبود وضعیت پوشش گیاهی منطقه نیز می‌باشد. بحث بیشتر در مورد روشهای پخش سیلاب خارج از محدوده کار این راهنما بوده و به مراجع مربوط ارجاع داده می‌شود.

از جمع‌بندی کلیه روشهای انحراف سیلاب با هدف تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب، می‌توان نتیجه گرفت که اینگونه اقدامات دارای نتایج متعددی از جمله مهار سیلاب، تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی و مهار رسوب بوده و می‌تواند منجر به استحصال آب برای کشاورزی، شرب و غیره بگردد. اکثراً این گونه اقدامات در مناطقی بالاتر از سیلابدشت و از جمله در حوضه آبریز سدها صورت می‌گیرد و می‌تواند علاوه بر مهار سیلاب، بهبود وضعیت کشاورزی و نیز کنترل و کاهش حجم رسوب انتقالی به پایین‌دست را نیز در پی داشته باشد و با افزایش جریان پایه^۱، استفاده از منابع آبی حوضه را بهبود ببخشد.



شکل ۶-۱۰- انحراف سیلاب برای تغذیه مصنوعی با استفاده از استخرهای تغذیه یا گوراب (Turkinest)

۷- بهسازی آبراه (رودخانه)^۱

این روش با هدف کاهش تراز سیلاب در یک بازه رودخانه به وسیله افزایش توان آبگذری آبراه رودخانه و سیلابدشت همراه با اصلاح راستا و تثبیت رودخانه صورت می‌گیرد و شامل کلیه کارهایی است که منجر به اصلاح مسیر و تعریض و تعمیق مقطع عرضی، تنظیم عمق جریان و شیب طولی، تغییر زبری بستر، حذف موانع زاید در مسیر جریان و تثبیت کناره‌ها و بستر رودخانه می‌شود و علاوه بر افزایش ظرفیت هیدرولیکی آبراه و کاهش تراز سیلاب، اهداف دیگری مانند مهار فرسایش رودخانه، بهبود شرایط کشتیرانی، حفاظت سازه‌ها و تأسیسات رودخانه‌ای را نیز تأمین می‌کند. ظرفیت آبگذری بازه یک رودخانه با کاهش زبری بستر رودخانه یا سیلابدشت، بزرگسازي مقطع عرضی آبراه، کوتاه‌سازی طول آبراه و در نتیجه تندکردن شیب آن افزایش می‌یابد. هرکدام از این بهسازی‌ها منجر به کاهش تراز آب در یک بازه موردنظر از رودخانه می‌شود. در محدوده شهرها که بیشتر اوقات امکان استفاده از روشهای دیگر فراهم نیست، این روش می‌تواند مؤثر واقع گردد. به‌ویژه آنکه در اثر توسعه، افزایش دوره بازگشت سیلاب طرح ضروری بوده و این روش می‌تواند بدون نیاز به افزایش ارتفاع گوره‌ها یا دیوارهای سیلبنده، انحراف سیلاب و سایر روشها، به افزایش توان آبگذری و در نتیجه افزایش دوره بازگشت سیلاب طرح کمک کند.

۱-۷ عوامل کاهش توان آبگذری رودخانه

عوامل مختلفی در کاهش توان آبگذری رودخانه مؤثر می‌باشند که هر یک به‌گونه‌ای با تأثیرگذاری بر جریان رودخانه و ویژگیهای هندسی آبراه، سبب تشدید حالت سیلابی می‌گردد. بعضی از این عوامل طبیعی بوده مانند وجود پیچ و خم‌های رودخانه و بعضی دیگر ناشی از دخالت بشر در بستر و حاشیه رودخانه‌ها می‌باشد. موانع موجود در مسیر رودخانه‌ها موجب افزایش زبری و مقاومت در مقابل جریان گردیده و با افزایش تراز آب، سرریز شدن آن را به همراه دارد. پشته‌های رسوبی، چم‌ها، پوشش گیاهی، سازه‌های رودخانه‌ای، ساخت و سازها و فعالیتهای عمرانی در حریم رودخانه‌ها و غیره از جمله عوامل کاهش توان آبگذری رودخانه می‌باشند.

۲-۷ عوامل و متغیرهای مؤثر در بهسازی آبراه

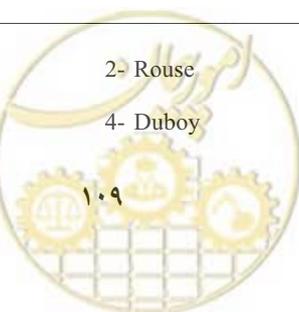
ارزیابی تأثیر متقابل متغیرها در سامانه رودخانه امر پیچیده‌ای می‌باشد. روس^۲ (۱۹۵۰) برای شرح کیفی و ساده اثر متغیرها در اصلاح مسیر رودخانه از معادله مانینگ^۳ برای بده و معادله دوبوی^۴ برای بار بستر رودخانه استفاده نموده است: [۱]

1- Channel (River) Improvement

2- Rouse

3- Manning

4- Duboy



$$Q = \frac{1}{n} B h^{\frac{5}{3}} S^{\frac{2}{3}} \quad (1-7)$$

$$Q_B = \frac{C'}{d^{\frac{1}{3}}} B h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{2}{3}} \quad (2-7)$$

Q بده جریان، Q_B بده بار بستر، S شیب، B عرض، h عمق، d متوسط اندازه مواد بستر و C' ضریب ثابت است. این روابط در سیستم متریک برای رودخانه‌های عریض ($R \approx h$) نشان داده شده که R شعاع هیدرولیکی بوده و تغییرات هر یک از عوامل به صورت زیر خلاصه می‌شود:

- تغییر در مقاومت جریان: برای یک بده معین، تغییر در عامل مقاومت و زبری بر h و s اثر می‌گذارد. اصلاح راستای رودخانه، بهسازی بستر از طریق حذف گیاهان و درختان و برداشتن موانع و پشته‌های رسوبی^۱ باعث کاهش n و کاهش تراز سطح آب و خسارات سیلاب می‌گردد.
- تغییر در عرض: اگر با استفاده از اقدامات محدودسازی جریان در یک عرض معین مثلاً با احداث گوره‌ها و یا سری متوالی آبشکن، عرض رودخانه کاهش یابد در این صورت برای Q و S معین، عمق افزایش می‌یابد. در این حالت بار کف Q_B زیاد شده و آبشستگی پدید می‌آید. وقتی بازه رودخانه در شرایط رسوب‌گذاری است کاهش عرض، باعث افزایش سرعت جریان و در نتیجه سبب مهار افزایش تراز بستر می‌گردد.
- تغییر در شیب: اگر برای یک بده معین، شیب بازه بر اثر اصلاح راستا و کاهش ضریب مارپیچی یا با ایجاد میان‌بر^۲ افزایش یابد، در آن صورت عمق کم و ظرفیت حمل رسوب زیاد شده و آبشستگی توسعه می‌یابد:

$$(Q_B \propto S^{-\frac{7}{5}}, h \propto S^{-\frac{3}{10}})$$

- تغییر در عمق: اگر بده و عرض ثابت باشد، افزایش عمق در اثر لایروبی^۳ و حفاری بستر باعث کاهش شیب و بار بستر می‌شود ($Q_B \propto h^{-\frac{14}{3}}, S \propto h^{-\frac{10}{3}}$) ولی نتیجه نهایی آن ته‌نشینی مواد و بازگشت تراز کف به حالت اولیه است. از این رو عمل تعمیق^۴، بدون کاهش عرض مقطع، مؤثر نخواهد بود.
- تغییر دانه‌بندی مواد بستر: میزان بار بستر تابعی از متوسط اندازه مواد بستر است. با افزایش بده یا شیب و یا کاهش عرض، مواد ریزدانه بستر شسته شده و دانه‌بندی مواد بستر درشت‌تر می‌گردد. در این صورت بار بستر کاهش یافته و انرژی آب صرف آبشستگی در پایین دست بازه خواهد شد.

ظرفیت بده رودخانه از رابطه زیر نیز تعیین می‌شود:

$$Q = B \cdot h \cdot C \sqrt{hS} \quad (3-7)$$

1- Bars (Sediment Bars)

3- Dredging

2- Cut - off

4- Deepening

به صورت تئوریکی افزایش بده از راههای زیر ممکن است :

- افزایش ضریب C (یعنی کاهش زبری بستر رودخانه به وسیله صاف کردن بستر رودخانه و حذف موانع و بارهای رسوبی و غیره).
- افزایش سطح مرطوب رودخانه (B.h) با عریض یا عمیق تر کردن بستر.
- افزایش شیب کف (S).

این روشها شامل افزایش شیب رودخانه و به تبعیت از آن افزایش سرعت جریان با کوتاه کردن طول رودخانه به وسیله بریدن بعضی از پیچ و خمهای رودخانه می باشد. با کاهش مقاومت یا کاهش اصطکاک وارده از طریق بستر و کناره های رودخانه بر جریان، می توان سرعت جریان را افزایش داد. این کار را با کم کردن پوشش گیاهی و برداشتن سایر موانع از مقابل جریان در این نواحی می توان انجام داد. همچنین افزایش سطح مقطع جریان به وسیله پهن یا گود کردن آبراه می تواند در افزایش ظرفیت آگذری مؤثر باشد.

در روش بهسازی آبراه، انتخاب مقطع بهینه هیدرولیکی در جهت ایجاد شرایط مناسب برای جریان و کاهش اثرات منفی، بسیار مهم است. پهنای بهینه (عرض کنترل) برای هدایت جریان باید به گونه ای انتخاب شود که مانع از فرسایش و یا رسوبگذاری دراز مدت گشته و همچنین از ایجاد پدیده برگشت آب^۱ (پس زدگی) جلوگیری کند.

در پیچان رودها که بستر دارای دانه بندی لای یا ماسه بوده و شرایط بستر فعال^۲ برقرار می باشد، تعیین مشخصات مقطع جریان با استفاده از رابطه زیر که توسط هندرسون^۳ [۱۰] ارائه شده بدست می آید:

$$B = \frac{127Q^{\frac{5}{3}}S^{\frac{2}{3}}}{D^{\frac{5}{3}}} \quad (4-7)$$

B = پهنای بهینه (عرض کنترل) بر حسب فوت

Q = بده جریان بر حسب فوت مکعب بر ثانیه

S = شیب رودخانه

D = قطر متوسط مواد بستر بر حسب فوت

1- Backwater

2- Live Bed

3- Henderson



همچنین رابطه زیر نیز توصیه شده است [۱۰]

$$B = \frac{1/14QS^{\frac{1}{6}}}{D_{V5}^{\frac{1}{2}}} \quad (5-7)$$

در رابطه بالا نیز عناصر معادله شبیه رابطه قبلی بوده ولی D_{V5} قطر نظیر ۷۵ درصد مواد بستر بر حسب فوت می باشد. با معلوم بودن B و با استفاده از رابطه مانینگ، مشخصات مقطع بهینه هیدرولیکی قابل دستیابی است:

$$Q = \frac{1}{n} (Bxh) \left(\frac{Bxh}{2h+B} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (6-7)$$

در رابطه فوق مقادیر Q ، B و h در سیستم متریک بوده و n ضریب مانینگ با توجه به شرایط رودخانه تعیین می شود. تنها مجهول رابطه بالا h می باشد. با استفاده از مبانی و تعاریف بالا، به بررسی روشهای گوناگون بهسازی آبراه پرداخته می شود.

۳-۷ روشهای بهسازی آبراه یا رودخانه

بهسازی آبراه شامل روشهای افزایش توان آبگذری به وسیله کاهش طول یا افزایش شیب، کاهش زبری و پاکسازی موانع و گیاهان، بزرگسازی مقطع، بهسازی هیدرولیکی سازه های رودخانه ای و ... و نیز روشهای جنبی مانند مهار فرسایش و حفاظت کناره ها و بستر و مهار رسوب ورودی به آبراه می باشد. در زیر به بررسی هریک از این روشها می پردازیم:

۱-۳-۷ افزایش توان آبگذری^۱

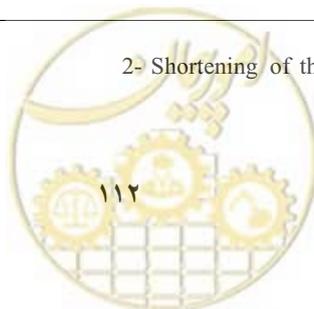
۱-۱-۳-۷ کاهش طول^۲ و افزایش شیب^۳ (ایجاد میان بر)

اگرچه مسیر پیچ و خم دار یک رودخانه در اثر عملکرد طبیعی میان نیروهای وارده بین آب و بستر آن رودخانه شکل می گیرد، ولی تغییر بعضی از مسیرهای طبیعی در طرحهای مهار سیلاب یا کشتیرانی رودخانه ای ضروری می باشد. میان برها معمولاً مسیرهایی با طول کوتاه می باشند که در گلوگاه پیچ ها احداث می گردند. مسیر کانال میان بر از نقطه شروع انحنای پیچ آغاز و به صورت منحنی ملایمی به قسمت انتهایی انحنای پیچ متصل می گردد به صورتی که

1- Increase of Discharge Capacity

2- Shortening of the River Channel

3- Steepening the Channel Slope



ابتدای کانال میان‌بر با شروع انحنای پیچ رودخانه و پایان کانال میان‌بر با انتهای انحنای پیچ رودخانه، مماس باشد. میان‌برها می‌توانند در پیچ‌های با درجه چرخش زیاد به صورت طبیعی و در طی سالیان متمادی در اثر فرسایش پدیدار گشته و یا برای مهار سیلاب، تنظیم تراز سطح آب و کشتیرانی به صورت مصنوعی احداث گردند. ایجاد میان‌بر هم در پیچ‌های منفرد و هم در پیچ‌های متوالی قابل انجام می‌باشد (شکل ۷-۱).

در احداث میان‌بر، سه هدف به شرح زیر مورد نظر می‌باشد:

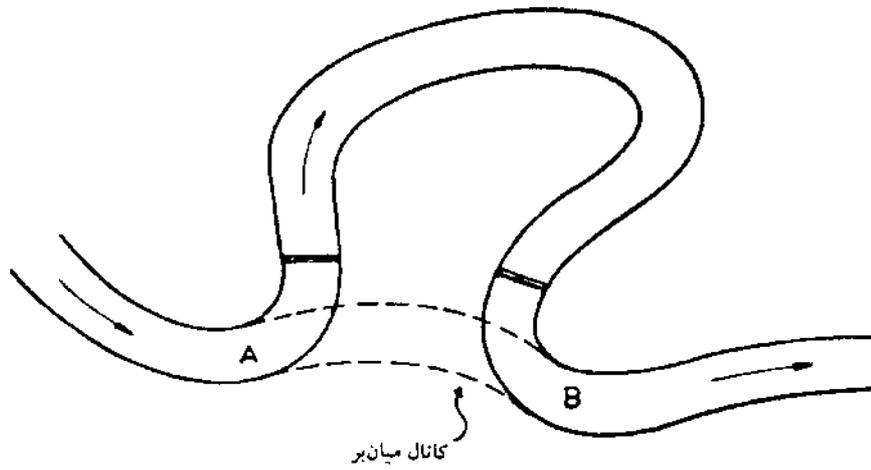
- ازدیاد کشش رودخانه از طریق کوتاه‌تر شدن مسیر رودخانه، زیرا در این محدوده بر اثر کوتاه‌تر شدن مسیر، شیب رودخانه افزایش می‌یابد که این خود باعث ازدیاد سرعت و در نتیجه افزایش ظرفیت آبگذری و کاهش تراز سطح آب می‌گردد.
- صرفه‌جویی در هزینه حفاظت کناره رودخانه در تمام طول پیچ و خم که مسیری به مراتب طولانی‌تر از کانال میان‌بر دارد.
- کوتاه‌شدن طول گوره‌های مهار سیلاب با کوتاه‌تر شدن طول مسیر رودخانه، که نهایتاً کاهش هزینه احداث گوره را نیز به دنبال خواهد داشت.

اجرای کانال میان‌بر به دو صورت زیر معمول می‌باشد:

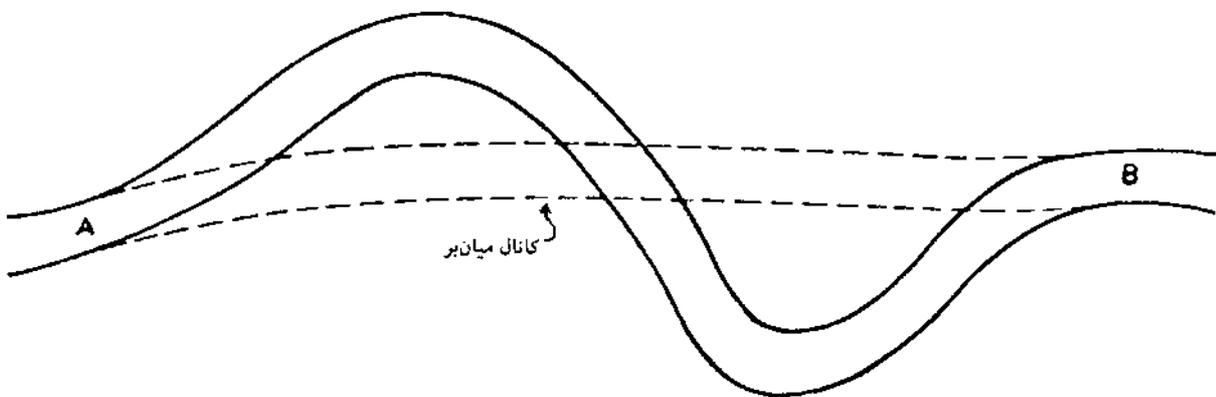
- روش اول: در این روش مسیر طراحی شده با مقطع عرضی مورد نظر به صورت کامل بین نقاط A و B (شکل ۷-۱) خاکبرداری شده و رقوم کف این مسیر از میانگین رقوم کف رودخانه در نقاط A و B تبعیت می‌کند. سپس مسیر قدیمی رودخانه به وسیله خاکریز یا کار دیگری بسته می‌شود.

- روش دوم: در این روش اصلاح مسیر، با ایجاد میان‌بر راهنما^۱ (هادی) در طول مسیر میان‌بر انجام می‌گیرد. ظرفیت میان‌بر راهنما طوری طراحی می‌شود تا بتواند درصدی (حدود ۱۰ درصد) از بده سیلاب طرح را عبور دهد. سپس حفر باقیمانده مسیر میان‌بر به خود رودخانه واگذار می‌گردد تا طی چند سال (که عموماً بین ۲ تا ۴ سال طول خواهد کشید) مقطع عرضی مناسب را به کمک فرسایش کناره و کف ایجاد کند.

گاهی اوقات به این روند طولانی فرسایش، به وسیله حفاریهای اضافی (البته در مراحل بعدی) سرعت داده می‌شود. نکته قابل ذکر دیگر آن است که طراحی میان‌بر راهنما (نیمرخ طولی و مقطع عرضی آن) باید به گونه‌ای صورت گیرد که حتی در بده‌های کم نیز انتقال رسوب توسط آن انجام شود تا دهانه آن به وسیله رسوب بسته نشود. همچنین می‌توان مشکل فوق را با ایجاد یک آستانه خاکی کوتاه^۲ در ابتدای میان‌بر راهنما برطرف کرد. این آستانه خاکی مانع از ورود آب در بده‌های کم به داخل میان‌بر راهنما شده تا از رسوبگذاری و بسته‌شدن دهانه آن جلوگیری شود و در بده‌های سیلابی، این آستانه خاکی به وسیله آب شسته شده و تمام مقطع میان‌بر راهنما برای عبور آب باز می‌شود.



الف - میان بر برای یک پیچ



ب - میان بر برای دو پیچ متوالی

شکل ۷-۱ - احداث کانال میان بر



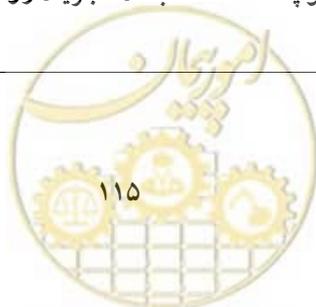
اجرای عملیات احداث میان‌بر که شرح آن در بالا آمده عملی است که رودخانه در محل گلوگاه بعضی از پیچهای با انحنای زیاد، به‌طور طبیعی و در طول سالهای متمادی بعلت فرسایش کناره و نزدیک‌تر شدن ابتدا و انتهای پیچها به هم انجام می‌دهد.

وجود مسیرهای نعل اسبی متعدد در طول پیچان‌رودها نشان می‌دهد که رودخانه در طول سالهای گذشته بعضی از پیچها را به‌طور طبیعی بریده و مسیرهای جدیدی را به‌وجود آورده است. در حقیقت با ایجاد میان‌بر به‌طور مصنوعی در بعضی از موارد در عمل بریده شدن پیچها تسریع حاصل خواهد گردید. فعال‌بودن پیچها و جابه‌جایی مکرر آنها باعث می‌شود تا نتوان از هم‌اکنون مسیری ثابت و دائمی برای آنها در نظر گرفت و با توجه به آن طراحی نهایی را انجام داد.

داده‌های تاریخی چنین وانمود می‌کنند که رودخانه می‌سی‌سی‌پی در حدود ۱۳ تا ۱۵ میان‌بر طبیعی را در طول یک‌صدسال درست کرده که معمولاً در سیلابهای با دوره بازگشت زیاد در رودخانه به‌وقوع پیوسته‌اند. در دهه ۱۸۷۰ پنج میان‌بر طبیعی به‌وقوع پیوست که طول رودخانه را در حدود ۸۰ کیلومتر کوتاه کرد (پترسن^۱، ۱۹۸۶). [۳۳] برای مدت چندین سال، در بازه پایینی رودخانه می‌سی‌سی‌پی، به‌وسیله ساختن پوشش برای حفاظت کناره از فرسایش و ساختن آبسکن برای جلوگیری از فرسایش ساحل در مسیرهای فرسایش‌یابنده گلوگاه باریک پیچها، با به‌وقوع پیوستن میان‌برهای طبیعی مقابله شده است. دلیل کوشش برای جلوگیری از به‌وقوع پیوستن میان‌برهای طبیعی براساس اطلاعات به‌دست آمده به شرح زیر بوده است که میان‌برهای طبیعی:

- رژیم موجود رودخانه را تغییر می‌دهد.
- تخریب و عقب‌نشینی ساحل در بالادست را بیشتر می‌کند.
- در نتیجه فرسایش ساحل، رودخانه در پایین دست کم عمق شده و بنابراین تناوب سیلابهای پایین دست افزایش پیدا می‌کند.
- باعث می‌شود که مسیر نامناسب شده و جریانهای مزاحم برای کشتیرانی به‌وجود آید که در بعضی از موارد نیز مخاطره‌آمیز است.

در بعضی موارد در اروپا میان‌برهایی به‌وسیله انسان ساخته شده است، اما اینها کانالهایی بوده‌اند که در خشکی و با اندازه‌های کامل ساخته شده و سپس رودخانه به داخل این کانالها انحراف داده شده‌اند. موضوع حفاری یک میان‌بر راهنمای محدود با سطح مقطع نسبتاً کوچک که متعاقب آن، جریان رودخانه آن را وسیع و بزرگ سازد تا به اندازه‌های



کامل آبراه برسد، برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ به وسیله ژنرال فرگوسن^۱ از افسران گروه مهندسين ارتش ایالات متحده مطرح گردید و سپس برای اولین بار در رودخانه می‌سی‌سی‌پی پایین تحت مدیریت وی، موقعی که رئیس کمیسیون رودخانه می‌سی‌سی‌پی بود، به مورد اجرا گذاشته شد (پترسن، ۱۹۸۶). [۳۳]

کینوری و مووراش^۲ (۱۹۸۴) ظرفیت طراحی اولیه میان‌براهنما را معادل ۱۰ درصد سیل بیشینه رودخانه پیشنهاد می‌کند. پترسن (۱۹۸۶) این ظرفیت را در حدود ۱۰ تا ۳۵ درصد سیل بیشینه، اقتصادی‌تر گزارش نموده است. برای رسیدن به نتایج اقتصادی و بهینه در طراحی، گزینه‌های مختلف را مقایسه می‌کنند. برای این منظور مقادیر «نسبت تنش برشی»^۳ میان‌براهنما به مسیر قدیمی را برای درصدهای مختلفی از بده بیشینه رودخانه محاسبه کرده و به صورت تابعی از عرض کف و شیب میان‌براهنما رسم می‌کنند و با تحلیل اقتصادی، گزینه برتر را انتخاب می‌نمایند. (پترسن، ۱۹۸۶). [۳۳]

در بعضی شرایط، همانند محلهایی که تغییرات سطح آب در گردنه (گلوگاه) یک خم کم است یا در محلهای کشندی (جزر و مدی) که تغییرات کشند کم است و یا جاهایی که خاکهای سطحی و زیرین در مقابل فرسایش مقاوم هستند، میان‌براهنما به طور مطلوب نمی‌تواند بزرگ شود و به طور کلی باید مقطع کامل میان‌براهنما بر حفاری گردد. همچنین اگر شرایط جریان طوری باشد که پس از باز شدن میان‌براهنما نتوان کشتیرانی را با استفاده از پیچهای قدیمی ادامه داد، لازم است که میان‌براهنما با ابعاد کامل حفاری گردد.

در شرایط بدون استفاده از میان‌براهنما تا زمان تکمیل حفاری، یک سربند^۴ (آستانه) و یا سربندهایی در کانال حفاری جا گذاشته می‌شود. به عنوان مثال در می‌سی‌سی‌پی پایین، سربندها به وسیله انفجار برداشته شد. در بعضی میان‌براهنماهای آرکانزاس، سربندها طوری طراحی شدند که با مقدار جریان خاص طراحی، آب توانست از روی آنها عبور کرده و در اثر شسته شدن سربند، آبراه باز گردید.

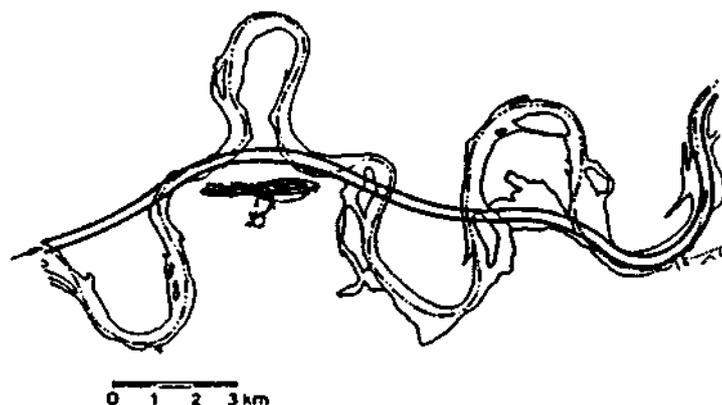
این روش به طور کلی با محدودیتهای طبیعی (از نظر زمین ریخت‌شناسی دشت) و مشکلات اجتماعی (به خاطر حذف بخش اعظمی از اراضی، نقص مالکیتها، تجاوز به محدوده‌های مسکونی یا واحدهای صنعتی، زراعی و خدماتی) روبرو بوده و از لحاظ فنی نیز نیازمند بررسیهای بیشتر، برای اطمینان لازم می‌باشد. در شکل (۷-۲) نمونه‌ای از بهسازی آبراه، ایجاد میان‌براهنما متوالی و پیوسته نشان داده شده است.

1- H.B.Ferguson

2- Kinori and Mevorach

3- Tractive Force

4- Plug



شکل ۷-۲- بهسازی آبراه با ایجاد میان‌برهای متوالی و پیوسته

۲-۱-۳-۷ بستن شاخه‌های غیرمفید

گاهی رودخانه دارای چندین شاخه متفاوت است که در مواردی این شاخه‌ها بستری به عرض چند کیلومتر را دربرمی‌گیرند. این شاخه‌ها که با گذشت زمان و خصوصیات ریخت‌شناسی خاص رودخانه پدید آمده‌اند مسیر ثابت و معینی نداشته و بررسی‌های صحرایی و مقایسه نقشه‌های توپوگرافی سالهای مختلف نشان‌دهنده این موضوع است که شاخه‌های مذکور همواره در حال تغییر مسیر و جابه‌جایی می‌باشند. این امر حتی در بعضی از موارد باعث شده تا یک شاخه فرعی به مرور عریضتر گشته و به صورت شاخه اصلی رودخانه که بیشترین مقدار بده را در خود جاری می‌سازد درآمد و شاخه اصلی قبلی به مرور زمان خشک شده یا اینکه مقدار کمتری از بده رودخانه را عبور دهد. یکی دیگر از مشکلاتی که این شاخه‌های پر تغییر به وجود می‌آورند کاستن از وسعت زمینهای زراعی اطراف رودخانه و اضافه کردن مساحت حریم رودخانه می‌باشد. بدین صورت که با به وجود آمدن این شاخه‌ها یا فعال شدن آنها، دائماً بستر عریضتر شده و نیز با به وجود آمدن جزایری در داخل حریم رودخانه که غالباً نیز پوشیده از نیزار و بیشه‌های انبوه است، از وسعت زمینهای مرغوب زراعی کم می‌شود. این حالت به ویژه در زمانی که محدودسازی سیلاب به وسیله گورهاها در اطراف پهنه عریض رودخانه صورت گیرد، تشدید می‌یابد و یا به عبارت دیگر با قراردادن این شاخه‌ها در میان گوره‌های مهار سیلاب، برای همیشه اراضی وسیع قابل کشت جزء حریم رودخانه می‌گردند. از این رو می‌توان با بستن این شاخه‌ها و با داشتن گوره‌هایی با ارتفاع مناسب هم از هدر رفتن زمینهای زراعی در محدوده طرح جلوگیری کرد و هم بستر اصلی رودخانه شکل شناخته شده تری برای انجام عملیات مهار سیلاب پیدا خواهد نمود.

برای شناسایی و انتخاب شاخه‌های غیرمفید که باید بسته شوند از راههای مختلف اقدام می‌گردد. بدین صورت که ابتدا به کمک عکسهای هوایی و نیز مقایسه نقشه‌های توپوگرافی قدیم با نقشه‌هایی که جدیداً برداشت شده است،



شاخه‌های غیرمفید انتخاب می‌گردند. سپس به کمک بازدید صحرایی و استفاده از قایق و ... انتخابها مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته و شاخه‌های موردنظر به صورت نهایی انتخاب می‌گردند.

روش اجرای کار برای بستن شاخه‌های غیرمفید بدین صورت می‌باشد که شاخه موردنظر از دو طرف یعنی در ابتدای انشعاب از مسیر اصلی و نیز در قسمت انتهایی (در جایی که شاخه مجدداً به رودخانه اصلی می‌پیوندد) با خاکریزی بسته شود. محلی که برای بستن تعیین می‌گردد برای اینکه از پایداری کافی برخوردار باشد در دهانه انشعاب انتخاب نشده بلکه پس از طی مسافتی در داخل شاخه فرعی، خاکریزی موردنظر انجام خواهد گرفت تا هم از جریان اصلی رودخانه فاصله کافی داشته و هم اینکه به علت راکد ماندن آب و کم شدن سرعت آب در فاصله بین مسیر اصلی تا محل بستن در مسیر شاخه غیرمفید، به مرور این فاصله از رسوبات پر شده و پایداری لازم ایجاد گردد. همچنین سعی گردد که محل بستن شاخه‌های غیرمفید تا حد امکان در محل عبورگوره‌ها از روی این شاخه‌ها قرار داشته باشد. شکل (۷-۳) یک مقطع عرضی نمونه برای خاکریز مخصوص بستن شاخه‌های غیرمفید را نشان می‌دهد. بدیهی است که از مقاطع مختلف دیگر نیز بر حسب شرایط می‌توان استفاده کرد.

۳-۱-۳-۷ پاکسازی موانع و گیاهان^۱

این روش نیز یکی از کارهای بهسازی رودخانه یا سیلراه^۲ (مسیل) می‌باشد که با برداشتن پشته‌ها و موانع رسوبی و پوشش گیاهی در مسیر جریان، باعث افزایش ظرفیت آبگذری می‌شود.

پشته‌ها و جزایر رسوبی به صورتهای مختلف در مسیر رودخانه تشکیل و باعث افزایش شدید مقاومت در مقابل جریان می‌گردد. این پشته‌ها علاوه بر افزایش تراز آب، موجب انحراف، پخش و یا تمرکز جریان گشته و با تشدید فرسایش بستر و کناره‌ها، باعث تغییر در ریخت‌شناسی رودخانه می‌گردد. توده‌های آشغال نیز مانند پشته‌ها و جزایر رسوبی، باعث کاهش ظرفیت آبگذری و در نتیجه تشدید سیلاب می‌شود.

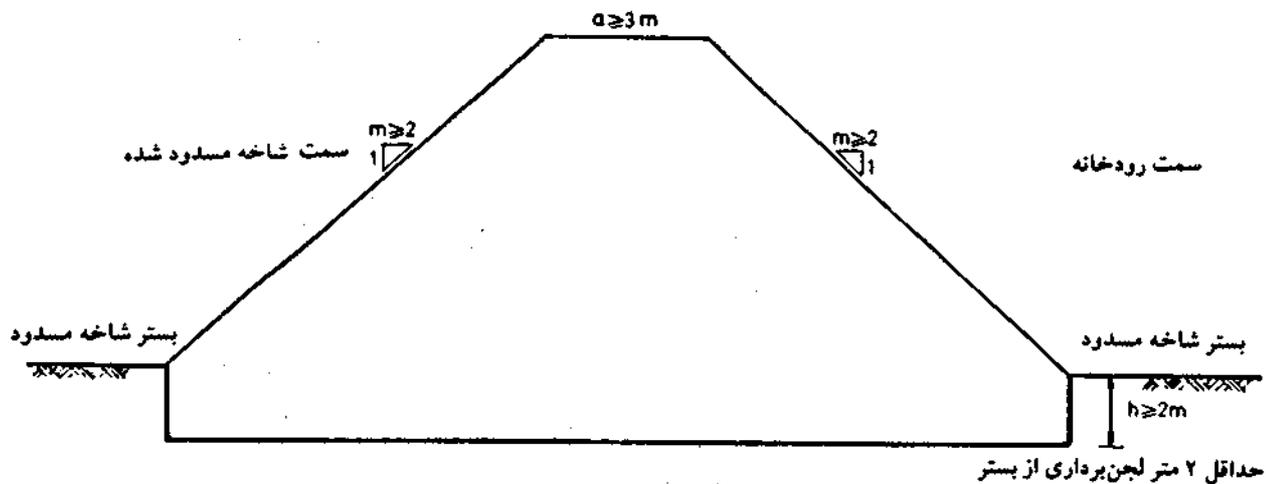
پوشش گیاهی با ایجاد مقاومت در مقابل جریان باعث افزایش زبری و در نتیجه افزایش تراز سطح آب می‌گردد. این زبری با افزایش تراکم و ارتفاع پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. در شکل ۷-۴ نتایج حاصل از بررسیهای سازمان حفاظت خاک^۳ آمریکا در مورد تأثیر پوشش گیاهی در مشخصات هیدرولیکی جریان نشان داده شده است. بررسیهای انجام گرفته توسط کلاسن و همکاران^۴، اهمیت و تأثیر درختان و پوشش گیاهی را به‌ویژه در سیلابدشت بر روی منحنی سنججه به‌خوبی نشان می‌دهد. شکل ۷-۵ چگونگی تأثیر پوشش گیاهی بر تراز سطح آب را نمودار می‌سازد.

1- Clearing (Cleaning) & Snagging

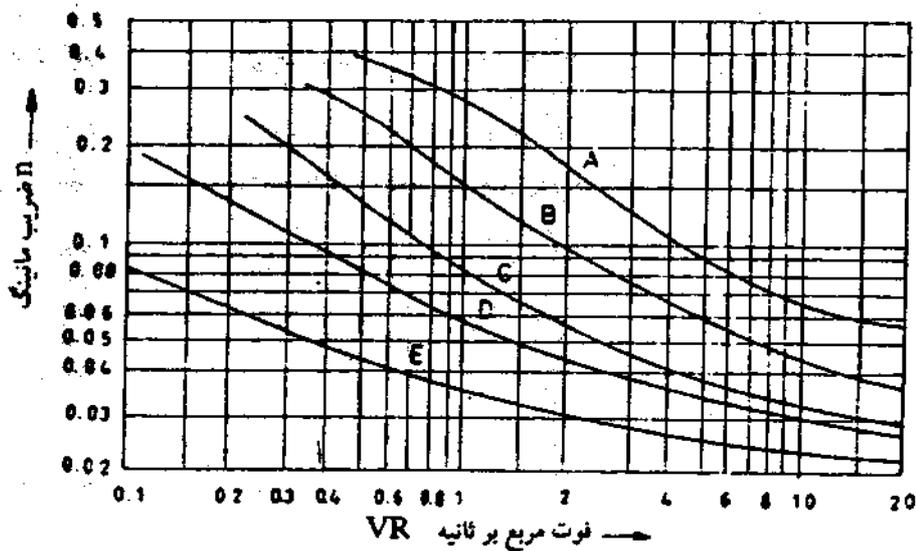
2- Floodway

3- Soil Conservation Service

4- Klassen et al.



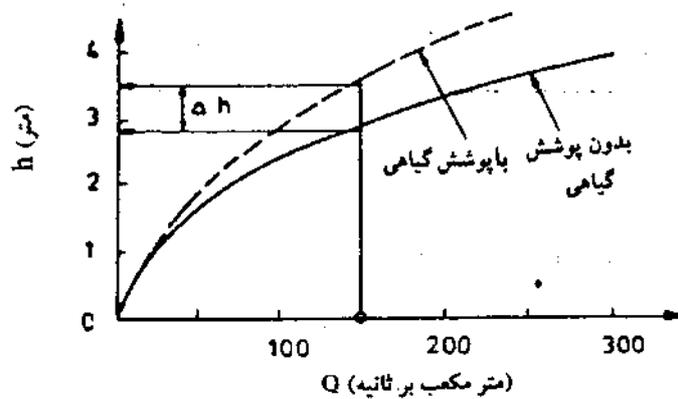
شکل ۷-۳- مقطع نمونه خاکریزی برای بستن شاخه‌های غیرمفید



شکل ۷-۴- تأثیر پوشش گیاهی در افزایش ضریب مانینگ [۱۰]



ملاحظات	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	شماره منحنی
V	> ۷۵	A
سرعت جریان R	۲۸-۶۰	B
شعاع هیدرولیکی	۱۵-۲۵	C
	۵-۱۵	D
	< ۵	E



شکل ۷-۵- نمایش چگونگی تأثیر پوشش گیاهی در افزایش تراز سطح آب رودخانه [۱۰]

چاو^۱ عوامل مختلفی را که در مقدار n دخالت دارند به صورت زیر بیان کرده است:

$$n = k(n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

که در آن:

n_1 = ضریب مانینگ ناشی از دانه‌بندی مواد رسوبی بستر

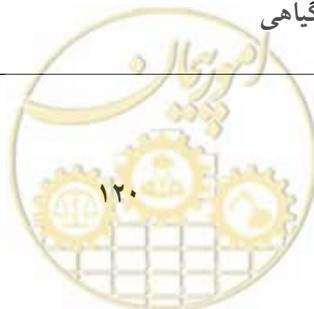
n_2 = ضریب مانینگ مربوط به شکل و تغییرات مقطع رودخانه

n_3 = ضریب مانینگ مربوط به موانع موجود در مسیر و بستر رودخانه مانند پشته‌های رسوبی، درخت و درختچه،

پلها و سازه‌های متقاطع و موازی و همچنین تنگ‌شدگی طبیعی

n_4 = ضریب مانینگ ناشی از پوشش گیاهی

1- Ven. T. Chow



$k =$ ضریب مربوط به درجه خمیدگی (انحناء) مسیر ناشی از خمها و چمها

$n =$ ضریب مانینگ کل

افزایش ظرفیت آبگذری زمانی به دست می آید که با برداشتن پشته‌ها و جزایر رسوبی، آشغالها و سایر موانع و نیز کاهش پوشش گیاهی، بتوان ضریب n را کاهش داد. پاکسازی موانع و گیاهان، به ویژه اگر قبل از رخدادن سیل انجام گیرد، می تواند در مهار سیلاب و کاهش خسارات آن بسیار مؤثر واقع شود. فرق این روش با لایروبی رودخانه در آن است که در لایروبی رودخانه، بیشتر گود و پهن کردن (تعمیق و تعریض) مقطع عرضی مورد نظر است. در حالیکه در این روش عملیات پاکسازی موانع و جزایر رسوبی و برداشتن آشغالها و حذف یا کاهش گیاهان و بیشه‌زارها، منجر به کاهش زبری مسیر و در نتیجه افزایش ظرفیت آبگذری رودخانه می‌گردد. البته باید به اثرات جنبی این نوع کارها توجه کافی بشود. زیرا برداشتن بیشه‌زارها و درختان از کناره‌های رودخانه، پایداری کناره را کاهش داده و اثرات فرسایش بر ساحل زیادتر می‌شود. همچنین سازه‌های مجاور رودخانه مانند سازه‌های مهار سیلاب، تأسیسات آبیگری و غیره در معرض فرسایش بیشتر قرار خواهند گرفت. جنبه‌های زیست محیطی برداشتن پشته‌ها و جزایر رسوبی، درختان، پوشش گیاهی و بیشه‌زارها باید در نظر گرفته شود.

۷-۳-۱-۴ بزرگسازی مقطع آبگذر^۱

این کار با گود و پهن کردن (تعمیق و تعریض) آبراه رودخانه و نیز پایین آوردن یا پهن کردن سیلابدشت امکان پذیر می‌باشد. مقطع عرضی بزرگسازی شده، به تدریج شروع به رسوبگذاری می‌کند تا اینکه تراز بستر و شیب رودخانه به حالت اولیه باز گردد. بنابراین، گودسازی آبراه در صورتی مؤثر است که بار رسوب کم باشد. در غیر این صورت بهسازی دائمی آبراه، تنها به کمک لایروبی^۲ مداوم که منجر به کاهش تراز کف شود قابل دستیابی است. چنین راه‌حلی در صورتی از نظر اقتصادی قابل توجیه است که مواد حاصل از لایروبی در جاهای دیگر قابل استفاده باشد. گرچه در این روش پایداری سازه‌های هیدرولیکی، ممکن است به علت کاهش تراز کف، مورد خطر واقع شود.

همچنین پهن کردن (تعریض) آبراه رودخانه، در صورت کم بودن بار رسوب، می‌تواند موفقیت آمیز باشد. عریض کردن سیلابدشت به وسیله اصلاح مجدد مسیر و مستقیم کردن گوره‌های اصلی امکان پذیر می‌باشد، اما بسیاری از املاک و دارایی‌های موجود با چنین بهسازی‌ای، ممکن است در معرض خطر قرار گیرد.

گود و پهن کردن مقطع آبراه به وسیله لایروبی با هدف تأمین شرایط لازم برای کشتیرانی، افزایش ظرفیت آبگذری یا به دست آوردن مواد لایروبی شده برای استفاده در کشاورزی، کارهای ساختمانی و غیره انجام می‌گیرد. لایروبی به

معنای برداشت مواد رسوبی از بستر یا کناره‌های رودخانه و انتقال آن به بیرون از رودخانه یا قسمت دیگری از رودخانه می‌باشد به طوری که احتمال معلق شدن و حمل مجدد آن در بازه موردنظر نباشد. روش معمولی آن بدین ترتیب است که مواد بستر را به کمک ماشین‌آلات بهم‌زده و سست می‌کنند تا در هنگام وقوع سیلاب به وسیله جریان سیلابی حمل و به پایین دست انتقال یابد و یا به کمک ماشین‌آلات به خارج از رودخانه حمل گردد. امروزه با ماشین‌آلات خودکار ابتدا مواد را به صورت معلق درآورده و با روش هیدرولیکی و از طریق خطوط لوله به محل مناسب دیگر پمپاژ می‌کنند. این روش علاوه بر حجم زیاد عملیات و هزینه‌های هنگفت، دو مشکل اساسی دارد: اول انتخاب محلی که از نظر ظرفیت و فاصله برای تخلیه مواد لایروبی شده مناسب باشد. دوم اثرات بد زیست محیطی و اکولوژیکی انتقال این مواد است. مواد لایروبی شده حاوی مواد آلی بسیاری است که انتقال مجدد آن به رودخانه باعث افزایش تیرگی آب^۱، تعلیق مواد آلوده و کاهش اکسیژن محلول در آب^۲ می‌گردد. از این رو نمونه برداری و تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، علاوه بر ارزیابی نوع و میزان آلوده‌کننده‌ها^۳، در انتخاب محل و نیز روش مناسب لایروبی ضروری خواهد بود [۳۳]. تنها در رودخانه‌های بستر شنی می‌توان از عدم حضور مواد آلوده‌کننده مطمئن بود. محل‌های تخلیه می‌تواند در پیچهای رودخانه در پایین دست، که سرعت زیاد است، یا در محدوده تلاقی اراضی دشت سیلابی و یا حد فاصل بین سازه‌های آبشکن باشد.

معمولاً لایروبی بستر رودخانه برای عبور سیلابهای متوسط و یا بزرگ مستلزم تغییرات اساسی یا بازسازی پلها، تغییر مسیر رودخانه، بزرگسازی مقطع، حفاظت از کناره‌ها، احداث ابنیه در خروجی زهکشها و انشعابات و شاخه‌های رودخانه می‌باشد. علاوه بر این در این روش، مطالعه بده جامد رودخانه احتیاج به آمار درازمدت و شناخت ریخت‌شناسی رودخانه دارد. ضمناً لایروبی رودخانه در ابعاد وسیع موجب تغییر رژیم رودخانه شده و نتایج ناشناخته‌ای در پی خواهد داشت و در نتیجه عمر مفید برای کارکرد این روش قابل پیش‌بینی نیست. به‌طور کلی راه‌حلهای بزرگسازی مقطع هزینه زیادی در برداشته و در مقایسه با سایر راه‌حلهای مانند راه‌حل مهار سیلاب به وسیله گوره‌ها، اقتصادی نمی‌باشد. حجم عملیات لایروبی رابطه مستقیمی با عرض رودخانه دارد ولی حجم خاکریزی تابعی از ارتفاع آب رودخانه است. ناگفته نماند که خاکبرداری در بعضی از قسمتهای بستر رودخانه که کاهش ارتفاع، برای عملکرد بهتر یک زهکش، موردنظر باشد و یا در موارد بخصوص و در مقاطعی که ظرفیت آگذری رودخانه کم بوده و نیمرخ طولی کف، اجازه لایروبی در آن ناحیه را بدهد، راه‌حل مورد بحث می‌تواند بهترین راه‌حل باشد.

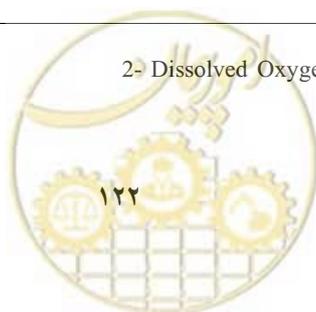
۵-۱-۳-۷ بهسازی موضعی آبراه

وجود گلوگاه و یا بیرون زدگی کناره‌ها و بستر سنگی موجود در مسیر رودخانه، اغلب موجب تغییر در شرایط

1- Turbidity

2- Dissolved Oxygen

3- Contaminants



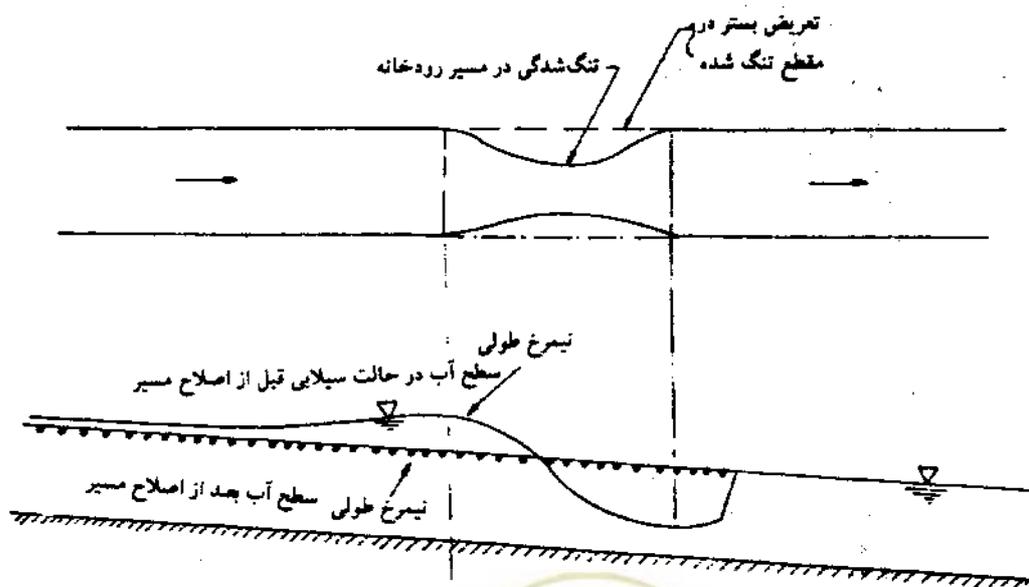
هیدرولیکی و پس زدن آب و در نتیجه افزایش تراز سطح آب در مواقع سیلابی می‌گردد. علاوه بر این، ناهنجاریهای ناشی از فرسایش و تخریب کناره‌ها، باعث افزایش مقاومت در مقابل جریان گشته و عاملی در جهت تشدید سیلاب و غرقابی شدن اراضی اطراف می‌باشد. در شکل (۶-۷) نمونه‌ای از چگونگی تأثیر تنگ‌شدگی مقطع در ایجاد پس‌زدگی و نیز انجام بهسازی برای ایجاد شرایط مطلوب نشان داده شده است.

در شکل (۷-۷) نیز بخشی از مسیر رودخانه که به علت وجود برآمدگی و یا کف‌بند سنگی (صخره‌ای)، باعث افزایش تراز سطح آب در بالادست شده است، نشان داده می‌شود. با برداشتن این برآمدگی یا کف‌بند سنگی، تراز سطح آب به حالت نسبتاً مطلوب باز می‌گردد.

در بخشهایی از رودخانه نیز که با فرسایش و ریزش خاک کناره‌ها و یا به دلایل دیگر، شکل و مشخصات هندسی آبراه، غیرمطلوب می‌باشد، می‌توان با بهسازی کناره به کمک دیوارهای حفاظتی، پوششها و ...، آشفته‌گی جریان را کاهش داده و نیز با افزایش توان آبگذری، خطرات ناشی از سیل را کاهش داد [۱۰].

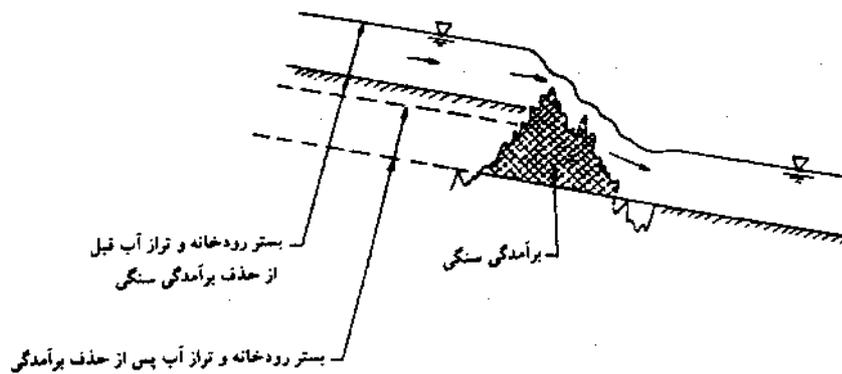
۶-۱-۳-۷ بهسازی هیدرولیکی سازه‌های رودخانه‌ای

وجود سازه‌های متقاطع مانند پلها و سازه‌های موازی مانند گوردها، دیوارهای سیل‌بند، پوشش‌ها و جاده در امتداد کناره رودخانه، معمولاً به دلیل کاهش پهنای رودخانه، موجب بالا آمدن تراز سطح آب و تشدید سیل‌گرفتگی زمینها و مناطق اطراف رودخانه می‌گردد. از این رو لازم است برای مقابله با خطرات ناشی از سیل، در ساختار هیدرولیکی آنها اصلاحاتی اعمال شود.



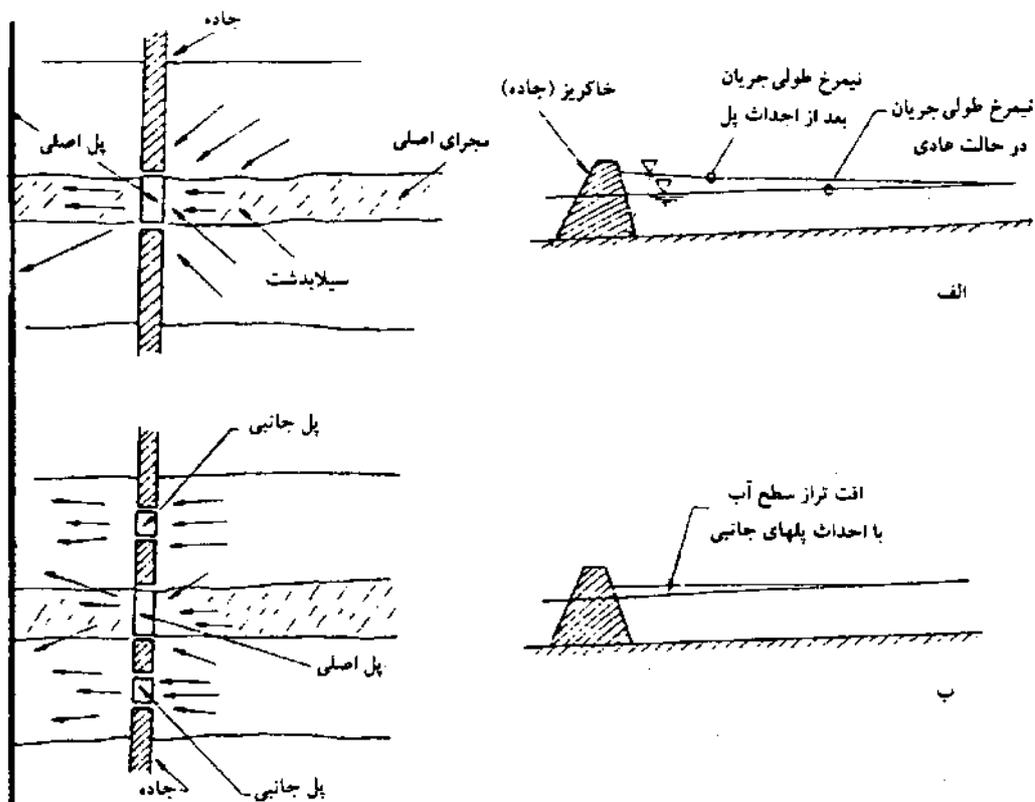
شکل ۶-۷- وقوع حالت پس‌زدگی ناشی از وجود گلوگاه و ایجاد شرایط مطلوب با اصلاح مسیر [۱۰]



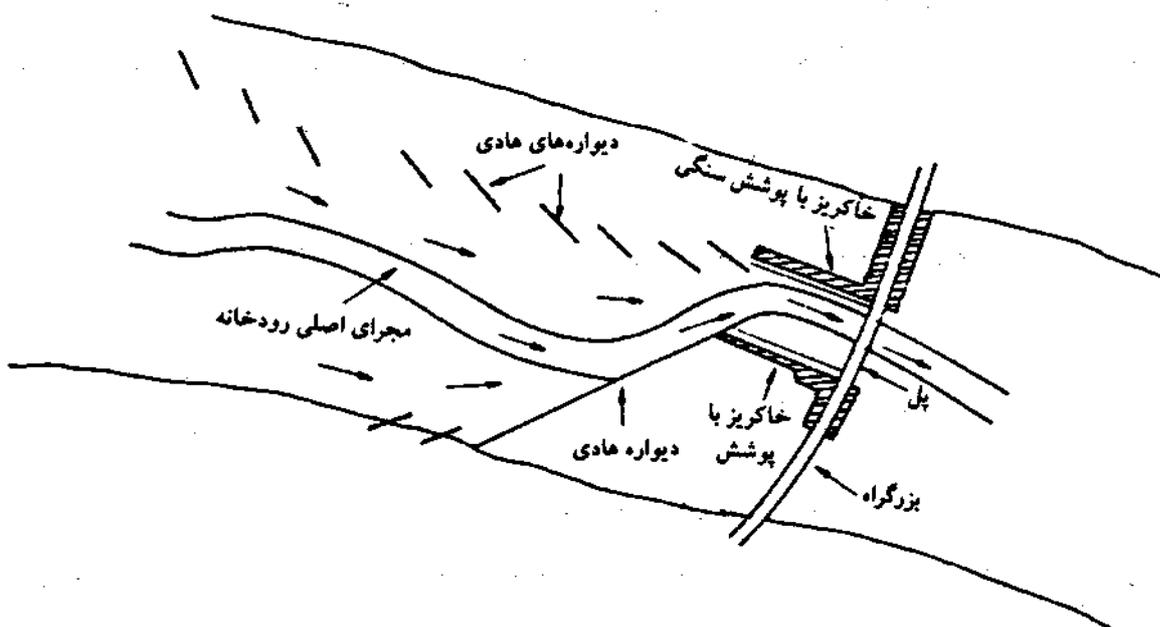


شکل ۷-۷- اصلاح بستر رودخانه با حذف برآمدگی سنگی و تأثیر آن در پایین افتادن سطح آب [۱۰]

شکل ۷-۸- الف نمونه‌ای از تأثیر احداث پل و کاهش عرض جریان و در نتیجه پس زدن آب را نشان می‌دهد. در چنین مواقعی برای کاهش اثرات برگشت آب، می‌توان نسبت به احداث پلهای جانبی در دو طرف پل اصلی مطابق شکل ۷-۸- ب اقدام کرد. شکل ۷-۹ نمونه‌ای از مسیرسازی^۱ و هدایت سیلاب به سمت دهانه پل با استفاده از دیواره هادی^۲ و خاکریز پوشش دار را نشان می‌دهد [۱۰].



شکل ۷-۸- تأثیر احداث پل بر روی نیمرخ طولی سطح آب و کاهش تراز آب با احداث پلهای جانبی [۱۰]



شکل ۷-۹- نمونه ای از چگونگی هدایت جریان سیلاب به محدوده پل برای کاهش پیامدهای نامطلوب آن

۲-۳-۷ مهار فرسایش و رسوب (تثبیت رودخانه و مهار رسوب)

مهار فرسایش و تثبیت کناره ها و بستر رودخانه و نیز مهار رسوب ورودی به آبراه رودخانه هر چند روشهای بهسازی آبراه می باشند ولی نقش آنها در مهار سیلاب جانبی است، زیرا کارهای مهار فرسایش در پایداری کناره ها و بستر رودخانه و حفظ سازه های مهار سیلاب مؤثر می باشد.

همچنین مهار رسوب ورودی از شاخه های فرعی و نیز مهار و هدایت رسوب در آبراه اصلی، باعث بهبود عملکرد کارهای مهار سیلاب و افزایش توان آبگذری رودخانه می گردد. در زیر به بررسی این روشها می پردازیم:

۱-۲-۳-۷ حفاظت کناره

در کنار حفاظت اراضی، شهرها، روستاها، تأسیسات و ... از خطر سیلاب، حفاظت کناره های رودخانه برای اطمینان یافتن از عملکرد صحیح کارهای مهار سیلاب ضروری است. زیرا فرسایش و تخریب کناره ها می تواند کارهای مهار سیلاب مانند گوره ها، دیواره های سیل بند و ... را با خطر مواجه سازد. همچنین فرسایش و تخریب کناره ها باعث حالت ناپایداری آن شده و عاملی برای افزایش اصطکاک و زبری و آشفتگی در جریان می گردد.



تثبيت كناره‌هاى رودخانه باعث مى‌شود كه مسير رودخانه به شكل دائمى، مطلوب و با پيچهاى ملايم تبديل شده و در نتيجه روند فرسايش و تخريب متوقف گشته و از هدررفتن زمينهاى زراعى، تخريب تاسيسات عمرانى و نقاط مسكونى حاشيه رودخانه‌ها جلوگيرى گردد.

روشهاى مهار فرسايش و حفاظت كناره گسترده و متنوع بوده و با توجه به شرايط مختلف مى‌تواند تركيبى از روشهاى زير باشد:

الف - روش سازه‌اى^۱

در اين روش با استفاده از مصالح ساختمانى و بنايى، انواع پوششهاى حفاظتى ساخته مى‌شود. اين پوششها عموماً نيازمند مصالح و امكانات فنى و كارگاهى مناسب بوده و هزينه آنها نسبتاً زياد مى‌باشد ولى در شرايطى كه فرسايش و تخريب شديد باشد كارآيى مؤثرى دارند.

ب - روش طبيعى^۲ يا بيولوژيك

در اين روش با استفاده از پوشش گياهمى (چمن، بوته، درختچه و درخت) يا استفاده از چوب و ترکه به هم بافته شده، نوعى حفاظت طبيعى براى مهار فرسايش ايجاد مى‌كنند. اين روش گرچه از نظر بيولوژيك و زراعى، مسائل و مشكلات خاص خود را دارد، ولى از جنبه‌هاى اقتصادى و زيست محيطى گزينه مطلوبى مى‌باشد و در شرايطى كه سرعت جريان كم و فرسايش پذيرى اندك باشد، كارآيى خوبى دارد. بهر حال عمر مفيد و دوام اين روش كم و نيازمند حفاظت و نگهدارى پيوسته مى‌باشد.

پ - روش تركيبى (طبيعى - سازه‌اى)

در اين روش مجموعه شرايط حفاظت سازه‌اى و تثبيت بيولوژيك فراهم مى‌گردد. به عنوان مثال در قسمتى كه فرسايش بيشتر است از پوششهاى سازه‌اى و در قسمتى كه فرسايش كمتر است از پوشش گياهمى استفاده مى‌گردد. همچنين در بين پوششهاى متخلخل و آبگذر^۳ (نفوذپذير) نظير پوشش تورسنگ^۴، سنگريز و غيره، در اثر ته‌نشست رسوبات زمينه لازم براى حفاظت به وسيله پوشش گياهمى فراهم مى‌گردد. اين روش براى شرايط مختلف کاربرد داشته و به عنوان روشى اقتصادى و مؤثر مورد توجه بوده و از جنبه زيبايى و چشم‌انداز نيز برگزيده مى‌باشد.

1- Structural Mean (Measure)

2- Natural Mean (Measure)

3- Pervious Revetment

4- Gabion

پوشش‌های سازه‌ای بر حسب نوع مصالح و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها به دو گروه تقسیم می‌شوند:

گروه اول - پوشش‌های انعطاف‌پذیر یا صلب

گروه دوم - پوشش‌های آب‌ناگذر^۱ یا آب‌ناگذر^۱

به‌طور کلی پوشش‌های انعطاف‌پذیر بهتر از سازه‌های صلب هستند. زیرا اگر در اثر رخداد پدیده فرسایش یا رگاب و غیره، نشستهای غیریکنواخت رخ دهد یا قسمتی از کناره مجاور آن فرو ریزد، یک سازه صلب دچار ترک‌خوردگی شده و بخشهایی از آن تخریب می‌گردد و سرانجام کل سازه از هم گسیخته می‌شود. در حالی که سازه‌های انعطاف‌پذیر نسبت به تغییرات، قابلیت تطبیق و جابه‌جایی داشته و امکان مرمت و بازسازی مجدد دارند. پوشش آب‌ناگذر بر پوشش آب‌ناگذر (نفوذناپذیر) برتری دارد. زیرا این نوع پوشش باعث تلاطم موضعی و گردابی جریان شده و علاوه بر کاهش سرعت جریان اولیه (در جهت طولی رودخانه)، سبب گسترش جریان ثانویه^۲ می‌گردد. از این طریق بدون اعمال نیروی قابل توجهی، بخشی از جریان حاوی رسوبات از پوشش عبور کرده و باعث ته‌نشین شدن رسوبات در محل درز و شکافها و پشت سازه شده و سبب تثبیت بیشتر آن می‌گردد و زمینه لازم برای ایجاد پوشش گیاهی را فراهم می‌آورد.

در یک تقسیم‌بندی کلی، روشهای مهار فرسایش به دو قسمت اصلی تقسیم می‌شود. روش اول حفاظت مستقیم^۳ می‌باشد که در آن به کمک پوششهای حفاظتی از تماس مستقیم جریان آب با خاک کناره رودخانه جلوگیری کرده و بنابراین از فرسایش آن ممانعت به عمل می‌آید یا شدت آن را کاهش می‌دهد. روش دوم حفاظت غیرمستقیم^۴ نام دارد که در آن جریان آب توسط آبشکن‌ها از کناره رودخانه دور شده یا به آرامی در مجاورت آنها جریان می‌یابد.

۷-۳-۱-۱-۱ حفاظت مستقیم به وسیله پوشش

در این روش پوشش‌های حفاظتی بر روی کناره رودخانه یا به موازات آن ایجاد می‌گردد. مقاومت مصالح به کار رفته در پوشش، در کارایی آن بسیار مؤثر می‌باشد. پوشش، برای سرعت زیاد جریان و فرسایش‌پذیری شدید مناسب می‌باشد. برای حفاظت پنجه از فرسایش، پوشش باید تا عمق آبشستگی ادامه داده شود. در صورت استفاده از پوشش انعطاف‌پذیر، این پوشش باید حداقل ۱/۵ تا ۲ برابر عمق آبشستگی در عرض بستر گسترش یابد. کاربرد صافی مناسب در زیر پوشش سازه‌ای موجب جلوگیری از شسته شدن مواد ریزدانه خاک شده و پایداری بیشتری برای گوره و کناره رودخانه را فراهم می‌کند.

1- Impervious

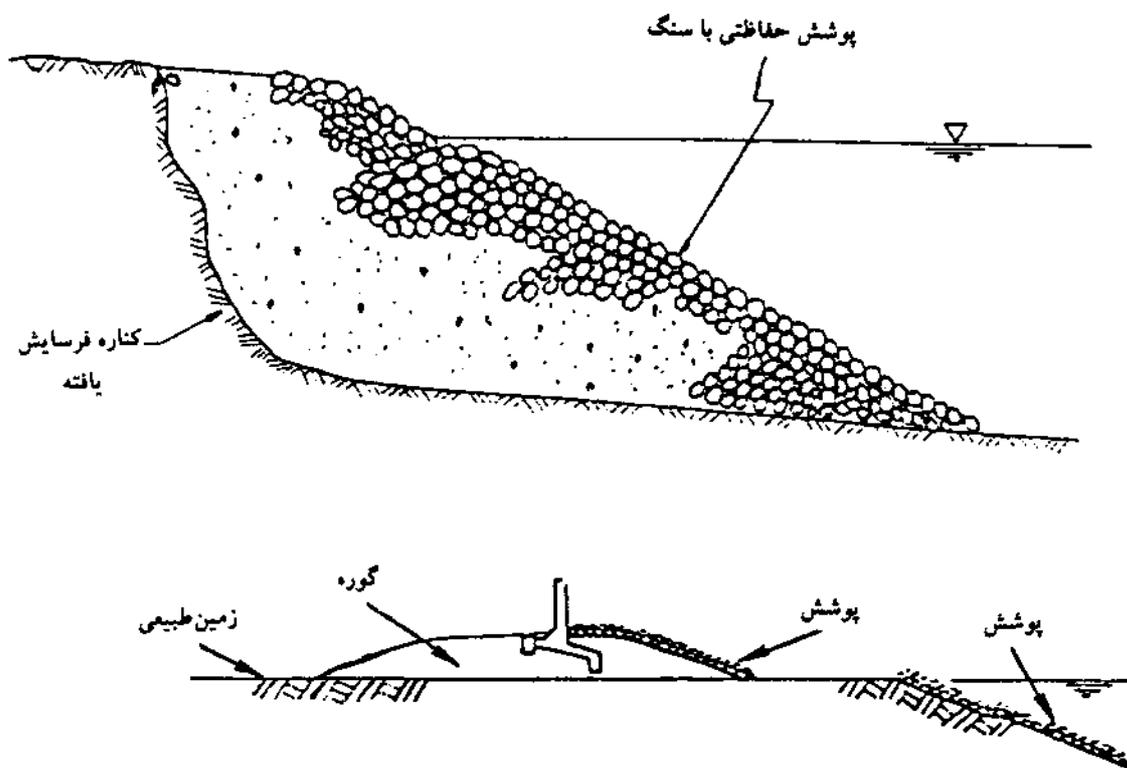
2- Secondary Flow

3- Direct Protection

4- Indirect Protection

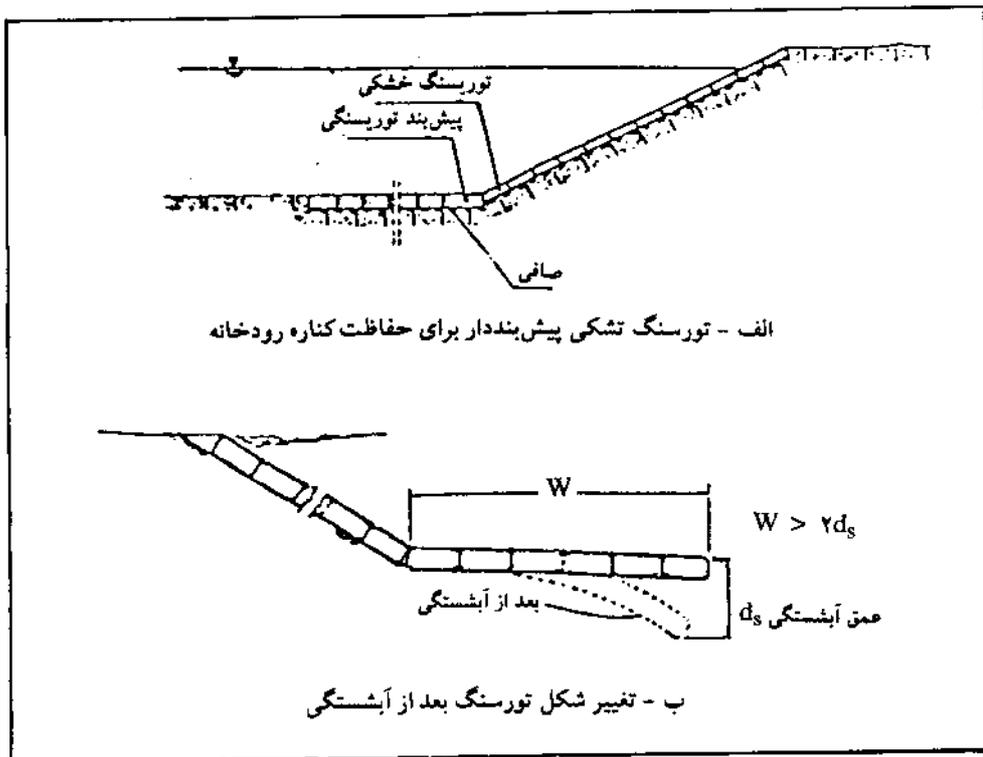
از انواع مصالح ساختمانی برای ایجاد پوشش می‌توان استفاده کرد که انتخاب آن علاوه بر رعایت معیارهای فنی مانند جنبه‌های هیدرولیکی و زیست محیطی، بستگی به فراوانی در منطقه طرح، سهولت دسترسی، روش اجرا و مهارت در ساخت و نگهداری با توجه به معیارهای اقتصادی دارد. از جمله این مصالح بتن، سنگ، آجر، خاک، مصالح فلزی، قیر و آسفالت، چوب، مواد پلاستیکی، تور سیمی و غیره می‌باشد.

بعضی از انواع پوشش‌هایی که می‌تواند برای حفاظت شیروانی گوره‌ها و کناره‌های رودخانه به کار رود عبارت از پوشش سنگریز یا سنگچین، تورسنگ، کیسه‌ای، بتنی، آسفالتی، بلوک خاک سیمان و غیره می‌باشد. در شکل‌های ۷-۱۰ تا ۷-۱۲ چند نوع پوشش نشان داده شده است. برای بررسی بیشتر جزئیات هر یک از روشها می‌توان به مراجع ذیربط مراجعه کرد.

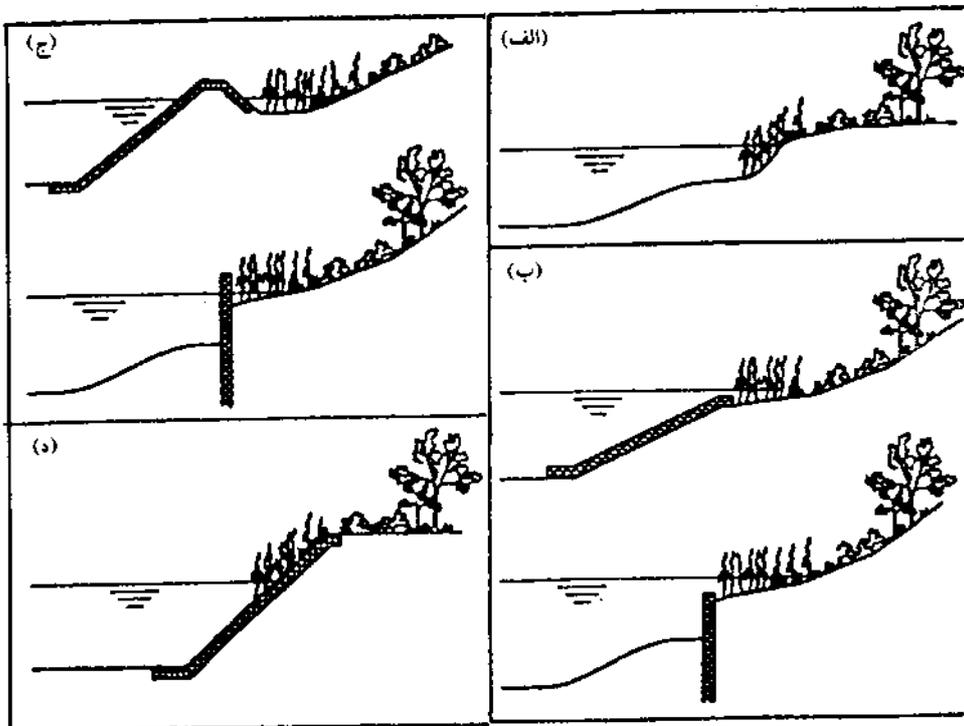


شکل ۷-۱۰ - چند نوع پوشش سنگی



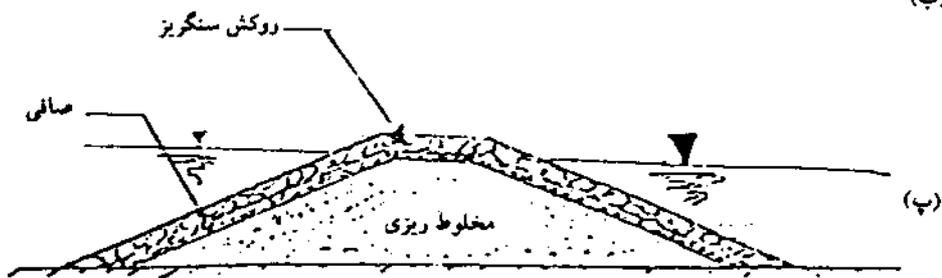
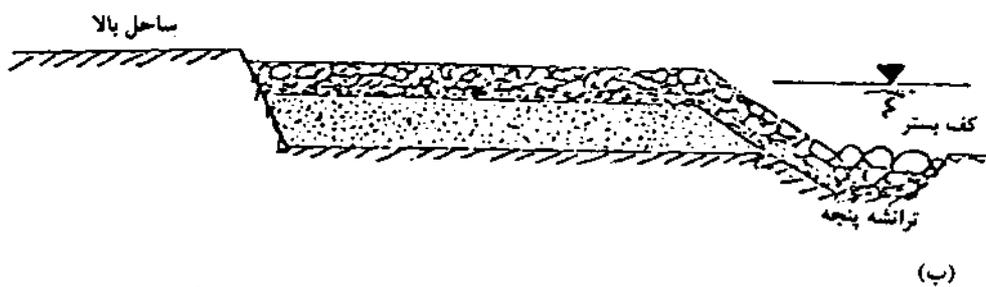
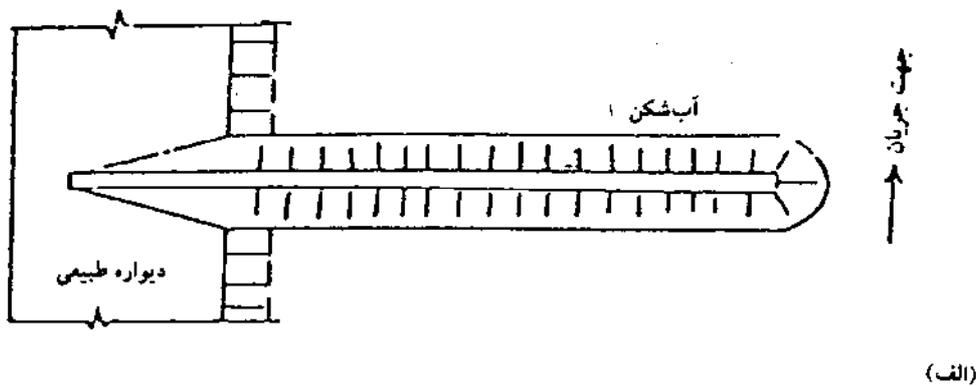


شکل ۷-۱۱



شکل ۷-۱۲ - نمونه‌هایی از پوشش‌های طبیعی و طبیعی - سازه‌ای



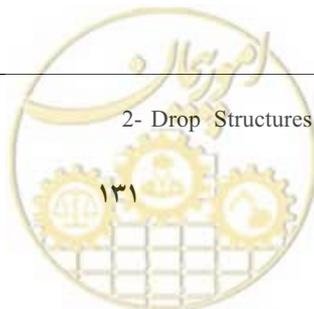


شکل ۷-۱۴- پلان و مقاطع آبشکن نوع سنگریز؛ الف - پلان، ب - مقطع طولی، پ - مقطع عرضی

۲-۲-۳-۷ حفاظت بستر

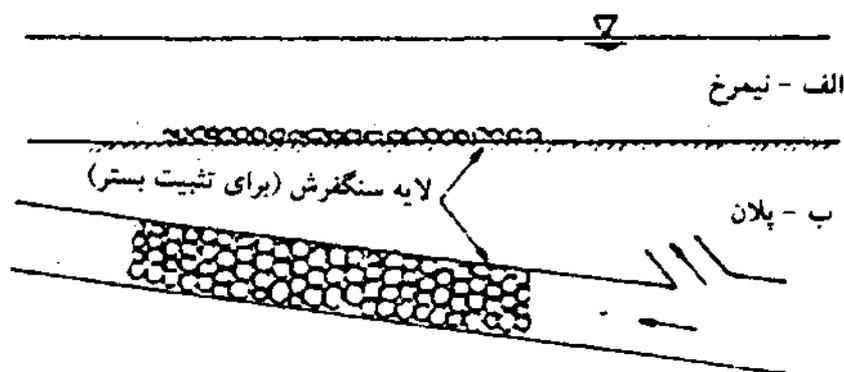
گاهی به علت زیادبودن شیب رودخانه در یک بازه و بالا بودن توان حمل بار کف، در بالادست بازه فرسایش رخ داده و حتی شنها و سنگریزه‌ها نیز با آب حمل می‌شود. زمانیکه این مصالح به نقاط کم‌شیب می‌رسند ته‌نشین می‌شوند که باعث بالآمدن بستر و یا شریانی شدن رودخانه شده و در مواقع سیلابی ایجاد خطر می‌کنند. در این رابطه دو نوع سازه برای تنظیم شیب کف، تراز کف و تراز سطح آب و جلوگیری از وجود آمدن پستی و بلندی در کف رودخانه و افت در بالادست به کار می‌روند که عبارتند از:

- تثبیت‌کننده‌های کف^۱
- شیب‌شکن‌ها^۲ (کف‌بندها یا آستانه‌ها^۳)



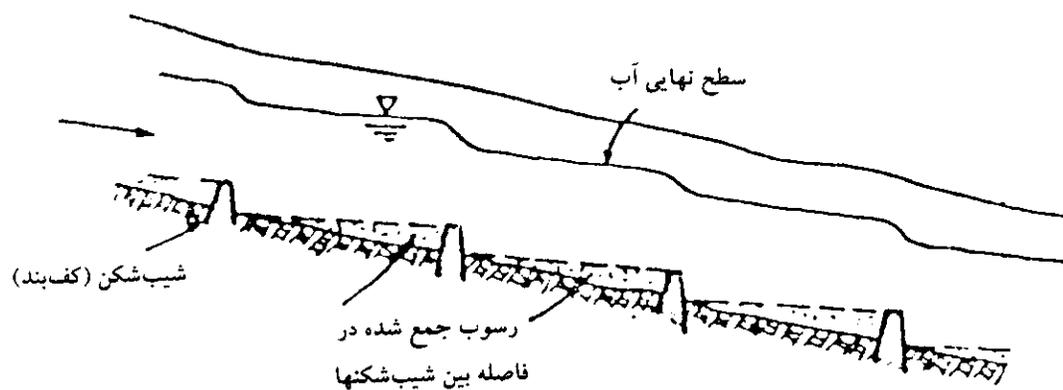
هر دو نوع سازه برای یک منظور به کار رفته‌اند و تفاوت آنها در میزان کارشان برای به وجود آوردن افت انرژی می‌باشد. تثبیت‌کننده‌ها، پوشش‌هایی هستند که در عرض رودخانه ادامه داشته و برای محدود کردن آبشستگی و به وجود آمدن پستی و بلندی در کف رودخانه، تاج آنها تقریباً هم تراز کف رودخانه می‌باشد (شکل ۷-۱۵). شیب‌شکن‌ها نیز اساساً بندهایی هستند که در عرض رودخانه ادامه داده می‌شوند و برای گرفتن انرژی به وسیله ایجاد یک افت در کف رودخانه و تراز سطح آب طراحی می‌شوند و بنابراین از افت سطح در بالادست جلوگیری می‌کنند. جت به وجود آمده در روی سازه به داخل یک حوضچه و یا یک پیش‌بند^۴ در پایین دست هدایت می‌شود. بنابراین با احداث شیب‌شکن‌ها، علاوه بر جلوگیری از فرسایش و حمل رسوب، به علت ایجاد تأخیر در جریان سیل، خطر آن کاهش یافته و نیز رسوبات کمتری به پایین دست انتقال می‌یابد. همچنین سرشاخه‌های مناطق خشک فرصت بیشتری به جریان برای تغذیه آبراه را به دست داده و نیز باعث افزایش بده پایه می‌گردد. مسائل فوق ضرورت کاربرد اینگونه روشها را به ویژه در حوضه‌های آبریز سدها آشکار می‌سازد. در شکل‌های ۷-۱۶ و ۷-۱۷ نمونه‌هایی از شیب‌شکن‌ها برای تثبیت بستر نشان داده شده‌اند.

تثبیت بستر از فرسایش و گودافتادگی آن جلوگیری کرده و استحکام سازه‌های رودخانه‌ای مانند آبشکن‌ها، دیوارهای سیل‌بند، پوشش‌ها و ... را افزایش می‌دهد.



شکل ۷-۱۵ - تثبیت بستر با استفاده از سنگچین





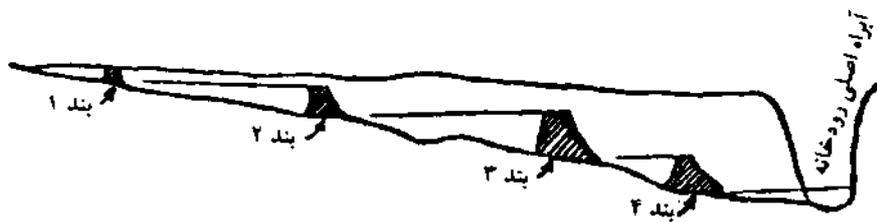
شکل ۷-۱۶ - نمای کلی شیب شکنها برای جلوگیری از فرسایش بستر (ساخته شده بروی بستر رودخانه)



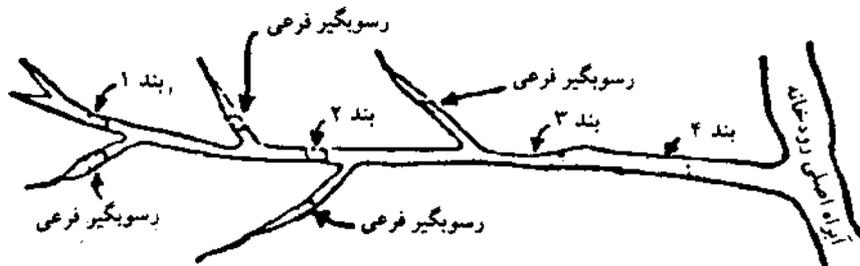
شکل ۷-۱۷ - نمای کلی شیب شکنها برای جلوگیری از فرسایش بستر (ساخته شده در زیر بستر رودخانه)



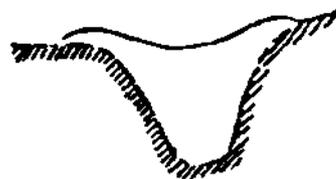
ورود مواد رسوبی از شاخه‌های فرعی که دارای توان زیاد حمل رسوب هستند موجب انباشته شدن رسوبات در رودخانه اصلی و تشکیل پشته‌های رسوبی می‌گردد. این پشته‌های رسوبی علاوه بر کاهش توان آبگذری رودخانه، در مواقعی نیز باعث انحراف جریان از آبراه رودخانه شده و موجب بروز یا تشدید سیلاب می‌گردد. برای جلوگیری از ورود رسوبات به آبراه اصلی باید از سدهای رسوبگیر، بندهای پلکانی، بندهای کوتاه خشکه‌چین و ... استفاده کرد. این بندها علاوه بر کاهش رسوب ورودی به آبراه، با ایجاد تأخیر در جریان و کاهش سرعت، باعث کاهش در فرسایش بستر و کناره‌های آبراه نیز می‌گردند. شکل ۷-۱۸ نمونه‌ای از این اقدامات را نشان می‌دهد.



(الف) - نمونه نیم‌رخ طولی



(ب) - پلان جانمایی بندهای رسوبگیر

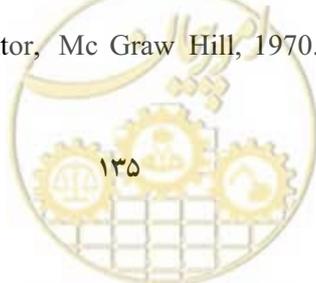


شکل ۷-۱۸ نمونه کاربرد بندهای رسوبگیر

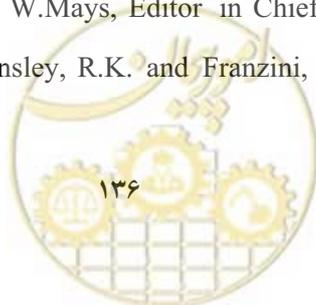


فهرست و منابع و مأخذ

- ۱- اصلاح مسیر و حفاظت دیواره رودخانه‌های سیلابی با روشهای مناسب ساختمانی و بیولوژیکی، مهدی یاسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۱۳۶۷.
- ۲- بررسی و مقایسه روشهای کنترل سیلاب، محمدحسن چیتی، مهندسین مشاور سازه پردازی ایران، ۱۳۷۱.
- ۳- خلاصه گزارش سیلخیزی کشور، معاونت آبخیزداری وزارت جهادسازندگی، ۱۳۷۴.
- ۴- طراحی گوره‌ها (Levees) برای رودخانه‌های ایران، محمدحسن چیتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۰.
- ۵- فرهنگ آبخیزداری، حسین سراج زاده، مؤسسه انتشارات مدیر، تهران، ۱۳۷۲.
- ۶- فرهنگ بین‌المللی هیدرولوژی، طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب، وزارت نیرو، تهران، ۱۳۶۹.
- ۷- فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی، انتشارات وزارت نیرو، تهران، ۱۳۷۶.
- ۸- فرهنگ فنی سدها، طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب، وزارت نیرو، تهران، ۱۳۷۴.
- ۹- فرهنگ مهندسی رودخانه، محمدحسن چیتی و جمشید مصباحی، دفتر استانداردهای مهندسی آب، وزارت نیرو، ۱۳۷۷.
- ۱۰- مهار سیلاب رودخانه، مجموعه مقالات کارگاه آموزشی و تخصصی، انجمن هیدرولیک ایران، ۱۳۷۶.
- ۱۱- مروری بر ضوابط و استانداردهای سیلابهای طراحی سدها، استاندارد صنعت آب، ۱۳۷۰.
- ۱۲- کنترل سیلاب رودخانه کارون، مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۶۸.
- 13- " Canal and River Levees ", Pavol Peter, Slovak Technical Univ., Bratislava, Czechoslovakia, 1982.
- 14- "Desing and Construction of Levees ", U.S. Army Corps of Engineers, 1978.
- 15- Earth Manual, U-S.B.R., 1974.
- 16- Flood Control in the World , K.K. Framji , New delhi, India, 1976.
- 17- Flood Flow Computation", The UNESCO Press, Studies and Reports in Hydrology, No. 22, 1976.
- 18- "Floods and Flood Management", A.J.Saul, Sheffield , U.K. 1992.
- 19- Dictionary of Water and water Engineering", A.Nelson and K.D. Nelson, Butterworths, London, 1973.
- 20- "Flood Proofing". S.C.S., technical Release No. 57, 1975.
- 21- Handbook of Applied Hydraulics, Third Edition, Calvin Victor Davis, Edition in Chief , Kenneth sorenson , Coeditor, Mc Graw Hill, 1970.



- 22- Handbook of Hydrology, David R.Maidment, Mc Graw Hill, 1993.
- 23- Hydrology for Engineers, SI Metric Edition, Ray K.Linsley, Max A.Kohler, Joseph L.H. Paulhus, Mc Graw Hill, 1988.
- 24- "Indian Standard, Glossary of terms Relating to River Valley Projects", Indian Standards Institution, New Delhi, 1986.
- 25- "Manual and Guidelines for Comprehensive Flood Loss Prevention and Management", ESCAP, 1991.
- 26- "Manual of Flood Control, Methods and Practices", Ed.K.K. Framji, I.C.I.D., 1983.
- 27- "Manual of Surface Drainage Engineering", Kinori, B.Z. and Mevorach, J., VOL.II, 1984.
- 28- "Manual on River Behaviour, Control and Training", Joglekar, D.V., Central Board of Irrigation and Power, India, 1971.
- 29- Methods of Hydrological Computation for water Projects, UNESCO Studies and reports in Hydrology, No.33, 1982.
- 30- "Principles of River Engineering", Jansen, P.P.H., et.al., Pitman Pub., London, 1979.
- 31- "Protection of River and Canal Banks", R.W. Hemphill and M.E. Bramley, CIRIA, London, 1989.
- 32- "River Behaviour, Management and Training", Varma, C.V.J., et.al. Central Board of Irrigation and Power, India, 1989.
- 33- "River Engineering", M.S. Petersen, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., 1986.
- 34- "River Engineering", A.prins, Delf, The Netherlands, 1991.
- 35- "River Flood Hydraulics", 2nd International Conference, HR Wallingford Ltd., Jhon Wiley and Sons, 1994.
- 36- "River Training and Bank Protection", U.N., Bangkok, 1953.
- 37- "River Training techniques, Fundamental, Design and Applications", B.Przes Wojski & R.Blazegewski & K.W.Pilarczyk, A.A.balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1995.
- 38- Water Resources Handbook, Larry W.Mays, Editor in Chief, Mc Graw-Hill, 1996.
- 39- "Water Resources Engineering", Linsley, R.K. and Franzini, J.B., 1987.



Islamic Republic of Iran

Guideline for River Flood Control (Structural Measures)

No: 242

Management and Planning Organization
Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

Ministry of Energy
Water Engineering Standards Plan
Iran Water Resources Management Organization



معاونت امور پشتیبانی
مرکز مدارک علمی و انتشارات



omorepeyman.ir