وزارت راه و ترابري

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

واحد فناوری و ارتباط با سازمانهای تخصصی

راههای دسترسی در مناطق برون‌شهری

آبراهه‌ها و زهکش‌های سطحی

(دستورالعمل ساخت و نگهداری در کشورهای در حال توسعه)

ACCESS ROADS IN RURAL AREAS

CROSSING OF WATERCOURSES
AND
SURFACE DRAINAGE

(Handbook for Construction and Maintenance in Developing Countries)

این گزارش ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان

ACCESS ROADS IN RURAL AREAS

توجه: هدف از تهیه این‌گونه مجموعه‌ها، طرح موضوعات تخصصی در قالب انتقال فناوری از طریق نشر منابع تخصصی معتبر می‌باشد. لذا به کلیه بهره‌برداران از این مجموعه توصیه می‌گردد جهت کاربرد اعداد و استانداردهای اشاره‌شده در این مجموعه به اصل منبع مراجعه نمایند. بدیهی است ناشر هیچ گونه مسؤولیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

واحد فناوري و ارتباط با سازمانهاي تخصصي

گروه ترجمه و تهیه گزارشهای تخصصی

عنوان گزارش	**: راههای دسترسی در مناطق برون‌شهری**
تهیه و تألیف	**: انجمن تحقیقات راه و حمل‌ونقل آلمان**
مترجم	**: مهندس مجید علی‌محمد ملایری**
ویرایش فنی	**: مهندس تورج صدیقیان**
ویرایش ادبی	**: مهسا مهرپویا**
کنترل نهایی	**: مهندس محسن رحیمی**
طرح روی جلد	**: هدیه عنبرآساروی**
کد انتشار	**:83 / RRRI/131**
ناشر	**: معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری**
لیتوگرافی چاپ و صحافی	**: مرکز چاپ و انتشارات مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی**
نوبت چاپ	**: تابستان ۱۳۸۳**
تیراژ	**: ۱۰۰۰ نسخه**
نشانی	**: خیابان کریم‌خان زند، خیابان خردمند شمالی، پلاک ۱۴۹- واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهشها**

مقدمه مولف

شبکه راههای برون‌شهری در کشورهای توسعه‌یافته و نیز در حال توسعه بر روی زمین طبیعی یا شن احداث می‌شود. به همین دلیل این راهها نسبت به فرسایش ناشی از ترافیک، باد و آب دارای حساسیت زیادی می‌باشند. به ویژه در مواقعی که اقدامات حفاظتی مناسبی انجام نشده باشد، رواناب سطحی می‌تواند صدمات زیادی را به راه وارد کند. به همین دلیل استفاده از زهکش‌های حاشیه‌ای و نیز سازه‌های مورد نیاز جهت عبور جریانهای سطحی، با طراحی مناسب از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند.

جهت مساعدت به انجام وظایف روزمره پرسنل فنی متصدی ساخت و نگهداری راههای برون‌شهری ، انجمن تحقیقات راه و حمل ونقل کشور آلمان این دستورالعمل را ارایه نموده است. منظور از انتشار این دستورالعمل ارایه رهنمودهایی برای انتخاب سازه‌های مناسب با تاکید بر روی مفاهیم طراحی ونه جزییات بوده، که در هر اداره محلی قابل دسترسی باشند.

بخش مربوط به نگهداری بسیار مختصر ارایه شده و به بیان مطالب کلی برای خوانندگان می‌پردازد. جهت دسترسی به جزییات فعالیت‌های نگهداری می‌بایستی به مرجع "دستورالعمل بین‌المللی نگهداری راه" منتشر شده توسط پیارک مراجعه شود.

در نهایت این دستورالعمل بعنوان مکملی برای سایر اسناد منتشر شده در زمینه ساخت و نگهداری راههای برون‌شهری به شمار می‌رود.

دکتر اسپارمن

رئیس موسسه FGSV

راههای دسترسی در مناطق برون شهری

فهرست مطالب **صفحه**

پیشگفتار ۱

۱ـ زهکشی راه ۲

۱ـ۱ـ مفاهیم پایه ۲

۱ـ۲ـ زهکشی سواره‌رو ۳

۱ـ۳ـ نهرهای زهکشی ۴

۱ـ۳ـ۱ـ انواع نهرها ۴

۱ـ۳ـ۲ـ شکلهای مختلف نهرها ۵

۱ـ۳ـ۳ـ روکش داخلی نهر ۵

۱ـ٤ـ شیب‌شکن‌ها ۶

۱ـ۵ـ کالورت‌ها ۸

۱ـ٦ـ پلها ۸

۱ـ۷ـ تاسیسات زهکشی زیرزمینی ۸

۱ـ۸ـ موقعیت در زمین مجاور و ساختار راه ۸

۱ـ۹ـ اصول ۱۰

۲ـ انتخاب ضوابط مربوط به سازه‌های سیستم زهکشی ۱۴

۲ـ۱ـ پلهای کوچک ۱۴

۲ـ۲ـ کالورت‌ها ۱۵

۲ـ۳ـ آب‌نماها ۱۶

۳ـ کالورت‌ها ۱۷

۳ـ۱ـ کالورت‌های لوله‌ای ۱۷

۳ـ۱ـ۱ـ مفاهیم عمومی ۱۷

۳ـ۱ـ۲ـ کالورت‌های لوله‌ای بتنی ۱۸

۳ـ۱ـ۳ـ کالورت‌های لوله‌ای فولادی ۲۰

۳ـ۱ـ٤ـ سازه‌های ورودی و کالورت‌های لوله‌ای ۲۲

فهرست‌مطالب **صفحه**

۳ـ۱ـ۵ـ سازه‌های خروجی کالورتهای لوله‌ای ۲۵
۳ـ۲ـ کالورت‌های جعبه‌ای ۲۸
۳ـ۲ـ۱ـ کالورت‌های بتنی جعبه‌ای ۲۸
۳ـ۲ـ۲ـ سازه‌های ورودی و خروجی برای کالورت‌های جعبه‌ای ۳۱
۳ـ۲ـ۳ـ کالورت‌های بنایی ۳۱
٤ـ کالورت‌های مستغرق ۳۳
٤ـ۱ـ مفاهیم عمومی ۳۳
٤ـ۲ـ اصول ۳۴
۵ـ آب‌نماها ۴۱
۵ـ۱ـ مفاهیم عمومی ۴۱
۵ـ۲ـ اصول ۴۱
٦ـ پلهای کوچک ۴۴
٦ـ۱ـ مفاهیم عمومی ۴۴
٦ـ۲ـ اصول ۴۴
۷ـ نگهداری از تاسیسات زهکشی ۵۱
۷ـ۱ـ تذکر ۵۱
۷ـ۲ـ مفاهیم عمومی ۵۱
۷ـ۲ـ۱ـ نگهداری متعاقب کنترلهای روتین ۵۱
۷ـ۲ـ۲ـ نگهداری متعاقب بازرسیهای دوره‌ای ۵۲
۷ـ۳ـ اصول ۵۲
۸ـ قواعد اجرایی پایه ۵۵
۸ـ۱ـ مصالح ساختمانی ۵۵
۸ـ۲ـ شرح کار ۵۶
۸ـ۳ـ ایمنی ۵۸

پیشگفتار

به غیر از بارهای ترافیکی که اغلب بسیار بزرگ می‌باشند بیشتر خرابیهای وارد شده به راهها از آب ناشی می‌گردد. این خرابیها بخصوص در مورد راههای دسترسی برون‌شهری محسوس‌تر هستند زیرا این راهها معمولاً فاقد رویه بوده و آب به راحتی در ساختار آنها نفوذ می‌کند لذا بایستی آب از ساختار راه دور نگهداشته شده و یا اینکه در اسرع وقت به خارج از محدوده راه زهکشی شود.

دستورالعمل حاضر به منظور ارایه رهنمودهایی جهت طراحی، ساخت و نگهداری تاسیسات زهکشی راههای دسترسی برون‌شهری منتشر شده است. پیشنهادات و مثالهای پروژه‌های نشان داده شده در اینجا براساس تجربیات بدست‌آمده در کشورهای توسعه‌یافته دارای اقلیمهای متفاوت، ارایه شده است. هر چند عمدتاً تلاش در جهت توصیف جنبه‌های عمومی و پایه صورت گرفته، لکن در صورتی که شرایط اقلیمی با مثال مطابقت داشته باشد می‌توان از آن در عمل نیز استفاده نمود. بعلاوه همیشه توجه به قوانین و استانداردهای محلی و خصوصاً لحاظ کردن تجربیات محلی و استفاده از آنها از ضرورت خاصی برخوردار می‌باشد.

مبحث "اصول" که در فصول مختلف آورده شده در برگیرنده مجموعه‌ای از تجربیات مربوط به تاسیسات زهکشی راههای برون‌شهری می‌باشد. در صورتی که این تجربیات در طراحی راه بکار گرفته شوند، بهبود عملکرد سازه‌های زهکشی و افزایش عمر مفید راههای برون‌شهری را به همراه خواهند داشت. اغلب می‌توان از اشتباهاتی که منجر به احداث زهکشی ضعیف می‌شوند صرف‌نظر نمود. این اشتباهات در بدترین حالت حتی ممکن است به خرابی کامل سازه منجر گردند. این خرابی نیز به نوبه خود توقف در ترافیک مسیر و در برخی مواقع پیامدهای اقتصادی و اجتماعی سنگینی را برای استفاده‌کنندگان که گزینه دیگری را جهت تردد در اختیار ندارند بدنبال خواهد داشت.

۱ـ زهکشی راه

۱ـ۱ـ مفاهیم پایه

زهکشی راه از سواره‌رو شروع می‌شود. رواناب سطحی با کمک شیب عرضی سواره‌رو بسمت نهرهای کناری هدایت شده و یا اینکه با استفاده از شیب عرضی شانه به سمت زمینهای اطراف جاری می‌گردد. زهکشی مناسب راه عامل بسیار تأثیرگذاری در عمر مفید رویه راه به ویژه در مناطق برون‌شهری بشمار می‌رود. زیرا در این مناطق عموماً از رویه آسفالتی استفاده نشده و لذا هیچ محافظتی از روسازی بعمل نمی‌آید. جلوگیری از تشکیل شیار در سطح جاده نیز از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. این شیارها در خلال فصول خشک سفت شده و موجب کند شدن جریان ترافیک شده و در فصول مرطوب فرسایش پیدا می‌کنند.

تاسیسات زهکشی باید قادر به انجام عملکردهای ذیل باشند:

- سیلاب و آب ناشی از بارش را به ویژه از سواره‌رو دفع نموده و در اسرع وقت این آب را از نقاط مجاور مسیر نیز دور نماید.
- تمام آبهایی که از نقاط مجاور به سمت ساختار راه در جریان هستند را جمع‌آوری نموده و قبل از آنکه آسیبی به سازه راه وارد شود آنها را دفع نماید.
- سطح بالای آب زیرزمینی در محل را هنگامی که خطر کاهش ظرفیت باربری راه محتمل باشد، پایین آورد. در صورتی که تحقق این هدف با استفاده از امکانات ساده (مانند سیستمهای زهکشی کوچک) میسر نباشد بایستی مسیر جاده جابجا شود. در اغلب موارد تعویض مسیر اقتصادی‌ترین راه‌حل در مورد راههای برون‌شهری بشمارمی‌رود.

قواعد ذیل برای تامین الزامات فوق بکار گرفته می‌شوند:

رواناب ناشی از بارش که به سواره‌رو می‌رسد بایستی با کمک شیب عرضی راه به سمت نهرهای کناری و یا زمینهای همجوار هدایت شوند. در حالت ایده‌آل، راه باید به اندازه ۳۰ تا ٤٠ سانتی‌متر از زمینهای مجاور بلندتر باشد (لایه‌های خاکریز) و تا حد امکان از خاکبرداریهای ممتد پرهیز شود.

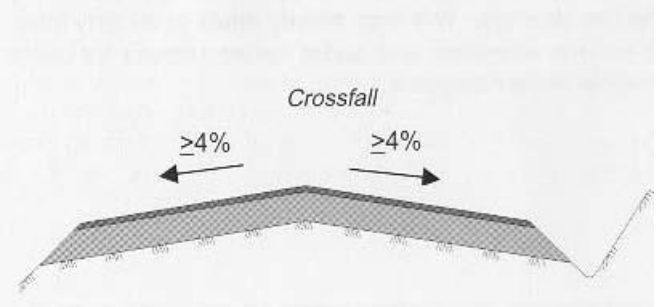
رواناب سطحی ناشی از مناطق بالاتر از جاده (شیب بالادست مسیر) که بر روی جاده جریان می‌یابد بایستی در نهرهای کناری جمع آوری شده ودر امتداد طول مسیر جاری شود تا اینکه در محل مناسب به یک جریان طبیعی (مانند یک آبراه) ریخته شود. در صورتی که این کار امکانپذیر نباشد (مثلا به علت فاصله زیاد) بایستی از کالورت‌های تخلیه‌کننده در فواصل مناسب در زیر جاده استفاده نمود که بتوانند آب را به نقاط کم‌ارتفاع‌تر منتقل کنند به نحوی که بدون ایجاد آسیب برای روسازی به زمین نفوذ کرده (بدون ایجاد فرسایش) و یا اینکه به یک جریان طبیعی ریخته شود.

در زمینهای هموار و تخت، دستیابی به زهکشی کافی بسیار مشکل می‌باشد زیرا هیچ‌گونه جریان آب طبیعی یافت نمی‌شود. در چنین مواردی، آب باید توسط زهکش‌های ٤٥ درجه و یا زهکش‌های انحرافی که در فواصل مساوی به صورت عرضی قرار می‌گیرند دفع شده و به زمینهای مجاور نفوذ کند. تحقق کامل این فرآیند به نوع خاک اطراف مسیر بستگی دارد. خاکهای ماسه‌ای و شنی از بهترین خصوصیات جذب آب برخوردار بوده در حالیکه خاکهای رسی و رس

ماسه‌ای قادر به جذب مقادیر بسیار اندکی از آب و آنهم با سرعت پایین و تا قبل از اشباع شدن می‌باشند. فواصل بین نقاط قرار گرفتن زهکش‌ها به شیب نهر کنارگذر و خصوصیات جذبی خاک بستگی داشته و اغلب بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد. هنگامی که رواناب سطحی به صورت عرضی زهکشی می‌شود بایستی به مشخصات زمین اطراف توجه نمود. به عبارت دیگر نباید از این زمین برای مقاصد کشاورزی یا ساخت‌وساز استفاده شود.

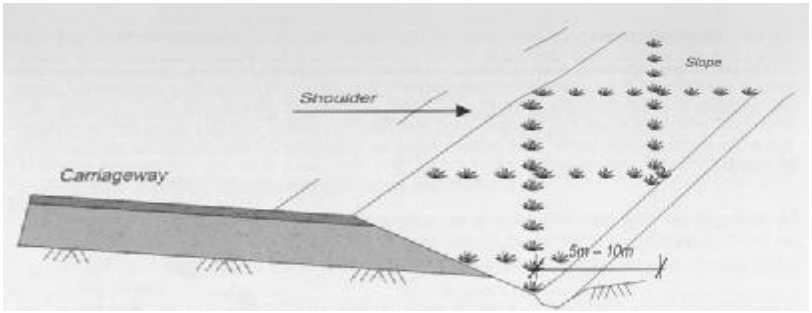
۱ـ۲ـ زهکشی سواره‌رو

سواره‌رو جاده با کمک شیب عرضی زهکشی می‌شود. در اینجا اغلب اشتباهات زیادی مشاهده می‌گردد. در زمینهای شنی شیب عرضی نباید کمتر از ٤٪ در نظر گرفته شود. زهکشی سواره‌رو ساده‌ترین و مؤثرترین روش جهت هدایت رواناب سطحی به زمینهای مجاور مسیر به شمار می‌آید (یعنی رواناب بدون نیاز به جمع‌آوری، قابل دفع می‌باشد). تبدیل حاشیه جاده به زمین مجاور باید بتدریج صورت پذیرد.



شکل ۱ـ شیب عرضی استاندارد

بارشی که روی سطح جاده فرود می‌آید از مسیری که کمترین مقاومت را در برابر جریان داشته باشد استفاده می‌کند. در صورتی که رواناب حاصله در نقاط مشخصی تمرکز کند خطر فرسایش را به همراه خواهد داشت. این رواناب باید بدون ایجاد هر نوع خرابی جمع‌آوری و دفع گردد. بدین منظور نوارهای ممتدی از گیاه با الگوی جناغی یا متقاطع برای توزیع یکنواخت رواناب بر روی شیب‌ها اجرا می‌شود. با توجه به مقدار بارش معمول در منطقه، این نوارها را می‌توان در فواصل ۵ تا ۱۰ متر اجرا نمود (شکل ۲).



شکل ۲ـ نوارهای گیاهی جهت محافظت از شیب‌ها

۱ـ۳ـ نهرهای زهکشی

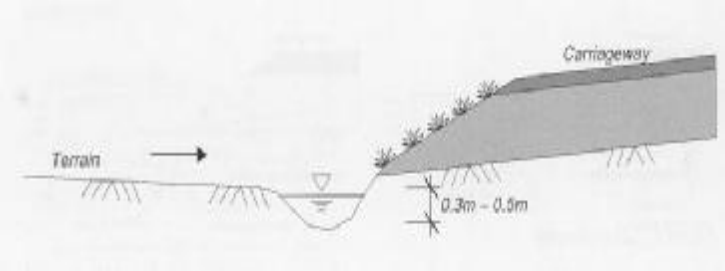
نهرهای کنارگذر رواناب سطحی جمع‌آوری شده را به شیب‌ها یا کالورت‌ها انتقال داده و یا اینکه آنرا به زمینهای اطراف هدایت می‌کنند. این تاسیسات زهکشی رو زمینی شامل نهرها (نهرهای کنارگذر، زهکش‌های حایل بالادست شیب‌های خاکبرداری شده و گاهی نیز نهرها و زهکش‌های موجود در پایین‌دست شیب‌های خاکریزی شده)، نهرهای صحرایی، کانالها، زهکش‌های ٤٥ درجه و کانالهای خروجی می‌باشند. این تاسیسات می‌توانند دارای روکش داخلی و یا فاقد آن باشند. عموماً شیب نهرها از حداقل ۰/۵٪ تا حداکثر ۳٪ متفاوت می‌باشد.

۱ـ۳ـ۱ـ انواع نهرها

۱ـ۳ـ۱ـ۱ـ نهرهای حاشیه مسیر

راههای احداث شده بر روی خاکریز باید دارای نهرهای حاشیه‌ای باشند که رواناب سطحی جمع‌آوری شده را به سازه‌های ورودی کالورت‌ها انتقال دهد. اصولاً این نهرها بموازات خط محور مسیر امتداد می‌یابند. در صورتی که زمین مجاور بسمت جاده دارای شیب باشد، نهر باید در پاشنه خاکریز احداث شود تا از نفوذ آب به داخل خاکریز جلوگیری کند. هر قدر ارتفاع خاکریزی کمتر باشد به پهنا و عمق نهرهای حاشیه مسیر افزوده می‌شود تا از مستغرقی راه جلوگیری بعمل آید.

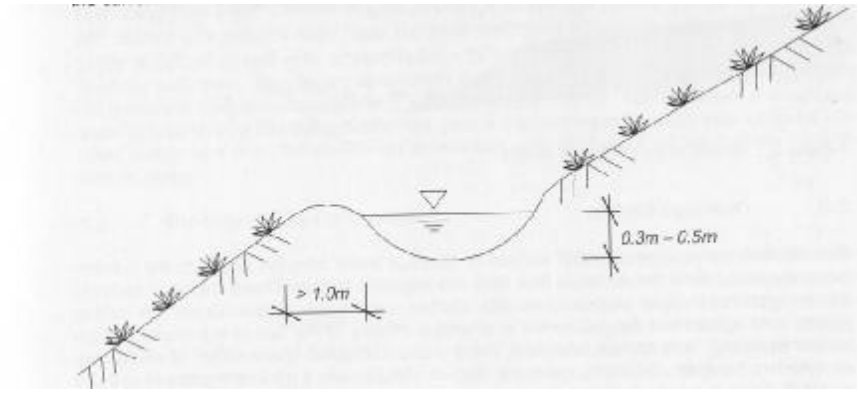
در صورت امکان رواناب در فواصل منظمی از نهرها به کالورت‌های عرضی انتقال داده می‌شود. این کار ما را از احداث گذرگاههای عرضی بزرگتر بی‌نیاز ساخته و ضمناً خطر سرریز کردن نهرها را به حداقل می‌رساند.



شکل ۳ـ نهرهای حاشیه مسیر

۱ـ۳ـ۱ـ۲ـ زهکش‌های حایل

زهکش‌های حایل در بالای شیب و در امتداد خاکبرداریها یا پروفیلهای مرکب احداث می‌شوند. این تاسیسات رواناب جاری شده از زمینهای مجاور به سمت شیب را جمع‌آوری کرده و به صورت کنترل‌شده‌ای آنرا از مسیر دور می‌کنند. زهکش‌های حایل هنگامی بکار گرفته می‌شوند که شیب‌های زیاد و نیز حوزه آبریز وسیعی در بالای این شیب‌ها موجود بوده و خطر فرسایش شیب‌ها در اثر رواناب حاصله احساس شود. در اغلب موارد این تاسیسات عوارضی بر سر راه نهرهای حاشیه مسیر و کالورت‌ها به شمار می‌روند.

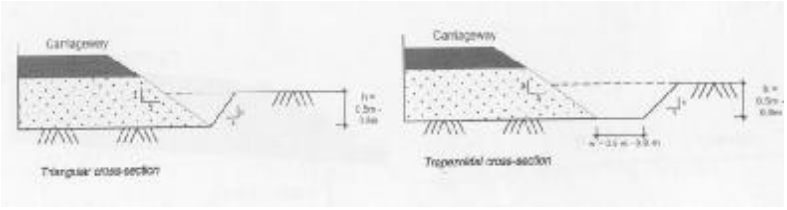


شکل٤ـ زهکش حایل

۱ـ۳ـ۲ـ شکلهای مختلف نهرها

شکل نهر، اعم از ناوه‌ای شکل و یا دارای مقطع مثلثی یا ذوزنقه‌ای، به روش پیش‌بینی‌شده برای ساخت و نگهداری آن بستگی دارد. نهرهای مثلثی یا تیزه‌دار بیشتر در مواردی که از ماشین‌آلاتی مانند گریدرهای تیغه‌ای استفاده می‌شود مناسب می‌باشند. به منظور ایمنی ترافیک، شیب نهر در مجاورت جاده باید ملایم و اندک باشد. در صورتی که برای مقاصد نگهداری آتی از گریدر تیغه‌ای استفاده می‌شود، شیب‌های دو طرف نهر بایستی بر هم عمود بوده تا استفاده از ماشین براحتی امکانپذیر باشد.

اجرای مقاطع ذوزنقه‌ای با مشکلات زیادی همراه می‌باشد. در راههای برون‌شهری این مقاطع اغلب هنگامی که خاکبرداری به صورت دستی انجام می‌پذیرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. نگهداری این مقاطع نیز به نیروی انسانی بیشتری نیاز دارد.



شکل ۵ـ شکلهای مختلف نهر

۱ـ۳ـ۳ـ روکش داخلی نهر

در صورتی که مسیر دارای شیب طولی بیش از ۳٪ باشد خطر فرسایش همواره نهر حاشیه مسیر را تهدید می‌کند مگر آنکه زمین بستر نهر به اندازه کافی سخت یا متراکم شده باشد. بهترین روش برای مقابله با فرسایش، کاهش دبی و

سرعت آب عبوری از نهر می‌باشد. برای کاهش دبی می‌توان تعداد کالورت‌ها و نقاط خروجی رواناب به زمینهای مجاور را افزایش داده و همزمان در نهرهای طولی شکستگی‌هایی را تعبیه نمود.

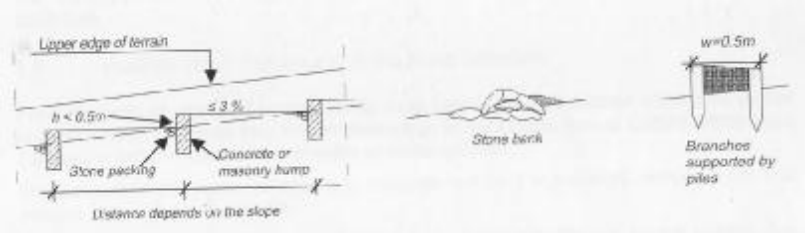
در صورتی که راه‌حلهای فوق امکانپذیر نباشد می‌توان مقطع عرضی نهر را از بتن مسلح اجرا نمود. روشهای ذیل نیز ممکن است مد نظر قرار گیرند:

- در مسیر نهر گیاهانی با ریشه عمیق رویانده شود. این پوشش گیاهی بایستی بطور منظم کوتاه شده تا بدون ایجاد مزاحمت برای عبور آب بتواند وظایف حفاظتی خود را ایفاء کند. خاک مناسب و بارش منظم برای حفظ پوشش گیاهی ضروری می‌باشند.
- بهتر است بجای استفاده از تخم گیاه از نهال استفاده شود. در حدود ۱۰۰ نهال یا پیاز کوچک درهر متر مربع لازم می‌باشد. در برخی موارد جهت حفاظت از شانه‌های راه نیز استفاده از پوشش گیاهی توصیه می‌شود.
- پوشش داخلی نهر با استفاده از لاشه‌سنگهای تثبیت‌شده توسط ملات اجرا شود. سطح خشن مصالح بنایی کف نهر می‌تواند سرعت حرکت آب را کاهش دهد.
- پوشش داخلی نهر با استفاده از بتن غیر مسلح درجا و یا قطعات پیش‌ساخته بتنی اجرا شود.
- در صورت استفاده از قطعات پیش‌ساخته بتنی بایستی درزهای انبساطی مناسبی جهت پیشگیری از تنشهای حرارتی تعبیه نمود. مراقبت از درزها باید به صورت پیوسته انجام گیرد تا از آب‌بندی و انعطاف‌پذیری آنها اطمینان بعمل آید. استفاده از مخلوط قیر و ماسه می‌تواند خصوصیات آب‌بندی مناسبی برای درزها بدست دهد. برای اجرای بهینه مصالح آب‌بند، عرض درزها باید در حدود ۱/۵ سانتی‌متر باشد.
- در شیب‌های خیلی تند (بزرگتر از ۵٪) سرعت آب بسیار بالا بوده و سطوح بتنی از زبری کافی جهت مهار این سرعت برخوردار نمی‌باشند. در صورت تغییر جهت نهر، باید از پاشش آب به سمت سواره‌رو جلوگیری شده و تا حد امکان از شکستگی‌های تند در مسیر نهر پرهیز شود.

برای آنکه رواناب سطحی از سواره‌رو به سمت نهرهای حاشیه‌ای هدایت شود، سطح پوشش نهر باید حدود ۵ سانتی‌متر از سطح سواره‌رو پایین‌تر باشد.در غیر این صورت در اثر فرسایش شیارهایی در امتداد نهر به وجود می‌آید. اگر شیب کم باشد نیز لایه اساس تضعیف شده و در اثر تردد ترافیک دال‌های بتنی یا روسازی به سمت نهر حرکت می‌کنند.

۱ـ٤ـ شیب‌شکن‌ها

گزینه دیگری که جهت کاهش نیروی مخرب جریان آب در شیب‌ها بکار می‌رود، شیب‌شکن‌های پلکانی یا پله‌ها می‌باشند.



شکل ٦ـ روشهای مختلف ایجاد برآمدگی در مسیر جریان

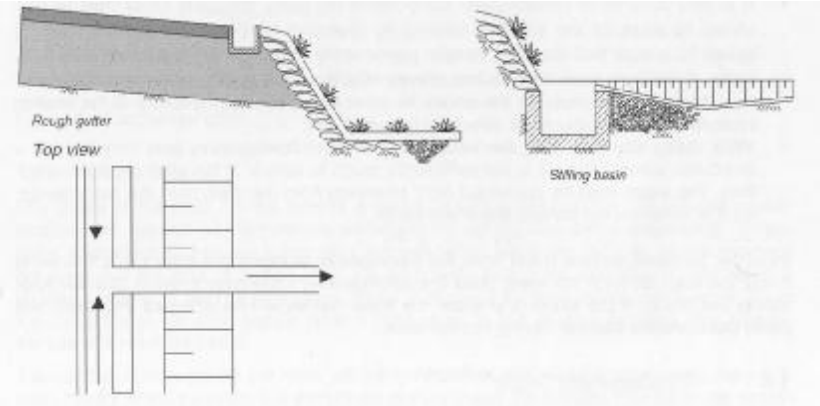
فاصله بین پله‌ها براساس این اصل تعیین می‌شود که شیب در حد فاصـــل بین دو پله نباید از ۳٪ بیشتر باشد. نتایج ذیل بر مبنای شیب‌های مختلف زمین ارایه شده است:

شیب زمین بزرگتر از ۱۵٪	هر ٦ متر
شیب زمین بین ۵٪ تا ۱۵٪	هر ۱۵ متر
شیب زمین بین ۳٪تا ۵٪	هر ۲۰ متر

ارتفاع پله‌ها نباید از ۵۰ سانتی‌متر بیشتر باشد زیرا در غیر این‌صورت عمق نهر از حد مجاز بیشتر می‌شود.

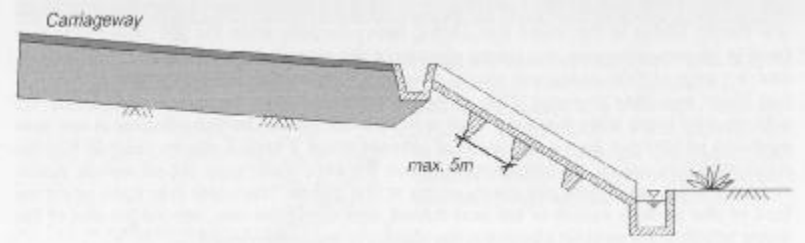
گرانترین روش جهت اجرای پوشش داخلی نهر استفاده از مصالح بنایی یا بتن می‌باشد. در صورتی که رواناب جمع‌آوری شده در نهر حاشیه ای امکان فرسایش در شیب خاکریز و یا در زمین شیبدار مجاور را بوجود آورد حتما بایستی از شیب‌شکن‌های دارای پوشش استفاده شود. حاشیه شیب‌شکن‌ها ترجیحاً باید دارای مقطع ذوزنقه بوده و از مصالح بنایی لاشه‌سنگی و یا بتن ساخته شوند.

شیب طولی شیب‌شکن معمولاً از گرادیان شیب زمین تبعیت می‌کند. شیب های خیلی تند موجب سرعت زیاد رواناب شده و این سرعت بایستی توسط تمهیدات مناسبی بر روی شیب‌شکن و یا در انتهای سازه شیب‌شکن مستهلک شود. ساده‌ترین راه برای استهلاک انرژی، استفاده از حاشیه‌هایی با سطوح زبر (ساخته شده از مصالح سنگی با اشکال نامنظم) و یا حاشیه‌هایی به شکل پله‌ای می‌باشد. حوضچه های آرامش در انتهای شیب نقش بسزایی در حل مشکلات هیدرولیکی بر عهده دارند.



شکل ۷ـ زهکشی آب سطحی از روی شیب به زمینهای اطراف

برای جلوگیری از تغییر مکان حاشیه شیب‌شکن می‌توان در فواصل حداقل ۵ متر دندانه‌های عمیقی تعبیه کرد. در حاشیه‌های طولانی استفاده از درزهای مناسبی که امکان هماهنگی حاشیه شیب‌شکن با نشست‌های خاکریز را فراهم سازند توصیه می‌شود. البته این درزها به نوبه خود نقاط ضعفی در حاشیه محسوب شده و در صورت عدم نگهداری مناسب ممکن است آب درون درزها و خاک زیرین نفوذ کرده و موجب آب‌شستگی خاک زیر حاشیه گردد.



شکل ۸ـ مهاربندی حاشیه شیب‌شکن

۱ـ۵ کالورت‌ها

کالورت‌ها اجزاء مهمی از سیستم زهکشی راه بشمار می‌روند. این اجزاء آب را از نهرها انتقال داده و به صورت کنترل شده‌ای آنرا از زیر جاده به زمینهای پست مجاور و یا مسیل هدایت می‌کنند. مهمترین نکات مربوط به طراحی و اجرای کالورت‌ها در بخش ۳ این دستورالعمل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱ـ٦ـ پلها

پلها را نمی‌توان بعنوان اجزایی از سیستم زهکشی راه بشمار آورد. پلها جهت عبور ایمن راه از روی آبراهه‌های اصلی دارای دبی زیاد آب که امکان عبور آن از کالورت بدون ایجاد خسارت وجود ندارد بکار گرفته می‌شوند. تصمیم‌گیری در مورد ساخت و یا عدم ساخت یک پل براساس حداکثر سطح آب قابل انتظار گرفته می‌شود (در این باره بخش ٦ تحت عنوان پلهای کوچک را نیز مطالعه نمایید).

۱ـ۷ـ تاسیسات زهکشی زیرزمینی

در عمل هیچ تاسیسات زهکشی زیرزمینی برای راههای برون‌شهری در نظر گرفته نمی‌شود. تنها جهت تکمیل مطلب از آنها نام برده شده و به جزییات آنها نمی‌پردازیم. این تاسیسات اغلب شامل خطوط لوله و یا سیستمهای زهکشی هستند که رواناب را درون خاکریز راه و یا در نزدیکی آن جمع‌آوری میکنند.

۱ـ۸ـ موقعیت در زمین مجاور و نیز ساختار راه

از نقطه‌نظر زهکشی، راهها اصولاً موانعی در زمین یا طبیعت محسوب می‌شوند لذا همانند سدهایی موجب توقف در مسیر حرکت آبهای سطحی یا رواناب شده و می‌توانند حجم زیادی از آب را در نقاط معینی متمرکز کنند.

بر همین اساس موقعیت سازه‌ها (پلها یا تاسیسات زهکش) بر مبنای موقعیت مسیر در روی زمین تعیین می‌شود. شرایط جریان بشدت تابع توپوگرافی زمین بوده و لذا برای کاستن از میزان تداخل مسیر با جریان‌های طبیعی، امکان توسعه زهکشی در آینده بایستی در مرحله طراحی مد نظر قرار گیرد. مهمترین قانون آنست که کمترین تداخل با جریانهای آب طبیعی بوجود آید. چنین تداخل‌هایی بر هزینه‌های کلی اجرای راه با توجه به میزان عملیات خاکی مورد نیاز تأثیر می‌گذارند.

در صورتی که محل جریان عبوری و نیز جهت جریان به درستی مشخص باشد تعیین محل کالورت‌ها کار بسیار ساده‌ای خواهد بود. این حالت معمولاً در مناطق تپه ماهور و یا کوهستانی رخ می‌دهد.

در زمینهای هموار تعیین موقعیت بسیار مشکلتر می‌باشد. در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری خاک به ندرت نفوذپذیر می‌باشد. در این مورد بایستی توجه خاصی به گودافتادگی سطحی که به سختی با چشم دیده می‌شود مبذول داشت. در حین بارش‌های سنگین و هنگامی که سطح خاک اشباع شده و قادر به جذب آب بیشتری نمی‌باشد این گود افتادگی‌ها بهم متصل شده و صفحات بزرگی از آب را تشکیل می‌دهند. جهت جریان در این صفحات آب اغلب مشخص نبوده و حتی تغییر می‌کند. این وضعیت به ویژه هنگام اتصال این صفحات به رودخانه‌های مجاور که سطح آب بالایی دارند، به وقوع می‌پیوندد. در مناطقی که تحت تأثیر دو سیستم رودخانه‌ای قرار دارند که در زمان‌های مختلفی حداکثر سطح آب خود را بروز می‌دهند، خاکریز راهها بر سر راه جریانهای آب به صورت یک مانع عمل کرده و نفوذ آب در بدنه خاکریزها موجب فرسایش پاشنه خاکریزها، که ضعیفترین جزء در پایداری خاکریز بشمار می‌روند، می‌شود.

به دلایل فوق‌الذکر در زمینهای هموار (دشتها) و خصوصاً در نواحی محصور بین دو رودخانه باید از تعداد مناسبی کالورت استفاده شود. در صورت نیاز ممکن است برای برقراری تعادل بین سطح آب در دو طرف خاکریز در فواصل کم نیز کالورت‌هایی تعبیه شود.

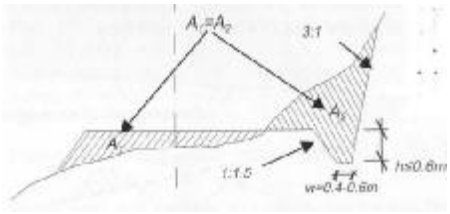
موقعیت پلها اغلب به راحتی تعیین می‌گردد زیرا این تاسیسات برای عبور از روی جریانهای آب اجرا می‌شوند. در صورتی که برای اجرای یک پل نیاز به خاکبرداری باشد ارتفاع پل و حجم خاکبرداری باید به گونه‌ای با یکدیگر تطبیق داده شوند که کمترین هزینه اجرا حاصل گردد. در صورت امکان پل باید به صورت عمود بر امتداد جریان آب اجرا شود تا دارای کمترین طول و هزینه ساخت باشد. اجرای پلها در زوایای دیگر مشکلتر بوده و به علت طول بیشتر، از هزینه ساخت بیشتری نیز برخوردار می‌باشند. چنین پلهایی تنها در صورتی احداث می‌شوند که حفظ روانی امتداد مسیر مورد نظر باشد (البته این عامل در راههای برون‌شهری اغلب از اهمیت زیادی برخوردار نمی‌باشد) و یا آنکه امتداد پل در این حالت کمترین اختلال هیدرولیکی را به جریان اعمال کند و نیز در مواردی که موقعیت‌یابی مجدد یا مطابقت مسیر جریان آب با پل غیرممکن بوده و یا از هزینه ساخت زیادی برخوردار باشد.

۱ـ۹ـ اصول

در ارتباط با موقعیت و نحوه قرارگیری تاسیسات زهکشی اصول خاصی علاوه بر اندازه صحیح و شکل سطح مقطع بایستی رعایت شوند تا تاسیسات زهکشی از عملکرد مناسبی برخوردار بوده و ضمناً هزینه‌های نگهداری به حداقل برسند.

الف – عملیات خاکی در مقطع عرضی متعادل باشد.

راههای برون‌شهری اغلب به روشهایی احداث می شوند که در آنها نیروی انسانی زیادی بکار گمارده می‌شود. بهمین علت اطمینان از به حداقل رساندن عملیات خاکی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. در صورتی که سطح مقطع طوری انتخاب شود که مقادیر خاکریزی و خاکبرداری با یکدیگر در تعادل باشند، حمل‌ونقل در امتداد مسیر تا حد امکان کاهش می‌یابد.



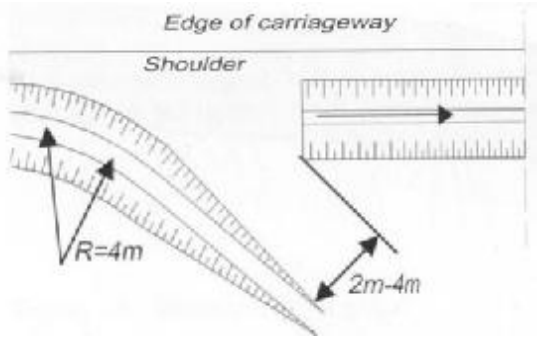
شکل ۹ـ تعادل عملیات خاکی در مقطع عرضی

ب – آب جمع‌آوری شده در نهر حاشیه مسیر باید در فواصل مشخصی به زمین مجاور هدایت شود.

برای تخلیه نهر حاشیه مسیر در صورتی که نتوان آنرا مستقیماً به یک جریان طبیعی متصل کرد باید توسط زهکش‌های سه گوش یا زهکش‌های انحرافی به زمینهای مجاور هدایت شود. این نقاط تخلیه بایستی بدقت انتخاب شوند تا هیچ صدمه‌ای به زهکش وارد نگردد. از تغییر جهت‌های ناگهانی که موجب تخریب سطوح می‌شوند باید پرهیز شود. تخلیه آب باید در امتداد قوسهای ملایم انجام گیرد. طول این خروجیها نباید از ۱۰ متر کمتر باشد.

فاصله بین خروجیها براساس شیب نهر حاشیه مسیر و حجم آب آن معین می‌شود. هر قدر خاک در مقابل فرسایش حساس‌تر بوده و زمین مجاور شیب بیشتری داشته باشد فاصله بین خروجیها کمتر می‌شود. در زمینهای هموار فاصله بین خروجیها نباید از ۱۰۰ متر تجاوز کند. در نواحی تپه ماهوری (تا شیب ۵٪) این فاصله به ۲۵ تا ۵۰ متر کاهش یافته و در مقاطع بسیار شیبدار (بالاتر از ۵٪) فاصله خروجیها به ۱۰ متر محدود می‌شود.

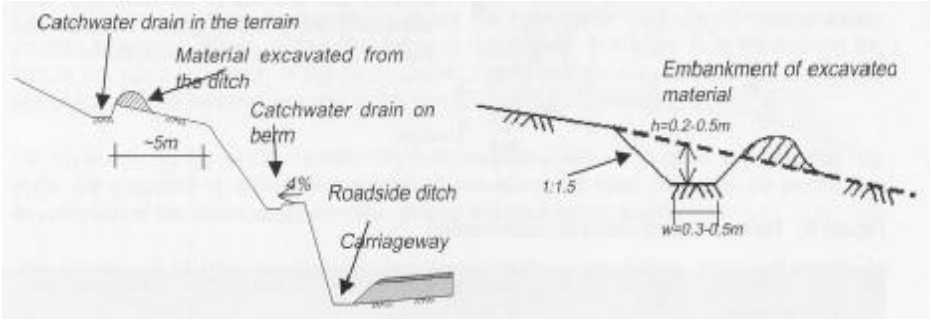
نهر حاشیه مسیر پس از هر خروجی تخلیه آب دوباره امتداد می‌یابد. عرض زمین طبیعی بین خروجی و نقطه شروع بعدی نهر به نحوی انتخاب می‌شود که از آن بتوان به عنوان یک دسترسی محلی به زمین‌های کشاورزی مجاور استفاده کرد. در این‌صورت دیگر نیازی به احداث کالورت جهت عبور وسایل نقلیه نیز وجود ندارد.



شکل ۱۰ـ تخلیه آب از نهر به زمین مجاور

ج – زهکش‌های حایل نباید بیش از حد به لبه شیب نزدیک باشند.

زهکش‌های حایل، روانابی که از زمینهای مرتفع‌تر به سمت جاده جاری شده را جمع‌آوری می‌کنند. هدف از اجرای این زهکش‌ها جلوگیری از فرسایش شیب‌ها و کاستن از بار نهرهای حاشیه مسیر می‌باشد. این زهکش‌ها تقریباً بموازات لبه شیب احداث می‌شوند. بین لبه شیب و زهکش حایل باید فاصله‌ای حداقل معادل ۳ تا ۵ متر وجود داشته باشد تا درصورت فرسایش بدنه شیب در قسمت دره از وقوع سیلاب‌های ناگهانی مخرب جلوگیری شود. مهمتر از همه آنکه بایستی تمهیدات مناسبی نیز جهت جلوگیری از فرسایش وجوه زهکش حایل پیش‌بینی شود زیرا در غیر این صورت کل سیستم زهکشی در خطر تخریب قرار می‌گیرد. خاک حاصل از خاکبرداری در مجاورت زهکش حایل به صورت طبیعی محافظت اندکی از لبه نهر در سمت دره را بر عهده داشته لذا در تقویت عملکرد حفاظتی زهکش حایل مؤثر خواهد بود. مراقبت‌های خاصی جهت جلوگیری از ریزش مصالح خاکبرداری شده و خصوصا سنگهای شل به داخل نهر و بسته شدن مدخل آن باید مد نظر قرار گیرد.



شکل ۱۱ـ تاسیسات زهکشی در شیب‌های تند شکل ۱۲ـ زهکش حایل (جزییات)

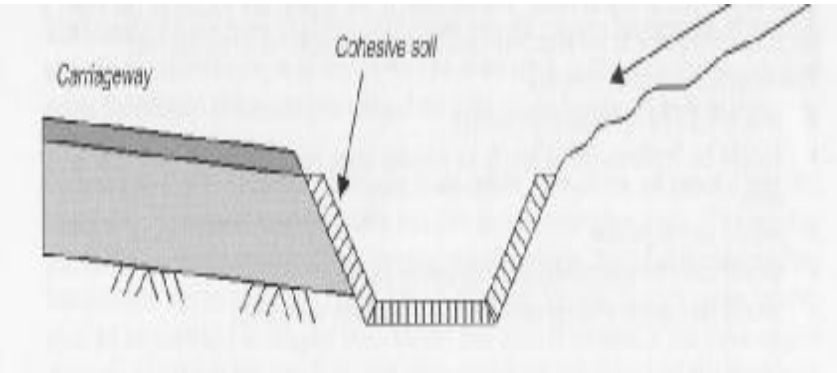
از آنجایی که زهکش‌های حایل نسبت به نهرهای حاشیه مسیر از وابستگی بیشتری به توپوگرافی زمین برخوردار هستند، لذا باید اطمینان حاصل گردد که شیب طولی زهکش از حد مجاز مربوط به خاک بستر تجاوز نمی‌کند. در غیر این صورت روشهای حفاظتی خاصی مانند تثبیت بستر، پوشش داخلی زهکش، ایجاد پله و غیره باید مورد استفاده قرار گیرند.

د- کانالهای خروجی آب باید با وضعیت منطقه هماهنگی داشته باشند. این کانالها جهت انتقال رواناب از سطح راه به آبراهه‌های طبیعی بکار گرفته شده و به همین علت وابستگی زیادی به شیب طبیعی و توپوگرافی زمین مجاور مسیر دارند. از نقطه‌نظر فنی اصول طراحی این کانالها مشابه نهرهای حاشیه‌ای می‌باشد. البته بسته به حجم آبی که این کانالها تخلیه می کنند ممکن است دارای ابعاد بزرگتری باشند (بعنوان مثال در مواردی که کانالها آب چند منبع مختلف را می‌گیرند). کانالهای مستقیم زمخت و غیرطبیعی بنظر می‌رسند و باید از احداث آنها پرهیز کرد.

موافقت مالکان و ساکنان زمینهای مجاور در مورد ساخت و استفاده ازکانالهای خروجی باید جلب شود. در غیر این صورت خطر پر کردن دهانه خروجی کانال توسط مالک زمین و از دست رفتن عملکرد مورد نظر کانال همواره وجود خواهد داشت.

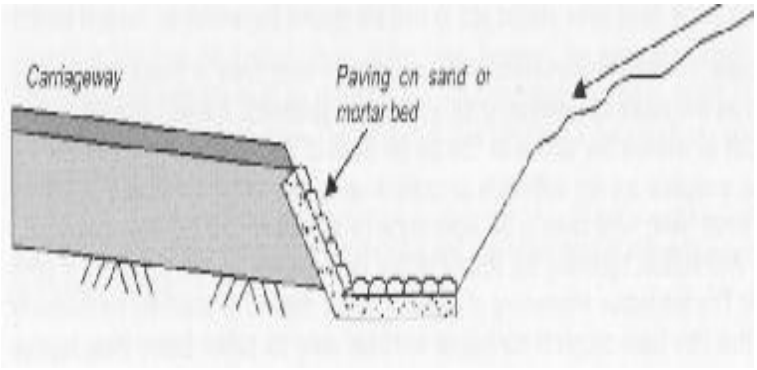
ه - نهرهای زهکشی واقع در پاشنه خاکریزها نباید موجب نفوذ رطوبت به داخل بدنه خاکریز شوند.

در صورتی که رواناب از زمینهای مجاور به روی شیب هدایت شود استفاده از نهرهای زهکش در پاشنه خاکریز ضروری می‌باشد. این عمل ممکن است به نفوذ آب به داخل بدنه خاکریز و رانش آن منجر شود. در موارد معمولی برای جلوگیری از این آسیب می توان وجوه مشترک را آب‌بندی کرد (بعنوان مثال از خاک نفوذناپذیر برای پاشنه خاکریز استفاده شود).



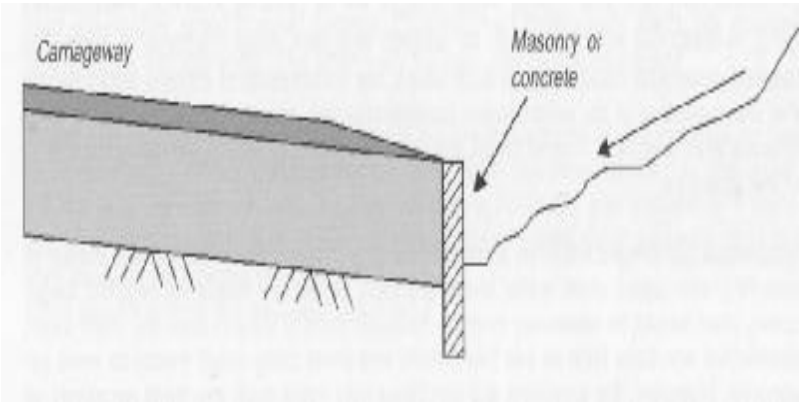
شکل۱۳ـآب‌بندی یک نهر با خاک چسبنده به ضخامت ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر

برای تثبیت پاشنه خاکریز از پوشش گیاهی، چوب عمل‌آوری شده، پشته‌ریزی سنگی، سنگفرش و یا روشهای دیگر می‌توان استفاده کرد.



شکل ١٤ـ رویه شیب تثبیت شده با ملات سیمان

پشت‌بندی شیب توسط یک دیوار تنها در شرایط ضروری مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا این نوع مهاربندی اغلب بیش از نیاز بوده و هزینه‌های سنگینی را بهمراه خواهد داشت.



شکل ۱۵ـ پشت‌بندی شیب توسط دیوار

در مواردی که حجم آب بسیار زیاد باشد نهرهای زهکشی باید دارای پوشش آب‌بند باشند.

۲ـ انتخاب ضوابط مربوط به سازه‌های سیستم زهکشی

از آنجا که راههای برون‌شهری باید از حداکثر مطابقت با توپوگرافی زمین برخوردار بوده تا حجم عملیات خاکی کمینه گردد، هزینه احداث سازه‌های زهکشی سهم زیادی از هزینه‌های کل را تشکیل می‌دهند. انتخاب سازه‌های مناسب می‌تواند در توجیه اقتصادی این پروژه‌ها نقش مهمی ایفاء نماید.

از اینرو سازه‌های انتخاب شده باید:

- ملزومات هیدرولیکی را برآورده نمایند.
- با حداکثر سهولت و تا حد امکان با استفاده از مصالح محلی اجرا شوند.
- ارزان باشند.
- دارای عمر بهره‌برداری بالا باشند.
- از قابلیت نگهداری ساده و دارای بازده اقتصادی برخوردار باشند.

هنگام انتخاب روش فنی موارد فوق حتماً باید مد نظر قرار گیرند.

آبروهایی که در تقاطع با راههای دسترسی برون‌شهری قرار می‌گیرند اغلب کوچک هستند. برای عبور از چنین نهربارها و جریانهایی می‌توان از پلهای کوچک و کالورت‌ها استفاده کرد. انتخاب سازه مناسب به شرایط توپوگرافی و هیدرولیکی منطقه بستگی زیادی خواهد داشت. در ادامه معیارهای عمومی جهت کمک به انتخاب سازه مناسب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

معمولاً هیچ اندازه‌گیری دقیقی از مقدار رواناب برای نهرها و جریانهای کوچک موجود نمی‌باشد تا براساس آن بتوان به تعیین ابعاد سازه‌ها پرداخت. همچنین اغلب تعیین حجم جریان براساس حوزه آبریز کار بسیار مشکلی است زیرا نقشه‌های دقیق و به‌روزشده بندرت در دسترس می‌باشند. در چنین مواردی ساکنین محلی که در نزدیکی جریان‌های آب زندگی می‌کنند دارای اطلاعات ارزشمندی نسبت به این جریانها (سطح آب) و تواتر پیک جریانها می‌باشند. برای کنترل دقت اطلاعات ساکنین محلی می‌توان از مشاهدات مربوط به داغ آب بر روی درختان و گیاهان دائمی موجود بر روی کرانه جریان استفاده نمود. قبل از استفاده از این منابع اطلاعاتی بایستی یک سنجش مقدماتی بر روی آنها انجام پذیرد.

۲ـ۱ـ پلهای کوچک

در ارتباط با راههای دسترسی برون‌شهری هر جا که جریانهای آب در دره‌های عمیق متقاطع با مسیر جاده واقع شده و سطح آب آنها در معرض نوسانات فصلی قرار دارد به احداث پل نیاز می‌باشد. در چنین مواردی، استفاده از کالورت موجب کاهش سطح مقطع جریان شده و ممکن است به انباشته شدن آب در پشت کالورت منجر گردد. همچنین در این حالت امکان فرسایش در مجاورت سازه افزایش می‌یابد.

کوله‌های پلها باید به نحوی طراحی شوند که هیچ نوع فرسایش سطحی یا آب‌شستگی در هنگام بالا آمدن سطح آب اتفاق نیافتد. هر چند این موضوع ضرورت استفاده از دهانه‌های بزرگتر نسبت به آنچه از نقطه‌نظر هیدرولیکی موردنیاز

می‌باشد را ایجاب می‌نماید ولی گزینه‌های جایگزین مانند شالوده‌های شمعی و سپرکوبی اغلب گرانتر هستند. البته بسته به شرایط خاک محل ممکن است هزینه اجرای روشهای فوق به هم نزدیک شوند.

از اجرای کوله‌های مرتفع باید پرهیز شود زیرا در مورد این کوله‌ها فشار وارد از طرف خاکریز پشت آنها نسبت به فشار قائم ناشی از ترافیک بیشتر خواهد بود. این عدم تناسب استفاده از سازه‌های خاص جهت تضمین پایداری را ضروری می‌سازد. هر چند این دستورالعمل ارتباطی به جزییات پلهای کوچک ندارد، لیکن برخی ملاحظات کلی در مورد این سازه‌ها در بخش ٦ آورده شده است.

۲ـ۲ـ کالورت‌ها

همانطور که قبلا گفته شد کالورت‌ها مناسب‌ترین گزینه جهت زمین‌های هموار یا دارای تپه‌های متوسط بشمار می‌روند. در اغلب موارد این سازه‌ها تنها جهت انتقال آب از نهرهای حاشیه مسیر و هدایت آنها در پایین‌دست مسیر جاده تا جریان بعدی بکار گرفته می‌شوند. البته در برخی موارد نیز از کالورت برای هدایت جریانهای کوچک فاقد رسوبات که قادر به بستن مسیر کالورت نمی‌باشند استفاده می‌شود. موقعیت کالورت‌ها باید به نحوی انتخاب شود که حداقل تغییر در جریان را بهمراه داشته باشد و بعبارت دیگر مسیر جریان تغییر چندانی پیدا نکند.

کالورت‌ها ممکن است دارای مقطع دایره‌ای یا مستطیلی باشند. انتخاب مقطع در درجه اول به مصالح موجود در محل و سپس به هزینه‌های اجرا بستگی خواهد داشت. در صورتی که مسیرهای حمل‌ونقل طولانی یا نامرغوب باشند، معمولاً استفاده از لوله‌های بتنی توصیه نمی‌شود. زیرا علاوه بر بالا بودن هزینه‌های حمل، زیان مالی در اثر شکستگی نیز محتمل می‌باشد. در این موارد استفاده از لوله‌های با مقطع مستطیلی (جعبه‌ای) توصیه می‌شود زیرا در این کالورت‌ها می‌توان از مصالح سنگی طبیعی برای دیواره‌ها استفاده نموده و تنها برای دال پوششی از شن، ماسه و سیمان استفاده می‌شود. افت این مصالح در خلال حمل ناچیز می‌باشد.

اگر یک کالورت برای انتقال همه جریان کافی نباشد می‌توان از چندین کالورت مجاور هم که تشکیل یک گروه کالورت را می‌دهند استفاده کرد. در مورد جریانهای کوچک که پیک آنها مدت کوتاهی به طول می‌انجامد می‌توان از کالورت‌های لوله‌ای یا جعبه‌ای برای انتقال جریان معمولی استفاده کرد و اجازه داد که در مواقع پیک جریان، آب از روی جاده عبور کند. در این حالت بایستی نسبت به مقاوم‌سازی و تثبیت شیب‌های مجاور (بالادست و پایین‌دست) اقدام نموده و در محل عبور آب، سواره‌رو را به رویه مناسبی مجهز کرد تا آسیبی به ساختار روسازی وارد نشود. همچنین در مواردی که جریان و یا رودخانه رسوبات زیادی را حمل می‌کند استفاده از این روش پیشنهاد می‌گردد. ملاحظات بیشتر در مورد طراحی و اجرای کالورت‌ها در بخش‌های ۳ و ٤ آورده شده است.

۲ـ۳ـ آب‌نما

آب‌نما ساده‌ترین روش جهت تقاطع مسیر با یک جریان آبی می‌باشد. در این مورد سواره‌رو در محل عبور جریان آب دارای رویه بوده و لذا جریان از روی مسیر عبور می‌کند. در محل عبور جریان، سطح جاده اندکی پایین آورده می‌شود تا آب به صورت متمرکز و از ناحیه محدودی عبور کند. این گودشدگی تأثیر قابل توجهی را در جریان ترافیک عبوری بوجود می‌آورد زیرا رانندگان وسایل نقلیه برای جلوگیری از آسیب دیدگی وسیله نقلیه سرعت خود را در این محلها کاهش می‌دهند. بهمین دلیل آب‌نماها تنها برای مسیرهای کم تردد مانند راههای دسترسی برون‌شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در صورتی که جریان آب دارای مقادیر زیادی رسوبات بستر باشد استفاده از آب‌نماها در اولویت قرار می‌گیرد مشروط بر آنکه شرایط توپوگرافی محل امکان اجرای آب‌نما را بدست داده و نیزموقعیت بستر در دره عمیق، ضرورت ساخت پل را مرتفع سازد. همچنین در مواردی که سطح آب به صورت دائم بالا بوده و یا اینکه در مدت زیادی از سال بالا باشد استفاده از آب‌نما توصیه نمی‌شود زیرا خطر شناوری، وسایل نقلیه عبوری را تهدید می‌کند.

سایر جنبه‌های مربوط به آب‌نماها در بخش ۵ مورد بررسی قرار گرفته است.

۳ـ کالورت‌ها

کالورت‌ها دارای دو گروه عملکردی می‌باشند:

- کالورت هایی که جهت عبور راه از روی یک جریان آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کالورت‌ها در خط‌القعر زمین طبیعی یعنی گودیهای طبیعی و دره‌ها احداث می‌شوند. این سازه‌ها بر روی آبراهه‌هایی احداث می‌شوند که جریان آب را از یک طرف مسیر به طرف دیگر هدایت می‌کنند.
- کالورت‌های کمکی که پس از اشباع شدن ظرفیت نهرهای حاشیه‌ای، آب را از نهر کنارگذر بالادست از زیر جاده به نهر پایین‌دست آن (در سمت دره) انتقال می‌دهند. ساده‌ترین روش هدایت آب از بالادست جاده به زمینهای پایین‌دست همین روش می‌باشد. این کالورت‌ها اغلب در شیب‌ها قرار داده می‌شوند و لذا قیف‌های ورودی بایستی در نظر گرفته شوند.

از نظر سازه‌ای کالورت‌ها به دو صورت لوله‌ای و جعبه‌ای اجرا شده که این دو نوع در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳ـ۱ـ کالورت‌های لوله‌ای

۳ـ۱ـ۱ـ مفاهیم عمومی

کالورت‌های لوله‌ای رایج ترین نوع کالورت و نیز اقتصادی ترین سازه‌های انتقال رواناب سطحی و جریانهای کوچک در تقاطع با راهها بشمار می‌روند.

کالورت‌های لوله‌ای در جاهایی که جریانهای طبیعی کوچک امتداد مسیر را قطع کرده و نیز در فواصل منظم تعبیه می‌شوند و همواره در خط‌الراس شیب قرار می‌گیرند تا قادر به زهکشی و هدایت رواناب سطحی جمع‌آوری شده در سطح جاده و شیب از بالادست به پایین‌دست و یا ایجاد تعادل بین سطح آب در دو سمت جاده باشند.

در جاهایی که جریان موجود قرار است از داخل لوله‌ها عبور کند کالورت بایستی در امتداد جریان طبیعی اجرا شود تا از فرسایش نقاط ورودی و خروجی آن تا حد امکان جلوگیری شود.

بعنوان یک اصل در هر دو انتهای ورودی و خروجی کالورت باید از دیواره‌های آب‌گردان استفاده شود.

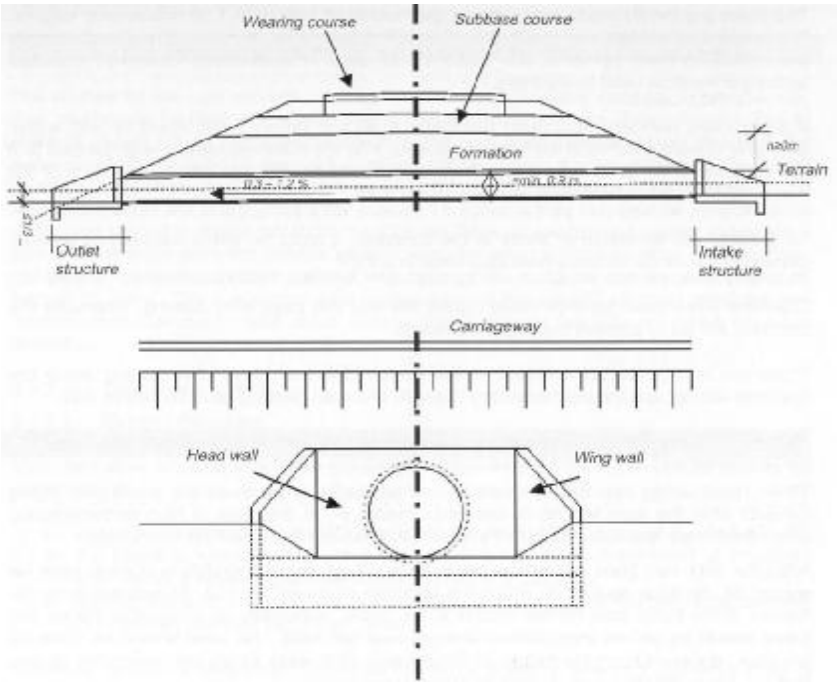
شیب طولی کالورت‌های لوله‌ای نباید از ۰/۳٪ کمتر یا از ۱/۲٪ بیشتر باشد. در محل‌هایی که از این نوع کالورت جهت حفظ تعادل سطح آب بین دو سمت جاده استفاده می‌شود کالورت بایستی به صورت افقی احداث شود.

جهت نگهداری کالورت‌ها و خصوصا نظافت دوره‌ای باید دقت شود که حداقل قطر نباید از ۹۰ سانتی‌متر کمتر شود. نیازی به تذکر نیست که عدم نگهداری بموقع کالورت پیامدهای خطرناکی برای سازه راه را به همراه خواهد داشت. قطرهای کوچکتر از مقدار فوق تنها برای کالورت‌های عبوری از زیر رمپ‌های دسترسی مسیرهایی که به راههای با عرض کمتر از ٦ متر منتهی می‌شوند مجاز می‌باشد.

بدلایل اقتصادی در هر پروژه همه کالورت‌ها باید دارای قطر یکسانی باشند. برای هدایت مقادیر زیاد آب می‌توان از گروه کالورت‌ها (تا چهار عدد) استفاده کرد.

تراز کف لوله نباید در هیچ شرایطی نسبت به زمین طبیعی به مقدار بیش از یک سوم ارتفاع لوله پایین‌تر باشد. این دستورالعمل جهت جلوگیری از لای‌گرفتگی پایین‌دست نهر مجاور و ورود خاک به داخل کالورت توسط جریان بالادست اعمال می‌شود. در صورت نیاز تراز طولی مسیر باید ارتقاء یابد.

تراز فوقانی کالورت‌های لوله‌ای نیز بایستی از سطح زمین طبیعی پایین‌تر قرار گیرد. نفوذ آب به داخل لایه‌های زیر اساس تنها در موارد استثنایی دارای لایه‌های ضخیم اساس مجاز می‌باشد.



شکل ۱۶ ـ اجزاء معمول در کالورت‌های لوله‌ای

۳ـ۱ـ۲ـ کالورت‌های لوله‌ای بتنی

۳ـ۱ـ۲ـ۱ـ مفاهیم عمومی

کالورت‌های لوله‌ای بتنی در صورتی که پروژه نیازمند تعداد زیادی کالورت بوده و نیز مصالح سنگی و سیمان در فواصل نسبتاً نزدیک در دسترس باشند (مصالح سنگی در فواصل کمتراز ۵۰ کیلومتر و سیمان در فواصل کمتر از ۵۰۰ کیلومتر) همواره بر کالورت‌های لوله‌ای فولادی ترجیح داده می‌شوند.

معمولاً استفاده از لوله‌های مجزای پیش‌ساخته شده در کارخانه نسبت به لوله‌های ساخته شده در محل با کمک قالب‌های بادکنکی یا قالب‌های فلزی قابل استفاده مجدد برای لوله‌های دارای قطر یکسان، ارزانتر می‌باشد. البته ساخت لوله‌های نوع اول منوط به در دسترس بودن تجهیزات لازم جهت نصب لوله‌ها (کامیونهای دارای جرثقیل‌های هیدرولیکی، جرثقیل‌های متحرک، ماشین‌آلات خاکبرداری، لودر و غیره) می‌باشد.

۳ـ۱ـ۲ـ۲ـ اصول

الف – ساخت لوله‌های بتنی نیازمند دقت زیادی می‌باشد.

جهت ساخت لوله های بتنی درجا نکات زیادی بایستی مد نظر قرار گیرد. مصالح سنگی (شن طبیعی یا شکسته) بایستی در شرایط مناسبی باشند. غالباً تنها از سیمان پرتلند تجاری بعنوان چسباننده مصالح سنگی می‌توان استفاده کرد. در صورت وجود نمک در آب بایستی تا حد امکان از سیمان سرباره‌ای استفاده شود. مقدار سیمان مصرفی نباید از ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب کمتر باشد.

لوله‌ها اغلب با استفاده از قالب‌های لوله‌ای فلزی به طول استاندارد ۱ تا ۱/۵ متر ساخته می‌شوند به علت سنگینی وزن، اغلب از لوله‌های یک متری استفاده می‌شود. از آنجاکه اجرای دستی اتصال نر و مادگی مشکل می‌باشد در عمل معمولاً اتصال لب به لب اجرا می‌شود. البته تکنیک‌های خاصی جهت خواباندن لوله‌ها بایستی بکار گرفته شود.

در صورتی که به تسلیح بتن نیاز باشد (قطر بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر، بارهای ترافیکی سنگین و یا وجود لایه نازک روکش) بایستی دقت گردد که آرماتورها در محل درست خود قرار گرفته و حداقل پوشش بتنی ۲ سانتی‌متر روی آنها حفظ شود. پوشش بتنی کمتر از این مقدار می‌تواند به خوردگی آرماتورها و خرابی زود هنگام لوله‌ها منجر گردد.

برای جلوگیری از تشکیل منافذ هوا در بتن بایستی آنرا به دقت لرزانده ویا میل‌زنی کرد که نوع فرایند به کارایی بتن بستگی خواهد داشت (بخش ۸ـ۲ را نیز ملاحظه نمایید).

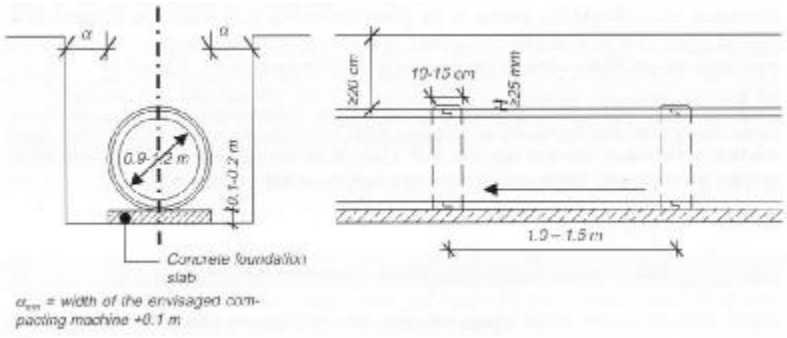
لوله‌های بتنی باید در خلال ۵ روز پس از ریختن بتن مرطوب نگهداشته شوند چه در غیر این صورت ممکن است بتن به مقاومت مشخصه مطلوب نرسد. حمل و نصب لوله‌های بتنی نباید زودتر از دو هفته از ساخت آنها انجام شود زیرا بتن تا قبل از این مدت به ظرفیت باربری مطلوب نرسیده است.

ب– تنها لوله‌های بتنی با نصب صحیح می‌توانند عملکرد ایمن کالورت را تضمین کنند.

ثابت شده است که بهترین زمان حفاری جهت نصب لوله‌های بتنی در راههای جدید پس از اتمام عملیات خاکی مربوط به راه بوده و در مورد خاکریزی های مرتفع بهترین زمان حفاری هنگامیست که تا ارتفاع حداقل ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از تراز لوله‌های نصب شده در آتی خاکریزی شود.

پس از خاکبرداری ترانشه محل نصب لوله بایستی شالوده‌ای هموار و متراکم از ماسه در کف ترانشه اجرا شده و لوله روی آن قرار گیرد. سنگها باید از محل نصب لوله برداشته شوند. در صورت تردد بار ترافیکی سنگین مانند کامیون در جاده بایستی شالوده لوله از بتن مگر اجرا شود. بسته به نوع خاک زیرین این لایه بتنی باید بین ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر ضخامت داشته باشد. در مورد خاکهای دارای نشست زیاد لایه بتنی بایستی اندکی مسلح شود.

لوله‌ها بایستی به نحوی قرار گیرند که سطح داخلی آنها دارای تراز افقی باشد. اتصالات لب به لب بین لوله‌ها باید از داخل توسط ملات سیمان پرشده و ماله کشی شوند. از خارج نیز یک نوع از ملات سیمان به ضخامت ۲۵ میلیمتر روی درز کشیده می‌شود. تا قبل از گیرش سیمان محل درز باید مرطوب نگه داشته شود. ملات اضافی باقیمانده درون لوله باید قبل از سفت شدن برداشته شود. لوله‌های صدمه دیده تحت هیچ شرایطی نباید در ساختار راه نصب شوند زیرا از مقاومت کافی جهت حمل بار ترافیکی برخوردار نبوده و موجبات تخریب خاکریز را فراهم می‌سازند.



شکل ۱۷ـ نصب لوله‌های بتنی

ج – ترانشه‌های محل نصب لوله‌ها باید پر شده و سطح آنها هموار گردد.

ترانشه‌های محل نصب لوله‌های کالورت باید توسط مصالح مناسب پر شوند. بعبارت دیگر استفاده از قلوه‌سنگ و شن در مجاورت لوله‌ها مجاز نمی‌باشد. مصالح پرکننده نباید دارای نفوذپذیری بیشتر از زمین مجاور باشند زیرا در غیر این‌صورت آب در اطراف لوله جمع شده و پایداری کالورت را در خطر قرار می‌دهد. تراکم مصالح پرکننده بایستی حداقل معادل تراکم زمین مجاور باشد زیرا در غیر این صورت اطراف کالورت نشست خواهد کرد. برای نیل به این مقصود مصالح باید به صورت مرطوب ریخته شده و در لایه‌هایی به ضخامت حداکثر ۲۰ سانتی‌متر کوبیده شود. در موارد استثنایی و خصوصاً در مکانهایی که فضای طرفین کالورت امکان استفاده از صفحات لرزاننده یا کوبنده‌های مکانیکی را بدست نمی‌دهد، می‌توان از مصالح تثبیت شده با سیمان و رطوبت مناسب استفاده کرده و با استفاده از روشهای دستی آنرا متراکم نمود. ریختن و کوبیدن مصالح پرکننده بایستی همزمان در دو طرف انجام گیرد. بالاتر بودن یک سمت موجب حرکت لوله در آینده خواهد شد.

۳ـ۱ـ۳ـ کالورت‌های لوله‌ای فولادی

۳ـ۱ـ۳ـ۱ ـ مفاهیم عمومی

گزینه استفاده از لوله‌های فولادی نیز می‌تواند در شرایط ذیل مد نظر قرار گیرد.

- در پروژه تنها تعداد کمی کالورت مورد نیاز می‌باشد.
- لوله‌های مورد نیاز درداخل کشور تولید شده و یا اینکه ارز لازم جهت واردات آنها در دسترس می‌باشد.
- مصالح سنگی یا سیمان در فواصل نزدیک پروژه موجود نبوده و یا آنکه تهیه آنها از نظر اقتصادی فاقد توجیه می‌باشد.

در نقاطی که رواناب خاصیت خورندگی دارد استفاده از لوله‌های فولادی توصیه نمی‌شود. برای تشخیص این مطلب می‌توان به بررسی سایر لوله‌های فولادی که در امتداد و یا مجاورت مسیر کار گذاشته شده‌اند توجه کرد. در صورتی که در زمان کوتاهی این لوله‌ها تحت اثر خوردگی قرار گرفته باشند آب خورنده فرض می‌شود (تا حدود ۵ سال).

الف- از یک تیپ لوله باید در طول پروژه استفاده شود.

دراینجا قاعده دیگری مطرح می‌شود مبنی بر آنکه در یک پروژه معین بایستی تا حد امکان با تیپ‌های کمتری از قطر و ضخامت لوله سر و کار داشت. جهت سهولت نگهداری حداقل قطر بایستی ۹۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

در صورتی که خاک خاصیت خورندگی داشته و یا نمک درمجاورت لوله موجود باشد بایستی از لوله‌های با گالوانیزه مضاعف استفاده کرد و یا اینکه کلیه اجزاء لوله توسط مواد حفاظتی که معمولاً پایه قیری دارند از داخل و خارج پوشانده شوند.

ب- تنها لوله‌های سالم بایستی کار گذارده شوند.

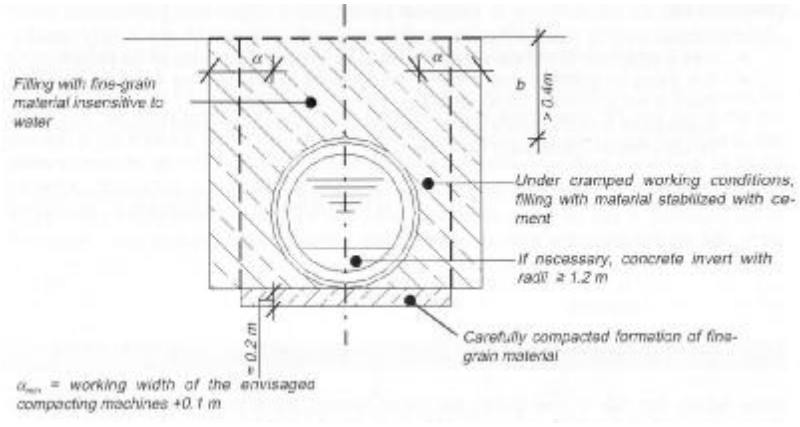
قبل از کارگذاری لوله‌ها بایستی آنها را مورد بازرسی قرار داد تا از سالم بودن لایه محافظتی (پوشش قلع یا رنگ محافظ) اطمینان حاصل گردد. در نقاطی که پوشش صدمه دیده است بایستی پس از برداشتن قطعات ضعیف نسبت به اجرای پوشش مجدد اقدام شود. هر آسیبی که در خلال حمل لوله‌ها وارد شود باید قبل از کارگذاری آنها برطرف گردد.

در مورد نصب لوله‌های فولادی قواعدی مشابه لوله‌های بتنی برقرار می‌باشد. در ضمن دستورالعمل‌های کارخانه سازنده لوله نیز باید مد نظر قرار گیرد.

جهت پر کردن اطراف لوله‌ها سطح تمام شده بایستی حداقل ٤٠ سانتی‌متر از تراز فوقانی آخرین لوله بالاتر باشد. مصالح استفاده شده برای شالوده لوله نباید دارای سنگ‌های تیز گوشه باشد زیرا به روکش حفاظتی لوله آسیب می‌رسانند. شالوده لوله همانند آنچه در مورد لوله‌های بتنی گفته شد بایستی متراکم گردد.

در مورد قطرهای بزرگتر (بزرگتر از ۱۲۰ سانتی‌متر) با توجه به مسائل هیدرولیکی پیشنهاد می‌شود کف لوله با استفاده از بتن پوشانده شود. این عمل نظافت کالورت را با سهولت بیشتری امکان‌پذیر می‌سازد.

ج- کیفیت مصالح پرکننده اطراف لوله تأثیر مهمی بر عمر بهره‌برداری کالورت خواهد داشت. ترانشه‌های حفر شده برای کالورت باید توسط مصالح مناسب و غیر چسبنده پر شوند. تراکم این مصالح باید حداقل به اندازه روسازی مجاور آن باشد چه در غیر این‌صورت مشکل مطرح شده در قسمت ۳ـ۱ـ۲ـ۲ قابل وقوع خواهد بود.



شکل ۱۸ـ پر کردن اطراف کالورت‌های لوله‌ای

اگر روسازی مسیر از مصالح چسبنده تشکیل شده باشد شرایط فشار آزاد در هیچ حالتی نباید بر روی لوله ایجاد شود. به عبارت دیگر سطح آب آزاد نبایستی از تاج لوله تجاوز کند. از آنجاکه کالورت‌های لوله‌ای فولادی آب‌بند نمی‌باشند خاک مجاور حساس به رطوبت اشباع شده و لذا تحت اثر بارهای ترافیکی، روسازی در مجاورت کالورت تغییر شکل خواهد داد. پر کردن اطراف لوله‌ها با مصالح تثبیت شده با سیمان (مخلوط ۲ کیسه سیمان در هر متر مکعب مصالح پرکننده) می‌تواند در این موارد ثمربخش باشد.

باز هم تاکید می‌شود که پر کردن لوله‌ها بایستی در هر دو سمت آنها انجام گیرد تا از تغییر امتداد آنها از محور اولیه جلوگیری شود.

۳ـ۱ـ٤ـ سازه‌های ورودی و کالورت‌های لوله‌ای

۳ـ۱ـ٤ـ۱ـ مفاهیم عمومی

سازه های ورودی و خروجی مربوط به تاسیسات زهکشی، قسمت‌هایی از مسیر بوده که در معرض خطرات فراوانی قرار دارند. زیرا رواناب و جریان‌های آب سطحی در این نقاط متمرکز می‌شوند. بهمین جهت در طراحی و اجرای این سازه‌ها بایستی اطمینان حاصل شود که حجم رواناب پیش‌بینی شده موجب آسیب رساندن به ساختار روسازی نخواهد شد.

سازه های ورودی و خروجی دارای وظایف متفاوتی هستند و لذا از نقطه‌نظر فنی، طراحی و ساخت آنها به روشی مشابه مجاز نمی‌باشد.

در محل ورودی، تغییر امتداد زهکش‌های طولی (عموماً نهرهای طولی و یا آبراهه‌های کوچکتر) باید به نحوی طراحی گردد که تغییر جهت ناگهانی در امتداد جریان آب رخ ندهد. در نقاطی که چنین امکانی وجود ندارد باید از روش‌های مناسب دیگر جهت جلوگیری از فرسایش استفاده نمود. ابعاد این تاسیسات حفاظتی به حجم و سرعت جریان آب، مقاومت خاک (مقاومت در برابر سایش) و نیز هندسه مقطع ورودی بستگی دارد.

شکل سازه ورودی نباید بگونه‌ای باشد که رفتار جریان آب را تغییر دهد و نیز تحت هیچ شرایطی نبایستی سرعت جریان با کاهش شیب کف یا تعریض مقطع جریان کاهش داده شود، زیرا موجب رسوب‌گذاری در مقطع ورودی می‌گردد.

۳ـ۱ـ٤ـ۲ـ اصول

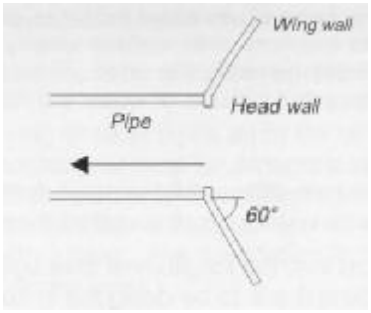
الف – روند طراحی سازه ورودی بایستی تضمین نماید که آب ورودی به همراه رسوبات آن به کالورت وارد می‌شوند.

غالباً سازه‌های ورودی از دیواره‌های آب‌گردانی که در مقابل جریان مقاومت می‌کنند تشکیل می‌شوند. این دیواره‌ها به سختی به کالورت لوله‌ای متصل می‌شوند تا از نفوذ آب در زیر یا اطراف کالورت جلوگیری کرده و در نتیجه روسازی را در مقابل خرابی ناشی از تمرکز آب در این نقاط محافظت نمایند. این دیواره توسط یک دیوار جناحی و یک دال بتنی پایه دارای پاشنه نگهدارنده و یا بدون آن (بسته به نوع خاک) نگهداری می شود که وظیفه آنها محافظت از خاکریز راه در محل سازه ورودی می‌باشد. سازه ورودی به صورت کلی بایستی قادر به فرو بردن آب جمع‌آوری شده بهمراه

رسوبات آن و هدایت آن به داخل کالورت لوله‌ای باشد و بر همین اساس بایستی به نحوی طراحی گردد که رواناب بسرعت و روانی و بدون تشکیل گرداب و نیز بدون تغییر ناگهانی در شیب جریان بداخل کالورت منتقل شود.

دیوارهای جناحی بسته به هندسه جریان ورودی ممکن است به صورت متقارن یا نامتقارن اجرا شوند. این دیوارها در کنار شیب خاکریز راه احداث می‌شوند. برای جلوگیری از فرسایش پشت دیواره‌های آبگردان و جناحی توسط رواناب جمع‌آوری شده در سطح سواره و یا شیب خاکریز بایستی خاکریز را بوسیله روشهای مناسبی محافظت نمود (اجرای پوشش گیاهی یا درخت بسته به میزان آب موجود). از اجرای دیوارهای جناحی با عرض زیاد باید پرهیز شود. زیرا دیوارهای جناحی کل جریان آب را مستقیماً به کالـــــورت لوله‌ای هدایت می‌کنند و در صورتی که سازه‌های ورودی بیش از حد بزرگ باشند به رسوب‌گذاری در محل ورودی آب منجر می‌شوند.

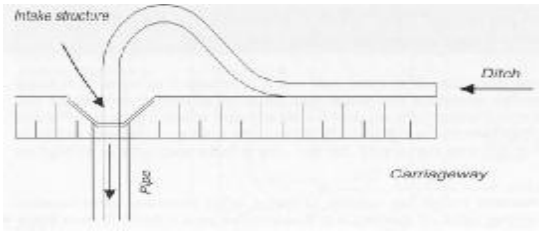
دال بتنی پایه نیز هم‌تراز کف لوله کالورت اجرا شده و در جهت جریان شیبدار می‌شود. تعبیه صافی ماسه‌گیر در شفت ورودی از رواج زیادی برخوردار نمی‌باشد، زیرا پس از وقوع چند بارش سنگین رسوب‌گذاری زیادی در این محل انجام می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که این نقاط اغلب بخوبی تمیز نشده و لذا رشد گیاهان را به همراه خواهد داشت.بهتر است سازه ورودی به نحوی طراحی شود که از هدایت رسوبات همراه آب به داخل کالورت و نشست آنها در پایین‌دست کالورت اطمینان حاصل گردد.



شکل ۱۹ـ سازه ورودی به همراه دیواره‌های آبگردان قائم

ب- بین نهرهای طولی و سازه ورودی نباید هیچ تغییر جهت ناگهانی در امتداد جریان آب بوقوع بپیوندد.

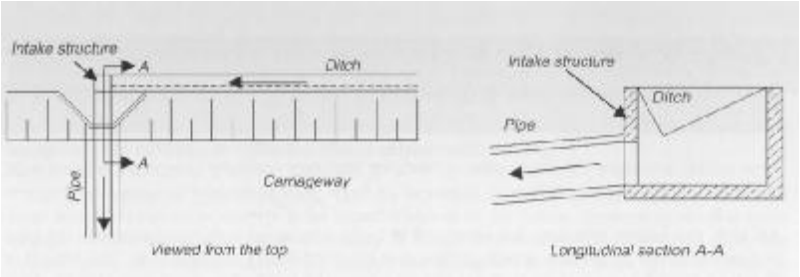
جهت جلوگیری از تغییرات ناگهانی در امتداد یا شیب، در صورت امکان نهرهای طولی بایستی قبل از اتصال به سازه ورودی دارای خمیدگی باشند. اگر تغییرات ناگهانی در امتداد جریان اجتناب‌ناپذیر باشد باید از روش‌های مناسبی مانند اجرای پوشش برای نهر و محل ورودی آب استفاده شود.



شکل ۲۰ـ شمای کلی نهر

ج- تغییرات در امتداد جریان باید توسط روتینگ انجام گیرد.

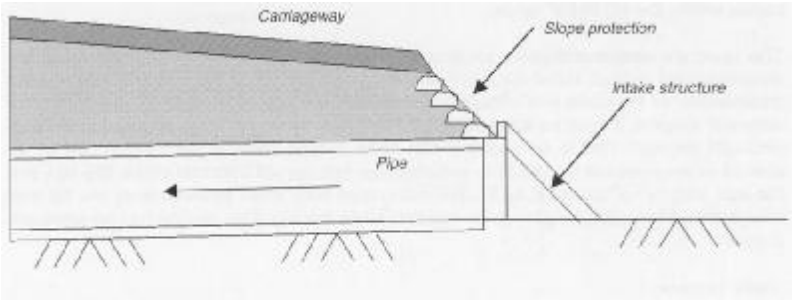
روتینگ جهت تغییر امتداد جریان آب بکار گرفته می‌شود. این سازه باید به نحوی طراحی شود که امکان تغییر امتداد جریان به صورتی تدریجی را فراهم ساخته و از ایراد آسیب به سازه ورودی در اثر عبور آب جلوگیری کند. در صورتی که دبی رواناب بالا بوده یا سرعت جریان بالا باشد بایستی ازخم‌های ۹۰ درجه جداً پرهیز شود. بسته به حجم و سرعت جریان آب روتینگ ممکن است به صورت یک خاکریز دارای پوشش گیاهی یا فاقد آن، دارای پوشش سنگی خشکه‌چینی یا سفت‌کاری و یا به صورت یک دیوار بتنی اجرا شود.



شکل ۲۱ـ سازه ورودی بهمراه دریچه ریزش

د- شیب موجود بعد از سازه ورودی باید به دقت محافظت شود.

در محدوده سازه ورودی، شیب‌ها توسط دیوارهای جناحی محافظت می‌شوند. خاکریز مسیر نیز در مقابل رواناب ناشی از سواره‌رو بایستی در محدوده بالا ی دیوارهای جناحی و یا تنها در محل اتصال دیوارهای جناحی بوسیله پوشش گیاهی یا روش‌های مشابه حفاظت گردد.



شکل ۲۲ـ محافظت از شیب

هـ - گروه کالورت‌ها از یک سازه ورودی مشترک استفاده کنند.

چند کالورت لوله‌ای با اتصال به یکدیگر تشکیل یک گروه کالورت را داده و از یک سازه ورودی به صورت مشترک استفاده می‌کنند. اصول ذکر شده در بالا در مورد گروه کالورت‌ها نیز صدق می‌کند.

۳ـ۱ـ۵ـ سازه‌های خروجی کالورت‌های لوله‌ای

۳ـ۱ـ۵ـ۱ـ مفاهیم عمومی

وظیفه سازه‌های خروجی، تخلیه رواناب به صورتی دائمی و ایمن می‌باشد. این رواناب پس از عبور از روسازی بوسیله کالورت‌های لوله‌ای به سازه خروجی می‌رسد. آب نبایستی در پاشنه خاکریز باقی بماند.

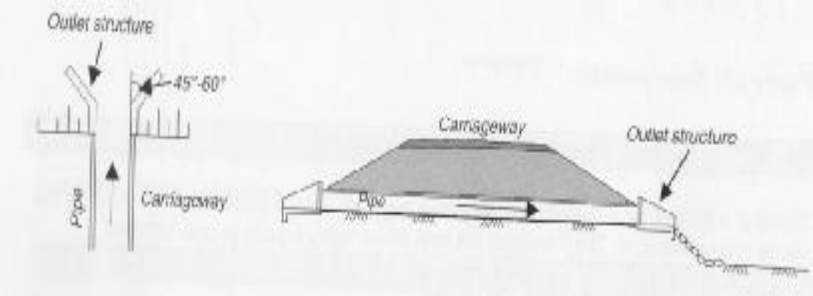
بر همین اساس سازه‌های خروجی بایستی به نحوی طراحی شوند که رواناب به همراه رسوباتی که حمل می‌کند از محدوده راه دور شود. تغییر جهت و سرعت جریان تنها در نقاط دور از راه مجاز می‌باشد. در صورتی که چنین امکانی مهیا نباشد بایستی از روش‌های محافظتی در سازه خروجی بهره گرفت.

۳ـ۱ـ۵ـ۲ـ اصول

الف- طراحی سازه خروجی باید به نحوی انجام گیرد که آب در حین هدایت از کالورت به زمین مجاور هیچ آسیبی وارد نکند. سازه خروجی برای کالورت‌های لوله‌ای منفرد و یا کالورت‌های گروهی معمولاً شامل یک دیواره آبگردان، یک دال بتنی کف‌خواب و دیوارهای جناحی می‌باشد. همانند سازه‌های ورودی، دیوارهای آبگردان سازه خروجی به کالورت لوله‌ای محکم شده تا از نفوذ آب در امتداد محور لوله جلوگیری شود. ارتفاع دیوار آبگردان با نقطه تقاطع با شیب متناظر بوده و باید با آن هم‌تراز باشد. اصول مذکور در بخش ۳ـ۱ـ٤ـ۱ در اینجا نیز برای سازه خروجی صادق می‌باشند.

دیوارهای جناحی باید به موازات محور لوله‌ها قرار گیرند. این آرایش لوله‌ها موجب به حداقل رسیدن وزن دیوارها شده و تغییر در خصوصیات جریان نیز در خارج از محدوده روسازی راه اتفاق می‌افتد. در صورتی که هدف کاهش سرعت جریان بلافاصله پس از خروج از کالورت باشد می‌توان دیوارهای جناحی را با زاویه‌ای در حدود ٤٥ درجه تا ٦٠ درجه نسبت به محور لوله‌ها اجرا کرد. هدف از این کار کاهش توان فرسایشی جریان خروجی بوده و تنها در مواردی مجاز می‌باشد که خطر رسوب‌گذاری در ناحیه خروجی وجود نداشته باشد.

ارزانترین گزینه برای احداث کالورت‌های لوله‌ای قرار دادن آنها درون یک خاکریز بدون سازه خروجی و تنها استفاده از حفاظت ساده شیب می‌باشد. در کنار مقایسه هزینه‌ها برای گزینه‌های دارای سازه خروجی و بدون در نظر گرفتن این که ممکن است دارای طول‌های مختلفی نیز باشند، بایستی اطمینان حاصل شود که آخرین قطعه لوله به قطعه ماقبل آن دارای اتصال محکمی می‌باشد. در صورتی که از لوله‌های فولادی نوع ARMCO استفاده شود چنین مسأله‌ای مطرح نمی‌شود زیرا این لوله‌ها در طول‌های دلخواه قابل نصب هستند. گزینه استفاده از لوله‌های بتنی با اتصال لب به لب در مورد خاکریزهای تخت قابل قبول نمی‌باشد، زیرا آخرین اتصال توسط خاکریز محافظت نشده و لذا لوله آخر بدون محافظت کافی باقی می‌ماند.



شکل ۲۳ـ سازه‌های خروجی

ب- زمین پایین‌دست سازه خروجی باید در مقابل فرسایش محافظت شود.

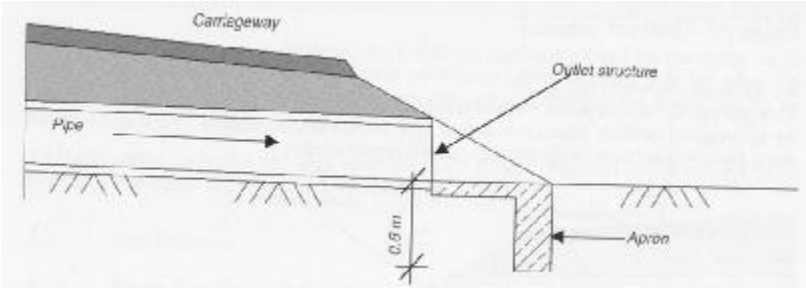
محل خروجی آب باید در مقابل فرسایش مقاوم بوده تا سازه زهکش و بالطبع روسازی مسیر در معرض خرابی‌های ناشی از این فرسایش قرار نگیرد.

روش‌های محافظتی در مقابل فرسایش بایستی تا فاصله‌ای از روسازی که خطر فرسایش در آینده وجود دارد، اعمال شوند. بسته به نوع خاک، شیب زمین، دبی و سرعت جریان، روش‌های حفاظتی مختلفی بکار گرفته می‌شود. در موارد خاص حتی ممکن است حفاظت شیب تپه تا نقطه‌ای که آب به یک جریان پایدار می‌رسد ضروری باشد.

روش‌های مناسب عبارتند از:

- دال بتنی کف بهمراه پاشنه:

رایج‌ترین روش مورد استفاده در طراحی سازه‌های خروجی بکارگیری دال بتنی به همراه پاشنه می‌باشد. پاشنه باید مسیر نشست آب در زیر کالورت را پوشش داده و نیز باید به اندازه کافی عمیق باشد تا از فرسایش خاک جلوگیری نماید. عموماً پاشنه به عمق ۶۰ سانتی‌متر مناسب می‌باشد. در صورتی که این عمق کافی نباشد بایستی از روشهای حفاظتی دیگر مانند بالشتک سنگی، سنگ‌چینی، پوشش گیاهی و یا غیره استفاده کرد.



شکل ۲۴ـ سازه خروجی بهمراه پاشنه

- سنگ‌چینی فاقد ملات (خشکه‌چینی):

یکی از روش‌های ارزان‌قیمت، سنگ‌چین(ریپ رپ) می‌باشد. در این روش سنگها و تخته‌سنگها توسط دست نصب می‌شوند. ابعاد مورد نیاز برای سنگها بستگی زیادی به سرعت جریان آب هنگام خروج از سازه خروجی خواهد داشت.

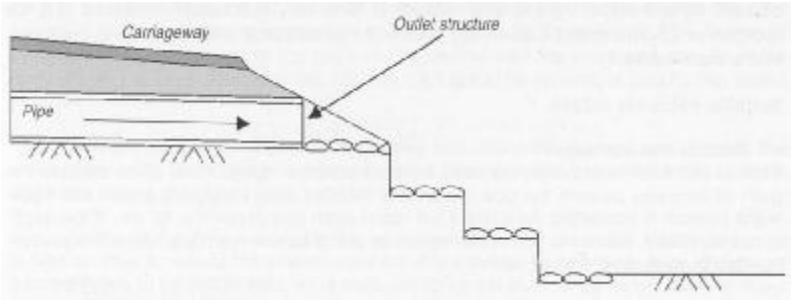
معمولاً ابعاد کمتر از ۱۵ سانتی‌متر توصیه نمی‌شود. پیش‌نیاز این روش آنست که مصالح شالوده سنگ‌چین در مقابل آب‌شستگی مقاوم باشند. دوام سنگ‌چین با مهار کردن سنگها در زمین با کمک میخ‌های چوبی افزایش مییابد.

- سنگ‌چینی با ملات:

در صورتی که خطر آب‌شستگی شالوده سنگ‌چین موجود باشد بایستی سنگها را بوسیله ملات سیمانی بهم متصل کرد. برای این روش باید از سنگهای کوچکتر و سبکتر استفاده کرد تا جریان آب قادر به از جا کندن آنها نباشد.

- شیب‌شکن‌های پلکانی:

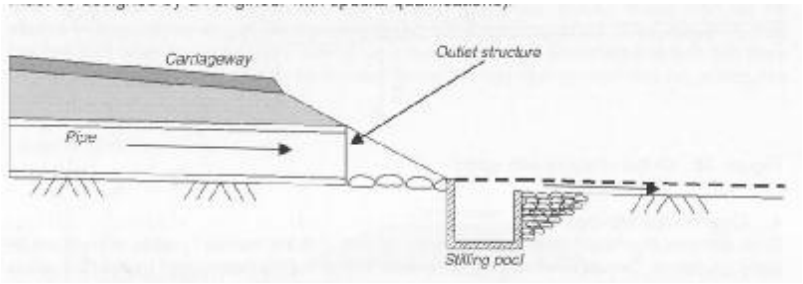
در این روش تعدادی شیب‌شکن به صورت طبیعی یا مصنوعی و با استفاده از مصالح مقاوم در برابر فرسایش احداث شده که موجب استهلاک انرژی جریان و کاهش سرعت آن در هنگام رسیدن به زمینهای مجاور می‌شوند.



شکل ۲۵ـ خروجی دارای شیب‌شکن‌های پلکانی

- سطح شیب دار بهمراه حوضچه آرامش:

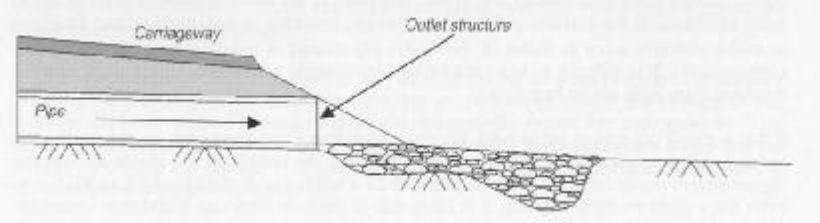
این روش جهت دور کردن سریع آب از مجاورت روسازی راه بواسطه تبدیل انرژی بکار گرفته می‌شود. (چنین سازه‌ای در معرض نیروهای جرمی قرار گرفته و قاعدتاً بایستی توسط مهندس کارآزموده‌ای طراحی گردد).



شکل ۲۶ـ خروجی دارای حوضچه آرامش

- گابیون(سبد سنگ):

در این روش امکان استفاده از سنگ‌های کوچکتر که درون تورهای سیمی قرار می‌گیرند برای مقابله با نیروهای بزرگ فراهم می‌باشد. در صورتی که سنگ در محل موجود باشد از این روش برای هر نوع زمینی می‌توان استفاده کرد. برای افزایش دوام، گابیونها باید برروی یک بستر سخت و زیر سطح قابل فرسایش زمین قرار گیرند. در صورتی که بستر شسته شود شکل گابیون تغییر کرده و خطر واژگونی دیوارها وجود خواهد داشت که به نوبه خود به خرابی ساختار روسازی و نیز سیستم زهکشی منجر می‌گردد.



شکل ۲۷ـ خروجی دارای گابیون

ج- از رسوب‌گذاری در پایین‌دست سازه خروجی باید با اعمال سرعت کافی به جریان جلوگیری شود. سازه خروجی باید به نحوی طراحی شود که رسوبات همراه جریان رواناب، همواره در نقاطی خارج از محدوده روسازی ته‌نشین شده و هیچ نوع رسوب‌گذاری درون لوله‌ها و حتی در طول‌های بلند به وقوع نپیوندد. بر همین اساس هر مانعی که جلوی جریان آزاد آب را بگیرد بایستی برداشته شود.

طراحی نادرست سازه زهکشی به رسوب‌گذاری در محدوده کالورت منجر شده که این امر افزایش هزینه‌های نگهداری را بهمراه خواهد داشت.

۳ـ۲ـ کالورت‌های جعبه‌ای

۳ـ۲ـ۱ـ کالورت‌های بتنی جعبه‌ای

۳ـ۲ـ۱ـ۱ـ مفاهیم عمومی طراحی

عموماً کالورت‌های جعبه‌ای از بتن ساخته می‌شوند. قالب‌بندی آنها آسان بوده و لذا از آنها می‌توان در همه کارگاه‌های ساختمانی که امکان دسترسی به وسایل نقلیه سنگین وجود ندارد استفاده کرد. مصالح مورد نیاز (شن، ماسه، سیمان، فولاد و تخته) را می‌توان در صورت لزوم با استفاده از حیوانات نیز حمل کرد، مگر آنکه نیاز به حمل مقادیر زیادی از این مصالح وجود داشته باشد.

به غیر از پلهای کوچک، کالورت‌های جعبه‌ای دارای یک دال کف بوده که از نظر استاتیکی توسط دیواره‌های جانبی و دال پوشش بهم متصل می‌شوند. این مزیت موجب سهولت ساخت خصوصاً در مواردی که حجم جریان آب زیاد است می‌گردد:

ـ آماده‌سازی بستر شالوده تسهیل می‌شود.
ـ قالب‌بندی آسان بوده و در اغلب موارد قالب‌ها چندین بار قابل استفاده می‌باشند.
ـ اغلب می‌توان کالورت‌ها را با استفاده از قطعات پیش‌ساخته اجرا کرد.
ـ اجرای کالورت‌های چندگانه نیز به سهولت انجام می‌شود.
ـ در صورت لزوم می‌توان مستقیماً وسایل نقلیه را از روی دال پوشش کالورت عبور داد (نیازی به رویه ندارد).
ـ به علت صاف بودن سطح کالورت پر کردن اطراف آن نسبت به کالورت‌های لوله‌ای ساده‌تر می‌باشد.
ـ دیوارهای جناحی در محلهای ورودی و خروجی آب به سهولت اجرا می‌شوند.

فشار زمین در نواحی شالوده و سقف کالورت به واسطه مهاربندی یکسان دیوارهای جناحی جذب می‌شود. در مناطق برون‌شهری، عرض داخلی کالورت‌های جعبه‌ای نباید از ۳ متر تجاوز کند. استفاده از عرضهای بزرگتر نیازمند سازه‌های خاص (مانند تیرهای مستطیلی و T شکل) برای تضمین ظرفیت باربری دال پوشش می‌باشد. در برخی موارد هنگام اجرای یک کالورت بایستی آنالیزهای سازه‌ای انجام شود زیرا نیروهای وارده به آن بسیار متغیر هستند (بسته به عرض کالورت، نوع خاک بستر، بار ترافیکی، پوشش و غیره).

کالورت‌های طویل (بلندتر از ۵ متر) بایستی توسط درزهایی به قطعات کوچکتر تقسیم‌بندی شوند زیرا در غیر این صورت بتن ترک می‌خورد. این درزها برای جلوگیری از نفوذ آب به داخل سازه راه باید آب‌بندی شوند. در صورتی که کالورت از بتن درجا ساخته شده باشد، سازه متصل آب‌بندی شده گزینه مناسبی به شمار می‌رود. اگر کالورت از قطعات پیش‌ساخته بتنی تشکیل شده باشد، آب‌بند نگه داشتن همه درزها کار مشکلی خواهد بود. در این موارد نگهداری منظم کالورت ضروری می‌باشد.

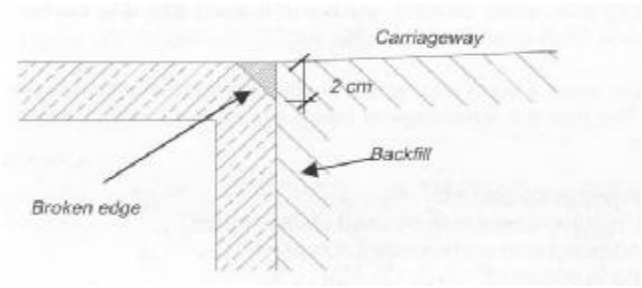
در صورتی که خاک بستر کالورت قابلیت نشست داشته باشد بایستی آنرا تثبیت نمود برای اینکار خاک محلی توسط خاکی با قابلیت تراکم، مانند مصالح پرکننده اطراف کالورت جایگزین می‌شود. عمق خاک جایگزین شده اغلب معادل ۲۵٪ عرض کالورت در نظر گرفته می‌شود ولی نباید از یک متر کمتر باشد. در مورد کالورت‌های چندگانه خیلی عریض توصیه می‌شود آزمایشات مکانیک خاک جهت تعیین اقتصادی‌ترین گزینه به عمل آید.

اگر چندین کالورت جعبه‌ای در کنار هم قرار گیرند دو گزینه محتمل می‌باشند:

۱ـ کالورت چندگانه دارای یک دال کف و یک دال پوشش کلی باشد. دیوارهای قائم جهت نگهداری دال پوشش بکار گرفته می‌شوند. در اینجا نیز عرض دهانه‌ها نباید از یک متر تجاوز کند.

۲ـ کالورت‌ها به صورت مجزا ساخته شده و در کنار هم قرار گیرند. دیوارها ممکن است بهم چسبیده و یا اینکه اندکی با هم فاصله داشته باشند. با مد نظر قراردادن پر کردن اطراف کالورت و کوبیدن آن، فاصله بین دیوارها باید معادل نصف عرض کالورت یا کل ارتفاع آن و یا حداقل یک متر باشد. شیب طولی بایستی با توپوگرافی زمین طبیعی هماهنگی داشته ولی نباید از ۰/۳٪ کمتر در نظر گرفته شود. از شیب‌های بزرگتر از ۱/۲٪ نیز باید پرهیز شود. جهت تسهیل نگهداری منظم کالورت، عرض و ارتفاع باید حداقل ۹۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

در صورت استفاده از کالورت‌های جعبه‌ای، وسایل نقلیه می‌توانند مستقیماً از روی آن عبور کنند. هنگامی که خاکریز و بستر راه دچار نشست می‌شوند در سطح سواره‌رو یک برآمدگی بوجود می‌آید. برای حل این مشکل لبه‌های بیرونی کالورت در سطح مسیر با زاویه ٤٥ درجه ساخته می‌شود.



شکل ۲۸ـ اجرای گوشه‌ها در کالورت‌های جعبه‌ای که تحت اثر مستقیم ترافیک قرار دارند.

۳ـ۲ـ۱ـ۲ـ اصول

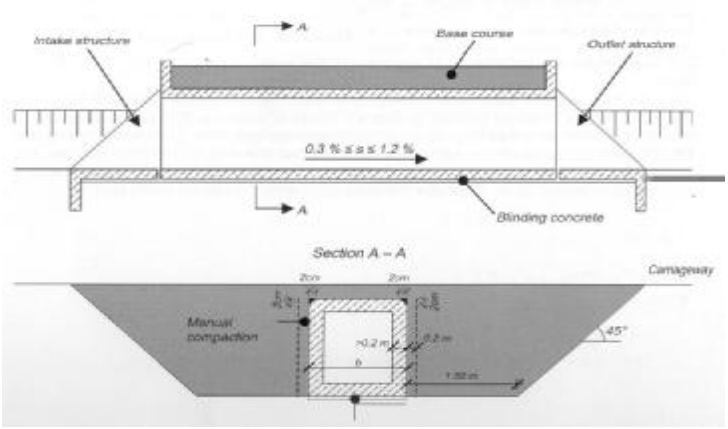
الف- کیفیت بتن و روش عمل‌آوری آن تأثیر بسزایی در دوام کالورت جعبه‌ای خواهند داشت. کالورت‌های جعبه‌ای از انواع لوله‌ای آن سخت‌تر هستند زیرا دارای سازه پیوسته می‌باشند. با این وجود بستر کالورت باید به خوبی متراکم شود زیرا دال کف کالورت روی آن قرار می‌گیرد. در غیر این‌صورت نشست موجب ترک خوردگی در کالورت شده و این امر اثرات سویی بر پایداری کالورت خواهد داشت.

یکی دیگر از پیش‌شرطهای لازم برای حصول عمر بهره‌برداری طولانی کالورت، استفاده از بتن با کیفیت مناسب می‌باشد. در این رابطه عدم تشکیل کلوخه‌های شن در بتن ضروری است. این پدیده در اثر اختلاط ناقص بتن بوجود می‌آید. پوشش بتنی آرماتورها باید به اندازه کافی موجود بوده و بتن ریخته شده به خوبی عمل‌آوری شود. توصیه‌های بیشتر راجع به ساخت و عمل‌آوری بتن در بخش ۸ـ۲ آورده شده است.

کالورت‌های بتنی معمولاً پوشانده نمی‌شوند. در موارد نادری که خاک یا آب خاصیت خورندگی داشته باشد قسمت‌هایی از کالورت که در تماس با خاک قرار دارد توسط لایه‌ای از قیر پوشش داده می‌شوند.

ب- مصالح پرکننده اطراف کالورت باید صاف و هموار شده تا از وقوع بارهای اضافی جلوگیری شود.

قواعدی مشابه آنچه در مورد کالورت‌های لوله‌ای ذکر شد در اینجا نیز صادق می‌باشد. پر کردن و تراکم باید به صورت همزمان در دو طرف کالورت انجام شده و باید بخوبی صاف شود. در صورتی که امکان پر کردن هم‌زمان دو طرف موجود نباشد، تفاوت عمق خاکریزی دو طرف نباید از یک متر بیشتر شود. هر گونه خاکبرداری آتی باید در دو طرف کالورت انجام گیرد. در این مورد نیز اگر امکان فوق فراهم نشود، اختلاف سطح خاکبرداری در دو طرف کالورت نباید از یک متر تجاوز کند.



شکل ۲۹ـ اجزای مرسوم در کالورت‌های جعبه‌ای

۳ـ۲ـ۲ـ سازه‌های ورودی و خروجی برای کالورت‌های جعبه‌ای

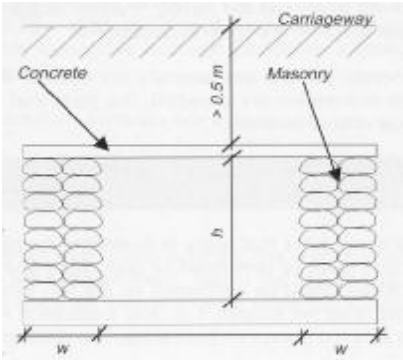
مفاهیم عمومی و اصول ارایه شده در بخشهای ۳ـ۱ـ٤ و ۳ـ۱ـ۵ برای سازه‌های ورودی و خروجی کالورت‌هـای لولـه‌ای عیناً در مورد کالورت‌های جعبه‌ای ساخته شده از بتن یا مصالح بنایی نیز صادق می‌باشند.

به علت دبی بیشتر جریان عبوری از کالورت‌های جعبه‌ای (اغلب دارای سرعت بیشتری نیز می‌باشد) حفاظت مورد نیـاز در مناطق ورودی و خروجی باید تشدید گردد.

۳ـ۲ـ۳ـ کالورت‌های بنایی

۳ـ۲ـ۳ـ۱ـ مقاطع عرضی مستطیلی

در صورت لزوم دیوارهای کناری کالورت‌های با مقطع مستطیلی را می‌توان با استفاده از مصالح بنایی اجرا کرد. آجرهای پخته‌شده و یا سنگهای برش‌خورده برای این مقصود بکار گرفته می‌شوند. دال کف را نیز می‌توان از قطعات سنگی اجـرا نمود. در این مورد کالورت تنها برای جریانهای با سرعت کم تا متوسط مناسب می‌باشد، زیرا خطر کنده شـدن سـنگها و ایجاد ناهماهنگی و زبری در سطوح وجود خواهد داشت.



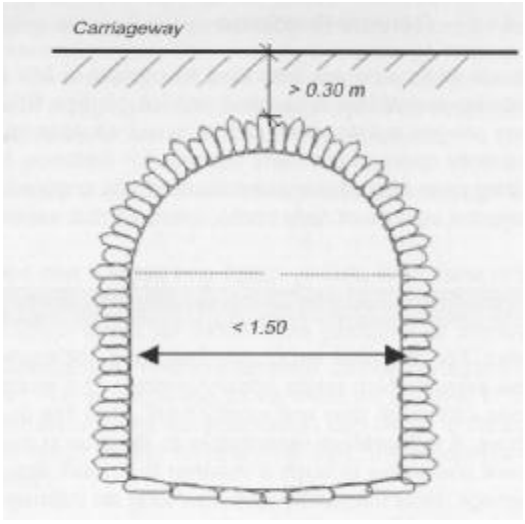
شکل ۳۰ـ کالورت‌های جعبه‌ای اجرا شده از مصالح بنایی

ضخامت مصالح بنایی مورد استفاده در دیوارهای جانبی به ملزومات استاتیکی بستگی داشته و با افزایش ارتفاع دیوار بر ضخامت آن افزوده می‌شود. در موارد ساده می‌توان نصف ارتفاع دیوار را به عنوان ضخامت در نظر گرفت. در مورد دیوارهای جانبی بلند بایستی از مقاومت کافی دیوار در برابر فشار جانبی خاک اطمینان حاصل شود. آجر به علت داشتن سطوح صاف امکان ساخت دیوارهای صاف را فراهم می‌سازد. آجرها نباید متخلخل یا جاذب آب باشند.

سنگهای مورد استفاده در ساخت دیوار نیز نباید متخلخل و یا در مقابل هوزادگی حساس باشند. دال پوشش برای کالورت‌های بنایی اغلب از بتن ساخته می‌شود. این دال ممکن است از بتن درجا و یا از قطعات پیش‌ساخته بتنی اجرا گردد. در دهانه‌های کوچک می‌توان اجزای پیش‌ساخته را بوسیله دست و بدون نیاز به ماشین نصب کرد. با توجه به آنکه دال پوشش اغلب اتصالی به دیوارها ندارد، توصیه می‌شود از حداقل ضخامت ۰/٦ متر برخوردار باشد.

۳ـ۲ـ۳ـ۲ـ کالورت‌های قوسی

کالورت‌ها را می‌توان به شکل قوس ساده به همراه دیوارهای جناحی احداث نمود. در این مورد کل بدنه کالورت را می‌توان از سنگهای طبیعی، آجر یا بتن اجرا کرد. تنها مشکل موجود در مورد این کالورت‌ها اجرای قوس می‌باشد. زیرا بایستی یک قوس کاملاً دایره‌ای تشکیل شود که قادر به پخش نیروها باشد. برای مقاصد عملی توصیه می‌شود قطر کمان و در نتیجه عرض کالورت به ۱/٦ متر محدود شود. اگر این قطر دبی جریان مورد نظر را تامین نکند، می‌توان از گروه کالورت‌های قوسی استفاده کرد. استفاده مکرر از قالب‌ها تنها هنگامی ممکن می‌باشد که تمام کالورت‌ها در مسیر دارای عرض یکسان باشند.



شکل ۳۱ـ کالورت جعبه‌ای به شکل کمانی

٤ـ کالورت‌های مستغرق

٤ـ١ـ مفاهیم عمومی

راهها و مسیرها جهت ایجاد ارتباط بین مراکز تولید و فروش و یا بین مناطق مسکونی و مراکز خرید برای تمام مدت سال بکار گرفته می‌شوند. البته این واقعیت که راهها برای تمام مدت سال مسیر ارتباطی را فراهم می‌کنند بدین معنا نیست که همیشه باز می‌باشند. بعنوان مثال در فصول بارانی ممکن است هنگام وقوع حداکثر جریان رواناب، برای مدتی راه بسته شود. هر قدر حجم ترافیک عبوری از مسیر کمتر باشد این اتفاق شایع‌تر خواهد بود.

در مورد راههای دسترسی کوچک برون‌شهری ثابت شده است که سازه‌های زهکشی بخش مهمی از هزینه‌های ساخت راه را تشکیل می‌دهند. با محدود کردن عرض تاج، امکان کاهش عملیات خاکی و بالطبع پایین آوردن هزینه‌های اجرا فراهم می‌شود ولی در مورد سازه‌های زهکشی، حتی اگر برای تمام سیلابهای محتمل طرح شوند، این امکان وجود ندارد. طراحی این سازه‌ها براساس جریان حداکثر، هر چند بسیار کوتاه‌مدت هستند، انجام می‌گیرد که موجب بالا رفتن هزینه‌ها می‌شود. با توجه به این موضوع معقول به نظر می‌رسد که سازه‌های کالورت برای راههای کوچک برون‌شهری به نحوی طراحی شوند که پیک جریان رواناب بدون وارد نمودن خسارت به راه از روی آن عبور کند. در مورد تواتر و زمان مجاز این توقف ترافیکی توسط مهندسین طراح تصمیم‌گیری می‌شود. مهمترین ضوابط در اخذ چنین تصمیماتی حجم واقعی یا پیش‌بینی شده ترافیک و زمان مجاز برای توقف استفاده‌کنندگان از راه می‌باشد. در مورد راههای برون‌شهری کم‌ترافیک زمان مجاز توقف نسبت به راههای اصلی بیشتر می‌باشد. البته در مورد راههای اصلی نیز در صورتی که توقف از یک ساعت تجاوز نکند ممکن است عبور آب از روی راه مجاز شمرده شود.

کالورت‌ها و پلهای شناور ارزش خود را در بسیاری از کشورها ثابت کرده‌اند. در این سازه‌ها جریان معمول نهر یا رودخانه کوچک از درون حفره سازه عبور کرده و جریانهای پیک بدون بستن مجاری از روی سطح جاده هدایت می‌شوند. بسته به عمق آب عبوری از روی جاده، ترافیک ممکن است برای مدت کوتاه یا مدت زمان زیادی متوقف گردد.

این کالورت‌ها در اشکال لوله، جعبه یا کمانی ساخته می‌شوند. برای عبور جریانهای کوچک در خاکبرداریهای عمیق از کالورت های منفرد و برای هدایت جریانهای حجیم از گروه کالورت‌های مجاور هم استفاده می‌شود. فاصله بین کالورت‌ها به میزان دبی عبوری وعرض جریان یا طول سازه در امتداد محور جاده بستگی دارد. برای جلوگیری از خرابی سواره‌رو در اثر عبور جریان، بایستی در محلهای مناسب اقدام به حفاظت سطحی نمود که این کار اغلب بوسیله رویه بتنی انجام می‌پذیرد.

کالورت‌های مستغرق همواره باید به صورت مستقیم، در امتداد جریان و عمود بر امتداد مسیر اجرا شوند. علت آنست که اولاً کوتاهترین تقاطع با جاده بوجود آمده و ثانیاً در هنگام سیلاب رانندگان راحت‌تر محدوده سواره‌رو را تشخیص می‌دهند. معمولاً امکان ارایه تمهیداتی که ترافیک را در ناحیه سیلابی هدایت کند وجود ندارد، زیرا این علایم زیر رسوبات حمل شده توسط جریان مدفون می‌شوند.

٤ـ۲ـ اصول

اصول ذیل منعکس‌کننده تجربیات جمع‌آوری شده در مورد کالورت‌های شناور می‌باشند. در صورتی که این اصول در هنگام طراحی سازه‌ها بکار گرفته شوند، عملکرد مؤثر سازه احداث شده به نحو محسوسی بهبود می‌یابد. اشتباهات قابل اجتناب معمولاً موجب خرابی کالورت شده و در بدترین حالات به خرابی کل سازه راه منجر می‌شوند. این امر به وقوع توقف‌های طولانی ترافیکی می انجامد که ممکن است پیامدهای اقتصادی و اجتماعی خطرناکی برای استفاده‌کنندگان داشته باشد، زیرا اغلب گزینه دیگری برای استفاده آنها وجود ندارد.

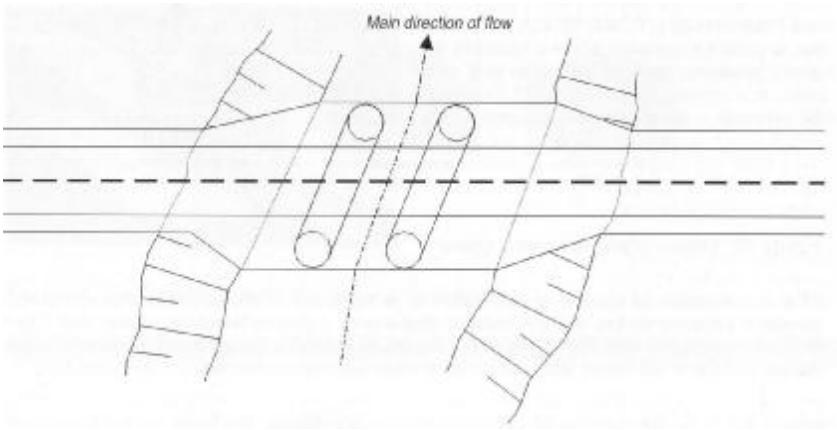
الف- عرض داخلی نباید از ۰/۹ متر کمتر باشد.

حتی هنگامی که جریان عادی است مقدار رسوبات حمل شده توسط جریانها در مناطق برون‌شهری نباید بی‌اهمیت در نظر گرفته شود. این رسوبات اغلب شامل ریشه و شاخه‌های کوچک درختان می‌باشد که به راحتی موجب بسته شدن کالورت و سرریز کردن آن می‌شوند. در صورت در نظر گرفتن عرض حداقل ۰/۹ متر خطر بسته شدن کالورت کاهش پیدا می‌کند. هنگام جریان‌های بحرانی رسوبات از داخل کالورت شسته شده و خطر بسته شدن مرتفع می‌شود.

همچنین در خلال جریانهای پیک احتمال بسته شدن کالورت توسط سنگهایی که توسط فشار آب حمل شده‌اند نیز وجود دارد. تجربیات نشان می‌دهند که در اغلب موارد با رعایت این حداقل عرض سنگها از درون کالورت عبور کرده و خطری نخواهند داشت.

ب- کالورت باید در امتداد جریان احداث شود.

کالورت‌ها همیشه با جریان آب تداخل دارند. با قراردادن کالورت در امتداد جریان می‌توان از این تداخل کاست. شیب لوله‌ها باید با سرعت جریان مطابقت داشته باشد به نحوی که از فرسایش و نیز رسوب‌گذاری درون لوله‌ها جلوگیری شود. به علت آنکه دیواره‌های لوله از زبری کمتری نسبت به بستر رودخانه برخوردار می‌باشند شیب لوله باید اندکی از شیب بستر کمتر باشد.



شکل ۳۲ـ قرارگیری کالورت‌ها در امتداد جریان

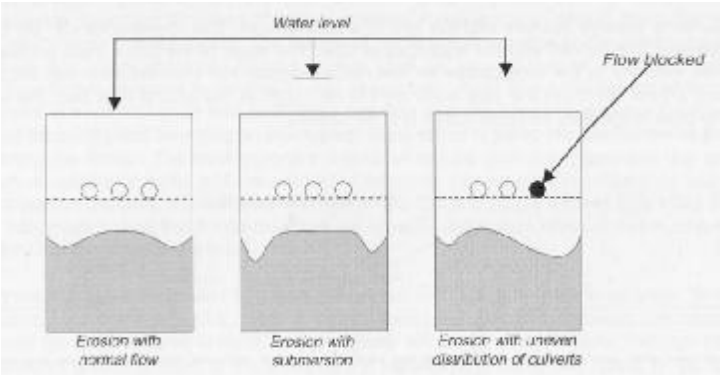
ج- سازه‌ها به صورت تخت ساخته شوند.

کالورت‌های مستغرق هنگامی که دبی جریان بالا است به صورت سدهای کوچکی عمل می‌کنند. برای کاستن از این اثر مخرب باید تا حد امکان شیب عرضی جاده را در محل تقاطع کاهش دهیم. از طرف دیگر شیب کالورت‌ها نباید آنقدر کم شود که حداقل عرض کالورت تامین نشده و خطر بسته شدن آن بوجود آید. به علت آنکه نمی‌توان از منظم بودن فعالیت‌های نگهداری مطمئن بود امکان عدم حصول عملکرد صحیح کالورت موجود می‌باشد.

در صورتی که به علت قرار داشتن جریان در ترانشه عمیق امکان کاهش شیب موجود نباشد، بایستی از سازه‌های بلندتری استفاده نمود. در این مورد سازه باید به نحوی طراحی شود که امکان واژگونی آن وجود نداشته و به عبارت دیگر نیازمند شالوده‌ای عمیق و استوار می‌باشد.

د- کالورت‌ها باید در تمام عرض آبراهه توزیع شوند.

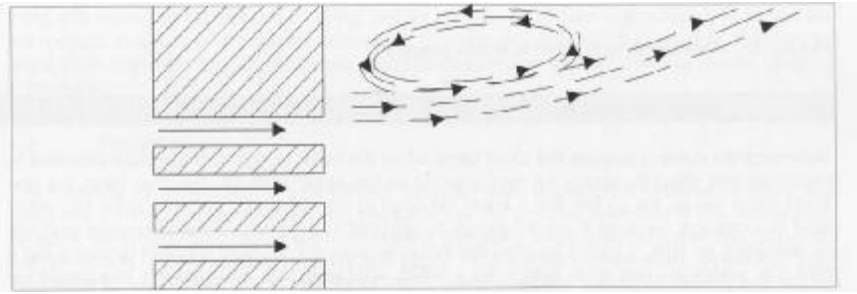
اگر عمق جریان عبوری کم باشد نحوه توزیع کالورت‌ها اهمیتی نخواهد داشت. توزیع کالورت‌ها با سرریز شدن آب از روی سازه اهمیت بیشتری پیدا می‌کند در این‌صورت فشار آب درون کالورت به صورت یک بالشتک عمل می‌کند که مانع آب‌شستگی پایین‌دست می‌شود. در صورتی که برای جریانهای معمولی نیازی به این روش وجود نداشته باشد، پیشنهاد می‌گردد چندین کالورت در عرض جریان توزیع شوند. دیاگرامهای ذیل فرسایش در اثر ناهمگونی در توزیع کالورت‌ها را نمایش می‌دهند. کالورت‌های بسته شده نیز اثر مشابهی دارند.



شکل ۳۳ـ فرسایش هنگامی که جریان ناهموار است

تمرکز کالورت‌ها در مرکز یا حاشیه‌های سازه نیز اثرات سویی بر روش تخلیه آب خواهد داشت. این امر موجب وقوع گردابهای افقی (شکل ۳٤) شده که آب‌شستگی در مقاطع خارج از کالورت را افزایش داده و در بدترین حالت موجب تخریب خاکریزها می‌شود. فرسایش معکوس نیز می‌تواند تخریب رمپ دسترسی را به همراه داشته باشد.

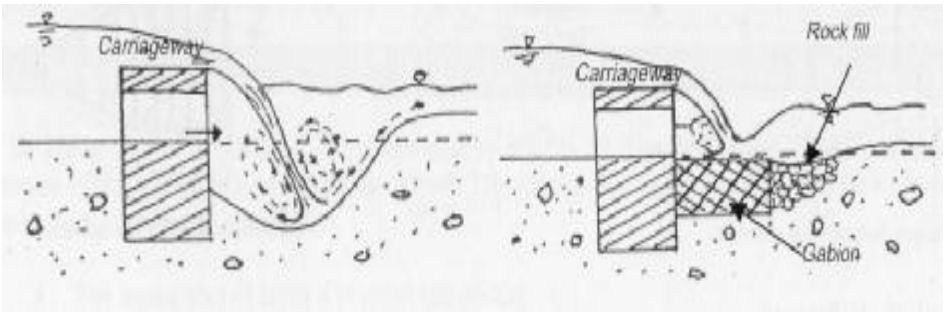
اگر توپوگرافی زمین اجازه دهد شکل خروجی پایین‌دست باید ذوزنقه‌ای باشد. این امر از وقوع گرداب جلوگیری می‌کند.



شکل ۳٤ـ تمرکز کالورت‌ها در حاشیه جریان

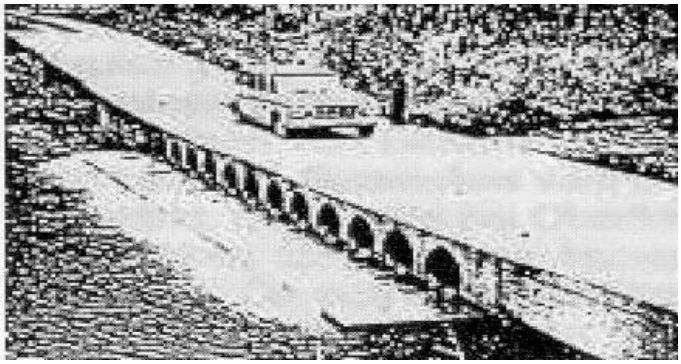
هـ – محافظت در برابر فرسایش پایین‌دست بعمل آید.

به محض آنکه سطح آب روی سازه به مقدار بحرانی آن (حدود ۲۰ سانتی‌متر) رسید، سفره آب حاصله به پایین می‌ریزد. دو گرداب در امتداد مخالف تشکیل شده و در صورتی کـه هـیچ محـافظتی موجـود نباشـد هـر دو مـی‌تواننـد موجـب آب‌شستگی شوند.



شکل ۳٦ـ با محافظت در مقابل آب‌شستگی **شکل۳۵ـ بدون محافظت در برابر آب‌شستگی**

محافظت از آب‌شستگی پایین‌دست بوسیله دال بتنی و یا گابیون انجام می‌پذیرد. برای محافظت بیشـتر توصـیه مـی‌شـود گابیون با استفاده از سنگهایی با ابعاد بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر پر شود.

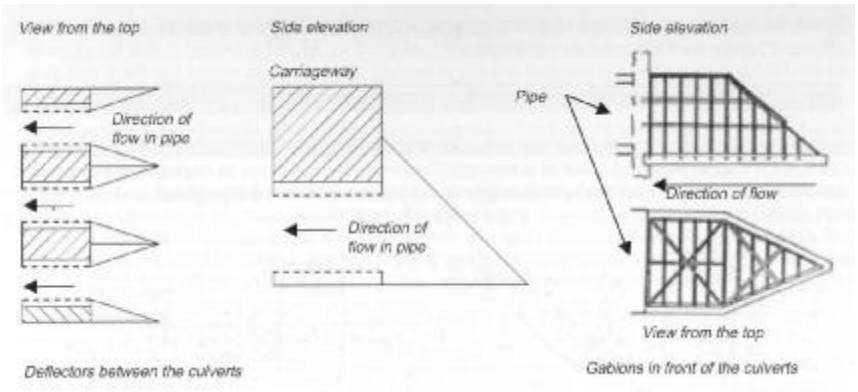


شکل ۳۷ـ سازه دارای دال بتنی محافظت شده در مقابل آب‌شستگی

و- بین کالورت‌ها هدایت‌کننده تعبیه شود.

هنگام بارشهای سنگین سطح آب به صورت مداوم بالا می‌آید. متناسب با افزایش حجم آب مقادیر زیادی شاخ و برگ و ریشه درختان نیز از سایر نقاط بهمراه آب حمل می‌شوند که در حالت عادی توسط جریان قابل حمل نمی‌باشند. در مورد جریانهای با سرعت متوسط، آب درون کالورت تا جایی که ظرفیت کالورت پر نشده جریان پیدا کرده و پس از آن کالورت سرریز می‌کند. جریان درون کالورت خطر گرفتگی بواسطه شاخه‌ها و ریشه‌های معلق گیاهان را به همراه دارد. گرفتگی کالورت موجب می‌شود که اثر بالشتکی جریان درون کالورت (اصل د)خنثی شده و آب‌شستگی زیادی در پایین‌دست به وقوع پیوندد.

برای جلوگیری از بسته شدن کالورت، تعبیه تمهیدات حفاظتی بین کالورت‌ها و یا تعبیه گابیون‌های حفاظتی در جلوی آنها برای هدایت آب ضروری می‌باشد. ارجحیت هر یک از دو روش مذکور به پوشش گیاهی بالادست بستگی دارد. در صورتی که شاخه‌های بزرگ و یا درخت‌های کامل توسط آب حمل شوند، توصیه می‌شود از گابیونهای بزرگ که جلوی ورود این قطعات را قبل از سرریز شدن کالورت می‌گیرد، استفاده شود. هنگام شروع سیلاب این گابیونها نخاله‌ها را از روی سازه کالورت هدایت می‌کنند. می‌توان گابیونها را به صورت منفرد در جلوی هر کالورت تعبیه نموده و یا اینکه آنها را در امتداد طول کل سازه پخش کرد.



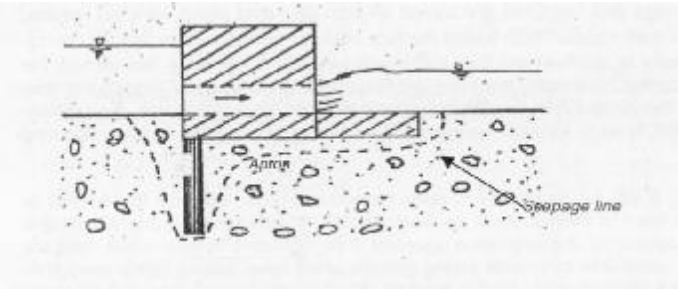
شکل ۳۸ ـ هدایت‌کننده‌ها

ز- در برابر نفوذ آب حفاظت بعمل آید.

اکثر رودخانه‌ها و نهرهای دارای تغییرات فصلی در حجم جریان، دارای بسترهایی از جنس قلوه‌سنگ یا مصالح بسیار نفوذپذیر می‌باشند. نفوذ آب موجب آب‌شستگی زیر سازه‌های دارای شالوده سطحی شده و آنها را به وضعیتی مشابه کالورت‌های مستغرق دچار می‌سازد. عبور آب از روی سازه میزان فشار آب و نیز سرعت نشست آب را افزایش می‌دهد. همانند آب سطحی، نیروی حمل‌کنندگی آب با افزایش سرعت آن افزایش یافته و لذا ذرات بزرگتری را در محل شالوده خواهد شست. از آنجایی که حفره‌های بوجود آمده در اثر این آب‌شستگی توسط ذرات قلوه‌سنگ پر

می‌شوند، امکان نشست سازه محتمل می‌باشد. در صورتی که اقدامات مؤثری در جلوگیری از آب‌شستگی شالوده صورت نگیرد، احتمال واژگونی کامل سازه بسیار زیاد خواهد بود.

برای جلوگیری از پدیده فوق بایستی خط نفوذ آب از زیر سازه طولانی‌تر شده تا سرعت جریان کاهش یابد. برای این کار می‌توان در یک سمت سازه اقدام به ساخت کف‌بند نمود. در موارد استثنایی می‌توان در بالادست نیز مشابه پایین‌دست از این کف‌بند استفاده کرد. این کف‌بندها به صورت سپرکوبی، پرده‌های تزریقی و یا دیوارهای بتنی ساده اجرا می‌شوند. در مورد جریانهایی که در فصول خشک کم آب هستند استفاده از دیوار بتنی ارجحیت دارد زیرا در این فصول می‌توان محل ساخت دیوار را با پمپاژ خشک کرد.



شکل ۳۹ـ افزایش طول خطوط نفوذ آب با اجرای کف‌بند

ح- کالورت‌های مستغرق نباید در محل انحنای رودخانه‌ها احداث شوند.

در محل انحنای رودخانه‌ها ضربه جریان آب به ساحل وارد شده و فرسایش کرانه را بهمراه دارد. هر دو کرانه رودخانه بر همین اساس ناپایدار بوده و سازه‌های احداث شده در این نقاط در معرض نیروهای بزرگتری می‌باشند. تنها سازه‌های بزرگ که با هزینه زیادی محافظت شده‌اند می‌توانند چنین نیروهایی را تحمل کنند ولی معمولاً امکان حذف این نیروها وجود ندارد. به همین دلیل توصیه شده است که گذرگاهها در قسمتهای صاف و مستقیم جریان احداث شوند. هزینه انتقال مقطع راه معمولاً نسبت به مجموع هزینه‌های ساخت و نگهداری آن در طول عمر بهره‌برداری تحت شرایط فوق کمتر خواهد بود.

ط- خط جریان بهینه بایستی انتخاب شود.

قرار گرفتن یک کالورت در جریان اغلب موجب تغییر رفتار جریان می‌شود. گوشه‌ها و لبه‌های تیز، آشفتگی و کاهش سرعت جریان را به همراه دارد. طراحی سازه باید به نحوی انجام گیرد که این آشفتگی‌ها به حداقل برسد:

- ورودی باید به شکل شیپوری طراحی شود:

معمولاً لوله‌های استفاده شده در تمام طول کالورت از قطر یکسانی برخوردار می‌باشند. توصیه می‌شود اولین لوله با یک قیف ساخته شده از مصالح بنایی جایگزین شود. استفاده از یک لوله با قطر بیشتر مجاز نمی‌باشد زیرا تغییر سریع مقطع جریان موجب آشفتگی در جریان می‌شود.

- لبه قسمت بالادست سازه باید به صورت گرد اجرا شود:

لبه قسمت بالادست سازه نیز آشفتگی جریان را به همراه دارد. در صورتی که این لبه گرد شود، لایه آب به آرامی به روی سطح سازه جاری شده و هیچ نوع آشفتگی در جریان ظاهر نخواهد شد.

- شیب عرضی سواره‌رو در پایین‌دست:

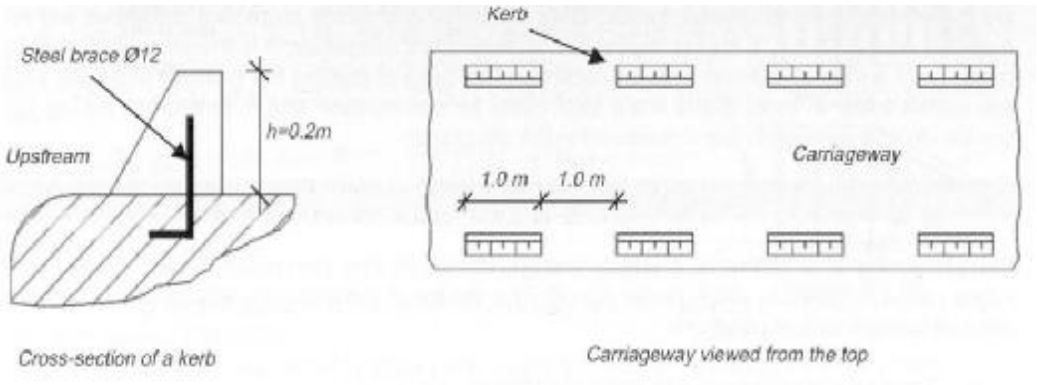
ایجاد شیب عرضی یک طرفه در سواره‌رو، عبور رواناب از روی سازه را با سهولت بیشتری امکان‌پذیر می‌سازد. وجود خیز در محور جاده موجب آشفتگی جریان بر روی سواره‌رو و تخریب سطح سازه می‌شود. برای ایجاد امکان خشک شدن سریع سواره‌رو پس از توقف بارندگی بایستی از حداقل شیب ۰/۵٪ و حداکثر شیب ۱/۵٪ در سواره‌رو پایین‌دست کالورت استفاده نمود.

ی- ترافیک باید به نحو صحیح هدایت شود.

رانندگان باید قبل از رسیدن به جریانهایی که از روی سطح جاده عبور می‌کنند از محل عبور جریان آگاه شوند. اهمیت این موضوع به ویژه هنگامی که آثار آب گرفتگی در سطح سواره‌رو قبل از رسیدن به محل کاملاً مشخص نیست، بیشتر می‌شود. در صورت کاهش عرض سواره‌رو موجود نیز بایستی علایم آگاهی‌دهنده مناسبی تعبیه شود. همچنین اگر تنها یک خط عبور موجود باشد، بایستی در مجاورت مسیر از توقفگاه موقت جهت توقف وسایل نقلیه استفاده شود.

بایستی حداقل در ابتدا و انتهای تقاطع برای آگاهی رانندگان از محل آبگذر از تابلوهای ترسیمی استفاده شود که در آنها محل شروع، عرض سواره‌رو و عمق جریان آب بر روی سازه در هنگام سیلاب نمایش داده شده باشد. برای افزایش تأثیر این تابلوها بایستی در آنها از رنگهایی استفاده شود که به راحتی توسط رانندگان قابل تشخیص باشند. استفاده از تابلوهایی که درون جریان قرار می‌گیرند توصیه نمی‌شود زیرا اغلب در اولین سیلاب درون رسوبات مدفون می‌شوند.

در صورتی که جریان اندک باشد می‌توان از جدولهای بتنی برای هدایت رانندگان استفاده کرد. این جداول بویژه در شب کمک شایانی به رانندگان می‌کنند. برای ایجاد امکان حرکت آب بایستی تعدادی فاصله آزاد بین جداول تعبیه شود. بعلاوه استفاده از پخ در لبه جدول مفید می‌باشد زیرا رسوب‌گذاری کمتری را باعث می‌گردد.



شکل ٤٠ ـ طراحی و چیدمان جدولها

ک- از نگهداری منظم سازه‌ها اطمینان حاصل شود.

تنها کالورت‌هایی که به صورت منظم مورد بازرسی قرار گیرند می‌توانند کارایی مناسبی از خود نمایش دهند. پس از وقوع سیلاب بایستی از شسته شدن و رفع کامل رسوبات اطمینان حاصل شود. قلوه‌سنگهایی که در بالادست سازه جمع شده‌اند بایستی به پایین‌دست آن منتقل شوند تا محافظت مناسبی از پایین‌دست در مقابل آب‌شستگی بوجود آورند. در صورتی که در اطراف کالورت پوشش گیاهی مناسبی موجود نباشد، معمولاً آب‌شستگی در طرفین کالورت محتمل بوده و لذا رمپهای دسترسی در خطر می‌باشند. شیارهای بوجود آمده در رمپها بایستی پر شده و سطح سواره‌رو از مصالح مناسب رویه‌سازی گردد.

۵ـ آب‌نماها

۵ـ۱ـ مفاهیم عمومی

استفاده از آب‌نماها قدیمی‌ترین روش استفاده شده توسط انسان جهت تقاطع جریان با امتداد جاده به شمار می‌رود. با توسعه تکنیک‌های پل‌سازی این روش به دست فراموشی سپرده شد. با این وجود حتی امروزه نیز در برخی موارد اجرای این آبگذرها اقتصادی می‌باشد، به ویژه هنگامی که جریانی با دبی کم و عرض زیاد با جاده تقاطع دارد.

یک آب‌نما قطعه‌ای پوشش یافته از مسیر بوده که جریان آب در آن ناحیه از روی سطح جاده عبور می‌کند. قطعه‌ای از جاده که آب از روی آن می‌گذرد دارای تراز پایین‌تری نسبت به قطعات مجاور می‌باشد. میزان اختلاف تراز بین قطعه آب‌نما و قطعات مجاور به حجم آب پیش‌بینی شده بستگی خواهد داشت.

در موارد ذیل استفاده از آب‌نماها مفید تشخیص داده شده است:

- هنگامی که حجم تردد پایین بوده و توقف‌های کوتاه در ترافیک مجاز شمرده شود.
- در مناطق هموار و دشتها، سطح بستر رودخانه نباید به قدری پایین باشد که نیاز به عملیات خاکی زیادی قبل از اجرای رمپهای دسترسی وجود داشته باشد.
- در مواردی که رودخانه‌های کوچک مقادیر زیادی از رسوبات و قلوه‌سنگ را حمل کرده و امکان بسته شدن کالورت‌های لوله‌ای یا تخریب پلهای کوچک در فصول بارش وجود دارد.

۵ـ۲ـ اصول

هر چند که آب‌نماها سازه‌های کوچکی هستند ولی برخی اشتباهات رایج در ساخت آنها ممکن است به کاهش کارایی آب‌نما و یا تخریب کلی آن منجر گردد. اصول ذیل یک جمع‌بندی از تجربیاتی که باید در طراحی و اجرای این سازه‌ها بکار گرفته شود ارایه می‌دهد:

الف- طول آب‌نما باید با عرض جریان عبوری متناسب باشد (فصول بارانی باید مد نظر قرار گیرند). یکی از اشتباهات بسیار شایع آنست که جهت صرفه‌جویی اقتصادی، آب‌نما تنها در عمیق‌ترین نقطه فرش شده و در نقاط مجاور فاقد رویه رها می‌شود. هنگامی که سطح آب بالا می‌آید جریان موجب فرسایش مقطع بدون رویه می‌گردد. در بهترین حالت خرابی تنها متوجه آب‌نما می‌شود ولی در اکثر موارد آب‌شستگی از لبه‌ها شروع شده و قطعات رویه بتدریج از محل خود کنده می‌شوند.

استفاده از تمام عرض جریان، سطح آب بر روی آب‌نما را پایین آورده و توقف ترافیک در محل آب‌نما در مواقع سیلابی را کاهش می‌دهد. به دلیلی مشابه آب‌نما باید به صورت افقی و در امتداد طولی جریان احداث شود. تردد وسایل نقلیه تا هنگامی که عمق آب روی آب‌نما به ۳۰ سانتی‌متر نرسیده باشد انجام می‌گیرد. کامیونها و اتومبیل‌های چهارچرخ متحرک حتی در اعماق بیشتر نیز به راحتی تردد می‌کنند.

ب- شیب عرضی یکطرفه باید در محدوده ۰/۵ ٪ تا ۱/۵ ٪ قرار گیرد.

بهتر است که آب‌نما با شیب بستر جریان مطابقت داشته باشد زیرا در این‌صورت خطر رسوب‌گذاری روی سطح آب‌نما (در هنگام پایین آمدن سطح آب) و نیز آب‌شستگی (در هنگام سیلاب) کاهش می‌یابد.

در صورتی که اختلاف شیب بین آب‌نما و سطح رودخانه زیاد باشد شکستهای کوچکی در لبه‌های پایین‌دست به وجود می‌آید. در این نقاط بستر رودخانه بایستی بوسیله سنگ‌چینی، گابیون و یا قطعات سنگ مدفون در ملات سیمان محافظت شود.

ج- همانند کالورت‌های مستغرق، امتداد آب‌نما نیز بایستی مستقیم باشد و از ایجاد انحناء در آن باید پرهیز کرد. در صورتی که آب‌نما کاملاً در آب فرو رود، رانندگان قادر به تشخیص جهت آن نبوده و در محل انحناها اغلب تصادف پیش می‌آید.

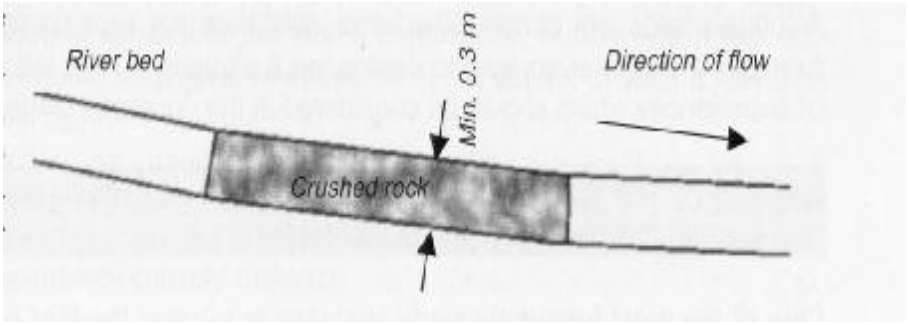
د- ترافیک باید به گونه‌ای ایمن هدایت شود.

هر آنچه در این مورد راجع به کالورت‌های مستغرق گفته شد در مورد آب‌نماها نیز صادق می‌باشد. علایم ترافیکی بایستی در زمان مناسب به رویت راننده رسیده و وی را از محل آب‌نما آگاه سازد. همچنین این علایم بایستی توسط موتورسواران نیز بخوبی قابل رویت باشند.

علایم ترسیمی در ابتدا و انتهای آب‌نما باید سطح آب را نیز مشخص کنند برای این کار باید از علایم کاملاً قابل رویت بر روی تابلوها استفاده کرد. استفاده از جدول مشابه آنچه در مورد کالورت‌های مستغرق گفته شد در مورد آب‌نماها چندان رایج نمی‌باشد زیرا خطر رسوب‌گرفتگی پشت جداول حتی با سطح آب متوسط نیز وجود دارد.

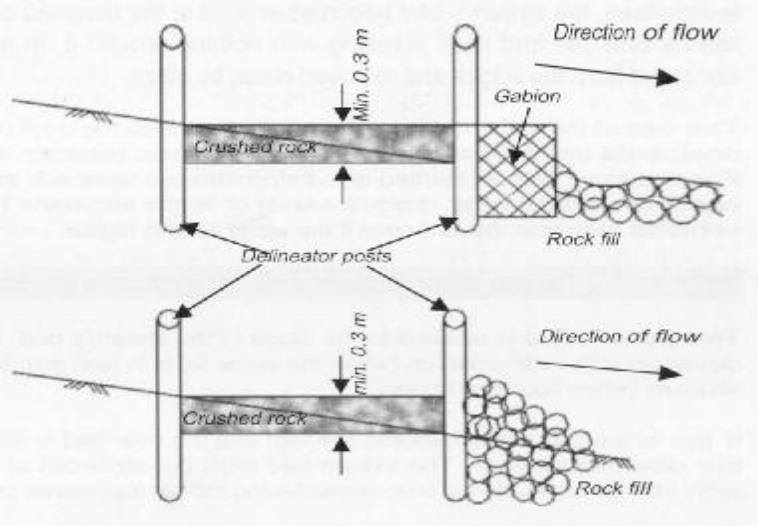
هـ - مثالها

مثالهایی از سازه‌های آب‌نما در اشکال ذیل نمایش داده شده‌اند. انتخاب آب‌نمای مناسب به توپوگرافی، مصالح موجود در محل، فرضیات مربوط به بارهای ترافیکی و مقدار پیش‌بینی شده برای سطح نهایی آب بستگی دارد.

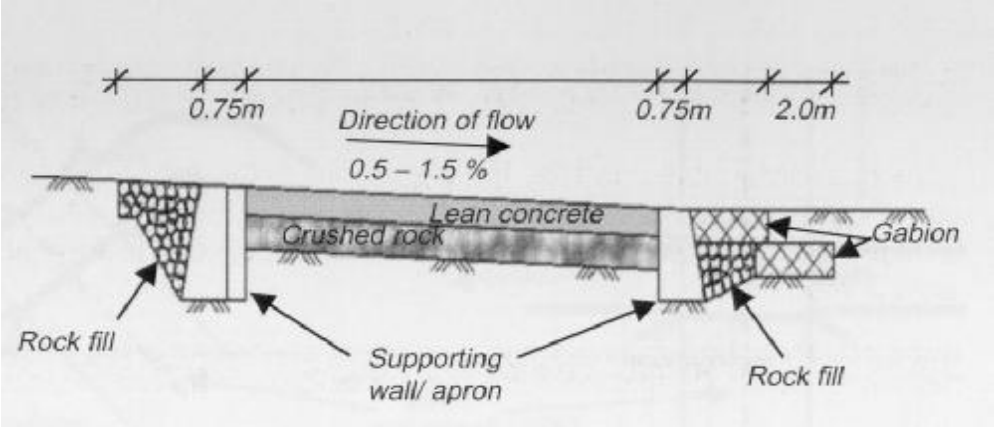


شکل ۴۱ـ مثالهایی از طراحی آب‌نما (مقطع عرضی)

پوشش سواره رو با سنگهای شکسته تنها هنگامی که زمین سخت و حجم ترافیک پایین باشد مجاز خواهد بود. سنگها باید به اندازه‌ای بزرگ باشند که توسط سیلاب بحرانی شسته نشوند (این گزینه تنها در صورت پایین بودن سرعت جریان مجاز می‌باشد).



پوشش سواره‌رو با استفاده از سنگهای شکسته و نیز محافظت از پایین‌دست.



پوشش سواره‌رو با استفاده از بتن هنگامی که زمین سخت نیست. در صورت نیاز از بتن مسلح استفاده می‌شود.

٦ـ پلهای کوچک

٦ـ١ـ مفاهیم عمومی

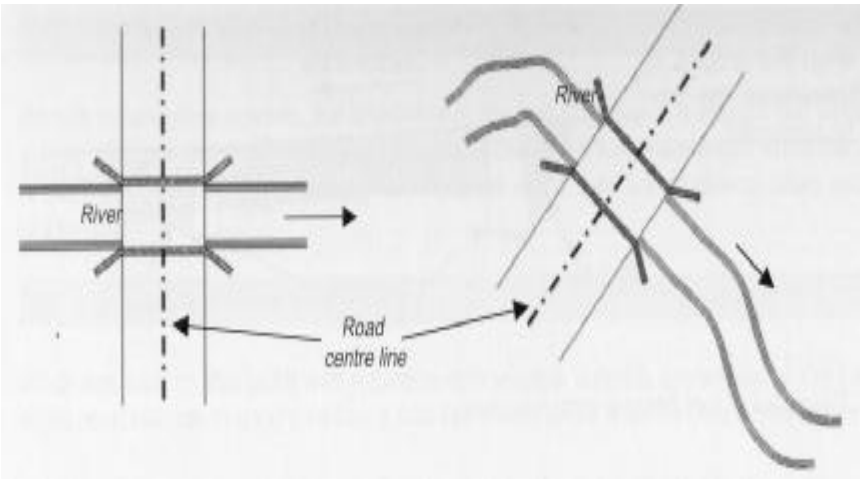
در این دستورالعمل تشریح جزییات ساخت و نگهداری پلهای کوچک مد نظر نیست، زیرا کتب مختلفی تا کنون در این ارتباط منتشر شده است.

پلها از نظر استاتیکی با کالورت‌های جعبه‌ای متفاوت هستند؛ کالورت‌های جعبه‌ای از قابهای بتنی تشکیل شده‌اند در حالی که کوله های پل و عرشه آن بوسیله دیوارهای صلب به هم متصل می‌شوند. پلها از دو دیوار نگهدارنده (کوله) تشکیل می شوند که بر روی آن یک دال یا تیر T شکل قرار می‌گیرد. بسته به ارتفاع دیواره نگهدارنده (کوله) بار مؤثر شامل فشار محرک زمین (کوله‌های بلند) و یا بار قائم ناشی از ترافیک و وزن عرشه می‌باشد. این خصوصیات به خوبی نشان می‌دهند که برای ساخت پلها نیاز به طراحی پیشرفته‌ای می‌باشد. گام‌های طراحی به صورت کامل در کتب مربوطه توصیف شده و لذا نیازی به تکرار آنها در اینجا نمی‌باشد. در این قسمت تنها به برخی جنبه‌های اساسی که باید در طراحی و ساخت پلهای کوچک مد نظر قرار گیرد، اشاره شده است.

٦ـ ٢ـ اصول

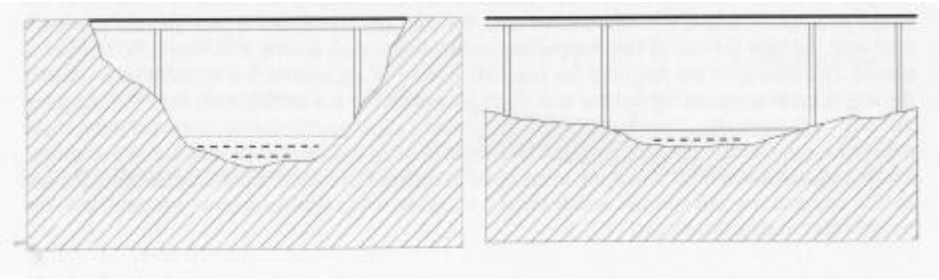
الف- پل نباید شرایط هیدرولیکی جریان آب را تغییر دهد.

محل ساخت پل معمولاً با استفاده از امتداد جاده مشخص می‌شود. به همین علت دراغلب موارد امکان تغییر محل تقاطع جاده و آبراهه فراهم نمی‌باشد. البته توصیه می‌شود راه از محلی که آبراهه دارای بستر هموار است عبور کند. بستر ناهموار رودخانه در معرض فرسایش قرار داشته و لذا نیاز به روش‌های محافظت پرهزینه‌ای در مقابل فرسایش پیرامون پل خواهد داشت. نکته دیگر آنکه پل بایستی به صورت زاویه قائمه از آبراهه عبور کرده و مورب نباشد.



شکل ٤٢ ـ عبور پل از رودخانه

ب- خاکریزهای مرتفع نسبت به خاکریزهای تخت و کم ارتفاع برای عبور مناسبتر هستند. اجـرای پلهـا بسـیار پرخـرج بوده و لذا طول آنها بایستی به حداقل مقدار مجاز شمرده شده توسط شـرایط هیـدرولیکی کـاهش یابـد. ایـن هـدف بـا استفاده از مکانهایی که دره محل عبور رودخانه عمیق است حاصل می‌شود. در صورتی که بسـتر رودخانـه تخـت باشـد خطر تغییر مسیر جریان هنگام سیلاب وجود دارد که عملکرد پل را با اشکال مواجه می‌سازد.

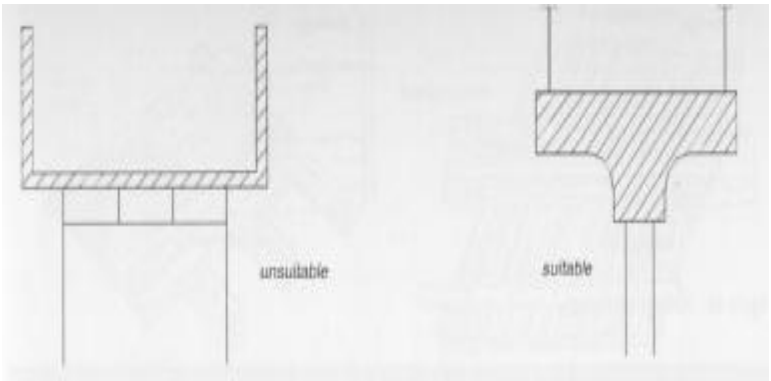


شکل ٤٣ـ محل نامناسب برای ساخت پل

شکل ٤٤ـ محل مناسب جهت ساخت پل

ج- از ساخت پلهای درون‌گذر تا حد امکان بایستی اجتناب کرد.

در صورت امکان سواره‌رو پل باید در بالاترین نقطه قرار داشته باشد که این نکته معمولاً در مورد سـازه‌هـای بـتن آرمـه یک قانون بشمار می‌رود. این عمل امکان عبور وسایل نقلیه با بارهای عریض را حتی بـر روی پلهـای دارای یـک خـط عبور فراهم می‌سازد.



شکل ٤٥ ـ شکل پلها

د- هر قدر سازه پرهزینه‌تر باشد اهمیت جزییات طراحی آن بیشتر می‌شود.

در مورد راههای دسترسی برون‌شهری، پلها از عوامل بسیار مهـم در تعیـین هزینـه بـه شـمار مـی‌رونـد. بـرای حصـول باصرفه‌ترین سرمایه‌گذاری در بلندمدت بایستی قبل از شروع به ساخت، بررسی‌هـای وسـیعی بـر روی موضـوع انجـام گیرد. این بررسی‌ها به ویژه شرایط هیدرولوژ یکی در حوزه آبریز، میـزان دبـی و شـرایط سـاخت شـالوده پـل را شـامل

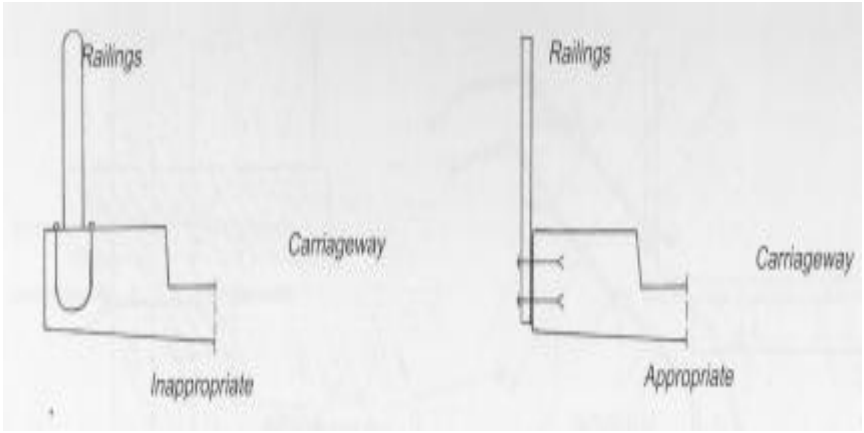
می‌شود. نتایج این مطالعات اساس طراحی سازه را تشکیل می‌دهد. در صورتی که اسناد معتبری جهت کسب این اطلاعات برای تعیین محل مناسب ساخت پل موجود نباشد، می توان از بازرسی محلی، مصاحبه با ساکنان محلی و خصوصاً بررسی سطوح ثبت شده آب، جریانهای عادی و غیره، بهره گرفت. رسوبات جمع‌آوری شده در اطراف گیاهان کرانه رودخانه نیز اطلاعات مهمی در مورد جریانهای سیلابی بدست می‌دهد.

هـ – در طراحی پل بایستی توسعه آینده نیز مد نظر قرار گیرد.

تخمین اینکه ساخت یک پل چه مقدار بر توسعه آینده منطقه تأثیر می‌گذارد کار مشکلی است ولی پلها بایستی برای عمر بهره‌برداری حداقل ۳۰ سال ساخته شوند. در اغلب موارد توصیه می‌شود که پلها با دو خط عبور (هر کدام در یک جهت) اجرا گردند. هزینه‌های اضافی نسبت به پلهای یک خطه معمولاً زیاد نبوده و اجرای یک پل یک خطه دیگر در آینده بسیار گرانتر خواهد بود. از آنجاکه موضوع بحث پلهای کوچک می‌باشد می‌توان آنها را بدون پیاده‌رو اجرا کرد. در صورتی که پل به یک مرکز جمعیتی دارای تعداد قابل توجهی عابر پیاده یا حیوانات اهلی نزدیک باشد باید حداقل در یک سمت پل پیاده‌رو تعبیه گردد.

و– در هر دو سمت پل باید نرده تعبیه شود.

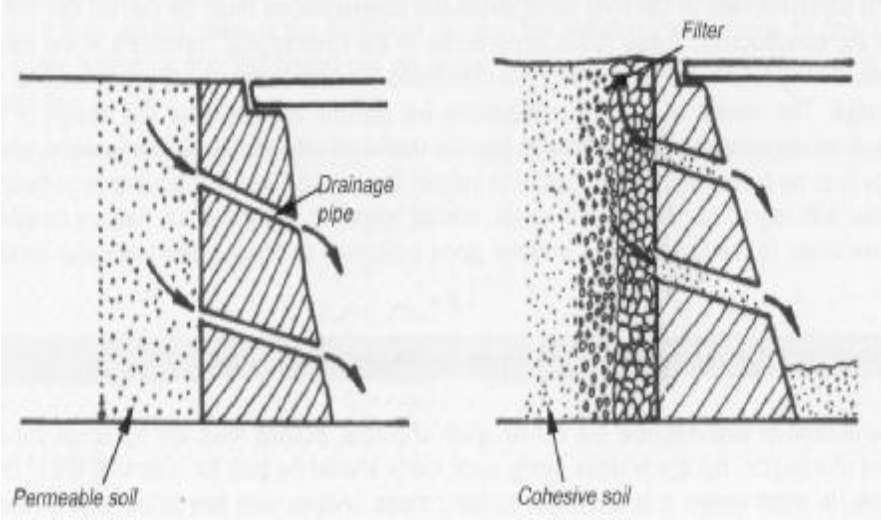
در هر دو سمت پل بایستی از نرده استفاده شود به نحوی که باعث کاهش عرض پل نگردد.



شکل ٤٦ـ نرده‌گذاری پلها

ز– برای کوله‌ها باید زهکشی مناسبی تعبیه شود.

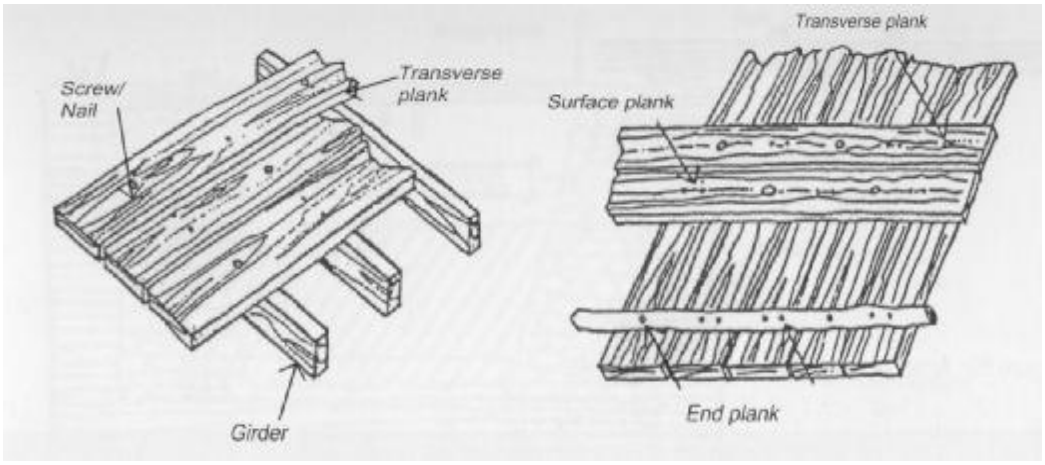
کوله‌ها معمولاً عملکردی مشابه دیوارهای حایل داشته و به عبارت دیگر فشار محرک خاک بهمراه فشار آب بر آنها اثر می‌کند. بر همین اساس ابعاد آنها باید توانایی مقاومت در برابر این فشارها را داشته باشد. برای کاستن از میزان فشار آب باید از تاسیسات زهکشی مناسب بهره گرفت. این هدف با پر کردن پشت دیوار از مصالح نفوذپذیر (قانون فیلتر) و تعبیه لوله‌های زهکش درون دیوار محقق می‌شود. لوله‌ها باید قطری حداقل برابر ۵ سانتی‌متر داشته و شیب آنها بسمت رودخانه واقع شود.



شکل ٤٧ـ زهکش‌های آب در کوله پلها

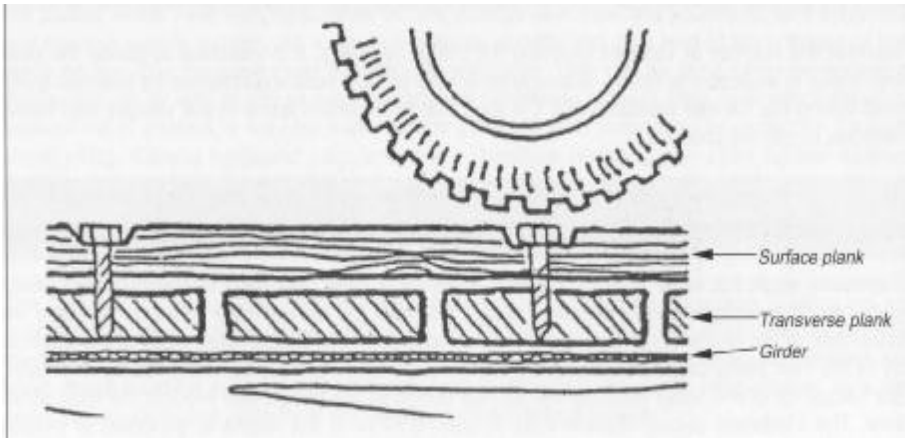
ح- عرشه‌های چوبی پلها دوام چندانی ندارند.

ساده‌ترین نوع اجرای پلها بدین صورت است که کوله‌ها از مصالح بنایی ساخته شده و روی آنها شاه‌تیرهای چوبی یا فلزی قرار می‌گیرد که نهایتاً با عرشه چوبی پوشانده می‌شوند. از آنجاکه هیچ یک از انواع چوب برای ساخت پلها مناسب نیستند، تنها در صورتی که سازنده از تجربیات مرتبطی برخوردار باشد می‌تواند از چوب در ساخت پلها استفاده کند. اگر از چوب برای روسازی پل استفاده شود بایستی آنرا در مقابل پوسیدگی و حشرات عمل‌آوری کرد. برای اجتناب از هزینه‌های سنگین تعمیر و نگهداری چوب توصیه می‌شود از یک رویه ضخیم الوار بعنوان رویه سواره‌رو استفاده شود که با هزینه کمی قابل تعویض و نوسازی بوده و نیازی به تعویض قطعات زیرین آن وجود ندارد.



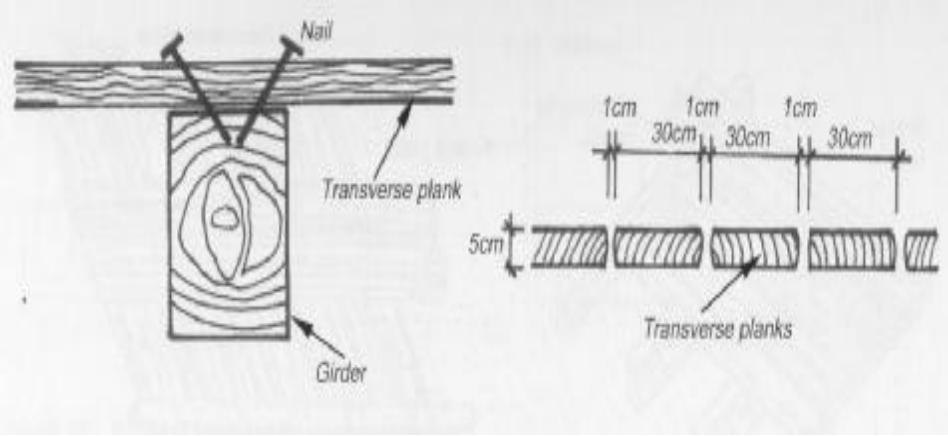
شکل ٤٨ـ اجزای عرشه چوبی پلها

توصیه می‌شود از میخ ها یا پیچ‌های فلزی در محل عبور ترافیک استفاده نشود زیرا چوب بمرور زمان دچار فرسایش شده و نوک تیز این اجسام به لاستیک‌های وسایل نقلیه آسیب می‌رساند. در صورتی که امکان فوق موجود نباشد سر میخها یا پیچها باید به صورت خزینه قرار گیرند.



شکل ٤٩ـ تعبیه خزینه برای میخها و پیچهای سطح عرشه پل

همچنین توصیه شده است که میخها به صورت زاویه‌دار در چوب فرو روند زیرا این پیچها به راحتی به واسطه ارتعاشات ناشی از ترافیک لق نمی‌شوند. فاصله‌ای در حدود یک سانتی‌متر باید بین الوارها تعبیه گردد تا تورم و پیچش الوارها در اثر رطوبت موجب خرابی عرشه نشود.



شکل ٥٠ـ چیدمان الوارهای عرضی

ط- برای کارهای بتنی بایستی از مصالح مرغوب استفاده شود.

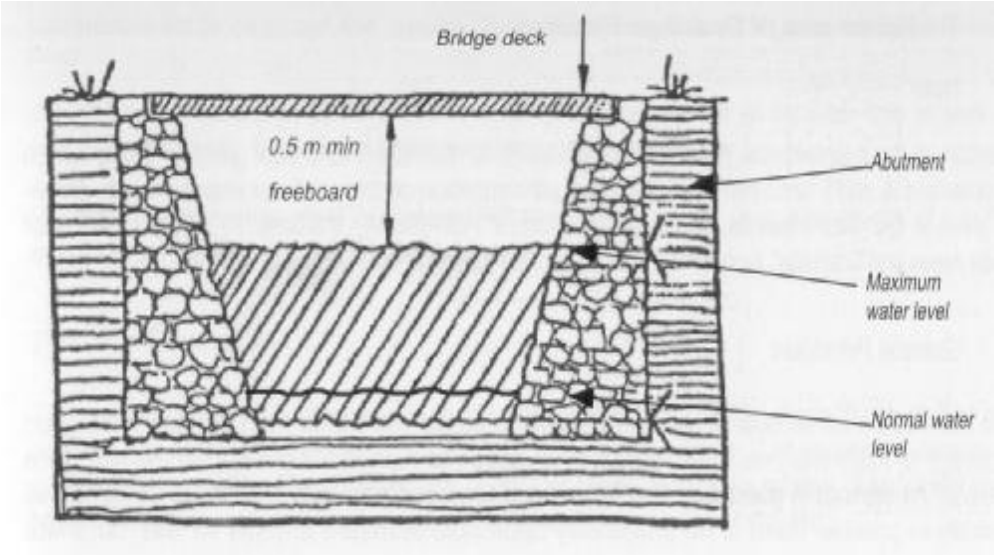
پلها نسبت به کالورت‌ها در معرض تنشهای ترافیکی بیشتری قرار می‌گیرند زیرا دارای روسازی برای پخش بارها نمی‌باشند. استفاده از مصالح سنگی نامرغوب یا آلوده می‌تواند به تخریب پل منجر شود. بازرسی دقیق از کیفیت بتن و روشهای بتن‌ریزی به همین علت ضروری می‌باشد.

ی- بار ترافیکی بحرانی معمولاً در زمان برداشت محصولات کشاورزی بوجود می‌آید.

علاوه بر تعداد وسایل گذرنده که به صورت معمول از یک پل عبور می‌کنند، تعیین حداکثر ترافیک عبوری از آن دارای اهمیت خاصی می‌باشد. پلها در مناطق برون‌شهری حداکثر تردد خود را در زمان برداشت محصولات کشاورزی تجربه می‌کنند. در این فصل عمده‌فروشان برای خرید محصولات کشاورزان با وسایل نقلیه سنگین بسمت روستاها هجوم می‌آورند.

ک- فاصله کافی بین بالاترین سطح آب ممکن و سطح تحتانی عرشه موجود باشد.

هنگام بالا بودن سطح آب، مقادیر زیادی نخاله بهمراه آب حمل می‌شود که اگر فاصله کافی بین سطح آب و سطح تحتانی عرشه موجود نباشد این نخاله ها در پشت پل تجمع کرده و به گرفتگی مجرای عبور می‌انجامد. علاوه بر احتمال ایراد خسارت به عرشه پل ممکن است بالا آمدن سطح آب و افزایش فشار آب خرابی کل پل و یا آب‌گرفتگی رمپهای دسترسی پل و فرسایش سازه راه را به همراه داشته باشد. بر همین اساس فاصله آزاد بین عرشه پل و سطح نهایی آب باید حداقل ۰/۵ متر در نظر گرفته شود. در صورتی که احتمال حمل قطعات بزرگ درخت داده شود این فاصله نیز به تناسب افزایش می‌یابد.



شکل ۵۱ـ فاصله آزاد برای یک پل کوچک

ل- کوله‌ها بایستی در مقابل آب‌شستگی محافظت شوند.

کوله‌ها و تکیه‌گاهها در معرض خطر زیادی ناشی از سرعت جریان آب می‌باشند. به علت اینکه این اعضاء در بستر رودخانه واقع شده‌اند آشفتگی جریان در مجاورت آنها زیاد بوده و این امر به فرسایش بیشتری منجر می‌شود. این فرسایش پایداری اعضاء را کاهش داده و ممکن است به خرابی کل سازه پل منجر گردد. بر همین اساس بستر رودخانه باید تثبیت شود، برای تثبیت بستر می‌توان از تعریض عرض شالوده‌ها و یا سنگ‌ریزی یاگابیون‌بندی بهره گرفت. در مورد بسترهایی که دارای خاک آسیب‌پذیر در مقابل فرسایش هستند استفاده از شالوده‌های شمعی و یا سپرکوبی در اطراف شالوده ها ضروری می‌باشد. محاسبات دقیق هیدرولیکی برای جلوگیری از فرسایش آتی اعضاء نگهدارنده پل نیز در مرحله طراحی بایستی انجام پذیرد.

م- تحلیل سازه‌ای دقیق برای طراحی پل ضروری می‌باشد.

ساخت پل باید همواره براساس طراحی دقیق سازه‌ای انجام پذیرد. در این مرحله علاوه بر استاتیک پل، انجام بررسی‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی ضروری خواهد بود. در صورتی که از اعضای مستعمل مانند شاه‌تیرهای فلزی یا تیرهای چوبی استفاده می‌شود بایستی قبلا آنها را مورد آزمایش قرار داده و از عدم وجود نقص و خرابی به علت استفاده قبلی آنها اطمینان حاصل شود. اعضاء آسیب‌دیده نباید برای سیستم باربری سازه مورد استفاده قرار گیرند.

ن- از مقررات محلی تبعیت شود.

توصیه‌های عملی ذکر شده در این دستورالعمل براساس سالها تجربه صورت پذیرفته است. البته کاربرد این توصیه‌ها طراحان را از مسؤولیت خود در مقابل آیین‌نامه‌ها و دستورالعملهای ساختمانی مربوطه رها نمی‌سازد. این مسأله سایر انتشارات مذکور در ابتدای این فصل را نیز شامل می‌شود.

۷ـ نگهداری تاسیسات زهکشی

۷ـ۱ـ تذکر

این بخش تحت عنوان نگهداری تاسیسات زهکش به یک سری قواعد عمومی جمع‌آوری شده در اصول کلی محدود می‌شود. جزییات دقیق فعالیت‌های مختلف نگهداری در «دستورالعمل بین‌المللی نگهداری راه، جلد اول، نگهداری حاشیه راه ها و تاسیسات زهکشی» منتشر شده توسط PIARC/AIPCR آورده شده است.

۷ـ۲ـ مفاهیم عمومی

آب بزرگترین دشمن راه به شمار می‌رود. این جمله عامیانه اهمیت زهکشی مناسب راهها و بالطبع اهمیت نگهداری صحیح تاسیسات زهکشی را مشخص می‌کند. هدف از نگهداری، حفظ کلیه تاسیسات در یک سطح عملکرد مناسب می‌باشد. بعلاوه این هدف باید با حداکثر صرفه اقتصادی حاصل شود. هیچ فرمول استاندارد جهانی برای این کار وجود ندارد ولی اصول مشخصی باید مد نظر قرار گیرند.

اصول نگهداری در کشورهای مختلف به سیاست ساخت و نگهداری اتخاذ شده برای راهها و نیز به روش سازماندهی نیروهای فعال در بخش نگهداری بستگی دارد. این اصول ممکن است برای سازمان‌های مختلف متصدی ساخت راهها حتی در یک کشور متفاوت باشد (بعنوان مثال ادارات ایالتی، ناحیه‌ای و محلی مسؤول گروه‌های مختلف راه).

نگهداری تاسیسات زهکشی و سازه‌های آبگذر همیشه بایستی در محدوده نگهداری کلی راه انجام پذیرفته و نباید خارج از این چارچوب مد نظر قرار گیرد. البته این نوع نگهداری خصوصیات خاص خود را دارا بوده که در این دستورالعمل با جزییات بیشتری مورد بررسی قرار گرفته است.

فعالیت‌های نگهداری براساس یافته های تجربی به دو بخش یعنی نگهداری متعاقب کنترلهای جاری و معمول و نگهداری متعاقب بازرسی‌های کلی دوره‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند.

۷ـ۲ـ۱ـ نگهداری متعاقب کنترلهای جاری و معمول

کنترلهای روتین یا منظم شامل کنترل کلیه قسمت‌های تاسیسات و سازه‌های زهکشی توسط پرسنل راهداری مسؤول هر قطعه از راه، جهت اطمینان از شرایط کارکرد صحیح و نیز ثبت هر گونه خرابی موجود انجام می‌پذیرد. هیچ‌گونه تفاوت اساسی در این قسمت بین راههای دارای رویه یا فاقد رویه وجود ندارد.

نگهداری جاری یا منظم یک برنامه‌ریزی بلندمدت نبوده بلکه فعالیت‌های متعاقب کنترلهای جاری می‌باشد. این فعالیتها خصوصاً پس از بارندگی باید به دقت انجام گیرند. خرابی‌های جزئی باید به سرعت توسط پرسنل راهداری ترمیم شده و خرابیهای مهمتر که قابل ترمیم سریع توسط این پرسنل نمی‌باشند بایستی بدون تاخیر به اطلاع مقامات بالا برسند. این امر به ویژه در هنگام وقوع خرابی‌های غیرمعمول و فاجعه‌آمیز ناشی از توفان از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

۷ـ۲ـ۲ـ نگهداری متعاقب بازرسی‌های دوره‌ای

در فواصل منظم (مثلا دوبار در سال، قبل و بعد از فصل بارش) بازرسی دقیقی از همه تاسیسات و سازه‌های زهکشی توسط پرسنل آموزش دیده (مانند بازرسین راه) انجام می‌گیرد. کلیه خرابی‌های پنهان و عوامل وقوع خرابیها در این قسمت باید تشخیص داده شوند. یافته‌های هر دو بازرسی نیز بایستی برای هر راه ثبت شود. در صورتی که تعمیرات اساسی و یا سایر روشهای ترمیمی که فراتر از توان موجود سازمان متصدی نگهداری بوده مورد نیاز باشد بایستی پیمانکار متخصص باتجربه‌ای جهت این تعمیرات انتخاب شود. چنین تعمیراتی معمولاً نیازمند برنامه‌ریزی اختصاصی و پیشرفته می‌باشد. نهرهای زهکشی بایستی همزمان با تعمیرات مربوط به رویه سواره‌رو مورد لایروبی و نظافت قرار گرفته و به حالت اولیه بازگردند (در صورت لزوم از گریدر استفاده شود). فعالیت‌های نگهداری دوره‌ای برای یک دوره میان‌مدت بطور مثال دوره‌های ۳ تا ۵ ساله طراحی شده و در برنامه‌های مرتبط با آن لحاظ می‌شوند.

۷ـ۳ـ اصول

فعالیت‌های نگهداری لازم اغلب ساده به نظر می‌رسند. مهمترین قاعده آنست که این فعالیتها با دقت و در زمان مناسب انجام پذیرند. هر قدر زودتر به ترمیم نقایص پرداخته شود، تلاش کمتری برای ترمیم آنها صرف خواهد شد. در ذیل تعدادی از مشکلات رایج و روش برخورد با آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

الف- شیب عرضی کافی سواره‌رو و شانه های خاکی مهمترین عامل در اطمینان از زهکشی مناسب سطحی می‌باشد.

مثال ذیل اهمیت این موضوع را روشن می‌کند که نگهداری تاسیسات زهکشی باید بعنوان بخشی از نگهداری عمومی راه در نظر گرفته شده و نباید به صورت مجزا انجام پذیرد.

شیارهای ناشی از چرخ کامیونها و چاله‌های سطح روسازی از دفع صحیح آب جلوگیری می‌کنند. آب جمع شده در این گودالها و شیارها به داخل رویه، اساس و زیراساس نفوذ کرده و ظرفیت باربری آنها را کاهش می‌دهد. پر کردن چاله‌ها و تسطیح سواره‌رو (بین دوره‌های شن‌ریزی مجدد) روشی برای کاستن از خطرات بعدی می‌باشد. البته در اینجا به جزییات بیشتر نگهداری سواره‌رو اشاره نشده است.

ب- مقطع عرضی نهر زهکشی باید تحت نگهداری قرار گیرد.

مقطع عرضی اولیه نهر زهکشی (V شکل، مثلثی یا ذوزنقه‌ای) با گذشت زمان تغییر می‌کند. عوامل متعددی در این تغییر سهیم هستند.

- در صورتی که سرعت آب بسیار بالا باشد موجب آب‌شستگی و فرسایش نهر می‌شود. این خرابی باید ترمیم شود و بعبارت دیگر مقاطع آسیب دیده باید توسط مصالح مناسب مجدداً پر شوند. در نقاطی که خرابی زیاد و تکرار شونده است باید از روش‌های حفاظتی مانند رویه‌سازی، تعریض مقطع عرضی، تعبیه پله، اضافه کردن نهرهای زهکشی برای کاستن از بار زهکش اصلی و حتی در صورت لزوم تغییر جهت نهر زهکش استفاده کرد. در برخی موارد ضروریست که از شیب نهرهای با شیب بالا کاسته شود. در موارد بسیار جدی باید از ترکه‌بست یا گابیون استفاده نمود.

- پوشش گیاهی معمولاً مانع عبور رواناب می‌شود. تنها راه‌حل این مشکل کوتاه کردن پوشش گیاهی می‌باشد. معمولاً هنگامی که پوشش گیاهی بر روی شانه‌ها و خاکریز راه رشد می‌کند، چیدن آن ضروری می‌شود.

نظافت عمومی نهرهای زهکش و لایروبی آنها باید در فواصل ۳ تا ۵ سال تکرار شود.

- در صورتی که نهرهای حاشیه مسیر از گیاه پوشیده شده و هنوز مقطع عرضی خود را حفظ کرده‌اند، بایستی نسبت به کوتاه کردن آنها اقدام شود ولی تحت هیچ شرایطی نباید از ریشه کنده شوند زیرا بهترین محافظت را در مقابل فرسایش بدست می‌دهند.

ج- تاسیسات تخلیه آب به سمت زمین‌های مجاور بایستی بطور منظم مورد بازرسی و نگهداری قرار گیرند.

اصولی مشابه نهرها در اینجا نیز برقرار می‌باشد. نقاط ضعف معمولاً در جاهایی دیده می‌شود که جریان تغییر جهت داده و به زمین‌های مجاور هدایت می‌شود. در این نقاط خطر فرسایش وجود دارد. در انتها یعنی در خروجی زهکش به زمین‌های مجاور، معمولاً شیب زیادی وجود نداشته و این امر به رسوب‌گذاری و بازگشت آب می‌انجامد.

د- زهکش‌های حایل (زهکش‌های بالای شیب) باید به دقت نظارت شوند.

زهکش‌های حایل اغلب نسبت به مسیر فاصله داشته و بر روی شیب‌های بلند قرار می‌گیرند، لذا دیدن آنها از داخل جاده مشکل می‌باشد. به همین علت اغلب این زهکش ها نادیده گرفته شده و یا اینکه در فواصل زمانی زیاد مورد بازرسی قرار می‌گیرند. به همین دلیل معمولاً هنگامی که خرابی بسیار گسترده شده و برای تعمیرات دیر شده است متوجه خرابی می‌شوند. برای جلوگیری از این مشکل پس از هر بارندگی بایستی این زهکش‌ها را مورد بازرسی قرار داد. باید توجه خاصی به علایمی که مشخص کننده سرریز کردن آب در برخی نقاط زهکش حایل و یا فرسایش شیب می‌باشند معطوف شود.

برای نگهداری این زهکش‌ها اصولی مشابه با زهکش‌های حاشیه‌ای بکار گرفته می‌شود.

هـ - کالورت‌ها در معرض خطر ناشی از تمرکز آب درون آنها قرار دارند. کالورت‌ها باید به صورت منظم و خصوصاً قبل از رسیدن فصول بارانی، برای اطمینان از اینکه آب به راحتی از آنها تخلیه میشود، مورد نظافت قرار گیرند. این نظافت شامل تمیز کردن پایین‌دست نهر زهکش تا نقطه رسیدن به جریان دائمی و نیز تمیز کردن بالادست تا فاصله حدود ۵۰ متر و نهرهای حاشیه‌ای واقع در پای شیب‌ها می‌باشد.

ورودی و خروجی هر کالورت باید بطور منظم تحت بازرسی‌های مربوط به فرسایش و آب‌شستگی قرار گیرند. این نوع خرابیها نیز بایستی به سرعت ترمیم شوند. نخاله‌های جمع شده در ورودی به محض امکان باید برداشته شوند.

مقطع عرضی کامل بایستی همواره برای عبور جریان موجود باشد. بدین معنی که رسوبات و نهشته‌ها باید به صورت منظم جمع‌آوری شوند. انجام این کار خصوصاً قبل از فصول بارانی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در خلال فصول بارش نخاله‌هایی که در جلوی ورودی کالورت جمع می‌شود باید بسرعت برداشته شوند تا از وارد شدن آنها به درون کالورت در اثر بارش بعدی جلوگیری شود. این نخاله‌ها پس از جمع‌آوری باید در سمت پایین جاده انباشته شوند.

علاوه بر موارد فوق بایستی هر از چند گاه نسبت به کنترل سازه‌ای کالورت اقدام شود. برای این منظور کافیست درون کالورت را نگاه کرده تا از مواردی مثل اعوجاج، نشست و قطعات شکسته (مثل لوله‌های بتنی) اطلاع حاصل شود. هر گونه خرابی مشاهده شده باید بسرعت به مقامات بالاتر اطلاع داده شود، زیرا این گونه تعمیرات فراتر از توان راهداران می‌باشد. این خرابیها باید بسیار جدی در نظر گرفته شوند، زیرا کالورت های شکسته شده برای تردد خطرناک بوده و نیز تأخیرات زیادی را در تردد بوجود می‌آورند.

و- نگهداری آب‌نماها و کالورت‌های مستغرق از اولویت‌های فصلی برخوردار می‌باشد.

فصلی بودن بدین معناست که فعالیت های مختلف نگهداری در فصول مختلف سال دارای اولویتهایی می‌باشند. در فصول خشک معمولاً فعالیتهایی که برای راه جنبه احتیاطی دارند انجام می‌گیرند. در این فصول خرابیهای بوجود آمده توسط سیلابها باید تعمیر شوند. خرابیهای موجود در سواره‌رو کالورت‌های مستغرق اغلب توسط موتورسواران قابل دید نبوده و بسیار خطرناک می‌باشند. بر همین اساس تعمیرات بایستی به دقت و تا آخرین مرحله انجام شوند. نمایشگرهایی که سطح آب را نمایش داده و نیز تجهیزات هدایت‌کننده بایستی سرویس شده و یا در صورت لزوم تعویض شوند.

در خلال فصول بارانی بازرسی از سواره‌رو برای خرابیها و رسوبات بایستی با شدت بیشتری انجام شود. در صورتی که نتوان خرابیها را به سرعت تعمیر کرد، استفاده از علایم هشداردهنده در محل ضروری می‌باشد. بلافاصله پس از پایان فصول بارانی اولویت نخست باید به تعمیر خرابیهای ناشی از اثر آب تخصیص داده شود. همچنین کلیه نهشته‌های شن و ماسه از روی سواره‌رو بایستی جمع‌آوری شوند. بستر جریان در بالادست باید از رسوبات، قلوه‌سنگ و نهشته‌های ماسه‌ای لایروبی شده و مقطع کامل جریان بازیابی شود. فرسایش در پایین‌دست نیز با استفاده از قطعات بزرگ سنگ یا گابیون که برای پایدار کردن کف بکار می‌رود تعمیر می‌شود.

ز- پلها عناصر خاصی برای پرسنل راهداری می‌باشند. این پرسنل چه می‌توانند بکنند؟

نگهدای پلها خصوصاً بازرسی از شرایط سازه‌ای اجزاء باربر آنها و تعمیرات لازم، معمولاً توسط پرسنل مجرب نگهداری پلها انجام می‌گیرد. در هر صورت چون پرسنل راهداری اغلب حضور بیشتری دارند بایستی سرکشی چشمی از پلها را یکی از وظایف خود تلقی کرده و تغییرات محسوس و خرابیها را گزارش کنند. برخی کارهای ساده مانند برداشتن رسوبات و باز کردن سطح مقطع کانال برای سهولت جریان بایستی به صورت منظم توسط تکنسین‌های راهداری انجام گیرد.

ح- تاسیسات زهکشی زیرزمینی قابل دید نمی‌باشند، چگونه پرسنل راهداری در نگهداری این تاسیسات مشارکت می‌کنند؟

موقعیت تاسیسات زیرزمینی زهکشی عموماً در نقشه‌ها مشخص شده است. کنترل عملکرد این تاسیسات به وسیله دریچه‌های بازرسی و خروجیهای آنها انجام می‌پذیرد. پرسنل راهدار بایستی توسط بازرس راه آموزش داده شده و نحوه این کنترلها را فرا گیرند. در مورد کارهای دقیق، پرسنل راهداری هیچ فعالیتی به غیر از تمیز کردن خروجیها از پوشش گیاهی و رسوبات انجام نمی‌دهند.

۸- قواعد اجرایی پایه

انتخاب مصالح ساختمانی و کاربرد صحیح آنها نقش مهمی در دوام سازه‌ها ایفاء نموده و به اندازه تصمیم‌گیری در مورد زهکشی دارای اهمیت می‌باشد. بر همین اساس در ذیل برخی پیشنهادات جهت پرهیز از اشتباهات رایج در این زمینه ارایه شده است.

۸-۱- مصالح ساختمانی

مصالح سنگی مورد استفاده جهت ساخت بتن (شن، ماسه، قلوه‌سنگ، مصالح سنگی خردشده) بایستی عاری از مواد آلی (گیاخاک، علف، چوب) باشند، زیرا این مواد در فرایند سخت‌شدن بتن ایجاد مشکل کرده، مقاومت آنرا کاهش داده و دوام مورد نیاز بتن نیز حاصل نمی‌شود. مخلوط نباید دارای کلوخه رس یا سایر مصالح ریزدانه باشد. رس نباید به سطح سنگدانه ها چسبیده باشد زیرا از چسبیدگی مصالح سنگی به سیمان می‌کاهد. قطر بزرگترین ذره مصالح سنگی نباید از ۲۰ میلیمتر تجاوز کند. شن و ماسه نباید رس یا نمک داشته باشند. این جمله بدان معناست که میزان نمک منابع نزدیک دریا باید قبلا کنترل شود. سیمان مصرفی نباید سفت شده باشد زیرا سیمان سفت شده از قابلیت مخلوط شدن مناسب جهت ساخت ملات یا بتن برخوردار نمی‌باشد. سیمان باید به صورت پودر مصرف شود. کلوخه‌های سیمان در صورتی که بوسیله دست براحتی به پودر تبدیل شوند زیان زیادی نخواهند داشت. آب نیز بایستی تمیز بوده و تا حد امکان از مواد معلق عاری باشد. آب شور نباید برای ساخت بتن استفاده شود زیرا موجب تخریب آن می‌گردد.

سنگهای طبیعی استفاده شده برای کارهای بنایی باید متراکم و غیر متخلخل باشند. سنگهای متخلخل آب را بسرعت از ملات جذب کرده و گیرش ملات به علت کمبود آب با مشکل مواجه می‌گردد. بهمین علت در مناطق خشک، سنگها قبل از استفاده بایستی خیس شوند. قالب مورد استفاده برای کارهای بتنی باید تمیز و دارای سطوح صاف باشد (بتن خشک شده به آن نچسبیده باشد). برای سهولت جداسازی قالب از بتن و نیز حصول سطوح تمیز توصیه می‌شود سطوح قالب قبل از استفاده با روغن آغشته شوند. در صورتی که روغن مخصوص قالب موجود نباشد می‌توان از روغن سوخته موتور اتومبیل برای این منظور استفاده کرد. میلگردهای فولادی باید دارای سطحی تمیز باشند. شکاف، ترک‌خوردگی و کمانش میلگردها (اغلب در مورد میلگردهای مستعمل) موجب کاهش ظرفیت فولاد و بالطبع بتن مسلح می‌شود. زنگ‌زدگی بر روی لوله‌های آهنی و فولادی باید قبل از نصب آنها با برس سیمی رفع شود. در مورد لوله‌های آهنی سطوح تمیز شده بایستی توسط پوشش مناسب محافظت شوند.

۸-۲- شرح کار

برای مخلوط کردن بتن در کارگاههای کوچک مصالح بایستی به صورت حجمی پیمانه شوند. نسبت مصالح مخلوط شده با هم به عملکرد مورد انتظار از بتن بستگی دارد. در صورتی که بتن برای سازه زهکشی استفاده شده و تحت هیچ تنش خمشی قرار نمی‌گیرد، مصالح بایستی به نسبت‌های ذیل با هم مخلوط شوند:

۳ واحد حجمی مخلوط ماسه و شن

۱ واحد حجمی سیمان

۲ واحد حجمی آب

نسبت تقریبی مصالح سنگی شامل ۵ واحد ماسه به ۱ تا ۱/۵ واحد شن، بسته به ابعاد شن (سنگ) می‌باشد. نصف تا دو سوم مصالح سنگی باید از ۲ میلیمتر کوچکتر بوده ولی نباید از ۲ میلیمتر بزرگتر باشند. بایستی دقت شود که آب زیادی برای مرطوب کردن مصالح سنگی بکار برده نشود، زیرا کیفیت بتن را با مخاطره مواجه می‌سازد. مصالح سنگی و سیمان باید قبل از اضافه کردن آب کاملاً با یکدیگر مخلوط شوند. مخلوط کردن این مصالح بر روی یک سطح سفت و تمیز انجام می‌شود تا مخلوط آلوده نشود. بتن ساخته شده باید به آرامی و به صورت یکنواخت درون قالب ریخته شود تا دچار جداشدگی نشود. ارتفاع سقوط بتن نباید از یک متر تجاوز کند زیرا در غیر این‌صورت مصالح سنگی درشت دانه به زیر بتن هدایت می‌شوند. این عمل ظرفیت باربری بتن را کاهش می‌دهد.

در مورد بتن‌های مسلح حداقل پوشش معادل ۳ سانتی‌متر بایستی بین خارجی‌ترین لایه میلگرد و سطح قالب موجود باشد. تحت هیچ شرایطی نباید میلگرد با قالب تماس داشته باشد. ایجاد فاصله بین میلگرد و قالب بوسیله قطعات بتنی (لقمه) انجام می‌گیرد. برای خارج کردن حباب‌های هوا از بتن بایستی آنرا درون قالب لرزاند. در مورد دیوارهای نازک (ضخامت کمتر از ۳۰ سانتیمتر) می‌توان از ویبراتورهای خارجی استفاده کرد ولی در سایر موارد باید از ویبراتورهای داخلی استفاده شود. در صورتی که هیچ ویبراتوری موجود نبوده و حجم بتن کم باشد می‌توان با ضربه زدن به بیرون قالب توسط چکش حبابهای هوای آنرا خارج کرد. روش دیگر فرو کردن یک میلگرد فلزی به داخل بتن می‌باشد. ولی باید دقت شود که مصالح سنگی درشت‌دانه به پایین قالب هدایت نشده و مصالح ریزدانه که ظرفیت باربری اندکی دارند در سطح بتن جمع نشوند.

برای اطمینان از اینکه بتن به شکل مورد نیاز خشک می‌شود، باید آنرا درون قالب ریخت. بتن سنگین بوده و لذا پانلهای قالب بایستی توسط تیرها یا الوارهایی محافظت شوند تا قالب‌ها در اثر وزن بتن حرکت نکنند. مهارها و تکیه‌گاهها نیز باید به نحوی محافظت شوند که از ثابت بودن آنها در هنگام بتن‌ریزی اطمینان بعمل آید. به علت آنکه قالب‌ها بعداً بطور کامل برداشته می‌شوند، تیرها و مهارها باید کاملاً در دسترس باشند. برای سهولت جمع‌آوری قالب‌های چوبی توصیه شده است که میخها تا انتها درون چوب فرو نشوند بلکه در حدود یک سانتی‌متر از آن بیرون باشند. بتن تازه نباید در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار گیرد. بتن باید در سایه قرار گرفته (پوشش گیاه یا ماسه یا ورقهای مصنوعی) و رطوبت آن حفظ شود. پس از یک روز، آب پاشی به بتن آغاز می‌شود. عمل‌آوری بتن باید بمدت حداقل ۵

روز ادامه یابد. عمل‌آوری مناسب بتن بنحو محسوسی کیفیت آنرا بهبود می‌بخشد. این نکته در مورد لوله‌های بتنی ساخته شده درکارگاه نیز صادق می‌باشد.

معمولاً پس از گذشت ۲ روز از بتن‌ریزی می‌توان قالب‌ها را جمع‌آوری کرد مگر آنکه بتن فاقد تکیه گاه باشد. تیرهای زیر سقف‌ها و تیرهای اصلی قالب‌ها باید حداقل بمدت ۳ هفته زیر بتن باقی بمانند. بار ترافیکی پس از گذشت ٤ هفته می‌تواند از روی بتن عبور کند. کرمو شدگی سطح بتن باید توسط ملات نرم سیمان پر شده و سطح صاف شود. سنگ‌های قابل دید در سطح بتن باید برداشته شده و فضای خالی حاصله با ملات پر شود.

در سازه‌های بنایی ساخته شده از سنگ و یا آجر در صورتی که درون درزها بخوبی با ملات ماسه و سیمان پر نشود در این نقاط ضعف وجود خواهد داشت. بهمین علت بایستی:

ـ همانند بتن، مصالح مصرفی برای ساخت ملات نیز باید تمیز باشند. هیچ نوع کلوخه رس، مواد گیاهی یا سایر آلودگی‌ها نباید در مصالح وجود داشته باشد.

ـ ابعاد ذرات ماسه باید کوچکتر از ۲ میلیمتر باشد سنگ‌های کوچک در ملات موجب جلوگیری از قرارگیری صحیح آجرها روی هم شده و ناهمواری بوجود می‌آورد.

ـ نسبت اختلاط ماسه به سیمان در حدود ٤ تا ٦ به یک (واحد حجمی) می‌باشد. در صورتی که ماسه ریزدانه باشد، سیمان بیشتری مورد نیاز بوده و نسبت فوق به ٤ به ۱ تغییر می‌کند. با افزودن آهک (به میزان دو سوم مقدار سیمان) کارایی ملات به میزان قابل توجهی بهبود می‌یابد.

ـ به ویژه در مورد دیوارهای آجری درزهای ملات نباید از ۱ تا۱/۲ سانتی‌متر ضخیمتر باشند. درزهای ضخیم‌تر بادوام نبوده و غیر اقتصادی می‌باشند. در صورتی که سنگهای طبیعی یا قلوه‌سنگ مورد استفاده قرار گیرند باید اطمینان حاصل نمود که سنگها مستقیماً روی هم قرار نگرفته بلکه لایه‌ای از ملات بین آنها قرار دارد. قبل از کارگذاری بایستی سنگها را مرطوب کرد. در غیر این صورت سنگ آب ملات را جذب کرده و فرآیند گیرش آنرا با مشکل مواجه می‌سازد.

۸-۳- ایمنی

حتی در کارگاه‌های کوچک نیز در صورتی که ملاحظات ایمنی به دقت رعایت نشود تصادفات محتمل خواهد بود. ایمنی و جان انسانها از پیشرفت اجرا اهمیت بیشتری دارند لذا هیچ ریسکی جهت صرفه‌جویی در وقت یا پول قابل قبول نمی‌باشد.

علایم راهنمایی بایستی رانندگان را به موقع از رسیدن به محل کارگاه آگاه کنند. از آنجا که معمولاً در محل کارگاههای مربوط به تاسیسات زهکشی گلوگاه‌های ترافیکی بوجود می‌آیند، رانندگان امکان آگاه شدن از محل کارگاه را بدست آورده و می‌توانند خود را باحالت موجود مطابقت دهند. در صورتی که طول زیاد کارگاه یا وجود قوس موجب کاهش دید رانندگان از محل کارگاه شود، بایستی در امتداد و انتهای کارگاه مسؤولین کنترل ترافیک بکار گمارده شوند.

محل کارگاه ساختمانی نیز باید توسط موانع حفاظتی مناسبی محصور شود. در محل‌های وجود کانال یا گودال بایستی فاصله مناسب بین لبه گودال یا کانال با محل عبور وسایل نقلیه موجود باشد. اصولاً این فاصله نباید از یک متر کمتر در نظر گرفته شود.