جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر (چکدم مشبک)

ضابطه شماره ۶۵۷

آخرین ویرایش: ۳۱-۰۴-۹۹

سازمان برنامه و بودجه کشور

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

معاونت آبخیزداری، امور مراتع و امور بیابان

دفتر کنترل سیلاب و آبخوان‌داری

www.frw.org.ir

۱۳۹۹

shaghool.ir

shaghool.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۹۹/۲۴۵۲۰۲
	تاریخ:	۱۳۹۹/۰۵/۱۴

موضوع: ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر(چکدم مشبک)

در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور موضوع نظام فنی و اجرایی یکپارچه، ماده(۲۳) قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۶۵۷ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران با عنوان «**ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر(چکدم مشبک)**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۹/۱۰/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

ش‌ش: ۴۲۴۵۲۱۱

shaghool.ir

shaghool.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

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

۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

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

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

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

shaghool.ir

shaghool.ir

باسمه تعالی

پیشگفتار

وقوع جریان‌های واریزه‌ای در ایران و جهـان، همواره خسارات سنگینی را متوجه مراکز اقتصادی، اجتماعی، نظامی، مواصلاتی، تاریخی، زیست‌محیطی نموده است، به طوری‌که در بسیاری نقاط منجر به مدفون شدن مراکز یاد شده توسط رسوبات و نهشته‌ها شده است. اهمیت این موضوع باعث ابداع روش‌های مختلفی برای کنترل این پدیده شد، که مهم‌ترین آن احداث‌بندهای مشبک سرشاخه‌گیر یا (چکدم مشبک) می‌باشد.

بندهای مشبک سرشاخه‌گیر با توجه به اهداف، امکانات، تجهیزات، منابع مالی، مصالح مورد نیاز، نیروی انسـانی قابـل دسترس، شرایط اکولوژیکی منطقه، کاربری و تاثیرپذیری سریع آن انواع مختلفی و متفاوتی دارد، لذا نظر بـه عـدم وجـود ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر (چکدم مشبک) ضـرورت وجـود ضـوابط فنـی ایـن حوزه ضروری به نظر می‌رسد.

بنابراین با توجه به عدم وجود دستورالعملی اختصاصی برای احداث‌بندهای مشبک سرشاخه‌گیر، معاونت آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه ضابطه حاضر را با هماهنگی امور نظام فنی‌اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه در دستور کار قرارداد، که پس از بررسی براساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی مصوب هیات محترم وزیران تصویب و ابلاغ گردید.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردید، ایـن مجموعـه مصـون از وجـود اشـکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شـود مـوارد اصلاحی را به امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکـاران سـازمان برنامـه و بودجـه کشـور ارسـال کننـد. کارشناسـان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز بـه اصـلاح در مـتن ضـابطه، بـا همفکـری نماینـدگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسـانی نظـام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و بـرای تسـهیل در پیـدا کـردن آخـرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است کـه در صـورت هرگونـه تغییـر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از اینرو همواره مطالب صـفحات دارای تـاریخ جدیـدتر معتبـر خواهد بود.

حمیدرضا عدل
معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی
تابستان ۱۳۹۹

shaghool.ir

shaghool.ir

تهیه و کنترل «ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر (چکدم مشبک)»
[ضابطه شماره ۶۵۷]

مجری: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری، امور مراتع و بیابان

اعضای گروه تهیه‌کننده:

فرزاد احمدی طباطبایی	لیسانس خاک و فرسایش و رسوب
غلامعلی فرزاد منش	فوق لیسانس عمران آب
مهدی زرعکانی	لیسانس علوم خاک
مسعود شکویی	فوق لیسانس خاک و فرسایش و رسوب
آرش ضیایی	لیسانس آبیاری
علی مرزوقی اصل	فوق لیسانس ژئوهیدرولوژی
سید شهاب صدری	فوق لیسانس عمران آب

اعضای گروه داوری فنی پروژه:

پرویز گرشاسبی	دکترای آبخیزداری
محمد عقیقی	فوق لیسانس آبخیزداری
حمیدرضا سلیمانی اسبویی	دکترای آبخیزداری

اعضای گروه مدیریت اجرای پروژه در سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور:

ناصر حیدری پوری	فوق لیسانس اقلیم در برنامه‌ریزی محیطی	معاون آبخیزداری، امور مراتع و بیابان
ابوالقاسم حسین پور	فوق لیسانس آبخیزداری	مدیر کل دفتر کنترل سیلاب و آبخوانداری
بابک ربیعی‌فر	فوق لیسانس مدیریت مناطق بیابانی	مسوول گروه ضوابط و استانداردها

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
سیّد وحیدالدین رضوانی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

shaghool.ir

shaghool.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول- بررسی وضع موجود بندهای مشبک (پایه بتنی، بتن آرمه و ...)	**۳**
۱-۱- بررسی وضع موجود بندهای مشبک از نظر نوع، کیفیت و...	۵
۱-۱-۱- بندهای پایه بتنی	۵
۱-۱-۲- بندهای بتن آرمه نیمه مشبک	۶
۱-۱-۳- بند فلزی	۶
۱-۱-۴- بندهای مشبک بتن آرمه	۷
۱-۲- جمع‌آوری، بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به بندهای مشبک در سطح کشور و معرفی الگوی مناسب برای هر منطقه در کشور	۹
۱-۲-۱- بند تنه و سرشاخه‌گیر کاظم‌رود	۹
۱-۲-۲- بند تنه و سرشاخه‌گیر نیرنگ نوشهر	۱۱
۱-۲-۳- بند کوتاه با شبکه فلزی زیرحوزه شماره ۱۱ کاظم‌رود	۱۲
۱-۲-۴- بند تنه و سرشاخه‌گیر درویشان نکارود	۱۴
۱-۲-۵- بند تنه و سرشاخه‌گیر غاز محلیه کردکوی (استان گلستان)	۱۶
۱-۲-۶- معرفی الگوی مناسب برای هر منطقه در کشور	۱۸
۱-۳- نتیجه فصل اول	۱۹
فصل دوم - تهیه و تدوین شاخص‌های لازم در تعیین مکان مناسب برای احداث‌بندهای مشبک	**۲۱**
۲-۱- فرسایش و رسوب	۲۳
۲-۲- نتیجه	۳۰
فصل سوم – تهیه و تدوین شاخص‌های لازم در تعیین نوع و تعداد بندهای مشبک	**۳۱**
۳-۱- انواع بندهای مشبک براساس نوع مصالح	۳۳
۳-۱-۱- فلزی	۳۳
۳-۱-۲- بتنی	۳۳
۳-۱-۳- بتن آرمه	۳۴
۳-۱-۴- بتن آرمه با سرریز قوسی و ستون‌های واقع شده برروی سرریز	۳۴
۳-۱-۵- بندهای استوانه‌ای مجزا Cell dam	۳۵

shaghool.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۱-۶- بندهای پایه بتنی (بتن آرمه)	۳۵
۳-۲- تهیه و تدوین شاخص‌های لازم در تعیین تعداد بندهای مشبک	۳۶
۳-۳- نتیجه	۴۲
فصل چهارم - تدوین ضوابط و معیارهای فنی لازم در طراحی و اجرای بندهای مشبک	**۴۳**
۴-۱- کلیات	۴۵
۴-۲- نیروهای مقاوم و محرک	۴۵
۴-۳- تعیین ابعاد بدنه بند و تجهیزات وابسته	۴۶
۴-۴- مراحل بررسی پایداری سازه‌ها	۴۷
۴-۴-۱- نیروهای مقاوم	۴۹
۴-۴-۲- نیروهای محرک (واژگون کننده)	۴۹
۴-۴-۳- ضرایب اطمینان و ضریب لغزش ایمن	۵۲
۴-۵- محاسبه حداقل ابعاد سازه (عرض قاعده و ارتفاع بند)	۵۳
۴-۶- مراحل طراحی هیدرولیکی بندهای مشبک (تنه و سرشاخه‌گیر)	۵۵
۴-۶-۱- تعیین دبی طراحی از روش استدلالی	۵۵
۴-۶-۲- تعیین دبی طراحی از روش SCS	۵۸
۴-۶-۳- تعیین دبی طراحی با استفاده آمار دبی حداکثر لحظه ای رودخانه‌ای که قرار است بند مشبک در آن احداث شود.	۷۱
۴-۶-۴- محاسبه دبی طراحی با استفاده از آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوزه‌های آبخیز مشابه مجاور	۷۲
۴-۶-۵- محاسبه دبی طراحی از رابطه فولر	۷۲
۴-۶-۶- محاسبه دبی طراحی از دیگر روش‌ها	۷۲
۴-۶-۷- محاسبه ارتفاع آب روی سرریز	۷۳
۴-۶-۸- محاسبه دبی حداکثر جریان واریزه‌ای	۷۳
۴-۶-۹- تعیین مقدار ارتفاع آزاد سرریز	۷۴
۴-۶-۱۰- تعیین ارتفاع کل سرریز	۷۵
۴-۶-۱۱- طول تاج سرریز	۷۶

shaghool.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۶-۱۲- طراحی حوضچه آرامش	۷۶
۴-۶-۱۳- طراحی حوضچه آرامش برای سرریزهای oyee (قوسی)	۷۷
۴-۶-۱۴- طراحی ابعاد شبکه (سوراخ‌ها) در بندهای مشبک (بتن آرمه، بتنی و ...)	۹۸
۴-۶-۱۵- **مراحل تعیین مشخصات پارامتر y2, y1 و... و حوضچه آرامش در بندهای با سرریز ریزشی (آزاد)**	۹۸
۴-۶-۱۶- فشار بالا برنده و آب شستگی	۹۹
۴-۶-۱۷- مراحل طراحی سازه بتن آرمه تنه و سرشاخه‌گیر از نظر ایمنی در مقابل عمل آب شستگی	۱۰۱
۴-۶-۱۸- تعیین عمق فرسایش در حوضچه آرامش فاقد پوشش ناشی از سقوط (سرریز) آزاد	۱۰۲
۴-۶-۱۹- مقدار پی‌کنی در سازه‌های هیدرولیکی نظیر اپی، پایه پل‌ها و.... براساس فرمول لیسی	۱۰۳
۴-۶-۲۰- بندهای پایه بتنی	۱۰۶
۴-۷- نتیجه	۱۰۷
فصل پنجم - دستورالعمل اجرایی بندهای پایه بتنی	**۱۰۹**
۵-۱- کلیات	۱۱۱
فصل ششم - تدوین ضوابط و معیارهای فنی لازم در نگهداری و بهره‌برداری از بندهای مشبک	**۱۱۷**
۶-۱- کلیات	۱۱۹
۶-۱-۱- توصیه‌ها	۱۱۹
۶-۲- روش‌های اجرایی احداث‌بندهای مشبک	۱۲۰
۶-۳- ارائه نقشه‌های تیپ بندها در ارتفاع‌های مختلف	۱۲۱
۶-۴- معرفی الگوی مناسب بندهای مشبک برای مناطق مختلف کشور	۱۲۲
۶-۵- نکات مهم در طراحی و اجرای بندهای مشبک	۱۲۷
۶-۶- نتیجه	۱۲۸
پیوست ۱- کالیبراسیون رابطه فولر	**۱۲۹**
پیوست ۲- توان باربری مواد بستر (خاک و سنگ)	**۱۳۹**
پیوست ۳- پلان بند مشبک بتن آرمه درویشان نکارود	**۱۴۳**
پیوست ۴- روش‌های برآورد فرسایش و رسوب، اجرای یک بند مشبک فلزی انواع عملیات واریزه‌ای	**۱۴۷**
منابع و مراجع	**۱۵۷**

shaghool.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۱- سازه مشبک سرشاخه‌گیر حوزه کاظم رود، شهرستان عباس آباد مازندران،۱۳ مهر ۱۳۹۷	۲
نمودار ۲-۱- ضریب تصحیح رواناب برای مساحت‌های مختلف حوزه آبخیز	۲۶
شکل ۴-۱- روش طراحی بدنه در ژاپن (تجزیه و تحلیل پایداری در زمان وقوع جریان واریزه‌ای)	۵۱
شکل ۴-۲- روش طراحی بدنه بند در ژاپن (تجزیه و تحلیل پایداری در زمان وقوع سیل)	۵۲
شکل ۴-۳- برآورد رواناب مستقیم	۶۰
شکل ۴-۴- برآورد رواناب به روش شماره منحنی	۶۱
شکل ۴-۵- مدت باران مازاد	۶۱
شکل ۴-۶- برآورد رواناب مستقیم	۶۲
شکل ۴-۷- نسبت بارندگی برای مساحت‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مایل	۶۲
شکل ۴-۸- نسبت افزایش رواناب در مواقع طوفانی	۶۳
شکل ۴-۹- منحنی عمق – مساحت	۶۳
شکل ۴-۱۰- نسبت بارندگی برای مساحت‌های ۱۰۰-۱۰ مایل مربع	۶۳
شکل ۴-۱۱- پرش آزاد و مستغرق جریان	۷۹
شکل ۴-۱۲- وضعیت T.W و y_2 نسبت به یکدیگر	۸۰
شکل ۴-۱۳- انواع توصیه فنی برای وضعیت‌های مختلف TW و y_2	۸۳
شکل ۴-۱۴- انواع توصیه فنی برای وضعیت‌های مختلف TW و y2	۸۴
شکل ۴-۱۵- نحوه تشکیل جهش آبی	۸۵
شکل ۴-۱۶- انواع جهش آبی	۸۶
شکل ۴-۱۷- حوضچه آرامش نوع II (U.S.B.R)	۸۹
شکل ۴-۱۸- حوضچه آرامش نوع III (U.S.B.R)	۹۰
شکل ۴-۱۹- طول حوضچه آرامش در سطوح افقی	۹۰
شکل ۴-۲۰- حداقل عمق جریان پایین‌دست بند	۹۱
شکل ۴-۲۱- ضریب تخلیه برای تاج Ogee با وجه قائم	۹۱
شکل ۴-۲۲- ضریب تخلیه برای بارهای آبی غیر از بار آبی طراحی	۹۲
شکل ۴-۲۳- منحنی‌ها برای تعیین سرعت ورودی حوضچه‌های آرامش برای شیب‌های کند $\frac{0.8}{1}$ یا $\frac{0.60}{1}$	۹۲
شکل ۴-۲۴- شکل تاج Ogee که با منحنی‌های مرکب تعریف شده است	۹۳

shaghool.ir

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۲۵- فاکتورهای تعریف پروفیل‌های تاج به شکل سفره زیرین آب (nappe) ۹۴
شکل ۴-۲۶- نسبت ضرایب تخلیه با توجه به اثر کف‌بند ۹۵
شکل ۴-۲۷- نسبت ضرایب تخلیه با توجه به اثر پایاب ۹۵
شکل ۴-۲۸- ضریب تخلیه برای تاج Ogee با وجه بالادست شیب‌دار ۹۶
شکل ۴-۲۹- حوضچه آرامش نوع IV (U.S.B.R) ۹۶
شکل ۴-۳۰- ارتفاع دیوار آرام کننده و آستانه انتهایی برحسب D1 و F1 در حوضچه‌های نوع III و IV (U.S.B.R) ۹۷
شکل ۶-۱- پلان و نمای پایین‌دست یک بند پایه بتنی ۱۲۴
شکل ۶-۲- برش‌های A-A و B-B از بند پایه بتنی ۱۲۴
شکل ۶-۳- پلان بند مشبک با سرریز فلزی با ارتفاع مفید ۲ متر برای آبراهه جنگلی فاقد حرکت سنگ ۱۲۵
شکل ۶-۴- پرسپکتیویک دهنه از بند مشبک با سرریز فلزی با ارتفاع مفید ۲ متر برای آبراهه جنگلی فاقد حرکت سنگ ۱۲۵
شکل ۶-۵- نمای پایین‌دست طرح تیپ بند مشبک بتن آرمه (۵-۳ متر) با توجه به توصیه منابع معتبر در رابطه با f.b و... ۱۲۶
شکل ۶-۶- نمای پایین‌دست و طرح تیپ بند مشبک بتن آرمه (۸-۵ متر) با توجه به عملکرد بند مشبک نکارود و توصیه منابع معتبر در رابطه با مقادیر f.b و... ۱۲۶
شکل ۶-۷- نمای پایین‌دست طرح تیپ بند مشبک بتن آرمه (۸-۵ متر) با تیرهای بتن آرمه قائم روی سرریز قوسی با توجه به عملکرد بند مشبک غاز محله و توصیه منابع معتبر در رابطه با مقادیر f.b و... ۱۲۶
شکل پ.۳-۱- برش عرضی بند مشبک درویشان نکارود ۱۴۵
شکل پ.۳-۲- برش طولی بند مشبک درویشان نکارود ۱۴۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- حداکثر سرعت مجاز توصیه شده برای آبراهه‌های با شیب کم و امتداد مستقیم (نقل از منابع ۵ و ۷) ۳۸
جدول ۳-۲- مقادیر ضریب زبری مانتیک (n) برای آبراهه‌های طبیعی (نقل از منابع ۵ و ۷) ۳۹
جدول ۳-۳- تعیین مقدار n با استفاده از روش کاون (نقل از مرجع ۷) ۴۰
جدول ۳-۴- تعیین مقدار n برای مصالح مختلفی که کانال از آن ساخته شده است (نقل از مرجع ۷) ۴۱

shaghool.ir

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱- متوسط و ضریب تغییرات نسبت شدت بارندگی با شدت دوام به بارندگی حداکثر روزانه در مناطق شش‌گانه ایران ۵۷

جدول ۴-۲- ضریب رواناب سطحی در فرمول استدلالی ۵۸

جدول ۴-۳- CN برای خاک‌ها و پوشش‌های مختلف – شرایط رطوبتی II و $I.a = 0.25$ ۵۹

جدول ۴-۴- تعیین $\frac{To}{Tp}$ براساس $\frac{P*}{P}$ ۶۴

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۱ ۶۵

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۲ ۶۶

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۳ ۶۷

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۴ ۶۸

ادامه جدول ۴-۴- الف-گروه هیدروگراف شماره ۵ ۶۹

ادامه جدول ۴-۴- ب- بازنگری T0/Tp براساس منحنی‌های در دسترس ۷۰

جدول ۴-۵- مشخصات گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌ها ۷۰

جدول ۴-۶- شرایط رطوبتی در III, II, I ۷۱

جدول ۴-۷- مقدار f.b برحسب دبی طراحی ۷۵

جدول ۴-۸- مقدار f.b برحسب شیب بستر ۷۵

جدول ۴-۹- مقادیر مجاز گرادیان هیدرولیکی براساس تئوری بلای ۱۰۰

جدول ۴-۱۰- مقادیر مجاز گرادیان هیدرولیکی براساس تئوری لین ۱۰۱

جدول پ.۱-۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه ۱۳۲

جدول پ.۱-۲- مقادیر پارامترهای Rو n و A و B در روش‌های مختلف بررسی همبستگی آمار دبی حداکثر لحظه‌ای و لیک‌بن و شیرگاه ۱۳۲

جدول پ.۱-۳- مقادیر R.s.s و $\sigma n-1$مربوط به بررسی برازش دبی حداکثر لحظه‌ای شیرگاه ۱۳۳

جدول پ.۱-۴- مقادیر R.s.s و $\sigma n-1$مربوط به بررسی برازش دبی حداکثر روزانه شیرگاه ۱۳۳

جدول پ.۱-۵- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه کسیلیان در خروجی ولیک‌بن به ازای دوره برگشت‌های مختلف (m^3/sec) ۱۳۴

جدول پ.۱-۶- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه رودخانه کسیلیان در مقطع شیرگاه به ازای دوره برگشت‌های مختلف (m^3/sec) ۱۳۴

جدول پ.۱-۷- مقادیر β,Cدر مقاطع ایستگاه‌های هیدرومتری ولیک بن و شیرگاه ۱۳۵

shaghool.ir

مقدمه

جریان واریزه‌ای به یک لغزش گلی که به‌صورت مخلوط آب، گل و سنگ که می‌تواند همراه خود قلوه سنگ‌ها، تخته‌سنگ‌ها، درختان و دیگر مواد را با خود حمل کند اطلاق می‌شود. جریان واریزه‌ای به سرعت به سوی پایین‌دست حرکت کرده و معمولا حجم وسیعی از مواد را در مناطق مسطح و دشتی (که مناطق مسکونی و یا تاسیسات زیربنایی عموما در آن جای می‌گیرند) برجای گذاشته و خسارت جدی وارد می‌سازد.

براساس تحقیقات انجام یافته توسط متخصصان دانشگاه کالیفرنیا، جریان واریزه‌ای می‌تواند سرعتی معادل 1-100 mile/hour داشته باشد.

جریان واریزه‌ای ممکن است در اثر بارش سنگین باران، ذوب برف و یخ، زهکش‌های نامناسب جاده‌ها و ... به وقوع بپیوندد.

وقوع جریان واریزه‌ای معمولا غیرقابل پیش‌بینی بوده و بدون اخطار قبلی و با سرعت زیاد به وقوع می‌پیوندد.

اکثر رگبارهای منجر به سیلاب در شمال کشور در طی ماه‌های شهریور تا مهر به وقوع می‌پیوندد. متاسفانه تفکیک جریان واریزه‌ای و سیلاب معمولی در کشور ما چندان شناخته شده نمی‌باشد و این مشکل به نوعی همه‌گیر و جهانی است و دیگر کشورها نیز وضعیت مشابهی دارند. اگر چه اطلاعات دقیقی از سیلاب‌های تاریخی شمال کشور (مانند سیلاب تاریخی آمل که در چند قرن پیش به وقوع پیوست و منجر به تخریب کامل شهر آمل شد) نیست اما به‌نظر می‌رسد سیلاب‌های تاریخی همان جریان واریزه‌ای بودند که نمونه‌های معاصر آن جریان گلی دهه هفتاد دیزن کلانور مازندران، جریان واریزه‌ای ماسوله گیلان، سیلاب‌های نکا و گلستان می‌باشند.

براساس مقاله ارائه شده توسط دانشکده جغرافیای دانشگاه ایالتی مسکو، مطالعات جریان واریزه‌ای در اتحاد جماهیر شوروی سابق از ۱۸۶۰ میلادی شروع شد و روس‌ها سال‌های ۸۰-۱۹۵۰ را سی سال طلایی مطالعه جریان واریزه‌ای نام نهادند. روس‌ها در طی سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۸۷ یک بند مشبک بتن آرمه احداث نمودند که دو ماه پس از تکمیل بند در اثر وقوع جریان واریزه‌ای تخریب شد.

با این اوصاف ابتدا بندهای مشبک در تایوان، ژاپن و اروپا برای کاهش جریان واریزه‌ای، به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفتند و از سال ۱۹۸۰ به بعد، بندهای مشبک زیادی در استرالیا و ژاپن و تایوان طراحی و اجرا شد. واتانابه و همکاران براساس تحقیقات در سال ۱۹۸۰ نشان دادند که با نسبت $\frac{b}{D_{max}} < 2$ (b: اندازه بعد شبکه (فضای خالی بین دو ستون و D_{max}: حداکثر قطر مواد جریان واریزه‌ای که قرار است به تله انداخته شود) حجم جریان واریزه‌ای ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

ژاپنی‌ها با تفکیک جریان واریزه‌ای و سیل معمولی، فرمول‌های محاسباتی مربوط به هر یک را براساس تحقیقات انجام یافته در مناطق مختلف کشور ارائه نمودند.

shaghool.ir

بر اساس نتایج ارزیابی اولیه صورت گرفته از اثربخشی فعالیت‌های آبخیزداری و آبخوانداری در سیل مهرماه ۱۳۹۷ شمال کشور در منطقه غرب مازندران و گیلان، سازه‌های مشبک سرشاخه‌گیر نقش موثری در فیلتر نمودن سیلاب و کاهش خسارات سیل ایفا نموده‌اند.

امید است مطالعه کنندگان این دستورالعمل، از اظهارنظر خود دریغ ننموده و به غنای اولین دستورالعمل طراحی و ... بندهای مشبک ایران کمک نمایند.

- هدف

این دستورالعمل ضمن جمع‌آوری کلیه اطلاعات مربوط به طراحی و اجرای بندهای مشبک در ایران (تجربیات موجود در ایران) و دیگر نقاط جهان، ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر را بیان می‌کند.

شکل ۱- سازه مشبک سرشاخه‌گیر حوزه کاظم رود، شهرستان عباس آباد مازندران، ۱۳ مهر ۱۳۹۷

shaghool.ir

فصل ۱

بررسی وضع موجود بندهای مشبک

(پایه بتنی، بتن آرمه و ...)

shaghool.ir

shaghool.ir

۱-۱- بررسی وضع موجود بندهای مشبک از نظر نوع، کیفیت و...

بندهای مشبک اجرا شده در استان‌های مازندران و گلستان به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۱- بندهای پایه بتنی

بندهای پایه بتنی یک جایگزین یا به نوعی، نوآوری در زمینه پروژه‌های حفاظت خاک توسط مدیریت آبخیزداری مازندران در دهه هفتاد بوده است. براساس تجربه حاصل از چند سال اجرای عملیات چوبی (بندهای چوبی، بندهای مرکب و ...)، و پوسیده شدن پایه‌های چوبی بندها و نهایتا سرازیر شدن مجدد رسوبات انباشته شده به سوی پایین‌دست در مناطق ساحلی و میان‌بند استان، از انجام عملیات چوبی صرف‌نظر شده و به‌جای آن از پایه‌های بتن آرمه با مقطع مثلثی و شبکه توری (سیم‌های mm ۳/۲ گابیونی) استفاده گردید. اگرچه هزینه این‌گونه بندها بیش‌تر از بندهای چوبی می‌باشد اما توجیه اقتصادی دارد. این بندهای با ارتفاع مفید حداکثر یک متر در واحدهای کاری کم‌تر از ۱۰ هکتار (بالاخص گالی‌ها) توصیه شده و در شهرستان‌های بابل و ساری استفاده بیش‌تری از آن به‌عمل آمده است. البته در زیر حوزه اچودره (سد شهید رجایی) نیز از بندهای پایه بتنی استفاده گردیده است که به‌علت وسعت زیاد زیرحوزه و حجم رسوبات پشت بندها، تخریب جزیی اتفاق افتاده و سپس عموما مرمت شد.

همان‌طور که در بحث طراحی‌های هیدرولیکی و سازه‌ای ارائه خواهد شد، طراحی این بندها براساس مصالح به‌کار رفته در آن و ... انجام می‌گیرد. این بندها عموما در گالی‌ها و آبراهه‌های رتبه یک احداث می‌گردد. با توجه به ارتفاع کم این بندها، مقاومت مورد انتظار، رتبه آبراهه، شیب آبراهه، مساحت واحد کاری و ... موارد استفاده از این بندها خیلی کم‌تر از بندهای سنگ و ملاتی و سنگ و گابیونی است.

کارکرد این نوع سازه در مناطق مرطوب شمال کشور و مناطق مشابه که پوسیده شدن سریع پایه‌های چوبی به‌وقوع می‌پیوندد، توصیه می‌گردد. عمر مفید پایه‌های بتنی در مناطق مرطوب کشور چند دهه است در حالی‌که پایه‌های چوبی کم‌تر از ۴ سال دوام خواهند داشت. البته توری گابیونی عمر مفید حدود ۱۵ سال دارد که قابل مرمت می‌باشد.

لازم به‌ذکر است اگر شرایط عرصه کاری به‌نحوی باشد که تاج پوشش فوقانی کم‌تر از ۵۰٪ - ۳۰٪ باشد امکان استفاده از پایه‌های چوبی (از نوع بید مشک، بید معمولی و ...) وجود دارد. این کار در بعضی از نقاط استان مازندران (روستای دیزن کلانور) انجام گردید و پایه‌ها پس از چند سال به دیوار مستحکمی در برابر رواناب تبدیل شدند. تعداد بندهای پایه بتنی استان مازندران حدود ۱۳۰ مورد می‌باشد که بیش از ۹۰ مورد در بابل اجرا گردیده است.

shaghool.ir

۱-۱-۲- بندهای بتن آرمه نیمه مشبک

تنها بند نیمه مشبک استان مازندران در خروجی زیرحوزه A نیرنگ نوشهر احداث شده است. این بند تلفیقی از عملیات سنگ و گابیون، سنگ و ملات و بتن آرمه می‌باشد که دارای کالورت ۱×۱ متر بتن آرمه در قسمت میانی بند و با سرریز قوسی می‌باشد. در بالادست این کالورت‌ها شبکه فلزی آشغال‌گیر نصب شده که از ورود چوب‌آلات و سنگ‌های درشت به‌درون کالورت جلوگیری می‌نماید. این بندکه با حجم تقریبی $3500\ m^3$ اجرا شده است در سیلاب کم‌سابقه ۱۳۸۲/۸/۲۷ عملکرد بسیار خوبی داشته و عاملی بسیار مهم برای عملکرد بهتر سازه تنه و سرشاخه‌گیر نیرنگ در پایین‌دست (حدود ۲۰۰ متری بالادست کانال آب غرب به شرق استان) می‌باشد.

ارتفاع مفید این بند ۱۰ متر بوده و مرتفع‌ترین بند آبخیزداری در استان مازندران است. اقدامات آبخیزداری انجام یافته در بالادست این بند شامل بندهای سنگ و ملاتی و سنگ و گابیونی است که بایستی گسترش یافته و مرمت و نگهداری کلیه عملیات مکانیکی حوزه نیرنگ نیز هر ساله انجام یابد تا ایمنی مناطق مسکونی پایین‌دست (اعم از روستای نیرنگ و شهر نوشهر) همانند پانزده سال گذشته تداوم یابد.

۱-۱-۳- بند فلزی

بند مشبک فلزی متعددی از چند سال پیش در استان گلستان توسط مشاور طراحی شده و بعضا به اجرا درآمده است. اما قدیمی‌ترین بند فلزی مربوط به استان مازندران است که در سال ۱۳۷۹ در آبراهه‌ای در حوزه کاظم رود تنکابن

shaghool.ir

احداث شده است. ارتفاع مفید این بند دو متر بوده و در آن مقطع زمانی به‌عنوان آشغال‌گیر طراحی و اجرا گردید. پایه‌های بند و رادیه و حوضچه آرامش به‌صورت بتن آرمه طراحی و اجرا شدند اما دیوارهای کناری و گوشواره‌ها به‌صورت سنگ و گابیون و با روکش بتنی اجرا شدند. این بند در اثر وقوع جریان واریزه‌ای ۱۳۸۲/۸/۲۷ از ناحیه شبکه فلزی (تیر آهن‌های IPE14 و IPE16) و پایه‌ها تخریب شد و وجود یک تخته سنگ تقریبا ۱۰۰ تنی برروی بازمانده شبکه فلزی و عدم امکان جابه‌جایی این تخته سنگ و از طرفی احتمال وقوع چنین حوادثی در آینده، همکاران آبخیزداری نوشهر را برآن داشت تا با استفاده از ظرفیت موجود (تخته سنگ ۱۰۰ تنی و...) بند مذکور را به بند سنگ و ملاتی کنترل سیل تبدیل نمایند.

با این اوصاف این بند برای حوزه‌های جنگلی مشابه طراحی (بدون قابلیت حرکت تخته سنگ) قابل توصیه است. لازم به‌ذکر است که بندهای فلزی طراحی شده توسط مشاور در استان گلستان نیاز به زمان کافی برای بررسی عملکرد و توصیه دارند.

۱-۱-۴- بندهای مشبک بتن آرمه

۱-۱-۴-۱- بند مشبک بتن آرمه غاز محله کردکوی

اولین بند مشبک بتن آرمه در شمال کشور توسط مدیریت آبخیزداری استان گلستان طراحی و اجرا شد. این بند که به‌صورت ستون‌های قایم بتن آرمه و برروی سرریز قوسی احداث شد نقش موثری در تقلیل خطرات سیل غاز محله کردکوی داشته است.

در منتهی‌الیه گوشواره بالادست بند در ساحل چپ، یک کالورت کروی پیش‌بینی و اجرا گردید تا قسمتی از جریان سیلاب را به دو حوضچه ترسیب غرب و جنوب غربی بند هدایت کند. براساس تحقیقات محلی انجام شده توسط نگارنده، مردم ساکن در حریم آبراهه فوق از عملکرد مناسب این بند در طی سال‌های گذشته راضی هستند. ارتفاع شبکه بالای سرریز حدود ۲/۵ متر است. این بند نیاز به لایروبی مخزن بالادست آن و بازنگری در نحوه محاسبه هدایت جریان در پایین‌دست و بالاخص مناطق مسکونی شهری کردکوی دارد.

shaghool.ir

۱-۱-۴-۲- بند مشبک بتن آرمه درویشان نکارود

بند بتن آرمه نکارود، دومین بند مشبک بتن آرمه طراحی و اجرا شده در شمال کشور بوده که شروع اجرای آن سال ۱۳۸۰ و تکمیل آن در سال ۱۳۸۳ می‌باشد.

این بند در جنوب روستای بالا زرندین نکا و حدود چند صدمتری خروجی زیرحوزه درویشان نکارود احداث شده است. ارتفاع مفید این بند ۷ متر و طول سرریز آن حدود ۲۹/۵ متر می‌باشد. عملکرد این بند در طی چند سال گذشته بسیار خوب بوده و کیفیت اجرایی عملیات بتن آرمه و سنگ و ملاتی آن مطلوب‌تر از دیگر بندهای اجرا شده در شمال کشور می‌باشد. با توجه به امکان جلب توریسم داخلی و حتی بازدیدهای داخلی علمی از عرصه مذکور بایستی امکانات رفاهی و ترویجی در قالب پارک آبخیز یا اسامی مشابه تدارک دیده شود تا علاوه برفراهم کردن وسایل آسایش مسافران، ارتقاء علمی بازدیدکنندگان را نیز موجب گردد.

۱-۱-۴-۳- بند مشبک بتن آرمه کاظم رود تنکابن

بند مشبک بتن آرمه کاظم‌رود در بالادست روستای ماشاالله‌آباد تنکابن و برروی آبراهه اصلی کاظم رود احداث شده است. ارتفاع مفید این بند ۸ متر و ارتفاع سرریز آن ۱/۵ متر می‌باشد. این بند به‌علت منظر طبیعی عالی و فاصله کم با دریای مازندران و از طرفی مجاورت با جاده توریستی عباس آباد – کلاردشت، مورد توجه مسافران قرار گرفته و امکانات

shaghool.ir

جلب توریست توسط بخش خصوصی نیز تا حدی فراهم شده است. از آنجا که پس از احداث‌بند، سیلاب چندان مهمی به‌وقوع نپیوسته است. لذا نسبت به عملکرد آن نمی‌توان اظهارنظر کرد اما با توجه به محاسبات می‌توان انتظار عملکرد مطلوبی را از این سازه در آینده داشت.

۱-۱-۴-۴- بند مشبک بتن آرمه نیرنگ نوشهر

این بند آخرین بند بتن آرمه اجرا شده در استان مازندران از سال ۱۳۸۶ تاکنون است. ارتفاع مفید این بند مشبک که در بالادست روستای نیرنگ نوشهر و در حدود چند صدمتری بالادست کانال انتقال آب غرب به شرق استان احداث شده است ۷ متر بوده که در حین اجرا به ۶ متر کاهش داده شد، ابعاد شبکه در نوار مجاور رادیه بند بیش‌تر از سایر بندهای مازندران و گلستان طراحی و اجرا شده است. از عملکرد این بند نیز به‌علت عدم وقوع سیلاب‌های مهم تا این مقطع زمانی نمی‌توان بحث کارشناسی خوبی ارائه کرد ولی با توجه به ارتفاع مفید سرریز حدود ۲/۵ متر، می‌توان گفت ضریب تخلیه فعلی بند بسیار بهتر از حالت طراحی قبلی است.

۱-۲- جمع‌آوری، بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به بندهای مشبک در سطح کشور و معرفی الگوی مناسب برای هر منطقه در کشور

اگرچه اکثر مطالعات اجرایی بندهای مشبک استان‌های مازندران و گلستان توسط نگارنده مورد بررسی قرار گرفت، اما تعدادی از بندهای مشبک جدیدالتاسیس یا در شرف تاسیس به‌دلایلی از اهمیت چندانی برای تجزیه و تحلیل عملکرد برخوردار نبوده و بنابراین به تجزیه و تحلیل بندهایی اکتفا شد که گزارش مفصل آن‌ها به شرح زیر ارائه می‌گردد.

۱-۲-۱- بند تنه و سرشاخه‌گیر کاظم‌رود

این بند برروی آبراهه اصلی کاظم‌رود و در بالادست روستای ماشاالله‌آباد و قبل از اتصال آبراهه اصلی و خروجی زیرحوزه نک‌رود احداث شده است. این بند از نوع بتن آرمه پره‌دار (پشت بنددار) است که پره‌ها در بالادست قرار گرفته‌اند. بدنه بند، شبکه و حوضچه آرامش و دستک‌ها بتن آرمه طراحی و اجرا شده‌اند اما دیوارهای مجاور حوضچه آرامش و دیوارهای بالادست بند، سنگ و ملاتی احداث شده‌اند. این بند در قسمت مشبک دارای چهار ردیف تیر افقی می‌باشد که همگی در پره ذورنقه‌ای شکل و ستون‌های چهارگانه وسط پره‌ها نفوذ کرده‌اند. در کل ۲۴ قسمت مشبک وجود دارد. مقطع تیرها ۱×۱/۵ متر است و شبکه ها نیز ۱/۳۳×۱/۷۵ متر هستند.

پره ذورنقه‌ای شکل به ارتفاع ۸ متر طراحی شده که عرض بالای آن ۱/۵متر و عرض پایین آن ۷ متر است. این پره‌ها روی رادیه بتن آرمه یک‌سره به عرض ۱۱ متر که در طول بند امتداد دارد قرار گرفته است. ارتفاع این رادیه ۱/۵ متر می‌باشد.

طول سرریز در طراحی برابر ۳۰ متر فرض شده است اما در اجرا کاهش داده شد. ارتفاع تیغه آب (در حالتی‌که کل شبکه بند مسدود فرض شود) با توجه به دبی طراحی ۲۰۰ m3/sec معادل ۲/۱۱ متر محاسبه گردید که به این مقدار

shaghool.ir

بایستی Ha (ارتفاع آب ناشی از سرعت) و F.b نیز افزوده شود. با توجه به این‌که این سازه در طی سال‌های پس از ساخت، سیل مهمی را شاهد نبوده است اعلام نظر در رابطه با عملکرد قسمت‌های مختلف سازه کمی مشکل به‌نظر می‌رسد. با توجه به پتانسیل جلب توریسم در مقطع مجاور بند تنه و سرشاخه‌گیر کاظم‌رود فعلا امکاناتی فراهم شده و مردم منطقه و مسافران از آن استفاده می‌نمایند. بنابراین به‌نظر می‌رسد نصب فنس سیمی بر روی نرده‌های بالای بند و هم‌چنین هشدارهای حفاظتی الزامی‌باشد.

مرمت سازه‌های مشبک (که در استان مازندران با ارتفاع مفید دو تا هشت متر اجرا شده‌اند و به نوعی از تعدد عملیات (سنگ و ملاتی، بتنی، بتن آرمه و...) برخوردار است)، لازم بوده و شایسته است اعتبار کافی برای استفاده از این سازه‌ها اختصاص یابد.

براین اساس نتیجه حاصل از بررسی‌ها به‌شرح ذیل می‌باشد.

۱- همانند دیگر بندهای تنه و سرشاخه‌گیر شمال کشور، طراحی دبی سیلابی براساس جریان واریزه‌ای نبوده است.

۲- اگرچه سیلابی در حد سیلاب طراحی در طی سال‌های گذشته به‌وقوع نپیوسته است اما افزایش ارتفاع سرریز (و به تبعیت آن ارتفاع گوشواره‌ها و دستک‌ها) مفید به‌نظر می‌رسد.

۳- طراحی سازه‌ای و هیدرولوژیک این بند به‌طورکامل موجود بوده و در طی مراحل مختلف طراحی به تایید کمیته فنی آبخیزداری مازندران رسیده است.

۴- به‌نظر می‌رسد اگر ارتفاع و شرایط مناسب عرصه مجاور بند (ساحل راست) به‌نحوی بهره‌برداری شود که علاوه براستفاده مسافران امکان خروج چوب‌آلات و رسوبات بالادست بند مهیاتر گردد، علاوه براطمینان از عملکرد مناسب بند، آسایش مسافران نیز در همه حال فراهم خواهد شد.

۵- با توجه به شیب شدید توپوگرافی مناطق بالادست در حوزه کاظم‌رود و وضعیت زمین‌شناسی منطقه، امکان احداث سازه در مکان‌های خیلی زیاد وجود نداشته و بنابراین پیش‌بینی و احداث‌بندهای کنترلی در بالادست و پایین‌دست بند فوق مفید خواهد بود. لازم به‌ذکر است که در سیلاب کم سابقه ۸۲/۸/۲۷ سازه‌های آبخیزداری نیز همانند دیگر ابنیه‌ها و سازه‌های هیدرولیکی در معرض جریان واریزه‌ای آسیب دیدند و احتمال وقوع چنین جریان‌هایی در آینده نیز وجود دارد.

۶- برای تعیین رسمی متولی خروج چوب‌آلات و رسوبات بندهای تنه و سرشاخه‌گیر در تمام ایام سال، اقدام جدی همه مسوولین ذیربط و ذینفع (فرمانداری، شورای شهر یا روستا، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و...) لازم است (اگرچه جای ماکت‌های ترویجی آبخیزداری در تفرج‌گاه حاشیه بند تنه و سرشاخه‌گیر کاظم‌رود خالی است، ولی استفاده از عنوان پارک آبخیز و آموزش و ترویج آبخیزداری با استفاده از پتانسیل بالای جلب توریست این بند و هزینه کرد اعتبارات دولتی و هم‌چنین بخش خصوصی امکان‌پذیر است).

shaghool.ir

۷- تضمین ایمنی استفاده کنندگان از امکانات تفریحی مجاور سازه تنه و سرشاخه‌گیر (بالاخص در محدوده سیل‌گیر مخزن‌بند) امری مهم است که پیش‌بینی امکانات هشدار سیل و هم‌چنین احداث سازه‌های حفاظتی را می‌طلبد. لازم به‌ذکر است که خیلی از این موارد در قالب عملیات تبلیغاتی شرکت‌ها قابل انجام است.

۱-۲-۲- بند تنه و سرشاخه‌گیر نیرنگ نوشهر

بند تنه و سرشاخه‌گیر براساس طراحی انجام شده توسط کارشناسان مدیریت آبخیزداری استان مازندران طی سال‌های ۸۶-۱۳۸۳ به‌صورت پیمانی در جنوب شرقی روستای نیرنگ نوشهر اجرا شد. بدنه بند بتن آرمه می‌باشد اما دیوارهای کناری کف‌بند (حوضچه آرامش)، دستک و گوشواره‌های آن به‌صورت سنگ و ملاتی اجرا شده است. این بند نیز همانند بند تنه و سرشاخه‌گیر کاظم‌رود تنکابن از سال ۱۳۸۶ به بعد سیل مهم و قابل توجهی را شاهد نبوده و بنابراین اظهارنظر در رابطه با عملکرد آن سخت می‌باشد. شبکه این بند شامل دو تیر سراسری است که به فاصله ۱/۵ متر از یک‌دیگر قرار گرفته و دارای ۵ ستون قایم نیز می‌باشد. طول سرریز حدود بیست متر و ارتفاع و عرض سرریز به ترتیب ۲/۴ متر و ۱/۵ متر است. حدفاصل تیر پایینی و رادیه بند را تیرهای موربی می‌پوشاند که مقطع ۰/۷×۱/۵ متر دارد. اگر چه مساحت حوزه آبخیز این بند حدود ۱۵۰۰ هکتار بوده و تمام سطح حوزه مذکور را جنگل پهن برگ پوشانده است اما انجام چند هزار مترمکعب عملیات سنگ و ملاتی و سنگ و گابیونی در زیرحوزه‌های A و B نیرنگ و از همه مهم‌تر وجود دو بند ۹ متری و ۱۰ متری در خروجی زیرحوزه‌های A و B کمک شایانی برای به تله انداختن درختان حمل شده توسط جریان آب بوده است که در سنوات قبل نیز سابقه داشته است.

امکان تخلیه مناسب چوب‌آلات (در بالادست بند) از ساحل چپ آبراهه اصلی نیرنگ وجود دارد. نتیجه بررسی محاسبات و بازدید از بند تنه و سرشاخه‌گیر نیرنگ به‌شرح زیر می‌باشد.

۱- محاسبات این بند با نرم افزار کامپیوتری انجام گرفته و نقشه‌های موجود کافی نیست.

۲- ارتفاع بند با توجه به هماهنگی با ارگان‌های ذیربط (سازمان آب منطقه‌ای مازندران) در هنگام اجرا از ۷ متر کاهش یافت. بنابراین از آن‌جا که مقاطع تیرها و ستون‌ها کاهش داده نشد مقادیر ضریب اطمینان پایداری سازه در برابر واژگونی و لغزش تقویت گردیده است.

۳- ارتفاع دستک‌ها و گوشواره‌ها و ضخامت آن‌ها این فکر را در ذهن تداعی می‌نماید که در این موارد بایستی توجیه اقتصادی را ملاک اصلی انتخاب نوع سازه (بتنی، بتن آرمه، سنگ و ملاتی و ...) دانست. ارتفاع گوشواره‌ها و دستک‌ها از کف رادیه بند حدود ۸/۴ متر و ضخامت گوشواره در بالادست حدود ۳/۵ متر می‌باشد.

۴- ترک‌هایی جزیی در لایه بالایی گوشواره ساحل چپ دیده شده است که احتمالا می‌تواند ناشی از نشست باشد.

۵- کف‌بند پلکانی به‌نحو مطلوبی عمل کرده و فرسایشی نداشته است.

۶- ارتفاع سرریز این بند بسیار خوب انتخاب شده است و در شمال کشور منحصر بفرد است. (لازم به‌ذکر است که ارتفاع سرریز موجود براساس تجدید نظر دوره ساخت، انتخاب شده است).

shaghool.ir

۷- اگر چه دبی سیلابی براساس فرمول‌های معمولی سیلاب محاسبه گردید اما کاهش ارتفاع بند (از ۷ متر به ۶ متر) و افزایش ارتفاع سرریز به ۲/۴ متر تا حدود زیادی اثر منفی عدم محاسبه دبی جریان واریزه‌ای را در مقطع موردنظر خنثی می‌سازد.

۸- ارزیابی عملکرد طراحی و اجرای بندهای مشبک (از جمله این بند) جهت تجدید نظر در برنامه‌های طراحی و ساخت آن‌ها ضروری است.

۹- علاوه بر بندهای رسوب‌گیر زیرحوزه B نیرنگ، بندهای رسوب‌گیر قابل توجهی در زیر حوزه A نیرنگ احداث شده‌اند که مهم‌ترین آن بند نیمه‌مشبک با سرریز قوسی با ارتفاع مفید ده متری است که در خروجی زیر حوزه A واقع گردیده است. حجم عملیات این بند حدود $3500\ m^3$ است که شامل عملیات سنگ و گابیونی، سنگ و ملاتی و بتن آرمه است. این بند که نیمه مشبک است دارای چهار کالورت در قسمت میانی پروفیل سرریز است که قادر به تخلیه حدد ۱۵-۱۲ مترمکعب برثانیه جریان سیلاب است.

در حالی‌که در مطالعات حوزه آبخیز نیرنگ، سیلاب طراحی صد ساله در خروجی حوزه تقریبا ۲۰۰۰ هکتاری نیرنگ برابر $63\ m^3/sec$ محاسبه شده است اما دبی سیلابی طراحی بند قوسی ده متری خروجی زیر حوزه A (با مساحت تقریبی $1200\ h$) برابر $100\ m^3/sec$ محاسبه شده و کالورت‌ها نیز مسدود در نظر گرفته شد.

این بند در سیلاب بی سابقه ۸۲/۸/۲۷ به‌خوبی عمل کرده و تخریب محدود به چند بلوک انرژی‌گیر انتهای حوضچه آرامش بوده است (تخریب کم‌تر از ۰/۱ درصد)

از موارد دیگر می‌توان به تلفیق عملیات سنگ و گابیونی و سنگ و ملاتی (محصور کردن صندوقه‌های سنگ و گابیونی با لایه‌های سنگ و ملاتی به ضخامت کم‌تر در کل بدنه سرریز) در این سازه اشاره کرد که خوشبختانه موفق عمل کرده است.

گوشواره‌های بالادست به‌صورت سنگ و ملاتی و دیواره کناری مجاور کف‌بند در پایین‌دست به‌صورت سنگ و گابیون طراحی و اجرا شده‌اند.

۱-۲-۳- بند کوتاه با شبکه فلزی زیرحوزه شماره ۱۱ کاظم‌رود

این بند که با ارتفاع مفید دو متر و در نزدیکی خروجی زیرحوزه شماره ۱۱ کاظم‌رود، به‌عنوان بند آشغال‌گیر طراحی و اجرا شده بود، اولین تجربه بند مشبک در استان مازندران بود که طراحی و اجرای آن در سال ۱۳۷۹ صورت گرفت.

بدنه، رادیه و کف‌بند (حوضچه آرامش) این بند به‌صورت بتن آرمه طراحی و اجرا گردید، اما دیوارهای کناری و گوشواره‌ها به‌صورت سنگ و گابیونی دارای روکش بتنی بوده است. شبکه فلزی شامل تیر آهن‌های IPE16 و IPE14 بوده که روی چهار ستون با مقطع ذورنقه‌ای بتن آرمه جوش شده بود.

shaghool.ir

یکی از اهداف این بند گرفتن چوب‌آلات حمل شونده با جریان سیلاب و جلوگیری از حرکت چوب‌آلات به سوی آبراهه اصلی بوده، اما تثبیت پایه پل بالادست بند هدف دیگر مدیریت آبخیزداری وقت بوده که به‌همین خاطر در آبراهه‌های بالادست پل نیز عملیات مکانیکی آبخیزداری قبلا انجام شده بود.

در ۸۲/۷/۲۸ در اثر رگبار شدید حادث شده در غرب مازندران (از جمله در حوزه آبخیز کاظم‌رود تنکابن) سیلاب بی‌سابقه ای در حوزه کاظم‌رود جاری شد که دوره برگشت آن در مقطع ایستگاه هیدرومتری ماشاا... آباد بیش از ۱۵۰ سال تخمین زده شد. متاسفانه حداکثر ریزش رگبار در قسمت میانی حوزه کاظم‌رود بوده که تخریب‌هایی از ۲۰٪ تا ۱۰۰٪ سازه‌های آبخیزداری را (که عمدتا سنگ و گابیونی و فاقد پوشش بتنی بوده) موجب گردید. بدترین حالت ممکن تخریب‌ها در زیر حوزه ۱۱ واقع شد که لغزش منطقه جنگلی بالادست جاده مواصلاتی عباس آباد – کلاردشت و حرکت تخته سنگ‌های عظیم پایین‌دست ناحیه لغزش یافته به‌سوی جاده و بند با شبکه فلزی را موجب گردید. اگرچه وقوع جریان واریزه‌ای شبکه فلزی و چهار پایه بتن آرمه آن را تخریب کرد اما در مجموع تخریب کم‌تر از ۵٪ بوده است.

تخته سنگ تقریبا یک‌صد تنی برجای مانده برروی سرریز بند فوق و احتمال تکرار جریان‌های واریزه‌ای مشابه، سبب شدند تا ترمیم شبکه صورت نگرفته و با دفن سنگ در بدنه بند، بند مشبک قبلی به یک بند کنترلی تبدیل گردد.

از موارد بسیار مهم و نتایج وقوع جریان واریزه‌ای منحصر به‌فرد ۸۲/۷/۲۸ در حوزه کاظم‌رود (زیرحوزه شماره ۱۱) می‌توان به تعدادی از موارد زیر اشاره کرد:

۱- علاوه برمطالعات اجرایی آبخیزداری، مطالعات طرح جامع آبخیزداری سازمان جنگل‌ها نیز در حوزه کاظم‌رود تهیه شده بود و هیچ‌کدام از این مطالعات امکان وقوع واریزه‌ای را در مقاطع مختلف زیر حوزه‌ها و یا حوزه اصلی کاظم‌رود پیش‌بینی نکردند.

۲- لغزش سطحی تقریبا دو هکتاری در بالادست پل جاده آسفالته عباس‌آباد– کلاردشت و تخریب کامل دیواره عظیم و طویل سنگی حاشیه جاده موید رگبار شدید تخته سنگ‌ها خرد شده به حجم تقریبی $20000\ m^3$ در طول زمان وقوع جریان واریزه‌ای ۸۲/۷/۲۸ بوده است.

۳- برخلاف شرایط معمول در هنگام طراحی بند مذکور، علاوه بر مطالعات اجرایی مشروح در بالا، یکی از زمین‌شناسان مبرز و با سابقه استان از آبراهه اصلی زیرحوزه ۱۱ بازدید کارشناسی ویژه داشته و مقطع مورد نظر را بهینه ذکر نموده و احتمال ضربه‌پذیری بند را از ناحیه شمالی بند پیش‌بینی کرد. در زمان وقوع جریان واریزه‌ای این مقطع از بند قسمتی از جریان واریزه‌ای سرریز شده از جاده بالادست (در هنگام بسته شدن دهانه پل بالادست سازه مشبک) را نیز به‌خاطر شکل سنگ و گابیونی خود عبور داد و بدون کم‌ترین مشکلی پا برجا ماند.

۴- مطالعات اجرایی زیرحوزه‌های کوچک (واحدهای کاری کوچک) نیازمند تعیین پارامترهایی نظیر شدت بارندگی کوتاه مدت با دقت مناسب می‌باشد. متاسفانه در آن مقطع زمانی باران‌سنج ثبات بسیار کم بوده و باران نگار شهر

shaghool.ir

نوشهر در هنگام ریزش باران شدید از کار افتاده و قادر به ثبت دقیق نبود. نتایج نشان داده است که برآورد بارندگی کوتاه مدت از بارندگی ۲۴ ساعته دقیق نمی‌باشد و نیاز به اعمال ضریب اصلاحی دارد.

۵- ارتفاع سرریز با توجه به دبی طراحی و شکل سازه خوب بوده، به‌نحوی‌که هیچ‌گونه سرریز جریان از گوشواره‌ها و یا دیوارهای کناری مشاهده نگردید.

۶- ارتفاع بارندگی در نزدیک‌ترین روستا به محل سازه (روستای دراسرا) حدود 250 mm ثبت گردید. البته تخریب وسیع دره‌ها از بالادست روستای ماشاا... آباد تنکابن تا حد میانی رودخانه کاظم‌رود نیز موید شدت و ارتفاع زیاد بارندگی در محدوده فوق‌الذکر بوده است.

۷- در نظر گرفتن دبی طراحی $50\ m^3/sec$ برای شبکه فلزی‌بند دومتری و از طرفی عبور کامل جریان واریزه‌ای از داخل محدوده سرریز و عدم سرریز کردن جریان از گوشواره‌ها و دیوارهای کناری، عدم محاسبه جریان واریزه‌ای در یک دهه پیش را تا حدی خنثی کرد اگر چه هنوز هم خیلی‌ها از پذیرش لزوم تغییر در فرمول‌های محاسبه سیل سرباز می‌زنند.

شایان ذکر است سازه مشبک سرشاخه‌گیر حوزه آبخیز کاظم رود در سیل ۱۳ مهرماه ۱۳۹۷ نیز با عملکرد مناسب در کنترل جریان واریزه‌ای و همچنین تله اندازی و مهار سرشاخه های جنگلی و درختان ریشه کن شده نقش موثری در کاهش خسارات سیل در پایین‌دست داشته است.

۱-۲-۴- بند تنه و سرشاخه‌گیر درویشان نکارود

این بند به‌صورت تلفیقی از عملیات سنگ و ملاتی و بتن آرمه طراحی و اجرا شده است. بدنه بند بتن آرمه بوده و از کیفیت اجرایی مطلوب برخوردار است.

اگر چه ارتفاع سرریز و محاسبات سیلاب طراحی براساس جریان واریزه‌ای نبوده است اما در هنگام اجرا، ارتفاع سرریز از ۱/۲ متر به ۲ متر افزایش یافت.

shaghool.ir

این بند در نزدیکی خروجی زیرحوزه درویشان نکارود و در جنوب شرقی روستای بالازرندین نکا احداث شده و از کل ۱۳۱۳۵ هکتاری حوزه آبخیز درویشان ۱۰۰۰۰ هکتار را جنگل پهن‌برگ تشکیل داده است. در این حوزه کاربری وسیع مرتعی وجود ندارد اما قدرت تولید رواناب آن نسبتا بالا می‌باشد. اگر چه در طی چند سال گذشته عملیات مکانیکی گسترده‌ای در بالادست بند تنه و سرشاخه‌گیر انجام گرفته است اما آورد سالیانه رودخانه قابل توجه بوده و گاهی به بیش از $10000\ m^3$ نیز می‌رسد.

طراحی دبی سیلابی براساس جریان واریزه‌ای صورت نگرفته اما دوره برگشت سیلاب ۵۰۰ سال انتخاب گردید. در طراحی هیدرولیکی بند، شبکه مسدود فرض نشده و فرض شد ۷۱٪ درصد از جریان دبی طراحی ($210\ m^3/sec$) از داخل شبکه و بقیه از روی سرریز عبور خواهد نمود.

وجود دیواره خاکی و فرسایش‌پذیر در ساحل چپ و از طرفی وجود سطحی وسیع در این ناحیه (جهت دپو چوب‌آلات حمل شده به مخزن‌بند) موجب گردید تا گوشواره بند با زاویه‌ای مناسب ادامه یابد و امکان دورزدن سازه توسط آب در این ناحیه حذف شود.

این بند دارای سه تیر افقی سراسری و پنج پشت بند است. ارتفاع مفید بند ۷ متر، عرض سرریز یک متر و طول سرریز تقریبا ۲۹/۵ متر و عمق پی با احتساب cut off، ۲/۵ متر تعیین و اجرا شد.

عرض پی ۱۴/۶ متر، طول پی ۳۱ متر، طول بند در پایین ۳۲ متر و در بالا ۳۵ متر است. پشت بندها که به‌عنوان ستون اصلی در نظر گرفته شده‌اند دارای مقطع ذوزنقه‌ای می‌باشند. ابعاد مقطع پشت بندها در بالا ۱×۱ متر و در پایین ۱×۱۰/۶ متر است.

ابعاد تقریبی شبکه ۲×۱/۲ و تعداد آن‌ها ۳۲ مورد است که در چهار دهنه اصلی بند جای گرفته‌اند. (لازم به‌ذکر است که عرض ۱/۲ متر در تمام دهنه‌ها ثابت نبوده و در بعضی مقاطع تا ۸۰ سانتی‌متر نیز نزول می‌کند). ابعاد حوضچه آرامش ۳۰×۱۳ متر می‌باشد. حجم بتن مصرف شده در پی و حوضچه آرامش $900\ m^3$ و وزن میل‌گرد مصرفی حدد $15\ ton$ است که موید مصرف حدود $16.67\ kg/m^3$ میل‌گرد در بتن است. حجم عملیات سنگ و ملاتی زیرپی حدود $1000\ m^3$ محاسبه گردید.

حجم بتن مصرف شده در بدنه بند $1100\ m^3$ و وزن میل‌گرد مصرفی آن $41\ ton$ است که موید مصرف $37.27\ kg/m^3$ میل‌گرد در بتن است.

حجم رسوب‌گیری بند حدود $40000\ m^3$ و طول رسوب‌گیری مخزن حدود ۴۰۰ متر برآورد شده است. شروع عملیات اجرایی ابن بند در سال ۱۳۸۰ و خاتمه آن در سال ۱۳۸۳ بوده است.

خلاصه نتایج بازدید بند تنه و سرشاخه‌گیر نکارود:

۱- محاسبات هیدرولیکی براساس جریان واریزه‌ای انجام نگرفته است اما دوره برگشت انتخاب شده برای سیلابی طراحی خوب بوده است.

shaghool.ir

۲- نقشه‌ها و محاسبات بند موجود است اما نقشه As built بایستی تهیه شود تا تغییرات حاصله دوران طراحی و اجرا (که به تاییدکمیته فنی آبخیزداری استان نیز رسیده بود) در آن آورده شود (تعداد شبکه، ابعاد شبکه، ارتفاع سرریز، پلان، دیوار حفاظتی و ...)

۳- این بند از نظر کیفیت اجرا و عملکرد بسیار خوب بوده و قابلیت تعمیم به سایر مناطق مشابه را نیز دارد.

۴- دیواره حفاظتی سنگ و ملاتی طویلی که گوشواره حدودا یک‌صدمتری ساحل چپ در بالادست سازه تنه و سرشاخه‌گیر را به جاده دسترسی به مخزن‌بند وصل می‌کند، بایستی به‌صورت سنگ و ملاتی و یا خاک متراکم شده به ترانشه حاشیه جاده متصل شود تا علاوه برفراهم کردن امکان عبور و مرور وسایل نقلیه سنگین از دور زدن احتمالی سازه توسط آب جلوگیری شود.

۵- رسوبات داخل مخزن‌بند به‌طور کامل خارج نشده است و بایستی سعی گردد حداکثر فضای کافی برای مخزن در هر مرحله از تخلیه رسوبات فراهم گردد.

۶- طول دستک در ساحل راست حدود ۳/۳ متر و ضخامت آن ۱/۶ متر اجرا شده است که با توجه به وجود دیواره سنگی مستحکم در این ناحیه، امکان کاهش طول دستک و به تبعیت آن افزایش طول دهنه در این ناحیه و یا همسان کردن ابعاد شبکه‌های ۳۲ گانه وجود داشت که جهت اطمینان بیش‌تر از گیرداری بدنه بند و از طرفی هدایت جریان آب به‌سمت داخل رودخانه و... از آن صرف‌نظر شد.

۷- تیرهای قایم بالادست تیرهای افقی ۱۲ عدد می‌باشند که در هر دهنه ۳ عدد تیر به ابعاد تقریبی ($0.6\times0.5\times h$) قرار گرفته‌اند (h ارتفاع تیر قایم است که کل ارتفاع ۷ متری بند را پوشش می‌دهد). به‌نظر می‌رسد یکی از علل عملکرد خوب این بند با توجه به ابعاد شبکه آن، وجود مئاندرهای طبیعی بالادست مخزن‌بند و جنگل انبوه بستر سیلابی است که سرعت جریان واریزه‌ای را کاهش داده و امکان به تله انداختن رسوبات را بیش از پیش فراهم می‌نماید. البته در سال ۱۳۸۰ گزینه دیگری به‌عنوان مکمل بند تنه و سرشاخه‌گیر در قالب احداث سرریز جانبی در منتهی‌الیه دیوار حفاظتی فعلی ساحل چپ و احداث حوضچه ترسیب و حوضچه آرامش مدنظر بود، که به‌علت بالا بودن هزینه اجرایی آن رد شد.

۸- حوضچه آرامش بتن آرمه و بند تثبیتی پایین‌دست آن به‌خوبی عمل کرده‌اند و فرسایشی مشهود نمی‌باشد.

۹- گوشواره سنگ و ملاتی ساحل چپ بند فوق‌الذکر دارای نمای منحصر به‌فردی در بین بندهای اجرا شده در مازندران و گلستان می‌باشد.

۱-۲-۵- بند تنه و سرشاخه‌گیر غاز محلیه کردکوی (استان گلستان)

این بند در جنوب شهرستان کردکوی و برروی رودخانه‌ای که در محل پل جهاد کردکوی جاده آسفالته شهری را قطع می‌کند احداث شده است. این بند از نوع بتن آرمه بوده و شبکه بتن آرمه آن روی سرریز قوسی قرار گرفته است. طول سرریز مستطیلی بالای شبکه حدود ۳۶ متر و ارتفاع آن ۲/۲۰ متر است. روی سرریز قوسی ۱۹ ستون ۲/۵ متری و

shaghool.ir

۱۸ ستون ۱/۲۰ متری احداث شده و فضای خالی بین دو ستون ۲/۵ متری تقریبا ۱/۵ متر است. متاسفانه رسوبات حدود نیمی از ارتفاع ستون‌های کوچک را فرا گرفته و حجم ذخیره رسوب ناشی از سیلاب‌های بعدی کم‌تر خواهد شد. در ساحل چپ این بند یک مجرای کروی به قطر تقریبی ۱ متر احداث شده که مقداری از جریان سیلابی را به دو حوضچه ذخیره متوالی انتقال خواهد داد. در محدوده جلوی این مجرا نیز رسوبات و بوته‌های تمشک و گونه‌ای از نی وحشی وجود دارد که بایستی حذف گردند.

علاوه برگوشواره‌ها و دیوارهای کناری بتن آرمه مقداری عملیات سنگ و ملاتی در گوشواره‌های سواحل چپ و راست در بالادست و هم‌چنین دیوار کناری و بندهای تثبیتی در پایین‌دست انجام گردیده است. ارتفاع حوضچه آرامش ۶۰ سانتی‌متر است که از رسوبات پر شده است. پس از حوضچه آرامش، خشکه‌چین با سنگ‌های حجیم و بند تثبیتی به‌صورت پلکانی احداث شده است تا از آب شستگی زیر حوضچه آرامش جلوگیری شود.

با توجه به تحقیقات محلی انجام شده به نظر می‌رسد در محدوده مسکونی شهری و بالادست آن، قدرت تخریب رودخانه در هنگام وقوع سیل کاهش پیدا کرده است اما حجم سیلاب‌ها به‌نحوی است که در مواردی ارتفاع سیلاب تا حد نهایی کانال (که هم‌تراز جاده مواصلاتی دو طرف مناطق مسکونی است) بالا می‌آید. در نزدیکی نهضت سوادآموزی کردکوی شکستگی دیوار مشاهده شده است که نیاز به ترمیم و افزایش ارتفاع دیوارها را (تا حدی که حداقل سیل ۲۰۰ ساله را از خود عبور دهد) الزامی می‌سازد.

لایروبی کامل حوضچه‌ها و بازنگری در مساحت و محل مجرای هدایت آب به حوضچه کمک مهمی به عملکرد بهتر بند تنه و سرشاخه‌گیر غاز محله کردکوی خواهد بود.

اگرچه احداث‌بند بسیار مهم است اما مرمت و نگهداری این سرمایه ملی که عملکرد خوبی را نیز برجای گذاشته است مهم‌تر می‌باشد.

رسوبات موجود در مخزن بالادست بند و حوضچه آرامش آن عموما ریزدانه بوده و قلوه سنگ و سنگ‌های درشت حداقل در سطح زمین مشاهده نگردیده‌اند (فاصله بین ستون‌های بزرگ و کوچک ۵۰-۴۷ سانتی‌متر است). عرض کانال دریچه تخلیه رسوب احتمالی ۱/۵ متر است که در ساحل چپ بند و در مجاورت حوضچه آرامش و دیوار کناری احداث شده است. ارتفاع سرریز قوسی ۲/۵ متر تخمین زده می‌شود مقطع ستون‌ها ۵۰×۸۵ سانتی‌متر بوده و ارتفاع ستون‌ها نیز دو تیپ ۱/۲۰ متری و ۲/۵ متری است. ضخامت تیر سرریز که بالای ستون‌های ۱۹گانه قرار گرفته است ۰/۵ متر می‌باشد.

خلاصه نتایج بررسی کتابچه طراحی بندهای مشبک و بازدید از بندهای احداثی استان گلستان:

۱- بند مشبک بالادست روستای غاز محله کردکوی اولین بند مشبک طراحی و اجرا شده در استان گلستان است که انصافا خوب عمل کرده است. اگر چه محاسبات و نقشه‌های آن در دسترس قرار نگرفت اما در آن زمان (زمان طراحی بند) که جریان واریزه‌ای در کشور و بالاخص در شمال کشور ناشناخته بود، نمی‌توان انتظار محاسبات براساس جریان واریزه‌ای را داشت.

shaghool.ir

۲- محاسبات سیل برای بندهای مشبک اخیرا طراحی شده براساس جریان واریزه‌ای نبوده که نیاز به تجدیدنظر دارد (بدیهی است مشاورین مطالعاتی کشور بایستی از ظرفیت‌های آموزشی لازم ملی و بین‌المللی برخوردار گردند تا تصمیم‌گیری راجح به جریان واریزه‌ای و یا سیلاب معمولی در حوزه‌های مختلف آبخیز کشور راحت‌تر صورت گیرد).

۳- مشاورین عمدتا برای محاسبات سازه‌ای از نرم افزارهای کامپیوتری استفاده می‌کنند، لذا مجهز شدن نیروهای آبخیزداری به نرم افزارهای مدرن‌تر الزامی است.

۴- معمولا در مکان‌یابی سازه‌ها، بهترین مقاطع جهت مطالعات فاز اجرایی انتخاب و جهت کار اجرایی توصیه می‌گردد، بنابراین در فاز تجدیدنظر، مکان‌یابی مشکل‌تر می‌شود. با این اوصاف بایستی توجیه اقتصادی و فنی (انتخاب محل، نوع و ارتفاع سازه به بهترین شکل ممکن و اقتصادی‌ترین هزینه) لازمه هر مطالعه آبخیزداری باشد.

۵- عملکرد سازه تنه و سرشاخه‌گیر توسط مردم کردکوی با چگونگی عبور سیلاب از کانال محدوده مسکونی و شهری ارزیابی می‌گردد، لذا تهیه طرح اجرایی مناسب جهت عبور بی‌خطر (یا کم خطر) سیلاب در پایین‌دست سازه تنه و سرشاخه‌گیر نیز مهم است و هر چه زودتر بایستی در این مورد اقدام کرد. ضمنا بند شکاف‌دار Slit dam اجرا شده در استان گلستان بایستی از نظر عملکرد ارزیابی گردد زیرا براساس مقاله‌ای که در سال ۲۰۰۸ در مجله بین المللی مهندسی کنترل فرسایش توسط آقای Mizuyama (استاد دانشگاه جنگل‌داری و کشاورزی کیوتو ژاپن) Mizuyama @ kais. Kyoto.u.ac.jp به چاپ رسیده، در حال حاضر بندهای شکاف‌دار در انتها به‌وسیله نبشی یا تیر آهن مشبک می‌گردند.

۶- سازه‌های تنه و سرشاخه‌گیر پاسنگ مینودشت، رودبار، آق سوقانجیق و کوهمیان از جمله سازه‌های مشبک استان گلستان می‌باشند که از نوع Slit dam بوده و اگرچه در آینده نیاز به بازنگری در ارتفاع سرریز و شبکه کنترل شده خواهند داشت اما طراحی و اجرای آن‌ها در حال حاضر قابل تقدیر است.

۱-۲-۶- معرفی الگوی مناسب برای هر منطقه در کشور

با توجه به عملکرد انواع مختلف بندهای مشبک اجرا شده در ایران ارائه توصیه‌های زیر امکان‌پذیر است:

۱- بندهای پایه بتنی جای‌گزینی خوبی برای بندهای چوبی در حوزه‌های آبخیز کشور (بالاخص شمال کشور) است.

۲- بندهای فلزی برای حوزه‌های آبخیز کوچک که فاقد حرکت سنگ‌های درشت و یا تخته سنگ است می‌تواند به‌کار گرفته شود.

۳- بندهای مشبک بتن آرمه در حوزه‌های آبخیز با مساحت متوسط تا زیاد به‌کار گرفته شود، ضمنا در مکان‌یابی محل بندها حداکثر دقت به‌عمل آید تا ضمن ایمنی برای مناطق تحت تاثیر مجاور و پایین‌دست، حداکثر پتانسیل برای به تله انداختن رسوبات درشت‌دانه و چوب‌آلات حمل شده با جریان آب را دارا بوده و امکان خروج رسوبات از مخزن‌بند وجود داشته باشد.

shaghool.ir

۴- بندهای نیمه مشبک دو منظوره طراحی و اجرا شوند به‌نحوی‌که علاوه برتقلیل دبی پیک سیلاب، و تثبیت بستر از حرکت چوب‌آلات به‌سوی پایین‌دست بند جلوگیری نماید.

۵- وجود حوضچه‌های ترسیب در بالادست بندهای مشبک و یا مکان‌های مناسب دیگر موجب افزایش راندمان بندهای مشبک خواهد شد. بدیهی است کنترل سیل یا جریان واریزه در قالب مطالعات جامع و اجرای کامل کلیه عملیات پیش‌بینی شده امکان‌پذیر بوده و اجرای فقط یک یا دو بند مشبک در یک حوزه آبخیز جواب‌گو نخواهد بود.

۱-۳- نتیجه فصل اول

۱- اولین بند مشبک کشور در استان گلستان و برروی رودخانه غاز محله کردکوی احداث گردید. اگر چه این بند دارای نقایص جزیی در طراحی تجهیزات وابسته می‌باشد اما از عملکرد بسیار مطلوبی در سطح کشور برخوردار بوده و هست.

۲- مبنای طراحی هیدرولیکی بندهای مشبک اجرا شده در سطح کشور، سیلاب معمولی بوده است.

۳- ارتفاع سرریز اکثر بندهای مشبک با توجه به مذکورات بند (۲) و عدم وجود توصیه فنی مناسب برای مقدار ارتفاع آزاد[1] کم می‌باشد.

۴- عملکرد بندهای مشبک نکارود و غاز محله کردکوی و هم‌چنین بند نیمه مشبک خروجی زیرحوزه A نیرنگ نوشهر بسیار مطلوب بوده است. بعضی از بندها مانند بند مشبک تنکابن، بند مشک نیرنگ نوشهر و ... به‌علت عدم وقوع جریان سیلابی یا واریزه‌ای قابل توجه مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند و آینده تعیین کننده نوع عملکرد آن‌ها خواهد بود.

۵- طراحی و اجرای بندهای مشبک در کشور در طی سالیان گذشته که اطلاعات طراحی منحصر به کشورهای خارجی بوده، قابل تقدیر است و ارزیابی عملکردها بایستی براساس شرایط آن دوره‌های زمانی باشد.

۶- بندهای مشبک اجرا شده در شمال کشور کافی نبوده و بایستی همگام با بهبود طراحی‌ها، به تکمیل پروژه‌های مرتبط با جریان‌های واریزه‌ای پرداخت.

۷- آموزش نیروهای دولتی و هم‌چنین مشاورین برای ارتقای عملکرد در بخش‌های طراحی و اجرا ضروری است.

۸- لایروبی مداوم مخازن بالادست بندهای تنه و سرشاخه‌گیر و مرمت و نگهداری بندها از اولویت خاص در هزینه کرد اعتبارات ملی و استانی پروژه‌های آبخیزداری مدنظر قرار گیرد، تا بتوان به حداکثر راندمان عملکرد این سازه‌ها دست یافت.

1- Free Board

shaghool.ir

shaghool.ir

فصل ۲

تهیه و تدوین شاخص‌های لازم در تعیین مکان مناسب برای احداث‌بندهای مشبک

shaghool.ir

shaghool.ir

۲-۱- فرسایش و رسوب

مطالعات فرسایش و رسوب نقش مهمی در محاسبه جریان‌های واریزه‌ای[1] و اقدامات کنترلی آن دارد. طرح‌های تحقیقاتی مرتبط با فرسایش و رسوب نیز می‌تواند مکمل مطالعات فرسایش و رسوب و ارائه دهنده جواب سوال‌های احتمالی خارج از شرح خدمات مطالعات فرسایش و رسوب باشد. حجم رسوبات قابل انتقال (اعم از چوب، سنگ، شن و ماسه) به پایین‌دست، مکان مناسب بندها و هم‌چنین تعداد بندهای مورد نیاز برای به تله انداختن جریان واریزه‌ای از موارد مهمی هستند که موفقیت پروژه‌های کنترل جریان واریزه‌ای را تضمین می‌کنند.

فرسایش دامنه‌های پرشیب و بستر و دیواره‌های جانبی آبراهه‌ها و هم‌چنین فرسایش مجدد رسوبات انباشته شده از سیلاب‌های قبلی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار بر دبی جریان‌های واریزه‌ای و احتمال وقوع آن می‌باشند.

(در سیلاب‌های ویرانگر سال ۱۳۷۸ نکا، در سیل ۷۸/۴/۲۸ خیلی از درختان حاشیه رودخانه ریشه‌کن شدند اما به پایین‌دست (شهر نکا) حمل نگردیدند. در سیل ۷۸/۵/۴ (که چند روز پس از سیل اول به‌وقوع پیوست) قسمت اعظم این درختان به پایین‌دست حمل شدند و مسدود شدن دهنه پل‌ها را موجب گردیدند.

در ژاپن براساس شرایط مختلف زمین‌شناسی حوزه آبخیز، مقدار رسوبات قابل حمل با جریان‌های واریزه‌ای در حوزه‌های ۱۰۰۰ هکتاری تعیین گردیده و ملاک طراحی‌ها قرار می‌گیرد. برای مثال در حوزه‌هایی از ژاپن رسوبات قابل حمل توسط جریان واریزه‌ای food $20000 - 1250000\ m^3 / km^2 / 1$ تعیین گردیده که اگر سطح حوزه به ده برابر (10000 ha) افزایش یابد مقادیر بالا به یک‌دوم کاهش می‌یابد.

از آن‌جا که در محاسبات فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز، احتمال ریشه‌کن شدن درختان مناطق سیل‌گیر رودخانه‌ها مورد بررسی قرار نمی‌گیرد، لازم است مناطق سیل‌گیر حوزه مورد بررسی به‌ازای دوره برگشت‌های مختلف مشخص گردیده و ضمن برآورد حجم درختان موجود، رشد سالیانه درختان مختلف را (که عموما درختان توسکا بوده و ریشه آن تقریبا سطحی است) نیز تعیین کرد.

- به‌کارگیری نتیجه طرح‌های تحقیقاتی که علاوه بر نمونه‌برداری و تعیین دانه‌بندی رسوبی در مقاطع مختلف رودخانه به بررسی و تعیین تنش برشی رودخانه نیز بپردازد بر موفقیت طرح‌های کنترل جریان واریزه‌ای می‌افزاید.
- رسوبات قابل کنترل به‌وسیله بندهای مشبک و تله‌های رسوب‌گیر بالادست آن‌ها با توجه به ظرفیت ذخیره رسوب بین شیب پایدار و شیب رسوبات تجمع یافته در هنگام سیلابی قابل تعیین خواهد بود اما نیاز به دقت ویژه دارد.

1- Debris Flow

shaghool.ir

- رسوبات قابل ذخیره در بالادست بندها براساس نقشه هیپسومتری حوزه، ارتفاع بند، بررسی‌های میدانی و آمار ثبت شده جریان‌های واریزه‌ای حادث شده در گذشته قابل تعیین است اما از آن‌جا که مقیاس نقشه‌های مطالعات مرحله تفصیلی معمولا ۱/۲۵۰۰۰ است، برای نیل به دقت مطلوب، بایستی نقشه هیپسومتری برای مقطع بند با مقیاس ۱/۵۰۰- ۱/۲۰۰ تهیه گردد.

نهایتا عملیات اساسی مقابله با جریان واریزه‌ای عبارتند از:

۱- عملیات به تله انداختن جریان واریزه‌ای
۲- عملیات ترسیب جریان واریزه‌ای
۳- عملیات پوشش بستر، احداث دیواره‌های حفاظتی و ...
۴- عملیات کنترل مسیر جریان واریزه‌ای
۵- عملیات محدود کردن وقوع جریان واریزه‌ای

دبی رسوب پیشنهادی عبارت از حجم رسوب قابل حمل به‌وسیله جریان واریزه‌ای با یک دوره برگشت مورد نظر و یا حجم رسوب قابل حرکت در عرصه حوزه آبخیز (هر کدام که کوچک‌تر باشد) می‌باشد. حجم رسوب پیشنهادی برای طراحی سازه‌های مشبک عموما براساس نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس مناسب، مطالعات میدانی و آمار ثبت شده جریان‌های واریزه‌ای به‌وقوع پیوسته در گذشته، تعیین می‌گردد.

روش محاسبه حجم رسوب قابل حرکت در عرصه حوزه آبخیز به‌شرح زیر می‌باشد:

الف- حجم رسوب قابل حرکت (ناپایدار) برای بارندگی با دوره برگشت برآورد شده (مورد نظر) روی هر آبراهه عبارت از مجموع مواد ته‌نشین شده روی بستر آبراهه و رسوب واریزه‌ای و در حال ریزش خواهد بود:

$$v_* = v_1 + v_2$$

که:

V_* - حجم رسوب (m^{30})

V_1 - مواد ته نشین شده روی بستر آبراهه

V_2 - رسوب واریزه‌ای و در حال ریزش

مقدار V_1 از رابطه مقابل محاسبه می‌شود: $V_1 = A_1 \times L_1$

که:

A_1 - مقطع عرضی مواد ته‌نشین شده روی بستر آبراهه (m_2)

L_1 - مسافت اندازه‌گیری شده از طول آبراهه تا خروجی دره

مقدار A1 از رابطه مقابل محاسبه می‌شود: $A_1 = B \times D_e$

که:

B- عرض متوسط آبراهه در جایی‌که وقوع جریان واریزه‌ای آن بررسی‌می‌شود (m)

shaghool.ir

D_e - عمق متوسط مواد ته‌نشین شده روی بستر آبراهه (m)

B و De با رجوع به مطالعات میدانی و شرایط آب شکستگی نزدیک آبراهه انتخاب می‌شوند. وقتی که عمق ترسیب کم است، حداکثر مقدار De برابر ۵ متر گرفته می‌شود.

V_2 - حجم رسوب پیش‌بینی شده قابل ریزش و واریزه‌ای در مسیل (آبراهه) با نقاط مرتفع (hill side) مشرف برآبراهه برحسب شرایط عرصه و دوره برگشت مورد نظر تعیین می‌گردد.

ب- وقتی که پیش‌بینی حجم رسوب قابل ریزش و واریزه‌ای مشکل باشد، حجم رسوب قابل حرکت برای جریان واریزه‌ای به‌وسیله معادله زیر که شامل شکست دامنه (Collapse) آبراهه مورد نظر نیز می‌باشد، برآورد می‌گردد.

$$25000V_e = A_c \times L_e$$

که:

V_e - حجم رسوب (m^3)

A_e - میانگین سطح مقطع عرضی (میانگین پروفیل عرضی) ترسیب روی بستر آبراهه که همان $B \times D_e$ است که:

B- عرض متوسط بستر آبراهه در جایی‌که فرسایش در هنگام وقوع جریان واریزه‌ای پیش‌بینی می‌شود (m)

D_e - عمق متوسط مواد ترسیب یافته روی بستر آبراهه (m)

L_e - مسافت اندازه‌گیری شده در طول آبراهه از خروجی آبراهه تا نقطه مورد نظر عرصه حوزه آبخیز، لازم به ذکر است اگر آبراهه شاخه فرعی داشته باشد به این طول اضافه می‌شود.

اگر حجم رسوب قابل حرکت پس از وقوع جریان واریزه‌ای کم بوده اما احتمال آن وجود دارد که در آینده افزایش یابد، بایستی این اضافه حجم برآورد شده و به حجم رسوب پیش‌بینی شده اضافه شود.

در ژاپن حجم رسوب قابل حمله به‌وسیله جریان واریزه‌ای برای یک دوره برگشت مورد نظر که با Vec نشان داده می‌شود، حاصل‌ضرب غلظت رسوب جریان واریزه‌ای (cd) در مجموع حجم آب به‌دست می‌آید. حجم آب نیز به‌وسیله حاصل‌ضرب مساحت حوزه آبخیز (km^2) در بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت مورد نظر (mm) تعیین می‌گردد.

$$V_{ec} = \frac{10^3 (R_{24} \times A)}{1-\lambda} \left(\frac{c_d}{1-c_d}\right) fr$$

که:

Fr- ضریب تصحیح رواناب است که برحسب مساحت حوزه آبخیز از نمودار (۲-۱) (یا فرمول ضمیمه آن)[1] به‌دست می‌آید.

1- $Fr = 0.05(\log A - 2)^2 + 0.05$

shaghool.ir

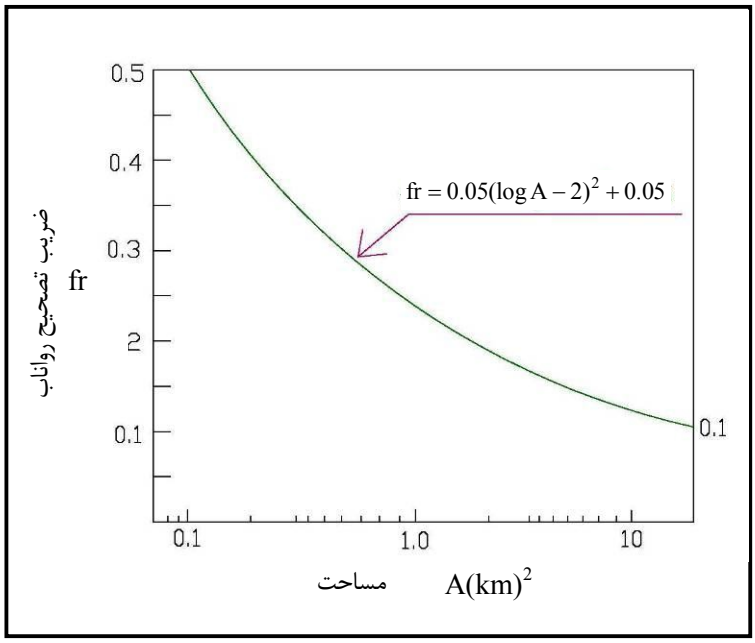
C_d - غلظت رسوب جریان واریزه‌ای

R_{24} - بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته برای دوره برگشت معین (mm)

V_{ec} - حجم رسوب قابل حمل به‌وسیله جریان واریزه‌ای برای دوره برگشت معین (mm)

A- مساحت حوزه آبخیز برحسب km^2

λ - نسبت فضای خالی (void ratio) که حدد ۰/۴ اختیار می‌شود.



نمودار ۲-۱- ضریب تصحیح رواناب برای مساحت‌های مختلف حوزه آبخیز

شاخص‌های مهم که در تعیین مکان مناسب بندهای مشبک تاثیرگذار هستند به‌شرح زیر می‌باشند:

۱- پروفیل طولی رودخانه (شیب بستر آبراهه)

عموما بندهای مخزنی (اعم از مشبک یا غیرمشبک) در مقاطعی احداث می‌شود که پروفیل طولی رودخانه حالت تقعر داشته و حجم مخزن مناسبی برای بالادست بند متصور باشد. به‌همین جهت است که در شیب‌های زیاد بندهای مخزنی توجیه اقتصادی نداشته و در صورت لزوم فقط به تثبیت بستر اکتفا می‌شود. با این اوصاف تقلیل شیب کف بستر به $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ حالت موجود جهت رسوب‌گذاری جریان واریزه‌ای لازم است.

۲- مساحت حوزه آبخیز

هر چه بر مساحت حوزه آبخیز بند اضافه شود، حجم رسوبات و سیل خروجی حوزه آبخیز افزوده‌تر می‌گردد. بنابراین حداکثر سعی کارشناسان براین است که بندها را در جایی احداث کنند که با یک ارتفاع مشخص بیش‌ترین حجم سیل

shaghool.ir

یا رسوب را ذخیره نمایند. ترسیم منحنی سطح– حجم– ارتفاع کارشناس طراح را در تصمیم‌گیری کمک خواهد کرد و ملاک تصمیم‌گیری نیز توجیه اقتصادی است.

۳- وجود عرصه مناسب جهت دپو کردن رسوبات پشت (مخزن) بند

استمرار عملکرد بندهای مشبک منوط به تخلیه مناسب و سریع مخزن‌بند پس از وقوع هر سیل است. وجود محل دپو علاوه برتخلیه سریع و کم هزینه رسوبات، این امکان را فراهم می‌آورد تا مراحل قانونی فروش چوب‌آلات (چکش کردن، مراحل قانونی فروش و ...) که از سوی ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها اعمال می‌گردد به‌راحتی امکان‌پذیر باشد.

۴- امکان تخلیه رسوبات از مخزن‌بند

شرایط در عرصه باید به‌نحوی باشد تا امکان تخلیه مستقیم رسوبات توسط دستگاه‌های مکانیکی سنگین (جرثقیل، بیل مکانیکی و ...) و یا با احداث جاده دسترسی موقت به‌داخل مخزن‌بند میسر باشد (ارتفاع جاده دسترسی نسبت به مخزن مانع به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین جهت خروج رسوبات نگردد).

۵- وجود جاده دسترسی مناسب به محل بند

یکی از تفاوت‌های عمده کار آبخیزداری ایران و ژاپن در این است که ژاپنی‌ها با ساختن بندهای مرتفع در مناطق دارای جاده دسترسی، لزوم کار در مناطق بالاتر را که نیاز به تخریب عرصه (جهت جاده دسترسی و ...) دارد به حداقل می‌رسانند. با این اوصاف وجود جاده دسترسی و یا امکان احداث جاده مناسب به محل بند از ضروریات است.

۶- موقعیت مناطق تحت تاثیر جریان واریزه‌ای که بند برای رفع مشکل آن‌ها احداث می‌شود

معمولا بندهای مشبک در بالادست مناطق سیل‌گیر احداث گردیده و در پایین‌دست آن بندها عملیات مهندسی رودخانه و هدایت جریان کم خطر آب صورت می‌گیرد.

۷- حجم و سطح عملیات متنوع آبخیزداری (مکانیکی، بیولوژیک، بیومکانیکی و ...) انجام یافته و یا مورد نیاز در حوزه آبخیز مورد نظر

انجام عملیات آبخیزداری در اکثر موارد سبب حذف نسبی یا کاهش جریان واریزه‌ای می‌گردد لذا اگر عملیات آبخیزداری در حوزه‌ای موثر واقع گردد، مشکلات تا حدود زیادی برطرف می‌شود. کاربری اراضی نقش ویژه‌ای در تولید فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز دارد. بهره‌برداری نامطلوب و غیرمجاز از عرصه‌های جنگلی، مرتعی و زراعی موجب تشدید خطر وقوع جریان‌های واریزه‌ای می‌گردد لذا کنترل و بهبود اوضاع عرصه نیاز به انجام عملیات کنترل جریان واریزه‌ای را بیش‌تر می‌سازد.

shaghool.ir

۸- لزوم احداث‌بند در واحدهای کاری اولویت دار از نظر سیل، زمین لغزش و ...

یکی از مواردی که در توجیه اقتصادی احداث‌بندها تاثیر به‌سزایی دارد، شناخت منشا رسوب‌زایی و آبراهه‌های اولویت‌دار است که معمولا دارای رتبه بالایی نیز می‌باشند. عدم مهار رسوبات در فاصله و مقطع مناسب از منشا رسوبات سبب افزایش قدرت تخریب جریان واریزه‌ای و افزایش هزینه احداث‌بند در پایین‌دست خواهد شد.

۹- حجم رسوبی که قرار است به تله انداخته شود

توجیه اقتصادی طرح ایجاب می‌نماید که در هر مقطع بیش‌ترین حجم رسوبات گرفته شود. بنابراین محلی یا محل‌هایی که بایستی به‌عنوان مقطع احداث‌بندهای مشبک انتخاب گردد توسط کارشناس طرح بررسی و نهایتا تصمیم لازم گرفته خواهد شد. بدیهی است مقاطعی انتخاب اصلی کارشناس طراح خواهند بود که بیش‌ترین حجم رسوب‌گیری را داشته و نیاز به بندهای تکمیلی را کم‌تر نماید.

۱۰- وجود مشکل و نیاز به احداث‌بند

در مواردی که رسوبات ریزدانه هستند نیازی به احداث‌بندهای مشبک نبوده و در صورت لزوم بایستی از بندهای غیرمشبک استفاده شود تا از سرازیر شدن جریان رسوبات ریزدانه به پایین‌دست جلوگیری شود.

۱۱- امکان تعبیه متعلقات بند (حوضچه های ترسیب و ...)

اگر بند مشبک فاقد حوضچه‌های ترسیب باشد، به‌تله انداختن رسوبات کاهش می‌یابد. ضمنا اگر حوضچه‌های ترسیب دو منظوره در نظر گرفته شده و به‌عنوان کاهش دهنده دبی حداکثر جریان واریزه‌ای و تزریق سفره‌های زیرزمینی در نظر گرفته شوند، مخزن مورد نیاز برای حوضچه‌ها قابل توجه خواهد بود. در منابع ژاپنی عرض لازم برای حوضچه ترسیب، پنج برابر عرض آبراهه (در بالادست حوضچه ترسیب) می‌باشد.

۱۲- وضعیت زمین‌شناسی

وجود بستر مناسب برای احداث‌بند و اطمینان از عدم فرار آب از جناحین و عدم ایجاد مشکل برای ساکنین پایین‌دست از ضروریات محل احداث‌بند است.

اگر جنس بستر از رسوبات شیلی بوده و جهت شیب لایه نیز با جهت جریان آب موافق باشد احتمال لغزش سازه احداثی سیار زیاد بوده و بایستی از احداث‌بند در چنین مقاطعی اجتناب کرد.

وجود گسل در محل احداث‌بند، زمینه شکست بند را فراهم خواهد کرد. احداث‌بند در حاشیه مناطق لغزش بایستی با احتیاط صورت گیرد و حتی‌الامکان از آن اجتناب شود.

shaghool.ir

متاسفانه مناطق شمالی کشور در سال‌های اخیر شاهد لغزش‌های وسیعی بوده‌اند و اطمینان از عدم تغییرات در بالادست بندها کار مشکلی است و طراح را ملزم می‌سازد بازدید متعددی از عرصه مورد نظر و حوزه بالادست آن داشته و ضمن تطبیق نقشه با عرصه، در صورت لزوم از مشاوره زمین‌شناسی برخوردار گردد.

۱۳- شکل مسیر جریان رودخانه

بهترین مقطع احداث‌بند (از نظر شکل مسیر جریان)، در محلی است که در فاصله‌ای قابل ملاحظه از بالادست و پایین‌دست بند، رودخانه مسیر مستقیمی داشته باشد.

البته رودخانه‌های قدیمی دارای شکل مئاندری (پیچان‌رود) بالاخص در مناطق ساحلی هستند و پیدا کردن مسیر مستقیم کار دشواری است. ضمنا شکل سینوسی رودخانه‌های مئاندری سبب کاهش سرعت آب و نهایتا افزایش قدرت به تله انداختن رسوبات توسط بند مشبک خواهد شد.

۱۴- وضعیت عرصه از نظر امکان احداث‌بند

در مواردی مشکلات اجتماعی منطقه سبب می‌گردد تا بند در محل مورد نظر احداث نگردد (زیرآب رفتن زمین‌ها و...) در بعضی مناطق مشکلات زمین‌شناسی به‌عنوان مانع عمل می‌کند. لذا در این‌گونه موارد در نزدیک‌ترین و مناسب‌ترین مقطع، احداث‌بند صورت خواهد گرفت. بدیهی است در این‌صورت تغییرات ناخواسته‌ای در مشخصات بند (ارتفاع و ...) به‌وجود خواهد آمد که بایستی مدنظر کارشناس طراح قرار گیرد.

۱۵- قدرت کشش رودخانه در پایین‌دست

در مناطقی از رودخانه‌ها ممکن است بنابه دلایلی (وجود تخته سنگ‌ها، تعرض به حریم رودخانه از طریق ساخت مسکن و یا احداث مزارع و باغات و...) قدرت کشش رودخانه کم گردد، لذا تغییر در مناطق پایین‌دست (که معمولا با مشکلات اجتماعی همراه بوده و توجیه سیاسی – اقتصادی ندارد) و یا تغییر مکان الزامی است. البته اگر مناطقی در بالادست وجود داشته باشد که امکان انحراف جریان واریزه‌ای را متصور نماید، گرینه احداث‌بند در بالادست آن و یا انجام عملیات ساماندهی و ایمن‌سازی مدنظر طراح قرار خواهد گرفت.

۱۶- محدودیت‌های ناشی از زیرآب رفتن میراث فرهنگی، درختان ممنوع القطع و...

توجه به میراث فرهنگی و حفظ محیط‌زیست از نکات ویژه‌ای است که طراح را ملزم می‌سازد حتی‌الامکان از زیرآب رفتن آن‌ها (میراث فرهنگی (آثار تاریخی، بقعه‌ها، قبرستان و...)) و یا از بین بردن درختان حفاظت شده جلوگیری نماید.

shaghool.ir

۱۷- نوع سازه مشبک و محدودیت‌های حمل مصالح

در مناطق فاقد جاده دسترسی امکان احداث‌بندهای مشبک بتن آرمه (که معمولا نیاز به مصالح زیاد دارند) وجود ندارد و بندهای پایه بتنی و لوله‌ای و... مدنظر می‌باشند. البته سازگاری با اقلیم نیز در انتخاب این گزینه تاثیرگذار خواهد بود.

۱۸- توجیه اقتصادی

توجیه اقتصادی گزینه نهایی هر پروژه‌ای است و طراح تصمیم نهایی را براساس توجیه اقتصادی خواهد گرفت.

۲-۲- نتیجه

با توجه به شناخت معیارهای لازم در تعیین محل مناسب بندهای مشبک، بهترین گزینه‌ها برحسب اولویت جهت طراحی و اجرای بندها قابل دسترس خواهد بود و طراحی و اجرای بندهای مشبک با دقت و مطلوبیت بیش‌تر صورت خواهد گرفت.

shaghool.ir

فصل ۳

تهیه و تدوین شاخص‌های لازم در تعیین نوع و تعداد بندهای مشبک

shaghool.ir

shaghool.ir

۳-۱- انواع بندهای مشبک براساس نوع مصالح

انواع بندهای مشبک براساس نوع مصالح مصرفی به شرح زیر قابل تفکیک می‌باشند:

۳-۱-۱- فلزی

این بندها برحسب شرایط منطقه‌ای دارای گوشواره‌ها، حوضچه آرامش، رادیه و دیوارهای کناری غیرفلزی (عموما بتنی، بتن آرمه یا سنگ و ملاتی) می‌باشند، اما بدنه مشبک می‌تواند به شکل‌های زیر باشد:

۱- دیواره قایم یا مایل ساخته شده از نبشی، تیر آهن و... که روی رادیه یا ستون‌های ذوزنقه‌ای قرار می‌گیرد.

۲- بندهای مشبک لوله‌ای پر شده با بتن grid dam یا reinforced concrete

۳- سرریز سرندی bottom infiltration screen

۴- بندهای مشبک لوله‌ای فاقد بتن (این نوع بند در استان گلستان احداث شده است)

۳-۱-۲- بتنی

این بندها حجیم بوده و در مناطقی که استفاده از مصالح بتنی نسبت به بتن آرمه توجیه‌پذیرتر باشد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ژاپن عمدتا از سازه‌های بتنی استفاده می‌شود و توجیه اقتصادی آن‌را بیش از سازه‌های بتن آرمه می‌دانند.

بندهای مشبک بتنی به شکل زیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

۱- بندهای دندانه‌ای (شکاف‌دار) Slit dam

۲- بندهای دو منظوره با مجراهای کروی در بدنه

از این بندها به‌عنوان پل جاده ارتباطی نیز استفاده می‌شود.

shaghool.ir

۳-۱-۳- بتن آرمه

این بندها عموما در بدنه، قسمت مشبک و حوضچه آرامش بتن آرمه می‌باشند اما ممکن است گوشواره‌ها، دیوارهای کناری و دستک‌ها از جنس سنگ و ملات و یا سنگ و گابیون با روکش بتنی ساخته شوند.

بندهای مشبک بتن آرمه به شکل‌های زیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

- بند بتن آرمه پشت بنددار ذوزنقه‌ای

نمونه این بند در خروجی زیر حوزه درویشان نکارود احداث شده است.

- بند بتن آرمه پشت بنددار مستطیلی

نمونه این بند در جنوب روستای نیرنگ نوشهر (بالاتر از محل اتصال خروجی زیر حوزه C به آبراهه اصلی رودخانه نیرنگ) احداث شده است.

- بند بتن آرمه پره‌دار ذوزنقه‌ای

این بند مشابه بند پشت بنددار ذوزنقه‌ای است اما پره‌ها در بالادست قرار گرفته‌اند. این نوع بند در بالادست روستای ماشاا... آباد تنکابن (بالادست محل اتصال زیر حوزه نک‌رود به آبراهه اصلی کاظم رود) احداث شده است.

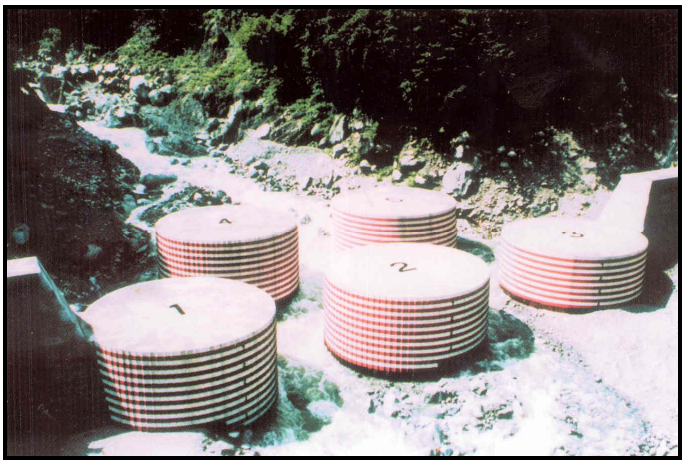
۳-۱-۴- بتن آرمه با سرریز قوسی و ستون‌های واقع شده برروی سرریز

نمونه این بند در بالادست شهر کردکوی استان گلستان و برروی رودخانه غاز محله و همچنین نوکنده گلستان احداث شده است. این بند از دو حوضچه ترسیب جهت تقلیل دبی ماکزیمم سیل، تغذیه و نهایتا ترسیب رسوبات بهره می‌برد.

shaghool.ir

۳-۱-۵- بندهای استوانه‌ای مجزا Cell dam

این نوع بند روی پی بتنی و با استفاده از ورق‌های فلزی 8 mm – 10 mm که به شکل استوانه‌های قطور و مرتفع ساخته شده و در درون آن مصالح رودخانه‌ای ریخته شده و روی آن حدود ۳۰-۲۰ سانتی‌متر بتن ریخته می‌شود، احداث می‌گردد. این نوع بند در ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است. این بند با تغییراتی می‌تواند در مناطق شمالی کشور مورد استفاده قرار گیرد.



۳-۱-۶- بندهای پایه بتنی (بتن آرمه)

این نوع بند در استان مازندران و جهت رفع نقیصه بندهای چوبی مورد استفاده قرار گرفته است. عمر مفید بالا و قابلیت احداث برروی بسترهای سنگی از مزایای این بندهاست. با توجه به تقسیم بندی بالا، شاخص‌های لازم در تعیین نوع بندهای مشبک به شرح زیر قابل ارائه است:

۱- مساحت حوزه آبخیز

در شرایط مساوی، حوزه‌های آبخیز کوچک رسوبات کم‌تری دارند.

shaghool.ir

۲- نوع مواد رسوبی

اگر نوع مواد رسوبی حمل شونده با جریان، شاخ و برگ درختچه‌ها و یا درختان سبک (بامبو) باشد بندهای فلزی توجیه بیش‌تری خواهند داشت اما اگر با حرکت تخته سنگ‌ها روبرو باشیم بندهای بتن آرمه قوی پیشنهاد می‌شود.

۳- شیب آبراهه

با توجه به این‌که شیب آبراهه به‌طور مستقیم برسرعت جریان واریزه‌ای تاثیر می‌گذارد، عملا حجم جریان و ضربه وارده به سازه با افزایش شیب، افزایش می‌یابد.

۴- موقعیت محل احداث‌بند

اگر بند در بالادست مناطق مسکونی و یا در محدوده سنگ‌های ریزشی احداث می‌شود، لازم است از بندهای قوی (بتن آرمه) استفاده می‌شود. در این مورد دوره برگشت و عمرمفید پروژه نیز مطرح می‌شود که سازه‌های قوی را توجیه‌پذیر می‌سازد.

۵- هدف

ممکن است هدف از اجرای طرح، تحقیقات باشد. در این‌صورت مجری می‌تواند انواع بندها را برحسب فرضیه‌های پذیرفته شده در طرح در مقاطع مورد نظر احداث نماید.

۶- راه دسترسی و امکان حمل مصالح

۷- وجود مصالح مورد نیاز

۸- وجود تخصص و تجربه لازم جهت طراحی و ساخت

۹- توجیه اقتصادی

۳-۲- تهیه و تدوین شاخص‌های لازم در تعیین تعداد بندهای مشبک

حرکت مواد جریان واریزه‌ای برحسب جنس مواد و شرایط موجود در عرصه متفاوت است. نوع حرکت سنگ در آبراهه و رودخانه با حرکت چوب‌آلات و تنه درختان متفاوت است. حرکت تخته سنگ‌های غلطان (در صورتی‌که قطر حداقل آن بیش از اندازه فضای خالی شبکه بند باشد و مخزن‌بند پر نشده باشد) در مخزن‌بند و یا حوضچه ترسیب متوقف می‌گردد اما این تصور نزدیک به واقعیت وجود دارد که وقتی ارتفاع آب به تراز سرریز بند مشبک می‌رسد، درختان قابل به تله انداختن نبوده و از مخزن‌بند خارج می‌شوند. ایجاد حوضچه‌های فرعی در مجاورت بندهای مشبک برای کاهش سرعت جریان و ترسیب مواد رسوبی بر موفقیت طرح و افزایش حجم رسوبات بالادست بند (مخزن‌بند و حوضچه‌ها) می‌افزاید. اگر چه هدایت جریان واریزه‌ای به حوضچه‌ها به معنی گرفتن و به تله انداختن کامل رسوبات حمل شونده با جریان نیست اما افزایش عملکرد بند مشبک حتمی است.

shaghool.ir

با این اوصاف شاخص‌های تعیین تعداد بندهای مشبک به‌شرح زیر قابل ارائه است:

- حجم جریان واریزه‌ای

بایستی حجم جریان‌های واریزه‌ای قابل حرکت در رودخانه را به ازای دوره برگشت‌های مختلف محاسبه کرد. بدیهی است مطالعات فرسایش و رسوب و مطالعات پیش نیاز آن (فیزیوگرافی و توپوگرافی، هواشناسی، هیدرولوژی و سیل، پوشش‌گیاهی، زمین‌شناسی و خاک و ...) نقش ویژه‌ای در دقت این برآورد دارند. بدیهی است مساحت حوزه آبخیز به‌صورت مستقیم برروی مقدار حجم جریان واریزه‌ای تاثیرگذار است.

- شیب آبراهه و وضعیت هیپسومتری مخزن‌بند

احداث‌بند در مقاطعی از رودخانه که دارای شیب کم باشند سبب می‌شود تا حجم بیش‌تری از رسوبات را نسبت به مناطق پرشیب به تله انداخت. با توجه به اهمیت این پارامتر، شیب مناسب آبراهه در صفحه بعد تشریح گردیده است.

- وضعیت زمین‌شناسی

در مواردی مشاهده می‌شود که مشکل زمین‌شناسی مانع احداث‌بند در مقطع مورد نظر می‌گردد.

- اولویت واحدهای کاری

اولویت واحدهای کاری (فرسایش‌پذیری، خسارت به مناطق مسکونی و...) موجب می‌گردد، در مواردی از توجیه اقتصادی صرف‌نظر کرده و به‌رفع مشکل پرداخت.

- حجم یا سطح عملیات مکانیکی و بیولوژیک در حوزه آبخیز

انجام عملیات مکانیکی و بیولوژیک در سطح حوزه آبخیز موجب کاهش حجم جریان واریزه‌ای و نهایتا کاهش تعداد بند مشبک مورد نیاز خواهد شد. ضمنا بهره‌برداری نامناسب از جنگل و کاهش پوشش گیاهی موجبات تشدید فرسایش و رسوب و نیاز به احداث‌بندهای مشبک را بیش‌تر می‌سازد.

- توجیه اقتصادی

گزینه نهایی برای انجام بهینه هر پروژه‌ای توجیه اقتصادی است (مگر در موارد خاص).

با توجه به مرجع ۱۲ شیب مناسب آبراهه از فرمول زیر قابل تعیین است:

$$I_e = \frac{(KV)^{10/3}.B^{4/3}.n^2}{Q^{4/3}} \qquad (۱-۳)$$

که در آن:

I_e - شیب آبراهه پس از تثبیت بایستی محاسبه شود اما حدود ۳٪ تخمین زده می‌شود (شیب نهایی پس از تثبیت)

shaghool.ir

V- سرعت مجاز جریان (m/sec) که از مراجع مختلف از جمله جدول (۳-۱) قابل استخراج می‌باشد.

K- نسبت سرعت متوسط جریان در آبراهه به سرعت جریان در نزدیک بستر که 1.3-1.5 گرفته می‌شود.

B- طول محیط تر شده (m)

n- ضریب زبری مانینگ که از جدول‌های (۳-۲)، (۳-۳) و (۳-۴) قابل محاسبه است.

Q- دبی سیلابی طراحی (که با توجه به اهداف طرح، عمر مفید پروژه، وضعیت مناطق تحت تاثیر (پایین‌دست) ۱۰۰-۵۰ سال انتخاب می‌شود).

قابل ذکر است که در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور (بالاخص بخش قابل توجهی از مناطق جنگلی پرشیب شمال کشور) به‌راحتی و یا هزینه کم نمی‌توان عملیات مکانیکی لازم را برای تقلیل شیب حتی در آبراهه‌ها انجام داد، چه رسد به دامنه‌های پرشیب مشرف به آبراهه‌ها که در این مناطق عملیات مدیریتی، (حفاظت و قرق و...) بیولوژیک و بیومکانیک بهترین گزینه برای جلوگیری از شسته شدن غیرمجاز ذرات خاک خواهد بود.

متاسفانه از مشکلات عمده موجود در حوزه‌های آبخیز کشور، عدم جامع‌نگری و عدم وجود قانون فراگیر در حفاظت آب و خاک است که یکی از نشانه‌های عینی آن انجام عملیات مختلف آبخیزداری در بالادست (استقرار پوشش گیاهی و...) برای کنترل سیل و رسوب می‌باشد. اما در مجاورت یا پایین‌دست این عملیات تجاوز به حریم آبراهه و رودخانه، برداشت بی‌رویه غیراصولی شن و ماسه کوهی و رودخانه‌ای، احداث ساختمان در داخل بستر و ... انجام می‌گیرد.

جدول ۳-۱- حداکثر سرعت مجاز توصیه شده برای آبراهه‌های با شیب کم و امتداد مستقیم (نقل از منابع ۵ و ۷)

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

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

shaghool.ir

جدول ۳-۲- مقادیر ضریب زبری مانتیک (n) برای آبراهه‌های طبیعی (نقل از منابع ۵ و ۷)

نوع آبراهه و مشخصات آن	کمیته	متوسط	بیشینه
۱- رودخانه‌های کوچک (پهنای بالا در هنگام سیلاب کم‌تر از ۳۰ متر)			
(الف) رودخانه‌های واقع در دشت:			
۱) تمیز با سواحل مستقیم پر از آب بدون گودی‌های موجود در کف	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۳
۲) مانند (۱) با سنگ و علف هرز	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰
۳) آبراهه‌های پیچ و خم‌دار با گودی‌های موجود در کف	۰/۰۳۳	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵
۴) مانند (۳) اما با سنگ و علف	۰/۰۳۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰
۵) مانند (۴) با آب کم‌تر، شیب‌های غیرموثر بیش‌تر	۰/۰۴۰	۰/۰۴۸	۰/۰۵۵
۶) مانند حالت (۴) اما با سنگ‌های بیش‌تر	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰
۷) رودخانه‌های با شیب بسیار کم، پوشیده از علف هرز و گودی‌های عمیق	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰
۸) رودخانه با علف هرز فراوان با گودی‌های عمیق پوشیده از بوته‌ها	۰/۰۷۵	۰/۱۰۰	۰/۱۵۰
(ب) رودخانه‌های کوهستانی بدون پوشش گیاهی در آبراهه با کرانه‌های پرشیب، درخت‌ها و بوته‌های موجود در کرانه که در اثر سیلاب بزیر آب می‌روند:			
۱) کف رودخانه قلوه سنگ و پاره سنگ	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۲) کف رودخانه قلوه سنگ و پاره سنگ‌های بزرگ	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰
۲- سیلاب دشت:			
(الف) مرتع بدون بوته:			
۱) علف کوتاه	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵
۲) علف بلند	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰
(ب) مناطق زراعی			
۱) کشت نشده	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰
۲) گیاهان ردیفی کامل	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۵
۳) گیاهان کرتی کامل	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
(ج) بوته‌زارها			
۱) بوته‌های پراکنده و علف هرز فراوان	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰	۰/۰۷۰
۲) بوته‌ها و درختان کم در زمستان	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰
۳) بوته و درختان کم در تابستان	۰/۰۴۰	۰/۰۶۰	۰/۰۸۰
۴) بوته متوسط تا متراکم در زمستان	۰/۰۴۵	۰/۰۷۰	۰/۱۱۰
۵) بوته متوسط تا متراکم در تابستان	۰/۰۷۰	۰/۱۰۰	۰/۱۶۰
(د) درختان			
۱) بید متراکم در تابستان و مسیر مستقیم	۰/۱۱۰	۰/۱۵۰	۰/۲۰۰
۲) درختان متراکم و بعضی درختان قطع شده در مسیر	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۳- رودخانه‌های بزرگ (پهنای سطح آب در هنگام سیل بیش‌تر از ۳۰ متر): مقدارکم‌تر از رودخانه‌های کوچک مشابه می‌باشد زیرا کرانه‌ها مقاومت کم‌تری در مقابل جریان نشان می‌دهند.			
(الف) مقطع منظم بدون سنگ یا بوته	۰/۰۲۵	–	۰/۰۶۰
(ب) مقاطع نامنظم و زبر	۰/۰۳۵	–	۰/۱۰۰

- روش‌های تعیین n

۱- استفاده از جداول توصیه شده

۲- مشورت با کارشناسان با سابقه

shaghool.ir

۳- مقایسه مواد ساختمانی جدید با قبلی به کار رفته در طرح‌ها

۴- عکس و اسلاید

۵- روش تحلیلی

تعیین n با اندازه‌گیری سرعت

تعیین n با اندازه‌گیری زبری

جدول ۳-۳- تعیین مقدار n با استفاده از روش کاون (نقل از مرجع ۷)

مقدار n مربوطه		وضعیت کانال	
۰/۰۲۰	n_0	خاگ	مواد بستر
۰/۰۲۵		سنگ یا دج بریده شده	
۰/۰۲۴		شن ریز	
۰/۰۲۸		شن درشت	
۰/۰۰	n_1	صاف	درجه ناهمواری در سطح بستر کانال
۰/۰۰۵		کمی صاف	
۰/۰۱۰		صاف متوسط	
۰/۰۲۰		زبر سخت	
۰/۰۰۰	n_2	تغییرات تدریجی	تغییرات در سطح مقطع کانال
۰/۰۰۵		تغییرات متناوب ولی کم	
۰/۰۱۰۰-۰/۰۱۵		تغییرات متناوب ولی زیاد	
۰/۰۰۰	n_3	ناچیز	تاثیر نسبی موانع
۰/۰۱۰-۰/۰۱۵		کمی موجود	
۰/۰۲۰-۰/۰۳۰		قابل ملاحظه	
۰/۰۴۰-۰/۰۶۰		کاملا زیاد	
۰/۰۰۵-۰/۰۱۰	n_4	کوتاه	گیاه
۰/۰۱۰-۰/۰۲۵		متوسط	
۰/۰۲۵-۰/۰۵۰		بلند	
۰/۰۵۰-۰/۰۱۰۰		خیلی بلند	
۱/۰۰۰	m_5	کم	درجه قوسی بودن کانال یا مجرای آب
۱/۱۵۰		قابل ملاحظه	
۱/۳۰۰		زیاد	

shaghool.ir

جدول ۳-۴- تعیین مقدار n برای مصالح مختلفی که کانال از آن ساخته شده است (نقل از مرجع ۷)

نوع مواد بستر مجرای آب و وضعیت آن	حداقل	متوسط	حداکثر
(الف): مجاری بسته با جریان نیمه پر			
۱- فلزی			
- برنجی	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳
- فولادی			
با درز جوشی	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴
با بست پرچی	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۷
- چدنی			
با پوشش داخلی	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴
بدون پوشش داخلی	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶
- فولات خام			
از نوع سیاه	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵
از نوع گالوانیزه	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۷
- فلزی مواج			
زیرزمینی، زهکش	۰/۰۱۷	۰/۰۱۹	۰/۰۲۱
برای فاضلاب باران	۰/۰۲۱	۰/۰۲۴	۰/۰۳۰
۲- غیرفلزی			
- لوسیت	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰
- شیشه‌ای	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳
- سیمانی			
تمیز و صاف	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳
ملات زبر	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵
- بتونی			
آبروی زیر راه‌ها مستقیم و صاف	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳
آبروی زیر راه‌ها، با پیچ و خم و بست	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴
ماله‌کشی شده	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴
فاضلاب‌ها با آدم رو و مدخل، مستقیم	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷
ماله کشی نشده، شبیه فولاد	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴
ماله‌کشی نشده، صاف شبیه چوب	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶
ماله‌کشی نشده، زبر، شبیه چوب ناصاف	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۲۰
- چوب			
تخته	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴
رسانیده شده، ورقه ورقه	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۲۰
- رسی			
لوله تبنوشه معمولی	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷
پخته شده صاف برای زهکش	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷
پخته شده صاف برای زهکش با آدم‌رو	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷
پخته شده زهکش با اتصال باز	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۸

shaghool.ir

۳-۳- نتیجه

۱- انواع بندهای مشبک اجرا شده در ایران و جهان تعریف و عکس آن به‌صورت نمونه ارائه گردیده و مزایا و معایب بندها برحسب شرایط احتمالی به‌کارگیری آن‌ها ذکر گردید.

۲- عوامل موثر در تعیین نوع و تعداد بندهای مشبک مشخص گردید تا طراح در انتخاب نوع و تعداد بندهای مشبک و متعلقات آن دقیق‌تر عمل نماید.

shaghool.ir

فصل ۴

تدوین ضوابط و معیارهای فنی لازم در طراحی و اجرای بندهای مشبک

shaghool.ir

shaghool.ir

۴-۱- کلیات

بندهای مشبک به انواع مختلفی تقسیم می‌شود که در قسمت‌های پیشین به آن اشاره شد. اگر چه رواج این بندها در جهان (برخلاف ادعای روس‌ها که سابقه مطالعات) را از سال ۱۸۶۰ میلادی مطرح می‌کنند کم‌تر از نیم قرن است و یکی از کشورهایی که بیش‌ترین تحقیق و اجرا را در زمینه بندهای مشبک داشته، ژاپن می‌باشد اما دستورالعمل استانداردسازی آن‌ها نیز کم‌تر از دو دهه سابقه دارد.

اگر قرار برطراحی جزییات بندهای مشبک باشد، ممکن است کمبودها و تناقض‌هایی به‌وجود آید که برطرف کردن کمبودها و... نیاز به استفاده از نتایج تحقیقات وسیع خارجی و داخلی دارد.

لذا سعی گردید ضوابط و معیارها براساس دانش اندوخته شده از منابع خارجی، بازدیدهای داخلی و خارجی و تجربیات بومی تهیه و تدوین گردد. ضمنا از بعضی از انواع بندهای مشبک که تاکنون در ایران اجرا نشده (بندهای مشبک با لوله‌های فلزی پر شده با بتن، بندهای مجزای استوانه‌ای پر شده با مصالح رودخانه‌ای (cell dam) و ... صرف‌نظر نگردیده و مورد بحث قرار می‌گیرد.

۴-۲- نیروهای مقاوم و محرک

تعداد نیروهای مقاوم و محرک برحسب نوع جریان (سیل معمولی یا جریان واریزه‌ای) و ارتفاع بند کم یا زیاد می‌شوند.

ژاپنی‌ها برای جریان سیل معمولی نیروهای مورد بررسی در تجزیه و تحلیل پایداری را به دو دسته تقسیم می‌کنند:

الف- وزن بدنه بند

ب- نیروهای هیدرواستاتیک

نیروی وزن بند برحسب شکل سازه، نوع مصالح به‌کار رفته در آن و وضعیت سازه (خشک یا مستغرق بودن و...) تعیین می‌گردد.

نیروی هیدرواستاتیک شامل نیروی وزن آب و رسوب برروی سازه و هم‌چنین نیروی افقی ناشی از فشار آب برسازه در بالادست و نیروی افقی پسیو در پایین‌دست سازه است.

در این حالت ساده نیروی وزن سازه، نیروی ناشی از وزن آب و رسوب برروی سازه و نیروی پسیو (مقاوم) پایین‌دست سازه به‌عنوان نیروی مقاوم عمل می‌کنند اما نیروی افقی آب و رسوب (که برای راحتی محاسبات به دو نیروی مثلثی و مستطیلی تقسیم می‌شود) به همراه نیروی زیر فشار به‌عنوان نیروی محرک عمل می‌کنند (ژاپن‌ها برای بندهای با ارتفاع کم‌تر از ۱۵ متر از نیروی زیر فشار صرف‌نظر می‌کنند).

اما در تجزیه و تحلیل جریان‌های واریزه‌ای، نیروها را به پنج دسته زیر تقسیم می‌کنند:

shaghool.ir

۱- نیروی وزن بدنه بند که برحسب شکل سازه و نوع مصالح به کار رفته در آن تعیین می‌گردد (w1,w2,w3,…)

۲- نیروی فشار هیدرواستاتیک که شامل نیروی وزن آب روی سازه (Pv1)، نیروی فشار آب افقی (PH1) و نیروی فشار آب مستطیلی (ارتفاع آب روی سرریز) (PH2) می‌باشد.

۳- نیروی فشار رسوب که شامل نیروی رسوب روی سازه (PEv1)، نیروی مثلثی رسوب بالادست بند (PEH1) و نیروی مستطیلی (ناشی از رسوب آب روی سرریز) ناشی از رسوب بالادست بند (PEH2) است.

۴- نیروی وزن جریان واریزه‌ای که شامل نیروی وزن جریان واریزه‌ای روی قسمت شیب‌دار سازه (Pd2) و بالای رسوب وجه شیب‌دار بالادست بند (Pd1) می‌باشد.

۵- نیروی هیدرودینامیک یا ضربه است که در نصف ارتفاع سرریز اثر می‌کند.

۶- البته در این‌جا نیز زیر فشار، نیروی[1] ناشی از اثر زلزله و موج و پسیو پایین‌دست و بند نیز بایستی اضافه شوند.

در تقسیم‌بندی بالا نیروی وزن، Pd1, PEv1, Pv1 و Pd2 و پسیو (مقاوم) پایین‌دست بند به‌عنوان نیروی مقاوم عمل کرده و بقیه به‌عنوان نیروی محرک عمل می‌کنند. نیروهای مقاوم و محرک به دو شکل در صفحات بعد مشخص گردیده‌اند.

۴-۳- تعیین ابعاد بدنه بند و تجهیزات وابسته

ژاپنی‌ها سازه پیشنهادی برای کنترل جریان واریزه‌ای را که دارای مقطع ذوزنقه‌ای نیز می‌باشد به شکل زیر توصیه کرده‌اند.

- عرض سرریز 3-4 m
- شیب ضلع بالادست بند 1:0.6
- شیب ضلع پایین‌دست بند 1:0.2

۱- نیروی ضربه یا نیروی آب جریان واریزه‌ای به دو صورت زیر قابل محاسبه است.

(I) $F = M.V = \frac{\pi(d^2)}{4} \times h \times \gamma \times v$ نیروی ضربه چوب

M و V به ترتیب وزن چوب و سرعت حرکت چوب است.

(II) $F = \alpha \frac{p_d}{g} h.u^2$ نیروی ضربه جریان واریزه‌ای

α: ضریب که برابر یک گرفته می‌شود $\alpha = 1$

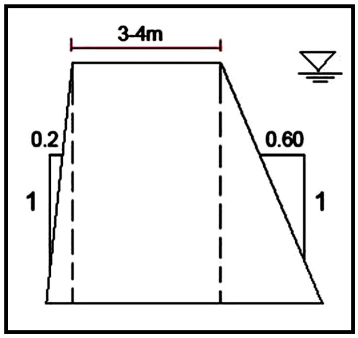
وزن مخصوص جریان واریزه‌ای $P_d = (KN/m^3)$

h = عمق طراحی جریان واریزه‌ای (m)

u = سرعت متوسط جریان واریزه‌ای در مقطع بند m/sec

shaghool.ir

(که در صورت ضرورت می‌تواند کم‌تر نیز بشود).



البته یکی ازحالت‌های جریان واریزه‌ای خطرناک، حرکت سنگ و خاک و آب در آبراهه است که معمولا در نزدیک مناطق مجاور دامنه‌های پرشیب به وقوع می‌پیوندد. بستر این آبراهه‌ها عموما قلوه سنگ و قطعات درشت سنگ است. اگر مواد بستر رودخانه شن و ماسه باشند عرض سرریز می‌تواند ۱/۵-۲/۵ متر انتخاب گردد.

دستک‌ها و گوشواره‌های بندهای مشبک به‌شرح زیر تعیین ارتفاع می‌شوند:

ارتفاع آزاد+ ارتفاع سرریز+ ارتفاع بند = ارتفاع دستک‌ها

اختلاف ارتفاع معادل شیب بستر+ ارتفاع آزاد+ ارتفاع سرریز+ ارتفاع بند= ارتفاع گوشواره‌های بالادست

ضخامت حوضچه آرامش به‌شرح زیر قابل تعیین است:

$$\text{ضخامت حوضچه آرامش} = 0.2(0.6H1 + 3h3 - 1)$$

که:

H1 - ارتفاع بند (m)

h3 - ارتفاع آب روی سرریز

است.

۴-۴- مراحل بررسی پایداری سازه‌ها

۱- ترسیم برش (پروفیل) قسمت‌های مورد بررسی سازه

۲- مشخص کردن نیروهای محرک و مقاوم

۳- مشخص کردن پارامترهایی نظیر γ، ka، kp، n، e و C با توجه به جواب آزمایشگاه مکانیک خاک و یا استفاده از فرمول‌ها و روابط تجربی و...

۴- تفکیک سازه مورد بررسی به شکل‌های هندسی مجزا و مشخص کردن محل اثر نیروهای محرک و مقاوم

۵- تعیین مرکز برآیند نیروها $(\bar{y}, \bar{x})$

۶- محاسبه مجموع نیروهای مقاوم $(\sum R)$

shaghool.ir

۷- محاسبه لنگر (ممان) حاصل از نیروهای مقاوم نسبت به پنجه لغزش (نقطه‌ای که امکان واژگونی سازه حول آن وجود دارد) با توجه به $\sum mr : \bar{x}$

۸- تعیین لنگر (ممان) نیروهای محرک با توجه به $\bar{y}$ نسبت به پنجه لغزش $(\sum m_0)$

۹- محاسبه ضریب اطمینان (s.f) برای کنترل پایداری سازه در برابر واژگونی

$$s.f_1 = \frac{\sum mr}{\sum mo}$$

۱۰- محاسبه s.f1 با مقدار توصیه شده

- اگر $s.f_1$ محاسبه شده در بند قبل بزرگ‌تر از مقدار توصیه شده باشد، محاسبات انجام یافته مورد قبول بوده و عملیات طراحی و محاسبات ادامه می‌یابد.
- اگر s.f1 محاسبه شده در بند قبل (۹) کوچک‌تر از مقدار s.f توصیه شده باشد، محاسبات انجام یافته مورد قبول نبوده و بایستی با تغییر در طراحی (تغییر ابعاد و...) تکرار گردد.

۱۱- محاسبه ضریب اطمینان (s.f2) برای کنترل پایداری سازه در برابر لغزش

- اگر s.f2 محاسبه شده بزرگ‌تر از مقدار s.f توصیه شده باشد، محاسبات انجام یافته مورد قبول بوده و عملیات طراحی و محاسبه ادامه می‌یابد.
- اگر s.f2 محاسبه شده کوچک‌تر از مقدار s.f توصیه شده باشد، محاسبات انجام یافته مورد قبول نبوده و محاسبات بایستی با تغییر در طراحی (تغییر ابعاد و...) تکرار شود.

۱۲- محاسبه فشارهای ایجاد شده در خاک زیر پی

- مقدار $\bar{x} = \frac{\sum m_r - \sum m_0}{\sum R, \sum w}$ محاسبه می‌شود.
- مقدار $e = \frac{B}{2} - \bar{x}$ محاسبه می‌شود.
  - اگر $e < \bar{x}$ باشد ادامه محاسبات انجام می‌شود.
  - اگر $e \not< \bar{x}$، ابعاد سازه وزنی بایستی تغییر نموده و محاسبات بایستی از ابتدا تکرار گردد.
- مقادیر q_{max} و q_{min} محاسبه می‌گردد:

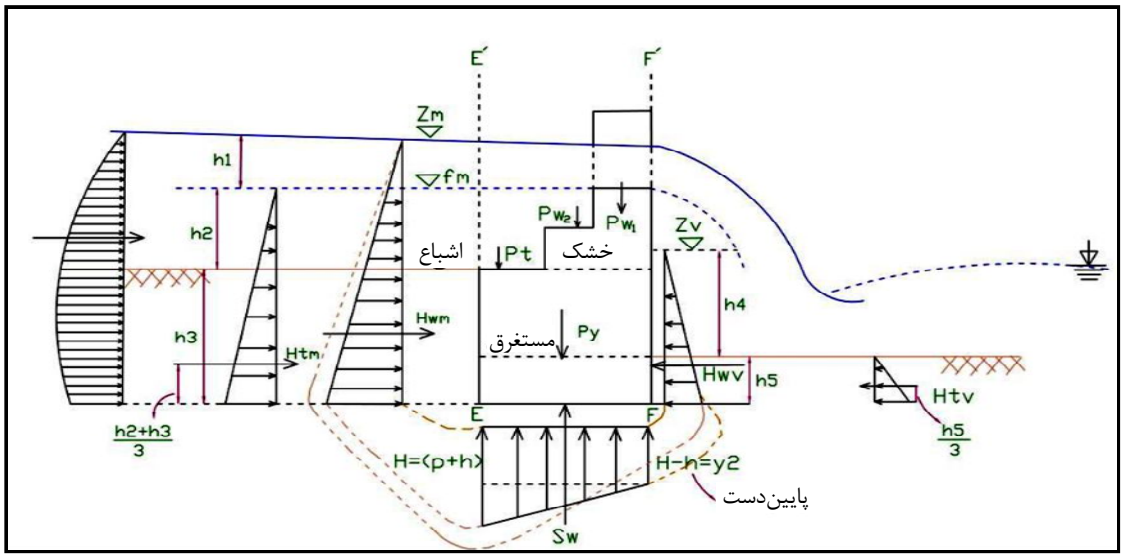
$$q = \frac{R}{B}(1 \pm \frac{4e}{B}) \Rightarrow \begin{matrix} \rightarrow q\,max \\ \rightarrow q\,min \end{matrix}$$

معمولا q_{max} است که بایستی کنترل شود. یعنی q_{max} نبایستی بزرگ‌تر از توان باربری خاک پی باشد. ضمنا q_{min} نیز نبایستی منفی باشد.

۱۳- محاسبه نیروهای ایجاد شده در محل‌های مختلف (مانند محل تقاطع دیوار و پی و ...) برای کنترل برش و ...

۱۴- محاسبه مقادیر ممان خمشی، نیروی برشی، وزن قطعات سازه، تش ایجاد شده در مقاطع مورد نظر و کنترل نتایج با مقادیر مجاز

shaghool.ir



۴-۴-۱- نیروهای مقاوم

Pg- وزن مرده سازه که در رقوم بالای پایاب (zv) خشک و در قسمت‌های زیر آن به‌صورت مستغرق در نظر گرفته می‌شود.

P_{w1} ،P_{w2} - وزن آب روی تاج سرریز و پلکان سرریز

Pt- وزن خاک اشباع شده (pt) روی پلکان سرریز

H_{wv} - نیروی فشار آب پایاب بند $H_{wv} = H_{w2} + H_{w3} = \frac{1}{2}\gamma w\left(h4 + h5\right)^2$

Htv- نیروی پسیو خاک پی $H_{tv} = \frac{1}{2}\gamma_t h_5^2 kp$

$ka = tg^2(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}) = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

۴-۴-۲- نیروهای محرک (واژگون کننده)

$Hwm = Hw1 = \frac{1}{2}\gamma w\left((h1+h2+h3)^2 - h_1^2\right)$

Hwm- نیروی فشار آب بالادست بند

Htm- نیروی فشار رسوبات بالای بند $Htm = \frac{1}{2}\gamma tw(h2+h3)^2 ka$

Sw- نیروی زیر فشار

$sw = \gamma w(h4+h5) = \gamma w(H-h')$ پایین‌دست $sw = \gamma w(h1+h2+h3) = \gamma wh$ بالادست

Pe- نیروی افقی زلزله ⇐ ارتفاع آب بالادست بند $pe = 0.555\alpha\gamma wh^2$

Pe- رانش هیدرودینامیک ناشی از شتاب افقی

shaghool.ir

α - ضریب شتاب افقی

γw - وزن مخصوص آب

h- ارتفاع آب بالادست بند

Pw- نیروی ناشی از حرکت امواج $\Leftarrow$

$$pw = \frac{1}{2}(2.4\gamma wHw)(\frac{5}{3}hw) = 2\gamma whw^2$$

اگر Mr گشتاور نیروهای محرک و Mo گشتاور نیروهای مقاوم باشند.

ضریب اطمینان سازه در برابر واژگونی[۱] $s.f_1 = \frac{mr}{mo}, \Rightarrow s.f_1 \geq 1.3$

ضریب اطمینان سازه در برابرلغزش $s.f_{*2} = \frac{\sum V}{\sum H} \times tg\phi \geq 1.3$

$\sum V$ - نیروهای مقاوم (قائم)

$\sum H$ - نیروهای محرک (افقی)

ϕ - زاویه اصطکاک داخلی خاک زیرپی

* اثر شتاب عمودی زلزله بربند $(F = \alpha \times w)$ می‌تواند جهت کم وزنی بند و آب پشت آن عمل نماید.

α - ضریب شتاب

w- وزن بند

* نیروی اینرسی $(F = \alpha \times w)$ در حالتی که شتاب از بالا به پایین باشد در جهت عکس ضریب اطمینان عمل می‌نماید.

۱- مقادیر توصیه شده مرجع ۱۳ برابر 1.3 است اما $S.f_1$ و $S.f_2$ را بزرگ‌تر یا مساوی 1.5 می‌گیرند.

shaghool.ir

Part	Acting force		نیروی محرکه		Momentum لنگر
	Symbol	Formula	Vertical	Horizontal	Formula
Weight of dam body وزن بدنه سد	W_1	$0.5m_2H^2W_c$			$W_1\left[\frac{1}{3}\times Hm_1+B+Hm_2\right]$
	W_2	HBW_c			$W_2\left[0.5B+Hm_2\right]$
	W_3	$0.5m_2H^2W_c$			$W_3\left[\frac{2}{3}\times Hm_2\right]$
Hydrostatic pressure فشار هیدرواستاتیک	P_{V1}	$0.5m_2(H-h)^2\rho'$			$P_{V1}\left[\frac{1}{3}(H-h)m_2\right]$
	P_{H1}	$0.5(H-h)^2\rho'$			$P_{H1}\left[\frac{1}{3}(H-h)\right]$
	P_{H2}	$h(H-h)^2\rho'$			$P_{H2}\left[0.5(H-h)\right]$
Sediment pressure فشار رسوب	P_{EV1}	$0.5m_2(H-h)^2W_s$			$P_{EV1}\left[\frac{1}{3}(H-h)m_2\right]$
	P_{EH1}	$0.5C_s(H-h)^2W_s$			$P_{EH1}\left[\frac{1}{3}(H-h)\right]$
	P_{EH2}	$C_s(\rho_s-\rho)h(H-h)$			$P_{EH2}\left[0.5(H-h)\right]$
Weight of debris flow وزن جریان واریزه ای	P_{d1}	$\rho_d hm_2(H-h)$			$P_{d1}\left[0.5(H-h)m_2\right]$
	P_{d2}	$0.5m_2h^2\rho_d$			$P_{d2}\left[(H-h)m_2+\frac{1}{3}hm_2\right]$
Hydrodynamic force نیروی هیدرودینامیک	F_d	$\alpha\rho_d hU^2/g$			$F_d\left[(H-h)+0.5h\right]$

شکل ۴-۱- روش طراحی بدنه در ژاپن (تجزیه و تحلیل پایداری در زمان وقوع جریان واریزه‌ای)

B - عرض سرریز

m1:1- شیب وجه پایین دست بند

m2:1- شیب وجه بالادست بند

H- ارتفاع بند

h- ارتفاع آب روی سرریز

p' - وزن مخصوص آب

wc- وزن مخصوص بتن

Pd- وزن مخصوص جریان واریزه‌ای

fd- نیروی هیدرودینامیک

ضریب α ($\alpha=1$)

shaghool.ir

u- سرعت متوسط جریان واریزه ای در محل بند

Part	Acting force		نیروی محرکه		Momentum لنگر
	Symbol	Formula	Vertical	Horizontal	Formula
Weight	W_1	$0.5m_2H^2W_c$			$W_1\left[\frac{1}{3}\times Hm_1+B+Hm_2\right]$
of dam body	W_2	HBW_c			$W_2\left[0.5B+Hm_2\right]$
وزن بدنه سد	W_3	$0.5m_2H^2W_c$			$W_3\left[\frac{2}{3}\times Hm_2\right]$
Hydrostatic pressure فشار هیدرواستاتیک	P_{V1}	$0.5m_2(H-h)^2\rho$			$P_{V1}\left[\frac{1}{3}(H-h)m_2\right]$
	P_{V2}	$m_2(H-h)^3\rho$			$P_{V2}\left[0.5Hm_2\right]$
	P_{V3}	$0.5m_2H^2\rho$			$P_{V3}\left[\frac{1}{3}Hm_2\right]$
	P_{H1}	$0.5(H-h)^2\rho$			$P_{H1}\left[\frac{1}{3}(H-h)\right]$
	P_{H2}	$h(H-h)^2\rho$			$P_{H2}\left[0.5(H-h)\right]$

شکل ۴-۲- روش طراحی بدنه بند در ژاپن (تجزیه و تحلیل پایداری در زمان وقوع سیل)

۴-۴-۳- ضرایب اطمینان و ضریب لغزش ایمن

نوع مصالح	ضریب لغزش μ	حداقل s.f
بتن روی بتن	۰/۶۵-۰/۸	۱-۱/۵۰
بتن روی سطوح سنگی سالم تمیز و نامنظم	۰/۸۰	۱-۱/۵۰
بتن روی سنگ با مقداری لایه‌بندی	۰/۷۰	۱-۱/۵۰
بتن روی شن و ماسه درشت	۰/۴۰	۲/۵۰
بتن روی ماسه	۰/۳۰	۲/۵۰
بتن روی شیل	۰/۳	۲/۵۰

$$s.f=\frac{\mu(\sum w-u)}{\sum H}$$

$\sum w$ - مجموع نیروهای قائم رو به پایین

U- نیروی زیر فشار

$\sum H$ - مجموع نیروهای افقی وارده در بالای تراز مورد نظر

s.f- ضریب اطمینان در برابر لغزش بدون منظور کردن تنش چسبندگی

- در طراحی سازه‌ای بندهای مشبک بتن آرمه با سرریز قوسی انواع ترکیب بار به شرح زیر انجام می‌گیرد:

۱- ساختمان بند کامل است اما مخزن خالی از رسوب است.

۲- ساختمان بند کامل است و رسوبات و جریان در حالت عادی است.

shaghool.ir

۳- جریان سیلابی (معمولی یا واریزه‌ای)

۴- ترکیب بار حالت ۱ + زلزله

۵- ترکیب بار حالت ۲ + زلزله

۶- ترکیب بار حالت ۳ + حداکثر زیر فشار

۷- ترکیب بار حالت ۵ + حداکثر زیر فشار

۸- هر ترکیب باری که طراح تشخیص دهد.

۴-۵- محاسبه حداقل ابعاد سازه (عرض قاعده و ارتفاع بند)

طراح بایستی حداقل عرض قاعده و ارتفاع بند را برحسب نیروهای وارده فرض نموده و سپس طراحی و محاسبات اصلی را انجام دهد.

$\frac{b}{h}$- نسبت پیشنهادی حداقل عرض قاعد (b) به ارتفاع (h) بند

الف- بند ایمن در برابر واژگونی

- بدون زیر فشار $b \geq 0.456h$
- با زیر فشار با توزیع مثلثی $b \geq 0.595h$
- با زیرفشار با توزیع مستطیلی $b \geq 0.748h$

ب- بند ایمن در برابر لغزش

- بدون زیر فشار $b \geq 0.555h$
- با زیر فشار با توزیع مثلثی $b \geq 0.952h$

سازه‌های مشبک بتن آرمه با سرریز قوسی و ستون‌های بتن آرمه (که در غازمحله کردکوی اجرا شده است) در رده سازه‌های وزنی قرار می‌گیرد و از نقطه نظر سازه‌ای بایستی کنترل‌ها و محاسبات زیر انجام گیرد:

الف- محاسبه تنش در محل تماس با پی و مقاطع افقی مختلف

ب- کنترل واژگونی

ج- کنترل لغزش

چون میزان تنش‌های موجود در داخل بدنه بند زیاد نیست، در قسمت خارجی بتن با عیار سیمان $350\ kg/m^3$ و در قسمت داخلی سرریز، بتن با عیار سیمان $250\ kg/m^3$ توصیه می‌شود. میل‌گرد در این بندها به‌عنوان میل‌گرد جلدی مطرح می‌شود و در طراحی حداکثر ضخامت بتن ۵۰-۳۰ سانتی‌متر فرض می‌شود.

معمولا در سطح خارجی سرریز یک شبکه میل‌گرد قرار داده می‌شود و رابطه زیر برای انتخاب این میل‌گردها توصیه می‌شود:

$$A_b = \frac{2 \times d_c \times s}{100}$$

shaghool.ir

که:

Ab - سطح مقطع میل‌گرد (cm^2)

dc- فاصله میل‌گردها از سطح بتن (cm)

S- فاصله میل‌گردها

می‌باشد.

ستون‌های بالای سرریز همانند یک تیر طره فرض شده و طراحی بتن و میل‌گرد آن‌ها انجام می‌گیرد. نصف بارهای طرفین ستون، برستون اعمال می‌گردد.

بدنه بند نیز به‌عنوان یک تیر طره و به‌صورت یک نوار قائم مورد بررسی قرار می‌گیرد. تنش محاسباتی در بدنه و ستون‌ها با مفروضات زیر صورت می‌گیرد:

۱- مصالح شالوده جسم بند همگن می‌باشند.

۲- تنش‌ها در جسم بند و شالوده در محدوده الاستیک (ارتجاعی) هستند.

۳- به علت انتقال تنش‌ها هیچ‌گونه حرکتی در شالوده ایجاد نمی‌شود.

۴- هیچ‌گونه نیرویی به واسطه وجود تیر افقی به تکیه‌گاه‌های جانبی انتقال پیدا نمی‌کند.

۵- محاسبات تنش و پایداری برای نوار قائمی از بند و به عرض یک متر انجام می‌شود.

با توجه به وجود نرم افزارهایی مانند SAP2000 و ETABS و SAFE طراحی سازه‌ای این بندها (اعم از بتن آرمه و فلزی و...) سریع‌تر و آسان‌تر انجام می‌گیرد و استفاده از آن‌ها توصیه می‌شود.

مقدار ارتفاع آزاد (f.b) در جریان‌های واریزه‌ای سنگی برای طراحی بندهای شکاف‌دار (slit dam) وزنی یا بتن آرمه براساس رابطه زیر اصلاح شود:

$$Hf \geq 2d\,max$$

Hf - ارتفاع آزاد برحسب m

dmax - بزرگ‌ترین قطر سنگی که قرار است به تله انداخته شود.

از آن‌جا که پارامترهایی نظیر مقدار جریان رسوب خروجی، غلظت رسوب و نسبت ذخیره رسوب در طراحی بندهای شکاف‌دار موثر بوده و کاهش فضای نسبی بتن ستون‌ها سبب افزایش حجم رسوب مخزن می‌گردد لذا توصیه می‌شود طراح با توجه به بررسی همه جانبه نسبت به طراحی یک بند شکاف‌دار بزرگ و یا یک سری از بندهای شکاف‌دار با ارتفاع کم‌تر (هر کدام که خطر جریان واریزه‌ای را به حداقل رسانده و بیش‌ترین توجیه اقتصادی را داشته باشد) اقدام نماید و اصلاحیه مربوط به بندهای شکاف‌دار را که در سال ۲۰۰۸ ارائه شده است مدنظر قرار دهد.

ضمنا توصیه می‌شود برای آبراهه‌هایی که تکرار وقوع جریان واریزه‌ای در آن‌ها کم است، مقدار دبی طراحی ۱/۵ برابر دبی سیلاب معمولی انتخاب گردد اما در حوزه‌های با تکرار وقوع زیاد جریان واریزه‌ای، استفاده از فرمول محاسبه جریان واریزه‌ای الزامی است.

shaghool.ir

طراح بایستی حداقل و حداکثر ارتفاع بندهای مشبک را نیز برحسب شرایط عرصه و حداکثر دبی طراحی مدنظر قرار دهد تا در هنگام وقوع جریان واریزه‌ای در زیر تراز آب قرار نگیرد (بالاخص در پایین‌دست مناطق جنگلی که حرکت چوب در سطح آب را خواهد داشت)

در پایین‌دست حوضچه آرامش سازه‌های هیدرولیکی به خشکه چینی با سنگ‌های درشت و مقاوم نیاز می‌باشد. قطر سنگ‌های مورد استفاده در سنگ چین حفاظتی از رابطه زیر قابل تعیین می‌باشد.

$$dg = \frac{V^2}{25}$$

که:

dg- قطر سنگ برحسب m

V- سرعت جریان برحسب m/sec

است.

با توجه به تجربیات نگارنده، سرعت جریان آب در مواقع سیلابی در مقاطع ورود به دشت در شمال کشور ۳-۲/۵ متر برثانیه برآورد می‌شود. لذا قطر سنگ‌های توصیه شده براساس فرمول بالا حدود ۰/۴ متر می‌گردد که کم به‌نظر می‌رسد. لذا توصیه می‌شود قطر سنگ حدود ۰/۸-۰/۶ متر انتخاب شود. ضخامت لایه نیز حدود ۱/۶-۱/۲ متر انتخاب گردد تا روی یک لایه فیلتر شن و ماسه قرار گیرد.

طول سنگ چین حفاظتی نیز براساس نظرات منابع مرتبط از 3y2-6y2 توصیه شده است (که y2 عمق انتهای جهش آبی در حوضچه آرامش بند می‌باشد).

۴-۶- مراحل طراحی هیدرولیکی بندهای مشبک (تنه و سرشاخه‌گیر)

۱- نقشه‌برداری توپوگرافی با مقیاس ۱/۱۰۰۰ -۱/۵۰۰ با خطوط تراز ۰/۵ متری در محدوده ۲۰۰ متری بالادست و پایین‌دست مقطع انتخابی (طول کلی ۴۰۰ متر) در باند ۱۵۰ متری

۲- برداشت پروفیل‌های عرضی و طولی ۱/۱۰۰ - ۱/۱۰۰۰

۳- تعیین دبی طراحی

۴-۶-۱- تعیین دبی طراحی از روش استدلالی

$$Q = 0.278.C.I.A$$

در این روش بایستی براساس مطالعات فیزیوگرافی حوزه آبخیز مورد نظر، زمان تمرکز رودخانه و مساحت حوزه آبخیز را مشخص کرد. (روش‌های محاسبه زمان تمرکز در صفحه بعد ارائه شده است).

با توجه به زمان تمرکز حوزه، شدت بارندگی را باید تعیین کرد. از جدول‌های (۴-۱) و (۴-۲) می‌توان مقدار شدت بارندگی کوتاه مدت حوزه مورد نظر را از روی مقدار بارندگی ۲۴ ساعته برآورد شده برای دوره برگشت‌های مختلف تعیین کرد.

shaghool.ir

مقدار ضریب رواناب (C) با توجه به دوره برگشت (سال) و کاربری و شیب از جدول مربوطه تعیین می‌گردد.

این روش برای حوزه‌های آبخیز کم‌تر از ۱۰۰۰ هکتار توصیه می‌شود.

Q- دبی حداکثر سیلاب برای دوره برگشت مورد نظر برحسب m^3 / sec

C- ضریب رواناب

I- شدت بارندگی متناظر با زمان تمرکز حوزه برحسب mm/hour

A- مساحت حوزه آبخیز برحسب Km^2.

فرمول‌های معروف محاسبه زمان تمرکز عبارتند از:

- فرمول کرپیچ

$$T_c = 0.0003L^{0.77}S^{-0.385}$$

T_c - زمان تمرکز به ساعت

L- طول آبراهه اصلی حوزه (طولانی‌ترین مسیری که آب طی می‌کند تا به خروجی حوزه برسد) برحسب m

S - شیب متوسط آبراهه اصلی برحسب m/m

- فرمول چاو

$$T_c = 0.00032\frac{L^{1.15}}{H^{0.385}}$$

L- طول آبراهه اصلی (m)

H- اختلاف ارتفاع بالاترین و پایین‌ترین کد ارتفاعی آبراهه اصلی (m)

T_c - زمان تمرکز به ساعت

- فرمول برانسبی

ویلیامز $$T_c = \frac{L}{1.5D\sqrt[5]{\left(\frac{M^2}{F}\right)}}$$

L- طول آبراهه برحسب km

D- قطر دایره هم‌سطح با حوزه آبخیز برحسب km

M- مساحت حوزه آبخیز برحسب km^2

F- شیب متوسط آبراهه اصلی برحسب m در 100m (m/100m)

T_c - زمان تمرکز به ساعت

- البته فرمول برانسبی ویلیامز به‌صورت زیر نیز در منابع آورده شده است.

$$T_c = \frac{L.A^{0.4}}{D.S^{0.2}}$$

shaghool.ir

T_c - زمان تمرکز به ساعت

A- مساحت حوزه آبخیز برحسب مایل مربع (mil^2)

D- قطر دایره معادل حوزه آبخیز به مایل (mil)

S- شیب متوسط آبراهه به ft/ft

L- طول آبراهه به ft

- فرمول Scslag

$$T = \frac{100L^{0.80}\left[(100/CN)-9\right]^{0.70}}{1900S^{0.50}}$$

L- طول بزرگ‌ترین آبراهه برحسب ft

CN- شماره منحنی رواناب که از جدول یا نمودار (برحسب شرایط عرصه) استخراج می‌شود.

S- شیب متوسط حوزه آبخیز برحسب درصد

Tc- زمان تمرکز برحسب دقیقه

این روش برای حوزه‌های کم‌تر از ۲۰۰۰ ایکر (۸۱۰ هکتار) جواب قابل قبولی می‌دهد.

استفاده از این روش‌ها موقعی ارجحیت می‌یابد که با یافته‌های تحقیقاتی و تطبیق با عرصه، مقایسه شده و دقت طراح را به استفاده از روش (فرمول) مورد نظر ترغیب نماید.

جدول ۴-۱- متوسط و ضریب تغییرات نسبت شدت بارندگی با شدت دوام به بارندگی حداکثر روزانه در مناطق شش‌گانه ایران

نام منطقه و شماره آن	پارامتر	زمان دوام													
		دقیقه					ساعت								
		۶	۱۲	۱۵	۳۰	۴۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
شمال شرق (۱)	متوسط ضریب	۱/۵۹۷	۱/۰۲۰	۰/۹۹۲	۰/۶۳۶	۰/۴۸۹	۰/۴۱۰	۰/۲۷۱	۰/۲۱۸	۰/۱۷۹	۰/۱۵۶	۰/۱۳۹	۰/۱۱۵		
	تغییرات	۰/۱۳۳	۰/۲۲۰	۰/۲۶۲	۰/۲۲۹	۰/۲۱۶	۰/۲۲۴	۰/۱۷۹	۰/۱۸۱	۰/۱۵۷	۰/۱۵۰	۰/۱۵۵	۰/۱۳۶		
شمال (۲)*	متوسط ضریب	۱/۲۶۰	۰/۸۷۳	۰/۶۰۴	۰/۵۷۵	۰/۴۴۱	۰/۳۲۵۹	۰/۲۲۷	۰/۱۷۹	۰/۱۴۸	۰/۱۳۰	۰/۱۱۷	۰/۱۰۰	۰/۰۸۶	۰/۰۷۴
	تغییرات	۰/۲۰۴	۰/۱۹۸	۰/۳۲۱	۰/۲۹۰	۰/۲۸۱	۰/۲۶۰	۰/۲۴۶	۰/۲۲۴	۰/۲۰۱	۰/۱۹۸	۰/۱۸۵	۰/۱۶۹	۰/۱۱۹	۰/۰۷۶
شمال غرب (۳)	متوسط ضریب	۱/۸۶۱	۱/۲۳۱	۱/۰۵۵	۰/۶۶۷	۰/۵۰۸	۰/۴۱۹	۰/۲۶۱	۰/۱۹۹	۰/۱۶۳	۰/۱۴۱	۰/۱۲۶	۰/۱۰۵		
	تغییرات	۰/۳۲۶	۰/۳۳۵	۰/۳۴۸	۰/۳۵۹	۰/۳۵۴	۰/۳۴۶	۰/۲۷۶	۰/۲۴۸	۰/۲۴۳	۰/۲۴۴	۰/۲۳۴	۰/۲۴۵		
جنوب غرب (۴)	متوسط ضریب	۱/۵۶۵	۰/۰۳۹	۰/۹۱۲	۰/۵۸۳	۰/۴۴۸	۰/۳۷۵	۰/۲۴۳	۰/۱۹۰	۰/۱۶۱	۰/۱۴۰	۰/۱۲۴	۰/۱۰۲		
	تغییرات	۰/۴۸۷	۰/۴۸۵	۰/۴۶۹	۰/۴۵۱	۰/۴۳۵	۰/۴۱۶	۰/۳۷۷	۰/۳۳۰	۰/۲۸۷	۰/۲۶۹	۰/۲۴۸	۰/۱۹۵		
ناحیه‌ای از کویر (۵)	متوسط ضریب	۰/۹۱۸	۰/۶۰۸	۰/۵۴۱	۰/۳۷۳	۰/۳۰۲	۰/۲۶۲	۰/۱۹۴	۰/۱۶۰	۰/۱۳۸	۰/۱۲۰	۰/۱۰۸	۰/۰۹۳		
	تغییرات	۰/۳۶۷	۰/۳۵۸	۰/۳۵۵	۰/۳۴۵	۰/۳۳۱	۰/۳۳۵	۰/۳۱۳	۰/۳۱۵	۰/۵۰۳	۰/۲۸۲	۰/۲۶۰	۰/۲۲۲		
ناحیه‌ای از جنوب (۶)	متوسط ضریب			۱/۳۴۷	۰/۸۱۸	۰/۶۲۶	۰/۴۹۹	۰/۲۷۸	۰/۲۰۹	۰/۱۸۷	۰/۱۶۰	۰/۱۳۵			
	تغییرات			۰/۵۲۶	۰/۴۵۲	۰/۴۲۴	۰/۳۷۶	۰/۳۰۹	۰/۲۹۲	۰/۳۴۵	۰/۳۶۶	۰/۳۱۷			

* ضرایب ارائه شده برای شمال کشور دقت مطلوبی دارد.

shaghool.ir

جدول ۴-۲- ضریب رواناب سطحی در فرمول استدلالی

مشخصات سطح	دوره بازگشت						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۵۰۰
مناطق شهری:							
آسفالت	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۹۵	۱/۰۰
بتون – پشت بام	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۷	۱/۰۰
فضای سبز (چمنزار، پارک)							
- پوشش تنک (کم‌تر از ۵۰٪ تاج پوشش)							
شیب کم، صفر تا ۲ درصد	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۸
شیب متوسط، ۲ تا ۷ درصد	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۶۱
شیب زیاد، بیش از ۷ درصد	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۶۲
- پوشش متوسط، (۵۰ تا ۷۵ درصد تاج پوشش)							
شیب کم، صفر تا ۲ درصد	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۵۳
شیب متوسط، ۲ تا ۷ درصد	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۸
شیب زیاد، بیش از ۷ درصد	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۶۰
- پوشش متراکم، (تاج پوشش بیش از ۷۵ درصد)							
شیب کم، صفر تا ۲ درصد	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۴۹
شیب متوسط، ۲ تا ۷ درصد	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۵۶
شیب زیاد، بیش از ۷ درصد	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۸
مناطق غیرشهری							
اراضی کشاورزی:							
شیب کم، صفر تا ۲ دصد	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۷
شیب متوسط، ۲ تا ۷ درصد	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۶۰
شیب زیاد، بیش از ۷ درصد	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۶۱

۴-۶-۲- تعیین دبی طراحی از روش SCS

روش SCS خود به چند دسته تقسیم می‌شود که روش تعیین هیدروگراف سرریز با توجه به تجربه‌های موجود، جواب معقولی برای حوزه‌های بیش از ۱۰۰۰ هکتار می‌دهد.

مراحل محاسبه هیدروگراف به‌شرح زیر می‌باشد:

الف- تصحیح مدت (برای $T \le 6hours$ تصحیح لازم نیست). شکل (۴-۸)

ب- تصحیح مساحت (برای مساحت آبخیز $T \le 10^2_{mil}$ تصحیح لازم نیست) شکل‌های (۴-۱۰) یا (۴-۹) یا (۴-۷)

ج- تعیین دبی منتجه- با P و CN و شکل مربوطه، مقدار رواناب برحسب اینچ به‌دست می‌آید. شکل‌های (۴-۳) و (۴-۶).

د- تعیین گروه هیدروگراف با P و CN و شکل مربوطه گروه هیدروگراف تعیین می‌شود. شکل (۴-۴)

هـ- تعیین مدت باران مازاد: با P و CN و شکل مربوطه مقدار To محاسبه می‌شود. شکل (۴-۵) و جدول (۴-۳)

و- محاسبه TP $Tp = 0.7tc$

shaghool.ir

ز- محاسبه $\frac{To}{Tp}$

ح- بازنگری $\frac{To}{Tp}$ براساس منحنی‌های در دسترس از جدول مربوطه جدول (۴-۴- ب)

ط- تجدید TP

ی- محاسبه qp جدید $qp = 784A / Tp$

ک- محاسبه Qqp $Q_{qp} = Q \times qp$

ل- با توجه با انتخاب گروه هیدروگراف در مراحل قبل، هر رقم در ستون t/tp در Tp جدید ضرب شود تا t برحسب ساعت به‌دست آید.

م- با توجه به انتخاب گروه هیدروگراف در مراحل قبل، هر رقم در ستون $\frac{qc}{qp}$ در Q_{qp} ضرب می‌شود تا مقادیر q برحسب $ft3 / sec$ به‌دست آید. با ترسیم هیدروگراف، دبی حداکثر سیلاب مشخص می‌شود.

روش دیگر SCS مبتی برفرمول $Q_{max} = \frac{2.83A.Q}{tp}$ نیز وجود دارد.

Q_{max} - دبی حداکثر لحظه‌ای m^3 / sec

A- مساحت حوزه برحسب km^2

Q- ارتفاع رواناب محاسبه شده برحسب cm

Tp- زمان رسیدن به دبی اوج (hour) که از مجموع زمان تاخیر و نصف مدت زمان بارش موثر نیز به‌دست می‌آید.

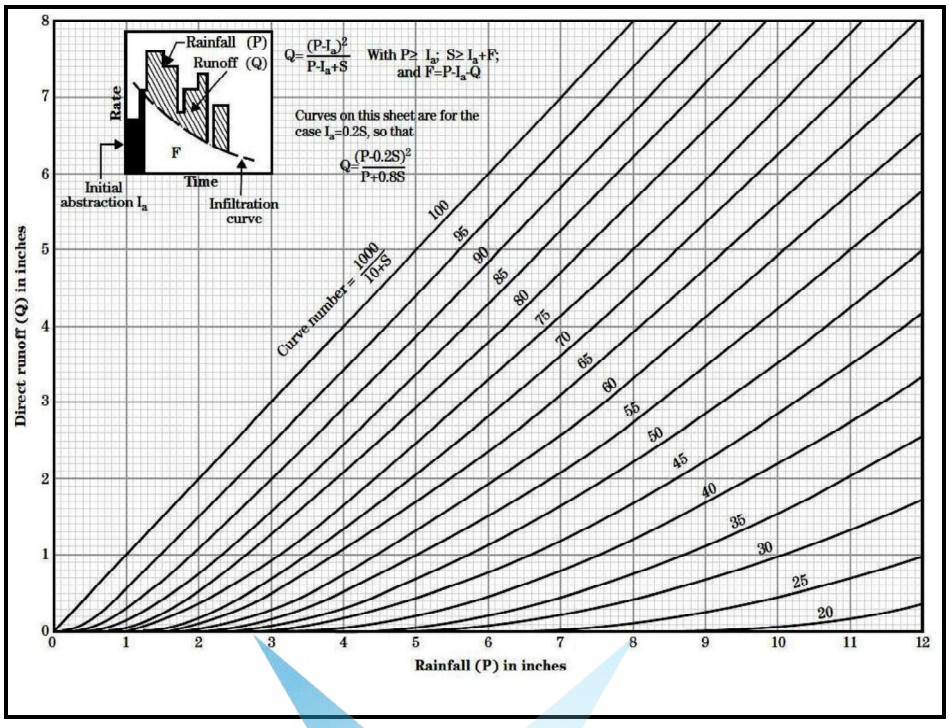
جدول ۴-۳- CN برای خاک‌ها و پوشش‌های مختلف – شرایط رطوبتی II و I.a = 0.25

پوشش			گروه هیدرولوژیکی خاک			
استفاده از زمین	نوع زراعت	شرایط هیدرولوژیکی	A	B	C	D
آیش	ردیفی	-	۷۷	۸۶	۹۱	۹۴
کشت ردیفی	ردیف مستقیم (SR)	فقیر	۷۲	۸۱	۸۸	۹۱
	ردیف مستقیم (SR)	غنی	۶۷	۷۸	۸۵	۸۹
	روی خطوط تراز (C)	فقیر	۷۰	۷۹	۸۴	۸۸
	روی خطوط تراز (C)	غنی	۶۵	۷۵	۸۲	۸۶
	روی خطوط تراز یا تراس (CT)	فقیر	۶۶	۷۴	۸۰	۸۲
	روی خطوط تراز یا تراس (CT)	غنی	۶۲	۷۱	۷۸	۸۱
گیاهان دانه‌ریز	SR	فقیر	۶۵	۷۶	۸۴	۸۸
	SR	غنی	۶۳	۷۵	۸۳	۸۷
	C	فقیر	۶۳	۷۴	۸۲	۸۵
	C	غنی	۶۱	۷۳	۸۱	۸۴
	CT	فقیر	۶۱	۷۲	۷۹	۸۲
	CT	غنی	۵۹	۷۰	۷۸	۸۱

shaghool.ir

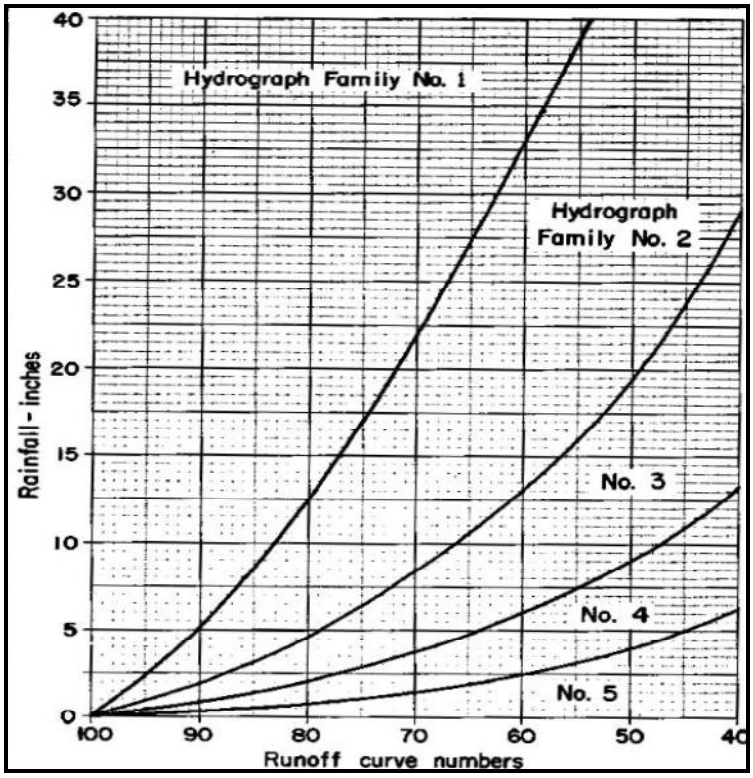
ادامه جدول ۴-۳- CN برای خاک‌ها و پوشش‌های مختلف – شرایط رطوبتی II و I.a = 0.25

پوشش			گروه هیدرولوژیکی خاک			
استفاده از زمین	نوع زراعت	شرایط هیدرولوژیکی	A	B	C	D
زراعت‌های نزدیک به هم	SR	فقیر	۶۶	۷۷	۸۵	۸۹
	SR	غنی	۵۸	۷۲	۸۱	۸۵
	C	فقیر	۶۴	۷۵	۸۳	۸۵
	C	غنی	۵۵	۶۹	۷۸	۸۳
	CT	فقیر	۶۳	۷۰	۸۰	۸۳
	CT	غنی	۵۱	۶۷	۷۶	۸۰
مراتع و گیاهان علوفه‌ای	-	فقیر	۶۸	۷۹	۸۶	۸۹
	-	متوسط	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
	-	غنی	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
	C	فقیر	۴۷	۶۷	۸۱	۸۸
	C	متوسط	۲۵	۵۹	۷۵	۸۳
	C	غنی	۶	۳۵	۷۰	۷۹
علفزار	-	غنی	۳۰	۵۸	۷۱	۷۸
جنگل	-	فقیر	۴۵	۶۶	۷۶	۸۳
	-	متوسط	۳۶	۶۰	۷۳	۷۹
	-	غنی	۲۵	۵۵	۷۰	۷۷
مزارع	-	-	۵۹	۷۴	۸۲	۸۶
جاده خاکی	-	-	۷۲	۸۲	۸۷	۸۹
جاده پوشش دار	-	-	۷۴	۸۴	۹۰	۹۲

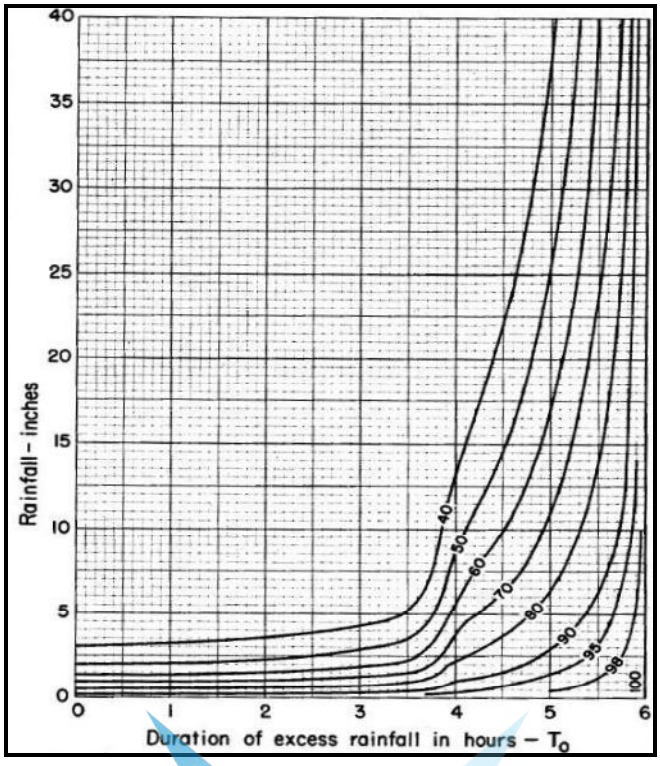


شکل ۴-۳- برآورد رواناب مستقیم

shaghool.ir

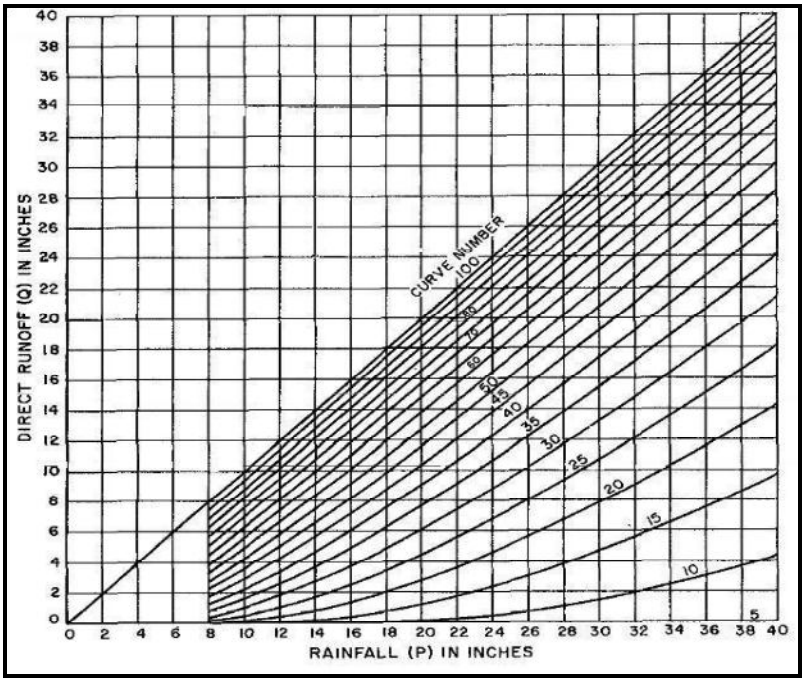


شکل ۴-۴- برآورد رواناب به روش شماره منحنی

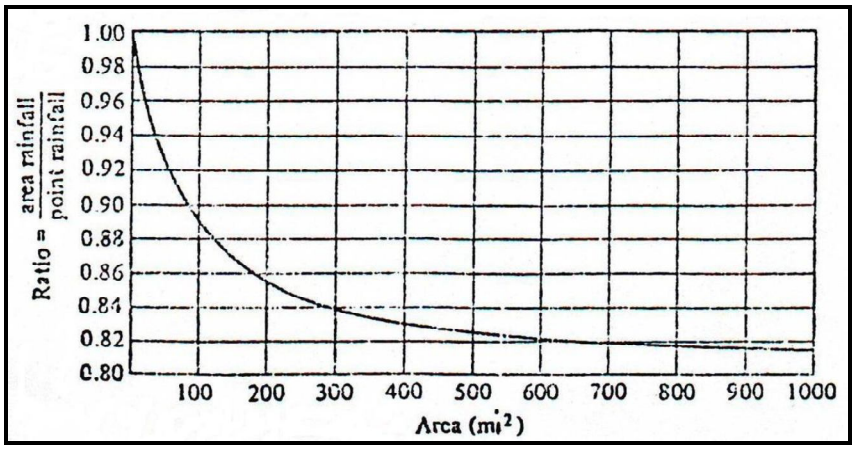


شکل ۴-۵- مدت باران مازاد

shaghool.ir

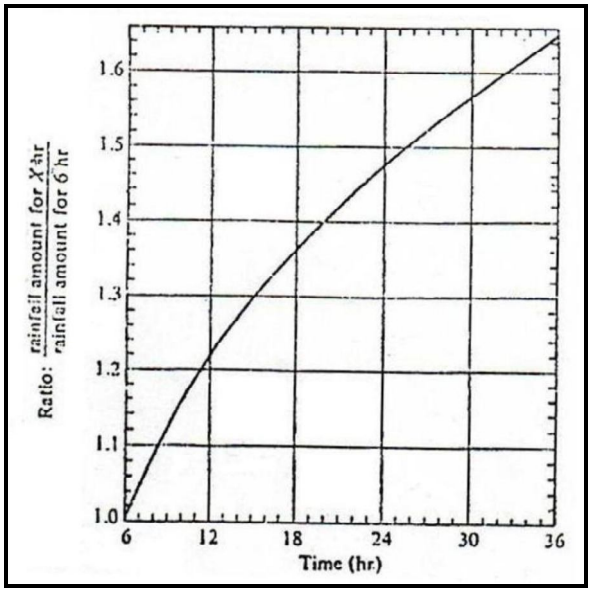


شکل ۴-۶- برآورد رواناب مستقیم

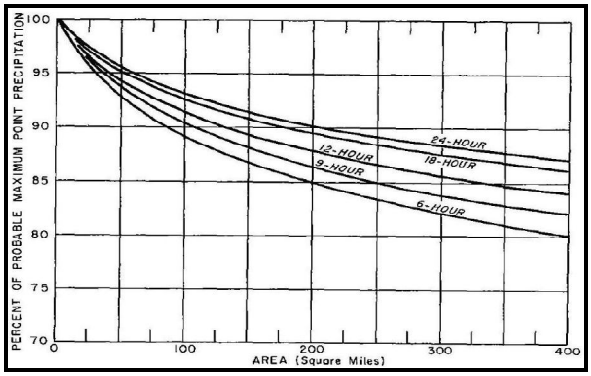


شکل ۴-۷- نسبت بارندگی برای مساحت‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مایل

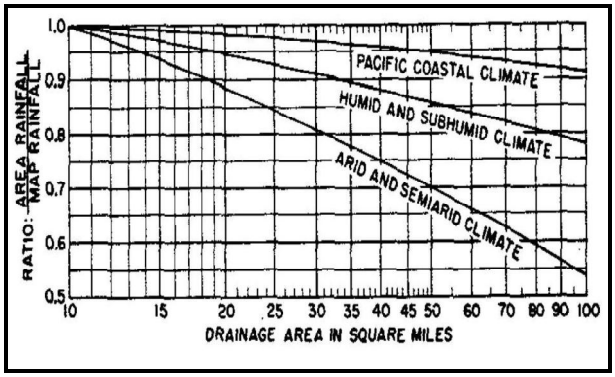
shaghool.ir



شکل ۴-۸- نسبت افزایش رواناب در مواقع طوفانی



شکل ۴-۹- منحنی عمق – مساحت



شکل ۴-۱۰- نسبت بارندگی برای مساحت‌های ۱۰۰-۱۰ مایل مربع

shaghool.ir

جدول ۴-۴- تعیین $\frac{To}{Tp}$ براساس $\frac{P^*}{P}$

Rain-fall ratio	Time ratio	Rain-fall ratio	Time ratio	Rain-fall ratio	Time ratio	Rain-fall ratio	Time ratio
0	1.000	0.070	0.852	0.140	0.746	0.210	0.684
.002	.995	.072	.848	.142	.744	.212	.682
.004	.990	.074	.844	.144	.742	.214	.680
.006	.985	.076	.841	.146	.740	.216	.679
.008	.981	.078	.837	.148	.739	.218	.677
.010	.976	.080	.833	.150	.737	.220	.675
.012	.971	.082	.830	.152	.735	.222	.673
.014	.967	.084	.827	.154	.733	.224	.672
.016	.962	.086	.824	.156	.732	.226	.670
.018	.957	.088	.821	.158	.730	.228	.668
.020	.952	.090	.818	.160	.728	.230	.667
.022	.948	.092	.815	.162	.726	.232	.666
.024	.943	.094	.812	.164	.724	.234	.666
.026	.938	.096	.809	.166	.723	.236	.665
.028	.933	.098	.806	.168	.721	.238	.665
.030	.929	.100	.803	.170	.719	.240	.664
.032	.924	.102	.800	.172	.717		
.034	.919	.104	.797	.174	.716	(Change in	
.036	.915	.106	.794	.176	.714	tabulation	
.038	.911	.108	.791	.178	.712	increment.)	
.040	.908	.110	.788	.180	.710	.250	.662
.042	.904	.112	.785	.182	.709	.300	.651
.044	.900	.114	.782	.184	.707	.350	.640
.046	.896	.116	.779	.186	.705	.400	.628
.048	.893	.118	.776	.188	.703	.450	.617
.050	.889	.120	.773	.190	.702	.500	.606
.052	.885	.122	.770	.192	.700	.550	.595
.054	.882	.124	.767	.194	.698	.600	.583
.056	.878	.126	.764	.196	.696	.650	.542
.058	.874	.128	.761	.198	.695	.700	.500
.060	.870	.130	.758	.200	.693	.750	.447
.062	.867	.132	.755	.202	.691	.800	.386
.064	.863	.134	.751	.204	.689	.850	.310
.066	.859	.136	.749	.206	.687	.900	.220
.068	.856	.138	.747	.208	.686	.950	.116

To - بارش خالص

T -کل بارش

shaghool.ir

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۱

Line No.	T_o/T_p = 1			T_o/T_p = 1.5			T_o/T_p = 2			T_o/T_p = 3			T_o/T_p = 4			T_o/T_p = 6		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.28	.029	.003	.32	.012	.001	.29	.007	.001	.35	.005	.001	.35	.003	.000	.44	.003	.001
3	.56	.150	.021	.64	.118	.017	.58	.035	.005	.70	.027	.005	.70	.015	.003	.98	.018	.003
4	.84	.472	.086	.96	.377	.075	.87	.164	.027	1.05	.101	.021	1.05	.049	.011	1.32	.041	.012
5	1.12	.796	.216	1.28	.711	.204	1.16	.432	.090	1.40	.302	.074	1.40	.122	.033	1.76	.084	.032
6	1.40	.901	.392	1.60	.815	.384	1.45	.669	.208	1.75	.563	.185	1.75	.298	.087	2.20	.176	.074
7	1.68	.776	.564	1.92	.719	.565	1.74	.740	.359	2.10	.650	.342	2.10	.528	.194	2.64	.386	.165
8	1.96	.568	.703	2.24	.526	.712	2.03	.680	.511	2.45	.576	.501	2.45	.585	.337	3.08	.497	.309
9	2.24	.389	.801	2.56	.352	.815	2.32	.561	.644	2.80	.460	.635	2.80	.518	.479	3.52	.430	.459
10	2.52	.258	.868	2.88	.225	.884	2.61	.441	.751	3.15	.374	.743	3.15	.413	.599	3.96	.335	.583
11	2.80	.173	.913	3.20	.143	.927	2.90	.319	.833	3.50	.290	.829	3.50	.334	.695	4.40	.258	.679
12	3.08	.115	.942	3.52	.090	.954	3.19	.212	.890	3.85	.201	.892	3.85	.273	.774	4.84	.202	.754
13	3.36	.078	.962	3.84	.057	.972	3.48	.140	.927	4.20	.127	.935	4.20	.231	.839	5.28	.164	.813
14	3.64	.052	.976	4.16	.037	.983	3.77	.094	.952	4.55	.078	.961	4.55	.185	.892	5.72	.139	.862
15	3.92	.036	.985	4.48	.024	.990	4.06	.063	.969	4.90	.047	.977	4.90	.128	.933	6.16	.124	.905
16	4.20	.024	.991	4.80	.015	.995	4.35	.042	.981	5.25	.028		5.25	.080	.959	6.60	.100	.941
17	4.48	.016	.995	5.12	.008	.997	4.64	.028	.988	5.60	.016	.993	5.60	.047	.976	7.04	.060	.967
18	4.76	.009	.997	5.44	.004	.999	4.93	.017	.993	5.95	.009	.996	5.95	.028	.985	7.48	.033	.982
19	5.04	.005	.999	5.76	.002	1.000	5.22	.011	.996	6.30	.005	.998	6.30	.017	.991	7.92	.018	.991
20	5.32	.002	1.000	6.08	.001	1.000	5.51	.007	.998	6.65	.003	.999	6.65	.010	.995	8.36	.009	.995
21	5.60	.001	1.000	6.40	0	1.000	5.80	.004	.999	7.00	.002	.999	7.00	.006	.997	8.80	.005	.997
22	5.88	0	1.000				6.09	.002	1.000	7.35	.001	1.000	7.35	.004	.998	9.24	.003	.999
23							6.38	.001	1.000	7.70	0	1.000	7.70	.003	.999	9.68	.002	.999
24							6.67	0	1.000				8.05	.002	1.000	10.12	.001	1.000
													8.40	.001	1.000	10.56	0	1.000
													8.75	0	1.000			

Line No.	T_o/T_p = 10			T_o/T_p = 16			T_o/T_p =25			T_o/T_p = 36			T_o/T_p = 50			T_o/T_p = 75		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.56	.002	.000	.66	.001	.000	1.22	.002	.001	1.70	.002	.001	2.00	.0019	.001	3.00	.0017	.002
3	1.12	.013	.004	1.32	.006	.002	2.44	.009	.006	3.40	.008	.008	4.00	.0052	.007	6.00	.0039	.008
4	1.68	.027	.012	1.98	.015	.007	3.66	.018	.018	5.10	.014	.021	6.00	.0085	.017	9.00	.0054	.018
5	2.24	.047	.027	2.64	.027	.017	4.88	.027	.038	6.80	.020	.043	8.00	.0118	.031	12.00	.0084	.033
6	2.80	.071	.052	3.30	.037	.033	6.10	.036	.067	8.50	.026	.072	10.00	.0151	.051	15.00	.0106	.053
7	3.36	.115	.090	3.96	.047	.053	7.32	.046	.103	10.20	.033	.109	12.00	.0192	.076	18.00	.0137	.079
8	3.92	.278	.172	4.62	.062	.080	8.54	.116	.176	11.90	.077	.178	14.00	.0259	.109	21.00	.0197	.115
9	4.48	.394	.312	5.28	.092	.117	9.76	.232	.333	13.60	.177	.338	16.00	.0578	.170	24.00	.0516	.192
10	5.04	.322	.461	5.94	.223	.194	10.98	.146	.503	15.30	.101	.513	18.00	.1330	.310	27.00	.0900	.344
11	5.60	.235	.577	6.60	.309	.323	12.20	.088	.608	17.00	.058	.613	20.00	.0941	.475	30.00	.0595	.504
12	6.16	.174	.662	7.26	.243	.457	13.42	.062	.675	18.70	.044	.678	22.00	.0506	.581	33.00	.0321	.602
13	6.72	.136	.726	7.92	.171	.557	14.64	.051	.726	20.40	.036	.728	24.00	.0357	.644	36.00	.0226	.661
14	7.28	.110	.777	8.58	.124	.629	15.86	.045	.769	22.10	.030	.770	26.00	.0297	.692	39.00	.0188	.705
15	7.84	.092	.819	9.24	.097	.683	17.08	.039	.807	23.80	.027	.805	28.00	.0254	.732	42.00	.0161	.742
16	8.40	.079	.855	9.90	.081	.726	18.30	.035	.840	25.50	.024	.838	30.00	.0219	.766	45.00	.0142	.775
17	8.96	.073	.886	10.56	.070	.763	19.52	.031	.870	27.20	.022	.867	32.00	.0192	.797	48.00	.0125	.804
18	9.52	.068	.916	11.22	.061	.794	20.74	.027	.896	28.90	.020	.893	34.00	.0172	.823	51.00	.0112	.829
19	10.08	.065	.943	11.88	.055	.823	21.96	.025	.920	30.60	.018	.917	36.00	.0159	.847	54.00	.0105	.852
20	10.64	.053	.968	12.54	.050	.848	23.18	.025	.942	32.30	.017	.939	38.00	.0150	.870	57.00	.0100	.874
21	11.20	.027	.984	13.20	.047	.872	24.40	.025	.965	34.00	.017	.960	40.00	.0145	.891	60.00	.0097	.896
22	11.76	.012	.993	13.86	.045	.894	25.62	.020	.985	35.70	.017	.982	42.00	.0140	.912	63.00	.0094	.916
23	12.32	.006	.996	14.52	.044	.916	26.84	.005	.996	37.40	.004	.995	44.00	.0136	.932	66.00	.0090	.936
24	12.88	.003	.998	15.18	.043	.937	28.06	.002	.999	39.10	.002	.999	46.00	.0131	.952	69.00	.0087	.955
25	13.44	.002	.999	15.84	.040	.957	29.28	0	1.000	40.80	0	1.000	48.00	.0125	.971	72.00	.0084	.973
26	14.00	.001	1.000	16.50	.034	.975							50.00	.0123	.989	75.00	.0081	.991
27	14.56	0	1.000	17.16	.020	.988							52.00	.0016	.999	78.00	.0002	1.000
28				17.82	.008	.995							54.00	0	1.000	81.00	0	1.000
29				18.48	.004	.998												
30				19.14	.002	.999												
31				19.80	.001	1.000												
32				20.46	0	1.000												

shaghool.ir

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۲

Line No.	T_o/T_p = 1			T_o/T_p = 1.5			T_o/T_p = 2			T_o/T_p = 3			T_o/T_p = 4			T_o/T_p = 6		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.28	.026	.003	.22	.003	.000	.28	.004	.000	.32	.003	.000	.32	.002	.000	.34	.001	.000
3	.56	.170	.023	.44	.041	.004	.56	.040	.005	.64	.017	.003	.64	.009	.002	.68	.005	.001
4	.84	.480	.091	.66	.161	.020	.84	.170	.027	.96	.093	.016	.96	.036	.007	1.02	.015	.003
5	1.12	.802	.224	.88	.362	.063	1.12	.428	.089	1.28	.311	.064	1.28	.129	.026	1.36	.037	.010
6	1.40	.885	.399	1.10	.604	.142	1.40	.645	.200	1.60	.530	.163	1.60	.332	.081	1.70	.098	.027
7	1.68	.770	.571	1.32	.740	.251	1.68	.715	.340	1.92	.615	.298	1.92	.501	.179	2.04	.244	.070
8	1.96	.550	.708	1.54	.790	.375	1.96	.677	.484	2.24	.575	.439	2.24	.550	.303	2.38	.487	.151
9	2.24	.380	.804	1.76	.746	.501	2.24	.574	.614	2.56	.487	.565	2.56	.500	.426	2.72	.464	.261
10	2.52	.257	.870	1.98	.640	.613	2.52	.472	.722	2.88	.409	.671	2.88	.422	.535	3.06	.429	.373
11	2.80	.166	.914	2.20	.536	.709	2.80	.369	.809	3.20	.344	.760	3.20	.358	.627	3.40	.367	.473
12	3.08	.113	.943	2.42	.414	.786	3.08	.247	.873	3.52	.279	.834	3.52	.302	.705	3.74	.309	.557
13	3.36	.078	.963	2.64	.303	.845	3.36	.168	.915	3.84	.206	.891	3.84	.274	.773	4.08	.261	.629
14	3.64	.052	.976	2.86	.219	.887	3.64	.113	.945	4.16	.135	.931	4.16	.230	.832	4.42	.224	.690
15	3.92	.034	.985	3.08	.160	.918	3.92	.075	.964	4.48	.087	.958	4.48	.195	.882	4.76	.193	.742
16	4.20	.023	.991	3.30	.117	.941	4.20	.050	.977	4.80	.054	.974	4.80	.147	.922	5.10	.169	.787
17	4.48	.015	.995	3.52	.088	.947	4.48	.034	.986	5.12	.032	.984	5.12	.099	.951	5.44	.152	.828
18	4.76	.009	.998	3.74	.064	.970	4.76	.021	.991	5.44	.019	.990	5.44	.061	.970	5.78	.139	.864
19	5.04	.004	.999	3.96	.047	.979	5.04	.014	.995	5.76	.012	.994	5.76	.037	.982	6.12	.129	.898
20	5.32	.002	1.000	4.18	.035	.985	5.32	.008	.997	6.08	.008	.997	6.08	.023	.989	6.46	.113	.928
21	5.60	.001	1.000	4.40	.025	.990	5.60	.004	.998	6.40	.005	.998	6.40	.013	.993	6.80	.085	.953
22	5.88	0	1.000	4.62	.018	.994	5.88	.003	.999	6.72	.003	.999	6.72	.008	.996	7.14	.055	.971
23				4.84	.012	.996	6.16	.002	1.000	7.04	.002	1.000	7.04	.005	.997	7.48	.035	.982
24				5.06	.007	.998	6.44	.001	1.000	7.36	.001	1.000	7.36	.004	.998	7.82	.020	.989
25				5.28	.004	.999	6.72	0	1.000	7.68	0	1.000	7.68	.003	.999	8.16	.012	.993
26				5.50	.003	.999							8.00	.002	1.000	8.50	.008	.995
27				5.72	.002	1.000							8.32	.001	1.000	8.84	.005	.997
28				5.94	.001	1.000							8.64	0	1.000	9.18	.004	.998
29				6.16	0	1.000										9.52	.003	.999

Line No.	T_o/T_p = 10			T_o/T_p = 16			T_o/T_p =25			T_o/T_p = 36			T_o/T_p = 50			T_o/T_p = 75		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.63	.002	.000	.90	.002	.001	1.30	.002	.001	1.79	.002	.001	2.50	.0018	.002	3.00	.0012	.001
3	1.26	.009	.003	1.80	.007	.004	2.60	.006	.005	3.58	.006	.007	5.00	.0047	.008	6.00	.0027	.006
4	1.89	.027	.011	2.70	.020	.013	3.90	.014	.014	5.37	.012	.019	7.50	.0087	.020	9.00	.0044	.014
5	2.52	.063	.032	3.60	.037	.031	5.20	.024	.032	7.16	.019	.039	10.00	.0145	.041	12.00	.0067	.026
6	3.15	.236	.102	4.50	.148	.093	6.50	.088	.086	8.95	.057	.909	12.50	.0615	.111	15.00	.0108	.045
7	3.78	.364	.241	5.40	.277	.233	7.80	.210	.228	10.74	.157	.232	15.00	.1184	.276	18.00	.0309	.091
8	4.41	.307	.397	6.30	.214	.396	9.10	.146	.397	12.53	.104	.405	17.50	.0621	.442	21.00	.0790	.213
9	5.04	.226	.521	7.20	.149	.516	10.40	.097	.513	14.32	.068	.519	20.00	.0433	.539	24.00	.0624	.369
10	5.67	.172	.613	8.10	.112	.603	11.70	.072	.593	16.11	.047	.596	22.50	.0342	.611	27.00	.0357	.478
11	6.30	.136	.685	9.00	.088	.669	13.00	.057	.655	17.90	.040	.653	25.00	.0274	.667	30.00	.0283	.548
12	6.93	.113	.743	9.90	.073	.722	14.30	.049	.705	19.69	.034	.703	27.50	.0234	.714	33.00	.0234	.606
13	7.56	.097	.792	10.80	.063	.767	15.60	.044	.750	21.48	.030	.745	30.00	.0209	.755	36.00	.0196	.653
14	8.19	.085	.834	11.70	.056	.807	16.90	.039	.789	23.27	.026	.782	32.50	.0187	.791	39.00	.0167	.693
15	8.82	.078	.872	12.60	.052	.842	18.20	.035	.824	25.06	.025	.816	35.00	.0167	.824	42.00	.0150	.728
16	9.45	.074	.907	13.50	.048	.875	19.50	.033	.857	26.85	.023	.848	37.50	.0159	.854	45.00	.0137	.760
17	10.08	.069	.940	14.40	.045	.906	20.80	.031	.887	28.64	.021	.877	40.00	.0153	.882	48.00	.0126	.789
18	10.71	.053	.969	15.30	.044	.936	22.10	.029	.916	30.43	.020	.904	42.50	.0147	.910	51.00	.0115	.816
19	11.34	.025	.987	16.20	.042	.964	23.40	.028	.943	32.22	.019	.930	45.00	.0142	.936	54.00	.0108	.840
20	11.97	.009	.995	17.10	.023	.986	24.70	.027	.969	34.01	.018	.955	47.50	.0136	.962	57.00	.0104	.864
21	12.60	.004	.998	18.00	.006	.995	26.00	.014	.989	35.80	.017	.978	50.00	.0131	.986	60.00	.0101	.886
22	13.23	.002	.999	18.90	.003	.998	27.30	.004	.997	37.59	.007	.994	52.50	.0008	.999	63.00	.0098	.908
23	13.86	.001	1.000	19.80	.001	1.000	28.60	.001	1.000	39.38	.001	.999	55.00	0	1.000	66.00	.0095	.930
24	14.49	0	1.000	20.70	0	1.000	29.90	0	1.000	41.17	0	1.000				69.00	.0092	.950
25																72.00	.0089	.970
26																75.00	.0086	.990
27																78.00	.0003	1.000
28																81.00	0	1.000

shaghool.ir

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۳

Line No.	T_o/T_p = 1			T_o/T_p = 1.5			T_o/T_p = 2			T_o/T_p = 3			T_o/T_p = 4			T_o/T_p = 6		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.26	.048	.005	.29	.028	.003	.30	.012	.001	.34	.004	.001	.36	.003	.000	.42	.002	.000
3	.52	.219	.030	.58	.190	.026	.60	.123	.016	.68	.088	.012	.72	.044	.007	.84	.021	.004
4	.78	.521	.101	.87	.450	.094	.90	.343	.068	1.02	.289	.059	1.08	.203	.040	1.26	.138	.029
5	1.04	.762	.224	1.16	.656	.212	1.20	.570	.169	1.36	.489	.157	1.44	.400	.120	1.68	.320	.100
6	1.30	.844	.378	1.45	.734	.360	1.50	.657	.304	1.70	.543	.286	1.80	.478	.237	2.10	.390	.210
7	1.56	.778	.533	1.74	.685	.511	1.80	.630	.447	2.04	.507	.418	2.16	.450	.360	2.52	.363	.327
8	1.82	.621	.668	2.03	.585	.646	2.10	.562	.578	2.38	.445	.537	2.52	.397	.473	2.94	.314	.432
9	2.08	.441	.769	2.32	.445	.756	2.40	.484	.694	2.72	.385	.641	2.88	.342	.572	3.36	.270	.522
10	2.34	.305	.841	2.61	.350	.841	2.70	.379	.789	3.06	.340	.732	3.24	.296	.656	3.78	.232	.600
11	2.60	.214	.891	2.90	.199	.899	3.00	.267	.861	3.40	.294	.811	3.60	.257	.730	4.20	.199	.667
12	2.86	.149	.925	3.19	.132	.934	3.30	.177	.910	3.74	.223	.876	3.96	.234	.795	4.62	.174	.725
13	3.12	.103	.949	3.48	.089	.958	3.60	.116	.942	4.08	.149	.922	4.32	.210	.855	5.04	.155	.776
14	3.38	.070	.966	3.77	.057	.973	3.90	.076	.964	4.42	.096	.953	4.68	.169	.905	5.46	.144	.822
15	3.64	.048	.977	4.06	.038	.983	4.20	.050	.977	4.76	.056	.972	5.04	.111	.942	5.88	.137	.866
16	3.90	.034	.985	4.35	.025	.990	4.50	.033	.987	5.10	.033	.983	5.40	.067	.966	6.30	.127	.907
17	4.16	.024	.991	4.64	.015	.994	4.80	.020	.992	5.44	.019	.990	5.76	.037	.980	6.72	.101	.942
18	4.42	.016	.995	4.93	.008	.997	5.10	.011	.996	5.78	.013	.994	6.12	.022	.988	7.14	.063	.968
19	4.68	.010	.997	5.22	.005	.998	5.40	.006	.998	6.12	.008	.996	6.48	.014	.993	7.56	.033	.983
20	4.94	.006	.999	5.51	.003	.999	5.70	.004	.999	6.46	.004	.998	6.84	.008	.995	7.98	.018	.991
21	5.20	.003	1.000	5.80	.002	1.000	6.00	.002	1.000	6.80	.003	.999	7.20	.006	.997	8.40	.010	.995
22	5.46	.001	1.000	6.09	.001	1.000	6.30	.001	1.000	7.14	.002	.999	7.56	.004	.999	8.82	.005	.997
23	5.72	0	1.000	6.38	0	1.000	6.60	0	1.000	7.48	.001	1.000	7.92	.002	.999	9.24	.003	.998
24										7.82	0	1.000	8.28	.001	1.000	9.66	.002	.999
25													8.64	0	1.000	10.08	.001	1.000
26																10.50		1.000
27																10.92	0	1.000
28																		

Line No.	T_o/T_p = 10			T_o/T_p = 16			T_o/T_p =25			T_o/T_p = 36			T_o/T_p = 50			T_o/T_p = 75		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.54	.001	.000	.90	.002	.001	1.23	.002	.001	1.62	.002	.001	2.25	.0008	.001	3.25	.0009	.001
3	1.08	.008	.002	1.80	.016	.007	2.46	.009	.006	3.24	.006	.006	4.50	.0070	.007	6.50	.0057	.009
4	1.62	.069	.017	2.70	.122	.053	3.69	.073	.043	4.86	.047	.037	6.75	.0474	.052	9.75	.0289	.051
5	2.16	.231	.077	3.60	.230	.170	4.92	.173	.154	6.48	.130	.143	9.00	.0972	.173	13.00	.0667	.166
6	2.70	.303	.184	4.50	.185	.308	6.15	.132	.291	8.10	.097	.277	11.25	.0642	.307	16.25	.0445	.299
7	3.24	.269	.298	5.40	.139	.415	7.38	.096	.394	9.72	.069	.376	13.50	.0460	.399	19.50	.0317	.391
8	3.78	.223	.396	6.30	.113	.499	8.61	.076	.471	11.34	.052	.448	15.75	.0375	.469	22.75	.0257	.460
9	4.32	.188	.478	7.20	.094	.568	9.84	.064	.534	12.96	.045	.505	18.00	.0322	.527	26.00	.0219	.517
10	4.86	.159	.548	8.10	.081	.626	11.07	.055	.588	14.58	.041	.551	20.25	.0285	.577	29.25	.0195	.567
11	5.40	.139	.607	9.00	.072	.677	12.30	.050	.635	16.20	.037	.603	22.50	.0258	.622	32.50	.0176	.612
12	5.94	.122	.659	9.90	.064	.722	13.53	.046	.678	17.82	.034	.645	24.75	.0239	.664	35.75	.0160	.652
13	6.48	.108	.705	10.80	.057	.762	14.76	.042	.718	19.44	.031	.683	27.00	.0219	.702	39.00	.0147	.689
14	7.02	.097	.746	11.70	.053	.799	15.99	.038	.754	21.06	.028	.719	29.25	.0201	.737	42.25	.0136	.723
15	7.56	.089	.783	12.60	.050	.833	17.22	.035	.787	22.68	.025	.750	31.50	.0185	.769	45.50	.0127	.755
16	8.10	.081	.817	13.50	.049	.866	18.45	.033	.818	24.30	.024	.779	33.75	.0173	.799	48.75	.0118	.784
17	8.64	.078	.849	14.40	.048	.898	19.68	.032	.947	25.92	.024	.808	36.00	.0165	.829	52.00	.0113	.812
18	9.18	.077	.880	15.30	.047	.930	20.91	.031	.875	27.54	.024	.836	38.25	.0162	.854	55.25	.0109	.839
19	9.72	.077	.911	16.20	.046	.961	22.14	.031	.903	29.16	.024	.865	40.50	.0159	.881	58.50	.0107	.865
20	10.26	.075	.941	17.10	.024	.984	23.37	.031	.931	30.78	.023	.893	42.75	.0156	.907	61.75	.0105	.890
21	10.80	.055	.967	18.00	.006	.994	24.60	.031	.959	32.40	.023	.920	45.00	.0153	.933	65.00	.0103	.915
22	11.34	.030	.984	18.90	.004	.997	25.83	.025	.984	34.02	.023	.947	47.25	.0150	.958	68.25	.0101	.940
23	11.88	.012	.992	19.80	.002	.999	27.06	.004	.997	35.64	.023	.974	49.50	.0147	.983	71.50	.0099	.964
24	12.42	.006	.996	20.70	0	1.000	28.29	.001	1.000	37.26	.007	.992	51.75	.0028	.998	74.75	.0097	.988
25	12.96	.004	.998				29.52	0	1.000	38.88	.003	.998	54.00	0	1.000	78.00	.0003	1.000
26	13.50	.002	.999							40.50	0	1.000				81.25	0	1.000
27	14.04	.001	1.000															
28	14.58	0	1.000															

shaghool.ir

ادامه جدول ۴-۴- الف- گروه هیدروگراف شماره ۴

Line No.	T_o/T_p = 1			T_o/T_p = 1.5			T_o/T_p = 2			T_o/T_p = 3			T_o/T_p = 4			T_o/T_p = 6		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.28	.051	.005	.28	.038	.004	.32	.031	.004	.28	.018	.002	.40	.023	.03	.40	.014	.002
3	.56	.220	.033	.56	.166	.025	.64	.173	.028	.56	.086	.013	.80	.143	.028	.80	.088	.017
4	.84	.490	.107	.84	.360	.079	.96	.360	.091	.84	.200	.042	1.20	.272	.089	1.20	.191	.058
5	1.12	.738	.234	1.12	.551	.174	1.28	.494	.191	1.12	.311	.095	1.60	.326	.177	1.60	.244	.122
6	1.40	.830	.397	1.40	.651	.298	1.60	.555	.315	1.40	.386	.167	2.00	.340	.276	2.00	.250	.195
7	1.68	.751	.560	1.68	.686	.436	1.92	.567	.447	1.68	.415	.250	2.40	.337	.376	2.40	.246	.268
8	1.96	.573	.697	1.96	.650	.575	2.24	.555	.580	1.96	.422	.337	2.80	.323	.473	2.80	.240	.340
9	2.24	.392	.797	2.24	.543	.698	2.56	.490	.703	2.24	.417	.424	3.20	.306	.566	3.20	.233	.410
10	2.52	.259	.865	2.52	.392	.795	2.88	.370	.805	2.52	.402	.509	3.60	.293	.654	3.60	.223	.477
11	2.80	.174	.910	2.80	.267	.863	3.20	.242	.877	2.80	.394	.591	4.00	.286	.740	4.00	.212	.541
12	3.08	.118	.940	3.08	.180	.909	3.52	.150	.923	3.08	.387	.672	4.40	.266	.821	4.40	.202	.602
13	3.36	.079	.960	3.36	.120	.940	3.84	.098	.952	3.36	.363	.750	4.80	.197	.890	4.80	.194	.660
14	3.64	.053	.974	3.64	.081	.961	4.16	.063	.971	3.64	.316	.820	5.20	.122	.937	5.20	.189	.717
15	3.92	.036	.983	3.92	.055	.975	4.48	.038	.983	3.92	.236	.877	5.60	.067	.965	5.60	.187	.772
16	4.20	.025	.990	4.20	.036	.984	4.80	.024	.991	4.20	.164	.919	6.00	.036	.980	6.00	.185	.827
17	4.48	.017	.994	4.48	.024	.991	5.12	.013	.995	4.48	.108	.947	6.40	.021	.988	6.40	.175	.880
18	4.76	.011	.997	4.76	.015	.995	5.44	.008	.997	4.76	.073	.966	6.80	.013	.993	6.80	.131	.925
19	5.04	.006	.999	5.04	.009	.997	5.76	.004	.999	5.04	.047	.978	7.20	.008	.996	7.20	.080	.956
20	5.32	.003	.999	5.32	.005	.999	6.08	.002	.999	5.32	.030	.986	7.60	.005	.998	7.60	.046	.975
21	5.60	.001	1.000	5.60	.003	.999	6.40	.001	1.000	5.60	.020	.991	8.00	.002	.999	8.00	.027	.985
22	5.88	0	1.000	5.88	.001	1.000	6.72	0	1.000	5.88	.013	.995	8.40	.001	1.000	8.40	.016	.992
23				6.16	0	1.000				6.16	.008	.997	8.80	0	1.000	8.80	.009	.995
24										6.44	.005	.998				9.20	.005	.997
25										6.72	.003	.999				9.60	.003	.999
26										7.00	.002	1.000				10.00	.002	.999
27										7.28	.001	1.000				10.40	.001	1.000
28										7.56		1.000				10.80	0	1.000
29										7.84	0	1.000						

Line No.	T_o/T_p = 10			T_o/T_p = 16			T_o/T_p =25			T_o/T_p = 36			T_o/T_p = 50		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.50	.015	.003	.62	.015	.003	1.02	.025	.009	1.50	.0306	.017	2.00	.0277	.020
3	1.00	.079	.020	1.24	.064	.022	2.04	.070	.045	3.00	.0575	.066	4.00	.0464	.075
4	1.50	.151	.062	1.86	.112	.062	3.06	.092	.106	4.50	.0672	.135	6.00	.0435	.141
5	2.00	.177	.122	2.48	.128	.117	4.08	.082	.170	6.00	.0492	.199	8.00	.0378	.201
6	2.50	.170	.186	3.10	.119	.173	5.10	.068	.227	7.50	.0433	.251	10.00	.0335	.254
7	3.00	.159	.247	3.72	.105	.225	6.12	.062	.276	9.00	.0418	.298	12.00	.0307	.301
8	3.50	.152	.304	4.34	.097	.271	7.14	.059	.321	10.50	.0408	.344	14.00	.0291	.345
9	4.00	.146	.358	4.96	.094	.315	8.16	.056	.365	12.00	.0400	.388	16.00	.0282	.388
10	4.50	.141	.411	5.58	.091	.357	9.18	.055	.407	13.50	.0391	.432	18.00	.0274	.429
11	5.00	.136	.462	6.20	.089	.398	10.20	.054	.448	15.00	.0382	.475	20.00	.0266	.468
12	5.50	.131	.511	6.82	.087	.438	11.22	.053	.488	16.50	.0371	.517	22.00	.0258	.507
13	6.00	.126	.558	7.44	.085	.478	12.24	.052	.528	18.00	.0358	.557	24.00	.0250	.544
14	6.50	.121	.604	8.06	.082	.516	13.26	.050	.566	19.50	.0341	.596	26.00	.0242	.581
15	7.00	.116	.647	8.68	.079	.553	14.28	.049	.603	21.00	.0319	.632	28.00	.0234	.616
16	7.50	.112	.689	9.30	.076	.588	15.30	.047	.639	22.50	.0308	.667	30.00	.0230	.650
17	8.00	.112	.730	9.92	.074	.623	16.32	.046	.674	24.00	.0306	.701	32.00	.0229	.683
18	8.50	.111	.771	10.54	.072	.656	17.34	.045	.709	25.50	.0306	.735	34.00	.0227	.718
19	9.00	.111	.812	11.16	.071	.689	18.36	.044	.742	27.00	.0306	.769	36.00	.0226	.751
20	9.50	.110	.852	11.78	.070	.721	19.38	.044	.775	28.50	.0306	.803	38.00	.0225	.784
21	10.00	.110	.893	12.40	.069	.753	20.40	.044	.809	30.00	.0306	.837	40.00	.0224	.817
22	10.50	.100	.931	13.02	.069	.785	21.42	.044	.842	31.50	.0306	.871	42.00	.0222	.850
23	11.00	.065	.962	13.64	.069	.816	22.44	.044	.875	33.00	.0306	.905	44.00	.0221	.883
24	11.50	.033	.980	14.26	.069	.848	23.46	.044	.908	34.50	.0306	.939	46.00	.0219	.915
25	12.00	.025	.990	14.88	.069	.879	24.48	.044	.941	36.00	.0306	.973	48.00	.0219	.948
26	12.50	.007	.996	15.50	.069	.911	25.50	.039	.972	37.50	.0085	.994	50.00	.0217	.980
27	13.00	.004	.998	16.12	.068	.942	26.52	.012	.992	39.00	.0009	1.000	52.00	.0029	.998
28	13.50	.002	.999	16.74	.053	.970	27.54	.004	.998	40.50	0	1.000	54.00	0	1.000
29	14.00	.001	1.000	17.36	.023	.987	28.56	.001	1.000						
30	14.50	0	1.000	17.98	.009	.995	29.58	0	1.000						
31				18.60	.004	.998									
32				19.22	.002	.999									
33				19.84	.001	1.000									
34				20.46	0	1.000									

shaghool.ir

ادامه جدول ۴-۴- الف-گروه هیدروگراف شماره ۵

Line No.	T_o/T_p = 1			T_o/T_p = 1.5			T_o/T_p = 2			T_o/T_p = 3			T_o/T_p = 4			T_o/T_p = 6		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.26	.021	.002	.25	.013	.001	.25	.010	.001	.34	.010	.001	.36	.010	.001	.52	.015	.003
3	.52	.106	.014	.50	.065	.008	.50	.048	.006	.68	.068	.011	.72	.053	.010	1.04	.070	.019
4	.78	.289	.052	.75	.173	.030	.75	.127	.022	1.02	.150	.039	1.08	.124	.033	1.56	.130	.057
5	1.04	.530	.131	1.00	.306	.075	1.00	.227	.055	1.36	.229	.086	1.44	.181	.074	2.08	.159	.112
6	1.30	.740	.254	1.25	.434	.143	1.25	.318	.106	1.70	.283	.151	1.80	.220	.127	2.60	.172	.176
7	1.56	.848	.407	1.50	.562	.235	1.50	.389	.171	2.04	.315	.226	2.16	.243	.189	3.12	.178	.242
8	1.82	.767	.563	1.75	.680	.350	1.75	.448	.248	2.38	.339	.308	2.52	.256	.255	3.64	.182	.311
9	2.08	.590	.693	2.00	.737	.481	2.00	.523	.338	2.72	.378	.399	2.88	.263	.325	4.16	.183	.381
10	2.34	.406	.789	2.25	.673	.611	2.25	.609	.443	3.06	.459	.504	3.24	.273	.396	4.68	.184	.451
11	2.60	.279	.855	2.50	.530	.722	2.50	.642	.558	3.40	.509	.626	3.60	.308	.473	5.20	.218	.527
12	2.86	.193	.901	2.75	.381	.806	2.75	.576	.671	3.74	.446	.746	3.96	.380	.565	5.72	.285	.623
13	3.12	.134	.933	3.00	.262	.866	3.00	.450	.766	4.08	.310	.841	4.32	.427	.672	6.24	.324	.740
14	3.38	.092	.954	3.25	.185	.907	3.25	.322	.837	4.42	.190	.904	4.68	.377	.779	6.76	.267	.852
15	3.64	.065	.969	3.50	.129	.936	3.50	.222	.888	4.76	.117	.943	5.04	.260	.864	7.28	.133	.929
16	3.90	.044	.980	3.75	.090	.956	3.75	.156	.923	5.10	.069	.966	5.40	.155	.919	7.80	.064	.966
17	4.16	.030	.987	4.00	.063	.970	4.00	.109	.947	5.44	.040	.980	5.76	.094	.953	8.32	.029	.984
18	4.42	.021	.992	4.25	.045	.980	4.25	.075	.964	5.78	.025	.988	6.12	.055	.972	8.84	.016	.993
19	4.68	.015	.995	4.50	.031	.987	4.50	.053	.976	6.12	.016	.993	6.48	.032	.984	9.36	.007	.997
20	4.94	.009	.998	4.75	.022	.992	4.75	.037	.984	6.46	.009	.997	6.84	.019	.991	9.88	.003	.999
21	5.20	.005	.999	5.00	.014	.995	5.00	.025	.990	6.80	.005	.998	7.20	.012	.995	10.40	.001	1.000
22	5.46	.002	1.000	5.25	.009	.998	5.25	.017	.994	7.14	.003	.999	7.56	.007	.997	10.92	0	1.000
23	5.72	0	1.000	5.50	.005	.999	5.50	.011	.996	7.48	.001	1.000	7.92	.004	.999			
24				5.75	.003	1.000	5.75	.007	.998	7.82	0	1.000	8.28	.002	1.000			
25				6.00	.001	1.000	6.00	.004	.999				8.64	0	1.000			
26				6.25	0	1.000	6.25	.002	1.000									
27							6.50	.001	1.000									
28							6.75	0	1.000									
29																		

Line No.	T_o/T_p = 10			T_o/T_p = 16			T_o/T_p =25			T_o/T_p = 36			T_o/T_p = 50		
	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q	t/T_p	q_c/q_p	Q_t/Q
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	.67	.013	.003	.80	.008	.002	1.25	.015	.007	1.50	.0195	.011	2.00	.0167	.012
3	1.34	.061	.022	1.60	.046	.018	2.50	.039	.032	3.00	.0275	.037	4.00	.0204	.040
4	2.01	.091	.059	2.40	.060	.050	3.75	.043	.070	4.50	.0294	.068	6.00	.0214	.071
5	2.68	.102	.107	3.20	.065	.087	5.00	.044	.110	6.00	.0300	.101	8.00	.0216	.102
6	3.35	.107	.159	4.00	.067	.126	6.25	.044	.151	7.50	.0301	.135	10.00	.0216	.134
7	4.02	.110	.213	4.80	.067	.166	7.50	.044	.191	9.00	.0301	.168	12.00	.0216	.166
8	4.69	.111	.268	5.60	.068	.206	8.75	.044	.232	10.50	.0301	.202	14.00	.0216	.198
9	5.36	.111	.323	6.40	.068	.246	10.00	.044	.273	12.00	.0301	.235	16.00	.0216	.230
10	6.03	.112	.378	7.20	.068	.286	11.25	.044	.314	13.50	.0301	.268	18.00	.0216	.262
11	6.70	.112	.434	8.00	.068	.327	12.50	.044	.354	15.00	.0301	.302	20.00	.0216	.294
12	7.37	.112	.490	8.80	.068	.367	13.75	.044	.395	16.50	.0301	.335	22.00	.0216	.326
13	8.04	.116	.546	9.60	.068	.407	15.00	.044	.436	18.00	.0301	.369	24.00	.0216	.358
14	8.71	.160	.615	10.40	.068	.448	16.25	.044	.476	19.50	.0301	.402	26.00	.0216	.390
15	9.38	.198	.704	11.20	.068	.488	17.50	.044	.517	21.00	.0301	.435	28.00	.0216	.422
16	10.05	.212	.805	12.00	.068	.528	18.75	.045	.558	22.50	.0301	.469	30.00	.0216	.454
17	10.72	.168	.900	12.80	.086	.574	20.00	.067	.610	24.00	.0311	.503	32.00	.0217	.486
18	11.39	.074	.960	13.60	.121	.636	21.25	.083	.679	25.50	.0364	.540	34.00	.0243	.520
19	12.06	.027	.985	14.40	.133	.711	22.50	.087	.758	27.00	.0425	.584	36.00	.0287	.559
20	12.73	.010	.994	15.20	.136	.791	23.75	.087	.839	28.50	.0480	.634	38.00	.0329	.604
21	13.40	.005	.998	16.00	.137	.872	25.00	.088	.920	30.00	.0525	.690	40.00	.0363	.656
22	14.07	.002	1.000	16.80	.098	.941	26.25	.035	.976	31.50	.0561	.750	42.00	.0391	.721
23	14.74	0	1.000	17.60	.033	.980	27.50	.006	.995	33.00	.0584	.814	44.00	.0411	.771
24				18.40	.012	.995	28.75	.002	.999	34.50	.0598	.879	46.00	.0423	.832
25				19.20	.004	.998	30.00	0	1.000	36.00	.0603	.946	48.00	.0430	.895
26				20.00	.001	1.000				37.50	.0167	.989	50.00	.0433	.959
27				20.80	0	1.000				39.00	.0018	.999	52.00	.0058	.995
28										40.50	0	1.000	54.00	.0002	1.000
29													56.00	0	1.000
30															

shaghool.ir

ادامه جدول ۴-۴- ب- بازنگری T0/Tp براساس منحنی‌های در دسترس

Hydrograph Family	T0/Tp											
	1	1.5	2	3	4	6	10	16	25	36	50	75
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

۴-۶-۲-۱- شماره منحنی جریان سطحی (CN)

روش scs مشتمل است برانتخاب یک رگبار و محاسبه جریان سطحی مستقیم به‌وسیله کاربرد منحنی‌هایی که محصول مطالعات صحرایی روی تعدادی از جریان‌های سطحی اندازه‌گیری شده در میان ترکیبات مختلف پوشش خاک است. یک شماره منحنی جریان سطحی[1] از جدول (۴-۵) استخراج می‌شود. انتخاب CN بستگی به شرایط قبلی و نوع پوشش دارد. خاک‌ها براساس معیارهای زیر به طبقه A, B, C یا D تقسیم می‌شوند. (گروه هیدرولوژیکی خاک‌ها براساس پوشش گیاهی، شیب و بافت خاک نیز قابل تعیین است).

جدول ۴-۵- مشخصات گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌ها

گروه	شدت نفوذ $\frac{cm}{hr}$	نوع خاک
A	۷/۵-۱۱/۶	ماسه عمیق، لوس عمیق، سیلت دانه‌ای
B	۳/۸-۷/۵	لوس کم عمق، لوم ماسه‌ای
C	۱/۳-۳/۸	لوم رسی، لوم شنی سطحی، خاک‌های دارای مواد ارگانیک کم و یا دارای رس نسبتا زیاد
D	<۱/۳	خاک‌هایی که زیاد متورم می‌شوند، رس با خاصیت خمیری بالا، خاک‌های شور مخصوص

برای حوزه آبخیزی که از زمین‌ها و انواع خاک گوناگون تشکیل شده است. CN با ترکیب وزنی به‌دست می‌آید. مثلا اگر ۸۰ درصد یک حوزه آبخیزداری $CN = 75$ و ۲۰ درصد باقی‌مانده دارای $CN = 100$ باشد، برای کل حوزه CN وزنی عبارتست از:

$$CN = 0.80 \times 75 + 0.20 \times 100 = 80$$

شماره منحنی‌های جدول (۴-۶) برای شرایط رطوبتی قبلی متوسط به‌کار می‌رود. دیگر شرایط رطوبتی قبلی AMC (Antecedent moisture conditions) عبارتند از:

AMCI - خاک خشک است ولی هنوز به نقطه پژمردگی نرسیده و کارهای زراعتی رضایت‌بخشی برروی آن انجام شده است. این حالت در این متن برای محاسبه سیلاب طرح به‌کار نمی‌رود).

AMCII - حالت متوسطی است که قبل از وقوع سیلاب‌های حداکثر سالانه در غالب حوزه‌ها دیده می‌شود.

1- Runoff Curve Number

shaghool.ir

AMCIII - باران شدید و یا باران ملایم همراه با دمای پایین در طول ۵ روز قبل از وقوع رگبار اتفاق افتاده و خاک تقریبا اشباع است.

جدول (۴-۶) CNها را برای حالت II نشان می‌دهد. برای تبدیل این شماره‌ها به حالات I و III از جدول (۴-۶) استفاده می‌شود.

جدول ۴-۶- شرایط رطوبتی در III, II, I

شماره منحنی برای شرایط II	شماره منحنی برای شرایط	
	I	III
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۹۵	۸۷	۹۹
۹۰	۷۸	۹۸
۸۵	۷۰	۹۷
۸۰	۶۳	۹۴
۷۵	۵۷	۹۱
۶۵	۴۵	۸۳
۶۰	۴۰	۷۹
۵۵	۳۵	۷۵
۵۰	۳۱	۷۰
۴۵	۲۷	۶۵
۴۰	۲۳	۶۰
۳۵	۱۹	۵۵
۳۰	۱۵	۵۰
۲۵	۱۲	۴۵
۲۰	۹	۳۹
۱۵	۷	۳۳
۱۰	۴	۲۶
۵	۲	۱۷

۴-۶-۳- تعیین دبی طراحی با استفاده آمار دبی حداکثر لحظه ای رودخانه‌ای که قرار است بند مشبک در آن احداث شود.

اگر امکان تعیین رابطه بین مساحت حوزه و دبی حداکثر لحظه‌ای در حوزه مذکور وجود داشته باشد. دبی طراحی با دقت مناسبی قابل تعیین خواهد بود.

shaghool.ir

۴-۶-۴- محاسبه دبی طراحی با استفاده از آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوزه‌های آبخیز مشابه مجاور

در این روش با استفاده از آمار موجود ایستگاه معرف و یا آمار مجموعه‌ای از ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه و تعیین توزیع آماری مورد قبول (توزیع آماری که بهترین برازش را با آمارهای مورد بررسی داشته باشد)، دبی سیلابی طراحی برای دوره برگشت‌های مختلف محاسبه می‌گردد. معمولا فرمول‌های نهایی محاسبه سیل در این‌گونه بررسی‌ها براساس دبی سیلابی - مساحت حوزه و یا دبی ویژه سیل خواهد بود.

۴-۶-۵- محاسبه دبی طراحی از رابطه فولر

رابطه اصلی فولر به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Q_{maqx} = C.A^{0.80}(1+\beta \log T)$$

$$Q_p = Q_{max}(1+2.66A^{-0.3})$$

که در آن:

Q_{max} - حداکثر دبی میانگین ۲۴ ساعته در دوره بازگشت مورد نظر برحسب m^3/sec

Qp - دبی حداکثر لحظه ای در دوره بازگشت مورد نظر برحسب m^3/sec

اگر رابطه فولر براساس آمار موجود ایستگاه‌های حوزه مورد مطالعه و یا حوزه‌های آبخیز مشابه کالیبره شود، این رابطه کاربرد وسیعی در حوزه‌های فاقد آمار مشابه خواهد داشت. جهت اطلاعات بیش‌تر به پیوست شماره یک مراجعه شود.

۴-۶-۶- محاسبه دبی طراحی از دیگر روش‌ها

- روش کریگر (creager)

$$q = 46C.A^{(0.894_A - 0.048)}$$

$$Q = 46C.A^{(0.894A - 0.048)}$$

که:

q- دبی ویژه حداکثر حوزه مورد نظر برحسب $ft^3/sec/mil^2$ (فوت مکعب برثانیه برمایل مربع)

Q- دبی حداکثر سیلاب برحسب ft^3/sec (فوت مکعب برثانیه)

A- مساحت حوزه آبخیز مورد نظر برحسب mil^2 (مایل مربع)

C- ضریبی است که حداکثر آن ۲۰۰ است.

لازم به ذکر است این فرمول نیاز به کالیبره شدن داشته و مانند رابطه فولر، پس از کالبیره شدن قابلیت استفاده در حوزه مورد بررسی (نقاط مختلف آن حوزه) و حوزه‌های فاقد آمار مشابه را دارد.

shaghool.ir

از دیگر روش‌ها می‌توان به فرمول دیکن ($Q = C.A^{0.75}$) نیز اشاره داشت. اما در مجموع به نظر می‌رسد در حوزه‌های فاقد آمار استفاده از رابطه فولر راحت‌تر و دقیق‌تر از دیگر فرمول‌ها و روابط تجربی است زیرا عامل دوره برگشت را نیز در محاسبات وارد می‌سازد.

۴-۶-۷- محاسبه ارتفاع آب روی سرریز

الف- اگر سرریز بند مشبک مستطیلی باشد، ارتفاع آب روی سرریز از فرمول‌های زیر قابل محاسبه است:

$$Q = \mu \lg(zo - fg)\sqrt{2g(zo - fg)} \qquad (۱-۴)$$

$$Q_{m3/sec} = 1.84 L_m He_m^{3/2} \qquad (۲-۴)$$

ب- اگر سرریز مشبک ذوزنقه‌ای باشد، ارتفاع آب روی سرریز از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$Q = \frac{2}{15} \times C \times \sqrt{2g}(3Bl + 2B2) \times hl^{3/2}$$

* B1 بایستی حداقل 3m باشد.

ج- اگر سرریز قوسی باشد، ارتفاع آب روی سرریز از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$Q = C.L_e He^{3/2}$$

۴-۶-۸- محاسبه دبی حداکثر جریان واریزه‌ای

فرمول‌ها و روابط تجربی مرتبط با جریان معمولی سیلاب‌ها در صفحات قبل تشریح شد اما مشکلی که برای متخصصان هیدرولوژیست و طراحان سازه‌های آبی وجود دارد عدم کالبیره شدن اکثریت قریب به اتفاق این فرمول‌ها (که در محاسبه سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند) با شرایط موجود در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه است. مهم‌ترین کاری که در این نشریه و جهت رفع معضل فوق‌الذکر توصیه می‌گردد استفاده از فرمول تجربی محاسبه جریان واریزه‌ای است که براساس تحقیقات انجام شده در حوزه‌های آبخیز ژاپن نتیجه شده است:

$$Q = (1 + 0.5) \times Q'$$

Q' - دبی سیلابی طراحی با دوره برگشت مورد نظر برحسب m^3/sec یا t^3/sec

Q- دبی حداکثر جریان واریزه‌ای با دوره برگشت مورد نظر برحسب m^3/sec یا ft^3/sec

- محاسبه پارامترهای ویژه جریان‌های واریزه‌ای

پارامترهای ویژه جریان‌های واریزه‌ای می‌توانند به‌شرح زیر محاسبه شوند:

الف- دبی حداکثر جریان واریزه‌ای

$$Q_{sp} = \frac{C_o}{C_o - C_d} \times Q'$$

shaghool.ir

که در آن:

Q_{sp} - دبی حداکثر جریان واریزه‌ای برحسب m^3 / sec

Q'- دبی سیلابی طراحی برحسب m^3 / sec

C_0 - غلظت حجمی رسوب برجای گذاشته شده (حدود ۰/۶۰)

C_d - غلظت حجمی جریان واریزه‌ای (حدود ۰/۹۰)

وقتی شیب بستر رودخانه بیش از ۲۰ درجه باشد، غلظت جریان واریزه‌ای می‌تواند از فرمول زیر محاسبه گردد.

$$C_d = \frac{\rho tg\theta}{(\delta - \rho)(tg\phi - tg\theta)}$$

که در آن:

δ - وزن مخصوص رسوبات (حدود $25.5\ kn / m^3$)

ρ - وزن مخصوص آب (حدود $11.8\ kn / m^3$)

ϕ - زاویه اصطکاک داخلی رسوبات برجای گذاشته شده (حدود ۴۰-۳۰ درجه)

θ - شیب بستر رودخانه (آبراهه) برحسب درجه

تبصره: اگر مقدار محاسباتی c_d بیش از ۰/۹ co گردد، c_d می‌تواند برابر ۰/۹co انتخاب شود و اگر مقدار محاسباتی c_d کم‌تر از ۰/۳۰ گردد، مقدار c_d می‌تواند برابر ۰/۳۰ انتخاب شود.

۴-۶-۹- تعیین مقدار ارتفاع آزاد سرریز

برای تعیین ارتفاع آزاد (Free board) طراحان آبخیزداری عمدتا مقداری کم‌تر از 30 cm را مدنظر قرار داده‌اند. اما در صفحه ۱۵۵ هیدرولیک کاربردی (مرجع ۷)

(عمق جریان کانال) $= y(I)$ $\qquad F.b = (5\% - 30\%)y$

ذکر شده است.

۴-۶-۹-۱- عمق آزاد در کانال‌های فرسایشی

(II) براساس پیشنهاد U.S.B.R

برای کانال‌های کوچک و کم عمق: $\qquad F.b = 0.3\ m$

برای کانال‌های بزرگ تا ظرفیت $85\ m^3 / sec$ $\qquad F.b = 1.2\ m$

(III) $\qquad F.b = 0.552\sqrt{cy}$

$Q = 0.57 m^{3/sec} \Rightarrow c - 1.5$

$Q = 85 m^{3/sec} \Rightarrow c = 2.5$

shaghool.ir

y و f.b برحسب متر هستند.

البته برای کانال پوشش‌دار با $Q = 100\ m^3/sec$ نمودار صفحه ۱۴۶ مرجع ۷، مقدار f.b را حدود 1.2 m نشان می‌دهد.

$$F.b = 2 + 0.025V\sqrt[3]{d} \qquad (IV)$$

f.b پیشنهادی مرجع ۷ برای کانال روباز با جریان فوق بحرانی $Yn = d$

V از فرمول مانینگ یا فرمول‌های مشابه به‌دست می آید.

(VI) مقدار f.b در سیستم متریک که در مرجع ۱ ارائه شده است.

$$F.b = 0.6 + 0.037 + V\sqrt[3]{d}$$

نهایتا ژاپنی‌ها مقدار پیشنهادی f.b را به ازای دبی‌های سیل و شیب بستر مختلف به شرح زیر جدول‌های (۴-۷) و (۴-۸) پیشنهاد نموده‌اند که با توجه به فرمول‌های بالا قابل قبول به‌نظر می‌رسد.

روش (استاندارد) ژاپن برای تعیین مقدار ارتفاع آزاد (f.b):

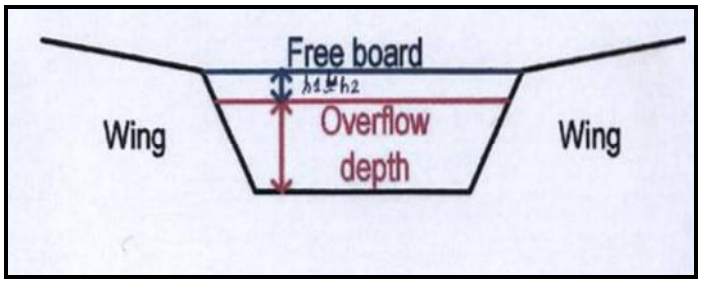
هر کدام از مقدار ha و یا h2 که بزرگ‌تر باشند به‌عنوان f.b توصیه می‌شوند.

جدول ۴-۷- مقدار f.b برحسب دبی طراحی

h1	دبی طراحی
0.6m	کم‌تر از $200m^3/s$
0.8m	$200m^3/s$ تا $500m^3/s$
1.0m	بیش از $500m^3/s$

جدول ۴-۸- مقدار f.b برحسب شیب بستر

نسبت f.b به ارتفاع آب روی سرریز	شیب بستر
0.50	More than 1.10
0.40	1.10 to 1.30
0.30	1.30 to 1.50
0.25	1.50 to 1.70
0.20	1.70 to 1.100
0.10	1.100 to 1.200



۴-۶-۱۰- تعیین ارتفاع کل سرریز

ارتفاع کل سرریز در بندهای مشبک مانند بندهای غیرمشبک به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{ارتفاع کل سرریز} = (Ho + ha + f.b)$$

shaghool.ir

Ho- ارتفاع آب روی سرریز- که با توجه به نوع سرریز از فرمول مربوطه تعیین می‌شود.

Ha- ارتفاع ناشی از سرعت آب در بالای سرریز که از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$ha = \frac{q^2}{2g(p + H_0)^2}$$

F.b- که از جدول بالا برحسب شرایط Q_{pd} و شیب بستر تعیین می‌شود.

p - ارتفاع بند

۴-۶-۱۱- طول تاج سرریز

عوامل متعددی در تعیین طول تاج سرریز دخالت دارند:

۱- هزینه احداث سرریز

۲- هزینه جابه‌جایی تاسیسات عمومی (راه، خط لوله، زمین زراعی و ...)

۳- هزینه احداث حوضچه آرامش و تمهیدات حفاظتی پایین‌دست

۴- هزینه دستک‌ها و گوشواره‌ها

۵- عوامل محدود کننده در منطقه (نیاز قطعی برای استفاده حداکثر از عرض رودخانه و در نتیجه کاهش ارتفاع آب روی سرریز باشد)

نهایتا اینکه اقتصادی‌ترین طول تاج سرریز بایستی مدنظر باشد، یعنی با هزینه بهینه و رعایت نکات ایمنی مطابقت داشته باشد (ضمنا با توجه به رعایت مسایل زیست‌محیطی تخلیه سریع مصالح و چوب‌آلات بالادست بندهای مشبک لازم است، در غیراین‌صورت پیش بینی fish lader (پلکان ماهی رو) در بدنه بند ضرروی است که قسمتی از طول رودخانه را به خود اختصاص خواهد داد).

- سیلاب طراحی پروژه و دوره برگشت مدنظر در طرح

استفاده از شش هشتم (۶/۸) عرض رودخانه می‌تواند ملاک اولیه طراح برای انتخاب طول تاج سرریز باشد. اما نهایتا طول تاج انتخاب شده باید با عرصه تطبیق داده شده و تایید گردد.

۴-۶-۱۲- طراحی حوضچه آرامش

از آن‌جا که بعضی از بندهای مشبک (مانند نکا، کاظم رود و ...) با توجه به مسدود شدن سوراخ‌های شبکه در هنگام وقوع جریان واریزه‌ای عملا به‌عنوان یک سرریز ریزشی آزاد عمل می‌کنند لذا همواره آب سرریز شده در پایین‌دست با نقطه ریزش زاویه‌ای خواهد ساخت که حداکثر آن حدود ۴۰°-۴۵° می‌باشد. در مراجع ۱۸، ۱ و ۷ نمودار و روابط تجربی با دقت خوبی ارائه شده است، که محاسبات هیدرولیکی حوضچه آرامش بندهای قائم با سرریز ریزش آزاد را آسان نموده است. در مرجع ۵ محاسبه مقدار L با استفاده از رابطه زیر امکان‌پذیر می‌باشد.

shaghool.ir

$$x = L_1 = \sqrt{2(zg - fg)(zg + f3)}$$

x = L1 - طول ریزش آب (m)

Zg- کد تراز آب تاج سرریز

Fg- کد تاج سرریز

F3- کد کف بستر حوضچه آرامش

یا

$$x = L1 = \sqrt{2(He) \times (p + He)}$$

که:

He- ارتفاع آب روی سرریز

P- ارتفاع مفید بند

بنابراین در این بندها طول کف‌بند شامل L1 و Lj خواهد بود. اگر نوع و طول حوضچه آرامش با استفاده از y1 محاسبه شده در صفحات بعد و Le (طول سرریز)، V1 و Fr تعیین گردد بردقت محاسبات خواهد افزود.

لازم به ذکر است که بند نیمه مشبک نیرنگ، بند مشبک غاز محله کردکوی و هم‌چنین بند مشبک نوکنده دارای سرریز قوسی می‌باشند که محاسبات آن‌ها متفاوت خواهد بود.

۴-۶-۱۳- طراحی حوضچه آرامش برای سرریزهای OGEE (قوسی)

هرگاه لازم باشد که قبل از ورود جریان آب به رودخانه، انرژی آن مستهلک گردد، می‌توان از حوضچه‌های پرش هیدرولیکی به‌عنوان یک وسیله موثر که سرعت جریان راتا حد قابل قبولی کاهش می‌دهد استفاده نمود.

به‌عنوان مثال، آب پس از عبور از روی سرریزها، به‌علت تبدیل انرژی پتانسیل به جنبشی، دارای انرژی جنبشی عظیمی می‌گردد که در صورت عدم اتخاذ تدابیری جهت استهلاک آن فرسایش وسیعی در پای بند و کمی دورتر از آن اتفاق می‌افتد. این تدابیر به‌عنوان مستهلک کننده‌های انرژی[1] یا حوضچه‌های آرامش[2] شناخته می‌شوند. به‌طورکلی، انرژی جنبشی چنین جریان فوق بحرانی به‌دو طریق مستهلک می‌شود:

۱- با تبدیل جریان فوق بحرانی به زیر بحرانی، با استفاده از جهش آبی

۲- با هدایت جریان آب به‌داخل هوا و سپس پرتاب کردن آن در جایی دورتر از پای سازه. در این‌صورت انرژی با هوادهی جت و برخورد آب با بستر رودخانه مستهلک می‌گردد.

1- Energy Dissipators
2- Stilling Basins

shaghool.ir

در حالت اخیر گرچه مقداری فرسایش ایجاد می‌شود ولی با توجه به کم بودن مقدار آن و دور بودن محل فرسایش از سد، خطری متوجه بند نمی‌گردد. مستهلک کننده‌های جامی شکل براین اساس عمل می‌کنند.

۴-۶-۱۳-۱- رابطه بین عمق جهش آبی، سطح ایستایی و شدت جریان

یکی از موضوعات اصلی و اساسی در طرح حوضچه‌های آرامش تعیین رابطه عمق جهش آبی، سطح ایستایی و شدت جریان است و در واقع می‌توان گفت با در دست داشتن این روابط نوع حوضچه آرامش و وضعیت جهش معلوم و مشخص می‌گردد.

در طرح حوضچه‌های آرامش، به‌عنوان یک سیستم تلف کننده انرژی باید صور زیر را در رابطه بین عمق جهش آبی، سطح ایستایی و شدت جریان در نظر گرفت.

۴-۶-۱۳-۲- چگونگی وضعیت جهش آبی

به‌طورکلی پرش هیدرولیکی وقتی تشکیل می‌شود که جریان فوق بحرانی بخواهد به جریان زیر بحرانی تبدیل شود. معمولا در پای سرریزها و زیر دریچه‌ها جریان فوق بحرانی بوده و ترکیب زبری و شیب پایین‌دست رودخانه‌ها یا کانال‌ها طوری است که در عمق نرمال جریان زیر بحرانی است لذا در این حالت جهش آبی به‌وجود می‌آید.

شکل (۴-۱۱) جریان در پایین‌دست یک دریچه را نشان می‌دهد، وقتی که عمق T.W[1]، مساوی عمق ثانویه‌ای است که براساس عمق آب در تنگ‌شدگی ونا[2] به‌دست آمده باشد. در این حالت جهش در مقطع تنگ‌شدگی ونا تشکیل می‌شود. شکل (۴-۱۱- الف) اگر عمق T.W، h'_2 کم‌تر از h2 باشد. شکل (۴-۱۱- ب)، جهش به‌صورت منحنی M_3 (یا H_3) می‌شود. طول منحنی M_3 طوری است که h'_1 عمق متناوب h'_2 باشد. جهش با این خصوصیات جهش آزاد[3] نامیده می‌شود.

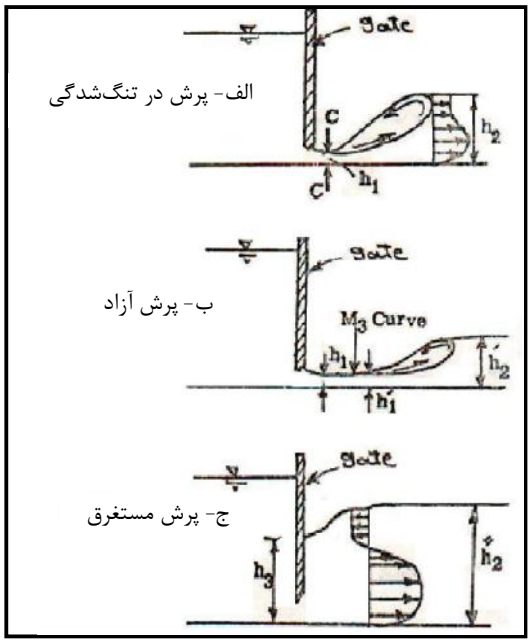
جهش‌های به‌دست آمده در اعمال h_2 و h'_2 چنین خصوصیتی دارند که جریان عبوری از دریچه به‌وسیله پرش تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد، به‌عبارت دیگر جریان آزاد بوده و جهش‌های به‌دست آمده در این حالت جهش‌های آزاد[4] نامیده می‌شوند.

وقتی عمق ثانویه h''_2 بیش از h2 باشد، پرش دیگر آزاد نبوده و مطابق شکل (۴-۱۱- ج) مستغرق می‌شود.

این چنین جهش‌هایی، جهش مستغرق[5] نامیده می‌شوند. میزان اتلاف نرژی در جهش آبی مستغرق کم‌تر از جهش آزاد است:

1- Tail Water
2- Vena Contraction
3- Repelled Down
4- Free Jump
5- Drowned (submerged) Jump

shaghool.ir



شکل ۴-۱۱- پرش آزاد و مستغرق جریان

۴-۶-۱۳-۳- چگونگی وضعیت پایاب

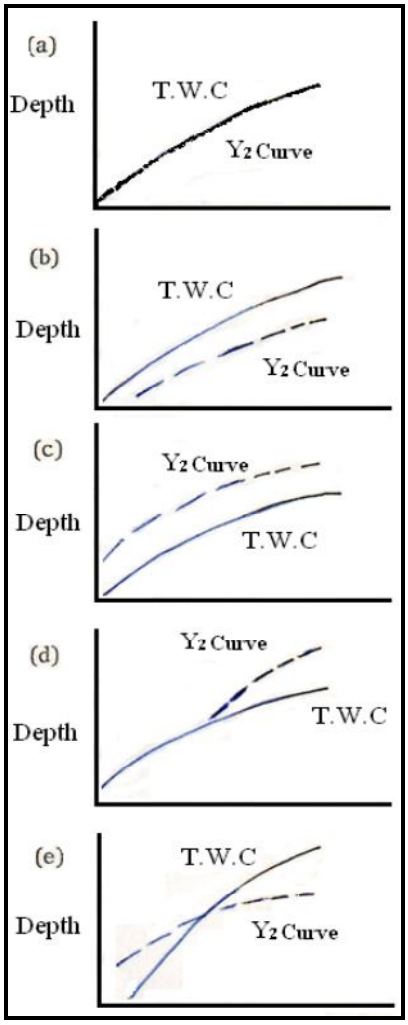
به‌طوری‌که گفته خواهد شد جهش آبی در یک کانال مستطیلی افقی وقتی می‌تواند تشکیل شود که رابطه زیر بین اعماق y_1 (قبل از جهش) و y_2 (بعد از جهش) وجود داشته باشد:

$$y_2 = \frac{-y_1}{2} + \sqrt{\frac{2q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{2}} \qquad (۴-۳)$$

که در این رابطه، q شدت جریان است.

برای دبی با شدت معین که از روی سرریز عبور می‌کند، عمق y_1 مساوی با q / v_1 بوده و v_1 که با پارامتر H_1 تعیین می‌شود برابر با $\sqrt{2gH_1}$ می‌باشد.

shaghool.ir



شکل ۴-۱۲- وضعیت T.W و y_2 نسبت به یکدیگر

بنابراین، برای دبی با شدت معین و ارتفاع مشخص سرریز، y_1 ثابت و در نتیجه y_2 نیز ثابت است. اما دسترسی به عمقی معادل y_2 در کانال پایین‌دست با توجه به تراز پایاب که به‌نوبه خود به ابعاد هیدرولیکی و شیب کانال رودخانه بستگی دارد، تضمین شده نیست. لذا باید قبل از یافتن هر گونه راه‌حلی مساله را تحلیل نمود. برای دبی‌های مختلف، عمق پایاب با اندازه‌گیری دبی واقعی و یا انجام محاسبات هیدرولیکی قابل حصول است. هم‌چنین عمق ثانویه (y_2) برای تمامی دبی‌های مورد نظر، از رابطه $Q = 0.552C.LeHe^{3/2}$ و محاسبه y1 و fr، قابل تعیین است.

حال اگر نمودار بین q و عمق پایاب رسم شود. نمودار حاصله منحنی پایاب (T.W.C) نامیده می‌شود. به‌طور مشابه، اگر منحنی دیگری روی همان نمودار بین q و y_2 رسم شود. منحنی حاصله منحنی ارتفاع پرش (J.H.C) یا منحنی y_2 خوانده می‌شود.

اکنون «۵» حالت امکان‌پذیر است:

الف- برای تمامی دبی‌ها T.W.C برمنحنی y_2 منطبق است. شکل (۴-۱۲-a)

ب- برای تمامی دبی‌ها T.W.C در بالای منحنی y_2 قرار می‌گیرد. شکل (۴-۱۲-b)

shaghool.ir

ج- برای تمامی دبی‌ها T.W.C در زیر منحنی y_2 واقع می‌شود. شکل (۴-۱۲- c)

د- T.W.C برای دبی‌های کم‌تر در بالا و برای دبی‌های بیش‌تر در زیر منحنی y_2 قرار می‌گیرد.

هـ- T.W.C برای دبی‌های کم‌تر در زیر و برای دبی‌های بیش‌تر در بالای منحنی y_2 قرار می‌گیرد.

برحسب موقعیت‌های نسبی T.W.C و منحنی y_2، تدابیر لازم برای استهلاک انرژی در زیر سرریز برای تمامی حالت‌های ۵ گانه فوق به‌شرح زیر است:

- استهلاک انرژی برای حالت الف

وقتی برای تمامی دبی‌ها T.W.C برمنحنی y_2 منطبق است در این‌صورت برای تمامی دبی‌ها جهش آبی در پای سرریز تشکیل می‌شود. معمولا در چنین حالتی مطابق شکل (۴-۱۳-a) یک کف بند[1] بتنی ساده با طول $5(y_2 - y_1)$ جهت حفاظت لازم در محدوده جهش آبی کافی است.

- استهلاک انرژی برای حالت ب

وقتی برای تمامی دبی‌ها T.W.C در زیر منحنی y_2 قرار می‌گیرد در این حالت، وقتی y_2 همیشه زیر عمق پایاب است جهش تشکیل شده در پای سرریز توسط پایاب به عقب رانده شده و تنها مقدار کمی انرژی مستهلک می‌شود.

مساله فوق بدین صورت قابل حل است:

۱- احداث یک کف‌بند شیب‌دار در بالای تراز بستر رودخانه مطابق شکل (۴-۱۳-b1) در این‌صورت جهش برروی کف‌بند شیب‌دار در محلی تشکیل می‌شود که عمق معادل y_2 (کم‌تر از عمق پایاب در پای سرریز) قابل حصول باشد. شیب کف‌بند به‌طریقی در نظر گرفته می‌شود که در هرنقطه کف‌بند و برای تمامی دبی‌ها شرایط صحیح جهش ظاهر گردد. در این حالت کمی بتن‌ریزی اضافی، مطابق شکل مورد نیاز است.

۲- راه حل دوم این مساله به‌شکل ایجاد مستهلک کننده انرژی از نوع Roller Bucket قابل ارائه است. این نوع مستهلک کننده در واقع یک کف‌بند است که مطابق شکل (۴-۱۳-b2) به‌صورت تیزی تغییر شکل یافته است. در این حالت دو جریان چرخشی[2] اصلی تشکیل می‌گردد که انرژی را با توجه به تلاطم داخلی مستهلک می‌سازد.

چرخش‌های تشکیل شده در پایین‌دست Bucket تمایل به حرکت دادن مواد فرسایش یافته به سمت بند دارند، لذا با این عمل از فرسایش جدی در پای‌بند جلوگیری می‌شود. گاهی ممکن است به‌علت چرخش‌های بالادست مواد فرسایش

1- Apron
2- Roller

shaghool.ir

یافته به‌داخل باکت وارد شوند و موجب سایش شدید گردند. در این‌صورت با به‌کار بردن یک لبه جام دندانه‌دار (Dentated Bucket Lip) می‌توان عمل برداشت مواد برده شده به‌درون باکت را تسهیل نمود.

- استهلاک انرژی برای حالت ج

۱- اگر پایاب کوتاه باشد، آب می‌تواند بدون اثر زیان‌آوری از بالای باکت پرتاب شده و در فاصله‌ای از پایین‌دست آن فرود آید. این باکت، باکت جهش اسکی[۱] نامیده شده و جهت استهلاک انرژی در حالت «ج» به‌کار می‌رود. به‌عبارت دیگر این نوع مستهلک کننده انرژی وقتی به‌کار برده می‌شود که عمق پایاب برای تمامی دبی‌ها کوتاه و یا غیرکافی باشد.

مستهلک کننده انرژی از نوع باکت جهش اسکی نیاز به بستر سالم[۲] و سنگی دارد، زیرا قسمتی از استهلاک انرژی به‌وسیله عمل ضربه[۳] صورت می‌گیرد، گرچه مقداری از آن نیز به‌وسیله عمل پخشیدگی[۴] و هوادهی[۵] در هوا مستهلک می‌شود. (شکل ۴-۱۴-C1)

۲- راه‌حل دوم مساله به‌کار بردن یک کف‌بند شیب‌دار نظیر حالت (b) ولی در زیر بستر رودخانه، مطابق شکل (۴-۱۴-C2) است. همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود عمق لازم y_2 که از عمق T.W بزرگ‌تر است با تشکیل جهش در این کف‌بند، قابل حصول است.

۳- راه‌حل سوم این مساله می‌تواند احداث یک «وابند»۶ در پایین‌دست سد اصلی باشد. با این عمل عمق پایاب افزایش یافته و در نتیجه مطابق شکل (۴-۱۴-C3) جهش آبی در پای سد اصلی تشکیل می‌گردد.

۴- اگر عمق پایاب به‌حد کافی‌کوتاه باشد، یک دیواره آرام کننده یا یک ردیف بلوک اصطکاکی[۶] جهت استهلاک باقی‌مانده انرژی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. معمولا دیواره‌های آرام کننده تحت جت‌های با سرعت زیاد با توجه به اثرات خلاء زایی تخریب شده و لذا تنها برای سرریزها مناسبند. این دیواره‌ها باید به‌قدر کافی در مقابل ضربات یخ و اشیاء شناور مقاوم باشند. محل، شکل، اندازه و فاصله بین دیواره‌ها یا بلوک‌های مزبور را می‌توان به بهترین وجهی با مطالعه مدل تعیین نمود.

- استهلاک انرژی برای حالت د

1- Skt Jump
2- Sound
3- Impact
4- Diffugion
5- Aeration
6- Friction Blocks

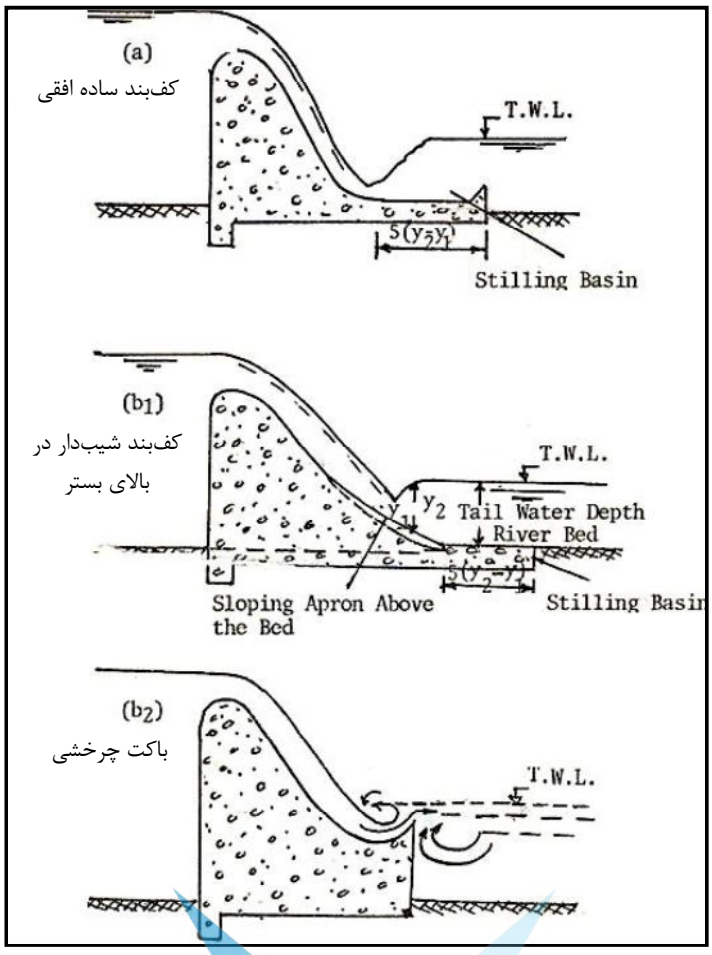
shaghool.ir

وقتی T.W.C برای دبی‌های کم در بالا و برای دبی‌های زیاد در زیر منحنی y_2 قرار می‌گیرد در این حالت در مورد دبی‌های پایین، جهش مستغرق شده و دبی‌های بالا، عمق پایاب کافی نخواهد بود.

راه‌حل این مساله مطابق شکل (۴-۱۴-d) قرار دادن یک کف‌بند شیب‌دار که قسمتی از آن در بالا و قسمت دیگر در پایین بستر رودخانه قرار می‌گیرد می‌باشد. در این حالت کف‌بند افقی و آستانه انتهایی (End Sill) نیز باید ایجاد گردد.

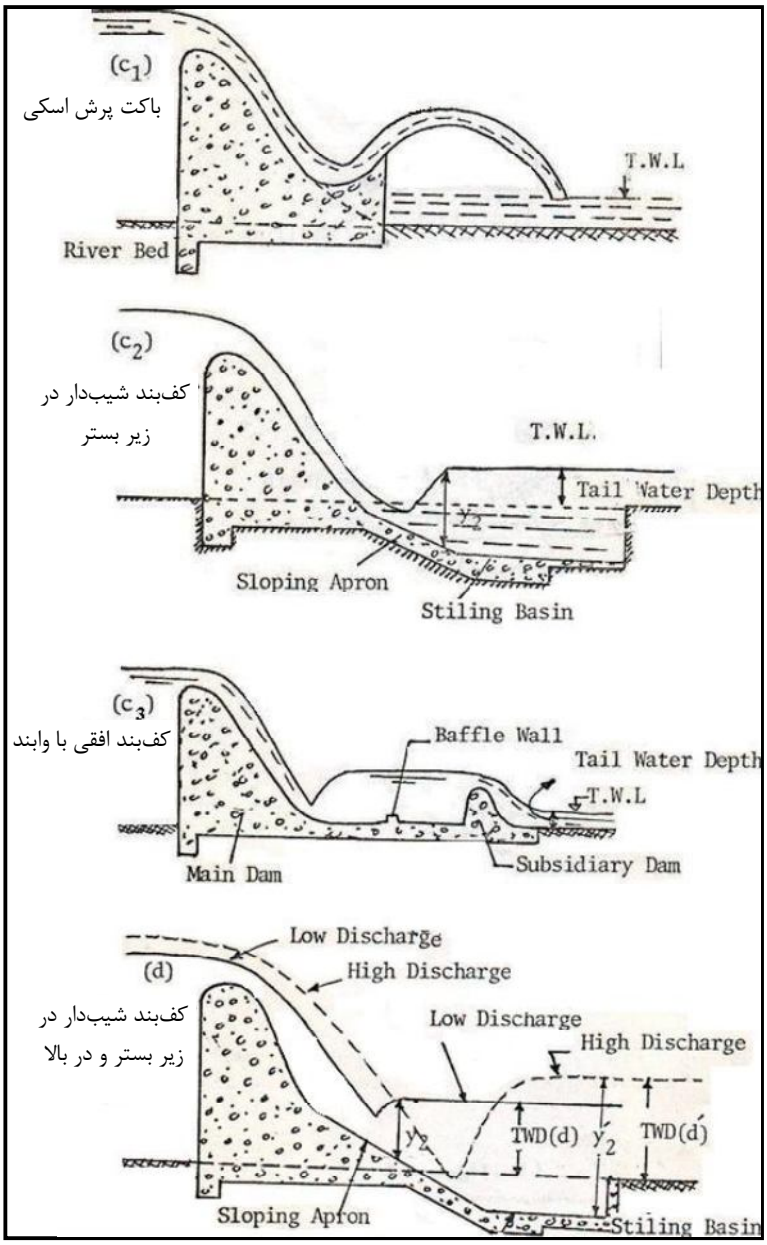
در دبی‌های کم، جهش برروی کف‌بند در بالای بستر رودخانه، جایی‌که عمق قابل حصول مساوی عمق لازم برای تشکیل جهش و کم‌تر از عمق T.W است، تشکیل می‌شود. به‌طور مشابه، در دبی‌های بالا، جهش برروی کف‌بند در زیر بستر رودخانه، جایی‌که عمق قابل حصول بیش‌تر از عمق T.W و مساوی عمق لازم برای تشکیل جهش است، تشکیل می‌گردد.

استهلاک انرژی برای حالت ه) وقتی عمق پایاب در دبی‌های کم کافی نبوده و در دبی‌های بالا بزرگ‌تر است. این حالت درست عکس حالت (د) است. به‌همان ترتیب که در حالت (د) توضیح داده شد می‌توان هدف را تامین نمود. تنها تفاوت این حالت با حالت قبلی در این موضوع خواهد بود که در دبی‌های کم، جهش برروی کف‌بند در زیر بستر تشکیل می‌گردد و در دبی‌های بالا جهش برروی کف‌بند در نقطه‌ای بالای بستر تشکیل می‌شود.



شکل ۴-۱۳- انواع توصیه فنی برای وضعیت‌های مختلف TW و y_2

shaghool.ir



شکل ۴-۱۴- انواع توصیه فنی برای وضعیت‌های مختلف TW و y2

۴-۶-۱۳-۴- رابطه جهش آبی در کانال‌های مستطیلی با شیب افقی

در صورتی‌که کف کانال افق باشد رابطه جهش آبی برای یک کانال با مقطع مربع مستطیل را می‌توان به‌شکل زیر از معادله ممنتم به‌دست آورد. مطابق شکل (۴-۱۵) می‌توان نوشت:

$$M_1 - M_2 = \frac{F}{\gamma} \qquad (۴-۴)$$

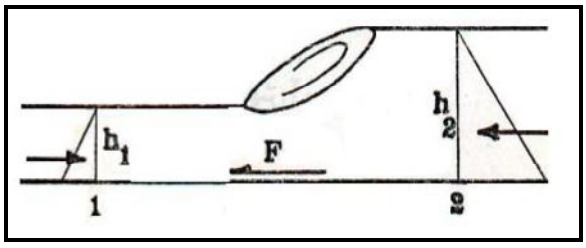
با صرف‌نظر کردن از اصطکاک و نوشتن معادله ممنتم در واحد عرض کانال $M_1 = M_2$

با جای‌گذاری مقادیر مربوط به‌رابطه زیر به‌دست می‌آوریم:

shaghool.ir

$$\frac{h2}{h1}=\frac{1}{2}(\sqrt{1+8Fr_1^2}-1) \qquad (۵-۴)$$

که در آن h_1 و h_2 عمق‌های جریان قبل و بعد از جهش می‌باشند. به این عمق‌ها، اعماق متناظر[1] یا ثانوی[2] گفته می‌شود، Fr_1 نیز عدد فرود قبل از جهش می‌باشد.



شکل ۴-۱۵- نحوه تشکیل جهش آبی

۴-۶-۱۳-۵- افت انرژی در جهش آبی

مقدار افت انرژی در جهش برای کانال‌های مستطیلی با شیب افقی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta E=E_1-E_2=\frac{(h_2-h_1)^3}{4h_1h_2} \qquad (۶-۴)$$

۴-۶-۱۳-۶- طبقه‌بندی انواع جهش براساس عدد فرود

جهش‌های آبی در مجاری مستطیلی با شیب افقی را می‌توان به کمک Fr_1 طبقه‌بندی نمود. این امر براساس مطالعات U.S.B.R انجام گرفته است.

۱- وقتی $Fr_1=1$ در این حالت جریان بحرانی بوده و جهش آبی تشکیل نمی‌شود.

۲- وقتی $1<Fr_1<1.7$، در این حالت سطح جریان آب به‌صورت موجی در می‌آید و این نوع جهش را جهش آبی موجی[3] می‌نامند.

۳- وقتی $1.7<Fr_1<2.5$، در این حالت در سطح آب یک‌سری موج‌های کوچک همراه با آشفتگی دیده می‌شود. اما در پایین‌دست، سطح آب صاف و معمول می‌باشد. جریان تقریبا یک‌نواخت و تلفات انرژی کم است. این نوع جهش را جهش آبی ضعیف[4] می‌نامند.

۴- وقتی $2.5<<Fr_1<4.5$، در این حالت جت‌های نوسان از قسمت پایین جهش به سطح و عقب جریان دیده می‌شود. این نوسانات، موج‌های بلند و غیرمنظم تولید می‌کنند که می‌توان آن‌ها را در کانال مشاهده کرد،

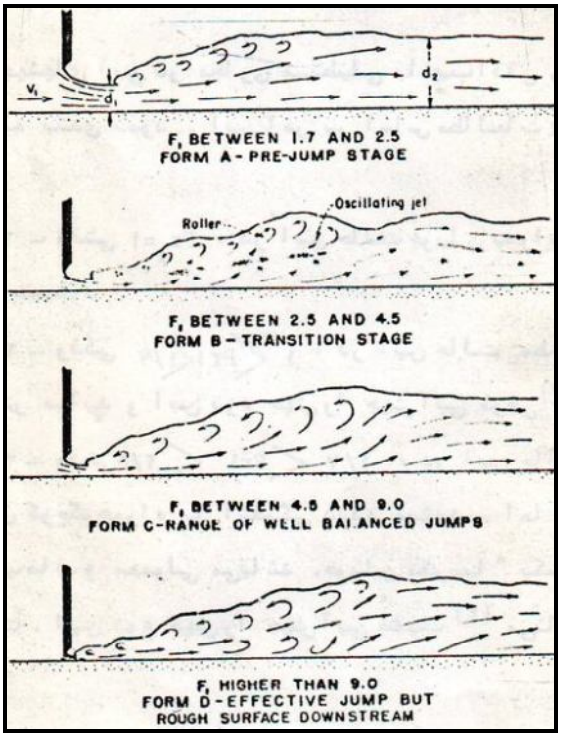
1- Conjugate Depth
2- Sequent Depth
3- Undular Jump
4- Weak Jump

shaghool.ir

موج‌های حاصل، در کانال‌های خاکی سبب فرسایش بستر می‌گردند. در این حالت طرز عمل جهش آبی به موقعیت پایاب[1] بستگی پیدا می‌کند. مقدار تلفات انرژی از ۴۵ تا ۷۰ درصد تغییر می‌کند. این نوع جهش را جهش آبی پایدار[2] می نامند.

۵- اگر $Fr1 \geq 9$ باشد، جت آب با سرعت زیاد وارد جریان پایین‌دست می‌گردد و باعث ایجاد موج‌های زیادی در آن ناحیه می‌شود. این نوع جهش آبی خیلی سخت و شدید عمل می‌کند. مقدار افت انرژی در این حالت تا ۸۵ درصد می‌رسد. این نوع جهش آبی را جهش شدید یا تند[3] می‌نامند.

شکل (۴-۱۶) انواع جهش آبی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۶- انواع جهش آبی

۴-۶-۱۳-۷- طول جهش

طرح صحیح حوضچه آرامش ایجاب می‌کند که تمام جهش برای هر دبی در حوضچه آرامش اتفاق افتد. این موضوع تنها وقتی امکان‌پذیر است که طول جهش قابل پیش‌بینی باشد.

1- Tail Water
2- Steady Jump
3- Strong Jump

shaghool.ir

برای تعیین طول جهش به‌علت مشخص نبودن دقیق محل انتهای آن، روابط تجربی موجود است. اداره عمران ایالات متحده آمریکا[1] رابطه زیر را جهت تعیین طول جهش پیشنهاد می‌نماید:

$$L_j = A(h_2 - h_1) \qquad (۴-۷)$$

براساس تحقیقات مختلفی که صورت گرفته مقدار A بین ۵ تا ۶/۹ تغییر می‌کند.

U.S.B.R آزمایشاتی را برروی انواع حوضچه‌های آرامش انجام داده است و براساس این آزمایشات و نتایج تجربی که از ساختمان‌های هیدرولیکی به‌دست آمده، طرح یک‌سری حوضچه آرامش را پیشنهاد کرده است.

- حوضچه آرامش نوع I

اگر $Fr1 < 2.5$ باشد از این نوع حوضچه که در آن هیچ نوع وسیله مستهلک کننده انرژی نظیر بلوک پای تند آب یا دیواره آرام کننده به‌کار برده نمی‌شود، استفاده می‌گردد. طرح این حوضچه‌ها بسیار ساده بوده و تنها لازمه آن تامین طول حوضچه است که نسبتا کوتاه می‌باشد. این طول را می‌توان از شکل (۴-۱۹) به‌دست آورد.

- حوضچه آرامش نوع II

حوضچه آرامش U.S.B.R نوع II به‌عنوان سازه کاهش انرژی سرریزهای سدهای بلند و خاکی و سازه‌های بزرگ در کانال‌ها طراحی شده است.

این حوضچه که در شکل (۴-۱۷) نمایش داده شده است برای اعداد فرود بزرگ‌تر از ۴ و سرعت ورودی بیش از ۱۵ متر برثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در حوضچه آرامش نوع II از بلوک‌های تند آب در ابتدای بالادست و آستانه دندانه‌ای در انتهای پایین‌دست حوضچه استفاده شده و به‌علت بالا بودن سرعت ورودی در جهش از هیچ دیواره آرام کننده‌ای استفاده نمی‌شود.

براساس نتایج به‌دست آمده از آزمایشات، خط پررنگ نشان‌داده شده در شکل (۴-۲۰) برای حوضچه نوع II حداقل نسبت عمق پایاب به D2 را مشخص می‌کند. اگر عمق پایاب کم‌تر از این مقدار در نظر گرفته شود جهش از حوضچه فرار می‌کند. حوضچه آرامش نوع II هیچ‌گاه نباید برای عمقی کم‌تر از عمق متناوب طراحی شده و حداقل ضریب اطمینانی معادل $0.05\,D2$ برای آن باید در نظر گرفته شود.

طول حوضچه نوع II را می‌توان از منحنی میانی شکل (۴-۱۹) به‌دست آورد.

1- U.S.B.R

shaghool.ir

- راهنمای محاسبات

با استفاده از شکل (۴-۲۳) می‌توان نسبت $\frac{VA}{VT}$ که نسبت سرعت واقعی به‌سرعت تئوری ورودی در ابتدای جهش است را به‌دست آورد. این شکل براساس آزمایشاتی که برروی نمونه واقعی[1] سدهای Grand, Shasta و Coulee انجام شده ترسیم گردیده است. شکل برای شیب‌های کم‌تر از ۱: ۰/۶ قابل استفاده نیست. زیرا مقاومت اصطکاکی اضافه شده در این محدوده اهمیت می‌یابد. در آن صورت لازم است که افت هیدرولیکی را که از مقطع gate آغاز می‌شود با دانستن مقدار عمق بحرانی تعیین نمود.

- حوضچه آرامش نوع III

حوضچه آرامش U.S.B.R نوع III که در شکل (۴-۱۸) نشان داده شده است، برای مقادیر عدد فرود ورودی بیش از ۴/۵ و سرعت ورودی کم‌تر از ۱۵ متر برثانیه کاربرد خوبی را نشان می‌دهد، از این نوع حوضچه در سازه‌های کانال، تخلیه کننده‌ها و سرریزهای کوچک استفاده می‌شود. طول این حوضچه معمولا برابر 2.75 D2 می‌باشد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای از طول حوضچه آرامش «SAF» بیش‌تر ولی برابر نصف طول جهش آبی آزاد می‌باشد.

طرزکار این حوضچه‌ها بدین‌ترتیب است که با استفاده از آستانه (آب پایه)[2]، بلوک‌های تند آب و دیواره آرام کننده، طول جهش و طول حوضچه تا ۶۰ درصد تقلیل می‌یابد. اما در حوضچه‌های آرامش «SAF» این کاهش به ۸۰ درصد می‌رسد، لذا نوع «ساف» به‌نوع USBR III از لحاظ اقتصادی رحجان دارد، اگرچه این نوع حوضچه‌ها نسبت به نوع «ساف از ضریب اطمینان بیش‌تری برخوردار هستند اما به‌علت احتمال شکستن بلوک‌های آرام کننده در اثر برخورد با اجسام شناور، توصیه می‌شود در مناطقی که احتمال حرکت سنگ و یا تنه درختان وجود دارد از این نوع حوضچه استفاده نشود.

- حوضچه آرامش نوع IV

وقتی عدد فرود ورودی بین ۲/۵ تا ۴/۵ باشد، جهش آبی واقعی شکل نمی‌گیرد. به‌همین دلیل این مرحله را حالت انتقال می‌گویند. هر گاه لازم باشد که انرژی جریانی با مشخصات فوق مستهلک شود می‌توان از حوضچه‌های آرامش نوع IV که در شکل (۴-۲۹) نشان داده شده است استفاده نمود. کاربرد این حوضچه‌ها نشان داده است که برای استهلاک قسمت عمده انرژی جریان نسبتا موثر می‌باشند. البته نمی‌توان امواجی را که توسط جریان نوسانی پیش‌روی می‌نماید به‌طورکامل مستهلک نمود. گاه لازم است که برای صاف نمودن سطح آب پایین‌دست از تاسیسات مستهلک کننده امواج استفاده شود.

1- Proto Type
2- Sill

shaghool.ir

برای کمک به مهار امواج و هم‌چنین به‌علت تمایل فرار جهش از حوضچه باید عمق آب حوضچه با احتساب ضریب اطمینانی از عمق متناظر محاسبه شده بیش‌تر باشد. غالب اوقات برای اجتناب از کاربرد چنین حوضچه‌هایی می‌توان ابعاد حوضچه را چنان انتخاب کرد که جریان از محدوده انتقال خارج شود. به‌عنوان مثال می‌توان عرض حوضچه را افزایش داد.

معیارهای طراحی حوضچه آرامش USBR IV به‌شرح زیر است:

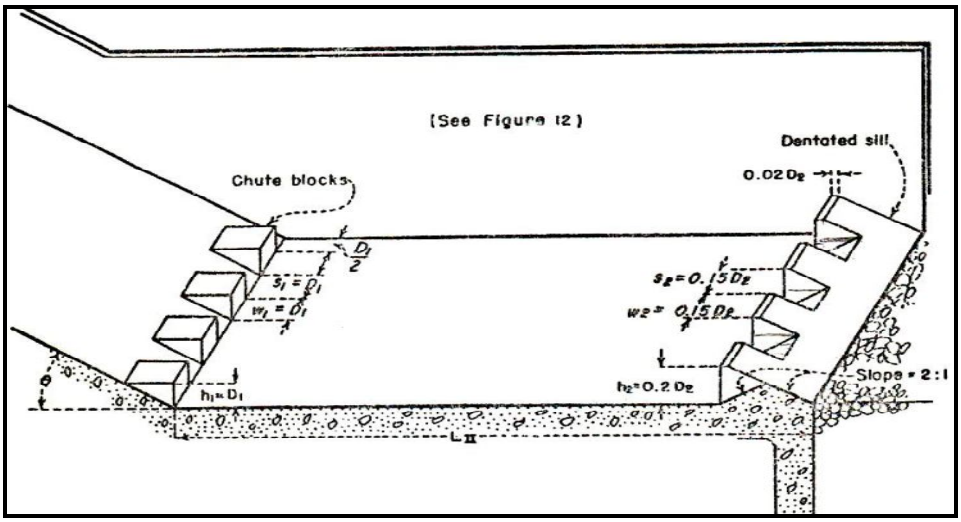
۱- این نوع حوضچه تنها به‌شکل مقاطع مستطیلی قابل اجرا هستند.

۲- عمق پایاب را ۵ تا ۱۰ درصد بیش‌تر از عمق ثانویه انتخاب می‌کنند.

۳- طول حوضچه آرامش را برای حالت جهش آبی در حوضچه‌های افقی بدون در نظر گرفتن ضمایم دیگر از منحنی بالایی شکل (۴-۱۹) به‌دست می آورند.

۴- مشخصات آستانه انتهایی استفاده شده در این نوع حوضچه نظیر حوضچه آرامش نوع III است.

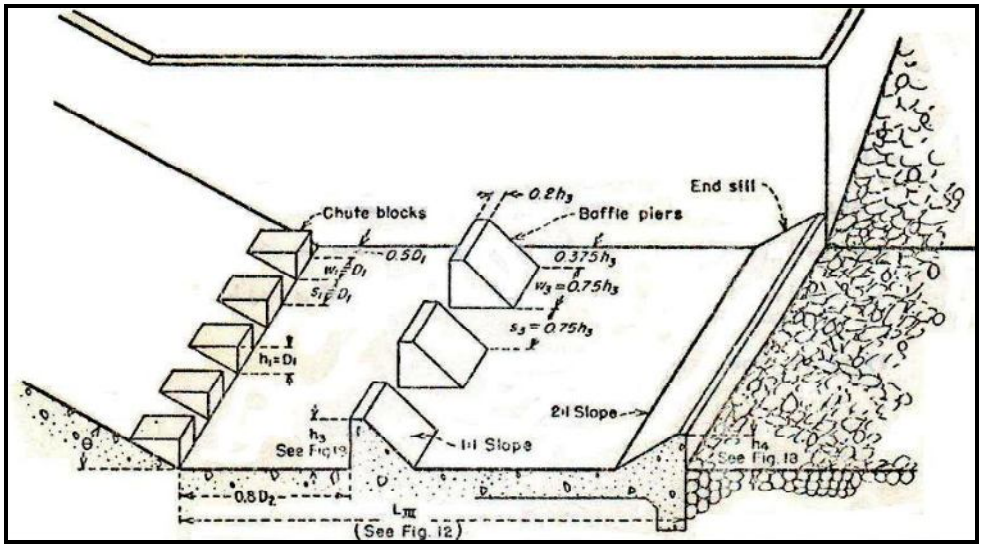
۵- تعداد بلوک‌های تند آب[1] در شکل (۴-۲۹) حداقل بلوک لازم در طرح است ولی ترجیح داده می‌شود که با باریک نمودن بلوک‌ها، به تعداد آن‌ها افزوده گردد. به‌عنوان مثال عرض بلوک‌ها را تا 0.75 D1 انتخاب می‌نمایند.



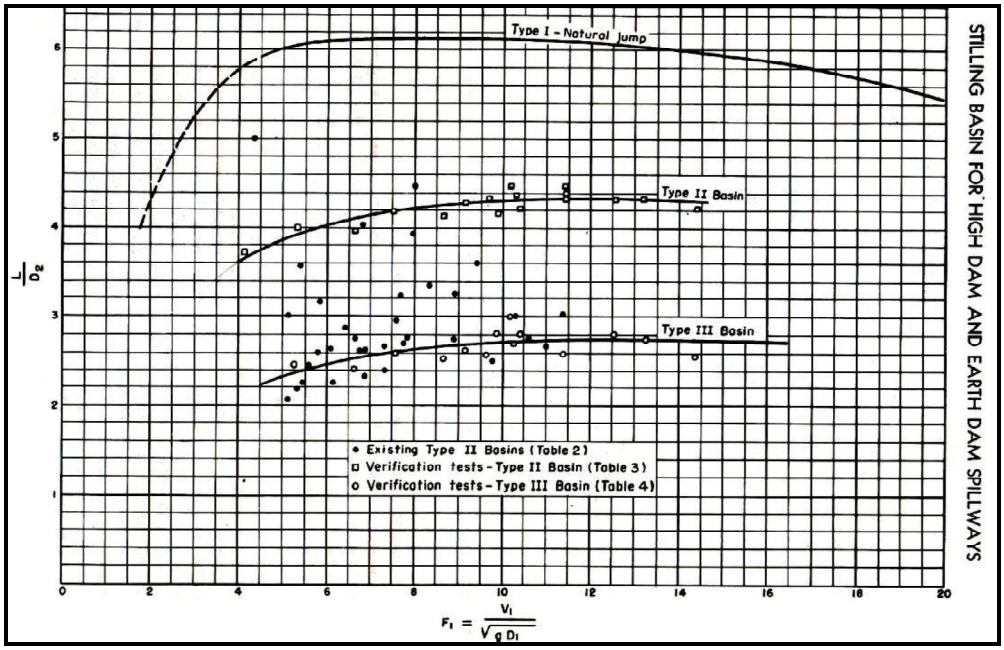
شکل ۴-۱۷- حوضچه آرامش نوع II (U.S.B.R)

1- Deflector Blocks

shaghool.ir

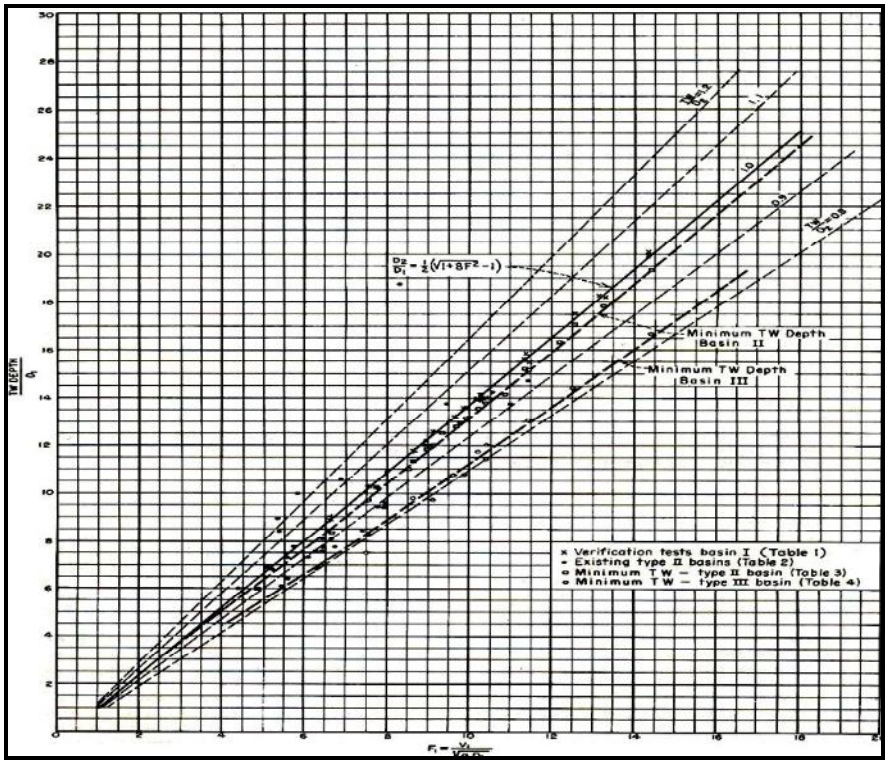


شکل ۴-۱۸- حوضچه آرامش نوع III (U.S.B.R)

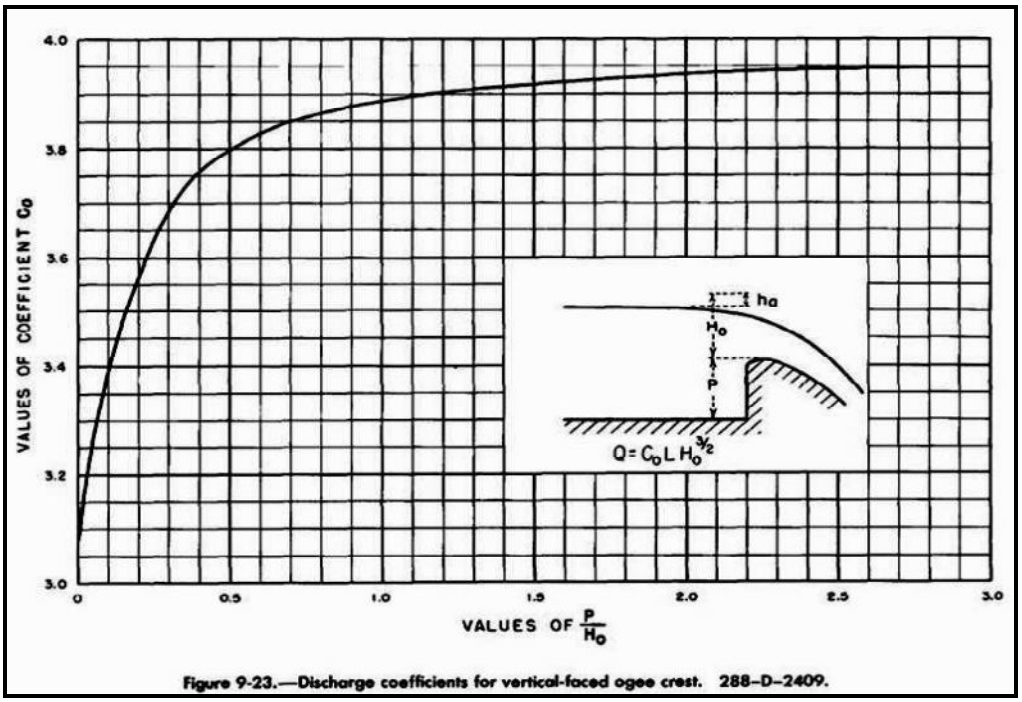


شکل ۴-۱۹- طول حوضچه آرامش در سطوح افقی

shaghool.ir

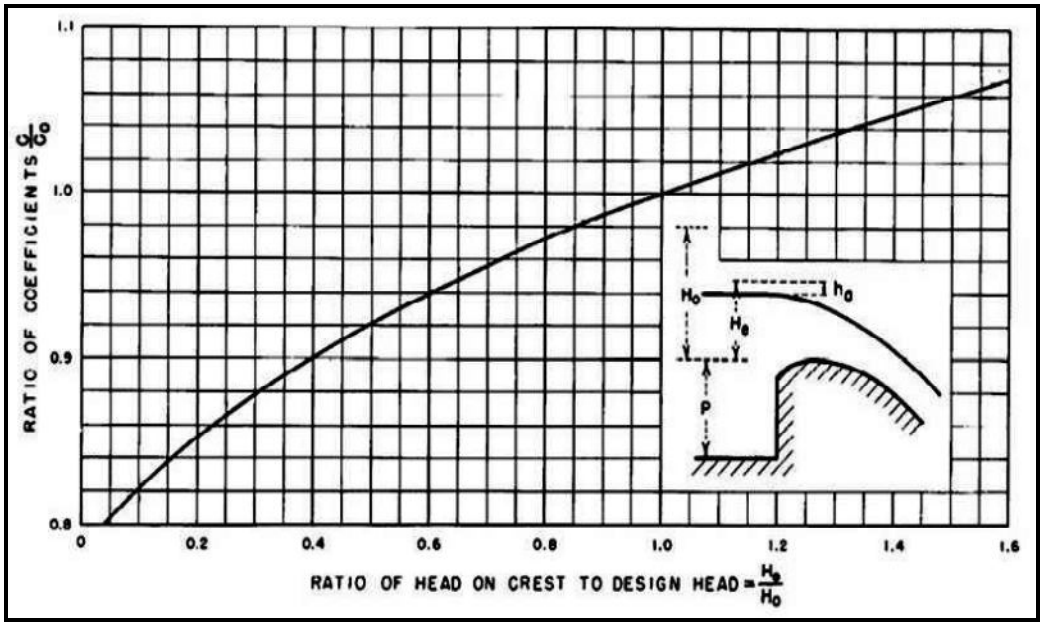


شکل ۴-۲۰- حداقل عمق جریان پایین‌دست بند

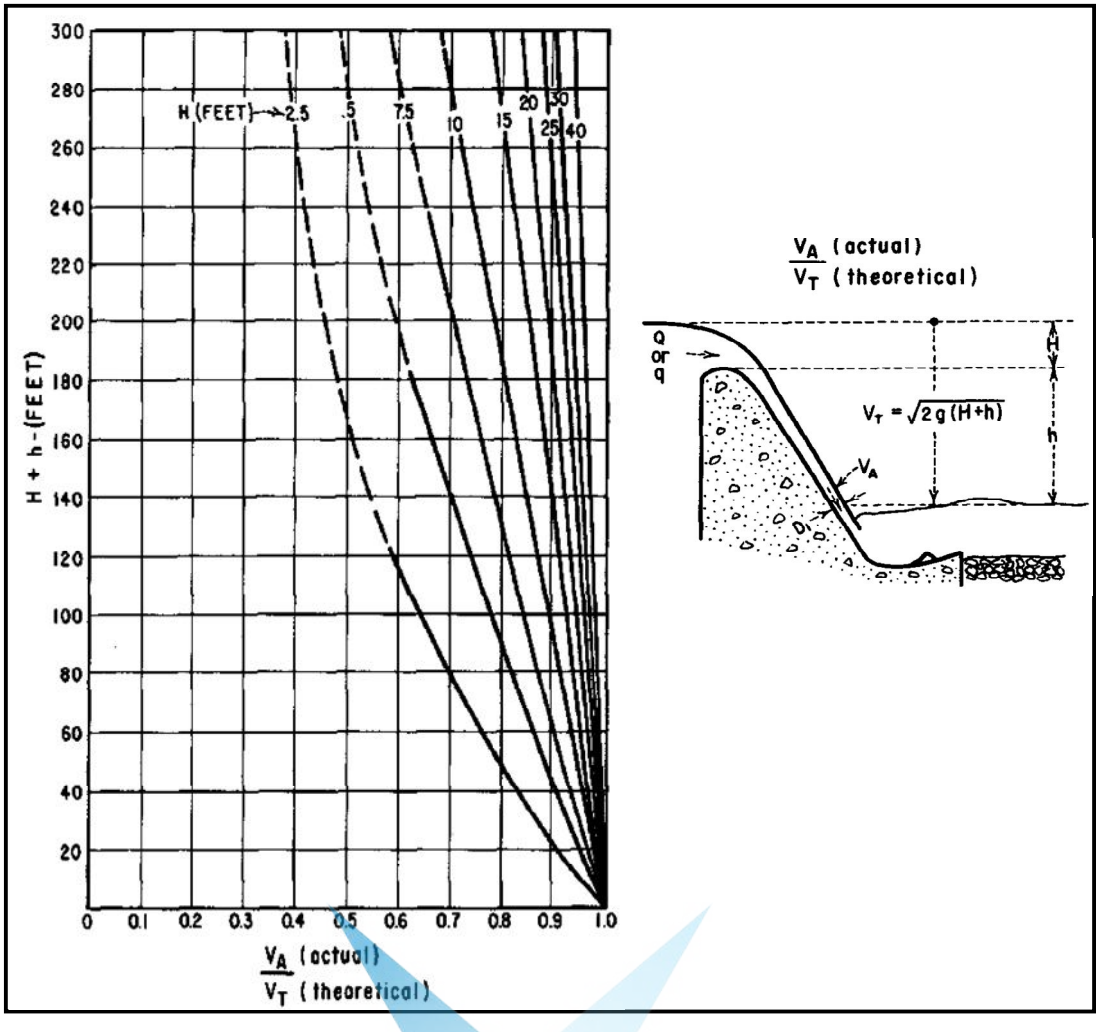


شکل ۴-۲۱- ضریب تخلیه برای تاج Ogee با وجه قائم

shaghool.ir

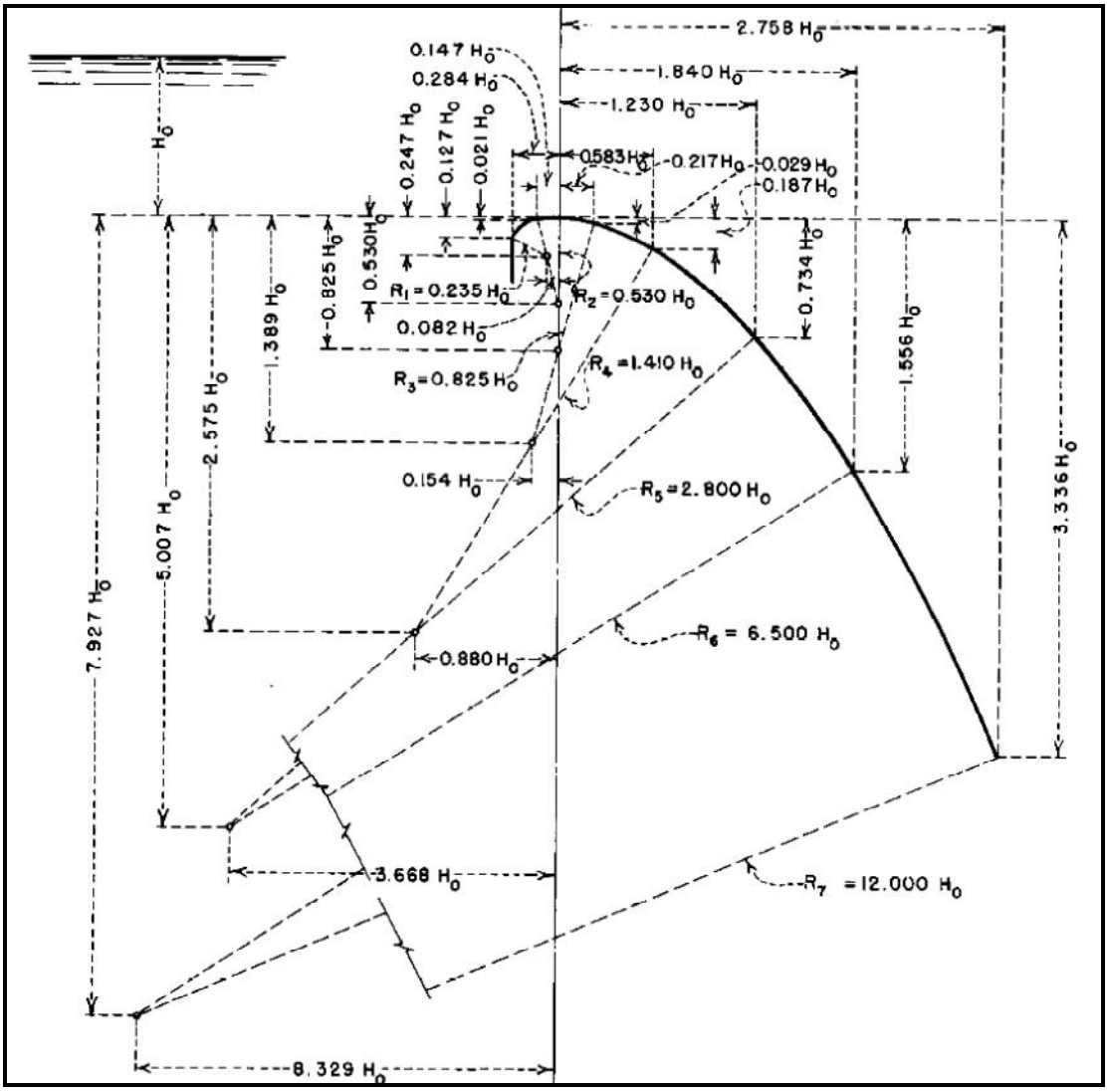


شکل ۴-۲۲- ضریب تخلیه برای بارهای آبی غیر از بار آبی طراحی



شکل ۴-۲۳- منحنی‌ها برای تعیین سرعت ورودی حوضچه‌های آرامش برای شیب‌های کند $\frac{0.8}{1}$ یا $\frac{0.60}{1}$

shaghool.ir



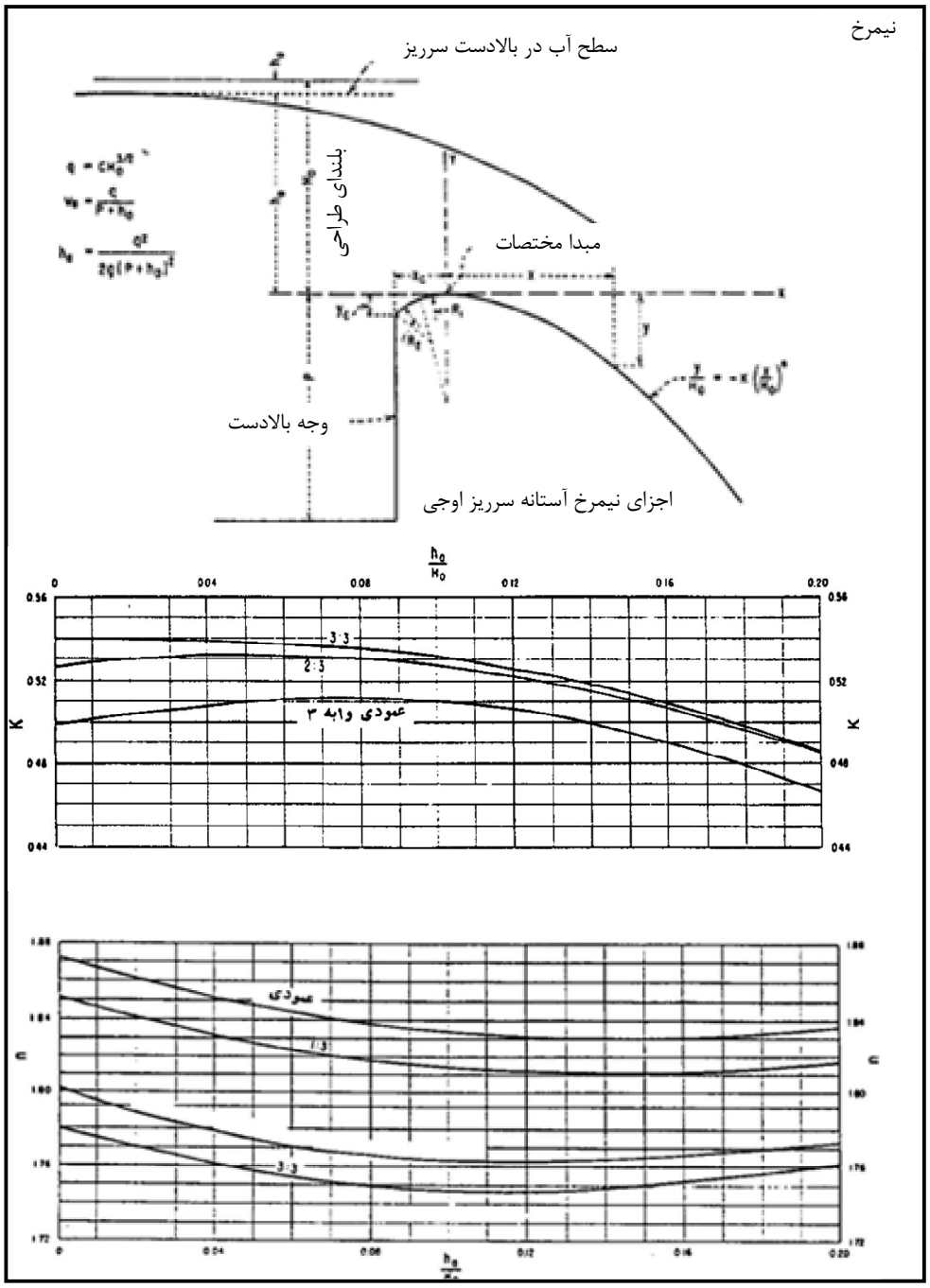
شکل ۴-۲۴- شکل تاج Ogee که با منحنی‌های مرکب تعریف شده است

برای $P \geq \frac{He}{2}$

P- ارتفاع بند (سرریز)

He- ارتفاع آب روی سرریز

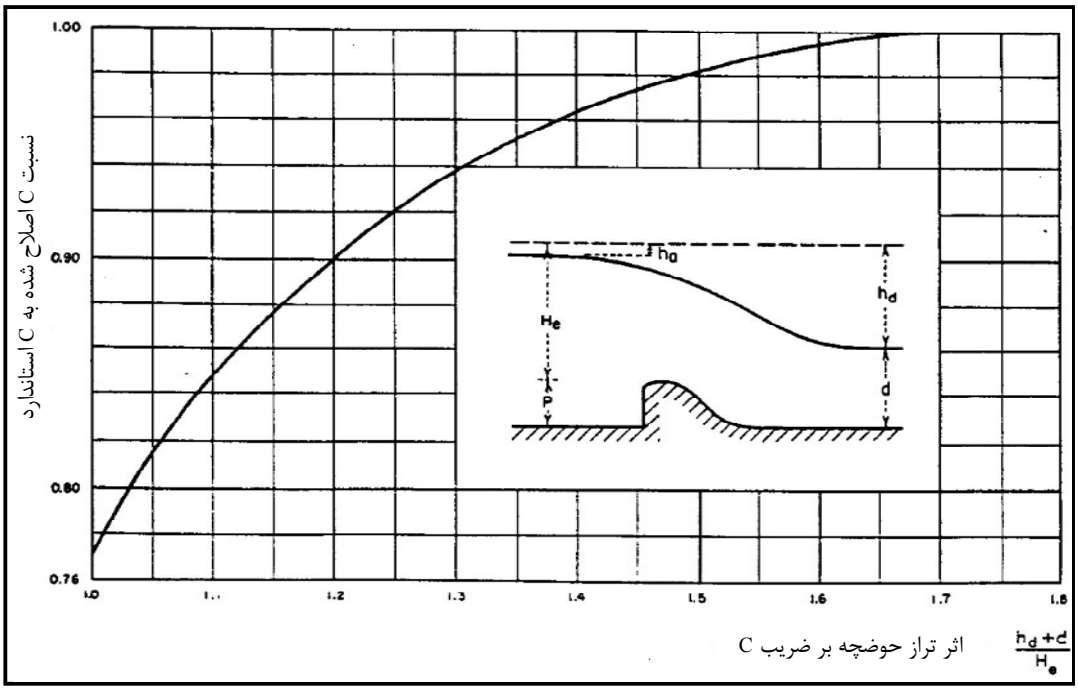
shaghool.ir



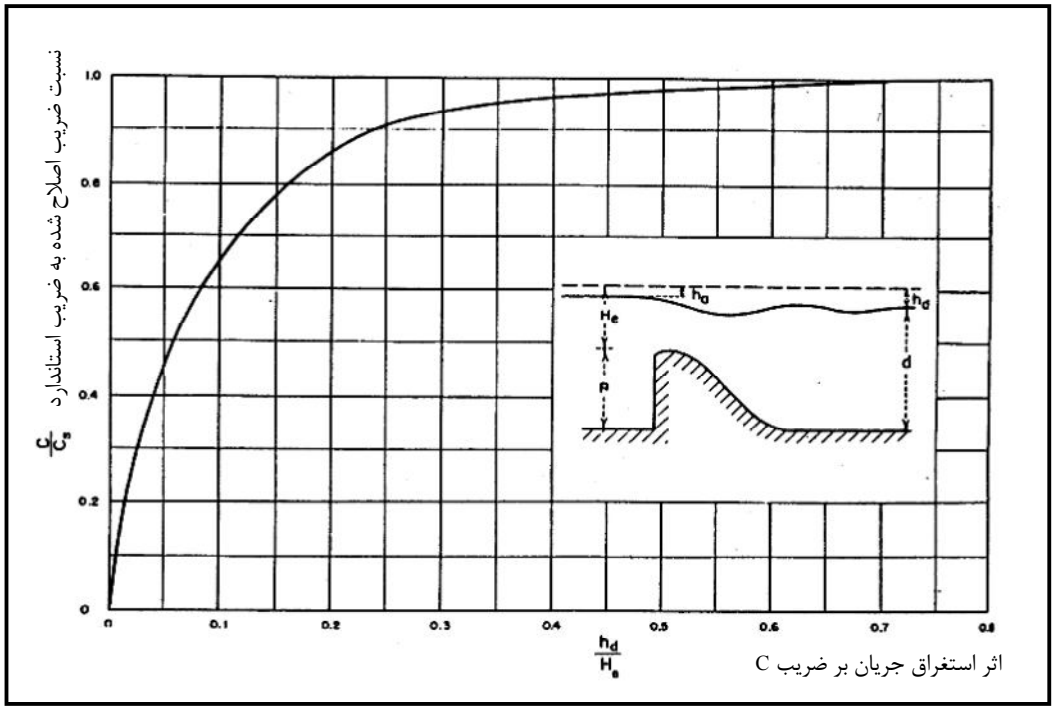
شکل ۴-۲۵- فاکتورهای تعریف پروفیل‌های تاج به شکل سفره زیرین آب (nappe)

برای حالت $P < \frac{He}{2}$ استفاده می‌شود که در طراحی بندهای مشبک کوتاه به ندرت اتفاق می‌افتد.

shaghool.ir

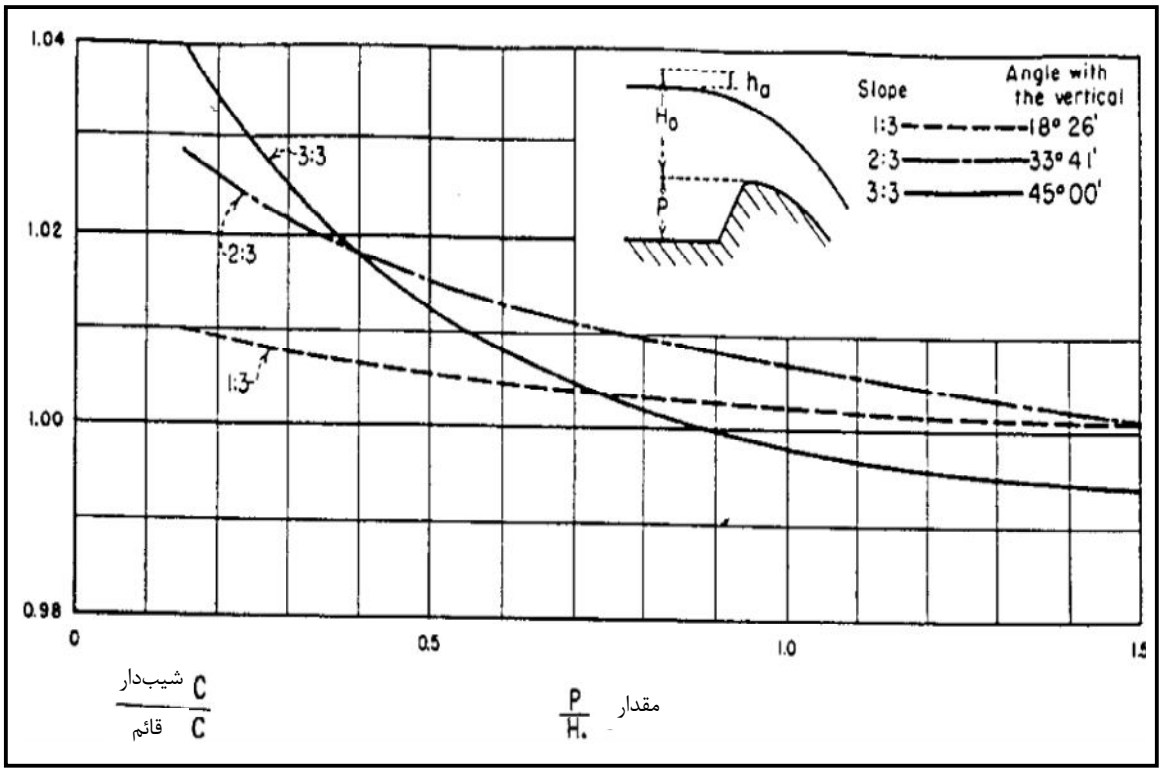


شکل ۴-۲۶- نسبت ضرایب تخلیه با توجه به اثر کف‌بند

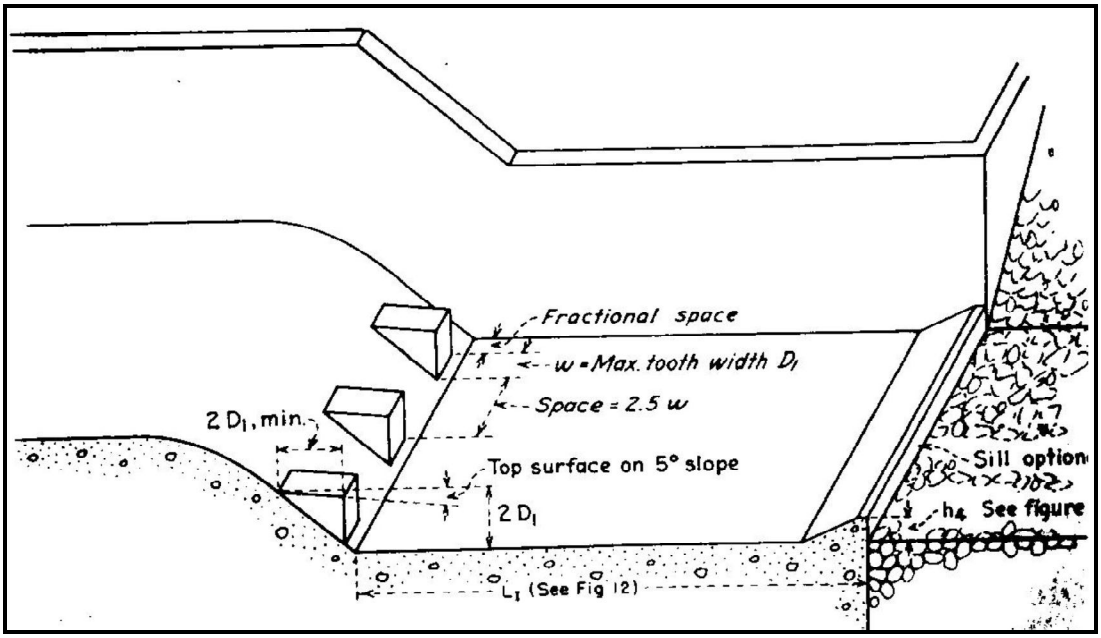


شکل ۴-۲۷- نسبت ضرایب تخلیه با توجه به اثر پایاب

shaghool.ir

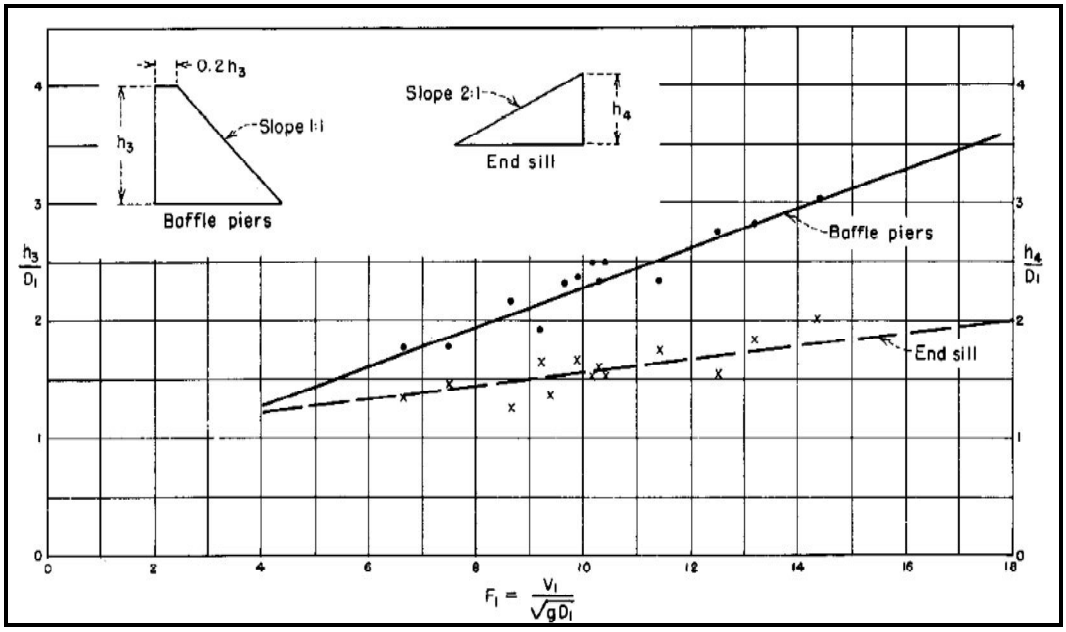


شکل ۴-۲۸- ضریب تخلیه برای تاج Ogee با وجه بالادست شیب‌دار



شکل ۴-۲۹- حوضچه آرامش نوع IV (U.S.B.R)

shaghool.ir



شکل ۴-۳۰- ارتفاع دیوار آرام کننده و آستانه انتهایی برحسب D1 و F1 در حوضچه‌های نوع III و IV (U.S.B.R)

۴-۶-۱۳-۸- مراحل تعیین مشخصات سرریز قوسی و حوضچه آرامش

۱- با توجه به عرض رودخانه در مقطع مورد نظر (که قرار است بند احداث شود)، تعداد پایه‌ها و شکل پایه‌ها، مقدار Le را محاسبه می‌کنیم.

۲- با توجه به مقدار سیلاب طراحی، Le و ارتفاع بند مشبک مقدار $\frac{P}{He}$ را حدس زده و از روی نمودار مربوطه مقدار Co را تعیین و از فرمول $Q_d = 0.5552CLHe^{3/2}$ مقدار دبی طراحی را به‌دست می‌آوریم. اگر مقدار Q محاسباتی با مقدار Q طراحی برابر باشد، مقدار He پذیرفته می‌شود. در غیراین‌صورت آنقدر این آزمون و خطا را تکرار می‌کنیم تا Q محاسباتی و Qd برابر شوند. مقدار C نهایی، پس از کنترل سه‌گانه مشخص خواهد شد.

۳- با توجه به‌این‌که معمولا $P \geq \frac{He}{2}$ می‌باشد، از سرریز با پروفیل ارائه شده در شکل (۴-۲۴) استفاده می‌کنیم. تکمیل پروفیل بالادست سرریز (شیب‌دار یا قائم بودن) به نظر طراح (جهت رسیدن به پایداری مورد نیز بند) بستگی دارد. اما قسمت پایین‌دست سرریز نیاز به طراحی جزئی دارد.

۴- در مراحل بعدی سرعت تئوری آب در روی سرریز، سرعت واقعی، سطح مقطع جریان، عدد فرود و سرانجام نوع حوضچه آرامش و ابعاد آن و مقدار سنگ‌چین حفاظتی پس از حوضچه آرامش تعیین می‌شود. با توجه به مراحل فوق تعیین مشخصات هیدرولیکی جریان برای دبی‌های مختلف امکان‌پذیر است و طراح نیز ضمن بررسی‌های لازم ترکیب بار طراحی (که در همین فصل تشریح شده است) را انتخاب خواهد کرد به‌نحوی که پاسخ‌گوی ضریب اطمینان‌های لازمه برای پایداری سازه و متعلقات آن در حالت‌های بحرانی باشد.

shaghool.ir

۴-۶-۱۴- طراحی ابعاد شبکه (سوراخ‌ها) در بندهای مشبک (بتن آرمه، بتنی و ...)

ابعاد سوراخ‌های شبکه در بندهای مشبک را حداکثر اندازه ذرات قابل حمل در جریان‌های واریزه‌ای را تعیین می‌کند.

بررسی میدانی برای اندازه ذرات بار بستر هر آبراهه در طول ۲۰۰ متر بالاتر و ۲۰۰ متر پایین‌تر از محل احداث‌بند بایستی انجام گیرد. مطالعه برای ترسیم دانه‌بندی حدود ۱۰۰ قلوه سنگ باید انجام گرفته و سپس منحنی دانه‌بندی سنگ‌های بستر (در محور قائم درصد تجمعی و در محور افقی قطر سنگ) ترسیم گردد. هر قطری که درصد تجمعی ۹۵٪ را قطع کند به‌عنوان قطر شبکه در نظر گرفته می‌شود.

اگر اندازه سوراخ شبکه کوچک‌تر از ۱/۵ برابر حداکثر قطر (سنگ، قطر تنه درختان و...) باشد مطمئنا شبکه‌بند در هنگام وقوع جریان واریزه‌ای بسته خواهد شد. اما اگر اندازه سوراخ شبکه بیش از ۲ برابر قطر (سنگ، قطر تنه درخت و...) باشد شبکه بسته نخواهد شد. بنابراین اگر اندازه سوراخ شبکه کوچک‌تر از قطر بزرگ‌ترین سنگ یا تنه درخت قابل حمل به‌وسیله جریان واریزه‌ای باشد، رسوبات با قطر مورد نظر مطمئنا گرفته می‌شود (به تله انداخته می‌شود).

ضمنا اگر هدف فقط گرفتن ذرات درشت سنگ یا کاهش حجم رسوبات انتقالی به پایین دست‌بند است، اندازه سوراخ شبکه دو برابر حداکثر قطر سنگ یا چوب داخل جریان واریزه‌ای انتخاب می‌گردد.

۴-۶-۱۵- مراحل تعیین مشخصات پارامتر y2, y1 و... و حوضچه آرامش در بندهای با سرریز ریزشی (آزاد)

D = (عدد آبشاره)Drop number و

$$yc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$V = \frac{q}{y}$$

$$D = \frac{q^2}{gh^3}$$

q- دبی در واحد عرض (m^3 / sec)

$\frac{y_1}{h} = 0.54D^{0.425} \Rightarrow y1$ مشخص می‌شود

$\frac{y_2}{h} = 1.66D^{0.27} \Rightarrow y2$ مشخص می‌شود

$\frac{y_p}{h} = D^{0.22} \Rightarrow yp$ مشخص می‌شود

$\frac{L_1}{h} = 4.30D^{0.27} \Rightarrow L1$ مشخص می‌شود

$Lj = 6.90(y2 - y1)$ توصیه شده

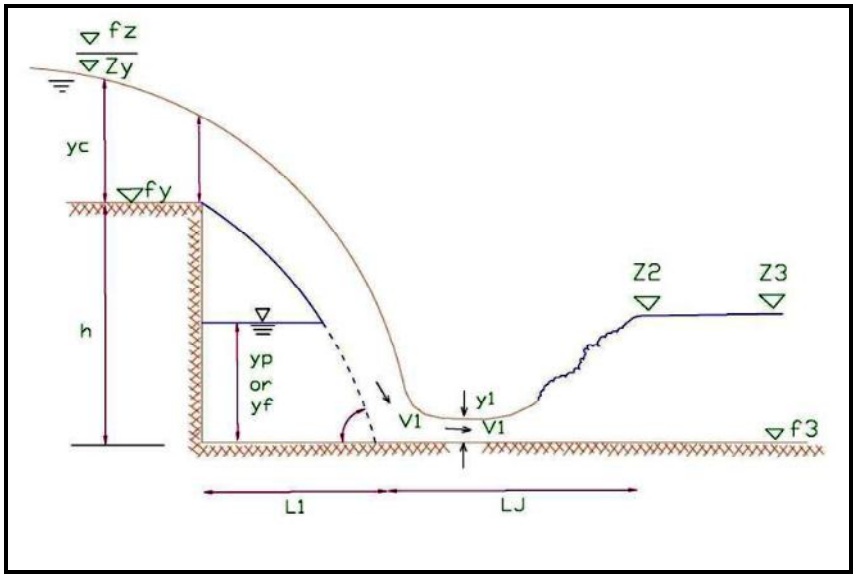
الف- با توجه به y1 و عرض حوضچه (که معادل طول سرریز است) مقدار A محاسبه می‌شود.

shaghool.ir

ب- V1 از $\frac{Q}{A}$ تعیین می‌شود.

ج- عدد فروید $\frac{V}{\sqrt{gy1}}$ محاسبه می‌شود.

د- با توجه به عدد فروید و سرعت نوع حوضچه آرامش و ابعاد آن تعیین می‌گردد.



۴-۶-۱۶- فشار بالا برنده و آب شستگی

به جریان آب از زیر پی‌بند تراوش گفته می‌شود. تراوش آب از زیر بند یا سد می‌تواند موجب شسته شدن بستر (آب شستگی) و یا ایجاد نیروی فشار بالا برنده (up lift) گردد.

وقتی جریان آب در اثر تراوش دارای نیروی زیادی در مظهر خود در پایین‌دست باشد، ممکن است ذرات خاک را ازجای خود بلند کند. با بلند کردن پیشرونده، ذرات خاک از زیر پی، تخلخل افزایش یافته و در اثر شسته شدن بستر و از بین‌رفتن تکیه‌گاه، سازه تعادل خود را از دست داده و نهایتا منهدم می‌شود. این نوع تخریب در اثر آب شستگی می‌باشد.

اما آبی که از زیر سازه (بند) جریان دارد، فشاری را از زیر برروی سطوح تماس بند و کف بستر وارد می‌سازد. اگر این فشار به‌وسیله وزن بتن یا مصالح دیگر خنثی نگردد، سازه تخریب خواهد شد.

نمونه عملی این تخریب بیش‌تر در مقاطع ضعیف‌تر سازه (حوضچه آرامش غیرمسلح) دیده می‌شود.

روش‌های محاسباتی موجود در بحث خزش که در منابع بیش‌تر مورد بحث قرار گرفته‌اند روش‌های بلای (Blig) و لین (Lane) و خوسلا (Khosla) می‌باشند که به‌علت سادگی و کاربرد بیش‌تر دو روش اول تشریح می‌گردد:

- تئوری خزش بلای

براساس تئوری بلای، جریان آب از پیرامون پایه پی ساختمان هیدرولیکی عبور می‌نماید. به عبارت دیگر آب در امتداد پیرامون تحتانی ساختمان می‌خزد. طول مسیر طی شده توسط آب را طول خزش می‌نامند.

shaghool.ir

بلای در تئوری خود هیچ تفاوتی بین طول افقی و عمودی خزش قایل نشد. طبق نظریه بلای ایمنی در برابر آب شستگی را می‌توان با ایجاد طول خزش مناسب و کافی فراهم نمود. یعنی: $L = C \times HL$

که:

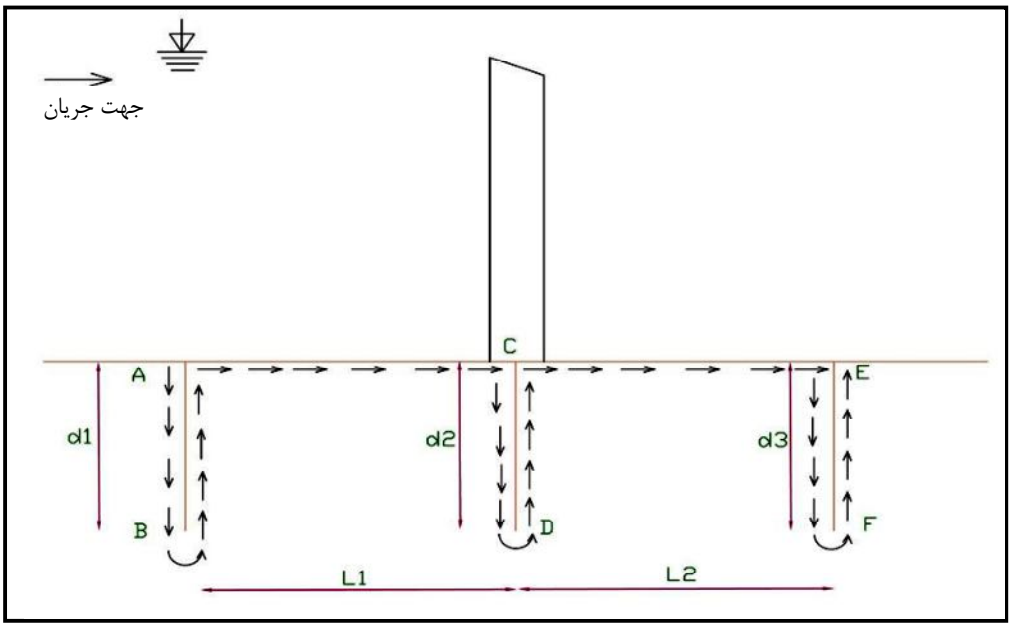
C- ضریب بلای که برحسب جنس بستر ارائه شده است. جدول (۴-۹)

H_L - افت تراز آب در بالادست و پایین‌دست سازه

L- طول خزش مورد نیاز

جدول ۴-۹- مقادیر مجاز گرادیان هیدرولیکی براساس تئوری بلای

ردیف	نوع خاک	مقدار C	گرادیان هیدولیکی بایستی کم‌تر از مقدار زیر باشد
۱	ماسه ریز	۱۸	$^{۱}/_{۱۸}$
۲	ماسه ریز از جنس میکا	۱۵	$^{۱}/_{۱۵}$
۳	ماسه درشت انه	۱۲	$^{۱}/_{۱۲}$
۴	مخلوط شن و ماسه و قلوه سنگ و خاک لوم	۹-۵	$^{۱}/_{۹} - ^{۱}/_{۵}$
۵	ماسه سنگ و...	۸	$^{۱}/_{۸}$



طول کل خزش از نظر بلای

$$L = dl + dl = L1 + d2 + d2 + L2 + d3 - d3 = L1 + L2 + 2(dl + d2 + d3) = L_1 + L_2 + 2(d_1 + d_2 + d_3)$$

- تئوری خزش لین

لین بین طول‌های خزش افقی و عمودی تفاوت قایل شد و برای طول افق ضریب $\frac{۱}{۳}$ به‌کار برد. براساس نظر لین (که اکثر کارشناسان از این روش استفاده می‌کنند) طول کل خزش عبارت است از:

shaghool.ir

$$L = (d_1 + d_1) + \frac{1}{3}L1 + (d_2 + d_2) + \frac{1}{3}L2 + (d_3 + d_3)$$

$$L = \frac{1}{3}(L1 + L2) + 2(d_1 + d_2 + d_3)$$

طبق نظر لین به‌منظور اطمینان در مقابل آب شستگی، طول خزش نبایستی از $\frac{C_L}{HL}$ کم‌تر باشد که:

CL - ضریب خزش لین است که از جدول استخراج می‌شود. جدول (۴-۱۰)

HL - انرژی است که سبب جریان می‌شود (افت تراز آب در بالادست و پایین‌دست سازه)

جدول ۴-۱۰- مقادیر مجاز گرادیان هیدرولیکی براساس تئوری لین

ردیف	نوع خاک	مقدار ضریب لین	گرادیان هیدولیکی بایستی کم‌تر از زیر باشد
۱	ماسه خیلی ریز یا لای	۸/۵	$\frac{۱}{۸/۵}$
۲	ماسه ریز	۷	$\frac{۱}{۷}$
۳	ماسه متوسط	۶	$\frac{۱}{۶}$
۴	ماسه درشت	۵	$\frac{۱}{۵}$
۵	شن و ماسه	۳-۳/۵۰	$\frac{۱}{۳}-\frac{۱}{۳/۵}$
۶	شن ریز	۴	$\frac{۱}{۴}$
۷	رس پلاستیک (خمیری)	۳	$\frac{۱}{۳}$
۸	شن درشت یا قلوه سنگ و شن و ماسه	۲/۵۰	$\frac{۱}{۲/۵۰}$
۹	رس محکم شده (خشک)	۲	$\frac{۱}{۲}$
۱۰	رس محکم	۱/۸	$\frac{۱}{۱/۸۰}$
۱۱	رس خیلی محکم	۱/۶۰	$\frac{۱}{۱/۶۰}$

۴-۶-۱۷- مراحل طراحی سازه بتن آرمه تنه و سرشاخه‌گیر از نظر ایمنی در مقابل عمل آب شستگی

۱- ابتدا ΔH (اختلاف ارتفاع آب بالادست و پایین‌دست بند) محاسبه می‌شود.

۲- برحسب جنس مصالح بستر آبراهه، ضریب لین از جدول مربوطه تعیین می‌گردد.

۳- از حاصلضرب C و ΔH، طول خزش مورد نیاز برای سازه محاسبه می‌گردد:

۴- $C \times \Delta H =$ طول خزش مورد نیاز

۵- در محاسبه طول خزش، فاصله افقی در ضریب یک سوم ضرب می‌شود و فواصل قائم نیز ضریب ۱ دارد.

shaghool.ir

۶- پس از محاسبه طول خزش (ردیف III)، سعی می‌گردد در سازه‌های وزنی و مسلح دو cut off در بالادست (انتهایی‌ترین نقطه پی‌بند یا رادیه بالادست) و پایین‌دست (انتهای حوضچه آرامش) طراحی گردد تا از طویل شدن سازه جلوگیری گردد.

۷- Cut off پایین‌دست ۱/۲۵ برابر ارتفاع cut off بالادست در نظر گرفته شده و مابه التفاوت طول خزش مورد نیازسازه بین این دو cut off تقسیم می‌گردد.

البته اگر محاسبات تداعی کننده عدم نیاز به cut off باشد، ترجیحا cut off انتهایی به ارتفاع حداقل ۲-۱/۵ متر طراحی و اجرا می‌گردد. تا با این اقدام فرصت ترمیم خرابی‌های بند (در صورت آب شستگی) را فراهم کنیم.

۴-۶-۱۸- تعیین عمق فرسایش در حوضچه آرامش فاقد پوشش ناشی از سقوط (سرریز) آزاد

فرمول تعیین عمق فرسایش در حوضچه آرامش ناشی از سقوط آزاد در سیستم انگلیسی و متریک به شرح زیر می‌باشد:

سیستم انگلیسی - $ds = 1.32 Ht^{0.225} q^{0.54}$

سیستم متریک - $ds = 1.89 Ht^{0.225} q^{0.54}$

$q = \frac{Q}{L}$ و $Ht \neq p + He$

L- (عرض حوضچه)

P- ارتفاع بند (m یا ft)

He- ارتفاع آب روی سرریز (m یا ft)

q- دبی در واحد عرض رودخانه $(m^3 / m / sec)$

H_t - اختلاف ارتفاع بین سطح آب مخزن و تراز پایاب (m)

مثال- اگر $q = 10\, m^3 / sec$ و $Ht = 6.5\, m$، مقدار $ds = 9.97\, m$ خواهد شد.

یعنی اگر در بندهای با سرریز ریزشی آزاد با مشخصات بالا اگر پوشش مناسب حوضچه آرامش وجود نداشته باشد حدود ۱۰ متر فرسایش در پای‌بند خواهیم داشت.

همین‌طور اگر در بند ثانویه با فرض:

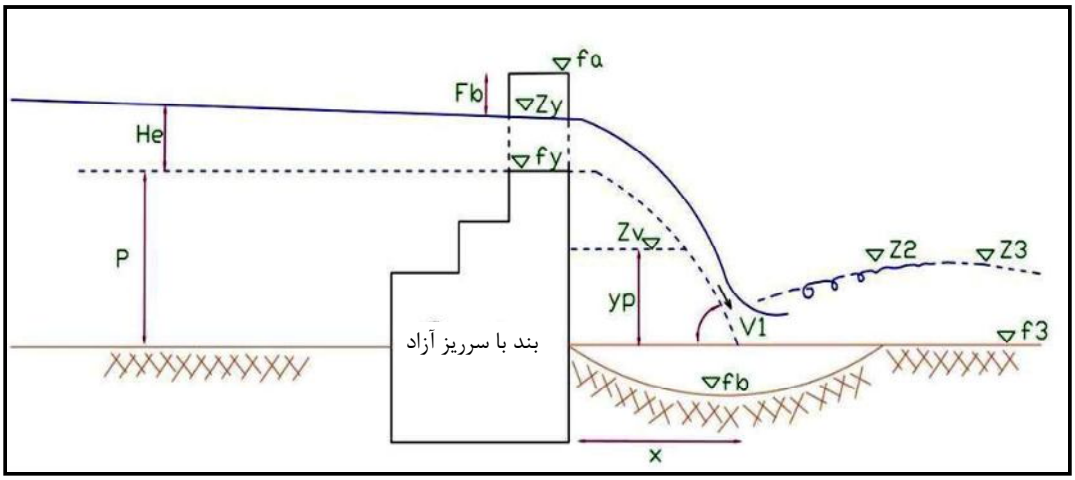
$q = 10\, m^3 / sec = 107.59\ \ ft3 / sec$ و $P + He = 0.5 + 2 = 2.5\, m$

$ds = 1.32 \times (2.5)^{0.225} \times (107.59)^{0.54}$

$ds = 1.32 \times (1.23) \times (12.51) = 20.31\, ft = 6.20\, m$

مقدار ds برابر ۶/۲ متر خواهد بود که مشخص می‌سازد در پایین‌دست بند ثانویه نیز نیاز به پوشش بستر می‌باشد.

shaghool.ir



$$x = \sqrt{2(zg - fg)(zg - f3)}$$

۴-۶-۱۹- مقدار پی‌کنی در سازه‌های هیدرولیکی نظیر اپی، پایه پل‌ها و.... براساس فرمول لیسی

D50(mm)- قطری از ذرات بستر رودخانه که ۵۰ ذرات کوچک‌تر از آن هستند.

فاکتور رسوب $F = 1.76\sqrt{d50}$

$$R = 0.473\sqrt[3]{\frac{Qd}{F}}$$

Qd- دبی طرح (m^3 / sec)

h(m)- اختلاف ارتفاع از کف بستر در زمان سیلاب $D = KR - h$ عمق فرسایش

وسط رودخانه $D_1 = 1.25\,R - y$

با سازه در تماس است $D_2 = 1.5\,R - y$

با خط مستقیم به انحنا وصل می‌شود $D3 = 2R - y$

رودخانه دور می‌زند $D_4 = 2.25R - y$

سر قوس رودخانه $D_5 = 2.5R - y$

* اگر در محاسبات D-0.00 باشد یعنی نه فرسایش داریم و نه رسوب

** اگر در محاسبات D منفی باشد یعنی تخریب نداشته و رسوب‌گذاری داریم.

مثال- مطلوب است محاسبه عمق فرسایش در بستر رودخانه‌ای با مشخصات زیر:

ذرات بستر (کف رودخانه) $d50 = 1\ mm$

$Qd = 6000\ m^3 / sec$

رقوم بالاترین سطح سیلاب $= 104\ m$

رقوم سطح بستر رودخانه $= 100\ m$

$Y = h = 104 - 100 = 4\ m$

$F = 1.75\sqrt{d50} = 1.75\sqrt{1} = 1.75$

shaghool.ir

$$R = 0.473\sqrt[3]{\frac{Qd}{F}} = 0.473\sqrt[3]{\frac{6000 m3/sec}{1.75}} = 7.13$$

عمق فرسایش در وسط رودخانه $Dl = 1.24R - y = 1.25 \times 7.13 - 4 = 4.91\,m$

$D_2 = 1.5 - y = 1.5 \times 7.13 - 4 = 6.70\,m$

$D_3 = 2R - y = 2 \times 7.13 - 4 = 10.26\,m$

$D_4 = 2.25R - y = 2.25 \times 7.13 - 4 = 16.04\,m - 4\,m = 12.04\,m$

اگر بخواهیم در رودخانه با مشخصات بالا نه فرسایش داشته باشیم و نه رسوب‌گذاری

$D = 0.00 \Rightarrow 1.25R - y = 0.00$

$1.25R - 4 = 0.00$

$1.25R = 4$

$R = 3.20$

$3.20 = 0.473\sqrt[3]{\frac{6000}{F}}$

$\Rightarrow \sqrt[3]{\frac{6000}{F}} = \frac{3.2}{0.473} = 6.77$

$\sqrt[3]{\frac{6000}{\sqrt[3]{F}}} = 6.77 \Rightarrow \sqrt[3]{f} = \sqrt[3]{\frac{6000}{6.77}}$

$\sqrt[3]{f} = \frac{18.17}{6.77} = 2.68$

$\Rightarrow F = 19.25$

$F = 1.75\sqrt{D50}$

$\Rightarrow \sqrt{D50} = \frac{F}{1.75} = \frac{19.25}{1.75} = 11$

$\Rightarrow D50 = (11)^2 = 121mm$

- محاسبه عمق کنش از فرمول شوکلیچ (schooklitch)

$$T_k = \frac{4.75H^{0.2}q^{0.57}}{(d90)^{0.32}}$$

$Z3 - fb - T_k$ - اختلاف ارتفاع بین سطح آب در پایاب چکدم و حفره به وجود آمده در کف آبراهه فاقد پوشش (m)

$D90 = dt$ - قطر ذرات بستر آبراهه، به‌طوری‌که ۹۰٪ ذرات از آن کوچک‌تر و ۱۰٪ ذرات از آن بزرگ‌تر می‌باشند و از منحنی دانه‌بندی ذرات بستر آبراهه مورد نظر به‌دست می‌آید.

q= دبی در واحد عرض رودخانه $m^3/sec/m$

$(P + He) - y2 = H = Z_0 - Z_3$ اختلاف بین سطح آب روی بند و سطح آب روی بستر آبراهه

shaghool.ir

$$(Z_3 - fb) = 4.75 \times \frac{(z_0 - z_3)^{0.2} \times q^{0.57}}{(d90)^{0.32}}$$

اگر از مقدار $z3 - fb$ نتیجه شده از فرمول شوکلیچ، مقدار $y2$ یا $z3 - f3$ را کسر نماییم مقدار عمق آب شستگی از کف بستر رودخانه مشخص می‌شود.

مثال- اگر $Q = 990\ m^3/sec$ و $Ly = 100\ m$ رودخانه و $d90 = 0.5\ mm$

$n = 0.035$ و $I = 0.001$ شیب باشند:

$$q = \frac{900}{100} = 9m3/sec/m$$

$$Q = \mu\sqrt{2g}\, lg \times (z_0 - fg)^{3/2}$$

$$900 = 0.4 \times \sqrt{2 \times 9.8} \times 100 \times (z_0 - fg)^{3/2}$$

$Z_0 - fg = 2.96\ m$ اگر به این مقدار f.b اضافه شود (fa-fg) حاصل می‌گردد.

اگر ارتفاع بند نیز 6m باشد.

$z_3 - f_3 = (\frac{nQ}{1 \times \sqrt{I}})^{3/5} = (\frac{0.035 \times 900}{100 \times \sqrt{0.001}})^{3/5} = 3.97m$ عمق جریان یک‌نواخت

+100m = کد پی‌بند

+100m = کد طبیعی بستر رودخانه پس از بند

کد fg +106 m = 100 + 6 = p = کد ارتفاعی بند (تاج سرریز)

کد zg 108.96 = 106 + 2.96 = کد ارتفاعی سطح آب بالای سرریز

کد f3 100+ = کد طبیعی بستر رودخانه پس از تشکیل جهش و پس از y2

کد z3 = F3 + z3 = 100 + 3.97 = 103.97 m کد آب بالای بستر رودخانه پس از جهش

$$z0 - z3 = (106 + 2.96) - 103.97 = 4.99\ m$$

$$(z3 - fb) = 4.75 \frac{(4.99)^{0.2} \times (9)^{0.57}}{(0.5)^{0.32}} = 28.61m$$

عمق آب شستگی (m) = F3 − fb = 28.61 − 3.97 = 24.64 m

نتیجه برای اظهارنظر در رابطه با فرمول مناسب بایستی آمار مشاهده‌ای از حوزه و مقاطع مختلف از آبراهه را داشت و سپس اظهارنظر کرد.

پس فرمول شوکلیچ برای پی‌های رسی ریزدانه و مشابه آن جواب چندان معقولی نمی‌دهد و فرمولی لیسی بهتر است، اما باز هم قابل بررسی است. مشکل فرمول لیسی این است که ارتفاع بند را مورد بررسی قرار نمی‌دهد چون مبنای این فرمول بیش‌تر براساس پل و ... بوده است.

shaghool.ir

۴-۶-۲۰- بندهای پایه بتنی

این بندها در دهه هفتاد در پی چاره‌جویی جهت انتخاب جایگزین مناسب برای بندهای چوبی فسادپذیر در استان مازندران مورد استفاده قرار گرفت. از مزایای عمده این نوع بندها عمر مفید قابل توجه و توجیه اقتصادی خوب نسبت به دیگر بندهای قابل توصیه برای آبراهه‌های کوچک و با رتبه کم و گالی‌های کم عمق می‌باشد. اگر چه این بند در شمال کشور معرفی و توسعه داده شده است اما با رعایت مسایل ایمنی (در برابر واکنش شیمیایی احتمالی با آب و خاک عرصه) در تمام مناطق کشور قابل استفاده می‌باشد.

این بندها در حوزه آبخیز شهرهای ساری و بابل به اجرا درآمده‌اند اما بیش‌ترین بند پایه بتنی احداث شده در حوزه‌های آبخیز شهرستان بابل و به تعداد حدود ۹۹ مورد بوده است.

محدودیت استفاده از این بند در شرایط زیر می‌باشد:

۱- در آبراهه‌های رتبه ۳ و بالاتر که پتانسیل تولید سیل و رسوب افزون برارتفاع سرریز بیش از ۶۰ سانتی‌متر در دهنه سرریز (که محاسبات سازه‌ای براساس آن انجام گرفته است) دارند. البته شاید با طراحی مقطع پایه‌ها و آرماتور بتوان مقاومت خمشی و برشی مورد نیاز را برای پایه‌ها تامین کرد اما سیستم توری قابلیت مقابله با ضربه را نخواهد داشت مگر این‌که فاصله پایه‌ها به حداقل کاهش یابد که در این‌صورت توجیه اقتصادی را از دست خواهد داد.

با توجه به این‌که استاندارد طراحی بندهای چوبی توسط معاونت آبخیزداری تهیه شده است لذا ضمن تاکید برتمام موارد مرتبط بر طراحی هیدرولیکی و سازه‌ای و قابلیت توصیه بودن آن‌ها برای بندهای پایه بتنی، موارد تکمیلی ارائه می‌شود تا کارشناسان محترم طبق صلاحدید خود استفاده لازم را از دستورالعمل و نحوه طراحی و اجرای بندهای چوبی و پایه بتنی به‌عمل آورند.

- فاصله بندهای پایه بتنی

بندهای پایه بتنی بایستی به‌نحوی احداث گردند که شیب بستر رودخانه (آبراهه) را به یک دوم شیب موجود کاهش دهد.

- ابعاد حوضچه آرامش بندهای پایه بتنی

از آن‌جا که طراحی هیدرولیکی تمام بندها مشبک از روش ذکر شده در این دستورالعمل پیروی می‌کند لذا بند پایه بتنی مانند یک سرریز با ریزش آزاد مورد بررسی هیدرولیکی قرار می‌گیرد و ابعاد حوضچه آرامش، y_1 و y_2 و طول جهش هیدرولیکی از طریق فرمول‌های ارائه شده قابل محاسبه است. معمولا عرض حوضچه آرامش را ۱/۲-۱ متر بیش از طول سرریز می‌گیرند.

طول پیشنهادی حوضچه آرامش می‌تواند $H(3-2)$ باشد.

shaghool.ir

- ابعاد سرریز بند پایه بتنی

طول سرریز برابر شش هشتم عرض آبراهه انتخاب می‌گردد.

ارتفاع آب روی سرریز همانند سرریز مستطیلی از فرمول زیر تعیین می‌گردد:

$$He = (\frac{1.84 l_m}{Q})^{\frac{2}{3}}$$

- ارتفاع آزاد (F.b)

مقدار ارتفاع آزاد توصیه شده برای این بندها که حداکثر ارتفاع مفید آن ۱/۵-۱ متر خواهد بود ۳۰-۲۰ سانتی‌متر توصیه می‌گردد.

- ارتفاع دستک

ارتفاع دستک شامل مجموع ارتفاع مفید بند و ارتفاع سرریز و ارتفاع آزاد خواهد بود.

- ارتفاع گوشواره‌های بالادست

ارتفاع گوشواره‌های بالادست بند پایه بتنی معادل ارتفاع دستک می‌باشد اما با پیش‌روی به سوی بالادست افزایش ارتفاعی معادل $L_i \times S$ خواهد داشت که L_i و S به ترتیب طول گوشواره و شیب بستر رودخانه می‌باشند.

۴-۷- نتیجه

در این فصل طراحی هیدرولیکی و سازه‌ای انواع بندهای مشبک تشریح گردید و طراح با توجه به موارد ذکر شده و شرایط عرصه و ... قادر به طراحی هیدرولیکی و سازه‌ای خواهد بود. در این فصل نحوه انجام محاسبات به‌صورت گام به‌گام ارائه شد.

shaghool.ir

shaghool.ir

فصل ۵

دستورالعمل اجرایی بندهای پایه بتنی

shaghool.ir

shaghool.ir

۵-۱- کلیات

سیم‌های به‌کار رفته در توری سنگ‌ها، سیم‌های مهاری و سیم‌های دوخت قفسه‌ها و شبکه توری سیمی پوشش دهنده کل ارتفاع بند پایه بتنی بایستی براساس استاندارد BS1052/1980 دارای شرایط زیر باشند.

۱- سیم‌ها از فولاد نرم با مقاومت کشش (tensile strengh) $3800 - 5000\ kg/cm^2$ ساخته شده و سپس با پوشش خارجی (گالوانیزه یا قلع اندود) یا P.V.C محافظت شوند. ضخامت پوشش P.V.C یا گالوانیزه (با قلع اندود) حداقل 0.4 mm بوده و در بعضی آیین‌نامه‌ها این ضخامت به قطر اسمی سیم‌ها اضافه می‌شود. مثلا اگر قطر اسمی توری سیمی مورد استفاده در بند پایه بتنی 2.7 mm برآورد شده باشد، سیم مورد استفاده بایستی دارای قطری معادل 3.5 mm باشد.

۲- عمر مفید سیم‌ها معمولا ۱۵ سال است که به‌علت تعدد کارگاه‌های تولید توری سیمی مقدار مذکور نیز ممکن است قابل دسترس نباشد. بنابراین شایسته است خرید سیم‌ها از بازار یا کارگاه‌های تولیدی منوط به ارائه گواهی استاندارد و شاخص‌هایی مانند عمر مفید، مقاومت کششی و... با ارائه گارانتی جامع و کامل باشد.

۳- کلیه سیم‌هایی که در بافتن (دوخت) توریسنگ به‌کار می‌روند بایستی براساس آیین‌نامه BS443/1982 دارای شرایط زیر باشد:

حداقل وزن پوشش	قطر اسمی سیم
gr/m^2	(mm)
240	2.2
260	2.7
275	3.40

۴- وزن سیم‌هایی که برای دوخت توریسنگ‌ها به‌کار می‌رود ۸٪ وزن شبکه (صندوقه) می‌باشد.

۵- قطر سیم‌های مورد استفاده برای دوخت معمولا 2.2 mm است و دیگر مشخصات این سیم‌ها (سیم دوخت) باید از کلیه ضوابط حاکم برسیم‌های توری تبعیت نماید.

۶- در بعضی موارد سیم‌های مورد استفاده که در توریسنگ و دوختن آن‌ها (در حین اجرا) به‌کار می‌روند، علاوه برگالوانیزه شدن باید با پوشش P.V.C محافظت شوند (در محل تماس با خاک یا آب سولفاته و...) که در این‌صورت ضخامت پوشش P.V.C حداقل ضخامت 0.4 mm و حداکثر 0.5 mm باید به قطر سیم گالوانیزه اضافه شود. این پوشش بایستی با اثرات مخرب خاک، آب (شور و ...) و یا شرایط جوی مقابله نموده و خواص مادی آن نبایستی نسبت به ترکیب اولیه‌اش تغییر چندانی داشته باشد.

۷- در مواردی که توریسنگ‌هایی با پوشش P.V.C در معرض تنش دایم ناشی از اثر موج و یا سرعت زیاد آب و ... قرار دارند، کاربرد دیافراگم تقویتی قویا توصیه می‌شود.

shaghool.ir

۸- اگر آبراهه‌ای که در آن بند پایه بتنی احداث می‌شود، دارای رسوبات ریزدانه قابل حمل در جریان‌های سیلابی باشد بهتر است به‌جای استفاده از شبکه با چشمه‌ای ۸×۶ از توری سیمی با شبکه ۱×۱ سانتی‌متر (یا مشابه) دو لایه (که در ساخت سرند ماسه استفاده می‌گردد) استفاده گردد.

۹- کلیه لبه‌ها، دیافراگم‌ها و وجوه انتهایی توریسنگ‌ها و توری سیمی پوشش دهنده ارتفاع بند پایه بتنی باید دارای قاب تقویتی کناری بوده و از باز شدن شبکه توری جلوگیری کرده و در عین حال تاب مکانیکی و استخوان‌بندی شبکه را تامین نماید.

۱۰- قطر هسته سیم فولادینی که برای قاب‌بندی شبکه فلزی به‌کار می‌رود باید بیش‌تر از قطر سیم متشکه توری باشد (برای مثال برای توری با چشمه ۱۲×۱۰ که از سیمی به قطر 2.7 mm تشکیل یافته، سیم لبه‌ای را باید با قطری برابر و حتی بیش‌تر از 3.4 mm انتخاب نمود). رعایت این توصیه حتما برای صندوقه‌های ساخته شده از شبکه توری رولی الزامی بوده و برای کنترل در صندوقه‌های استاندارد ۱×۱×۲ و... نیز مفید خواهد بود.

۱۱- آزمایش کششی برروی سیم، پیش از اجرای پوشش P.V.C و بافتن آن باید برروی نمونه‌هایی به طول ۳۰ سانتی‌متر انجام گیرد. تغییر طول نسبی ($\frac{\Delta l}{l}$) نمونه‌ها در حد تسلیم نباید کم‌تر از ۱۲ درصد باشد.

۱۲- پوشش P.V.C نباید ترک بخورد، نبایستی تاول بزند و نبایستی هیچ‌گونه تغییر چشم‌گیری در رنگ آن حاصل گردد.

۱۳- چگالی ویژه ترکیب P.V.C نبایستی بیش از ۶ درصد مقدار اولیه‌اش تغییر کند.

۱۴- سختی دوام سنجی نباید بیش‌تر از ۱۰ درصد مقدار اولیه‌اش تغییر نماید.

۱۵- تاب کششی نباید بیش از ۲۵ درصد مقدار اولیه‌اش تغییر کند.

۱۶- کش‌آمدگی نباید بیش از ۲۵ درصد میزان اولیه‌اش تغییر نماید.

۱۷- ضریب ارتجاعی نباید بیش از ۲۵ درصد مقدار اولیه‌اش تغییر کند.

- tolerance (اختلاف) مورد قبول قطر برای سیم با قطر 2.2 mm 2.2_{mm} برابر ± 0.06 mm است.
- tolerance (اختلاف) مورد قبول قطر برای سیم با قطر 2.7 mm برابر ± 0.08 mm است.
- tolerance (اختلاف) مورد قبول قطر برای سیم با قطر 3.4 mm برابر ± 0.01 mm است
- tolerance (اختلاف) مورد قبول وزن توری مورد استفاده در تورسینگ ± 5 درصد می‌باشد.
- tolerance (اختلاف) مورد قبول برای پهنا و ارتفاع ± 5 درصد و برای طول ± 3 می‌باشد.

۱۸- سنگ مورد استفاده در سازه توریسنگی بایستی از لحاظ دوام، تجزیه‌ناپذیری، تاب مکانیکی، وزن و دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی مناسب باشد.

shaghool.ir

۱۹- بستن واحدهای توریسنگی به‌یکدیگر (در هنگام احداث سازه و متعلقات آن مانند گوشواره، کف‌بند و...) برمقاومت سیستم سازه توریسنگی خواهد افزود.

۲۰- توزین صندوقه استاندارد (مثلا ۱×۱×۲) و یا یک مترمربع از شبکه توری سیمی و مقایسه وزن صندوقه یا شبکه توری با جدول استاندارد منابع قابل اعتماد، می‌تواند قطر سیم مورد استفاده در توری سیمی یا صندوقه را مشخص نماید.

۲۱- در هنگام احداث کف‌بند، گوشواره و... توریسنگی سعی شود محل بسته شدن درپوش قفسه (که با سیم به لبه‌های صندوقه بسته می‌شود) به سمت پایین‌دست قرار گیرد تا در اثر برخورد احتمالی سنگ‌ها یا تنه درختان با آن، استحکام خود را به‌نحو مطلوب‌تر حفظ نماید. اگر صندوقه‌ها با توری سیمی رولی ساخته می‌شوند، ساختن قاب‌ها، دوختن توری با قاب‌ها و نهایتا دوختن درپوش به چهارلبه قاب‌ها مهم خواهد بود.

۲۲- روکش بتنی برای گوشواره‌ها و کف‌بند در محل تماس با آب به ضخامت ۲۰-۱۵ سانتی‌متر برای مقابله با برخورد احتمالی سنگ‌ها و تنه درختان با شبکه توری و هم‌چنین عدم دستبرد و قطع سیم توری توسط مسافرین و تفریح کنندگان الزامی است.

۲۳- جهت بهینه کردن طراحی‌ها بهتر است تعیین قطر سیم شبکه تورسینگ و... انجام گیرد، و قطر سیم و ابعاد شبکه توری برای شرایط مختلف عرصه‌ها تفاوت داشته باشد.

۲۴- برای عملکرد بهتر متعلقات توریسنگی بند، بهتر است لایه‌های پایینی با سیم‌های مهاری به فواصل مناسب به لایه‌های بالایی بسته شود (حداقل یکم‌تر). برای جلوگیری از تغییر شکل صندوقه‌ها می‌توان وجوه مقابل را نیز به‌فواصل ۱/۵-۱ متر به هم بست.

۲۵- در موقع پر کردن صندوقه‌ها، بایستی از ریختن فله‌ای سنگ‌ها به‌داخل صندوقه‌ها جلوگیری شود تا ضمن چیدن منظم سنگ‌ها، از وارد شدن خسارت به سیم‌های صندوقه جلوگیری شود.

۲۶- در آبراهه‌هایی که رسوبات آن‌ها ریزدانه بوده و غالبا با جریان آب سیل حمل می‌شوند (به‌صورت مواد معلق) بندهای پایه بتنی به ارتفاع حدود ۰/۶-۰/۵ متر جهت تثبیت بستر پیشنهاد می‌شود و ارتفاع بیش‌تر بند معمولا اقتصادی نیست.

۲۷- گوشواره‌های بندهای پایه بتنی معمولا با استفاده از پایه‌های بتنی و شبکه توری ساخته می‌شود. درون این گوشواره‌ها که معمولا با مقطع منشور مثلث القاعد (یا منشور ذوزنقه القاعده) هستند بایستی با خاک مناسب پر شده و متراکم گردد تا از نفوذ آب به‌جناحین سازه و نهایتا تخریب سازه جلوگیری شود.

۲۸- از آن‌جا که در مناطق پرباران و یا مناطق دارای رگبارهای شدید، اختلاف زمانی مربوط به زمان انجام مطالعات و زمان احداث سازه‌ها ممکن است سبب تغییراتی در مقاطع مورد نظر (جهت اجرای عملیات مکانیکی) گردد، توصیه می‌شود اکیپی شامل یک زمین‌شناس و نماینده اداره مطالعات از عرصه بازدید و نسبت به اجرای عملیات و یا اصلاح احتمالی تصمیم‌گیری نمایند.

shaghool.ir

۲۹- دادن نسبت اختلاط (شن، ماسه، سیمان و آب) برای ساخت روکش بتنی در عرصه الزامی است.

۳۰- حداکثر سعی براجتناب از بتن‌ریزی در موقع سرد و یخبندان باشد، در غیراین‌صورت بایستی از مواد ضد یخ استفاده شده و نسبت اختلاط آن نیز از شرکت سازنده مواد افزودنی (ضد یخ) دریافت گردد.

۳۱- مستند کردن عملیات احداث‌بند پایه بتنی و ارزیابی مداوم بندها، عامل مهمی در اصلاح استاندارد موجود و تدوین استانداردهای فنی آتی خواهد بود.

۳۲- حداقل قطر سنگ‌های مورد استفاده در سازه توریسنگی (کف‌بند و گوشواره و...) ۳۰-۲۵ سانتی‌متر باشد تا مشکل خروج سنگ‌ها از درون صندوقه در زمان سیلاب‌ها حذف گردد.

۳۳- زاویه مناسب گوشواره‌های بالادست و پایین‌دست نسبت به محور بند (محور عمود برجریان رودخانه) $^{\circ}$۴۵-$^{\circ}$۳۰ است که مقدار دقیق آن بایستی با تطبیق عرصه مشخص شود. بهتر است پی گوشواره‌ها هم‌تراز کف پی‌بند باشد.

۳۴- احداث‌بند نبایستی مانع دسترسی معمول و مسبوق به سابقه ساکنین حوزه به مناطق مجاور بند گردد.

۳۵- احداث‌بند نبایستی سبب حذف حقابه ذی‌نفعان مناطق پایین دست یا مجاور بند گردد.

۳۶- در محاسبه عمق فرسایش و رعایت عمق مناسب پی‌بند دقت گردد و در هنگام احداث‌بند یا دیگر سازه‌های هیدرولیکی مبنای رعایت عمق مناسب پی، خط تالوگ آبراهه یا رودخانه باشد.

۳۷- در مناطق شیب‌دار سعی گردد کف‌بند به‌صورت پلکانی اجرا گردد. البته بدیهی است طراحی و اجرای کف‌بند با توجه به استانداردهای موجود به‌نحوی باشد که پرش هیدرولیکی حتما در داخل کف‌بند به‌وقوع بپیوندد.

۳۸- حداقل مقدار f.b در بندهای پایه بتنی ۰/۱۵+ متر و حداکثر آن ۰/۳+ متر توصیه می‌شود. حداقل مقدار f.b در بندهای نیمه مشبک و مشبک ۰/۶۰+ متر توصیه می‌شود.

۳۹- شیب طولی گوشواره‌ها در بالادست براساس شیب بستر (پس از پر شدن مخزن‌بند و ایجاد شیب حد) انتخاب گردد تا از دور زدن سازه توسط آب جلوگیری شود.

۴۰- اگر بافت شبکه توری قفسه (صندوقه) و یا توری پوشش دهنده ارتفاع بند در بالادست پایه های بتنی در جهت قائم بوده و دیاگرام تقویتی (توری دو لایه توصیه شده در بند ۷) نیز به ارگیری شده باشد، مقاومت فشاری قابل تحمل توری و یا صندوقه تا حد $300_{ton/m2} - 400_{ton/m2}$ یا $30_{kg/cm2} - 40_{kg/cm2}$ افزایش پیدا خواهد کرد.

۴۱- مقطع دارای بستر و دیواره سنگی با مقاومت خوب که در سرقوس واقع نبوده و در طول مناسبی نیز در بالادست و پایین‌دست مستقیم باشد، بهترین محل برای احداث‌بند مشبک می‌باشد. اطمینان از عدم وجود مشکلات زمین‌شناسی در کف مخزن و جناحین بند الزامی است.

shaghool.ir

۴۲- بند بایستی عمود برمحور جریان (Aux رودخانه) احداث گردد تا جریان سیلاب به یک جهت خاص هدایت نشده بلکه توسط گوشواره‌ها به‌درون سرریز هدایت گردد. ضمنا از عدم وجود تاثیر منفی مشخصات، شیب و امتداد طبقات رسوب برروی سازه اطمینان حاصل گردد.

۴۳- دبی سیلابی طرح براساس شرایط موجود حوزه آبخیز (سطح حوزه‌ها، کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی خاک، دخالت‌های انسانی و...) تعیین شده و دوره برگشت انتخابی نیز متناسب با شرایط مجاور حوزه باشد.

۴۴- برای رودخانه‌های (آبراهه‌های) عریض و با مئاندرهای طبیعی یا مصنوعی، لازم است ابتدا با بررسی مناطق بالادست و احداث سازه‌هایی مانند اپی و دایک، جهت‌دهی مناسب به جریان رودخانه صورت گرفته و سپس نسبت به احداث سازه مشبک اقدام کرد. این عمل علاوه براقتصادی کردن پروژه، از انحراف آب در بالادست سازه که ممکن است به تخریب سازه‌های آبخیزداری و یا مناطق مسکونی بیانجامد جلوگیری می‌کند.

۴۵- از پراکنده کاری اجتناب شده و حداکثر سعی برتکمیل عملیات آبخیزداری در هر آبراهه و سپس پرداختن به آبراهه‌های اولویت‌دار دیگر باشد.

۴۶- در مطالعات اجرایی بایستی معادن قرضه (شن و ماسه و سنگ) داخل حوزه و یا مناطق مجاور مشخص شده و در برآورد ریالی هزینه اجرای پروژه لحاظ گردد. این عمل اختلاف صورت وضعیت پیمان‌کار با برآورد ارائه شده در اسناد مناقصه را به‌حداقل رسانده و از تطویل زمان اجرای پروژه جلوگیری می‌نماید.

۴۷- استفاده از فرمول‌ها و روابط طراحی و اجرا منوط به کالیبره کردن آن‌ها با عرصه کاری گردد تا امکان اصلاح در هر مرحله زمانی امکان‌پذیر بوده و از تجربه و ارزیابی‌ها عبرت گرفته شود.

۴۸- استفاده از GPS با دقت مطلوب برای کارشناسان مطالعات، ارزیابی و امور اجرایی الزامی گردیده و تهیه نقشه AS- built نیز تاکید گردد.

- عرض پی و عمق پی برای بندهای پایه بتنی به ترتیب یک متر و نیم متر پیشنهاد می‌گردد.
- عرض پی و عمق پی برای انتهای حوضچه آرامش بند به ترتیب ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر پیشنهاد می‌گردد.
- جهت راحتی حمل پایه‌های بتنی (بتن آرمه) و هم‌چنین درگیری بیش‌تر پایه‌ها و بتن پی، اضافه طولی حدود ۲۵-۲۰ سانتی‌متر برای پایه‌ها در نظر گرفته شود و ضمنا ۴۰ سانتی‌متر از طول پایه (که قرار است در پی قرار گیرد) بتن‌ریزی نشود. در موقع جای‌گذاری پایه‌ها در پی، اضافه طول در نظر گرفته شده به‌صورت ۹۰ درجه خم می‌شود تا گیرداری پایه و بتن پی بیش‌تر شود.
- خاک‌برداری پی بهتر است به‌صورت پلکانی انجام گیرد، اما عرض پله‌ها بایستی براساس فاصله پایه‌ها تنظیم شود.
- قالب‌ها به‌نحوی طراحی شوند تا در فواصل ۴۰-۳۰ سانتی‌متر از ارتفاع پایه، یک سیم با قطر مناسب (۶-۳/۲) میلی‌متر و به طول ۱۰-۶ سانتی‌متر از مقطع مماس با شبکه توری بیرون‌زدگی داشته باشد. این سیم‌ها جهت بستن شبکه توری و پایه استفاده خواهد شد.

shaghool.ir

- اگر قرار است پایه‌ها برای بند با ارتفاع مفید ۱/۵ متر مورد استفاده قرار گیرند بهتر است قطر آرماتور مصرفی از ۱۰ میلی‌متر به ۱۲ میلی‌متر افزایش یابد.
- اگر احتمال افزایش نیروهای وارده بربند (افزون برنیروهای طراحی) داده می‌شود بهتر است از پشت‌بند و یا کابل‌های مهاری در بالادست استفاده شود
- اگر در تراز ارتفاعی نزدیک سرریز، از لوله‌های P.V.C نمره یک‌دوم اینچ استفاده گردد، می‌توان میل‌گرد دو سر رزوه‌ای را از این سوراخ‌ها عبور داد تا یک‌پارچگی پایه‌ها بیش‌تر شود. این عمل از شکسته شدن پایه‌ها جلوگیری می‌کند.

shaghool.ir

فصل ۶

تدوین ضوابط و معیارهای فنی لازم در نگهداری و بهره‌برداری از بندهای مشبک

shaghool.ir

shaghool.ir

۶-۱- کلیات

بندهای مشبک برخلاف بندهای نفوذناپذیر نیاز به تخلیه سریع رسوبات دارند. اگر رسوبات این بندها به‌موقع تخلیه نشود، علاوه برآن‌که کارایی آن‌ها به‌شدت تقلیل می‌یابد امکان انحراف آب از مقاطع مجاور دستک‌ها و سرریز و یا بالادست آن نیز افزایش می‌یابد. با توجه به تجربیات اندوخته شده داخلی (سیل نکا در سال ۱۳۷۸) اگر دهانه ابنیه‌های هیدرولیکی (پل، بند و...) توسط تنه درختان بسته شود، سازه مورد نظر وضعیتی مشابه سدهای مخزنی پیدا خواهد کرد و دو حالت کلی زیر رخ خواهد داد:

الف- تخریب ابنیه هیدرولیکی و یا خروج سریع جریان آب و رسوبات پشت ابنیه هیدرولیکی در اثر شکسته شدن عامل انسداد (شکستن درختان و...) و یا جابه‌جایی سنگ‌های تجمع یافته این حالت بدترین حالت ممکن برای سیل نکا بود که خوشبختانه به‌وقوع نپیوست.

ب- جمع شدن تدریجی آب و رسوبات در بالادست ابنیه هیدرولیکی و افزایش طول پروفیل سطح آب مخزن به ارتفاعات بالاتر و نهایتا سرریز آب تجمع یافته از مقاطع کم ارتفاع‌تر

۶-۱-۱- توصیه‌ها

۱- اگر چه این عامل (مسدود شدن دهانه ابنیه‌های هیدرولیکی) برای اکثر متخصصان عمران به‌عنوان یک احتمال نزدیک به یقین پذیرفته شده است اما متاسفانه ارتفاع آزاد (f.b) لازم را در طراحی منظور نکرده و معمولا به یک مقدار حداقل قناعت می‌کنند.

۲- لایروبی از کانال‌های انحراف سیل یا آبراهه طبیعی پایین‌دست بندهای مشبک برای تامین ظرفیت کشش کانال یا آبراهه در مواقع مناسب سال لازم و ضروری است.

۳- بازدیدهای منظم ماهیانه از سازه‌های احداثی و ارزیابی عملکرد آن‌ها برای ارائه نظرات اصلاحی جهت مرمت‌های احتمالی و یا اصلاح ضوابط طراحی یا امور اجرایی به ارتقاء عملکردها کمک می‌نماید.

۴- وجود عرصه‌ای مناسب برای دپوی رسوبات مخزن‌بندها (بالاخص چوب‌آلات که نیاز به طی مراحل قانونی برای حمل و فروش داشته و نیاز به‌زمان قابل ملاحظه دارد) از شرایط اصلی محل انتخاب بندها قلمداد گردیده و در تصویب طرح مدنظر قرار گیرد.

۵- بندها به‌نحوی طراحی و اجرا گردند تا امکان اصلاح احتمالی در آن‌ها میسر باشد. تعبیه صفحات فلزی مناسب که توسط بولت‌هایی در بتن درگیر شده و سطح رویی آن‌ها هم‌تراز سطح تمام شده بتن باشد، امکان اصلاح احتمالی سازه را از طریق جوش به صفحات مذکور فراهم می‌نماید. برای نمونه اگر بندهای مشبک شکاف‌دار (slit dam) بتنی و یا بتن آرمه در قسمت پایین‌دست ستون‌ها دارای صفحات فلزی تعبیه شده در بتن باشند، امکان تقلیل ابعاد شبکه فراهم می‌شود. لازم به‌ذکر است که براساس تحقیقات انجام شده در

shaghool.ir

ژاپن بندهای شکاف‌دار نیاز به اصلاح داشته و شکاف‌ها بایستی با به‌کارگیری نبشی یا تیر آهن (با ابعاد متناسب با قطر درختان و سنگ‌های مدنظر برای به تله انداختن در مخزن‌بند) محدود گردد.

۶- اعتبار لازم سالیانه برای بندهای مشبک (تخلیه رسوبات و مرمت احتمالی) در موافقت‌نامه‌ها منظور گردد.

۷- استفاده از انواع بندهای مشبک با توجه به شرایط عرصه (وضعیت توپوگرافی، فرسایش و رسوب، حجم و دبی حداکثر جریان واریزه‌ای، وضعیت مناطق مجاور و پایین‌دست بند (مسکونی و...)، امکان تخلیه رسوبات و... و ویژگی‌های هر یک از بندها صورت گیرد تا ریسک خطر ناشی از طراحی و اجرا به حداقل برسد.

۸- استفاده از پیمان‌کاران قوی و زبده در احداث‌بندهای مشبک (با توجه به جدید بودن آن‌ها در کشور) امری لازم است.

۹- احداث‌بندهای فلزی در شمال کشور (و حتی مناطق مرطوب جنوبی کشور) با دقت بیش‌تر صورت گرفته و علاوه برجوش قطعات از اتصال با پیچ و مهره نیر به‌صورت هم‌زمان استفاده شود تا علاوه برعملکرد بهتر سازه، امکان مرمت آسان قطعات تخریب شده احتمالی میسر گردد.

۱۰- وجود سیستم‌های هشدار سیل و دوربین‌ها، امکان کنترل سازه‌ها را از راه دور میسر می‌سازد.

۱۱- انجام ضوابط کنترل جریان واریزه‌ای (انجام عملیات کنترل فرسایش در پای دامنه و مناطق بسیار فرسایش‌پذیر، احداث حوضچه‌های ترسیب، عملیات کنترل و هدایت جریان واریزه‌ای، عملیات به تله انداختن رسوبات و...) لازم بوده و محدود به احداث یک سازه بند مشبک نگردد، بنابراین همگام با مرمت و نگهداری بند مشبک، به مرمت و نگهداری در پروژه‌های اجرا شده مرتبط در بالادست و پایین‌دست توجه شود.

۱۲- در مقاطعی از آبراهه‌های اصلی و فرعی نیاز به افزایش ارتفاع برای استمرار عملکرد بهینه بندهای رسوب‌گیر در آینده وجود دارد. لذا در طراحی و اجرا بایستی این شرایط پیش‌بینی شود.

۱۳- نقشه عین ساخت (As builit) سازه‌ها طبق روال معمول تهیه گردد تا در مواقع نیاز در اختیار کارشناسان طراح قرار گیرد.

۶-۲- روش‌های اجرایی احداث‌بندهای مشبک

جهت ساخت هر سازه‌ای، به پی مناسب نیاز می‌باشد. ساخت پی در آبراهه‌های خشک و در مناطق با آب زیرزمینی فقیر (در صورتی‌که رگباری به‌وقوع نپیوندد) کاری نسبتا راحت است اما در مناطقی که آب زیرزمینی آن‌ها بالاست و یا رگبارهای سیل‌آسایی دارند با سختی‌ها و صرف هزینه‌ای نسبتا زیاد همراه است. در دره‌های کم عرض و عمیق انحراف آب دایمی و یا رگبار طراحی به ساخت تونل یا آب‌رو نیاز دارد. اما در بسترهای عریض می‌توان کار اجرایی را به‌صورت مرحله‌ای انجام داد و با احداث خاکریز یا کانال موقت از مشکل جریان آب کاست.

اگر در هنگام خاک‌برداری‌ها با مشکل پرشدن پی با آب زیرزمینی مواجه شویم، استفاده از پمپ‌های لجن‌شکن مناسب و انحراف آب به پایین‌دست الزامی می‌گردد.

shaghool.ir

بتن‌ریزی بایستی در هوای مساعد (غیریخبندان) انجام شده و قالب‌بندی سرریز قوسی نیز با استفاده از اشل سرریز و قالب‌های ۱۰ سانتی‌متری انجام گیرد تا پروفیل قوسی سرریز بخوبی اجرا گردد. برای ستون‌ها استفاده از قالب‌های فلزی مناسب‌تر است.

تعبیه درز انقباض (در فواصل ۱۵-۷ متر) و گذاشتن نوار water stop (آب‌بند) در محل درز انقباض لازم است.

معمولا درزهای انبساط در فواصل ۴۰-۳۰ متر در امتداد طولی سازه بند مشبک باید اجرا گردد که در این محل‌ها میل‌گردها قطع شده و فاصله‌ای حدود ۴-۲ سانتی‌متر بین بتن قدیم و جدید ایجاد می‌شود. بتن مورد نیاز بایستی با استفاده از نسبت اختلاط بهینه نزدیک‌ترین کارگاه شن و ماسه و یا بتن که با محاسبات طراحی ارائه شده در کتابچه مطابقت دارد تهیه شود.

۶-۳- ارائه نقشه‌های تیپ بندها در ارتفاع‌های مختلف

با توجه به تجربیات کشورهای خارجی (ژاپن)، تجربیات حاصله از طراحی بندهای مشبک در کشور و عملکرد بندهای احداث می‌توان گفت:

۱- بندهای شکاف‌دار بایستی مانند دیگر بندهای مشبک براساس حداکثر قطر سنگ یا تنه درختان مورد نظر برای به تله انداختن طراحی گردیده و همانند آن‌چه آقای Mizuyama ارائه نموده است. قسمت شکاف‌دار بایستی مشبک گردد.

۲- در بعضی از مناطق کشور (از جمله مازندران) امکان احداث حوضچه ترسیب (به‌علت شرایط توپوگرافی و...) در بالادست بندهای مشبک وجود ندارد، لذا ترسیب بایستی توسط بند مشبک انجام گیرد. در این‌صورت بایستی بند مشبک دارای دو قسمت مشبک و غیرمشبک (شبیه بندهای غاز محله کردکوی، نوکنده و یا بند نیمه مشبک ده‌متری نیرنگ) باشد.

۳- بندهای فلزی لوله‌ای اجرا شده در ژاپن علاوه برپیچ و مهره شدن و رنگ‌آمیزی مخصوص، پر شده از بتن می‌باشند. بنابراین توصیه به اجرای این بندها بایستی براساس شرایط مساعد عرصه، رنگ‌آمیزی مقاوم و جوش‌کاری و پیچ و مهره کردن اعضای بند توسط افراد ماهر صورت گیرد.

با توجه به مذکورات بالا فقط Celldam (بند استوانه‌ای مجزا) است که در کشور اجرا نشده و احتمالا به‌عنوان یک گزینه مناسب در بعضی از حوزه‌های آبخیز (حداقل به‌عنوان طرح تحقیقاتی) به‌اشکال مناسب به اجرا در خواهد آمد. اگر با توجه به عملکرد بندها نیز اظهارنظر شود، این امکان وجود دارد که مغایرت‌هایی در آینده به‌وجود آید زیرا بندهای تنه و سرشاخه‌گیر نکا و غازمحله و بند نیمه مشبک نیرنگ با سیل‌های قابل توجه مواجه شده و عملکرد آن‌ها ارزیابی شده است و بقیه بندهای اجرا شده در دو استان مازندران و گلستان با سیلاب‌های مهم مواجه نشده‌اند.

shaghool.ir

۶-۴- معرفی الگوی مناسب بندهای مشبک برای مناطق مختلف کشور

اجرای هر نوع سازه منوط به‌وجود دلایل فنی لازم می‌باشد. احداث سازه مشبک در ژاپن، اگر چه دلایلی از جمله به تله انداختن چوب‌آلات و یا تخته سنگ‌های حمل شونده با جریان واریزه‌ای در مناطق جنگلی و یا مناطق فرسایش‌پذیر سنگی و واریزه‌ای را مدنظر داشته اما مهم‌ترین عامل نتیجه تحقیقاتی بوده که در مناطق مشخصی انجام یافته و عامل پیش‌روی آب دریا در مناطق مذکور را به‌دلیل احداث‌بندهای رسوب‌گیر sabo و جلوگیری از حرکت مصالح به پایین‌دست رودخانه اعلام نمود. در شمال کشور عامل اصلی اکثر سیلاب‌های مهیب شهری بسته شدن دهنه پل‌ها و افزایش ارتفاع آب ناشی از مسدود شدن خروجی‌های رودخانه است. عامل اصلی بسته شدن دهنه پل‌ها نیز حرکت تنه و سرشاخه درختان و یا ریزش تخته سنگ‌ها و حرکت آن‌ها تحت تاثیر نیروی ثقل می‌باشد. خوشبختانه دلایل کافی برای اثبات این مدعا در شمال کشور در نیرنگ نوشهر و غازمحله کردکوی وجود دارد و بهترین گواه این ادعا ساکنین مناطق روستایی و شهری تحت تاثیر این رودخانه‌ها است.

بندهای پایه بتنی برای همه نقاط کشور قابل استفاده بوده و جایگزینی مناسب برای بندهای چوبی است. البته رعایت مسایل حفاظتی مرتبط با خاک و آب جهت استمرار استفاده از این نوع بند در تمام نقاط کشور الزامی است.

اگر چه بندهای فلزی به‌علت امکان حمل قطعات آن و ساخت سریع در تمام ایام سال قابل توصیه برای تمام مناطق کشور است اما تجربه حاصل در استان‌ها باید ملاک اصلی استفاده انبوه از این سازه‌ها باشد. بند دومتری کاظم‌رود که نقشه‌های اجرایی آن در پیوست ارائه شده است برای مناطق جنگلی (بدون حرکت تخته سنگ‌ها) قابل توصیه است.

بند مشبک فاقد تیر افقی (Slit dam) که در استان گلستان اجرا شده است با رعایت شروطی می‌تواند در مناطق با جریان واریزه عموما تخته سنگ به‌کار گرفته شود. این بند در چند دهه گذشته در قسمت‌هایی از ژاپن طراحی و اجرا شده است اما همانند بندهای مشبک فلزی (لوله‌های پر شده با بتن) توسعه داده نشدند. لازم به ذکر است که طراحی این بندها راحت‌تر از دیگر بندهای فلزی و بتن آرمه است.

بند بتن آرمه درویشان نکارود که دارای ارتفاع مفید هفت متر می‌باشد الگوی مناسبی برای حوزه‌های مشابه می‌باشد اما ابعاد شبکه و ارتفاع آن بایستی برحسب شرایط توپوگرافی، فرسایش و رسوب و ... تعدیل شود.

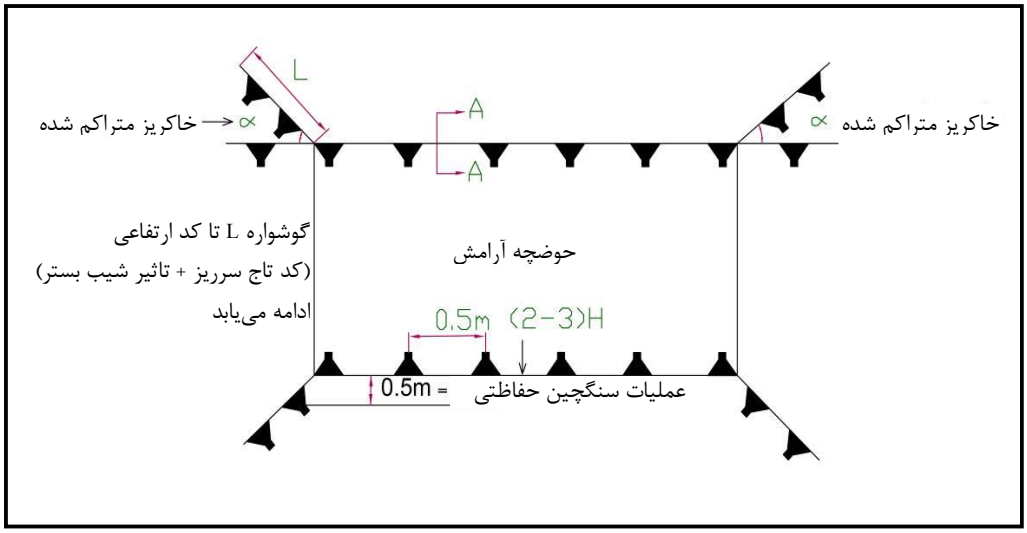
از معایب مهم بندهای مشبک فلزی عدم رعایت مسایل مرتبط با جوش یا پیچ و مهره کردن و خوردگی (زنگ‌زدگی) و عدم امکان استفاده از آن در بعضی مناطق با جریان سنگی (حرکت تخته سنگ در حین جریان واریزه‌ای) است که در توصیه‌ها بایستی مدنظر قرار گیرد. در صفحات ۱۳۲ الی ۱۳۷ طرح‌های تیپ بندهای پایه بتنی، فلزی، بتن آرمه با توجه به عملکرد این بندها و توصیه‌های فنی منابع معتبر ارائه شده‌اند.

در خاتمه به‌نظر می‌رسد ذکر این نکته لازم باشد که عدم وجود حوضچه ترسیب در بالادست بندهای مشبک از راندمان عملکرد آن‌ها خواهد کاست. متاسفانه وضعیت توپوگرافی در اکثر حوزه‌های آبخیز منتهی به دشت در استان‌های مازندران و گلستان به‌نحوی است که امکان استقرار حوضچه‌های ترسیب وجود ندارد (عدم وجود زمین کافی در امتداد

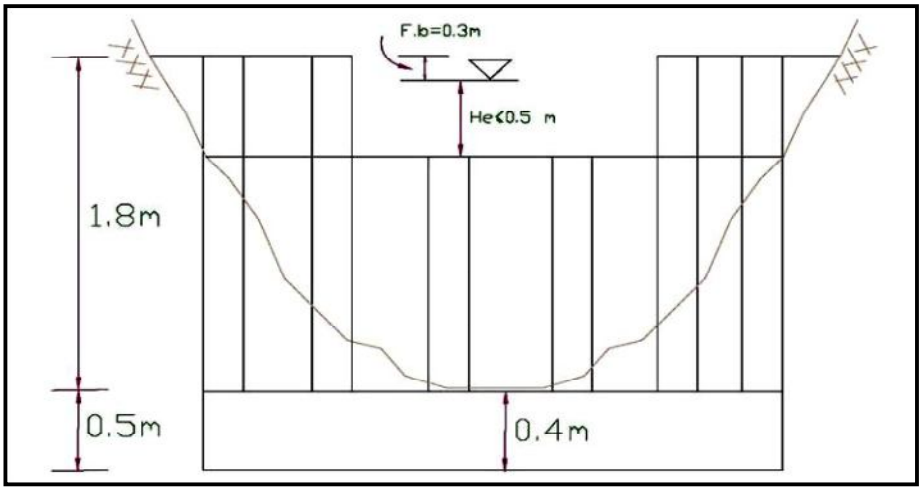
shaghool.ir

آبراهه برای ایجاد عرضی پنج برابر عرض موجود آبراهه و یا عدم امکان پرداخت هزینه خرید زمین و...)، بنابراین به‌نظر می‌رسد بهتر است مانند غاز محله کردکوی بندهای مشبک شامل دو قسمت مشبک و غیرمشبک باشند ضمنا مجاورت حوضچه‌ها با مناطق مسکونی به‌علت تزریق سریع آب زیرزمینی به‌صلاح نمی‌باشد.

بندهای مشبک بتن آرمه، فلزی و... برخلاف دیگر بندهای کوچک و متوسط آبخیزداری نیاز به محاسبه و طراحی داشته و نمی‌توان طرح تیپ (با قابلیت اجرایی کامل) را توصیه کرد، مگر این‌که منظور از ارائه طرح تیپ، ارائه نمونه باشد. در این‌صورت طراحی و محاسبه سریع‌تر انجام می‌گردد.

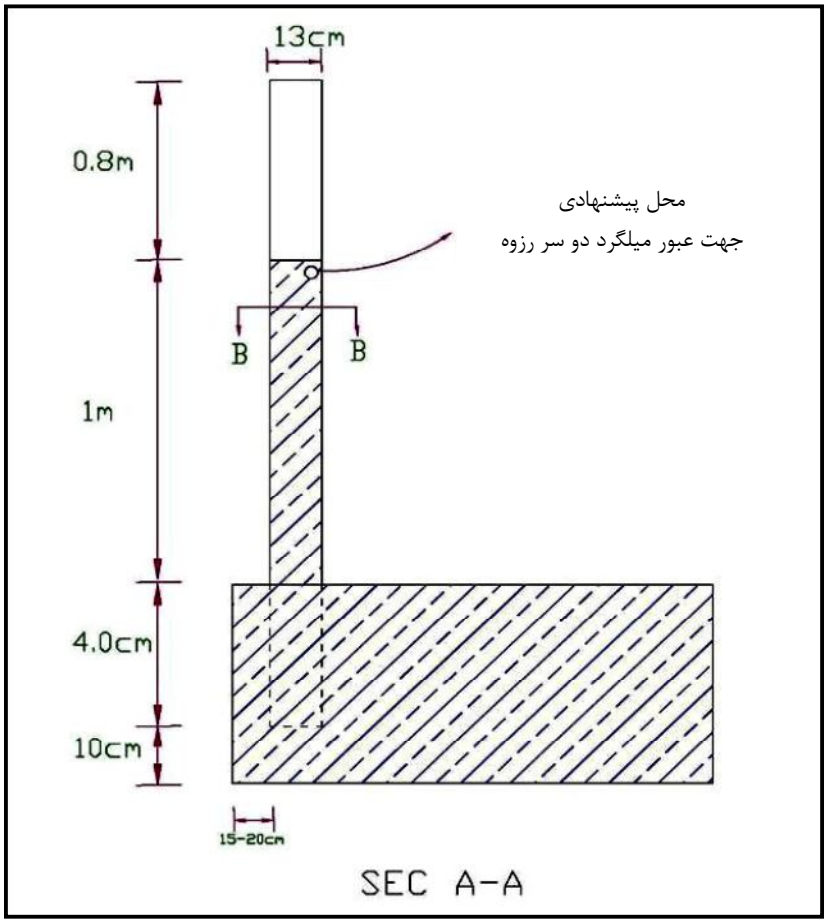


پلان بند پایه بتنی

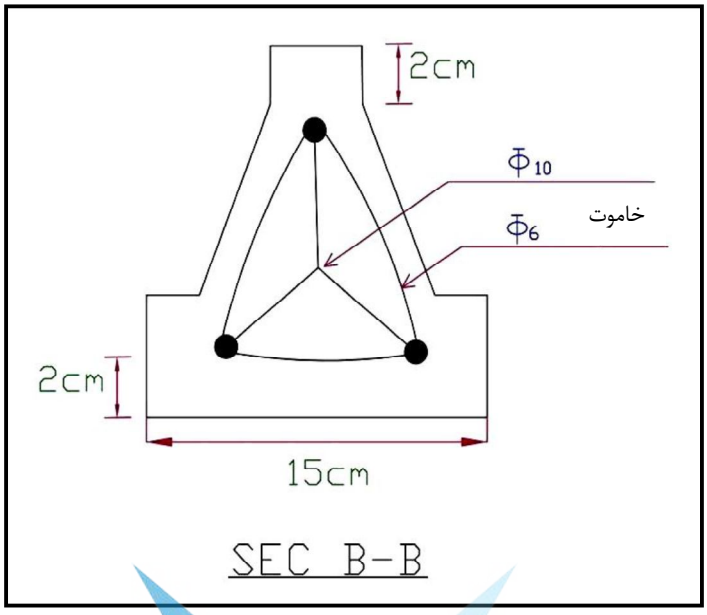


نمای پایین‌دست یک بندپایه بتنی با ارتفاع مفید ۱ متر و ارتفاع کل ۲/۳۰ متر

shaghool.ir

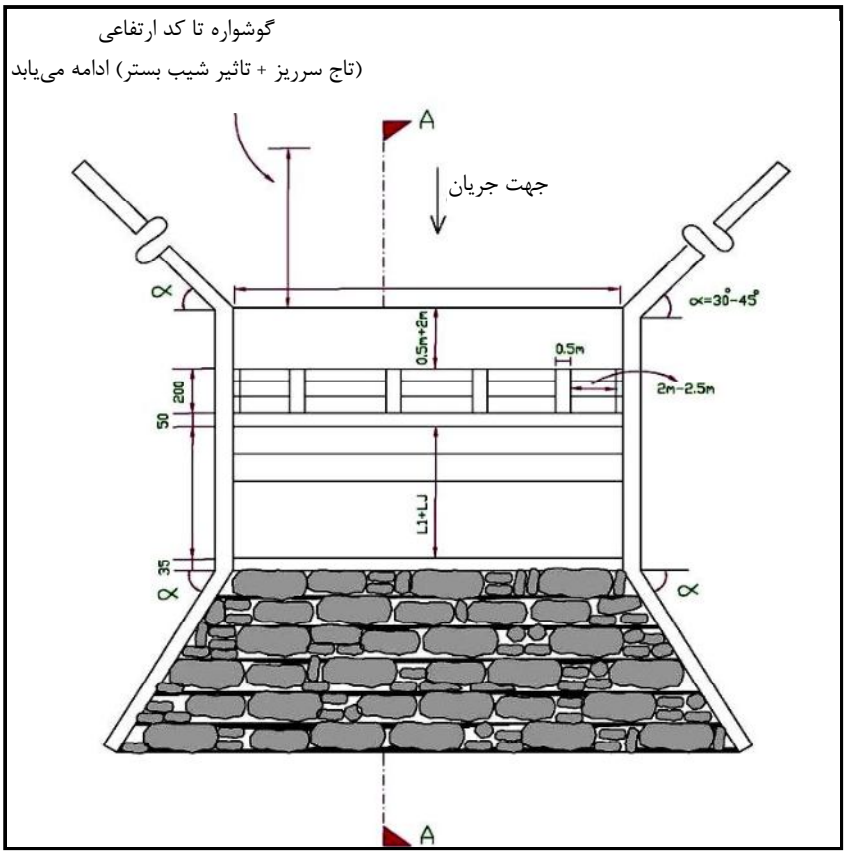


شکل ۶-۱- پلان و نمای پایین‌دست یک بند پایه بتنی

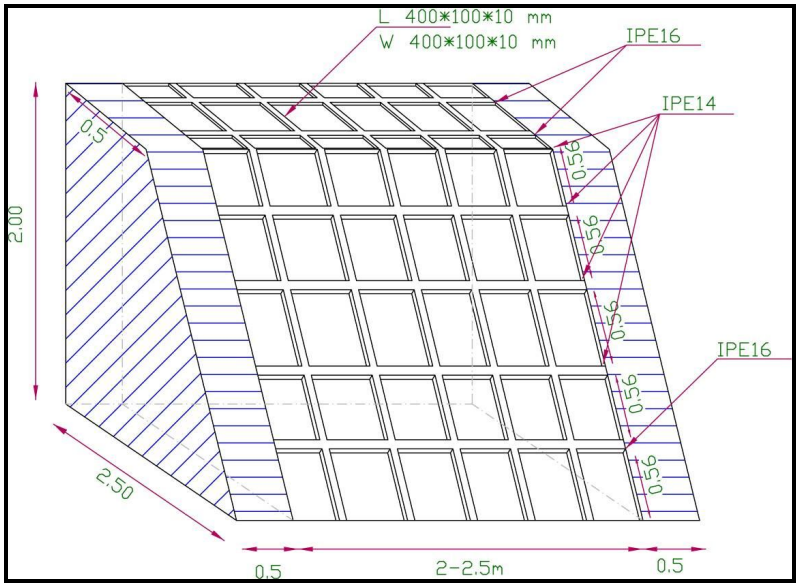


شکل ۶-۲- برش‌های A-A و B-B از بند پایه بتنی

shaghool.ir

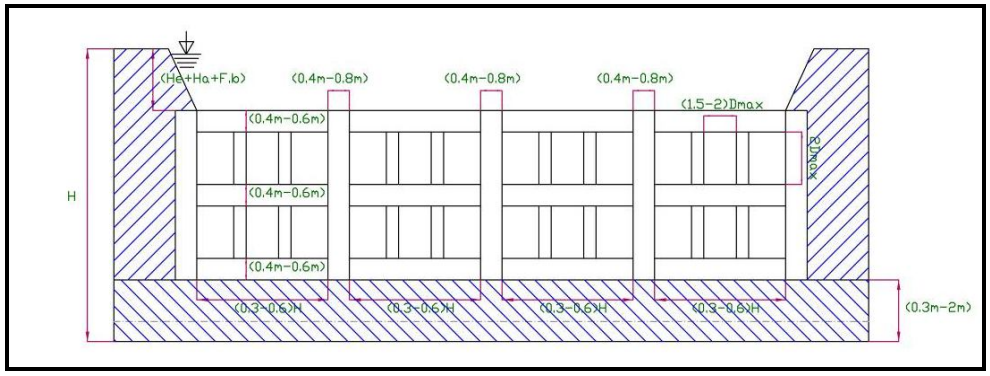


شکل ۶-۳- پلان بند مشبک با سرریز فلزی با ارتفاع مفید ۲ متر برای آبراهه جنگلی فاقد حرکت سنگ



شکل۶-۴- پرسپکتیویک دهنه از بند مشبک با سرریز فلزی با ارتفاع مفید ۲ متر برای آبراهه جنگلی فاقد حرکت سنگ

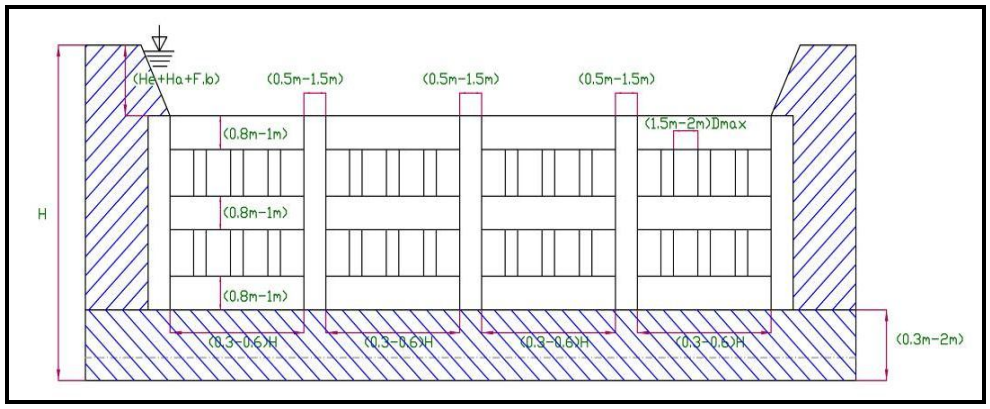
shaghool.ir



پی سنگی: ۰/۳ متر = عمق پی

He+ عمق پی + ارتفاع مفید بند = H

شکل ۶-۵- نمای پایین‌دست طرح تیپ بند مشبک بتن آرمه (۵-۳ متر) با توجه به توصیه منابع معتبر در رابطه با f.b و...

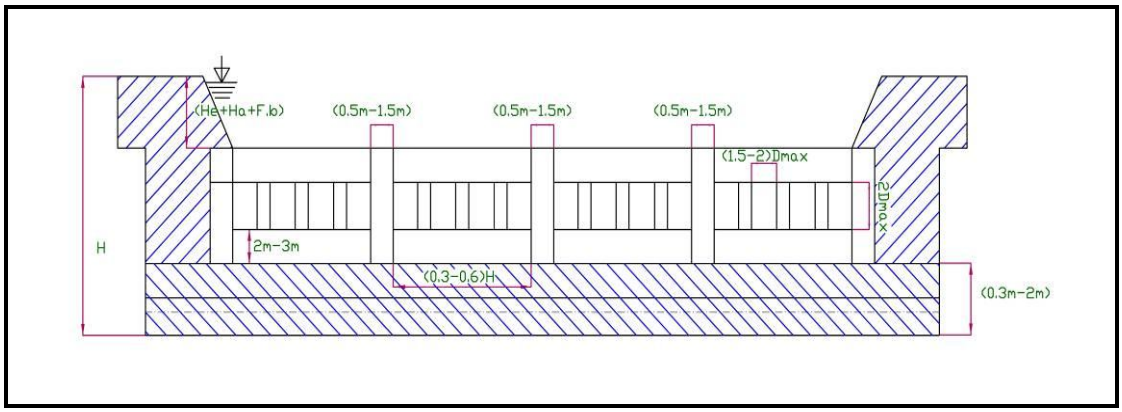


ارتفاع آب روی سرریز: He

۰/۳ متر = عمق پی: بستر سنگی

He+ عمق پی + ارتفاع مفید بند = H

شکل ۶-۶- نمای پایین‌دست و طرح تیپ بند مشبک بتن آرمه (۸-۵ متر) با توجه به عملکرد بند مشبک نکارود و توصیه منابع معتبر در رابطه با مقادیر f.b و...



پی سنگی: ۰/۳ متر = عمق پی

ارتفاع آب روی سرریز: He

He + عمق پی + ارتفاع مفید بند = H

شکل ۶-۷- نمای پایین‌دست طرح تیپ بند مشبک بتن آرمه (۸-۵ متر) با تیرهای بتن آرمه قائم روی سرریز قوسی با توجه به عملکرد بند مشبک غاز محله و توصیه منابع معتبر در رابطه با مقادیر f.b و...

shaghool.ir

۶-۵- نکات مهم در طراحی و اجرای بندهای مشبک

۱- بندهای مشبک براساس نقشه‌های اجرایی با مقیاس مناسب طراحی، کنترل و اجرا شوند و کنترل عملیات اجرایی در عرصه نیز با دوربین نقشه‌برداری و با نقاط کنترل ثابت انجام گیرد. این کار اسناد مناقصه را اجرایی تر می‌سازد.

۲- بندهای مشبک نیز مانند دیگر بندها بایستی عمود برمحور جریان احداث گردند تا جریان آب به یک سمت هدایت نشود.

۳- مقاومت خاک و C و ϕ خاک نیز با توجه به آزمایش‌های مربوط تعیین و در طراحی به‌کار گرفته شوند.

۴- اگر در حین اجرای کار، عملیات اجرایی طبق طراحی موجود انجام نگرفته باشد و عیبی پدیدار گردد، ناظر بایستی موارد را به اطلاع کارفرما برساند تا تصمیم مقتضی انجام گیرد.

۵- مصالح مصرفی بتن بایستی طوری انتخاب شوند که تناقضی بین طراحی و اجرا حادث نگردیده و مواد افزودنی نیز در حد مجاز باشد.

۶- شن و ماسه و سیمان مصرفی در کارگاه باید دارای مشخصاتی باشند که در تعیین نسبت‌های اختلاط موجود در طرح ارائه شده باشد.

۷- آب مصرفی برای شستشوی مصالح سنگی، ساخت و عمل‌آوری بتن بایستی تمیز و صاف باشد و از مصرف آب‌های حاوی روغن‌ها، اسیدها، قلیایی‌ها و املاح مضر خودداری شود.

۸- استفاده از مواد افزودنی(اعم از شیمیایی و معدنی) با تصویب دستگاه نظارت امکان‌پذیر است.

۹- مواد افزودنی بایستی با سیمان سازگار بوده و با مصالح سنگی و یا میل‌گرد واکنش شیمیایی انجام ندهند.

۱۰- تهیه، کاربرد و کنترل کارهای بتنی به افراد صاحب صلاحیتی واگذار شود که از تجربه و دانش کافی برخوردار باشند.

۱۱- باز آمیختن بتن با آب پس از اتمام اختلاط، ضمن نقل و انتقال یا در محل بتن‌ریزی مجاز نمی‌باشد مگر در موارد استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت.

۱۲- انتقال بتن از مخلوط‌کن تا محل نهایی بتن‌ریزی بایستی چنان صورت گیرد که از جدا شدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

۱۳- بتنی که به‌حالت نیمه سخت در آمده و یا به مواد زیان‌آور بیرونی آلوده شد، نبایستی در بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به‌کار رود.

۱۴- سطح بتن ریخته شده به‌صورت لایه‌های افقی باید تراز باشد.

shaghool.ir

۱۵- ویبراتور در داخل بتن بایستی به‌طور منظم و فواصل مشخص به‌نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده، با هم هم‌پوشانی داشته باشند و قسمتی از ویبراتور بایستی در لایه‌های زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

۱۶- ویبراتور بایستی تا حدامکان به‌صورت قایم وارد بتن گردد و به‌آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا داخل بتن نماند.

۱۷- نسبت $\frac{w}{c}$ (نسبت آب به سیمان) از ۰/۵ بیش‌تر نشود

۱- میل‌گردها بایستی به‌صورت سرد خم شده و حداقل قطر خم‌ها نیز براساس قطر میل‌گرد و درجه خم رعایت شود.

۶-۶- نتیجه

در این فصل ضمن ارائه موارد مهم مرتبط با بهره‌برداری و نگهداری از بندهای مشبک، دستورالعمل اجرایی و طرح‌های تیپ نمونه ارائه گردید. این مطلب و نقشه‌ها ضمن ارتقاء دید کارشناسی، موجب افزایش راندمان طراحی و اجرای سازه‌های مشبک خواهد شد.

shaghool.ir

پیوست ۱

کالیبراسیون رابطه فولر

shaghool.ir

shaghool.ir

پ.۱-۱- مقدمه

در طراحی سازه‌های آبی (سد، بند، اپی و...) ابنیه (پل و...) و سازه‌های حفاظتی حوزه‌های آبخیز (انواع چکدم و...) محاسبه و برآورد سیلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در برآورد سیل برای آبراهه‌های فاقد آمار استفاده از فرمول‌های تجربی متعددی می‌تواند مدنظر قرار گیرد، اما در اکثر موارد اظهارنظر در مورد صحت مقدار برآورد شده امری مشکل به‌نظر می‌رسد. بدیهی است نتیجه برآورد ناصحیح سیل می‌تواند به یکی از دو صورت زیر باشد:

۱- مقدار برآورد شده کم‌تر از مقدار واقعی باشد، که در این صورت سازه احداثی در درازمدت تخریب خواهد شد و چه بسا خسارات جانی و مالی را نیز در پی داشته باشد.

۲- مقدار برآورد شده بیش‌تر از مقدار واقعی باشد که در این صورت موجب ازدیاد هزینه اجرای پروژه شده و اتلاف بیت المال را بدنبال خواهد داشت.

پ.۱-۲- هدف

اهداف اصلی کالیبره کردن رابطه فولر در حوزه کسیلیان عبارتند از:

- برآورد مقادیر سیل با دوره برگشت‌های مختلف در خروجی حوزه آبخیز
- تعمیم نتایج حاصله به حوزه‌های مشابه و همگن
- مقایسه فرمول‌های تجربی موجود و برآورد کارآیی آن‌ها در حوزه‌های فاقد آمار
- مقایسه تغییر C و β در یک حوزه کوچک مانند کسیلیان (در مقاطع متفاوت آن)

پ.۱-۳- شرح مختصری از وضعیت و موقعیت حوزه کسیلیان

حوزه آبخیز رودخانه کسیلیان با مساحت تقریبی ۳۴۰۰۰ هکتار در محدوده جغرافیایی "۰۰ '۱۸ °۵۳ و "۶/۵ '۵۳ °۵۲ طول شرقی و "۱۰ '۱۸ °۳۶ – "۳۰ '۵۸ °۳۵ عرض شمالی قرار گرفته و از زیرحوزه‌های مهم تالار می‌باشد. از نظر تقسیمات کشوری این حوزه به دو شهرستان سواد کوه و ساری تعلق دارد. حوزه معرف کسیلیان با مساحت ۶۷۲۲ هکتار در محدوده جغرافیایی "۰۰ '۱۸ °۵۳ – "۳۰ '۱۰ °۵۳ طول شرقی و "۰۰ '۰۷ °۳۶ – "۳۰ '۵۸ °۳۵ عرض شمالی واقع شده و اقلیم آن از نیمه مرطوب سرد (در پایین‌دست حوزه معرف) تا ارتفاعات متغیر است.

در حوزه آبخیز کسیلیان دو ایستگاه هیدرومتری وجود دارد. ایستگاه هیدرومتری ولیک‌بن در خروجی حوزه معرف کسیلیان و ایستگاه هیدرومتری شیرگاه در پایین‌دست پل شاه‌عباسی (در ساحل چپ رودخانه کسیلیان و قبل از الحاق به رودخانه تالار) احداث شده‌اند.

در حوزه معرف کسیلیان ۱۲ ایستگاه هواشناسی، تبخیرسنجی، باران‌سنجی و باران‌سنج ذخیره ای وجود داشته و دقت و کیفیت آمار مطلوب می‌باشد.

shaghool.ir

مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری ولیک بن و شیرگاه در جدول (پ.۱-۱) ارائه شده است.

جدول پ.۱-۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)	تجهیزات اشل – لمینوگراف پل‌تلفریک	سال تاسیس
ولیک‌بن	۵۳°۱۰' ۰۰"	۳۶°۰۵'۰۰"	۱۰۸۸	XXX	۱۳۴۹
شیرگاه	۵۲°۵۳' ۶/۵"	۳۶°۱۸' ۱۰"	۲۳۰	-XX	۱۳۲۸

پ.۱-۴- تهیه آمار دبی‌های حداکثر روزانه و حداکثر لحظه‌ای

شروع آمار گزارش شده ایستگاه‌های هیدرومتری ولیک‌بن و شیرگاه به‌ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۲۹ و ۱۳۴۹ می‌باشد. در بعضی از سال‌ها مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای ارائه نشده بود که در چنین مواردی با مراجعه به دبی‌های روزهای قبل و بعداز سیل مورد نظر و گراف مربوطه نسبت به برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای اقدام شد.

پ.۱-۵- بررسی صحت آمار موجود

با مقایسه آمار ایستگاه‌های هیدرومتری ولیک‌بن و شیرگاه و ایستگاه‌های هم‌جوار، و تطبیق آن با وضعیت بارندگی در حوزه کسیلیان و حوزه‌های مجاور نسبت به حذف آمارهای مشکوک اقدام گردید. (لازم به ذکر است که در ایستگاه‌های فاقد دستگاه‌های ثبات و بدون متصدی نمی‌توان به صحت آمار مطمئن بود).

پ.۱-۶- انتخاب دوره مشترک آماری و...

دوره آماری ۷۱-۱۳۴۹ به‌عنوان دوره مشترک آماری پذیرفته شد.

ایستگاه هیدرومتری ولیک‌بن با طول آماری ۲۲ ساله و کیفیت آماری مناسب به‌عنوان ایستگاه مبنا انتخاب گردیده و سپس نسبت به تکمیل و تطویل آمار شیرگاه اقدام گردید.

در جدول (پ.۱-۲) مقادیر پارامترهای R و n و A و B در روش‌های مختلف بررسی همبستگی آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ولیک‌بن و شیرگاه ارائه گردیده است.

جدول پ.۱-۲- مقادیر پارامترهای Rو n و A و B در روش‌های مختلف بررسی همبستگی آمار دبی حداکثر لحظه‌ای و لیک‌بن و شیرگاه

شکل تابع	N	A	B	R
$y = A.e^{B.X}$	۱۷	۳۱/۴۴۸	۰/۰۲۱۳	۰/۴۲۹
$y = A + B\ln x$	۱۷	-۰/۰۰۸۲	۱۹/۰۷۱	۰/۴۲۸
$y = A.X^{B}$	۱۷	۱۷/۵۲۲	۰/۳۵۳۹	۰/۳۹۴
$*y = A + B.X$	۱۷	۱/۶۷	۳۳/۰۰	۰/۴۳۲

* این تابع بیش‌ترین مقدار ضریب همبستگی را در بررسی آماری دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ولیک بن و شیرگاه ارائه می‌کند.

shaghool.ir

پ.۱-۷- بررسی برارزش آمار دبی‌های حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه

برازش آمار دبی‌های حداکثر روزانه و حداکثر لحظه‌ای در مقاطع ولیک‌بن و شیرگاه (پس از تکمیل و تطویل با توزیع‌های مختلف آماری مورد بررسی قرار گرفت).

برای نمونه مقادیر R.S.S (مجموع مربعات باقی‌مانده) و $\sigma n-1$ (انحراف معیار) مربوط به بررسی برارزش دبی‌های حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه رودخانه کسیلیان در مقطع شیرگاه در جدول‌های (پ.۱-۳) و (پ.۱-۴) ارائه شده است.

جدول پ.۱-۳- مقادیر R.s.s و $\sigma n-1$ مربوط به بررسی برازش دبی حداکثر لحظه‌ای شیرگاه

نام توزیع	مقدار R.s.s	مقدار $\sigma n-1$
نرمال	۵/۵۷۷	۲۱/۶۴۵
لوگ نرمال	۵/۷۷	۲۰/۳۴
لوگ نرمال سه پارامتری	۵/۰۲۳	۲۱/۵۳
پیوسون تیپ III	۴/۸۲	۲۱/۴۷
لوگ پیوسون تیپ III	۴/۹۰	۲۱/۴۸
گامبل	۴/۵۰	۲۴/۵۸

جدول پ.۱-۴- مقادیر R.s.s و $\sigma n-1$ مربوط به بررسی برازش دبی حداکثر روزانه شیرگاه

نام توزیع	مقدار R.s.s	مقدار $\sigma n-1$
نرمال	۳/۳۷	۱۴/۰۱
لوگ نرمال	۳/۴۵	۱۳/۲۱
لوگ نرمال سه پارامتری	۲/۹۲	۱۳/۵۹
پیوسون تیپ III	۲/۸۰	۱۳/۸۹
لوگ پیوسون تیپ III	۲/۸۶	۱۳/۷۷
گامبل	۲/۴۵	۱۵/۹۴

مشاهده می‌گردد که توزیع گامبل در هر دو مورد (دبی حداکثر روزانه و دبی حداکثر لحظه‌ای) کم‌ترین مقدار R.S.S را نتیجه داده و مقادیر برآورد شده با این توزیع در جهت حصول به اطمینان بیش‌تر خواهد بود. بنابراین توزیع فوق به‌عنوان مناسب‌ترین توزیع آماری جهت برازش با مقادیر مشاهده شده انتخاب گردید.

پ.۱-۸- محاسبه و برآورد دبی‌های حداکثر روزانه و حداکثر لحظه‌ای

با استفاده ازآمار موجود و توزیع آماری منتخب (گامبل) نسبت به محاسبه و برآورد دبی‌های حداکثر روزانه و حداکثر لحظه‌ای برای دوره برگشت‌های مختلف اقدام گردید.

ضمنا نسبت دبی حداکثر لحظه‌ای در هر دوره برگشت محاسبه شد.

shaghool.ir

پ.۱-۸-۱- دبی حداکثر روزانه

مقادیر دبی‌های لحظه‌ای و حداکثر روزانه رودخانه کسیلیان در مقاطع ولیک‌بن و شیرگاه در جدول‌های (پ.۱-۵) و (پ.۱-۶) تنظیم و ارائه شده است.

جدول پ.۱-۵- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه کسیلیان در خروجی ولیک‌بن به ازای دوره برگشت‌های مختلف (m^3/sec)

دوره برگشت (سال)	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲
دبی حداکثر لحظه‌ای	۷۱/۷۰	۶۴/۰۰	۵۶/۲۷	۴۸/۵۰	۴۵/۹۷	۳۸/۰۰	۲۹/۷۰	۱۷/۱۶
دبی حداکثر روزانه	۲۷/۳۰	۲۴/۲۴	۲۱/۴۸	۱۸/۵۵	۱۷/۵۹	۱۴/۵۹	۱۱/۴۶	۶/۷۲۴

جدول پ.۱-۶- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای و حداکثر روزانه رودخانه کسیلیان در مقطع شیرگاه به ازای دوره برگشت‌های مختلف (m^3/sec)

دوره برگشت (سال)	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲
دبی حداکثر لحظه‌ای	۱۵۹/۷۱	۱۴۴/۱۷	۱۲۸/۵۸	۱۱۲/۸۷	۱۰۷/۷۷	۹۱/۶۹	۷۴/۹۴	۴۹/۶۲
دبی حداکثر روزانه	۱۰۴/۱۶	۹۴/۰۹	۸۳/۹۸	۷۳/۷۹	۷۰/۴۹	۶۰/۰۷	۴۹/۲۰	۳۲/۸۰

کالبیره کردن رابطه فولر در حوزه کسیلیان

رابطه اصلی فولر به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Q\max = C.A^{0.8}(1+\beta LogT) \quad -I$$

$$Qp = Q\max(1+2.66A^{-0.30}) \quad -II$$

که در آن:

Qmax= حداکثر دبی متوسط روزانه (۲۴ ساعته) در دوره برگشت مورد نظر (m^3/sec)

Qp= حداکثردبی لحظه‌ای در دوره برگشت مورد نظر (m^3/sec)

A= مساحت حوزه (km^2)

β, C= ضرایب رابطه فولر

T = دوره برگشت سیل (سال)

در این طرح از بررسی و تفسیر معادله II صرف‌نظر شده و انشاءالله در آینده نزدیک با استفاده از آمار مستخرجه از طرح‌های تحقیقاتی و حوزه معرف و زوجی نسبت به آن اقدام خواهد شد[۱].

با تشکیل دو معادله و دو مجهول و حل آن مقادیر C و β متعددی حاصل می‌گردد. با تغییر C و β حاصله بایستی به مقادیری از پارامترهای فوق رسید که تفاوت دبی‌های برآورده شده رابطه I و توزیع منتخب به حداقل برسد[۲].

۱- البته در بررسی هم‌بستگی خطی مساحت حوزه و دبی حداکثر لحظه‌ای در حوزه کسیلیان رابطه $Qp = 9.658 + 0.1254A$ نتیجه شده که ضریب هم‌بستگی و تعداد داده‌ها به‌ترتیب برابر ۰/۶۶۷ و ۳۴ بوده است.

۲- در محاسبات دستی مقادیر (β, C) در ولیک‌بن و شیرگاه به ترتیب برابر (۰/۱۷، ۱/۹۷) و (۰/۲۵ ، ۱/۲۷) نتیجه شده است که مقادیر Qp برای $T < 100$ سال را کمی بیش‌تر از مقادیر برآورد شده با توزیع گامبل نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد این مقادیر در جهت ضریب اطمینان بیش‌تر عمل می‌کند.

shaghool.ir

با استفاده از برنامه کامپیوتری ساده‌ای که ضمیمه می‌باشد تعیین مقادیر β,C با تقریب بسیار خوبی ممکن می‌گردد[۱]. مقادیر β,C در مقاطع ولیک‌بن و شیرگاه در جدول (پ.۱-۷) تنظیم و ارائه شده است.

جدول پ.۱-۷- مقادیر β,C در مقاطع ایستگاه‌های هیدرومتری ولیک بن و شیرگاه

ایستگاه هیدرومتری	$C^{۲}$	β	رابطه کالبیره شده فولر	شعاع تاثیر رابطه فولر
ولیک بن	۰/۱۳۴۹۴۴۶	۲/۵۹۹۹۰۴	$Qp = 2.63Q\max$	$500 \le A < 1000_{ha}$
شیرگاه	۰/۲۰۸۱۶۴۹	۱/۶۱۷۴۶۲	$Qp = 1.54Q\max$	$1000 \le A \le 34000_{ha}$

پ.۱-۹- پیشنهاد

- سعی گردد از حداکثر طول آماری مفید ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده گردد، زیرا در ای‌نصورت نتایج دقیق‌تری عاید خواهد شد. حذف یا استفاده از کل آمار یک ایستگاه سبب تغییر نتایج واقعی خواهد شد.
- انجام چنین‌کاری در هر حوزه می‌تواند بسیار مفید واقع شده و نتایج قابلیت تعمیم به حوزه‌های مشابه و همگن فاقد آمار را خواهد داشت.
- مقادیر برآورد شده از این رابطه کالبیره شده می‌تواند مبنای مطمئنی برای استفاده از روابط و فرمول‌های تجربی دیگر در حوزه فوق یا حوزه‌های مشابه باشد.
- تغییر کاربری در سطح حوزه موجب تغییر ضریب رواناب یا مقادیر سیل خواهد شد، بنابراین بررسی β,C در طول آماری بزرگ‌تر و کامل‌تر سبب افزایش دقت محاسبات خواهد شد.
- منشاء متفاوت سیل نیز ممکن است سبب ناهمگنی آمارهای موجود باشد که در این‌گونه موارد بایستی با چاره‌جویی مناسب از بروز اشکالات جلوگیری گردد.
- اداره مطالعات مدیریت آبخیزداری استان مازندران این امر را در تمام رودخانه‌های کوچک و بزرگ استان پی‌گیری خواهد نمود (البته کالبیره کردن رابطه فولر در حوزه بابلرود (در مقاطع قرآن تالار و بابل) نیز در مراحل نهایی می‌باشد) بدیهی است این امر در تعیین مناطق سیل‌گیر کمک قابل توجهی خواهد نمود.
- لازم به توضیح است که انجام چنین کاری (با مقیاس بسیار بزرگ) قبلا توسط آقای مهندس شعبانعلی غلامی انجام گرفته و از راهنمایی‌های ایشان در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۷۳ بهره‌مند بوده‌ایم[۳].

```
CLS
Tol =0
READ AREA
```

۱- این برنامه توسط برادر مهندس محمد صدقی تهیه شده است.
۲- C = ضریبی است که به شرایط اقلیمی، جغرافیایی و خصوصیات حوزه آبخیز بستگی دارد.
۳- (رجوع شود به پایان نامه کارشناسی ارشد نامبرده)

shaghool.ir

```
T(1)= 2: T(2)= 5:T(3)= 10: T(4)= 20: T(5)= 25: T(6)= 50: T(7)= 100: T(8)
L10= LOG(10)
FOR I= 1 TO 10
LT(I) = LOG (T(I)) / L10
READ Q(I)
NEXT I
O=1
1- FOR I= 1 TO 9
FOR J = I + 1 TO 10
Y= (Q(J)- Q(I)) / (Q(I) * LT(J) - Q(J) * LT(I))
X= Q(I)/ (AREA. 8 *(1+LT(I) * Y))
FOR K= 1 TO 10
Q1 (K) = X * AREA ^ 0/ * (1+Y * LT(K))
TOLO (K) = Q1(K)- Q(K)
IF ABS (TOLO) (K)) > tol THEN 10
NEXT K
2- CLS
LOCATE 10, 15: PRINT
```

LOCATE 11, 15: PRINT LOCATE 12, 15: PRINT LOCATE 13, 15: PRINT LOCATE 14, 15: PRINT LOCATE 15, 15: PRINT LOCATE 16. 15: PRINT LOCATE 17, 15: PRINT LOCATE 18, 15: PRINT	گزینه مورد نظر را انتخاب کنید:
	۱ نتیجه برمانیتور ظاهر شود
	۲ نتیجه چاپ شود
	۳ از برنامه خارج شود

```
DO
As= INKEYS
IF as= CHRS (49) THEN 100
IF as = CHRS (50) THEN 200
IF as = CHRS (51) THEN 1000
LOOP
```

100 PRINT " Tolerance = " tpl; » و جفت معادله مورد بررسی قرار گرفت

PRINT

PRINTبه نتیجه رسید. و بالاخره با معادلات زیر:

```
PRINT
PRINT Q (I): " = ": AREA ^ 8: "C (1+B Log ": T(I): ")"
PRINT Q(J): "= ": AREA ^ 8: "C (1+B Log ": T(J): ")"
PRINT "  مقادیر :X= "و C= ": Y: " =B بەدست آمد.
```

shaghool.ir

PRINT" PRINT" PRINT" PRINT" PRINT"	دبی			دوره برگشت
	موجود	محاسباتی	اختلاف	
FOR K = 1 TO 10				
PRINT USING	####.##	####.##	###.####	####
IF K = 10 THEN 8 NEXT K PRINT "				

8
INPUT z
COTO 2
10 0= 0+1: NEXT J
NEXT I
Tol= tol + 1: GOTO 1
200 LPRINT: Tolerance = ": tol: " , جفت معادله مورد بررسی قرار گرفت و
LPRINT
LPRINT " به نتیجه رسید و بالاخره با معادلات زیر:
LPRINT
LPRINT Q (I): " AREA ^ 8: "C (1+B Log ":T(I): ")"
LPRIT
LPRINT Q (J): " = ": AREA ^ 8: "C (1+B Log ": T(J): ")"
LPRINT
LPRINT " مقادیر B= ": Y:" , C= ": X: " به‌دست آمد
LPRINT

LPRINT" LPRINT" LPRINT" LPRINT" LPRINT" LPRINT:	دبی			دوره برگشت
	موجود	محاسباتی	اختلاف	
FOR K = 1 TO 10				
LPRINT USING"	####.##	####.##	###.####	####
LPRINT" IF K= 10 THEN 9 NEXT K LPRINT"				

9
GOTO 2
1000 END
DATA 67.22, 6.724, 11.46, 14.59, 3.55, 21.48, 24.24, 27.3, 31.13, 34.03,
DATA 340, 32.8, 49.2, 69.07, 70.49, 73.79, 83.98, 94.09, 104.16, 117.44, 127.49
310 جفت معادله مورد بررسی قرار گرفت و Tolerance= 6

shaghool.ir

به نتیجه رسید و بالاخره با معادلات زیر:

24.24= 28.97336 C (1+B Log 100)
27.3= 28.97336 C (1+B Log 200)

مقادیر C= 0.1349446 , B= 2.599904 به‌دست آمد.

دوره بر گشت	دبی ولیک بن		
	اختلاف	محاسباتی	موجود
۲	۰/۲۴۵۸	۶/۹۷	۶/۷۲
۵	-۰/۴۴۵۱	۱۱/۰۱	۱۱/۴۶
۱۰	-۰/۵۱۵۱	۱۴/۰۷	۱۴/۵۹
۲۰	-۰/۴۵۵۱	۱۷/۱۳	۱۷/۵۹
۲۵	-۰/۴۳۰۰	۱۸/۱۲	۱۸/۵۵
۵۰	-۰/۳۰۰۰	۲۱/۱۸	۲۱/۴۸
۱۰۰	۰/۰۰۰۰	۲۴/۲۴	۲۴/۲۴
۲۰۰	۰/۰۰۰۰	۲۷/۳۰	۲۷/۳۰

۱۰۸۷ جفت معادله مورد بررسی قرار گرفت و Tolerance= 2.4 به نتیجه رسید. و بالاخره با معادلات زیر:

32.8= 105.9701 C (1+B Log 2)
104.16= 105.9701 C (1+B Log 200)

مقادیر C= 0.2081649 و B= 1.617462 به‌دست آمد.

دوره بر گشت	دبی شیرگاه		
	اختلاف	محاسباتی	موجود
۲	۰/۰۰۰۰	۳۲/۸۰	۳۲/۸۰
۵	-۲/۲۰۱۵	۴۷/۰۰	۴۹/۲۰
۱۰	-۲/۳۳۰۷	۵۷/۴۷	۶۰/۰۷
۲۰	-۲/۰۱۰۰	۶۸/۴۸	۷۰/۴۹
۲۵	-۱/۸۵۲۲	۷۱/۹۴	۷۳/۷۹
۵۰	-۱/۳۰۱۵	۸۲/۶۸	۸۳/۹۸
۱۰۰	-۰/۶۷۰۷	۹۳/۴۲	۹۴/۰۹
۲۰۰	۰/۰۰۰۰	۱۰۴/۱۶	۱۰۴/۱۶

shaghool.ir

پیوست ۲

توان باربری مواد بستر (خاک و سنگ)

shaghool.ir

shaghool.ir

ردیف	نوع مصالح پی	توان باربری (kg / cm^2)
۱	خاک‌های غیرچسبنده متراکم نشده	۰/۰۰-۱/۰۰
۲	خاک‌های غیرچسبنده متراکم شده	
	الف – ماسه با قطر ذرات ۱ میلی‌متر	۲/۰۰
	ب – ماسه با قطر ذرات ۳-۱ میلی‌متر	۳/۰۰
	ج – ماسه و شن (حداقل یک سوم شن)	۴/۰۰
۳	خاک‌های چسبنده (طبقه بندی شده براساس میزان رطوبت)	
	الف – سیال، سیال خمیری	۰/۰۰
	ب – خمیری نرم	۰/۴۰
	ج – خمیری سخت	۰/۸۰
	د – نیمه سخت	۱/۵۰
	هـ - سخت	۳/۰۰
۴	سنگ در شرایط خوب (ماسه سنگ، سنگ‌های آذرین، سنگ آهک و...) در صورت که سنگ دارای شکاف باشد مقادیر به نصف تقلیل می یابد	۱۰/۰۰-۱۵/۰۰

shaghool.ir

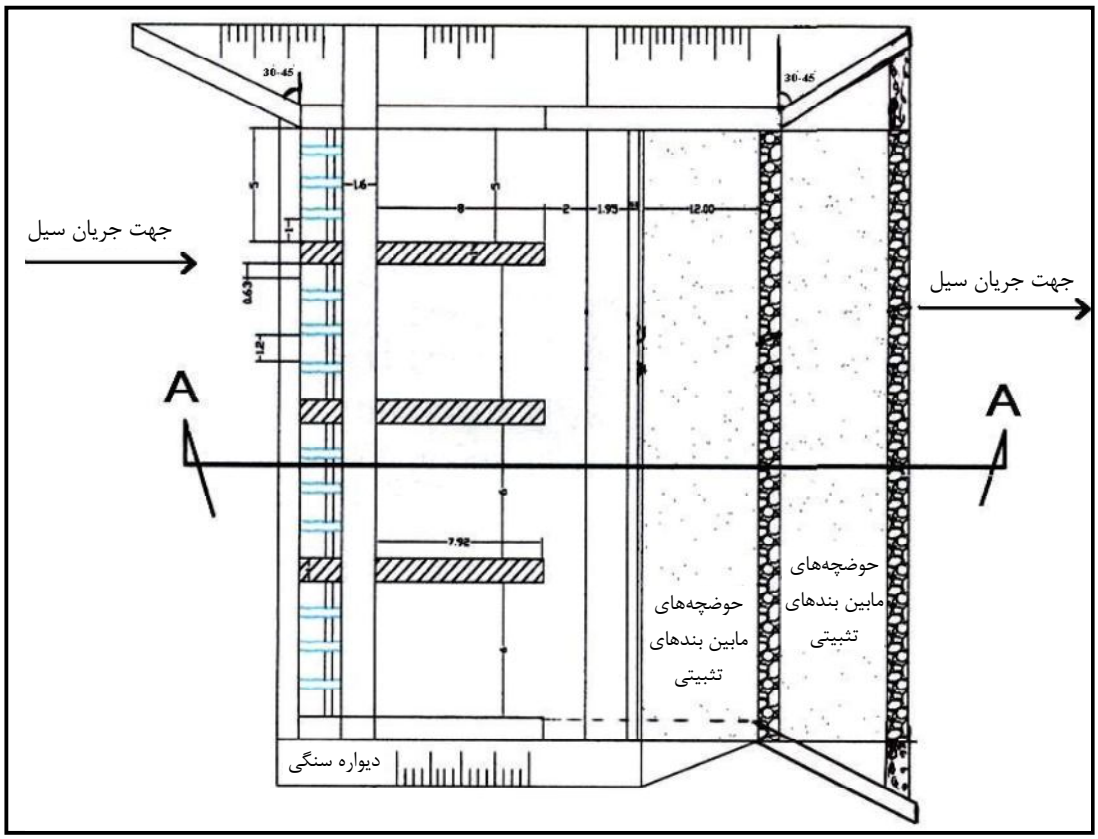
shaghool.ir

پیوست ۳

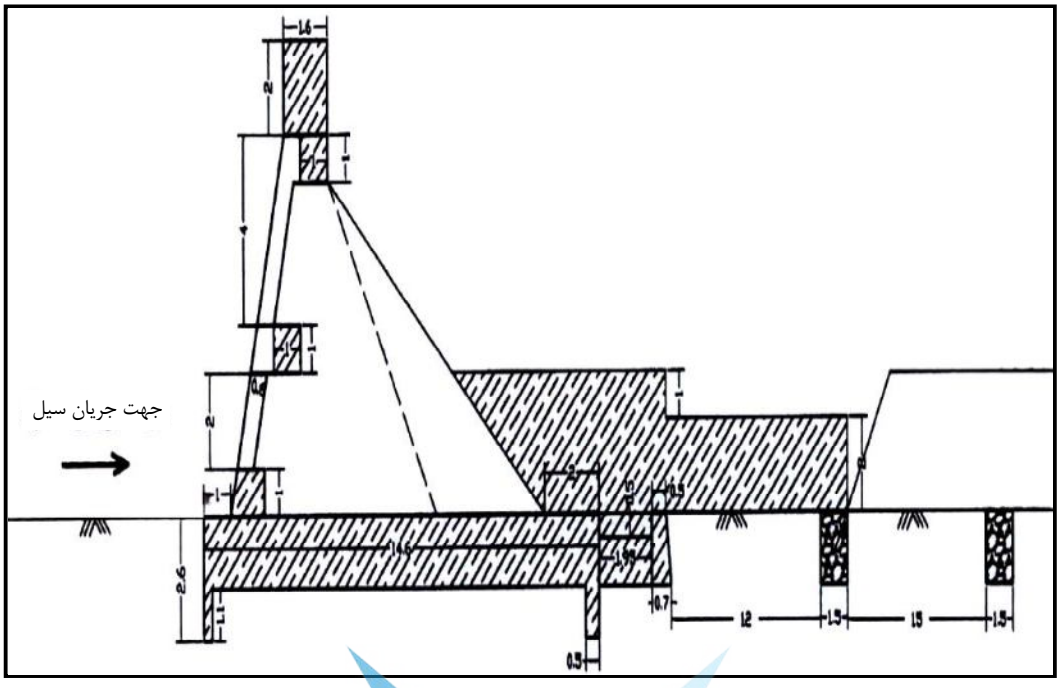
پلان بند مشبک بتن آرمه درویشان نکارود

shaghool.ir

shaghool.ir



شکل پ.۳-۱- برش عرضی بند مشبک درویشان نکارود



شکل پ.۳-۲- برش طولی بند مشبک درویشان نکارود

shaghool.ir

shaghool.ir

پیوست ۴

روش‌های برآورد فرسایش و رسوب، اجرای یک بند مشبک فلزی انواع عملیات واریزه‌ای

shaghool.ir

shaghool.ir

پ.۴-۱- مقدمه

اگرچه روش‌های تجربی مختلفی مانند MPSIAC, EPM و... برای برآورد فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز مختلف جهان ارائه شده‌اند اما استفاده از این روش‌ها و فرمول‌ها مستلزم کالیبره کردن آن‌ها در حوزه مورد مطالعه است. یکی از شرایط اصلی برای کالیبره کردن فرمول‌ها ایجاد داده‌های حقیقی در شرایط متناسب با فرضیات و هدف تحقیق است. لذا لازمه تعمیم نتایج یک تحقیق، گستردگی کاربری‌ها و شرایط فیزیکی مختلف حوزه‌های آبخیز است.

وزارت نیرو از چند دهه پیش، احداث حوزه‌های معرف را مدنظر قرار داده و پایان‌نامه‌ها و تحقیقات زیادی نیز با استفاده از آمار و اطلاعات موجود در حوزه‌های معرف انجام پذیرفته است اما متاسفانه جواب‌گوی نیازهای طراحی کشور نیست. روش‌های محاسبه بار بستر مانند Duboys، Shields ،Schoklitsch انیستینف پیتر- مایرومولرو... نیز ددر نقاط مختلف کشور مورد استفاده قرار گرفته‌اند اما گزارش که موید کالیبره کردن هر یک از روش‌های مذکور جهت محاسبه بار بستر در حوزه‌های آبخیز ایران باشد در دسترس نیست.

از طرف دیگر مبنای آزمایش‌های منجر به فرمول‌های Shields و... رسوبات ریزدانه بوده اند کم‌تر از ۱ سانتی‌متر قطر داشته‌اند در حالی‌که بندهای مشبک برای گرفتن ابعاد غالبا درشت سنگ و چوب طراحی و اجرا می‌گردند و فضاهای مشبک این فرصت را به اکثر رسوبات ریزدانه می‌دهند تا به‌راحتی به پایین‌دست حمل شوند. مقدار کمی از رسوبات ریزدانه که در لابلای چوب‌آلات و سنگ‌ها می‌مانند در هنگام تخلیه چوب‌آلات و سنگ‌های بزرگ از مخزن‌بند و یا پس از آن در اثر تداوم جریان پایه رودخانه شسته شده و به پایین‌دست حمل می‌شوند.

اندازه‌گیری بار بستر در حوزه‌های معرف و نمایشی کشور که از سال ۱۳۷۶ توسط معاونت آبخیزداری وزارت جهادسازندگی سابق شروع شده و هم اکنون نیز ادامه دارد مبنای خوبی برای تعیین حجم بار بستر سالیانه و... حوزه‌های آبخیز خواهد بود.

برای اطلاعات بیش‌تر در رابطه با تعیین حجم رسوبات و توزیع آن در مخازن سدها و همچنین تعیین بار بستر به روش مایر – پتیر و مولر به نشریه‌های شماره ۲۲۱ و ۲۲۰ انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی سابق رجوع شود.

ضمنا دو روش متداول و مورد استفاده در برآورد فرسایش و رسوب (E.P.M و MPSIAC) و سه روش مورد استفاده در تعیین بار بستر به اختصار در پیوست ۳ ارائه شده‌اند. از جمله مدل‌ها می‌توان به مدل دو بعدی Badri Bhata Shrestha و همکاران که در رابطه با به تله انداختن چوب‌آلات همراه جریان واریزه‌ای بوسیله بندهای مشبک و در سال ۲۰۰۹ ارائه شد و هم‌چنین مدل برآورد ضربه در جریان واریزه‌ای که بوسیله Johannes hubl, Roland Kaitna, (2009) ارائه شد و مدل‌های Colman (1993) و Hungr(2000) اشاره کرد.

shaghool.ir

پ.۴-۲- روش‌های مورد استفاده در برآورد فرسایش و رسوب

پ.۴-۲-۱- روش E.P.M

$$Gsp = Wsp \times Ru$$

$$Wsp = \pi \times (T.H.Z^{3/2})$$

$$Z = ya \times I^{1/2}(\Psi xa)$$

$$T=(\frac{t}{10}+0.1)^{1/2}$$

$$Ru = \frac{4(\sqrt{P.D})}{L+10}$$

که:

Gsp - دبی رسوب ویژه برحسب مترمکعب در سال کیلومتر مربع

Wsp - فرسایش ویژه سالیانه برحسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال

Ru - ضریب رسوبدهی حوزه آبخیز

T - ضریب درجه حرارت

H- بارندگی متوسط سالیانه حوزه آبخیز برحسب mm

Z - ضریب شدت فرسایش

t- درجه حرارت متوسط سالیانه حوزه آبخیز برحسب $^{\circ}C$ (درجه سانتی‌گراد)

Ya- امتیاز عامل حساسیت سنگ و خاک به فرسایش

Xa- امتیاز عامل استفاده از زمین

ψ - امتیاز عامل ضریب فرسایش

P - محیط حوزه آبخیز برحسب کیلومتر

D - اختلاف ارتفاع بین ارتفاع متوسط حوزه و ارتفاع نقطه خروجی حوزه به کیلومتر

L- طول حوزه آبخیز به کیلومتر

پ.۴-۲-۲- روش MPSIAC

$$Sy = 0.253e(0.036Rating)$$

Sy = ضریب رسوبزایی

(ضریب رسوبزایی در این مدل برحسب ton/ha و با فرض نسبت وزن به حجم رسوب 1.36 ton/m3 محاسبه می‌شود.)

e = پایه لگاریتم طبیعی

shaghool.ir

مجموع عوامل ۹ گانه فرمول MPSIAC $Rating = y1 + y2 + y3 + y4 + y5 + y6 + y7 + y8 + y9$

عامل زمین‌شناسی $Y1 = x1$

(همان k ضریب فرسایش‌پذیری خاک در فرمول usle) و $x2 = k$ و عامل خاک $Y2 = 16.67x2$

(مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ ساله) $x3 =$ و عامل آب و هوا $Y3 = 0.2x3$

[دبی پیک سالیانه + (۰/۳ × حجم هرز آب سالیانه $(50 \times m^3 / sec / km^2)$] $x4 =$ و عامل هیدرولوژیکی $Y4 = 0.2x4$

(شیب متوسط حوزه بر حسب درصد) $x5 =$ و عامل توپوگرافی $Y5 = 0.33x5$

(درصد خاک لخت حوزه) $x6 =$ عامل پوشش سطحی زمین و $Y6 = 0.2x6$

(درصد تاج پوشش) $x7 =$ و عامل کاربری اراضی $Y7 = 20 - 0.20x7$

(وضعیت پوشش سطح خاک و فرسایش) $x8 =$ و عامل فرسایش سطحی $Y8 = 0.25x8$

عامل فرسایش رودخانه و حمل رسوب رودخانه‌ها $Y9 = 1.67x9$

(شیب و مجاور فرسایش خندقی به‌ویژه خندق‌های ایجاد شده در مناطق کم) $x9 =$ و

پ.۴-۳- روش‌های مورد استفاده در برآورد بار بستر

پ.۴-۳-۱- فرمول Duboys (1879)

$$qs = \frac{\psi}{\gamma^2}\tau_0(\tau_0 - \tau_C)$$

که در این رابطه:

qs- دبی بار بستر که به‌صورت حجمی در واحدهای عرض و زمان m^3 / sec بیان می‌شود.

ψ - ضریب فرمول دیوی بر حسب $ft^3 / lb / s$ و از فرمول $\psi = \frac{0.173}{d_{50}^{0.75}}$ محاسبه می‌گردد.

τ_0 - تنش برشی کف برابر با $\tau_0 = \gamma.R.S$ محاسبه می‌گردد

τ_c - تنش برشی بحرانی برحسب lb / ft^2 و از فرمول $\tau_c = 0.0125 + 0.019d_{50}$ محاسبه می‌گردد.

d_{50} - اندازه متوسط ذرات بر حسب mm می‌باشد.

γ - وزن مخصوص آب

γs - وزن مخصوص بار بستر

R - شعاع هیدرولیکی مقطع مورد نظر از رودخانه یا آبراهه

S - شیب بستر

d- قطر ذره بستر (mm)

shaghool.ir

پ.۴-۳-۲- فرمول Shields (1936)

$$qs = 10q.s\frac{(to - tc)}{(\frac{\gamma s}{\gamma} - 1)^2 d50}$$

که در این رابطه:

qs- دبی بار بستر در واحد عرض

q- دبی آب در واحد عرض

s- شیب بستر

γs - وزن مخصوص مواد بستر

γ - وزن مخصوص آب

d50- قطر میانه ذرات بستر

to - تنش برشی

tc- تنش برشی بحرانی

این فرمول برای ذرات 1.5mm-2.5mm مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است.

پ.۴-۳-۳- فرمول Schoklitsch

$$ys = \frac{7000}{(di)^{1/2}}.s^{3/2}(q - qcr)$$

Ys- دبی رسوب بار بستر به صورت وزنی در واحدهای عرض و زمان

di- قطر ذره

S- شیب بستر

q - دبی واحد

qcr- دبی بحرانی واحد که حداقل قادر به حرکت دادن ذرات بوده و از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$qcr = \frac{1.944\times10^{-5}di}{S^{4/3}}$$ بر حسب $M3/sec/m$

دبی رسوبی بار بستر $Gs = \frac{7000}{di^{2/2}}S^{3/2}(Q - B.qcr)$

که B عرض رودخانه است.

فرمول بالا در سال ۱۹۵۰ توسط نام برده اصلاح و به‌صورت زیر پیشنهاد شد:

$$ys = 2500S^{3/2}(q - qcr)$$

shaghool.ir

$$qcr = \frac{1}{n} D_{cr}^{5/3} . S^{1/2}$$

که Dcr عمق بحرانی است و برای ذرات به قطر بزرگ‌تر یا مساوی 6mm از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$D_{cr} = 0.076 \frac{\gamma s - \gamma}{\gamma} . \frac{d}{s}$$

$$N = 0.0525 d^{0.6}$$

$$\Rightarrow qcr = 0.26 (\frac{\gamma s - \gamma}{\gamma})^{5/3} \frac{d^{3/2}}{s^{7/6}}$$

$d = d40$ و برحسب m است.

$$Gs = ys \times B$$

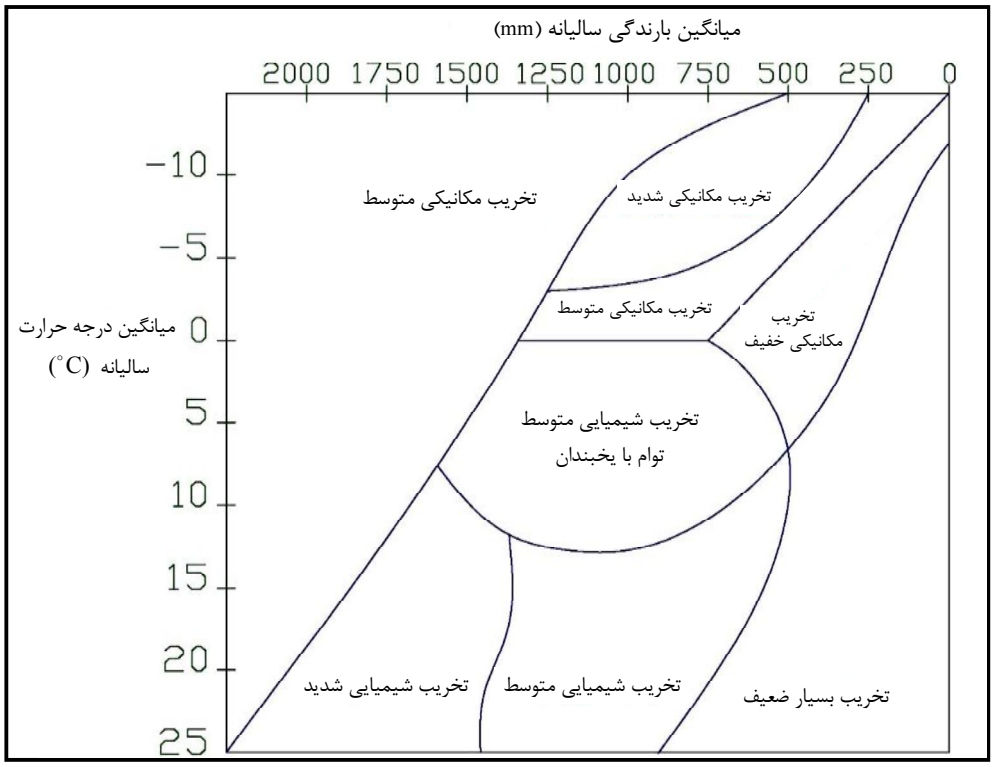
پ.۴-۴- واریزه‌ها و جریان‌های واریزه‌ای

- تعریف واریزه

واریزه‌ها قطعات ریز و درشتی هستند که در نتیجه هوازدگی و تخریب از سنگ مادر جدا شده و در اثر نیروی ثقل تا آنجایی‌که شیب منطقه به آن‌ها اجازه می‌دهد به‌طرف پایین دامنه حرکت می‌کنند و محل مناسبی برای نفوذ آب‌های سطحی هستند.

اگرچه نموگرام تپلیر می‌تواند راهنمای مناسبی برای نوع هوازدگی محتمل در مناطق مختلف باشد اما به تنهایی کافی نبوده و عوامل دیگری مانند نوع و مقدار پوشش سطحی، شیب، پارامترهای اقلیمی، جهت دامنه، ویژگی‌های زمین ساختی، الگوی غالب شبکه آبراهه‌ای و... در تعیین نوع، مقدار و سرعت هوازدگی دخیل می‌باشند.

shaghool.ir



ویژگی این خاک‌ها با توجه به طبیعت سنگ‌های منشا و نوع گسیختگی دامنه بسیار متغیر است. واریزه‌ها از تراکم کم‌تر و رطوبت زیادتری نسبت به خاک‌های درجا برخوردار بوده و از مقاومت پایینی برخوردارند.

نوع گسیختگی منجر به تشکیل رسوبات واریزه‌ای می‌تواند ریزش، خزش، لغزش‌های چرخشی و انتقالی و بهمن باشد که برهمین اساس ویژگی مواد نیز متغیر خواهد بود. هر جا که واریزه‌ای برروی دامنه‌ای قرار گرفته باشد، معرف شرایط ناپایدار است و احتمال حرکت و جابه‌جایی مجدد وجود دارد (یکی از شگردهای بهره‌برداران غیرقانونی واریزه‌ای کوهی، برداشت واریزه پایین دامنه توسط لودر و... می‌باشد که موجب حرکت مستمر واریزه به سمت پایین دست خواهد شد). زمین‌شناسان تیپ واریزه‌ای را به چهار رخساره زیر تقسیم می‌کنند:

۱- رخساره واریزه تثبیت شده
۲- رخساره مخروط واریزه‌ای
۳- رخساره واریزه ریز
۴- رخساره واریزه درشت

از دیگر مشخصه‌های خاک‌های واریزه‌ای این است که هیچ‌گاه چینه‌بندی کامل ندارند. اما جریان واریزه‌ای (debris flow) به نوعی حرکت توده‌ای که در آن مجموعه‌ای از قطعات سنگی ریز و درشت، خاک و گل و لای حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای آب که با سرعت به پایین دامنه حرکت می‌کند، اطلاق می‌شود.

یا جریان واریزه‌ای به یک لغزش گلی که به‌صورت مخلوط آب و گل و سنگ که می‌تواند همراه خود قلوه سنگ‌ها، تخته سنگ‌ها، درختان و دیگر مواد را با خود حمل کند اطلاق می‌شود به‌نحوی‌که نیمی از حجم جریان واریزه‌ای را ذرات

shaghool.ir

معادل یا بزرگ‌تر از ماسه تشکیل دهند. البته جریان‌های گلی و حرکات توده‌ای جزو جریان‌های واریزه‌ای نبوده اما می‌توانند تشدید کننده جریان واریزه‌ای باشند.

معمولا جریان‌های واریزه‌ای در اثر بارندگی‌های سنگین و یا با تداوم بالا که منجر به شستگی شدید دامنه کوه‌ها و بستر رودخانه‌ها می‌گردد به‌وقوع می‌پیوندد.

جرم و سرعت زیاد جریان واریزه‌ای، توده‌ای با انرژی زیاد به‌وجود می‌آورد و همین عامل موجب کنده شدن و حرکت درختان، حرکت سنگ‌ها و خراب کردن ابنیه مسیر و... می‌شود.

جریان‌های واریزه‌ای از نظر بعضی از کارشناسان به لغزش‌های گلی (Mud slides)، جریان‌های گلی Mud flows، بهمن‌های واریزه‌ای debris Avalanches و... اطلاق می‌شود که در اطل ناشی از وقوع سریع زمین لغزش هستند.

اما جریان‌های واریزه‌ای براساس خواص توپوگرافی و زمین‌شناسی به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- Hill slope debis flow

۲- جریان واریزه‌ای کانالیزه channelised flow

تقسیم‌بندی[1] دیگری که در رابطه با نوع جریان‌های واریزه‌ای وجود دارد براساس نسبت $k = \frac{cv}{cvs}$ است که:

cv- غلظت نمونه کل جریان واریزه‌ای است و طبیعی

cvs - غلظت نمونه پس از خارج کردن آب از درون ظرف حاوی نمونه طبیعی است.

$$CVS = \frac{\gamma_{c\max} - 1}{\gamma s - 1}$$

γs - غلظت ذرات جامد در جریان واریزه‌ای

$\gamma_{c\max}$ - با خارج کردن آب نمونه جریان واریزه‌ای تعیین می‌شود.

جریان‌های واریزه‌ای برساس مقدار K به پنج دسته تقسیم می‌شود:

۱- $k > 0.91$ - در این حالت cv و cvs نزدیک به هم بوده و جریان فاقد آب است یا آب کمی دارد و جریان با لزجت بالا Highly – viscous flow نامیده می‌شود.

۲- 0.91 تا K-0.87 - در این حالت جریان حاوی مقدار کمی آب جدا شده است و جریان واریزه‌ای لزج viscous debris flow نامیده می‌شود.

۳- 0.86 تا k-0.76 - در این حالت جریان حالت انتقالی داشته و به جریان واریزه‌ای زیر لزج Subviscous debris flow معروف است.

1- KANG ZHICHENG , WANG YUZHANG

shaghool.ir

۴- $k = 0.62$ تا 0.75 - در حالت جریان حالت آشفته داشته و جریان با لزجت جزئی Slightly viscous debris flow نامیده می‌شود.

۵- $k < 0.62$ - در این حالت جریان آشفته بوده و به‌دلیل با رسوب بالا flood with high sediment معروف است.

بهترین راه جلوگیری از وقوع جریان‌های واریزه‌ای، عملیات پیش‌گیرانه و کنترلی است که تحت عناوین حفاظت آب و خاک و در قالب طرح‌های جامع آبخیزداری تهیه و اجرا می‌گردد می‌باشد. اگر خدای ناکرده از منابع طبیعی خدادادی به نحو احسن استفاده نکنیم ممکن است شرایط نامناسبی در حوزه‌های آبخیز به‌وجود آید که زندگی موجودات زنده را در مخاطره قرار دهد.

shaghool.ir

منابع و مراجع

۱- طراحی سازه‌های هیدرولیکی سدهای کوچک، ترجمه دکتر عباس افشار و غلامرضا نیک صفت. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ۱۳۶۷

۲- طراحی هیدرولوژیک، جزوه درسی– انتشارات مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره) – جزوه درسی ۱۳۶۷

۳- طراحی هیدرولیکی بندهای انحرافی – چگینی و... جزوه درسی – ۱۳۶۶

۴- تعیین روابط منطقه‌ای بارندگی‌های کوتاه مدت در ایران، وزیری – دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی – ۱۳۷۱

۵- طرح، آنالیز و اجرای سازه‌های توریسنگی، معاونت آبخیزداری جهادسازندگی و مشاور حاسب کرجی – ۱۳۶۹

۶- کارگاه آموزشی مهندسی رودخانه – وزارت نیرو + وزارت کشور، نوشهر ۱۳۷۱

۷- هیدرولیک کاربردی (جلدهای ۱ و ۲) دکتر نجمایی – انتشارات دانشگاه علم و صنعت – ۱۳۶۳

۸- سدسازی یا مهار آب‌های سطحی (شامل طراحی و...)، فرشید ارزیده – انتشارات دهخدا- ۱۳۶۲

۹- دستورالعمل کاربرد روش‌های SCS و Rational method در حوزه‌های آبخیز – استاندارد صنعت آب، وزارت نیرو – ۱۳۶۸

۱۰- هیدرولوژی کاربردی – دکتر محمد مهدوی – انتشارات دانشگاه تهران – ۱۳۷۱

۱۱- سازه‌های کنترل سیلاب (سمینار آبخیزداری زنجان – معاونت آبخیزداری جهادسازندگی)، سراج زاده، ۱۳۷۰

۱۲- استاندارد ضوابط و معیارهای طراحی و ساخت عملیات آبخیزداری (چکدم‌ها)

۱۳- جزوه های درسی دوره آموزشی ژاپن (طرح‌ریزی و طراحی سازه‌های کنترل جریان‌های واریزه‌ای،...)، ۲۰۰۳

۱۴- مقاله (لزوم مرمت سازه‌های آبخیزداری و...) موسوی تاکامی – فرزاد منش – دکتر علوی- ۱۳۸۶

۱۵- مقاله (ویژگی‌های فنی بندهای مشبک و... – فرازد منش – موسوی تاکامی – عبدی – ۱۳۸۷

۱۶- آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، نشریه شماره ۱۲۰- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – دفتر امور فنی و تدوین معیارها – چاپ سوم، ۱۳۸۱

۱۷- سازه‌های بتن مسلح، جلد دوم- دکتر شاهین تعاونی – انتشارات دانشگاه تهران – ۱۳۶۶

18- Design of Small Dams, U.S.B.R 1973

19- Reinforced concret design- WANG & SALMON- university of Wisconsin – Madison – Third edition, 1979

20- Design of slit dams for controling stony debris flow 2003 Hui- panylien – inter national journal sediment research

21- Sediment hazards and sabo works in japan takashi mizuyama , international journal of Erosion controlengineering vol 1, 2008

shaghool.ir

shaghool.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دست‌یابی می‌باشد.

shaghool.ir

shaghool.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Technical Standards and Guidelines for Designing and Implementations of Permeable Dams

No. 657

Last Edition: 07-21-2020

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs
Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors
nezamfanni.ir

Forest, Range & Watershed Management Organization of IRAN
Water Harvesting & Flood Control office
www.frw.org.ir

2020

shaghool.ir

shaghool.ir

این ضابطه

باعنوان «ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای مشبک سرشاخه‌گیر (چکدم مشبک)» با بهره‌گیری از اسناد و مدارک موجود به منظور بررسی وضعیت حال حاضر بندهای مشبک از نظر نوع، کیفیت، تعداد، پراکنش جغرافیایی و کارکرد آن‌ها پرداخته است. در ادامه به شاخص‌های لازم در مکانیابی مناسب برای احداث‌بندهای مشبک اشاره نموده است و ضمن بیان آن‌ها توصیه‌های لازم نیز آورده شده است. در این ضابطه معیارهای فنی لازم در طراحی و اجرای بندهای مشبک، دستورالعمل اجرایی بندهای پایه بتنی و معیارهای فنی لازم در نگهداری و بهره‌برداری از بندهای مشبک به طور کامل تشریح گردیده است.

shaghool.ir