جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب

نشریه شماره ۳۶۶

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

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

۱۳۹۴

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۴/۲۸۴۶۷**
	تاریخ:	**۱۳۹۴/۰۳/۰۳**

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/ت۳۳۴۹۷هـ 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

ش ش: ۳۶۱۲۶۳

خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت بـه تهیـه ایـن نشـریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصـون از ایرادهـایی نظیـر 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 اشـکال فنـی، مراتـب را بصـورت زیـر 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 همکـاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان دانشسـرا، ، سـازمان مـدیریت و برنامـه‌ریـزی و کشور، امور نظام فنی اجرایی ـ مرکز تلفن۳۳۲۷۱
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، معهذا 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 پیشنهادات 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

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

اعضای گروه نظارت:

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

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

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

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل اول - کلیات، اهداف و تعاریف

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

فصل دوم - معرفی انواع روش‌های زهکشی

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

فصل سوم - خصوصیات اجزاء سیستم‌های زه‌کشی

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

فصل چهارم - طراحی سیستم‌های زه‌کشی

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

فصل پنجم - اجرای سیستم‌های زه‌کشی

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

پیوست۱. مطالعات میدانی

۱- محور سروآباد- مریوان ۸۸
۲- محور جاجرود – تهران ۹۰
۳- محور سیرجان- بندر عباس(قطعه ۳- ب) ۹۴
۳-۱- راهکارهای بکارگرفته‌شده برای مقابله با مسأله حضور آب ۹۵
۳-۲- بررسی راهکارهای بکار گرفته‌شده بر مبنای گزارش مرحله دوم و استانداردهای موجود ۹۷
۴- نتیجه گیری ۹۹
۵- راهکارهای پیشنهادی ۱۰۱
پیوست۲. طراحی سیستم زهکشی سازه ای ۱۰۳

فهرست اشکال

عنوان ..... صفحه

شکل ۲-۱- 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 ۲-۳- نمونه ای از زهکشی سطحی راه با عنوان کانال سطحی آب ۱۴
شکل ۲-۴- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی کانال سطحی ۱۴
شکل ۲-۵- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی ترکیبی (فرانسوی) ۱۵
شکل ۲-۶- نمونه شماتیک سیستم زهکشی سطحی ترکیبی (فرانسوی) ۱۵
شکل ۲-۷- رشد گیاهان هرز در سیستم زهکشی سطحی لبه‌ای ۱۶
شکل ۲-۸- نمونه سیستم زهکشی سطحی از نوع لبه‌ای ۱۷
شکل ۲-۹- نمونه واقعی سیستم زهکشی سطحی از بلوکهای کانال زهکش که از علفهای هرز پوشیده شده است ۱۷
شکل ۲-۱۰- نمونه شماتیک سیستم زهکشی سطحی از بلوکهای کانال زهکش ۱۸
شکل ۲-۱۱- نمونه یک سیستم زهکشی سطحی از نوع کانال‌های زهکشی خطی ۱۸
شکل ۲-۱۲- مقایسه نحوه زهکشی دو لایه آسفالت متخلخل (سمت راست تصویر) و آسفالت معمولی (سمت چپ تصویر ۱۹
شکل ۲-۱۳- ورود آب از منابع مختلف در سازه راه ۲۰
شکل ۲-۱۴- جزئیات جریان آب زیرزمینی ۲۳
شکل۳-۱ - نفوذپذیری خاکها با دانه‌بندیهای مختلف ۳۰
شکل ۴-۱- فرایند طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای ۴۱
شکل۴-۲- نمودار تخمین میزان ضریب نفوذپذیری مصالح دانه‌ای Moulton 1980 ..... ۴۶
شکل ۴-۳ – تصویر شماتیک مصالح لایه جداکننده ۴۸
شکل ۴-۴- نمودار جهت انتخاب قطر لوله مجوف جمع‌کننده و فاصله بین خروجی‌ها ۵۳
شکل ۴-۵- جانمایی لوله‌های زهکشی لبه‌ای و لوله‌های خروجی ۵۴
شکل ۴-۶- جهت جریان یک سیستم زهکشی منفرد وقتی که سطح آب می‌تواند در فاصله Li از زهکش شروع به افت می‌کند ۵۷
شکل ۴-۷- چارت تعیین میزان جریان در زهکشهای جداکننده ۵۸
شکل ۴-۸- چارت تعیین منحنی افت تراز آب برای زهکش‌های جداکننده ۵۹
شکل ۴-۹- ساختار یک سیستم زهکش جداساز طولی متداول ۶۰
شکل ۴-۱۰- شبکه جریان، ابعاد و جزییات مربوط به مثال آنالیز زهکش ۶۱
شکل۵-۱- مقطع و جزئیات کانال طولی تک‌جهته ۶۵
شکل۵-۲- نحوه عبور مسیر از روی کانال طولی تک سویه ۶۶
شکل۵-۳- مقطع و جزئیات کانال طولی دو جهته ۶۶
شکل۵-۴- جزئیات اتصال کانال طولی دو جهته ۶۷
شکل۵-۵- نمای آبگیر بصورت جدول ۶۷
شکل۵-۶- ورود آب از منابع مختلف در سازه راه ۶۸
شکل۵-۷- سیستم اساس نفوذپذیر با لوله زه‌کش طولی ۷۰
شکل۵-۸- نمای دیوار محافظ ۷۱
شکل۵-۹- سیستم زهکشی بدون لوله های زهکش ۷۲
شکل۵-۱۰- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زه‌کشی طولی ۷۲
شکل۵-۱۱- سیستم اساس آسفالتی با لوله زه‌کش طولی ۷۳
شکل۵-۱۲- سیستم اساس آسفالتی با شانه بتن متخلخل ۷۴
شکل۵-۱۳- سیستم زهکشی برای میانه راه در روسازی‌های بدون زیر اساس ۷۵
شکل۵-۱۴- سیستم زهکشی برای میانه راه در راه‌های دارای لایه زیر اساس ۷۵

شکل۵-۱۵- جزئیات اتصالات لوله زه‌کش طولی و لوله خروجی ۷۶
شکل۵-۱۶- جزئیات لوله خروجی ۷۸
شکل۵-۱۷- مشخصات سیستم زهکشی در محدوده ورودی تجاری ۷۹
شکل۵-۱۸- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن تنها از مصالح دانه‌ای فیلتر استفاده شده است ۸۰
شکل۵-۱۹- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن از مصالح دانه‌ای و بافت زهکش استفاده شده است ۸۰
شکل پ۱-۱- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب برای هدایت روان‌آب ۸۸
شکل پ ۱-۲- گرفتگی دهانه آبروی هدایت عرضی روان‌آب ۸۹
شکل پ۱-۳- حرکت روان‌آب در امتداد طولی مسیر و نفوذ در جسم راه و بروز نشست و ترکهای پوست‌سوسماری ۹۰
شکل پ۱-۴- خرابیهای بوجود آمده بعلت زهکشی نامناسب ۹۰
شکل پ۱-۵ - نمونه‌ای از عدم وجود سیستم زهکش طولی و جمع‌شدگی آب ۹۱
شکل پ۱-۶- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب (عدم هدایت روان‌آب سرازیر شده از ترانشه‌ها و سطح راه) ۹۲
شکل پ۱-۷ عدم وجود کانال طولی هدایت آب که منجر به خرابی کناره راه و جسم راه می‌گردد ۹۳
شکل پ۱-۸- وجود روان‌آب در کناره‌های مسیر که منجر به بروز خرابیهای مختلف گردیده است ۹۳
شکل پ۱-۹- منطقه شوره‌زار با سطح آب زیر زمینی بالا ۹۴
شکل پ۱-۱۰- مشکلات حضور آب جهت اجرای ابنیه فنی. ۹۵
شکل پ۱-۱۱- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زه‌کشی طولی ۹۶
شکل پ۱-۱۲-کانال زه‌کشی طولی اصلاح شده که دارای عملکرد بهتر می‌باشد. ۹۶
شکل پ۱-۱۳- موقعیت آبروهای عرضی به منظور عبور آب‌های زه‌کشی از عرض محور ۹۶
شکل پ۱-۱۴- خاکریزی و استفاده از مصالح منتخب ۹۷
شکل پ۲-۱- 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 برمبنای تخلیه ۵۰درصد آب قابل زه‌کشی ۴۳
جدول ۴-۴- جدول مقدار افت هد آب بصورت درصدی از کل آب..... ۴۴
جدول ۴-۵- مقادیر ضریب هیزن ۴۷
جدول ۴-۶- انتخاب معیار A بر حسب وضیت یکنواختی خاک پایه و فیلتر ۵۰
جدول ۵-۱- مشخصات لوله‌های منفذدار طولی..... ۷۷
جدول ۵-۲- مشخصات لوله‌های غیر منفذ دارخروجی..... 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 پ۱-۱- 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 پ۲-۱- ضرورت بکارگیری سیستم زهکشی سازه‌ای ۱۰۳
جدول پ۲-۲ - کیفیت زه‌کشی اساس نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰درصد آب قابل زه‌کشی ۱۰۵
جدول پ۲-۳- 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 بهمراه 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 وسایل‌نقلیه 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 برروی 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 سرمایه-گذاری‌های 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[1] 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.

1-Subgrade

-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 می-باشد. 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 می شود که به لایه های زیرین، لایه‌های آستر (بیندر) و به لایه رویه، توپکا اطلاق می شود.

- 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[1] به اختصار سطح آب[2] نامیده می‌شود.

1 -Ground Water Table
2 -Water Table

۲

معرفی انواع روش‌های زهکشی

۲-۱- مقدمه

در فرآیند طراحی و احداث راه‌ها در نظرگرفتن 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[1]

ب- زهکشی زیرسطحی (که شامل زهکشی سازه‌ای[2] و زهکشی آبهای زیرزمینی[3] می‌باشد.)

هدف اصلی زهکشی سطحی تخلیه سریع و مناسب آبهای سطحی می‌باشد. زهکشی زیرسطحی[4] 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 زیرمینی، 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 طوری‌که 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

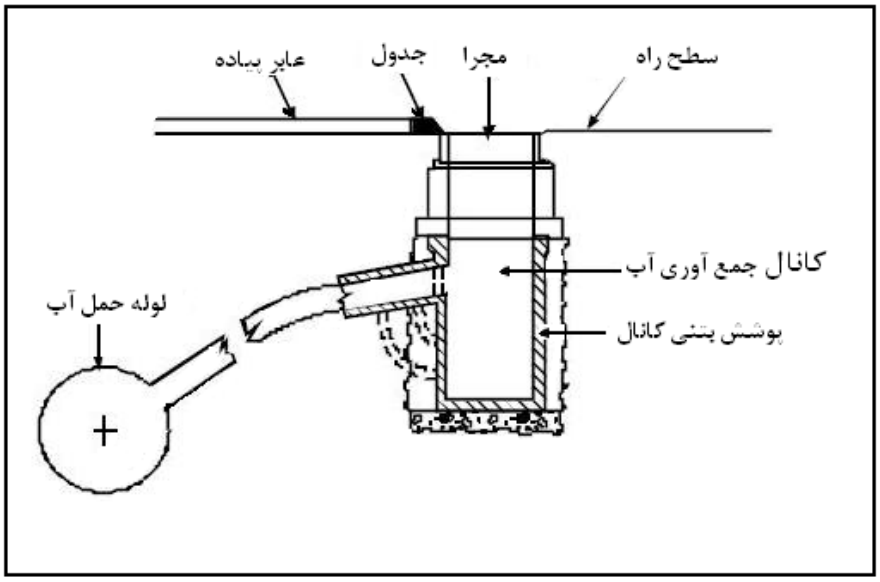
۲-۲-۱- مجرای آب و جدول[1]

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 فوائد این سیستم می‌باشد. لوله‌های حمل طولی باید برای تأمین ظرفیت دبی مورد نیاز طراحی و اجرا گردند[۸].

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

1 - Kerb and Gullies



شکل۲-۲- تصویر شماتیک زهکشی سطحی راه با عنوان مجرا و جدول

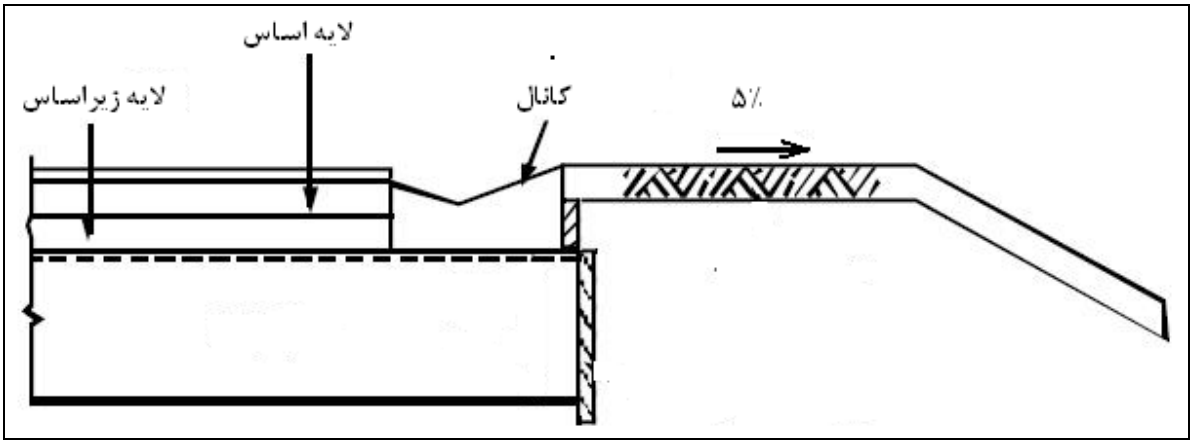
۲-۲-۲- کانال آب سطحی[1]

کانال‌های آب سطحی به طور متداول به شکل مقاطع مثلثی یا ذوزنقه‌ای 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].

1 - Surface Water Channel

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



شکل۲-۴- جزئیات و نحوه اجرای سیستم زهکشی کانال سطحی [۸].

۲-۲-۳- سیستم زه‌کش ترکیبی

سیستمی است ترکیبی که در آن از یک کانال پرشده توسط مصالح سنگی با دانه‌بندی باز و لوله‌ای متخلخل و مجوف استفاده شده است. این سیستم به زهکشی فرانسوی[1] معروف می‌باشد. این سیستم برای جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی و زیرسطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصالح سنگی مورد استفاده علاوه بر تأمین نمودن زهکشی مناسب نقش فیلتر را نیز بر عهده دارند. در احداث راه‌های جدید، ایجاد این سیستم توصیه نمی‌شود زیرا این سیستم دارای نواقصی به شرح زیر می‌باشد:

- پخش سنگدانه‌ها در سطح جاده توسط چرخ وسایل‌نقلیه.

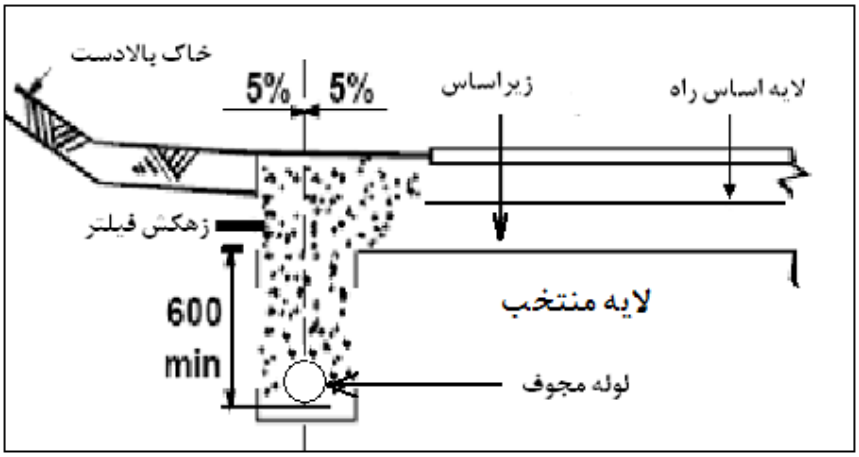
1 - French Drain

- عدم مهار مناسب لایه‌های خاکریزی و زیراساس به دلیل وجود لایه زه‌کش در لبه مسیر که در نهایت ممکن است منجر به ضعف سازه‌ای 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[1]

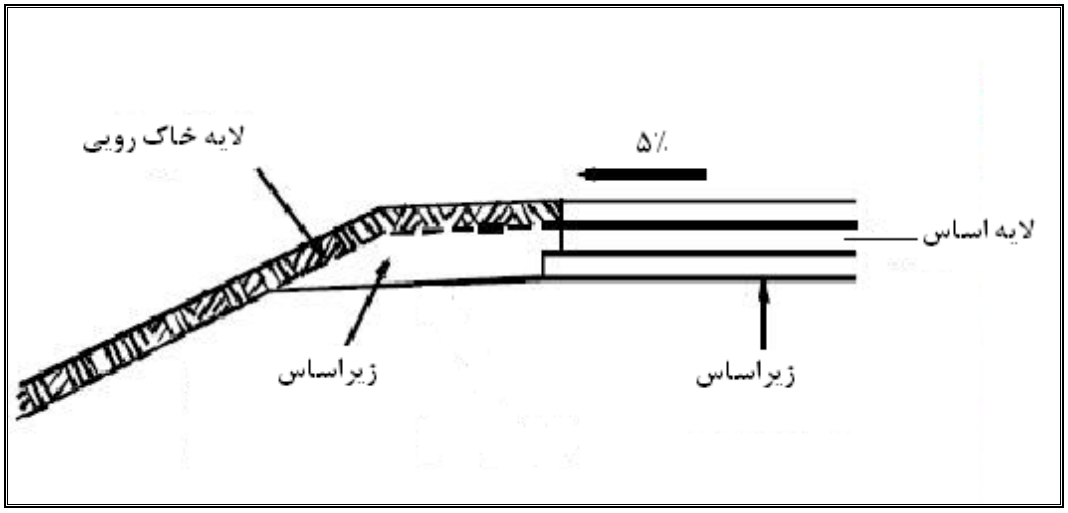
این سیستم برای حالت خاکریزی بکار می‌رود، جایی که به آب سطحی اجازه داده می‌شود تا از لبه روسازی از روی خاکریزی جریان یابد و به کناره مسیر یا کانال هدایت شود.

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

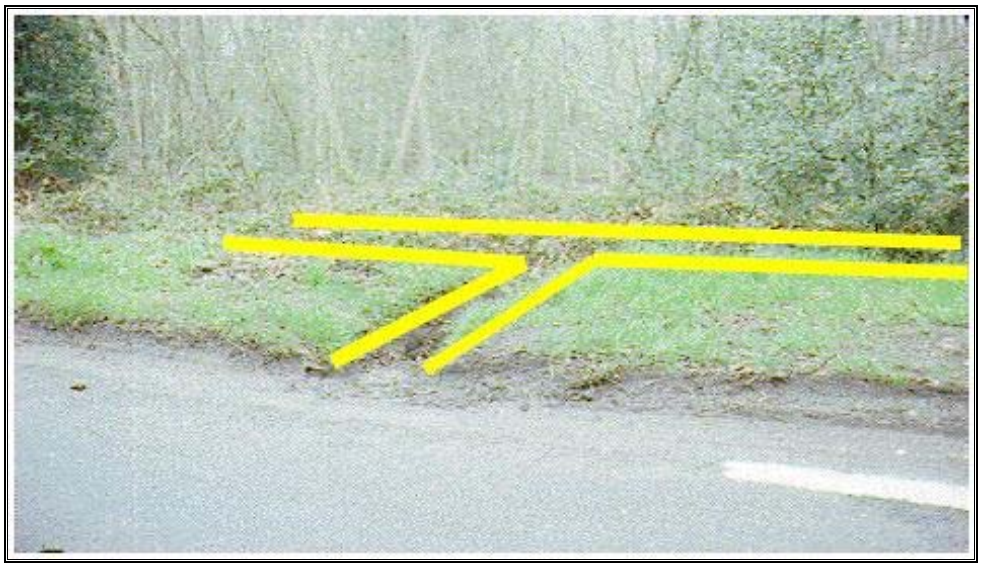


شکل ۲-۸- نمونه سیستم زهکشی سطحی از نوع لبه‌ای [۸]

۲-۲-۵- بلوک‌های کانال زهکش[1]

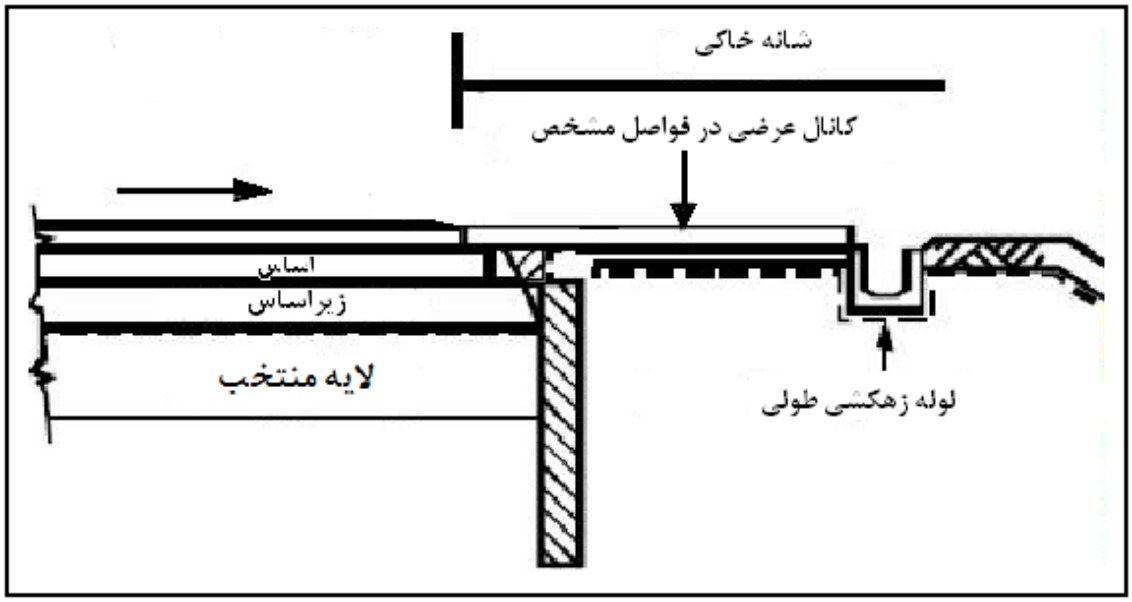
این سیستم شامل کانال‌های عرضی کوچک در فواصل مشخص می‌باشد که به کانال طولی متصل می‌شوند. ابعاد کانال عرضی و طولی با توجه به میزان رواناب سطحی پیش‌بینی شده طراحی می‌شود.

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].

1 -Drainage Channel Blocks (and Grips)



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

۲-۲-۶- کانال‌های زهکشی خطی[1]

این کانال‌ها شامل لوله‌های هیدرولیکی زیرسطحی می‌باشد که به صورت پیش‌ساخته یا بتن درجا ساخته می‌شوند که آبهای سطحی از طریق مجرای طولی یا مایل که بالای لوله تعبیه شده، به لوله هدایت می‌شوند.

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

1 - Linear Drainage Channels

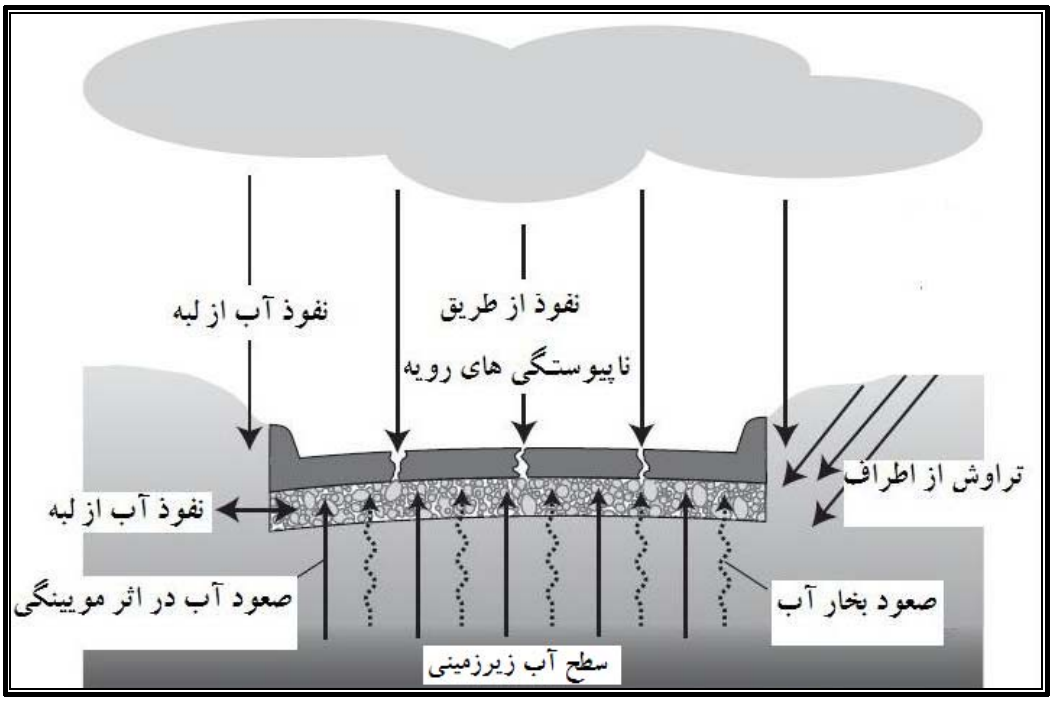
۲-۲-۷- استفاده از یک لایه آسفالت متخلخل برای عملیات زهکشی سطحی

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. به‌دلیل 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

همان‌طورکه در قسمت‌های قبل تشریح گردید، وجود رطوبت در لایه‌های روسازی غیرقابل‌اجتناب 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[1]، لایه جداکننده[2]، لوله‌های زهکش طولی و خروجی، دیوار محافظ[3] 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 سازه‌ای 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[1] و یکنواختی[2] 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.

1-Separation
2 -uniformity

۲-۳-۱-۳- زمین پارچه‌ها[1]

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 می کنند 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- دیوارمحافظ[2]

دیوار محافظ در محل لوله‌های خروجی به‌منظور جلوگیری از آسیب‌دیدن آنها در فعالیت‌های نگهداری کناره راه ساخته می‌شوند [۱].

۲-۳-۱-۷- کانال کناری

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

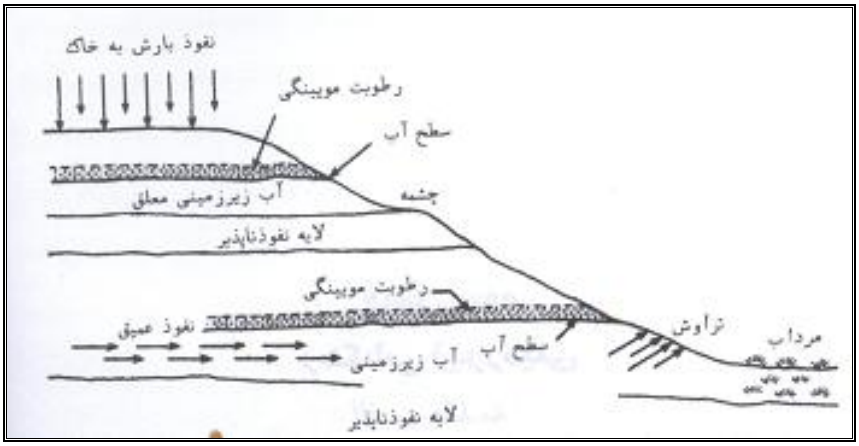
۲-۳-۲- زه‌کش لبه‌ای لوله‌ای

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[3]

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 می‌باشد عبارتند از:

۱- بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه

۲- وجود چشمه‌های فعال یا سطوح تراوش در زیر جاده

۳- نفوذ آبهای سطحی به ساختمان راه از طریق :

- نفوذ از سطح روسازی‌های نفوذپذیر
- جزیره میانی تخت
- کانال‌های جانبی

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

۲-۴-۲- کنترل آب زیرزمینی[۱] :

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

1 - Control of Groundwater
2 -Subsurface Drainage Systems

۲-۴-۳- زهکش‌های جداساز طولی[1] منفرد و چندتایی

سیستم‌های متداول زهکشی آبهای زیرزمینی بمنظور پایین‌آوردن تراز آب زیرزمینی با ایجاد کانال‌های عمیق و نصب لوله‌های زهکش بکار گرفته می‌شوند. هدف نهایی پس از ایجاد و بهره‌برداری از چنین سیستم‌هایی پایین آوردن تراز آب زیرزمینی به میزان معینی (حداقل ۱/۲ متر) پایین‌تر از تراز بستر روسازی موجود است. در این سیستم‌ها بسته به نیاز از یک یا چند چاه زهکش عمیق به‌منظور پایین آوردن تراز آب استفاده می‌کنند[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 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.

1- Longitudinal Interceptor Drains

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 می-باشد. 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 به‌صورت‌های 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 لس‌آنجلس 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)

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

یکی از عوامل موثر بر تعادل بین نفوذپذیری و پایداری اساس نفوذپذیر در دو حالت تثبیت نشده و تثبیت شده ضریب یکنواختی مصالح می‌باشد. قطر مؤثر (D_{10}) اندازه دانه‌ای است که ده درصد مصالح از آن ریزتر می‌باشند. ضریب یکنواختی (C_U) برابر نسبت D_{60}/D_{10} می‌باشد. این پارامتر بیانگر چگونگی توزیع اندازه ذرات می‌باشد و مقدار ضریب یکنواختی در مصالح با دانه‌بندی باز دارای مقادیر پایین برابر۲ تا ۶ و در مصالح با دانه‌بندی متراکم دارای مقادیر بالای برابر ۲۰ تا ۵۰ می‌باشد.

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

دانه‌بندی مصالح با C_U بزرگتر از ۴، به عنوان دانه‌بندی خوب تقسیم بندی می‌گردد، البته در صورتی‌که مقادیر مصالح عبوری از الک ۲۰۰، کمتر از ۱۲ درصد باشد [۲]. بنابراین در صورتی‌که 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، می‌توان از اساس نفوذپذیر تثبیت شده با سیمان یا قیر استفاده نمود که در این صورت باید توجه گردد که نفوذپذیری لازمه فراهم گردد.

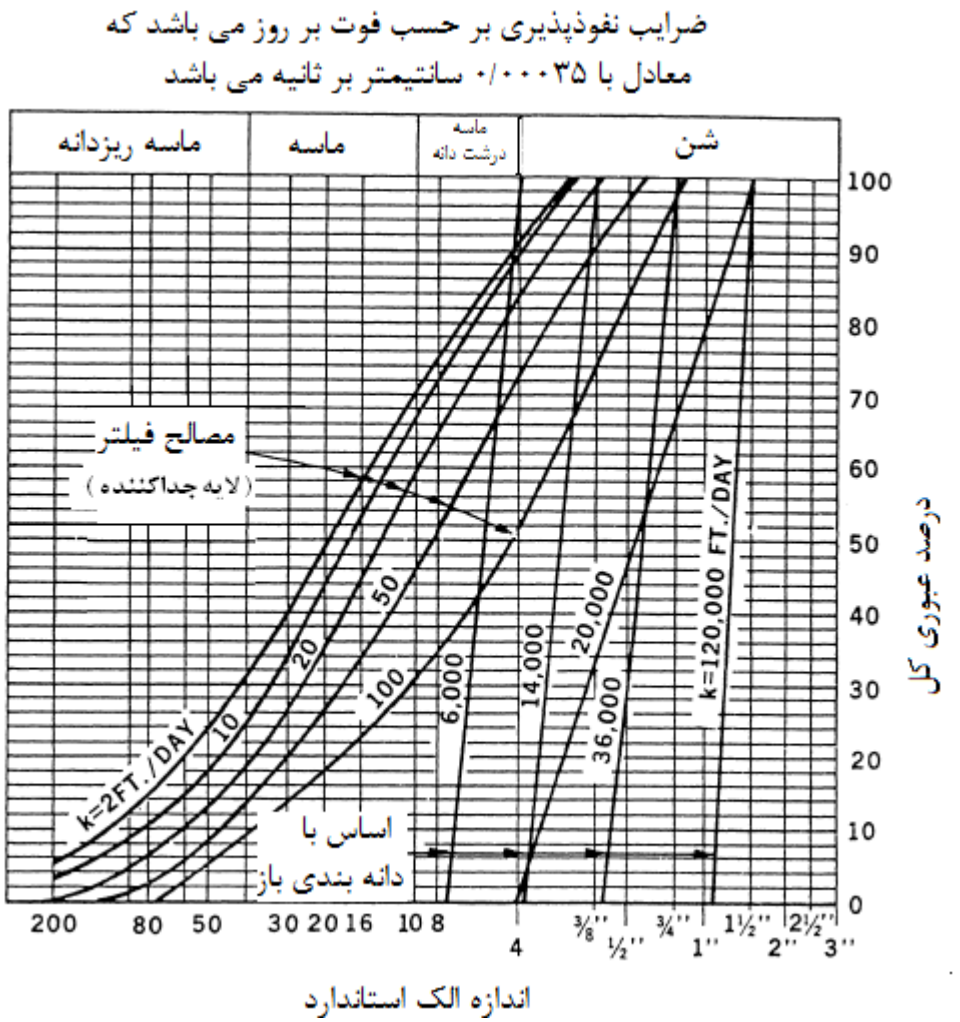
۳-۲-۱-۲- اساس نفوذپذیر تثبیت نشده

جدول ۳-۲، دانه‌بندی‌های توصیه شده به منظور استفاده در اساس نفوذپذیر تثبیت نشده را نشان می‌دهد [۲].

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

اندازه دانه	شماره الک	درصد وزنی رد شده از هر الک				
		دانه‌بندی شماره (۱)	دانه‌بندی شماره (۲)	دانه‌بندی شماره (۳)	دانه‌بندی شماره (۴)	دانه‌بندی شماره (۵)
۳۷/۵	"			۱۰۰		
۲۵/۰	"	۱۰۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۹/۰	"		۶۵-۱۰۰		۹۰-۱۰۰	
۱۲/۵	"			۶۰-۸۰		
۹/۵۰	"		۳۵-۷۰		۲۰-۵۵	۴۵-۶۵
۴/۷۵	شماره۴		۲۰-۴۵	۴۰-۵۵	۰-۱۰	۱۵-۴۵
۲/۳۶	شماره۸	۱۰-۳۵		۵-۲۵	۰-۵	
۲/۰۰	شماره۱۰		۸-۲۵			۰-۲۰
۱/۱۸	شماره۱۶			۰-۸		
۰/۴۲۵	شماره۴۰		۲-۱۰			۰-۱۰
۰/۳۰۰	شماره۵۰	۰-۱۵		۰-۵		
۰/۰۷۵	شماره۲۰۰	۰-۶	۰-۳			۰-۵

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



شکل۳-۱ - نفوذپذیری خاکها با دانه‌بندیهای مختلف[۸].

۳-۲-۱-۳- اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر (ATPB)[1]

قیر مورد استفاده باید به میزانی باشد که حداقل فروریزش[1] 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 می‌گیرد. میزان چسبندگی و ضخامت فیلم قیر روی مصالح در دوام لایه اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر، مهم می‌باشند. از قیرهای با درجه نفوذ پایین‌تر مانند ۵۰-۴۰ و ۷۰-۶۰ می‌توان در اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر استفاده نمود. توصیه می‌گردد که از افزودنی‌هایی به منظور جلوگیری از عریان‌شدگی آسفالت، استفاده شود.

دانه‌بندی توصیه شده برای اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر مطابق جدول ۳-۳ می‌باشد.

1 -Asphalt-Treated Permeable Base

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

1-Draindown.

جدول ۳-۵- دانه‌بندی 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	
			AASHTO	ASTM
۱	ارزش ماسه‌ای پس از کوبیدگی	حداقل ۴۰	T176	D2419
۲	درصد سایش با روش لوس‌آنجلس	حداکثر ۵۰	T96	C131 ،C535
۳	درصد شکستگی در دو جبهه – مانده روی الک	حداقل ۹۸	-	D5821
۴	درصد افت وزنی با سولفات سدیم	حداکثر ۱۲	T104	C88
۵	درصد افت وزنی با سولفات منیزیم	حداکثر۱۸	T104	C88
۶	درصد ضریب تورق مصالح	حداکثر ۳۵	B.S.812	
۷	نشانه خمیری	غیر خمیری	T90	D4318

۳-۲-۲-۲- دانه‌بندی لایه جداکننده

دانه‌بندی این لایه باید به گونه‌ای باشد که حداکثر دارای نفوذپذیری برابر ۴/۵ متر در روز باشد و کمتر از ۱۲ درصد وزنی مصالح از الک شماره ۲۰۰ عبور نماید، پیشنهاد می‌شود از اساس متداول با دانه‌بندی پیوسته به عنوان فیلتر استفاده گردد. دانه‌بندی مطابق جدول ۳-۷، برای لایه جداکننده پیشنهاد می‌شود. دانه‌بندی پیشنهادی برای لایه جداکننده تقریباً در محدوده دانه‌بندی شماره ۴ اساس در نشریه شماره ۲۳۴ قرار می‌گیرد [۲].

جدول ۳-۷- دانه‌بندی 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 پارچه‌ها[1]

زمین‌پارچه‌ها باید از الیاف مقاوم و بادوام پلیمری مانند پلی‌استر، پلی‌پروپیلن 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.

زمین‌پارچه‌ها باید از استحکام کافی برخوردار بوده و دستورالعمل‌های سازنده آنها به منظور حفاظت و جلوگیری از آسیب‌دیدگی‌های وارده به آنها در جریان جابه‌جایی و نصب رعایت شود. زمین‌پارچه‌ها 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 می‌شود، قرار گیرند. قطر سوراخهای زمین پارچه باید به اندازه‌ای 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 سوراخ‌های آنها مقدار آب پیش بینی شده را عبور دهد و به عنوان سد یا حایلی عمل نکند که خاصیت تراوایی زمین‌پارچه از تراوایی خاک پایه کمتر شود.

زمین‌پارچه باید از نظر شیمیایی کیفیتی داشته باشد که در تمام دوره بهره‌برداری و عملکرد خود به عنوان یکی از اجزاء تشکیل دهنده زهکشی، بادوام و مقاوم باقی بماند. سوراخ‌ها و منافذ زمین‌پارچه می‌تواند یکنواخت و یا غیریکنواخت باشد ولی ابعاد آن نباید در برابر فشارهای عمودی وارده به سطح زمین‌پارچه تغییر کند. در برخی از شرایط، لازم است

زمین‌پارچه خاصیت شکل‌پذیری و الاستیک داشته باشد تا بتواند در مقابل تنش‌های موضعی قابل‌ملاحظه و پیش‌بینی 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 زمین‌پارچه 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 می‌گیرند باید مقاوم و بادوام باشند.

۲- زمین‌پارچه‌ها 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 زمین‌پارچه در چه شرایطی مورد مصرف قرار می‌گیرد، ویژگی‌های 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 آشتوM288 باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۳-۲-۴- 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. لوله‌ها باید دارای مقاومت کافی بوده و در شرایط محیطی و شیمیایی محل پروژه از جمله در برابر املاح موجود در خاک و آب، خورندگی و یخبندان از دوام کافی برخوردار باشند. قطر لوله‌ها، ابعاد و اندازه سوراخ‌ها و نیز عرض شکاف و درز اتصال آنها باید به گونه‌ای باشد که میزان آبی که باید از آنها عبور کند متناسب بوده و علاوه بر آن سنگدانه‌های فیلتر روی لوله‌ها به داخل سوراخ‌ها منتقل نشوند. داکتها نیز که برای حفاظت محل خروجی آب در مقابل خسارات احتمالی وارده عمل می‌کنند، باید در برابر کلیه

1- Geotextile

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

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 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

۴-۱- طراحی سیستم زه‌کشی سطحی

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

۴-۱-۱- محاسبه میزان رواناب سطحی

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

$$Q = ۰/۲۷۸\ C \times I \times A \qquad (۱-۴)$$

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 می‌باشند.

۴-۱-۲- محاسبه ابعاد کانال

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

$$N_e = N \times WLQ = \frac{1}{n} \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \qquad (۲-۴)$$

در این رابطه:

A : سطح مقطع کانال ذوزنقه‌ای به مترمربع

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

S : شیب طولی کانال به درصد

n : ضریب زبری مانینگ می‌باشد (مقدار n را می‌توان از جدول ۹-۷ آیین‌نامه طرح هندسی راههای ایران- نشریه ۱۶۱ انتخاب نمود).

در طرح جوی‌ها باید دقت شود که همواره بالاترین سطح آب در آنها از پایین ترین قسمت روسازی پایین‌تر باشد. در غیر اینصورت آب درون جوی‌ها بداخل روسازی نفوذ کرده و سبب خرابی روسازی خواهد شد.

۴-۱-۳- شیب‌بندی عرضی

متداول‌ترین روش برای تخلیه آب‌های سطحی، هدایت آنها از روی شانه‌ها به کانال‌ها یا جداول کناری است. مقادیر متداول شیب‌های عرضی مورد استفاده برای روسازی، شانه و کانال‌های جانبی، در جدول (۴-۱) آمده است.

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

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

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 $\geq$ ۵۰۸ میلیمتر

شرایط یخبندان: شاخص یخبندان سالانه $>$ ۸۳ درجه سانتیگراد-روز

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

شکل ۴-۱- فرایند طراحی سیستم زهکشی سازه‌ای

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

شرایط آب و هوایی	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		
	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								
	کمتر از ۳	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	کمتر از ۳	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	کمتر از ۳	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰
مرطوب- یخبندان	لازم	لازم	بسته به شرایط	لازم	لازم	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز
مرطوب- غیریخبندان	لازم	لازم	بسته به شرایط	لازم	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز
خشک- یخبندان	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز
خشک- غیریخبندان	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز

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 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- 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 مبنا بر 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 ۵۰درصد آب قابل زه‌کشی

کیفیت زه‌کشی	زمان زه‌کشی
عالی	۲ ساعت
خوب	۱ روز
متوسط	۷ روز
ضعیف	۱ ماه
خیلی‌ضعیف	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 برمبنای این اطلاعات انتخاب می‌شود. در ادامه روند طراحی زمان زه‌کشی به‌صورت 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 (۴-۳) و (۴-۴) قابل محاسبه می‌باشد:

$$L_R = W\left[1+\left(\frac{S}{S_x}\right)^2\right]^{1/2} \qquad (۴-۳)$$

$$S_R = \left(S_x^2 + S^2\right)^{1/2} \qquad (۴-۴)$$

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).

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

$$N_e = N \times WL \qquad (۶-۴)$$

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								
		پرکننده[۱]			لای[۲]			رس[۳]		
		٪۲.۵	٪۵	٪۱۰	٪۲.۵	٪۵	٪۱۰	٪۲.۵	٪۵	٪۱۰
نوع مصالح	شن	۷۰	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	۲۰	۴۰	۳۰	۱۰
	ماسه	۵۷	۵۰	۳۵	۵۰	۳۵	۱۵	۲۵	۱۸	۸

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 (۴-۷) 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

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

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

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

$$q_d = 0.7\mathrm{WHN_e}U\frac{1}{t_D}k = \frac{6.214\times10^5 (D_{10})^{1.478}(N)^{6.654}}{(P_{200})^{0.597}} \qquad (۴-۸)$$

که در آن:

K: نفوذپذیری (فوت در روز)

D۱۰: 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 (۴-۹) استفاده نمود:

$$K=852.298 - 248.665\ Pb + 97.507\ Va - 95.52\ P_{\#8} \qquad (۴-۹)$$

که در این رابطه :

K : نفوذپذیری لایه بر حسب (فوت در روز)

Pb: درصد وزن قیر نسبت به وزن کل نمونه

Va : 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 معیین شدن ضخامت و سایر مشخصات لایه اساس نفوذپذیر، با فرض جریان پایدار ظرفیت زهکشی لایه اساس نفوذ پذیر را می‌توان از رابطه (۴-۱۰) ذیل تعیین می‌گردد:

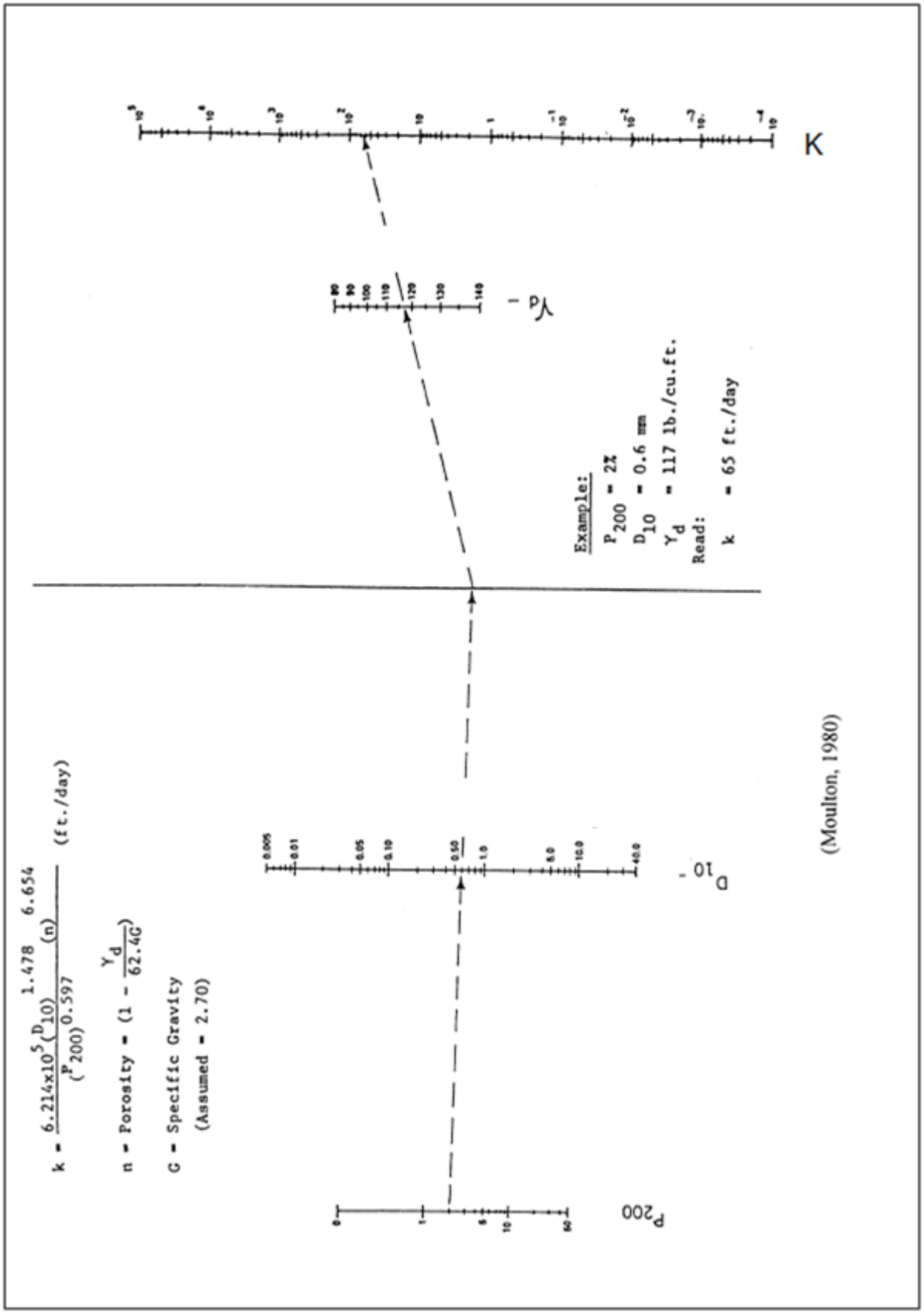
$$q=KH\ (S+\frac{H}{2L}) \qquad (۴-۱۰)$$

که در آن:

K : نفوذپذیری لایه اساس نفوذپذیر

L : طول لایه اساس نفوذپذیر

S : طول لایه اساس نفوذپذیر



شکل۴-۲- نمودار تخمین میزان ضریب نفوذپذیری مصالح دانه‌ای Moulton 1980 [۹]

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

لایه جداکننده مصالح سنگی، باید معیارهای جداکنندگی[1] و یکنواختی[2] 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 جدا کننده سنگی شامل سه مرحله می‌باشد 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

می‌توان به‌طور تقریبی توسط رابطه هیزن[3] (رابطه (۴-۱۱))، ضریب نفوذپذیری مصالح ماسه‌ای انتخاب شده جهت استفاده در لایه فیلتر را بررسی نمود و سپس توسط معیارهای فوق، خصوصیات مصالح لایه جداکننده را کنترل کرد.

$$k = C_k D_{10}^2 \qquad (۴-۱۱)$$

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].

نوع خاک	محدوده D_{10} (میلیمتر)	C_k (1/mm-s)
ماسه یکنواخت	۰/۰۶ تا ۰/۳	۸ تا ۱۲
ماسه خوب دانه بندی شده و ماسه لای دار	۰/۰۰۳ تا ۰/۶	۵ تا ۸

دانه‌بندی این لایه باید به گونه‌ای 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 می‌گردد.

1-Separation
2-Uniformity
3- Hazen

۴-۲-۳-۱- معیارهای لایه جدا کننده

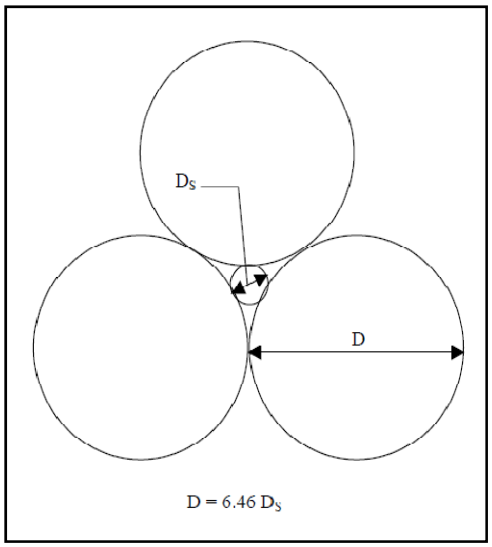
۱- بررسی معیارهای لایه جداکننده مصالح سنگی متناسب با لایه سابگرید

دانه بندی لایه جداکننده باید معیارهای زیر را تامین نماید:

- معیار جداکنندگی: (لایه سابگرید) $5D_{85}$ ≤ (لایه جداکننده) D_{15}
- معیار یکنواختی: (لایه سابگرید) $25D_{50}$ ≤ (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 نمی-دهند.



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)$5D_{85}$ ≤ (اساس نفوذ پذیر)D_{15}
- معیار یکنواختی: (لایه جداکننده)$25D_{50}$ ≤ (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 پارچه‌ها [1]

معیارهای انتخاب زمین پارچه

حداقل معیارهای لازم برای انتخاب زمین پارچه ها جهت مصرف در سیستم‌های زهکشی و به عنوان صافی به شرح زیر می‌باشد:

الف: اندازه سوراخ‌ها

در کاربردهای مختلف، اندازه چشمه های زمین‌پارچه 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[2] 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- حتی‌الامکان باید از کمترین قطر معادل استفاده کرد.

۴- وقتی خاک پایه از مصالح ۲۵-۰ 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 می‌شود:

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:

$$K_{1\geq} 10K_2 \qquad (۱۲-۴)$$

یادآوری : در شرایط سخت و بحرانی فقط از زمین پارچه های بافته شده با درصد سطح باز[3] 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- لوله‌های زهکشی زیرزمینی

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

$$1.4 \geq \frac{D_{85}F}{\text{عرض شکاف لوله زهکش}} \geq 1.2 \qquad (۴-۱۳)$$

$$1.2 \geq \frac{D_{85}F}{\text{قطر سوراخهای لوله زهکش}} \geq 1 \qquad (۴-۱۴)$$

که در آن منظور از F مصالح فیلتر می‌باشد.

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

در صورت مصرف لوله‌های زهکشی دارای شکاف می‌توان از معیارهای زیر، به جای این ضابطه استفاده نمود [۶]:

الف: عرض شکاف لوله زهکشی $= \frac{۱}{۳} D_{85F}$

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 اینصورت وضعیت غیریکنواخت است.

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

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 دانه‌بندی آن، تا بیش از ۱۰ برابر کاهش می‌یابد. بنابراین در انتخاب مصالح زهکش، علاوه بر رعایت معیارهای یادشده، باید دقت فراوان نمود.

نمونه‌گیری از مصالح لایه‌ها به منظور کنترل دانه‌بندی آن بایستی بعد از مصرف و کوبیده شدن آن انجام شود.

۴-۳- 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.

۴-۳-۱- 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]:

$$q_d = 0.7\mathrm{WHN_e}U\frac{1}{t_D} \qquad (۱۵-۴)$$

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]:

$$q_d = q_i W \qquad (۱۶-۴)$$

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 (۴-۱۷) بدست می‌آید[۱]:

$$\frac{H}{2L}\, q_i = I_c \left[\frac{N+1}{W} + \frac{1}{Cs}\right] + Kp \qquad (۴-۱۷)$$

که در آن :

Kp: میزان دبی نفوذی از روسازی غیر ترک‌دار بر حسب متر مکعب در روز در متر مربع (معمولاً ناچیز است)

Ic: 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 می‌شود.

N: تعداد خطوط

W: عرض روسازی بر حسب متر

Cs: 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 لوله‌های دایره‌ای، ظرفیت از رابطه مانینگ (رابطه (۴-۱۸)) بدست می‌آید[۱]:

$$Q = \frac{0.2693 * 10^{-3}}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (۴-۱۸)$$

که در آن:

Q: ظرفیت لوله بر حسب مترمکعب بر روز

n: ضریب زبری مانینگ،۰/۰۱۲ برای لوله‌های صاف و ۰/۰۲۴ برای لوله‌های موج دار.

D: قطر لوله بر حسب میلیمتر

S: شیب طولی بر حسب متر بر متر.

گام سوم : معین نمودن فاصله لوله‌های خروجی[1] (L)

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

$$L \leq \frac{Q}{q_d} \qquad (۱۹-۴)$$

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]:

$$W_T = \frac{q_d}{k} * 1{,}000 \qquad (۲۰-۴)$$

که در آن:

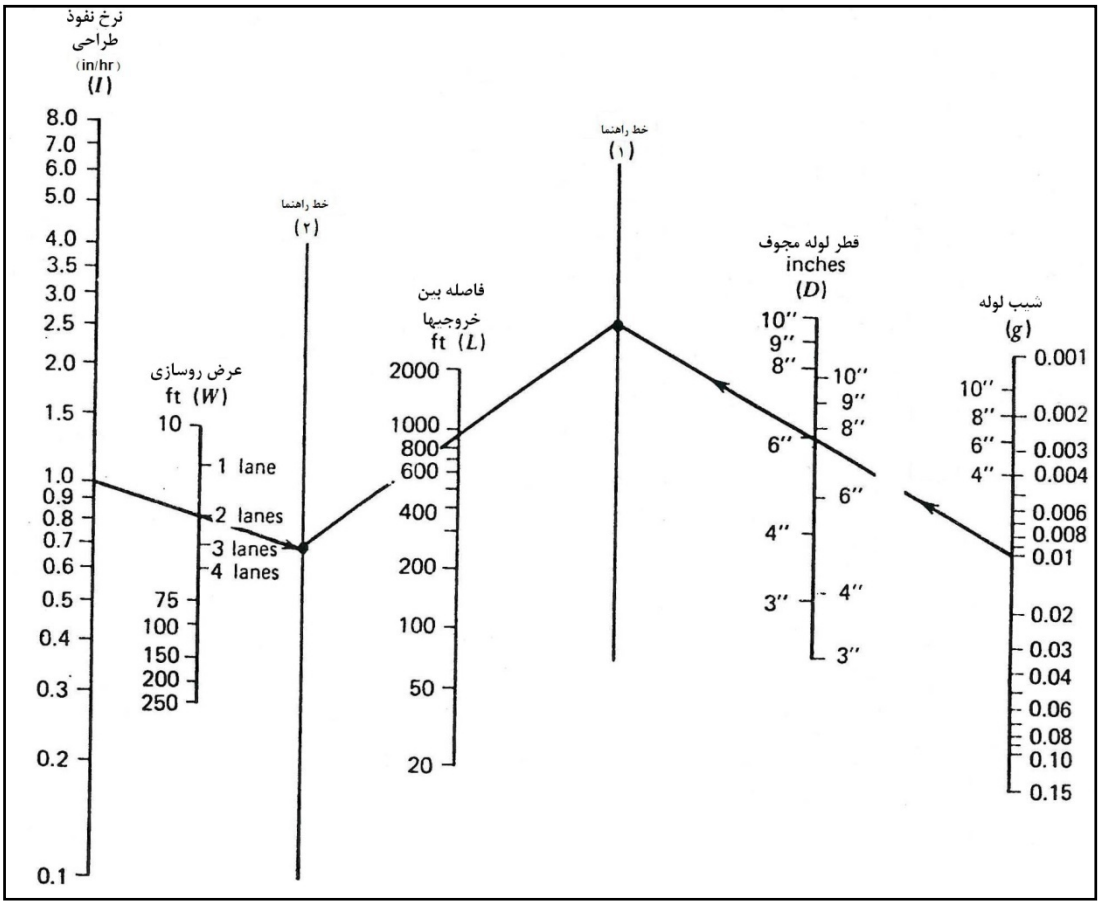
W_T: عرض حداقل بر حسب میلیمتر

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.

1-outlet spacing

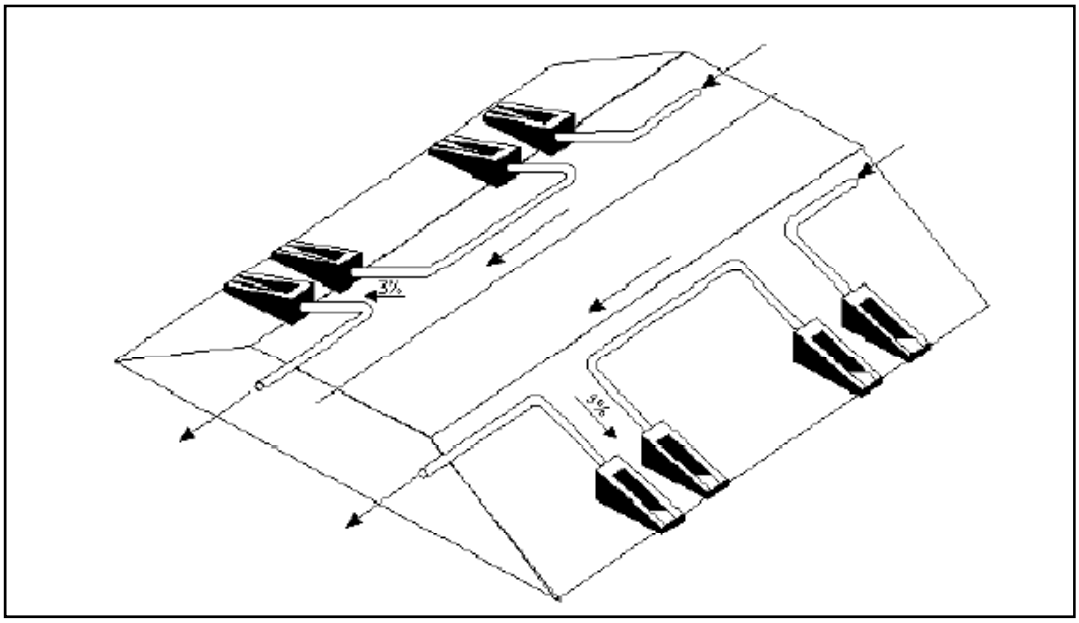


شکل ۴-۴- نمودار جهت انتخاب قطر لوله مجوف جمع‌کننده و فاصله بین خروجی‌ها

۴-۳-۲- خروجی‌ها

خروجی‌ها، لوله‌های کوتاهی هستند که آب را از زهکش‌های لبه‌ای به نهرهای کناری انتقال می‌دهند. لوله‌های فلزی غیرمنفذدار یا لوله‌های صلب برای خروجی‌ها توصیه می‌گردد. 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 لبه‌ای طولی و لوله‌های خروجی باید بگونه‌ای 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 لوله‌های ۶ اینچی در عمل استفاده می‌شود). این حداقل قطر برای دسترسی آسان به تجهیزات نگهداری و مونیتورینگ داخل لوله می‌باشد. معمولاً حداقل قطر این لوله‌ها که برای ملاحظات نگهداری توصیه می‌شود برای ملاحظات هیدرولیکی کفایت می‌نماید. ماکزیمم فاصله خروجی‌ها ۷۵ متر توصیه می‌گردد. همچنین بهتر است از خروجی‌های دوبل با دیوار محافظ استفاده گردد. جزئیات زهکش لبه و خروجی‌ها در شکل (۴-۲۷) آورده شده است [۱].



شکل ۴-۵- جانمایی لوله‌های زهکشی لبه‌ای و لوله‌های خروجی [۱]

۴-۳-۳- دیوار محافظ

دیوار محافظ از جنس بتن می‌باشد. این دیوار در محل لوله‌های خروجی به‌منظور جلوگیری از آسیب‌دیدن آنها در فعالیت‌های نگهداری کناره راه ساخته می‌شود. آنها همچنین از فرسایش شیب خاکریز جلوگیری و به قرارگیری لوله‌های خروجی کمک می‌کنند. دیوار محافظ باید در راستای شیب خاکریزی قرار گیرد تا فعالیت‌های نگهداری متداول منجر به آسیب آن نشود [۱].

۴-۳-۴- کانال کناری

کانال‌ها به‌منظور انتقال آب‌های جمع‌آوری شده از لوله‌های خروجی از روسازی حفر می‌شوند. این وظیفه معمولاً برای هر دو زهکشی سطحی و زیرسطحی می‌باشد. کانال کناری مسیر به منظور مؤثر بودن بایستی دارای حداقل شیب طولی برابر ۵/. درصد و دارای عرض مناسب باشد[۱].

۴-۴- زه‌کشی آب‌های زیرزمینی

۴-۴-۱- کنترل آب زیرزمینی :

۴-۴-۱-۱- روش‌های 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 ایستابی را با حفر کانالهای عمیق و نصب لوله های زهکشی و پر کردن روی آن با مصالح زهکش[1] پایین آورد. عمق حفاری به نوع خاک و سطح ایستابی بستگی دارد، که در نقشه های اجرایی باید مشخص شود [۶].
- وقتی راه از مسیری می‌گذرد 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[2] روی لایه غیر قابل نفوذ جمع شده و ایستابی 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 ایستابی را پایین آورد. ابعاد و عمق این چاهها و فاصله آنها نسبت به یکدیگر باید در نقشه‌های اجرایی مشخص گردد[۲].

بطور معمول طرح یک سیستم زهکشی آب‌های زیرزمینی بر مبنای قوانین تجربی که با سعی و خطا در طول سال‌ها توسعه یافتند و یا روشهای گرافیکی که شامل استفاده از شبکه‌های جریان[3] می‌شوند، استوارند. در ادامه به معرفی روش‌های متداول زهکشی آب‌های زیرزمینی پرداخته می‌شود.

۴-۴-۲- زهکش‌های جداکننده طولی منفرد و چندتایی

معادله پیشنهادی بمنظور پیش‌بینی و تشخیص شکل منحنی افت تراز آب بصورت رابطه (۴-۲۱) می‌باشد:

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

که در این معادله x و y مختصات نقطه‌ای 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 H_0 ارتفاع زهکش در بالای لایه نفوذناپذیر است. براساس مطالعات صورت گرفته فاصله‌ای با عنوان مسافت محدود[4]، L_i ، وجود دارد که از زهکش تا نقطه‌ای که منحنی تراز آب بعلت زهکش شروع به افت می‌کند، محاسبه می‌گردد 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[1] نیز معروف است و بدین معنی است که تأثیر ایجاد زهکش برای آبهای زیرزمینی بر کاهش تراز آب از چنین نقطه‌ای شروع می شود.

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

$$SL_i = H' \log \frac{H'-H_0}{H'-H_0} - (H - H_0) \qquad (۴-۲۲)$$

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

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

$$q_d = q_0 \times \frac{H'-H_0}{H} \qquad (۴-۲۳)$$

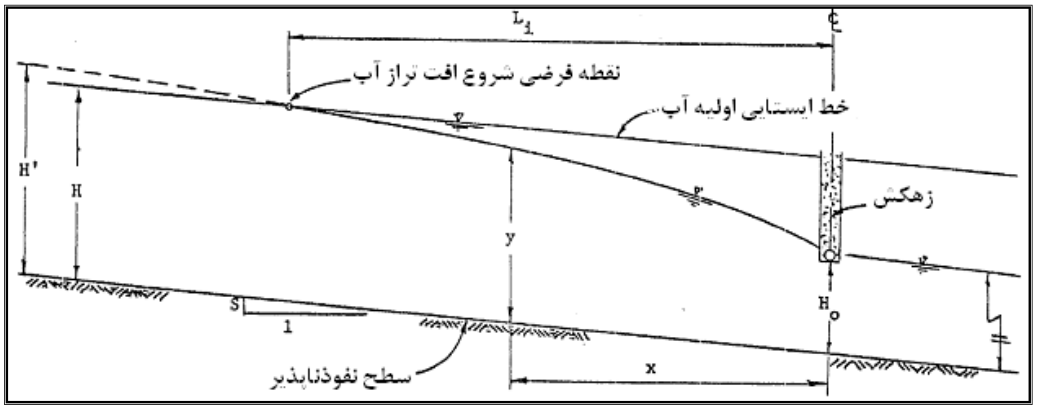
که در این رابطه q_0، میزان جریان هدف[2] است که از رابطه (۴-۲۴) قابل محاسبه است:

$$q_0 = kHS \qquad (۴-۲۴)$$

که در این رابطه k، ضریب نفوذپذیری است.

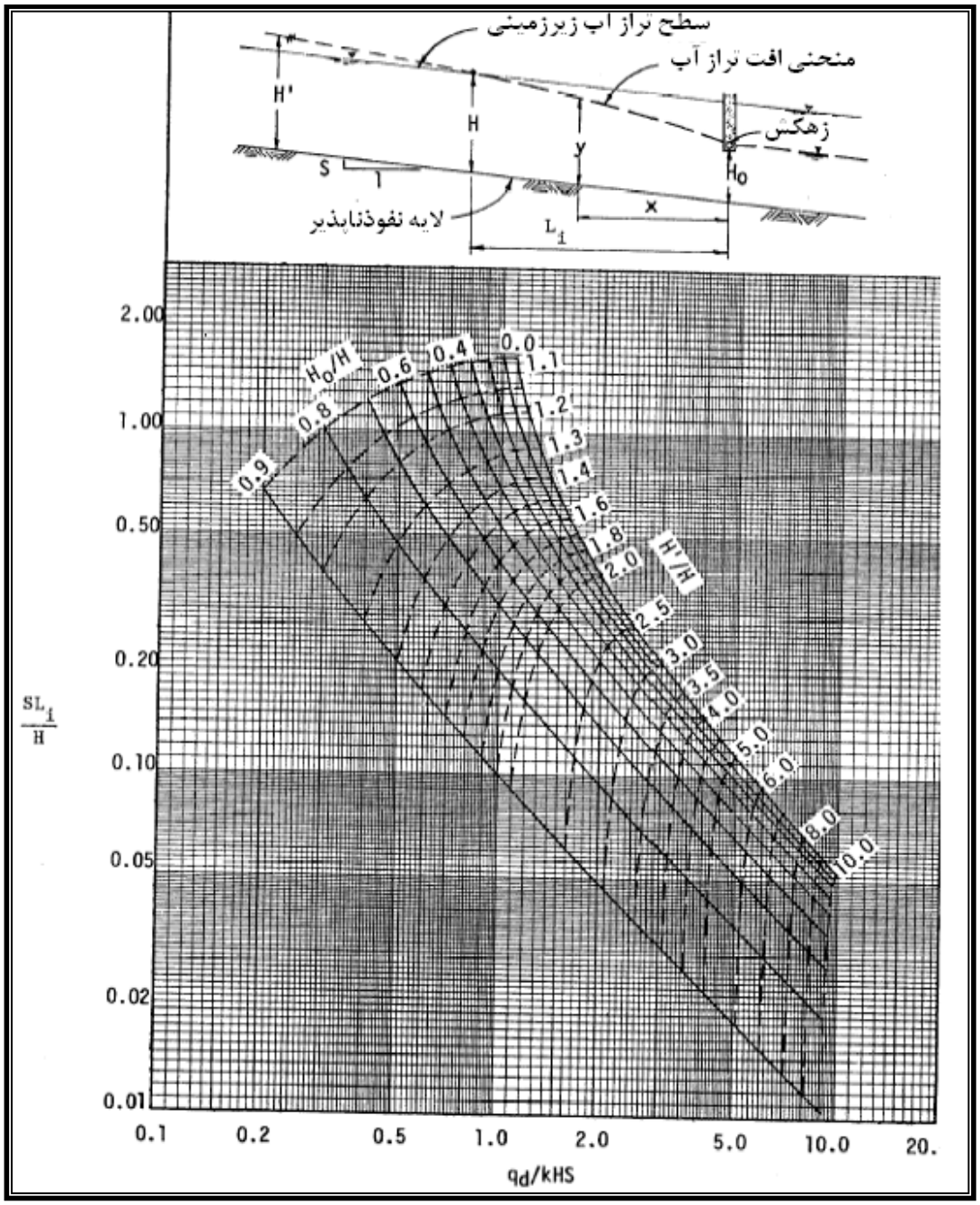
بمنظور استفاده از اشکال (۴-۶)، (۴-۷) و (۴-۸) برای هر مورد زهکشی لازم است تا تخمینی از مقدار L_i داشته باشیم.

$$L_i = 3.8 \times (H - H_0) \qquad (۴-۲۵)$$

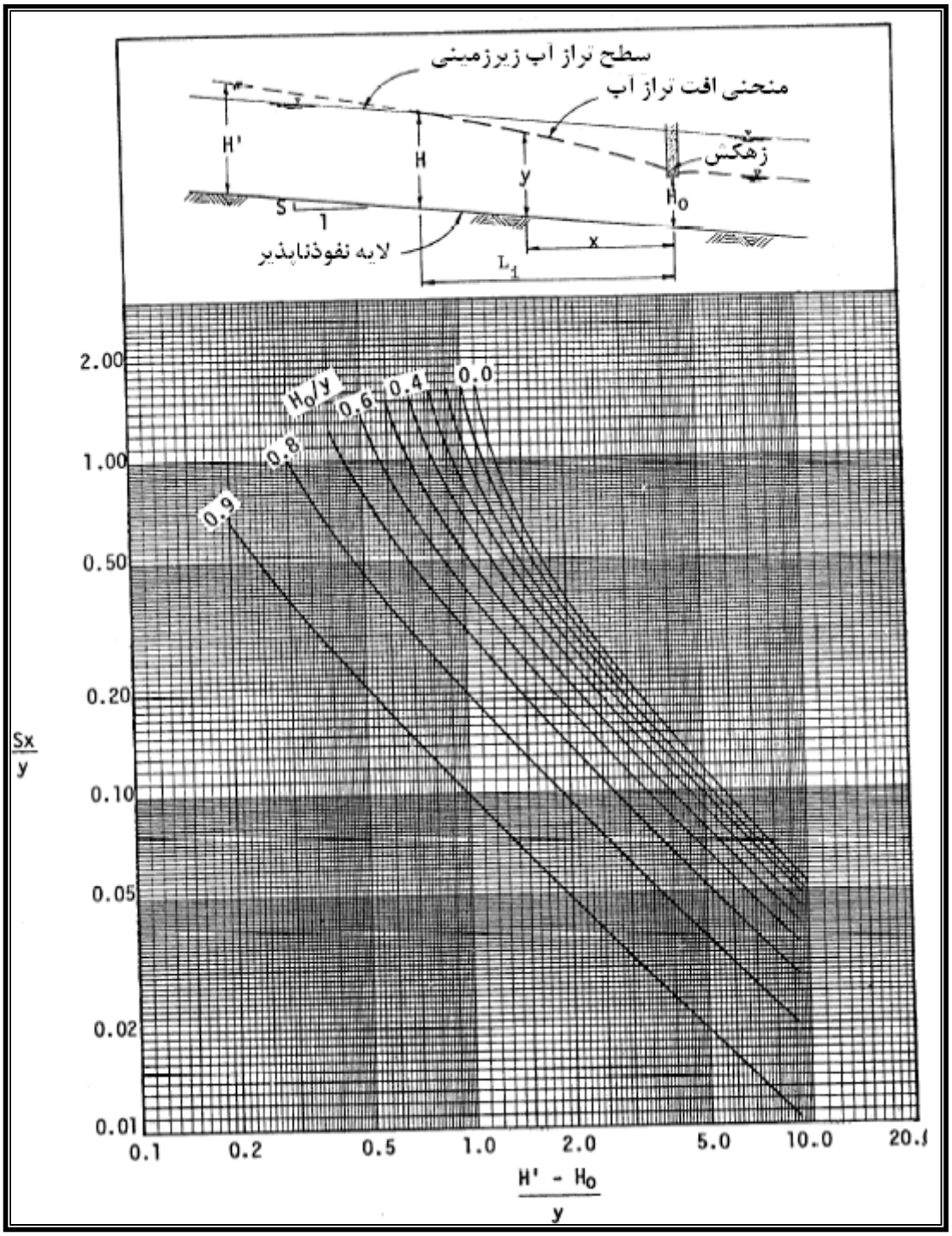


شکل ۴-۶- جهت جریان یک سیستم زهکشی منفرد وقتی که سطح آب می‌تواند در فاصله Li از زهکش شروع به افت می‌کند.[۱۰]

1 - Radius if influence
2 - Approach Flow



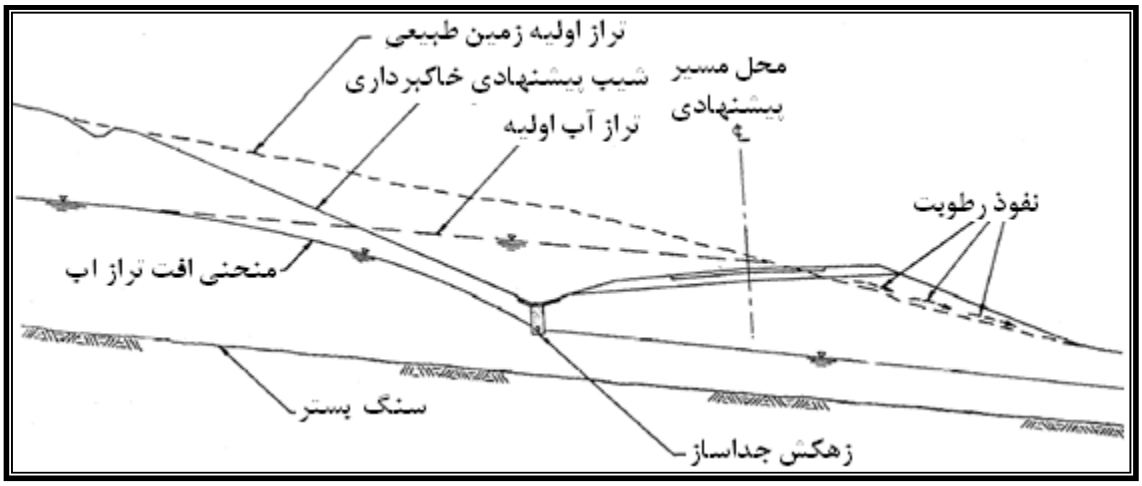
شکل ۴-۷- چارت تعیین میزان جریان در زهکشهای طولی[۱۰]



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

۴-۴-۳- مثال از یک زهکش طولی

بر اساس ساختاری که در شکل (۴-۹) وجود دارد، میزان جریان کاهش‌یافته ($\frac{q_d}{K}$) 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 نگه‌داشتن تراز آب به میزان مناسب پایین‌تر از سیستم سازه روسازی، زهکش زیرزمینی در پایین خط آبروی کنار راه و در عمق ۱/۵ متری از آن واقع شده است. پیشنهاد می‌شود که آبروی مستقر بر روی زهکش، بگونه ای باشدکه تا از نفوذ گل‌ولای و بسته‌شدن زهکش جلوگیری شود.

بر اساس رابطه ذیل، تخمینی از مقدار مسافت تأثیر[1] (L_i) بصورت

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

می‌باشد.

از شکل (۴-۷)، با توجه به اینکه $\frac{SL_i}{H} = \frac{0.15\times53}{20} = 0.398$ و $\frac{H_0}{H} = \frac{6}{20} = 0.3$ می‌باشند، در نتیجه مقدار $\frac{q_d}{KHS} = 1.57$ و $\frac{H'}{H} = 1.84$ حاصل می‌شوند. ($H' = 1.84 \times 20 = 36.8$).

محاسبات بالا، مبانی محاسبه میزان جریان کاهش‌یافته مانند $\frac{q_d}{k} = 1.57HS = 1.57(20)(1.5) = 4.71$ می‌باشد. همچنین میزان جریان کاهش‌یافته از شبکه جریان نیز قابل محاسبه است که در شکل (۴-۱۰) قابل مشاهده است. $\frac{q_d}{k} = \frac{\Delta H N_f}{N_d} = \frac{21\times6}{28} = 4.5$.

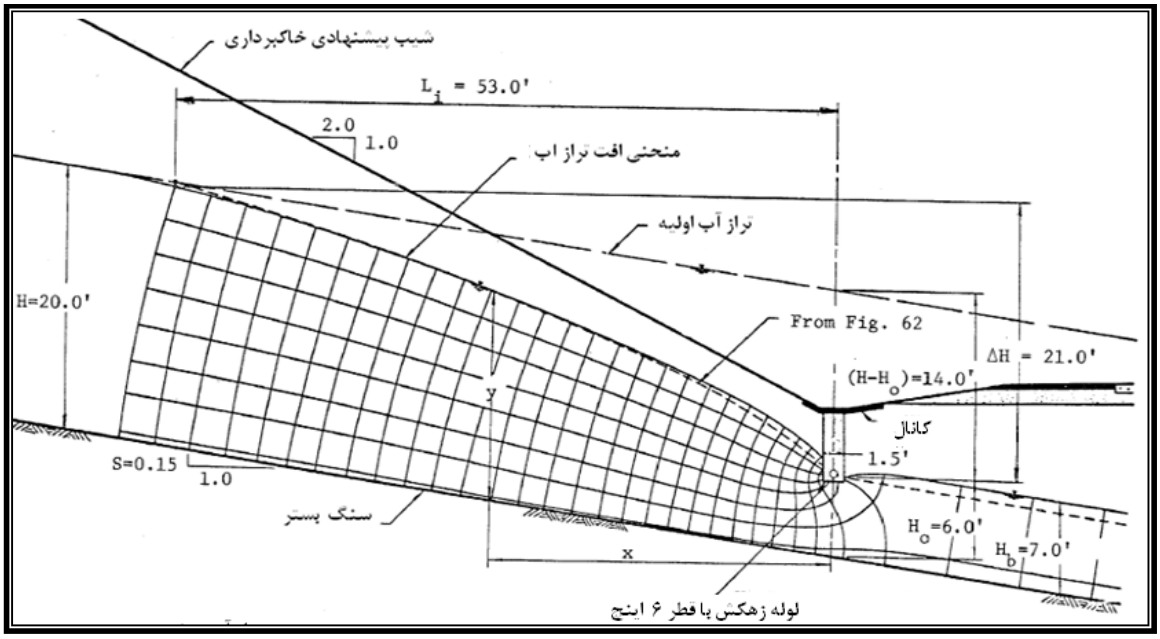
با اطلاع از میزان جریان کاهش‌یافته، محاسبه میزان جریان واقعی(q_d) برای هر مقدار ضریب نفوذپذیری k، ساده است.

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 می‌باشند:

1 - Influence Distance

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 می‌باشد که در نهایت منجر به تشخیص محل سطح آب بر اساس آنچه در شکل (۴-۱۰) آمده است می‌گردد.



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

۴-۴-۴- بررسی خاصیت مویینگی

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

$$H = \frac{C}{N \times D_{10}} \qquad (۲۶-۴)$$

در این رابطه،

C: ضریبی است بین ۰/۱ تا ۰/۵

N : تخلخل

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

D_{10}: اندازه الکی که ۱۰ درصد مصالح از آن عبور کرده‌اند بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

درصورتی‌که 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 لایه‌های 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, 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 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.

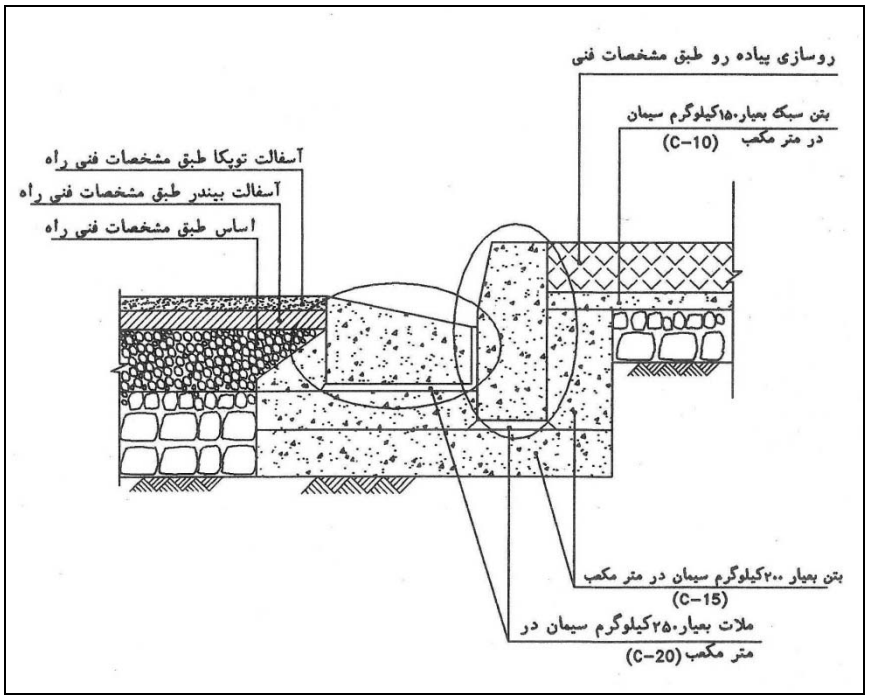
۵

اجرای سیستم های زه‌کشی

۵-۱- اجزاء زه‌کشی سطحی و جزئیات آن

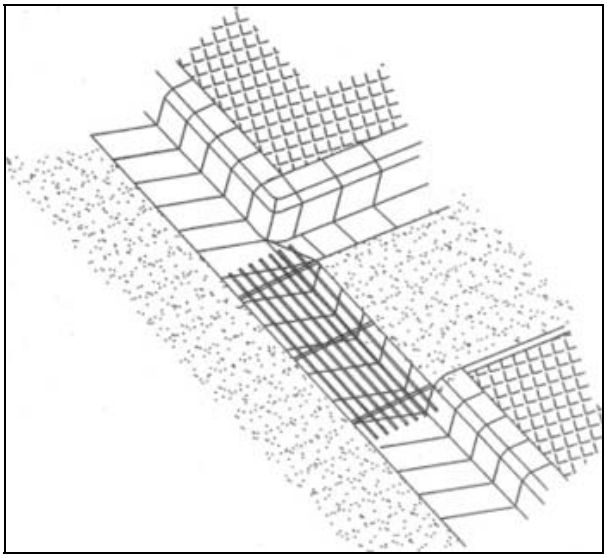
زهکشی و تخلیه آب شامل احداث نهرها، آبروهای باز و یا بسته، لوله‌گذاریهای سطحی و زیرزمینی، مصرف زه‌های سنگی و یا خرده‌سنگی، انحراف، تنظیم و کنترل آب انهار، رودخانه‌ها و روانابها و اجرای سایر کارهای تکمیلی، طبق نقشه‌های اجرایی و دستورات دستگاه نظارت می‌باشد[۱].

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.

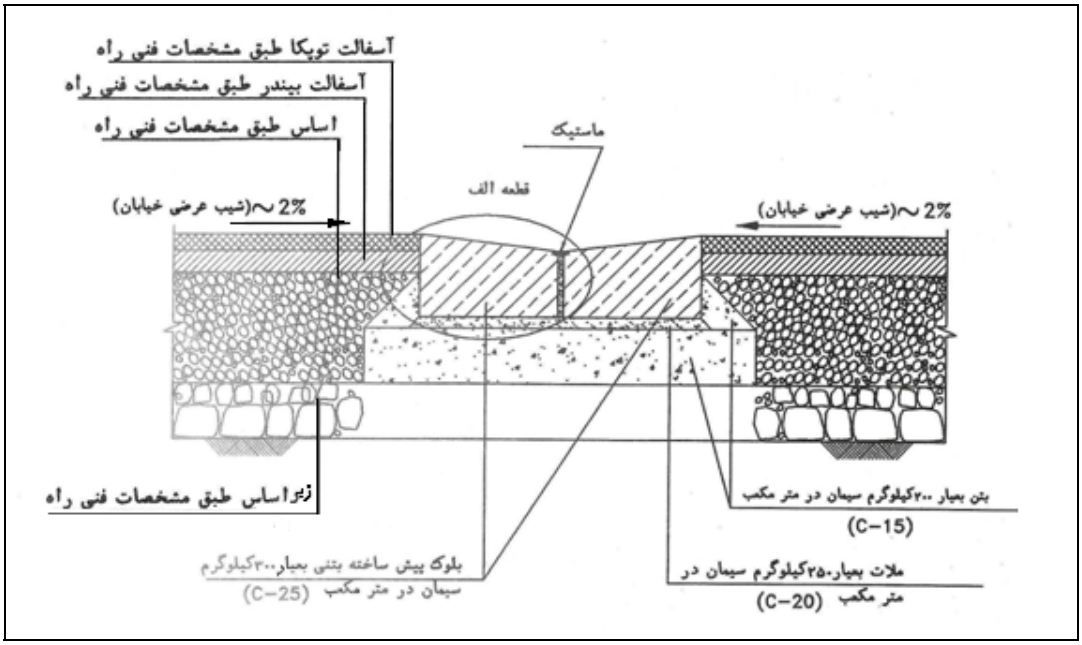


شکل ۵-۱- مقطع و جزئیات کانال طولی تک‌جهته [۹]

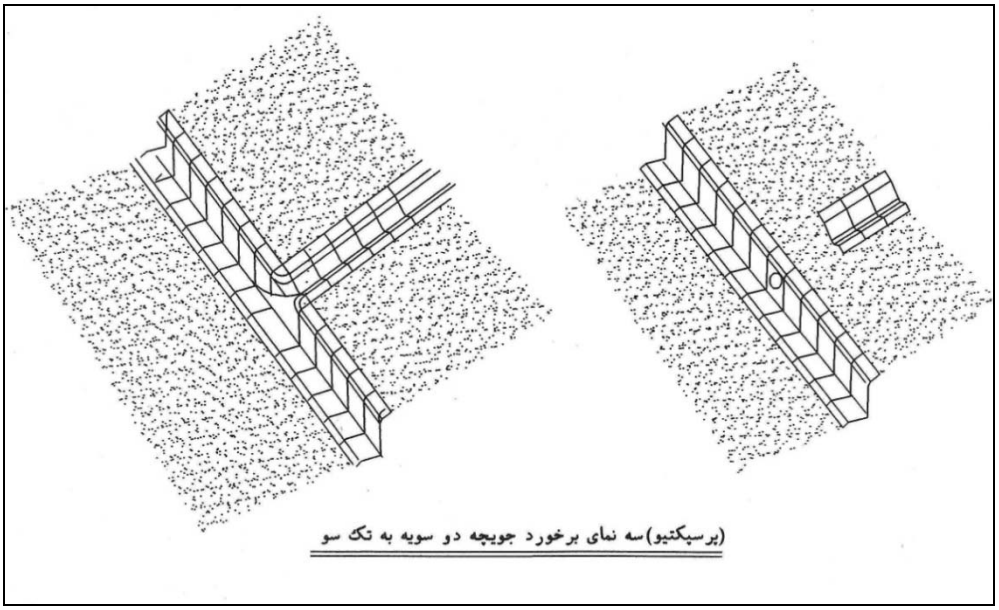
یکی از مهم‌ترین مشکلات در اجرای سیستم زه‌کشی سطحی، فراهم نمودن عبور وسایل نقلیه و عابران پیاده می‌باشد، در شکل های زیر پیشنهادهایی به منظور فراهم شدن این حرکات ارائه شده است.



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

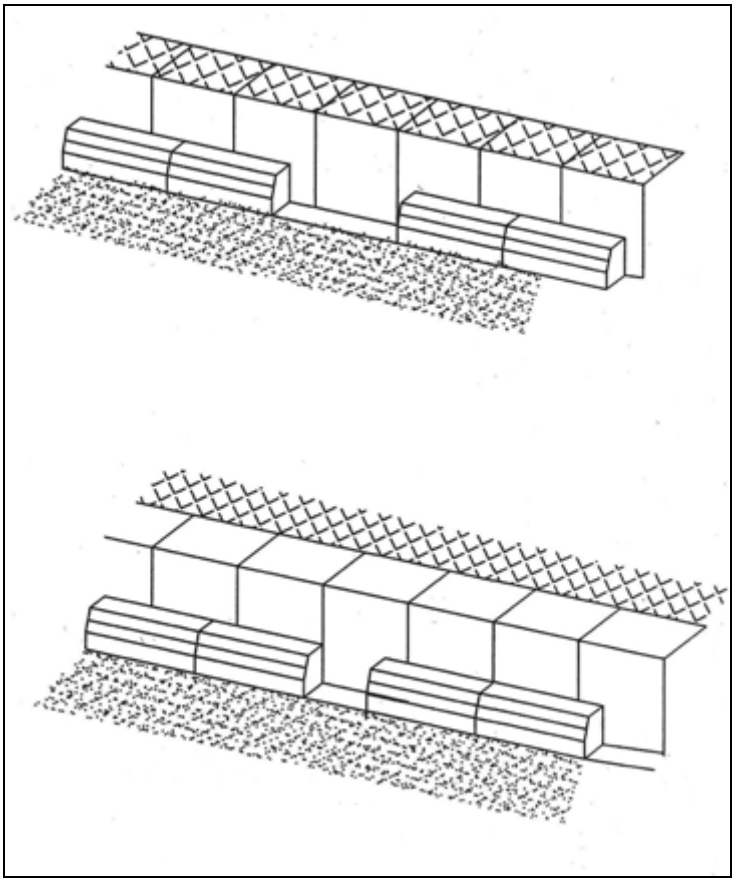


شکل ۵-۳- مقطع و جزئیات کانال طولی دو جهته [۹]



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

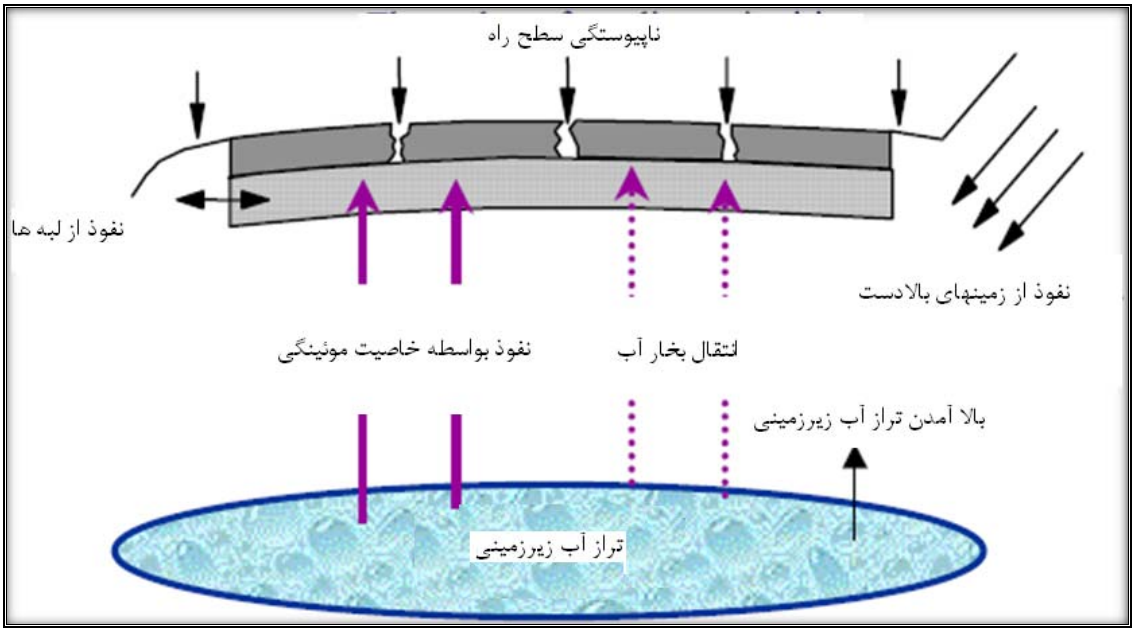
در شکل زیر نمای جدول کناری راه نشان داده شده است.



شکل ۵-۵- نمای آبگیر بصورت جدول [۹]

۵-۲- سیستم زه‌کشی سازه‌ای

همان‌طورکه 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 به‌دلیل وجود دانه‌بندی باز مشکل می‌باشد و دستیابی به تعادلی از چگالی لازم و نفوذ پذیری مناسب مدنظر می باشد. 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 تثبیت‌نشده، 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 آیین‌نامه 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 قیرابه‌ها جهت اجرای اندود نفوذی، از جهات اقتصادی و زیست محیطی مناسب‌تر می‌باشد.

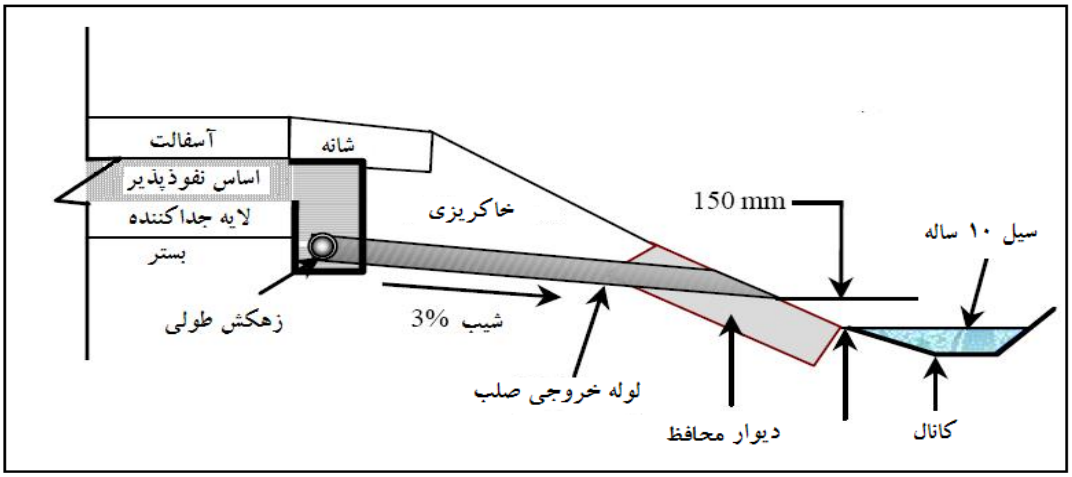
۵-۲-۱-۴- زه‌کش لبه‌ای

در زهکش‌های لبه‌ای، لوله‌های طولی معمولاً در فاصله ۵ سانتی‌متری از لبه شیروانی در سمت شانه قرار می‌گیرند. بخاطر ملاحظات نگهداری، قطر حداقل ۴ اینچ برای لوله توصیه شده است و باید بگونه‌ای طرح گردد تا آب را به راحتی از ساختار روسازی خارج نماید.

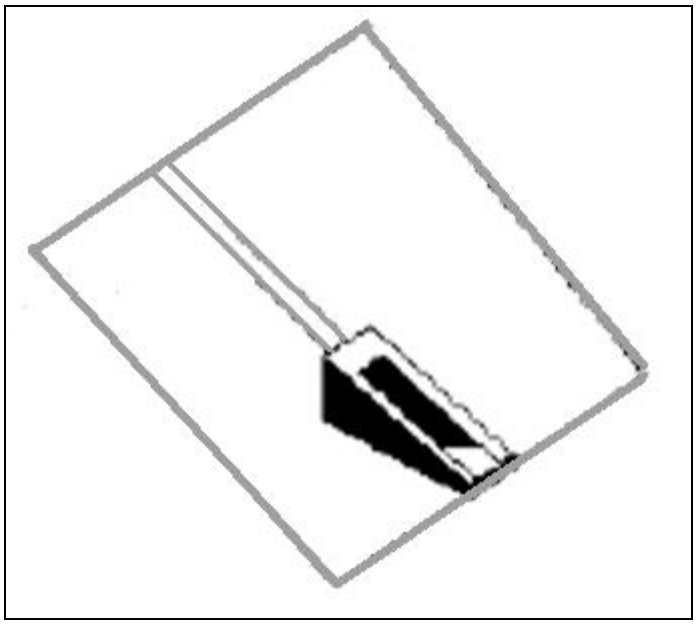
۵-۳- سیستم‌های زه‌کشی سازه‌ای پیشنهادی

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

این سیستم برای راه‌هایی 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 می‌باشند. لوله طولی در این روش توسط ژئوتکستایل محافظت می‌شوند تا از ورود ذرات خاک به لوله جلوگیری نمایند. لایه جداکننده از مصالح دانه‌ای یا ژئوتکستایل و یا ترکیبی از هر دو تشکیل می‌شود. معمولا از لوله به عنوان خروجی زمانی استفاده می‌گردد که ظرفیت لازم برای خروج آب نسبتاً بالا باشد[۱].



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

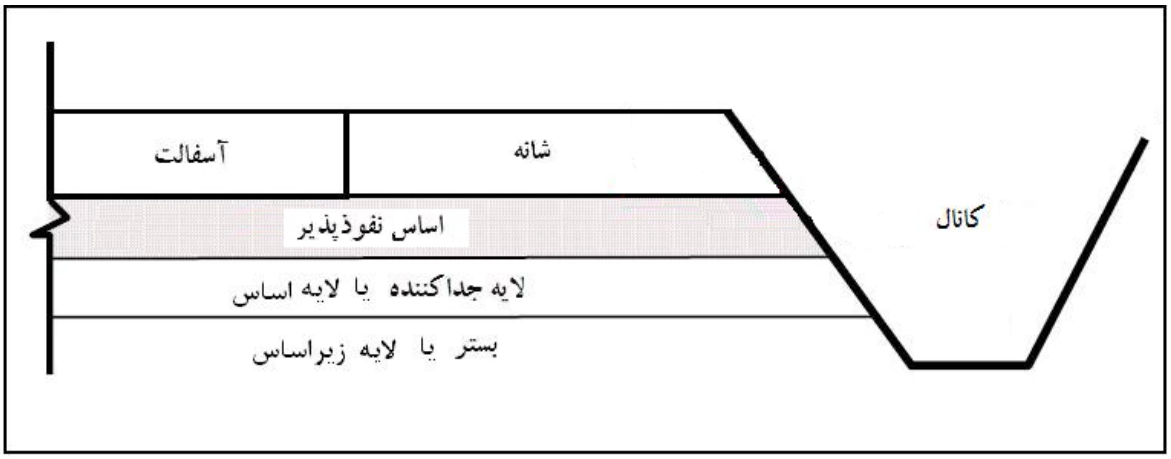


شکل ۵-۸- نمای دیوار محافظ

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

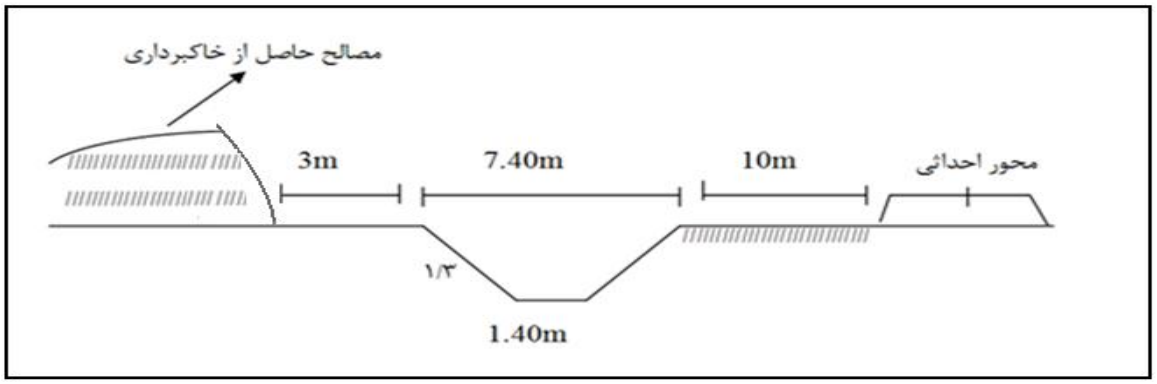
در این سیستم زهکشی آب بطور مستقیم از لایه اساس نفوذپذیر به کانال جانبی هدایت می‌شود. این سیستم معمولاً در جاهایی استفاده می‌شود که شیب طولی کم بوده و شیب عرضی حرکت آب را کنترل می‌نماید. از جداکننده پارچه‌ای[1] برای جلوگیری از ورود مصالح ریزدانه به لایه اساس نفوذپذیر استفاده می‌شود. نکته مهم در کنترل عملکرد مناسب این سیستم آن است که نگهداری‌های لازم در خصوص لبه لایه‌های 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 می‌شود، که لایه اساس نفوذپذیر ۱۵سانتیمتر بالاتر از ارتفاع آب در نهر باشد (با در نظر گرفتن دبی طرح با دوره بازگشت ۱۰ سال) [۱].

1 - Fabric Separator



شکل ۵-۹- سیستم زهکشی بدون لوله های زهکش

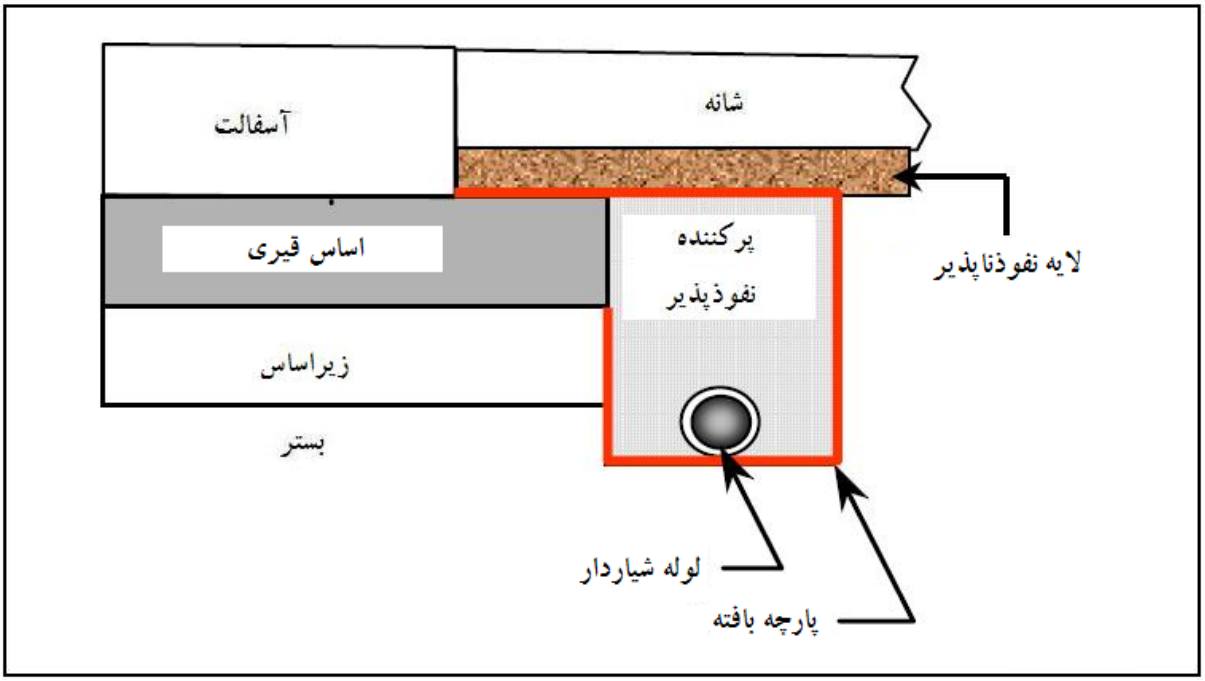
در شکل زیر جزئیات اجرایی احداث کانال به منظور زه‌کشی زیرسطحی پیشنهاد می‌گردد.



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 بهمراه زهکش طولی استفاده می‌شود. از این سیستم زمانی استفاده می‌شود که زهکشی کمتری مدنظر می‌باشد.

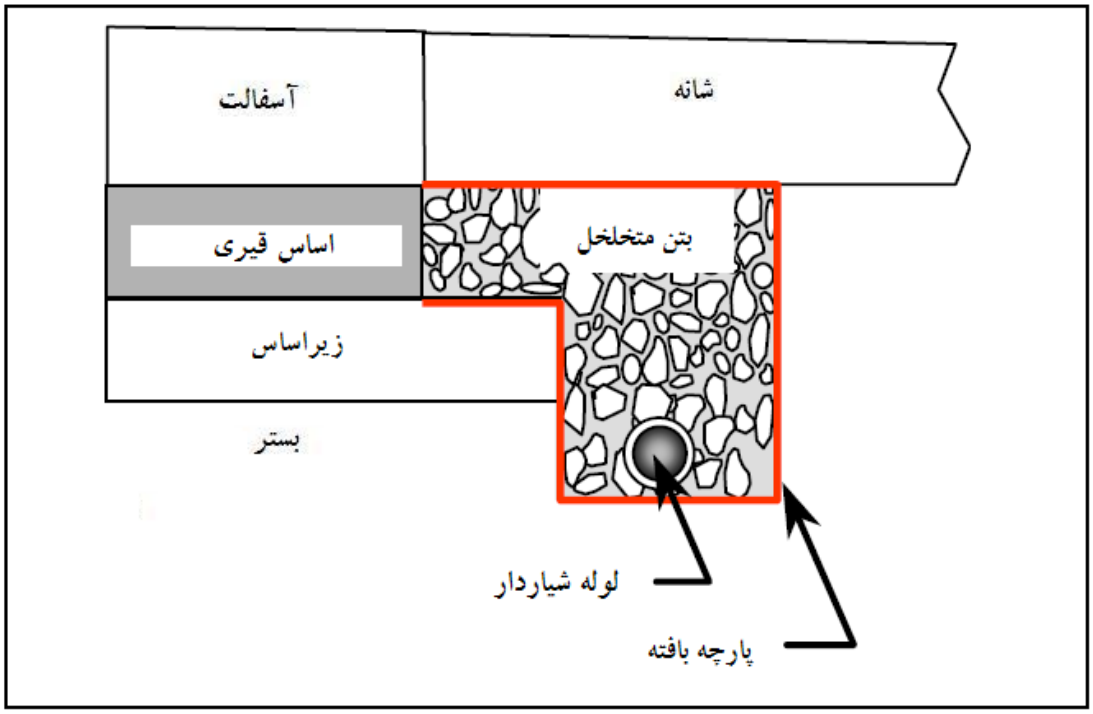


شکل ۵-۱۱- سیستم اساس آسفالتی با لوله زه‌کش طولی

زیراساس دانه‌ای نیز جزئی از این سیستم می باشد که باعث کاهش فرسوده شدن لایه اساس آسفالتی می‌گردد. مصالح پر کننده 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].

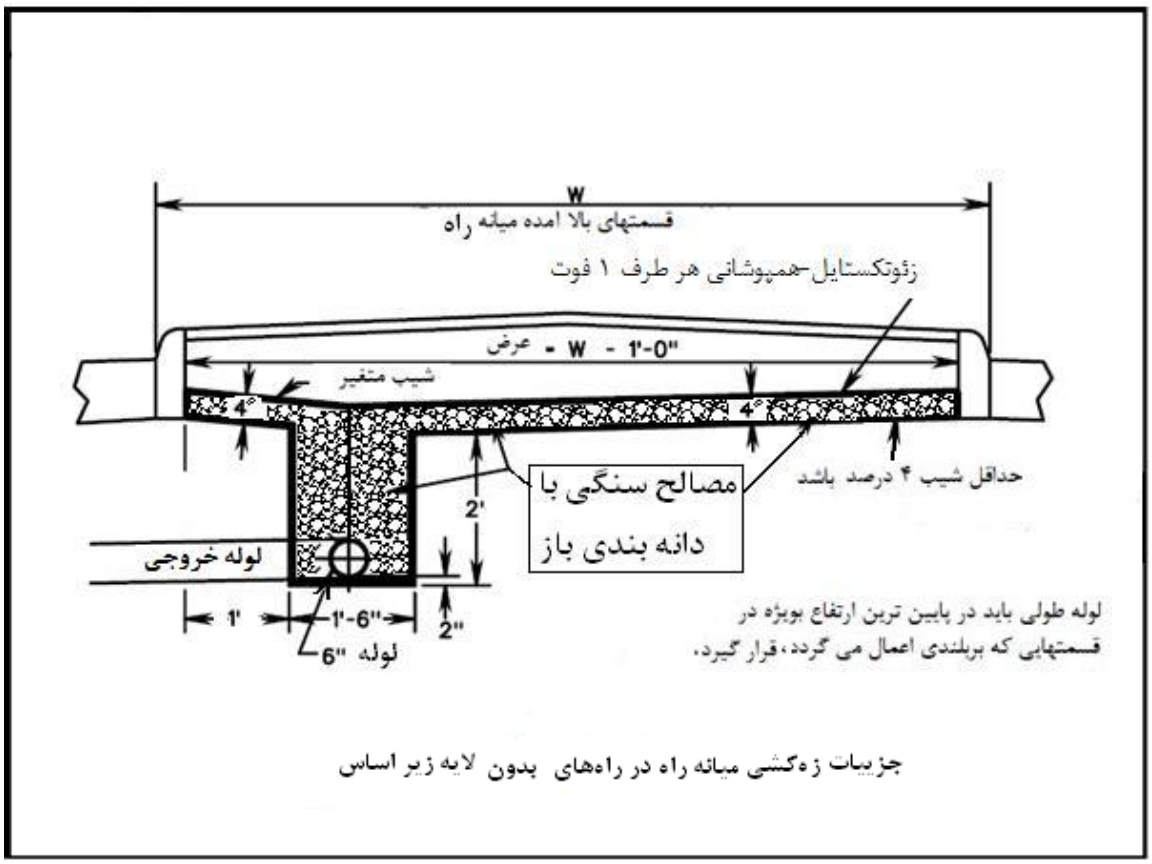


شکل ۵-۱۲- سیستم اساس آسفالتی با شانه بتن متخلخل

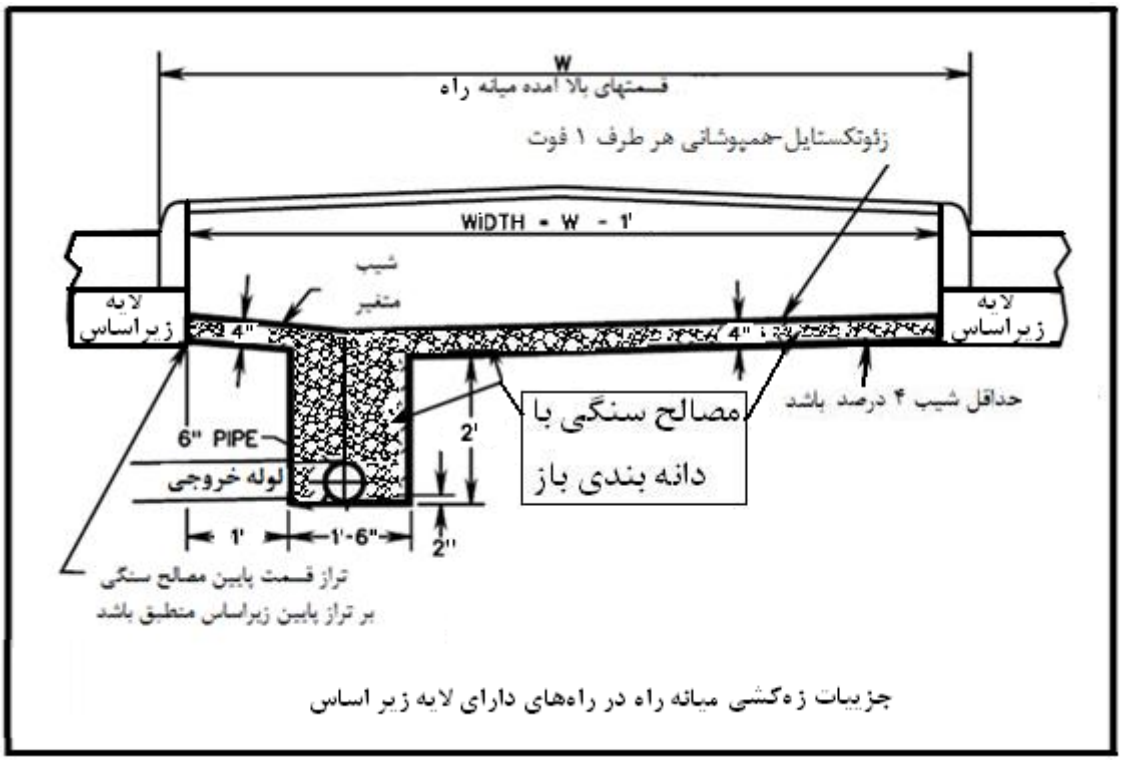
۵-۳-۵- سیستم‌های زه‌کشی سازه‌ای در راه‌های دارای میانه

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

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



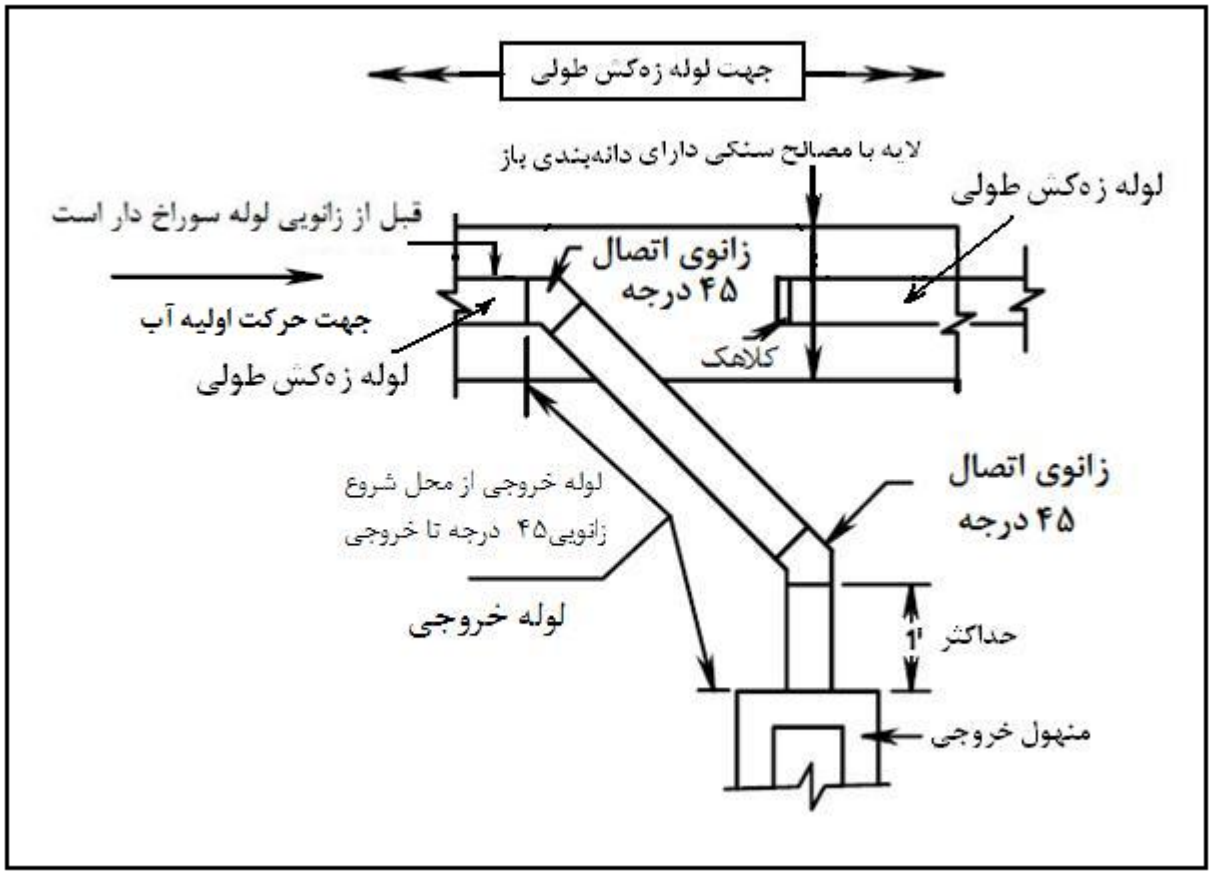
شکل ۵-۱۳- سیستم زهکشی برای میانه راه در روسازی‌های بدون زیر اساس[۲]



شکل ۵-۱۴- سیستم زهکشی برای میانه راه در راه‌های 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[1] را لحاظ نمایند.
- لوله‌های خروجی حداقل دارای شیب طولی۲ 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 روسازیها 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:

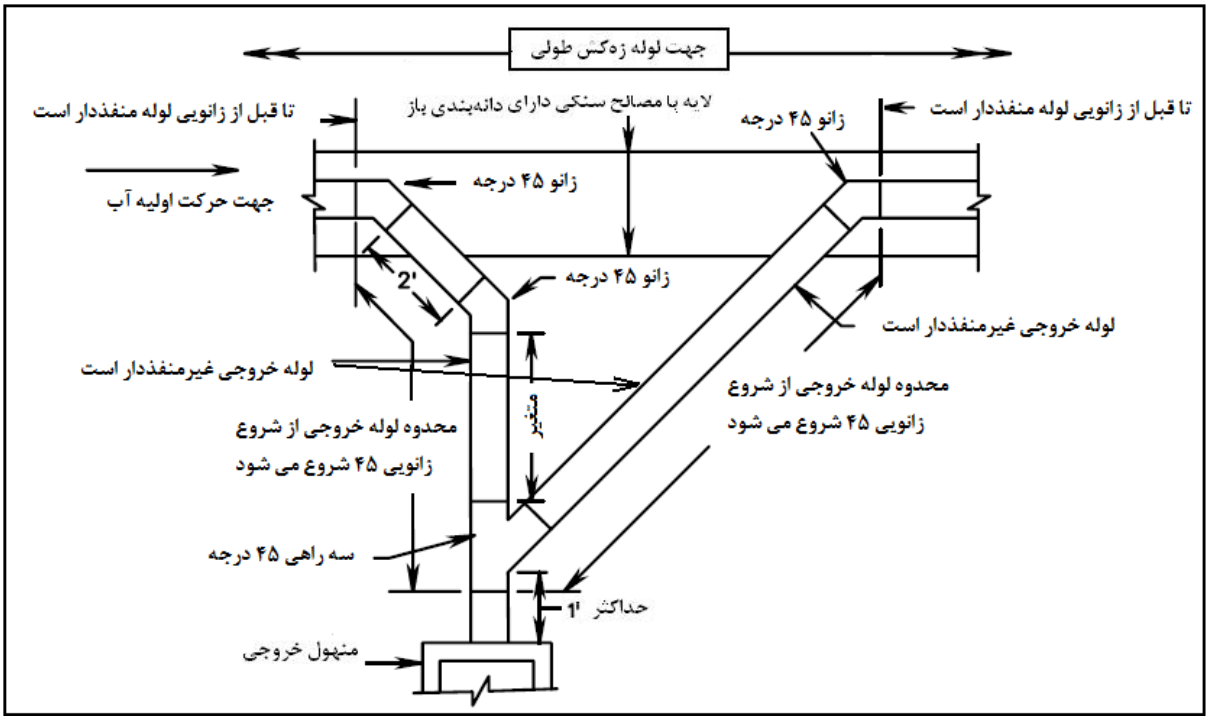
1 -crushing strength

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

جدول ۵-۲- مشخصات لوله‌های غیر منفذ دارخروجی[۲]		
نوع لوله	مقاومت گسیختگی	
	حداقل ضخامت جداره به اینچ	قطر اسمی ۶ اینچ
آلومینییم موج دار	۰/۰۴۸	
با جداره صافPVCلوله	۰/۱۵۳	
با جداره صافPEلوله		۷۰ براساس آزمایش PSI ASTM- D2412 در افت ۵ درصد.

- 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 لبه‌ای).
- اگر ADT کوچکتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، می‌بایست 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.



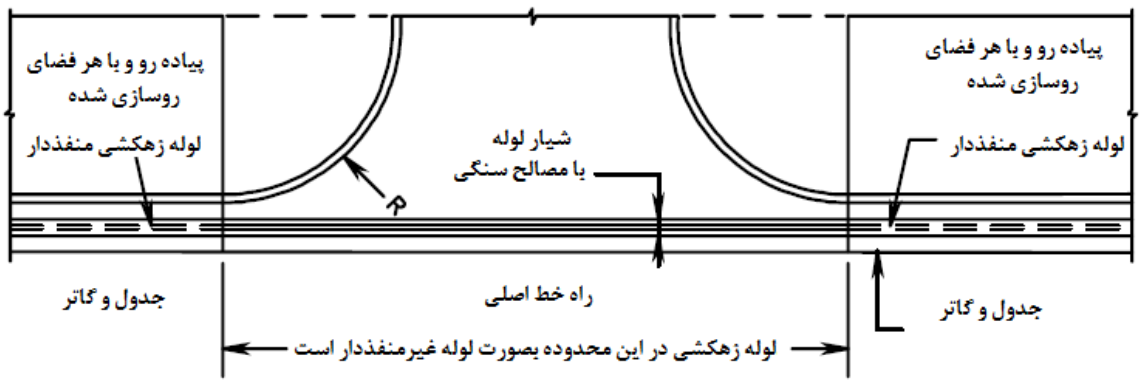
شکل ۵-۱۶- جزئیات لوله خروجی[۲]

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-های۵-۳ و ۵-۴).
- لوله‌های خروجی حداقل دارای شیب طولی۲ 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 روسازیها استفاده شود.
- در محدوده ورودی مراکز تجاری از لوله غیرمنفذدار بجای لوله منفذدار مطابق شکل ۵-۱۷ استفاده شود.

جدول ۵-۳- مشخصات لوله‌های منفذدار طولی[۲]		
نوع لوله	مقاومت گسیختگی	
	حداقل ضخامت جداره به اینچ	قطر اسمی ۴ اینچ
با جداره صافPVCلوله	۰/۱۰۳	
موجدارPEلوله		AASHTO-M252

جدول ۵-۴- مشخصات لوله‌های غیر منفذ دار برای استفاده در محدوده تجاری و برای لوله خروجی[۲]		
نوع لوله	مقاومت گسیختگی	
	حداقل ضخامت جداره به اینچ	قطر اسمی ۶ اینچ
با جداره صافPVCلوله	۰/۱۰۳	
با جداره صافPEلوله		۷۰ ASTM- D2412 براساس آزمایش PSI در افت ۵ درصد.



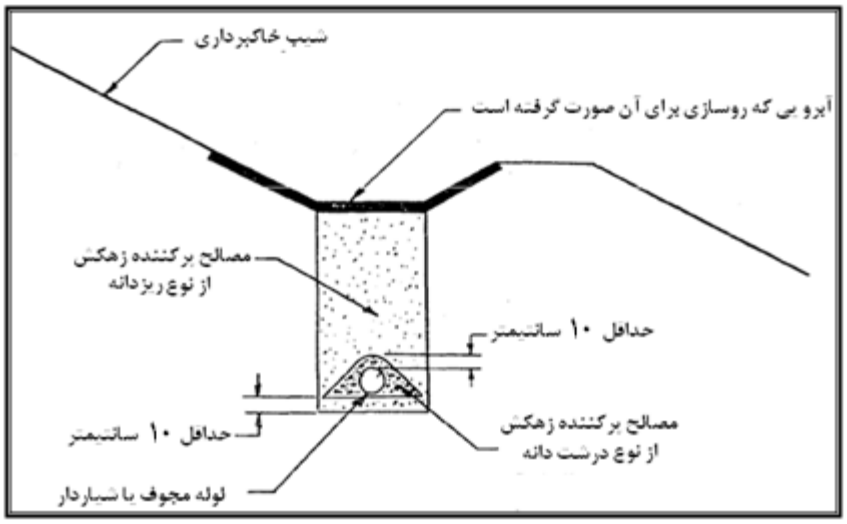
شکل ۵-۱۷- مشخصات سیستم زهکشی در محدوده ورودی تجاری[۲]

- 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 راههایی با ADT طرح بزرگتر یا مساوی ۲۰۰۰۰ وسایل نقلیه در روز، یک لایه زهکش استفاده شود. ضخامت توصیه شده برای این لایه ۶ اینچ می‌باشد که به زهکش لبه‌ای مطابق توصیه بند دوم متصل می‌باشد.

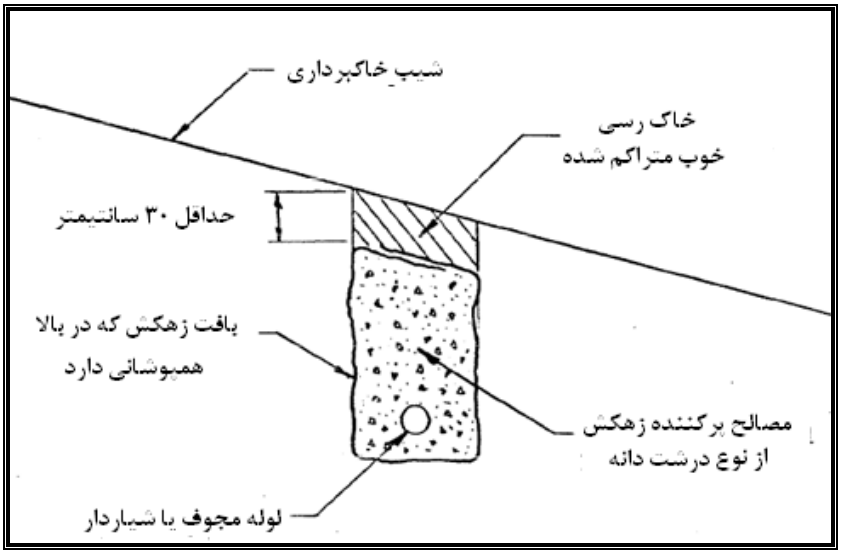
۵-۴- زه‌کشی آب‌های زیرزمینی[1]

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

در شکل زیر جزئیات اجرایی زه‌کشی آب‌های زیرزمینی به منظور پایین آوردن تراز آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد.



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



شکل ۵-۱۹- سیستم فیلتر متداول برای زهکش جداکننده که در آن از مصالح دانه‌ای و بافت زهکش۲ استفاده شده است[۱۰].

1 - Groundwater Drainage
2 - Drainage Fabric

نکاتی که بایستی در نصب لوله‌های زه کشی رعایت گردند:

- در صورتی که لوله در کف کانال قرار گیرد، عرض کف کانال حداقل ۱۵ سانتی‌متر بیش از قطر خارجی لوله باشد.

- بستری که لوله روی آن قرار می‌گیرد باید تراکم کافی و یکنواخت داشته باشد و لوله نباید روی زمین یخزده، پوشیده از گیاه، لجنی و همچنین روی بستر سنگی قرار بگیرد. به همین منظور بایستی در کانال حداقل ۱۰ سانتی‌متر، 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 زه‌کش مناسب پر شود. مصالح را باید در دو طرف لوله ریخت و توسط تخماق دستی کوبید. آنگاه باید روی لوله‌ها را تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر با مصالح زه‌کش پر نمود و توسط تخماق دستی کوبید. بقیه فضای خالی روی لوله بایستی با قشرهای ۲۰ سانتی متری پر و با غلطک‌های کوچک مکانیکی کوبیده شود.

- برای جلوگیری از نفوذ آب‌های سطحی در کانال‌ها می‌توان قشر نهایی آن را با یک لایه خاک رس غیر قابل نفوذ که ضخامت ان پس از کوبیدن حداقل ۱۵ سانتی‌متر باشد، آب‌بندی 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 نفوذپذیر انچام موارد فوق ضرورت ندارد.

- در هنگام کلیه مراحل نصب لوله‌ها و خاکریزی روی آنها باید دقت نمود تا لوله‌ها جابجا نشوند و آسیب نبینند.

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 برنامه‌ریزی کشور، مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱)، چاپ سوم، ۱۳۸۵.

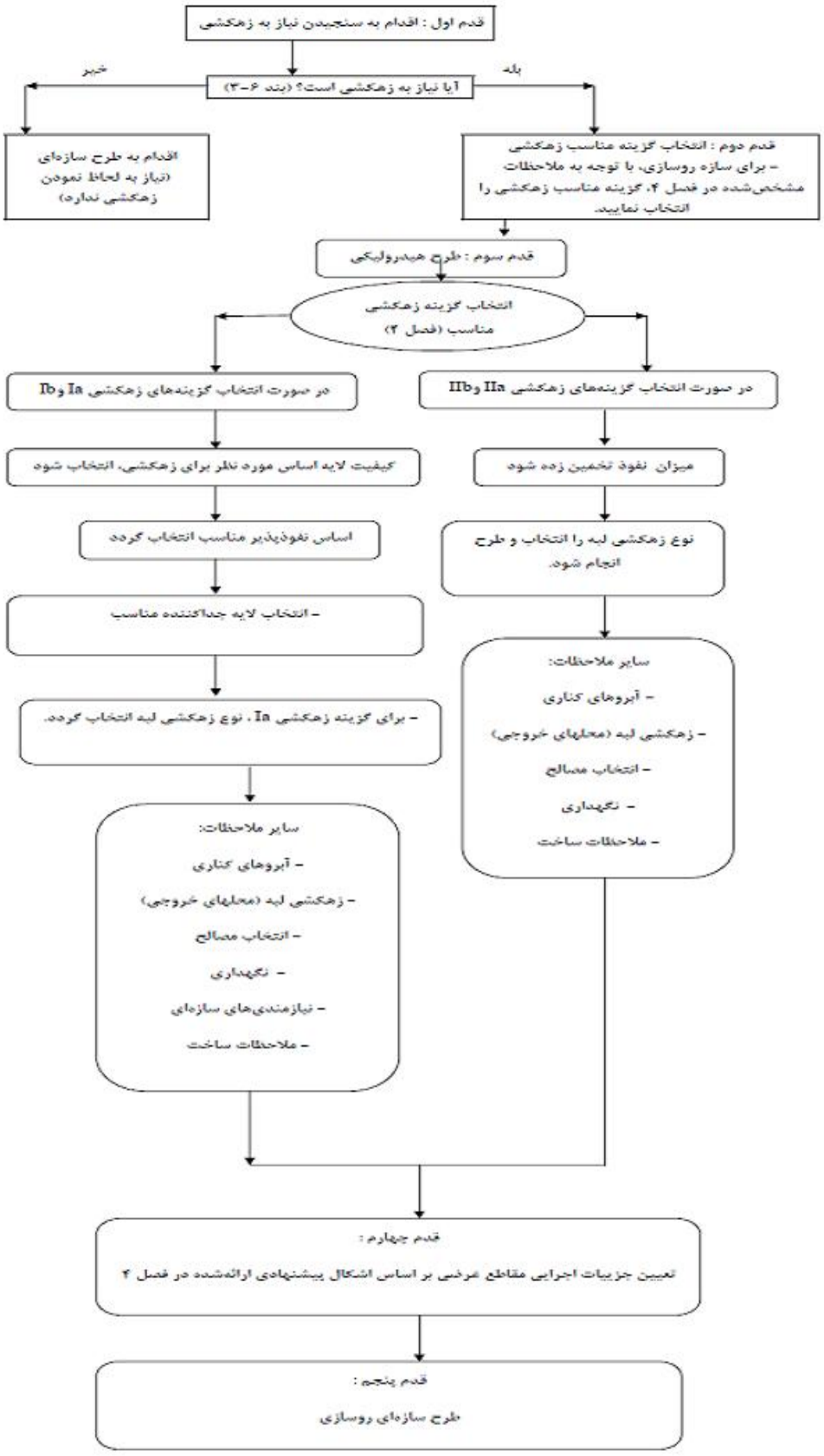
۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴)، چاپ اول ۱۳۸۱.

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.

پیوست ۱


قدم اول : اقدام به سنجیدن نیاز به زهکشی
آیا نیاز به زهکشی است؟ (بند ۶-۳)
خیر
بله
اقدام به طرح سازه‌ای (نیاز به لحاظ نمودن زهکشی ندارد)
قدم دوم : انتخاب گزینه مناسب زهکشی
- برای سازه روسازی، با توجه به ملاحظات مشخص‌شده در فصل ۴، گزینه مناسب زهکشی را انتخاب نمایید.
قدم سوم : طرح هیدرولیکی
انتخاب گزینه زهکشی مناسب (فصل ۲)
در صورت انتخاب گزینه‌های زهکشی Ib و Ia
در صورت انتخاب گزینه‌های زهکشی IIb و IIa
کیفیت لایه اساس مورد نظر برای زهکشی، انتخاب شود
میزان نفوذ تخمین زده شود
اساس نفوذپذیر مناسب انتخاب گردد
نوع زهکشی لبه را انتخاب و طرح انجام شود.
- انتخاب لایه جداکننده مناسب
سایر ملاحظات:
- آبروهای کناری
- زهکشی لبه (محلهای خروجی)
- انتخاب مصالح
- نگهداری
- ملاحظات ساخت
- برای گزینه زهکشی Ia ، نوع زهکشی لبه انتخاب گردد.
سایر ملاحظات:
- آبروهای کناری
- زهکشی لبه (محلهای خروجی)
- انتخاب مصالح
- نگهداری
- نیازمندی‌های سازه‌ای
- ملاحظات ساخت
قدم چهارم :
تعیین جزییات اجرایی مقاطع عرضی بر اساس اشکال پیشنهادی ارائه‌شده در فصل ۴
قدم پنجم :
طرح سازه‌ای روسازی

مطالعات میدانی

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

۱- محور سروآباد- مریوان

مشکلات زهکشی محور سرو آباد – 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 پ۱-۱)

شکل پ۱-۱- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب برای هدایت روان‌آب

۲- در بعضی از قسمتهای مسیر برای هدایت روان‌آب 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 (پ۱-۲)).

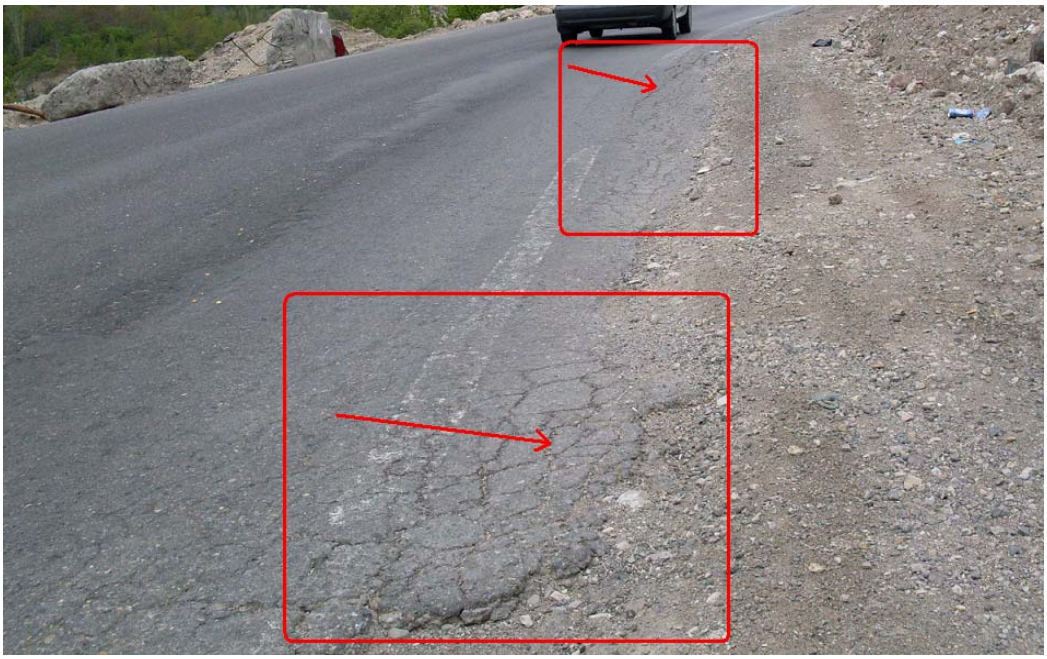
شکل پ ۱-۲- گرفتگی دهانه آبروی هدایت عرضی روان‌آب

۳- با توجه به مشاهدات صورت‌گرفته راجع به مشکلات زهکشی محور اینگونه نتیجه‌گیری می‌شود که بدلیل فقدان سیستم زهکش طولی (کانالهای زهکش طولی) در طول محور، مسیر تصادفی جریان توسط روان‌آب بوجود آمده و آب به محل مناسب و خارج از بدنه راه هدایت نمی‌گردد و در نتیجه بخشی از این روان‌آب جذب جسم راه شده و بخش دیگر، مسیری که در حال عبور از آن است را تخریب می‌کند. بنابراین بدیهی است که حضور آب در جسم راه باعث افت مقاومت لایه‌های سنگدانه‌ای، نشست روسازی در اثر عبور جریان ترافیک و همچنین بروز ترکهای پوست سوسماری می‌گردد.

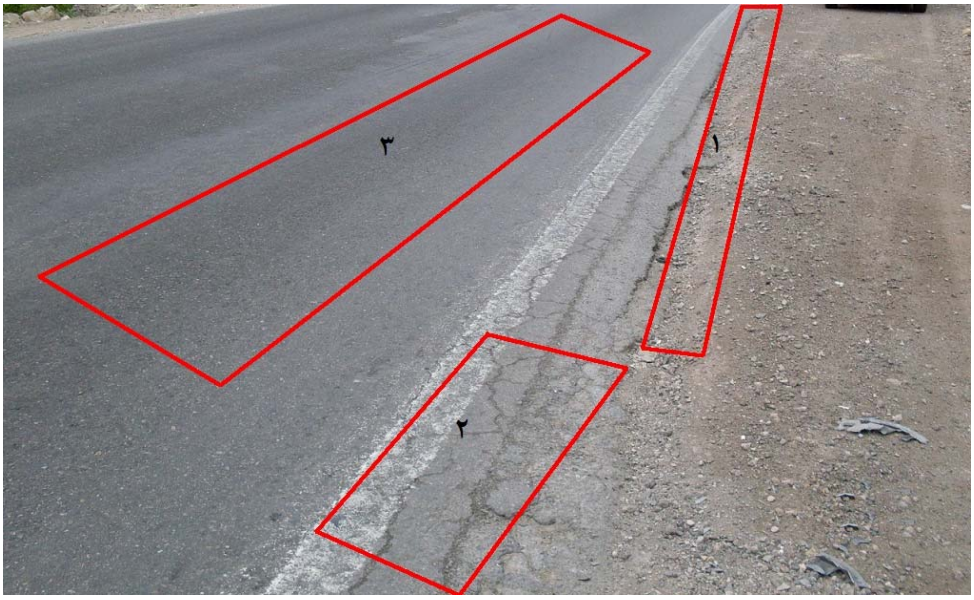
جدول پ۱-۲- نوع خرابیها، شدت و عامل بروز هر خرابی در محور سروآباد- مریوان

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

در ادامه نمونه‌هایی از این خرابیها در شکلهای پ۱-۳، پ۱-۴ آورده شده اند..



شکل پ۱-۳- حرکت روان‌آب در امتداد طولی مسیر و نفوذ در جسم راه و بروز نشست و ترکهای پوست‌سوسماری



شکل پ۱-۴- 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 می‌باشد

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 پ۱-۵).

شکل پ۱-۵ – 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 مشاهده‌شده	شدت خرابی	عامل بروز
خرابی پوست سوسماری	زیاد	تغییر شکل بیش از حد لایه‌های روسازی بعلت کاهش مقاومت باربری لایه‌ها در اثر حضور رطوبت
شیار افتادگی (ناشی از نشست کلی جسم راه)	متوسط	تغییر شکل دائمی یکی از لایه‌ها یا بستر روسازی بعلت حضور آب
افتادگی شانه	زیاد	فرسایش شانه در اثر حرکت آب بدلیل عدم انتقال توسط کانالهای زهکشی
عریان‌شدگی مصالح رویه آسفالتی	متوسط	حضور رطوبت در لایه آسفالتی و جایگزینی پیوند قیر و مصالح سنگی با پیوند آب و مصالح سنگی

نمونه‌هایی از این خرابیها در شکلهای پ۱-۶، الی پ۱-۷ ، نشان داده شده است.

شکل پ۱-۶- عدم وجود سیستم زهکشی طولی مناسب (عدم هدایت روان‌آب سرازیر شده از ترانشه‌ها و سطح راه)

شکل پ۱-۷ عدم وجود کانال طولی هدایت آب که منجر به خرابی کناره راه و جسم راه می‌گردد(مسلما آب به جسم راه نفوذ می‌نماید)

حضور آب در کناره مسیر و نفوذ و ورود آن به جسم راه بعلت عدم زهکشی روان‌آب عامل اصلی در افت قابل توجه مقاومت لایه‌های سنگدانه‌ای، عریان‌شدگی مصالح در لایه آسفالتی، بروز تغییرمکانهای زیاد (نشست) در کل جسم راه و ایجاد ترکهای پوست‌سوسماری بعلت افت و خیز لایه‌های زیرین می‌باشد(شکل(پ۱-۸)).

شکل پ۱-۸- وجود روان‌آب در کناره‌های مسیر که منجر به بروز خرابیهای مختلف گردیده است

۳- محور سیرجان- بندر عباس(قطعه ۳-ب)

در این پروژه همچنین از محور سیرجان- بندرعباس (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 می‌باشد. حضور آب بویژه آب زیرزمینی، ساخت این محور را دچار مشکلات عدیده‌ای نموده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌گردد:

۱- این محور در منطقه شوره‌زار با تراز بالای آب زیرزمینی قرار دارد و آب این منطقه دارای املاح زیادی می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در عمق کمتر از ۱/۲ متری سطح زمین قرار دارد(شکل پ۱-۹). وجود آب در این عمق از سطح زمین، دارای اثر مخرب بر روی روسازی می‌باشد.

شکل پ۱-۹- منطقه شوره‌زار 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 ان، آب بخاطر خاصیت موئینگی به جسم راه نفوذ می‌یابد و باعث بروز مسائلی از جمله فرسایش لایه‌های مختلف و تغییرات فشار هیدرواستاتیک بدلیل عبور وسایل نقلیه می‌شود.

۳- وجود آب در عمق کم از سطح زمین علاوه بر آنکه اجرای فونداسیون ابنیه فنی مانند پلها را دچار اشکال می‌کند وجود املاح زیاد در آب به خاطر شوره زار بودن منطقه سبب خوردگی بتن می‌شود(شکل پ۲-۱۰)

شکل پ۱-۱۰- مشکلات حضور آب جهت اجرای ابنیه فنی.

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

حضور طولانی‌مدت 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 می تواند در تشدید این خرابیها بسیار موثر باشد.

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

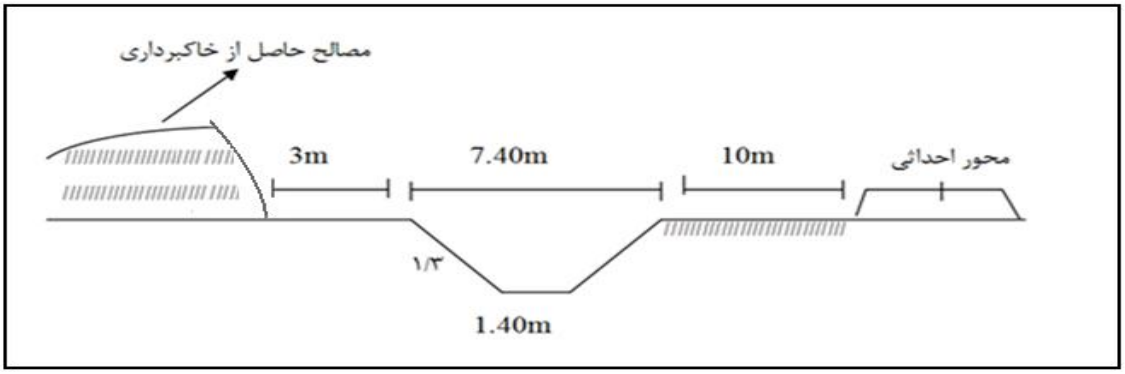
در بررسی های مجری، مشخص شد که در راستای مواجهه مناسب با مشکلات ناشی از حضور آب از سوی مجموعه کارفرما، مشاور و پیمانکار راهکارهای ذیل در نظر گرفته شده است.

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.

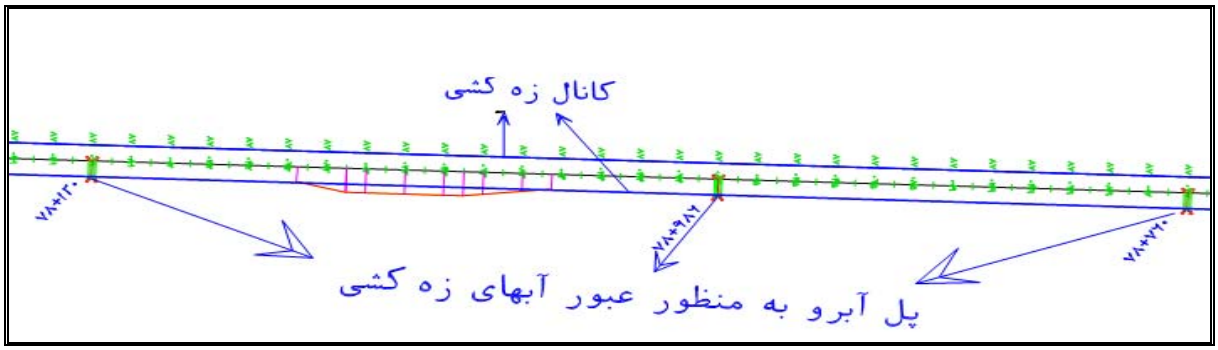
در پروژه مورد مطالعه، جهت هدایت مسیر آبهای زیرزمینی و پایین بردن سطح آب در منطقه شوره زار و همچنین هدایت رواناب ناشی از بارندگی، کانال‌هایی در دو طرف مسیر حفر شده که با ایجاد پل و کانال عرضی و اتصال به این کانالهای طولی، یک شبکه زهکش ایجاد شده است.

به منظور جلوگیری از ریزش جداره‌های کانال زه‌کشی به داخل کانال، کانال‌های جدید به صورت ذوزنقه اجرا شده اند (شکل‌های پ۱-۱۱ و پ۱-۱۲). همچنین برای عبور آب‌های زه‌کشی از عرض راه از آبروهای عرضی در طول محور استفاده شده است (شکل پ۱-۱۳).



شکل پ۱-۱۱- مقطع پیشنهادی به منظور اصلاح کانال زه‌کشی طولی

شکل پ۱-۱۲-کانال زه‌کشی طولی اصلاح شده که دارای عملکرد بهتر می‌باشد.



شکل پ۱-۱۳- موقعیت آبروهای عرضی به منظور عبور آب‌های زه‌کشی از عرض محور

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

به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت به لایه‌های روسازی، کد ارتفاعی خط پروژه در حد فاصل کیلومتر ۰۰۰ + ۷۸ 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 پ۱-۱۴).

شکل پ۱-۱۴- خاکریزی و استفاده از مصالح منتخب

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

بر مبنای محاسبات صورت‌گرفته، 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 (mm/hr) ۵۲۱ یا (cm/day) ۱۲۵ 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، ۱۳۰میلی‌متر 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 بدست‌آمده 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 لایه‌ها نیز وظیفه زهکشی را انجام نمی-دهد. بواسطه احداث کانال طولی در کنار محور مورد مطالعه، عمق آب زیرزمینی به حدود ۱ متر پایین‌تر از روی لایه بستر (فصل مشترک لایه بستر و لایه منتخب) می‌رسد 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 استفاده‌شده، درصد ریزدانه عبوری از الک نمره ۲۰۰،۸٪ می‌باشد. 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 می‌گردد. برای تعیین ارتفاع صعود آب در لایه‌های روسازی بواسطه خاصیت موئینگی 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 موئینگی آب در خاک بر حسب سانتی‌متر و

D10 : اندازه الکی که ۱۰ درصد مصالح از آن عبور کرده‌اند بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

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 می‌شود که با فرض C=۰/۴ و داشتن D_{10}=۰/۰۵ میلیمتر، ارتفاع کل صعود موئینگی آب در خاک برابر با ۱۸۵ سانتی‌متر بدست می‌آید. با داشتن حدود مشخصات لایه منتخب (GS=۲/۶۵، q=۲۲۴۰ (جرم مخصوص واقعی خاک) و درصد رطوبت ۱۵ درصد) درصد تخلخل ۰/۳۶ حاصل می‌شود که با فرض C=۰/۲ و داشتن D_{10}=۰/۱ میلیمتر، ارتفاع کل صعود موئینگی آب در خاک برابر با ۵۵ سانتی‌متر بدست می‌آید. این مطالب حاکی از این است که بواسطه خاصیت موئینگی، آب از عمق ۱ متری زیر لایه بستر به داخل لایه منتخب و پس از آن به لایه زیراساس نفوذ می‌نماید.

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 می‌باشد که همگی این راهکارها به نوعی در این پروژه بکار گرفته شده است. اما رعایت نکات ذیل می‌تواند منجر به عملکرد مناسب تر روش‌های فوق باشد:

- لایه اساس روسازی اجراشده با هدف زهکشی روان‌آب احداث شده و می‌بایست دانه‌بندی آن در محدوده مجاز توصیه‌شده 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 روان‌آب بطور مناسب صورت پذیرد.

- جهت انتخاب بین دو راهکار پایین آوردن سطح آب‌زیرزمینی 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 صورت‌گرفته در بند قبل، هندسه کانال تعیین گردد.

- هرچند در این پروژه معیارهایی برای لایه منتخب جهت قطع موییننگی در نظر گرفته شده است اما این لایه می-بایست 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 اهمیت بیشتری برخوردار است که تحت ریزش‌های جوی با شدت بالا و در پی آن روان‌آب 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 حادتر 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 یررسی 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 طولانی‌مدت آب در جسم راه می‌باشد. حضور آب در جسم راه باعث افت شدید مقاومت و بروز ترکهای سازه‌ای و تغییرمکانهای دائم می‌گردد.

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

- در محورهای تحت بهره‌برداری که مورد بررسی قرار گرفتند تنها سیستم زهکشی سطحی مورد استفاده (به غیر از شیب عرضی روسازی)، استفاده از آبروهای عرضی می‌باشد که در بسیاری موارد دچار گرفتگی بوده و وظیفه هدایت آب را بدرستی انجام نمی‌دهند. در این محورها کانالهای زهکش طولی موجود نمی‌باشد و در نتیجه آب به محل خاصی هدایت نمی‌گردد. بخشی از این روان‌آب جذب جسم راه شده و بخش دیگر، مسیری که در حال عبور از آن است را تخریب می‌کند. حضور آب در جسم راه باعث افت مقاومت لایه‌های سنگدانه‌ای، نشست روسازی در اثر عبور جریان ترافیک و همچنین بروز ترکهای پوست سوسماری شده است. توصیه می‌شود 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 سازه‌ای 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 می‌تواند 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 پروژهای راهسازی می توان آن را مشاهده نمود.

- استفاده از یک لایه اساس نفوذپذیر بمنظور حذف آب نفوذی از سطح روسازی به‌واسطه حرکت جانبی آب به سمت لبه روسازی در زمان قابل قبول و هدایت آب از طریق کانالهای کناری طولی از جمله روشهای متداول زهکشی سازه‌ای است که می‌توان از آن بعنوان گزینه مناسب استفاده نمود. حداقل ضخامت اساس نفوذپذیر ۴ اینچ (۱۰ سانتی‌متر) می‌باشد. اساس نفوذپذیر به‌صورت‌های تثبیت شده با قیر، سیمان و یا تثبیت نشده احداث می‌شود که برحسب نیاز سازه‌ای انتخاب و طراحی می‌شود. زمانی که مقاومت و باربری بالایی مورد نیاز باشد اساس نفوذپذیر تثبیت شده، توصیه می‌گردد. لایه اساس نفوذپذیر بایستی دقیقاً زیر پایین‌ترین لایه آسفالتی قرار بگیرد که این عمل موجب حذف سریع‌تر آبهای نفوذی از سطح روسازی و همچنین جلوگیری از رسیدن رطوبت از لایه‌های زیرین به لایه آسفالتی می‌گردد. هیچ لایه‌ای با دانه‌بندی ریز (وجود ذرات کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر)، نباید بالای اساس نفوذپذیر واقع گردد زیرا ریزدانه‌ها 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 لس‌آنجلس 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 به‌منظور 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 پیشنهاد می شود:

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 بهمراه 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 پ۲-۱ آورده شده است. در ذیل به تفصیل این مراحل تشریح می شود:

گام اول: ضرورت وجود سیستم زهکشی سازه‌ای

با توجه به جدول پ۲-۱، 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 > ۵۰۸ میلیمتر

شرایط خشک : بارش سالانه ≥ ۵۰۸ میلیمتر

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

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

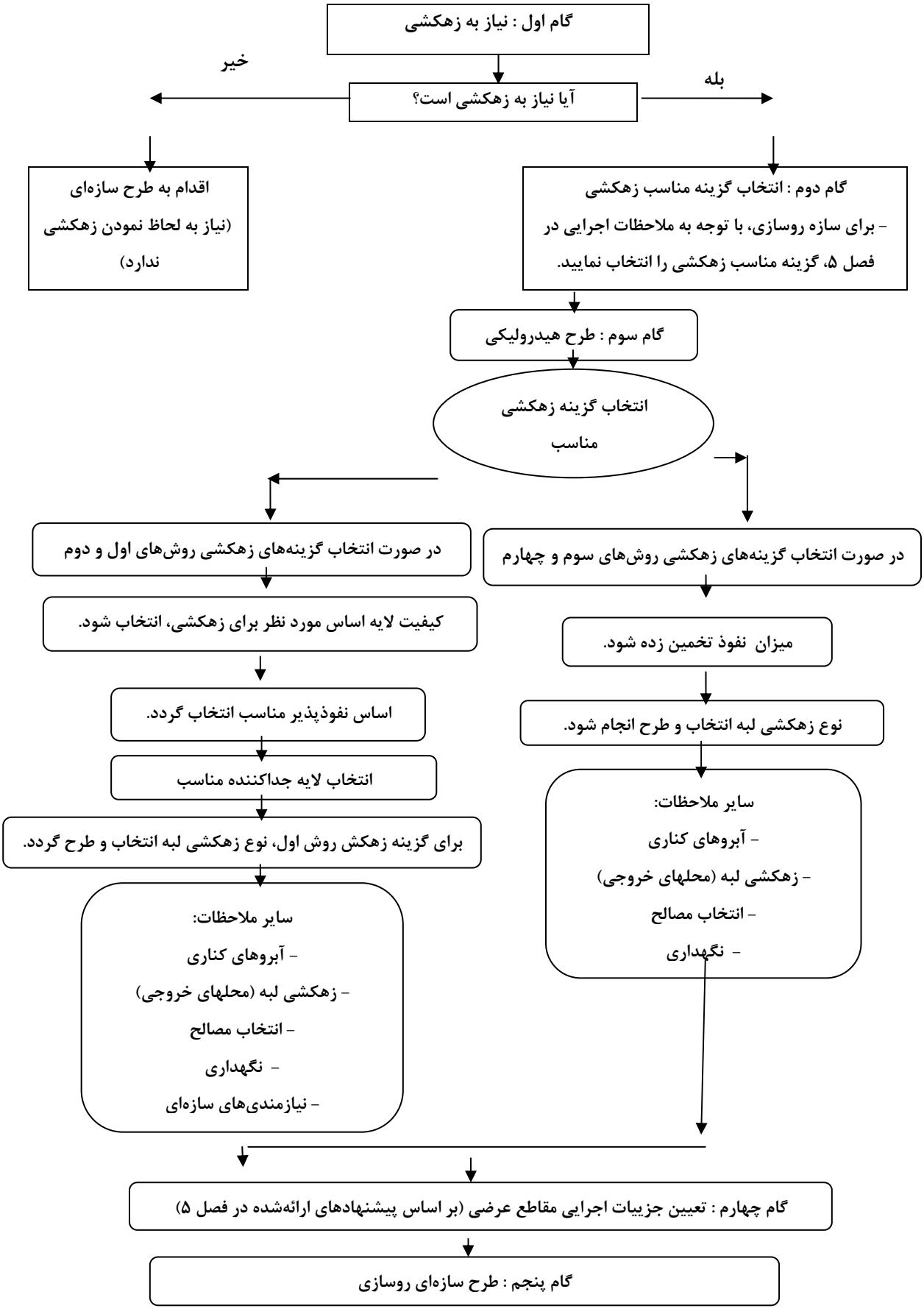
جدول پ۲-۱- ضرورت بکارگیری سیستم زهکشی سازه‌ای

شرایط آب و هوایی	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		
	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								
	کمتر از ۳	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	کمتر از ۳	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰	کمتر از ۳	۳ تا ۳۰	بیشتر از ۳۰
مرطوب- یخبندان	لازم	لازم	بسته به شرایط	لازم	لازم	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز
مرطوب- غیریخبندان	لازم	لازم	بسته به شرایط	لازم	بسته به شرایط	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز
خشک- یخبندان	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	بسته به شرایط	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز
خشک- غیریخبندان	بسته به شرایط	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز	عدم نیاز

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 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.



شکل پ۲-۱- 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 مبنا بر این است که اساس نفوذپذیر بایستی طوری طراحی شوند که ۵۰ درصد آب قابل زهکشی، تقریباً در مدت دو ساعت تخلیه شود. جدول پ۲-۴ طبقه‌بندی کیفیت زهکشی اساس نفوذپذیر را ارائه نموده است.

جدول پ۲-۲ - کیفیت زه‌کشی اساس نفوذپذیر بر مبنای تخلیه ۵۰درصد آب قابل زه‌کشی

کیفیت زه‌کشی	زمان زه‌کشی
عالی	۲ ساعت
خوب	۱ روز
متوسط	۷ روز
ضعیف	۱ ماه
خیلی‌ضعیف	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 پ۲-۱ 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.

$$k = \frac{6.214\times10^{5}(D_{10})^{1.478}(N)^{6.654}}{(P_{200})^{0.597}}$$ پ۲-۱

که در آن:

K: نفوذپذیری (فوت در روز)

D۱۰: اندازه مؤثر مصالح (میلیمتر)

N: تخلخل

P200 : درصد عبوری از الک ۲۰۰ می‌باشند.

۴- محاسبه طول معادل حرکت آب (L_R) و شیب معادل(S_R) از روابط پ۲-۲ و پ۲-۳ قابل محاسبه می‌باشد:

$$L_R = W\left[1+\left(\frac{S}{S_x}\right)^2\right]^{1/2}$$ پ۲-۲-

پ۲-۳-

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

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).

$$N = \left(1-\frac{\gamma_d}{9.81*G_{sb}}\right)$$ پ۲-۴-

$$N_e = N \times WL$$ پ۲-۵-

ضریب افت هد آب برای اساس نفوذپذیر، تابعی از نوع و مقدار مصالح ریزدانه موجود در اساس می‌باشد و می‌تواند از جدول پ۲-۳- بدست آید.

جدول پ۲-۳- مقدار ضریب افت هد آب بصورت درصدی از کل آب [۱]

		نوع و مقدار مصالح ریزدانه								
		پرکننده[1]			لای[2]			رس[3]		
		٪۲.۵	٪۵	٪۱۰	٪۲.۵	٪۵	٪۱۰	٪۲.۵	٪۵	٪۱۰
نوع مصالح	شن	۷۰	۶۰	۴۰	۶۰	۴۰	۲۰	۴۰	۳۰	۱۰
	ماسه	۵۷	۵۰	۳۵	۵۰	۳۵	۱۵	۲۵	۱۸	۸

- 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 پ۲-۶- 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.

$$t_{50} = \frac{N_e L^2 R}{2k(S_R L_R + H)}$$ پ۲-۶-

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

2015