



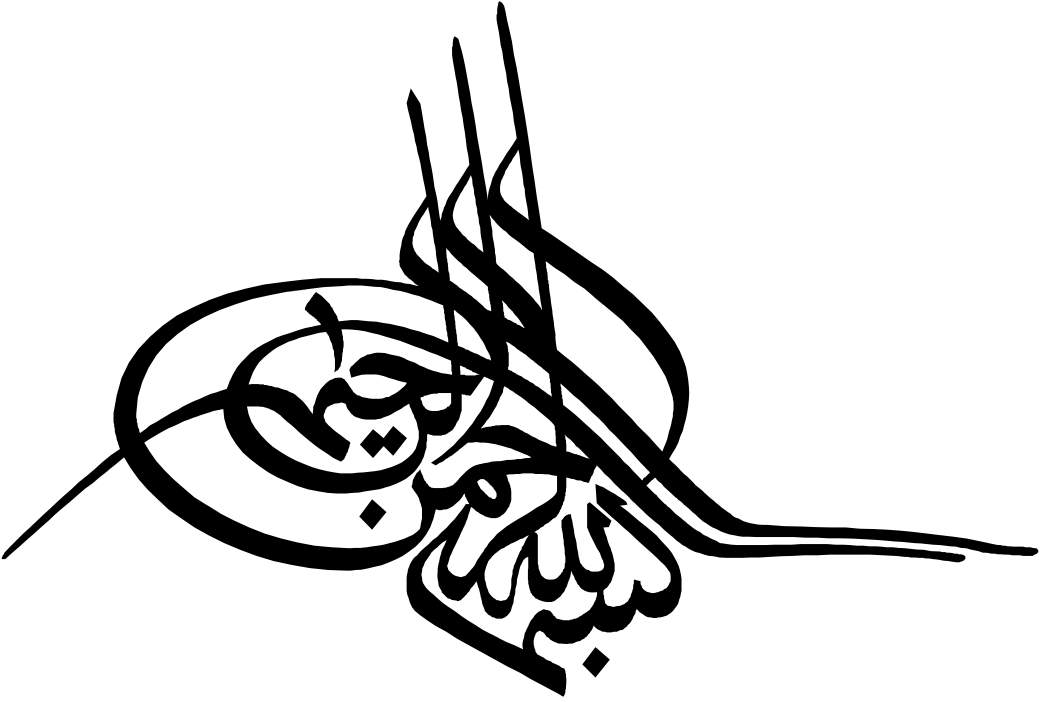
وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

مجمع جهانی راه (پیارک)

راهسازی در نواحی بیابانی

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران



وزارت راه و ترابری

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

راهسازی در نواحی بیابانی

(گزارش کمیته شماره ۳)

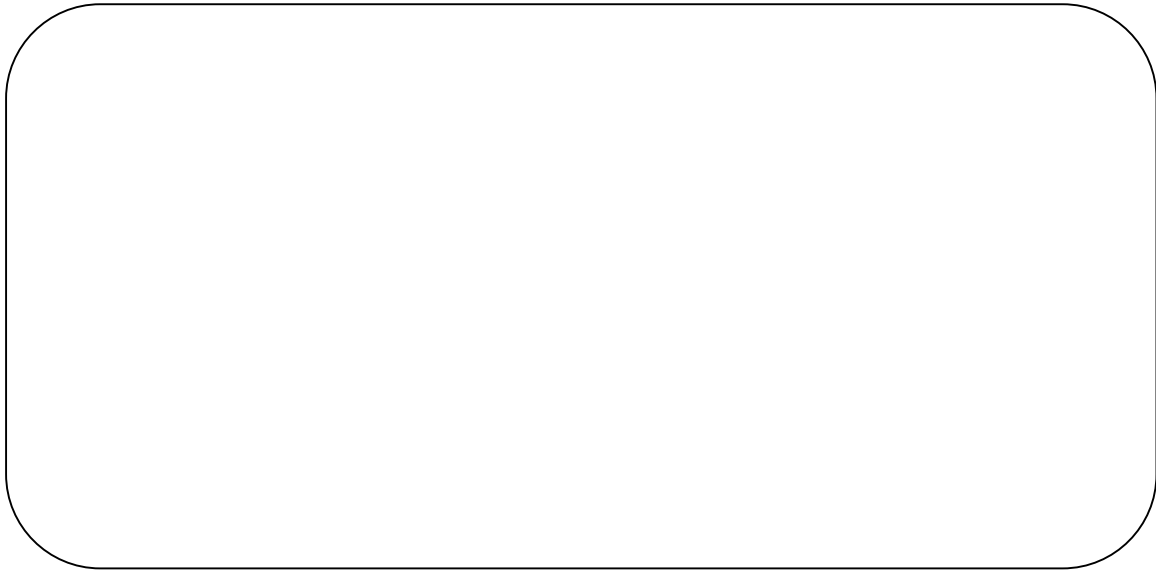
این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

Roads in Desert Areas

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

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران



دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

گروه مطالعات تطبیقی

عنوان گزارش	: راهسازی درنواحی بیابانی
تهیه و تألیف	: دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) - کمیته شماره ۳
مترجم	: دکتر بهنام امینی
ویرایش فنی	: دکتر حسین قهرمانی
ویرایش ادبی	: عصمت شیخ‌الاسلامی
ناشر	: پژوهشکده حمل‌ونقل
تاریخ انتشار	: زمستان ۱۳۸۴
نوبت چاپ	: اول
کد انتشار	: 84/RRRM/189
شابک	: ۹۶۴-۶۲۹۹-۵۴-۷
تیراژ	: ۱۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۰۰۰ تومان
لیتوگرافی	: باران
چاپ و صحافی	: پژمان
نشانی	: میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس‌آباد - ساختمان شهید دادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی
	تلفکس : ۸۲۲۴۴۱۶۴
	وب سایت فروش نشریات
	web:www.rahiran.ir
	http://shop.rahiran.ir

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است

بسمه تعالی

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل و نقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزای سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز به طور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در صدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسایل فنی حمل و نقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمانهای علمی و تخصصی ذیربط، از جمله مجمع جهانی راه (پیپارک)، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این معاونت بر آن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارش‌های تخصصی کمیته‌های مختلف مجمع جهانی راه (پیپارک)، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد.

گزارش حاضر اشاره‌ای مختصر به ویژگی‌ها و خصوصیات نواحی بیابانی از قبیل آب و هوا، توپوگرافی و خصوصیات زمین شناسی این نواحی داشته و در ادامه طراحی و ساخت روسازی و نیز مصالح و دانه بندی مورد نیاز در این نواحی را مورد بحث قرار می‌دهد. در نهایت به تدابیری در رابطه با نگهداری روسازی در نواحی بیابانی اشاره می‌شود.

امید است که با تلاش‌های صورت گرفته در دفتر مطالعات فناوری و ایمنی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقای عملکردها برداشته شود.

شایان ذکر است نشر این گزارش با حمایت مالی پژوهشکده حمل و نقل صورت پذیرفته که بدینوسیله از بخش‌های مختلف پژوهشکده قردادانی و سپاسگزاری می‌گردد.

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسایل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های طراحی، اجرایی، اداری و مالی و نگهداری راهها، یکنواخت کردن علایم و نشانه‌ها، کدهای مربوط به آمد و شد در شاهراههای کشورهای مختلف و پیش‌بینی شبکه ارتباطی لازم متناسب با پیشرفت‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها در سال ۱۹۰۸ همزمان با برگزاری اولین کنگره آن و با شرکت ۲۷ کشور جهان در پاریس تشکیل شد.

این انجمن، با مشارکت کشورهای مختلف هر چهار سال یکبار در زمان و مکانی که توسط دولت‌های عضو مورد توافق قرار می‌گیرد، کنگره‌ای را برگزار می‌کند و هم‌اکنون با تغییر نام به مجمع جهانی راه با بیش از ۲۰۰۰ نماینده از ۱۰۵ کشور عضو به کار خود ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۰۳ میلادی بیست‌ودومین کنگره این مجمع در شهر دوربان آفریقای جنوبی برگزار گردید.

اهداف کلی و اولیه پیارک را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- بهبود ارتباطات بین‌المللی

۲- تدوین سیاست‌های حمل‌ونقل جاده‌ای

۳- ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

۴- ارتقای کیفیت اجرایی و مدیریت سیستم‌های راه

امروزه این اهداف شکل جدیدی پیدا کرده و با سرعت بیشتری تعقیب می‌گردد که عبارتند از:

۱- افزایش همکاری بین‌المللی

۲- پیشرفت هر چه سریعتر و جهت‌دار نمودن سیاست‌های برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

طی سال‌های اخیر، فعالیت‌های مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران گسترش یافته و با تشکیل دبیرخانه این مجمع در معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و معرفی اعضاء، سعی بر آن شده که هر چه بیشتر با مرکز پیارک در فرانسه ارتباط لازم برقرار شود. اعضای که برای این مجمع در نظر گرفته شده شامل یک عضو اصلی و یک عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های ۱۸ گانه مندرج در زیر می‌باشند:

۱- بخش "مدیریت و اداره سیستم راه"

TC1-1: کمیته اقتصاد سیستم راه

TC1-2: کمیته سرمایه‌گذاری در سیستم راه

TC1-3: کمیته عملکرد ادارات راه

TC1-4: کمیته مدیریت عملکرد شبکه راه

۲- بخش "حمل و نقل پایدار" با عضویت اعضای اصلی و مکاتبه‌ای کمیته‌های تخصصی:

- TC2-1: کمیته توسعه پایدار و حمل و نقل جاده‌ای
- TC2-2: کمیته راههای بین شهری و حمل و نقل یکپارچه
- TC2-3: کمیته مناطق شهری و طراحی یکپارچه شهری
- TC2-4: کمیته حمل و نقل بار و حمل و نقل ترکیبی
- TC2-5: کمیته نیازهای راههای برون شهری و قابلیت دسترسی

۳- بخش "ایمنی راهها"

- TC3-1: کمیته ایمنی راهها
- TC3-2: کمیته مدیریت ریسک در راهها
- TC3-3: کمیته عملیات تونل‌های راه
- TC3-4: کمیته راهداری زمستانی

۴- بخش "کیفیت و زیرساختهای راه"

- TC4-1: کمیته مدیریت منابع مالی در زیرساختهای راه
- TC4-2: کمیته اثرات متقابل راه و وسیله نقلیه
- TC4-3: کمیته روسازی راه
- TC4-4: کمیته پلها و سازه‌های مرتبط
- TC4-5: کمیته عملیات خاکی، زهکشی و بستر روسازی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای دکتر مرتضی قارونی نیک بوده، آقای مهندس اصغر نادری سمت دبیر پیارک و آقای مهندس مهران قربانی مسؤولیت دبیرخانه پیارک در ایران را عهده‌دار می‌باشند. با توجه به اهداف اصلی مجمع جهانی راه، دبیرخانه پیارک در ایران با بازنگری در تشکیلات و اعضای خود به جهت رسیدن به ترکیب ایده‌آل چه به لحاظ امکانات و تسهیلات و چه به لحاظ نیروهای تخصصی فعال امیدوار است که بتواند در ارتقای سطح دانش فنی و تخصصی زیرمجموعه‌های مختلف حمل و نقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

دبیرخانه پیارک در ایران

راهسازی در نواحی بیابانی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- نواحی بیابانی
۱	۱-۱- آب و هوا
۱	۲-۱- توپوگرافی
۷	۳-۱- زمین شناسی
۷	۴-۱- جمعیت شناسی
۷	۵-۱- جغرافیا
۱۰	۲- مصالح در بیابانها
۱۰	۱-۲- بستر راه
۱۰	۲-۲- منابع مصالح راهسازی
۲۰	۳- ترافیک
۲۱	۴- عوامل اجتماعی - اقتصادی
۲۴	۵- طراحی
۲۴	۱-۵- روسازیهای آب بندی شده
۲۵	۲-۵- لایه اساس
۲۵	۳-۵- حفاظت رویه در مقابل ماسه های روان
۲۸	۴-۵- زهکشی
۲۹	۶- ساخت
۲۹	۱-۶- تراکم در درصد رطوبت کم
۳۳	۲-۶- غلتک زنی ضربه ای (غلتک مربعی)
۳۳	۳-۶- تثبیت خاک های بیابانی
۳۵	۴-۶- تجهیزات
۳۶	۷- نگهداری
۳۶	۱-۷- تدابیری برای کنترل فرسایش ناشی از آب
۳۶	۲-۷- کنترل تپه های شن روان
۴۲	مراجع

۱- نواحی بیابانی

تعریف

نواحی بیابانی عبارتند از نواحی بدون سکنه، بایر، برهوت، خشک، بدون آب و علف و غالباً تحت شرایط نامساعد زیست محیطی.

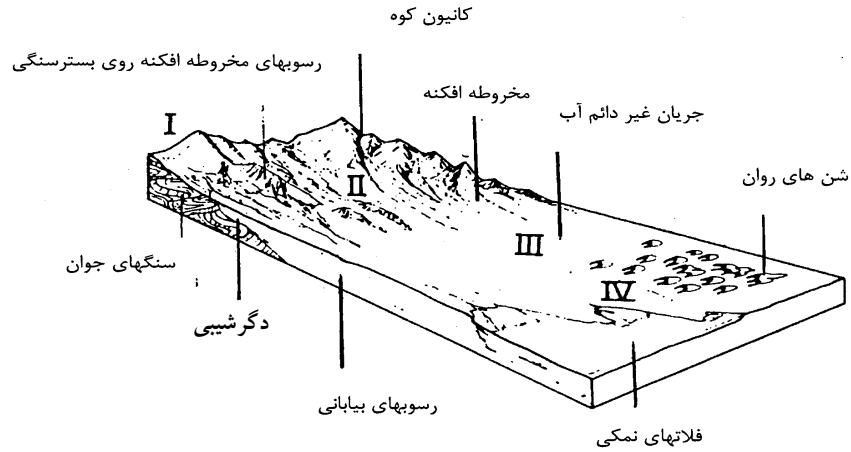
۱-۱- آب و هوا

ویژگی اصلی آب و هوایی بیابانها، کمبود آب است، بدین معنی که بارش سالانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و دوره‌های طولانی خشکسالی در آنها رخ می‌دهد. بارانی هم که می‌بارد، غالباً به صورت رگبارهای کوتاه ولی شدید (۱۰۰ میلی‌متر در ساعت) است که منجر به سیلاب و آبستنگی موضعی می‌شود. روان‌آب (جریان سطحی) می‌تواند حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد میزان بارندگی باشد.

طبق تعریف، نواحی خشک سالانه کمتر از ۲۲۵ میلی‌متر و نواحی نیمه‌خشک کمتر از ۳۸۰ میلی‌متر بارش دارند. ولی بسیاری از بیابانها دارای بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر هستند و یکی از ویژگی‌هایشان اغلب تبخیر بسیار زیاد (۵۰۰-۲۰ برابر میزان بارندگی) است، به گونه‌ای که کمبود دائمی آب در آنها وجود دارد.

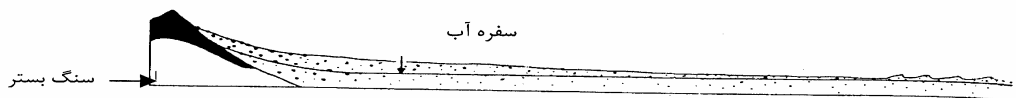
۱-۲- توپوگرافی

مقطع عرضی بیابانها معمولاً متشکل از یک کوه و یک کوهپایه است، هر چند که ویژگی‌ها و محدوده هر یک از آنها بسیار متغیر است. چشم‌انداز بیابانها غالباً دارای یک یا چند مشخصه زیر است: کوههای سنگی با شیب تند و سنگریزه، دامنه، دشت‌های وسیع و کف آبگیرها، بستر دریاچه‌های خشک و شن‌زارها. در بیابانها، دره‌های شبه کانیون، شوره‌زارها و سطوح پوشیده از شن و سنگ وجود دارد. فوکس و نیل^۱ (۱۹۶۹) چهار پهنه رسوب‌گذاری برای مقاصد مهندسی تعریف کردند که توپوگرافی بیابانها را طبقه‌بندی می‌کند. در شکل ۱ نمودار وضعیت توپوگرافی بیابان و در شکل ۲ نیمرخ این پهنه‌ها ترسیم شده است.



شکل ۱- نمودار قطعه‌ای کوه بیابانی و دشت‌های سوزان که در آن چهار پهنه مهندسی مطرح شده در گزارش نشان داده شده است (رجوع به شکل ۲)

IV	III	II	I	پهنه
تلماسه‌های روان، لس و رسوب‌های تبحیری	بیابان سنگی پوشیده از گل و لای و ماسه، برخی رسوبات تبحیری. پوشش نازک بستر سنگی	سنگ، بادرفت، شن و قلوه سنگ		انواع اصلی خاکهای مهندسی
$0-0.5^{\circ}$	$0.5-2^{\circ}$	$2-12^{\circ}$		زاویه شیب سطحی بیابان
باد و تبحیر جریان سطحی و تا حدی وادی‌ها	جریان آب متناوب و سیلاب‌های سطحی کانال‌های کم عمق- جریان گل‌آب	نیروی ثقل و در مجاورت پهنه III وادی (دره)		عامل انتقال‌دهنده اصلی محیط
رفتار گمراه‌کننده در باربری. تلماسه‌های روان. لس‌های ناپایدار. نبود مصالح درشت. شوری	عموماً مصالح خوبی برای بستر و خاکریز است. شور. ممکن است بستر متخلخل (نفوذپذیر) باشد.	مناسب برای پی و خاکریز		جنبه‌های ژئوتکنیکی



شکل ۲- نیمرخ عرضی دشت و کوه بیابانی همراه با خلاصه‌ای از ویژگی‌های چهار پهنه مهندسی آنها (Fookes & Knill, 1969)

I پهنه

مشخصه اصلی شیب‌های کوه، بر اساس فرایند هوازدگی فعال آنها در اثر تغییرات روزانه و فصلی دما می‌باشد. واریزه‌های سنگی، به وسیله جریان‌های ثقلی موقتی کوهستان حمل می‌شوند. واریزه‌های سنگی به شکل شیب‌های سنگریزه‌ای و قلوه‌سنگی و بعضاً مخروط‌افکنه‌های بادرفتی کوچک تجمع می‌یابند. این مصالح، معمولاً شن‌های تیز گوشه متوسط همراه با دانه‌های در اندازه قلوه‌سنگ هستند. رسوب‌گذاری واریزه‌ها به صورت لایه‌ای است ولی در داخل هر لایه معمولاً قشربندی وجود ندارد. گوشه‌داری و اندازه‌بندی دانه‌ها غالباً باعث پایداری شیب‌ها تحت زاویه ایستایی تا ۳۸ درجه می‌شود. مصالح این پهنه معمولاً منبعی برای مصالح معدنی است زیرا نفوذ فرآیند هوازدگی غالباً کم‌عمق است.

II پهنه

مخروط‌افکنه‌های بادرفتی (یا باجادا) شامل انواع خاک‌هایی هستند که مخلوطی از واریزه‌های تخریبی تیز گوشه یا نسبتاً تیز گوشه‌اند. اندازه دانه‌ها در حدود ماسه تا شن و بعضاً قلوه سنگ است. وجود رس و لای بستگی به سنگ دارد. اگر سنگ مادر مثلاً مارل باشد، آن گاه وجود رس و لای در این پهنه محتمل خواهد بود. رسوب‌گذاری ذرات معمولاً از طریق جریان رودخانه‌ها و یا جریان‌های لایه‌ای متناوب صورت می‌گیرد. قشربندی در لایه‌ها وجود دارد ولی با درشت‌تر شدن دانه‌ها کمتر می‌توان آن را تشخیص داد. با حمل ذرات ریزدانه به مسافت‌های دورتر از دامنه‌های کوهستان، قشربندی در صفحه افقی نیز ظاهر می‌شود. ضریب روان‌آب در این پهنه متغیر است و حدود مورد انتظار آن از ۰/۲ تا ۰/۸ است. نواحی قرضه مصالح راهسازی معمولاً در این پهنه قرار دارند. این مصالح غالباً به صورت دانه‌ای و مجزا یافت می‌شوند. در این پهنه معمولاً آب‌های زیرزمینی نیز به صورت محدود وجود دارند.

III پهنه

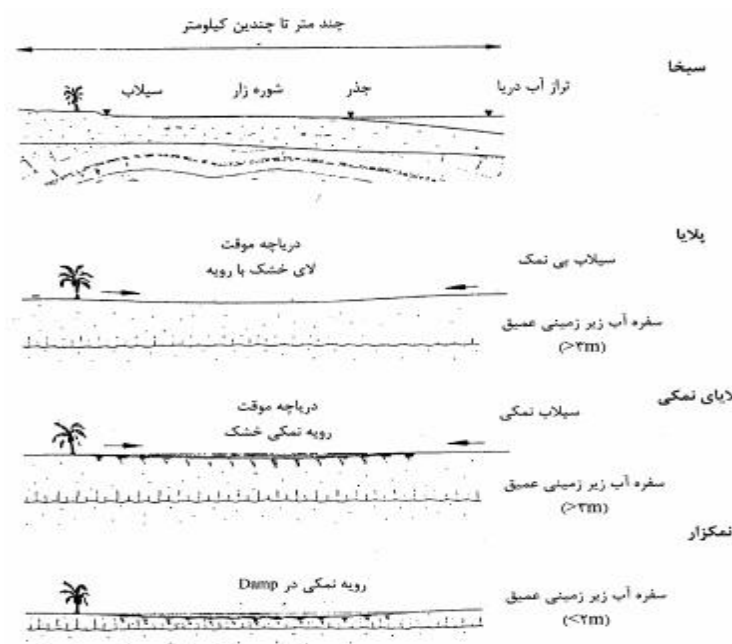
دشت‌های بادرفتی ممکن است بسیار وسیع باشند و تا پهنه II در امتداد فلات بالادست گسترش یابند. خاک‌ها حاوی شن، ماسه، لای، رس و کانی‌های تبخیری هستند. احتمال وجود تپه‌های شنی ثابت یا متحرک در این پهنه امکان‌پذیر است. انواع خاک‌هایی که می‌توان انتظار داشت در این پهنه یافت شوند، عبارتند از شن‌های لای‌دار یا ماسه‌دار که این دو نوع در لایه‌های وسیع و به صورت همگن هستند. شیب زمین عموماً هموار تا نسبتاً هموار با زاویه‌ای در حدود ۰/۵ تا ۲ درجه است. مانداب‌ها در این پهنه با عمقی کمتر از ۰/۵ متر و با وسعتی بزرگ‌تر از ۳۰ مترند. جریان‌های لایه‌ای رایج است ولی جریان رودخانه‌ای فقط در نواحی دارای کانال‌های مشخص واقع می‌شود. برقراری جریان آب سطحی مستلزم ابرهای پرباران در پهنه است. سفره‌های آب زیرزمینی در این پهنه عمیق‌اند و مشکلی برای راهسازی ایجاد نمی‌کنند.

پهنه IV

در این پهنه، بزرگ‌ترین و گسترده‌ترین قسمت دشتی نسبت به سایر پهنه‌ها قرار دارد. شیب‌های زمین نسبتاً هموار و با زاویه‌ای در حدود صفر تا نیم درجه است و ممکن است در آنها صخره‌ها و تپه‌هایی نیز وجود داشته باشند. در این پهنه، جریان آب سطحی بسیار اندکی برقرار است. تراز بالای سفره آب زیرزمینی در فرایندهای بیابانی این پهنه تأثیر فراوانی دارد. در اثر تبخیر سطحی، احتمال دارد حرکت رو به بالای نمک‌ها رخ دهد که می‌تواند منجر به ایجاد رویه ضخیم در سطح لایه نمکین شود. بلورهای نمک به وسیله باد به سایر ساختارهای بیابانی پراکنده می‌شوند (در جدول ۱ خلاصه‌ای از ویژگی‌های روان‌آب در پهنه‌ها ارایه شده است). ماسه و لای بادرستی از مشخصه‌های پهنه IV به شمار می‌آید. راهسازی در این پهنه بسیار دشوار است. مسایلی که ممکن است پیش آید عبارتند از:

- خاک‌های رسی که در حالت مرطوب مقاومت چندانی ندارند
- تورم و انقباض در زیر روسازی‌های نفوذناپذیر (آب‌بندی شده)
- آلودگی با املاح
- خاک‌های لای دار کم مقاومت (لس) که در حالت خشک مقاومت خوبی نشان می‌دهند، ولی در حالت مرطوب و به ویژه تحت بار فرو می‌پاشند.
- جریان آب زیرسطحی منجر به فرونشست زهکشی می‌شوند.
- خاک‌های ماسه‌ای غالباً تراکم چندانی در محل ندارند و مقاومت باربری آنها نیز کم است.
- ماسه‌های کم سیمان ممکن است ناپایدار باشند.

در جدول ۲ مثال دیگری از این دست عنوان شده است. در شکل ۴ نیز برخی منحنی‌های دانه‌بندی نمونه و اطلاعات حدود اتربرگ مربوط به پهنه‌های II، III و IV ارایه شده است.



شکل ۳- نیمرخ عرضی مناطق سیخا، پلایا، پلایای نمکی و نمکزار در پهنه IV

(مرجع: Fookes & Collins, 1975)

جدول ۱- خلاصه ویژگی‌های روان آب و خاک در پهنه بیابانی

ملاحظات طراحی راه	خطر روان آب	نوع خاکها (طبقه‌بندی کاساگراندو)	پهنه بیابان
در نواحی کوهستانی طراحی معمولی راه انجام می‌شود. به هیچ وجه نباید به خاطر خشک بودن طبیعت منطقه، پتانسیل سیلاب ناآهیده گرفته شود. وضعیت بستر راه عموماً خوب است.	جریان آب در دامنه تپه‌ها و کانیون‌های کوه ضریب روان‌آب زیاد مثلاً < 0.05	به تدریج GP GU GW	I
حجم واریزه‌های آبرفتی سیلاب ممکن است زیاد باشد. برای راههای موازی با جریان آب‌ها، خاکریز کوتاه با تقویت در نواحی گلرگاهی کفایت می‌کند. در مورد راههای عمود بر جریان آب‌ها، خاکریزهای بلند، پل‌ها و آبروهای متعدد پهن لازم است. حفاظت آبنسنگی پایه پل‌ها به وسیله گابیون یا مشابه آن مورد نیاز است. وضعیت بستر راه عموماً خوب است.	جریان آب موسمی، احتمالاً به صورت لایه‌ای، ضریب روان‌آب کم تا متوسط مثلاً در حدود 0.3 تا 0.05	شن درشت GP GU GW	II
آبنسنگی ممکن است خطری جدی باشد. برای راههای موازی با جریان آب‌ها، خاکریز کوتاه با تقویت در نواحی گلرگاهی کفایت می‌کند. در مورد راههای عمود بر جریان آب‌ها خاکریز متوسط لازم است و کناره‌های خاکریز در بالا دست نیاز به مقاومسازی دارد و یا کل راه باید سنگریز شود. وضعیت بستر راه عموماً ضعیف تا نیمه خوب است.	جریان لایه‌ای سیلاب و جریان موسمی عمیق، ضریب روان‌آب کم تا متوسط مثلاً در حدود 0.2 تا 0.05	GP SW SP	III
آبنسنگی ممکن است خطری جدی باشد. عموماً خاکریزهای کوتاه با تقویت در نواحی جریان آب استفاده می‌شود. در برخی نواحی ممکن است آبروهای کوچک متعدد لازم باشد. وضعیت بستر راه عموماً ضعیف تا متوسط است به خصوص در هنگامی که سطح آب‌های زیرزمینی بالاست.	جریان لایه‌ای سیلاب و جریان موسمی کم عمیق، ضریب روان‌آب متوسط تا زیاد مثلاً در حدود 0.25 تا 0.7 ممکن است زمین به سرعت اشباع شود (به خصوص زمین‌های با تراز بالای سفره آب‌های زیرزمینی)	SU SF HL	IV

جدول ۲- برخی انواع خاک‌های شور در پهنه IV و خصوصیات مهندسی آنها

نام	عوارض منطقه	مصرفه آب زیرزمینی	نمک‌ها	نکات خاص	روش‌های راهسازی
سیخا	فلات ساحلی، اشباع شده به وسیله آب دریا در جزر و مد و یا سیلاب‌های استثنایی	بسیار نزدیک به سطح زمین	رویه‌های ضخیم ناشی از تخییر آب دریا، معمولاً نمک‌ها شامل کربنات‌ها، سولفات‌ها، کلرایدها و مانند آنها هستند.	عموماً تمامی انواع سی‌ها تحت خوردگی نمکی سنگانه‌ها و سیمان و یا حمله سولفات‌ها به سیمان قرار گرفته است. ظرفیت بابرری را ارزیابی کنید.	به وقت کاروش کنید. استفاده از سیمان ضد سولفات برای مقاوم‌سازی پی‌های بتنی را در نظر بگیرید. در مورد راههای روسازی شده، استفاده از مصالح سنگی درشت، لایه ضد مویبگی یا زهکش مثبت در زیر لایه زیر اساس را در نظر بگیرید و در صورت مشکوک بودن خاکریز به کار بپردازید. در مورد راههای روسازی نشده ممکن است حذف شدن باشد.
پلایا	حوضچه کم عمق مرکزی به هر اندازه	عمیق‌تر از آن است که رطوبت مویبه به سطح زمین برسد ولی در هنگام سیلاب در ناحیه دریاچه موقت تشکیل می‌شود	چنانچه دریاچه موقتی از آب شیرین باشد، نمک وجود ندارد.	نکات خاصی ندارد. سطح زمین ممکن است از لای، رس یا ماسه‌های بادی پوشیده شده باشد. ظرفیت بابرری را ارزیابی کنید.	روش خاصی وجود ندارد.
پلایای نمکی	همانند پلایا ولی غالباً کوچکتر از آن	مانند پلایا ولی دریاچه آب شور	رسوب‌های نمکی ناشی از تخییر دریاچه‌های آب شور فصلی. نمک‌ها غالباً شامل کلرایدها و بعضاً نیترات‌ها، سولفات‌ها و کربنات‌ها هستند.	ممکن است برای انواع سی‌ها خوردگی در حد کم تا متوسط در اثر هوازگی نمکی و حمله سولفات‌ها وجود داشته باشد که در نزدیکی سفره آب زیرزمینی شدیدتر است.	همانند سیخا
شوره‌زار	همانند پلایا	نزدیک به سطح زمین، رطوبت مویبه از شوراب‌های زیرزمینی می‌تواند به سطح زمین برسد	رویه‌های سطحی ناشی از تخییر زیرزمینی، نمک‌ها حاوی کربنات‌ها و بسیاری انواع دیگر املاح هستند.	می‌تواند برای انواع پی‌ها، خوردگی در حد کم تا خیلی زیاد در اثر هوازگی نمکی و حمله سولفات‌ها وجود داشته باشد.	همانند سیخا

۳-۱- زمین شناسی

بیابان‌ها با توجه به انواع مختلف سنگ‌هایشان متفاوت‌اند؛ ولی جنبه‌های مشترک آنها در وجود رسوب‌های بادرفتی با دانه‌بندی ریز و یکنواخت؛ مصالح به هم چسبیده، معمولاً نرم و آهکی است؛ ولی چنانچه در سطح مانند رویه سخت بوده و یا عامل چسباننده‌شان سیلیسی باشد، سخت‌ترند؛ و مصالح نمکی که عموماً چسباننده آنها کربنات‌ها و یا سولفات‌ها و در محیط‌های دریایی کلرید سدیم است.

۴-۱- جمعیت شناسی

بیابان‌ها طبیعتاً خالی از سکنه‌اند. پراکندگی جمعیت در بیابان‌ها زیاد است؛ مثلاً در گریت بیسین^۱ ایالات متحده، تراکم جمعیتی حدود ۸ نفر در هر کیلومتر مربع در مقایسه با میانگین بیش از ۵۰ در کل کشور است. این جمعیت‌ها نیز معمولاً بیابان‌نشین هستند. راه‌های موجود در داخل و کنار بیابان‌ها، مسیرهای تجاری عبوری و با ترافیک سبک هستند. در بیابان‌های دارای منابع غنی نفتی، حمل و نقل مواد نفتی معمولاً از طریق خط لوله صورت می‌گیرد.

۵-۱- جغرافیا

بیابان‌های گرم، معمولاً در نواری حد فاصل ۱۵ تا ۳۰ درجه در شمال و جنوب خط استوا واقع شده‌اند. بزرگ‌ترین بیابان به نام صحرا^۲ حدود یک سوم آفریقا را پوشش می‌دهد و نزدیک به ۵۵۰۰ کیلومتر طول و ۲۰۰۰ کیلومتر عرض دارد و ارتفاع آن میان ۱۳۰ متر زیر سطح دریا تا ۳۳۰۰ متر بالای آن واقع شده است. سایر بیابان‌های گرم مهم جهان عبارتند از سونرا^۳ (مکزیک)، تهر^۴ (هندوستان)، ویکتوریا^۵ (استرالیا)، کالاهاری^۶ (آفریقا)، و گریت بیسین (ایالات متحده).

بیابان‌های سرد شامل گبی^۷ (چین)، به عرض ۵۰۰ تا ۹۵۰ کیلومتر و به طول ۱۹۰۰ کیلومتر، تکلاماکار^۸ و پاتاگونیا^۹ است. نواحی قطبی نیز به لحاظ فنی بیابان محسوب می‌شوند، زیرا دشت‌های توندرا در نیمکره شمالی در فصل‌هایی بدون برف و یخ هستند. در جدول ۳ چگونگی پهنه‌های مهندسی در بیابان‌های بزرگ بیان شده است. در بیابان‌های گرم دمای روز زیاد (۴۰ درجه سانتیگراد) و دمای شب (صفر درجه سانتیگراد) است و زمستان‌ها نیز ملایم‌اند. بیابان‌های سرد، تابستان‌های گرم و زمستان‌های بسیار سرد (۳۰- درجه سانتیگراد) دارند. دمای هوای تابستان در این بیابان‌ها تا ۶۰ درجه سانتیگراد ثبت شده است و دمای سطحی ممکن است به ۷۵ درجه سانتیگراد برسد. دما در زیر

1- Great Bassin

2- Sahara

3- Sonora

4- Thar

5- Victoria

6- Kalahari

7- Gobi

8- Takla Makar

9- Patagonian

سطح خاک به سرعت کاهش می‌یابد و در عمق یک متر به ندرت از ۲۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند. توفان شن در بیابان‌های سرد در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد مشاهده شده است. در صحرا، بزرگترین بیابان گرم دنیا به مساحت حدود ۱۳ میلیون کیلومتر مربع، بر اساس وضعیت توپوگرافی، بیابان‌های زیر نام‌گذاری شده‌اند:

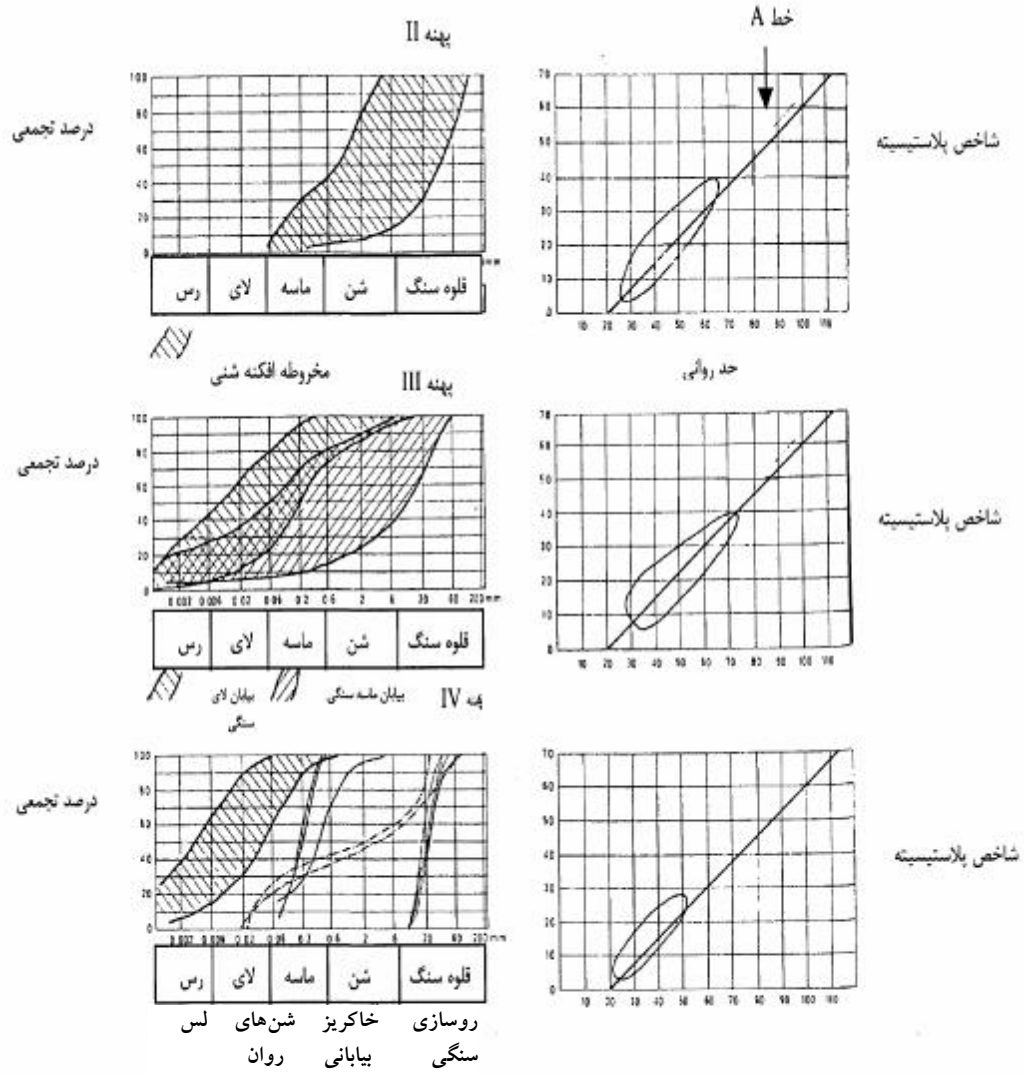
- حمادا^۱: دشت‌های سنگ بستر عریان
- رگ^۲: دشت‌های پوشیده از شن و قلوه سنگ
- ارگ^۳: تپه‌های شنی روان، این تپه‌های روان حدود ۱۱ درصد صحرا، ۳۰ درصد بیابان‌های عربی و فقط ۲ درصد بیابان‌های ایالات متحده را دربر می‌گیرند.

جدول ۳- مقایسه انواع سطوح بیابانی از نظر مساحتی (درصد)

حوزه جغرافیایی	محتمل ترین پهنه مهندسی	صحرا	بیابان لیبی	عربستان	جنوب غربی ایالات متحده
کوههای بیابانی	I	۴۳	۳۹	۴۷	۳۸/۱
مخروط‌ها و محوطه‌های آتشفشانی	I	۳	۱	۲	۰/۲
زمین‌های برهوت	I/II	۲	۸	۱	۲/۶
وادی‌ها	I/II/III	۱	۱	۱	۳/۶
مخروط‌افکنه‌ها	II	۱	۱	۴	۳۱/۴
رویه‌های بستر سنگی	II/III	۱۰	۶	۱	۰/۷
نواحی بستر رودخانه‌ها	II/III/IV	۱	۳	۱	۱/۲
فلات‌های بیابانی	III/IV	۱۰	۱۸	۱۶	۲۰/۵
پلایا و شورزار	IV	۱	۱	۱	۱/۱
تلماسه‌ها	IV	۲۸	۲۲	۲۶	۰/۶
		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

(مرجع: Fookes, 1970)

1- Hammada
2- Reg
3- Erg



شکل ۴- برخی منحنی‌های دانه‌بندی و اطلاعات حدود آتبرگ به دست آمده از پهنه‌های مهندسی

(مرجع: Fookes, 1970)

۲- مصالح در بیابان‌ها

مصالح راهسازی در بیابان‌ها شامل مصالحی است که بستر راه را تشکیل می‌دهند و مصالحی که روسازی باید با آنها ساخته شود. بستر راهها چندان مسأله‌ساز نیست، مگر در برخی شوره‌زارهای پست که تراز سفره آب‌های زیرزمینی بالا باشد؛ لیکن مصالح روسازی به علت نامناسب بودن مصالح در محل و مسافت حمل طولانی سایر منابع، معمولاً مشکل‌زا هستند.

۱-۲- بستر راه

۱-۱-۲- سنگ عریان (حمادا)

بیرون‌زدگی بستر سنگی فقط در صورتی مسأله‌ساز خواهد بود که لازم باشد تا سطح نمایان برای تعیین مسیر، زهکشی و یا ایجاد مقطع راه شکل داده شود. شیل و برخی سنگ‌های آذین و دگرگونه هوازده برای بستر مناسب نیستند. ظرفیت باربری موضوع چندان مهمی نیست.

۲-۱-۲- بیابان‌های سنگی (رگ)

در دشت‌های رگ پوشیده از سنگ شکسته و یا سنگ گردگوشه ساییده نیز ظرفیت باربری کافی تأمین می‌شود.

۳-۱-۲- ماسه‌های روان (ارگ)

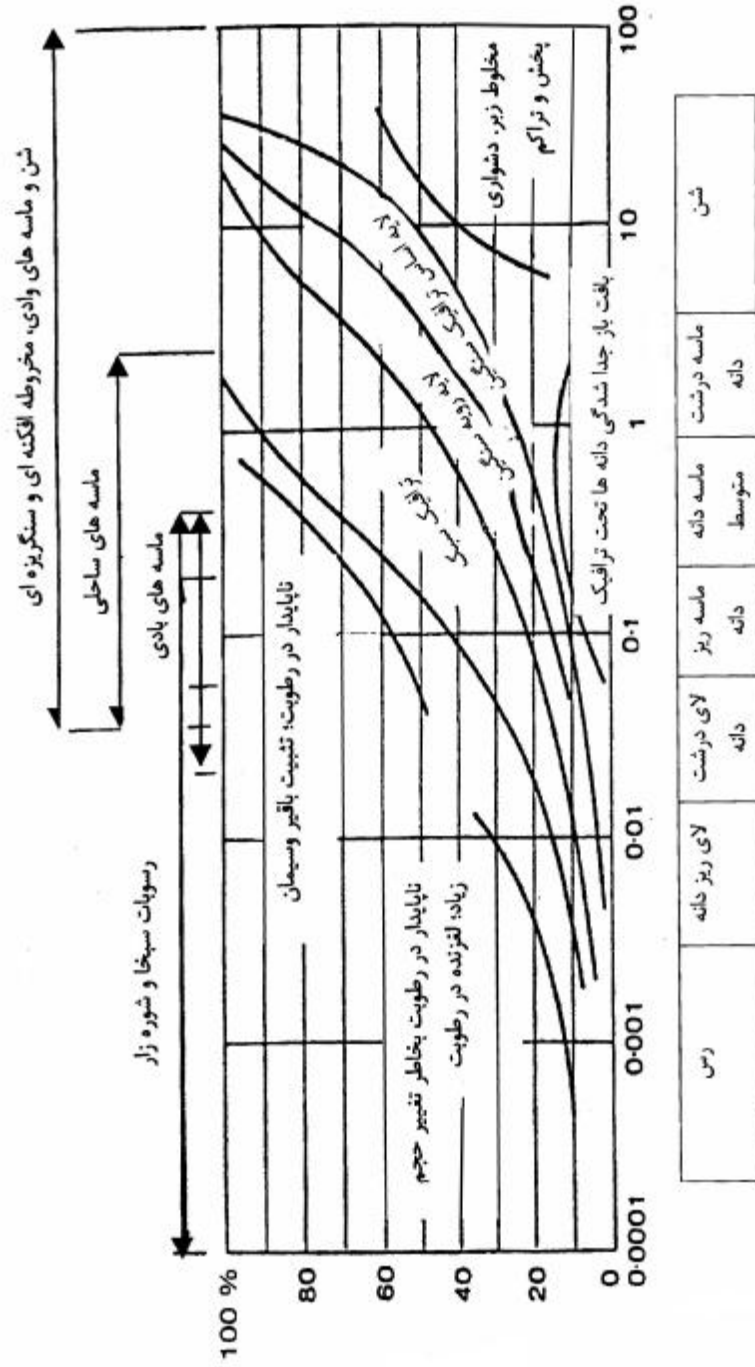
ماسه‌های روان نواحی ارگ معمولاً بستریایی با **CBR** حدود ۸-۱۰ درصد برای ماسه‌های تک اندازه به هم نچسبیده و تا بیش از ۲۰ درصد در صورتی که کمی به هم چسبیده باشد (حتی در حالت آب خورده) را تأمین می‌کنند. چنانچه بخش زیادی از مصالح در اندازه لای باشد، مقادیر کمتری به دست می‌آید و در مواردی که آب وجود داشته باشد، ممکن است **CBR** در حد ۲۰ درصد باشد.

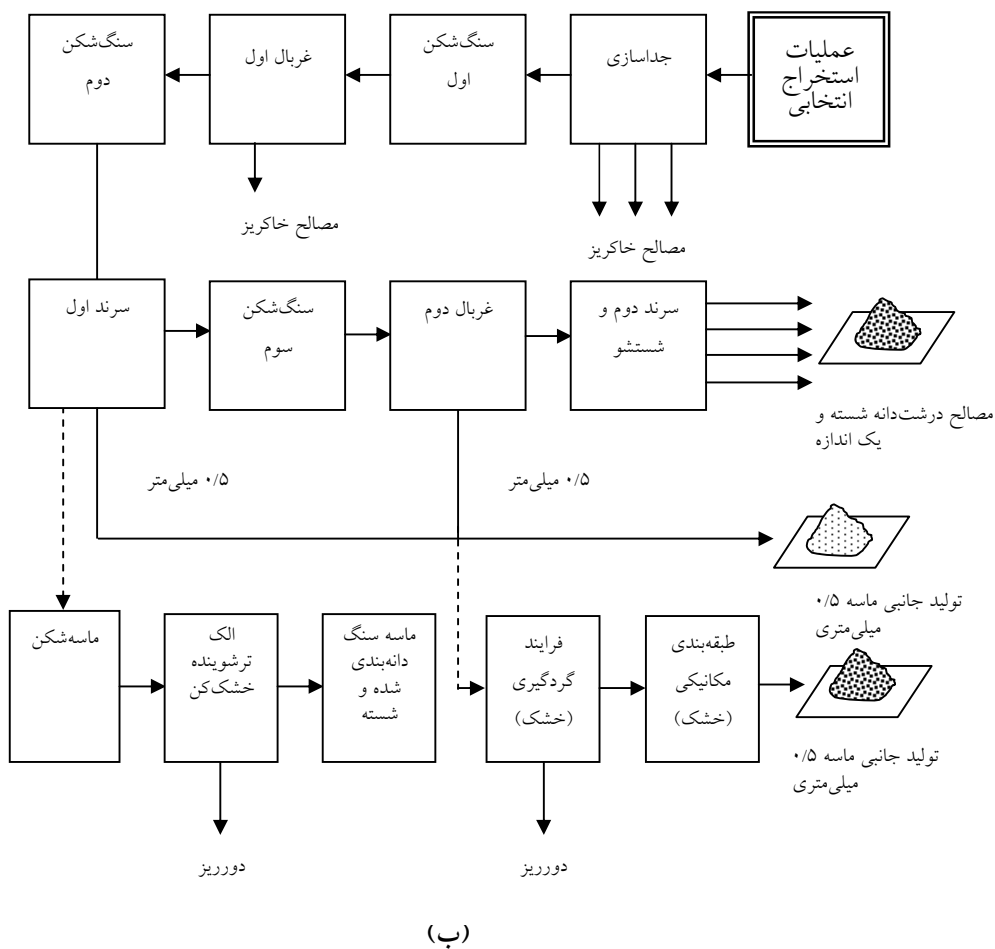
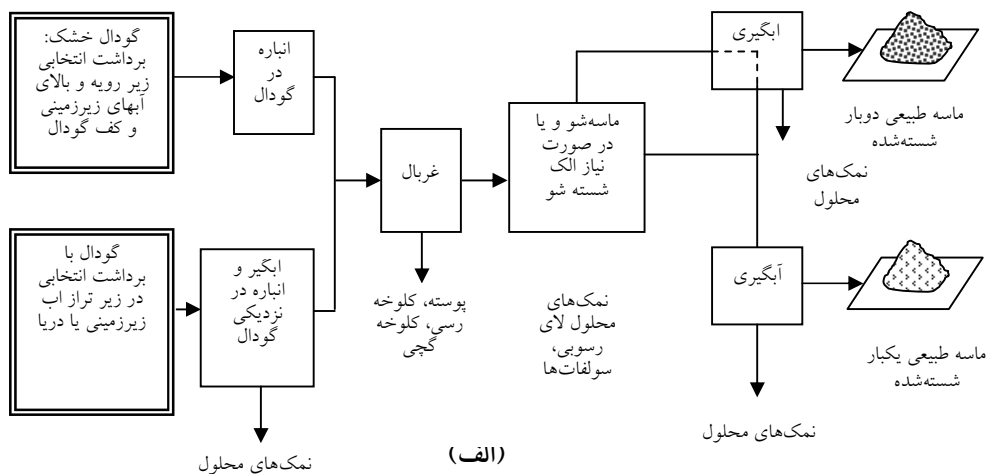
۲-۲- منابع مصالح راهسازی

۱-۲-۲- سنگ

در فواصل دور از دامنه کوهها و مخروط‌افکنه‌ها، کمبود مصالح راهسازی مرغوب وجود دارد. مصالح موجود غالباً دانه‌بندی ناپیوسته دارند (شکل ۵). منابعی که مشخصات فنی را تأمین می‌کنند حجم‌های محدود دارند و غالباً لایه‌های نازکی هستند که استخراج مصالح را دشوار می‌سازند.

شکل ۵- خصوصیات رسوبات سطحی در خاورمیانه برای استفاده در روسازی غیرچسبنده (مرجع: Wool Torton)





شکل ۶- طرح‌های پیشنهادی برای تولید مصالح سنگی طبیعی و شکسته در شرایط خاورمیانه

تمامی انباره‌ها باید به خوبی زهکشی شده و روی تکیه‌گاه نفوذناپذیر قرار گیرند.

(الف) تولید ماسه طبیعی (ب) تولید مصالح سنگی شکسته

(مرجع: Fookes & Higginbottom, 1980)

جدول ۴- مشخصات فنی تجدید نظر شده برای اساس آهکین با ترافیک سبک (۱)

درصد عبور از الک ۴۲۵ میکرون (۲)			آزمایش
۶۵-۸۵	۵۰-۶۵	۱۰-۵۰	
۷۵-۱۰	۷۵-۱۰	۷۵-۱۰	محدوده اندازه درشت‌ترین دانه (میلی‌متر)
۲۰-۳۵	۱۵-۳۵	۵-۲۵	درصد عبور از الک ۶۳ میکرون
۳/۵	۳/۵	نامشخص	حداکثر نسبت درصد عبور از الک‌های ۴۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون
<۶	<۶	<۱۰	درصد انقباض خطی (LS)
<۱۵	<۱۵	<۲۵	شاخص پلاستیسیته
۵۰۰	۵۰۰	۶۰۰	حداکثر LS ضرب در درصد عبور الک ۴۲۵ میکرون
۱۲۰-۲۱۰	۳۰-۱۵۰	نامشخص	LS ضرب در درصد عبور الک ۶۳ میکرون
۴۰	۴۰	۴۰	حداقل CBR ۴ روز آب‌خورده با تراکم در محل (درصد)
۱۲	۱۲	۱۲	حداقل میزان کربنات کلسیم (درصد) در مصالح گذرنده از الک ۴۲۵ میکرون

۱- تا حد ترافیک طرح ۱۶۰۰۰۰ محور منفرد معادل

۲- پس از تراکم و با استفاده از روش‌های دانه‌بندی تر

جدول ۵- مشخصات فنی مصالح شانه آهکین در راههای پرتراffic

درصد عبور از الک ۴۲۵ میکرون		آزمایش
۵۰-۶۵	۱۰-۵۰	
۷۵-۱۰	۷۵-۱۰	محدوده اندازه درشت‌ترین دانه (میلی‌متر)
۱۵-۳۵	۵-۲۵	درصد عبور از الک ۶۳ میکرون
۳/۵	نامشخص	حداکثر نسبت درصد عبور از الک‌های ۴۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون
<۶	<۱۰	درصد انقباض خطی (LS)
<۱۵	<۲۵	شاخص پلاستیسیته
۵۰۰	۶۰۰	حداکثر LS ضرب در درصد عبور الک ۴۲۵ میکرون
۳۰-۱۵۰	نامشخص	LS ضرب در درصد عبور الک ۶۳ میکرون
۵۰	۵۰	حداقل CBR ۴ روز آب‌خورده با تراکم در محل (درصد)
۲۵	۲۵	حداقل میزان کربنات کلسیم (درصد) در مصالح گذرنده از الک ۴۲۵ میکرون

تسریع هوازدگی مصالح سنگی نیز از مشکلات عمده به شمار می‌آید. تغییرات شدید دما باعث گسیختگی مصالح سنگی می‌شود. وجود املاحی از قبیل کلرایدها، سولفات‌ها و نظایر اینها نیز می‌تواند باعث از هم گسیختگی سریع مصالح سنگی شود. سنگ آهک، بالاترین پایداری را در مقابل خاک‌ها و آب‌های شور از خود نشان می‌دهد. سنگ‌های آذرین در محیط‌های شور، به خصوص در مقابل سولفات‌های منیزیم و سدیم، ظرف دو تا سه سال تخریب می‌شوند. وجود نمک‌ها، مشکلاتی نیز در تولید بتن ایجاد می‌کند. مطالعات زیادی در خصوص عملکرد نمک‌ها در بتن مسلح و غیرمسلح انجام شده است. بسیاری از مصالح سنگی که در نواحی بیابانی یافت می‌شوند، تا حدی آلوده به نمک‌های مخرب هستند.

روزدگی املاح می‌تواند منجر به تشکیل رویه‌های سخت شود. بسته به نوع سنگ بستر، می‌توان از این رویه‌های سخت به عنوان منبع مناسبی برای مصالح شکسته شده استفاده کرد. مصالح سنگی حاصل از رویه‌های سخت غالباً خاکدار هستند. در شکل ۶ برخی روش‌های استحصال مصالح سنگی در شرایط خاورمیانه نشان داده شده است. ماسه‌هایی که در بیابان‌ها یافت می‌شوند، ممکن است گردگوشه و متخلخل باشند. از آنجا که قابلیت جذب نمک این نوع ماسه‌ها زیاد است، مصرف آنها به عنوان مصالح ساختمانی عموماً مناسب به نظر می‌رسد. ماسه‌هایی که متخلخل اند، حتی اگر آلودگی نداشته باشند نیز برای استفاده مناسب نیستند زیرا اندوذهای به کار رفته در روسازی را جذب می‌کنند (رجوع به بخش ۵-۱).

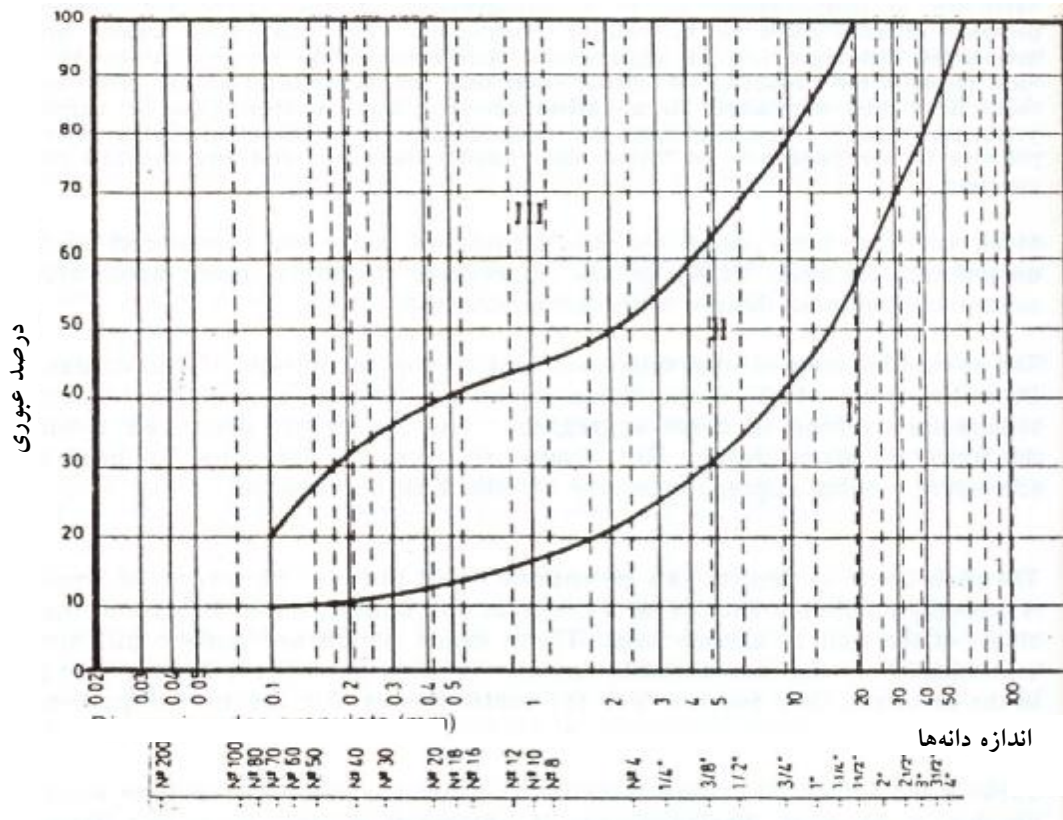
در جدول‌های ۴ و ۵ خلاصه دستورالعمل کاربرد آهکین ارایه شده است. در این کار که در بوتسوانا^۱ انجام شد، عملکرد اساس‌های آهکی تثبیت نشده و اساس‌های تثبیت شده با سیمان پرتلند ارزیابی شد. عملکرد اساس‌های تثبیت نشده رضایت‌بخش بود، در حالی که همان‌گونه که در بخش‌های بعد نشان داده خواهد شد، در مورد اساس‌های تثبیت شده چنین نبود.

در شکل ۷ منحنی پوش دانه‌بندی مناسب برای مصالح اساس مشاهده می‌شود. میزان مناسب بودن مصالح سنگی برای کاربرد در لایه اساس را می‌توان با استفاده از پوش‌های الک‌ها و معیارهای مندرج در جدول ۶ تعیین کرد. در نمودار شکل ۸ فرایند پذیرش یا رد مصالح نشان داده شده است. در این فرایند رایج‌ترین انواع خاک‌های صحرای شمال غربی^۲ در نظر گرفته شده است.

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، در نواحی بیابانی مصالح سنگی مناسب برای بتن چندان در دسترس نیست. در جدول ۷ برخی مصالح سنگی که در خاورمیانه بیشتر در دسترس هستند، ارایه شده است. همچنین آثار منفی مصالح مختلف و راهکارهای ممکن برای رفع آنها ذکر شده است.

1- Botswana

2- North Western Sahara



شکل ۷- حدود دانه‌بندی مصالح سنگی لایه اساس در صحرای شمال غربی (مرجع: Benni Abbes, 1965)

جدول ۶- معیارهای انتخاب مصالح اساس در صحرای شمال غربی

مقاومت محدود نشده $G_R (MN/m^2)$	حدود آتزیوگ		درصد سولفاتهای $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ محلول	درصد کربنات‌ها $CaCO_3$	درصد سایش سایس آبجس A دانه‌بندی	دانه بندی
	$I_p(\%)$	$W_i(\%)$				
بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ (۱)	گروه I
بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	< 40	خوب دانه‌بندی شده
بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	> 20	< 40	ماده‌دار یا دانه‌بندی باز
بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	≤ 20	≥ 40	
بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	> 70		
بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	> 70		
۲/۵	بدون پاسخ	بدون پاسخ	> 70	بدون پاسخ		
بعد از ۴۸ ساعت در $55-60^\circ C$	بدون پاسخ	بدون پاسخ	$CaCO_3 + CaSO_4 \cdot 2H_2O > 70$	بدون پاسخ		
> 20 بعد از خشک کردن در	بدون پاسخ	> 50	بدون پاسخ	بدون پاسخ	بدون پاسخ	گروه III
هوای محیط طی ۴۸ ساعت	بدون پاسخ		بدون پاسخ	بدون پاسخ		

(مترجم: HORTA, J.C.de Os)

جدول ۷- مصالح سنگی بتن در خاورمیانه: برخی خواص منفی همراه با عوارض احتمالی و اقدامات اصلاحی

آزمایشهای مخصوص +	اقدامات اصلاحی ممکن	مقیاس زمانی تاثیرات* روز هفته ماه سال دهه	خواص منفی احتمالی	نوع مصالح
کلراید (BS812) سولفات (BS1377) سلامت (ASTM C-88) کلراید سولفات تمیزی	کنترل کار، انتخاب شست و شو، طرح بتن مترکم، طرح اختلاط خوب انتخاب، شست و شو، طرح بتن مترکم، طرح اختلاط خوب	W C ₁ C ₂	ریز، تک اندازه مست متخلخل و حاوی کلرایدها ریز، تک اندازه گرد گوشه احتمالاً حاوی کلراید هاو سولفات ها	ماسه ماسه ساحلی کربناته ماسه بادی کربناته
کلراید سولفات : سلامت واکنش قلیایی (ASTM C227)	کار انتخابی، فرآیند ویژه (ستن را ملاحظه کنید) یا اجتناب از آن در صورتی که هیچ اصلاحی امکانپذیر نباشد	C	احتمالاً حاوی کلرایدها، سولفات ها و مواد زیان آور و خاکداز	سنگ رسوبی روزه سخت آهکی
سلامت، واکنش قلیایی آزمون سنگ شناسی (ASTM C295)	آزمایش و اجتناب از خاک و مواد زیان آور مصالح طراحی بتن مترکم	W.C P, D _s	از دست رفتن پوشش فولاد، بسیار خاکداز	سنگ آهکی گچی یا رسی
واکنش قلیایی مطالعه سنگ شناسی (ASTM C295) همراه با روش های خاص مربوط به آن	آزمایش و اجتناب از مصالح سنگی غیر فعال در غیر این صورت طرح بتن مترکم	W.C D	انسباط و ترک، از دست رفتن پوشش سوزن روی فولاد	سنگ یا روزه سخت کربناتی فعال
واکنش قلیایی C227 ASTM به علاوه ASTM C289 (ASTM C289) مطالعات سنگ شناسی	آزمایش و اجتناب از مصالح سنگی فعال، کاهش میزان قلیایی	C _b P	واکنش انبساطی با قلیایی های سیمان یا سایر مصالح سنگی	سنگ سیلیسی فعال
سلامت، مطالعه سنگ شناسی	از مصالح تازه (هوازده) استفاده شود	W	احتمالاً حاوی مواد زیان آور، خاکداز، احتمالاً خاک فعال	سنگ آذرین یا دگرگونی و یا شن هوازده سربالتینیت
سلامت، آزمایش سنگ شناسی	از مصالح تازه استفاده شود	C W D	احتمالاً حاوی کانی های رسی متورم شونده و مواد زیان آور، خاکداز	سنگ مادر هوازده (مانند گابرو، دالریت)
سلامت، مطالعه سنگ شناسی	از مصالح تازه استفاده شود	W	احتمالاً حاوی کانی های رسی و مواد زیان آور خاکداز	سنگ اسیدی هوازده

* C x ترک - C_b ترک عمیق - D از هم گسیختگی - D_s از هم گسیختگی سطحی - P بکین - W تضعیف - † اگر صلاح باشد + آزمایش های ویژه تاثیرات منفی احتمالی، علاوه بر آزمایشهای استاندارد خواص فیزیکی و مکانیکی

۲-۲-۲- آب

آب برای مقاصد راهسازی ممکن است مشکل برانگیز باشد. تنها منبع مؤثر موجود، آب زیرزمینی است که معمولاً شور است. میزان نمک ممکن است در حدی باشد که آب صرفاً برای کارهای بتنی مناسب باشد و چنانچه به منظور تراکم استفاده شود به خاطر تبخیر سطحی، نمک برجا بگذارد. در صورتی که سطح آب زیرزمینی آن قدر بالا باشد که امکان روزدگی نمک و تشکیل تاول در اندود آب بندی وجود داشته باشد، روکش سطحی می تواند به خوبی از بروز چسبندگی اندود قیری و ایجاد شوره زدگی در آن جلوگیری کند. کمیابی آب و هزینه حمل و نقل و نرخ تبخیر زیاد آن، ایجاب می کند که تراکم در کمترین درصد رطوبت ممکن انجام شود.

۲-۲-۳- شوری

شوری نه فقط برای آب های زیرزمینی بلکه برای خاک ها و سنگ ها نیز یک مشکل محسوب می شود. چنانچه لایه های نمک تبخیری در محل نهشته های رسوبی وجود داشته باشد، یقیناً ناهمگنی لایه ها مسأله ساز خواهد بود که در انتخاب و فرآوری نهشته ها دقت فراوانی را می طلبد. در صورتی که از سنگ برای روسازی یا بتن سازی استفاده شود، این مشکل بحرانی تر خواهد بود.

در لایه اساس، مشکلات مربوط به ترک های جزئی ناشی از شکست مصالح بلورین، کم دوامی ناشی از خاصیت حلالیت مصالح نمکین و شوره زدگی در هنگام رسوب املاح آب های زیرزمینی است. خاک های نمکین را می توان به دو گروه خاک های قلیایی سیاه و خاک های قلیایی سفید تقسیم کرد.

ویژگی خاک های سیاه، در نداشتن املاح حل شونده در ۵۰۰ میلی متر فوقانی است. این خاک ها به خاطر ظرفیت تورمی مرطوب شان مشهورند. همچنین فاقد پایداری در شیروانی ها و خاکریزها در حالت مرطوب هستند که منجر به شکست لغزشی و روانی می شود.

لایه های فوقانی، خاک های قلیایی سفید حاوی نمک های حل شونده با تراکمی بیش از ۱ درصد هستند. در مناطقی که این نوع خاکها موجود است، غالباً نشست های موضعی همراه با رسوب نمک در سطح ظاهر می شود.

۳- ترافیک

اطلاعات چندانی در مورد ترافیک راههای مناطق بیابانی در دسترس نیست. تصور می‌شود که درصد وسایل نقلیه سنگین در این ترافیک زیاد است و این گونه وسایل نقلیه نوعاً بار محوری زیادی دارند. در جدول ۸ نتایج تحقیق در مورد تعداد محورهای معادل هر محور باری ارائه شده است. جدول ۹ اطلاعاتی در مورد ترافیک صحرای الجزایر ارائه می‌کند.

میانگین ترافیک روزانه از ۴۰ وسیله نقلیه تا بیش از ۳۰۰۰ وسیله نقلیه در روز متغیر است. درصد وسایل نقلیه سنگین از ۲۰ تا ۹۵ درصد متغیر است. تاریخ آمارگیری نشان می‌دهد که این اطلاعات مربوط به ۲۰ سال پیش است و ممکن است با وضع موجود مغایرت زیادی داشته باشد.

با توجه به مطالب کنگره پیارک (سیدنی) چنین به نظر می‌رسد که در کشورهای در حال توسعه وسایل نقلیه غالباً بیش از حد بارگیری می‌شوند. خسارت وارده به شبکه راهها تا حد زیادی ناشی از این گونه وسایل نقلیه با بار بیش از اندازه است. خسارات وارد به شبکه راهها که از این گونه بارها ناشی می‌شود زیاد است و توسط AASHTO به صورت توان چهارم نسبت بار مدل شده است.

توصیه‌های کنگره پیارک نشان می‌دهد که طراحان راه تلاش می‌کنند مشکل وسایل نقلیه با بار بیش از حد را با استفاده از روسازی‌های قوی‌تر حل کنند.

جدول ۸- تعداد محور استاندارد همسنگ محور باری*

کشور	تعداد محور استاندارد همسنگ محور باری
بنگلادش، ۱۹۸۰	۲/۶
بولیوی، ۱۹۷۹	۱/۴
کنیا، ۱۹۷۴	۲/۸
نیجریه، ۱۹۷۹	۱/۹
عمان، ۱۹۷۷	۷/۴
ایالات متحده، ۱۹۷۵	۰/۳۷
بریتانیا، ۱۹۷۵	۰/۴۶

* محور استاندارد همسنگ (۱۸ kips=۸۰ kN)

۴- عوامل اجتماعی - اقتصادی

کشورهای در حال توسعه به شبکه راههای روستایی نیاز دارند. منافع این شبکه را می توان به صورت زیر برشمرد:

- یکپارچگی سیاسی مناطق دورافتاده
- کاهش انزوای مناطق دورافتاده
- دسترسی به بازارهای بزرگ تر برای تولید
- تضمین عرضه مطمئن آب و شیر

اولویت های توسعه منطقه ای در یک کشور بر اساس فشارهای اجتماعی - سیاسی بر بدنه دولت تعیین می شود. معمولاً بهترین سرمایه گذاری در پروژه های راهسازی را صرفاً نمی توان از طریق تحلیل ساده هزینه - فایده به دست آورد.

بانک جهانی، فرمولی برای مقایسه منافع پروژه های مختلف ارائه کرده است. این بانک رابطه ای میان توسعه (برحسب شاخص های اقتصادی اندازه گیری شده) و دسترسی برقرار کرده است.

تحلیل هزینه - فایده دارای مشکلات ذاتی در برخورد با عوامل کیفی است. مثلاً اندازه گیری دسترسی و منافع آن برای اجتماع دشوار است. منافع را می توان در امتداد گذرراه (کریدور) مسیر به عنوان حوزه نفوذ توسعه جدید انتظار داشت. نواحی دورافتاده واقع در طول پروژه های راهسازی نیز دسترسی بهتری به دست خواهند آورد و لازم است منافع شان در برآوردها منظور شود.

در مناطقی که اولویت توسعه بالایی برای توسعه دارند، ممکن است اجرای یک پروژه راهسازی حتی با نسبت هزینه - فایده کمتر در مقابل پروژه راهسازی دیگر در منطقه ای با اولویت توسعه پایین تر، مزایای بیشتری داشته باشد. این کار می تواند به رشد متوازن تر و کاهش نابرابری های میان مناطق مختلف منجر شود.

جدول ۹- آمار ترافیک و عملکرد روسازی راهها در صحرای الجزیره (۱۹۸۵)

وضعیت روسازی	مصالح روسازی		تاریخ ساخت	ترافیک سنگین	ترافیک روزانه	میانگین ترافیک	شماره ایستگاه	مکان	راه
	لايه اساس	لايه رویه							
۱۹۷۹ برش موضعی - آبگری	II.I (سنگ آهک)	مخلوط گرم	۱۹۶۰-۶۲	۳۲	۱۱۰۶		۱	لافتات	N1
۱۹۷۹ خوب	II	همان	۱۹۵۸-۵۹	۴۵	۱۷۳۴		۲		
۱۹۷۹ خوب	II آستر	اندود سطحی	۱۹۵۶-۵۹	۶۹	۳۶۰		۳		
۱۹۸۲ بد	غیر استاندارد	مخلوط سرد	۱۹۷۴	--	--		۴		
۱۹۷۹ خوب	II	اندود سطحی	۱۹۵۷	--	۲۸۴۴		۱	بیسکرا	N3
۱۹۷۹ متوسط	III (سنگ گچ)	مخلوط ماسه - آسفالت	۱۹۵۷	۳۱	۳۱۸۷		۲		
۱۹۷۹ متوسط	همان	سرد یا گرم	۱۹۵۷	۲۹	۲۷۲۰		۳		
۱۹۷۹ متوسط	همان	همان	۱۹۵۷	۴۵	۱۳۸۸		۴		
۱۹۷۹ متوسط	همان	همان	۱۹۵۸-۵۹	۲۸	۱۱۹۲		۵	اورگلا	
۱۹۷۶ خوب	سنگ گچ آهک	همان	۱۹۵۸-۵۹	۶۲	۸۶۳		۶		
۱۹۷۹ خوب	همان	همان	۱۹۵۸-۵۹	۳۸	۱۷۹۸		۷		
۱۹۶۹ بد	خاک تثبیت شده شیبایی	ماسه آسفالت	۱۹۵۸-۵۹	۴۰	۷۲۹		۸		
۱۹۶۹ خوب	II	اندود سطحی	۱۹۶۲-۶۳	۶۴	۱۲۸		۹		
۱۹۶۹ خوب	III (رس)	همان							
۱۹۶۹ خوب	II	اندود سطحی	۱۹۶۰-۶۲	۸۳	۲۵۸		۱	بچار	N6
۱۹۶۹ خوب	II	همان	۱۹۶۳-۶۴	۶۵	۱۸۴		۲		
۱۹۶۸ خوب	II	همان	۱۹۶۵-۶۶	۶۲	۲۲۱		۳		
۱۹۶۹ خوب	II رس	همان	۱۹۶۶	۲۶	۶۶۳		۴		

۵- طراحی

به منظور ایجاد محدودیت در نگهداری لازم برای یک پروژه راه جدید، ضروری است دقت زیادی در تعیین بهترین راستای افقی اعمال شود. چنانچه در تعیین راستا، میزان دسترسی به منابع طبیعی مورد استفاده راهسازی در نظر گرفته شود، هزینه‌ها نیز کاهش خواهد یافت.

غالباً راه باید از بخش‌های بزرگی از کشور، بدون خدمت‌رسانی به نقاط میانی عبور کند. در این صورت مکان‌یابی دقیق مسیر راه انعطاف‌پذیر است و در داخل کریدور وسیعی با تسهیلات یکسان قرار می‌گیرد. کارآمدترین مسیر لزوماً مستقیم‌ترین مسیر نیست. با استفاده از روش‌های مدرن نقشه‌برداری، تعیین راستای اولیه قبل از هر گونه کاوش میدانی امکان‌پذیر است. کاربرد عکس‌های هوایی، برجسته‌بینی، رادار زمین‌سنجی و سایر فناوری‌های مشابه می‌توانند ارزیابی دقیقی از زمین به دست دهند و در پیش‌بینی منابع احتمالی مصالح کمک کنند.

در راهسازی بیابانی ممکن است مسافت‌های حمل زیاد باشد. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، در این نواحی مصالح مرغوب راهسازی همواره کمیاب است. با آوردن راه به نزدیکی منابع به جای آوردن مصالح به راه، صرفه‌جویی در زمان و پول صورت خواهد گرفت.

وضعیت بادهای غالب، می‌تواند عاملی اساسی در تعیین مسیر راه باشد. اگر ناحیه دارای سابقه وجود شن‌های روان باشد، با تعیین مسیر سنجیده و صحیح، می‌توان مشکل توده‌های ماسه‌ای را کاهش داد. راههای موازی با جهت بادهای غالب، در مقایسه با راههای عمود بر این بادهای مشکلات چندانی به لحاظ ماسه‌های روان نخواهند داشت (برای مطالعه بیشتر در مورد تأثیر بادهای بر راسته مسیر، به بخش ۵-۲ مراجعه نمایید).

۵-۱- روسازی‌های آب‌بندی شده

در کشورهای در حال توسعه معمولاً برای راههای کم‌تردد از لایه رویه به ضخامت کمتر از ۵۰ میلی‌متر استفاده می‌شود. دمای زیاد بیابان امکان استفاده از قیرابه‌ها را منتفی می‌نماید زیرا آنها با مشکل شکست زودرس مواجه می‌شوند. شکست زودرس در مخلوط‌های آسفالت سرد، در شرایطی که مصالح سنگی مخلوط مقدار جذب آب زیادی داشته‌اند، نیز گزارش شده است. برای حل این مشکل ضروری است در ۱۰ روز اول از رفت‌وآمد وسایل نقلیه جلوگیری شود و با افشاندن قیر مایع روی سطح راه قیر اضافی تأمین گردد. برای این منظور قیر افشانی به میزان ۰/۱۵ لیتر در هر متر مربع در هفتمین روز پس از آب‌بندی توصیه می‌شود. در حال حاضر کاربرد مخلوط آسفالت با استفاده از الیاف ریز طبیعی گسترش یافته است. این الیاف با مصالح سنگی خشک به میزان ۰/۳-۰/۱ درصد وزنی مخلوط می‌شوند. کاربرد این الیاف در کوتاه‌مدت امکان اجرای آسفالت سرد تا عرض ۳/۵ متر را فراهم می‌کند و در بلندمدت نیز در بهبود مقاومت و دوام آسفالت مؤثر است. همچنین با استفاده از این الیاف کاربرد شن‌های با دانه‌بندی باز و در نتیجه تأمین مقاومت لغزشی بیشتر امکان‌پذیر می‌شود.

کاربرد مخلوط‌های آسفالتی سرد در بیابان‌های گرم، مستلزم استفاده از روکش‌های آب‌بندی نیست. در این گونه موارد غالباً می‌توان از درصد قیر بالاتری استفاده کرد، زیرا هرگونه روزدگی قیر اضافی معمولاً با شن‌های روان پوشیده

می‌شود. چنانچه در حین اجرای لایه رویه، ماسه‌های روان ظاهر گردد کاربرد برخی مصالح و روش‌ها خطرآفرین خواهد بود. غالباً اندوذهای آب‌بندی، خاک ماسه بادی را به سرعت جذب می‌کنند و بدین ترتیب از خاصیت چسبانندگی آنها کاسته می‌شود. در این وضعیت ضروری است کار در قطعه‌های کوچک انجام گیرد و خرده سنگ‌ها به سرعت ریخته شوند. فرسایش رویه تا حد زیادی به دلیل بادهای ماسه‌دار است که سطح را می‌سایند. این سایش سریع‌تر از فرسایش ترافیک عمل می‌کند. برای جلوگیری از ساییدگی لبه روسازی، توصیه می‌شود شانه‌ها آب‌بندی گردند.

۲-۵- لایه اساس

در مناطقی که آب‌های زیرزمینی شور هستند و از خاک‌های نمک‌دار برای راهسازی استفاده می‌شود، ضروری است از حرکت رو به بالای آب‌های زیرزمینی به لایه اساس راه جلوگیری شود. ساده‌ترین روش جلوگیری از ورود این آب به داخل اساس راه، بالا آوردن لایه اساس به بالاتر از سطح زمین طبیعی است. چنانچه این کار میسر نباشد، لازم است برای جلوگیری از نفوذ آب مویینه به داخل اساس، از یک لایه حفاظ استفاده شود. کاربرد یک لایه شن با دانه‌بندی باز به ابعاد ۵-۷ میلی‌متر و به ضخامت ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌متر، برای توقف حرکت رو به بالای آب‌های زیرزمینی کافی خواهد بود.

زیر اساس‌های آهکین بسیار بادوام هستند، به گونه‌ای که پس از گذشت ۳۰ سال عملکرد مناسبی داشته‌اند. زیراساس‌های گچین، با تخریب و شکست نسبتاً زودرس مواجه شده‌اند. تجربیات نواحی خشک و نیمه‌خشک نشان می‌دهد که امکان استفاده از مصالحی که بر اساس آزمایش‌ها و فرآیندهای انجام شده در آب‌وهوای مرطوب‌تر نامناسب تشخیص داده شده‌اند، در این نواحی می‌تواند وجود داشته باشد. مصالح محلی باید در شرایط آب‌وهوایی محل مصرف ارزیابی شوند. تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی در این زمینه ضروری است و روش‌های آزمایشگاهی استاندارد موجود برای اصلاح شرایط و فرآیندهای مورد نیاز کافی نخواهند بود.

۳-۵- حفاظت رویه در مقابل ماسه‌های روان

ماسه به دو صورت جابجا می‌شود: با وزش باد، و یا تلماسه روان. برای مقابله با هر دو نوع حرکت ماسه از روش‌های مشابهی استفاده می‌شود که تاریخچه‌ای طولانی دارند. (برای دریافت مطالب بیشتر در مورد نحوه کنترل تپه‌های روان به فصل ۷ مراجعه نمایید).

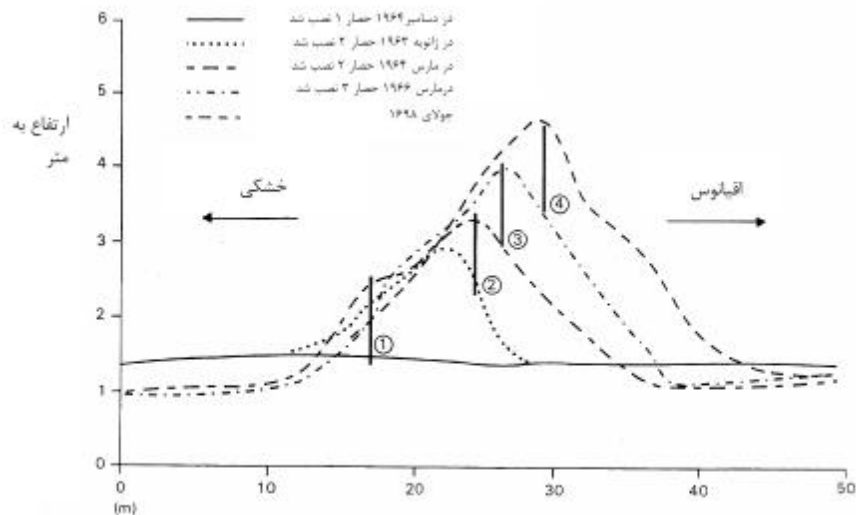
۱- افزایش انباشت (ته‌نشینی) با استفاده از خندق، حصارکشی و یا کمربند گیاهی

خندق‌ها باید در بالادست باد قرار گیرند تا جلوی خزش دانه‌های ماسه را بگیرند. لازم است این خندق‌ها سه تا چهار متر عرض داشته باشند تا بتوانند ماسه‌ها را بگیرند و ماسه‌ها از روی آنها نجهند. با پر شدن خندق‌ها باید به صورت منظم و دوره‌ای آنها را پاک‌سازی و یا بازسازی نمود.

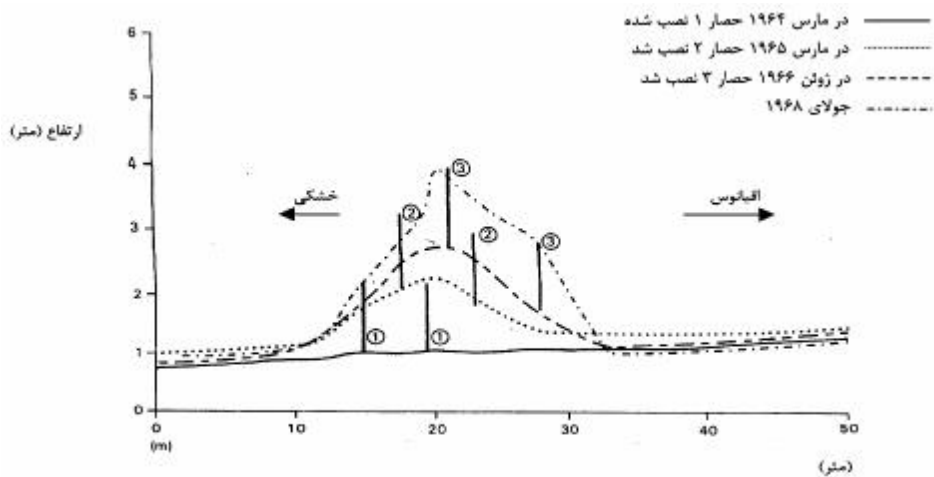
حصارکشی ممکن است سبب ایجاد تپه‌های بزرگ شود، زیرا ماسه‌ها در جلو و پشت حصار انباشته می‌شوند. میزان تخلخل حصار در درصد دانه‌های ماسه بادی گیر افتاده مؤثر است و پس از آنکه ماسه در پشت یک حصار انباشته شد، حصار جدیدی در روی تپه نصب می‌شود (شکل ۹). ماسه در مسافتی به اندازه یک تا دو برابر ارتفاع حصار

بالادست باد و شش تا ده برابر ارتفاع در پایین دست حصار انباشته می‌شود. در صورتی که از حصارهای چندگانه استفاده شود باید فاصله آنها در حد شش تا ده برابر ارتفاع حصار باشد.

از درختان می‌توان به خوبی به عنوان مانعی برای انباشت استفاده کرد. درختان باید به گونه‌ای انتخاب شوند که میزان رشدشان بیشتر از میزان انباشت ماسه باشد. گونه‌هایی که در گذشته موفقیت‌آمیز بوده‌اند، تاماریکس^۱ و اکالیپتوس^۲ هستند؛ ولی معمولاً گیاهان بومی هر منطقه بهترین خواهند بود. بقای این درختان به میزان دسترسی به آب، به‌خصوص در مرحله دانه‌آوری و همچنین به نرخ انباشت ماسه بستگی دارد.



الف- با استفاده از حصارهای تکی



ب- با استفاده از حصارهای دوتایی

شکل ۹- تپه سازی با استفاده از حصار ماسه در سواحل کارولینای شمالی آمریکا
(مرجع: Savage & Woodhouse, 1968)

- 1- Tamarix
2- Eucalyptus

۲- روش های هواپویایی (آبرودینامیک)

شکل دهی به زمین به منظور افزایش سرعت باد و یا از بین بردن نواحی با انرژی کم باد می تواند انباشت ماسه را متوقف سازد. از جمله این روش های راهسازی می توان به اجرای شیب های خاکریز ۱:۶ یا کمتر اشاره کرد. در نقاط تغییر شیب، زاویه های تیز باید گرد شوند. برای جلوگیری از انباشت ماسه در خاکریزها ممکن است لازم شود شیب پایین دست باد تا ۱:۱۰ کاهش داده شود.

پوشاندن سطح با مصالح برجهنده برای کاهش افت انرژی باد موفقیت آمیز بوده است. در این زمینه، روکاری با آسفالت، لاتکس، پلیمرها، سیلیکات سدیم و ژلاتین آزموده شده است. میانگین عمر روکاری قبل از جایگزینی حدود پنج سال است. استفاده از رزین های تزریقی، عمر روکاری را به ۲۰ تا ۳۰ سال افزایش داده است.

نصب پانل در نزدیکی تسهیلات می تواند جریان های پرتابی ایجاد کند که سبب حمل دانه های ماسه روی تسهیلات شود. راه چاره این است که در نقطه ای پایین دست، انرژی باد کاهش داده شود و ماسه انباشته گردد.

۳- کاهش بادرفت ماسه

این کار را به چند طریق می توان انجام داد:

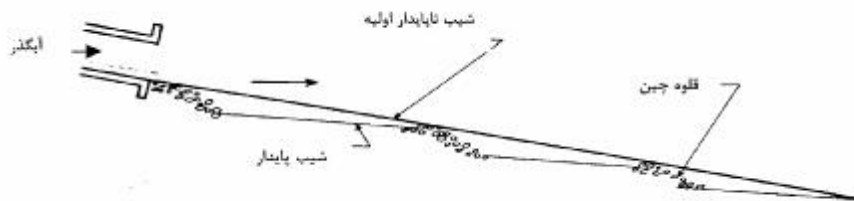
- افزایش اندازه دانه های مصالح سطحی؛ چراکه دانه های با اندازه بزرگتر از ۲۰ میلی متر را باد حمل نمی کند. پوشش سطح با شن، از ماسه های تثبیت نشده زیرین حفاظت می کند.
- روکاری با مواد شیمیایی، به منظور ایجاد چسبندگی میان دانه ها یا تأمین یک پوشش حفاظتی. این کار مشابه همان روشی است که قبلاً در مورد حفاظت رویه به آن اشاره شد. بر حسب نوع ماده شیمیایی که از آن استفاده می شود، ممکن است مشکلات مختلفی بروز کند. مشکلاتی که در گذشته پیش آمده اند عبارتند از کمبود عمر روکاری، ظاهر نامناسب، اثرات منفی روی گیاهان، تأثیر نامطلوب بر آبهای زیرزمینی، نشست آلاینده ها و مستعد شدن برای تضعیف.
- استفاده از قیر و مواد نفتی نیز از جمله روش های روکاری است. مواد مختلفی برای این کار موجود است که کارایی متفاوتی دارند. نفوذ مواد به داخل سطح برای ایجاد یک لایه به هم پیوسته مورد نیاز است که البته این را می توان با فدا کردن چسبندگی ماسه ها به دست آورد. عمر این نوع روکاری معمولاً حدود یک تا دو سال است.
- هم پیوندی سطح با استفاده از مصالح طبیعی مانند نمک ها آزموده شده است. افشاندن آب حاوی نمک ها روی سطح باعث رسوب نمک در آن می شود که به عنوان چسباننده عمل می کند. این رویه ممکن است در آب باران حل شود.

۴-۵- زهکشی

گرچه بیابان‌ها بارش سالانه چندانی ندارند و ممکن است چند سال در آنها باران نیارد، ولی باران در آنها عموماً به شکل رگبارهای شدید است. این بارش شدید می‌تواند در زمان کوتاهی چندین سانتی‌متر نزولات در پی داشته باشد. برای طراحی سازه‌هایی که بتوانند پاسخگوی چنین الگوی بارندگی باشند، به رویکرد متفاوتی از طراحی سازه‌ها برای آب‌وهوای مرطوب‌تر نیاز است. در پایین دست همواره به دلیل افزایش سرعت جریان، فرسایش اتفاق می‌افتد. در بستر کانال، فرسایش را می‌توان به دو نوع فرسایش جبران شونده و پیش‌رونده تقسیم کرد.

فرسایش جبران شونده چندان مهم نیست زیرا هنگامی که آب در کانال به تنگی جریان دارد، بستر فرسوده می‌شود ولی با کاهش سرعت آن رسوبات ته‌نشین می‌شوند.

فرسایش پیش‌رونده یا آبشستگی اهمیت بیشتری دارد. در این وضعیت، آب از طریق فرسوده کردن شیب‌های ناپایدار و ایجاد شیب‌های پایدار به تعادل جدیدی می‌رسد. یک روش مقابله با فرسایش آبشستگی استفاده از قلوه‌چین^۱ برای ایجاد سرریز میان شیب‌های پایدار است. (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- راهکاری برای کنترل فرسایش آبشستگی (مرجع: Palaez, 1985)

۶- ساخت

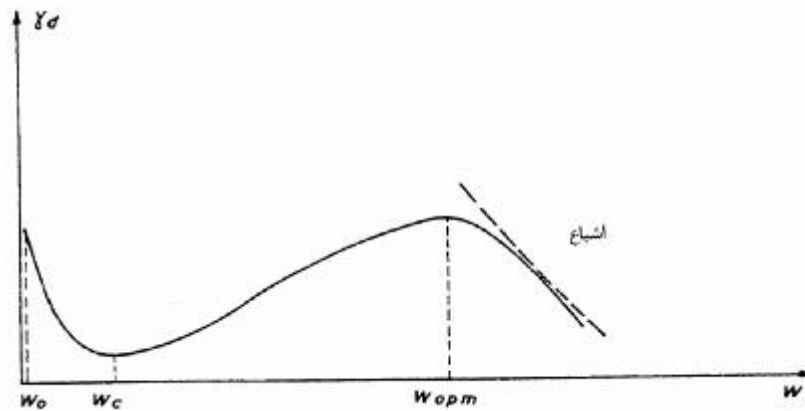
۶-۱- تراکم در درصد رطوبت کم

۶-۱-۱- تراکم رس‌ها

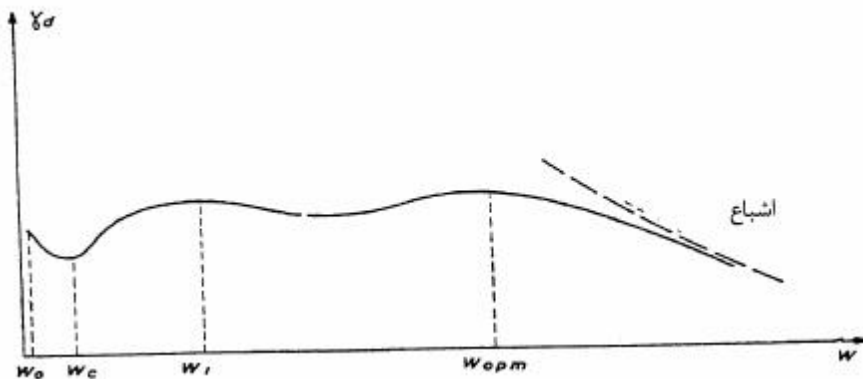
تراکم در درصد رطوبت کم، بستگی به منحنی تراکم مشابه آن چه که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، دارد. فقط انواع خاصی از رس‌ها با منحنی تراکم دو کوهان (که برای دستیابی به چگالی خشک قابل قبول در درصد رطوبت کم لازم است) وجود دارند. مشخصه این رس‌ها درصد رطوبت بحرانی آنهاست که درصد رطوبت متناظر با حداکثر کلوخگی خاک‌های رسی و غالباً کمترین چگالی خشک ممکن است. تراکم خاک‌های رسی در درصد رطوبت کم باعث افزایش ظرفیت باربری خاک در مقایسه با تراکم نسبی مشابه در درصد رطوبت بیشتر می‌شود.

توصیه‌ها

- تراکم را در درصد رطوبت تعادلی انجام دهید؛ یعنی درصد رطوبتی که تحت شرایط موجود روسازی در محل ایجاد می‌شود.
- چگالی خشک هرچه نزدیک‌تر به حداکثر را به دست آورید تا نفوذپذیری کاهش یابد.
- از غلتک‌های پاچه‌بزی لرزنده با وزن بیش از ده تن استفاده کنید.
- ضخامت لایه‌ها باید در حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر و یا به اندازه طول زاینده‌های غلتک به اضافه ۵۰ میلی‌متر باشد.
- حد پایین درصد رطوبتی که در آن می‌توان به خوبی عمل تراکم را انجام داد، درصد رطوبتی است که در آن رس را می‌توان با تجهیزات مرطوب و نرم کرد.
- بسته به تجهیزات مورد استفاده می‌توان تراکم در عمق را برای لایه‌های به ضخامت تا ۵۰ سانتی‌متر به کار برد.
- برای تکمیل تراکم سطح باید قبل از غلتک زدن، سطح مرطوب شده و سپس با یک غلتک سبک‌تر متراکم گردد.
- تأکید بر اجرای درست روش‌های راهسازی مانند کنترل آب، ضخامت لایه، تعداد عبور تجهیزات تراکم باشد و نه فقط بر آزمایش چگالی.
- مطمئن شوید که اتلاف آب از طریق آب‌بندی سریع رویه به وسیله غلتک‌های چرخ فلزی یا چرخ لاستیکی، کارکردن در مناسب‌ترین زمان روز و محدودسازی ناحیه کاری برای محبوس کردن سریع آب در لایه به حداقل می‌رسد.
- ارزیابی مقاومت بستر راه را در درصد رطوبت طبیعی انجام دهید و نه در وضعیت آب خورده غیرواقعی.
- آزمایش چگالی هسته‌ای مناسب‌تر از روش حفاری است.



شکل ۱۱- منحنی‌های تراکم پرکتور برای خاک‌های ویژه (رس)



شکل ۱۲- منحنی‌های تراکم پرکتور برای خاک‌های ویژه (ماسه غیرخمیری)

۶-۱-۲- تراکم ماسه

ماسه‌های لای دار و یا رس دار، واکنش خوبی در تراکم خشک از خود نشان نمی‌دهند. تجربه نشان داده است که غالباً در این خاک‌ها، دستیابی به ۹۰ درصد تراکم اصلاح شده دشوار است. تراکم ماسه‌های نمک‌دار در رطوبت‌های کم نیز دشوار است، زیرا منحنی‌های تراکم آنها همیشه فاقد دومین نقطه اوج است (شکل ۱۲). شکل دانه‌های ماسه تأثیری در قابلیت تراکم آن در درصد رطوبت کم ندارد. به همین ترتیب، دانه بندی ماسه نیز تأثیری در قابلیت تراکم آن در رطوبت کم ندارد.

توصیه‌ها

- ماسه‌های غیرخمیری باید برای تراکم در درصد رطوبت کم در نظر گرفته شوند.
- تجهیزات تراکم باید لرزنده باشند و چندان سنگین نباشند (جرم ایستاده ۴ تا ۱۰ تن) و در این میان سرعت و تعداد عبور اهمیت چندان ندارد.

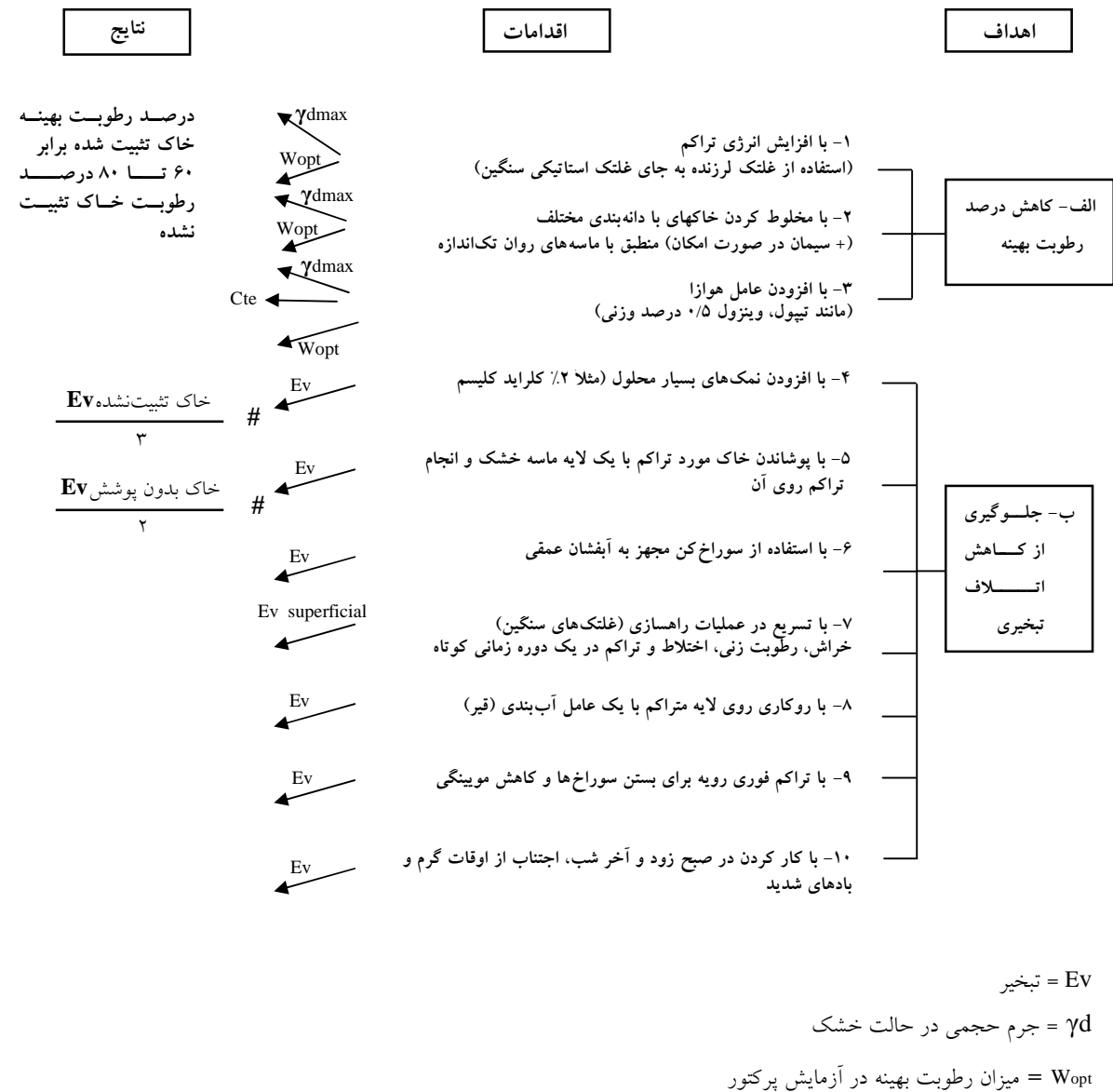
- ضخامت لایه‌ها باید در حدود ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر باشد، زیرا بخش فوقانی لایه‌ها متراکم نمی‌شود. این مشکل را می‌توان از طریق تراکم یک لایه روکش و یا تراکم با یک غلتک چرخ لاستیکی سبک و به دنبال آن یک غلتک چرخ فلزی صاف رفع کرد.
- محدودسازی جانبی ماسه ضروری است. این کار را می‌توان با اتخاذ الگوی غلتک‌زنی به صورت شروع کار از لبه و ادامه کار به سوی محور راه و یا با استفاده از پشت بند حایل انجام داد.
- ورودی‌های سازه‌های هیدرولیکی باید در شرایط پررطوبت متراکم شوند تا بیشترین مقاومت در مقابل جریان آب به دست آید.
- در طراحی خاکریزها باید فرسایش در حداقل نگاه داشته شود.
- انجام آزمایش‌های چگالی به روش هسته‌ای مطلوب‌ترند.
- انجام آزمون‌های میدانی برای ارزیابی تجهیزات، روش‌ها و مناسب بودن خاکها اهمیت دارد.
- اگر ماسه‌ای برای تراکم در رطوبت کم مناسب نباشد، آن گاه باید تدابیری برای کاهش اتلاف رطوبت در اثر تبخیر اتخاذ شود (شکل ۱۳).

۳-۱-۶- تراکم شن‌ها

تراکم مطلوب شن‌ها مستلزم آن است که مصالح خوب دانه‌بندی شده باشند. همچنین باید زاویه اصطکاک داخلی نیز کافی باشد. این بدان معناست که شن باید زبر و گوشه‌دار باشد. شن‌های گردگوشه دارای CBR کم هستند. شن‌های با شاخص خمیری ۵ درصد تا ۱۱ درصد و با ریزدانه تا ۳۰ درصد قابلیت تراکم خشک را دارا هستند. در جدول ۱۰ رده‌بندی خاک‌های نمک‌دار مناسب برای راهسازی ارائه شده است.

جدول ۱۰- رده‌بندی خاک‌های نمک‌دار مناسب برای راهسازی

امکان استفاده در راهسازی		میانگین درصد نمک در ۱ متر لایه فوقانی (%)		میزان شوری خاک
ساختن بستر از خاک تثبیت شده با قیر	کاربرد در بستر راه و مانند آن	سولفات و سولفات کلراید و سود	کلراید و سولفات کلراید	
مناسب	مناسب	۰/۳-۰/۵	۰/۳-۱	کم
مناسب ولی دارای برخی محدودیت‌ها	مناسب	۰/۵-۲	۱-۵	متوسط
نامناسب	مناسب ولی دارای برخی محدودیت‌ها	۲-۵	۵-۸	زیاد
نامناسب	نامناسب	۵	۸	بسیار زیاد



Ev = تبخیر

γ_d = جرم حجمی در حالت خشک

W_{opt} = میزان رطوبت بهینه در آزمایش پرکتور

شکل ۱۳- تراکم خاکهای ماسه ای در درصد رطوبت کم

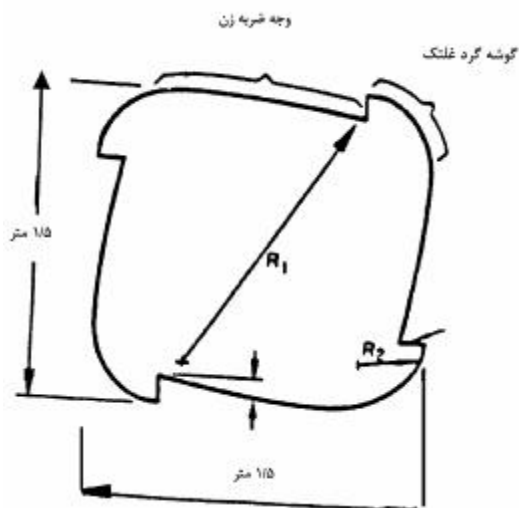
توصیه ها

- تجهیزات تراکم لرزنده و همچنین غلتک های چرخ لاستیکی مورد نیاز است.
- چگالی خشک تا ۹۰ درصد تراکم نسبی اصلاح شده دست یافتنی است.
- استفاده از تراکم عمقی در لایه هایی به ضخامت تا ۵۰۰ میلی متر بسته به تجهیزات به کار رفته امکان پذیر است.
- برای محکم سازی رویه ضروری است قبل از غلتک زنی رویه مرطوب شود و سپس با یک غلتک سبک متراکم گردد.

- ثابت شده است که مرطوب‌سازی خاک‌های شنی، CBR را افزایش می‌دهد.
- سیراب کردن خاک‌های متراکم شده خشک، CBR را کاهش می‌دهد. این احتمال باید در کلیه مواردی که از تراکم خشک استفاده می‌شود، ارزیابی گردد.
- روش‌های آزمایش چگالی هسته‌ای بیشتر امکان استفاده دارند.
- آزمون میدانی تجهیزات، روش‌ها و خاک‌ها ضروری است.

۶-۲- غلتک‌زنی ضربه‌ای (غلتک مربعی)

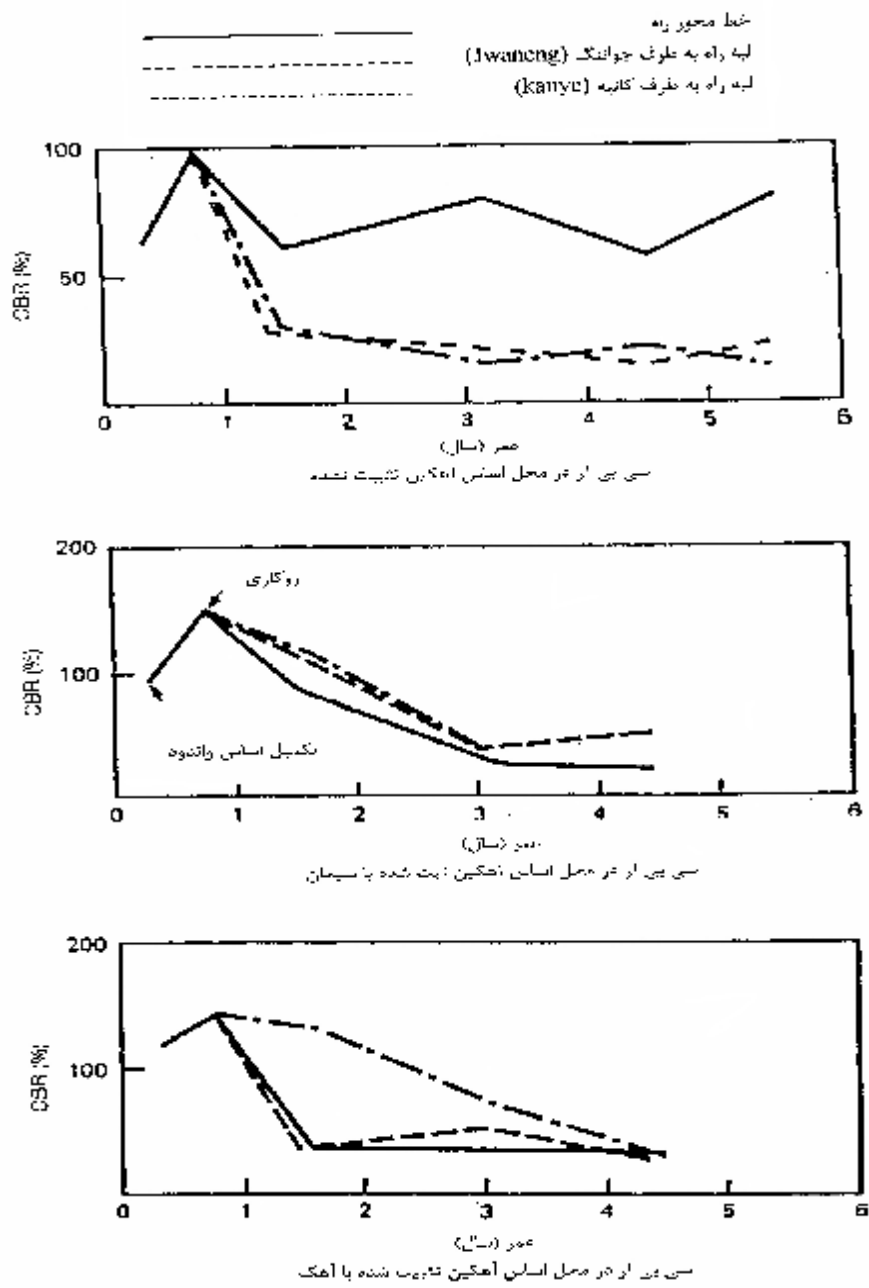
غلتک‌های با چرخ‌های مربعی گردگوشه، در تراکم خاک‌های ماسه‌ای ناپایدار به خوبی عمل می‌کنند. این نوع غلتک، پشت یک کشنده بسته می‌شود و وزن کلی آن ۱۴ تن و وزن چرخ آن ۸ تن است. این غلتک می‌تواند لایه‌هایی با ضخامت ۰/۵-۱/۵ متر با اثرات کاهشی تا ۵ متر را متراکم سازد. در سرعت‌های غلتک‌زنی ۱۰-۱۲ کیلومتر در ساعت نتایج خوبی به دست آمده است. به دلیل پدیده ورزدهی، کاربرد این غلتک برای روکاری لایه فوقانی مناسب نیست.



شکل ۱۴- چرخ غلتک ضربه‌ای

۶-۳- تثبیت خاک‌های بیابانی

تثبیت خاکها با آهک یا سیمان موجب افزایش مقاومت آنها می‌شود. بسیاری از تحقیقات در این زمینه در نواحی پرباران و مرطوب انجام گرفته و در آنها ثابت شده است که خاک‌های تثبیت شده، با دی اکسید کربن هوا واکنش نشان می‌دهند، به گونه‌ای که موجب کاهش مقاومت می‌گردد. شدت این واکنش با افزایش دما تسریع می‌یابد. شدت و نفوذ کربناسیون در خاک‌های تثبیت شده، با کاهش درصد رطوبت خاک افزایش می‌یابد. تغییرات خواص خمیری ناشی از تثبیت خاک ممکن است با کربناته شدن خاک معکوس شود. این امر تأثیر منفی در طراحی روسازی با خاک تثبیت شده خواهد داشت (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- تغییرات CBR در طول زمان (مرجع: Bagonza et al., 1987)

۶-۳-۱- تثبیت با مواد قیری

کلیه خاک‌های غیرچسبنده برای تثبیت با قیر خالص محلول یا امولسیون مناسب می‌باشند. بهترین نتیجه این فرایند در مورد خاک‌هایی به دست می‌آید که بیش از ۵۰ درصد عبوری از الک ۳/۱۶ و ۱۰ تا ۵۰ درصد عبوری از الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرون) و حد روانی کمتر از ۴۰ درصد داشته باشند.

ماسه‌های بسیار تمیز ممکن است تمایل به جداشدگی از قیر از خود نشان دهند. وجود املاح و مواد ارگانیک تأثیر مخربی بر کارایی تثبیت قیر دارد. در صورت وجود تاول، چسبندگی زایل می‌شود. تثبیت خاک با قیر نیاز به آب برای تراکم را کاهش می‌دهد. مشکل اساسی در کاربرد قیر به عنوان ماده تثبیت کننده، تغییر در مقاومت خاک تثبیت شده با تغییر دماست. با افزایش دما مقاومت باربری خاک به شدت کاهش می‌یابد.

۶-۴- تجهیزات

کاربرد تجهیزات راهسازی در نواحی بیابانی ممکن است با مشکل مواجه شود. هنگام کار با خاک‌های خشک غیرچسبنده، مقدار خاکی که می‌توان در یک جام حمل کرد و یا با تیغه غلتاند، کاهش می‌یابد. قوه کشش نیز ممکن است در هنگام کار با مصالح با چسبندگی کم مشکل ایجاد کند.

در کارهای خاکی نواحی بیابانی غالباً گرد و خاک زیادی ایجاد می‌شود که می‌تواند برای ماشین‌آلات مسأله‌ساز باشد. وجود گرد و خاک سبب تسریع فرسایش قطعه‌های متحرک و انسداد سریع فیلترهای هوا می‌شود. انسداد فیلترها باعث افزایش دمای موتور، افزایش چشمگیر هزینه‌های نگهداری و کاهش عمر مفید تجهیزات می‌گردد. اگر تجهیزات اختصاصاً برای کار کردن در محیط گرم و پرگرد و خاک طراحی شده باشد، آن‌گاه با توجه و دقت بیشتری در نگهداری دوره‌ای نیاز خواهد بود.

۷- نگهداری

۷-۱- تدابیری برای کنترل فرسایش ناشی از آب

- اندازه مقطع را به حدی افزایش دهید که سرعت جریان کمتر از حد لازم برای آغاز حرکت خاک گردد.
 - عمق شالوده سازه هیدرولیکی را به بیش از عمق حداکثر فرسایش افزایش دهید.
 - سطوح مستعد فرسایش را با کاشت گیاهان و قراردادن سنگ‌ریز و تورسنگ (گابیون) حفاظت کنید.
 - استفاده از تورسنگ در نواحی متأثر از رسوبات بستر مناسب نیست.
 - طراحی قلوه‌چینی (ریپ-رپ) هنوز مراحل ابتدایی خود را می‌گذراند و تاکنون هیچ‌گونه اصول طراحی برای آن ارایه نشده است.
 - پوشش گیاهی تا حد زیادی وابسته به آب وهواست و نیاز به نگهداری خصوصاً در مرحله دانه‌آوری دارد.
 - می‌توان انرژی آب را به وسیله جهش هیدرولیکی مستهلک کرد. البته، این راه‌حل برای کارهای کوچک مقیاس مناسبی نیست.
- راه سیلاب را می‌توان (روی تاج راه) به صورت آب‌نمای عریض در محاسبات، مدل کرد. به کارگیری یک سرریز در پایین دست می‌تواند بخشی از انرژی آب را بگیرد و از توان فرسایشی جریان بکاهد (برای ابعاد نمونه به شکل ۱۶ مراجعه کنید). عملکرد سرریز به تراز آب دنباله بستگی دارد (برای جزئیات شکل‌های ۱۷ و ۱۸ را ببینید).
- راه حل دیگری که در شرایط بیابانی به خصوص برای جریان لایه‌ای مناسب است، استفاده از آبروهای میانی است (شکل‌های ۱۹ و ۲۰). نگهداری این آبروهای میانی آسان‌تر و هزینه ساخت‌شان نیز کمتر است.

۷-۲- کنترل تپه‌های شن روان

۱- جابجایی تلماسه‌ها به روش‌های مکانیکی

این روش بستگی به میزان دسترسی به تجهیزات عملیات خاکی و اندازه تلماسه‌ها دارد. ماسه‌ها باید به نقطه‌ای حمل شوند که دیگر ایجاد مشکل نکنند.

۲- رفع تلماسه با استفاده از نیروهای طبیعی

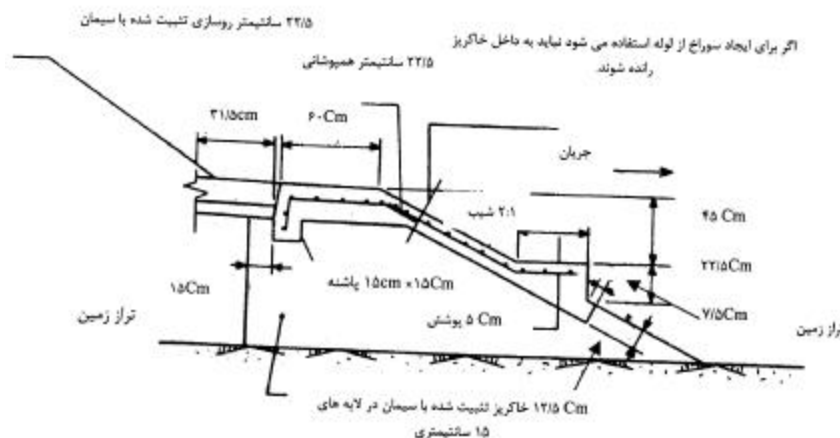
دو روش برای استفاده از باد به منظور رفع تلماسه‌ها وجود دارد. در روش اول تلماسه را می‌توان به گونه‌ای تغییر شکل داد که از ماسه‌های روان جلوگیری شود (شکل ۲۱). سطح تلماسه باید تثبیت شود تا از تغییر شکل مجدد آن با نیروی باد جلوگیری گردد.

روش دوم برای رفع تلماسه، برش یک ترانشه از میان تلماسه به موازات جهت باد است. با این کار نیروی باد قادر خواهد بود که ماسه‌ها را از تلماسه دور کند. بازوهای تلماسه‌های جدیدی که ایجاد می‌شود، باید تثبیت گردند، زیرا ممکن است این بازوها خود تبدیل به تپه‌های روان کوچک‌تری شوند.

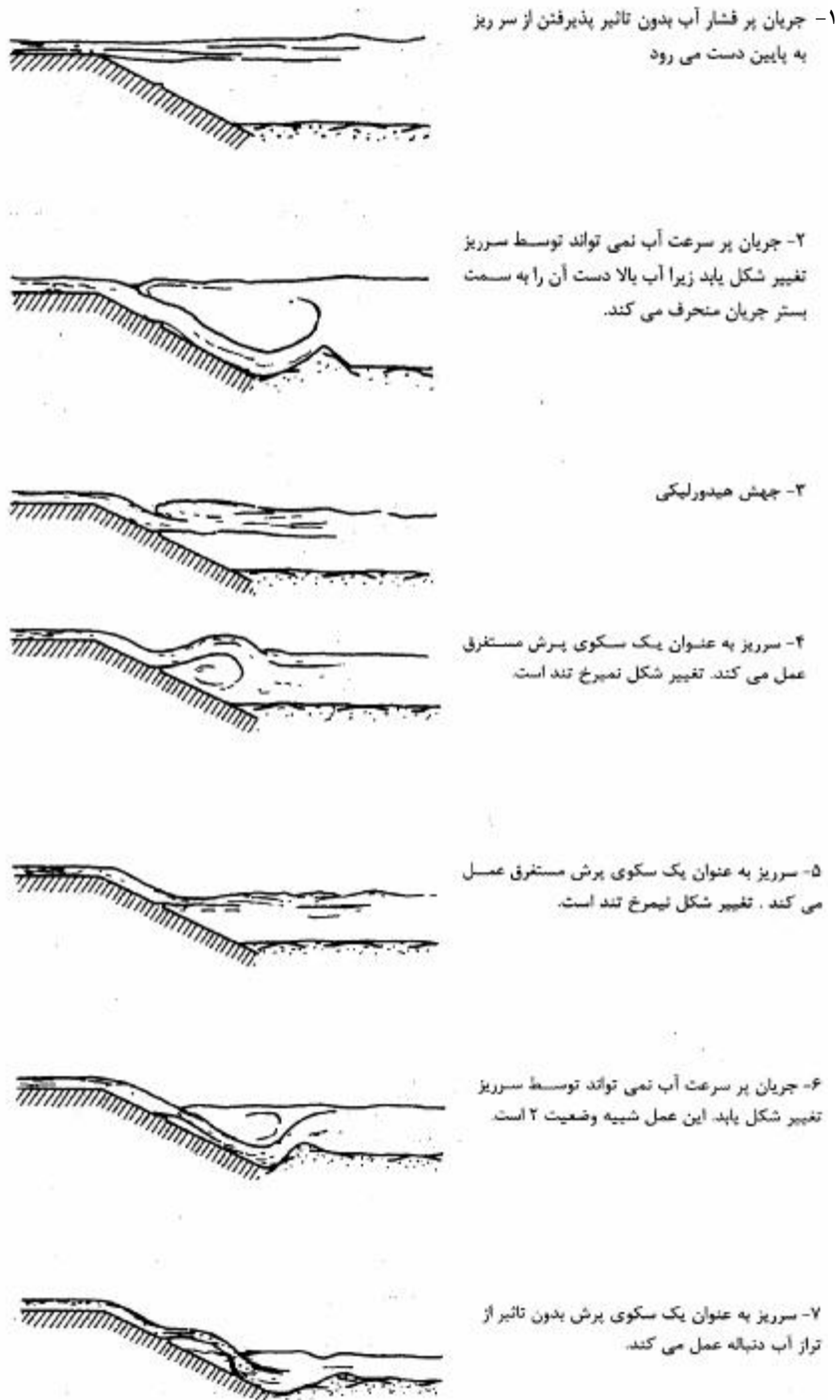
۳- تثبیت تلماسه‌ها به وسیله حصارکشی یا روکاری

روکاری را می‌توان به صورت نواری و یا روی کل سطح انجام داد. کاربرد حصار قبلاً مطرح شده است. ظرف مدت پنجاه سال می‌توان آن قدر ماسه جمع کرد که تپه‌ای به ارتفاع شانزده متر ایجاد گردد. روش دیگر برای کاهش تداخل ماسه با راه، مکانیابی راستای راه به گونه‌ای است که بیشترین بهره از توپوگرافی گرفته شود. برخی از ضوابط راهنما که در صحرا به کار گرفته شده‌اند عبارتند از:

- راستای مسیری را انتخاب کنید که از نواحی دارای مصالح راهسازی عبور شود.
- با محدودسازی سرعت به ۷۵ کیلومتر در ساعت در نواحی مستعد برای تپه‌های روان، اختلال زمینی را کاهش دهید.
- حتی‌الامکان با تغییر راستای مسیر از تپه‌های روان اجتناب کنید.
- راسته مسیر را به گونه‌ای تغییر دهید که از مزایای سطوح تثبیت شده طبیعی به وسیله شن‌ها یا ماسه‌های درشت بهره‌گیرید.
- از عرض تپه‌ها عمود بر طول آنها با گذرگاههای عریض بگذرید.
- راه را از طرف رو به باد تلماسه و در فاصله‌ای بیش از دو یا سه برابر ارتفاع تپه عبور دهید.
- از صخره‌هایی که در معرض باد و عاری از ماسه هستند بالا روید.
- راه را به اندازه ۰/۲ تا ۰/۵ متر از زمین طبیعی بالا آورید.
- از خاکریزهای با ارتفاع بیش از ۲ تا ۳ متر اجتناب کنید.
- از خاکبرداری پرهیز کنید و در صورتی که اجتناب ناپذیر باشد، عرض بستر را افزایش دهید.



شکل ۱۶- حفاظت خاکریز، مناسب برای سرریز تا ۴۵ سانتی‌متر از روی خاکریز (پیشنهاد شده توسط: Cameroon)



شکل ۱۷- عملکردهای مختلف سرریز راه سیلاب (Palaez, 1985)

محاسبات هیدرولیکی

q = جریان در واحد عرض

g = شتاب ثقل

$j/t = \alpha$ (یا فرض $t > 1/5$ پایین دست)

n = ضریب زبری مانینگ

محاسبه Y_L بدون اتلاف

$$C + \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = y_i + \frac{q^2}{2gy_i^2}$$

انرژی Y_L در رژیم یکنواخت $q = \frac{j}{2} y_i^{5/3}$ محاسبه Y_L بزرگترین این مقدار به عنوان Y_L در نظر گرفته می شود.

عملکرد به عنوان سکوی پرش مستغرق



برای جلوگیری از عملکرد مشابه شکل ۱۷،

$$h \geq I, I(F_1 - I)^{3/2} - Y_1$$

نمودار ۶ و ۷ برای جلوگیری از فرسایش $z \geq 2.24 (F_1 - 1)^{4/3}$

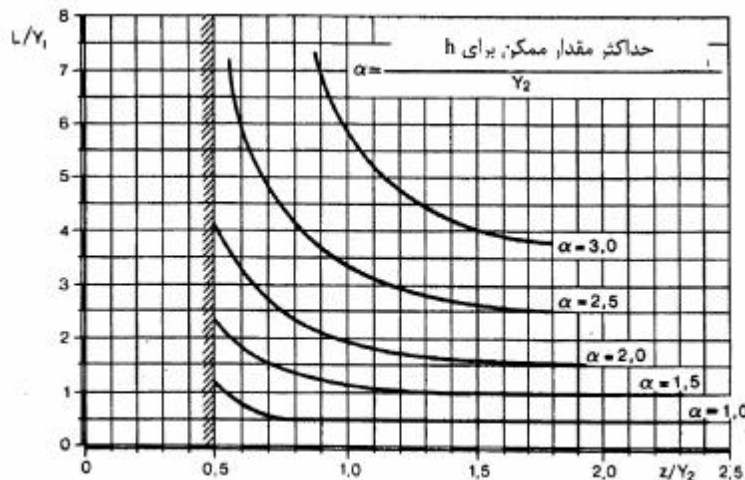
برای آن که سرریز بتواند جریان پرفشار را تغییر شکل دهد.

عملکرد به عنوان سکوی پرش



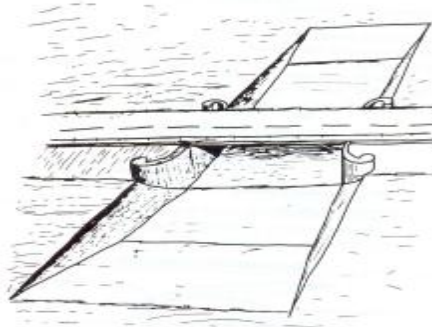
برای آن که جهش هیدرولیکی ایجاد شود $h > Y_2$

برای تثبیت آن و جلوگیری از فرسایش $z > Y_2 / 2$

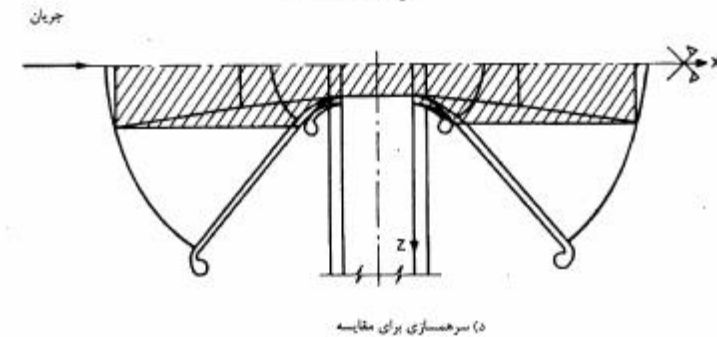
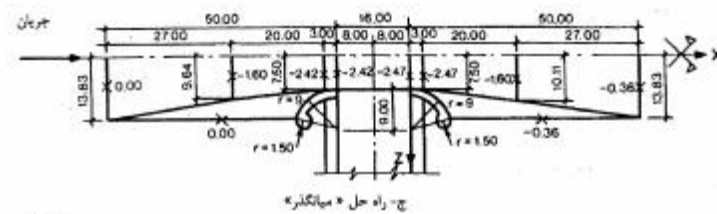
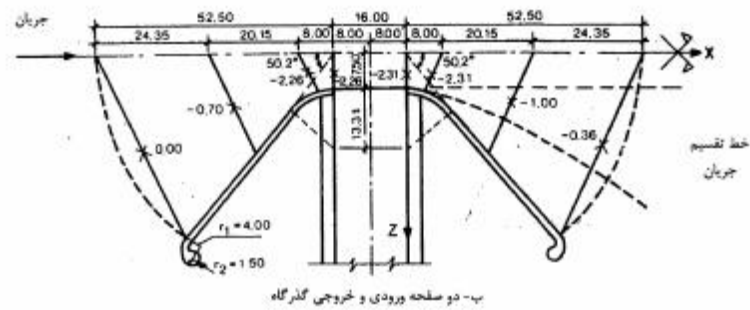
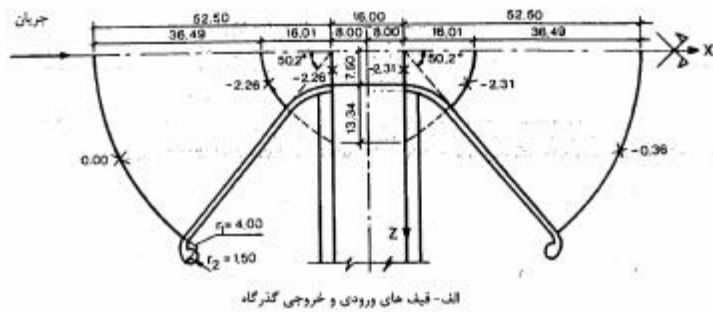


حدافل طول سرریز برای جلوگیری از عملکرد مشابه نمودار ۲ شکل ۱۷

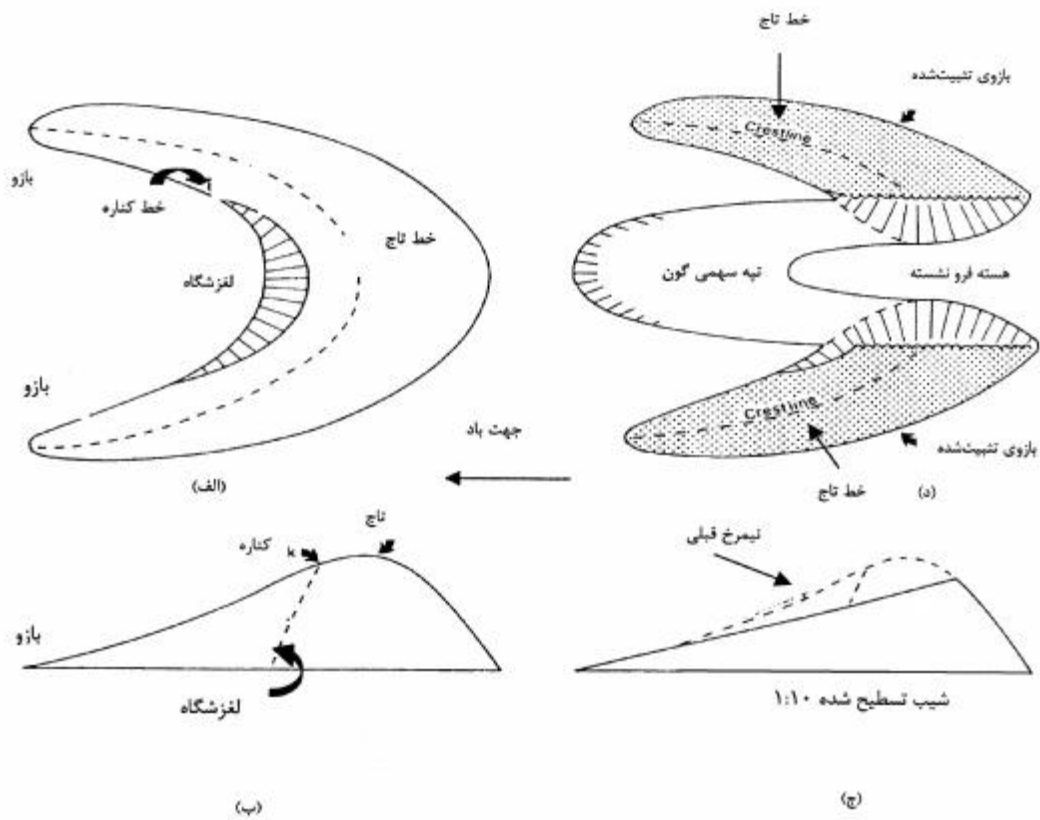
شکل ۱۸- قوانین محاسبه راه سیلاب از روی سرریز (Palaez, 1985)



شکل ۱۹- آبرو میان گذر (Palaez, 1985)



شکل ۲۰- آبروهای با دیوار برگشتی پایین (Palaez, 1985)



شکل ۲۱- الف) نمای پلان یک برخان؛ ب) نیمرخ عرضی یک برخان؛ ج) نیمرخ عرضی یک برخان شکل داده شده به منظور حداقل سازی پدیده تله ماسه لغزشگاه، د) از بین بردن برخان از طریق تثبیت بازوها

مراجع

- 1- ALLOUL, B., "Criteria for Calcrete, Gypsum or Mixed Tuffs for Road Construction in Algeria", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 2- BABKOV, V. and ZAMAKHAYEV, M., "Highway Engineering", Mir Publishers, 1967.
- 3- BAGONZA, S. et al., "Carbonisation of stabilised mixtures", Proceedings Seminar PTRR Transport and Planning, Summer Annual meeting, 1987.
- 4- BULL, A., "Salt Damage to Thin Asphalt Surfaces", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 5- ELLIS, C.I., "Soil compaction at low moisture content", Proceedings 7th Region Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Accra, 1980.
- 6- FOOKES, P.G., "Road Geotechnics in Hot Deserts", Journal Inst Highway Eng., October 1976, 11-22.
- 7- FOOKES, P.G. and KNILL, "The application of engineering geology in the regional development of Northern and Central Iran", Eng. Geol. (3) 81-120.
- 8- FOOKES, P.G. and HIGGINBOTHAM, I.E., "Some problems of construction aggregates in desert areas with particular reference to the Arabian peninsula (1) occurrence and special characteristics (2). Investigation, production and quality control", Proc. Inst. Civil Eng. 68(1) 39-67, 69-90.
- 9- GHARNAOUT, D. and LEKOUAGET, A., "Utilisation of Weathered Rock in Layered Roadways in Hoggar", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 10- GRACE, H., "Malawi low volume roads study", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 11- HORTA, J.C. de OS, "The design and construction of low volume roads in the Northwestern Sahara", TRR 1106, 278-290.
- 12- INGLES, O.G., METCALF, J.B., "Soil stabilization", Butterworth, 1972.
- 13- LIONJANGA, A.V. et al., "The use of calcrete in paved roads in Botswana", Proceedings 9th Regional Conference for Africa, Soil Mechanics and Foundation Engineering, Lagos, 1987.
- 14- LIONJANGA, A.V., "Development of specifications in Botswana", TRR 1106, Vol. 1.
- 15- MALHOTRA, I.C., "Maintenance of roads in desert", Indian Roads Congress, Proceedings Seminar on Maintenance and Drainage Aspects of Road Pavements, Bangalore, Vols. 1-13.

- 16- MAT, E., "Monitoring report on impact rolling at Cairns City refuse tip", Main Roads Dept., Old. Memorandum, 1989.
- 17- NETTERBERG, P. and PINARD, M.I., "Performance of experimental plastic calcrete gravel bases after 10 years on a road in Botswana", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 18- O'CONNELL, M.J., "Soil compaction at low moisture content in Kenya", Proceedings 9th Regional Conference for Africa, Soil Mechanics and Foundation Engineering, Lagos, 1987.
- 19- PAGET, C.B., ERIKSEN, S.B., "Design and construction of the Jalo-Kufra road, Libya", Proceeding Inst. of Eng., Vol. 78, 1985.
- 20- PIARC, "Compaction at low moisture contents", PIARC Bulletin N^o 248.1.1983.
- 21- PIARC, "Question V, Roads in Developing Regions", PIARC XVIIth World Road Congress, Sydney, 1983.
- 22- PIARC, "Workshop Drainage in Developing Regions", PIARC XVIIth World Road Congress, Sydney, 1983.
- 23- PIARC, "The impact of road networks on economic and social life in industrialized countries and developing countries", PIARC XVIIth World Road Congress, Sydney, 1983.
- 24- PINARD, M.I. and OOKEDITES, S., "Evaluation of high energy impact compaction techniques for minimizing construction water requirements in semi-arid regions", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 25- PINARD, M.I., "Innovative approaches to the design and construction of low cost low volume roads in Botswana", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 26- PINARD, M.I. and KEMOKGATIA, K.C., "The Botswana Roads Department demonstration project: an example of innovative road construction technology", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 27- SURYATIN, S., "The impact of road networks on economic and social life in industrialised countries and developing countries", PIARC XVIIth World Road Congress, Sydney, 1983.
- 28- VIVIER, M., "Cold asphalt mix including fibers", Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 29- WATSON, A., "The control of wind blown sand and moving dunes: a review of the methods of sand control in deserts, with observations from Saudi Arabia", The Quarterly Journal of Geology, Vol. 18, N^o 3, 1985.

- 30-ZAROJANU, H.I. and ANDREI, R., “Practical guide for compaction at low moisture contents (dry compaction technique)”, Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.
- 31-ZAROJANU, H.I. and ANDREI, R., “Unusual trend observed in Marshall stability of an asphalt mixture realised with porous local limestone aggregate for a road project in a desert area”, Paper submitted to the PIARC XIXth World Road Congress, Marrakesh, 1991.

فهرست انتشارات

الف) پروژه‌های تحقیقاتی

1. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن
2. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی
3. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها
4. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست
5. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی
6. راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)
7. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک
8. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور
9. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه
10. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور
11. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها
12. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید
13. سیستم حمل و نقل ریلی
14. ارزیابی روش‌های ساماندهی فعالیت عوارض بزرگراهها و آزادراههای کشور
15. ظرفیت باربری محوری شمعها
16. آیین‌نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل نقلیه باربری جاده‌ای
17. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه

ب) گزارش‌های تخصصی

1. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایلها
2. ممیزی ایمنی راه
3. راهنماییهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه
4. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه
5. آلودگی ناشی از دی‌اکسید نیتروژن در تونلهای راه
6. ایمنی در تونلها
7. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس
8. گزارش سالانه ژوئیه 2003 GRSP
9. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری

10. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک
11. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی
12. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها
13. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه
14. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوئیل)
15. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال 2010
16. مبانی تحلیل اقتصادی
17. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت
18. راهنمای فیلم‌های **IRF**
19. راهنمای ممیزی ایمنی راه
20. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها
21. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای
22. کیفیت خدمات جاده‌ای
23. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک
24. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها
25. روشهای ساده نگهداری راه
26. تقسیم مسؤلیت برای داشتن جاده‌های ایمن‌تر
27. راههای دسترسی به مناطق برون شهری
28. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک‌خوردگی روسازی راه
29. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی
30. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه
31. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود
32. حمل‌ونقل هوشمند
33. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی
34. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک
35. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی
36. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیت‌های مهندسی پیش از ساخت
37. تضمین کیفیت در عملیات خاکی
38. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات
39. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی - اقتصادی در مدیریت راه
40. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته
41. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی
42. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا

43. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه
44. بررسی توسعه حمل و نقل در منطقه اسکاپ در سال 2003، آسیا و اقیانوسیه
45. تبادل فناوری و توسعه
46. راههای دارای رویه بتنی
47. تجدید ساختار بخش راه
48. حمل و نقل کالا
49. گزارش سالانه ژوئن 2004 GRSP
50. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز
51. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها
52. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی
53. راهنمای تأمین روشنایی راهها
54. راهنمای تهیه سیستم مدیریت ایمنی در صنعت حمل و نقل
55. راهسازی در نواحی بیابانی

ج) کتب

1. فرهنگ جامع دریایی
2. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)
3. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه
4. راهنمای ایمنی راه (پیارک)
5. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک)

د) لوح فشرده

1. نشریات **Austrroads** (شامل 186 عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
2. فیلم‌های آموزشی راه **IRF** (شامل 107 فیلم در 42 لوح فشرده)
3. نشریات **SWOV** (شامل 138 عنوان از نشریات **SWOV, DRI, VTI, NCHRP** در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
4. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Education Research and Technology

Roads in Desert Areas



WORLD ROAD ASSOCIATION – PIARC

ROAD AND TRANSPORTATION MINISTRY
DEPUTY OF
EDUCATION, RESEARCH AND TECHNOLOGY
Web: www.rahiran.ir

Roads in Desert Areas

THE BUREAU OF TECHNOLOGY & SAFETY STUDIES

PIARC SECRETARIAT IN IRAN

84/RRRM/189