



()

راهنمایهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه

()

P / C / /

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

راهنمایهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه

GUIDELINES FOR
DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROAD

(گزارش کمیته شماره ۱۲)

ترجمه و ویرایش:
مهندس علی شرقی
مهندس علیمحمد اسمعیلی

مقدمه

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 اجزاء سیستم حمل و نقل می‌باشد. از اینرو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز بطور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته و نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردند. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری درصدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسائل 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 (پیارک)، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این معاونت بر آن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارشات تخصصی کمیته‌های مختلف مجمع جهانی راه (پیارک)، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد. گزارش حاضر تلاشی در راستای نیل به این هدف می‌باشد. امید است که با تلاشهای صورت گرفته در واحد فناوری و دبیرخانه ارتباط با سازمانهای تخصصی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

محمد جعفر اکرام جعفری

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسائل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های اجرایی، اداری و مالی، طراحی ساختمان و نگهداری راهها، یکنواخت کردن علائم 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 ۱۹۹۹ میلادی بیست و یکمین کنگره این مجمع در شهر کوآلالامپور مالزی 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

و 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 ۲۰ گانه مندرج در زیر می‌باشند:

- کمیته مشخصات سطح راه

- کمیته مشاوره عمومی

- کمیته تبادلات فن‌آوری و توسعه

- کمیته راههای بین‌شهری و حمل‌ونقل ترکیبی

- کمیته اجرای تونل‌های راه
- کمیته مدیریت راه
- کمیته روسازی راه
- کمیته ارزیابی مالی و اقتصادی
- کمیته مناطق شهری و حمل‌ونقل ترکیبی
- کمیته پلها و دیگر سازه‌های راه
- کمیته عملیات خاکی، زهکشی و بستر روسازی
- کمیته ایمنی راهها
- کمیته توسعه پایدار و حمل‌ونقل جاده‌ای
- کمیته عملکرد ادارات راه
- کمیته عملکرد شبکه راه
- کمیته راهداری زمستانی
- کمیته مدیریت ریسک در راهها
- کمیته حمل‌ونقل بار
- کمیته توسعه مناسب
- کمیسیون اصطلاحات فنی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای دکتر مرتضی قارونی نیک، 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 حمل‌ونقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

دبیرخانه پیارک در ایران

تابستان ۱۳۸۲

راهنمایهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه

فهرست

صفحه

۱- مقدمه	۱
۲- راهنمایهای عملی برای طراحی خاکریزهای راه	۲
۱-۲- خصوصیات مصالح	۲
۱-۱-۲- مصالح قابل استفاده در بدنه خاکریزهای عادی	۲
۲-۱-۲- موادی که برای خاکریزهای بسیار مرتفع، خاکریزهای صنعتی، یا بعضی از قسمتهای حساس خاکریز قابل استفاده اند	۵
۲-۲- حالاتی که در برنامه ریزی حمل و نقل مصالح پروژه باید در نظر گرفته شود	۶
۳-۲- شیبهای طرفین خاکریز	۷
۴-۲- آماده سازی پی خاکریز	۸
۱-۴-۲- زدودن	۸
۲-۴-۲- از بین بردن کنده های درخت	۸
۳-۴-۲- انتقال خاکهای سطحی	۸
۴-۴-۲- تسطیح و تراکم پی	۸
۵-۴-۲- آرایشهای زهکشی خاص و انتقال مواد نرم	۹
۶-۴-۲- ساخت سکوها	۹
۳- راهنمایهای عملی برای ساخت خاکریزها	۱۰
۱-۳- تکنیک ساخت	۱۰

۱۰	۳-۱-۱- تراکم اصولی.....
۱۰	۳-۱-۲- شکل دادن و تراکم شیپها.....
۱۱	۳-۱-۳- حدود مجاز آب و هوایی در زمان ساخت.....
	۳-۱-۴- اصلاح خاکهای حساس به آب در شرایط بسیار
۱۱	مرطوب بوسیله آهک، برای استفاده در خاکریزها.....
۱۲	۳-۲- سطح تراکم مورد انتظار.....
۱۵	۳-۳- سطح مقاومت مورد انتظار.....
۱۶	۳-۴- عملیات پایانی.....

۱- مقدمه

راهنمایهای عملی ارائه شده در این مبحث، بر اساس نتایج بررسی چگونگی فن طراحی و ساخت خاکریزهای راه گسترش یافته است. در سال ۱۹۹۳ پرسشنامه ای برای گردآوری اطلاعات هر یک از ۲۴ کشور عضو کمیته C12 پیارک در مورد "روشهای فنی طراحی و ساخت خاکریزهای راه" طراحی شد. وظیفه کمیته فنی C12 پیارک عملیات خاکی، زهکشی و بسترسازی می باشد.

شانزده پرسشنامه تکمیل شده از کشورهای: استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، جمهوری چک، ایتالیا، ژاپن، نروژ، لهستان، پرتغال، جمهوری اسلواکی، اسپانیا، تایلند، ترکیه، انگلستان و ایالات متحده جمع آوری شد. اسم فرانسه نیز به عنوان مخبر کمیسیون در رابطه با جمع آوری گزارش موجود باید ذکر گردد.

به طور کلی پاسخنامه ها نسبتاً ناقص پر شده بودند. فقط ۳ یا ۴ کشور به تمامی سئوالات پرسیده شده به درستی جواب داده و پرسشنامه کاملی برای کارهای بعدی و توجیه درستی کار ارائه کرده بودند. بسیاری از جوابهای دریافتی به اظهارات خلاصه یا بسیار کلی محدود شده بود.

نخستین مطلب پدیدار شده این حقیقت بود که لزوم وجود بعضی مبنایها برای کیفیت ساخت خاکریزهای راه فقط در معدودی از کشورها ضروری به نظر می رسد؛ این کشورها از برنامه های ساخت بزرگراه و خط آهن حداقل در ده سال گذشته بهره جسته اند. اصولاً این واقعیت در مورد زیرساختهایی وجود دارد که مهندسان از اهمیت اقتصادی خاکریزها در پروژه و الزامات محیطی خاکریز آگاهند. این حقیقت باید بوسیله تدوین و توجیه به موقع قوانین طراحی و ساخت خاکریزها عنوان شود.

مطلب دوم برای این وضعیت بطور قطع شامل این مسئله است که قسمت عمده طراحی و ساخت خاکریزها بوسیله کاربرد روشهای معقول تشخیص داده شده نمی باشد. اگر مطلب گفته شده عمومی نباشد، حداقل بطور مثال می توان آن را در کشورهای خاص در قالب پرونده هایی با متد مشخص همچون سایر سازه های مهندسی عمران رده بندی کرد.

جزئیات این تفسیر بوضوح برای کشور آمریکا صادق است زیرا که وظیفه خطیر نوشتن خلاصه ای از همه قوانین مورد استفاده در ۵۰ ایالت خود را کشیده بود. نمایندگان سایر کشورهای بزرگ همچون کانادا و استرالیا جوابهای پرسشنامه هایی را ارائه کرده بودند که فقط برای ایالت مرکزی استفاده می شد. بنابراین جای شگفتی نیست که کشورهای صنعتی کوچکتر بیشتر همکاری کرده و به صورت بسیار کاملتری به سئوالات پرسشنامه جواب داده اند.

در حالیکه جزئیات موضوع مشخص نیست از این مقدمه استنباط می شود که به اطلاعات موجود در پرسشنامه ها بوسیله تحلیل پاسخ های پرسشنامه ها و حتی بسیار بیشتر از راهنمایهای ارائه شده در انتهای این گردآوری توجه شده است.

۲- راهنمایهای عملی برای طراحی خاکریزهای راه

۱-۲- خصوصیات مصالح

۱-۱-۲- مصالح قابل استفاده در بدنه خاکریزهای عادی

اولین قانون عملی برای طراحی خاکریزهای راه مشخصات مصالح قابل قبول برای ساخت چنین سازه‌هایی می باشد.

قوانین زیر ثابت شده اند:

الف- مصالح بسیار نامناسب قابل استفاده در خاکریزهای راه مواد حل شدنی می باشند. این مصالح شامل مواد پوسیدنی و مواد آلوده کننده می باشند. با توجه به این خصوصیات، جدول ۱ تعدادی مقادیر حدی ارائه کرده است. این مقادیر ممکن است برای مناسب بودن مصالح مورد توجه واقع شوند.

جدول ۱- شرایط مشخص کننده امکان استفاده از مواد حل شدنی، پوسیدنی یا آلوده کننده در خاکریزهای عادی

ملاحظات	شرایط حدی مورد قبول	خصوصیات وابسته به مواد	خصوصیت مورد سؤال
در قسمتهایی که در معرض آب هستند استفاده از مواد حاوی مواد حل شدنی درست نیست. برای سایر قسمتها در موقع عدم راه حل مناسب اقتصادی، تجربه نشان داده است که از حدود ذکر شده، می توان در صورت ساخت و ساز متعارف بالاتر رفت (جلوگیری از نفوذ آب، کاهش نفوذ پذیری بوسیله بهبود ابعاد دانه ها و یا تراکم ...). به این نکته باید توجه شود که حتی مقادیر بسیار کم گچ در خاکهایی که با سیمان و آهک مخلوط می شوند و یا در جوار سازه های بتنی هستند می تواند مسئله ساز باشد.	مقدار ماده حل شدنی $\leq 5\%$ نمک $\leq 10\%$ گچ	خاکهایی با قابلیت حل شدن در آب و مواد سنگی حاوی نمک (NaCl) و یا گچ (CaSO_4)	مواد حل شدنی

ادامه جدول ۱

	قاعده کلی وجود ندارد: مطالعات خاصی برای هر محصول باید صورت گیرد.	تولیدات مختلف صنعتی	مواد حل شدنی
از خاکهای سطحی که میزان مواد آلی آنها کمتر از ۱۰٪ است می توان در خاکریزها استفاده کرد ولی نباید در پوشش شیبها از این مواد استفاده شود.	۱۰٪ ≤ مقدار مواد آلی قاعده کلی وجود ندارد: مطالعات خاصی برای هر محصول باید صورت گیرد.	خاکهای جنگلی، خاکهای سطحی که مقدار زیادی مواد آلی دارند، خاکهای نباتی تولیدات مختلف صنعتی	مواد پوسیدنی
به خاطر اهمیت مسئله، امکان استفاده از محصولاتی که حاوی آلوده کننده ها هستند باید همیشه بوسیله مطالعات خاص تعیین گردد.	بطور کلی مقدار حدی مشخصی برای آنها وجود ندارد. در حالت عادی بوسیله تدوین قوانین الزامی در منطقه مربوطه استفاده می شوند.	عموما تولیدات صنعتی هستند.	مواد آلوده کننده

ب- ثانياً، برای اینکه يك خاکریز به پایداری نهایی خود که تقریباً بعد از ساخت آن روی می دهد برسد به
موادی با خصوصیات ژئوتکنیکی کاملاً پایدار نیاز می باشد. این موضوع مانع استفاده از موادی می شود که
حاوی مقادیر زیاد رس هستند. مصالح رسی مستعد پدیده انقباض- تورم مطابق با شرایط آب و هوایی و
تغییرات میزان رطوبت می باشند. همچنین مانع استفاده از سنگهای عمدتاً رسی نیز می شود. ساختار این
سنگها بگونه ای است که بعد از چندین دوره خیس- خشک شدن می تواند بطور ناگهانی آسیب دیده و

منجر به تغییر شکل و حتی گسیختگی شود. برای بسیاری خاکهای رس دار حد پذیرش خاک برای استفاده را می توان شاخص خمیری کوچکتر از ۵۰ در نظر گرفت.

برای گل سنگها شواهد موجود به قدر کافی گسترده نیست که ما را قادر به تعیین گروهی از حدود مشخص کند. به هر حال به این نکته باید توجه کرد که مواد بسیار نامناسب سنگهای رسی (شیل، مارن و ...) می باشند. چنین موادی بعد از استخراج در دوره هایی با شرایط گوناگون، در مقابل گسیختگی مقاوم هستند ولی هنگامیکه با سیکلهای فصلی اشباع - خشک روبرو می شوند بسیار مستعد فروپاشی می شوند.

ج- برای اینکه خاکها تا حد مورد انتظار پایدار بمانند باید خصوصیات ژئوتکنیکی ویژه ای داشته باشند. این خصوصیات ژئوتکنیکی ویژه الزامات بعد از ساخت آنها را برآورده کرده و آنها را قابل استفاده می سازد (بخصوص در ساخت و ساز). این مشخصات عبارتند از:

- حداکثر اندازه ذرات (D_{max}) که مجاز بوده و در لایه های مختلف استفاده می شود باید با توان دستگامه متراکم کننده مورد استفاده سازگار باشد.
- برای مصالح حساس به آب (به عبارت دیگر مصالحی که قسمت عمده ای مواد ریزدانه و بخصوص رس دارند)، این مواد نباید خیلی خشک (خطر عمده در تراکم^۱ کم است که باعث می شود خاکریز بعد از ساخت در اثر اشباع شدن نشست کند) و یا خیلی مرطوب (خطر در تراکم زیاد^۲ که باعث می شود فشارهای آب حفره ای ایجاد و در نتیجه شکست برشی در خاکریز اتفاق بیفتد) باشند.
- دو حالتی که در بالا توضیح داده شد با مقادیر ارائه شده در جدول ۲ که در زیر آورده شده است، منعکس می گردند.

جدول ۲- خصوصیات ژئوتکنیکی خاکها، که تراکم صحیح آنها را میسر می سازد

ملاحظات	خاکهای حساس به آب (خاکهایی که بخش رسی دارند)	خاکهایی که به آب حساس نیستند (مصالح کاملاً دانه ای)	
مقادیر ۵۰۰ و ۸۰۰ میلیمتر مقادیر حداکثر می باشند. این مقادیر فقط برای موادی خاص و در صورت استفاده از دستگاههای متراکم کننده بسیار قوی که در حال حاضر موجودند امکان پذیر است.	۵۰۰ میلیمتر (*)	۸۰۰ میلیمتر (**)	حداکثر اندازه ذرات (D_{max})

ادامه جدول ۲

پارامترهای دیگر مانند Ic(**) ، IBC(***) یا MCV(***) نیز به عنوان مشخصه های رطوبتی مواد می توانند استفاده شوند.	هنگامیکه $w_{nat} (*) \leq 0.7w_{opn}$ ، بسیار خشک هستند.	توصیه خاصی وجود ندارد	
مشابه بالا	هنگامیکه $w_{nat} (**) \leq 1.4w_{opn} (**) $ بسیار تر هستند.		درصد رطوبت

(*) مطابق با توان دستگاه مترکم کننده مورد استفاده

(**) w_{nat} = درصد رطوبت طبیعی خاک؛ w_{opn} = درصد رطوبت بهینه بدست آمده از آزمایش پروکتور

(***) IBC = ظرفیت باربری آبی؛ Ic = شاخص استحکام (نشانه قوام)

(****) MCV = میزان رطوبت موجود

این نکته نیز باید مورد توجه قرار گیرد که اگر مواد به حد گسیختگی خود برسند معیارهای قابل قبول ارائه شده در بند الف و ب را برآورد نکرده و از لحاظ تئوری استفاده از این مواد در خاکریز مردود است اما اگر این مواد شرایط مشخص شده در بند ج را ارضاء نکنند می توان آنها را عموماً با روش مناسبی (جدا کردن بخش درشت‌دانه، هوادهی، اصلاح، آبیاشی کردن و...) همانطور که بعداً نشان داده خواهد شد اصلاح کرد.

۲-۱-۲- موادیکه برای خاکریزهای بسیار مرتفع، خاکریزهای صنعتی، یا بعضی از قسمتهای حساس خاکریز قابل استفاده‌اند

الف- برای خاکریزهای خیلی مرتفع (با ارتفاع بیش از ۱۵ متر) قوانین عادی، فقط استفاده از مصالحی با قابلیت زهکشی آزاد می‌باشد؛ به عبارت دیگر مصالحی با درصد عبوری کمتر از ۵ درصد از الک ۶۳ میکرون که از سنگهای سالم (غیر هوازده) یا از رسوبات آبرفتی بدست آمده‌اند. در این صورت عموماً قوانین طراحی و ساخت خاکریزهای عادی را در مورد این سازه‌ها می توان بکار برد.

همچنین خاکریزهای بسیار مرتفع می‌توانند با موادی ساخته شوند که خصوصیات مصالح آنها درجه پایینتری از ایمنی را دارند (بخصوص خاکها چسبنده). در چنین حالتی ابعاد طراحی و ساخت به گونه ای نیست که بتوان از قوانین تجربی مشخص شده در بالا استفاده کرد، بلکه به مطالعات خاصی در زمینه مکانیک خاک و سنگ محتاج بوده تا بتوان از این قوانین در مورد این خاکریزها استفاده کرد.

ب- در قسمتهایی از خاکریز که امکان غوطه ور شدن خاکریز به صورت نادر حتی در برهه های زمانی کوتاه مدت وجود دارد، استفاده از مصالح کاملاً زهکش و دارای خصوصیات مکانیکی کمی در طی و بعد از خیس شدن معمول است. خاکهای مخلوط با آهک یا چسباننده های هیدرولیکی با توجه به پایداری در مقابل آب آنها در حالت غوطه ور شدن، می توانند مورد استفاده قرار گیرند. اگر دو راه حل پیشین مناسب نبودند از انواع دیگر خاکهایی می توان بهره جست که شرایط پایداری مکانیکی را در هنگام خیس شدن و پایین آمدن سطح آب (خالی شدن سریع) ارضاء می کنند.

اگر آب از بین یا در طول خاکریز جریان پیدا کند، تدابیر خاصی برای محافظت از شیبهای خاکریز در هر مورد ویژه باید اندیشیده شود.

ج- برای خاکریزهای با عرض تاج زیاد باید از موادی با زاویه اصطکاک بالا و حساسیت کم در مقابل آب استفاده کرد. در انتخاب این مواد باید به نقل و انتقال بهینه مواد توجه شود. این مواد باعث می شود که لایه زیری ظرفیت باربری مناسبی را برای روسازی ایجاد کند. مقدار صرفه جویی اساسی با استفاده از این روش طراحی سازه روسازی قابل دستیابی است.

د- برای خاکریزهای مجاور پلها، خاکریزهای خندق (کانال) و بطور کلی همه خاکریزهای دارای هندسه پیچیده، استفاده از مواد دانه ای با دانه بندی نسبتاً یکنواخت مانند ماسه های ساحل توصیه می شود. جادادن چنین موادی احتیاج به تلاش تراکمی خیلی زیادی نداشته و از وسایلی کوچک با کاربرد آسان در تراکم آنها می توان بهره جست. هنگامیکه چنین موادی در دسترس نباشند از خاکریزهای معمولی می توان استفاده کرد به شرط اینکه تدابیر خاصی برای اجرا و کنترل تراکم (بوژه در ضخامت لایه مورد تراکم و تراکم پذیری آن با توجه به توان دستگاه متراکم کننده مورد استفاده) صورت گیرد.

ر- برای ساختن خاکریزهای تقویت شده با مواد تسلیح کننده مختلف (فلزی، پلاستیکی و ...) که شیبهای کناری بسیار تند و قائم را اجازه دهد. استفاده از مصالح دانه ای با زهکشی آزاد که حداکثر اندازه دانه آنها با سیستم تسلیح کننده سازگار است توصیه می شود. این قانون کلی با توجه به کارکرد مورد انتظار و روش تسلیح کنندگی تعدیل می شود.

۲-۲- حالاتیکه در برنامه ریزی حمل و نقل مصالح پروژه باید در نظر گرفته شود

تهیه یک برنامه حمل و نقل برای طراح هر پروژه ساخت خاکریز راه نسبتاً بزرگی الزامی است؛ حتی اگر این احتمال وجود داشته باشد که حمل و نقل مصالح عملاً با برنامه پیش بینی شده تفاوت داشته باشد. این طراحی پارامترهای مختلفی را ایجاد کرده که می تواند بر حمل و نقل مصالح در طی ساخت خاکریز تاثیر گذارد.

- در مجموع برای تجزیه و تحلیل عملیات خاکی و فواصل حمل و نقل که موضوع مهمی در برنامه ریزی حمل و نقل است، به حساب آوردن بعضی الزامات کیفی ضروریست:
- استفاده از مصالحی که مطابق فوق نامناسب تعریف شده‌اند.
 - استفاده از مصالحی در خاکریز که خصوصیات کیفی بالایی داشته و در محلهای خاص می توانند سودمند واقع شوند (به عنوان مثال قسمت بالایی خاکریز، لایه پوشاننده و...).
 - قراردادن در لایه های مجاور مصالحی که خصوصیات ژئوتکنیکی ناسازگاری دارند، مهمترین مثال قرارگیری مصالح رسی ریزدانه مرطوب و مصالح سنگی با دانه بندی یکنواخت در مجاور هم می باشد (خطر انتقال ذرات ریزدانه خاک به فضاهای خالی مصالح سنگی و در نتیجه ایجاد یک سطح آب محبوس در مصالح سنگی هنگامیکه شیب با خاکهای سطحی نسبتاً نفوذ ناپذیری پوشیده شده است، وجود دارد؛ این سطح آب محبوس می تواند موجب افزایش فشار آب حفره ای در رس گردد و موجب فرو ریختن و لغزش شیروانی های خاکریز شود).

۲-۳- شیبهای طرفین خاکریز (*)

در حالت کلی نسبت شیب قائم به افقی (افقی / قائم) در خاکریزهای راه همانند آنچه که در جدول ۳ ارائه شده است، می تواند براساس ارتفاع و نوع مصالح خاکریز محاسبه شود:

جدول ۳- قوانین عمومی برای شیبهای خاکریز

ارتفاع خاکریز			نوع مصالح
$h \geq 10m$	$5 \leq h \leq 10m$	$h \leq 5m$	
قاعده کلی وجود ندارد: مقدار شیب با توجه به مطالعه پایداری باید تعیین گردد.	$1/2 \leq$ شیب	$2/3 \leq$ شیب	خاکهای چسبنده حساس به آب و مصالح سنگی حاصل از هوازدگی یا مواد رسی بجز مواد خرد شده حاصل از سنگ
قاعده کلی وجود ندارد: مقدار شیب با توجه به مطالعه پایداری باید تعیین گردد.	$2/3 \leq$ شیب	$1/1 \leq$ شیب	مصالح دانه‌ای غیر حساس به آب که منشأ رودخانه‌ای دارند، یا مواد سنگی تهیه شده از سنگهای نرم غیر رسی
$2/3 \leq$ شیب همراه با برم	$1/1 \leq$ شیب	$1/1 \leq$ شیب	مصالح تهیه شده از سنگ سخت که هوازده نشده است

(*) شیب تانژانت زاویه حاصل از صفحه شیب با سطح افق می باشد.

۲-۴-۴- آماده‌سازی پی خاکریز**۲-۴-۱- تمیز کردن**

همه درختهای موجود در محوطه ساخت خاکریز باید بریده شوند (یا در صورت امکان اگر قطر آنها در ارتفاع یکمتری سطح زمین کمتر از ۰/۱ متر است از ریشه در آورده شوند).

۲-۴-۲- از بین بردن کنده‌های درخت

کنده‌هایی که بعد از قطع درختان باقی مانده‌اند اصولاً برچیده نمی شوند؛ این عمل در مرحله طراحی (یا در حد ممکن قبل از شروع کار آماده‌سازی خاک پی) پروژه‌های اخیر قطعی شده است.

تصمیم به از ریشه درآوردن کنده‌های درخت باید با علم به اینکه برای خاکریزهای با ارتفاع بیش از ۵ متر احتمال ادامه رشد یا ریشه‌اندازی کنده‌ها تقریباً صفر است، انجام شود. بویژه که خطر ناشی از آن کمتر از عملیات ریشه‌کشی می باشد. ویرانی و عموماً شکافت زمین در اثر عملیات ریشه‌کشی اجتناب‌ناپذیر است (مخصوصاً در زمینهای رسی با آب و هوای مرطوب).

هنگامیکه پی خاکریز تراکم پذیر تشخیص داده می‌شود، در هر محلیکه ممکن است باید از عملیات ریشه‌کشی درخت اجتناب کرد.

۲-۴-۳- انتقال خاکهای سطحی

این عمل باید هنگامیکه پی تراکم‌ناپذیر است به صورت منظم برای خاکریزهای کوتاه (ارتفاع کمتر از ۱ تا ۲ متر) انجام گیرد. در این مورد، طراح باید ضخامتی را که باید برداشته شود مشخص کند.

برای خاکریزهای مرتفع این عمل هنگامی توجیه‌پذیر است که پوشاندن شیبهای خاکریز ضروری بوده و پروژه این نوع پوشش را ایجاب کند. در این مورد، سنگهای خاک سطحی (اندازه بزرگترین ذرات ۱۵۰ میلیمتر)، ریشه و بوته باید برداشته شده و به صورت موقت در دسته‌هایی جای داده شوند. این دسته‌ها با ارتفاع کمتر از ۲ متر در محلیکه در معرض آب گرفتگی نیست، جمع‌آوری می شوند. دسته‌ها باید با شیب کمتر از ۲/۳ شکل داده شده و تسطیح گردند. سطح این دسته‌ها برای اجتناب از ایجاد حوضچه‌های آب باران کمی تراکم می شود.

پوشاندن شیبها با خاک سطحی نباید به عنوان یک اصل و قانون بکار گرفته شود. شیبهایی که باید پوشش داده شوند مشخص گردیده و اگر امکان پذیر باشد در مرحله طراحی (یا در صورت امکان در زمان شکل دهی نهایی خاکریز) پوشانیدن این شیبها مشخص شود. در بسیاری از موارد پوشانیدن شیبها نه تنها بی فایده بوده بلکه حتی می تواند مضر نیز باشد.

۲-۴-۴- تسطیح و تراکم پی

این عمل هنگامی ضروریست که شکل طبیعی زمین اجازه زهکشی سریع به آبهای باران نداده، یا جاهایی که در نیاز به بهبود عبور و مرور برای جابجایی وسایل حمل خاک لایه‌های اساس ضروریست. این عمل

بلافاصله بعد از عملیات برداشتن ریشه‌های درخت یا انتقال آبهای سطحی باید انجام گیرد. در پی های تراکم پذیر چنین عملی (بخصوص تراکم) اغلب غیر موثر و در نتیجه بی فایده است.

۲-۴-۵- آرایشهای زهکشی خاص و انتقال مواد نرم

تنها آرایشهایی که به عنوان توصیه می‌تواند مورد توجه واقع شود جلوگیری از آب گرفتگی خاکهای محافظ خاکریز است. این آرایشها ضرورتاً بر تسطیح و عملیات تراکم بالغ می‌شود که قبلاً توضیح داده شد. با این وجود در بعضی موارد این آرایشها باید بوسیله اقدامات دیگری از قبیل ساخت جمع آوری کننده‌های موقت و محللهای ریزش آب (جویهای آب، چاه‌ها و ...) کامل شوند. آرایشهای دیگری، بویژه برای زهکشی پی خاکریز در فصول مشترک خاکبرداری / خاکریزی شاید ایجاد شود که به عنوان مثال به سیستم زهکشی اساس خاکریز (لایه زهکش، کانال زهکشی با الگوی شاخه اصلی و ...) و / یا تعیین یا ایجاد ریزشگاههای آب (به عنوان مثال حوزه‌ها یا چاههای نفوذ ناپذیر) می‌توان اشاره کرد که باید در مرحله طراحی برنامه‌ریزی و مشخص شوند.

انتقال مواد نامناسب (خاک نباتی، سیلت، زباله‌های گوناگون و ...) از مسیر یک خاکریز می‌تواند توصیه گردد هنگامیکه فقط حجم کمی از این مواد در مسیر خاکریز وجود دارد. در صورتیکه این مواد فاکتور مهمی در هزینه پروژه باشند، در مرحله طراحی باید بررسی شوند و برای تعیین روش اندازه‌گیری حجم این مواد تدابیری باید اندیشیده شود.

۲-۴-۶- ساخت سکوها

هنگامیکه ساخت یک خاکریز در روی زمینی با شیب طبیعی بیش از ۱/۵ (افقی / قائم) ضروریست روش عمومی که بعنوان راه حلی برای ساخت خاکریز می‌تواند پیشنهاد گردد ایجاد سکوه‌های خاکبرداری شده می‌باشد. این عمل باید پیش از اجرای لایه اساس صورت گیرد. این سکوها ۲ تا ۳ متر عرض داشته و اصولاً دارای سطح افقی می‌باشند (با این وجود شیب کمی، برای جریان آب به پایین دست شیب طبیعی مجاز است).

اگر در مجموع آرایشهای خاصی مانند جایگزینی لایه های زهکش برای پیوستگی جریان بین سکوه‌های مختلف ضروری باشد باید در مرحله طراحی، برنامه‌ریزی و مشخص شود.

۳- راهنمایهای عملی برای ساخت خاکریزها

۳-۱- تکنیک ساخت

۳-۱-۱- تراکم اصولی

هر خاکریز راه باید به صورت منطقی متراکم گردد، به عبارت دیگر خاکریز در لایه‌های متوالی به صورت افقی و با ضخامتی متناسب با تاثیر وسیله تراکم مورد استفاده ساخته شود. در صورتیکه مصالح مورد استفاده شامل ذرات بسیار درشت باشد، دستچین کردن ذرات بزرگتر از محدوده یا تعویض وسیله تراکم مورد استفاده برای رفع این مشکل توصیه می‌گردد. افزایش تعداد عبور نمی‌تواند جایگزین وسیله تراکمی با انرژی تراکم ناکافی باشد.

اجرای عملیات تراکم بوسیله ماشینهای حمل مواد خاکریز هنگامیکه از تراکم یکنواخت و مناسب مصالح اطمینان حاصل نشود توصیه نمی‌گردد.

۳-۱-۲- شکل دادن و تراکم شیبها

این تراکم به علت خطر اجرای تراکم ماشینی در تاج شیبهای خاکریز مهارت خاصی را می‌طلبد. بخاطر تعیین استحکام شیب و در نتیجه هندسه و پایداری خاکریز، این پدیده بسیار مهم است. برای اجرای مناسب این عملیات دو کارکرد زیر ممکن می‌باشد.

- روش اول عریضتر ساختن خاکریز می‌باشد. این روش شامل ساخت خاکریزی با اضافه عرض یک متر از طرفین می‌باشد که فاصله مناسب وسایل تراکم را از تاج خاکریز میسر می‌سازد. این عمل سبب می‌شود هنگامیکه هر لایه را متراکم می‌کنیم از ایمنی آن اطمینان حاصل کنیم در حالیکه مقطع خاکی نهایی متراکم شده است. هنگامیکه خاکریز کامل شد توجه به اصلاح شیب در ابعاد نهایی آن با استفاده از ابزارهای مناسب (حفارهای هیدرولیکی) ضروریست. خاک اضافی حاصل نیز می‌تواند در ساخت خاکریزهای دیگر دوباره استفاده شود.

این روش برای خاکریزهایی با شیبهای بیشتر از نسبت ۱ به ۲ (افقی / قائم) که ارتفاع خاکریز آنها کمتر از ۵ تا ۷ متر باشد می‌تواند بکار رود. برای ارتفاعهای بیشتر از این مقدار استفاده از برم ضروری بنظر می‌رسد (این برمه‌ها در هر موردی برای حفاظت و پایداری خاکریز پسندیده هستند) و شیب نیز در هر زمانیکه برم به حد نهایی ساخت خود برسد اصلاح خواهد شد.

- عمل دوم بسیار ساده بوده و به شیبهای کمتر از نسبت ۱ به ۲ (افقی / قائم) محدود می‌شود. این روش شامل ساخت خاکریز در هندسه نهایی آن و شکل دادن و متراکم کردن شیب می‌باشد که بطور همزمان با استفاده از غلطکهای لرزشی متحرک با پهنای زیاد پخش کننده بار (یا بولدورهای بزرگ) انجام می‌شود که به موازات زاویه شیب خاکریز حرکت می‌کنند.

کارهای فریبنده بسیار دیگر، همچون استفاده از وسایل متراکم کننده ای که از خصوصیت بالا بردن مصالح از تاج شیب استفاده می کنند، به عنوان یک عمل قابل قبول کلی برای تراکم شیبهای خاکریز توصیه نمی شود.

۳-۱-۳- حدود مجاز آب و هوایی در زمان ساخت

لزوم عمل انتقال خاک مطابق با شرایط آب و هوایی غالب یک توصیه عمومی بسیار مهم است. بویژه این عمل محتاج ماشین و روشهای کاری می باشد که با توجه به خاکها و شرایط آب و هوایی مورد انتظار سایت در حین ساخت خاکریز باید استفاده شود.

مشخص است که حفاری لایه ای مواد خاکریز (بویژه استفاده از اسکرپر) مصالح بیشتری را در معرض آب و هوا قرار می دهد، بویژه این تماس برای مصالح سطحی خاکریز بیشتر است حال آنکه اثر این پدیده بر روی حفاری سطحی (به عنوان مثال حفاری هیدرولیکی) کمتر است.

هنگامیکه بهینه کردن شرایط کاری انجام می گیرد، شرایط بالا باید در نظر گرفته شوند. علاوه بر تاثیر شدید آب و هوا بر روی انتخاب ماشین آلات و تکنیک ساخت، در نظر گرفتن شرایط کاری مطابق با شرایط آب و هوایی مورد انتظار یک نیاز است:

- فراهم کردن وسایل ویژه مطمئن همچون شخم زننده ها، شخم زننده های حلقه ای و ... به منظور جریان هوا(هوادهی) و خشک کردن، گریدرها و متراکم کننده های چرخ لاستیکی برای شکل دادن و آب بند کردن سطح بالایی، به محض اینکه بارش محتمل گردد.
- ثبت همه اندازه گیریهای موقت مورد نیاز برای جمع آوری آبهای حاصل از بارش، در محلهای ممکن، به منظور انتقال این آب از کارگاهها.
- با توجه به متغیرهای زیاد آب و هوایی در سایت؛ برای گرفتن اطلاعات آب و هوایی کوشش زیادی برای پیش بینی آب و هوا لازم است. به این دلیل پیمانکار باید با نزدیکترین ایستگاه هواشناسی در سایت مرتبط بوده یا یک ایستگاه آب و هوایی در خود سایت نصب کند.

۳-۱-۴- اصلاح خاکهای حساس به آب در شرایط بسیار مرطوب بوسیله آهک، برای استفاده مجدد در خاکریزها

روش اصلاح خاک بوسیله آهک به عنوان یک تجربه عمومی در بعضی از کشورها (بخصوص در کشورهای شمالی اروپا) می تواند ملاحظه شود. در عمل این رویه به علت مقدار قابل توجه خاکهای حساس به آب و بسیار مرطوب که باید در شرایط طبیعی مجددا استفاده شوند، برای بیش از دو دهه بطور وسیعی بکار رفته است. بعلاوه، عملاً زمان بسیار کوتاهی برای تحقق عملیات خاکی وجود دارد لذا اثر سودمند شرایط آب و هوایی موجود بر روی خاکهای مرطوب مورد انتظار است. به هر حال هدف از این کار التزام پیمانکار برای استفاده از تکنیکهای مربوطه برای رسیدن به نتیجه مطلوب می باشد، به عبارت

دیگر پیمانکار باید وسایل و دانش مربوطه را دارا باشد. با تمامی این تفاسیر، مشخص کردن هزینه اضافی آهک و این حقیقت که واقعا چه مقدار آهک لازم است، غیر قابل پیش بینی می باشد (بخاطر وابستگی آن به انواع خاک و آب و هوا)؛ پیمانکار نیز به علت بلا تکلیفی مالی ممکن است این شرایط را تحمل نکند. اگر تثبیت مصالح با آهک ضروری بنظر رسد، ممکن است برای پیمانکار شرایطی را اختصاص داد که او را مجاز به افزایش مقادیر کنونی آهک به منظور تعهد کاری بنماید. در کشورهای دیگر که تکنیک استفاده از آهک بطور معمول استفاده نمی شود، این تکنیک باید در پروژه بطور کامل مشخص گردد.

۳-۲- سطح تراکم مورد انتظار

برای پایدار ماندن خاکریزها، مصالح ریخته شده باید به سطح مناسبی از تراکم برسند. شکست هنگامی روی می دهد که نشستهای تجربه شده در خاکریز برای روسازی یا سازه های مهندسی مجاور غیر قابل قبول باشد. در مقادیر بسیار کمتر از ماکزیمم دانسیته خشک خاک تعیین شده از آزمایشهای تراکم، شکست به علت عدم مقاومت برشی کافی خاک برای ارتفاع و شیبهای انتخابی ممکن است اتفاق بیفتد.

تراکم بیش از حد موجب خطر تورم در خاکهای رسی می شود که در شرایط خشک اجرا شده اند اما می توانند بعد از ساخت در معرض رطوبت قرار گیرند. در حالیکه برای خاکهای رسی مرطوب، تراکم بیش از حد فشارهای آب حفره ای اضافی را ایجاد می کنند که با کاهش مقاومت برشی می تواند موجب گسیختگی گردد.

بنابراین تعیین سطح بهینه تراکم یک الزام بسیار مهم است. لیکن وسایل رسیدن به آن بسیار پیچیده است، زیرا که دانسیته تراکم پارامتری مرتبط با شرایط خاک محلی است که تعیین و تطبیق آن مشکل می باشد. پیشنهادهای بسیاری در پنجاه سال گذشته برای تعیین سطح تراکم بهینه داده شده است. اخیرا یکی از سه روش توصیه شده که جزئیات آن در جدول ۴ آمده است می تواند پذیرفته شود.

جدول ۴- خصوصیات روشهای مختلفی که می تواند برای مشخص و تعیین کردن سطح تراکم خاکها استفاده شوند. این موارد در خاکریز راهها متداول اند.

ملاحظات	منطقه کاربرد	مقادیری که باید ارضاء شوند	قاعده کلی	نوع روش
		مقادیری که عموما بکار برده می شوند عبارتند از:		با مراجعه به یک یا چند ویژگی خاک محل که در زیر آورده شده است:

۴/د/۱۴۰۵ جدول ۴

<p>به علت اینکه سطح تراکم بصورت بی واسطه، بوسیله پارامترهای مناسب تعیین می شود این روش از لحاظ تئوری کاملاً بی عیب است، اما اغلب آزمایشهای قابل قبول در عمل مشکل و گران هستند.</p>	<p>خاکریزه های خاکهای ریزدانه (۲۵٪ یا بیشتر از الک ۲۰ میلیمتری می گذرد) که نسبتاً همگن هستند (برای اجتناب از لزوم تکرار تعیین مقادیر ρ_d).</p>	$T = \frac{\rho_d \text{ in situ}}{\rho_d \text{ OPN}} \geq 95\%$	<p>نسبت تراکم T کسری از دانسیته خشک خاک مبنا است که باید برای خاک محل بدست آید.</p>	<p>نسبت تراکم T(%)</p>
		<p>مقادیری که برای Sr استفاده می شوند عبارتند از:</p> $60\% \leq Sr \leq 95\%$	<p>دانسیته خشک مبنایی (ρ_d) که عموماً استفاده می شود، چگالی خشک بهینه آزمایش پروکتور معمولی (OPN) است.</p>	<p>+ درجه اشباع Sr(%)</p>
		<p>مقادیری که عموماً برای n_a استفاده می شوند عبارتند از:</p> $n_a \leq 10\%$	<p>خصوصیات Sr و n_a از روی پارامترهای ρ_s و w، ρ_d محاسبه می شوند.</p>	<p>+ در صد فضاهای خالی هوا n_a(%)</p>

<p>در عمل ارزیابی سطح تراکم بوسیله اندازه گیری مدول تغییر شکل نسبی بسیار رضایتبخش است (با توجه به سهولت ساخت وسایل اندازه گیری در این مورد خاص) اما اغلب اوقات این مقادیر اشتباه تفسیر می شوند (بوئزه در مورد مصالح چسبنده خشک).</p>	<p>سطح تراکم برای خاکریزهایی با مصالح درشت دانه بوسیله روش ارائه شده در بالا قابل انجام نیست. توجه: این روش برای مصالح درشت دانه قابل استفاده نمی باشد ولی می توان از آن در خاکهای چسبنده در وضعیت خشک استفاده کرد.</p>	<p>مقادیر بدست آمده به نوع خاک (دانه‌ای یا چسبنده) و پارامترهای بارگذاری (ϕ صفحه، تنش اعمال شده) بستگی دارد. پیشنهاد مقادیری که عموماً قابل قبولند امکان پذیر نیست.</p>	<p>مدول تغییر شکل نسبی بوسینسک، ویژگی است که اغلب استفاده می شود و بوسیله آزمایش بارگذاری استاتیکی زیر صفحه سخت (صلب) تعیین می شود.</p>	<p>بوسیله مراجعه به یک (یا چند) ویژگی خاک متراکم شده</p>
<p>این روش مشخصات عینی شرایطی را که به سطح مطلوبی از تراکم ختم می شود تأیید می کند. همچنین آزمایش محلی قابل قبول با این شرایط آسان و ارزان می باشد (هیچ آزمایشی بر روی خاک محل).</p>	<p>هنگامیکه پارامترهای مشخص کننده شرایط تراکم که باید در سایت ایجاد شوند مشخص باشد، از این روش می توان برای تخمین سطح تراکم کلیه مصالح خاکی و سنگی بادرجه بالایی از اطمینان استفاده کرد.</p>	<p>اینها عموماً بوسیله ضخامت لایه برای نوع / وزن وسیله متراکم کننده خاص و انرژی تراکم بر روی طبقه خاک داده شده مشخص می شوند.</p> <p>انرژی تراکم می تواند به وسیله تعداد ضربات یا پارامترهای دیگری که مستقیماً با سطح انرژی مرتبط هستند مشخص شود.</p>	<p>نوعی تراکم که در بقیه قسمتها (در بخشهای آزمایشگاهی) تعیین شده است و بمنظور اطمینان از سطح رضایتبخش تراکم استفاده می شود.</p>	<p>بوسیله مراجعه به اسباب عملی تراکم که آزمایش شده اند.</p>

به هر حال، چون شرایط تراکمی که باید در محل اجرا شود برای مصالحی خاص (تعریف شده) بوسیله دانه بندی و درصد رطوبت) و برای توان وسیله تراکم مورد استفاده مشخص است، کاربرد این روش در طی شرایط کاری علمی فرض می شود.				
--	--	--	--	--

۳-۳- سطح مقاومت مورد انتظار

بر خلاف آنچه که ممکن است تصور شود، جستجوی یک مقدار مقاومت ویژه برای مصالح مورد استفاده در خاکریز امری کاملاً نامناسب است.

خاکریزهای ساخته شده با مصالح فقط دانه‌ای شده در تمام ارتفاع خاکریز، همراه با شیبی که در جدول ۳ بیان شد، ویژگیهای مقاومتی دارند (حتی با تراکم کم) که همیشه برای اطمینان از پایداری سازه با توجه به شکست برشی کافی خواهد بود.

در مورد مصالح چسبنده خشک مقاومت پس از تراکم اغلب بسیار بالاست، اما اگر این مواد بعد از ساخت خاکریز خیس شوند مقاومت حاصل در میان و بلند مدت مقدار اولیه را نخواهد داشت.

مصالح چسبنده خیس (که خطر ایجاد فشار آب حفره ای در طی تراکم وجود دارد) می‌توانند برای تعیین سطح مقاومت مینیمم به منظور اطمینان از پایداری خاکریز در طی ساخت آن استفاده شوند (بعلت اینکه بعد از ساخت خطر گسیختگی در اثر معوض فشار آب حفره ای کاهش می‌یابد). مقدار مورد نیاز از محاسبه

پایداری با توجه به شکست برشی در مقطع عرضی خاکریز تعیین می شود (به عبارت دیگر از مقاومت برشی زهکشی نشده Cu مصالح ریخته شده در محل بدست می آید).

۳-۴- عملیات پایانی

کارهای پایانی شامل شکل دهی سطح مابین شیپها و زمین طبیعی، سطح سازی شیپها با خاک سطحی، کاشتن گیاهان و یا درختها، ایجاد سیستم زهکشی برای آبهای سطحی، آراستن و تمیز کردن تمامی مناطق (محلهای قرصه، توده های مصالح و ...) ایجاد شده و سطوح (شیپهای محلی، مناطق انبار مواد و ...) و در نهایت بازیابی تمامی جریانات طبیعی می باشد که تحت تاثیر عملیات انجام شده قرار گرفته اند. برای تمامی این وظایف، تنها توصیه عمومی می تواند روشن کردن وظیفه ایجاد پیوستگی مناسب محل تلاقی آبراه همراه با پایداری سازه مجاور است. درخواستهای خاص دیگر مرتبط با عملیات پایانی باید در قرارداد بوضوح ذکر شود.



WORLD ROAD ASSOCIATION - PIARC

ROAD AND TRANSPORTATION MINISTRY
DEPUTY OF

TRAINING, RESEARCH AND TECHNOLOGY

GUIDELINES FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROAD

UNIT OF
TECHNOLOGY & COMMUNICATION WITH
SPECIALIZED ORGANIZATIONS

PIARC SECRETARIAT IN IRAN

P5/C12/82/46