

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب

نشریه شماره ۳۶۶

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
bhrc.ac.ir

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی
امور نظام فنی اجرایی
nezamfanni.ir





شماره:	۹۴/۲۸۴۶۷
تاریخ:	۱۳۹۴/۰۳/۰۳

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع: راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷-هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۳۶۶ امور نظام فنی اجرایی، با عنوان «**راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۶/۱ الزامی است.

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

محمد باقر نوبخت



خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

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

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

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور، نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان دانشسرا، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و
کشور، امور نظام فنی اجرایی - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
Email: info@nezamfanni.ir web: nezamfanni.ir



پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه طرح، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمرمفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نظام فنی و اجرایی کشور به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری از طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

بنا بر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای اجرایی مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی و توان فنی دستگاه‌های اجرایی ذیربط استفاده شود. از این رو نشریه حاضر با عنوان « راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب » با همکاری پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری (وقت) و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و بهره‌مندی از توان علمی و تخصصی جمعی از کارشناسان باتجربه کشور تهیه شده است.

هدف اصلی این ضابطه، آشنایی با انواع روش‌های زهکشی و طرح و اجرای لایه‌های روسازی با سیستم زهکشی مناسب با توجه به شرایط کشور و همچنین بیان نکات اجرایی این روش‌ها می‌باشد. این راهنما برای تمامی راه‌های با روسازی‌های آسفالتی کاربرد دارد. این راهنما را می‌توان برای بهسازی و نوسازی راه‌های با روسازی آسفالتی بکار برد.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذاً این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادت دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق سایت اینترنتی معاونت برای بهره‌برداری عموم اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در سمت میانی بالای صفحات نشریه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ به روزرسانی آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.



بدینوسیله معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی از تلاش و جدیت رئیس و کارشناسان امور نظام فنی اجرایی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ناظرین و مجری محترم پروژه و همچنین از تمام عزیزان متخصص همکار در امر تهیه و نهایی کردن این نشریه تشکر و قدردانی می‌کند و از ایزد منان توفیق روز افزون همه این بزرگواران را آرزومند است.

معاون فنی و توسعه امور زیربنایی

بهار ۱۳۹۴



تهیه و کنترل

اعضای گروه تدوین

دانشگاه زنجان و مهندسين مشاور فرا رهساز فن	دکتری راه و ترابری	علیرضا خاوندی
مهندسين مشاور فرا رهساز فن	کارشناس ارشد راه و ترابری	کوروش جایروند

اعضای گروه نظارت:

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	کارشناس ارشد عمران	علی محمد اسمعیلی
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای	کارشناس ارشد راه و ترابری	محمد رضا قاسمی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

پژوهشکده حمل و نقل	کارشناس ارشد راه و ترابری	امیر مسعود نکوئی
پژوهشکده حمل و نقل	دکتری راه و ترابری	احمد منصوریان
پژوهشکده حمل و نقل	کارشناس ارشد راه و ترابری	آرمین جراحی
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	رئیس گروه امور نظام فنی	طاهر فتح الهی



فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

فصل اول - کلیات، اهداف و تعاریف

۱-۱- مقدمه.....	۳
۲-۱- هدف.....	۴
۳-۱- حوزه کاربرد.....	۵
۴-۱- تعاریف.....	۵

فصل دوم - معرفی انواع روش‌های زهکشی

۱-۲- مقدمه.....	۱۱
۲-۲- زهکشی سطحی.....	۱۱
۱-۲-۲- مجرای آب و جدول.....	۱۲
۲-۲-۲- کانال آب سطحی.....	۱۳
۳-۲-۲- سیستم زهکش ترکیبی.....	۱۴
۴-۲-۲- زهکشی سطحی لبه‌ای.....	۱۶
۵-۲-۲- بلوک‌های کانال زهکش.....	۱۷
۶-۲-۲- کانال‌های زهکشی خطی.....	۱۸
۷-۲-۲- استفاده از یک لایه آسفالت متخلخل برای عملیات زهکشی.....	۱۹
۳-۲- سیستم زهکشی سازه‌ای.....	۱۹
۱-۳-۲- اجزاء سیستم زهکشی سازه‌ای.....	۲۰
۲-۳-۲- زهکش لبه‌ای لوله‌ای.....	۲۱
۴-۲- زهکشی آب‌های زیرزمینی.....	۲۲
۱-۴-۲- موارد نیاز به زهکشی آب‌های زیرزمینی.....	۲۳
۲-۴-۲- کنترل آب زیرزمینی.....	۲۳
۳-۴-۲- زهکش‌های جداکننده طولی منفرد و چندتایی.....	۲۴

فصل سوم - خصوصیات اجزاء سیستم‌های زهکشی

۱-۳- مقدمه.....	۲۷
۲-۳- سیستم زهکشی سازه‌ای.....	۲۷
۱-۲-۳- اساس نفوذپذیر.....	۲۷
۲-۲-۳- لایه جداکننده.....	۳۲
۳-۲-۳- زمین پارچه‌ها.....	۳۳
۴-۲-۳- لوله‌های زهکشی زیرزمینی.....	۳۴



فصل چهارم - طراحی سیستم‌های زهکشی

- ۳۹-۱-۴ طراحی سیستم زهکشی سطحی..... ۳۹
- ۳۹-۱-۱-۴ محاسبه میزان رواناب سطحی..... ۳۹
- ۳۹-۲-۱-۴ محاسبه ابعاد کانال..... ۳۹
- ۳۹-۳-۱-۴ شیب‌بندی عرضی..... ۳۹
- ۴۰-۲-۴ طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای..... ۴۰
- ۴۰-۱-۲-۴ ضرورت وجود سیستم زهکشی سازه‌ای..... ۴۰
- ۴۲-۲-۲-۴ طراحی هیدرولیکی سیستم اساس نفوذپذیر..... ۴۲
- ۴۷-۳-۲-۴ طراحی لایه جداکننده..... ۴۷
- ۴۹-۴-۲-۴ زمین پارچه‌ها..... ۴۹
- ۵۰-۵-۲-۴ لوله‌های زهکشی زیرزمینی..... ۵۰
- ۵۱-۳-۴ طراحی سیستم زهکش لبه‌ای..... ۵۱
- ۵۱-۱-۳-۴ مراحل طراحی سیستم زهکش لبه‌ای..... ۵۱
- ۵۴-۲-۳-۴ خروجی‌ها..... ۵۴
- ۵۴-۳-۳-۴ دیوارمحافظ..... ۵۴
- ۵۵-۴-۳-۴ کانال کناری..... ۵۵
- ۵۵-۴-۴ زهکشی آب‌های زیرزمینی..... ۵۵
- ۵۵-۱-۴-۴ کنترل آب زیرزمینی..... ۵۵
- ۵۶-۲-۴-۴ زهکش‌های جداکننده طولی منفرد و چندتایی..... ۵۶
- ۵۹-۳-۴-۴ مثال از یک زهکش جداساز طولی..... ۵۹
- ۶۱-۴-۴-۴ بررسی خاصیت موینگی..... ۶۱

فصل پنجم - اجرای سیستم‌های زهکشی

- ۶۵-۱-۵ اجزاء زهکشی سطحی و جزئیات آن..... ۶۵
- ۶۸-۲-۵ سیستم زهکشی سازه‌ای..... ۶۸
- ۶۸-۱-۲-۵ اجزاء سیستم زهکشی سازه‌ای..... ۶۸
- ۷۰-۳-۵ سیستم‌های زهکشی سازه‌ای پیشنهادی..... ۷۰
- ۷۰-۱-۳-۵ لایه اساس نفوذپذیر با لوله زهکش طولی..... ۷۰
- ۷۱-۲-۳-۵ سیستم زهکشی بدون لوله‌های زهکش..... ۷۱
- ۷۲-۳-۳-۵ سیستم اساس قیری با لوله زهکش طولی..... ۷۲
- ۷۳-۴-۳-۵ سیستم اساس آسفالتی با زهکش طولی و شانه بتنی متخلخل..... ۷۳
- ۷۴-۵-۳-۵ سیستم‌های زهکشی سازه‌ای در راه‌های دارای میانه..... ۷۴
- ۸۰-۴-۵ زهکشی آب‌های زیرزمینی..... ۸۰
- ۸۰-۱-۴-۵ جزئیات پایین آوردن تراز آب زیرزمینی..... ۸۰



پیوست ۱. مطالعات میدانی

- ۱- محور سروآباد- مریوان ۸۸
 - ۲- محور جاجرود - تهران ۹۰
 - ۳- محور سیرجان- بندر عباس (قطعه ۳-ب) ۹۴
 - ۳-۱- راهکارهای بکارگرفته شده برای مقابله با مسأله حضور آب ۹۵
 - ۳-۲- بررسی راهکارهای بکار گرفته شده بر مبنای گزارش مرحله دوم و استانداردهای موجود ۹۷
 - ۴- نتیجه گیری ۹۹
 - ۵- راهکارهای پیشنهادی ۱۰۱
- پیوست ۲. طراحی سیستم زهکشی سازه ای ۱۰۳



فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲- نمونه‌ای از زهکشی سطحی راه با عنوان مجرا و جدول	۱۲
شکل ۲-۲- تصویر شماتیک زهکشی سطحی راه با عنوان مجرا و جدول	۱۳
شکل ۳-۲- نمونه ای از زهکشی سطحی راه با عنوان کانال سطحی آب	۱۴
شکل ۴-۲- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی کانال سطحی	۱۴
شکل ۵-۲- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی ترکیبی (فرانسوی)	۱۵
شکل ۶-۲- نمونه شماتیک سیستم زهکشی سطحی ترکیبی (فرانسوی)	۱۵
شکل ۷-۲- رشد گیاهان هرز در سیستم زهکشی سطحی لبه‌ای	۱۶
شکل ۸-۲- نمونه سیستم زهکشی سطحی از نوع لبه‌ای	۱۷
شکل ۹-۲- نمونه واقعی سیستم زهکشی سطحی از بلوکهای کانال زهکش که از علفهای هرز پوشیده شده است	۱۷
شکل ۱۰-۲- نمونه شماتیک سیستم زهکشی سطحی از بلوکهای کانال زهکش	۱۸
شکل ۱۱-۲- نمونه یک سیستم زهکشی سطحی از نوع کانال‌های زهکشی خطی	۱۸
شکل ۱۲-۲- مقایسه نحوه زهکشی دو لایه آسفالت متخلخل (سمت راست تصویر) و آسفالت معمولی (سمت چپ تصویر)	۱۹
شکل ۱۳-۲- ورود آب از منابع مختلف در سازه راه	۲۰
شکل ۱۴-۲- جزئیات جریان آب زیرزمینی	۲۳
شکل ۱-۳- نفوذپذیری خاکها با دانه‌بندیهای مختلف	۳۰
شکل ۱-۴- فرایند طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای	۴۱
شکل ۲-۴- نمودار تخمین میزان ضریب نفوذپذیری مصالح دانه‌ای Moulton 1980	۴۶
شکل ۳-۴- تصویر شماتیک مصالح لایه جداکننده	۴۸
شکل ۴-۴- نمودار جهت انتخاب قطر لوله مجوف جمع‌کننده و فاصله بین خروجی‌ها	۵۳
شکل ۵-۴- جانمایی لوله‌های زهکشی لبه‌ای و لوله‌های خروجی	۵۴
شکل ۶-۴- جهت جریان یک سیستم زهکشی منفرد وقتی که سطح آب می‌تواند در فاصله L_1 از زهکش شروع به افت می‌کند	۵۷
شکل ۷-۴- چارت تعیین میزان جریان در زهکشهای جداکننده	۵۸
شکل ۸-۴- چارت تعیین منحنی افت تراز آب برای زهکش‌های جداکننده	۵۹
شکل ۹-۴- ساختار یک سیستم زهکش جداساز طولی متداول	۶۰
شکل ۱۰-۴- شبکه جریان، ابعاد و جزئیات مربوط به مثال آنالیز زهکش	۶۱
شکل ۱-۵- مقطع و جزئیات کانال طولی تک‌جهته	۶۵
شکل ۲-۵- نحوه عبور مسیر از روی کانال طولی تک سوپه	۶۶
شکل ۳-۵- مقطع و جزئیات کانال طولی دو جهته	۶۶
شکل ۴-۵- جزئیات اتصال کانال طولی دو جهته	۶۷
شکل ۵-۵- نمای آنگیر بصورت جدول	۶۷
شکل ۶-۵- ورود آب از منابع مختلف در سازه راه	۶۸
شکل ۷-۵- سیستم اساس نفوذپذیر با لوله زهکش طولی	۷۰
شکل ۸-۵- نمای دیوار محافظ	۷۱
شکل ۹-۵- سیستم زهکشی بدون لوله های زهکش	۷۲
شکل ۱۰-۵- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زهکشی طولی	۷۲
شکل ۱۱-۵- سیستم اساس آسفالتی با لوله زهکش طولی	۷۳
شکل ۱۲-۵- سیستم اساس آسفالتی با شانه بتن متخلخل	۷۴
شکل ۱۳-۵- سیستم زهکشی برای میانه راه در روسازی‌های بدون زیر اساس	۷۵
شکل ۱۴-۵- سیستم زهکشی برای میانه راه در راه‌های دارای لایه زیر اساس	۷۵



- شکل ۵-۱۵- جزئیات اتصالات لوله زهکش طولی و لوله خروجی ۷۶
- شکل ۵-۱۶- جزئیات لوله خروجی ۷۸
- شکل ۵-۱۷- مشخصات سیستم زهکشی در محدوده ورودی تجاری ۷۹
- شکل ۵-۱۸- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن تنها از مصالح دانه‌ای فیلتر استفاده شده است ۸۰
- شکل ۵-۱۹- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن از مصالح دانه‌ای و بافت زهکش استفاده شده است ۸۰
- شکل پ ۱-۱- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب برای هدایت روان آب ۸۸
- شکل پ ۱-۲- گرفتگی دهانه آبروی هدایت عرضی روان آب ۸۹
- شکل پ ۱-۳- حرکت روان آب در امتداد طولی مسیر و نفوذ در جسم راه و بروز نشست و ترکهای پوست سوسماری ۹۰
- شکل پ ۱-۴- خرابیهای بوجود آمده بعلت زهکشی نامناسب ۹۰
- شکل پ ۱-۵- نمونه‌ای از عدم وجود سیستم زهکش طولی و جمع‌شدگی آب ۹۱
- شکل پ ۱-۶- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب (عدم هدایت روان آب سرازیر شده از ترانشه‌ها و سطح راه) ۹۲
- شکل پ ۱-۷- عدم وجود کانال طولی هدایت آب که منجر به خرابی کناره راه و جسم راه می‌گردد ۹۳
- شکل پ ۱-۸- وجود روان آب در کناره‌های مسیر که منجر به بروز خرابیهای مختلف گردیده است ۹۳
- شکل پ ۱-۹- منطقه شوره‌زار با سطح آب زیر زمینی بالا ۹۴
- شکل پ ۱-۱۰- مشکلات حضور آب جهت اجرای ابنیه فنی ۹۵
- شکل پ ۱-۱۱- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زهکشی طولی ۹۶
- شکل پ ۱-۱۲- کانال زهکشی طولی اصلاح شده که دارای عملکرد بهتر می‌باشد ۹۶
- شکل پ ۱-۱۳- موقعیت آبروهای عرضی به منظور عبور آب‌های زهکشی از عرض محور ۹۶
- شکل پ ۱-۱۴- خاکریزی و استفاده از مصالح منتخب ۹۷
- شکل پ ۱-۲- نمودار مراحل طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای ۱۰۴



فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- مشخصات مصالح اساس نفوذپذیر (در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده).....	۲۸
جدول ۳-۲- دانه‌بندی‌های اساس نفوذپذیر تثبیت نشده.....	۲۹
جدول ۳-۳- دانه‌بندی اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر.....	۳۱
جدول ۳-۴- دانه‌بندی شماره.....	۳۱
جدول ۳-۵- دانه‌بندی شماره.....	۳۲
جدول ۳-۶- مشخصات مصالح لایه جداکننده.....	۳۲
جدول ۳-۷- دانه‌بندی پیشنهادی برای لایه جداکننده.....	۳۳
جدول ۳-۸- انتخاب معیار A بر حسب وضعیت یکنواختی خاک پایه و فیلتر.....
جدول ۴-۱- مقادیر معمول شیب‌های عرضی مورد استفاده برای روسازی، شانه و کانال‌های جانبی.....	۴۰
جدول ۴-۲- ضرورت بکارگیری سیستم زه‌کشی سازه ای.....	۴۲
جدول ۴-۳- کیفیت زه‌کشی اساس نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰ درصد آب قابل زه‌کشی.....	۴۳
جدول ۴-۴- جدول مقدار افت هد آب بصورت درصدی از کل آب.....	۴۴
جدول ۴-۵- مقادیر ضریب همزن.....	۴۷
جدول ۴-۶- انتخاب معیار A بر حسب وضعیت یکنواختی خاک پایه و فیلتر.....	۵۰
جدول ۵-۱- مشخصات لوله‌های منفذدار طولی.....	۷۷
جدول ۵-۲- مشخصات لوله‌های غیر منفذدار خروجی.....	۷۷
جدول ۵-۳- مشخصات لوله‌های منفذدار طولی.....	۷۹
جدول ۵-۴- مشخصات لوله‌های غیر منفذدار برای استفاده در محدوده تجار و برای لوله خروجی.....	۷۹
جدول پ ۱-۱- نوع خرابیها، شدت و عامل بروز هر خرابی در محور سروآباد- مریوان.....	۸۹
جدول پ ۱-۲- نوع خرابیها، شدت و عامل بروز هر خرابی در محور جاجرود- تهران.....	۹۲
جدول پ ۲-۱- ضرورت بکارگیری سیستم زه‌کشی سازه‌ای.....	۱۰۳
جدول پ ۲-۲- کیفیت زه‌کشی اساس نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰ درصد آب قابل زه‌کشی.....	۱۰۵
جدول پ ۲-۳- مقدار ضریب افت هد آب بصورت درصدی از کل آب [۱].....	۱۰۷



۱

کلیات، اهداف و تعاریف



۱-۱- مقدمه

روسازی راه‌ها به عنوان بخشی از سازه راه نقش بسیار مهمی در عملکرد و تأمین سطح هموار و ایمن دارد، لذا ساخت روسازی‌های با قابلیت باربری و کیفیت مناسب و همچنین نگهداری آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. در این راستا بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد روسازی‌ها گام مؤثری در افزایش دوام و کیفیت روسازی بوده و می‌تواند صرفه‌جویی در هزینه ساخت و نگهداری روسازی را به همراه داشته باشد. در طرح روسازی‌ها مسئله خرابی ناگهانی مطرح نیست مگر آنکه روسازی بطور صحیح اجرا نشده باشد. چنانچه سازگاری ضوابط و روابط طراحی لایه‌های روسازی با سایر پارامترهای طرح روسازی برقرار باشد و ضوابط و معیارهای پذیرفته شده برای سنجش طرح اجرا شده روسازی صحیح باشند، روسازی باید بتواند در دوره بهره‌برداری بدون آنکه دچار خرابی زودرس شود، اهداف اولیه احداث روسازی را تأمین نماید. بنابراین دلیل بروز انواع خرابی‌های زودرس روسازی‌ها می‌تواند در اثر بروز تغییر در برخی و یا تمامی عوامل ذیل باشد:

- تعداد و نوع وسایل نقلیه عبوری

- نوع و جنس مصالح بستر و روسازی

- شرایط جوی

- شرایط زهکشی

- کیفیت اجرا

- ضوابط و معیارهای طرح و اجرا

- نگهداری

شرایط زهکشی یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر عملکرد روسازی است و این بدلیل تأثیر آب و رطوبت در عملکرد مصالح روسازی است. برای مثال آب موجود در خاک بستر موجب کاهش مقاومت خاک و در نتیجه کاهش قدرت باربری سیستم می‌شود که باید این آب کنترل و دفع شود. یا اینکه حضور آب در هریک از لایه‌های روسازی ممکن است منجر به ایجاد برخی از خرابی‌ها و یا تشدید سرعت شکل‌گیری برخی از خرابی‌های دیگر گردد. در برخی از شرایط حتی حضور آب ممکن است منجر به اضمحلال زودرس روسازی در زمانهای کمتر از چند ماه گردد.

دو هدف اصلی ایجاد سیستم زهکشی مناسب راه‌ها شامل افزایش ایمنی راه و افزایش عمر روسازی می‌باشد، بنابراین در سطح روسازی‌ها باید با آب‌بندی کردن سطح رویه و انتخاب شیب‌های عرضی مناسب سعی شود تا آنجا که ممکن می‌باشد آبهای سطحی ناشی از بارندگی بسمت خارج از راه جریان یافته و سریع‌تر سطح روسازی را تخلیه کند تا مقدار آب کمتری در سیستم روسازی نفوذ نماید. جوی‌ها و کانال‌های کناره راه باید بطور صحیح و اصولی طراحی و ساخته شوند تا آب تخلیه شده به‌سهولت در آنها جریان یابد و وارد سیستم روسازی نگردد.

گاهی لازم است که سطح آب زیرزمینی موجود در طول راه و یا در دامنه تپه‌ها که راه بر روی آن واقع می‌شود پائین آورده شود تا بستر روسازی از حالت اشباع خارج شود. این عمل معمولاً با استفاده از کانال زه‌کشی و قرار دادن لوله‌های زه‌کش در آنها انجام می‌شود. با استفاده از کانال و لوله زه‌کش می‌توان سطح آب زیرزمینی را به میزان قابل توجهی پائین آورد و بستر روسازی را از حالت اشباع خارج نمود.

آب موجود در منابع آب زیرزمینی ممکن است که در اثر وجود خاصیت موئینه در خاک بالا آمده و سبب افزایش رطوبت خاک بستر روسازی شود. آبی که در اثر خاصیت موئینه بالا می‌آید قابل زه‌کشی نیست، لیکن می‌توان با استفاده از یک لایه زهکش مناسب از حرکت ذرات آب بطرف بالا جلوگیری نمود.

معمولاً سعی بر آن است که لایه رویه روسازی‌ها حتی‌الامکان در برابر آب‌های سطحی ناشی از بارندگی غیرقابل نفوذ باشد اما با این حال وجود درزها و ترک‌ها در لایه‌های آسفالتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد بنابراین در مناطقی که میزان بارندگی آنها زیاد است باید لایه اساس، نفوذپذیری کافی داشته باشد تا این لایه بتواند آبهایی که در روسازی نفوذ می‌کند را زهکشی کرده و آنرا به زمین‌های پست مجاور راه یا جوی‌ها و کانال‌های کناره راه هدایت کند.

انباشته شدن آب در لایه‌های زهکشی نشده یا بستر راه سبب می‌شود که در اثر بارگذاری دینامیکی، فشار آب منفذی ایجاد شود که سبب کاهش اصطکاک بین ذرات شده و در نتیجه منجر به کاهش مقاومت برشی می‌گردد.

تا چندی پیش، تصور می‌شد چنانچه در طرح ضخامت، شرایط اشباع در نظر گرفته شود به زهکشی مناسب نیازی نمی‌باشد. با توجه به اینکه در گذشته میزان بارهای ترافیکی و حجم آنها پایین بود، چنین برداشتی صحیح قلمداد می‌شد، اما امروزه وزن و تعداد محورها افزایش یافته است و با لحاظ نمودن شرایط اشباع در طراحی در صورت وجود آب، برخی خرابی‌ها در روسازی بروز می‌نماید. بنابراین باید در صورت وجود آب در روسازی ملاحظات زهکشی رعایت گردند و سیستم زهکشی مناسب طراحی و اجرا گردد.

۱-۲- هدف

زهکشی لایه‌های روسازی نقش مهمی را در دوام روسازی ایفا می‌نماید، ولی شناخت اندک مهندسین روسازی در این زمینه سبب شده است که زهکشی مناسب در روسازی‌ها انجام نگیرد و در نتیجه خسارات بسیار سنگینی به سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در راه‌ها، وارد گردد. سیستم زهکشی مناسب می‌تواند باعث جلوگیری از بروز برخی خرابی‌ها و همچنین افزایش عمر روسازی گردد. بنابراین با توجه به وضعیت طرح و اجرای روسازی در کشور و عمر خدمت‌دهی روسازی‌های کنونی، ضروری است تا سیستم‌های زهکشی مناسبی در روسازی طرح و اجرا شده و لایه‌های روسازی از این لحاظ مورد بررسی قرار گیرند. هدف اصلی این راهنما، آشنایی با انواع روش‌های زهکشی و طرح و اجرای لایه‌های روسازی با سیستم زهکشی مناسب با توجه به شرایط فنی کشور و همچنین بیان نکات اجرایی این روش‌ها می‌باشد.



۱-۳- حوزه کاربرد

این راهنما برای کلیه راه‌های با روسازی‌های آسفالتی کاربرد دارد. این راهنما را می‌توان برای بهسازی و نوسازی راه‌های با روسازی آسفالتی بکار برد.

۱-۴- تعاریف

- تورم حاصل از یخ زدگی

به بالا آمدن سطح روسازی در اثر یخ زدن ذرات آب و تشکیل عدسی‌های یخ در خاک بستر و یا در لایه‌های اساس و زیراساس مستعد، یخ‌زدگی گفته می‌شود.

- بستر زمین طبیعی

سطح زمین طبیعی می‌باشد که عملیات خاکی روی آن صورت می‌گیرد و بایستی دقت نمود که با بستر روسازی^۱ اشتباه نشود.

- بستر روسازی

سطح تمام شده عملیات خاکی راه می‌باشد که لایه‌های روسازی روی آن قرار می‌گیرند.

- لایه زیراساس

قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی معین و به ضخامت مشخص می‌باشد که روی بستر روسازی به منظور تحمل بارهای وارده از لایه‌های بالاتر قرار می‌گیرد. لایه زیراساس باید بتواند آب‌های نفوذی را به نهرهای خارج جسم راه هدایت کند.

- لایه اساس

قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی معین و به ضخامت مشخص می‌باشد که روی بستر روسازی یا روی لایه زیراساس به منظور تحمل بارهای وارده از لایه‌های بالاتر روسازی قرار می‌گیرد. نفوذپذیری لایه اساس به میزان قابل توجهی از لایه زیراساس بیشتر می‌باشد.

- لایه اساس نفوذپذیر

قشری از مصالح سنگدانه‌ای با مشخصات فنی معین و دانه‌بندی باز می‌باشد که برای زهکشی به عنوان یک لایه در روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان نفوذ پذیری این لایه بیشتر از لایه اساس و زیر اساس روسازیهای معمول می‌باشد. این لایه باید بارهای وارده از لایه‌های بالاتر روسازی را نیز تحمل نماید.

- لایه جداکننده (فیلتر)

لایه‌ای که به منظور جداکردن لایه نفوذپذیر (لایه زهکش) با لایه زیر آن به کار می‌رود.

- لایه آسفالتی

روی لایه‌های زیراساس و اساس، لایه‌های آسفالتی قرار می‌گیرد. در روسازیهای معمول لایه آسفالتی در دو یا چند لایه اجرا می‌شود که به لایه‌های زیرین، لایه‌های آستر (بیندر) و به لایه رویه، توپکا اطلاق می‌شود.

- زهکشی سطحی

زهکشی سطحی عملیاتی است که شامل انتقال، هدایت و تخلیه آبهای سطحی ناشی از بارندگی از پوشش نهایی راه و یا آب‌های آزاد جاری از زمین‌های بالادست و مرتفع پیرامون راه می‌شود.

- زهکشی سازه‌ای

سیستم زهکشی سازه‌ای شامل مجموعه اقداماتی برای ممانعت از ورود و حذف سریع رطوبت داخل سازه روسازی با روش‌های گوناگون می‌باشد.

- زهکشی آبهای زیرزمینی

سیستم زهکشی آبهای زیرزمینی شامل مجموعه اقداماتی به منظور کنترل و پایین آوردن سطح آب زیرزمینی می‌باشد.

- زهکشی زیرسطحی

به دو سیستم زهکشی سازه‌ای و زهکشی آبهای زیرزمینی، زهکشی زیرسطحی گویند.

- آب زیرزمینی

آب‌های ناشی از نفوذ باران یا ذوب برفها پس از برخورد به یک لایه غیرقابل نفوذ در فضای خالی بین ذرات خاک تشکیل یک حوضه زیرزمینی را می‌دهند که آنرا آب زیرزمینی گویند.



- سطح آب

تراز فوقانی سطح آب زیرزمینی^۱ به اختصار سطح آب^۲ نامیده می شود.

1 -Ground Water Table

2 -Water Table



۲

معرفی انواع روش‌های زهکشی



۲-۱- مقدمه

در فرآیند طراحی و احداث راه‌ها در نظر گرفتن سیستم زهکشی مناسب، تأثیرگذاری زیادی در ارتقاء سطح کیفی راه به همراه دارد و منجر به حذف سریع آب و همچنین کاهش اثرات مخرب ناشی از وجود آب می‌گردد. در این راهنما، سیستم‌های زهکشی در دو گروه به شرح ذیل طبقه‌بندی می‌شوند:

الف- زهکشی سطحی^۱

ب- زهکشی زیرسطحی (که شامل زهکشی سازه‌ای^۲ و زهکشی آبهای زیرزمینی^۳ می‌باشد).

هدف اصلی زهکشی سطحی تخلیه سریع و مناسب آبهای سطحی می‌باشد. زهکشی زیرسطحی^۴ که شامل زهکشی سازه‌ای و زهکشی آبهای زیرزمینی می‌باشد، شامل مجموعه اقداماتی جهت تخلیه آبهای نفوذی به جسم راه و همچنین پیش‌بینی تدابیری در مواجهه با آبهای زیرزمینی می‌باشد [۱].

حذف سریع آب با استفاده از زهکشی سطحی مناسب منجر به ایجاد ایمنی و استفاده قابل قبول کاربران از راه (جلوگیری از جمع‌شدگی آب و پاشش آب) خواهد شد و همچنین میزان نفوذ آب به داخل روسازی را به حداقل می‌رساند. سیستم زهکشی زیرسطحی مناسب با خارج نمودن آب نفوذی به روسازی و یا پایین آوردن سطح آب زیرزمینی، اثرات مخرب آب بر لایه‌ها را به حداقل می‌رساند و عمر بهره‌برداری روسازی را افزایش می‌دهد. در این فصل انواع سیستم‌های زهکشی معرفی می‌شوند.

۲-۲- زهکشی سطحی

زهکشی سطحی عملیاتی است که شامل انتقال، هدایت و تخلیه آبهای سطحی ناشی از بارندگی از پوشش نهایی راه و یا آب‌های آزاد جاری از زمین‌های بالادست و مرتفع پیرامون راه می‌شود. در این سیستم، آب‌های سطحی را باید به سرعت به خارج از جسم راه هدایت کرد، به طوری که آب فرصت ایستادگی و نفوذ به لایه‌های زیرین را نداشته باشد. نفوذ آب به لایه‌های روسازی و زیرسازی، منجر به بروز برخی خرابی‌ها می‌گردد. تخلیه آب‌های سطحی بطور متعارف توسط شیب طولی و عرضی مناسب راه همراه با احداث کانال‌هایی تأمین می‌گردد [۶].

سیستم‌های زهکشی سطحی راه‌ها عبارتند از:

- 1 - Surface Drainage
- 2 - Structural Drainage
- 3 - Ground Water drainage
- 4 - Subsurface drainage



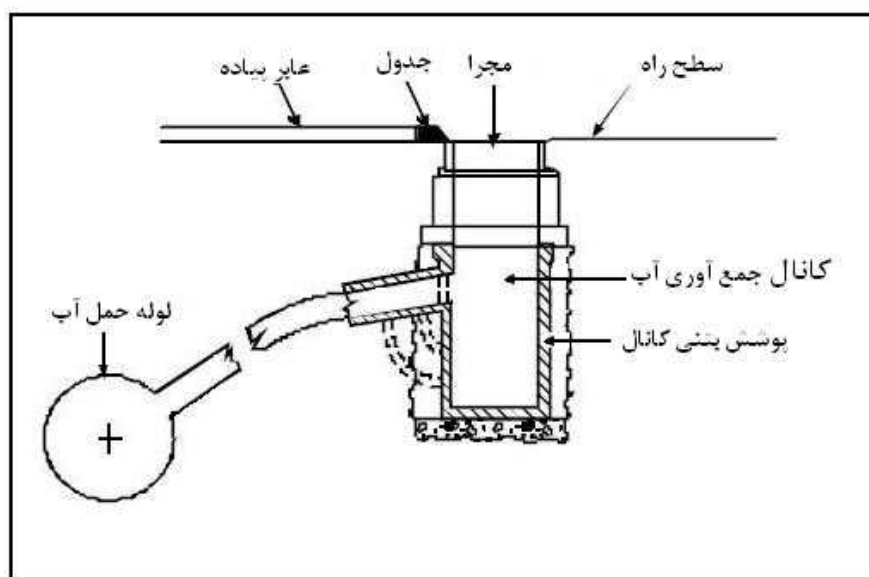
۱-۲-۲- مجرای آب و جدول^۱

زهکشی سطحی راه با مجرا و جدول، معمولاً در مناطق شهری و وضعیت خاکریزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم علاوه بر انتقال آب، جدول نقش حائل ایمن بین سواره‌رو و پیاده‌رو را ایفا می‌نماید. توصیه می‌گردد که از این سیستم برای راه‌های با سرعت‌های بالا استفاده نشود.

جهت تخلیه آب از مجرای این سیستم از لوله‌های طولی استفاده می‌شود که شیب آنها می‌تواند مستقل از شیب طولی راه باشد و این از جمله فواید این سیستم می‌باشد. لوله‌های حمل طولی باید برای تأمین ظرفیت دبی مورد نیاز طراحی و اجرا گردند [۸].



شکل ۱-۲- نمونه‌ای از زهکشی سطحی راه با عنوان مجرا و جدول [۸]



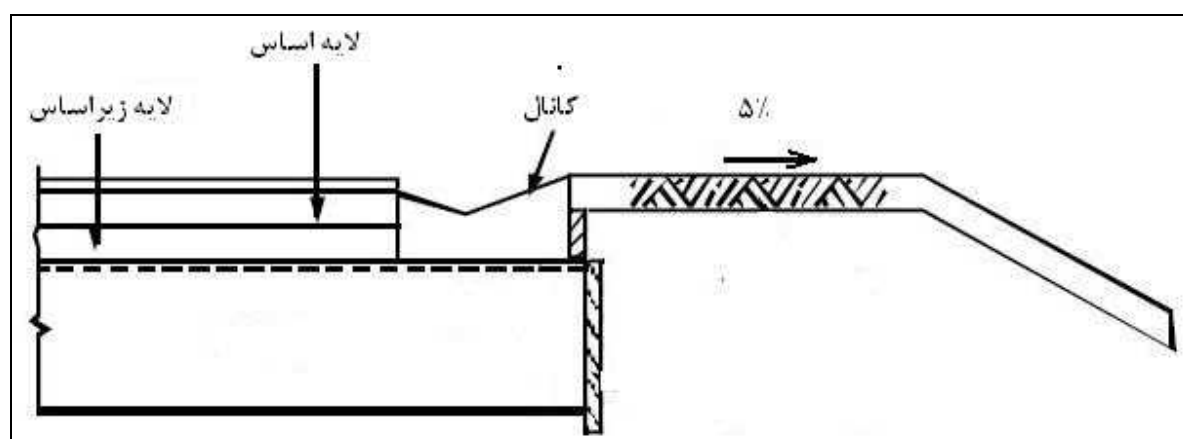
شکل ۲-۲- تصویر شماتیک زهکشی سطحی راه با عنوان مجرا و جدول

۲-۲-۲- کانال آب سطحی^۱

کانال‌های آب سطحی به طور متداول به شکل مقاطع مثلثی یا دوزنقه‌ای بتنی می‌باشند. معمولاً از این کانال‌ها در لبه روسازی استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که برای مسیرهای طولانی فاقد شیب طولی، این نوع سیستم زهکشی سطحی مناسب نمی‌باشد. از مهمترین محاسن این سیستم امکان احداث سریع و نسبتاً ارزان آن می‌باشد. این سیستم زهکشی سطحی قادر می‌باشد حجم زیادی از آب را در مسیر طولانی انتقال دهد و خروجی‌های کانال می‌تواند در فواصل قابل توجهی (دور از یکدیگر) قرار گیرد. این سیستم زهکشی به آسانی قابل تعمیر و نگهداری است و خرابی‌های بوجودآمده در طول سالهای بهره‌برداری و ناشی از عوامل محیطی در آن قابل رفع می‌باشد. در صورت طراحی مناسب کانال، خطرات بهره‌برداری از آن نسبت به دیگر انواع سیستم‌ها نظیر مجرا و جدول کمتر خواهد بود [۸].



شکل ۲-۳- نمونه ای از زهکشی سطحی راه با عنوان کانال سطحی آب [۸]



شکل ۲-۴- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی کانال سطحی [۸].

۲-۲-۲- سیستم زهکش ترکیبی

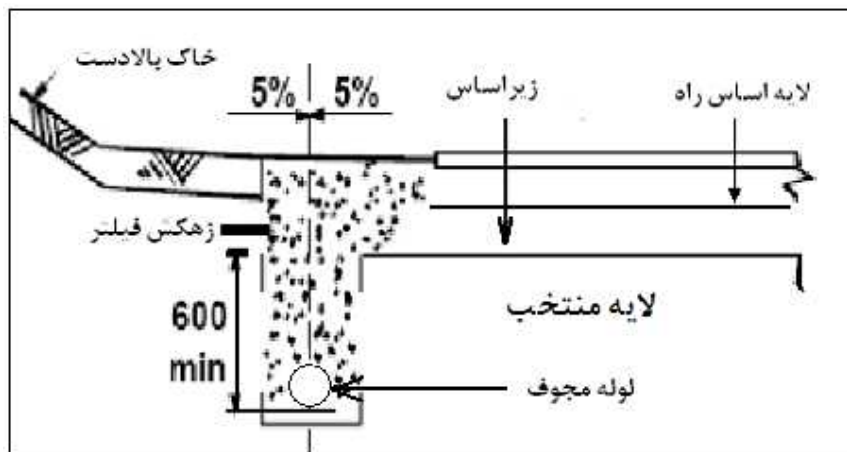
سیستمی است ترکیبی که در آن از یک کانال پر شده توسط مصالح سنگی با دانه بندی باز و لوله ای متخلخل و مجوف استفاده شده است. این سیستم به زهکشی فرانسوی^۱ معروف می باشد. این سیستم برای جمع آوری و هدایت آب های سطحی و زیر سطحی مورد استفاده قرار می گیرد. مصالح سنگی مورد استفاده علاوه بر تأمین نمودن زهکشی مناسب نقش فیلتر را نیز بر عهده دارند. در احداث راه های جدید، ایجاد این سیستم توصیه نمی شود زیرا این سیستم دارای نواقصی به شرح زیر می باشد:

- پخش سنگدانه ها در سطح جاده توسط چرخ وسایل نقلیه.

- عدم مهار لایه‌های خاکریزی و زیراساس به دلیل وجود لایه زهکش در لبه مسیر که در نهایت ممکن است منجر به ضعف سازه‌های مسیر گردد.
- در دراز مدت وجود آب، منجر به نفوذ آب و ایجاد ضعف در لایه‌های زیرین می‌گردد.
- همچنین این سیستم در شرایط دارای مشکلاتی ناشی از وجود سطح بالای آب‌های زیرزمینی، کاربرد دارد و در این سیستم با پایین آوردن تراز آب زیرزمینی مشکلات موجود مرتفع می‌گردد [۸].



شکل ۲-۵- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی ترکیبی (فرانسوی) [۸].



شکل ۲-۶- نمونه شماتیک سیستم زهکشی سطحی ترکیبی (فرانسوی) [۸]

۲-۲-۴- زهکشی سطحی لبه‌ای^۱

این سیستم برای حالت خاکریزی بکار می‌رود، جایی که به آب سطحی اجازه داده می‌شود تا از لبه روسازی از روی خاکریزی جریان یابد و به کناره مسیر یا کانال هدایت شود.

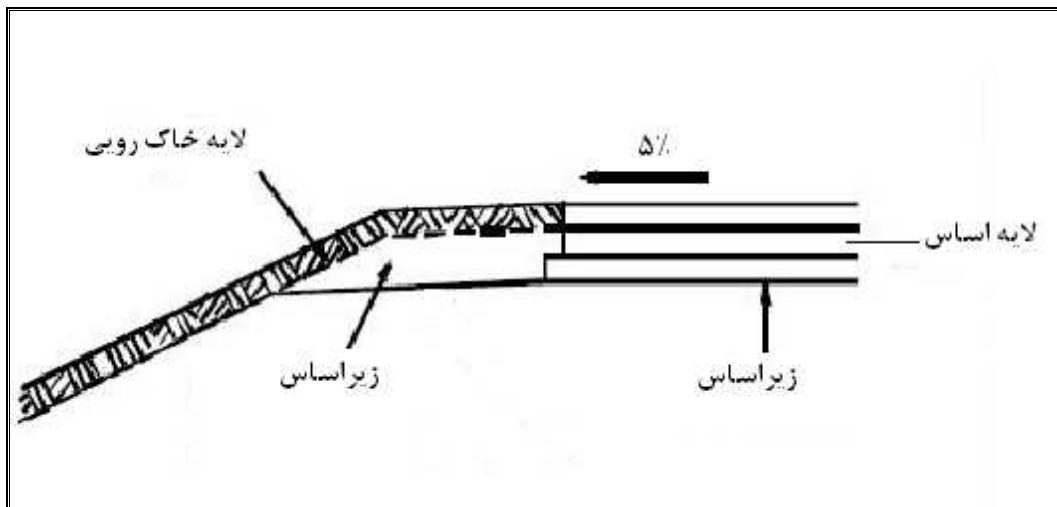
این سیستم زهکشی می‌تواند منجر به فرسایش خاک، لغزش لایه‌ها، نرم شدگی شیب و ناپایداری خاکریزی گردد. بهترین کاربرد این سیستم برای نواحی دارای خاکریزی کم و شیب‌های کم می‌باشد. می‌بایست دقت کرد که در احداث این سیستم بایستی از مصالح دانه‌ای با کیفیت خوب استفاده کرد.

احداث این سیستم در خاکریزی‌هایی که روی مصالح رسی قرار دارند، لای و خاکهای حساس به آب نامناسب می‌باشد. رشد گیاهان هرز بر روی دامنه شیروانی، می‌تواند مانع زهکشی آزاد گردد.



شکل ۲-۷- رشد گیاهان هرز در سیستم زهکشی سطحی لبه‌ای

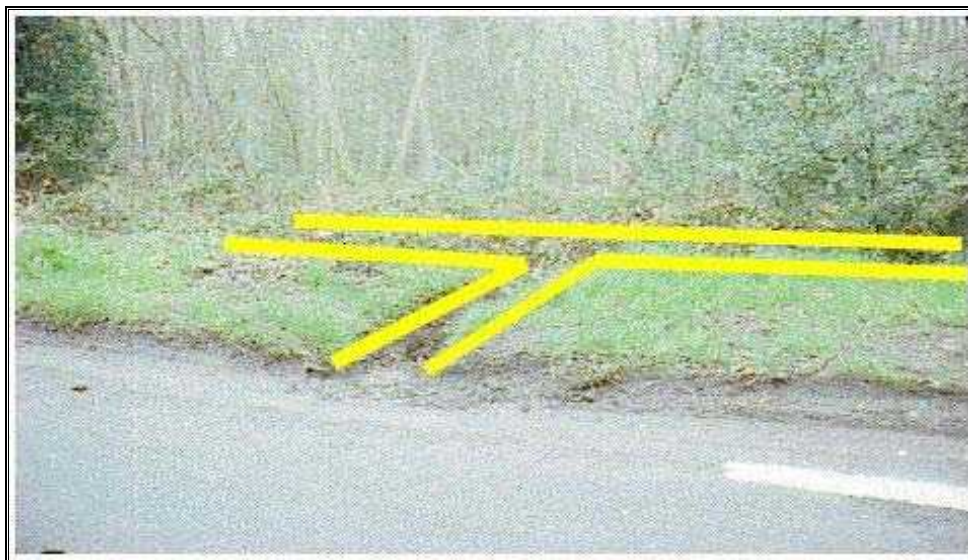
1 -Over-the- edge Drainage



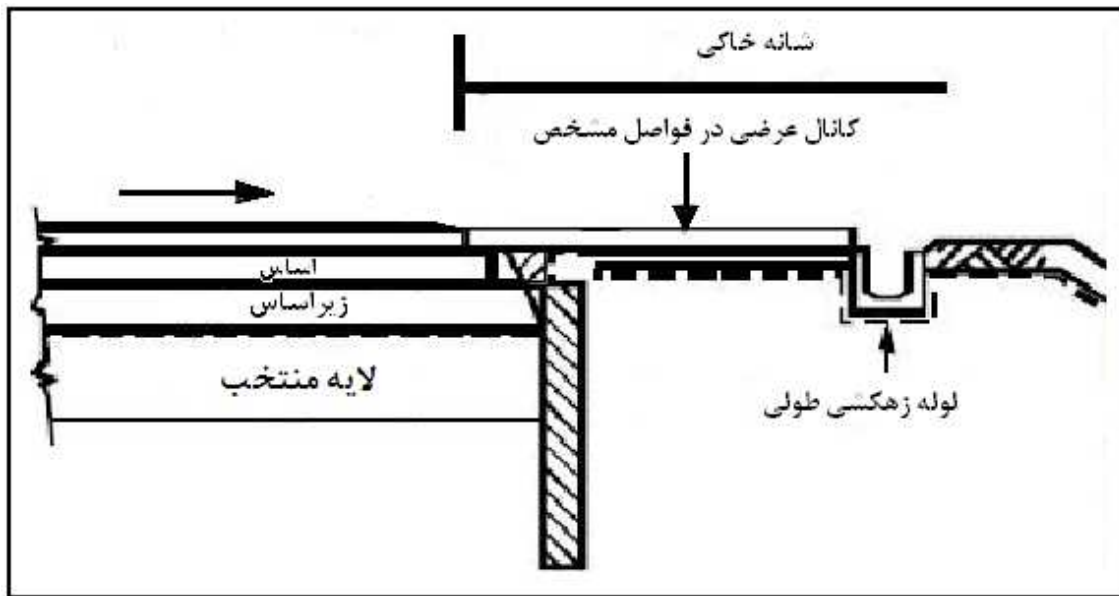
شکل ۲-۸- نمونه سیستم زهکشی سطحی از نوع لبه‌ای [۸]

۲-۲-۵- بلوک‌های کانال زهکش^۱

این سیستم شامل کانال‌های عرضی کوچک در فواصل مشخص می‌باشد که به کانال طولی متصل می‌شوند. ابعاد کانال عرضی و طولی با توجه به میزان رواناب سطحی پیش‌بینی شده طراحی می‌شود. تعمیر و مرمت این سیستم مشکل می‌باشد و نشست سطوح روسازی نشده اطراف کانال عرضی (خاک تثبیت‌نشده که می‌تواند در آن چمن‌کاری شده باشد) از کارایی این سیستم می‌کاهد [۸].



شکل ۲-۹- نمونه واقعی سیستم زهکشی سطحی از بلوکهای کانال زهکش که از علفهای هرز پوشیده شده است [۸].



شکل ۲-۱۰ - نمونه شماتیک سیستم زهکشی سطحی از بلوکهای کانال زهکش [۸].

۲-۲-۶- کانال های زهکشی خطی^۱

این کانال ها شامل لوله های هیدرولیکی زیرسطحی می باشد که به صورت پیش ساخته یا بتن درجا ساخته می شوند که آبهای سطحی از طریق مجرای طولی یا مایل که بالای لوله تعبیه شده، به لوله هدایت می شوند.



شکل ۲-۱۱- نمونه یک سیستم زهکشی سطحی از نوع کانال های زهکشی خطی [۸]

۲-۲-۷- استفاده از یک لایه آسفالت متخلخل برای عملیات زهکشی سطحی

با اجرای یک لایه آسفالت متخلخل که بر روی لایه آسفالتی متداول اجرا می‌گردد، روان‌آب جذب لایه متخلخل شده و بواسطه وجود شیب عرضی به کناره راه (که می‌تواند شامل انواع سیستم‌های طولی هدایت روان‌آب باشد) منتقل گردد. به دلیل درصد فضای خالی زیاد آسفالت متخلخل در این سیستم زهکشی، روان‌آب به خلل و فرج این لایه نفوذ کرده و پس از برخورد با لایه آسفالتی معمولی (عموماً لایه آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته) بواسطه شیب جانبی به کناره‌ها منتقل می‌شود.

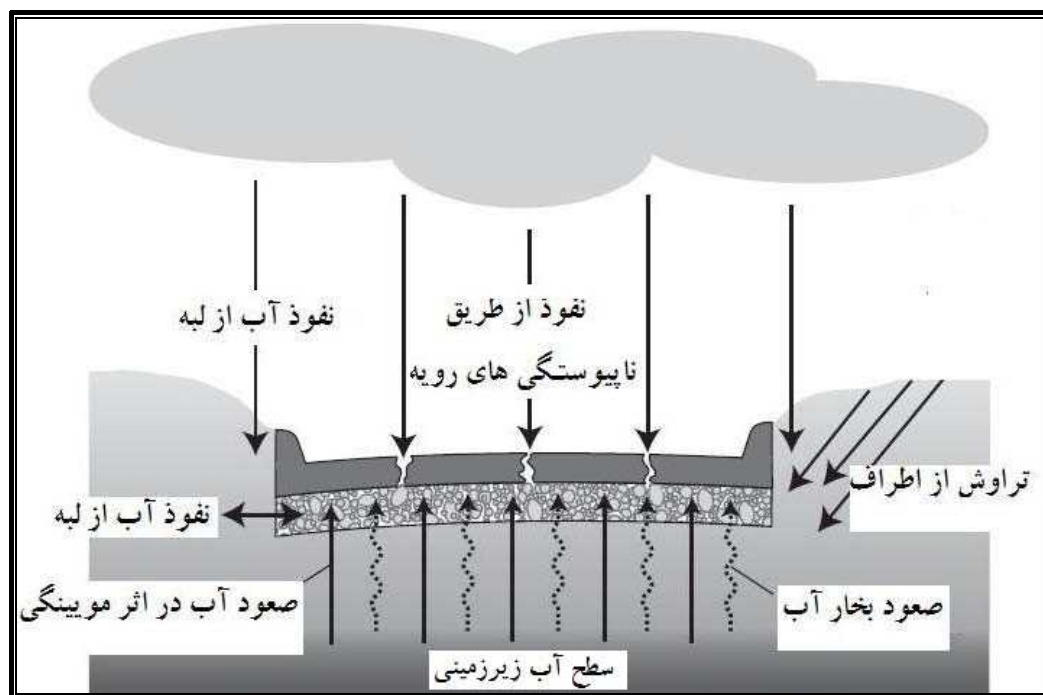


شکل ۲-۱۲- مقایسه نحوه زهکشی دو لایه آسفالت متخلخل (سمت راست تصویر) و آسفالت معمولی (سمت چپ تصویر)

۲-۳- سیستم زهکشی سازه‌ای

همان‌طور که در قسمت‌های قبل تشریح گردید، وجود رطوبت در لایه‌های روسازی غیرقابل اجتناب می‌باشد. در شکل (۲-۱۳) روش‌هایی که آب به لایه‌های روسازی نفوذ می‌کند، نشان داده شده است. سیستم زهکشی سازه‌ای شامل مجموعه اقداماتی برای ممانعت از ورود و حذف سریع رطوبت با روش‌های گوناگون می‌باشد. همچنین در سیستم زهکشی سازه‌ای باید اثرات آبی که در اثر خاصیت موئینگی در خاک‌ها و مصالح ریزدانه بالا می‌آید و قابل زهکشی نیست را در نظر گرفت و با ایجاد لایه مناسب (معمولاً لایه ای که فاقد مواد ریزدانه بخصوص لای باشد مانند لایه شن و ماسه-ای)، مانع صعود بیشتر آب به لایه‌های روسازی شد.





شکل ۲-۱۳- ورود آب از منابع مختلف در سازه راه

۲-۳-۱- اجزاء سیستم زهکشی سازه‌ای

اجزای متداولی که در سیستم زهکشی سازه‌ای وجود دارند عبارتند از: اساس نفوذپذیر^۱، لایه جداکننده^۲، لوله‌های زهکش طولی و خروجی، دیوار محافظ^۳ و کانال کناری. برحسب شرایط مختلف و عملکرد مورد نیاز از این اجزا در سیستم‌های زهکشی سازه‌ای استفاده می‌گردد.

۲-۳-۱-۱- اساس نفوذپذیر

اساس نفوذپذیر یک لایه زهکش دارای مصالح با نفوذپذیری کافی و با دانه‌بندی باز می‌باشد تا آب‌های نفوذی زهکشی شود. نفوذپذیری اساس نفوذپذیر به عواملی نظیر جنس، دانه‌بندی، اندازه درشت‌ترین دانه و میزان تراکم مصالح بستگی دارد. اساس نفوذپذیر در حالت اشباع، باید بتواند ۵۰ درصد آب را در مدت کمتر از دو ساعت تخلیه نماید. وظیفه اصلی اساس نفوذپذیر، حذف آب نفوذی از سطح روسازی به‌وسیله حرکت جانبی آب به سمت لبه روسازی در زمان قابل قبول و همچنین باربری و انتقال بار از لایه‌های بالایی به لایه‌های پایینی می‌باشد. مسیر زهکشی و شیب هیدرولیکی

- 1-Permeable Base
- 2-Separator Layer
- 3-Headwall



بوسیله شرایط هندسی روسازی تعیین می‌شوند. بنابراین، هر جایی که میزان آب ورودی از سطح روسازی (آب‌های سطحی یا آب‌های نفوذی شانه راه) بیشتر از میزان نفوذ آب به بستر باشد، این لایه اساس نفوذپذیر مورد نیاز می‌باشد. اساس نفوذپذیر باید بتواند سه وظیفه زیر را ایفا نماید:

- نفوذپذیری مناسب.
- پایداری کافی برای اجرای لایه بالایی.
- مقاومت کافی برای طراحی سازه‌های روسازی.

۲-۳-۱-۲- لایه جداکننده

در مواردی که لایه اساس از مصالح درشت‌دانه با دانه‌بندی باز تشکیل شده باشد و امکان بالا آمدن دانه‌های ریز لایه زیر آن (لایه زیراساس یا ساب‌گرید) وجود داشته باشد، باید از یک لایه جداکننده (لایه فیلتر) بین لایه اساس و لایه زیرین آن استفاده شود تا ضمن هدایت آب نفوذی از بالا به خارج از بدنه راه، از حرکت دانه‌های ریز لایه زیرین به سمت بالا جلوگیری نماید تا حفرات لایه اساس نفوذپذیر مسدود نگردند.

لایه جداکننده در مقایسه با اساس نفوذپذیر باید به اندازه کافی نفوذناپذیر باشد. این لایه معمولاً از جنس مصالح دانه‌ای (بصورت تثبیت شده یا تثبیت نشده) یا یک لایه زمین‌پارچه (ژئوتکستایل) می‌باشد که بین لایه اساس نفوذپذیر و لایه زیر آن قرار می‌گیرد [۱].

لایه جداکننده مصالح سنگی باید معیارهای جداکنندگی^۱ و یکنواختی^۲ را هم در خصوص لایه اساس نفوذپذیر و هم در خصوص لایه زیر آن، تأمین نماید (نسبت بین مصالح لایه جداکننده با مصالح لایه اساس نفوذپذیر و همچنین با مصالح لایه زیر آن بطور جداگانه کنترل گردد). لایه جداکننده باید به اندازه کافی نفوذناپذیر باشد تا از ورود آب از اساس نفوذپذیر به لایه زیرین (یا لایه ساب‌گرید) جلوگیری نماید (نفوذپذیری کمتر از ۴/۵ متر در روز باشد) و از طرفی اجازه ورود مصالح ریزدانه از لایه ساب‌گرید را ندهد.

لایه جداکننده دارای سه وظیفه اصلی می‌باشد [۲]:

- ایجاد جدایی بین اساس نفوذپذیر و لایه پایین آن برای جلوگیری از تداخل مصالح.
- ایجاد یک لایه نفوذناپذیر که آب را در اساس نفوذپذیر به سمت لبه روسازی هدایت می‌کند.
- داشتن پایداری لازم به جهت عملیات اجرای لایه بالایی.

۲-۳-۱-۳- زمین پارچه‌ها^۱

زمین پارچه‌ها به عنوان یک پوشش درونی و یا بیرونی در سیستم چند لایه‌ای مصالح دانه‌ای درسیستم زهکشی، به عنوان فیلتر یا صافی که از حرکت ذرات معلق خاک پایه جلوگیری می‌نماید.

۲-۳-۱-۴- لوله‌های زهکشی زیرزمینی

این لوله‌ها به عنوان عامل انتقال دهنده و خارج کننده آب از سیستم عمل می‌کنند و در انواع مختلف سفالی، فلزی، پلاستیکی، سیمانی و به اشکال مشبک متخلخل، موجدار و ساده ساخته می‌شوند.

۲-۳-۱-۵- خروجی‌ها

خروجی‌ها، لوله‌های کوتاهی هستند که آب را از زهکش‌های لبه‌ای به نهرهای کناری انتقال می‌دهند.

۲-۳-۱-۶- دیوار محافظ^۲

دیوار محافظ در محل لوله‌های خروجی به منظور جلوگیری از آسیب دیدن آنها در فعالیت‌های نگهداری کناره راه ساخته می‌شوند [۱].

۲-۳-۱-۷- کانال کناری

کانال‌ها به منظور انتقال آب‌های جمع‌آوری شده از لوله‌های خروجی از روسازی حفر می‌شوند [۱].

۲-۳-۲- زهکش لبه‌ای لوله‌ای

زهکش لبه‌ای نوعی زهکشی سازه‌ای می‌باشد که توسط لوله‌های طولی در لبه روسازی آبهای زهکشی شده را به خارج روسازی هدایت می‌کند.

۲-۴- زهکشی آب‌های زیرزمینی^۲

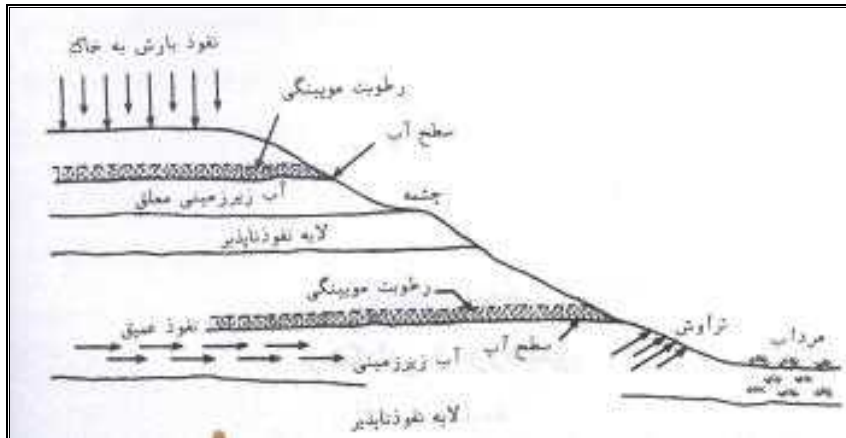
آب زیرزمینی ممکن است مسافت زیادی را در خلل و فرج موجود در خاک بر روی لایه‌های تحتانی غیرقابل نفوذ طی نماید. سطح آب زیرزمینی ممکن است در اثر تغییر فصل، استخراج آب و دفع فاضلاب تغییر کند. میزان تراوش آب هم ممکن است با توجه به فصل تغییر کرده یا ثابت بماند که این موضوع به منشأ آب بستگی دارد [۹].

1-Geotextile

2-Headwall

3- Groundwater Drainage





شکل ۲-۱۴- جزئیات جریان آب زیرزمینی [۹]

۲-۴-۱- موارد نیاز به زهکشی آبهای زیرزمینی

مواردی که نیاز به زهکشی آبهای زیرزمینی می باشد عبارتند از:

۱- بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه

۲- وجود چشمه های فعال یا سطوح تراوش در زیر جاده

۳- نفوذ آبهای سطحی به ساختمان راه از طریق :

- نفوذ از سطح روسازی های نفوذپذیر

- جزیره میانی تخت

- کانال های جانبی

اگر منبع آب در زیر جاده، جزیره میانی یا شیب های جانبی باشد، باید ملاحظات اولیه برای پیشگیری از ورود آب به ساختمان راه در نظر گرفته شود و در غیر این صورت زهکشی روسازی ضروری خواهد بود.

۲-۴-۲- کنترل آب زیرزمینی^۱ :

توجه به سیستم های زهکشی زیرسطحی^۲ که بطور مؤثری آب را از سازه روسازی زهکشی نماید و در نتیجه باعث کاهش اثرات زیان آور آب شوند، بسیار مهم می باشد؛ اگرچه امروزه در ملاحظات مربوط به سیستم های زهکشی تأکید اصلی بر تخلیه و حذف رطوبت نفوذی از سطح به سازه راه می باشد، ولی مشخص گردیده است که کنترل آبهای زیرزمینی، مانند سیستم زهکشی زیرسطحی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد.

1 - Control of Groundwater
2 -Subsurface Drainage Systems

۲-۴-۳- زهکش های جداساز طولی^۱ منفرد و چندتایی

سیستم های متداول زهکشی آبهای زیرزمینی بمنظور پایین آوردن تراز آب زیرزمینی با ایجاد کانال های عمیق و نصب لوله های زهکش بکار گرفته می شوند. هدف نهایی پس از ایجاد و بهره برداری از چنین سیستم هایی پایین آوردن تراز آب زیرزمینی به میزان معینی (حداقل ۱/۲ متر) پایین تر از تراز بستر روسازی موجود است. در این سیستم ها بسته به نیاز از یک یا چند چاه زهکش عمیق به منظور پایین آوردن تراز آب استفاده می کنند [۵].

مراجع

- 1- NCHRP, "Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures", part 3, chater1: drainage, final report, 2004.
- 2- FHWA, construction of pavement subsurface drainage systems (reference manual), January 2002.
- 3- FHWA, highway subsurface design, publication No.FHWA-TS-80-224, 1980.
- 4- AASHTO, Pavement Designe, 1993.
- 5- Yang H . Huang, "Pavement Analysis and Design" University of Kentucky, SECOND EDITIN, 2004.
- ۶- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱)، چاپ سوم، ۱۳۸۵.
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران (نشریه ۲۳۴)، چاپ اول ۱۳۸۱.
- 8-Santi V Santhaligam, "highway drainage systems" Highway agency London, 1999.
- ۹- پژوهشکده حمل و نقل، "راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه آهن و فرودگاه" پاییز ۱۳۸۳.
- 10- Highway Drainage Design, U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, 1990.



۳

خصوصیات اجزاء سیستم‌های زه‌کشی



۳-۱- مقدمه

بررسی عوامل موثر بر زهکشی لایه‌های روسازی وابسته به شناخت خصوصیات مصالح هر یک از لایه‌های روسازی می‌باشد. به همین دلیل در این فصل برخی از خصوصیات و مشخصات مصالح تشکیل دهنده لایه‌های روسازی و عوامل تأثیرگذار در زهکشی لایه‌ها بیان گردید.

۳-۲- سیستم زهکشی سازه‌ای

در این فصل خصوصیات اجزاء سیستم زهکشی سازه‌ای و همچنین مشخصات مصالح تشکیل دهنده آنها بیان می‌گردد.

۳-۲-۱- اساس نفوذپذیر

اساس نفوذپذیر یک لایه زهکش با مقدار نفوذپذیری برابر ۳۰۵ متر در روز و یا بیشتر و با دانه‌بندی باز می‌باشد. حداقل ضخامت اساس نفوذپذیر برابر ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. اساس نفوذپذیر به صورت‌های تثبیت نشده، تثبیت شده با قیر یا سیمان و برحسب نیاز سازه‌ای طراحی و اجرا می‌شود. زمانی که مقاومت و باربری بالایی مورد نیاز باشد، اساس نفوذپذیر تثبیت شده، توصیه می‌گردد. با توجه به اینکه قابلیت زهکشی و همچنین قابلیت باربری لایه اساس نفوذپذیر مهم می‌باشند، بایستی نفوذپذیری این لایه در تعادل با پایداری آنها باشد. پایداری لایه اساس نفوذپذیر برای تأمین اهداف سازه‌ای و عملکرد مطلوب درازمدت روسازی ضروری می‌باشد [۱].

۳-۲-۱-۱- مشخصات کلی مصالح اساس نفوذپذیر (در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده)

مصالح مورد استفاده در اساس نفوذپذیر در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده، باید سخت و بادوام باشند. همه مصالح بایستی در دو وجه شکسته باشند و ترجیحاً باید ۹۸ درصد آنها در دو وجه شکستگی داشته باشند. مقاومت مصالح در برابر سایش لس آنجلس مطابق استاندارد آشتو T 96، بایستی حداکثر برابر با ۴۵ درصد باشد. مصالح گذرنده از الک شماره ۴۰ باید مطابق آزمایش آشتو T90، غیرخمیری باشد. درصد افت وزنی مصالح این لایه در برابر سولفات سدیم و سولفات منیزیم (آزمایش شده مطابق استاندارد آشتو T 104) نباید به ترتیب از ۱۲ و ۱۸ درصد تجاوز نماید [۱]. در جدول ۳-۱، کلیه مشخصات مصالح اساس نفوذپذیر در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده ارائه شده است.



جدول ۳-۱- مشخصات مصالح اساس نفوذپذیر (در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده)

روش های آزمایش		حد مشخصات	شرح	ردیف
ASTM	AASHTO			
C131، C535	T96	حداکثر ۴۵	درصد سایش با روش لوس آنجلس	۱
D5821	-	حداقل ۹۸	درصد شکستگی در دو جبهه	۲
C88	T104	حداکثر ۱۲	درصد افت وزنی با سولفات سدیم	۳
C88	T104	حداکثر ۱۸	درصد افت وزنی با سولفات منیزیم	۴
	B.S.812	حداکثر ۳۵	درصد ضریب تورق مصالح	۵
D4318	T90	غیر خمیری	نشانه خمیری	۶

یکی از عوامل موثر بر تعادل بین نفوذپذیری و پایداری اساس نفوذپذیر در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده ضریب یکنواختی مصالح می باشد. قطر مؤثر (D_{10}) اندازه دانه ای است که ده درصد مصالح از آن ریزتر می باشند. ضریب یکنواختی (C_U) برابر نسبت D_{60}/D_{10} می باشد. این پارامتر بیانگر چگونگی توزیع اندازه ذرات می باشد و مقدار ضریب یکنواختی در مصالح با دانه بندی باز دارای مقادیر پایین برابر ۲ تا ۶ و در مصالح با دانه بندی متراکم دارای مقادیر بالای برابر ۲۰ تا ۵۰ می باشد.

اساس نفوذپذیر در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده، بایستی قادر باشد در برابر مقدار میانگین بارهای در حین احداث مقاومت نماید.

دانه بندی مصالح با C_U بزرگتر از ۴، به عنوان دانه بندی خوب تقسیم بندی می گردد، البته در صورتی که مقادیر مصالح عبوری از الک ۲۰۰، کمتر از ۱۲ درصد باشد [۲]. بنابراین در صورتی که مقدار ضریب یکنواختی کمتر از ۴ باشد، مصالح به لحاظ پایداری افت نموده و ممکن است مشکلاتی در تراکم اساس نفوذپذیر بوجود آید. البته اگر ضریب یکنواختی کمتر از ۴ باشد و یا به دلایل دیگر مصالح اساس نفوذپذیر تثبیت نشده پایداری لازم را فراهم ننمایند، می توان از اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان یا قیر استفاده نمود که در این صورت باید توجه گردد که نفوذپذیری لازمه فراهم گردد.

۳-۱-۲-۳- اساس نفوذپذیر تثبیت نشده

جدول ۳-۲، دانه بندی های توصیه شده به منظور استفاده در اساس نفوذپذیر تثبیت نشده را نشان می دهد [۲].



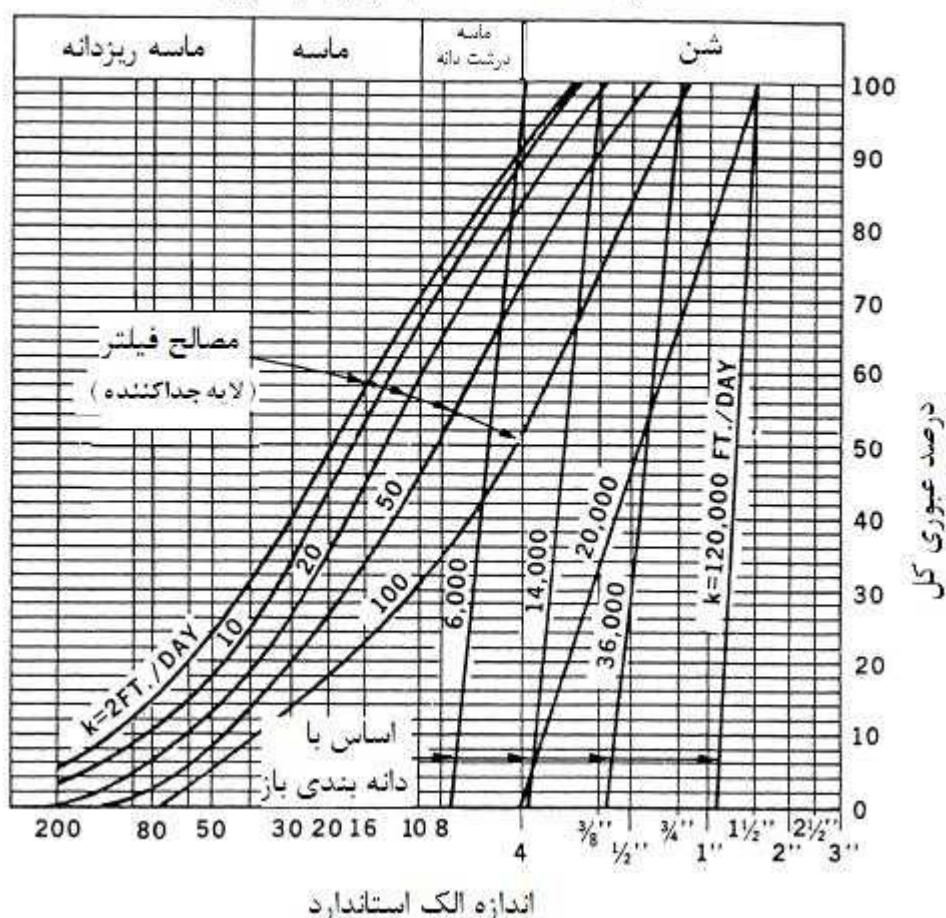
جدول ۳-۲- دانه‌بندی‌های اساسی نفوذپذیر تثبیت نشده [۳].

درصد وزنی رد شده از هر الک					شماره الک	اندازه دانه
دانه‌بندی شماره (۵)	دانه‌بندی شماره (۴)	دانه‌بندی شماره (۳)	دانه‌بندی شماره (۲)	دانه‌بندی شماره (۱)		
		۱۰۰			"	۳۷/۵
۱۰۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	"	۲۵/۰
	۹۰-۱۰۰		۶۵-۱۰۰		"	۱۹/۰
		۶۰-۸۰			"	۱۲/۵
۴۵-۶۵	۲۰-۵۵		۳۵-۷۰		"	۹/۵۰
۱۵-۴۵	۰-۱۰	۴۰-۵۵	۲۰-۴۵		شماره ۴	۴/۷۵
	۰-۵	۵-۲۵		۱۰-۳۵	شماره ۸	۲/۳۶
۰-۲۰			۸-۲۵		شماره ۱۰	۲/۰۰
		۰-۸			شماره ۱۶	۱/۱۸
۰-۱۰			۲-۱۰		شماره ۴۰	۰/۴۲۵
		۰-۵		۰-۱۵	شماره ۵۰	۰/۳۰۰
۰-۵			۰-۳	۰-۶	شماره ۲۰۰	۰/۰۷۵

در شکل ۳-۱ نمودار دانه‌بندی مصالح لایه‌های اساسی نفوذپذیر و همچنین لایه جداکننده به همراه نفوذپذیری آنها ارائه شده است.



ضرایب نفوذپذیری بر حسب فوت بر روز می باشد که معادل با ۰/۰۰۰۰۳۵ سانتیمتر بر ثانیه می باشد



شکل ۳-۱ - نفوذپذیری خاکها با دانه بندیهای مختلف [۸].

۳-۱-۲-۳- اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر (ATPB)^۱

قیر مورد استفاده باید به میزانی باشد که حداقل فروریزش^۱ اتفاق بیفتد و سطح مصالح را اندود نماید. میزان قیر برابر ۳ درصد وزن مصالح خشک با رواداری مجاز برابر ۵٪ ± درصد مورد استفاده قرار می گیرد. میزان چسبندگی و ضخامت فیلم قیر روی مصالح در دوام لایه اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر، مهم می باشند. از قیرهای با درجه نفوذ پایین تر مانند ۴۰-۵۰ و ۶۰-۷۰ می توان در اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر استفاده نمود. توصیه می گردد که از افزودنی هایی به منظور جلوگیری از عریان شدگی آسفالت، استفاده شود.

دانه بندی توصیه شده برای اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر مطابق جدول ۳-۳ می باشد.

جدول ۳-۳- دانه‌بندی اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر (۲)

اندازه الک (میلیمتر)	شماره الک	درصد عبوری
۲۵/۰	۱"	۱۰۰
۱۹/۰	۰/۷۵"	۹۵-۱۰۰
۱۲/۵	۰/۵"	۸۵-۱۰۰
۹/۵	۰/۳۷۵"	۶۰-۹۰
۴/۷۵	شماره ۴	۱۵-۲۵
۲/۳۶	شماره ۸	۲-۱۰
۰/۰۷۵	شماره ۲۰۰	۰-۵

باید توجه نمود که لایه اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر دارای نفوذپذیری کمتری نسبت به مصالح اساس نفوذپذیر تثبیت نشده می‌باشد و میزان کاهش نفوذپذیری مصالح لایه اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر نسبت به مصالح اساس نفوذپذیر تثبیت نشده، حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد.

۳-۲-۱-۴- اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان

این نوع اساس معمولاً برای روسازی‌های صلب (بتنی) استفاده می‌شود. نسبت سیمان به آب استفاده شده به منظور تأمین حداقل کارایی از طریق بازرسی چشمی انتخاب می‌شود. دانه‌بندی این لایه باید قادر باشد تا آب را با نفوذپذیری حداقل ۳۰۵ متر بر روز (۱۰۰۰ فوت در روز) از خود عبور دهد [۱]. حداقل مقدار سیمان مورد استفاده برابر ۱۱۲ تا ۱۶۷ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد.

دانه‌بندی قابل استفاده در اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان مطابق جداول ۳-۴ و ۳-۵ پیشنهاد می‌گردند.

جدول ۳-۴- دانه‌بندی شماره (۱)

اندازه الک (میلی متر)	شماره الک	درصد عبوری
۳۷/۵	۱/۵"	۱۰۰
۲۵/۰	۱"	۹۵-۱۰۰
۱۲/۵	۰/۵"	۲۵-۶۰
۴/۷۵	شماره ۴	۰-۱۰
۲/۳۶	شماره ۸	۰-۵

جدول ۳-۵- دانه بندی شماره (۲)

اندازه الک (میلی متر)	شماره الک	درصد عبوری
۲۵/۰	۱"	۱۰۰
۱۹/۰	۰/۷۵"	۹۰-۱۰۰
۹/۵۰	۰/۳۷۵"	۲۰-۵۵
۴/۷۵	شماره ۴	۰-۱۰
۲/۳۶	شماره ۸	۰-۵

۳-۲-۲- لایه جداکننده (لایه فیلتر)

۳-۲-۲-۱- مشخصات مصالح لایه جداکننده

اگر از مصالح دانه‌ای به‌عنوان لایه جداکننده استفاده شود، مصالح بایستی سخت و بادوام باشند. حداقل ۹۸ درصد از مصالح مانده روی الک شماره ۴ در دو وجه دارای شکستگی باشند. مقاومت در برابر سایش آزمایش لس آنجلس مطابق آشتو T96، نباید از ۵۰ درصد تجاوز نماید. افت وزنی مصالح در برابر سولفات سدیم یا سولفات منیزیم مطابق با آشتو T104، نبایستی به ترتیب از ۱۲ یا ۱۸ درصد تجاوز نماید. مصالح عبوری از الک شماره ۴۰ مطابق آشتو T90، غیر خمیری باشند [۱].

توصیه شده است که حداقل ضخامت لایه جداکننده برابر ۱۰ سانتی‌متر باشد [۳].

در جدول ۳-۶ کلیه مشخصات مصالح لایه جداکننده ارائه شده است.

جدول ۳-۶- مشخصات مصالح لایه جداکننده

ردیف	شرح	حد مشخصات	روش‌های آزمایش	
			ASTM	AASHTO
۱	ارزش ماسه‌ای پس از کوبیدگی	حداقل ۴۰	D2419	T176
۲	درصد سایش با روش لوس آنجلس	حداکثر ۵۰	C131, C535	T96
۳	درصد شکستگی در دو جبهه - مانده روی الک	حداقل ۹۸	D5821	-
۴	درصد افت وزنی با سولفات سدیم	حداکثر ۱۲	C88	T104
۵	درصد افت وزنی با سولفات منیزیم	حداکثر ۱۸	C88	T104
۶	درصد ضریب تورق مصالح	حداکثر ۳۵		B.S.812
۷	نشانه خمیری	غیر خمیری	D4318	T90



۳-۲-۲-۲- دانه بندی لایه جداکننده

دانه بندی این لایه باید به گونه ای باشد که حداکثر دارای نفوذپذیری برابر $4/5$ متر در روز باشد و کمتر از ۱۲ درصد وزنی مصالح از الک شماره ۲۰۰ عبور نماید، پیشنهاد می شود از اساس متداول با دانه بندی پیوسته به عنوان فیلتر استفاده گردد. دانه بندی مطابق جدول ۳-۷، برای لایه جداکننده پیشنهاد می شود. دانه بندی پیشنهادی برای لایه جداکننده تقریباً در محدوده دانه بندی شماره ۴ اساس در نشریه شماره ۲۳۴ قرار می گیرد [۲].

جدول ۳-۷- دانه بندی پیشنهادی برای لایه جداکننده

اندازه الک (میلی متر)	شماره الک	درصد عبوری
۳۷/۵	۱/۵"	۱۰۰
۱۹/۰	۰/۷۵"	۵۵-۹۰
۴/۷۵	شماره ۴	۲۵-۶۰
۰/۳۰۰	شماره ۵۰	۵-۲۵
۰/۰۷۵	شماره ۲۰۰	۳-۱۲

۳-۲-۳- زمین پارچه ها^۱

زمین پارچه ها باید از الیاف مقاوم و بادوام پلیمری مانند پلی استر، پلی پروپیلن به شکل بافته یا نبافته تهیه شوند و به طور کامل فاقد هر نوع روکش و یا اندودی باشند تا موجب تغییر خواص فیزیکی و عملکرد مناسب تراوایی آنها نگردد. زمین پارچه ها باید از استحکام کافی برخوردار بوده و دستورات عملی های سازنده آنها به منظور حفاظت و جلوگیری از آسیب دیدگی های وارده به آنها در جریان جابه جایی و نصب رعایت شود. زمین پارچه ها هیچ گاه نباید در معرض مستقیم آفتاب و اشعه ماوراء بنفش و دمای بیش از ۶۰ درجه سانتیگراد، گرد و غبار، گل و خاشاک و به طور کل مواردی که موجب تغییر خواص فیزیکی و مقاومتی و دوام آنها می شود، قرار گیرند. قطر سوراخ های زمین پارچه باید به اندازه ای باشد تا از حرکت ذرات ریز و معلق خاک پایه جلوگیری نموده و در نتیجه مانع فرسایش خاک گردد و در عین حال مساحت سطوح باز و یا سوراخ های آنها مقدار آب پیش بینی شده را عبور دهد و به عنوان سد یا حایلی عمل نکنند که خاصیت تراوایی زمین پارچه از تراوایی خاک پایه کمتر شود.

زمین پارچه باید از نظر شیمیایی کیفیتی داشته باشد که در تمام دوره بهره برداری و عملکرد خود به عنوان یکی از اجزاء تشکیل دهنده زهکشی، بادوام و مقاوم باقی بماند. سوراخ ها و منافذ زمین پارچه می تواند یکنواخت و یا غیر یکنواخت باشد ولی ابعاد آن نباید در برابر فشارهای عمودی وارده به سطح زمین پارچه تغییر کند. در برخی از شرایط، لازم است



زمین پارچه خاصیت شکل پذیری و الاستیک داشته باشد تا بتواند در مقابل تنش های موضعی قابل ملاحظه و پیش بینی نشده، مقاومت نمایند. زمین پارچه ها باید باتوجه به شرایط عمومی و اختصاصی هر پروژه و شناخت و برآورد عوامل و مشکلات اجرایی پیش بینی نشده، انتخاب شود. از مصرف زمین پارچه های معیوب، ناقص، پاره و نیز فرآورده هایی که مدت زیادی در محوطه باز و زیر آفتاب مستقیم انبار شده باشند، باید مطلقاً خودداری شود.

۳-۲-۳-۱- خواص شیمیایی

۱- الیاف مصرفی برای تولید زمین پارچه باید از نوع پلیمرهای صنعتی با فرمول شیمیایی زنجیری بوده و حداقل ۸۵ درصد وزن آن از پلی اولفین، پلی استر یا آمید تشکیل شده باشد. این الیاف وقتی که در معرض اشعه ماوراء بنفش قرار می گیرند باید مقاوم و بادوام باشند.

۲- زمین پارچه ها بلافاصله بعد از تولید نباید بیش از ۳۰ روز در معرض تابش خورشید و اشعه ماوراء بنفش قرار گیرند، مگر آنکه با خاک یا سنگ یا بتن پوشیده شوند.

۳-۲-۳-۲- خواص فیزیکی

بر حسب اینکه زمین پارچه در چه شرایطی مورد مصرف قرار می گیرد، ویژگی های آن در مقابل پارگی و گسیختگی و غیره باید مطابق مشخصات آشتو M288 باشد.

۳-۲-۳-۳- سایر معیارها

در صورت لزوم سایر معیارهای مورد نظر برای زمین پارچه های مصرفی در هر پروژه، علاوه بر رعایت الزامی مشخصات کلی آشتو M288 باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۳-۲-۴- لوله های زهکشی زیرزمینی

این لوله ها به عنوان عامل انتقال دهنده و خارج کننده آب از سیستم عمل می کنند و در انواع مختلف سفالی، فلزی، پلاستیکی، سیمانی و به اشکال مشبک متخلخل، موجدار و ساده ساخته می شوند. لوله ها باید دارای مقاومت کافی بوده و در شرایط محیطی و شیمیایی محل پروژه از جمله در برابر املاح موجود در خاک و آب، خوردگی و یخبندان از دوام کافی برخوردار باشند. قطر لوله ها، ابعاد و اندازه سوراخ ها و نیز عرض شکاف و درز اتصال آنها باید به گونه ای باشد که میزان آبی که باید از آنها عبور کند متناسب بوده و علاوه بر آن سنگدانه های فیلتر روی لوله ها به داخل سوراخ ها منتقل نشوند. داکت ها نیز که برای حفاظت محل خروجی آب در مقابل خسارات احتمالی وارده عمل می کنند، باید در برابر کلیه



شرایط و تأثیرات محیطی و نیز بار وارده به آنها در دوره نگهداری محافظت شده و مقاومت لازم را داشته باشند. وقتی که از لوله‌های پلاستیکی برای داکتها استفاده می‌شود، باید از تأثیر مستقیم تابش آفتاب و اشعه ماوراء بنفش، کاملاً حفاظت شوند [۶].

لوله‌های مصرفی در زهکشی عمیق باید با یکی از استانداردهای مشروحه ذیل منطبق باشند.

- لوله‌های فلزی آهنی یا فولادی موجدار آشتو 90 - M 36
- لوله‌های سفالی با مقاومت زیاد آشتو 89 - M 65
- لوله‌های مشبک بتنی آشتو 89 - M 175
- لوله‌های متخلخل سیمانی آشتو 87 - M 176
- لوله‌های بتنی آشتو 87 - M 178
- لوله‌های سفالی آشتو 84 - M 179
- لوله‌های موجدار آلومینیومی آشتو 90 - M 196
- لوله‌های آلومینیومی آشتو 88 - M 197
- لوله‌های ترموپلاستیک و پلی اتیلن موجدار آشتو 90 - M 252

مراجع

- 1- NCHRP, "Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures", part 3, chapter 1: drainage, final report, 2004.
- 2- FHWA, construction of pavement subsurface drainage systems (reference manual), January 2002.
- 3- FHWA, highway subsurface design, publication No. FHWA-TS-80-224, 1980.
- 4- AASHTO, Pavement Designe, 1993.
- 5- Yang H . Huang, "Pavement Analysis and Design" University of Kentucky, SECOND EDITIN, 2004.
- ۶- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱)، چاپ سوم، ۱۳۸۵.
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴)، چاپ اول ۱۳۸۱.
- 8- Santi V Santhaligam, "highway drainage systems" Highway agency London, 1999.
- ۹- پژوهشکده حمل‌ونقل، "راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه" پاییز ۱۳۸۳.
- 10- Highway Drainage Design, U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, 1990.



۴

طراحی سیستم های زهکشی



۱-۴- طراحی سیستم زهکشی سطحی

به منظور طراحی سیستم زهکشی سطحی می توان از روابط زیر استفاده نمود.

۱-۱-۴- محاسبه میزان رواناب سطحی

میزان رواناب سطحی توسط رابطه (۱-۴) قابل محاسبه است:

$$Q = 0.278 C \times I \times A \quad (1-4)$$

که در این رابطه شدت بارندگی (I)، بر حسب میلیمتر در ساعت، مساحت حوضه آبریز (A) بر حسب کیلومتر مربع و (C) ضریب رواناب سطحی می باشند.

۲-۱-۴- محاسبه ابعاد کانال

ابعاد کانال با توجه به دبی روان آب ورودی به آن از رابطه مانینگ رابطه (۲-۴) قابل محاسبه است.

$$N_e = N \times WLQ = \frac{1}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \quad (2-4)$$

در این رابطه:

A : سطح مقطع کانال ذوزنقه ای به مترمربع

R : شعاع هیدرولیکی که حاصل تقسیم مساحت بر محیط کانال می باشد.

S : شیب طولی کانال به درصد

n : ضریب زبری مانینگ می باشد (مقدار n را می توان از جدول ۹-۷ آیین نامه طرح هندسی راههای ایران- نشریه ۱۶۱ انتخاب نمود).

در طرح جوی ها باید دقت شود که همواره بالاترین سطح آب در آنها از پایین ترین قسمت روسازی پایین تر باشد. در غیر این صورت آب درون جوی ها بداخل روسازی نفوذ کرده و سبب خرابی روسازی خواهد شد.

۳-۱-۴- شیب بندی عرضی

متداول ترین روش برای تخلیه آب های سطحی، هدایت آنها از روی شانه ها به کانال ها یا جداول کناری است. مقادیر متداول شیب های عرضی مورد استفاده برای روسازی، شانه و کانال های جانبی، در جدول (۱-۴) آمده است.



جدول ۴-۱- مقادیر معمول شیب‌های عرضی مورد استفاده برای روسازی، شانه و کانال‌های جانبی [۸]

شیب	شرح
درصد	
۳ - ۱/۵	سواره‌رو
۶ - ۴	شانه
۵۰ - ۲۵	کف کانال

۴-۲- طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای

به منظور طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای باید مراحل طراحی طی شود به همین دلیل فرایند طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای در نمودار ۴-۱، بیان شده است. باید توجه گردد که طرح زهکش سازه ای مستقل از طرح ضخامت روسازی است. البته در طرح روسازی باید دقت لازم در انتخاب ضرایب زهکشی لایه های اساس و زیر اساس مطابق با نشریه ۲۳۴ و مشخصات مصالح استفاده شده در نظر گرفت.

۴-۲-۱- ضرورت وجود سیستم زهکشی سازه‌ای

اولین گام در تعیین سیستم زهکش سازه‌ای، معین نمودن میزان ضرورت زهکشی سازه‌ای برای راه‌ها می‌باشد. پارامترهایی مانند میزان ترافیک سنگین، وضعیت آب و هوایی، شرایط بستر طبیعی مانند میزان نفوذپذیری و مقدار مصالح ریزدانه، حساسیت مصالح روسازی به رطوبت و سایر پارامترها، عواملی هستند که باید در تشخیص میزان ضرورت سیستم زهکشی لحاظ گردند.

اگر تعدادی گزینه برای انتخاب سیستم زهکشی سازه‌ای وجود داشته باشد آنگاه بایستی براساس اصل هزینه- منفعت نسبت به احداث سیستم زهکشی سازه‌ای تصمیم‌گیری نمود. به صورت ایده‌آل نیاز به سیستم زهکشی سازه‌ای بایستی براساس تحلیل هزینه- منفعت که در آن منفعت (شامل افزایش عمر روسازی، کاهش هزینه های نگهداری) می باشد و بایستی بزرگتر از هزینه (شامل نصب و نگهداری سیستم) باشد.

تا به امروز رابطه معین و دقیقی برای میزان ضرورت این نوع زهکشی‌ها برای انواع راه‌ها ارائه نشده است ولی با توجه به جدول ۴-۲، میزان ضرورت زهکشی برای یک راه با توجه به شرایط آب و هوایی، میزان ترافیک و شرایط بستر بیان شده است.

در جدول ۴-۲، به منظور تعیین شرایط آب و هوایی از معیارهای زیر استفاده می‌شود.

شرایط مرطوب: بارش سالانه < ۵۰۸ میلی‌متر

شرایط خشک : بارش سالانه ≥ ۵۰۸ میلی‌متر

شرایط یخبندان: شاخص یخبندان سالانه < ۸۳ درجه سانتیگراد-روز



جدول ۴-۲ - ضرورت بکارگیری سیستم زهکشی سازه‌های [۱]

بیشتر از ۱۲ میلیون وسیله نقلیه سنگین در خط طرح در ۲۰ سال		بین ۲/۵ تا ۱۲ میلیون وسیله نقلیه سنگین در خط طرح در ۲۰ سال		کمتر از ۲/۵ میلیون وسیله نقلیه سنگین در خط طرح در ۲۰ سال		شرایط آب و هوایی			
ضریب نفوذ پذیری بستر، متر بر روز - (روش آشتو T 215) برای مصالح دانه‌ای روش گروه مهندسی ارتش آمریکا- EM-110-2-1906 برای مصالح ریزدانه									
بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	کمتر از ۳	بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	کمتر از ۳	بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	کمتر از ۳	
عدم نیاز	عدم نیاز	بسته به شرایط	بسته به شرایط	لازم	لازم	بسته به شرایط	لازم	لازم	مرطوب- یخبندان
عدم نیاز	عدم نیاز	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	لازم	بسته به شرایط	لازم	لازم	مرطوب- غیر یخبندان
عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	بسته به شرایط	بسته به شرایط	خشک- یخبندان
عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	بسته به شرایط	خشک- غیر یخبندان

عدم نیاز: در چنین شرایطی سیستم زهکشی سازه‌های مورد نیاز نمی‌باشد. با این وجود در مواردی که شیب طولی زمین خیلی کم بوده، خم‌ها کاسه‌ای و در صورت وجود مصالح حساس به رطوبت، باید تمهیدات لازم لحاظ شود.

لازم: در چنین شرایطی در نظر گرفتن سیستم زهکشی سازه ای برای غلبه بر مشکلات ناشی از رطوبت ضرورت دارد.

بسته به شرایط: در چنین شرایطی باید با توجه به عواملی مانند سابقه عملکرد روسازی‌ها در شرایط مشابه، اصل هزینه- منفعت و میزان دوام و فرسایش مصالح، تصمیم لازم اتخاذ گردد.

۴-۲-۲-۴- طراحی هیدرولیکی سیستم اساس نفوذپذیر

طراحی اساس نفوذپذیر بر اساس فرضیات زیر انجام می‌شود:

- آب تا زمانی که لایه اساس اشباع می‌شود به داخل آن نفوذ می‌نماید.

- پس از اشباع شدن لایه اساس، آب اضافی وارد آن نمی‌گردد.

- بعد از توقف بارش، آب از طریق لوله‌های خروجی یا مستقیماً از اساس نفوذپذیر به کانال وارد می‌شود.

روش طراحی هیدرولیکی اساس نفوذپذیر بر مبنای تعیین زمان زهکشی می‌باشد. در این روش زمان مورد نیاز برای زهکشی لایه اساس نفوذپذیر از وضعیت سیلابی اولیه تا یک درجه اشباع قابل قبول محاسبه می‌شود. معمولاً مبنای این است که اساس نفوذپذیر بایستی طوری طراحی شوند که ۵۰ درصد آب قابل زهکشی، تقریباً در مدت دو ساعت تخلیه شود. بر این اساس، کیفیت زهکشی اساس نفوذپذیر از عالی تا ضعیف تعیین می‌شود. جدول (۴-۳) طبقه‌بندی کیفیت زهکشی اساس نفوذپذیر را ارائه نموده است.



جدول ۴-۳- کیفیت زهکشی اساس نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰ درصد آب قابل زهکشی

کیفیت زهکشی	زمان زهکشی
عالی	۲ ساعت
خوب	۱ روز
متوسط	۷ روز
ضعیف	۱ ماه
خیلی ضعیف	بدون انجام زهکشی

توصیه می‌شود در راه‌های بین شهری و آزادراه‌ها، تخلیه ۵۰ درصد از آب قابل زهکشی در زمان دو ساعت انجام شود. ورودی‌های روش طراحی زمان زهکشی شامل طراحی اولیه روسازی، خصوصیات مصالح، هندسه راه (شیب عرضی، شیب طولی و پهنای خط عبور)، ضخامت اساس نفوذپذیر، دانه بندی و میزان نفوذپذیری مصالح اساس نفوذپذیر می‌باشد.

با استفاده از این ورودی‌ها، پارامتر زمان زهکشی برای هر درجه از زهکشی محاسبه می‌شود. طراحی نهایی بر مبنای این اطلاعات انتخاب می‌شود. در ادامه روند طراحی زمان زهکشی به صورت مرحله به مرحله بیان می‌گردد.

- ۱- فرض نمودن درجه مطلوب زهکشی برای وضعیت راه‌های معمولی، $U=0.5$.
- ۲- انتخاب مقدار ضخامت اساس نفوذپذیر (H).
- ۳- تعیین ضریب نفوذپذیری (k) مصالح اساس پیشنهادی از طریق انجام تست‌های آزمایشگاهی. معمولاً نفوذپذیری اساس نفوذپذیر باید برابر ۳۰۵ متر در روز یا بزرگتر باشد.
- ۴- محاسبه طول معادل حرکت آب (L_R) و شیب معادل (S_R) از روابط (۳-۴) و (۴-۴) قابل محاسبه می‌باشد:

$$L_R = W \left[1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3-4)$$

$$S_R = (S_x^2 + S^2)^{1/2} \quad (4-4)$$

که در آن:

S: شیب طولی (درصد)

Sx: شیب عرضی (درصد)

W: پهنای اساس نفوذپذیر (متر) می‌باشند.



۵- تعیین تخلخل (N) و تخلخل مؤثر (N_e) مصالح اساس با توجه به مقدار وزن مخصوص واقعی (G_{sb}) و دانسیته خشک (γ_d) بر حسب کیلو نیوتن بر متر مکعب و ضریب افت هد آب (WL).

$$N = \left(1 - \frac{\gamma_d}{9.81 * G_{sb}} \right) \quad (۵-۴)$$

$$N_e = N \times WL \quad (۶-۴)$$

ضریب افت هد آب برای اساس نفوذپذیر، تابعی از نوع و مقدار مصالح ریزدانه موجود در اساس می‌باشد و می‌تواند از جدول (۴-۴) بدست آید.

جدول ۴-۴- مقدار ضریب افت هد آب بصورت درصدی از کل آب [۱]

نوع و مقدار مصالح ریزدانه										
رس ^۳			لای ^۲			پرکننده ^۱				
%۱۰	%۵	%۲.۵	%۱۰	%۵	%۲.۵	%۱۰	%۵	%۲.۵		
۱۰	۳۰	۴۰	۲۰	۴۰	۶۰	۴۰	۶۰	۷۰	شن	نوع
۸	۱۸	۲۵	۱۵	۳۵	۵۰	۳۵	۵۰	۵۷	ماسه	مصالح

توجه شود در جدول ۴-۴ :

- منظور از مصالح ریزدانه، مصالح گذرنده از الک شماره ۲۰۰ می‌باشند.
 - برای مصالح شنی با مقدار صفر درصد ریزدانه، ضریب افت هد آب برابر ۸۰ درصد می‌باشد.
 - برای مصالح ماسه با صفر درصد مصالح ریزدانه، ضریب افت هد آب برابر ۶۵ درصد می‌باشد.
- ۶- با استفاده از رابطه (۷-۴) زمان مورد نیاز جهت حذف ۵۰ درصد از آب قابل زه‌کشی از اساس نفوذپذیر اشباع تعیین می‌گردد. چنانچه زمان بدست آمده مطلوب نباشد، با فرضیات جدید محاسبات تکرار می‌گردد.

- 1-Filler
- 2- Silt
- 3- Clay



$$t_{50} = \frac{N_e L^2 R}{2k(S_R L_R + H)} \quad (۷-۴)$$

به منظور انتخاب درست مصالح لایه اساس نفوذپذیر، توصیه می‌گردد با روابط (۸-۴) و (۹-۴) مقدار نفوذپذیری تقریبی کنترل گردد:

مولتون رابطه تجربی (۸-۴) را برای محاسبه نفوذپذیری لایه‌های زهکش و فیلتر ارائه نمود [۸]:

$$q_d = 0.7WHN_e U \frac{1}{t_D} k = \frac{6.214 \times 10^5 (D_{10})^{1.478} (N)^{6.654}}{(P_{200})^{0.597}} \quad (۸-۴)$$

که در آن:

K: نفوذپذیری (فوت در روز)

D₁₀: اندازه مؤثر مصالح (میلیمتر)

N: تخلخل

P₂₀₀: درصد عبوری از الک ۲۰۰ می‌باشند.

ضعف این رابطه این است که برای دانه‌بندی بدون مصالح عبوری از الک ۲۰۰، کاربرد ندارد.

برای محاسبه ضریب نفوذپذیری لایه تثبیت شده با قیر می‌توان از رابطه (۹-۴) استفاده نمود:

$$K = 852.298 - 248.665 P_b + 97.507 V_a - 95.52 P_{\#8} \quad (۹-۴)$$

که در این رابطه:

K: نفوذپذیری لایه بر حسب (فوت در روز)

P_b: درصد وزن قیر نسبت به وزن کل نمونه

V_a: درصد فضای خالی (نسبت به حجم کل نمونه)

P_{#8}: درصد وزن مصالح گذرنده از الک شماره ۸ می‌باشند.

این رابطه برای تخمین نفوذپذیری مصالح اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر و تنها در مصالح تثبیت شده با ۲ الی ۳ درصد قیر کاربرد دارد.

با معین شدن ضخامت و سایر مشخصات لایه اساس نفوذپذیر، با فرض جریان پایدار ظرفیت زهکشی لایه اساس

نفوذ پذیر را می‌توان از رابطه (۱۰-۴) ذیل تعیین می‌گردد:

$$q = KH \left(S + \frac{H}{2L} \right) \quad (۱۰-۴)$$



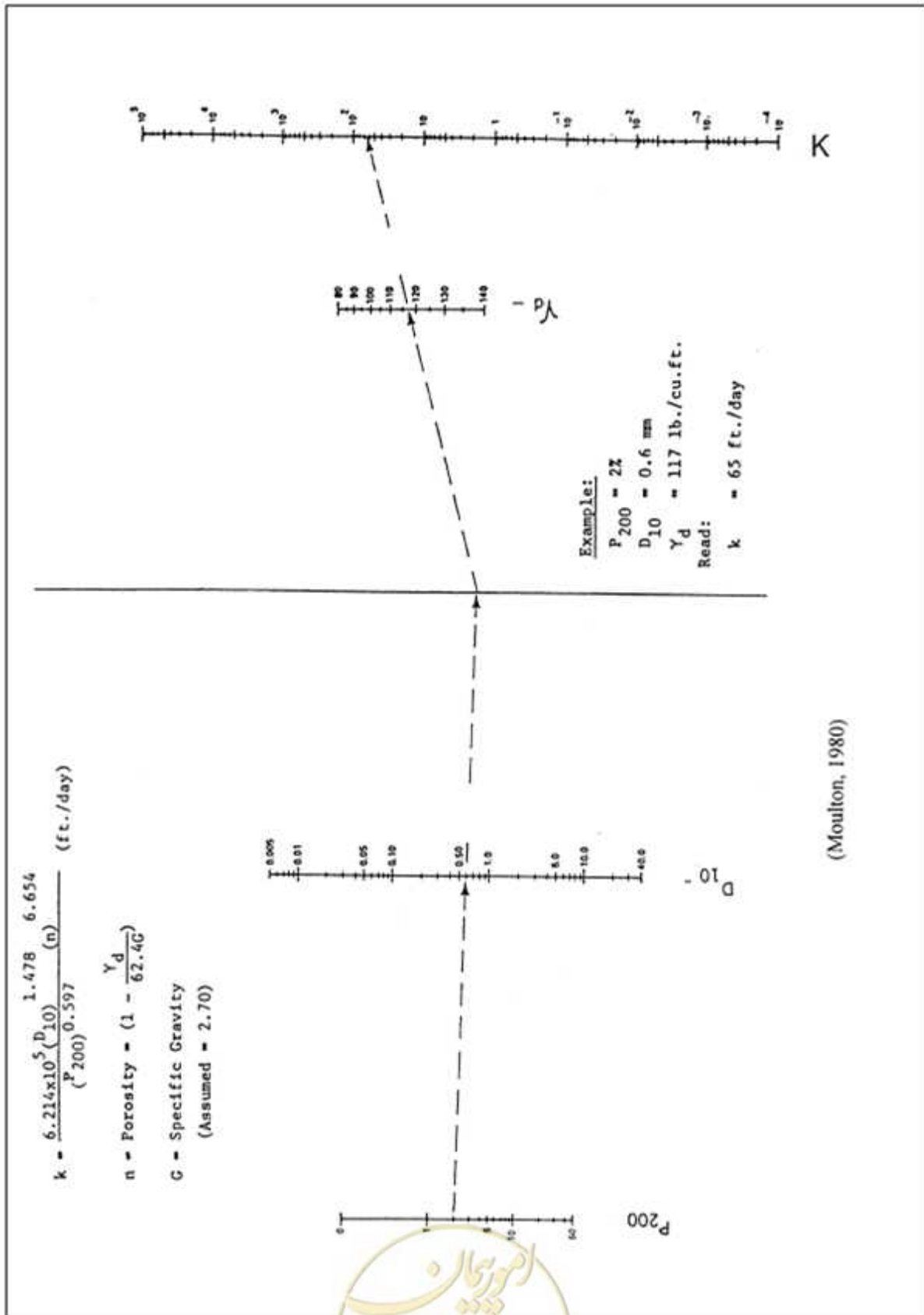
که در آن:

K : نفوذپذیری لایه اساس نفوذپذیر

L : طول لایه اساس نفوذپذیر

S : طول لایه اساس نفوذپذیر





شکل ۴-۲- نمودار تخمین میزان ضریب نفوذ پذیری مصالح دانه ای [۹] Moulton 1980



۴-۲-۳- طراحی لایه جداکننده (لایه فیلتر)

لایه جداکننده مصالح سنگی، باید معیارهای جداکنندگی^۱ و یکنواختی^۲ را هم در خصوص لایه سابگرید و هم در خصوص لایه اساس نفوذپذیر کفایت نماید. لایه جداکننده باید به اندازه کافی نفوذناپذیر باشد تا از ورود آب از اساس نفوذپذیر به لایه سابگرید جلوگیری نماید (نفوذپذیری کمتر از ۴/۵ متر در روز باشد) و از طرفی اجازه ورود مصالح ریزدانه از لایه سابگرید به لایه اساس نفوذپذیر را ندهد. طراحی لایه جداکننده سنگی شامل سه مرحله می باشد که عبارتند از:

۱- بررسی معیارهای لایه جداکننده مصالح سنگی متناسب با لایه سابگرید

۲- بررسی معیارهای لایه جداکننده مصالح سنگی متناسب با لایه اساس نفوذپذیر

۳- بررسی سایر معیارها

می توان به طور تقریبی توسط رابطه هیزن^۳ (رابطه ۴-۱۱)، ضریب نفوذپذیری مصالح ماسه ای انتخاب شده جهت استفاده در لایه فیلتر را بررسی نمود و سپس توسط معیارهای فوق، خصوصیات مصالح لایه جداکننده را کنترل کرد.

$$k = C_k D_{10}^2 \quad (۴-۱۱)$$

که در آن :

K : نفوذپذیری برحسب میلیمتر بر ثانیه

C_k : ضریب تجربی وابسته به نوع خاک که در جدول (۴-۵) ارائه شده است.

D_{10} : اندازه موثر مصالح برحسب میلیمتر

جدول ۴-۵- مقادیر ضریب هیزن [۸].

C_k (1/mm-s)	محدوده D_{10} (میلیمتر)	نوع خاک
۸ تا ۱۲	۰/۳ تا ۰/۰۶	ماسه یکنواخت
۵ تا ۸	۰/۰۰۳ تا ۰/۰۶	ماسه خوب دانه بندی شده و ماسه لای دار

دانه بندی این لایه باید به گونه ای باشد که حداکثر دارای نفوذپذیری برابر ۴/۵ متر در روز باشد. پس از انتخاب تقریبی مصالح لایه جداکننده بایستی توسط معیارهای زیر مصالح انتخاب شده کنترل می گردد.

- 1-Separation
- 2-Uniformity
- 3- Hazen



۴-۲-۳-۱- معیارهای لایه جدا کننده

۱- بررسی معیارهای لایه جداکننده مصالح سنگی متناسب با لایه سابگرید

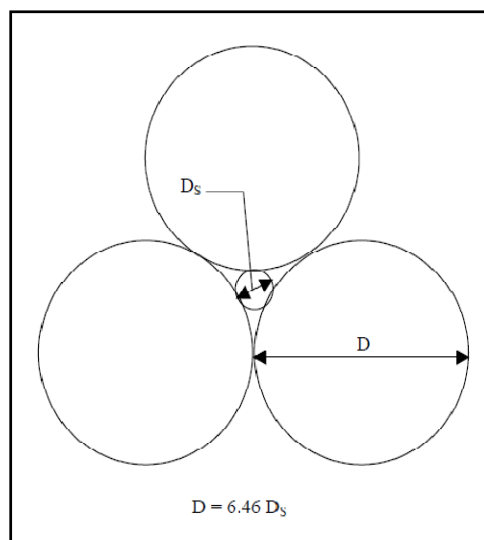
دانه بندی لایه جداکننده باید معیارهای زیر را تأمین نماید:

- معیار جداکنندگی: (لایه سابگرید) $5D_{85} \leq$ (لایه جداکننده) D_{15}

- معیار یکنواختی: (لایه سابگرید) $25D_{50} \leq$ (لایه جداکننده) D_{50}

D_x نشان دهنده اندازه ذره‌ای است که X درصد مصالح از اندازه (D)، به لحاظ وزنی کوچکترند.

به لحاظ نظری، اگر فرض کنیم همه ذرات دو خاک کروی باشند، در صورتیکه قطر ذرات کروی یک خاک کوچکتر یا مساوی ۶/۴۶ برابر قطر ذرات کروی کوچکتر باشد، ذرات کروی خاک درشت‌تر اجازه عبور به ذرات کوچکتر را نمی‌دهند.



شکل ۴-۳- تصویر شماتیک مصالح لایه جداکننده

۲- بررسی معیارهای لایه جداکننده مصالح سنگی متناسب با لایه اساس نفوذپذیر

دانه‌بندی لایه جداکننده باید معیارهای زیر را تأمین نماید:

- معیار جداکنندگی: (لایه جداکننده) $5D_{85} \leq$ (اساس نفوذ پذیر) D_{15}

- معیار یکنواختی: (لایه جداکننده) $25D_{50} \leq$ (اساس نفوذ پذیر) D_{50}

۳- بررسی سایر معیارها

علاوه بر این باید توجه داشت که لایه جداکننده مصالح سنگی باید دارای دانه‌بندی پیوسته خوب و میزان مصالح ریزدانه محدود باشد.

- حداکثر درصد عبوری از الک ۲۰۰، نباید بیشتر از ۱۲ درصد باشد.
- ضریب یکنواختی باید بزرگتر از ۲۰ باشد، ترجیحاً بهتر است بزرگتر از ۴۰ درصد باشد.



۴-۲-۴- زمین پارچه ها^۱

معیارهای انتخاب زمین پارچه

حداقل معیارهای لازم برای انتخاب زمین پارچه ها جهت مصرف در سیستم های زهکشی و به عنوان صافی به شرح زیر می باشد:

الف: اندازه سوراخ ها

در کاربردهای مختلف، اندازه چشمه های زمین پارچه با معیارهای زیر باید تعیین شود.

۱- وقتی که خاک پایه (خاکی که باید زهکشی شود) کمتر از ۵۰ درصد مواد رد شده از الک ۲۰۰ داشته باشد، اندازه ظاهری چشمه^۲ زمین پارچه باید کمتر از ۰/۶ میلیمتر (الک شماره ۳۰) باشد..

۲- وقتی که خاک پایه بیشتر از ۵۰ درصد مواد رد شده از الک ۲۰۰ داشته باشد اندازه ظاهری چشمه باید کوچکتر از ۰/۳ میلیمتر باشد (بزرگتر از الک شماره ۵۰).

۳- حتی الامکان باید از کمترین قطر معادل استفاده کرد.

۴- وقتی خاک پایه از مصالح ۰-۲۵ میلیمتر باشد، برای انتخاب اندازه ظاهری باید مصالح رد شده از الک شماره ۴ یعنی ۴/۷۵ میلیمتر را مبنا قرار داد.

ب: تراوایی

زمین پارچه بر حسب شرایط مصرف و نوع خاک پایه به شرح زیر انتخاب می شود:

۱- در شرایط عادی، K_1 یا تراوایی زمین پارچه مساوی یا بزرگتر از تراوایی خاک پایه یعنی K_2 باشد:

$$K_1 \geq K_2$$

۲- در شرایط بحرانی و سخت رابطه (۴-۱۲) برقرار باشد:

$$K_1 \geq 10K_2$$

(۴-۱۲)

یادآوری: در شرایط سخت و بحرانی فقط از زمین پارچه های بافته شده با درصد سطح باز^۳ بزرگتر از ۴ که اندازه ظاهری چشمه آن ۱۵۰ میکرون باشد، استفاده شود. منظور از شرایط بحرانی، شرایطی است که اجرای سیستم زهکشی برای محافظت از راه بسیار ضروری باشد.

1-Geotextile

2-Apparent – Opening Size

3-Percent Open Area



۴-۲-۵- لوله های زهکشی زیرزمینی

برای جلوگیری از حرکت و فرار دانه های فیلتر به لوله های زهکشی روابط (۴-۱۳) و (۴-۱۴) برقرار باشد [۶]:

$$1.4 \geq \frac{D_{85}F}{\text{عرض شکاف لوله زهکش}} \geq 1.2 \quad (4-13)$$

$$1.2 \geq \frac{D_{85}F}{\text{قطر سوراخهای لوله زهکش}} \geq 1 \quad (4-14)$$

که در آن منظور از F مصالح فیلتر می باشد.

- برای جلوگیری از جابجایی و حرکت داخلی ذرات ریزدانه، مصالح فیلتر نباید بیش از ۵ درصد مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰ داشته باشد.

در صورت مصرف لوله های زهکشی دارای شکاف می توان از معیارهای زیر، به جای این ضابطه استفاده نمود [۶]:

$$\text{الف: } \frac{1}{3} D_{85F} = \text{عرض شکاف لوله زهکشی}$$

ب: نسبت $A = \frac{D_{50F}}{D_{50B}}$ که با توجه به وضعیت یکنواختی یا غیر یکنواختی هریک از دو مصالح (خاک پایه و مصالح

فیلتر) با جدول ۴-۶ منطبق باشد. منظور از وضعیت یکنواخت آن است که ضریب یکنواختی $(C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}})$ کمتر از ۱/۵ باشد در غیر این صورت وضعیت غیر یکنواخت است.

در این بخش، منظور از F و B به ترتیب مصالح فیلتر و مصالح پایه می باشد.

جدول ۴-۶- انتخاب معیار A بر حسب وضعیت یکنواختی خاک پایه و فیلتر

خاک پایه	فیلتر	حداکثر A
یکنواخت	یکنواخت	۹/۵
یکنواخت	غیر یکنواخت	۱۳/۵
غیر یکنواخت	یکنواخت	۱۳/۵
غیر یکنواخت	غیر یکنواخت	۱۹/۵

- ضریب نفوذپذیری مصالح زهکش در طول زمان به علت نفوذ مواد ریزدانه و تغییر دانه بندی آن، تا بیش از ۱۰ برابر

کاهش می یابد. بنابراین در انتخاب مصالح زهکش، علاوه بر رعایت معیارهای یاد شده، باید دقت فراوان نمود.

نمونه گیری از مصالح لایه ها به منظور کنترل دانه بندی آن بایستی بعد از مصرف و کوبیده شدن آن انجام شود.



۳-۴- طراحی سیستم زهکش لبه‌ای

زهکش لبه‌ای از لوله‌های طولی تشکیل شده است که در لبه روسازی اجرا می‌گردد. این لوله‌های طولی معمولاً در فاصله ۲ اینچی از لبه شیروانی در سمت شانه قرار می‌گیرند. این لوله‌ها، آب را از ساختار روسازی جمع‌آوری نموده و به لوله‌های خروجی انتقال می‌دهند. برای زهکش لبه‌ای از لوله‌ها استفاده می‌شود. این لوله‌ها باید دارای استحکام کافی در طول دوره ساخت و بهره برداری باشند. زهکش لبه‌ای باید مطابق مشخصات آشتو باشد. بخاطر ملاحظات نگهداری، قطر حداقل ۴ اینچ برای لوله توصیه شده است و بگونه‌ای طرح گردد تا آب را به راحتی از ساختار روسازی خارج نماید. بطور کل در مراحل طراحی باید اطمینان حاصل شود که دبی نفوذی به روسازی از ظرفیت زهکشی لایه اساس زهکش نفوذپذیر (رابطه (۴-۱۰)) کوچکتر باشد.

۳-۴-۱- مراحل طراحی سیستم زهکش لبه‌ای

طرح هیدرولیکی زهکش لبه در چهار گام انجام می‌پذیرد. که هر گام در ادامه توضیح داده شده است.

گام اول : تعیین میزان دبی تخلیه روسازی q_d ، در واقع این دبی به عنوان دبی طرح طراحی لوله‌ها و خروجی‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان دبی روسازی با در نظر گرفتن موارد ذیل تعیین می‌گردد:

- دبی تخلیه نفوذی به روسازی
- میزان دبی تخلیه اساس نفوذپذیر
- زمان مورد نظر برای زهکشی دبی

رابطه تعیین دبی توسط رابطه (۴-۱۵) بدست می‌آید [۱]:

$$q_d = 0.7WHN_e U \frac{1}{t_d} \quad (۴-۱۵)$$

که در آن:

q_d : میزان دبی تخلیه روسازی بر حسب مترمکعب بر روز بر متر

W : عرض اساس نفوذپذیر بر حسب متر

H : ضخامت اساس بر حسب متر

N_e : تخلخل موثر

U : درصد اشباع (معمولاً ۵۰ درصد استفاده می‌شود)

t_d : زمان زهکشی بر حسب ساعت

برای روسازی با اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر یا سیمان (شکل‌های (۵-۱۱) و (۵-۱۲))، دبی از رابطه (۴-۱۶)

بدست می‌آید [۱]:

$$q_d = q_i W \quad (۴-۱۶)$$



که در آن :

q_i : میزان دبی نفوذی روسازی بر حسب متر مکعب در روز در متر مربع

W : عرض اساس نفوذپذیر بر حسب متر

دبی نفوذی روسازی از مجموع دبی نفوذی از روسازیهای ترک دار (عبارت اول) و روسازیهای غیر ترک دار (K_p) از

رابطه (۱۷-۴) بدست می آید [۱]:

$$\frac{H}{2L} q_i = I_c \left[\frac{N+1}{W} + \frac{1}{C_s} \right] + K_p \quad (17-4)$$

که در آن :

K_p : میزان دبی نفوذی از روسازی غیر ترک دار بر حسب متر مکعب در روز در متر مربع (معمولاً ناچیز است)

C : میزان نفوذ از ترکها بر حسب متر مکعب در روز در متر مربع، که معمولاً مقدار ۰/۲۲۳ متر مکعب در روز در متر

مربع، در نظر گرفته می شود.

N : تعداد خطوط

W : عرض روسازی بر حسب متر

C_s : فاصله بین ترکها بر حسب متر، ۵ تا ۲۰ متر برای روسازیهای آسفالتی، ۱۰ تا ۳۰ متر برای CRC و فاصله

درزها برای JCP.

گام دوم : معین نمودن ظرفیت زهکش لبه (Q).

برای زهکش لبه با لوله های دایره ای، ظرفیت از رابطه مانینگ (رابطه (۱۸-۴)) بدست می آید [۱]:

$$Q = \frac{0.2693 * 10^{-3}}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (18-4)$$

که در آن:

Q : ظرفیت لوله بر حسب مترمکعب بر روز

n : ضریب زبری مانینگ، ۰/۱۲ برای لوله های صاف و ۰/۲۴ برای لوله های موج دار.

D : قطر لوله بر حسب میلیمتر

S : شیب طولی بر حسب متر بر متر.



گام سوم: معین نمودن فاصله لوله‌های خروجی^۱ (L)

پس از تعیین میزان دبی روسازی و ظرفیت زهکش لبه، فاصله خروجی از رابطه (۱۹-۴) تعیین می‌گردد:

$$L \leq \frac{Q}{q_d} \quad (19-4)$$

گام چهارم: تعیین عرض کانال زهکشی لبه

عرض باید در حدی باشد که آب انتقالی از ساختار روسازی را بدون وقفه، هدایت نماید.

برای تامین ملاحظات هیدرولیکی، عرض ترانشه از رابطه ۴-۲۰ بدست می‌آید [۱]:

$$W_T = \frac{q_d}{k} * 1,000 \quad (20-4)$$

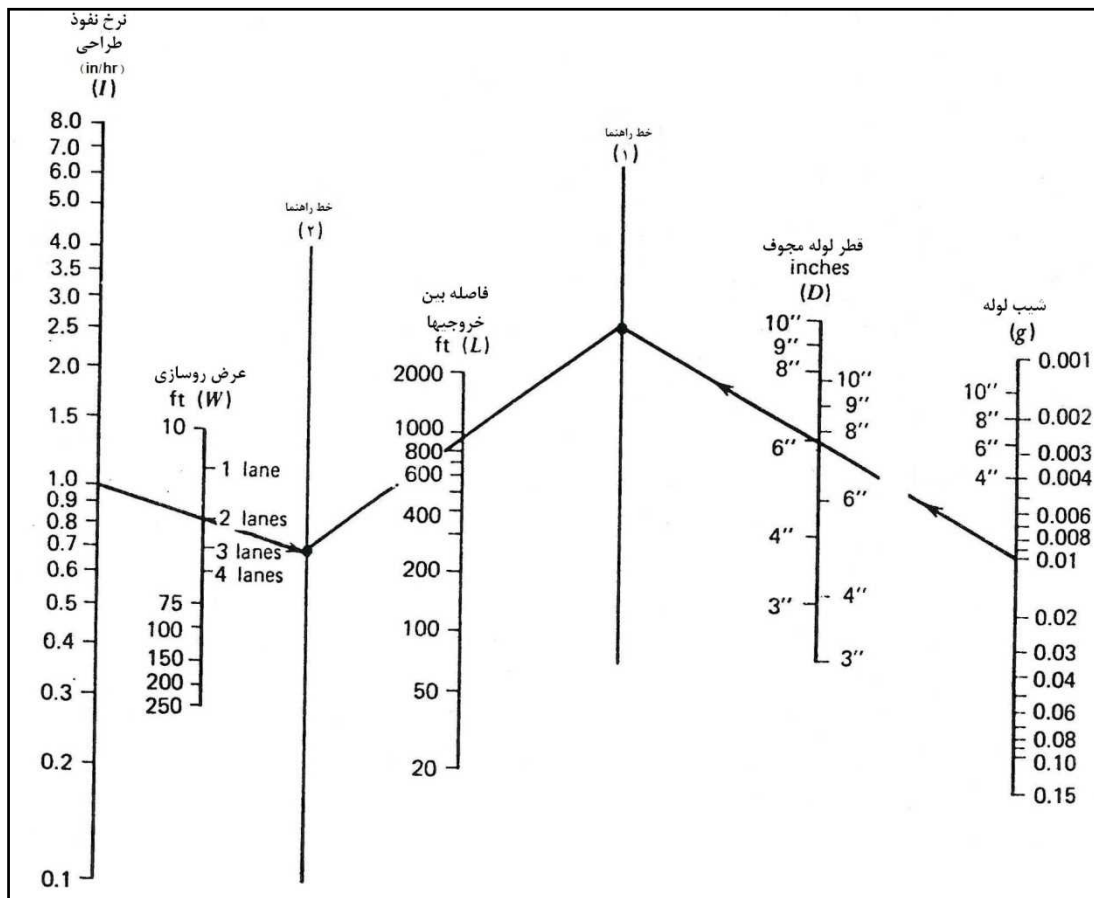
که در آن:

W_T : عرض حداقل بر حسب میلی‌متر

q_d : میزان دبی روسازی بر حسب مترمکعب در روز بر متر

K : میزان نفوذپذیری مصالح ترانشه بر حسب متر بر روز

به منظور طراحی لوله‌های جمع‌کننده (قطر و شیب) و فاصله بین خروجی‌ها، نمودار شکل (۴-۴) پیشنهاد می‌شود.



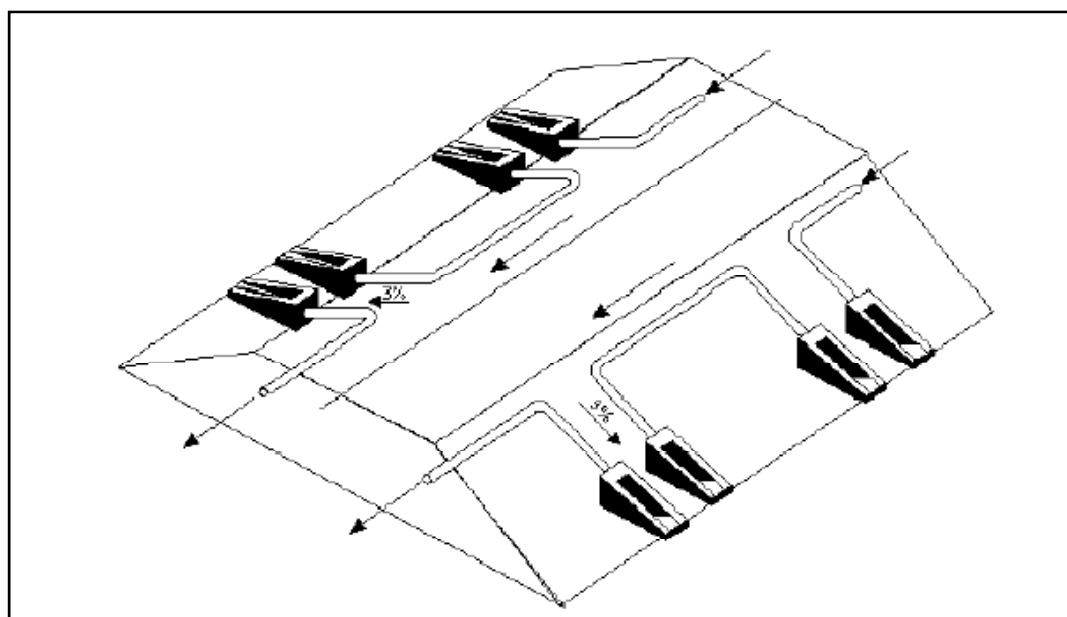
شکل ۴-۴- نمودار جهت انتخاب قطر لوله مجوف جمع کننده و فاصله بین خروجی ها

۴-۳-۲- خروجی ها

خروجی ها، لوله های کوتاهی هستند که آب را از زهکش های لبه ای به نهرهای کناری انتقال می دهند. لوله های فلزی غیرمفذدار یا لوله های صلب برای خروجی ها توصیه می گردد. این لوله باید به اندازه کافی استحکام داشته، تا در هنگام ساخت روسازی و یا اعمال ترافیک دچار آسیب نگردد. بخاطر ملاحظات نگهداری، قطر حداقل ۴ اینچ برای لوله توصیه شده است. اتصال میان زهکشی لبه ای طولی و لوله های خروجی باید بگونه ای باشد که حرکت آب را آسان نماید و قابل بازرسی و نگهداری باشد.

حداقل قطر لوله طولی زهکش لبه و لوله خروجی باید ۴ اینچ باشد (معمولاً از لوله های ۶ اینچی در عمل استفاده می شود). این حداقل قطر برای دسترسی آسان به تجهیزات نگهداری و مونیتورینگ داخل لوله می باشد. معمولاً حداقل قطر این لوله ها که برای ملاحظات نگهداری توصیه می شود برای ملاحظات هیدرولیکی کفایت می نماید. ماکزیمم فاصله خروجی ها ۷۵ متر توصیه می گردد. همچنین بهتر است از خروجی های دویل با دیوار محافظ استفاده گردد. جزئیات زهکش لبه و خروجی ها در شکل (۴-۲۷) آورده شده است [۱].





شکل ۴-۵- جانمایی لوله های زهکشی لبه ای و لوله های خروجی [۱]

۴-۳-۳- دیوار محافظ

دیوار محافظ از جنس بتن می باشد. این دیوار در محل لوله های خروجی به منظور جلوگیری از آسیب دیدن آنها در فعالیت های نگهداری کناره راه ساخته می شود. آنها همچنین از فرسایش شیب خاکریز جلوگیری و به قرارگیری لوله های خروجی کمک می کنند. دیوار محافظ باید در راستای شیب خاکریزی قرار گیرد تا فعالیت های نگهداری متداول منجر به آسیب آن نشود [۱].

۴-۳-۴- کانال کناری

کانال ها به منظور انتقال آب های جمع آوری شده از لوله های خروجی از روسازی حفر می شوند. این وظیفه معمولاً برای هر دو زهکشی سطحی و زیرسطحی می باشد. کانال کناری مسیر به منظور مؤثر بودن بایستی دارای حداقل شیب طولی برابر ۰/۵ درصد و دارای عرض مناسب باشد [۱].

۴-۴-۴- زهکشی آب های زیرزمینی

۴-۴-۱- کنترل آب زیرزمینی :

۴-۴-۱-۱- روش های کنترل و پایین آوردن تراز آب زیرزمینی

- تراز آب زیرزمینی نباید از بستر روسازی راه کمتر از ۱/۲ متر فاصله داشته باشد و در غیر این صورت باید سطح ایستایی را با حفر کانالهای عمیق و نصب لوله های زهکشی و پر کردن روی آن با مصالح زهکش^۱ پایین آورد. عمق حفاری به نوع خاک و سطح ایستایی بستگی دارد، که در نقشه های اجرایی باید مشخص شود [۶].
- وقتی راه از مسیری می گذرد که سطح ایستایی آب در آن بالا است، به جای استفاده از سیستم زهکشی عمیق، ممکن است اقتصادی تر باشد که خط پروژه توسط خاکریزی با مصالح منتخب با خاصیت زهکشی مناسب، بالا آورده شود [۶].
- گاهی اوقات وجود یک لایه غیر قابل نفوذ افقی در زیر بستر راه که روی یک لایه زهکش قرار گرفته، سبب می شود که آبهای نفوذی^۲ روی لایه غیر قابل نفوذ جمع شده و ایستایی در زیر بستر راه به وجود آید. در این صورت با حفر چاههای عمودی تا لایه خاک زهکش و پر کردن آنها با مصالح زهکش باید سطح ایستایی را پایین آورد. ابعاد و عمق این چاهها و فاصله آنها نسبت به یکدیگر باید در نقشه های اجرایی مشخص گردد [۲].

بطور معمول طرح یک سیستم زهکشی آب های زیرزمینی بر مبنای قوانین تجربی که با سعی و خطا در طول سالها توسعه یافتند و یا روشهای گرافیکی که شامل استفاده از شبکه های جریان^۳ می شوند، استوارند. در ادامه به معرفی روش های متداول زهکشی آب های زیرزمینی پرداخته می شود.

۴-۴-۲- زهکش های جداکننده طولی منفرد و چندتایی

معادله پیشنهادی بمنظور پیش بینی و تشخیص شکل منحنی افت تراز آب بصورت رابطه (۴-۲۱) می باشد:

$$H = \frac{C}{N \times D_{10}} X = \frac{H \log \frac{H-H_0}{H-Y} - (Y-H_0)}{S} \quad (۴-۲۱)$$

که در این معادله X و Y مختصات نقطه ای روی منحنی افت تراز آب مطابق آنچه در شکل (۴-۶) آمده هستند. H ارتفاع تراز اولیه آب زیرزمینی در بالای لایه نفوذناپذیر با شیب S و H₀ ارتفاع زهکش در بالای لایه نفوذناپذیر است. براساس مطالعات صورت گرفته فاصله ای با عنوان مسافت محدود^۴، L_i، وجود دارد که از زهکش تا نقطه ای که منحنی تراز آب بعلت زهکش شروع به افت می کند، محاسبه می گردد شکل (۴-۶). در این نقطه Y برابر H در نظر گرفته می -

- 1 - Drain Material
- 2 - perch Water
- 3 - Flow nets
- 4 - Finite Distance



شود. در ضمن این فاصله به شعاع تأثیر^۱ نیز معروف است و بدین معنی است که تأثیر ایجاد زهکش برای آبهای زیرزمینی بر کاهش تراز آب از چنین نقطه‌ای شروع می‌شود.

بعنوان جایگزینی برای رابطه (۲۲-۴) با فرض اینکه $Y=H$ ، هنگامی که $X=L_i$ رابطه (۲۲-۴) برقرار است:

$$SL_i = H' \log \frac{H' - H_0}{H' - H} - (H - H_0) \quad (22-4)$$

مقدار H' با داشتن مقدار S ، L_i ، H و H_0 قابل محاسبه است.

میزان جریان به سمت زهکش (q_D)، از رابطه (۲۳-۴) قابل محاسبه است:

$$q_d = q_0 \times \frac{H' - H_0}{H} \quad (23-4)$$

که در این رابطه q_0 ، میزان جریان هدف^۲ است که از رابطه (۲۴-۴) قابل محاسبه است:

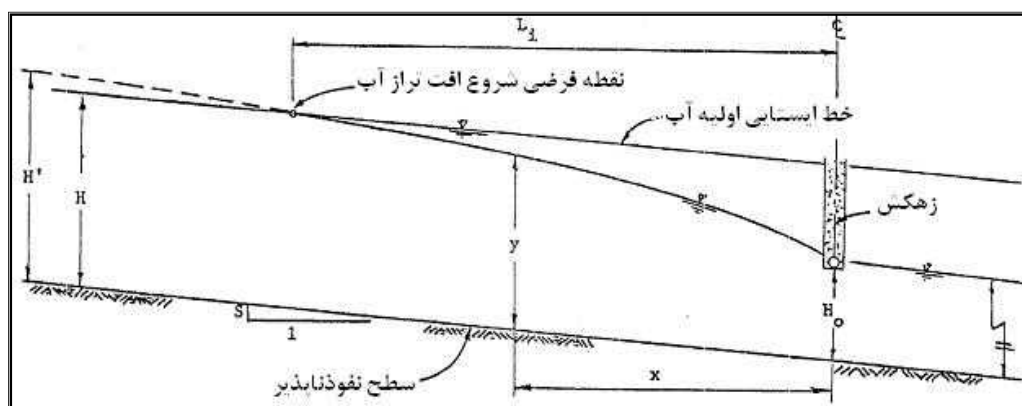
$$q_0 = kHS \quad (24-4)$$

که در این رابطه k ، ضریب نفوذپذیری است.

بمنظور استفاده از اشکال (۴-۶)، (۴-۷) و (۴-۸) برای هر مورد زهکشی لازم است تا تخمینی از مقدار L_i داشته

باشیم.

$$L_i = 3.8 \times (H - H_0) \quad (25-4)$$

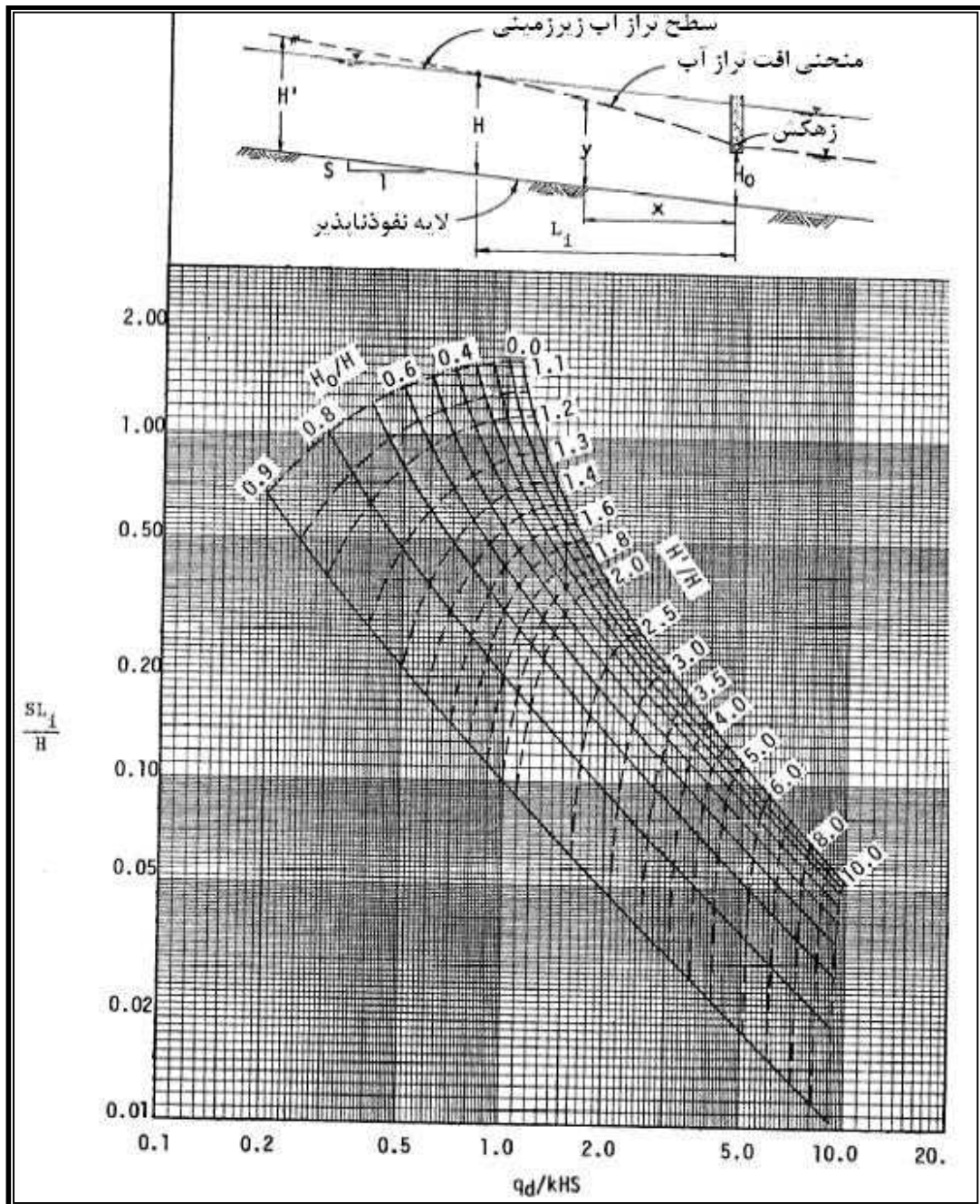


شکل ۴-۶- جهت جریان یک سیستم زهکشی منفرد وقتی که سطح آب می‌تواند در فاصله L_i از زهکش شروع به افت می‌کند. [۱۰]

1 - Radius of influence

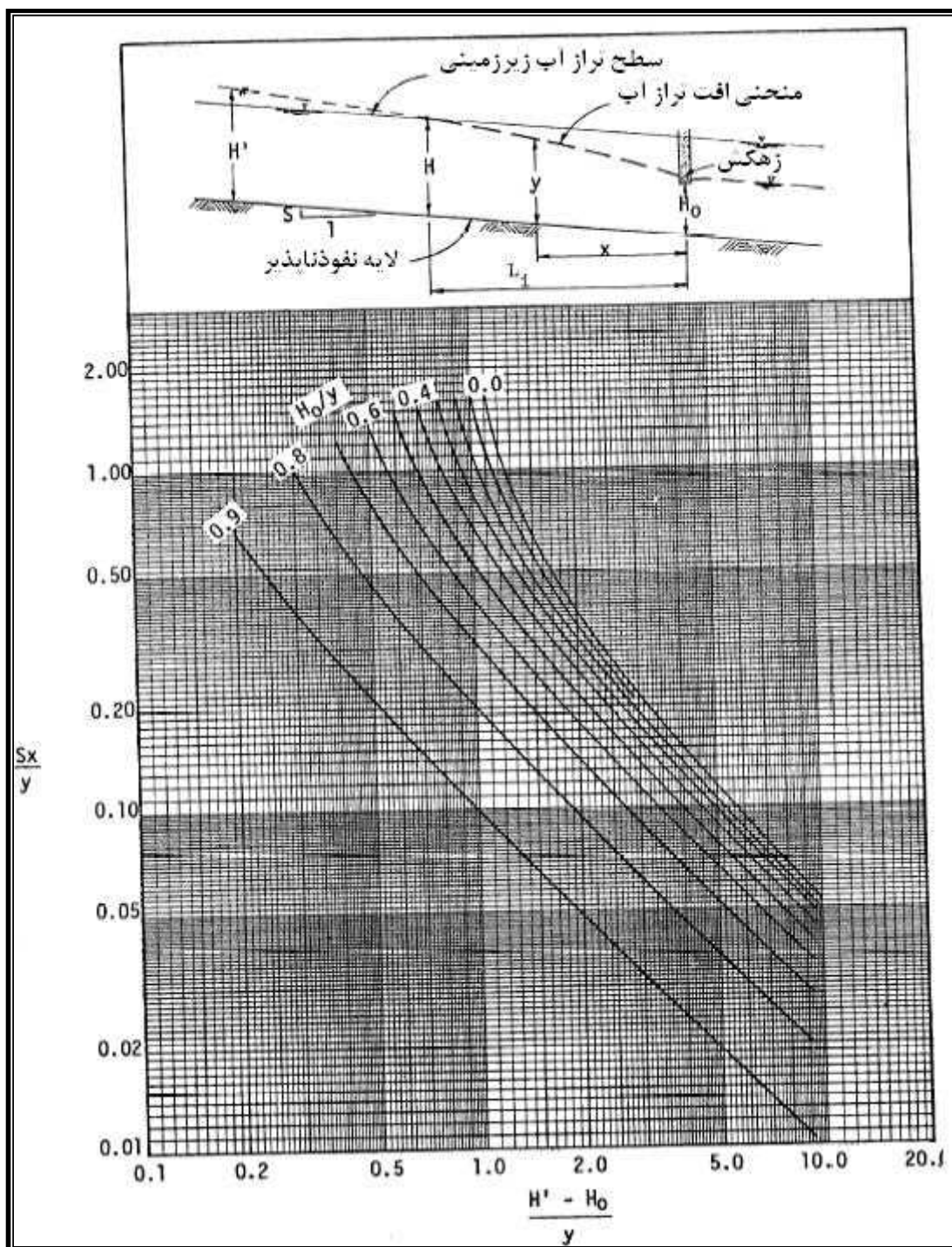
2 - Approach Flow





شکل ۴-۷- چارت تعیین میزان جریان در زهکشهای طولی [۱۰]



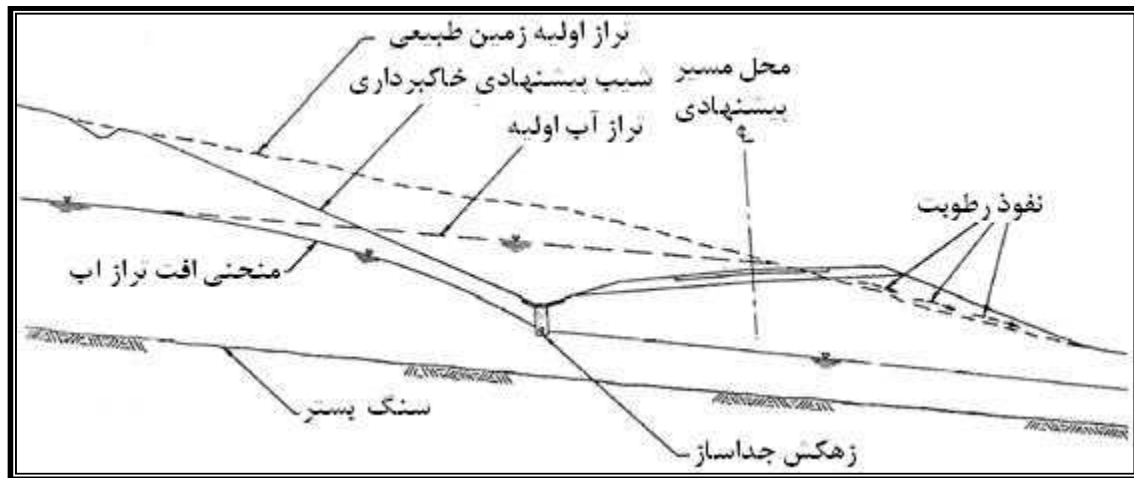


شکل ۴-۸- چارت تعیین منحنی افت تراز آب برای زهکش های طولی [۱۰]

۴-۴-۳- مثال از یک زهکش طولی

بر اساس ساختاری که در شکل (۴-۹) وجود دارد، میزان جریان کاهش یافته $(\frac{q_d}{K})$ به زهکش و ترسیم موقعیت منحنی افت جریان (تراز جریان آب آزاد) مورد نظرند. ابعاد و جزئیات مربوط به این مسأله در شکل (۴-۱۰) آمده است.





شکل ۴-۹- ساختار یک سیستم زهکش جداساز طولی متداول [۱۰]

بمنظور جلوگیری از برخورد شاخه سمت چپ سطح آب زیرزمینی با شیب خاکبرداری و نیز در شاخه راست بمنظور نگه داشتن تراز آب به میزان مناسب پایین تر از سیستم سازه روسازی، زهکش زیرزمینی در پایین خط آبروی کنار راه و در عمق ۱/۵ متری از آن واقع شده است. پیشنهاد می شود که آبروی مستقر بر روی زهکش، بگونه ای باشد که تا از نفوذ گل ولای و بسته شدن زهکش جلوگیری شود.

بر اساس رابطه ذیل، تخمینی از مقدار مسافت تأثیر^۱ (L_i) بصورت

$$L_i = 3.8 (H - H_0) = 3.8 \times 14 = 53.2 \text{ فوت}$$

می باشد.

از شکل (۴-۷)، با توجه به اینکه $\frac{SL_i}{H} = \frac{0.15 \times 53}{20} = 0.398$ و $\frac{H_0}{H} = \frac{6}{20} = 0.3$ می باشند، در نتیجه مقدار $\frac{q_d}{KHS} = 1.57$ و $\frac{H'}{H} = 1.84$ حاصل می شوند. ($H' = 1.84 \times 20 = 36.8$).

محاسبات بالا، مبانی محاسبه میزان جریان کاهش یافته مانند $\frac{q_d}{k} = 1.57HS = 1.57(20)(1.5) = 4.71$ می باشد. همچنین میزان جریان کاهش یافته از شبکه جریان نیز قابل محاسبه است که در شکل (۴-۱۰) قابل

$$\frac{q_d}{k} = \frac{\Delta H N_f}{N_d} = \frac{21 \times 6}{28} = 4.5 \text{ مشاهده است.}$$

با اطلاع از میزان جریان کاهش یافته، محاسبه میزان جریان واقعی (q_d) برای هر مقدار ضریب نفوذپذیری k ، ساده است.

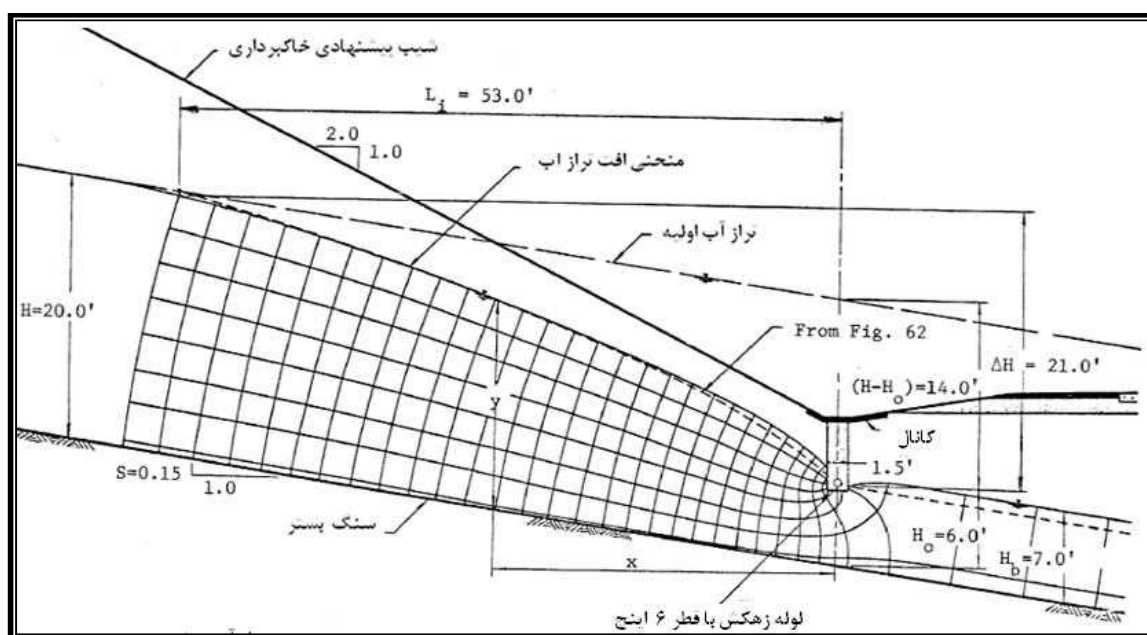
بر اساس شکل (۴-۱۰)، با $H' = 36.8$ و مقادیر مفروض برای مختصات y ، مختصات x از منحنی افت تراز آب

بصورت ذیل قابل تعیین می باشند:



y	H_o/y	$(H'-H_o)/y$	Sx/y	x
7.4	0.811	4.16	0.041	2.0
8.8	0.682	3.48	0.080	4.7
10.2	0.588	3.02	0.117	8.0
11.6	0.517	2.66	0.149	11.5
13.0	0.462	2.37	0.190	16.5
14.4	0.417	2.14	0.226	21.7
15.8	0.380	1.95	0.265	27.9
17.2	0.349	1.79	0.310	35.5
18.6	0.323	1.66	0.350	43.4

این منحنی افت تراز آب در شکل (۴-۱۰) ترسیم شده است. این منحنی تقریبی است اما بعنوان نقطه شروعی برای ترسیم شبکه جریان می باشد که در نهایت منجر به تشخیص محل سطح آب بر اساس آنچه در شکل (۴-۱۰) آمده است می گردد.



شکل ۴-۱۰- شبکه جریان، ابعاد و جزئیات مربوط به مثال آنالیز زهکش [۱۰]

۴-۴-۴- بررسی خاصیت موینگی

برای تعیین ارتفاع صعود آب در لایه های روسازی بواسطه خاصیت موینگی از رابطه (۴-۲۶) استفاده گردید [۱]:

$$H = \frac{C}{N \times D_{10}}$$

(۴-۲۶)

در این رابطه،

C: ضریبی است بین ۰/۱ تا ۰/۵



N : تخلخل

H : ارتفاع کل صعود موئینگی آب در خاک بر حسب سانتی متر و

D_{10} : اندازه الکی که ۱۰ درصد مصالح از آن عبور کرده اند بر حسب سانتی متر می باشد.

در صورتی که آب به کمک خاصیت موئینگی از سطح نهایی آب زیرزمینی به بستر روسازی راه برسد، بایستی توسط

اجرای یک لایه مناسب مانع از حرکت و رسیدن آب به بستر و لایه های روسازی شد.

توجه شود در صورت استفاده از سیستم زهکش زیرزمینی، سطح نهایی آب زیرزمینی ملاک محاسبات قرار خواهد گرفت.

مراجع

- 1- NCHRP, "Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures", part 3, chapter 1: drainage, final report, 2004.
- 2- FHWA, construction of pavement subsurface drainage systems (reference manual), January 2002.
- 3- FHWA, highway subsurface design, publication No. FHWA-TS-80-224, 1980.
- 4- AASHTO, Pavement Designe, 1993.
- 5- Yang H . Huang, "Pavement Analysis and Design" University of Kentucky, SECOND EDITIN, 2004.
- ۶- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱)، چاپ سوم، ۱۳۸۵.
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران (نشریه ۲۳۴)، چاپ اول ۱۳۸۱.
- 8-Santi V Santhaligam, "highway drainage systems" Highway agency London, 1999.
- ۹- پژوهشکده حمل و نقل، "راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب های سطحی و زیرسطحی راه، راه آهن و فرودگاه" پاییز ۱۳۸۳.
- 10- Highway Drainage Design, U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, 1990.



۵

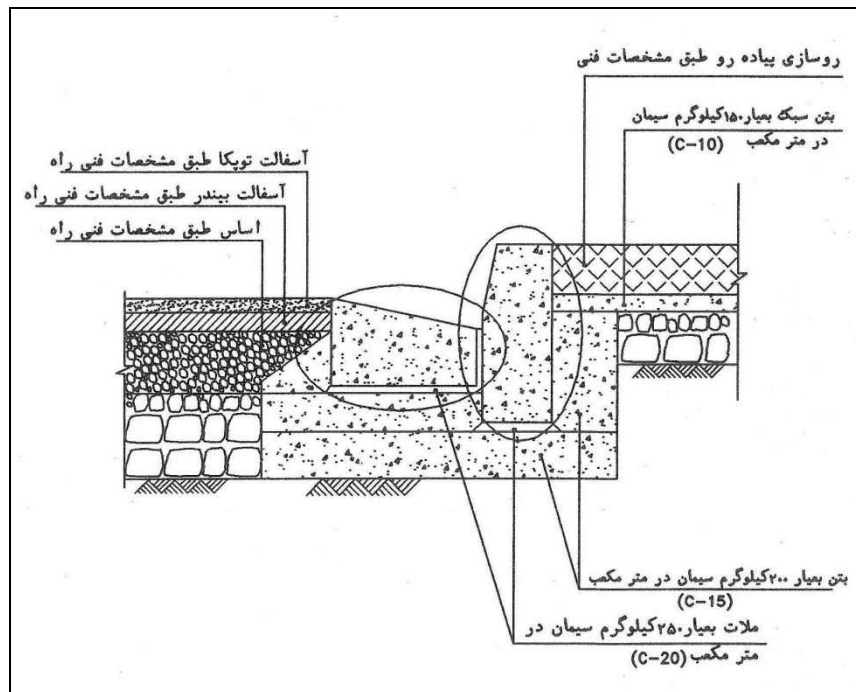
اجرای سیستم های زه کشی



۵-۱- اجزاء زهکشی سطحی و جزئیات آن

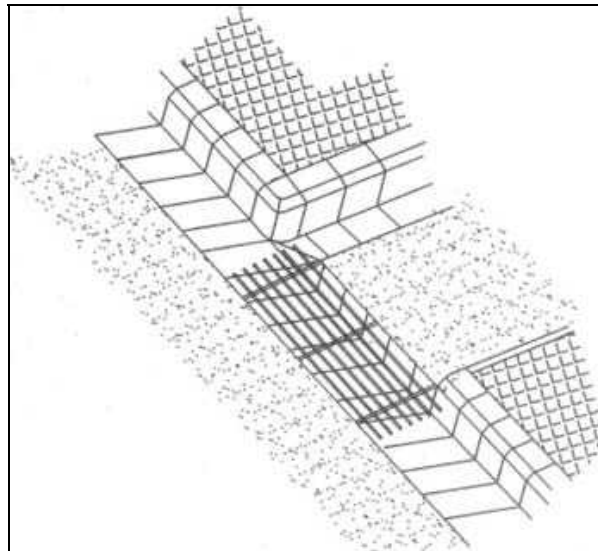
زهکشی و تخلیه آب شامل احداث نهرها، آبروهای باز و یا بسته، لوله گذاریهای سطحی و زیرزمینی، مصرف زه‌های سنگی و یا خرده‌سنگی، انحراف، تنظیم و کنترل آب انهار، رودخانه‌ها و روانابها و اجرای سایر کارهای تکمیلی، طبق نقشه‌های اجرایی و دستورات دستگاه نظارت می‌باشد [۱].

در شکل‌های زیر، برخی از جزئیات اجرایی کاربردی از زهکشی سطحی نشان داده شده‌اند [۹]. در این شکل‌ها میزان مصرف سیمان و موارد دیگر بیان شده است.

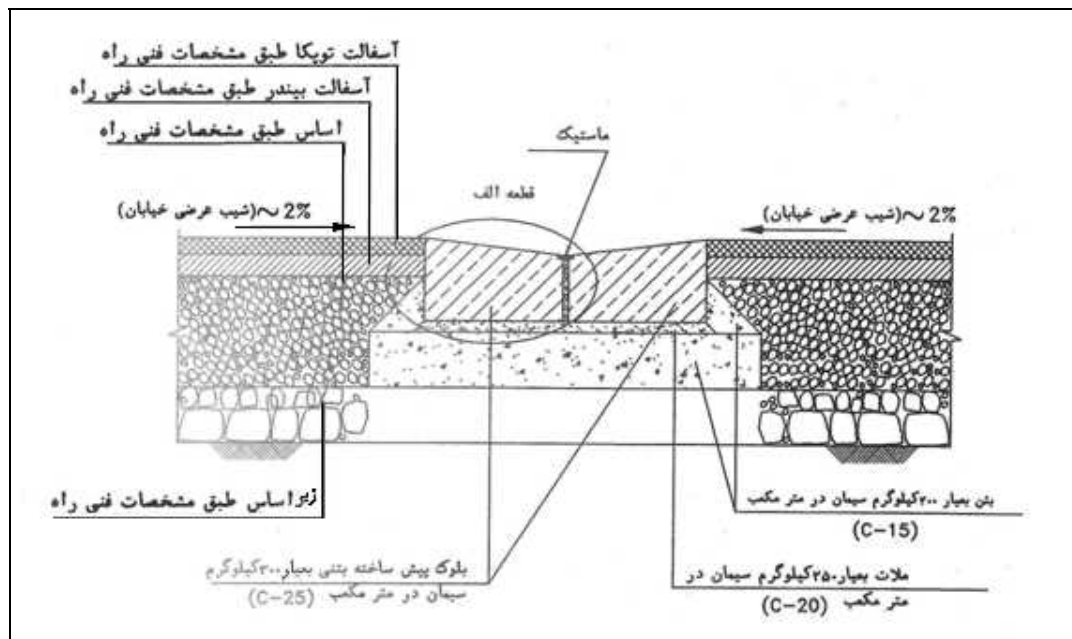


شکل ۵-۱- مقطع و جزئیات کانال طولی تک‌جهته [۹]

یکی از مهم‌ترین مشکلات در اجرای سیستم زهکشی سطحی، فراهم نمودن عبور وسایل نقلیه و عابران پیاده می‌باشد، در شکل‌های زیر پیشنهادهایی به منظور فراهم شدن این حرکات ارائه شده است.

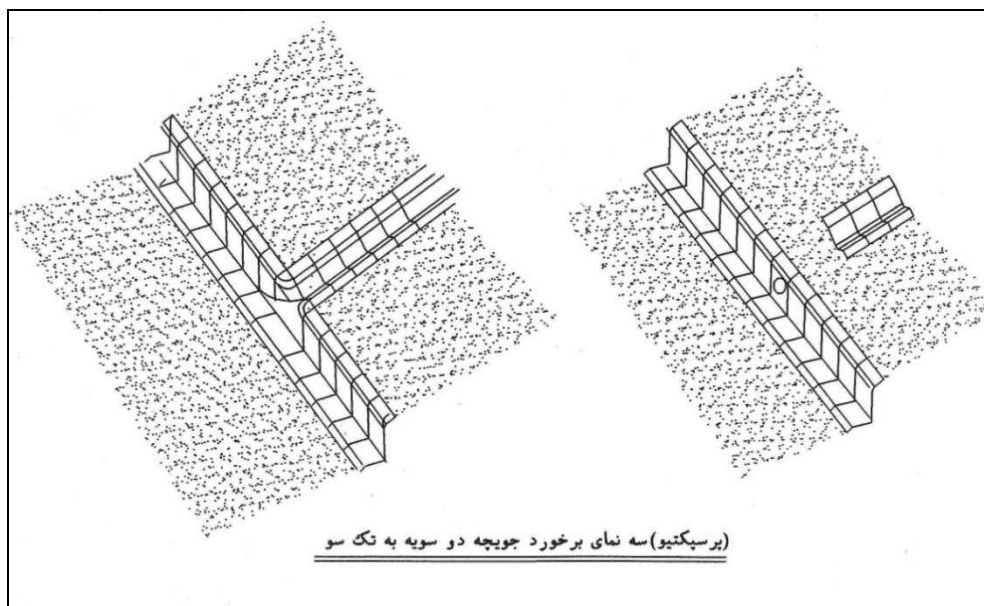


شکل ۵-۲- نحوه عبور مسیر از روی کانال طولی تک سویه [۹]



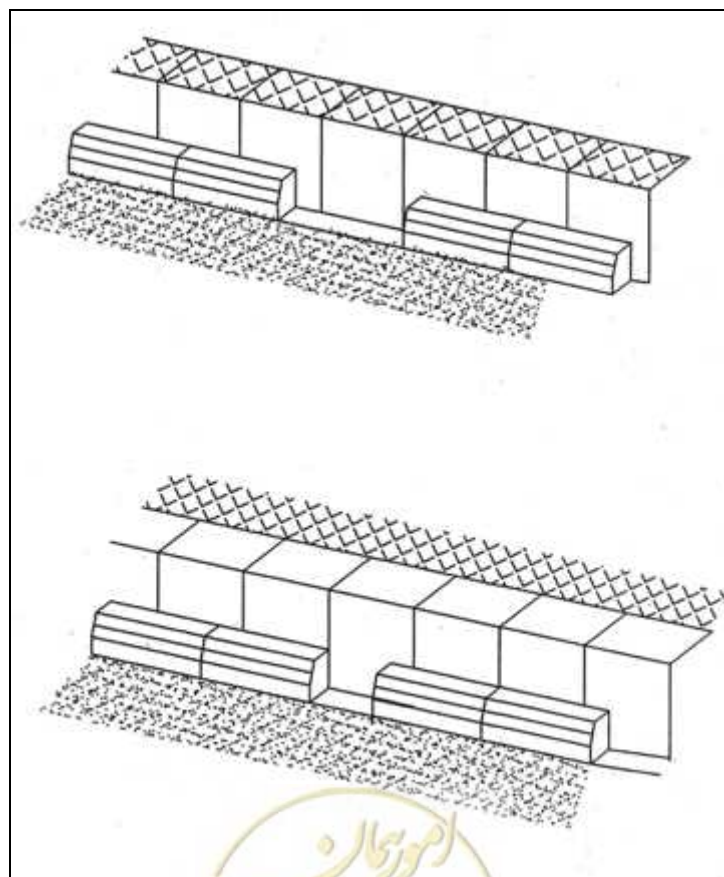
شکل ۵-۳- مقطع و جزئیات کانال طولی دو جهته [۹]





شکل ۴-۵- جزئیات اتصال کانال طولی دو جهته [۹]

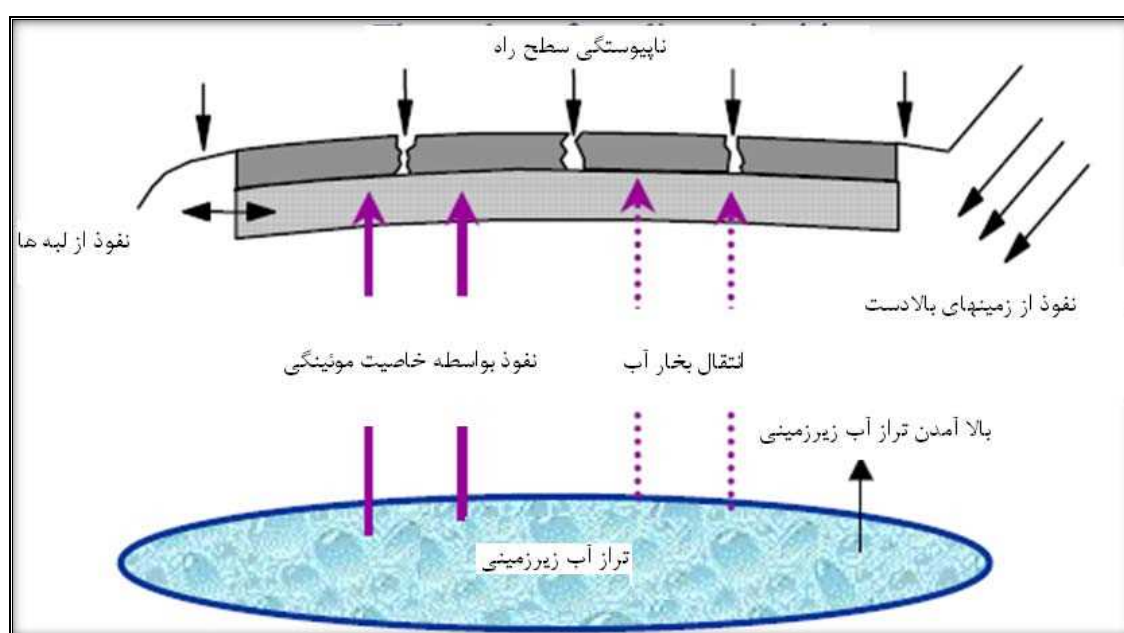
در شکل زیر نمای جدول کناری راه نشان داده شده است.



شکل ۵-۵- نمای آبخیز بصورت جدول [۹]

۵-۲- سیستم زهکشی سازه‌ای

همان‌طور که در قسمت‌های قبل تشریح گردید، وجود رطوبت در لایه‌های روسازی غیر قابل اجتناب می‌باشد. در شکل (۵-۶) روش‌هایی که آب به لایه‌های روسازی نفوذ می‌کنند، نشان داده شده است. سیستم زهکشی سازه‌ای شامل مجموعه اقداماتی برای ممانعت از ورود و حذف سریع رطوبت با روش‌های گوناگون می‌باشد. در این بخش نخست اجزاء سیستم زهکشی سازه‌ای و خصوصیات آنها معرفی می‌گردد و سپس روش‌های مختلف اجرای سیستم زهکشی سازه‌ای بیان می‌شود.



شکل ۵-۶- ورود آب از منابع مختلف در سازه راه

۵-۲-۱- اجزاء سیستم زهکشی سازه‌ای

اجزای متداولی که در سیستم زهکشی سازه‌ای وجود دارند عبارتند از: اساس نفوذپذیر، لایه جداکننده، لوله‌های زهکش طولی و خروجی، دیوار محافظ و کانال کناری. که برحسب شرایط مختلف و عملکرد مورد نیاز از این اجزا در سیستم‌های زهکشی سازه‌ای استفاده می‌گردد.

۵-۲-۱-۱- اساس نفوذپذیر

- جانمایی اساس نفوذپذیر

لایه اساس نفوذپذیر بایستی دقیقاً زیر پایین‌ترین لایه آسفالتی قرار بگیرد و این عمل موجب حذف سریع‌تر آبهای نفوذی از سطح روسازی و همچنین جلوگیری از رسیدن رطوبت از لایه‌ای زیرین به لایه آسفالتی می‌گردد. هیچ لایه با



مصالح غیرچسبنده، نباید بالای اساس نفوذپذیر واقع گردد زیرا ریزدانه‌ها و ذرات کوچک وارد لایه اساس نفوذپذیر خواهند شد [۲].

- اساس نفوذپذیر تثبیت نشده

تراکم لایه‌ها به دلیل وجود دانه‌بندی باز مشکل می‌باشد و دستیابی به تعادلی از چگالی لازم و نفوذ پذیری مناسب مدنظر می‌باشد. برای تراکم اساس نفوذپذیر عبور یک تا سه مرتبه غلطک ۵ تا ۱۰ تنی چرخ فلزی توصیه می‌گردد. استفاده از غلطک‌های ارتعاشی بایستی با دقت انجام شود. غلطک‌زدن اضافه منجر به کاهش نفوذپذیری می‌گردد. عملیات غلطک‌زدن باید تا جایی ادامه یابد که افزایش قابل قبول وزن مخصوص بدون شکستگی مصالح رخ دهد [۲].

تفاوت عمده اجرای اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر در مقایسه با اساس تثبیت نشده، در استفاده از غلطک چرخ فلزی (۵ تا ۱۰ تنی) و یک تا سه مرتبه عبور این غلتک می‌باشد و در صورت استفاده از غلطک‌های ارتعاشی، تنها در حالت استاتیکی می‌توان از آن بهره گرفت.

- اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان

مصالح دانه‌ای استفاده شده برای اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان باید به اندازه کافی سخت و بادوام مشابه لایه اساس نفوذپذیر تثبیت نشده باشند. این نوع اساس معمولاً برای روسازیهای صلب بتنی استفاده می‌شود. نسبت سیمان به آب استفاده شده به منظور تأمین حداقل کارایی از طریق بازرسی چشمی انتخاب می‌شود. دانه‌بندی این لایه باید قادر باشد تا آب را با نفوذپذیری حداقل ۳۰۵ متر بر روز (۱۰۰۰ فوت در روز) از خود عبور دهد [۱]. حداقل مقدار سیمان مورد استفاده برابر ۱۱۲ تا ۱۶۷ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد.

۵-۲-۱-۲- لایه جداکننده

اگر به علت شرایط بحرانی محل انجام پروژه، استفاده همزمان از ترکیب این دو نوع لایه جداکننده مورد نظر باشد، بهتر است لایه ژئوتکستایل در بالای لایه جداکننده مصالح سنگی قرار داده شود.

توصیه می‌گردد که حداقل ضخامت لایه جداکننده برابر ۱۰ سانتی‌متر باشد و می‌توان از دانه‌بندی اساس به عنوان دانه‌بندی فیلتر استفاده کرد.

اجرای لایه جداکننده همانند اجرای لایه اساس در راه‌های متداول می‌باشد.



۵-۲-۱-۳- اندود نفوذی

اندود نفوذی روی اساس نفوذپذیر تثبیت نشده باید اجرا گردد. بهتر است از قیرهای با کندروانی بیشتر مانند MC-250 به منظور اجرا روی اساس نفوذپذیر تثبیت نشده استفاده نمود. میزان مصرف قیرابه برای سطح آماده شده راه در محدوده ۰/۶ تا ۱/۲ خواهد بود. نوع قیرابه با توجه به جنس مصالح و مطابق آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران (نشریه شماره ۲۳۴) انتخاب می گردد. همچنین میزان مصرف قیر محلول برای سطح آماده شده راه برابر ۱ تا ۲ کیلوگرم بر مترمربع خواهد بود. توجه شود استفاده از قیرابه ها جهت اجرای اندود نفوذی، از جهات اقتصادی و زیست محیطی مناسب تر می باشد.

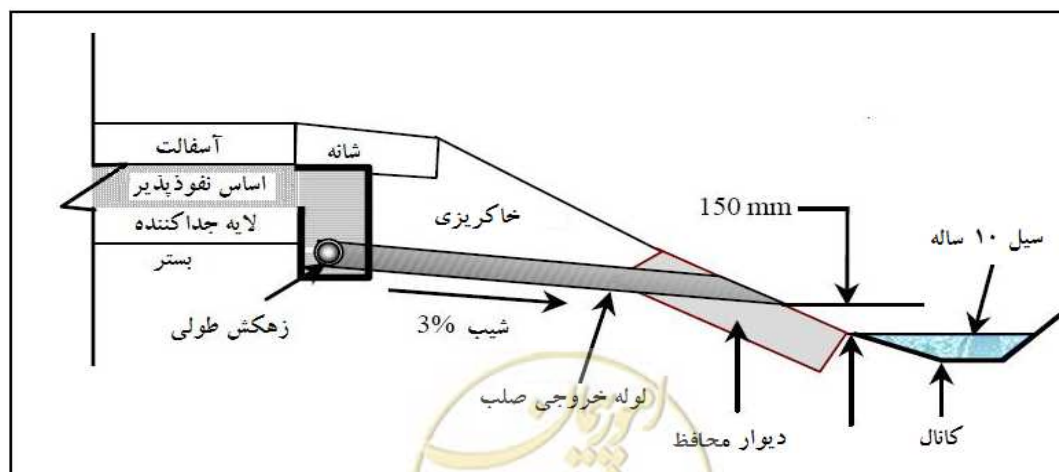
۴-۲-۱-۴- زهکش لبه ای

در زهکش های لبه ای، لوله های طولی معمولاً در فاصله ۵ سانتی متری از لبه شیروانی در سمت شانه قرار می گیرند. بخاطر ملاحظات نگهداری، قطر حداقل ۴ اینچ برای لوله توصیه شده است و باید بگونه ای طرح گردد تا آب را به راحتی از ساختار روسازی خارج نماید.

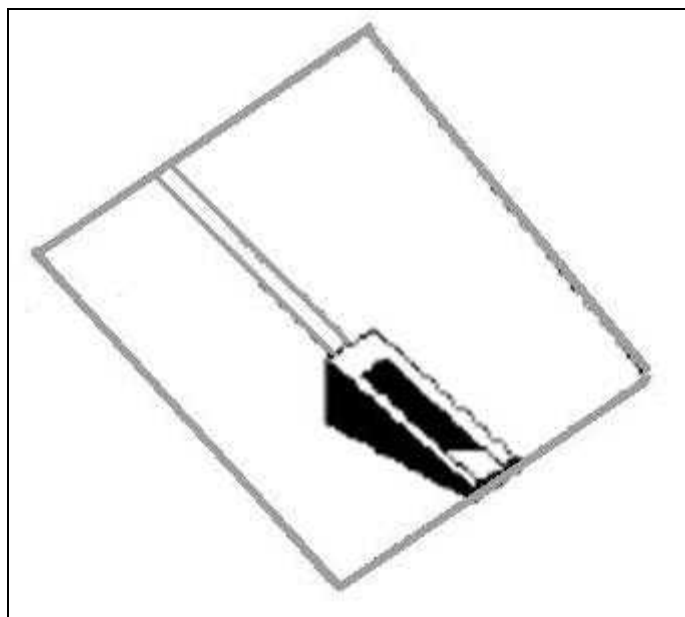
۵-۳- سیستم های زهکشی سازه ای پیشنهادی

۵-۳-۱- لایه اساس نفوذپذیر با لوله زهکش طولی (روش اول)

این سیستم برای راه هایی در حال احداث و یا در حال نوسازی کاربرد دارد. اجزاء اصلی این سیستم اساس نفوذپذیر، لایه جداکننده، لوله زهکش طولی، لوله خروجی و کانال می باشند. لوله طولی در این روش توسط ژئوتکستایل محافظت می شوند تا از ورود ذرات خاک به لوله جلوگیری نمایند. لایه جداکننده از مصالح دانه ای یا ژئوتکستایل و یا ترکیبی از هر دو تشکیل می شود. معمولاً از لوله به عنوان خروجی زمانی استفاده می گردد که ظرفیت لازم برای خروج آب نسبتاً بالا باشد [۱].



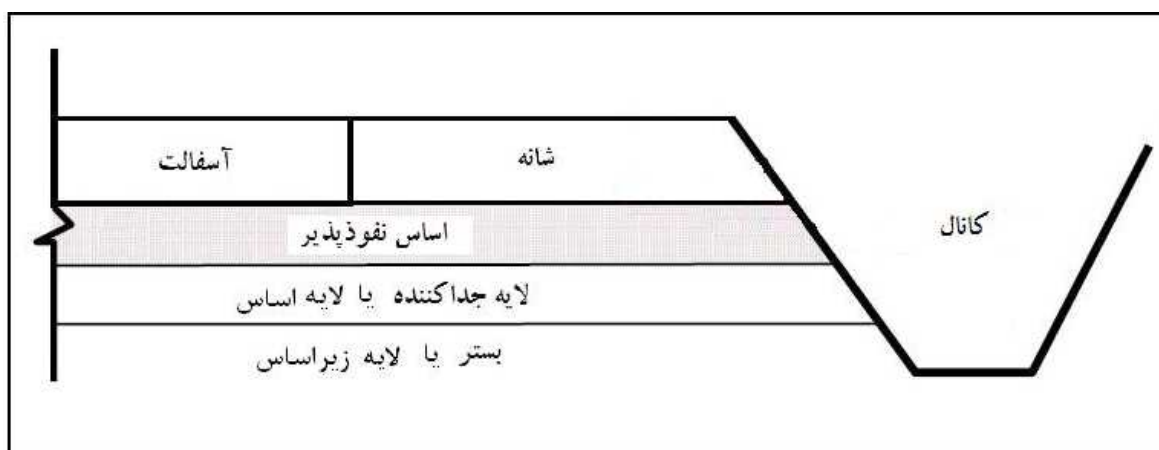
شکل ۵-۷- سیستم اساس نفوذپذیر با لوله زهکش طولی



شکل ۵-۸- نمای دیوار محافظ

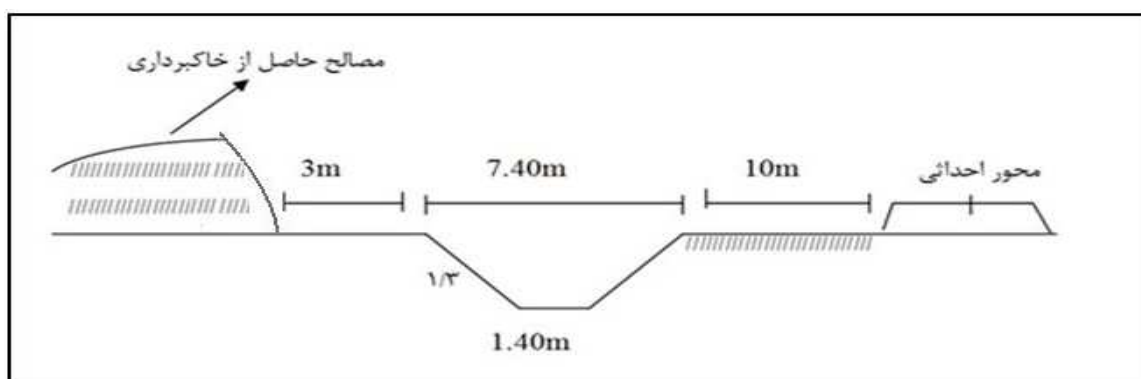
۵-۳-۲- سیستم زهکشی بدون لوله های زهکش (روش دوم)

در این سیستم زهکشی آب بطور مستقیم از لایه اساس نفوذپذیر به کانال جانبی هدایت می شود. این سیستم معمولاً در جاهایی استفاده می شود که شیب طولی کم بوده و شیب عرضی حرکت آب را کنترل می نماید. از جداکننده پارچه‌ای^۱ برای جلوگیری از ورود مصالح ریزدانه به لایه اساس نفوذپذیر استفاده می شود. نکته مهم در کنترل عملکرد مناسب این سیستم آن است که نگهداری های لازم در خصوص لبه لایه های روسازی بویژه لایه اساس صورت پذیرد. در این نوع سیستم باید توجه شود که آب به طور معکوس از نهر وارد لایه اساس نفوذ پذیر نگردد. به همین دلیل توصیه می شود، که لایه اساس نفوذپذیر ۱۵ سانتیمتر بالاتر از ارتفاع آب در نهر باشد (با در نظر گرفتن دبی طرح با دوره بازگشت ۱۰ سال) [۱].



شکل ۵-۹- سیستم زهکشی بدون لوله های زهکش

در شکل زیر جزئیات اجرایی احداث کانال به منظور زهکشی زیرسطحی پیشنهاد می گردد.

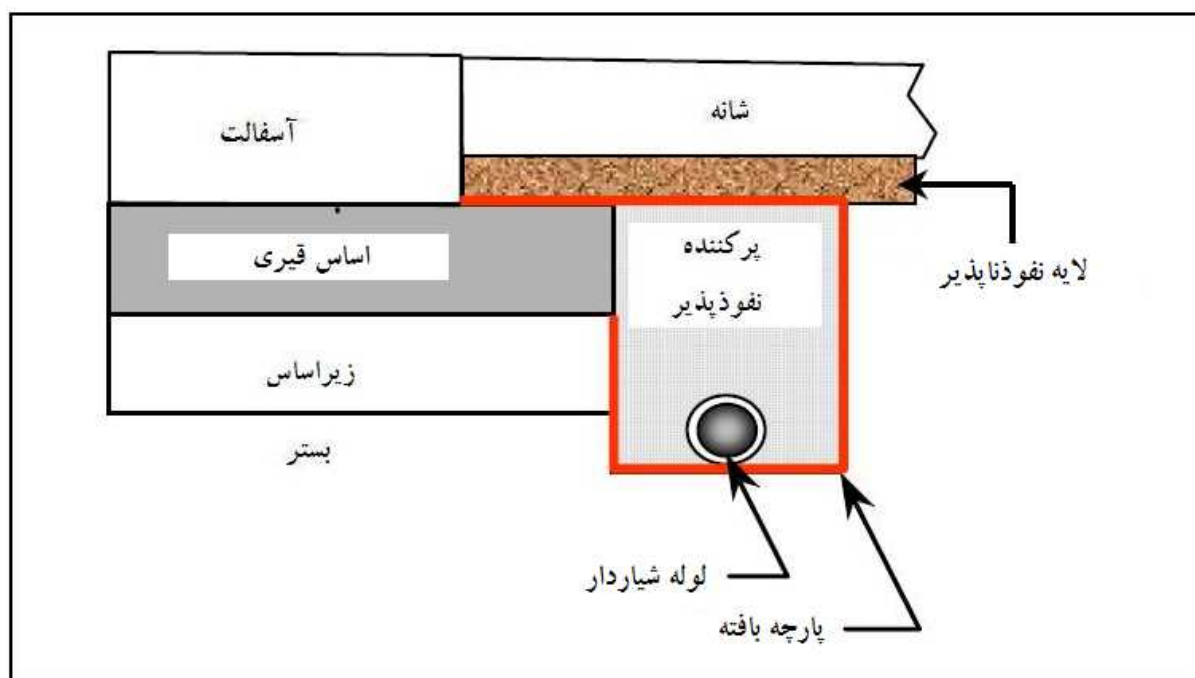


شکل ۵-۱۰- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زهکشی طولی

۵-۳-۳- سیستم اساس قیری با لوله زهکش طولی (روش سوم)

در این سیستم از اساس آسفالتی به همراه زهکش طولی استفاده می شود. از این سیستم زمانی استفاده می شود که زهکشی کمتری مدنظر می باشد.



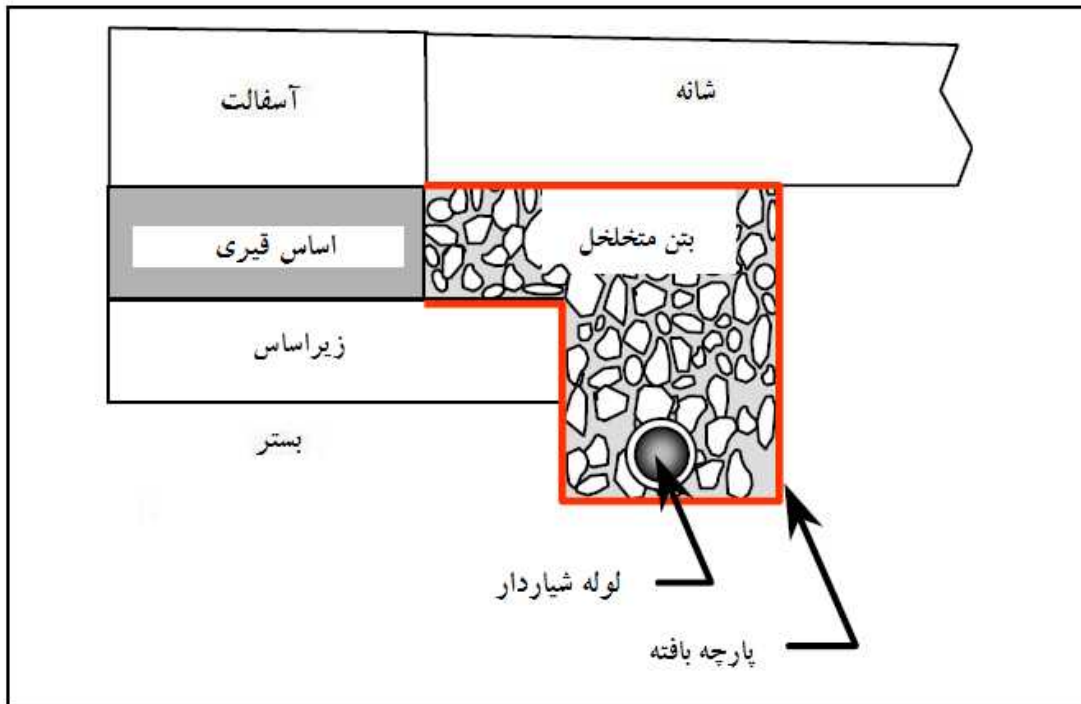


شکل ۵-۱۱- سیستم اساس آسفالتی با لوله زهکش طولی

زیراساس دانه‌ای نیز جزئی از این سیستم می باشد که باعث کاهش فرسوده شدن لایه اساس آسفالتی می‌گردد. مصالح پرکننده مجرای کناری باید از قابلیت زهکشی مناسبی برخوردار باشند. وظیفه لوله در این سیستم جمع آوری و انتقال آب ورودی به روسازی از طریق درز میان شانه و سواره رو و ترک‌های سطحی می‌باشد [۱].

۵-۳-۴- سیستم اساس قیری با زهکش طولی و شانه بتنی متخلخل (روش چهارم)

این سیستم شامل یک اساس قیری زیر سواره رو و اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان زیر شانه می باشد. لوله زهکش طولی در داخل اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان قرار می‌گیرد. استفاده از مصالح تثبیت شده با سیمان در مسیر زهکش طولی زیر سازی قوی‌تری را زیر شانه فراهم می نماید و مشکل نشست شانه را کاهش می‌دهد، ولی منجر به افزایش هزینه احداث می شود [۱].

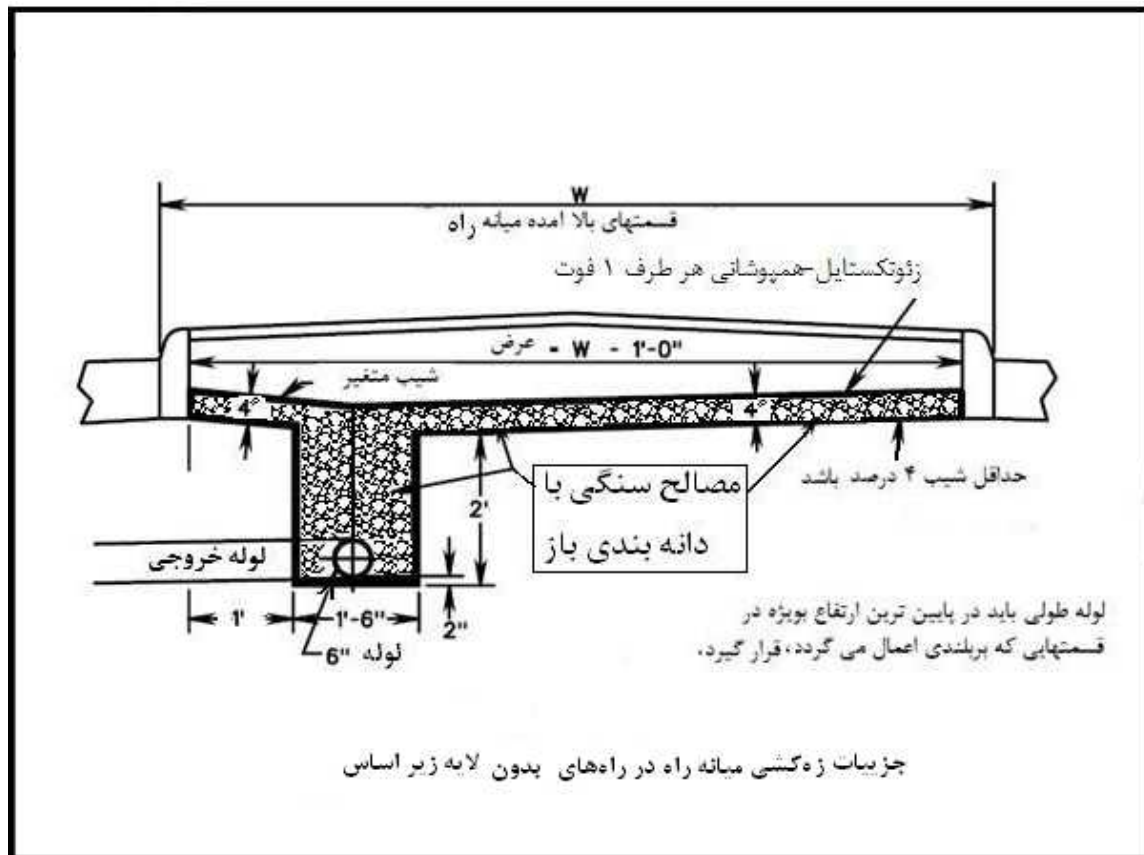


شکل ۵-۱۲- سیستم اساس آسفالتی با شانه بتن متخلخل

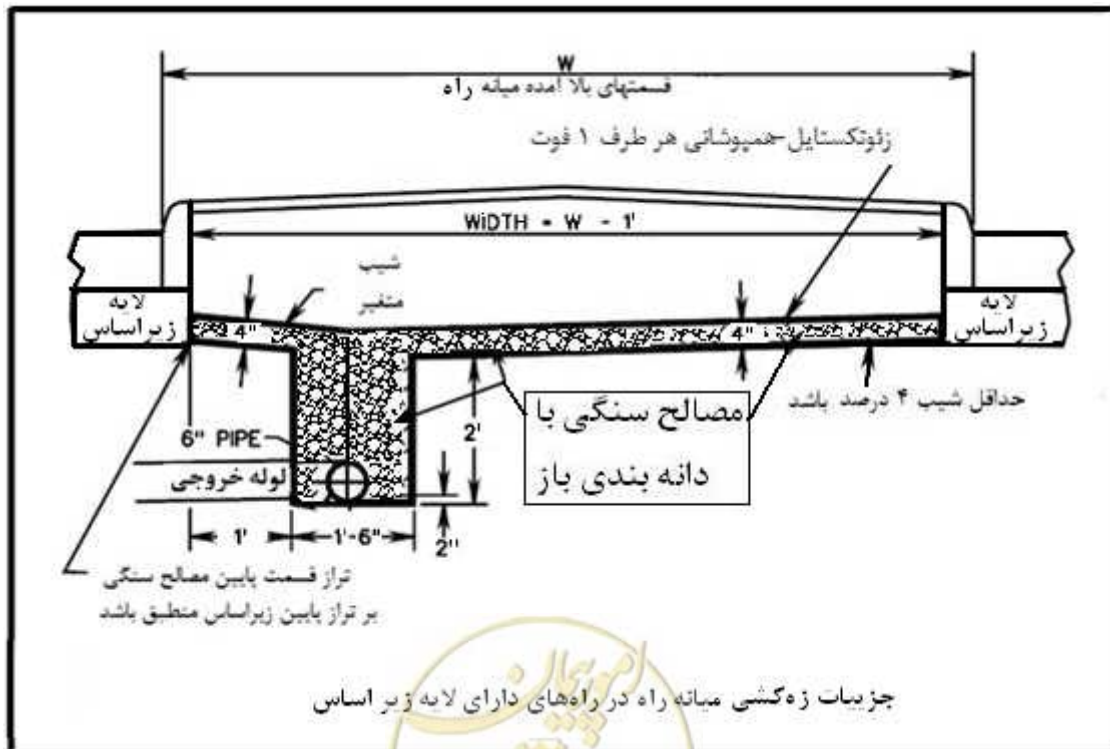
۵-۳-۵- سیستم های زهکشی سازه های در راه های دارای میانه

برای به حداقل رساندن اثرات مخرب آب مورد ذیل به عنوان توصیه ارائه می گردد:

- در مواردی که میانه راه در تراز بالاتری قرار دارد، سیستم زهکشی به صورت شکل های (۵-۱۳) و (۵-۱۴) توصیه می گردد [۲].

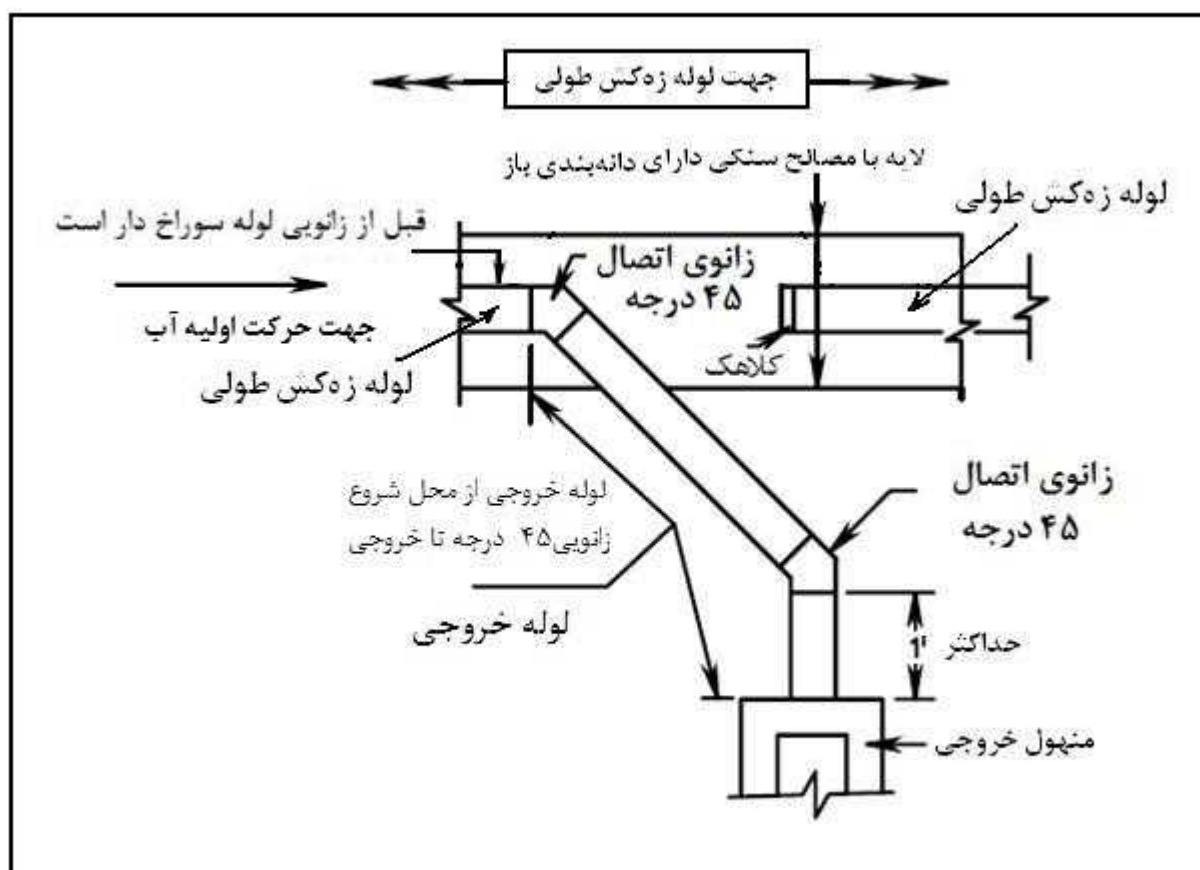


شکل ۵-۱۳- سیستم زهکشی برای میانه راه در روسازی های بدون زیر اساس [۲]



شکل ۵-۱۴- سیستم زهکشی برای میانه راه در راه های دارای لایه زیر اساس [۲]

- جزئیات لوله خروجی در این سیستم‌ها در شکل (۵-۱۵) آورده شده است. البته باید توجه شود که:
- وقتی لوله طولی بطور مستقیم به داخل یک سیستم تخلیه آب (ورودی دراپ، منهول و یا غیره)، متصل می‌گردد، لوله‌های منفذدار خروجی مورد نیاز نمی‌باشد.
 - ارتفاع انتهای لوله خروجی، ۱۲ اینچ بالاتر از جوی آب یا هر سیستم زهکشی دیگر باشد.
 - همه اتصالات از جمله لوله زانویی و یا چند راهی باید تمام خصوصیات لوله خروجی مانند مقاومت گسیختگی^۱ را لحاظ نمایند.
 - لوله‌های خروجی حداقل دارای شیب طولی ۲ درصد (شیب طولی مطلوب ۳ درصد است) باشند و حداکثر در قطعات ۵۰۰ فوتی مورد استفاده قرار گیرند.
 - لوله خروجی با دقت بسیار بالایی به سیستم زهکشی خروجی متصل گردد.
 - در محل تقاطع‌ها، فقط از لوله‌های غیر منفذدار در زیر روسازیه‌ها استفاده شود.



شکل ۵-۱۵- جزئیات اتصالات لوله زهکش طولی و لوله خروجی [۲]

مشخصات لوله‌های مورد استفاده در این سیستم به شرح جدول ذیل می‌باشد:

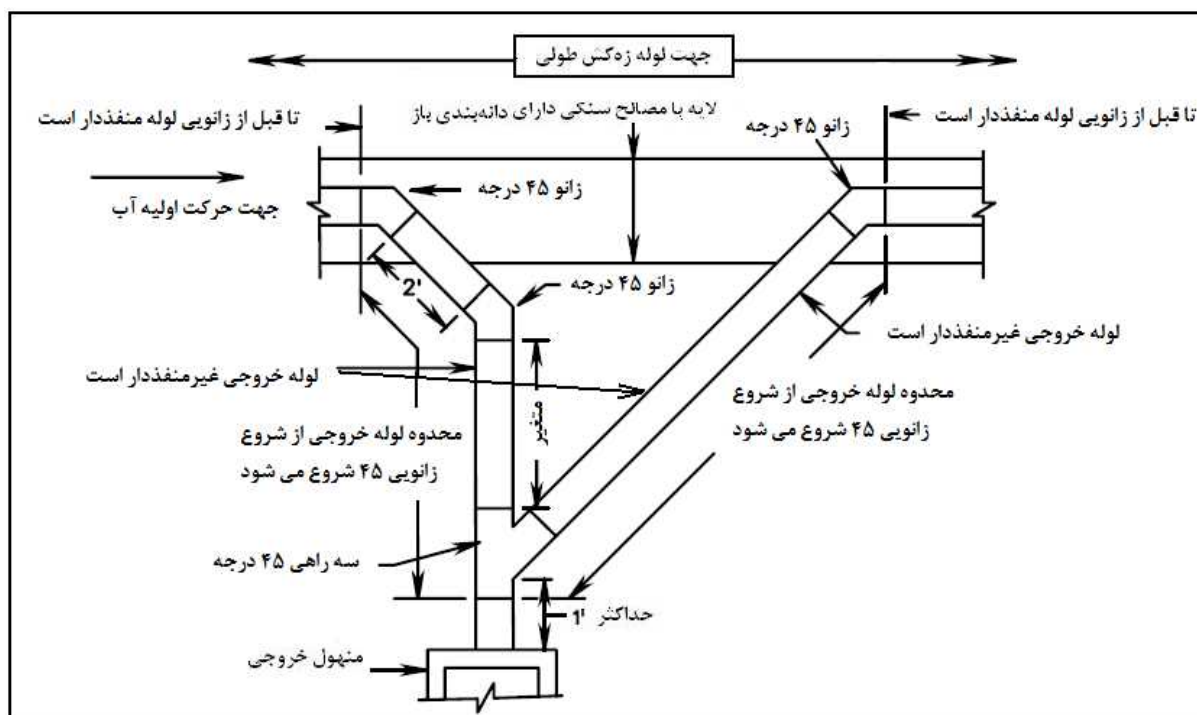
جدول ۵-۱- مشخصات لوله های منفذدار طولی [۲]		
مقاومت گسیختگی		نوع لوله
قطر اسمی ۶ اینچ	حداقل ضخامت جداره به اینچ	
	۰/۰۴۸	آلومینیم موج دار
	۰/۱۵۳	با جداره صاف PVC لوله
AASHTO-M252		با جداره صاف PE لوله

جدول ۵-۲- مشخصات لوله های غیر منفذ دار خروجی [۲]		
مقاومت گسیختگی		نوع لوله
قطر اسمی ۶ اینچ	حداقل ضخامت جداره به اینچ	
	۰/۰۴۸	آلومینیم موج دار
	۰/۱۵۳	با جداره صاف PVC لوله
۷۰ براساس آزمایش PSI ASTM- D2412 در افت ۵ درصد.		با جداره صاف PE لوله

- اگر ADT بزرگتر از یا مساوی ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، برای فراهم نمودن زهکشی مناسب در سراسر طول مسیر، سیستم زهکشی آمده در شکل ۵-۱۶ در نظر گرفته شود (استاندارد برای زهکشی لبه ای).
- اگر ADT کوچکتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، می بایست متناسب با میزان حضور آب در روسازی، ملاحظات زهکشی مناسب در نظر گرفته شود.



در سیستم‌های زهکشی، جزئیات لوله‌های خروجی، می‌تواند به شرح شکل زیر باشد.



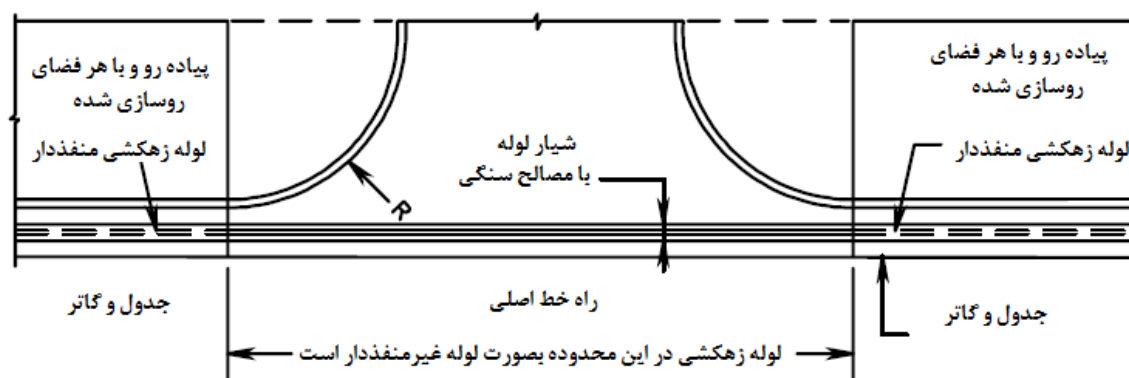
شکل ۵-۱۶- جزئیات لوله خروجی [۲]

بطور کلی نکاتی که در این سیستم زهکشی باید رعایت گردند، عبارتند از:

- حداقل ضخامت لایه مصالح سنگی بر روی لوله زهکشی ۴ اینچ می‌باشد.
- وقتی لوله طولی بطور مستقیم به داخل یک سیستم تخلیه آب (ورودی دراپ، منهول و یا غیره)، متصل می‌گردد، لوله‌های غیرمنفذدار خروجی مورد نیاز نمی‌باشد.
- همه اتصالات از جمله لوله زانویی و یا چند راهی باید تمام خصوصیات لوله خروجی مانند مقاومت گسیختگی را لحاظ نمایند (جدول-های ۳-۵ و ۴-۵).
- لوله‌های خروجی حداقل دارای شیب طولی ۲ درصد (شیب طولی مطلوب ۳ درصد است) باشند و حداکثر در قطعات ۳۵۰ فوتی مورد استفاده قرار گیرند.
- لوله خروجی با دقت بسیار بالایی به سیستم زهکشی خروجی متصل گردد.
- در محل تقاطع‌ها، فقط از لوله‌های غیر منفذدار در زیر روسازیه‌ها استفاده شود.
- در محدوده ورودی مراکز تجاری از لوله غیرمنفذدار بجای لوله منفذدار مطابق شکل ۵-۱۷ استفاده شود.



جدول ۵-۳- مشخصات لوله های منفذدار طولی [۲]		
مقاومت گسیختگی		نوع لوله
قطر اسمی ۴ اینچ	حداقل ضخامت جداره به اینچ	
	۰/۱۰۳	با جداره صاف PVC لوله
AASHTO-M252		موجدار PE لوله
جدول ۵-۴- مشخصات لوله های غیر منفذ دار برای استفاده در محدوده تجاری و برای لوله خروجی [۲]		
مقاومت گسیختگی		نوع لوله
قطر اسمی ۶ اینچ	حداقل ضخامت جداره به اینچ	
	۰/۱۰۳	با جداره صاف PVC لوله
PSI ASTM- D2412 ۷۰ براساس آزمایش		با جداره صاف PE لوله
	در افت ۵ درصد.	



شکل ۵-۱۷- مشخصات سیستم زهکشی در محدوده ورودی تجاری [۲]

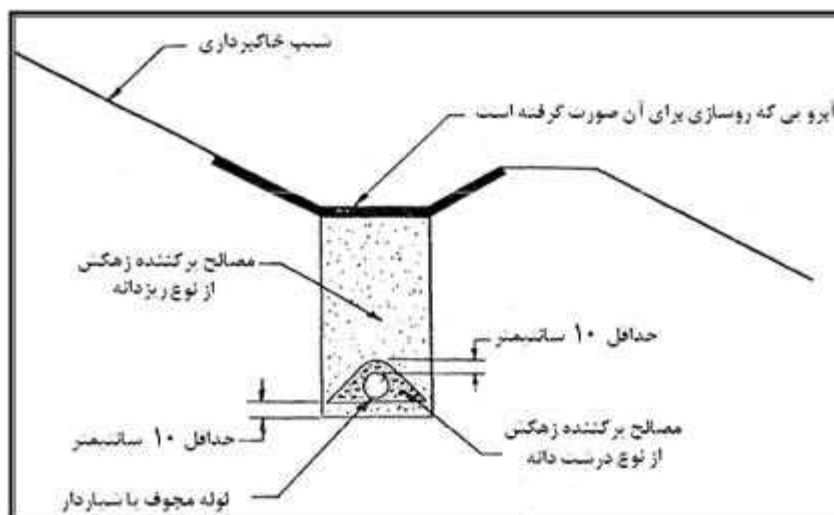
- در مقاطع خاکبرداری، برای به حداقل رساندن اثرات آب بر ساختار روسازی، زهکشی عرضی، تثبیت و یا هرگونه نصب سیستم زهکشی سطحی و یا زیر سطحی که لازم است باید مورد توجه قرار گیرد.
- برای راهپایی با ADT طرح بزرگتر یا مساوی ۲۰۰۰۰ وسایل نقلیه در روز، یک لایه زهکش استفاده شود. ضخامت توصیه شده برای این لایه ۶ اینچ می باشد که به زهکش لبه ای مطابق توصیه بند دوم متصل می باشد.



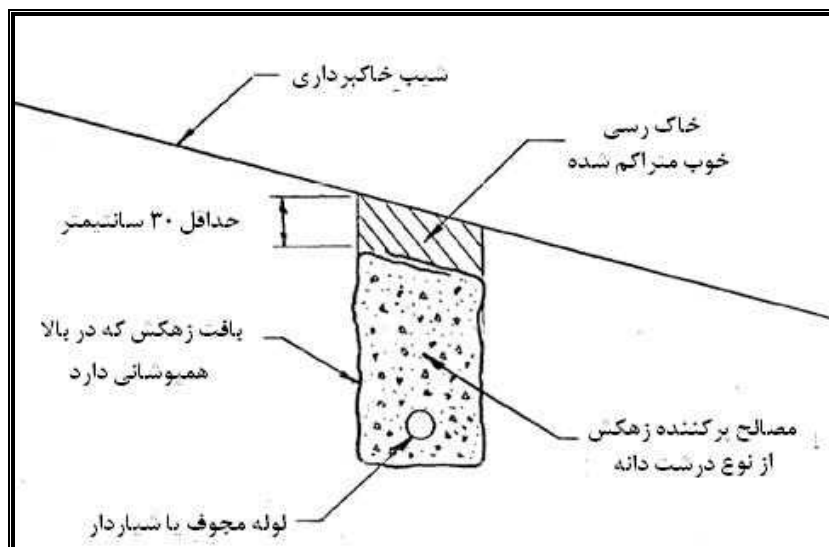
۵-۴- زهکشی آب های زیرزمینی^۱

۵-۴-۱- جزئیات پایین آوردن تراز آب زیرزمینی

در شکل زیر جزئیات اجرایی زهکشی آب های زیرزمینی به منظور پایین آوردن تراز آب زیرزمینی پیشنهاد می گردد.



شکل ۵-۱۸- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن تنها از مصالح دانه ای فیلتر استفاده شده است [۱۰]



شکل ۵-۱۹- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن از مصالح دانه ای و بافت زهکش ۲ استفاده شده است [۱۰].



1 - Groundwater Drainage

2 - Drainage Fabric

نکاتی که بایستی در نصب لوله های زه کشی رعایت گردند:

- در صورتی که لوله در کف کانال قرار گیرد، عرض کف کانال حداقل ۱۵ سانتی متر بیش از قطر خارجی لوله باشد.
- بستری که لوله روی آن قرار می گیرد باید تراکم کافی و یکنواخت داشته باشد و لوله نباید روی زمین یخ زده، پوشیده از گیاه، لجنی و همچنین روی بستر سنگی قرار بگیرد. به همین منظور بایستی در کانال حداقل ۱۰ سانتی متر، خاکبرداری اضافی صورت بگیرد و سپس آنرا با ماسه به نحوی پر نمود تا پس از کوبیدن به تراز بستر زیر لوله برسد.
- بعد از قرار گرفتن لوله در کف کانال، اطراف و روی آن باید بلافاصله با مصالح زه کش مناسب پر شود. مصالح را باید در دو طرف لوله ریخت و توسط تخماق دستی کوبید. آنگاه باید روی لوله ها را تا ارتفاع ۱۰ سانتی متر با مصالح زه کش پر نمود و توسط تخماق دستی کوبید. بقیه فضای خالی روی لوله بایستی با قشرهای ۲۰ سانتی متری پر و با غلطک های کوچک مکانیکی کوبیده شود.
- برای جلوگیری از نفوذ آب های سطحی در کانال ها می توان قشر نهایی آن را با یک لایه خاک رس غیر قابل نفوذ که ضخامت آن پس از کوبیدن حداقل ۱۵ سانتی متر باشد، آب بندی نمود.
- چنانچه خاک بستر غیر قابل نفوذ باشد برای جلوگیری از افت تراکم و استحکام آن در برابر نفوذ آب بایستی دو طرف لوله را تا فاصله قطر لوله با خاک رس پر و متراکم نمود یا آنکه لوله را روی بتن مگر در همین فاصله و به ضخامت قطر لوله قرار داد. در صورت وجود خاک بستر نفوذ پذیر انجام موارد فوق ضرورت ندارد.
- در هنگام کلیه مراحل نصب لوله ها و خاکریزی روی آنها باید دقت نمود تا لوله ها جابجا نشوند و آسیب نبینند.

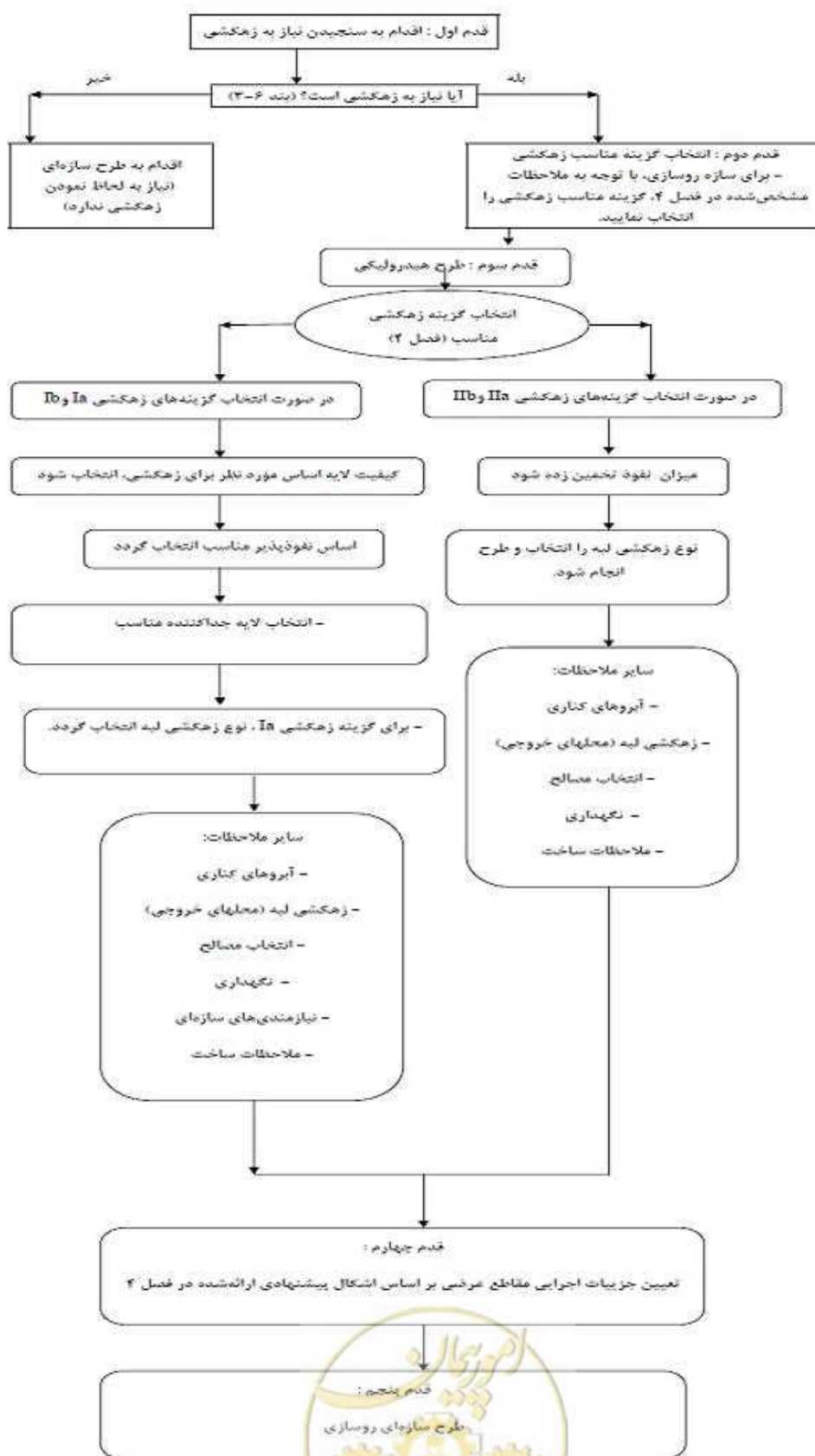
مراجع

- 1- NCHRP, "Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures", part 3, chapter 1: drainage, final report, 2004.
- 2- FHWA, construction of pavement subsurface drainage systems (reference manual), January 2002.
- 3- FHWA, highway subsurface design, publication No. FHWA-TS-80-224, 1980.
- 4- AASHTO, Pavement Design, 1993.
- 5- Yang H. Huang, "Pavement Analysis and Design" University of Kentucky, SECOND EDITION, 2004.
- ۶- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱)، چاپ سوم، ۱۳۸۵.
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران (نشریه ۲۳۴)، چاپ اول ۱۳۸۱.
- 8- Santi V Santhaligam, "highway drainage systems" Highway agency London, 1999.
- ۹- پژوهشکده حمل و نقل، "راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب های سطحی و زیر سطحی راه، راه آهن و فرودگاه" پاییز ۱۳۸۳.
- 10- Highway Drainage Design, U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, 1990.



پیوست ۱





مطالعات میدانی

در این پیوست، خلاصه ای از مطالعات میدانی که در آن، سه محور از راههای کشور به لحاظ زهکشی مورد بررسی قرار گرفت، آورده شده است. هدف از مطالعات میدانی، شناخت وضعیت موجود و مورد توجه قرار دادن خرابیهای ناشی از زهکشی نامناسب و ارائه راهکارهایی جهت حل این مشکلات بود.

۱- محور سروآباد- مریوان

مشکلات زهکشی محور سروآباد - مریوان بر اساس بازدید میدانی در ذیل آورده شده است.

۱- نتایج بازدید میدانی نشان داد که برای هدایت آبهای سطحی بویژه در محل ترانشه‌ها هیچ‌گونه تمهیداتی لحاظ نشده است. (شکل پ ۱-۱)



شکل پ ۱-۱- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب برای هدایت روان آب

۲- در بعضی از قسمتهای مسیر برای هدایت روان آب جمع‌شده در حوضه‌های آبریز اقدام به احداث آبرو گردیده است که در بسیاری موارد دچار گرفتگی بوده و وظیفه هدایت آب را بدرستی انجام نمی‌دهند (شکل پ ۱-۲).



شکل پ ۱-۲- گرفتگی دهانه آبروی هدایت عرضی روان آب

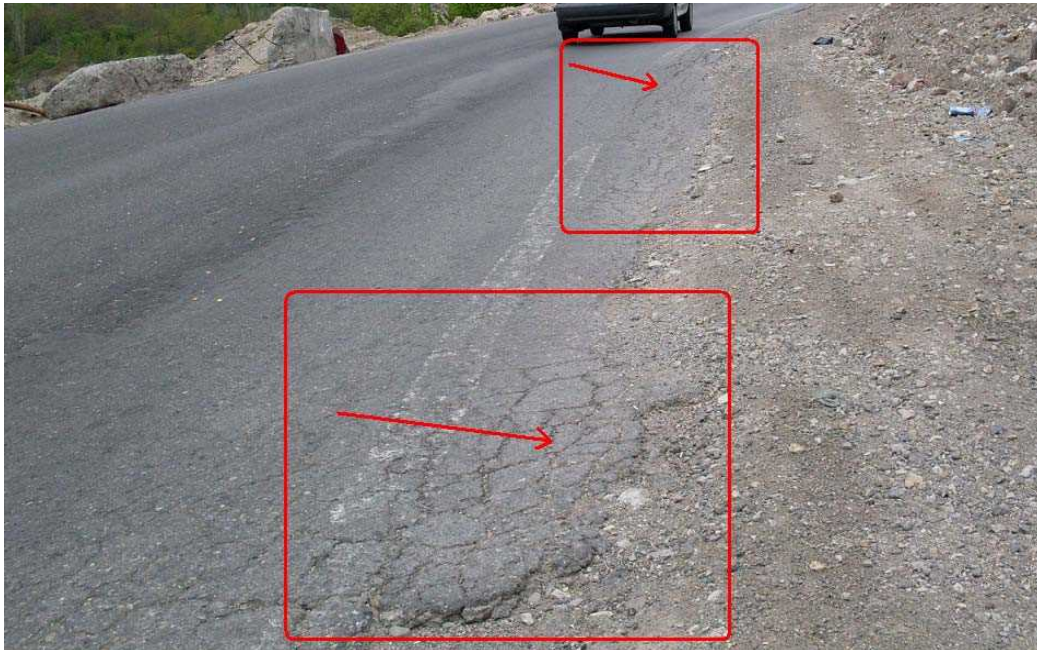
۳- با توجه به مشاهدات صورت گرفته راجع به مشکلات زهکشی محور اینگونه نتیجه گیری می شود که بدلیل فقدان سیستم زهکش طولی (کانالهای زهکش طولی) در طول محور، مسیر تصادفی جریان توسط روان آب بوجود آمده و آب به محل مناسب و خارج از بدنه راه هدایت نمی گردد و در نتیجه بخشی از این روان آب جذب جسم راه شده و بخش دیگر، مسیری که در حال عبور از آن است را تخریب می کند. بنابراین بدیهی است که حضور آب در جسم راه باعث افت مقاومت لایه های سنگدانه ای، نشست روسازی در اثر عبور جریان ترافیک و همچنین بروز ترکهای پوست سوسماری می گردد.

جدول پ ۱-۲- نوع خرابیها، شدت و عامل بروز هر خرابی در محور سروآباد- مریوان

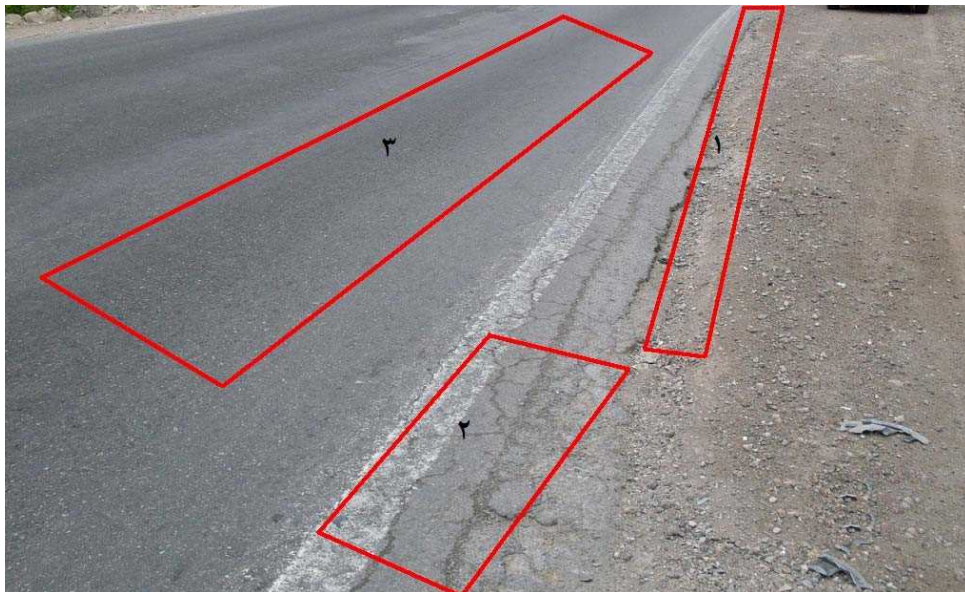
نوع خرابی مشاهده شده	شدت خرابی	عامل بروز
خرابی پوست سوسماری	زیاد	تغییر شکل بیش از حد لایه های روسازی بعلت کاهش مقاومت باربری لایه ها در اثر حضور رطوبت
شیارافتادگی (ناشی از نشست کلی جسم راه)	متوسط	تغییر شکل دائمی یکی از لایه ها یا بستر روسازی بعلت حضور آب
افتادگی شانه	زیاد	فرسایش شانه در اثر حرکت آب بدلیل عدم انتقال توسط کانالهای زهکشی

در ادامه نمونه هایی از این خرابیها در شکل های پ ۱-۳، پ ۱-۴ آورده شده اند..





شکل پ ۱-۳- حرکت روان آب در امتداد طولی مسیر و نفوذ در جسم راه و بروز نشست و ترکهای پوست سوسماری



شکل پ ۱-۴- خرابیهای بوجود آمده بعلت زهکشی نامناسب

۲- محور جاجرود - تهران

قطعه جاجرود - تهران به طول ۲۰ کیلومتر، قطعه‌ای از محور اصلی هراز (یکی از مسیرهای اصلی مرتبط کننده تهران به استان مازندران) به طول ۱۸۵ کیلومتر می باشد



۱- بدلیل پرباران بودن منطقه جاجرود، در طول محور جاجرود- تهران و علی‌الخصوص در مناطقی که ترانشه موجود می‌باشد، جمع‌شدگی آب در کناره مسیر پس از بارش مشاهده می‌شود (شکل پ ۱-۵).



شکل پ ۱-۵ - نمونه‌ای از عدم وجود سیستم زهکش طولی و جمع‌شدگی آب

۲- در مناطقی که محور از محل ترانشه‌برداری می‌گذرد، تراز آب بالا بوده و شیب عرضی محور نیز از یک سمت محور به سمت دیگر می‌باشد. در این مناطق رطوبت موجود در جسم راه با توجه به ترکهای موجود در رویه آسفالتی قابل مشاهده است، بطوریکه سطح راه خشک بنظر می‌رسد ولی با دقت در ترکهای موجود در روسازی می‌توان مرطوب بودن جسم راه را مشاهده نمود.

در بررسی‌های صورت گرفته در بازدید میدانی از محور مذکور، عمده خرابی‌های مشاهده شده بعلت حضور آب عبارتند از:

- خرابی پوست‌سوسماری
- بروز شیار در مسیر عبور چرخ وسایل نقلیه که عموماً شامل وسایل نقلیه سنگین می‌باشد (ناشی از نشست کلی جسم راه)
- افتادگی شانه
- عریان شدگی مصالح رویه آسفالتی



جدول پ-۱-۲- نوع خرابیها، شدت و عامل بروز هر خرابی در محور جاجرود- تهران

نوع خرابی مشاهده شده	شدت خرابی	عامل بروز
خرابی پوست سوسماری	زیاد	تغییر شکل بیش از حد لایه های روسازی بعلت کاهش مقاومت باربری لایه ها در اثر حضور رطوبت
شیار افتادگی (ناشی از نشست کلی جسم راه)	متوسط	تغییر شکل دائمی یکی از لایه ها یا بستر روسازی بعلت حضور آب
افتادگی شانه	زیاد	فرسایش شانه در اثر حرکت آب بدلیل عدم انتقال توسط کانالهای زهکشی
عریان شدگی مصالح رویه آسفالتی	متوسط	حضور رطوبت در لایه آسفالتی و جایگزینی پیوند قیر و مصالح سنگی با پیوند آب و مصالح سنگی

نمونه هایی از این خرابیها در شکلهای پ-۱-۶، الی پ-۱-۷، نشان داده شده است.



شکل پ-۱-۶- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب (عدم هدایت روان آب سرازیر شده از ترانشه ها و سطح راه)



شکل پ ۷-۱ عدم وجود کانال طولی هدایت آب که منجر به خرابی کناره راه و جسم راه می گردد (مسئله آب به جسم راه نفوذ می نماید)

حضور آب در کناره مسیر و نفوذ و ورود آن به جسم راه باعث عدم زهکشی روان آب عامل اصلی در افت قابل توجه مقاومت لایه های سنگدانه ای، عریان شدن مصالح در لایه آسفالتی، بروز تغییر مکانهای زیاد (نشست) در کل جسم راه و ایجاد ترکهای پوست سوسماری باعث افت و خیز لایه های زیرین می باشد (شکل پ ۸-۱)).



شکل پ ۸-۱- وجود روان آب در کناره های مسیر که منجر به بروز خرابیهای مختلف گردیده است



۳- محور سیرجان - بندر عباس (قطعه ۳-ب)

در این پروژه همچنین از محور سیرجان - بندر عباس (قطعه ۳/ب)، به منظور بررسی مسائل مربوط به زهکشی این محور بازدید بعمل آمد.

مشکل اصلی در قطعه مورد بررسی، تراز بالای آب زیرزمینی در آن می باشد. حضور آب بویژه آب زیرزمینی، ساخت این محور را دچار مشکلات عدیده ای نموده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می گردد:

۱- این محور در منطقه شوره زار با تراز بالای آب زیرزمینی قرار دارد و آب این منطقه دارای املاح زیادی می باشد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که سطح آب زیرزمینی در عمق کمتر از ۱/۲ متری سطح زمین قرار دارد (شکل پ ۱-۹). وجود آب در این عمق از سطح زمین، دارای اثر مخرب بر روی روسازی می باشد.



شکل پ ۱-۹- منطقه شوره زار با سطح آب زیر زمینی بالا

۲- نکته ی دیگری که باید به آن توجه شود، ورود آب به سیستم روسازی بواسطه موئینگی است. بعلت استفاده از خاکهای جانبی در ساخت جسم راه و عدم قطع ارتباط بین جسم راه و خاکهای مجاور آن، آب بخاطر خاصیت موئینگی به جسم راه نفوذ می یابد و باعث بروز مسائلی از جمله فرسایش لایه های مختلف و تغییرات فشار هیدرواستاتیک بدلیل عبور وسایل نقلیه می شود.

۳- وجود آب در عمق کم از سطح زمین علاوه بر آنکه اجرای فونداسیون ابنیه فنی مانند پلها را دچار اشکال می کند وجود املاح زیاد در آب به خاطر شوره زار بودن منطقه سبب خوردگی بتن می شود (شکل پ ۲-۱۰)





شکل پ ۱-۱۰- مشکلات حضور آب جهت اجرای ابنیه فنی.

به طور کلی مشکلاتی که با شروع بهره‌برداری از محور و در درازمدت می‌تواند ایجاد شود، بصورت ذیل می‌توان بیان کرد:

حضور طولانی مدت آب در جسم راه منجر به کاهش مقاومت لایه‌های مختلف روسازی، نشست لایه‌های روسازی در اثر عبور جریان ترافیک، بروز ترکهای پوست‌سوسماری، ایجاد فشار هیدرواستاتیک در منافذ لایه‌ها و آب‌شستگی لایه‌ها، خوردگی پایه‌های ابنیه محور و می‌شود. با توجه به اینکه محور سیرجان- بندرعباس، از جمله مهمترین محورهای ترانزیت کشور بوده و بیشترین حجم جریان ترافیک در این محور را وسایل نقلیه سنگین تشکیل می‌دهند، تأثیر مخرب بار چرخ وسایل نقلیه در بروز خرابی‌های سازه‌ای این محور بیشتر است و فقدان زهکشی روسازی می‌تواند در تشدید این خرابیها بسیار موثر باشد.

۳-۱- راهکارهای بکارگرفته‌شده برای مقابله با مسأله حضور آب

در بررسی های مجری، مشخص شد که در راستای مواجهه مناسب با مشکلات ناشی از حضور آب از سوی مجموعه کارفرما، مشاور و پیمانکار راهکارهای ذیل در نظر گرفته شده است.

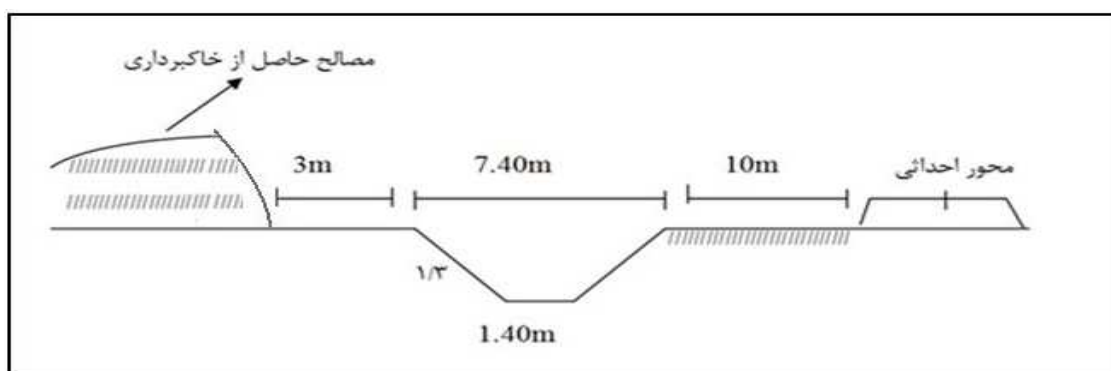
الف- کنترل و پایین آوردن تراز آب زیرزمینی

تراز آب زیرزمینی نباید از بستر روسازی راه کمتر از ۱/۲ متر فاصله داشته باشد و در غیراینصورت باید سطح ایستابی را با حفر کانال‌های عمیق و نصب لوله‌های زهکش و پرکردن روی آن با مصالح زهکش پایین آورد. عمق حفاری به نوع خاک و سطح ایستابی بستگی دارد.

در پروژه مورد مطالعه، جهت هدایت مسیر آبهای زیرزمینی و پایین بردن سطح آب در منطقه شوره زار و همچنین هدایت رواناب ناشی از بارندگی، کانال‌هایی در دو طرف مسیر حفر شده که با ایجاد پل و کانال عرضی و اتصال به این کانالهای طولی، یک شبکه زهکش ایجاد شده است.



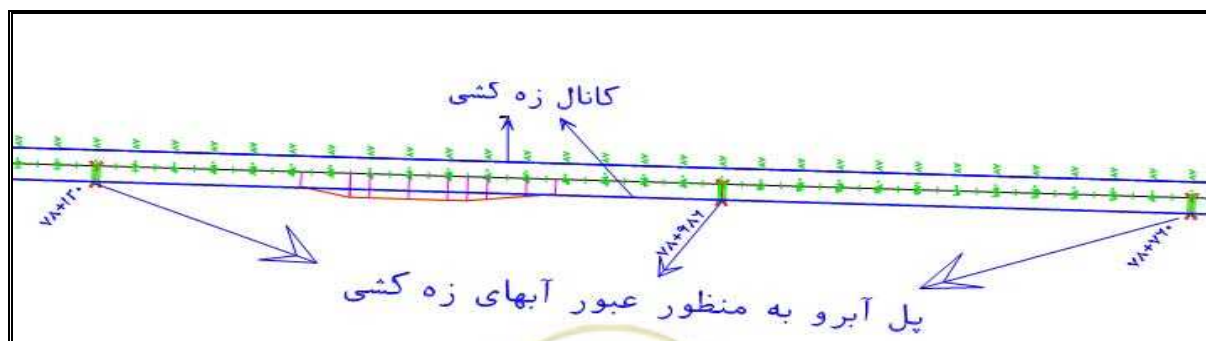
به منظور جلوگیری از ریزش جداره های کانال زه کشی به داخل کانال، کانال های جدید به صورت دوزنقه اجرا شده اند (شکل های پ ۱۱-۱ و پ ۱۲-۱). همچنین برای عبور آب های زه کشی از عرض راه از آبروهای عرضی در طول محور استفاده شده است (شکل پ ۱۳-۱).



شکل پ ۱۱-۱- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زه کشی طولی



شکل پ ۱۲-۱- کانال زه کشی طولی اصلاح شده که دارای عملکرد بهتر می باشد.



شکل پ ۱۳-۱- موقعیت آبروهای عرضی به منظور عبور آب های زه کشی از عرض محور



ب- استفاده از لایه منتخب برای جلوگیری از نفوذ آب از طریق مویبندی

به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت به لایه‌های روسازی، کد ارتفاعی خط پروژه در حد فاصل کیلومتر $۷۸ + ۰۰۰$ الی $۷۹ + ۳۰۰$ با مصالح منتخب (تونان) که غیرخمیری بوده و ارزش ماسه‌ای آن بالای ۴۰ درصد و عبوری از الک ۲۰۰ آن کمتر از ده درصد می‌باشد، افزایش داده شده است (شکل پ ۱-۱۴).



شکل پ ۱-۱۴- خاکریزی و استفاده از مصالح منتخب

۳-۲- بررسی راهکارهای بکار گرفته شده بر مبنای گزارش مرحله دوم و استانداردهای موجود

بر مبنای محاسبات صورت گرفته، زمان مورد نیاز جهت حذف ۵۰ درصد از آب، ۲۹ روز بدست آمد که در رده کیفیت زهکشی ضعیف قرار می‌گیرد.

همچنین ملاحظه می‌گردد ضریب نفوذپذیری برای لایه اساس که در منطقه‌ای با تراز بالای آب زیرزمینی و شدت بارش ۵۲۱ (mm/hr) یا ۱۲۵ (cm/day) قرار دارد مناسب نمی‌باشد و می‌بایست اقدامات اصلاحی در رابطه با دانه بندی مصالح مورد استفاده صورت پذیرد. بدلیل پایین بودن میزان نفوذپذیری لایه‌ها، آب در این لایه‌ها بمدت طولانی باقی مانده و سبب افت شدید مقاومت روسازی و نشست و بروز ترکهای سازه‌ای

۱- بمنظور اطلاع از میزان شدت بارش منطقه، در تاریخ ۸۹/۴/۶ با اداره هواشناسی حاجی‌آباد تماس حاصل گردید که مسئول این اداره اذعان داشت، میزان حداکثر بارش روزانه در این منطقه، ۱۳۰ میلی‌متر در آذرماه ۱۳۸۸ بوده است و اوج بارش در ۲ ساعت از طول شبانه‌روز اتفاق می‌افتد. لذا با تخصیص ۸۰٪ از بارش روزانه به این دو ساعت و تقسیم میزان بدست آمده بین دو ساعت، عدد ۵۲ میلی‌متر در ساعت بعنوان عدد شدت بارش حاصل می‌گردد.

عدد نفوذپذیری برای لایه منتخب و زیر اساس نیز بسیار پایین بوده و عملاً این لایه ها نیز وظیفه زهکشی را انجام نمی-دهد. بواسطه احداث کانال طولی در کنار محور مورد مطالعه، عمق آب زیرزمینی به حدود ۱ متر پایین تر از روی لایه بستر (فصل مشترک لایه بستر و لایه منتخب) می رسد اما با این وجود احتمال نفوذ آب به زیر لایه زیراساس، اساس و یا حتی لایه آسفالتی به واسطه خاصیت مویینگی وجود دارد. جهت مقابله با چنین امری از لایه منتخب استفاده شده است. برای لایه منتخب استفاده شده، درصد ریزدانه عبوری از الک نمره ۸، ۲۰٪ می باشد. این درصد بالای ریزدانه باعث می-شود که آب از طریق مویینگی به لایه بالاتر نفوذ نماید، که سبب خرابیهای منتج بعدی در لایه ها می گردد. برای تعیین ارتفاع صعود آب در لایه های روسازی بواسطه خاصیت مویینگی از رابطه ذیل استفاده گردید.

$$H = \frac{C}{N \times D_{10}}$$

در این رابطه،

C: ضریبی است بین ۰/۱ تا ۰/۵

N: تخلخل خاک

H: ارتفاع کل صعود مویینگی آب در خاک بر حسب سانتی متر و

D10: اندازه الکی که ۱۰ درصد مصالح از آن عبور کرده اند بر حسب سانتی متر می باشد.

با در اختیار داشتن حدود مشخصات خاک تا یک متر زیر بستر (GS=۲/۶، q=۱۹۹۰ (وزن مخصوص واقعی خاک) و درصد رطوبت ۱۰ درصد) تخلخل ۰/۵۲ حاصل می شود که با فرض C=۰/۴ و داشتن D10=۰/۰۵ میلی متر، ارتفاع کل صعود مویینگی آب در خاک برابر با ۱۸۵ سانتی متر بدست می آید. با داشتن حدود مشخصات لایه منتخب (GS=۲/۶۵، q=۲۲۴۰ (جرم مخصوص واقعی خاک) و درصد رطوبت ۱۵ درصد) تخلخل ۰/۳۶ حاصل می شود که با فرض C=۰/۲ و داشتن D10=۰/۱ میلی متر، ارتفاع کل صعود مویینگی آب در خاک برابر با ۵۵ سانتی متر بدست می آید. این مطالب حاکی از این است که بواسطه خاصیت مویینگی، آب از عمق ۱ متری زیر لایه بستر به داخل لایه منتخب و پس از آن به لایه زیراساس نفوذ می نماید.

راهکارهای اصلی مقابله با آب های زیرزمینی، پایین آوردن سطح آب زیرزمینی با حفر کانال طولی، بالا آوردن خط پروژه و در نظر گرفتن لایه منتخب برای قطع مویینگی می باشد که همگی این راهکارها به نوعی در این پروژه بکار گرفته شده است. اما رعایت نکات ذیل می تواند منجر به عملکرد مناسب تر روش های فوق باشد:



- لایه اساس روسازی اجرا شده با هدف زهکشی روان آب احداث شده و می‌بایست دانه‌بندی آن در محدوده مجاز توصیه شده در آیین‌نامه قرار گیرد. نکته بسیار مهم، میزان ریزدانه و تأثیر قابل توجه آن بر نفوذپذیری لایه است. بر اساس نتیجه‌گیری‌های آشتو، درصد عبوری از الک #۲۰۰ می‌بایست بین ۰ تا ۲/۵٪ باشد تا وظیفه زهکشی روان آب بطور مناسب صورت پذیرد.

- جهت انتخاب بین دو راهکار پایین آوردن سطح آب زیرزمینی با حفر کانال طولی و یا بالا آوردن خط پروژه، باید تحلیل اقتصادی مناسب در طول مدت عمر طرح صورت پذیرد.

- برای تعیین هندسه کانال جهت پایین بردن سطح آب زیر زمینی و جمع‌آوری رواناب حاصل از بارندگی، ابتدا لازم است با حفر چاههایی منحنی تراز آب تعیین گردد و سپس با استفاده از نکات و روابطی که در گزارش مرحله دوم آورده شده و نیز محاسبات صورت گرفته در بند قبل، هندسه کانال تعیین گردد.

- هرچند در این پروژه معیارهایی برای لایه منتخب جهت قطع مویبندی در نظر گرفته شده است اما این لایه می‌بایست به اندازه کافی نفوذناپذیر باشد تا از ورود آب از لایه‌های بالایی به لایه ساب‌گرید جلوگیری نماید (نفوذپذیری کمتر از ۱۵ فوت در روز باشد) و از طرفی اجازه ورود مصالح ریزدانه از لایه ساب‌گرید را ندهد.

۴- نتیجه گیری

واضح است که مسائل و مشکلات ناشی از آب و عدم زهکشی در محورهایی از اهمیتی بیشتری برخوردار است که تحت ریزش‌های جوی با شدت بالا و در پی آن روان آب ناشی از این بارشها باشند و یا اینکه سطح آب زیرزمینی بالا منجر به نفوذ آب در ساختار روسازی شده و منجر به خرابی آن گردد. این مسئله زمانی حادثتر است که خاک زمین دارای املاح فراوان مضر باشد. بنابراین برای این محورها وجود یک سیستم زهکشی مناسب و راهکار صحیح مقابله با آب از ملزومات انکارناپذیر می‌باشد.

از محورهای مورد بررسی، محور اول و دوم در حال بهره‌برداری و محور سوم در دست ساخت می‌باشد. مجموع نتایج بررسی این محورها در ذیل آورده شده است:

- نتایج منحنی دانه‌بندی حاصل از شیت‌های آزمایشگاهی محور سیرجان - بندرعباس، نشان‌دهنده درصد بالای ریزدانه در مصالح لایه منتخب می‌باشند. این میزان ریزدانه تأثیر منفی قابل توجهی بر نفوذپذیری لایه خواهد داشت.

- با توجه به نوع خرابی‌های موجود در محور جاجرود و توجه به حضور همیشگی آب در جسم راه می‌توان حدس زد که عامل اصلی بروز این خرابی‌ها بغیر از زهکشی نامناسب سطحی، زهکشی نامناسب سازه‌ای (علی‌الخصوص لایه اساس) برای هدایت و خروج آب از جسم راه می‌باشد. وجود ریزدانه بیش از حد در لایه‌های اساس و زیراساس از جمله عوامل



اصلی زهکشی نامناسب و حضور طولانی مدت آب در جسم راه می باشد. حضور آب در جسم راه باعث افت شدید مقاومت و بروز ترکهای سازه ای و تغییر مکانهای دائم می گردد.

- بر مبنای محاسبات صورت گرفته، زمان مورد نیاز جهت حذف ۵۰ درصد از آب، در لایه اساس محور سیرجان، ۲۹ روز حاصل می گردد که بر اساس معیارهای موجود در رده کیفیت زهکشی ضعیف قرار می گیرد. بر اساس مشاهدات صورت گرفته می توان حدس زد که کیفیت زهکشی در سایر محورهای مورد مطالعه نامناسب خواهد بود.

- در محورهای تحت بهره برداری که مورد بررسی قرار گرفتند تنها سیستم زهکشی سطحی مورد استفاده (به غیر از شیب عرضی روسازی)، استفاده از آبروهای عرضی می باشد که در بسیاری موارد دچار گرفتگی بوده و وظیفه هدایت آب را بدرستی انجام نمی دهند. در این محورها کانالهای زهکش طولی موجود نمی باشد و در نتیجه آب به محل خاصی هدایت نمی گردد. بخشی از این روان آب جذب جسم راه شده و بخش دیگر، مسیری که در حال عبور از آن است را تخریب می کند. حضور آب در جسم راه باعث افت مقاومت لایه های سنگدانه ای، نشست روسازی در اثر عبور جریان ترافیک و همچنین بروز ترکهای پوست سوسماری شده است. توصیه می شود که در این ارتباط متناسب با شرایط هر محور و تحلیلهای فنی و اقتصادی از یکی روشهای زهکشی سطحی ارائه شده در بندهای قبلی استفاده گردد.

- بطور کلی در مسیرهای مورد بررسی از سیستم زهکشی سازه ای استفاده نشده و اصولاً با توجه به بررسیهای انجام شده، استفاده از این نوع سیستم زهکشی مورد بررسی قرار نگرفته است. استفاده از این نوع سیستم زهکشی در صورت داشتن توجیه فنی و اقتصادی می تواند منجر به تخلیه سریع آب نفوذی به جسم راه گردیده و آثار مخرب آب را کاهش دهد. عدم توجه به معیارهای انتخاب مشخصه های لایه اساس با توجه به شرایط منطقه مشکلی است که در تمامی پروژه های راهسازی می توان آن را مشاهده نمود.

- استفاده از یک لایه اساس نفوذپذیر بمنظور حذف آب نفوذی از سطح روسازی به واسطه حرکت جانبی آب به سمت لبه روسازی در زمان قابل قبول و هدایت آب از طریق کانالهای کناری طولی از جمله روشهای متداول زهکشی سازه ای است که می توان از آن بعنوان گزینه مناسب استفاده نمود. حداقل ضخامت اساس نفوذپذیر ۴ اینچ (۱۰ سانتی متر) می باشد. اساس نفوذپذیر به صورت های تثبیت شده با قیر، سیمان و یا تثبیت نشده احداث می شود که برحسب نیاز سازه ای انتخاب و طراحی می شود. زمانی که مقاومت و باربری بالایی مورد نیاز باشد اساس نفوذپذیر تثبیت شده، توصیه می گردد. لایه اساس نفوذپذیر بایستی دقیقاً زیر پایین ترین لایه آسفالتی قرار بگیرد که این عمل موجب حذف سریع تر آبهای نفوذی از سطح روسازی و همچنین جلوگیری از رسیدن رطوبت از لایه های زیرین به لایه آسفالتی می گردد. هیچ لایه ای با دانه بندی ریز (وجود ذرات کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی متر)، نباید بالای اساس نفوذپذیر واقع گردد زیرا ریزدانه ها و ذرات کوچک وارد لایه اساس نفوذپذیر خواهند شد. مصالح مورد استفاده در اساس نفوذپذیر باید سخت و بادوام باشند. همه مصالح بایستی در دو وجه شکسته باشند و ترجیحاً باید ۹۸ درصد آنها در دو وجه دارای شکستگی باشند. مقاومت مصالح در برابر سایش لس آنجلس مطابق استاندارد آشتو T96، بایستی حداکثر برابر با ۴۵ درصد باشد. مصالح گذرنده از



الک شماره ۴۰ باید مطابق آزمایش آشتو T90، غیرخمیری باشد. درصد افت وزنی مصالح این لایه در برابر سولفات سدیم و سولفات منیزیم (آزمایش شده مطابق استاندارد آشتو T104) نباید به ترتیب از ۱۲ تا ۱۸ درصد تجاوز نماید.

- راهکارهای اصلی مقابله با آب‌های زیرزمینی، پایین آوردن سطح آب‌زیرزمینی با حفر کانال طولی، بالا آوردن خط پروژه و در نظر گرفتن لایه منتخب برای قطع مویینگی در محور سیرجان- بندرعباس برای مقابله با مشکل آب زیر زمینی بکار گرفته شده است. اما تحلیل اقتصادی مناسب در طول مدت عمر طرح به منظور انتخاب نوع روش زهکشی، تعیین روش صحیح انتخاب عمق کانال و تعیین معیارهای مناسب برای لایه منتخب به عملکرد مناسب‌تر روش‌های بکار گرفته شده کمک می‌نماید.

۵- راهکارهای پیشنهادی

با توجه به بررسی انجام شده راهکارهای ذیل برای ارتقا وضعیت زهکشی روسازی راههای پیشنهادی می‌شود:

الف- در مطالعات راهسازی، در طرح خط پروژه و طرح روسازی، باید سطح آب زیرزمینی و میزان بارندگی (شرایط اقلیمی منطقه) و نیاز به آبروهای طولی و عرضی در نظر گرفته شود.

ب- در پروژه های راهسازی باید در انتخاب کانالهای هدایت آبهای سطحی در طول و عرض راه به ویژه در محل ترانشه ها باید دقت لازم را نمود.

ج- در طرح ضخامت روسازی، انتخاب ضرایب زهکشی (m_i) لایه های اساس و زیر اساس، باید شرایط اقلیمی، میزان بارندگی و دانه بندی مصالح مورد استفاده را مورد نظر قرار داد.

د- در صورت عدم کفایت زهکشی لایه اساس، باید از لایه اساس نفوذپذیر به همراه یک لایه اساس با دانه بندی متداول به عنوان لایه فیلتر استفاده شود.



پیوست ۲



طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای

مراحل طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای در شکل پ ۱-۲ آورده شده است. در ذیل به تفصیل این مراحل تشریح می‌شود:

گام اول: ضرورت وجود سیستم زهکشی سازه‌ای

با توجه به جدول پ ۱-۲، میزان ضرورت زهکشی برای یک راه با توجه به شرایط آب و هوایی، میزان ترافیک و شرایط بستر بیان شده است. در این جدول، به منظور تعیین شرایط آب و هوایی از معیارهای زیر استفاده می‌شود.

شرایط مرطوب: بارش سالانه < 50.8 میلی‌متر

شرایط خشک: بارش سالانه ≥ 50.8 میلی‌متر

شرایط یخبندان: شاخص یخبندان سالانه < 83 درجه سانتیگراد-روز

شرایط یخبندان: شاخص یخبندان سالانه ≥ 83 درجه سانتیگراد-روز

جدول پ ۱-۲- ضرورت بکارگیری سیستم زهکشی سازه‌ای

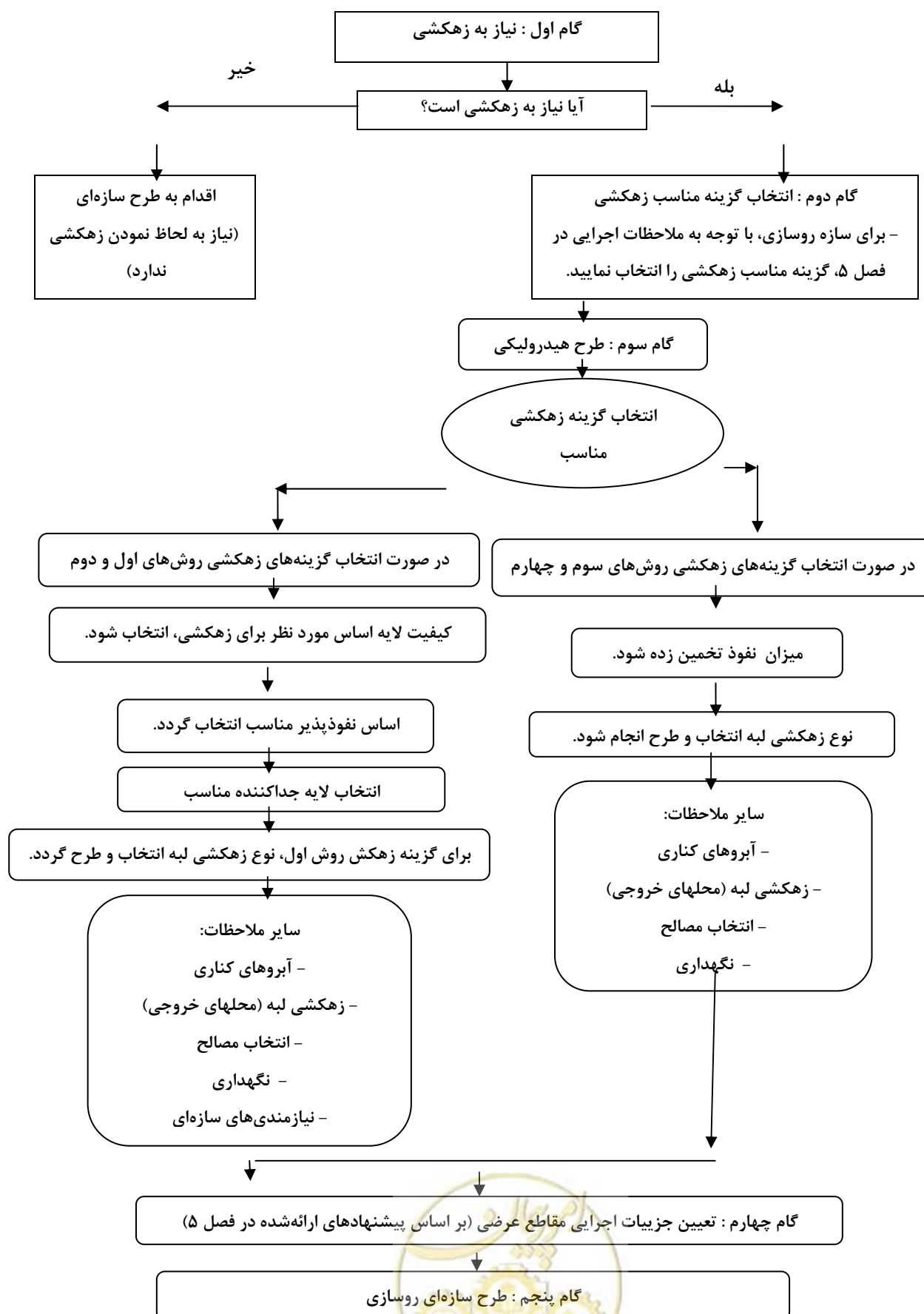
بیشتر از ۱۲ میلیون وسیله نقلیه سنگین در خط		بین ۲/۵ تا ۱۲ میلیون وسیله نقلیه سنگین در خط طرح در ۲۰ سال		کمتر از ۲/۵ میلیون وسیله نقلیه سنگین در خط طرح در ۲۰ سال		شرایط آب و هوایی		
ضریب نفوذ پذیری بستر، متر بر روز - (روش آشتو T 215) برای مصالح دانه‌ای روش گروه مهندسی ارتش آمریکا- EM-110-2-1906 برای مصالح ریزدانه								
بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	۳ تا ۳۰	کمتر از ۳
مرطوب- یخبندان	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم
مرطوب- غیر یخبندان	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم	لازم
خشک- یخبندان	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط
خشک- غیر یخبندان	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط

عدم نیاز: در چنین شرایطی سیستم زهکشی سازه‌ای مورد نیاز نمی‌باشد. با این وجود در مواردی که شیب طولی زمین خیلی کم بوده، خم‌ها کاسه‌ای و در صورت وجود مصالح حساس به رطوبت، باید تمهیدات لازم لحاظ شود.

لازم: در چنین شرایطی در نظر گرفتن سیستم زهکشی سازه‌ای برای غلبه بر مشکلات ناشی از رطوبت ضرورت دارد.

بسته به شرایط: در چنین شرایطی باید با توجه به عواملی مانند سابقه عملکرد روسازی‌ها در شرایط مشابه، اصل هزینه-منفعت و میزان دوام و فرسایش مصالح، تصمیم لازم اتخاذ گردد.





شکل پ ۱-۲- نمودار مراحل طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای

گام دوم - طراحی هیدرولیکی سیستم اساس نفوذپذیر

طراحی اساس نفوذپذیر بر اساس فرضیات زیر انجام می‌شود:

- آب تا زمانی که لایه اساس اشباع می‌شود به داخل آن نفوذ می‌نماید.
 - پس از اشباع شدن لایه اساس، آب اضافی وارد آن نمی‌گردد.
 - بعد از توقف بارش، آب از طریق لوله‌های خروجی یا مستقیماً از اساس نفوذپذیر به کانال وارد می‌شود.
- در روش طراحی هیدرولیکی اساس نفوذپذیر، معمولاً مینا بر این است که اساس نفوذپذیر بایستی طوری طراحی شوند که ۵۰ درصد آب قابل زهکشی، تقریباً در مدت دو ساعت تخلیه شود. جدول پ ۲-۴ طبقه‌بندی کیفیت زهکشی اساس نفوذپذیر را ارائه نموده است.

جدول پ ۲-۴ - کیفیت زهکشی اساس نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰ درصد آب قابل زهکشی

کیفیت زهکشی	زمان زهکشی
عالی	۲ ساعت
خوب	۱ روز
متوسط	۷ روز
ضعیف	۱ ماه
خیلی ضعیف	بدون انجام زهکشی

توصیه می‌شود در راه‌های بین شهری و آزادراه‌ها، تخلیه ۵۰ درصد از آب قابل زهکشی در زمان دو ساعت انجام شود. روند تعیین زمان زهکشی :

- ۱- فرض نمودن درجه مطلوب زهکشی برای وضعیت راه‌های معمولی، $U=0.5$.
 - ۲- انتخاب مقدار ضخامت اساس نفوذپذیر (H).
 - ۳- تعیین ضریب نفوذپذیری (k) مصالح اساس پیشنهادی از طریق انجام تست‌های آزمایشگاهی. معمولاً نفوذپذیری اساس نفوذپذیر باید برابر ۳۰۵ متر در روز یا بزرگتر باشد.
- مولتون رابطه تجربی پ ۲-۱ را برای محاسبه نفوذپذیری لایه‌های زهکش و فیلتر ارائه نمود. ضعف این رابطه این است که برای دانه‌بندی بدون مصالح عبوری از الک ۲۰۰، کاربرد ندارد.

$$k = \frac{6.214 \times 10^{-5} (D_{10})^{1.478} (N)^{6.654}}{(P_{200})^{0.597}}$$

پ ۲-۱

که در آن:

K: نفوذپذیری (فوت در روز)

D₁₀: اندازه مؤثر مصالح (میلیمتر)



N: تخلخل

P200: درصد عبوری از الک ۲۰۰ می باشند.

۴- محاسبه طول معادل حرکت آب (L_R) و شیب معادل (S_R) از روابط پ ۲-۲ و پ ۳-۲ قابل محاسبه می باشد:

$$L_R = W \left[1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \text{پ ۲-۲}$$

پ ۳-۲

$$S_R = (S_x^2 + S^2)^{1/2}$$

که در آن:

S: شیب طولی (درصد)

Sx: شیب عرضی (درصد)

W: پهناى اساس نفوذپذیر (متر) می باشند.

۵- تعیین تخلخل (N) و تخلخل مؤثر (N_e) مصالح اساس با توجه به مقدار وزن مخصوص واقعی (G_{sb}) و دانسیته خشک (γ_d) بر حسب کیلو نیوتن بر متر مکعب و ضریب افت هد آب (WL).

$$N = \left(1 - \frac{\gamma_d}{9.81 * G_{sb}} \right) \quad \text{پ ۲-۴}$$

$$N_e = N \times WL \quad \text{پ ۲-۵}$$

ضریب افت هد آب برای اساس نفوذپذیر، تابعی از نوع و مقدار مصالح ریزدانه موجود در اساس می باشد و می تواند از

جدول پ ۲-۳ بدست آید.



جدول پ ۲-۳- مقدار ضریب افت هد آب بصورت درصدی از کل آب [۱]

نوع و مقدار مصالح ریزدانه										
رس ^۳			لای ^۲			پرکننده ^۱				
%۱۰	%۵	%۲.۵	%۱۰	%۵	%۲.۵	%۱۰	%۵	%۲.۵	شن	نوع
۱۰	۳۰	۴۰	۲۰	۴۰	۶۰	۴۰	۶۰	۷۰		مصالح
۸	۱۸	۲۵	۱۵	۳۵	۵۰	۳۵	۵۰	۵۷	ماسه	

- منظور از مصالح ریزدانه، مصالح گذرنده از الک شماره ۲۰۰ می‌باشند.

- برای مصالح شنی با مقدار صفر درصد ریزدانه، ضریب افت هد آب برابر ۸۰ درصد می‌باشد.

- برای مصالح ماسه با صفر درصد مصالح ریزدانه، ضریب افت هد آب برابر ۶۵ درصد می‌باشد.

۶- با استفاده از رابطه پ ۲-۶- زمان مورد نیاز جهت حذف ۵۰ درصد از آب قابل زه‌کشی از اساس نفوذپذیر اشباع

تعیین می‌گردد. چنانچه زمان بدست آمده مطلوب نباشد، با فرضیات جدید محاسبات تکرار می‌گردد.

$$t_{50} = \frac{N_e L^2 R}{2k(S_R L_R + H)}$$

پ ۲-۶-

1- Filler

2- Silt

3- Clay



Islamic Republic of Iran
Management and Planning Organization

Guideline of Design and Implementation of Drainage in Asphalt Pavement

No. 366

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical and Executive Affairs

Nezamfanni.ir

The Ministry of Road & Urban Development
Road, Housing & Urban Development
Research Center
bhrc.ac.ir



omoorepeyman.ir