جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله
http://www.mporg.ir

نشریه شماره ۱۳۱

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راههای جنگلی

نشریه شماره ۱۳۱

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

چاپ دوم
۱۳۸۴
انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۴/۰۰/۴۳

فهرست‌برگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راههای جنگلی/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۴.

۱۷۴، ۱۷ ص.: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۱۳۱) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۴/۰۰/۴۳)

ISBN 964-425-630-1

"چاپ دوم"

چاپ اول توسط سازمان برنامه و بودجه منتشر شده است

مربوط به بخشنامه شماره ۴۴۳۷-۱۳۲۱/۵۶-۱۰۲ مورخ ۱۳۷۳/۴/۷

کتابنامه: ص. ۱۷۱-۱۷۴

۱. راهسازی. ۲. راهها – طرح و برنامه‌ریزی. ۳. جنگل و جنگلداری – حفاظت. الف. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۸۴ ش. ۱۳۱ ۲ س/ ۳۶۸ TA

شابک ۱-۶۳۰ - ۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-630-1

راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راههای جنگلی

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ دوم، ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۴۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۴

چاپ و صحافی: زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه

به :	دستورالعمل شماره ۱۰۲_۱۳۲۱/۵۶_۴۴۳۷
تمامی دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاور	مورخ: ۱۳۷۳/۴/۷

موضوع: نشریه شماره ۱۳۱ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

تذکر:

باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین‌نامه استانداردهای اجرائی طرح‌های عمرانی این دستورالعمل از نوع **دوم** مذکور در ماده هفت آئین‌نامه در **یک** صفحه صادر می‌گردد. تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین‌نامه در مورد این دستورالعمل ۱۳۷۳/۷/۱ می‌باشد.

بدینوسیله نشریه شماره ۱۳۱ دفتر تحقیقات و معیارهای این سازمان تحت عنوان "راهنمای طرح ، اجرا و بهره برداری راه های جنگلی" ابلاغ می‌شود.

لازم است دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود درطرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

مسعود روغنی زنجانی

معاون رئیس جمهور و

رئیس سازمان برنامه و بودجه

" آئین‌نامه استانداردهای اجرائی طرحهای عمرانی "

"مصوبه ۱۳۵۲/۴/۳۰ هیات وزیران"

فصل سوم- انواع دستورالعمل و نحوه ابلاغ

ماده ۷- دستورالعمل‌های موضوع این آیین‌نامه به سه گروه به شرح زیر تقسیم می‌شود:

بند۱- گروه اول دستورالعمل‌هایی که رعایت کامل مفاد آن از طرف دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور و پیمانکاران و عوامل دیگر ضروری است (نظیر فرم ضمانت‌نامه‌ها، فرم پیمان‌ها، استانداردهای فنی، تجزیه واحد بها و غیره).

بند۲- گروه دوم دستورالعمل‌هایی که بطور کلی و برای موارد عادی تهیه می‌گردد و بر حسب مورد دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور و پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند به تشخیص خود مفاد دستورالعمل و یا ضوابط و معیارهای آنرا با توجه به کار مورد نظر و در حدود قابل قبولی که در دستورالعمل تعیین شده تغییر داده و آنرا با شرایط خاص کار مورد نظر تطبیق دهند (نظیر حق‌الزحمه مهندسان مشاور و شرایط عمومی پیمان و مشخصات عمومی و غیره).

بند۳- گروه سوم دستورالعمل‌هایی است که به عنوان راهنمایی و ارشاد دستگاه‌های اجرایی و موسسات مشاور و پیمانکاران و سایر عوامل تهیه می‌شود و رعایت مفاد آن در صورتیکه دستگاه‌های اجرایی و موسسات مشاور روش‌های بهتری داشته باشند اجباری نیست.

ماده ۸- سازمان موظف است گروه هر دستورالعمل را بطور مشخص در متن آن قید نموده و به علاوه در مورد دستورالعمل‌های گروه ۱ و گروه ۲ تا تاریخی که از آن تاریخ لازم است به مورد اجرا گذاشته شود تعیین نماید. مدت زمان بین تاریخ صدور این دستورالعمل‌ها وتاریخی که به مورد اجرا گذاشته می‌شود نباید از ۳ " کمتر باشد. در صورتی که دستورالعمل ناقص و یا جایگزین تمام و یا قسمتی از دستورالعمل‌های قبلی باشد لازم است مراتب صراحتا" وبا ذکر مشخصات دستورالعمل‌های قبلی در متن دستورالعمل قید گردد.

نشریه

راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی

فهرست صفحه

فصل اول - کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- نکات ویژه مربوط به راه‌های جنگلی ۵

۱-۳- طبقه بندی راه‌های جنگلی ۸

فصل دوم - معیارهای فنی راه‌های جنگلی ۱۳

۲-۱- معیارهای هندسی مقطع عرضی راه‌های جنگلی ۱۳

۲-۲- معیارهای هندسی مقاطع طولی راه‌های جنگلی ۲۴

فصل سوم - مشخصات فنی ساختمان راه‌های جنگلی ۵۴

۳-۱- زیرسازی راه‌های جنگلی ۵۴

۳-۲- روسازی راه‌های جنگلی ۷۳

فصل چهارم - تثبیت شیروانیهای راه ۹۴

۴-۱- تعریف ۹۴

۴-۲- اهمیت ساختمان و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری

و خاکریزی در راه‌های جنگلی ۹۵

۴-۳- شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی در مناطق مسطح و تپه ماهور ۹۵
۴-۴- شیروانی‌های کناری راه در مناطق جنگلی کوهستانی ۹۶
۴-۵- تثبیت شیروانی‌های راه‌های جنگلی کوهستانی ۹۷

فصل پنجم - زه‌کشی جاده‌های جنگلی ۱۱۱
۵-۱- کلیات ۱۱۱
۵-۲- انواع زه‌کشی ۱۱۳
۵-۳- لوله‌گذاری برای هدایت آب کانال‌های کنار راه ۱۱۸
۵-۴- مطالعات هیدرولوژیکی در رابطه با لوله‌گذاری در مسیر راه‌های جنگلی ۱۲۵
۵-۵- تعیین میزان شدت جریان آب ۱۲۹
۵-۶- مطالعات هیدرولیکی در لوله‌گذاری کانال‌های طبیعی ۱۳۹
۵-۷- اصول کلی نصب لوله در راه‌های جنگلی ۱۵۰

فصل ششم - بازسازی راه‌های جنگلی مستهلک شده ۱۵۶
۶-۱- مقدمه و هدف ۱۵۶
۶-۲- روش تعیین شاخص ضخامت روسازی راه ۱۵۶

فصل هفتم - تعمیر و نگهداری راه‌های جنگلی ۱۶۰
۷-۱- کلیات ۱۶۰
۷-۲- تعمیر و نگاهداری راه‌های خاکی‌وشنی ۱۶۱
۷-۳- تعمیر و نگهداری شانه‌ها، کانال‌ها و دیواره‌ها ۱۶۶
۷-۴- اقدامات حفاظتی راه ۱۶۸

فهرست اشکال

صفحه

۱- شکل ۲-۱ اجزاء مقطع عرضی راه‌های جنگلی ۱۳

۲- شکل ۲-۲ کانال کناری با مقطع ذوزنقه ۱۹

۳- شکل ۲-۳ کانال کناری با مقطع V ۲۰

۴- شکل ۲-۴ تاج راه‌های جنگلی ۲۲

۵- شکل ۲-۵ مشخصات قوس در راه‌های جنگلی ۲۸

۶- شکل ۲-۶ فاصله دید و مقدار m در راه‌های یک طرفه جنگلی ۳۳

۷- شکل ۲-۷ فاصله دید در شب و روز ۴۱

۸- شکل ۲-۸ فاصله توقف در راه‌های یک خطه دو طرفه ۴۴

۹- شکل ۲-۹ فاصله توقف در راه‌های دو خطه ۴۵

۱۰- شکل ۲-۱۰ فاصله دید نور شب (فاصله توقف) ۴۶

۱۱- شکل ۲-۱۱ نیمرخ عرضی راه‌های جنگلی در روی یال‌ها ۴۹

۱۲- شکل ۲-۱۲ فاصله گذرگاه‌ها در راه با ترافیک همگن ۵۰

۱۳- شکل ۲-۱۳ فرم و ابعاد گذرگاه‌ها در مسیرهای مستقیم ۵۰

۱۴- شکل ۲-۱۴ فرم و ابعاد گذرگاه‌ها در امتداد قوس‌های افقی ۵۱

۱۵- شکل ۲-۱۵ ابعاد محل‌های دور زدن ۵۳

۱۶- شکل ۳-۱ قسمت‌های مختلف زیرسازی راه ۵۵

۱۷- شکل ۳-۲ تعیین عرض حریم ساختمانی راه‌های یک طرفه ۵۷

۱۸- شکل ۳-۳ تعیین عرض حریم ساختمانی راه‌های دو طرفه ۵۷

۱۹- شکل ۳-۴ روش‌های منفجر کردن کنده ۵۹

۲۰- شکل ۳-۵ روش‌های منفجر کردن سنگهای آزاد ۶۰

۲۱- شکل ۳-۶ خاکبرداری جانبی ۶۲

۲۲- شکل ۳-۷ روش خاکبرداری جانبی با بولدوزر ۶۳
۲۳- شکل ۳-۸ روش خاکبرداری طبقه‌ای ۶۴
۲۴- شکل ۳-۹ روش انفجار عمودی ۶۶
۲۵- شکل ۳-۱۰ روش انفجار افقی ۶۷
۲۶- شکل ۳-۱۱ محدوده دانه‌بندی مناسب برای انواع تثبیت خاک ۷۰
۲۷- شکل ۳-۱۲ منحنی‌های دانه‌بندی مناسب برای روسازی راه‌های جنگلی ۷۸
۲۸- شکل ۳-۱۳ مراحل ساخت راه‌های جنگلی با بستر طبیعی ۸۳
۲۹- شکل ۳-۱۴ روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ‌چین کلاسیک ۸۶
۳۰- شکل ۳-۱۵ روسازی راه‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده ۹۰
۳۱- شکل ۳-۱۶ روسازی راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت ۹۳
۳۲- شکل ۴-۱ شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی ۹۴
۳۳- شکل ۴-۲ طرز نمایش شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی ۹۷
۳۴- شکل ۴-۳ تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی ۱۰۰
۳۵- شکل ۴-۴ استفاده از بافته‌های پلاستیکی درشت بافت برای تثبیت شیروانی‌های خاکی ۱۰۲
۳۶- شکل ۴-۵ تثبیت دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی به روش کشت نهال در بانکت ۱۰۴

۳۷- شکل ۴-۶ تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری به روش کشت قلمه در بانکت ۱۰۶
۳۸- شکل ۴-۷ تثبیت شیروانی‌های خاکریزی به روش کشت قلمه در بانکت ۱۰۶
۳۹- شکل ۴-۸ حفاظت و تثبیت شیروانی‌ها با مصالح چوبی ۱۰۹
۴۰- شکل ۴-۹ حفاظت و تثبیت شیروانی‌ها با گابیون ۱۱۰
۴۱- شکل ۵-۱ نوعی زه‌کشی عمقی معمولی ۱۱۴
۴۲- شکل ۵-۲ فرم محاسبه و قرارگیری بند برای کاهش سرعت آب ۱۱۸
۴۳- شکل ۵-۳ فرم لوله‌های چوبی ۱۲۰
۴۴- شکل ۵-۴ تعیین میزان شدت جریان آب از طریق بازدید وضع کانال و داغاب ۱۳۱
۴۵- شکل ۵-۵ وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت معمولی ۱۴۱
۴۶- شکل ۵-۶ وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت غوطه‌ور ۱۴۲
۴۷- شکل ۵-۷ ارتفاع آب برای لوله‌های فلزی کرکره‌ای در کنترل ورودی ۱۴۵
۴۸- شکل ۵-۸ ارتفاع آب برای لوله‌های ناودانی یا تاقی ۱۴۶
۴۹- شکل ۵-۹ ارتفاع آب برای لوله‌های چهار گوش ۱۴۷
۵۰- شکل ۵-۱۰ ارتفاع آب برای لوله‌های سیمانی ۱۴۸
۵۱- شکل ۵-۱۱ ارتفاع آب برای لوله‌های سیمانی بیضی ۱۴۹
۵۲- شکل ۶-۱ نمودار تعیین شاخص ضخامت روسازی ۱۵۸
۵۳- شکل ۶-۲ تصویر تقویت روسازی یک جاده با روش تعیین شاخص ضخامت لایه‌های روسازی ۱۵۹

فهرست جداول

صفحه

۱- جدول شماره ۱ مقدار S۱ برای سرعت‌های مختلف ۱۵

۲- جدول شماره ۲ محاسبه عرض سواره‌رو راه‌های دو طرفه جنگلی برای سرعت‌های مختلف ۱۶

۳- جدول شماره ۳ عرض عبور در راه‌های یک طرفه جنگلی بسته به سرعت طرح ۱۶

۴- جدول شماره ۴ عرض شانه‌ها در راه‌های جنگلی ۱۸

۵- جدول شماره ۵ شیب تاج راه با توجه به نوع راه ۲۳

۶- جدول شماره ۶ طول شعاع قوس بر حسب نوع راه ۲۵

۷- جدول شماره ۷ فاصله اطمینان دید ۳۲

۸- جدول شماره ۸ مقدار M ۳۴

۹- جدول شماره ۹ مقدار شیب طولی در امتداد قوس‌ها ۳۸

۱۰- جدول شماره ۱۰ مقدار حداکثر و حداقل شیب در جاده‌های جنگلی ۳۸

۱۱- جدول شماره ۱۱ شیب جاده با توجه به سرعت طرح ۴۰

۱۲- جدول شماره ۱۲ تغییرات شیب طولی قوس‌های قائم در خط پروژه ۴۲

۱۳- جدول شماره ۱۳ غلطک‌های مناسب متراکم کردن انواع خاک‌ها ۷۱

۱۴- جدول شماره ۱۴ شیب مناسب شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی ۹۸

۱۵- جدول شماره ۱۵ جدول ضریب زبری در فرمول مانینگ ۱۳۳

۱۶- جدول شماره ۱۶ ارتفاع بارانِ در رابطه با تداوم و دوره برگشت برای شرایط گیلان ۱۳۷
۱۷- جدول شماره ۱۷ ارتفاع باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت برای شرایط مازندران ۱۳۸

بسمه تعالی

بهره‌برداری اصولی از جنگل مستلزم بکارگیری علوم تخصصی جنگل، برنامه‌ریزی دقیق و همچنین ایجاد امکان برداشت چوب از تمام سطح جنگل، هماهنگ با رویش سالانه در واحد سطح می‌باشد، به نحوی که نه تنها موجودیت جنگل، بلکه کمیت و کیفیت و بقای آن نیز تامین گردد.

برای دستیابی به چنین حالت بهینه‌ای، ایجاد شبکه‌ای از جاده‌های جنگلی با تراکم کافی برای افتتاح جنگل و دسترسی به تمام نقاط و سطح آن لازم و ضروری است.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه که طبق ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه مسئولیت تهیه دستورالعمل و مشخصات فنی و نقشه تیپ اجرائی برای طرح‌های عمرانی کشور را عهده‌دار است با توجه به ضرورت تهیه ضوابط و مشخصات فنی مورد نیاز راه‌های جنگلی نسبت به تدوین "راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی " اقدام نمود.

از اعضای هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، آقای دکتر نصرت‌اله ساریخانی فصول "معیارهای فنی طراحی راه‌های جنگلی و به علاوه نگهداری و زه‌کشی آن" و آقای دکتر باریس مجنونیان "مشخصات فنی ساختمانی راه‌ها و بازسازی راه‌های مستهلک شده و تثبیت دیواره‌ها" را تهیه نموده‌اند.

از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه آقای مهندس علیرضا دولتشاهی به‌عنوان کارشناس مسئول، وظیفه جمع‌بندی و تنظیم و تطبیق مطالب و آقای علی اصغر طیبی‌زاده کار ترسیم اولیه شکل‌ها را، عهده‌دار بوده‌اند.

آقای مهندس سید اکبر هاشمی مدیر کل دفتر تحقیقات و معیارهای فنی با اظهار نظرهای سازنده خود، به این نشریه غنای خاص بخشیده‌اند و آقایان مهندس امیدوار و مهندس دبیری کار نقد و بررسی نشریه را به عهده داشته و شرکت سیگماسیستم کار حروفچینی، صفحه‌بندی، تهیه جداول و اشکال را بصورت کامپیوتری انجام داده‌اند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی به این وسیله از زحمات تمامی دست‌اندرکاران تشکر و قدردانی نموده و توفیق روز افزون آنان را در ارتقای سطح دانش فنی کشور آرزو می‌نماید، و انتظار دارد متخصصین محترم، سازمانهای ذیربط دولتی و نیز کارشناسان مطلع، این دفتر را از نظریات سازنده خود آگاه نمایند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

تابستان ۷۳

فصل اول
کلیات

۱-۱- مقدمه

جنگل موهبتی است الهی که موجودیت آن منبع و منشاء خیر و برکات بی‌شمار و بسیار پرارزش برای انسان است. از جمله نقش‌های پر اهمیتی که جنگل در محیط زیست انسان بازی می‌کند، می‌توان به این موارد اشاره کرد: تنظیم جریان آبها، حفاظت از خاک، حفاظت در مقابل بهمن و سیلاب‌های خانمان برانداز، حفاظت در مقابل باد، حفاظت از حیات وحش، تلطیف هوا، تفریح و تفرج، شکل دادن و تنوع بخشیدن به زیبائی‌های طبیعت و بالاخره تولید چوب و مواد سلولزی که به عنوان ماده اولیه مورد مصرف صنایع بی‌شماری می‌باشد. از این رو بهره‌برداری انسان از جنگل چند جانبه و مضاعف بوده و شامل استفاده‌های مادی، حفاظتی و فرهنگی می‌شود. هر یک از نقش‌های یاد شده بسته به شرایط منطقه و قدرت رویشگاه جنگلی می‌توانند اهمیت بیشتری پیدا کرده و مورد توجه قرار گیرند. به هر حال نقش‌های غیر تولیدی جنگل را که به طور مستقیم یا غیر مستقیم مورد استفاده عموم قرار می‌گیرند، نباید کم اهمیت انگاشته و تحت‌الشعاع نقش تولیدی آن قرار داد.

جنگل‌های نیمرخ شمالی البرز که عمدتا محدوده جغرافیائی موضوع این نشریه می‌باشد با داشتن رویشگاه مناسب و شرایط مساعد در صورت مدیریت صحیح می‌توانند تمام نقش‌های جنگل اعم از تولیدی، حفاظتی و یا

تفرجی را به خوبی و به صورت مستمر و دائم ایفا کنند.

این منطقه به‌عنوان مهترین قطب تولید چوب‌های صنعتی کشور مطرح بوده و اهمیت زیادی برای صنایع سلولزی و چوب کشور دارد سطح جنگل‌های این منطقه طبق آمار سال ۱۳۴۲ سازمان جنگل‌ها و مراتع ۱/۹ میلیون هکتار می‌باشد. بنابراین در مقایسه با وسعت و جمعیت، کشور ما از نظر صنایع جنگلی که قادر به تولید چوب‌های صنعتی در مقیاس تجارتی باشند نسبتا فقیر است و به همین جهت باید در اداره و بهره‌برداری این صنایع دقت و توجه بیشتری شود. البته سطح کل جنگل‌های کشور طبق آمار F.A.O حدود ۱۲ میلیون هکتار بر آورد می‌شود که شامل جنگل‌های شمال، بلوط غرب، پسته، ارس، جنگل‌های مانگرو در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان و بالاخره جنگل‌های شور کویری است. ولی همان طور که گفته شد فقط جنگل‌های شمالی نیمرخ البرز که به جنگل‌های شمال معروف است به لطف شرایط مطلوب و رویشگاه مناسب قادر به ایفای تمام نقش‌های خود از جمله نقش تولید چوب در سطح تجارتی است به طوری که هر گونه سرمایه‌گذاری زیر بنائی و از جمله جاده سازی در آن توجیه پذیر است .

اهمیت بقیه جنگل‌ها بخاطر شرایط سخت رویشگاهی بیشتر از نقطه نظر نقش‌های حفاظتی و خدماتی است و تولید چوب آنها از نظر کمی و کیفی به مقداری نیست که بتوان به صورت تجاری از آنها استفاده کرد.

تاکنون برای حدود ۵۰۰۰۰۰ هکتار از جنگل‌های تجارتی شمال طرح جنگل‌داری تهیه و اجرا شده است. از اجرای این طرح‌ها سالانه بیش از ۱/۵ میلیون متر مکعب چوب از جنگل‌های زیر طرح، بهره‌برداری می‌شود

که این مقدار قسمتی از احتیاجات منابع چوب کشور را تامین می‌کند. همواره مقداری چوب نیز به وسیله اهالی محلی و روستائیان حاشیه جنگل به طور پراکنده و نامنظم از این جنگل‌ها برداشت می‌شود که به مصرف سوخت و ساخت خانه‌های روستائی می‌رسد، ولی از مقدار این نوع بهره‌برداری آمار درستی در دست نیست.

عدم دسترسی به سطح جنگل در اثر کمبود و یا فقدان یک شبکه کافی از جاده‌های جنگلی از دلائل اصلی عدم گسترش طرح‌های جنگل‌داری به تمام سطح جنگل‌های شمال است. علاوه بر آن کمبود جاده در جنگل‌های شمال باعث شده است تا از ۱/۵ میلیون متر مکعب چوب برداشت شده در طرح‌های جنگل‌داری فعال کشور، قسمت اعظم آن به صورت چوب‌های تبدیل شده به الوار و تراورس از جنگل خارج شود، که این خود کاهش ارزش افزوده، بالا رفتن ضایعات و حیف و میل چوب‌های با ارزش را در پی دارد.

بنابراین برای بهره‌برداری اصولی از جنگل‌ها و اجرای طرح‌های جنگل‌داری علمی، به طوری که:

الف : تولید مستمر و دائم را در جنگل تضمین نماید،

ب : ارزش افزوده تولیدات را به حداکثر رساند

ج : از حیف و میل محصولات جلوگیری نماید،

د : حفاظت موثر از جنگل را ممکن سازد، وجود یک شبکه مناسب راه لازم بوده و اساسی‌ترین رکن جنگل‌داری علمی است.

جاده وسیله‌ای است که به طور دائم و در تمام فصول، دسترسی به قسمت‌های مختلف جنگل، حمل و نقل وسایل و نیروی کار و خدمات را به

داخل جنگل و همین طور خروج محصولات جنگلی تولید شده را به خارج از جنگل ممکن می‌سازد. به همین جهت سایر امکانات و وسایل از قبیل سیستم‌های کابلی در دراز مدت نمی‌توانند جایگزینی برای جاده بوده و فقط به عنوان مکمل آن می‌توانند مطرح باشند.

در حال حاضر تراکم جاده در جنگل‌های تجارتی شمال بسیار پائین بوده و از یک تا دو متر در هکتار در جنگل‌های فاقد طرح تا حداکثر و به ندرت ۲۰ متر در هکتار در جنگل‌ها زیر طرح و در دانگهای بهره‌برداری نوسان دارد.

اگر حداکثر تراکم فعلی در دانگهای بهره‌برداری یعنی ۲۰ متر در هکتار راه را برای شرایط فعلی هدف خود قرار دهیم، برای رسیدن به آن در تمام ۱/۳ میلیون هکتار جنگل‌های تجارتی قابل بهره‌برداری شمال، حجم کار فوق‌العاده عظیمی را که از نظر جاده‌سازی جنگل در پیش روی مسئولین جنگل‌داری کشور قرار دارد، می‌توان به راحتی پیش بینی کرد که این حجم کار نیز خود معیار دیگری برای درک اهمیت وجود ضوابط و مشخصات فنی اجرائی خاص این نوع راه‌ها می‌باشد.

راه سازی در جنگل‌های شمال کشور تا به حال تابع هیچ گونه ضابطه‌ای نبوده اکثرا طبق اعمال سلیقه‌های شخصی و عمدتا بر اساس ضرورت‌های فوری و بسته به توان مالی مجری، راه‌هائی با استانداردهای متفاوت و بدون در نظر گرفتن نیازهای جنگل و اهداف دراز مدت جنگل‌داری و در بهترین حالت با استفاده از تجربیات و معیارهای موجود در راه‌سازی عمومی، ساخته شده‌اند و به همین جهت عمدتا با نیازهای طرح‌های جنگل‌داری و اهداف

دراز مدت آن منطبق نیستند و اصولا تهیه و اجراء شبکه راه‌ها و پروژه‌های راه‌های جنگلی نیز مانند معیارهای فنی راه‌های جنگلی به صورت ناقص و بدون در نظر گرفتن اصول و فنون خاص این راه‌ها و بی‌توجه به اهداف جنگل‌داری بوده است.

در این نشریه، معیارهای فنی و دستورالعمل‌های لازم در رابطه با طراحی راه‌های جنگلی مورد بحث قرار می‌گیرد. برای دو بخش دیگر یعنی برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی و تهیه پروژه برای راه‌های جنگلی که در واقع مکمل این بخش هستند، باید ضوابط و معیارهای دیگری تهیه گردد تا مجموع این ضوابط به‌عنوان راهنمای مفیدی برای کار عظیمی که در پیش رو است در اختیار جنگلبانان و دست اندرکاران تهیه طرح‌های جنگل‌داری، مجریان و مدیران طرح‌های جنگل‌داری قرار گیرد.

۱-۲- نکات ویژه مربوط به راه‌های جنگلی

۱-۲-۱- نکات فنی

از آنجا که راه‌های جنگلی از جنبه‌های مختلف دارای ویژگی‌های مربوط به خود هستند لذا لازم است نکات زیر در طراحی راه‌های جنگلی مد نظر قرار گیرد.

- شیب : رعایت حدود منطقی شیب طولی و عرضی باعث حمل آسانتر چوب از عرصه جنگل خواهد شد.

- سرعت : محدود نگهداشتن سرعت در طراحی راه جنگلی به منظور جلوگیری از احداث قوس‌های با شعاع بزرگ. بی‌توجهی به این نکته و ایجاد بریدگی و برش‌های عمیق در اراضی زنده و بسیار حساس به لغزش و رانش در جنگل منجر خواهد شد.

- حجم و مقدار ترافیک : در راه‌های جنگلی حجم ترافیک معمولا بسیار اندک است و بستگی به حجم و یا وزن چوبی دارد که باید از روی راه عبور نماید. از آنجا که درصد بیشتری از طول راه‌های جنگلی (در کل شبکه و در یک واحد بهره‌برداری) آنهائی هستند که چوب کمتری را از نظر سرویس نقل و انتقالات و حمل در بر می‌گیرند، سعی می‌شود راه جنگلی به صورت یک طرفه ساخته شود. فقط در مناطقی که تناژ بار و حجم ترافیک از حد معینی تجاوز نماید می‌توان اقدام به احداث راه‌های جنگلی دو طرفه نمود.

۱-۲-۲- نکات اقتصادی

- دسترسی

شبکه راه‌های جنگلی که در یک جنگل گسترده‌اند و یک منطقه وسیع را به یک نقطه خروجی متصل می‌سازند باید به گونه‌ای طراحی گردند که ضمن ایجاد امکان دسترسی هر چه بیشتر، نزدیکتر و راحت‌تر به تمامی نقاط جنگل، سطح کمتری زیر راه قرار گیرد و یا به عبارت دیگر با حداقل طول حداکثر پوشش در سطح جنگل ایجاد گردد.

- کیفیت راه

ایجاد راه با کیفیت متناسب با وظیفه راه، می‌تواند از صرف هزینه‌های اضافی در ساختمان راه و همچنین هزینه‌های تعمیر و نگهداری جلوگیری نماید.

۱-۲-۳- نکات مربوط به نحوه مدیریت و بهره‌برداری جنگل

رعایت اصول زیر در حقیقت در برنامه ریزی و طراحی جاده‌های جنگلی اثر می‌گذارد که عبارتند از:

- روش‌های جنگل شناسی و پرورش جنگل و طرح‌های جنگلداری
- سیستم‌های بهره‌برداری
- گونه‌های درختی

۱-۲-۴- نکات زیست محیطی

- حداقل تخریب در طبیعت : راه‌های جنگلی اگر درست طراحی نشوند از عوامل مهم اختلال در اکوسیستم و تخریب طبیعت خواهد بود.

- قرار گرفتن هماهنگ راه در طبیعت

۱-۳- طبقه بندی راه‌های جنگلی

۱-۳-۱- طبقه بندی از نظر استقرار در طبیعت

راه‌های جنگلی به لحاظ استقرار در طبیعت به سه دسته تقسیم می‌شوند.

الف - راه‌های میان دره‌ای : راه‌هائی هستند که در نزدیکی امتداد خط القعر قرار دارند.

ب - راه‌های دامنه‌ای : راه‌هائی هستند که حدودا در حد فاصل بین خط الراس و خط القعر قرار گرفته‌اند.

پ - راه‌های روی یال : راه‌هائی هستند که روی خط الراس قرار دارند.

۱-۳-۲- طبقه‌بندی راه از نظر نحوه ساخت آن

راه‌های جنگلی از نظر نحوه ساخت به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

الف : راه‌های سخت : راه‌هائی هستند که زیرسازی و روسازی اساسی در آن انجام گرفته و در تمام طول سال قابل عبور و مرور هستند.

ب - راه‌های نیمه سخت : راه‌هائی هستند که در آنها عملیات شن ریزی مختصری صورت گرفته ولی تراکم کافی برای عبور و مرور در فصول مرطوب را ندارند.

پ - راه‌های نرم : راه‌هائی هستند که در آنها فقط عملیات خاکبرداری و

خاکریزی انجام گرفته و بستر طبیعی به‌عنوان عرض سواره رو در نظر گرفته شده است.

ت - راه‌های تراکتور رو(strip roads): مسیرهائی هستند اغلب بدون عملیات خاکی و منحصر به عبور تراکتورهای جنگلی (skidder) می‌باشند.

۱-۳-۳- انواع راه از نظر طراحی و کاربرد

۱-۳-۳-۱- راه‌های اصلی درجه یک (Main Access Roads)

این نوع راه‌ها اغلب ارتباط شبکه راه جنگلی (در محدوده خروج چوب از جنگل) به راه‌های عمومی را عهده‌دار هستند. راه‌های اصلی درجه یک گذشته از سرویس دهی به جنگل و نقل و انتقالات چوب گاه وظیفه ارتباط بین دهات و شهرها و حمل و نقل محصولات کشاورزی را نیز به عهده دارند. راه‌های اصلی درجه یک اغلب دارای همان مشخصات راه‌های عمومی هستند یعنی به صورت دو طرفه و با زیرسازی و روسازی خوب و گاه آسفالته احداث می‌شوند.

ممکن است در مناطقی که راه جنگلی حوزه چوب گیر یا منطقه‌ای وسیع را پوشش می‌هد و یا در نزدیکی مرز خروجی از جنگل واقع است و تراکم ترافیک در آن نسبتا زیاد است، به صورت راه اصلی درجه یک دو طرفه ساخته شود. اصل کلی آن است که راه‌های اصلی درجه یک در داخل جنگل ساخته نشوند مگر آنکه ضرورت ایجاب نماید. اتخاذ تصمیم در این زمینه تنها مبتنی بر اصول اقتصادی نیست حفظ محیط زیست، حفظ موجودیت جنگل و جلوگیری از خطرات ناشی از احداث راه‌های عریض در جنگل نیز

از عوامل مهم در تصمیم گیری است.

۱-۳-۳-۲- راه‌های جنگلی درجه دو یا راه‌های جنگلی اصلی یک طرفه (Main Roads)

این جاده‌ها دارای مشخصات فنی خاص خود می‌باشند که اساسا یک باندی ساخته شده و برای تامین امکان عبور کامیون‌های حامل چوب از مقابل هم، در آنها گذرگاه‌هائی به فواصل معین احداث می‌شوند. راه‌های اصلی درجه دو ارتباط بین راه‌های ارتباطی درجه یک و درجه سه یا فرعی را برقرار می‌کنند.

مشخصات راه‌های اصلی درجه دو باید چنان باشد که کامیون‌های حامل چوب که در روی راه‌های عمومی حرکت می‌کنند بتوانند از روی آنها نیز عبور نموده و در هر زمان از اوقات سال چوب‌ها را از جنگل به خارج منتقل نمایند. در این راه‌ها سرعت به حدود ۲۰ کیلومتر در ساعت محدود می‌گردد. محدودیت سرعت به دلیل عرض کم و کوچک بودن شعاع قوس‌ها است. از نظر ساختمانی این راه‌ها دارای زیرسازی و روسازی مشابه راه‌های اصلی درجه یک هستند.

۱-۳-۳-۳- راه‌های فرعی جنگلی (Secondry Roads) یا راه‌های درجه سه

این راه‌ها به منظور دستیابی به پارسل‌های قطع و خروج چوب آنها احداث می‌گردد. پارسل واحد برنامه‌ریزی در طرح‌های جنگل‌داری بوده و وسعت آن حدود ۲۰ تا ۵۰ هکتار است. راه‌های فرعی امکانات خروج چوب یک یا

چند پارسل را که وزن آن از چند صد تن در سال تجاوز نمی‌کند فراهم می‌آورند. این چوب پس از گذر از مرز پارسل به راه اصلی درجه دو و از آنجا به راه‌های اصلی درجه یک و راه‌های عمومی (تا مرکز فروش و مصرف) حمل و منتقل می‌شود.

در ساختن راه‌های فرعی (درجه سه) تنها به عملیات خاک برداری و خاکریزی اکتفا گشته و حتی کوبیدن خاک اغلب به عهده کامیون‌هائی که هر از چندگاه روی آن عبور می‌کنند واگذار می‌شود. گاه نوعی زیرسازی و روسازی ساده و مختصر نیز بسته به اهمیت شرایط منطقه و خاک صورت می‌گیرد. مشخصات فنی این نوع راه‌ها از نظر طراحی و اجرا با جاده‌های درجه یک و دو کاملا متفاوت است. این راه‌ها ارتباط یک یا چند پارسل را با راه‌های اصلی بر قرار می‌سازند. چوب‌های بهره‌برداری شده معمولا در کنار این راه‌ها دپو می‌شوند تا از آنجا (در زمان مناسب) بارگیری و به محل انبار (داخل جنگل) و یا مستقیما به محل مصرف حمل شوند.

با توجه به اینکه تراکم عبور در این راه‌ها کم است، مشخصات فنی آن نیز در سطحی پائین‌تر قرار دارد به طوری که فقط بتوان در ایام خشک سال از روی آن تردد نمود. تردد کامیون‌ها، فورواردر (Forwarder)، اسکیدر و تراکتورها از روی راه‌های فرعی باید منحصر به ایامی باشد که به سلامت راه زیان قابل ملاحظه‌ای وارد نشود. این ایام عبارتند از روزهای خشک تابستان و یا روزهای سرد و یخبندان در فصل زمستان.

برای رعایت اصل فوق لازمست مقررات شدیدی وضع شود تا وسائل نقلیه نتوانند در هر زمان بر روی این راه‌ها تردد نمایند. در غیر این صورت

شیارهای ایجاد شده در زیر چرخ‌ها مقدمات فرسایش‌های شدید را فراهم می‌کنند. ترمیم خرابی‌های فوق هزینه‌های زیادی را در برخواهد داشت. عدم انجام تعمیرات لازم موجبات تخریب شدیدتر و نهایتا بلا استفاده شدن راه را فراهم می‌کند.

۱-۳-۳-۴- راه‌های تراکتور رو و مسیرهای چوب‌کش

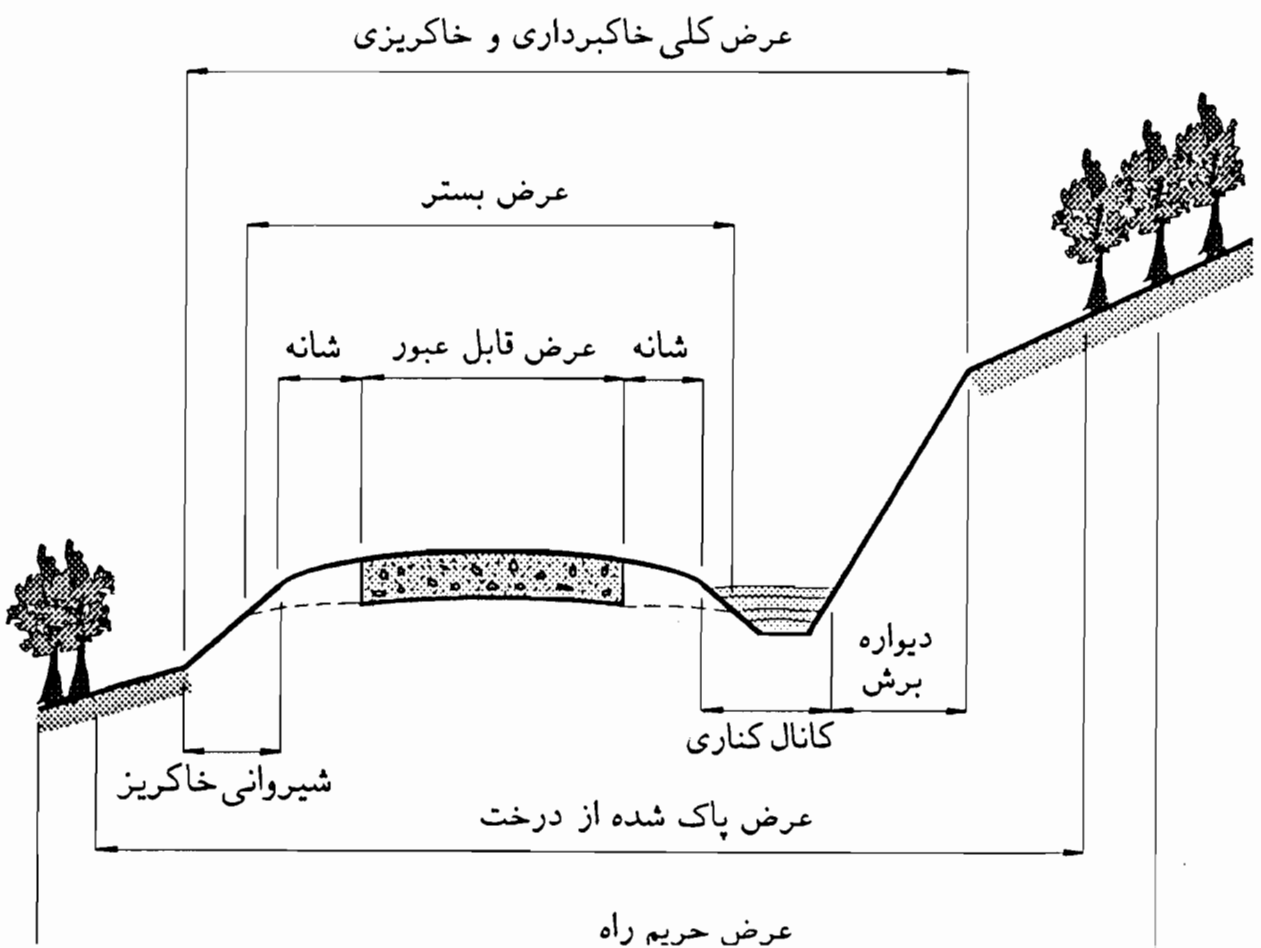
علاوه بر سه نوع راه‌های جنگلی که به آن اشاره شد، یک نوع راه یا مسیر دیگری نیز در جنگل ساخته می‌شود که به تردد کامیون‌ها اختصاص نداشته بلکه منحصرا مخصوص عبور اسکیدرها و تراکتورهای جنگلی است. این مسیرها نیز مشخصات فنی خود را دارند و با کمترین عملیات خاکبرداری و خاکریزی احداث می‌شوند که آنها را مسیرهای تراکتورو(Strip Roads) می‌نامند. این مسیرها مشابه مسیرهائی هستند که خود به خود در اثر چند بار رفت و آمد از یک نوار مشخص (برای کشیدن چوب توسط تراکتور) در سطح جنگل به وجود می‌آیند که آنها را مسیرهای چوب‌کشی می‌نامند (skidd ways) مسیرهای چوب کشی قبل از شروع عملیات بهره‌برداری توسط مسئولین مشخص می‌شود تا تراکتورها و اسکیدرها در آن رفت و آمد کنند و به کل عرصه پارسل، درختان و نهال‌ها زیان نرسانند که گاه به برداشت موانع (مانند سنگ و غیره) در مسیر چوب کشی اقدام و اکتفا می‌شود. با توجه به نکات فوق، مهمترین نوع راه‌های جنگلی (از نظر طول و اهمیت) راه‌های جنگلی درجه دوم اصلی است که به آن توجه بیشتری خواهد شد.

فصل دوم
معیارهای فنی راه‌های جنگلی و مشخصات آنها

۲-۱- مشخصات هندسی مقطع عرضی راه‌های جنگلی

مقطع عرضی راه‌های جنگلی همانطور که در شکل یک نشان داده شده دارای عرض روسازی شده قابل عبور، عرض شانه‌های خاکی، عرض کانال کناری، عرض خاکبرداری، خاکریزی، عرض خالی شده از درخت و عرض حریم راه، شیب عرضی (تاج راه)، بانکت‌ها یا شانه‌های خاکی، شیب دیواره‌ها و فرم مقطع کانال، شیب دیواره‌های خاکبرداری و خاکریزی می‌باشد.

شکل (۲-۱) اجزاء مقطع عرضی راه‌های جنگل



۲-۱-۱- عرض روسازی شده (سواره‌رو Travelled way)

فاکتورهای موثر در تعیین عرض روسازی شده عبارتند از:

- نوع و ابعاد وسائط نقلیه (به عرض ۲/۲ تا ۲/۵ متر) که ۲/۴ متر را مبنا درنظر می‌گیریم.

- تراکم ترافیک که در مورد راه‌های جنگلی منجر به تصمیم در ایجاد راه‌های یک طرفه و دو طرفه می‌شود.

- سرعت عبور، که در تعیین میزان فضای اطمینان موثر است و به لحاظ مسائل مربوط به حفظ محیط زیست و جنبه‌های اقتصادی آن سرعت را در راه‌های جنگلی محدود می‌کند.

فضای اطمینان که بستگی به سرعت طرح دارد دو نوع است :

الف - فضای اطمینان بین چرخ و حاشیه راه با لبه داخلی شانه (S_1)،

ب - فضای اطمینان بین دو کامیون که از پهلوی هم می گذرند (S_2) که مقادیر هر کدام از این فاکتورها از فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$S_1 = \frac{1/3 \times V^2}{V^2 + 710}$$

V = سرعت طرح به کیلومتر در ساعت

جدول ۱- مقدار S_1 برای سرعت‌های مختلف

سرعت Km/h	S_1 به متر
۱۰	۰/۱۶
۱۵	۰/۳۱
۲۰	۰/۴۶
۳۰	۰/۷۵

فضای بین دو کامیون در عبور متقابل (در راه‌های دو طرفه) را بیشتر برابر با (S_1) درنظر می‌گیرند. در راه‌های فرعی یا راه‌های جنگلی فاقد شانه مقدار S_1 را به تناسب باید بیشتر از ارقام داده شده در جدول یک منظور نمائیم.

عرض سواره‌رو در راه‌های جنگلی دو طرفه از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$F = ۳S_۱ + ۲(B - ۰/۳۲)$$

B = عرض کامیون (به متر)

F = عرض سواره‌رو (به متر)

جدول ۲- محاسبه عرض سواره‌رو راه‌های دو طرفه جنگلی برای سرعت‌های مختلف

سرعت طرح Km/h	عرض سواره‌رو F به متر
۶۰	۷/۲
۴۰	۶/۸
۳۰	۶/۲
۲۰	۵/۵

البته سرعت‌های بالاتر از ۳۰ کیلومتر در ساعت برای راه‌های جنگلی آسفالته، بتونی و ارتباطی مطرح است. برای راه‌های جنگلی دو طرفه عادی و معمولی در شرایط ایران عرض ۶/۲ الی ۶/۵ مترکافی است.

برای راه‌های جنگلی یک طرفه بنا به سرعت طرح بسته به اینکه راه آسفالته، بتونی و یا شوسه باشد عرض معبر از جدول ۳ قابل استخراج است.

جدول ۳- عرض عبور در راه‌های یک طرفه جنگلی شوسه بسته به سرعت طرح

سرعت طرح Km/h	عرض سواره‌رو m
۴۰	۳/۹
۳۰	۳/۵
۲۰	۳/۲

باید توجه داشت که سرعت‌های بالاتر از ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت

برای راه‌های خاص جنگلی مطرح نبوده و سرعت‌های بالاتر در راه‌های جنگلی بتونی و آسفالته برای استفاده از توریسم یا ارتباط روستاها درنظر گرفته می‌شود.

با توجه به جمیع جهات، عرض سواره‌رو برای راه‌های اصلی یک باندی (یک طرفه) ۳/۵ متر و در راه‌های اصلی دو طرفه ۶/۲ متر می‌باشد.

۲-۱-۲- عرض شانه‌ها

عرض شانه‌های خاکی در دو سمت راه‌های اصلی درجه دوم (یک باندی) جنگلی معمولا ۰/۵ متر و برای راه‌های اصلی دو باندی (دو طرفه) جنگلی یا راه‌های اصلی درجه یک ۰/۶ تا ۰/۷ متر است. شانه‌ها که در طرفین عرض روسازی شده قرار دارند، چند وظیفه را عهده‌دار هستند. این وظایف عبارتند از: حفاظت مواد متشکله سطح راه (جلوگیری از پرت شدن مصالح به خارج از باند عبور در اثر ضربات چرخ‌ها) و تامین عرض اضافی برای موارد اضطراری و در عین حال شانه به منظور حفاظت جان عابران احتمالی (پیاده رو) و توقف اتومبیل در مواقع اضطراری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

عرض شانه خاکی رابطه مستقیم با عرض راه و خصوصیات آن دارد. در مواردی که احتمال تعریض راه وجود دارد بهتر است از ابتدا عرض شانه‌ها بزرگتر از ارقام استاندارد اختیار شوند.

جدول ۴- عرض شانه‌ها در راه‌های جنگلی

وضعیت دامنه	نوع جاده	عرض شانه در هر طرف
اراضی کم شیب	دو طرفه	۱ متر
	یک طرفه	۰/۷ متر
تپه ماهوری و کوهستانی	دو طرفه	۰/۶ متر
	یک طرفه	۰/۵ متر

در راه‌های جنگلی با توجه به فراوانی باران، شانه‌ها باید هم ارتفاع سطح و لبه سواره‌رو باشند. عرض شانه نیز مانند عرض سواره‌رو در پیچ‌های تند و قوس‌ها، باید قدری بیشتر درنظر گرفته شود.

راه‌های فرعی جنگلی فاقد شانه و کانال کناری هستند و به طور کلی عرض شانه به وضعیت دامنه و شیب عرضی بستگی دارد.

شیب عرضی شانه‌ها حدود ۵ درصد است (کمی بیشتر از شیب عرضی روسازی شده قابل عبور) درصورتی که شانه‌ها دارای پوشش نیز باشند، شیب عرضی آن تا حدود ۸ درصد نیز در نظر گرفته می‌شود.

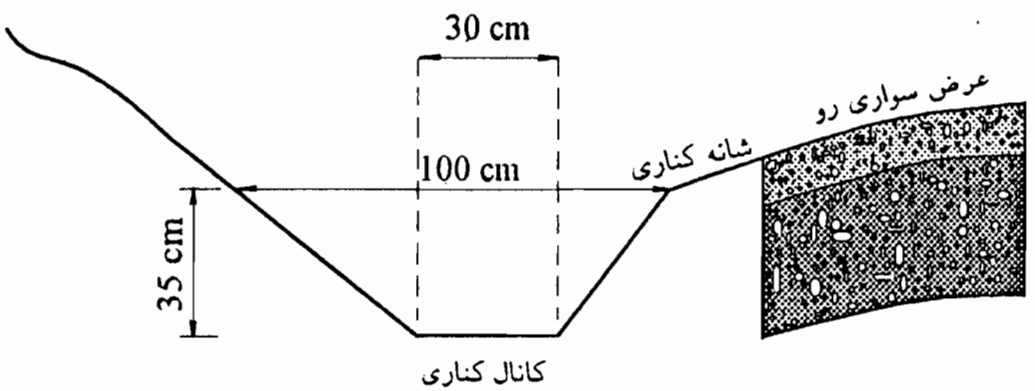
۲-۱-۳- ابعاد کانال کناری در راه‌های جنگلی

کانال کناری از اجزاء بسیار مهم راه‌های جنگلی است زیرا راه‌های جنگلی در مناطق نسبتا پر باران ساخته می‌شوند. کانال کناری در طول مسیر راه در سمت دیواره برش یا سمت دامنه احداث می‌گردد. کف کانال باید روی

زمین طبیعی قرار گرفته و حتی‌المقدور صاف باشد. کانال وظیفه جمع‌آوری آب‌های سطحی جاری روی دامنه مشرف به راه و نیز آب‌های سطحی راه را به عهده دارد.

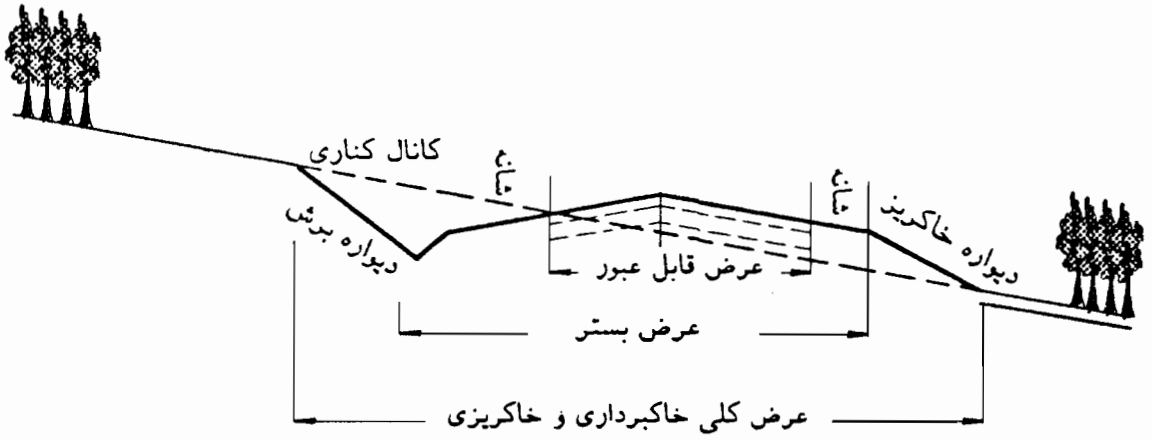
مقاطع عرضی کانال در راه‌های جنگلی بسته به روش اجرا و ماشین‌های مورد نظر برای احداث راه و انجام تعمیرات بعدی بصورت V یا ذوزنقه ساخته می‌شود.

شکل (۲-۲) کانال کناری با مقطع ذوزنقه



عملیات اجرائی و تعمیر و نگهداری کانال‌های با مقطع V آسانتر بوده، لیکن امکان ریزش یا گیرکردن شاخ و برگ در آنها بیشتر است .

شکل (۲-۳) کانال کناری با مقطع V



با آنکه عمق و عرض کانال‌های کناری به میزان آبی که باید از کانال عبور کند بستگی دارد لیکن در راه‌های جنگلی معمولا ابعاد آن ثابت است، زیرا آب کانال را به خاطر حفظ تعادل جریان طبیعی آب‌های سطح الارضی، جلوگیری از کم آبی موضعی در دامنه‌های پایین دست و جلوگیری از خروج آب زیاد از یک نقطه و جلوگیری از فرسایش موضعی باید به فواصل کم (۵۰ تا ۷۰ متر) از زیر راه (به وسیله آبروها) عبور داد و این یک اصل مهم در احداث راه‌های جنگلی به شمار می‌رود.

شیب دیواره کانال باید درحدی باشد که پایداری دیواره‌های طرفین تامین شود. از طرفی کانال‌ها نباید عرض و حریم کلی راه را بیش از یک مقدار منطقی اشغال کنند. در دامنه‌های کم شیب می‌توان شیب دیواره را کمتر(مثلا یک به چهار) اختیار کرد. در دامنه‌های پرشیب می‌توانیم شیب دیواره را زیادتر کنیم و با اجرای عملیات ساختمانی و محافظتی از ریزش آن جلوگیری نمائیم.

عرض کف کانال با مقطع ذوزنقه‌ای حداقل ۳۰ سانتیمتر برای تسهیل

عملیات پاک سازی کف کانال درنظر گرفته می‌شود. حداقل عمق کانال ۳۵ سانتیمتر بوده و کف کانال نباید از سطح زیرسازی راه بالاتر باشد.

۲-۱-۴- تاج راه (Crown)

منحنی فوقانی سطح راه در مقطع عرضی را تاج راه می‌نامند. شیب عرضی در تاج معمولا ۲ تا ۴ درصد است . این شیب ممکن است به صورت دو خط متقاطع به شکل ۸ باشد. ولی بهتر است تاج به صورت یک قوس محدب دایره‌ای و یا دارای فرم پارابولیک باشد.

اختلاف ارتفاع بین لبه سواره‌رو و بالاترین نقطه تاج را تاج کلی می‌نامند. (ToTal-Crown) مقدار تاج کلی تقسیم بر فاصله لبه راه تا بالاترین نقطه در سطح راه را درجه تاج (Rate of Crown) گویند. به این ترتیب مقدار تاج کلی را می‌توان با در دست داشتن شیب عرضی تاج و عرض سواره‌رو از فرمول زیر :

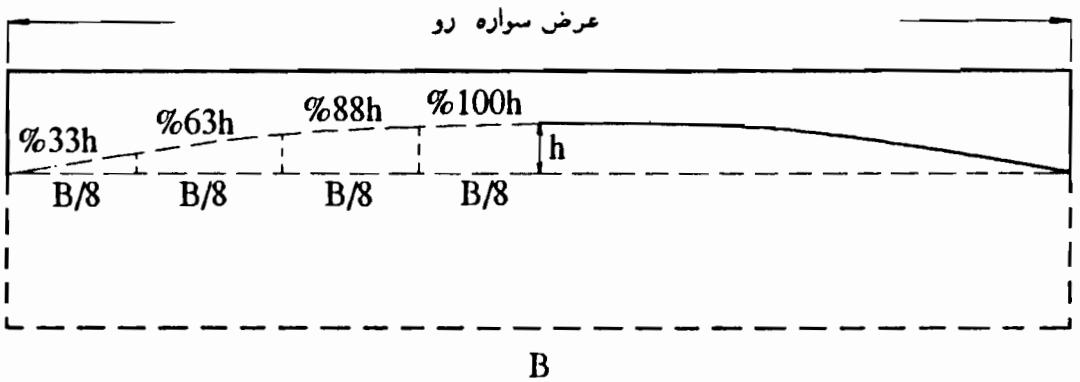
$$\text{شیب عرضی} \times \text{عرض سواره‌رو} \times \frac{1}{2} = \text{تاج کلی}$$

محاسبه کرد و بر مبنای آن اقدام به زیرسازی و روسازی راه نمود. این کار از نظر محافظت راه در مقابل خطرات آب باران و برف حائز اهمیت است. با آنکه فرم ۸ بهترین فرم تاج راه از نظر زه‌کشی آب‌های سطحی است، لیکن امکان لغزش چرخ‌ها به کناره راه هنگام برف و یخبندان و نازیبا بودن آن از جمله معایب این فرم به حساب می‌آید. تاج به صورت منحنی، رانندگی را مطمئن‌تر و جاده را زیباتر می‌کند.

مقدار شیب در تاج در عین حال به شیب طولی آن بستگی دارد. در

قسمت‌هائی از راه که شیب طولی زیاد است (۸٪) شیب ۲٪ برای تاج کافی است ولی در قسمت‌های کم شیب‌تر (با شیب طولی ۳ تا ۴٪) شیب تاج را حدود ۴٪ در نظر می‌گیرند.

شکل (۲-۴) تاج راه‌های جنگلی



با توجه به عرض سواره‌رو (B) و شیب در مقطع عرضی راه (P) مقدار ارتفاع تاج (h) از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$h = \frac{B \times P}{2}$$

شیب تاج علاوه بر شیب طولی، به نوع راه و روسازی نیز بستگی دارد.

جدول ۵- شیب تاج راه با توجه به نوع راه

نوع راه	شیب تاج
آسفالته	۱/۵ تا ۳ درصد
بتونی	۱ تا ۱/۵ درصد
شنی و شوسه	۲ تا ۵ درصد
خاکی	۵ تا ۷ درصد

شیب‌های بیشتر علاوه بر آنکه اشکالاتی در موقع رانندگی به وجود می‌آورند، موجبات سائیدگی یک طرفه لاستیک را نیز فراهم می‌کنند. لازم است شیب تاج در قسمت زیرسازی راه نیز رعایت شود. معمولا شیب مقطع عرضی در زیرسازی را قدری بیشتر از شیب تاج درنظر می‌گیرند. شیب تاج در راه‌های جنگلی با توجه به محدودیت سرعت بیشتر از راه‌های عمومی است. این شیب در قوس‌ها با شیب در محورهای مستقیم راه تفاوت دارد. در قوس‌ها شیب عرضی یک طرفه است تا با نیروی گریز از مرکز مقابله کند که به آن شیب ویژه می‌گویند.

۲-۱-۵- شیب ویژه (Super Elevation)

شیب ویژه به سرعت طرح، شعاع قوس و ضریب اصطکاک سطح راه بستگی دارد. مقدار شیب ویژه نباید از ۸٪ بیشتر شود زیرا در شیب‌های بیشتر، خطراتی برای رانندگانی که با سرعت کم عبور می‌کنند به وجود می‌آید. مقدار شیب ویژه از ۲ تا ۳ درصد نباید کمتر باشد. در راه‌های جنگلی، به ویژه برای شعاع‌های بزرگتر از ۲۵ متر، شیب ویژه لازم نبوده و

کافی است شیب تاج یک طرفه درنظر گرفته شود.

۲-۲- مشخصات هندسی مقاطع طولی راه‌های جنگلی

۲-۲-۱- مشخصات و ابعاد هندسی پلان در راه‌های جنگلی

پلان راه همان محور طولی است که در عکس‌های هوائی و نقشه‌های اراضی وضعیت مسیر راه را نشان می‌دهد و متشکل است از خطوط مستقیم (تانژانت‌ها) که دارای امتدادهائی مختلف هستند و یکدیگر را در نقاطی قطع می‌کنند، مهمترین اجزاء در پلان راه عبارتند از تانژانت‌های محور افقی، مشخصات هندسی قوس افقی، تعریض در قوس‌های افقی و فاصله اطمینان دید.

۲-۲-۱-۱- تانژانت در محور افقی یا پلان راه

هر قدر طول تانژانت‌ها (خطوط مستقیم در محور طولی افقی) بیشتر و قوس‌های متصل کننده آنها (قوس‌های افقی) با شعاع بزرگتری باشد کیفیت راه از نظر سهولت و امنیت عبور بهتر است . رسیدن به این هدف در راه‌های جلگه‌ای آسان است. در راه‌های جنگلی کوهستانی به تناسب دشواری منطقه و پستی و بلندی‌ها، ناگزیر باید از این اصل صرفنظر کرد و طول تانژانت‌ها و شعاع قوس‌ها را در محدوه امکانات (از نظر صرفه‌جوئی‌های اقتصادی و جلوگیری از تخریب سطح جنگل در اثر خاکبرداری و خاکریزی) کوچکتر انتخاب نمود. در عین حال باید حتی‌الامکان از ایجاد پیچ‌های تند و پشت سرهم (تانژانت‌های کوتاه) و تغییر جهت‌های خسته

کننده و مخفی از دید راننده که احتمال بروز تصادفات را بالا می‌برد، پرهیز گردد.

در راه‌های جنگلی کوهستانی باید تا حد امکان از ورود قسمتی از راه با تانژانت‌های بلند به قسمتی با تانژانت‌های کوتاه و متناوب با تغییر جهت‌های زیاد جلوگیری شود.

بدیهی است در تنظیم تانژانت‌ها باید به مقدار زیاد از خطوط میزان پیروی کرد. طول تانژانت‌ها نباید از حداقل معینی کمتر باشد.

این حداقل به زوایای بین تانژانت‌ها و طول شعاع مورد نظر بستگی دارد بطور کلی لازم است بین دو قوس متوالی یک حداقل فاصله مستقیم برابر ۱۰ متر وجود داشته باشد.

جدول ۶- طول شعاع قوس بر حسب نوع راه

نوع راه	حداقل طول شعاع (متر)
اصلی درجه یک (دو طرفه یا دو باندی)	۲۲ متر
اصلی درجه دو (یک طرفه یا یک باندی)	۱۶ متر
فرعی یا درجه سه (یک طرفه)	۱۲ متر

هر قدر پیچ تنگ‌تر(و یا درجه قوس بیشتر) باشد، عبور وسائط نقلیه مشکل‌تر خواهد بود. در قوسی به شعاع r بین زاویه مرکزی β و طول L رابطه زیر برقرار خواهد بود:

$$\beta = \frac{۵۷/۳L}{r}$$

در رابطه فوق چنانچه r و L از یک واحد اختیار شود، مقدار β (درجه قوس) برحسب درجه خواهد بود.

۲-۲-۱-۲- شعاع در قوس‌های افقی

به طور کلی حداقل طول شعاع قوس‌های افقی به عوامل زیر بستگی دارد.

- سرعت طرح (Design Speed)
- فرم و وضعیت زمین از نظر شرایط توپوگرافیک و شیب دامنه‌ها
- وضعیت خاک
- حدود و امکانات استفاده از شیب ویژه
- طول کامیون‌های حامل چوب
- طول گرده بینه‌ها یا تنه‌ها
- امکانات مالی
- اهمیت جنگل از نظر حفاظتی، زیست محیطی، سیاحتی و غیره
- شیب طولی راه (حداکثر شیب)

در اراضی کوهستانی طراحی قوس‌های افقی و در اراضی جلگه‌ای طراحی قوس‌های قائم حائز اهمیت بیشتری است .

در اراضی کم شیب بهتر است به جای تانژانت‌های بلند و قوس‌های با شعاع کم از تانژانت‌های کوتاهتر و قوس‌های با شعاع بیشتر استفاده شود.

چگونگی ورود تانژانت‌ها به قوس‌های افقی در راه‌های عمومی دارای اهمیت

است ولی در راه‌های جنگلی (به علت سرعت کم) قابل توجه نیست. مناسبترین فرم قوس در راه‌های جنگلی فرم دایره‌ای است (جدول ۶ حداقل شعاع قوس در راه جنگلی شمال ایران). در راه‌های جنگلی لازمست حداقلی برای طول قوس ملاک عمل قرار گیرد. توصیه می‌شود حداقل طول قوس در محور وسط جاده معادل ۱۵ متر انتخاب شود.

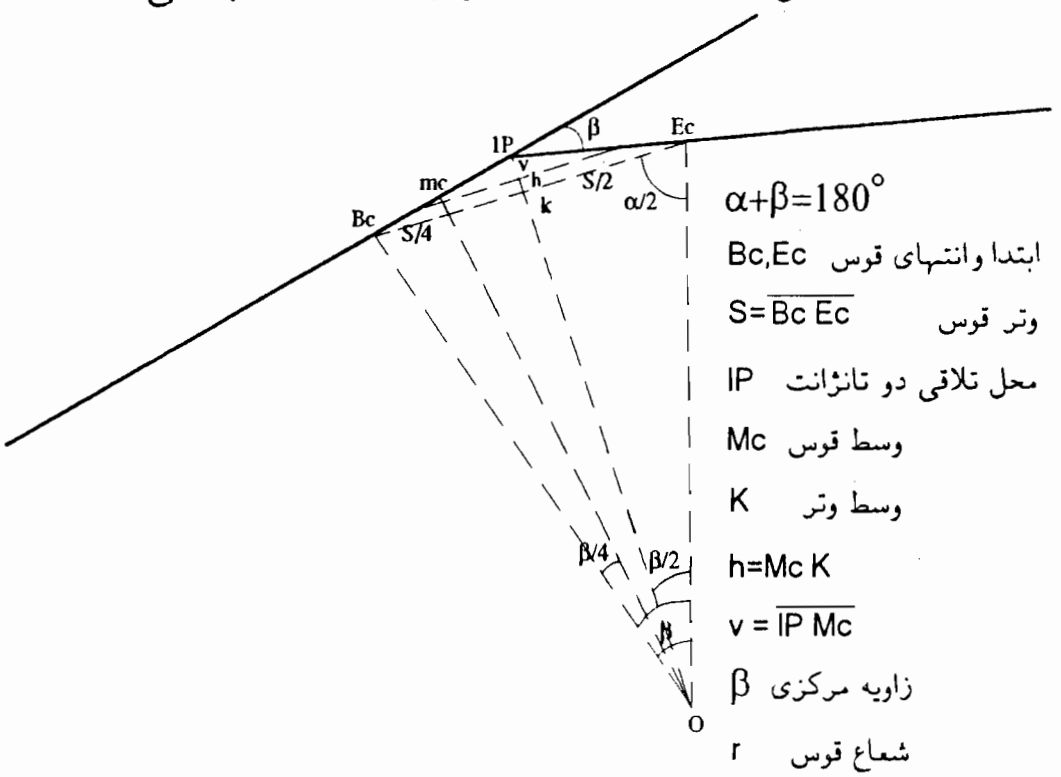
برای رعایت حداقل طول قوس لازمست در مواقعی که زاویه مرکزی قوس کوچک است مقدار حداقل طول شعاع محاسبه شود. برای محاسبه حداقل طول شعاع در این موارد می‌توان از فرمول پیشنهادی زیر استفاده نمود.

$$r_{min} = \frac{۱۵}{tg \frac{\beta}{۲}}$$

که در آن r_{min} حداقل طول شعاع برای تامین طول یک قوس به اندازه ۱۵ متر و β زاویه مرکزی قوس (شکل ۲-۵) است و این حالت موقعی پیش میآید که زاویه α از حدود ۱۶۰ درجه بزرگتر باشد.

در شکل (۲-۵) مشخصات استاندارد مربوط به قوس داده شده. لازم به ذکر است که کلیه ارقام استاندارد در محور طولی راه به محور وسط جاده مربوط می‌شود.

شکل (۲-۵) مشخصات قوس در راه‌های جنگلی



۲-۲-۱-۳- مقدار تعریض در قوس‌های افقی

در راه‌های جنگلی بخصوص درصورتی که عبور کامیون‌های دارای طول زیاد و تریلرها لازم باشد ، بهتر است راه در محل قوس‌های افقی تعریض شود.

دلیل این کار آنست که معمولا در شرایط فوق، به ویژه اگر شعاع قوس کوچک باشد، مسیر چرخ‌های عقب کامیون از مسیر چرخ‌های جلو آن (به سمت داخلی قوس) منحرف می‌شود و خطرات و ضایعاتی را برای کامیون و راه به وجود میآورد.

مقدار تعریض برای مقابله با این پدیده در طول قوس‌های افقی را می‌توان

از استانداردهای آمریکائی برای راه‌های جنگلی از فرمول زیر محاسبه کرد.

$$W = \frac{۲۵۰}{r}$$

که در آن W مقدار تعریض و r شعاع قوس هر دو بر حسب فوت و ۲۵۰ عددی ثابت است .

فرمول فوق در سیستم متریک به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$W = \frac{۲۵۰}{۹r}$$

که در آن مقادیر W و r به متر است.

بهتر است مقدار تعریض در قسمت داخلی قوس (سمت مرکز دایره) واقع شود تا با انحراف چرخ‌های عقب متناسب باشد و در ضمن به ایجاد قوس‌های مضاعف در دو قسمت خارجی نیاز نباشد.

در پیچ‌های متوالی و خلاف جهت بهتر است نصف مقدار تعریض در قسمت داخلی و نصف دیگر آن (W/۲) در قسمت خارجی قوس منظور گردد. قسمت تعریض شده در طول قوس را باید در دو قسمت قوس در فاصله‌ای معین مستهلک نمود. این فاصله معادل نصف طول قوس مناسب است. برای محاسبه نصف طول قوس ، طول لبه قوس (لبه خارجی برای سمت خارج و لبه داخلی برای سمت داخلی قوس) در نظر گرفته می‌شود. این فاصله نباید از ۷/۵ متر کمتر و از ۱۵ متر بیشتر باشد.

۲-۲-۱-۴- فاصله اطمینان دید برای سبقت و توقف در قوس‌های افقی

رعایت فاصله اطمینان دید لازمست، تا راننده بتواند قبل از برخورد با مانع احتمالی، وسیله نقلیه را کنترل نماید. فاصله دید عامل مهمی در امنیت عبور می باشد و لازمست با توجه به سرعت طرح ، حداقلی برای آن منظور شود.

حداقل فاصله دید برای راه‌های یک طرفه و راه‌های دو طرفه (سبقت ممنوع) و همچنین راه‌های سبقت مجاز متفاوت است . بطور کلی در راه‌های جنگلی کوهستانی اعم از یک طرفه و دو طرفه سبقت ممنوع است و برای سبقت گرفتن لازم است اتومبیل جلوئی کنار کشیده و توقف نماید.

فاصله دید برای راه‌های یک طرفه و راه‌های دو طرفه سبقت ممنوع، فاصله دید توقف نامیده می‌شود.

فاصله دید توقف تحت تاثیر دو عامل قرار دارد، یکی سرعت طرح و دیگری مقدار ضریب اصطکاک چرخ و سطح راه. این ضریب برای راه‌های جنگلی شنی و شوسه معمولا برابر ۰/۴ است . در صورت لزوم بهتر است ضریب واقعی در محل از طریق آزمایش بدست آید. مقدار ضریب، خود بستگی به سرعت طرح دارد و هر قدر سرعت طرح بیشتر باشد ضریب اصطکاک در یک راه و محل مشخص کاهش می‌یابد. به عنوان مثال این ضریب برای پوشش آسفالت در حالت خشک بودن سطح راه و سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت حدود ۰/۶۲ است در حالیکه در همان شرایط برای سرعت ۱۱۰ کیلومتر به ۰/۵۵ تقلیل می‌یابد. (برای همین پوشش آسفالت در

حالت مرطوب بودن ، ضریب اصطکاک به ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۲۹ کاهش می‌یابد).

با توجه به مراتب فوق فاصله اطمینان دید برای توقف با در نظر گرفتن سرعت طرح و ضریب اصطکاک چرخ با سطح راه منظور می گردد. در مورد راه‌های جنگلی شمال ایران که دارای حداقل طول شعاع معادل ۱۶ متر می‌باشند (راه‌های اصلی درجه ۲ یا یک طرفه) سرعت در پیچ‌های با شعاع کم به حداقل تقلیل داده می‌شود(برای مقابله با نیروی گریز از مرکز) و به این ترتیب فاصله اطمینان دید که بستگی به عامل سرعت نیز دارد کاهش می‌یابد. از این رو سعی شده است فاصله اطمینان دید، برای توقف در راه‌های اصلی یک طرفه را مطابق کوچکترین استانداردهای موجود (و مناسب) انتخاب تا بدین وسیله حتی‌المقدور از عقب نشینی دیواره‌های راه و تخریب جنگل جلوگیری شود.

در تعیین فاصله دید مطمئن یکی از معیارهای قابل قبول فرمول زیر است:

$$S = V + \frac{۰/۱۳ V^{۲}}{۳۰ F}$$

که در آن S فاصله دید بر حسب متر، V سرعت بر حسب کیلومتر در ساعت و F ضریب اصطکاک چرخ و سطح راه (درصد) است .

جدول ۷- فاصله اطمینان دید

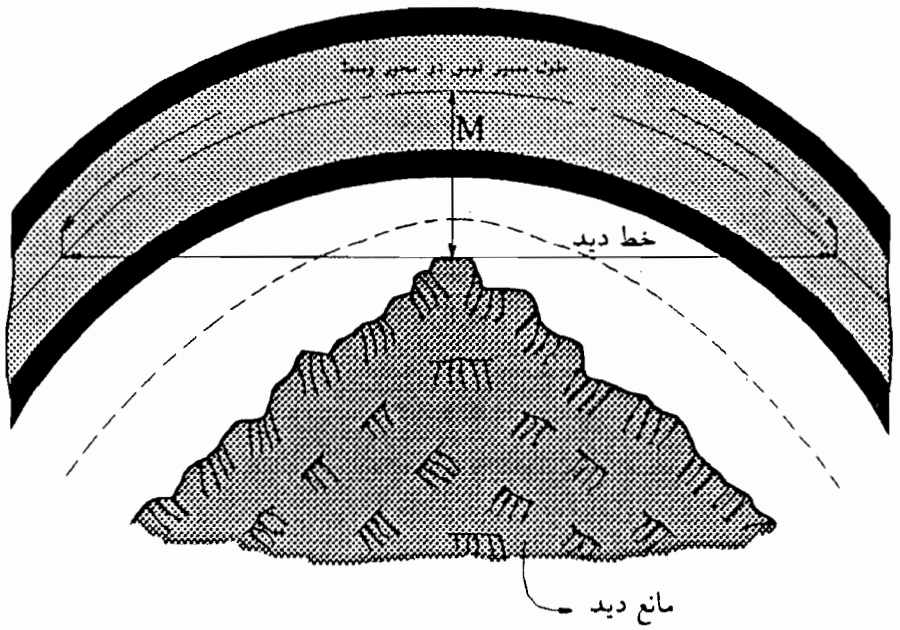
سرعت مجاز بر حسب کیلومتر در ساعت	S فاصله دید برای توقف بر حسب متر		
	F = ۰/۴	F = ۰/۳	F = ۰/۲
۱۰	۱۱	۱۱/۵	۱۲
۱۵	۱۷/۵	۱۸	۲۰
۲۰	۲۵	۲۶	۲۹
۲۵	۳۲	۳۴	۳۹
۳۰	۴۰	۴۳	۵۰
۳۵	۴۸	۵۳	۶۱
۴۵	۵۷	۶۳	۷۵

فاصله اطمینان دید برای راه‌های دو طرفه سبقت ممنوع معادل $\frac{۲}{۳}$ فاصله دید برای راه‌های اصلی یک طرفه است. مقادیرS فاصله اطمینان دیدی است که تا قبل از برخورد به مانع احتمالی بتوان اتومبیل را کنترل نمود. در قسمت‌های مستقیم راه فاصله دید در حد کافی تامین است و در صورتی که موانعی مانند شاخه و تاج درختان کناره راه، مانع دید کافی شود باید آن را از میان برداشت .فاصله دید، در سر قوس‌ها بخصوص قوس‌هائی که از روی یال‌ها می‌گذرد (در سمت دیواره برش) به علت وجود دیواره‌ها دچار اشکال می‌شود. درصورتی که این دیواره‌ها مانع دید راننده (در حد فاصله دید لازم) شود ناچار باید دیواره را قدری عقب برد که در این صورت عملیات خاکبرداری زیاد می‌شود. برای جلوگیری از خاکبرداری و تخریب بیش از حد جنگل دیواره را از ارتفاع ۱/۲ متر به بالا به اندازه‌ای عقب می‌بریم که

حداقل فاصله اطمینان دید تامین گردد.

برای محاسبه این مقدار باید مقدار فاصله محور راه و نقطه تماس خط دید با مانع طبیعی (M) محاسبه شود.

شکل (۲-۶) فاصله دید و مقدار M در جاده‌های یک خطه (Single line)



مقدار(M) از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$M = r(1 - \cos\frac{\beta}{2}) - (\frac{W}{2} + 1/5)$$

که در آن r شعاع قوس ، W عرض سواره‌رو و M همگی بر حسب متر و β زاویه مرکزی قوسی به طول شعاع دید می‌باشد.

در جدول زیر مقادیر M برای راه‌های یک طرفه اصلی، که در آن W برابر ۳/۵ متر، سرعت طرح ۲۰ کیلومتر در ساعت و ضریب اصطکاک

چرخ و زمین ۰/۴ در نظر گرفته شده، داده شده است .

جدول ۸- مقدار M

جدول شعاع بر حسب متر	β/2 برحسب درجه	M بر حسب متر
۱۶	۴۴/۷	۱/۴
۱۷	۴۲/۱	۱/۱۵
۱۸	۳۹/۸	۰/۹۰
۱۹	۳۷/۷	۰/۷۰
۲۰	۳۵/۸	۰/۵۰
۲۱	۳۴/۱	۰/۴۰
۲۲	۳۲/۳	۰/۲۰

در راه‌های جنگلی با کم شدن ضریب اصطکاک سطح راه و لاستیک وسائط نقلیه مقدار M زیاد خواهد شد که نتیجه آن افزایش عملیات خاکبرداری دیواره‌ها در قوس‌ها و تخریب جنگل خواهد بود و برعکس. به همین جهت روسازی راه‌های جنگلی باید چنان عمل شود که ضریب اصطکاک سطح از ۰/۴ کمتر نباشد.

ضمنا باید توجه داشت که با توجه به میل دیواره‌ها و این واقعیت که دیواره‌ها از ارتفاع ۱/۲ متر به بالا عقب برده می‌شوند (ارتفاع دید راننده)، مقدار عقب‌نشینی کمتر از مقدار M خواهد شد(تنها در صورتی که دیواره کاملا عمودی باشد مقدار عقب نشینی برابر M است .)

در راه‌های جنگلی دو طرفه در مقایسه با راه‌های یک طرفه با توجه به کوچکتر بودن S و بزرگتر بودن r عقب‌نشینی دیواره‌ها عملا برای ضریب F =۰/۴ لازم نیست . لازمست عقب نشینی در دیواره‌ها به طول ۷/۵ متر (حدود ½ طول کامیون با بار) از دو سمت قوس یعنی قبل از شروع قوس و بعد از خاتمه قوس ادامه یابد، به طوری که در انتهای آن مقدار M مستهلک شود.

۲-۲-۲- مشخصات نیمرخ طولی

نیمرخ طولی راه همان خط پروژه است که آنرا grade line نیز می‌نامند. این محور از تعدیل پروفیل طولی راه بدست آمده و باید دارای مشخصات و معیارهای مخصوص به خود باشد.

مهمترین اجزاء نیمرخ طولی عبارتند از:

- شیب‌های طولی
-قوس‌های قائم
- فاصله اطمینان دید در قوس‌های قائم

۲-۲-۲-۱- شیب‌های طولی در راه‌های جنگلی

حداکثر شیب مجاز در طراحی راه‌ها بستگی به نوع ماشین‌ها، چگونگی تردد و سرعت طرح دارد. گذشته از آن عواملی چون وضعیت توپوگرافیک منطقه جهت حمل بار، آستانه فرسایش (فرسایش آبی)، نوع خاک، نوع روسازی و درجه اطمینان عبور، از عوامل تعیین کننده شیب طولی به شمار

می‌روند.

در راه‌های عمومی ازدیاد شیب، کندی حرکت (حمل بار از دو سمت) و افزایش هزینه‌های عبور و تعمیرات را موجب می‌شود.

در راه‌های جنگلی نیز که بار در یک جهت (از سمت کوه و جنگل به خارج) حمل می‌شود، شیب طولی را نمی‌توان از حدود منطقی و اقتصادی بیشتر (یا کمتر) گرفت زیرا شیب زیاد مستلزم ترمزهای شدید، متوالی و خطرناک است و نهایتا هزینه‌های استهلاک سطح راه و لاستیک‌ها را افزایش داده خطرات فرسایش آبی را تشدید می‌نماید.

از آنجائی که اتومبیل‌ها و وسائل مختلف جنگلی از قبیل کامیون‌ها و تراکتورها و غیره عمل و عکس العمل‌های مختلفی در مقابل شیب طولی دارند، در تنظیم شیب طولی راه‌های جنگلی باید خصوصیات این وسائل در نظر گرفته شود.

به عنوان مثال شیب در مسیرهای چوب کشی خیلی بیشتر از مسیر راه‌های اصلی است .

در راه‌های جنگلی با توجه به یک طرفه بودن جهت حمل حداکثر طول مسیر با شیب ۸ درصد منفی را، ۱۵۰ متر در نظر می‌گیرند. شیب ۸/۵ تا ۹ درصد در فواصل کوتاه یعنی کمتر از ۵۰ متر، در صورت اضطراری قابل تحمل است . آستانه فرسایش آبی در سطح راه‌های شوسه جنگلی شیب ۸ درصد است .

در راه‌های اصلی درجه یک (دو طرفه) جنگلی حداکثر شیب طولی ۷ درصد است . در راه‌های ارتباطی شیب طولی تابع شرایط برون مرزی جنگل و نیز شرایط راه‌های عمومی و استانداردهای مربوطه است

در راه‌های فرعی جنگل (راه خاکی یک طرفه) شیب حداکثر در جهت حمل بار (شیب منفی) معادل (۱۲- درصد) و در صورت اضطراری تا (۱۴-) است.

حداکثر شیب مثبت در راه‌های جنگلی ۵ تا ۶ درصد و در مواقع اضطراری تا ۷ درصد خواهد بود.

در راه‌های فرعی تردد باید به ایام یخبندان یا ایام خشک و گرم محدود باشد. در مسیرهای چوب کشی و تراکتور رو حداکثر شیب طولی (۱۵- درصد) و در صورت لزوم تا حداکثر (۲۰- درصد) خواهد بود. گاه شیب‌های بیش از (۲۰- درصد) نیز، اگر تدابیر لازم برای مقابله با خطرات فرسایش آبی اتخاذ شده باشد (مانند تسطیح و بذرپاشی پس از حمل چوب) مجاز خواهد بود.

از آنجا که شیب طولی راه پس از ساختمان راه غیر قابل اصلاح است، لازم است در مورد آن دقت بیشتری به عمل آید. صرفه‌جوئی در عرض راه گاه منطقی است ولی صرفه‌جوئی با انتخاب شیب بیشتر همیشه غیر عاقلانه است.

لازم است شیب طولی راه‌های جنگلی را در امتداد قوس‌های با شعاع کوچک (۱۶ متر) به ۵٪ کاهش داد. کاهش شیب از فاصله ۳۰ متری قوس ،

شروع و تا ۳۰ متر پس از قوس (در مسیر تانژانتی) مستهلک می‌شود. در جدول زیر مقدار شیب طولی در قوس‌های راه‌های اصلی یک باندی به تناسب طول شعاع داده شده است.

جدول ۹- مقدار شیب طولی در امتداد قوس‌ها

طول شعاع به متر	حداکثر شیب طولی ٪
۱۶ تا ۲۰	۵
۲۰ تا ۲۵	۷_۶
۲۵ تا ۳۰	۸_۷
بیشتر از ۳۰	۸

جدول ۱۰- مقدار حداکثر و حداقل شیب در جاده‌های جنگلی

مقدار شیب / نوع جاده	حداکثرشیب منفی ٪	حداکثرشیب مثبت ٪	حداقل[۱] شیب ٪
اصلی دو طرفه	۷-(۸-)	۵+(۶+تا۷+)	±۲
اصلی یک طرفه	۸-(۹-)	۵+(۶ تا ۷)+	بیشتر از ۳٪ یا کمتر از ۳٪
فرعی	۱۲-(۱۴-)	۵+(۶+تا۷+)	بیشتر از ۵+٪ یا کمتر از۵-٪
مسیرهای چوب‌کشی	۱۵-(۲۰-)	۱۰+(۱۲+)	بیشتر از ۵+٪ یا کمتر از۵-٪
ارتباطی	تابع شرایط جاده‌های عمومی		

حداکثر شیب طولی در مسیر سرسره چوب در اراضی خشک تا ۲۵- درصد (حداکثر تا ۴۰ درصد در کار تابستانه می‌باشد).

حداکثر شیب طولی در مسیر سرسره چوب در اراضی مرطوب ۶- تا ۵٪- (حداکثر ۲۵ درصد در کار زمستانه، روی برف و یخ می‌باشد.)

در مقام مقایسه حداکثر شیب در اتوبان ۴ درصد است که در موارد استثنائی و در فواصل کم این مقدار تا ۸ درصد نیز افزایش می‌یابد. در راه‌های جنگلی برای اینکه آب باران و برف با سرعت بیشتری از سطح راه خارج و امکان نفوذ آب و تخریب راه کمتر شود، رعایت شیب به عنوان حداقل ضروریست .

این حداقل برای راه‌های اصلی ۴ درصد است، در صورتی که راه از روی دامنه با شیب کمتر از ۴ درصد می‌گذرد، بهتر است شیب را ۳± درصد منظور نمائیم (به جدول ۱۰ توجه شود).

به عنوان مقایسه، درصد شیب راه‌های جنگلی در ارتباط با سرعت طرح و نوع کامیون‌های حامل چوب بر اساس استانداردهای آمریکائی در جدول (۱۱) داده شده است. استفاده از ارقام این جدول مناسب جنگل‌های شمال ایران نیست و فقط به منظور نشان دادن ارتباط سرعت طرح و شیب راه جنگلی می‌باشد.

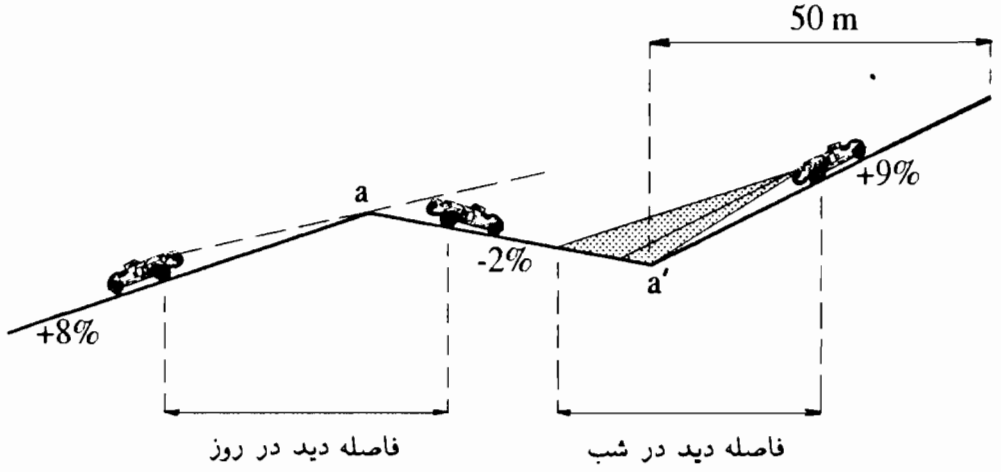
جدول ۱۱- شیب جاده با توجه سرعت طرح

سرعت طرح بر حسب مایل درساعت	شیب جاده‌های جنگلی (درصد)		
	کامیون۲محور حمل چوب	کامیون۳محور حمل چوب	کامیون۵ محور حمل چوب
۱۰	۱۵	۱۱	۶
۱۵	۱۲/۵	۸	۴/۵
۲۰	۱۰	۶	۳
۲۵	۷/۸	۴/۲	۲/۲
۳۰	۶/۳	۳/۳	۱/۶

۲-۲-۲-۲- قوس‌های قائم و فاصله اطمینان دید و مشخصات آن برای راه‌های جنگلی

از برخورد خطوط مستقیم محور طولی (خط پروژه یا Grade line) که دارای شیب‌های مختلفی هستند زوایائی به وجود می‌آید که مانع دید رانندگان در فاصله لازم خواهد بود. این زوایا ممکن است برآمده (Crest) و یا مقعر (Sag) باشند. در شکل (۲-۷) این وضعیت‌ها نشان داده شده است .

شکل (۲-۷) فاصله دید در شب و روز



در طراحی این قوس‌ها ابتدا باید فاصله اطمینان دید برای توقف (Stopping Sight distance) برای جلوگیری از برخورد وسیله نقلیه با ماشین یا وسیله دیگری که در روبرو قرار دارد، و یا فاصله اطمینان دید برای سبقت در راه‌های دو یا چند خطه و در شرایط سبقت مجاز (Passing sight distance) معین گردد. عواملی چون سرعت طرح، ضریب اصطکاک سطح راه ، تفاضل جبری شیب در دو سمت، (در شکل ۲-۷ در دو سمت نقاط a یا a')، ویژگی رانندگان، سرعت معمولی وسایل سبقت گیرنده و مورد سبقت (در فاصله دید برای سبقت مجاز) و غیره از جمله عواملی هستند که در تعیین فاصله دید موثرند و باید مورد توجه قرار گیرند.

برای راه‌های جنگلی درجه یک انتخاب فاصله اطمینان برای سبقت در کلیه نقاطی که این امر به علت لزوم انتخاب فواصل دید طولانی (در حدود چهار برابر فاصله دید برای توقف) و طراحی قوس‌های قائم با شعاع بزرگ، موجبات بالا بردن حجم عملیات خاکی غیر موجه را فراهم میکند مطرح

نخواهد بود و لازمست به طور کلی در نقاطی که فاصله دید برای سبقت مسئله ساز است تابلوی سبقت ممنوع نصب گردد.

بطور کلی برای راه‌های جنگلی در صورتی که در ردیابی مسیر هادی و بخصوص در تنظیم خط پروژه ، اصول مربوط به طراحی این خطوط رعایت شود، قوس‌های قائم با مشخصات مطلوب در محور طولی (grade line) بخودی خود ایجاد می‌گردد. رعایت این اصول مبتنی بر تغییرات شیب در مسیر هادی معادل حداکثر یک درصد حداقل ۱۰ متر فاصله و در خط پروژه به صورت زیر است :

جدول ۱۲- تغییرات شیب طولی قوس‌های قائم در خط پروژه

نوع جاده	حداکثر تغییر شیب در یک نقطه	حداقل فاصله بین دو نقطه با تغییر شیب	طول شعاع قوس قائم
راه درجه یک جنگلی (دو طرفه)	۲ درصد	۱۰ متر	۵۰۰ متر
راه درجه دو جنگلی (دو طرفه)	۲/۵ درصد	۱۰ متر	۳۰۰-۴۰۰متر
راه فرعی جنگلی	۴ درصد	۵ متر	۲۵۰ متر

همچنین برای طراحی قوس‌های عمودی می‌توان به خوبی از استانداردهای آمریکائی مربوط به راه‌های شوسه و خاکی جنگلی که مشخصات آن در شکل‌های (۲-۹)-(۲-۱۰)-(۲-۱۱) نقل شده است استفاده کرد.

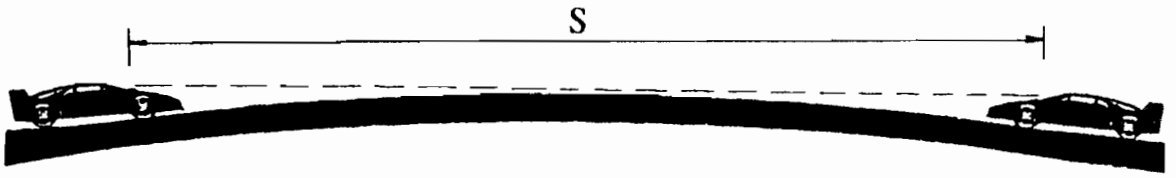
در شکل‌های مورد اشاره فاصله دید برای توقف در راه‌های یک طرفه و دو طرفه بر اساس سرعت طرح (مایل در ساعت) و طول قوس‌های قائم داده شده است . خط نقطه چین نشان دهنده زمانی است که فاصله دید با طول قوس عمودی برابر می‌باشد. برای محاسبه طول شعاع قوس قائم می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$r = \frac{۱۰۰ L}{A}$$

که در آن L طول قوس قائم (موقعی که مقدار آن برابر فاصله دید است یعنی S = L), r طول شعاع قوس قائم و A تفاضل جبری شیب در دو سمت نقطه تغییر شیب می باشد. به عنوان مثال در نقطه a' (شکل ۲-۷) مقدار A برابر است با A = ۹-(-۲) = ۱۱.

بر اساس استانداردهای فوق طول شعاع قوس قائم برای راه‌های اصلی دو خطه (درجه یک) یا دو طرفه جنگلی برای سرعت طرح معادل ۲۰ مایل در ساعت و فاصله دید برای توقف حدود ۱۱۳۵ فوت یعنی ۳۸۰ متر خواهد بود. طول شعاع قوس قائم راه‌های یک خطه (درجه ۲) برای هر سرعت طرح ۱۵ مایل، برابر ۱۲۰۰ پا یعنی حدود ۴۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

شکل (۲-۸) فاصله توقف در جاده‌های یک‌خطه دو طرفه و طول قوس قائم (S) برحسب فوت را نشان می‌دهد.



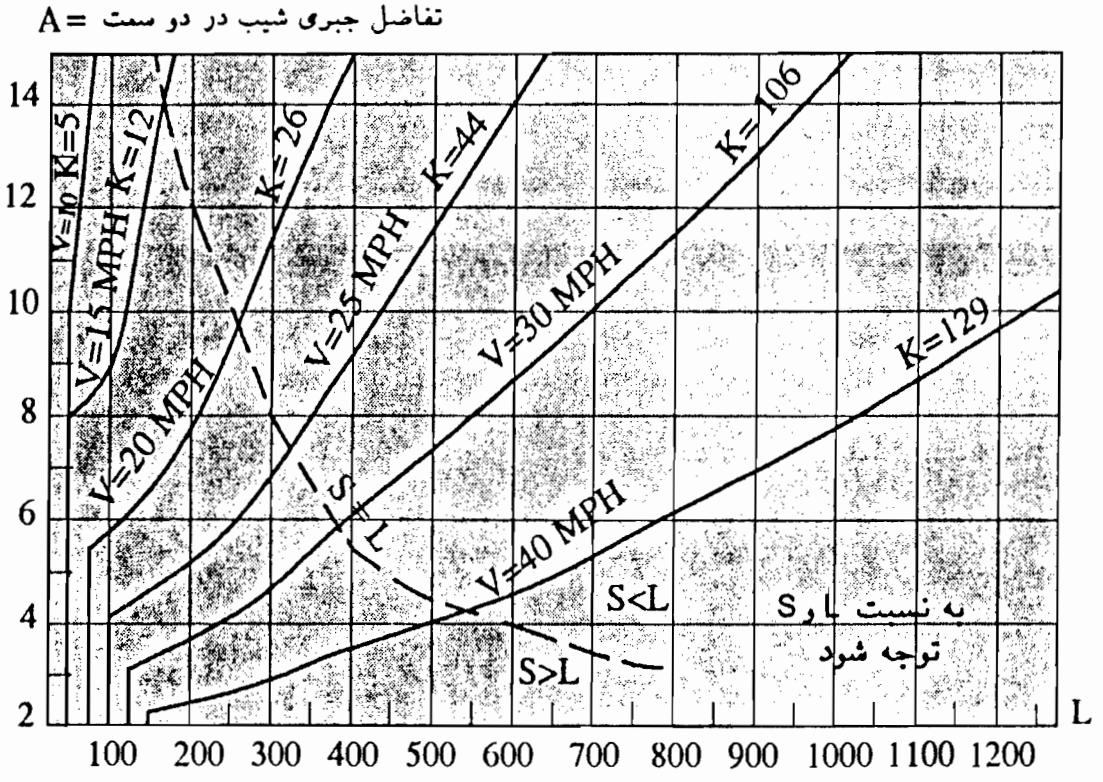
L= طول قوس قائم FEET
A= تفاضل جبری شیب در دو سمت (%)
S= فاصله دید (FT)
V= سرعت طرح (M.P.H) "S"

$S > L \qquad L = 2S - \frac{2350}{A}$

$S < L \qquad L = \frac{AS^2}{2350}$

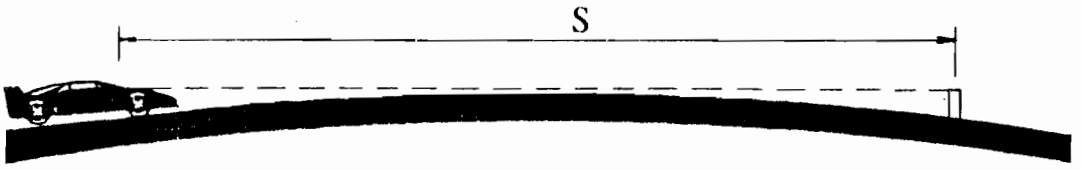
به تقریب $L = K\,A$

فاصله دید به فوت S IN FEET	سرعت به مایل در ساعت V IN M.P.H
100	10
170	15
250	20
320	25
400	30
550	40



ارتفاع چشم راننده ۱۲۰ و ارتفاع اتومبیل مقابل ۱۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

شکل (۲-۹) فاصله توقف در راه‌های دو خطه و طول قوس قائم (S) برحسب فوت را نشان می‌دهد.



L= طول قوس قائم FEET

A= تفاضل جبری شیب در دو سمت (%)

S= فاصله دید (FT)

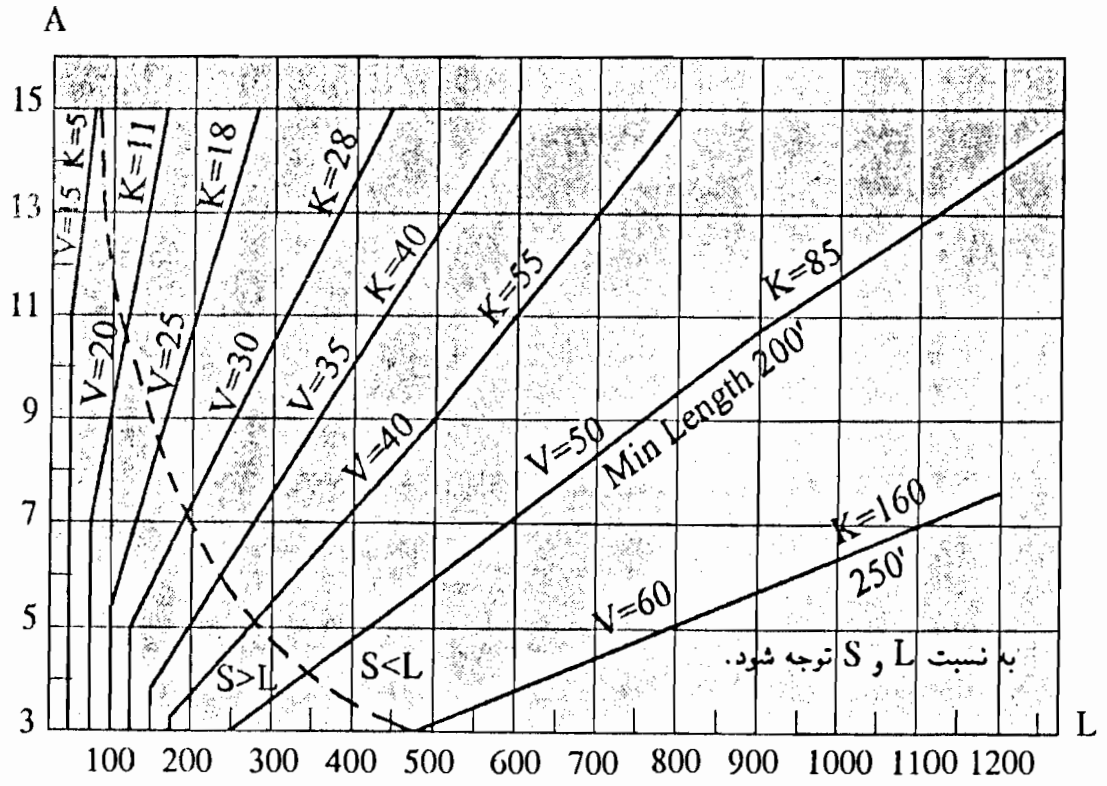
V= سرعت طرح (M.P.H) "S"

$S>L \quad L= 2S - \frac{1398}{A}$

$S<L \quad L= \frac{AS^2}{1398}$

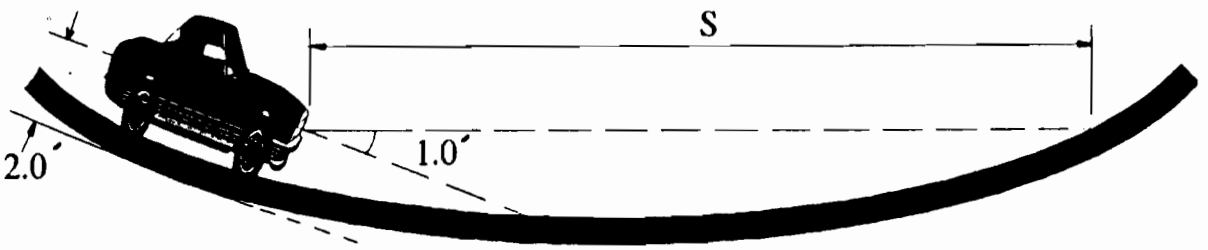
به تقریب $L=KA$

سرعت به مایل در ساعت V (M.P.H)	فاصله دید به فوت S (FEET)
10	50
15	85
20	125
25	160
30	200
40	275
50	350
60	475



ارتفاع شئی مقابل خودرو۱۶و ارتفاع چشم راننده از سطح راه۱۲۰سانتیمترفرض شده است.

شکل (۲-۱۰) فاصله دید نور چراغ در شب (فاصله توقف) و طول قوس در قوس‌های قائم مقعر بر حسب فوت را نشان می‌دهد.



سرعت به مایل در ساعت V (M.P.H)	فاصله دید به فوت S (FEET)
15	85
20	125
25	160
30	200
40	275
50	350
60	475

L= طول قوس قائم (FT)

A= تفاضل جبری شیب در دو سمت (%)

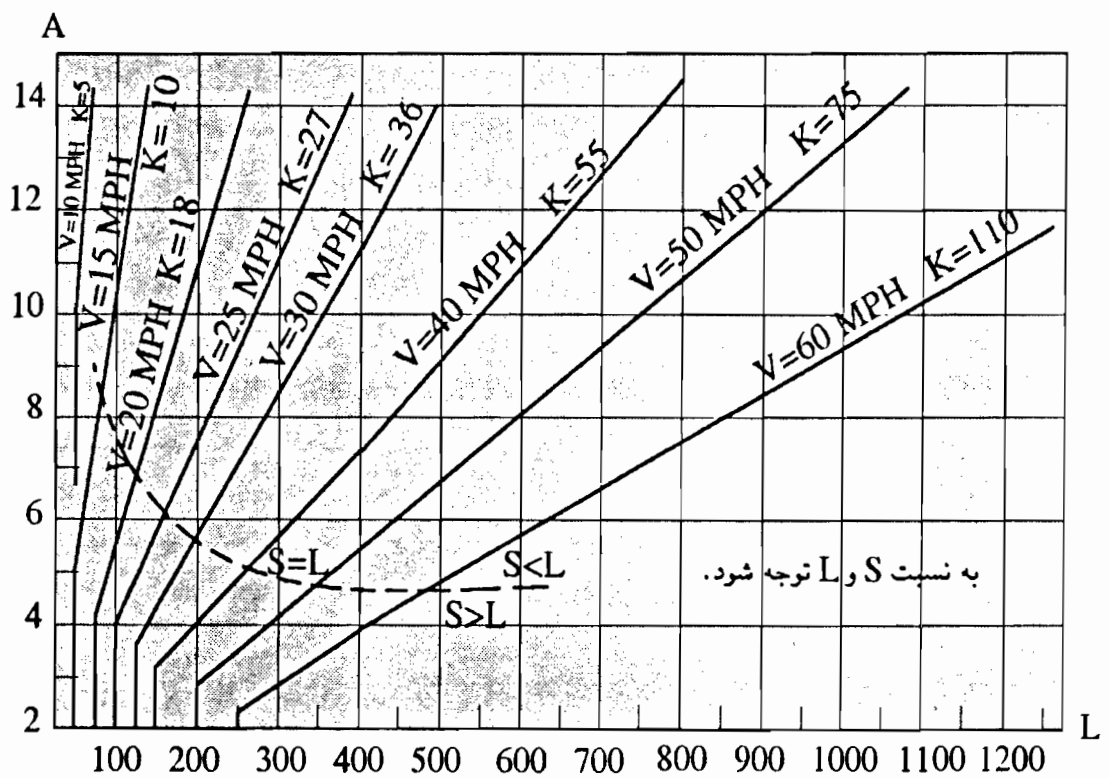
S= فاصله دید

V= سرعت طرح (M.P.H) "S"

$S>L \qquad L=2S-\frac{400+3.5S}{A}$

$S<L \qquad L=\frac{AS^2}{400+3.5S}$

به تقریب $L=KA$



۲-۲-۳- نقاط عبوری - دور زدن - محل‌های دپوی چوب

۲-۲-۳-۱- نقاط عبوری و مشخصات هندسی آن (گذرگاه‌ها)

در راه‌های جنگلی درجه دوم (یک خطه) لازمست امکان عبور کامیون‌های حامل چوب از مقابل هم تامین شود. از این رو گذرگاه‌هائی در فواصل معین در طول مسیر ایجاد می‌گردد. فاصله گذرگاه‌ها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که کامیون‌های مخصوص حمل چوب که از دو طرف مقابل بر روی راه تردد می‌نمایند، بتوانند بموقع و بدون بروز اختلال زیاد در ترددشان از مقابل هم عبور نمایند بطور کلی کامیون خالی که از محیط خارج به داخل جنگل در حرکت است باید به محض دیدن کامیون حامل چوب در محل گذرگاه پارک کند تا کامیون حامل چوب بدون اشکال عبور نماید.

در راه‌های فرعی نیز وجود این گذرگاه‌ها لازم است. البته می‌توان در این راه‌ها از محل دپوی چوب که در کنار راه احداث می‌شود به این منظور استفاده نمود همچنین می‌توان با تنظیم حرکت کامیون‌ها (با توجه به ترافیک سبک این راه) از بروز اشکال جلوگیری به عمل آورد . غالبا تعریض قسمتی از مسیر، به ویژه در قسمت‌های دارای شیب عرضی کمتر و بخصوص هنگام گذر راه از روی یال‌ها به حل مشکل کمک می‌نماید. این کار با صرف هزینه‌ای اندک و بدون ایجاد زخم‌های عمیق بر روی زمین جنگل امکان پذیر است .

بدین ترتیب ضمن تسهیل عبور و مرور ، موجودیت جنگل از نظر خاکبرداری و تخریب ، کمتر دستخوش تهدید واقع می‌شود.

فواصل گذرگاه‌ها به امکانات دید رانندگان و تراکم ترافیک در هر قسمت از راه بستگی دارد. بخصوص در مسیرهای پر پیچ و خم و دارای نقاط کور، فاصله گذرگاه‌ها کمتر در نظر گرفته می‌شود.

در شرایط معمولی فواصل گذرگاه‌ها حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر است هر قدر تراکم ترافیک بیشتر باشد، توقف کامیون‌های خالی بر روی گذرگاه‌ها بیشتر و در نتیجه فواصل گذرگاه‌ها کمتر در نظر گرفته می‌شود. گاه برای ایجاد امکان عبور عادی کامیون‌های پر و کامیون‌های خالی در ترافیک سنگین، فواصل گذرگاه‌ها به اندازه‌ای کم می‌شود که اقتصادی‌تر آنست که راه جنگلی کلا تعریض و به صورت دو خطه احداث شود. ایجاد راه‌های دو خطه در قسمت‌های نزدیک به نقطه خروج محمولات از جنگل ، در جنگل‌های وسیع، اغلب به این دلیل غیر قابل اجتناب است . در این رابطه لازمست حفاظت جنگل ، سرعت عبور مرور و حمل چوب، هزینه‌های احداث به صورت یک خطه یا دو خطه و تراکم ترافیک مورد توجه قرار گیرد تا فقط در صورت نیاز نسبت به ایجاد جاده‌های دو خطه اقدام شود.

بهتر است گذرگاه‌ها در نزدیکی قوس‌های افقی و قوس‌های قائم (نقاط کور) ایجاد گردند. طول گذرگاهی که در مسیر قوس‌های افقی (احیانا) احداث می‌گردد، از طول گذرگاهی که در مسیر مستقیم ساخته می‌شود، قدری بیشتر در نظر گرفته شده تا کامیون به راحتی در آن جا گرفته و توقف نماید زیرا در گذرگاه‌های واقع در مسیر قوس‌های افقی احتیاج به مانور بیشتری برای پارک کردن خواهد بود.

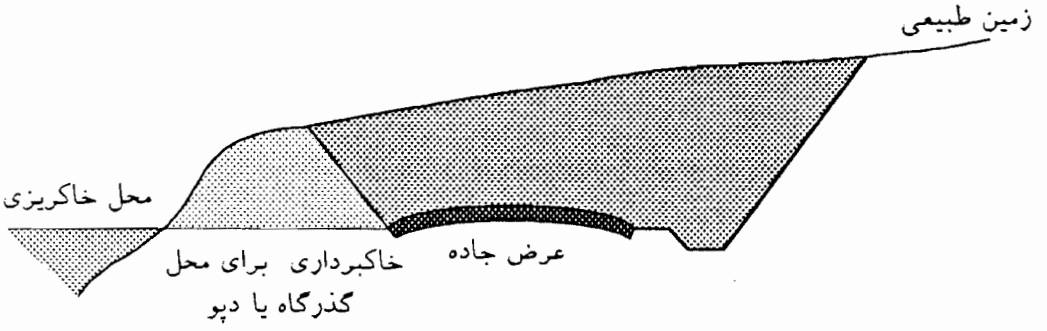
بهتر است احداث محل‌های دپوی چوب و محل گذرگاه‌ها همزمان با

عملیات خاکبرداری و خاکریزی و قبل از شروع عملیات زیرسازی و روسازی راه باشد. این کار از تخریب غیر موجه جنگل و بعلاوه دو هم آهنگ کردن گذرگاه و محل دپو و در کل در کاهش هزینه‌ها موثر است . در شکل (۲-۱۱) چگونگی ایجاد گذرگاه (یا محل دپو) در قسمت‌های مناسب راه و بخصوص در محل گذر راه از یال‌ها نشان داده شده است.

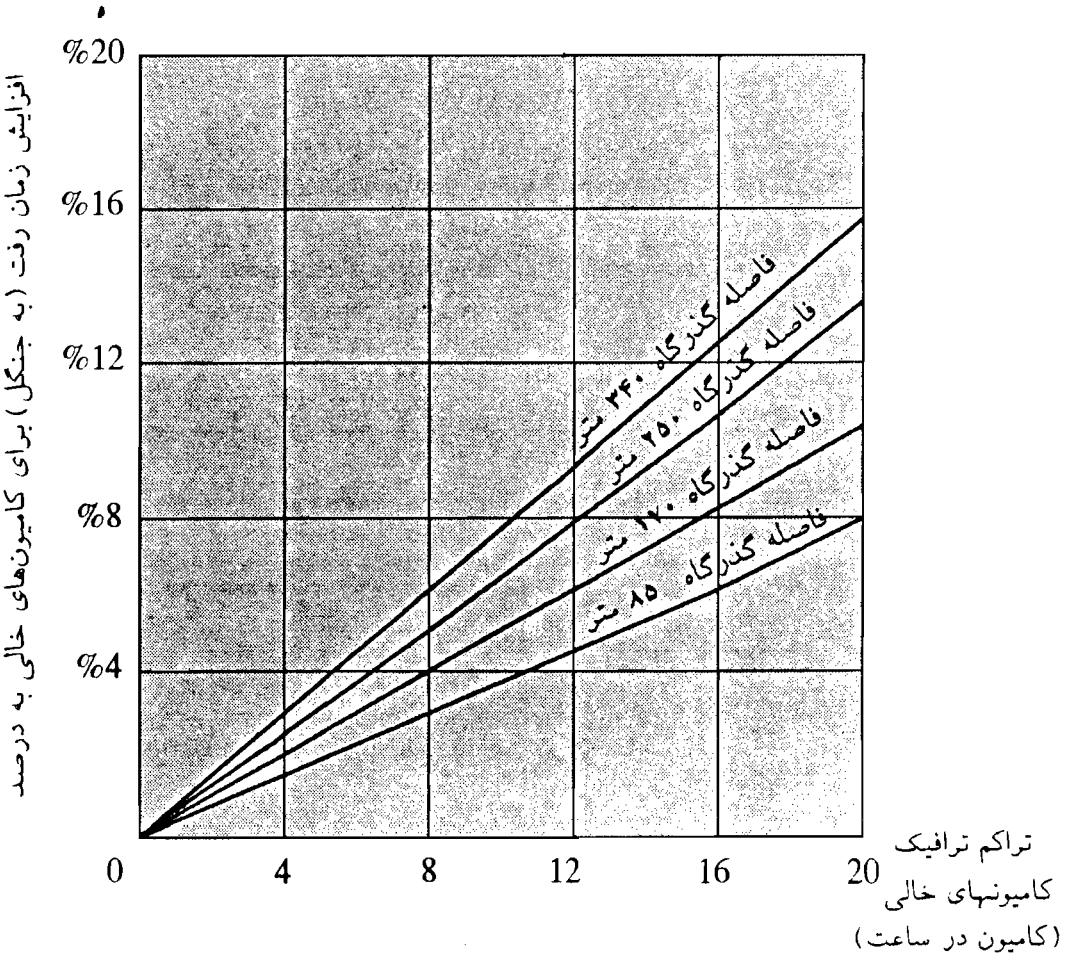
طول و عرض بیش از حد لازم در موقع احداث گذرگاه‌ها، کمکی به حل مشکل ترافیک نمی‌کند و عامل موثر، تعداد کافی گذرگاه و انتخاب محل‌های مناسب است . در صورتی که راه جنگلی مورد نظر راهی با ترافیک همگن و یکنواخت باشد، می‌توان زمان‌های بدست آمده از شکل (۲-۱۲) را ملاکی برای محاسبه فواصل اقتصادی گذرگاه‌ها قرار داد.

در شکل (۲-۱۳) فرم و ابعاد استاندارد گذرگاه‌های مخصوص راه‌های جنگلی یک خطه در قسمت‌های مستقیم و در شکل (۲-۱۴) برای احداث گذرگاه در امتداد قوس‌های افقی راه نشان داده شده است .

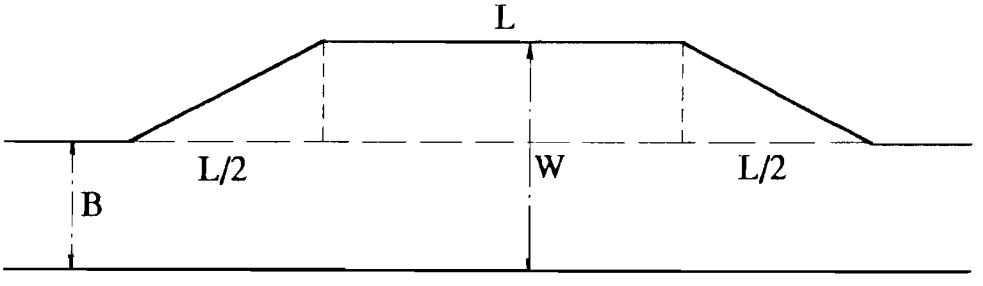
شکل (۲-۱۱) نیمرخ عرضی راه‌های جنگلی در روی یال‌ها



شکل (۲-۱۲) فاصله گذرگاه‌ها در راه با ترافیک همگن



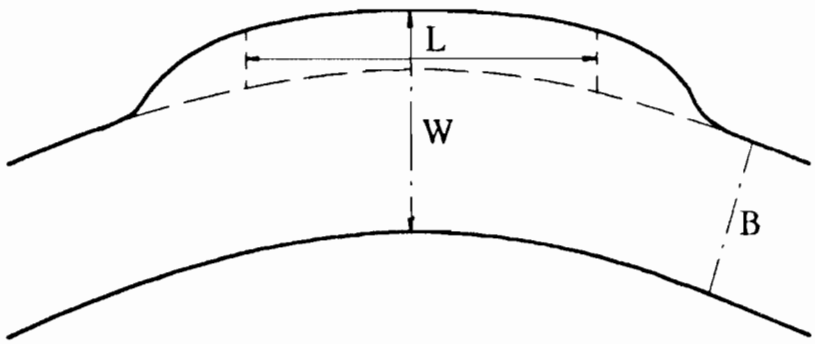
شکل (۲-۱۳) فرم و ابعاد گذرگاه درمسیرهای مستقیم



L برابر ۱/۲۵ طول کامیون خالی (L=15m)

W=6m= عرض کلی گذرگاه B=3.5m

شکل (۲-۱۴) فرم و ابعاد گذرگاه درروی قوس



min B = 4m
min W = 6.5m
min L = 18m

L = ۱/۵ برابر طول کامیون بدون بار

۲-۲-۳-۲- نقاط دورزن

در انتهای هر مسیر، و در صورت لزوم در طول مسیر، باید نقاطی را برای دور زدن کامیون‌ها تعبیه کرد. این امر در راه‌های فرعی بیشتر اهمیت دارد زیرا راه‌های فرعی معمولا بن‌بست هستند. در راه‌های اصلی، از محل‌های دپو و از محل‌های انشعاب راه‌ها نیز می‌توان به عنوان نقاط دور زدن استفاده کرد. در شکل (۲-۱۵) ابعاد معمولی محل‌های دور زدن داده شده است . محل دور زدن ممکن است بصورت دایره‌ای نیز باشد که برای دامنه‌های کم شیب و یا تراس‌های طبیعی مناسب است .

ابعاد محل‌های دور زدن ، در صورتی که استفاده از تریلرهای حامل چوب لازم باشد، باید به تناسب افزایش یابد. بهترین جا برای احداث محل‌های دور زدن در راه‌های فرعی انتهای راه است، در هر راه باید از قسمت‌های کم شیب‌تر (شیب عرضی دامنه کمتر) و نقاطی که عرض راه بطور طبیعی بیشتر است ، برای احداث محل دور زدن استفاده شود تا هزینه‌های خاکبرداری و تخریب جنگل کاهش یابد.

در انتخاب محل دور زدن باید دید رانندگان ، امنیت عبور، مسئله سیر و سیاحت و نظایر آن مورد توجه قرار گیرد و از تابلوهای راهنما استفاده به عمل آید تا خطری در موقع دور زدن متوجه رانندگان نشود.

۲-۲-۳-۳- محل‌های دپو و انبار چوب

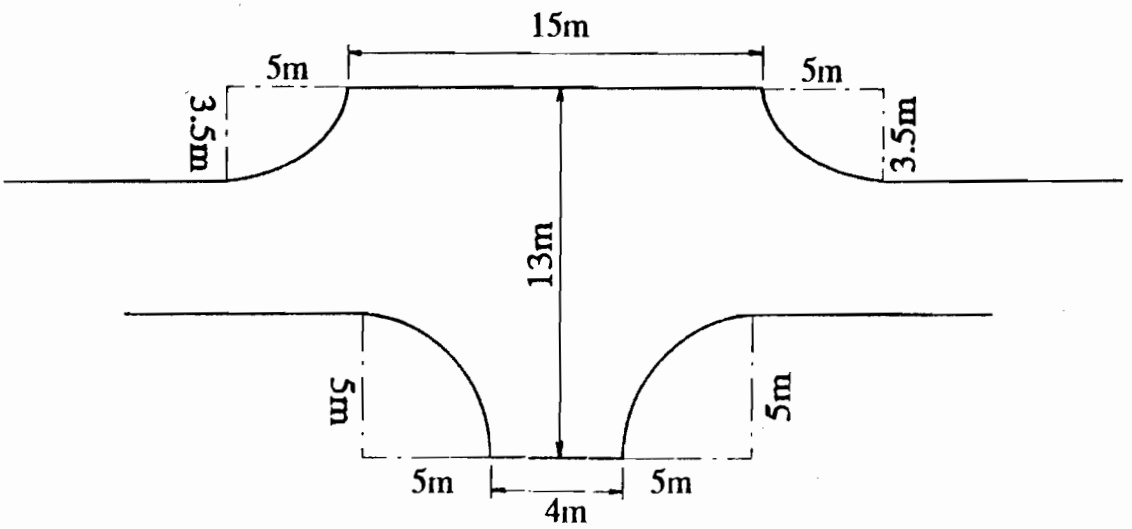
از اجزاء بسیار مهم راه‌های جنگلی ، مکان‌های دپو و انبار است . که باید در طول مسیر و در نقاط مناسب احداث گردد.

محل‌های دپو باید در نقاطی انتخاب شوند که اولا از نظر جمع‌آوری چوب‌های تنه‌ای، گرده بینه‌ها، سر شاخه‌ها و فواصل کشیدن چوب در وضع منطقی قرار گرفته باشند، ثانیا تمامی جوانب از نظر عملیات خاکبرداری، خاکریزی، حفظ محیط جنگل و تخریب در آنها مورد توجه قرار گرفته باشد. این مکان‌ها باید در دامنه‌های کم شیب ، تراس‌های طبیعی و محل انشعاب راه‌ها ساخته شوند. ظرفیت مکان‌های دپو و انبار، باید با حجم چوب‌هایی که قرار است حمل و در آنها جمع‌آوری شوند، متناسب باشد. حداقل ظرفیت محل‌های دپو و انبار چوب معادل ظرفیت یک کامیون یا تریلر خواهد بود. در بیشتر موارد می‌توان محل انبار، دپو، گذرگاه و دور زدن را به نحوی با هم تلفیق کرد. چون محل‌های دپو در کنار راه احداث می‌شوند، میتوان عرض راه را نیز جزء قلمرو انبار به حساب آورد . انبار، معمولا با تعریض قسمتی از راه و احیانا پوشانیدن و مسقف کردن کانال کناری قابل احداث است .

حداقل طول انبار چوب ۲۵ متر و حداقل عرض آن(بدون احتساب عرض راه) ۱۲ متر است . در صورتی که محل دپوی چوب یا انبار در طرف دامنه

باشد لازمست امکان عبور کامیون‌ها و اسکیدرها از روی کانال کنار راه فراهم گردد.

شکل (۲-۱۵) ابعاد محل‌های دور زدن



فصل سوم
مشخصات فنی ساختمان راه‌های جنگلی

مباحث مربوط به ساختمان راه‌های جنگلی را می‌توان به دو بخش زیرسازی و روسازی تقسیم و هر بخش را بطور مجزا مورد توجه قرار داد.

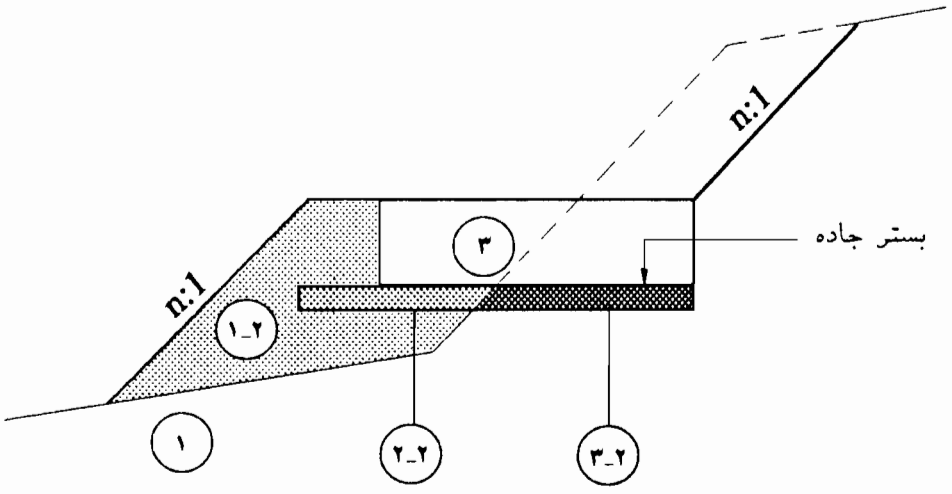
۳-۱- زیرسازی راه‌های جنگلی:

زیرسازی راه‌های جنگلی عبارتست از مجموعه کارهائی که منجر به ساختمان کف و بستر راه، شیروانی‌ها در برش‌ها و خاکریزها و همین طور دیواره‌های حفاظتی راه می‌شود. در این مرحله کارهای زیر صورت می‌گیرد:

- آماده کردن مسیر راه و حریم آن
- خاکبرداری و خاکریزی
- تثبیت بستر راه
- تثبیت شیروانی‌ها در برش‌ها و یا در خاکریزها
- ایجاد دیواره‌ها و بناهای حفاظتی

مجموع کارهای فوق منجر به ایجاد پروفیل (نیمرخ) عرضی راه ساخته شده خواهد شد (مراجعه شود به شکل ۳-۱).

شکل ۳-۱- قسمت‌های مختلف زیر سازی راه



۱ـ زمین طبیعی (خاک طبیعی در جا)

۲ـ زیرسازی
- ۲ـ۱ـ خاکریزی (توام با تراکم)
- ۲ـ۲ـ خاکریزی تثبیت شده
- ۲ـ۳ـ خاک طبیعی تثبیت شده

۳ـ روسازی

مفاهیم به کار رفته در شکل (۳-۱) عبارتند از:

زمین مادری یا زمین طبیعی: عبارت است از خاک طبیعی موجود در محل که ممکن است خرده سنگی، صخره‌ای و یا خاکی باشد و به عنوان پی برای روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بستر راه: سطح صاف شده زمین مادری است که بعد از عملیات خاکی به وجود می‌آید. از آنجا که لایه‌های روسازی روی بستر قرار می‌گیرند و کلیه بارهای وارده به روسازی را باید تحمل کند از اهمیت زیادی برخوردار است.

حریم ساختمانی راه: عبارت است از عرض نواری از جنگل که برای

کارهای راه سازی، قطع یکسره شده و از وجود درخت پاک می‌شود که بسته به اهمیت، نوع جاده و شرایط منطقه عرض آن متغیر است.

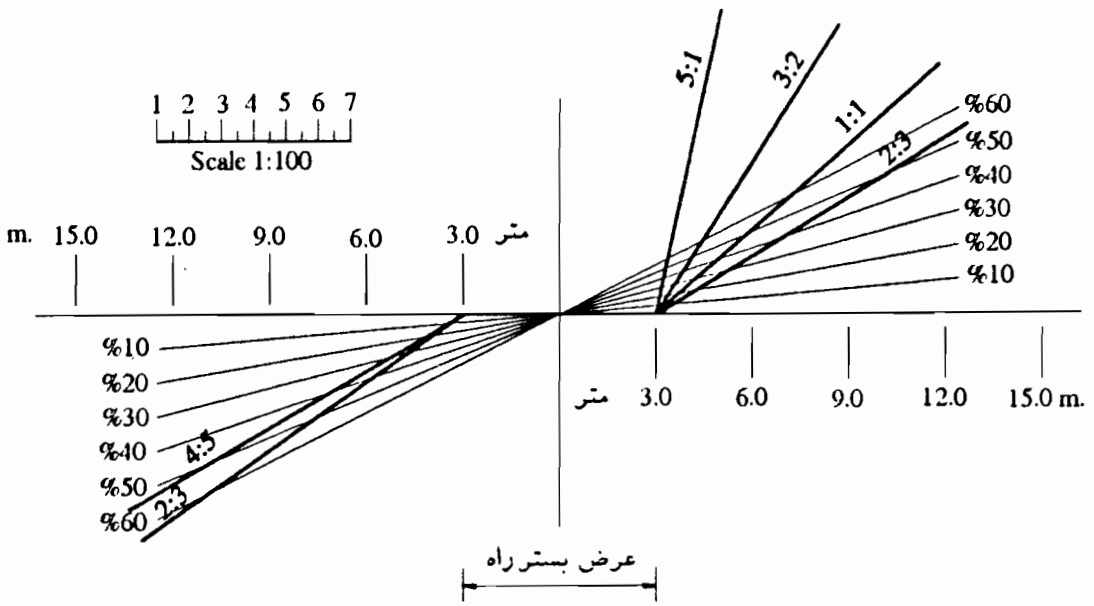
مراحل مختلف زیر سازی عبارتند از:

۳-۱-۱- آماده کردن مسیر راه:

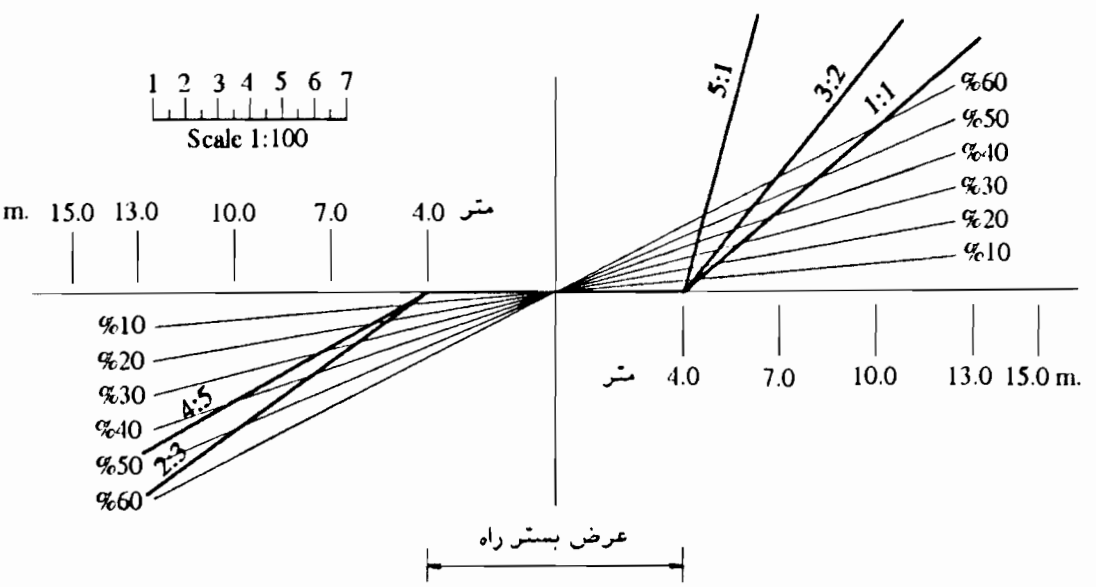
با توجه به عرض کلی راه (شکل ۲-۱)، عرض حریم ساختمانی راه تعیین و درختان مسیر راه در این حریم ساختمانی نشانه‌گذاری و قطع می‌گردد. تعیین عرض حریم ساختمانی راه با استفاده از نمودارهای (۳-۲) و (۳-۳) انجام می‌گیرد.

پس از قطع درختان واقع در حریم ساختمانی راه، نسبت به ریشه کن کردن کنده‌های باقیمانده اقدام خواهد شد. این کار معمولا در مورد کنده‌هائی که سطح بالائی آنها کمتر از ۷۰ سانتیمتر با سطح خاک بستر راه فاصله دارد انجام می‌گیرد. ریشه کنی کنده‌هائی که در عمق بیشتری قرار دارند ضروری نیست. از اقدامات دیگر برای آماده کردن مسیر راه، حذف صخره سنگ‌های آزاد موجود در مسیر راه به وسیله انفجار است که می‌توانند در عملیات ساختمان راه وقفه ایجاد کنند.

شکل ۳-۲- تعیین عرض حریم ساختمانی راه‌های یک طرفه



شکل ۳-۳- تعیین عرض حریم ساختمای راه‌های دو طرفه



۳-۱-۱-۱- روش‌های بیرون آوردن کنده‌های مسیر راه:

الف: بیرون آوردن کنده توام با انداختن درخت: در این روش از تنه درخت به عنوان اهرم استفاده می‌شود.

ب: بیرون آوردن کنده پس از قطع درخت به روش مکانیکی: در این روش ضمن خالی کردن اطراف کنده و قطع ریشه‌های بزرگ جانبی با تبر و یا اره موتوری، می‌توان با استفاده از وینچ و تیغه بولدوزر ، کنده را ریشه کن کرد. استفاده از این روش می‌تواند نتیجه بهتری بدهد در صورتی که موقع قطع درختان مسیر راه، ارتفاع کنده‌ها را بیشتر از حد معمول در نظر بگیریم .

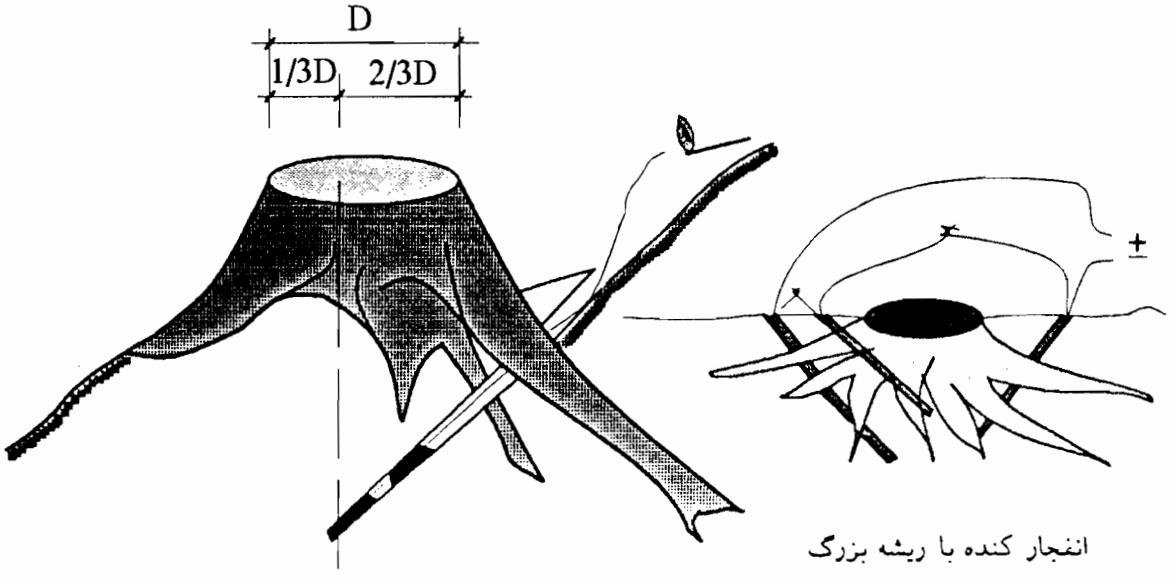
ج : بیرون آوردن کنده با استفاده از عملیات انفجاری: در این روش، مواد منفجره را به مقدار کافی در زیر کنده و یا در داخل سوراخ ایجاد شده به وسیله مته، در بدنه کنده قرار داده و منفجر می‌کنند. حتی اگر در اثر انفجار، کنده‌کاملا ریشه کن نشده باشد، به علت شکافتن و سست شدن اتصال آن با زمین در عملیات خاکبرداری راحت تر بیرون خواهد آمد. در شکل ۳-۴ روش‌های مختلف منفجر کردن کنده نشان داده شده است.

۳-۱-۱-۲- حذف صخره سنگ‌های آزاد مسیر راه:

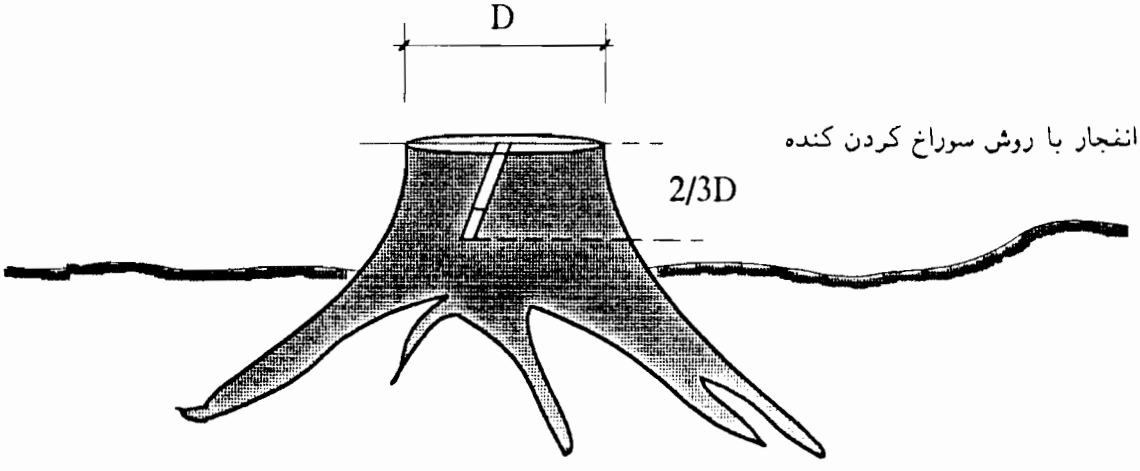
این صخره سنگ‌ها یا به صورت طبیعی در مسیر راه قرار دارند و یا این که در حین عملیات خاکبرداری و انفجار از کوه جدا شده و در مسیر راه قرار می‌گیرند. در هر دو حالت وجود آنها در مسیر راه می‌تواند کار ماشین‌های خاکبرداری را مختل کرده و باعث اتلاف وقت بشوند (مخصوصا اگر ماشین‌های خاکبرداری مورد استفاده متوسط و ضعیف باشند). برای پاک کردن مسیر راه از وجود این سنگ‌ها، می‌توان آنها را منفجر کرد. انفجار این نوع سنگ‌ها می‌تواند به روش سوراخ کردن سنگ و قرار دادن ماده منفجره در داخل سوراخ و یا به روش قرار دادن ماده منفجره در زیر و یا روی سنگ، بدون سوراخ کردن انجام گیرد. به هر حال نتیجه عمل، در

حالت سوراخ کردن سنگ بهتر بوده و در مصرف مواد منفجره نیز صرفه‌جوئی می‌شود. در شکل (۳-۵) روش‌های مختلف منفجر کردن سنگ‌های آزاد مسیر راه نشان داده شده است.

شکل ۳-۴- روش‌های منفجر کردن کنده



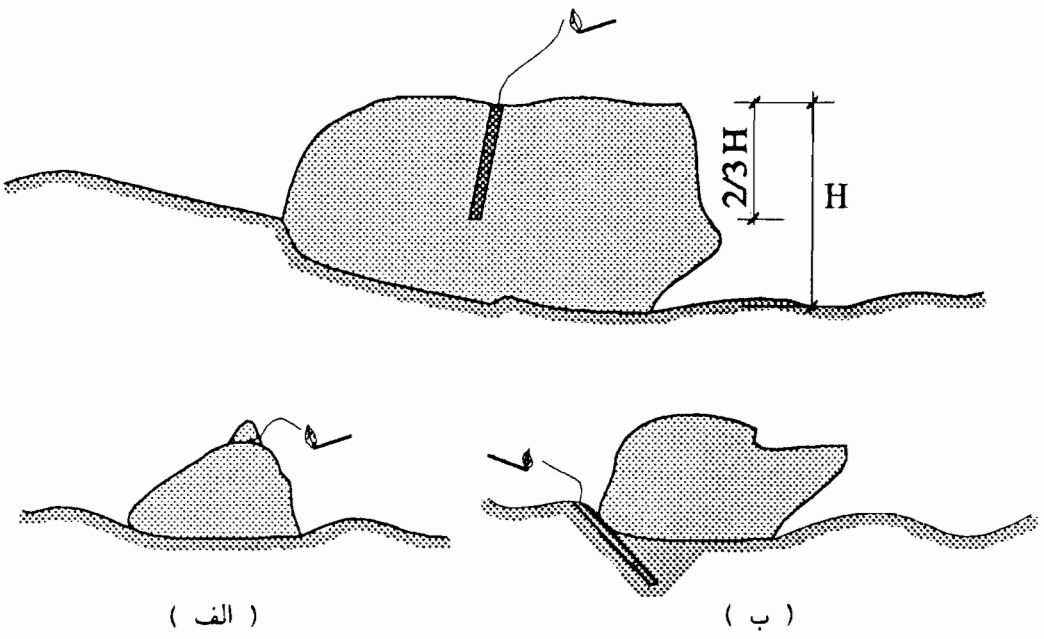
انفجار کنده با ریشه بزرگ گسترده با انفجار الکتریکی



انفجار با روش سوراخ کردن کنده

شکل ۳-۵- روش‌های منفجر کردن سنگ‌های آزاد

منفجر کردن صخره سنگهای آزاد بروش سوراخ کردن سنگ



انفجارصخره سنگهای آزاد بدون سوراخ کردن

۳-۱-۱-۳- کنار زدن لایه هوموس (خاک نباتی) مسیر راه:

در صورتی که مقدار هوموس، یا خاک نباتی در مسیر راه زیاد بوده و لایه ضخیمی را تشکیل بدهد، باید آن را قبل از عملیات خاکبرداری و خاکریزی برداشت و در پائین دست راه انبار کرد به طوری که در حین عملیات خاکبرداری با خاک بستر و خاکریز جاده مخلوط نشود.

۳-۱-۲- عملیات خاکبرداری و خاکریزی:

پس از بیرون آوردن کنده‌های درختان مسیر راه و کنار زدن لایه هوموس (خاک نباتی)، عملیات خاکبرداری و خاکریزی شروع و تا رسیدن به رقوم و

ترازهای تعیین شده در نقشه‌های اجرائی ادامه می‌یابد. روش‌های انجام این عملیات بسته به بافت و ساختمان زمین مادری و شرایط منطقه متفاوت است که تشریح خواهد شد.

۳-۱-۲-۱- عملیات خاکبرداری در زمین‌های خرده سنگی و خاک‌های نرم:

مهمترین ماشین‌های مورد استفاده در خاکبرداری زمین‌های خرده سنگی، در راه‌های جنگلی عبارتند از: بولدوزر (انگلدوزر)، لودر چرخ زنجیری، بیل هیدرولیکی و گریدر. ظرافت کار خاکبرداری به ترتیب از بولدوزر به گریدر افزایش، ولی بازده کار کاهش و در نتیجه هزینه‌های خاکبرداری افزایش می‌یابد. از این جهت جز در موارد استثنائی که کار با سایر ماشین‌آلات ضرورت پیدا می‌کند، بولدوزر بهترین ماشین خاکبرداری و خاکریزی در زمین‌های خرده سنگی، از نظر هزینه و بازده محسوب می‌شود. عملیات خاکبرداری و خاکریزی در زمین‌های خرده سنگی بصور مختلف انجام می‌پذیرد. دو روشی که در زیر تشریح می‌شود مهمترین آنها است و عمدتا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

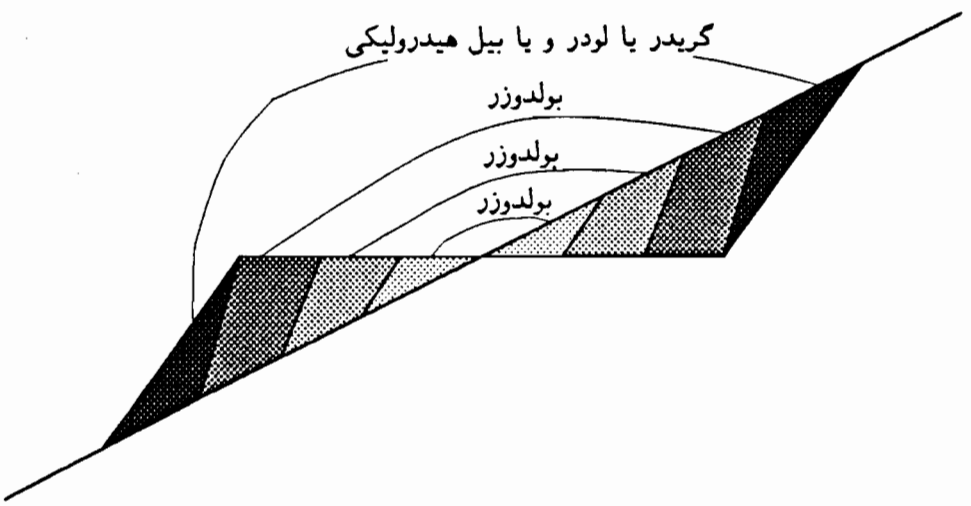
الف - روش خاکبرداری جانبی:

این نوع خاکبرداری، روش کار کاملا مشخص بولدوزر (انگلدوزر) برای ساختن راه‌های جنگلی کوهستانی (دامنه‌ای) است و انجام آن به دو صورت امکان پذیر می‌باشد.

حالت اول: در این حالت بولدوزر فقط کار خاکبرداری و خاکریزی را

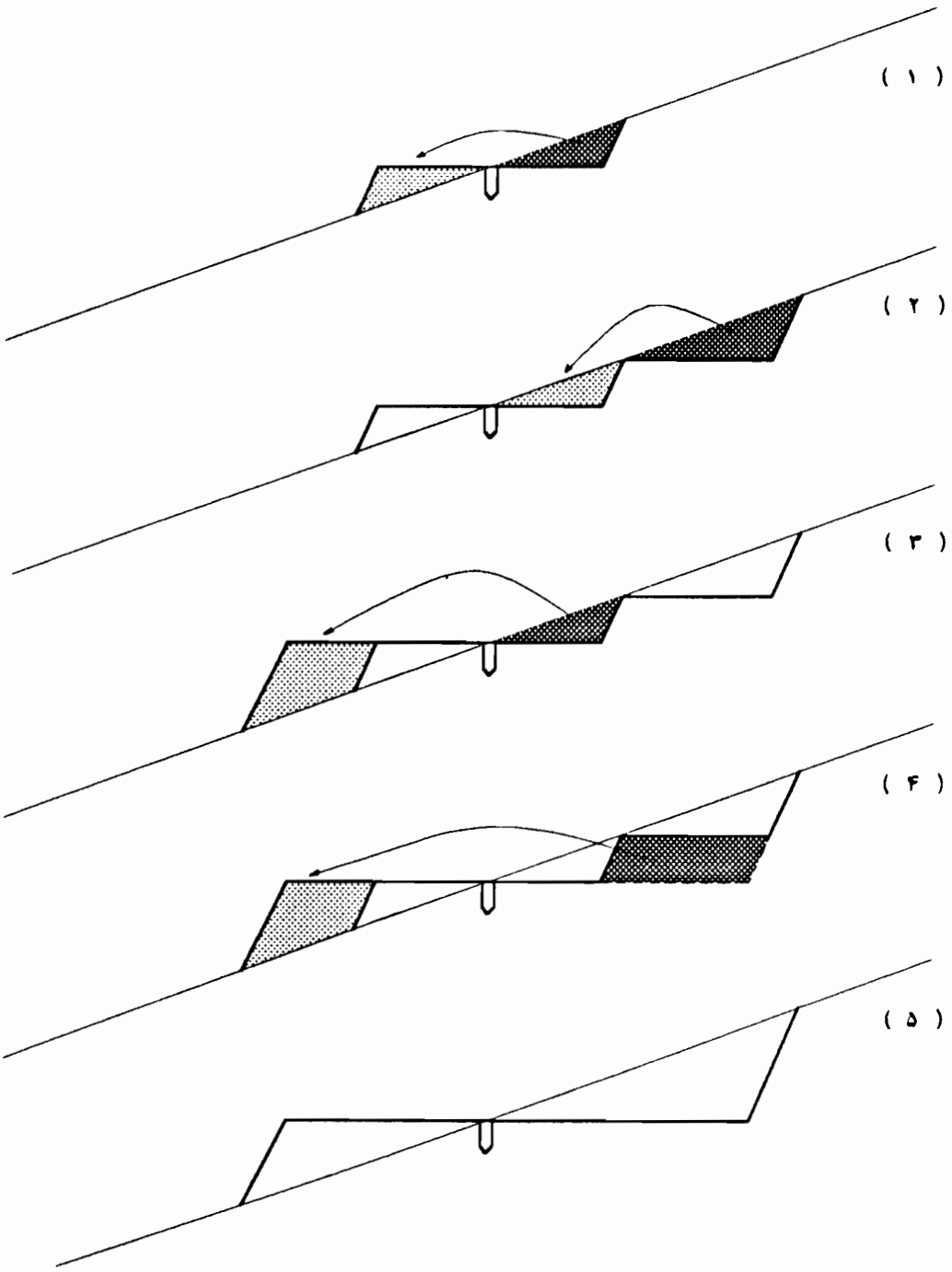
انجام می‌دهد و تمام سطح بستر راه را به تدریج می‌سازد ولی تنظیم و ساختن شیروانی جاده باید با وسیله دیگری مثلا گریدر، لودر و یا بیل هیدرولیکی انجام شود. جریان کار به ترتیب، مطابق شکل (۳-۶) به شرح زیر انجام می‌گیرد. کار خاکبرداری از روی محور راه شروع می‌شود. با مورب قرار دادن تیغه بولدوزر (انگلدوزر) دامنه کوه به تدریج بریده و در دره ریخته می‌شود. در این روش، کار از عرض کم شروع و تا اندازه‌های لازم ادامه می‌یابد.

شکل ۳-۶- خاکبرداری جانبی با بولدوزر و ماشین‌های دیگر خاکبرداری



حالت دوم: در حالت دوم تکنیک کار پیشرفته‌تر است و با داشتن راننده بولدوزر ماهر، می‌توان حتی شیروانی راه را نیز با بولدوزر ساخت. مراحل کار در شکل (۳-۷) به ترتیب نشان داده شده است.

شکل ۳-۷- روش خاکبرداری جانبی فقط با بولدوزر

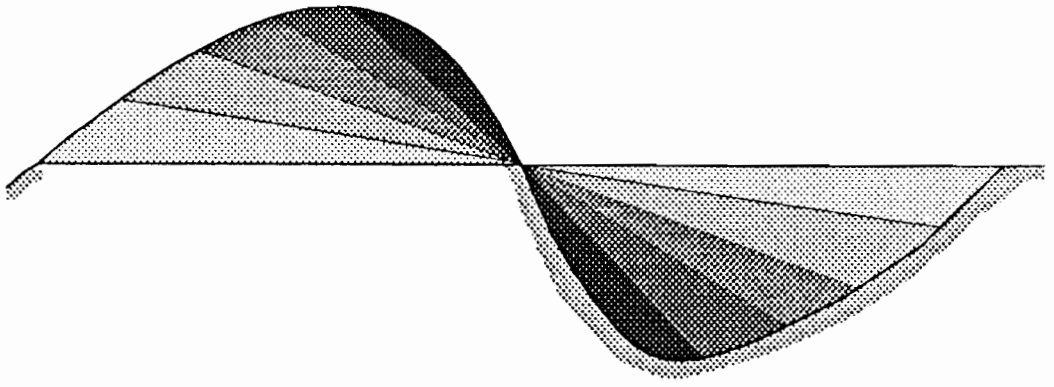


ب - روش خاکبرداری طبقه‌ای:

این روش خاکبرداری در زمین‌های تپه ماهور و یا در مواردی که احتیاج به جابجائی خاک در طولهای نسبتا زیاد باشد انجام می‌گیرد. در این روش،

به صورت مرحله‌ای، سطح خاک بالا آمده را که باید برداشته شود به تدریج تراشیده و به محل‌های گود و فرو رفته حمل می‌نمایند. شکل (۳-۸)، هر چه طول نقل مکان خاک بیشتر باشد امکان بکارگیری بولدوزر محدودتر خواهد بود، چون هر چه طول حمل بیشتر باشد، خاک کنده شده از دو طرف بیل بولدوزر به هدر رفته و بازده کار کمتر می‌گردد.به همین جهت در این روش برای حمل‌های طولانی خاک، بهتر است از وسایل دیگری چون لودر استفاده شود. در زمین‌های سبک، گریدر نیز می‌تواند این کار را به نحو احسن انجام دهد.

شکل ۳-۸- روش خاکبرداری طبقه‌ای



۳-۱-۲-۲- خاکبرداری در زمین‌های صخره‌ای:

بدیهی است در این نوع زمین‌ها، بدون متلاشی کردن بافت متراکم صخره سنگ‌ها، امکان ساختن پروفیل عرضی راه وجود ندارد. بعد از اینکه بافت این نوع زمین‌ها به روش‌های مختلف (اکثرا انفجار) متلاشی شد، ماشین‌ها و روش‌های کار خاکبرداری اکثرا همان است که در همان زمین‌های خرده سنگی بدانها اشاره شد. بنابراین در اینجا فقط به تشریح چند روش انفجار

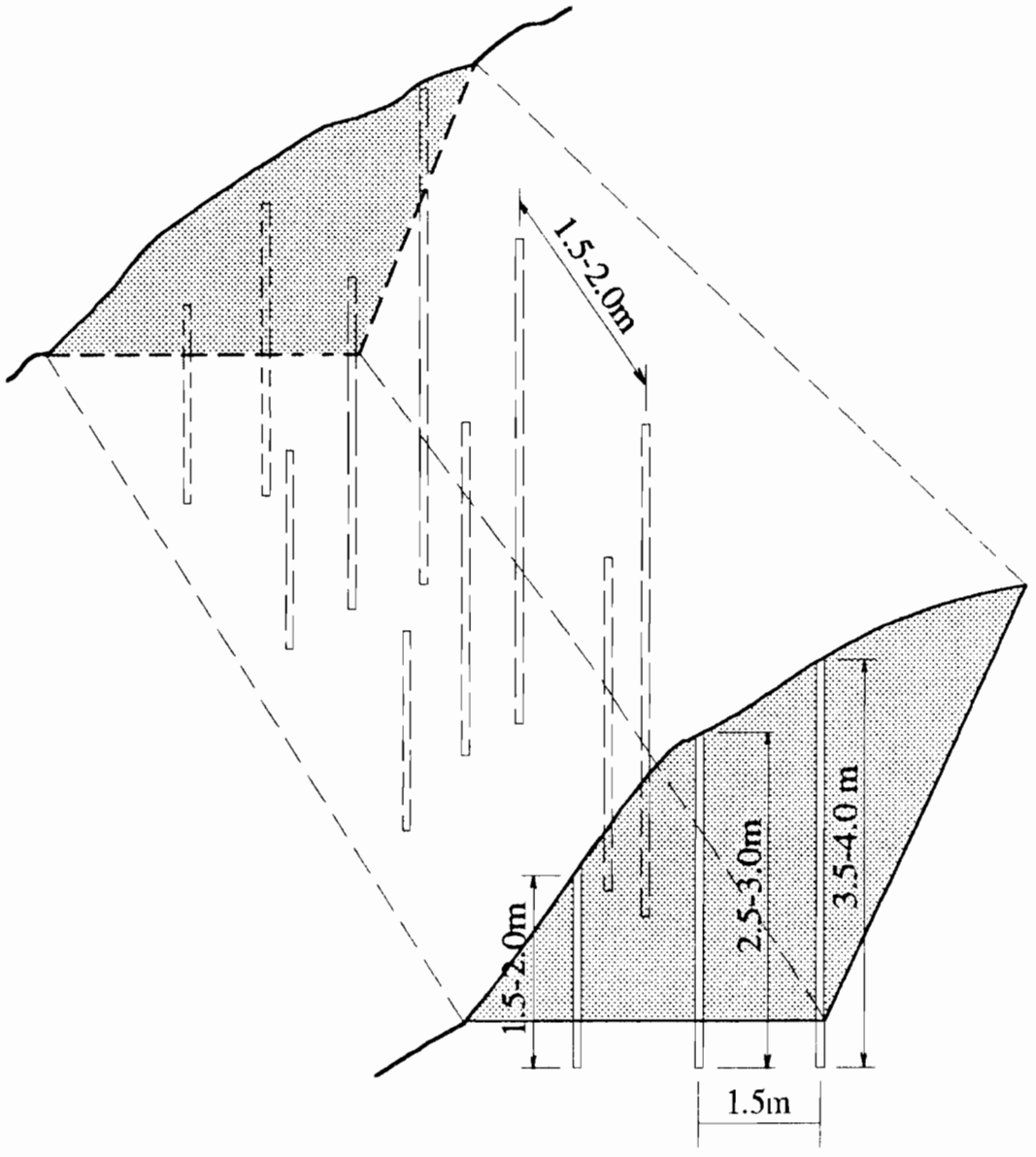
متداول در احداث راه‌های جنگلی مبادرت می‌شود. روش‌های انفجار مبحثی بسیار وسیع است که اشاره به تمام جزئیات آن در این فصل ممکن نیست. به عنوان مواد منفجره، می‌توان از مواد منفجره ژلاتینی (دینامیت) و یا مواد پودری (باروت سیاه) استفاده کرد. بدیهی است نتیجه و بازده کار با دینامیت خیلی بهتر از باروت می‌باشد.

الف - روش انفجار عمودی :

در این روش، حجم منشور مثلث القاعده صخره‌ای که باید منفجر و برداشته شود تا بستر راه ساخته شود، به طور سیستماتیک مطابق شکل (۳-۹) به طور عمودی از بالا به پائین سوراخ می‌شود (به وسیله مته‌های دستی). بعد همه سوراخ‌ها با مواد منفجره بار گذاری شده و به طور همزمان با انفجار کننده‌های الکتریکی منفجر می‌شوند، اگر از چاشنی های تاخیری استفاده شود نتایج بهتری بدست می‌آید. با استفاده از چاشنی‌های تاخیری، سوراخ‌های ردیف‌های جلو، وسط و آخر (طرف کوه) با تاخیر چند هزارم ثانیه به ترتیب منفجر می‌شوند. حجم کار در این روش با توجه به تعداد سوراخ‌های ایجاد شده، فوق العاده زیاد است و به همین جهت در راه‌سازی‌هائی که حجم کار انفجاری کمی دارند این روش مناسب است.

اگر امکانات انفجار الکتریکی موجود نباشد، در این صورت باید تراکم سوراخ‌ها در واحد سطح بیشتر باشد و لازم است آنها را به تدریج، از جلو به عقب منفجر کرد. بازده کار در این صورت البته پائین خواهد بود ولی در کارهای کوچک انفجاری، پاسخگوی نیاز می‌باشد.

شکل ۳-۹- روش انفجار عمودی

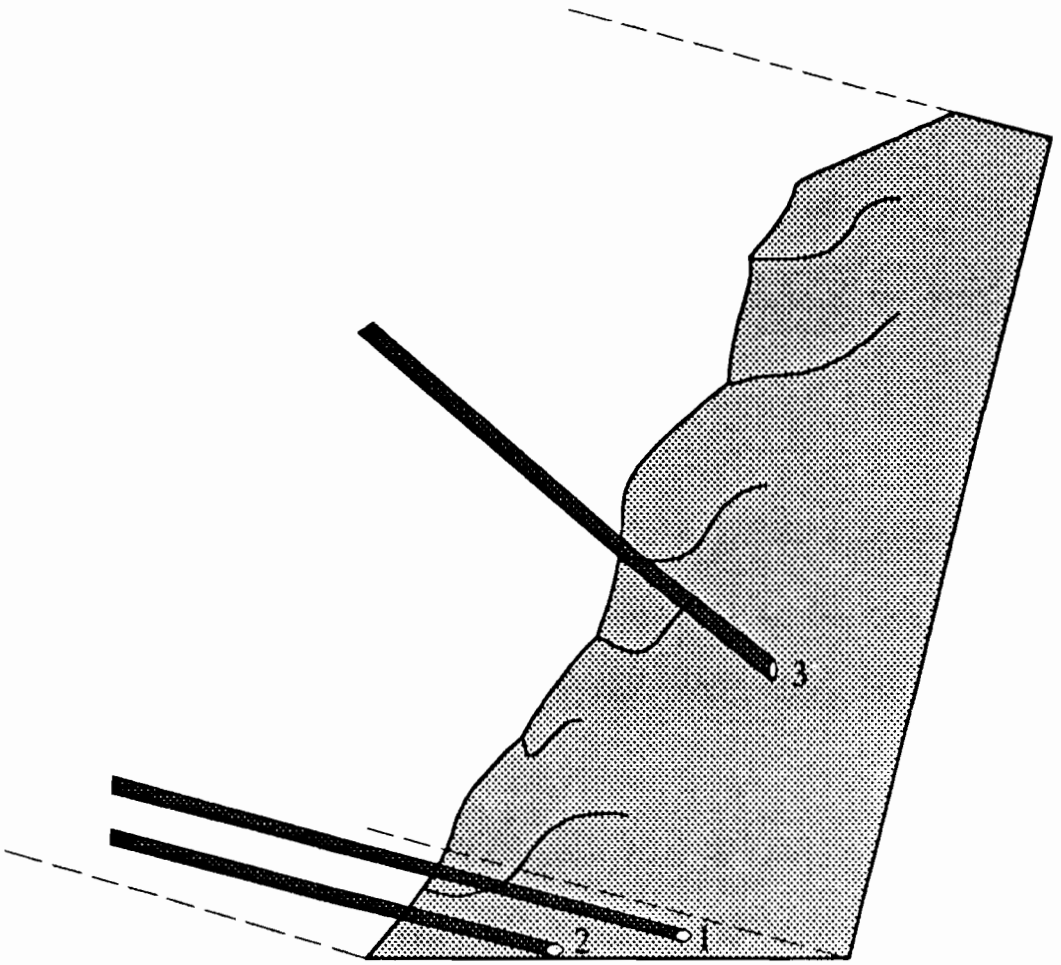


ب - روش انفجار افقی (بادبزنی):

در این روش سه سوراخ افقی در طول راه ایجاد می‌شود که دو سوراخ به موازات هم در کف راه و سوراخ سوم در بالای آنها، به طور مایل به طرف بالا حفر می‌شود، شکل (۳-۱۰)بسته به شدت انفجار لازم، تمام یا قسمتی از طول سوراخ را با مواد منفجره بارگذاری و با منفجر کننده‌های الکتریکی

به طور همزمان و یا با فتیله، به طور منفرد منفجر می‌کنند.

شکل ۳-۱۰- روش انفجار افقی (باد بزنی)



۳-۱-۳- تثبیت بستر راه:

پس از خاتمه خاکبرداری و ساختن بستر و شیروانی‌های راه، در صورتی که زمین بستر راه دارای مقاومت کافی نباشد، باید آن را تثبیت نمود تا بتواند فشار ناشی از روسازی و بار ترافیک را تحمل کند.

تثبیت خاک ، مجموعه اقداماتی است که برای بالا بردن و حفظ مقاومت

خاک در مقابل نیروهای مکانیکی، آب و عمل یخبندان انجام میگیرد. در این کار خواص خاک از طریق:

- اصلاح دانه‌بندی
- اضافه کردن مواد چسباننده
- اضافه کردن مواد شیمیائی.

به نحوی عوض می‌شود که خاک به عنوان یک ماده ساختمانی، نیازها را برآورده سازد. خاک‌ها از نظر قابلیت تثبیت و پایداری به سه دسته تقسیم میشوند.

الف : خاک‌های پایدار: در مقابل عوامل جوی (آب و یخبندان) پایدار هستند و هیچ گونه تغییری در مقاومت و حجم آنها در اثر رطوبت، خشکی و یخبندان به وجود نمیآید مانند خاک‌های GW, SW, GP و SP [۱]

ب : خاک‌های ناپایدار ولی قابل تثبیت، مانند خاک‌های درشت دانه همراه با ۵-۵۰ درصد خاک ریز دانه، نظیر خاک‌های GM , GC، (GM -ML) و (GC -CL) و همین طورخاک‌های ریز دانه‌رسی نظیر CL و CH.

ج : خاک‌های ناپایدار و از نظر اقتصادی غیر قابل تثبیت: مانند خاک‌های ریز دانه به صورت لای، نظیر MH و MC و نیز خاک‌های با منشاء آلی .

۱- روش طبقه بندی متحد(unified soil clascification system (u.s.c.s

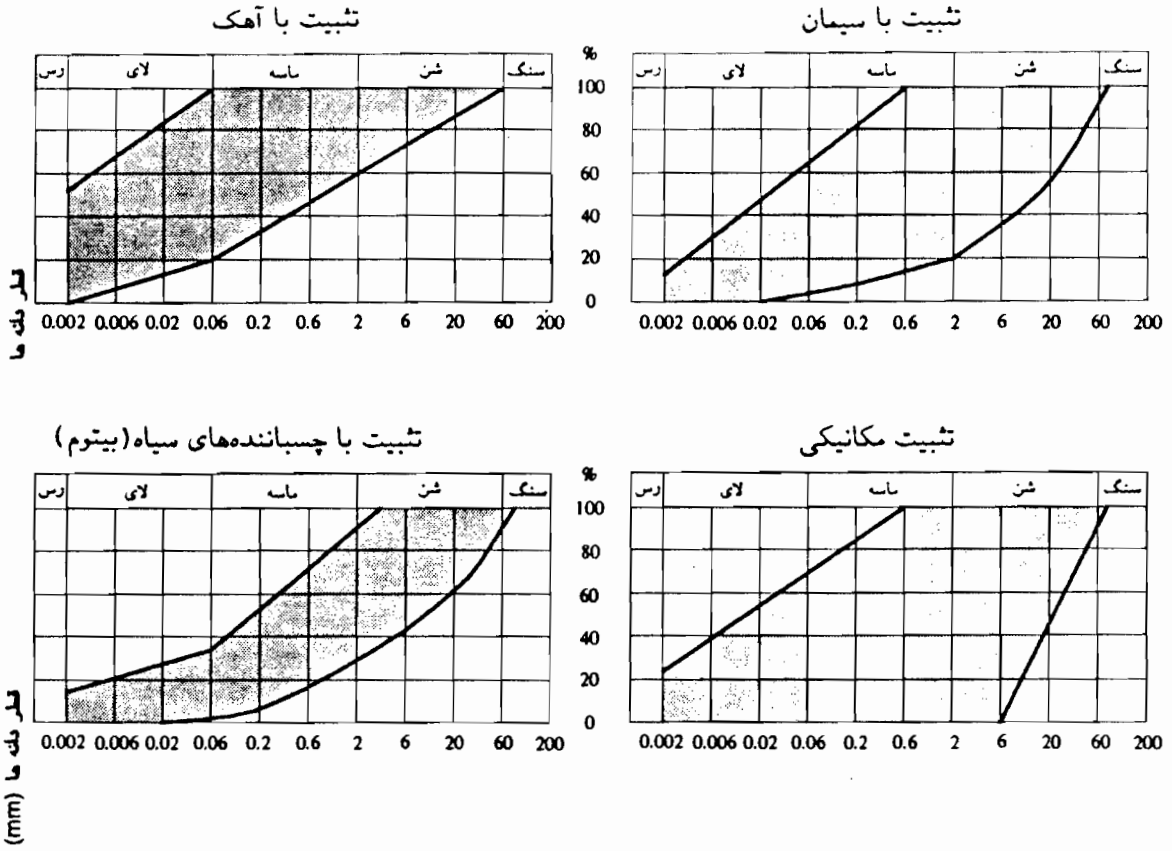
همان طور که گفته شد با تثبیت، مقاومت خاک افزایش مییابد، این عمل در اثر بالا بردن میزان چسبندگی خاک از یک طرف و افزایش اصطکاک دانه‌های خاک از طرف دیگر انجام می‌گردد. چسبندگی خاک را میتوان با کم کردن میزان رطوبت موجود در آن (خشکاندن) و بالا بردن فشردگی خاک (تراکم) بالا برد. دومین عامل مقاومت خاک یعنی میزان اصطکاک دانه‌ها را میتوان با متراکم کردن، تصحیح دانه‌بندی و همچنین با افزودن مواد تثبیت کننده زیاد کرد. هدف از تثبیت خاک، حفظ و نگهداری مقاومت ایجاد شده در خاک از طریق ثابت نگهداشتن میزان آب (رطوبت) و تراکم آن است.

بسته به نوع خاک بستر و دانه‌بندی آن میتوان روش‌های مختلفی را برای تثبیت خاک در پیش گرفت شکل (۳-۱۱).

به طور کلی روش‌های تثبیت خاک عبارتند از:

- متراکم کردن (غلطک زدن)
- تثبیت مکانیکی
- تثبیت به وسیله آهک
- تثبیت به وسیله سیمان
- تثبیت به وسیله چسباننده‌های سیاه

شکل ۳-۱۱- محدوده دانه‌بندی مناسب برای انواع تثبیت خاک



۳-۱-۳-۱- متراکم کردن خاک (غلطک زدن):

بعد از اتمام کار خاکبرداری و ساختن بستر و شیروانی‌های راه، درصورتی که خاک بستر راه تراکم پذیر باشد، باید با توجه به نوع خاک بستر، با غلطک‌های مناسب آنرا متراکم نمود. غلطک‌های مناسب برای متراکم کردن انواع خاک‌ها و مصالح راه‌سازی در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۳- غلطک‌های مناسب متراکم کردن انواع خاک‌ها

نوع غلطک / نوع خاک	غلطک استوانه‌ای صاف	غلطک چرخ لاستیکی	غلطک پاچه بزی	صفحات ارتعاشی	غلطک ارتعاشی	ماشین‌آلات سنگین زنجیردار
زمینهای رسی			*			
ماسه با دانه‌بندی پیوسته		*				
شن خاکدار		*	*	*	*	
مخلوط شن و ماسه خاکدار		*		*	*	
مخلوط شن و ماسه رودخانه با دانه‌بندی پیوسته	*	*		*	*	
ماسه یک دست				*	*	*
سنگ شکسته	*			*	*	

۳-۱-۳-۲- تثبیت مکانیکی خاک:

هدف از تثبیت مکانیکی بستر راه، آن است که در لایه فوقانی بستر، مصالحی به وجود آید که دارای دانه‌بندی مناسب باشد، به طوری که قابلیت

غلطک خوردن و متراکم شدن آن فزونی یابد. به همین جهت با آزمایش‌های مکانیک خاک و تعیین دانه‌بندی میتوان کمبودهای خاک را تشخیص داد و نسبت به اصلاح دانه‌بندی آن اقدام نمود. برای رسیدن به این هدف بسته به دانه‌بندی خاک بستر راه، برای اصلاح دانه‌بندی، ممکن است تا ۳۰۰ کیلوگرم در متر مربع از سطح راه شن و ماسه لازم باشد. مراحل مختلف کار در تثبیت مکانیکی به شرح زیر است:

الف: تهیه مخلوطی با دانه‌بندی مناسب

ب: حمل و ریختن مخلوط روی بستر راه

ج: پهن کردن مخلوط روی بستر راه (به وسیله گریدر لودر و بولدوزر و غیره)

د: اختلاط مصالح حمل شده با خاک بستر

ه: غلطک زدن به وسیله غلطک‌های مناسب.

در تمام مراحل مخلوط کردن و غلطک زدن، رطوبت خاک باید مناسب باشد تا عمل تراکم به نحو احسن انجام گیرد.

۳-۱-۳-۳- تثبیت خاک به وسیله آهک:

تجربه نشان میدهد که بهترین روش برای تثبیت و بالا بردن مقاومت خاک‌های ریز دانه استفاده از آهک است. مخلوط کردن آهک با این خاک‌ها علاوه بر این که مقاومت خاک را افزایش می‌دهد، قابلیت کاربرد خاک را نیز بهبود میبخشد. برای این کار میتوان از آهک زنده یا آهک آب گرفته $Ca(OH)_2$ استفاده کرد. تاثیر آهک روی خاک یک اثر فیزیکی و شیمیائی است که موجب چسبیدن ذرات رس به یکدیگر میشود. آهک زنده و آب

گرفته، هر دو برای تثبیت خاک‌های حاوی رس فراوان، مانند خاک‌های SC CH, CH-CL و GC - CL مناسب هستند.

برای تثبیت خاک‌های ریز دانه فاقد رس و یا خاک‌هائی که حاوی مقدار کمی رس هستند، مانند خاک‌های ML, SM - ML و GM - ML باید از آهک آب گرفته استفاده شود.

مراحل کار در تثبیت خاک به وسیله آهک به شرح زیر است:

الف : آماده کردن بستر راه (شامل جمع آوری سنگ‌های درشت، ریشه، چوب ونظایر آن) .

ب : حمل و پخش آهک روی بستر راه.

ج : مخلوط کردن آهک با خاک بستر به صورتی همگن و به ضخامت حداقل ۱۵ سانتی متر.

د : متراکم کردن مخلوط آهک و خاک بستر با غلطک مناسب.

مقدار مصرف آهک برای تثبیت خاک بسته به نظر طراح ممکن است از ۳ تا ۱۲ درصد تغییر نماید.

۳-۲- روسازی راه‌های جنگلی:

با خاکبرداری مسیر راه و تنظیم جریان آب (زه‌کشی راه)، ساخت و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه و نیز تثبیت بستر راه، زیرسازی راه‌های جنگلی به اتمام میرسد. ولی عملیات انجام یافته از قبیل تثبیت و تراکم بستر راه، هنوز شرایط مناسب را برای تحمل نیروهای وارده

از ترافیک روی راه‌های جنگلی، فراهم نمیسازد. از این رواختلاف مقاومت باربری زیرسازی راه و مقاومت مورد نظر در راه‌های جنگلی را عملا باید با روسازی مناسب پر کرد. در شرایط حاضر که اکثر کارهای راه‌سازی به کمک ماشین‌آلات صورت می‌گیرد و مصالح مختلفی در اختیار سازندگان است، بسته به امکانات واحدهای جنگل‌داری می‌توان روش مناسبی را برای احداث راه‌های جنگلی و روسازی راه انتخاب نمود. اگر چه از تجربیات راه‌سازی در راه‌های عمومی کشور، به مقدار زیادی در احداث راه‌های جنگلی استفاده میشود، ولی تنها اتکاء به روش‌ها و تکنیک‌های راه‌سازی عمومی در احداث راه‌های جنگلی کافی نخواهد بود زیرا، در راه‌های غیر جنگلی معمولا مصالح ساختمانی با استانداردهای معین و مشخصی در مراکز تولید مصالح، ساخته و با مقادیر معینی به محل راه حمل و به کار گرفته می‌شوند و از این رو تمامی عوامل تحت کنترل قرار دارند. ولی در راه‌های جنگلی چنین نیست. در جنگل زمین طبیعی مسیر راه اکثرا نقش پی (فونداسیون) و مصالح ساختمانی را تواما عهده‌دار است. از این رو زمین (خاک) طبیعی مسیر راه از دو نظر دارای اهمیت است.

به عنوان زمین طبیعی، از نظر ظرفیت باربری، میزان نشست و حساسیت به فرسایش و به عنوان مصالح ساختمانی از نظر حساسیت در برابر یخبندان و بارندگی و قابلیت تراکم از اهمیت فراوان برخوردار است. به علاوه جنگلبانان معمولا به شبکه‌ای از راه‌های جنگلی نیاز دارند که حتی الامکان با مصالح ارزان و هزینه کم ساخته و امکان بازسازی، تعمیر و نگهداری آن با ابزار ساده و هزینه کم وجود داشته باشد، حال آن که در راه‌های عمومی معمولا بازسازی و نگهداری در فواصل زمانی طولانیتر و با هزینه بیشتر مرجح است. بر خلاف تصور عموم، راه‌های جنگلی حتی نباید با راه‌های

روستائی اشتباه شوند، این راه‌ها با توجه به نوع ترافیک و شرایط طبیعی مختلفی که دارند از نظر ساختمانی باید کاملا متفاوت باشند. در راه‌های جنگلی معمولا بارهای سنگین حمل می‌شود و فشار وارد بر واحد سطح (فشار محور کامیون) در آنها خیلی بالاتر از باری است که روی راه‌های روستائی حمل می‌شود، به علاوه راه‌های روستائی، اکثرا در مناطق مسطح و در فضای باز بدون سایه قرار دارند، حال آن که راه‌های جنگلی اکثرا در مناطق کوهستانی واقع‌اند و سایه درختان جنگلی، همیشه روی آنها است، به همین جهت نوع مصالح ساختمانی که در راه‌های جنگلی روستائی به کار می‌رود متفاوت است.

۳-۲-۱- مصالح ساختمانی:

تهیه و انتخاب مواد و مصالح ساختمانی برای روسازی راه‌های جنگلی، به لحاظ فنی و اقتصادی، دارای اهمیت زیادی است. این موضوع مخصوصا در جنگل‌های شمال ایران که اکثرا با لایه ضخیمی از خاک ریز دانه پوشیده شده‌اند و خاک منطقه نمی‌تواند به عنوان ماده ساختمانی مناسب برای روسازی راه به کار گرفته شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، از این رو در راه‌های جنگلی هزینه روسازی، قسمت عمده‌ای از هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد.

به منظور صرفه جوئی در هزینه‌ها و با این هدف که امکانات مالی طرح برای توسعه راه‌های بیشتری به کار گرفته شود، باید حمل و نقل مواد و مصالح ساختمانی در فواصل دور، به حداقل ممکن کاهش یابد، از این رو قبل از شروع عملیات ساختمانی باید مسئله تهیه مواد ساختمانی برای روسازی

راه، به عنوان یکی از نکات مهم مورد توجه قرار گیرد. استفاده از روش‌های مناسب تثبیت خاک می‌تواند در کاهش مصرف مواد ساختمانی در روسازی راه موثر باشد، طبیعی است برای این که بتوان با حداقل هزینه حداکثر مقاومت را برای روسازی راه تامین کرد، باید مطالعات خاک شناسی بستر راه و تعیین ویژگی‌های مصالح ساختمانی مورد نظر، برای روسازی صورت گیرد تا تصمیم صحیحی در مورد انتخاب روش کار و ترکیب مواد و مصالح ساختمانی اتخاذ گردد. هزینه‌های مربوط به این مطالعات، بخش بسیار کوچکی از هزینه‌های راه‌سازی را تشکیل می‌دهد، در حالی که صرفه‌جوئی‌های حاصل از نتیجه این تحقیقات، خیلی زیاد و تعیین کننده هستند.

۳-۲-۱-۱- شن و ماسه:

شن و ماسه یا به صورت طبیعی از رودخانه استخراج می‌شود یا با شکستن سنگ کوهی در سنگ شکن به دست می‌آید. مصالح شکسته دارای ظرفیت باربری بیشتری نسبت به مصالح رودخانه‌ای است. قبل از به کار بردن مصالح معدنی باید آنها را از نظر قابلیت‌هایشان برای روسازی، مورد آزمایش قرار داد. مشخصاتی که باید مورد بررسی قرار گیرند عبارتنداز: دانه‌بندی، مقاومت در مقابل سایش، و تمیزی. هر یک از مشخصات یاد شده بسته به این که مصالح برای ساختن طبقات زیرین، میانی و یا بالائی روسازی به کار می‌روند، دارای ویژگی‌های معینی است. این ویژگی‌ها در دیگر نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ذکر شده و می‌تواند در راه‌های جنگلی نیز مورد استفاده قرار گیرد. در انتخاب مشخصات مصالح باید توجه داشت که راه‌های جنگلی اکثرا در نواحی کوهستانی و ارتفاعات ساخته

می‌شوند و خطر یخبندان در این مناطق همیشه موجود است. در دانه‌بندی مصالح معدنی (شن و ماسه) مقدار مواد ریز دانه (رد شده از الک شماره ۲۰۰، دانه‌های با قطر کمتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر) نباید از ۵ درصد تجاوز کند، در غیر این صورت راه‌های ساخته شده در معرض خطر تورم ناشی از یخبندان خواهند بود. در راه‌های جنگلی که در ارتفاعات پائین تر احداث می‌شوند و خطر یخبندان وجود ندارد، می‌توان درصد مواد ریز دانه را بیشتر اختیار نمود. منحنی دانه‌بندی مناسب که برای روسازی راه‌های جنگلی کشورهای اروپای مرکزی، مثل آلمان و اتریش مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل (۳-۱۲) داده شده است. با توجه به تشابه شرایط طبیعی منطقه جنگلی شمال ایران با این کشورها، می‌توان این منحنی‌ها را عینا به عنوان معیاری برای روسازی راه‌های جنگلی ایران انتخاب و توصیه کرد. اعداد ذکر شده در منحنی‌ها ارقامی متوسط هستند که در عمل می‌توانند تا ±۱۰ درصد نوسان داشته باشند.

۳-۲-۲- روش‌های مختلف روسازی:

روسازی عبارت است از لایه‌های مختلفی از مصالح ساختمانی، که برای جبران کمبود ظرفیت باربری بستر راه، در روی آن ساخته می‌شود. تعداد، ضخامت و جنس این لایه‌ها بستگی به عوامل زیر دارد:

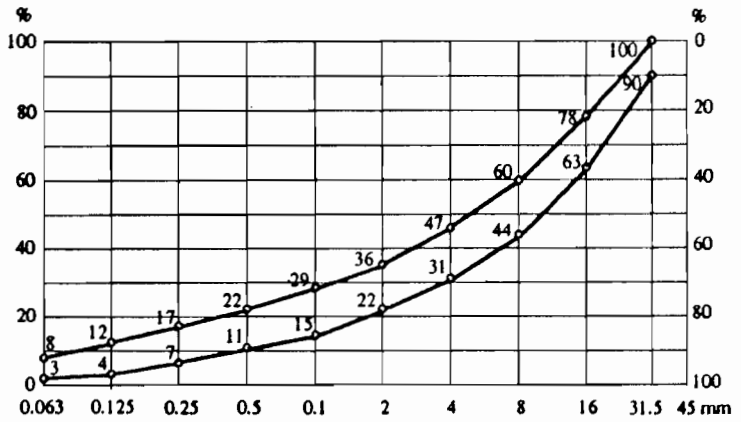
الف : مقاومت خاک بستر راه

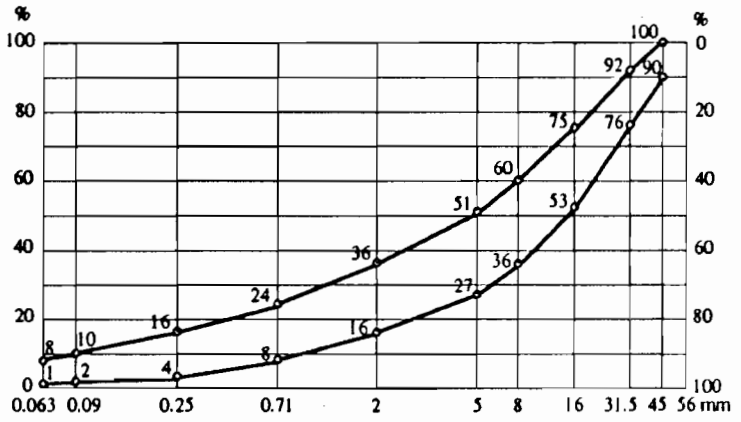
ب : نوع، وزن و تعداد وسایل نقلیه استفاده کننده از راه

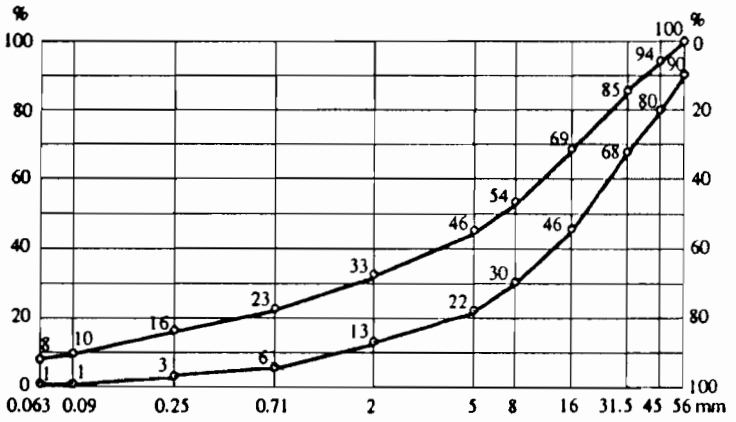
ج : شرایط جوی منطقه (رطوبت و خشکی)

د : نوع مصالح به کار رفته

شکل ۳-۱۲- منحنی‌های دانه‌بندی مناسب برای روسازی راه‌های جنگلی







۳-۲-۱-۲- مصالح ساختمانی یا مواد تثبیت کننده:

مواد تثبیت کننده خاک عمدتا عبارتند از: آهک، سیمان، قیر و مواد شیمیائی. غیر از آهک که می‌تواند برای تثبیت خاک بستر راه در جنگل‌های ایران، با موفقیت و تاثیر فوق العاده به کار گرفته شود (به علت وجود مواد ریز دانه رسی زیاد در خاک جنگل‌های ایران) بقیه مواد تثبیت کننده، بدلیل هزینه‌های زیاد و ویژگی راه‌های جنگلی قابل استفاده نیستند. در مورد تثبیت با آهک به مبحث تثبیت بستر راه مراجعه شود.

بنابراین هر قدر مقاومت خاک بستر کمتر، بار ترافیک بیشتر، شرایط جوی منطقه نامساعدتر و نوع مصالح به کار رفته نامرغوب تر باشد، تعداد و ضخامت لایه‌های روسازی بیشتر خواهد بود. در راه‌های جنگلی حرکت ماشین‌های سنگین، به ویژه ماشین‌های چرخ زنجیری برای جابجائی چوب، باعث استهلاک سریع روسازی، مخصوصا در محل‌های انبار چوب و تقاطع جاده‌های چوب کشی و راه‌های جنگلی می‌شود. بنابراین غیر از راه‌های نفوذی و محوری که از آنها در تمام طول سال برای حمل و نقل چوب به وسیله کامیون و رساندن خدمات استفاده می‌شود، و به همین دلیل باید دارای روسازی خوبی باشد، روسازی بقیه راه‌های جنگلی را بسته به اهمیت‌شان از نظر مدت و زمان استفاده در طول سال، باید حتی الامکان ارزان و با استفاده از مصالح موجود در منطقه و یا حداکثر شن و ماسه رودخانه‌ای ساخت، در این حالت تعمیر و نگهداری مستمر راه به ویژه در فصول نامساعد (رطوبی) الزامی است.

با توجه به این که محصولات جنگل در سطح گسترده‌ای پراکنده است و

راه‌های جنگلی باید به صورت شبکه‌ای، تمام سطح جنگل را گشوده و جمع‌آوری محصولات را در سطح وسیعی ممکن سازد، بنابر این طول مجموع راه‌های اصلی و فرعی خیلی زیاد بوده و امکان صرف هزینه‌های سنگین برای روسازی این راه‌ها که نهایتا باید از محل درآمدهای جنگل (طرح‌های جنگلداری) تامین شود، وجود نخواهد داشت و انجام آن از نظر اقتصادی قابل توجیه نمی‌باشد. به علاوه بعضی از راه‌های جنگلی (جاده‌های فرعی و چوب کشی)، فقط در روزهای معدودی از سال و آن هم فقط چند سالی از یک دوره طرح جنگلداری (۱۰-۲۰ سال) مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین می‌توان در شرایط نامساعد جوی، از ورود ماشین‌آلات در آنها جلوگیری کرده و از استهلاک آنها کاست. بستن ورودی این نوع راه‌ها در فصول نامساعد الزامی است. با توجه به مطالب یاد شده، نوع روسازی راه‌های جنگلی متاثر از عوامل زیر می‌باشد:

الف : اهمیت راه (محوری، نفوذی، اصلی، فرعی و غیره)

ب : حجم تردد

ج : وسایل و ماشین‌های استفاده کننده از راه (کامیون‌های چرخ لاستیکی حمل چوب، ماشین‌های چوب کشی لاستیکی و چرخ زنجیری)

د: زمان استفاده از راه (فصول خشک یا مرطوب)

در ایران برای روسازی راه‌های جنگلی اکثرا از مصالح شنی استفاده می‌شود که امکان باز سازی‌های مکرر و نسبتا ارزان را به وجود می‌آورند. آهک به عنوان ماده تثبیت کننده برای تحکیم بستر راه، مخصوصا در زمین‌های رسی، مناسب بوده و می‌تواند با موفقیت به کار گرفته شود. استفاده از آسفالت و بتون به علت گران بودن آنها و نیز به علت پر هزینه بودن بازسازی‌های بعدی در جنگل‌های ایران معمول نیست و در این مبحث

نیز ذکری از روش‌های روسازی با این مصالح به میان نخواهد آمد. در زیر روش‌های مختلف کلاسیک و مدرن روسازی در راه‌های جنگلی که با مصالح معدنی و شنی قابل اجرا است تشریح می‌شود.

۳-۲-۲-۱- روسازی راه‌های جنگلی با بستر طبیعی:

جاده با بستر طبیعی محکم، جاده‌ای است که بعد از عملیات خاکبرداری، بستر راه به اندازه‌ای محکم باشد که برای روسازی آن به لایه‌های اضافی شنی و ماسه نیازی نبوده و یا مقدار کمی شن و ماسه پاسخگوی کمبود مقاومت باشد. به همین دلیل این نوع راه‌ها به معنی واقعی دارای روسازی نبوده و ظرفیت باربری بستر آنها به خصوصیات خاک (سنگ) منطقه وابسته است. شرط موفقیت در احداث این راه‌ها داشتن بستر طبیعی با ظرفیت باربری بالا و ایجاد زه‌کشی خوب و موثر است. مراحل ساخت این راه‌ها به ترتیب به شرح (شکل ۳-۱۳) است.

الف : برداشتن و کنار زدن خاک نباتی (قشر روئی خاک) در صورتی که مقدار آن قابل ملاحظه باشد شکل (۳-۱۳ الف). برای انجام این کار بسته به وضعیت توپوگرافیکی منطقه می‌توان از بولدوزر، بیل هیدرولیکی و یا گریدر استفاده کرد. خاک نباتی بعد از برداشت در طرف دره خارج از محدوده عرض زیر سازی راه، ریخته می‌شود.

ب : خاکبرداری و ساختن بستر راه شکل (۳-۱۳ ب) در اینجا نیز می‌توان از تمام ماشین‌های خاکبرداری که در ردیف (الف) ذکر شد استفاده کرد (رجوع شود به قسمت روش‌های خاک برداری و ساختن بستر راه).

ج : تکمیل ساختن بستر راه، تسطیح بستر و ساختن آبروهای کناری، شانه‌های راه و شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی شکل (۳-۱۳ ج). برای انجام این کارها می‌توان از گریدر به بهترین نحوی استفاده کرد. چنانچه قرار باشد کانال کناری راه، عمیق ساخته شود باید از بیل هیدرولیکی کمک گرفت.

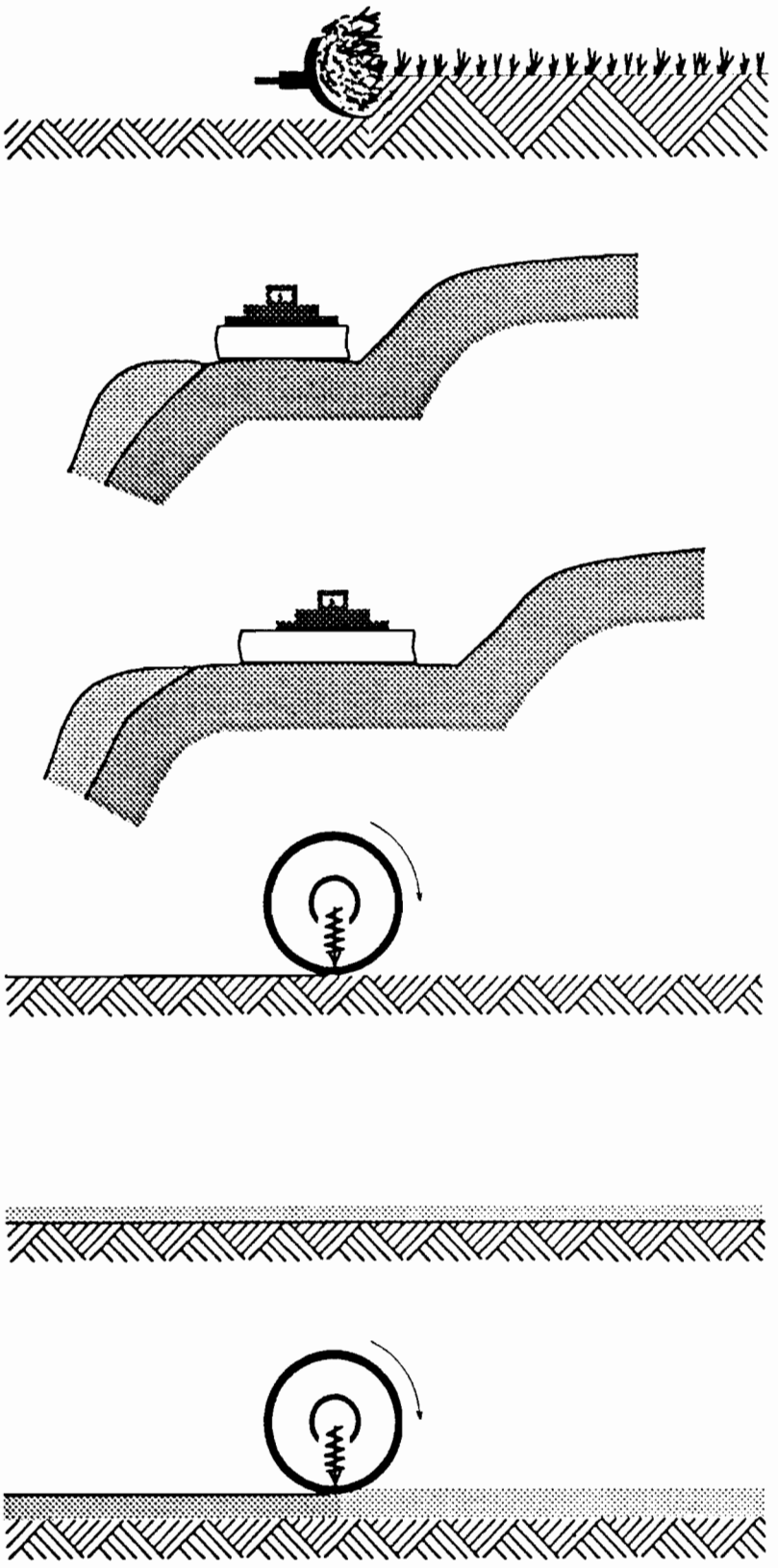
د : غلطک زدن بستر راه با غلطک ویبره در دفعات کافی (شکل ۳-۱۳د).

ه : ریختن قشر نازکی از شن و ماسه نرم در روی بستر راه (شکل ۳-۱۳ه).

و: غلطک زدن قشر شن و ماسه با غلطک ویبره (شکل ۳-۱۳ و).

توضیح این که در ساختن راه‌های با بستر طبیعی، باید نسبت به ایجاد شیب‌های عرضی و طولی، بیش از دیگر راه‌ها دقت شود تا آب باران در روی راه جریان یافته و از سطح راه خارج شود. زه‌کشی در این راه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است و باید به نحو احسن صورت گیرد.

شکل ۳-۱۳- مراحل ساخت راه‌های جنگلی با بستر طبیعی



۳-۲-۲-۲- روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک:

این روش یکی از قدیمی‌ترین روش‌های راه‌سازی در دنیاست. رومی‌ها این روش را در بیش از ۲۰۰۰ سال قبل به عالیترین حد تکاملی خود رسانده و آن را به طور وسیعی به کار می‌بستند.

روسازی به روش سنگ چین، تا حدود ۴۰ سال قبل، از طرق متداول در احداث راه‌های جنگلی دنیا بود، ولی از زمان شروع مکانیزاسیون در راه‌سازی، به تدریج منسوخ شد. بنابراین علت درج این روش در این نشریه آن است که، چنانچه بعضی از طرح‌های جنگل داری با تورم کارگر روبرو و از داشتن ماشین‌آلات محروم بودند بتوانند از این روش به طور مقطعی و برای مسیرهای کوتاه راه‌سازی استفاده و در عین حال ساعات کار کارگران خود را به طور مفید پر نمایند.

روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک به شرح زیر است (شکل ۳-۱۴):

الف : برداشتن و کنار زدن قشر روئی خاک (خاک نباتی) در صورتی که مقدار آن قابل ملاحظه باشد،شکل (۳-۱۴ الف). این کار بسته به وضعیت توپوگرافیک منطقه مسیر راه، می‌تواند به وسیله بولدوزر، لودر، بیل مکانیکی و یا گریدر انجام گیرد. خاک نباتی بعد از برداشت در سمت دره وخارج از محدوده عرض روسازی، ریخته می‌شود.

ب : تکمیل ساختن بستر راه (شکل ۳-۱۴ ب). رجوع شود به قسمت

روش‌های خاکبرداری و ساختن بستر راه.

ج : تکمیل ساختن بستر راه، تسطیح بستر، ساختن آبروهای کناری، شانه‌ها و شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه (شکل ۳-۱۴ ج).

د : ریختن یک لایه نازک شن و ماسه نرم در بستر راه (شکل ۳-۱۴ د).

ه : چیدن سنگ‌های هرمی شکل به ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر روی بستر راه، به طوری که قاعده سنگ‌ها در روی بستر و نوک آنها رو به بالا قرار گیرد.

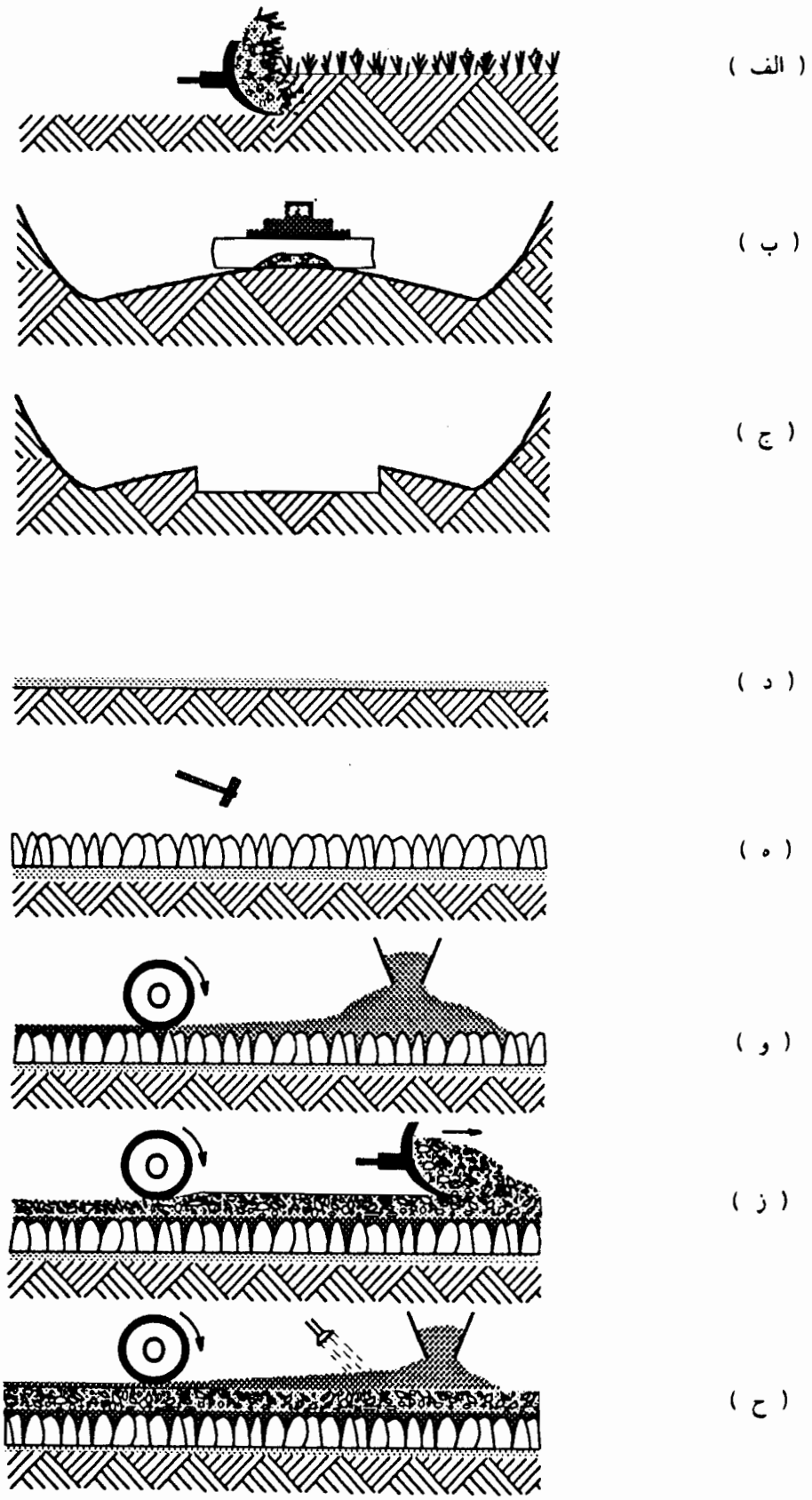
و : کوبیدن نوک سنگ‌های هرمی با پتک به منظور شکسته شدن سر سنگ‌ها و ریختن قطعات خرد شده در لابلای سنگ‌های چیده شده به ترتیبی که، سنگ چین مهار شده و خلل و فرج آن پر شود (شکل ۳-۱۴ه).

ز : ریختن یک لایه شن و ماسه درشت به قطر (۶۰-۳۰ میلیمتر) روی سنگ چین و غلطک زدن آن با غلطک استوانه‌ای صاف تا حصول سطحی هموار شکل (۳-۱۴ و).

ح : ریختن لایه دیگری از شن و ماسه ریز تراز بند (ز) و پخش و غلطک زدن آن با غلطک استوانه‌ای صاف شکل (۳-۱۴ ز).

ط : ریختن لایه‌ای ماسه نرم روی لایه قبلی و غلطک زدن آن همراه با آب پاشی به عنوان لایه انتهائی شکل (۳-۱۴ ح).

شکل ۳-۱۴- روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک



توضیح این که هر قدر تعداد لایه‌های روسازی بیشتر بوده و قطر دانه‌بندی مصالح به کار رفته از پائین به بالا تدریجا کاهش یابد، کار دارای کیفیتی بهتر است و مجموعه طبقات، حجمی فشرده با کمترین فضای خالی را تشکیل خواهند داد.

۳-۲-۲-۳- روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین مکانیزه:

با ارتقاء سطح دستمزدهای روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین، که بخش قابل توجهی از آن با دست و به وسیله کارگران انجام می‌گرفت، این روش دیگر مقرون به صرفه نبود. از این رو به تدریج روش‌های مکانیزه روسازی متداول شد. در این راستا اولین فکر، مکانیزه کردن روش سنگ چین بود. در این روش روسازی همانند روش سنگ چین با دست است، با این تفاوت که در اینجا طبقات روسازی مخصوصا طبقه زیرین، به دقت و ظرافت کار دستی در روش سنگ چین کلاسیک انجام نمی‌گیرد، بلکه همانند طبقات دیگر در روی بستر پخش شده و غلطک می‌خورد.

۳-۲-۲-۴- روسازی راه‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده:

این روش به دنبال کوشش‌های مربوط به ماشینی کردن و بهینه ساختن کارهای راه‌سازی در جنگل شکل گرفت. این روش به خاطر سهولت انجام کار، امکان اجرای تمام مراحل کار با ماشین و نیز به دلیل امکان استفاده از مصالح موجود در طبیعت، نظیر شن و ماسه رودخانه‌ای و معدنی و امکان تهیه این مصالح به صورت مصنوعی و در مقیاس بزرگ مانند مراکز تهیه شن و ماسه شکسته، رواج یافت و به دلیل نگهداری و بازسازی مکانیزه این

راه‌ها، هزینه نگهداری آن نیز خیلی کمتر از انواع دیگر روسازی بوده و این نکته در راه‌های جنگلی حائز اهمیت فراوان است. نکات مهم در این نوع روسازی به شرح زیر است:

- در این روش سطح بستر باید حتی الامکان صاف باشد تا بتوان ضخامت روسازی را در تمام سطح راه یکنواخت نگهداشت.

- چنانچه از سنگ‌های شکسته موجود در طبیعت، به عنوان معدن شن و ماسه استفاده شود، باید سنگ‌های تشکیل دهنده آن از مقاومت کافی برخوردار باشند.

- هر قدر دانه‌بندی مخلوط شن و ماسه بهتر باشد، تراکم آن بهتر صورت می‌گیرد.

- مخلوط شن و ماسه شکسته (تیز گوشه) بعد از تراکم، دارای مقاومت برشی بهتری نسبت به مخلوط شن و ماسه گرد گوشه (شن و ماسه رودخانه‌ای) است.

- بسته به ضخامت روسازی، مخلوط شن و ماسه دانه‌بندی شده را در یک، دو یا سه لایه روی هم ریخته و با غلطک متراکم می‌کنند.

- برای متراکم کردن لایه‌های مخلوط شن و ماسه بندرت از غلطک‌های استوانه‌ای صاف (استاتیکی) استفاده می‌شود، استفاده از غلطک‌های ویبره برای متراکم کردن مخلوط شن و ماسه نتایج بهتری به دنبال دارد .

در این نوع روسازی مراحل انجام کار به ترتیب به شرح زیر است:

الف : برداشتن و کنار زدن قشر روئی خاک (خاک نباتی) در صورتی که مقدار آن قابل ملاحظه باشد شکل (۳-۱۵ الف).

ب : خاکبرداری، آماده ساختن بستر راه و ساختن آبروها، شانه‌ها و شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه شکل (۳-۱۵ ب).

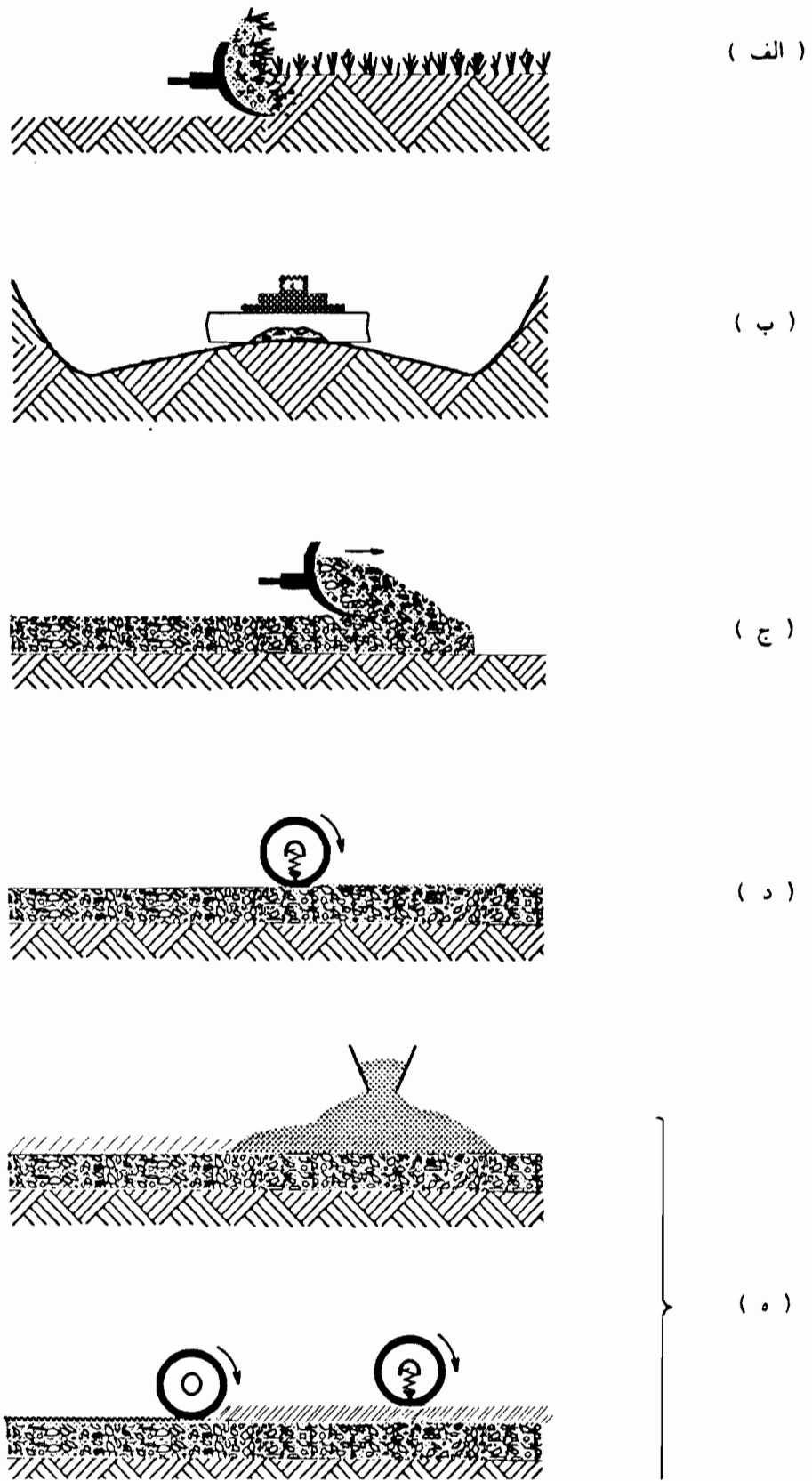
ج : ریختن لایه‌های مخلوط شن و ماسه دانه‌بندی شده به مقدار کافی (با توجه به ظرفیت باربری بستر و فشار چرخ‌ها) روی بستر صاف و تسطیح و پخش آن شکل (۳-۱۵ ج).

د : متراکم کردن لایه‌های شن و ماسه با استفاده از غلطک ویبره (ارتعاشی) شکل (۳-۱۵ د)

ه : پخش و تسطیح ماسه شکسته به عنوان آخرین لایه (لایه پوششی) و متراکم ساختن آن با غلطک ویبره و سپس غلطک استوانه‌ای صاف، لایه پوششی علاوه بر حفاظت از لایه‌های زیرین نقش تسطیح ظریف سطح راه، را نیز به عهده دارد. هر قدر لایه زیر درشت دانه تر و سطح آن ناصاف تر باشد، به همان نسبت ضخامت لایه پوششی باید بیشتر باشد. به علاوه هر قدر نگهداری راه منظم تر و با وسایل مناسب تر صورت گیرد، ضخامت لایه پوششی می‌تواند کمتر انتخاب شود، به نحوی که پس از تراکم، ضخامت به حداکثر ۳ سانتیمتر برسد. اگر نگهداری راه به طور دوره‌ای و با وسایل سنگین انجام گیرد، باید در آن صورت ضخامت لایه پوششی بیشتر اختیار

شود، به نحوی که پس از تراکم، ضخامت لایه به ۶ تا ۸ سانتیمتر بالغ شود شکل (۳-۱۵ ه).

شکل ۳-۱۵- روسازی راه‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده



۳-۲-۲-۵- روسازی راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت:

در زمین‌های با ظرفیت باربری کم، قبل از اجرای روسازی، باید خواص مکانیکی خاک بستر را به عنوان لایه‌ای که تمام نیروهای وارده به روسازی به آن منتقل می‌شود، بهبود بخشید و مقاومت آن را بالا برد، تا بتواند وزن طبقات روسازی و نیروهای وارده را به خوبی تحمل کند. بدین منظور از روش‌های مختلفی به شرح زیر استفاده می‌شود:

- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با آهک.
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با سیمان.
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با چسباننده‌های سیاه.
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با مواد شیمیائی.
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با قرادادن لایه‌ای از پلاستیک و یا حصیرهای الیاف مصنوعی، به عنوان لایه جدا کننده لایه‌های خاک طبیعی بستر راه، از لایه‌های روسازی.

قبلا روش تثبیت با آهک به عنوان مناسب ترین روش تثبیت خاک‌های ریزدانه شرح داده شد. روش‌های دیگر با توجه به بالا بودن هزینه کار، کمتر در احداث راه‌های جنگلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محدوده‌مناسب دانه بندی خاک‌ها برای روش‌های مختلف تثبیت در شکل (۳-۱۱) نشان داده شده است، در اینجا روش آخر یعنی روش استفاده از فرش‌های پلاستیکی و حصیرهای الیاف مصنوعی، که کمتر شناخته شده است، تشریح می‌شود. هنوز تجربیات عملی در مورد استفاده از این روش در خاک‌های کم مقاومت راه‌های جنگلی ایران وجود ندارد، ولی در راه‌سازی‌های جنگل در کشورهای

اروپای مرکزی استفاده از این روش به دلیل سهولت اجرای آن رواج دارد. شکل (۳-۶).

مراحل کار در احداث راه‌های جنگلی با این روش به شرح زیر است:

الف : بر خلاف سایر روش‌های تثبیت خاک، در این روش احتیاجی به برداشت لایه هوموسی (خاک نباتی)، گیاهان سطح جاده و ریشه‌کن کردن کنده درختان نیست، فقط باید کنده درختان مسیر راه را، هم سطح خاک بستر راه قطع کرد تا باعث پاره شدن فرش پلاستیکی که روی آن پهن می‌گردد نشوند. سپس فرش الیاف مصنوعی را که به صورت توپ است، به اندازه عرض روسازی راه، مسیر راه پهن می‌کنند، شکل (۳-۱۶- الف و ب).

ب : در صورتی که مصالح مورد استفاده برای روسازی از مواد شکسته نباشد، می‌توان بلافاصله روی این لایه پلاستیکی جدا کننده، لایه روسازی را مطابق روش روسازی با مخلوط شن و ماسه دانه بندی شده، اجرا نمود، (رجوع شود به بخش ۳-۲-۲-۴).

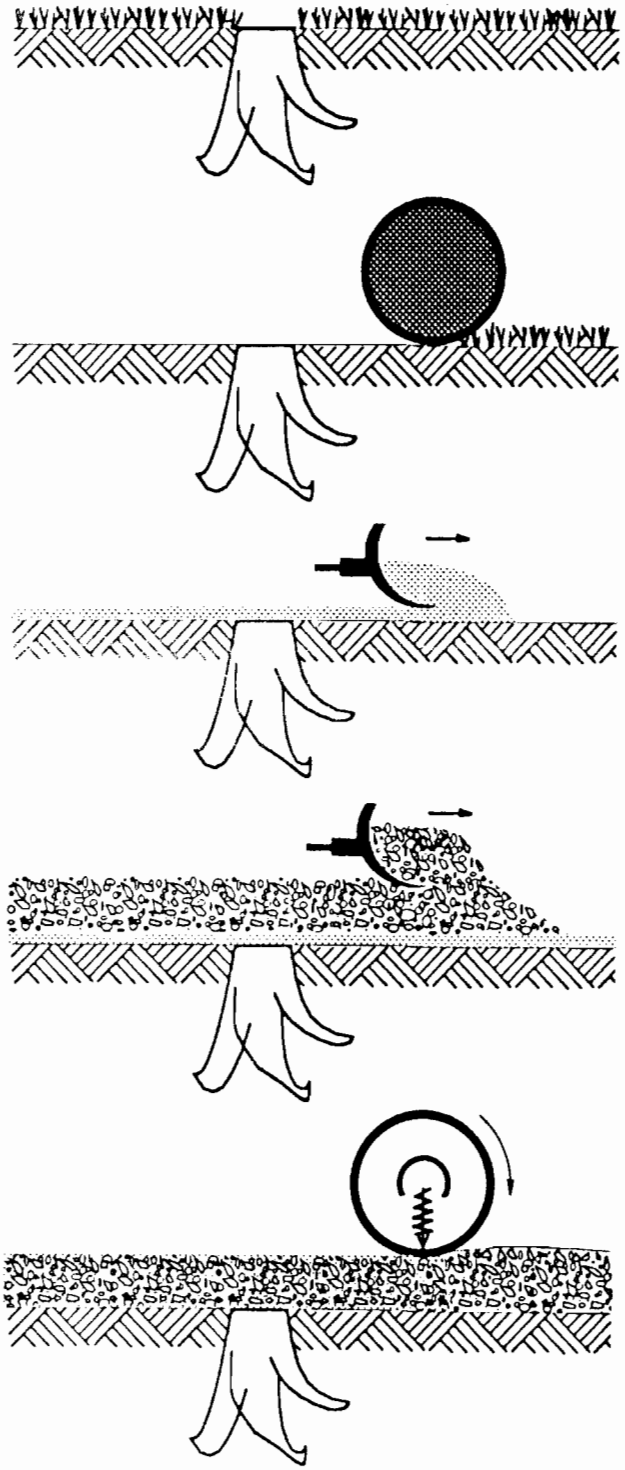
ج : در صورتی که شن و ماسه مورد استفاده، از مصالح شکسته به دست آمده باشد، باید قبلا لایه‌ای ماسه به ضخامت ده سانتیمتر روی فرش پلاستیکی پهن کرد، شکل (۳-۱۶ ج).

د : بعد از ریختن لایه ماسه روی فرش الیاف مصنوعی، شن و ماسه مخلوط را به ضخامت لازم روی لایه ماسه ریخته و پخش می‌کنند. (شکل

۳-۱۶ د).

ه : بعد از پخش شن و ماسه، مخلوط دانه بندی شده آن را با غلطک ویبره متراکم می‌کنند در خاتمه کار تراکم، لایه پوششی نازکی از ماسه، روی روسازی پهن کرده آن را با غلطک ویبره وسپس غلطک استوانه‌ای صاف، متراکم می‌سازند، (شکل ۳-۱۶ ه).

شکل ۳-۱۶- روسازی راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت



فصل چهارم
تثبیت شیروانی‌های راه

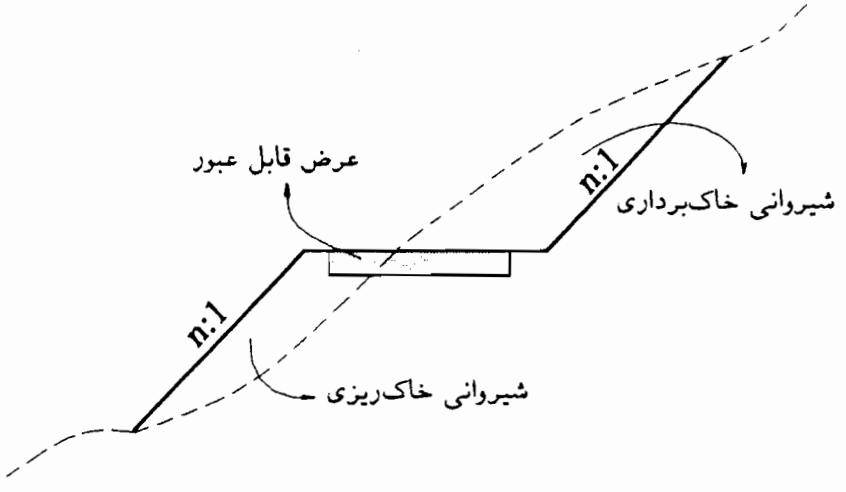
۴-۱- تعریف:

شیروانی‌های راه، عبارتند از سطوح شیب‌داری که در اثر خاکبرداری و خاکریزی ایجاد می‌شوند. شیروانی‌های راه به دو گروه متمایز تقسیم می‌شوند:

الف: شیروانی‌های خاکبرداری که در اثر خاکبرداری (برش) خاک طبیعی ایجاد و خاک آن بطور طبیعی متراکم است (شکل ۴-۱).

ب : شیروانی‌های خاکریزی که در اثر خاکریزی ایجاد می‌شوند و خاک آنها بعلت بهم خوردن وضع طبیعی، سست و شیب آنها کمتر از شیب شیروانی‌های خاکبرداری است (شکل ۴-۱).

شکل ۴-۱- شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی



۴-۲- اهمیت ساختمان و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی در راه‌های جنگلی:

از طریق شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی، راه‌های جنگلی به جنگل یا طبیعت متصل می‌شوند محل بریدگی و زخمی کردن طبیعت (خاکبرداری و خاکریزی)، در راه‌های جنگلی از اهمیت بسزائی برخوردار است. با توجه به اینکه بریدگی‌ها، تعادل و ثبات طبیعی دامنه را بهم می‌زنند، چنانچه از نظر فنی بطور صحیح و از نظر تعادل طبیعی به فرم قابل قبولی ساخته نشوند، و پایداری آنها مد نظر قرار نگیرد، می‌تواند باعث خرابی و بی نظمی در ساختمان و تعادل راه شود، که در نهایت این امر ممکن است باعث لغزش‌هائی از طرف کوه به سطح راه و یا نشست بدنه راه در طرف دره (خاکریز) گردد. با توجه به اینکه راه‌های جنگلی به ویژه راه‌های دامنه‌ای ، جریان طبیعی آب را روی دامنه‌ها بهم می‌زنند در کنار سایر تاسیسات هدایت جریان آب (زه‌کشی راه)، ثبات شیروانی‌های کناری نیز یکی از شرایط لازم برای حسن هدایت جریان آب و تامین امنیت، تداوم کار و انجام وظیفه راه‌های جنگلی است.

۴-۳- شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی در مناطق مسطح و تپه ماهور:

در احداث راه‌های مناطق مسطح و تپه ماهور، احتیاج چندانی به تثبیت شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی نیست، چون عملیات خاکبرداری و خاکریزی در این مناطق باعث ایجاد شیروانی‌های پر شیب نمی‌شود. شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی کوتاه با سطح کوچک، که در اثر

احداث راه در این مناطق به وجود می‌آیند، اگر با شیب مناسبی ساخته شوند، دارای ثبات طبیعی بوده و ایجاد مشکل نخواهند نمود. البته طبیعت نیز زخم‌های کوچک حاصل از عملیات خاکبرداری و خاکریزی را به سرعت التیام بخشیده و آنها را با گیاهان و علف‌ها می‌پوشاند و بدین ترتیب ثبات شیروانی‌های راه را دوام می‌بخشد. از این رو در احداث راه در مناطق مسطح و تپه ماهور اکثرا نیازی به احداث ابنیه فنی و اقدامات زیست-مهندسی (مهندسی بیولوژیک)، برای تثبیت و مهار شیروانی‌های کناری نیست.

۴-۴- شیروانی‌های کناری راه در مناطق جنگلی کوهستانی:

وضعیت شیروانی‌های کناری راه‌های مناطق جنگلی کوهستانی و پر شیب، مخصوصا کوهستان‌های مرتفع، یعنی نقاطی که امروزه جنگل‌ها اکثرا در آنجا مستقر هستند، با مناطق مسطح و تپه ماهور کاملا متفاوت است. احداث راه و عملیات خاکبرداری در این مناطق، اکثرا باعث ایجاد برش‌ها و خاکریزی‌های مرتفع در طبیعت خواهد شد. پایداری و ثبات شیروانی‌های حاصل از این برش‌ها و خاکریزها، در راه‌های جنگلی کوهستانی، برای حفظ امنیت حمل و نقل و تداوم امر پرورش، حفاظت و بهره‌برداری از جنگل، از اهمیت زیادی برخوردار است ، از این رو باید در تمام مراحل راه‌سازی در این مناطق، یعنی تعیین مسیر شبکه راه‌ها تهیه پروژه و ساختمان راه، مسئله پایداری و ثبات شیروانی‌ها مورد توجه قرار گیرد. در این بخش روش‌های مناسب برای تثبیت شیروانی‌های راه‌های جنگلی کوهستانی که تابحال با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته تشریح خواهد شد. انتخاب هر یک از روش‌ها به شرایط طبیعی منطقه بستگی دارد.

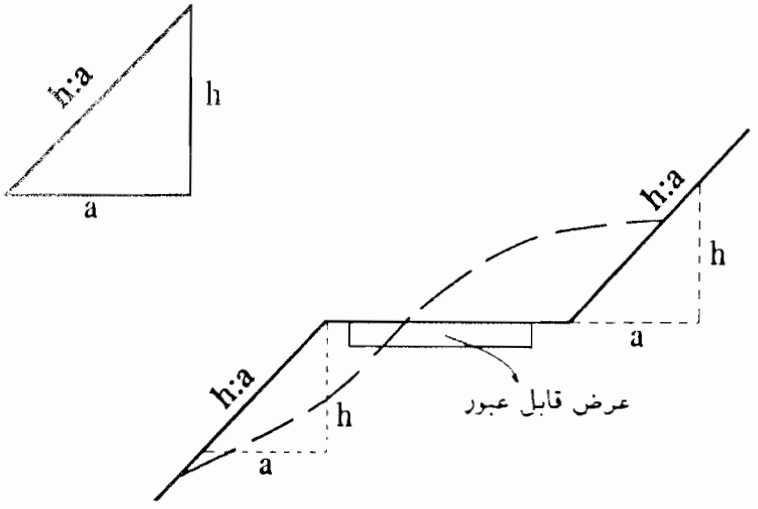
۴-۵- تثبیت شیروانی‌های راه‌های جنگلی کوهستانی:

۴-۵-۱- شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی کوهستانی و روش‌های اجرائی آن

اولین قدم در ایجاد شیروانی‌های پایدار در راه‌های جنگلی کوهستانی، انتخاب شیب مناسب است. (شکل ۴-۲)، از آنجا که خاک‌های مختلف، دارای شیب‌های طبیعی متفاوتی هستند، باید در ایجاد شیروانی‌ها، به ویژه شیروانی‌های خاکریز، حتی‌الامکان شیب شیروانی همان شیب طبیعی خاک منطقه باشد.

ارقام تجربی مندرج در جدول ۱۴ شیب مناسب شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی، در خاک‌های مختلف را نشان می‌دهد.

شکل ۴-۲- طرز نمایش شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی



جدول ۱۴- شیب مناسب شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی در خاک‌های مختلف

ردیف	نوع خاک	شیب دامنه(نسبت ارتفاع به قاعده دامنه) h:a
۱	ماسه نرم	۲ : ۱ تا ۱/۷ : ۱
۲	ماسه درشت همراه با لای	۱/۷ : ۱ تا ۱/۴ : ۱
۳	شن متراکم	۱/۲۵ : ۱ تا ۱ : ۱
۴	لای و رس خشک	۱/۵ : ۱ تا ۱ : ۱
۵	سنگ‌ریزه	۱/۲۵ : ۱ تا ۱ : ۱
۶	صخره سنگ	۰/۵ : ۱ تا ۰/۱ : ۱

بطور کلی شیروانی‌های خاکریزی باید کم شیب‌تر از شیروانی‌های خاکبرداری ساخته شوند، چون شیروانی‌های خاکبرداری که عموما خاک‌های با تراکم طبیعی هستند، می‌توانند حتی با شیب بیشتر ثبات و پایداری خود را حفظ کنند. برای اطمینان از انتخاب شیب مناسب در شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی، می‌توان از شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی که قبلا در منطقه ساخته شده‌اند و دارای خاک مشابهی هستند بطور تجربی کمک گرفت.

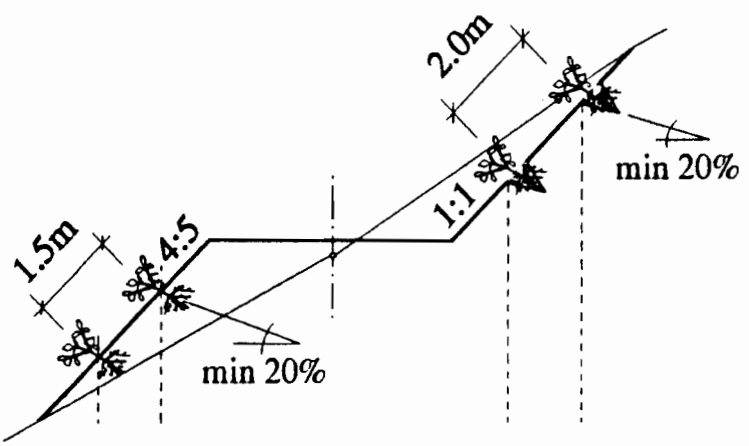
۴-۵-۲- تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی:

چنانچه شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی با توجه به نوع خاک منطقه با شیب مناسب ایجاد، ولی پایداری کامل حاصل نشود، باید با روش‌های زیست-مهندسی (Bioengineering) اقدامات تکمیلی در جهت تثبیت

شیروانی‌های خاکی راه انجام گیرد، این مسئله در اکثر راه‌های جنگلی که از مناطق پر شیب عبور می‌کنند، مطرح است. در مناطق جنگلی با شرایط اکولوژیکی مناسب، مانند نیمرخ شمالی البرز، با توجه به قدرت رویش و تجدید حیات رویشگاه، شیروانی‌های خاکی وسیع هم بعد از گذشت چند سالی دوباره سبز شده و تثبیت می‌شوند چنانچه بطور طبیعی این عمل انجام نشود می‌توان گیاهان بومی مناسب را براحتی در روی این شیروانی‌های خاکی کاشت. در مناطق جنگلی با شرایط اکولوژیکی سخت، مانند نیمرخ جنوبی و ارتفاعات بالای نیمرخ شمالی البرز و جنگل‌های غرب، بدون یاری دادن به طبیعت و کشت مستقیم گیاهان مناسب، امکان تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه، توسط طبیعت همیشه ممکن نیست. این کار با روش‌های مختلف ساختمانی و جنگلکاری ، بکمک گیاهان مناسب انجام می‌گیرد. بطور کلی تمامی کارهای ساختمانی که به کمک مصالح زنده، یعنی گیاهان علفی و چوبی، برای تثبیت شیروانی‌های خاکی راه‌ها و یا طبیعت و محافظت آنها از خطر لغزش‌های سطحی و فرسایش انجام می‌گیرد، اصطلاحا اقدامات زیست مهندسی یا بیولوژی مهندسی (Bioengineering) نامیده می‌شود. به کمک تکنیک‌های زیست-مهندسی، می‌توان اکثر دامنه‌های لخت و عاری از پوشش گیاهی را که در اثر عملیات خاکبرداری و یا فعالیت‌های دیگر در مناطق پر شیب به وجود می‌آید، تثبیت و مهار کرد و بدین ترتیب تا حد امکان از ایجاد دیوارهای حایل بتنی یا بنائی اجتناب ورزید. بدین طریق نه تنها به زیبائی طبیعت خدشه‌ای وارد نمی‌آید، بلکه در هزینه‌های سنگین دیواره‌سازی نیز صرفه‌جوئی خواهد شد (شکل ۴-۳). روش‌ها و تکنیک‌های تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی بطور اخص، و دامنه‌های لغزنده فرسایشی و ریزشی بطور اعم، مبحثی است مفصل که در اینجا امکان ذکر جزئیات و شرح تمامی تکنیک‌های آن وجود نداشته و

خود احتیاج به بررسی و مطالعه جداگانه دارد. دراین مبحث فقط به ذکر چند روش و تکنیک مناسب برای تثبیت شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی اکتفا می‌شود.

شکل ۴-۳- تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی



۴-۵-۲-۱- تثبیت سطحی شیروانی‌های خاکی:

این روش برای تثبت قسمت‌های سطحی شیروانی‌ها و جلوگیری از فرسایش و ریزش سطوح برش و خاکریز، پس از عملیات خاکبرداری و خاکریزی بکار گرفته می‌شود. انجام این کار با کشت گیاهان مناسب منطقه در سطح شیروانی‌ها صورت می‌پذیرد. بذر کاری را می‌توان به صورت‌های زیر انجام داد:

الف : کاشتن بذر در شیارهائی که بدین منظور روی شیروانی‌ها ایجاد می‌شود.

ب : پاشیدن بذر روی شیروانی‌ها بطور آزاد و یا با مواد چسباننده.

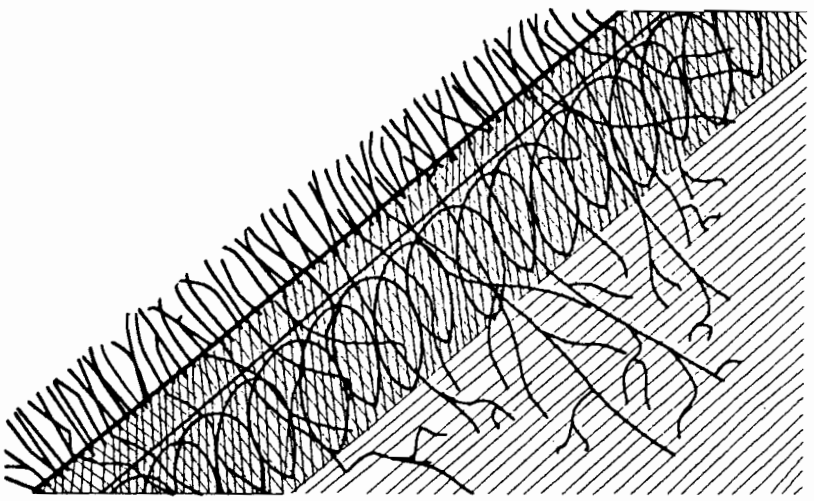
اگر استقرار بذر روی شیروانی‌های خاکی مشکل است، می‌توان بذر را به کمک یک لایه پوششی از کلش و علف، در روی شیروانی‌ها مستقر کرد. به هر حال انتخاب نوع بذر (از نوع گرامینه و لگومینوز) باید با توجه به شرایط محلی انجام گیرد.

برای جلوگیری از شسته شدن بذرهای کاشته شده روی شیروانی‌های خاکی در اثر بارندگی‌های شدید، می‌توان به کمک پوششی از یک لایه سر شاخه‌های نازک و یا پوشش حصیری، نسبت به تثبیت و استقرار بذر در روی شیروانی‌های خاکی اقدام کرد. روی لایه‌های پوششی فوق الذکر می‌توان لایه ای از هوموس (خاک نباتی) پهن کرد. البته این روش نسبت به روش‌های قبل پرهزینه‌تر خواهد بود.

لایه هوموس مورد استفاده در این روش را می‌توان قبل از عملیات خاکبرداری از سطح روئی خاک جنگل جمع آوری کرد. چنانچه ضخامت لایه هوموس خاک مسیر راه جنگلی زیاد باشد، باید قبل از اجرای عملیات خاکبرداری، این لایه را کنار زد تا با خاک بستر راه مخلوط نشود. مخلوط شدن خاک نباتی (هوموس) با خاک بستر راه، روی خواص مکانیکی خاک، اثر نامطلوب دارد و باعث کاهش ظرفیت باربری خاک خواهد شد. از خاک هوموسی جمع‌آوری شده می‌توان بعدا در بازسازی و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه استفاده کرد. بافته‌های پلاستیکی عنوان شده در بخش ۳-۲-۲-۵، مخصوصا انواع درشت بافت که تار و پود آن دارای سوراخ‌های بزرگ می‌باشد، برای جلوگیری از ریزش خاک سطح روئی شیروانی‌های کناری، و نیز برای تثبیت بذرکاری با بذر گیاهان خانواده گرامینه و لگومینوز در روی شیروانی‌ها مناسب است . استفاده از این

بافته‌های پلاستیکی بنا به تجربیات بدست آمده، زیبائی‌های طبیعت را خدشه دار نمی‌سازد، چون بمرور زمان در زیر خاک نباتی (هوموس) که روی آن ریخته می‌شود و نیز گیاهانی که بعدا روی آن سبز می‌شوند از نظرها پنهان می‌گردد. استفاده از این روش مخصوصا از آن جهت مفید است که سرعت جریان آب را در روی شیروانی‌ها کاهش داده و به آرامی به سمت پائین هدایت می‌کند(شکل ۴-۴).

شکل ۴-۴- استفاده از بافته‌های پلاستیکی درشت بافت برای تثبیت سطحی شیروانی‌های خاکی



۴-۵-۲-۲- روش‌های تثبیت عمقی شیروانی‌های خاکی

۴-۵-۲-۲-۱- کشت نهال در بانکت :

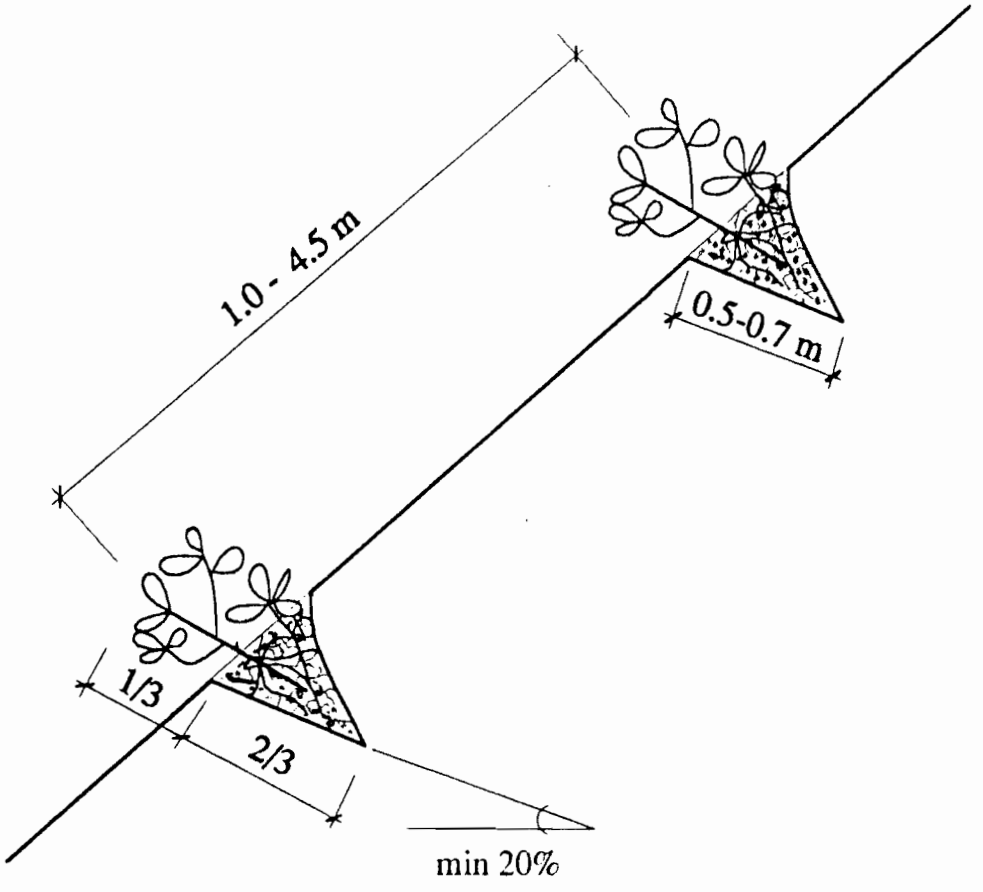
روش کار: روی شیروانی‌های خاکی و دامنه‌هائی که باید تثبیت شوند، بانکت‌هائی که عرض کف آن بین ۵۰ تا۷۰ سانتیمتر است ایجاد می‌شود. نهال‌های ریشه‌دار گیاهان چوبی مناسب منطقه را به صورت پر پشت روی

کف بانکت در کنار هم قرار می‌دهند (برای هر متر از طول بانکت حدود ۵ تا ۲۰ عدد نهال ضروری است.) بانکت‌ها را می‌توان به صورت دستی یا ماشینی حفر نمود. برای ساخت بانکت و کشت نهال در آن، باید ابتدا پائین‌ترین ردیف بانکت را حفر و نهال‌ها را در کف آن قرار داده و روی آنها را با خاک برداشت شده از بانکت ردیف دوم پوشاند. بعد از خاتمه کشت، نهال‌ها در قسمت‌هائی که با خاک پوشیده شده است شروع به ریشه‌دوانی می‌کنند و بدین ترتیب دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی، سرسبز و به وسیله شبکه ریشه نهال‌ها تثبیت می‌گردد. نکته قابل توجه آن است که کف بانکتی که نهال در روی آن قرار می‌گیرد باید حداقل ۲۰ درصد به سمت داخل، شیب داشته باشد(شکل ۴-۵).

نظم کار: در این روش معمولا بانکت‌ها را بطور افقی و بموازات هم در روی دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی می‌سازند. اگر لازم باشد این بانکت‌ها می‌توانند وظیفه زه‌کشی را نیز در دامنه‌های مرطوب بعهده گیرند، در آن صورت باید بانکت‌ها را روی دامنه به صورت شیب دار ساخت. فاصله دو بانکت متوالی از هم در روی یک دامنه از یک متر در مورد خاک‌های غیر چسبنده، تا ۴/۵ متر درمورد خاک‌های چسبنده تغییر می‌کند (شکل۴-۵).

کاربرد و موارد استفاده: این روش روی دامنه‌ای با خاک غنی و در مناطقی که بتوان از قلمه درختانی چون بید برای تثبیت دامنه‌ها استفاده کرد بکار گرفته می‌شود. در این روش مقدار زیادی نهال مورد استفاده قرار می‌گیرد و به همین جهت هزینه اجرای آن نسبت به سایر روش‌ها زیاد است.

شکل ۴-۵- تثبیت دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی به روش کشت نهال در بانکت



۴-۵-۲-۲-۲- کشت قلمه در بانکت:

روش کار: نحوه کار در این روش مانند روش قبل است. با این تفاوت که بجای استفاده از نهال‌های ریشه دار، از قلمه گیاهان چوبی، که قابلیت کشت به صورت قلمه را دارند (مانند انواع بید و صنوبر) برای کاشت در بانکت‌ها استفاده می‌شود.

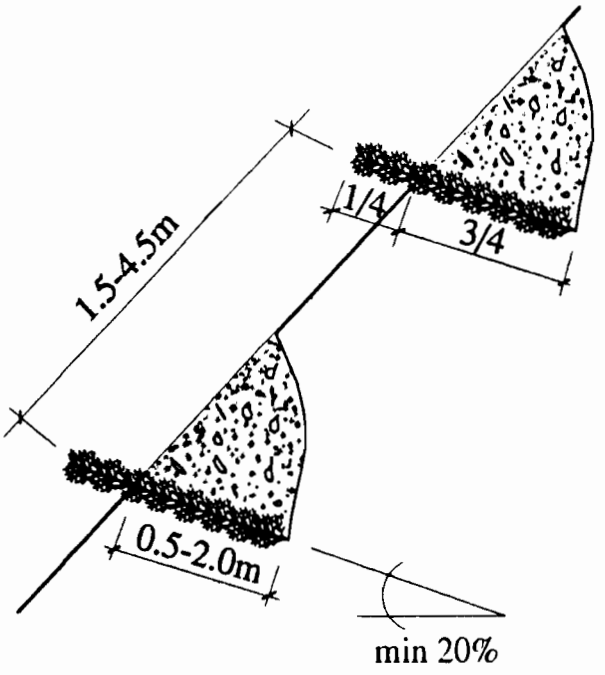
برای انجام این کار، در شیروانی‌های خاکی راه و همچنین در روی دامنه‌های طبیعت که قرار است تثبیت شود بانکت‌هائی که عرض کف آن ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر است حفر می‌شود. روش ساخت در اینجا نیز مانند ردیف

۴-۵-۲-۲-۱ می‌باشد، (شکل ۴-۶). در شیروانی‌های خاکریزی، بکارگیری این روش ساده و آسانتر است . برای انجام این کار قلمه‌هایی بطول ۲ تا ۵ متر را با تمام شاخه‌ها در پائین ترین قسمت خاکریز قرار داده و به تدریج کار خاکریزی صورت می‌گیرد تا روی قلمه‌ها پوشیده شود. پس از آنکه روی قلمه‌های پائین ترین ردیف به اندازه کافی خاک ریخته شد ردیف‌های بعد نیز به همین ترتیب اجرا می‌شود (شکل ۴-۷). بعد از خاتمه خاکریزی، کارهای غلطک زنی و متراکم کردن خاکریز صورت می‌گیرد، این کار صدمه‌ای به رویش قلمه‌ها نمی‌زند، چون زخم‌های کوچک وارده به قلمه‌ها تاثیری در جوانه‌زدن آنها ندارد. در این روش نیز چه در شیروانی‌های خاکبرداری و چه در شیروانی‌های خاکریزی ، قلمه‌ها را باید با شیب حداقل ۲۰ درصد در کف بانکت قرار داد (اشکال ۴-۶ و ۴-۷) .

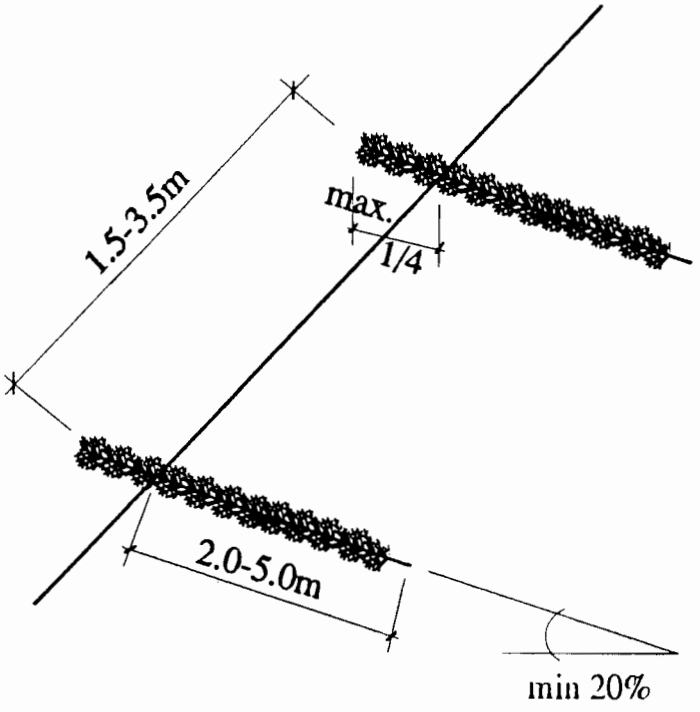
نظم مکانی کار: در خاکریزی‌ها بجز موارد استثنائی ، کاشتن قلمه‌ها در ردیف‌های افقی صورت می‌گیرد. فاصله ردیف‌ها از هم نباید از ۱/۵ متر کمتر باشد (اشکال ۴-۶ و ۴-۷). در دامنه‌های مرطوب که احتیاج به زه‌کشی دارند، کشت قلمه در بانکت را می‌توان به صورت شیب دار نیز انجام داد. شیب ردیف‌ها می‌تواند از ۱۵ تا۶۰ درصد تغییر کند.

کاربرد و موارد استفاده: این روش بیشتر برای تثبیت ریزش در دامنه‌های ناپایدار و حساس به فرسایش و لغزش بکار می‌رود.

شکل ۴-۶- تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری (برش) به روش کشت قلمه در بانکت



شکل ۴-۷- تثبیت شیروانی‌های خاکریزی (خاکریز) به روش کشت قلمه در بانکت



۴-۵-۲-۲-۳- روش کشت مختلط قلمه و نهال در بانکت :

روش کار: روش حفر بانکت مانند روش‌های قبل است . دراین روش بجای استفاده از نهال تنها، که هزینه‌های زیادی را در بر دارد و یا بجای استفاده از قلمه تنها، که محدودیت انتخاب نوع گیاه در آن مطرح است، مخلوطی از قلمه و نهال برای کشت در بانکت مورد استفاده قرار می‌گیرد و بدین ترتیب از تعداد نهال‌های ریشه دار کاسته می‌شود.

نظم مکانی : مانند روش‌های قبل می‌باشد.

کاربرد و موارد استفاده : این روش امروزه متداول ترین روش تثبیت دامنه‌ها با گیاهان چوبی است و در هر آب و هوائی که گیاهان چوبی در آن بتوانند رشد و نمو نمایند، می‌تواند بکار گرفته شود.

۴-۵-۳- تثبیت برش‌ها و خاکریزها با چوب، بتن و سنگ :

تثبیت دراز مدت و مطمئن شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی با مصالحی نظیر چوب، بتن، سنگ ممکن نیست، از این رو روش‌های تثبیت بیولوژیک با استفاده از تکنیک‌های زیست-مهندسی ارجحیت دارند. فقط در مواردی که شیب شیروانی‌ها (برش و خاکریز) اجبارا باید بیش از شیب طبیعی خاک منطقه ساخته شود، می‌توان با استفاده از دیواره‌های چوبی، بتنی و یا سنگی نسبت به تثبیت برش و خاکریزهای راه اقدام نمود.

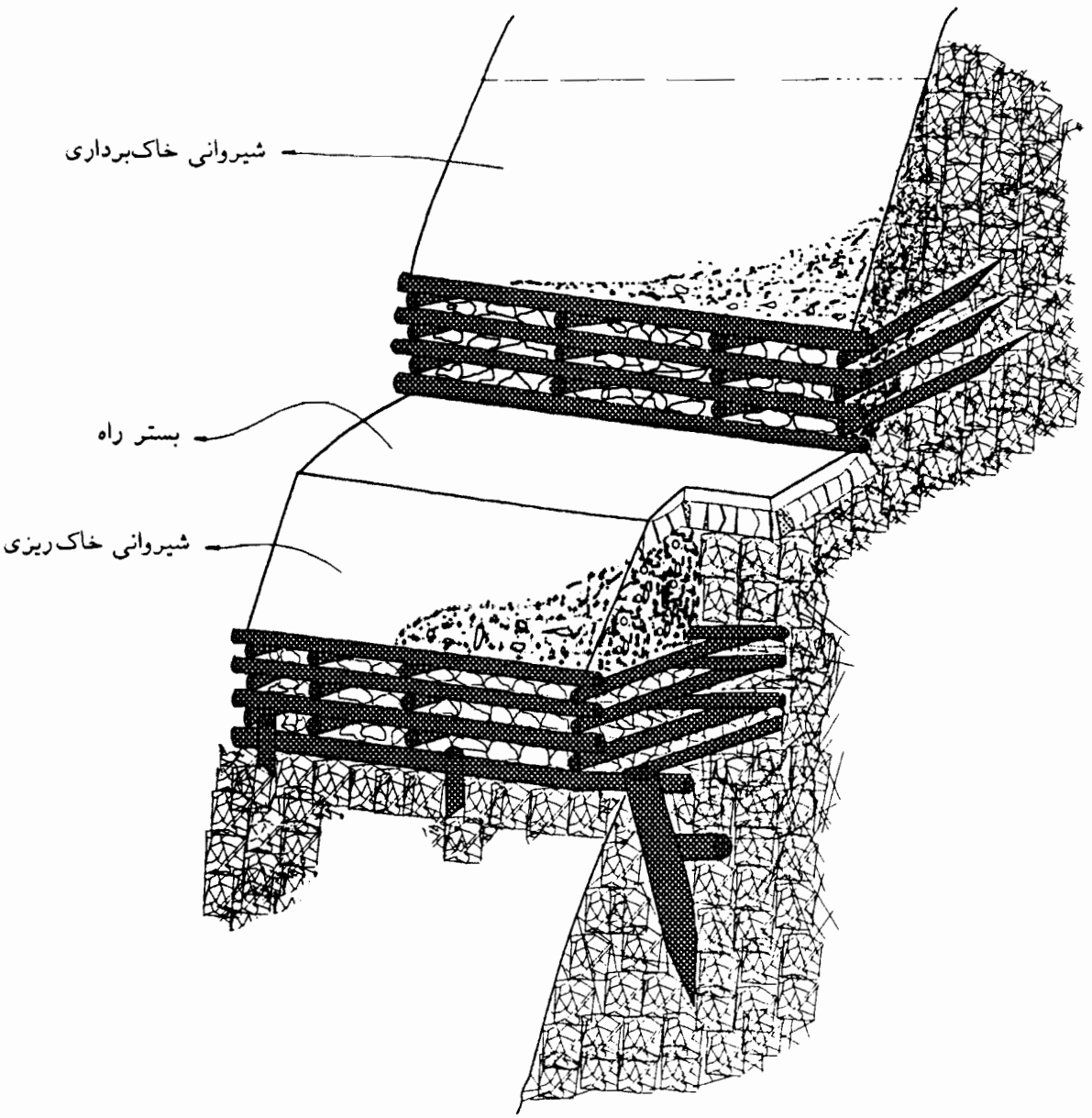
۴-۵-۳-۱- دیوارهای چوبی:

ساده‌ترین روش حفاظت ، نگهداری و تثبیت شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی احداث دیوارهای چوبی است (شکل ۴-۸) مصالح مورد استفاده در این روش چوب‌های گرد جنگلی است ، قبل از بکار بردن چوب‌ها باید آنها را با مواد شیمیائی آغشته و اشباع کرد (مثلا با ماده کروئزوت)، تا بدین ترتیب دوام آنها در مقابل پوسیدگی (حمله قارچ‌ها و حشرات) افزایش یابد. اگر اشباع چوب‌ها در کارخانه امکان نداشته باشد، می‌توان آنها را در محل به کمک غوطه‌ور کردن در ماده شیمیائی عمل آورد. بدیهی است در این صورت کیفیت کار پائین خواهد بود. بعد از تهیه چوب‌های گرد آغشته یا اشباع شده با مواد شیمیائی حفاظتی، می‌توان کار ساختمان دیواره را به کمک یک نفر نجار ماهر و یک نفر بنا مطابق شکل (۴-۸) انجام داد.

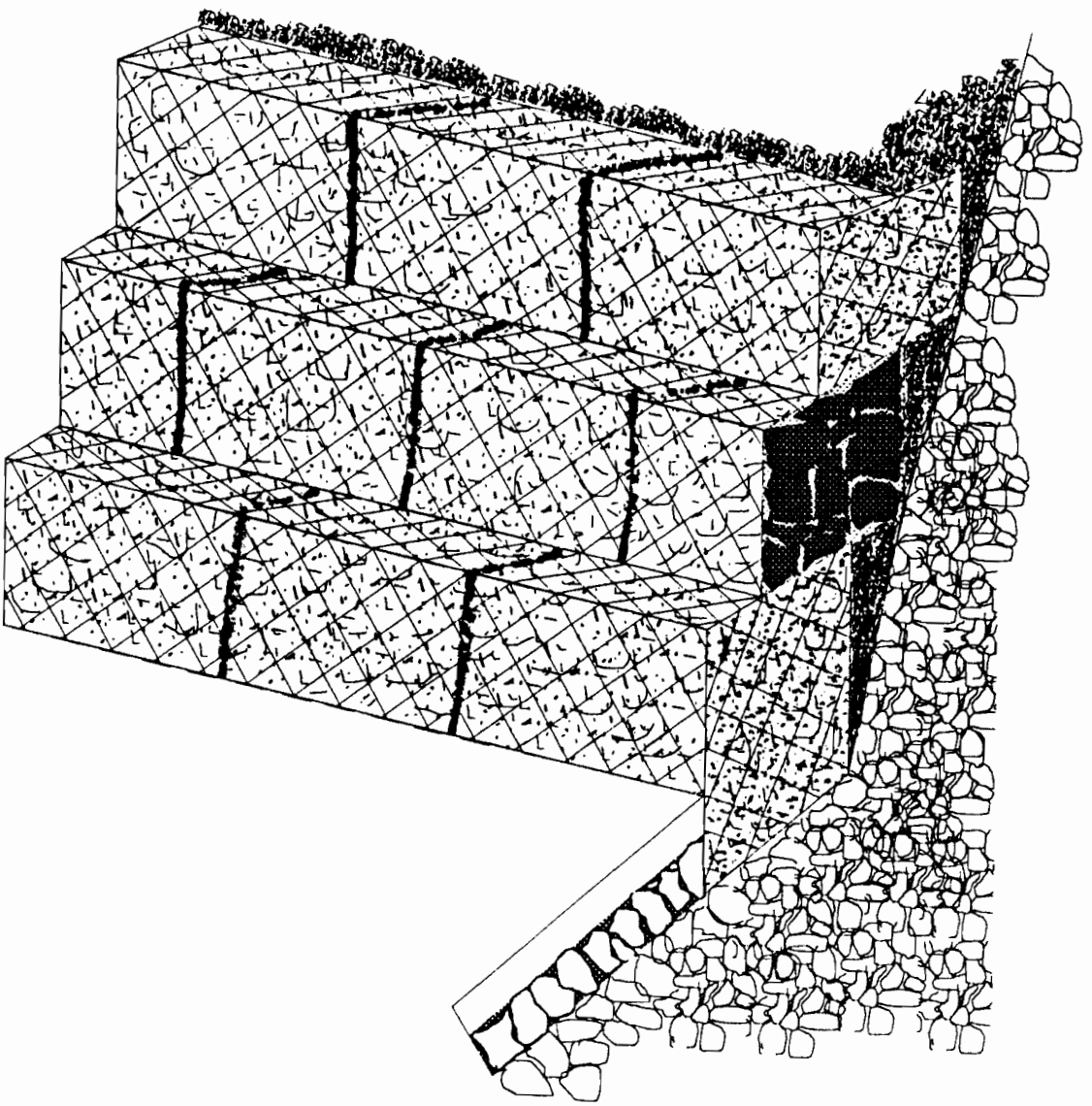
۴-۵-۳-۲- گابیون بندی:

گابیون بندی عبارت است از سبدی بافته شده از سیم آهنی گالوانیزه که داخل آنرا با قلوه سنگ و سنگریزه پر می‌کنند. از قرار دادن و اتصال این سبدها به یکدیگر دیواره‌ای به وجود می‌آید که از آن برای تثبیت و حفاظت شیروانی خاکبرداری و خاکریزی راه‌های جنگلی استفاده می‌شود. در این کار، سبدها را باید با سیم‌های گالوانیزه به یکدیگر متصل نمود و ریشه و پایه آنرا در روی زمین طبیعی قرار داد(شکل ۴-۹). گابیون در عین به وجود آوردن دیواره‌ای محافظ ، به هیچ وجه مانع عمل زه‌کشی شیروانی‌ها نمی‌شود. گابیون‌ها در برابر نیروهای وارده نمی‌شکنند، بلکه از خود انعطاف نشان می‌دهند.

شکل ۴-۸- حفاظت و تثبیت شیروانی‌ها (برش و خاکریز) با مصالح چوبی



شکل ۴-۹- حفاظت و تثبیت شیروانی‌های راه بوسیله گابیون‌بندی



فصل پنجم
زه‌کشی راه‌های جنگلی

۵-۱- کلیات

آب بزرگترین دشمن راه‌های جنگلی بوده و بیشتر کارشناسان معتقدند حداقل ۸۰ درصد کل رسوبات فرسایشی در محیط جنگل ناشی از وجود راه‌های جنگلی است. راه همانند یک کانال عمل کرده و رسوبات را به طرف پائین به حرکت در می‌آورد. طبق اطلاعات موجود از کشورهای پیشرفته حدود ۲۵٪ از کل هزینه‌های ایجاد راه صرف عملیات زه‌کشی می‌شود.

آب باران و برف در صورت عدم کارائی سیستم زه‌کشی به جسم راه نفوذ می‌کند و از این رو ساختمان کانال‌ها اهمیت زیادی دارند.

آب قسمت‌های تحتانی راه نیز می‌تواند وارد جسم راه شود که این امر بستگی به مشخصه آب‌های زیرزمینی، مشخصات فنی راه و طبقات زیرین آن دارد. جسم راه‌های جنگلی باید از مصالحی که خاصیت جذب آب کمتری دارند ساخته شود.

بطور کلی برای خارج کردن آب‌های نفوذی به جسم راه، از زه‌کشی استفاده می شود.

زه‌کشی عبارت است از دور کردن آب‌هائی که به نحوی برای راه‌های جنگلی زیان آور می‌باشند. آب یکی از عوامل تخریب راه محسوب می‌شود و زه‌کشی نادرست نیز می‌تواند موجبات فرسایش، لغزش و رانش را فراهم آورد.

زه‌کشی به طرق زیر امکان پذیر است:

الف: خارج کردن آب از روی سطح راه با ایجاد تاج و به کمک شیب‌های عرضی یا ایجاد موانع عرضی، برای هدایت آب سطحی راه به خارج از عرض سواره‌رو.

ب: نصب لوله برای هدایت آب کانال‌های کناری و آب‌های موجود در سطح بالای دیواره خاکبرداری از زیر راه که اصطلاحا آنرا آبرو گویند.

پ - هدایت آب نهرها، خط القعرها و دره‌هائی که راه را قطع می‌کنند، به وسیله ایجاد پل‌ها یا لوله‌گذاری (آبراهه‌ها)

ت - پائین بردن سطح آب‌های زیرزمینی (Ground water surface) که بنحوی برای راه مضر هستند، از طریق کانال کشی و زه‌کشی در قسمت‌های مختلف (زه‌کشی در بالای دیواره خاکبرداری شده یا در زیر دیواره خاکریزی و غیره)

۵-۲- انواع زه‌کشی:

بطور کلی دو نوع زه‌کشی در راه‌های جنگلی مطرح است:

الف- زه‌کشی آب‌های عمقی

ب - زه‌کشی آب‌های سطح الارضی

۵-۲-۱- زه‌کشی عمقی

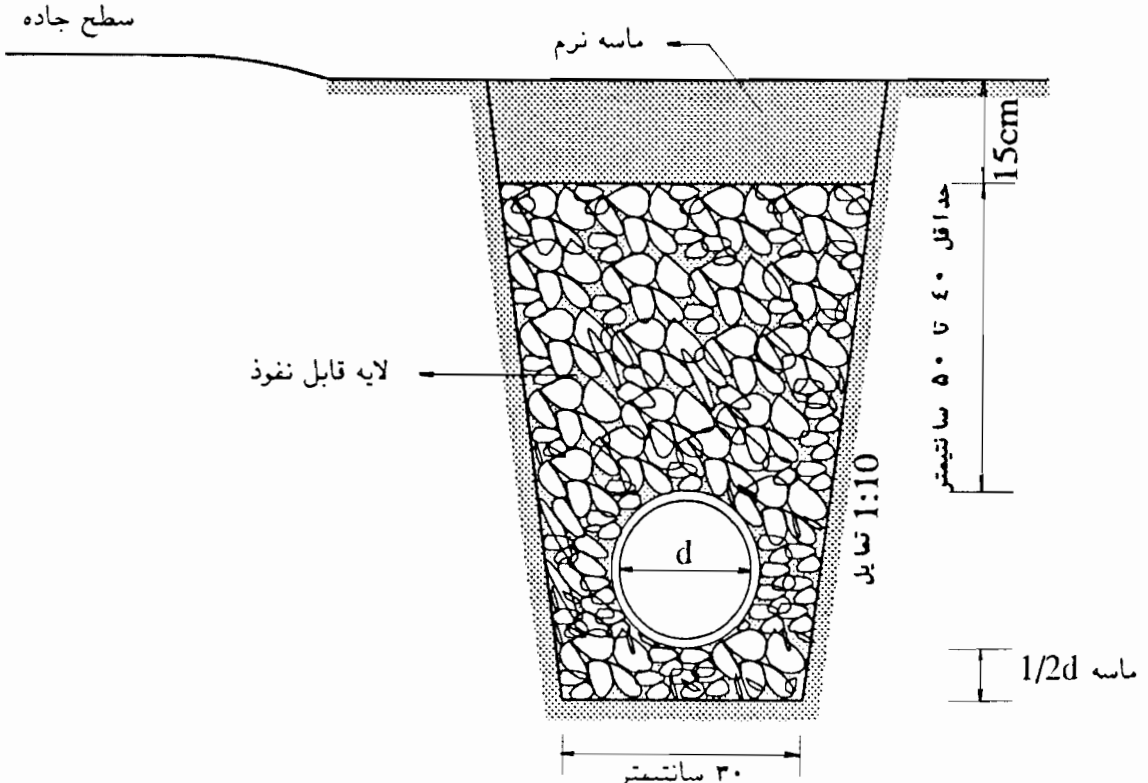
آب زیرزمینی به دو صورت وجود دارد، آب‌های آزاد و آب‌های ثابت یا کاپیلاری (Capillary) زه‌کشی عمقی در راه‌سازی زمانی مطرح است که سطح آب‌های آزاد زیرزمینی کمتر از حدود ۷۰ سانتیمتر با سطح راه فاصله داشته باشد باید توجه داشت که آب‌های کاپیلاری را نمی‌توان زه‌کشی نمود، ولی با بالا آوردن خط پروژه یا پائین بردن سطح آب‌های آزاد می‌توان مقدار آن را کاهش داد. زه‌کشی عمقی، عمری محدود دارد و به ویژه اثر آن در بعضی فصول به علت یخ زدن، پر شدن منافذ، لجن زدگی و نظایر آن کم می‌شود.

معمولی‌ترین روش زه‌کشی عمقی تعبیه لوله‌ایست متخلخل در عمق کافی که سطح آب را تا ۷۰ سانتیمتر زیر سطح راه پائین ببرد. اطراف لوله متخلخل با خرده سنگ قابل نفوذ برای آب، پر می‌شود. حداقل قطر این لوله‌ها ۱۵ سانتیمتر است. در راه‌های جنگلی گاهی اوقات برای صرفه‌جوئی، از گذاشتن لوله‌های متخلخل صرفنظر می‌شود. در این حالت قسمت تحتانی کانال زه‌کشی عمقی را از سر شاخه و یا سنگ‌های درشت پر می‌کنند و روی آنرا با ماسه

و شن می‌پوشانند. بهتر است پوشش طوری باشد که خاک نرم نتواند از بالا به عمق نفوذ کند. این کار را می‌توان از طریق ریختن چندین لایه از سنگ‌های درشت متوسط و ریز انجام داد. (لایه‌های زیر از سنگ‌های درشت و بتدریج دانه‌های کوچکتر تا سطح بالا از ماسه نرم و خاک استفاده می‌شود).

لوله متخلخل می‌تواند از جنس سیمان، گل پخته، مصالح حاصل از فرآیندهای پتروشیمی یا آهن سفید باشد. موادی که دور لوله و روی آن ریخته می‌شود باید به دقت انتخاب شوند تا عبور آب را بسادگی ممکن ساخته و به علاوه از نفوذ ذرات ریز به داخل لوله و مسدود شدن آن جلوگیری کرده و خود لجنی نشوند.

شکل ۵-۱- نوعی زه‌کشی عمقی معمولی



در زیر لوله‌های عمقی باید لایه‌ای از شن و ماسه به ضخامت حداقل $\frac{1}{2}$ قطر لوله ریخته شود. حداقل دهانه لوله ۱۵ سانتیمتر است.

۵-۲-۲- زه‌کشی سطح الارض

۵-۲-۲-۱- زه‌کشی آب‌های سطح راه

این آب‌ها اکثرا در اثر بروز بارندگی به صورت باران و برف در سطح راه جاری شده و یا در چاله‌ها باقی می‌مانند و خطرات زیادی را بخصوص در راه‌های جنگلی که میزان بارندگی زیاد است، به وجود می‌آورند. از این رو باید در مورد خارج کردن هر چه سریعتر این آب‌ها اقدام شود، تا در جسم راه نفوذ نکنند. نفوذ این آب‌ها موجب سست کردن بافت روسازی و زیرسازی راه خواهد شد. تابش آفتاب کمک موثری برای خشک شدن سریع سطح راه پس از بارندگی خواهد بود از این رو باید تمامی درختانی را که در ساعت ۱۱ تا ۱۲ روی راه سایه می‌اندازند قطع نمود.

با ایجاد تاج، در پروفیل عرضی راه، می‌توان آب سطحی را خارج و به کانال‌های کناری یا خارج از بستر راه هدایت نمود که میزان شیب عرضی برای راه‌های آسفالته و شوسه و خاکی در فصل دوم ذکر شده است.

بهتر است در زیرسازی راه‌های جنگلی نیز انحنائی تقریبا مشابه انحناء تاج راه به وجود آید، تا آب‌های نفوذی از روی سطح شیب‌دار در قسمت زیرسازی شده عبور نموده و خارج گردد.

هنگام ساختن راه‌های جنگلی باید از نفوذ آب‌های سطحی به جسم راه به شدت جلوگیری شود زیرا این آب‌ها که در جنگل فراوان نیز هستند، جسم راه را در عملیات خاکبرداری و خاکریزی به شدت مرطوب و بی‌ثبات ساخته و در نتیجه عملیات راه‌سازی را فوق‌العاده مشکل می‌سازند. تردد ماشین‌ها از روی راه قبل از پایان روسازی اکیدا ممنوع است بخصوص در ایام بارندگی تردد ماشین‌ها قبل از روسازی، باعث ایجاد شیارها و چاله‌های آب خواهد شد. آب جمع شده در گودال‌ها باید از طریق ایجاد جویچه از سطح راه دور شود. همچنین قبل از شروع عملیات خاکبرداری باید آب‌های سطحی دامنه‌های بالاتر، به خارج از حوزه عملیات هدایت شود. این کار با نصب تیرهای چوبی بخوبی مقدور است در راه‌های فرعی جنگلی برای عبور دادن آب سطح راه به خارج اغلب از تیرهای چوبی استفاده می‌شود، که به دو صورت یک عددی یا دو عددی قرار می‌گیرند. هر چند یکبار باید تیرها تعویض شوند، تا کار آنها در اثر پوسیدگی مختل نگردد. بهتر است این تیرها اشباع شده، قطر آنها ۱۵-۲۰ سانتیمتر و طولشان معادل عرض راه باشد. علت استفاده از تیرهای چوبی در زه‌کشی، فراوانی چوب در جنگل است. باید توجه داشت در مسیرهای چوب کشی، بجز موارد استثنائی عملیات زه‌کشی انجام نمی‌شود.

۵-۲-۲-۲- زه‌کشی سطحی برای جمع‌آوری آب دامنه‌های بالا دست راه

کانال‌های کناری راه برای جمع‌آوری آب دامنه بالا دست و نیز آب‌های سطحی راه، احداث می‌شود. این آب‌ها در اثر ریزش باران و ذوب برف بطرف راه حرکت می‌کنند و باید قبل از رسیدن به سطح راه، به وسیله کانال‌های کناری جمع‌آوری شوند. در راه‌های جنگلی به دلیل شیب زیاد

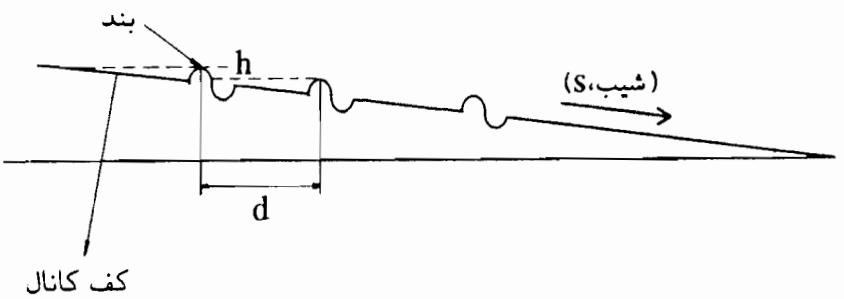
اراضی، بر خلاف راه‌های جلگه‌ای مسئله کمبود شیب طولی کانال وجود ندارد. آب کانال‌های کناری باید در نقاط مناسب به وسیله آبروهائی از زیر راه بطرف دامنه پائین دست هدایت شوند. توصیه می‌شود فاصله آبروها حدود ۵۰ تا ۷۰ متر باشد.

در دامنه‌های پر شیب بهتر است آب کانال کناری به کانال طبیعی (خط القعرها) هدایت شوند. زیرا در صورت استفاده از آبرو، خطر فرسایش، ریزش، لغزش و رانش خاک به وجود می‌آید. در صورتی که آب‌های سطحی زیاد و مقطع کانال کناری، کافی نبوده و یا به هر ترتیب خطر تخریب کانال وجود داشته باشد بهتر است یک کانال اضافه، در سطح بالا دست دیواره کناری (طرف خاکبرداری) ایجاد شود. این کار در مواردی که خاک‌های مرطوب در دیواره‌های کناری وجود دارد نیز می‌تواند موثر باشد. سطح مقطع و شیب کانال باید برای حداقل سرعت آستانه فرسایش طراحی شود. در صورت بالاتر بودن سرعت آب از سرعت آستانه فرسایش باید اقداماتی در جهت کاهش سرعت آب به عمل آید. یکی از راه‌های کاهش سرعت آب ایجاد بند و یا ایجاد پوشش بتنی و گیاهی می‌باشد. در صورت استفاده از بند می‌توان برای محاسبه فاصله دو بند از فرمول زیر استفاده نمود:

$$d = \frac{100\,h}{S - S_a}$$

که در آن h ارتفاع بند - d فاصله بین دو بند، S شیب کانال و S_a شیب آستانه فرسایش است. (شکل ۵-۲)

شکل ۵-۲- بند کف کانال d



۵-۳- لوله‌گذاری برای هدایت آب کانال‌های کنار راه

در راه‌های جنگلی به علت شیب زیاد و علیرغم پیشگیری‌های لازم، باید در نقاط مناسب آبرو احداث گردد، تا آب کانال قبل از تجمع زیاد، ازدیاد سرعت و ایجاد خطرات فرسایشی کف و دیواره‌ها به خارج راه منتقل شود.

فواصل آبروها، به شدت جریان آب‌های سطح الارض، شیب راه، جنس خاک و موادی که در ساختمان کانال بکار رفته بستگی دارد.

بطور کلی در راه‌های جنگلی در فواصل حدود ۵۰ تا ۷۰ متر لازم است لوله عرضی (آبرو) احداث گردد. انتخاب قطر لوله بستگی به دبی آب کانال دارد.

در صورت استفاده از لوله‌های سیمانی بهتر است قطر لوله از ۴۰ سانتیمتر کمتر نباشد. اگر لوله در محل خط القعر واقع شود، شیب طولی لوله، به شیب طبیعی خط القعر بستگی خواهد داشت. بطور کلی بهتر است شیب لوله از ۶ درصد کمتر و از ۱۵ درصد بیشتر نباشد. شیب بیش از ۲۰

درصد موجب افزایش طول لوله شده و خطر جدا شدن لوله‌ها از یکدیگر را بدنبال دارد. در صورتی که شیب بیشتر برای لوله لازم باشد باید اتصال‌ها به یکدیگر از استحکام لازم برخوردار باشند. محل خروج آب در دیواره خاکریز، به وسیله دیواره‌های بنائی سنگی، در برابر فرسایش محافظت می‌شود. لوله گذاری در مسیر راه باید در محل‌هائی صورت گیرد که شیب عرضی دامنه زیاد نباشد.

انواع لوله

لوله‌های مورد استفاده در راه‌سازی جنگل را از نظر شکل و از نظر جنس می‌توان به انواع زیر تقسیم بندی نمود:

- از نظر جنس، لوله‌های بتنی، فلزی، سفالی، پولیکا، چوبی و لوله‌های ساخته شده از الیاف آغشته به قیر یا قطران.

- از نظر شکل، لوله‌هائی با مقاطع دائره‌ای، بیضی، مربع، کرکره‌ای و با مقطع نیمه دایره وجود دارد که هر کدام در شرایط خاص خود، دارای مزایایی است که طراح راه بسته به شرایط می‌تواند از آنها استفاده نماید.

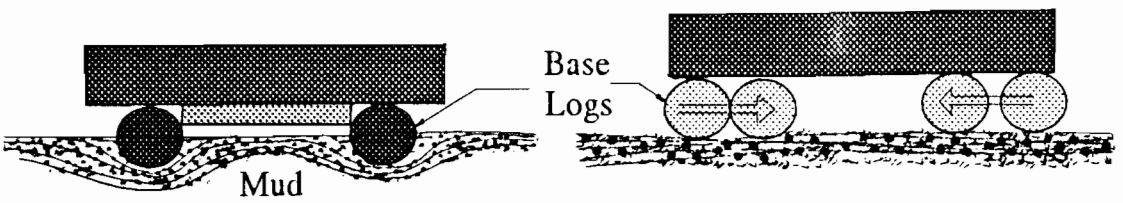
۵-۳-۱- لوله‌های چوبی (شکل ۵-۳)

این لوله‌ها بیشتر برای زه‌کشی موقت بخصوص حین عملیات راه سازی در جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در راه‌های فرعی نیز می‌توان از لوله‌های چوبی استفاده کرد. در این صورت لازم است چوب‌ها اشباع و در

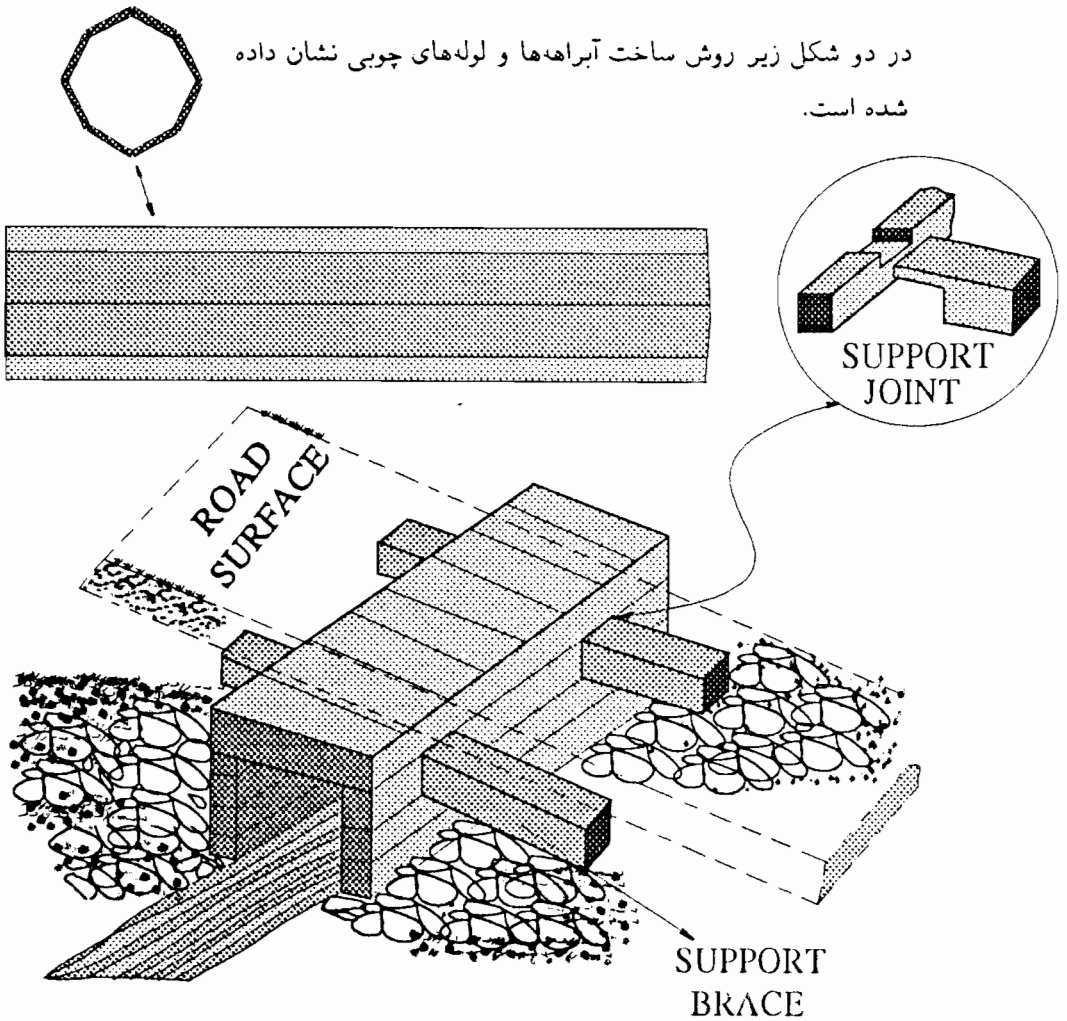
شکل ۵-۳- لوله‌های چوبی

باید در قسمت بالا و در زیر بینه‌ها موانع چوبی برای جلوگیری از فرو رفتن ویا جمع شدن آنها تعبیه شود. در غیر اینصورت اشکالات نشان داده شده در شکل زیر پیش خواهد آمد.

زهکشی با استفاده صحیح از بینه‌ها در جنگل



در دو شکل زیر روش ساخت آبراهه‌ها و لوله‌های چوبی نشان داده شده است.



مقابل پوسیدگی و حمله قارچ‌ها و حشرات محافظت شوند. این لوله‌ها معمولا مقاطع مربعی شکل داشته و از کوبیدن چهار تخته با مقطع چهار گوش به وجود می‌آیند.

۵-۳-۲- لوله‌های سیمانی

بطور کلی بهتر است قطر لوله‌های سیمانی از۳۰ سانتیمتر و ترجیحا از ۴۰ سانتیمتر بیشتر باشد.

استفاده از لوله‌های سیمانی در مناطقی خوب است که PH آب و خاک بالا و اسیدیته آب کم باشد. در مناطقی که اسیدتیه آب زیاد است خطر خورده شدن جسم لوله وجود دارد که این امر از دوام لوله می‌کاهد. در سایر موارد لوله‌های سیمانی در مقابل اکسیداسیون و غیره بسیار مقاوم هستند. لوله‌های سیمانی را معمولا به قطعاتی به طول ۸۰ سانتیمتر می‌سازند که با داشتن زائده‌های به اصطلاح نر و ماده در هر سر، بخوبی بهم جفت و متصل می‌گردند. در غیر این صورت خطر حرکت و جابجائی نسبی دهانه و کم شدن ظرفیت آبدهی وجود دارد.

بهتر است لوله‌های سیمانی، به قطرهای مختلف در نزدیکی محل مصرف و در جنگل با استفاده از قالب‌های مخصوص ساخته شوند تا ضمن کم شدن هزینه حمل و نقل خطر ترک خوردن و شکستن آن حین نقل و انتقالات کاهش یابد. به علاوه در محیط مرطوب جنگل، عمل آوری لوله‌ها بهتر صورت می‌گیرد و لوله‌ها استحکام بیشتری پیدا می‌کنند. آب پاشی لوله‌ها به منظور جمع‌آوری، به ویژه تا هفت روز پس از بتن ریزی لازم است.

حداکثر قطر لوله‌های سیمانی را حدود ۱۰۰ سانتیمتر درنظر می‌گیرند زیرا قطرهای بیشتر، بالا رفتن هزینه‌های ساخت و نصب را موجب می‌گردند. لوله سیمانی تا قطر۱۰۰ سانتیمتر، بدون آرماتور و از حدود۱۰۰ سانتیمتر به بالا دارای آرماتور است.

برای قطرهای بیشتر از حدود۱۰۰ سانتیمتر بهتر است از قطعات سیمانی (با آرماتور) که در محل ساخته می‌شوند استفاده شود که از نصب آنها آبراهه با مقطع مربع به وجود می‌آید.

سطح مقطع خارجی لوله، اغلب دایره‌ای است ولی گاه مقاطع به شکل‌های دیگر ساخته می‌شود تا کار گذاشتن لوله روی زمین‌های سنگی، بتنی و سفت ممکن و از فشار زائد بر یک نقطه از محیط آن جلوگیری شود (مثلا مقطع لوله با سطح صاف در یک سمت که روی زمین قرار می‌گیرد)

لوله‌های بتنی در مقابل مواد شیمیائی محلول در آب به ویژه اکسید کننده‌ها مقاوم‌ترند ولی در مقابل اسیدتیه آب حساس هستند. مشخصات لوله‌های بتنی باید با شرایط مندرج در آشتو M170 برای لوله‌های بتن آرمه و M86 برای لوله‌های بتنی بدون آرماتور تطبیق داشته باشد.

آب پاشی روزانه، روی لوله‌های بتنی ریخته شده، به مدت دو هفته دارای اهمیت فوق‌العاده است. بسته به شرایط محیطی (رطوبت نسبی زیاد هوا، سایه و خشک بودن محیط) ممکن است عمل آوری و مراقبت لوله‌های بتنی، از دو هفته کمتر و همانطور که گفته شد به یک هفته تقلیل یابد.

۵-۳-۳- لوله‌های گالوانیزه

این لوله‌ها از آهن گالوانیزه که برای استحکام، کرکره‌ای هستند ساخته می‌شوند. برای اتصال صفحات در قطعات بزرگ و دهانه‌های قطور، آنها را به کمک پیچ و مهره به هم متصل می‌کنند. در پاره‌ای موارد در دهانه‌های بزرگ که ارتفاع کافی، برای کار گذاشتن لوله وجود نداشته باشد، لوله را به صورت نیم دایره نصب می‌کنند. در این حالت قسمت زیرین آبراهه مسطح، و از بتن، و بدنه و سقف آن از آهن گالوانیزه است که به صورت نیم دایره یا ناودانی وارونه قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از لوله‌های گالوانیزه در مناطقی که اسیدتیه خاک و آب بالا است، بهتر است سطح زیرین این لوله‌ها آسفالت یا قیر و گونی شود. همچنین در صورت وجود شن و ماسه همراه آب، بهتر است کف لوله از داخل آسفالت شود.

۵-۳-۴- لوله‌های آلومینیومی

این لوله‌ها سبک بوده و به راحتی قابل نصب هستند. خطر زنگ زدن و اکسیداسیون آن کم و مقاومتش در مقابل خوردگی خوب است. عیب این لوله‌ها حساسیت آنها در مقابل فشار و ضربه است.

۵-۳-۵- لوله‌های پولیکا

از مزایای بزرگ لوله‌های پولیکا سهولت حمل و نقل است. این لوله‌ها به علت سبکی و دوام و ارزانی، روز بروز اهمیت بیشتری می‌یابند، مقاومت آنها در مقابل آثار شیمیائی بسیار بالا است و به علت پائین بودن اصطکاک،

خطر گرفتگی در آنها کم بوده و آب را به خوبی عبور می‌دهند. به علاوه نصب آنها بسیار ارزان و ساده است و در مقابل، مقاومت آنها هنگام ضربه و فشار چندان زیاد نیست و در مورد نصب آن باید دقت کافی مبذول گردد. در لوله‌های پولیکا خطر رسوب‌گیری بسیار کم است. اگر چه از این لوله‌ها امروز کمتر استفاده می‌شود، ولی به نظر می‌رسد در آینده مصرف آنها فزونی یابد. لوله‌های پولیکا معمولا بطول ۶ متر ساخته می‌شود و نصب و اتصال آنها با چسب‌های مخصوص بسادگی صورت می‌گیرد و برش با اره دستی یا موتوری است.

از دیگر مزایای مهم لوله‌های پولیکا مقاومت در مقابل سائیدگی است. لوله پولیکا دیرتر از سایر لوله‌ها یخ می‌زنند و یخ آنها زودتر از دیگر لوله‌ها ذوب می‌شود.

۵-۳-۶- سرریزها

در نقاط خشک که سیلاب‌های موضعی بندرت پیش می‌آیند می‌توان بجای لوله‌گذاری از سرریز استفاده کرد. سرریز یا آب نما عبارتست از ایجاد انحنائی ملایم در کف راه (در جهت پروفیل طولی) که آب بتواند از روی آن رد شود. سطح سرریز و سطح دیواره‌های کناری که آب از روی آن عبور می‌کند، باید به وسیله بنایی سنگی محکم شود، تا آب به آن آسیبی نرساند. در احداث سرریز آب، باید مقدار شیب دو سمت سرریز را با توجه به شیب طولی راه تنظیم نمود. استفاده از سرریز در راه‌های اصلی کم ترافیک و راه‌های فرعی راه حلی مناسب و متداول بوده و در صورت استفاده از آن نصب تابلوهای هشدار دهنده، در دو طرف سرریز لازم است.

اگر در محل احداث سرریز، جریان آب کم و دائمی نیز وجود داشته باشد، بهتر است علاوه بر سرریز، لوله‌ای نیز برای هدایت این آب از زیر راه تعبیه و با این ترتیب آبرو و سرریز با هم تلفیق گردد. در راه‌های جنگلی به ویژه در راه‌های اصلی با ترافیک کم و راه‌های فرعی از روش تلفیقی بالا استفاده می‌شود.

۵-۴- مطالعات هیدرولوژیکی در رابطه با لوله گذاری در مسیر راه‌های جنگلی

بطور کلی حرکت آب از آتمسفر به سطح زمین و داخل خاک و بالاخره برگشت دوباره آن به آتمسفر را گردش هیدرولوژیکی می‌نامیم. حرکت آب روی سطح زمین یکی از اجزای این گردش است. در واقع جریان سطح الارضی باقیمانده آب نزولات آسمانی است که بخش‌هائی از آن در اثر تبخیر، جذب و ذخیره سازی (بطور موقت یا دائم) از سیکل خود خارج شده است.

آب‌های نشتی و آب‌های چشمه‌ها، در میزان و چگونگی جریان آب‌های سطح الارضی دخالت نداشته و اکثرا قابل اغماض هستند.

تعیین ابعاد لوله‌ها هنگام لوله گذاری برای هدایت آب نهرها و خط القعرها، در درجه اول، بستگی به شدت جریان آب یا میزان دبی آب دارد.

نوع، شکل سطح مقطع لوله، ابعاد آن و نیز شرایط مختلف عبور آب نظیر شیب، طول، ارتفاع آب در دهانه ورودی و ارتفاع آب در دهانه خروجی لوله نیز در محاسبه قطر دهانه لوله موثر است.

۵-۴-۱- شدت جریان آب (Run off) و ضریب ریسک

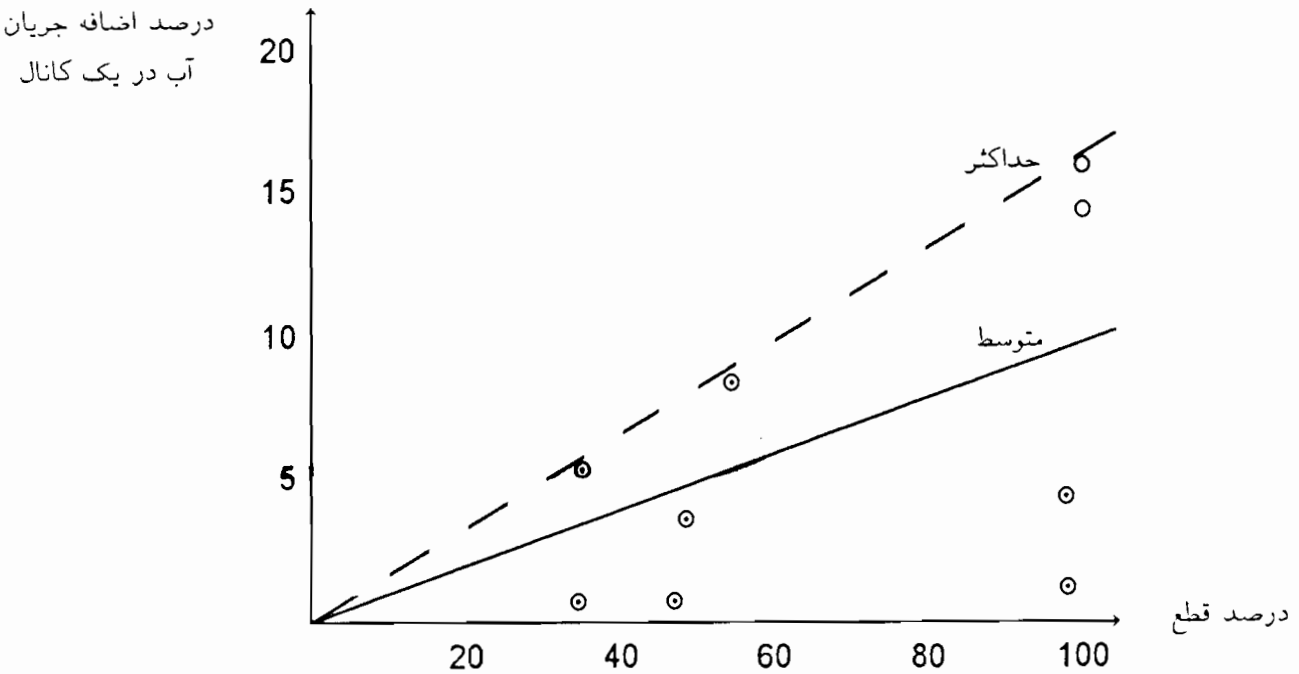
مهمترین عامل تعیین کننده ابعاد لوله‌ها دبی با حداکثر جریان هرز آب ادواری است. این حداکثر برای یک دوره زمانی معین (دوره برگشت) درنظر گرفته می‌شود. دوره برگشت باید معادل زمان مورد نظر برای استفاده از تاسیسات باشد، که در راه‌های جنگلی این دوره، ۲۵ سال فرض می‌شود.

بطور کلی عوامل موثر در شدت جریان آب عبارتند از:

- میزان بارندگی یا شدت بارندگی
- دوام بارندگی
- پوشش خاک
- نوع خاک و قابلیت نفوذ
- شرایط خاک و قابلیت آن از نظر ذخیره کردن آب (هوموس- کاپیلار و غیره)
- وضعیت زمین از نظر امکانات اسکان دادن آب (تالاب، استخرها، دریاچه‌ها)
- شیب دامنه و وضعیت توپوگرافیک زمین (به عنوان مثال در یک دامنه پر شیب، سرسره‌ای و سفت۹۰ درصد آب باران بطور سطح الارضی جریان می‌یابد در حالیکه در یک جنگل کم شیب فقط حدود۱۰ درصد آن جاری می‌شود)
- وسعت دامنه و حوزه آبخیز
- شکل حوزه آبخیز (پست و بلند، یکپارچه یا چند پارچه و غیره)
- شیب خط القعر و شرایط هیدرولیکی آن.

عوامل دیگری نیز ممکن است در وضعیت و چگونگی جریان آب‌های سطح الارضی دخالت داشته باشند برای مثال اگر جنگل را قطع یکسره کنیم، رژیم آب‌های سطحی دستخوش تغیرات عمده خواهد شد.

اثرات قطع درختان جنگلی در جریان آب‌های سیلابی



در پاره‌ای موارد، از تعمیم شدت جریان آب در مسیل‌های مشابه و نزدیک به محل مورد نظر، نتایجی استخراج و مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از لوله‌گذاری‌ها، یا پل سازی‌های موجود در بالاتر یا پائین‌تر از مسیل مورد نظر نیز می‌تواند کمک موثری باشد که البته باید در این رابطه، به احتمال بروز باران، دوره برگشت و درصد اطمینانی که ملاک محاسبات بوده توجه شود.

واحد شدت بارندگی به سانتیمتر در ساعت یا به اینچ در ساعت بیان می‌شود. حداکثر دبی آب پس از بروز باران‌های شدید مداوم حاصل شده،

معمولا هر قدر شدت باران بیشتر باشد طول مدت بارش کوتاهتر است. ممکن است از روش‌های آماری برای محاسبه حداکثر شدت بارندگی و دبی آب، در اثر بروز باران‌های ادواری با دوره‌های احتمال برگشت مشخص (مثلا ۲۵ یا ۵۰ سال) استفاده نمود.

اگر شدت باران را برابر i درنظر بگیریم مقدار $i=\frac{I}{D}$ خواهد شد که در آن I ارتفاع یا عمق باران و D مدت زمان بارندگی بر حسب ساعت است.

شدت باران در طول مدت ریزش تغییر می‌کند و به همین دلیل متوسط آن ملاک عمل خواهد بود.

طول دوره برگشت (Recorrence یا Return Period) متوسط مدت زمانی است که در آن، شدت بارندگی به حد نصاب مشخص و تعیین شده (در طراحی زه‌کشی و لوله گذاری) رسیده و یا از آن فراتر می‌رود.

تناسب طول دوره برگشت و احتمال بروز باران در هر سال از رابطه $T=\frac{1}{P}$ قابل محاسبه است، که در آن T متوسط طول دوره برگشت و P احتمال وقوع است. با در دست داشتن میزان احتمال بروز باران با شدت مشخص، می‌توان احتمال بروز نکردن آنرا از رابطه (۱-P) بدست آورد. با توجه به مراتب فوق احتمال آنکه بارانی با شدت مشخص طی n سال بروز نخواهد کرد از رابطه $(1-P)^n$ بدست می‌آید و احتمال اینکه بارانی با شدت مشخص طی n سال بروز خواهد نمود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R=1-(1-P)^n$$

R ضریب ریسک می‌باشد.

یکی از عوامل مهم در تعیین ابعاد تاسیسات زه‌کشی (پل، لوله، کانال و غیره) محاسبه درصد ریسک می‌باشد. ضریب ریسک را باید حتی‌الامکان و مخصوصا به تناسب بالا رفتن اهمیت راه، کوچکتر درنظر گرفت به ویژه اگر قرار است ضایعات تخریب، نواحی و اراضی پر اهمیت مسکونی کشاورزی یا صنعتی را تحت تاثیر قرار دهد.

۵-۵- تعیین میزان شدت جریان آب

از آنجا که شدت جریان آب بر پایه روش‌های تقریبی صورت می‌گیرد، طراح باید با اطلاع از تمامی روش‌ها، راهی را که برای شرایط خاص وی مناسبتر است انتخاب کرده و در محاسبات، ابتکار عمل به خرج دهد. بطور کلی بررسی‌های اولیه برای طراحی زه‌کشی، به یکی از روش‌های زیر صورت می‌گیرد.

- تعیین دبی آب از طریق فرمول‌ها، جداول، آمار و محاسبات

این روش چون متکی به آمار دقیق هواشناسی می‌باشد با توجه به فقدان این اطلاعات و به علاوه شرایط ناهماهنگ هر منطقه، در جنگل چندان مورد استفاده نخواهد بود و بهتر است در شرایط فعلی طراحان از طریق بازدید محلی اقدام نمایند.

- تعیین میزان شدت جریان آب از طریق بازدید محلی

بر اساس این روش لازم است در بازدید محلی پاسخ سئوالات زیر تهیه شود:

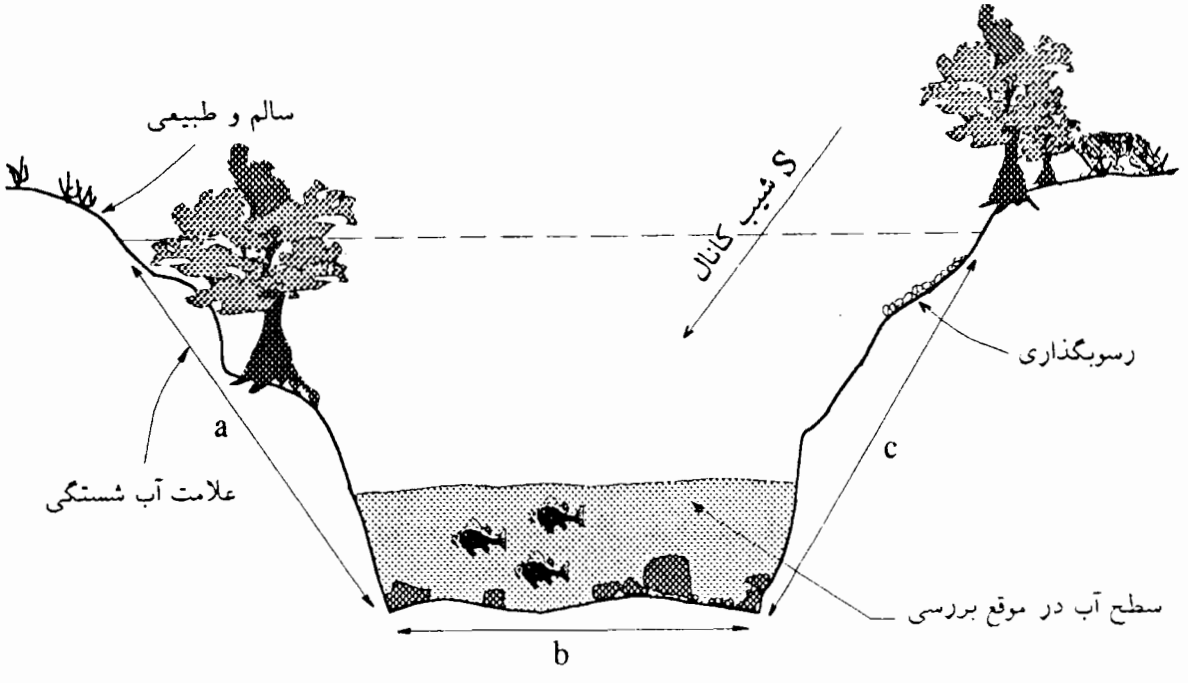
۱- چه تاسیسات زه‌کشی در محل وجود دارد؟
۲- آیا این تاسیسات خوب کار کرده‌اند؟ اگر نه به چه دلیل؟
۳- آیا گزارش‌ها در مورد حداکثر دبی آب در چه حد است و چه مقدار سندیت دارد؟
۴- آیا شرایط جریان آب تغییر کرده است؟
۵- چه تغییراتی پس از انجام طرح فعلی بروز خواهد کرد؟
۶- آیا داغاب بر روی موانع (مثلا تنه درختان) و دیواره‌ها وجود دارد؟
۷- آیا این داغاب جریان واقعی را نشان می‌دهد؟
۸- آیا اندازه‌گیری ارتفاع آب با حداکثر شدت باران در یک پریود قابل قیاس است؟

در آنالیز کانال باید یک قسمت از کانال را که شیب و مقطع حدودا یکنواختی دارد حداقل در طولی معادل ۷۰ متر مورد بررسی قرار داده و سطح مقطع جریان آب، از طریق مشاهده داغاب و بررسی علامت‌های حاصله، مانند گیر کردن الیاف به بوته‌ها (شکل ۵-۴) مشخص شود. مسلما وضع جریان آب در موقع مشاهده نمی‌تواند زیر بنای محاسبه دبی آب در دوره برگشت مورد نظر باشد.

کانالی که مورد بررسی قرار می‌گیرد می‌تواند حرکت دبی آب را برای

همان باران حادث شده، بطور تقریب نشان دهد و این در صورتی است که آب از مقطع کلی کانال بیرون نزده و به اراضی هموار سرایت نکرده باشد. لازم است در عین حال شدت و دوام بارانی را که موجب چنین طغیانی شده است اندازه‌گیری کرد. در این رابطه به شکل (۵-۴) توجه شود.

شکل ۵-۴- مشاهده وضع کانال و داغاب



بازدید محلی بهتر است بلافاصله بعد از یک بارندگی شدید(که شدت آن "I_L" نیز اندازه گیری شده است) صورت گیرد. در بازدید محلی، باید مقطع عرضی کانال، به دقت اندازه‌گیری و رسم شود. داشتن این مقطع عرضی برای پیدا کردن سطح مقطع آب، ضروری است. در برداشت مقطع عرضی، باید طول خط خیس شده از آب نیز، به دقت اندازه گیری شود. پس از برداشت پروفیل عرضی، می‌توان مقطع آب در سیلابی شدن را با استفاده از ارقام بدست آمده محاسبه کرد. همچنین می‌توان مقدار متوسط ارتفاع آب (h) را از فرمول زیر بدست آورد:

$$h = \frac{A}{P}$$

$$a + b + c = P \qquad \text{(شکل ۵-۴)}$$

در مطالعه بستر کانال با توجه به نوع پوشش و وضعیت آن، ضریب زبری (n) نیز مشخص می‌شود. مقدار دبی آب بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_L = A\,V$$

در رابطه فوق Q_L دبی آب، A سطح مقطع آب و V سرعت جریان است . مقدارV از رابطه زیر بدست می‌آید (فرمول مانینگ)

$$V = \frac{1.486\, h^{\frac{2}{3}}\, s^{\frac{1}{2}}}{n}$$

که در آن V سرعت آب (فوت بر ثانیه) h ارتفاع متوسط آب شیب کانال و بالاخره (n) ضریب زبری کانال است (به جدول ۱۵ ضریب زبری کانال در فرمول مانینگ مراجعه شود).

جدول ۱۵- ضریب زبری (n) در فرمول مانینگ

نوع پوشش سطح کانال	Good Condition	Poor Condition
B کانال‌های باز بدون پوشش سبز		
1. Natural Streams کانال‌های طبیعی		
a. Clean. straight bank, full state, no rifts or deep pools	.025	.033
b. Same as (a) but some weeds and stones	.030	.040
c. Clean. winding, some pools and shoals	.033	.045
d. Same as (c) . lowerstages, more ineffective slope and sectoins	.040	.055
e. Same as (c) , some weeds and stones	.035	.050
f. Same as (d) , stony sections	.045	.060
g. Sluggish river reaches, weedy or with very deep pools	.050	.080
h. Very weedy reaches	.075	.150
i. Coarse gravel, weeds on banks	.025	.033
j. Fine, weel-packed gravel	.020	
2. خاک		
a. Bare, straight, uniform,good condition	.017	.025
b. Dredged , rough bed	.025	.033
c. Winding sluggish	.023	.030
d. Earth bottom, rubble sides	.028	.035
3. سنگ طبیعی		
a. Cuts smooth and uniform	.025	.035
b. Cuts jagged and irregular	.035	.045
4. سنگ کاری		
a. Dressed ashler	.013	.017
b. Dry rubble (riprap)	.025	.035
c. Cement rubble	.017	.030
5. بنائی		
a. Concrete finished	.011	.014
b. Concrete unfinished	.015	.020
c. Brick	.012	.017
6. چوب		
a. Planed	.010	.014
b. unplaned	.011	.015
7. فلز		
a. Smooth	.011	.015
b. Corrugated	.022	.030

جدول ۱۵- ضریب زبری (n) در فرمول مانینگ (ادامه)

A کانال‌های باز با پوشش سبز		
Type of Lining	Trapezoidal Channels with Depth > 1 ft	Wide shallow Channels or Swales with Depth < 1 ft
8. سبزه با پوشش خوب		
a. Longer than 24 in.	.09	.30
b. 10 to 24 in.	.06	.15
c. 6 to 10 in.	.04	.08
d. Shorter than 6 in.	.035	.06
If stand is only fair, use value of n in next lower line;e.g.,for a fair stand 24 in. in trapezoidal channel, use n = .06.		
c لوله‌های بسته		
پوشش لوله	شرایط خوب	شرایط مناسب
9. لوله با مقطع دایره‌ای		
a. Concrete	.010	.016
b. Corrugated metal (Plain)	.021	.025
c. Corrugated metal (Paved invert)	.019	
d. Cast iron (uncoated)	.011	.015
e. Vitrified clay	.011	.014
10. لوله با مقطع چهار گوش		
a. Concrete	.013	.015
b. Brick	.012	.017
c. Cemented rubble	.017	.030

با در دست داشتن مقدار Q_L، یعنی شدت جریان آب در بارندگی مشاهده شده، می‌توان مقدار مثلا Q۲۵ (حداکثر دبی دوره برگشت ۲۵ سال) را با استفاده از روش زیر برآورد نمود.

برای تعمیم مقدار Q_L محاسبه شده، به مقدار Q_y (در دوره برگشت یک ساله)، لازم است اندازه گیری‌های دقیق و علمی در محل، با استفاده از باران سنج (حداقل در یکسال) به عمل آید تا حداکثر شدت بارندگی نیم ساعته یا یک ساعته معلوم شود. بدین ترتیب می‌توان مقدار Q_y (دبی آب در شدیدترین بارندگی سالیانه) را از فرمول $Q_y = Q_L \frac{I_y}{I_L}$ به دست آورد. که در آن، Q_y حداکثر دبی قابل انتظار پس از بروز شدیدترین بارندگی با دوره برگشت سالیانه، Q_L دبی محاسبه شده از بازدید محلی، I_L شدت بارندگی مربوط به بازدید محلی و I_y حداکثر شدت بارندگی سالیانه برای نیم ساعت یا یک ساعت می‌باشد.

پس از محاسبه و اندازه‌گیری‌های فوق باید مقدار دبی را برای شرایط ریزش باران‌های شدید، در پریودی مثلا ۲۵ ساله (پریود طرح) تعمیم داد.

برای تعیین شدت بارندگی در دوره‌های برگشت ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله از منحنی‌های مربوط به ایالت Main در شمال شرقی ایالات متحده استفاده می‌شود، با این فرض که قابلیت استفاده برای شرایط جنگل‌های شمال ایران را دارد، مخصوصا با این دلیل که بنظر می‌رسد نسبت‌های افزایش شدت بارندگی در دوره‌های برگشت یک تا صد ساله، در همه نقاط دنیا تقریبا به هم شبیه است (همانطور که از دو منحنی مربوط به دو منطقه دیده می‌شود نسبت‌ها تقریبا یکسان است. به جدول‌های ۱۶ و ۱۷ توجه

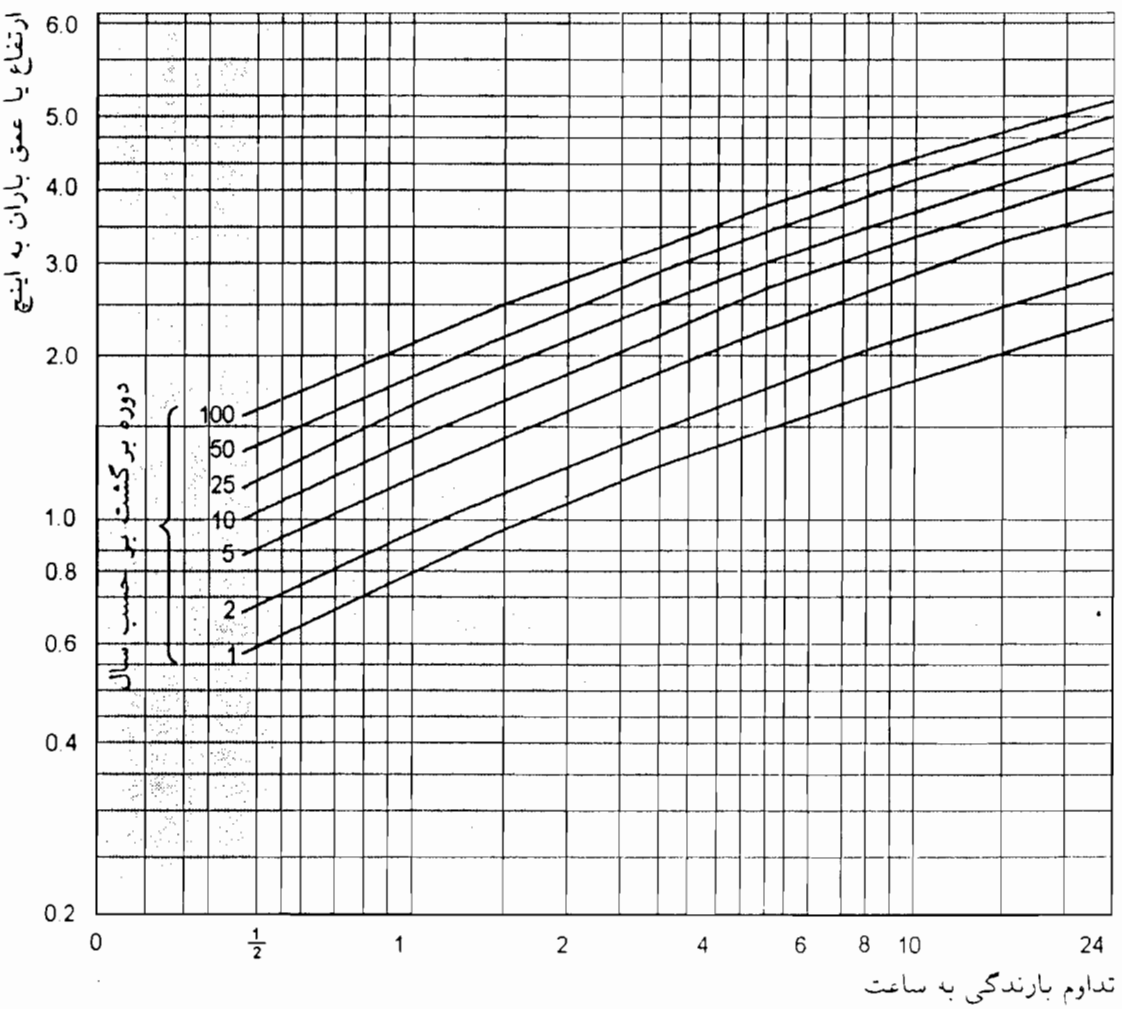
شود).

در ضمن همانطور که از منحنی‌های فوق دیده می‌شود، نسبت ازدیاد ارتفاع باران در شدت‌های نیم ساعته تا ۲۴ ساعته نیز، در تواتر برگشت یک ساله تا یکصد ساله شبیه است (خطوط تقریبا موازی) از خاصیت فوق برای تخمین شدت بارندگی در پریود مورد نظر (مثلا ۲۵ ساله) در مواردی که روش دقیق تری وجود ندارد می‌توان استفاده نمود.

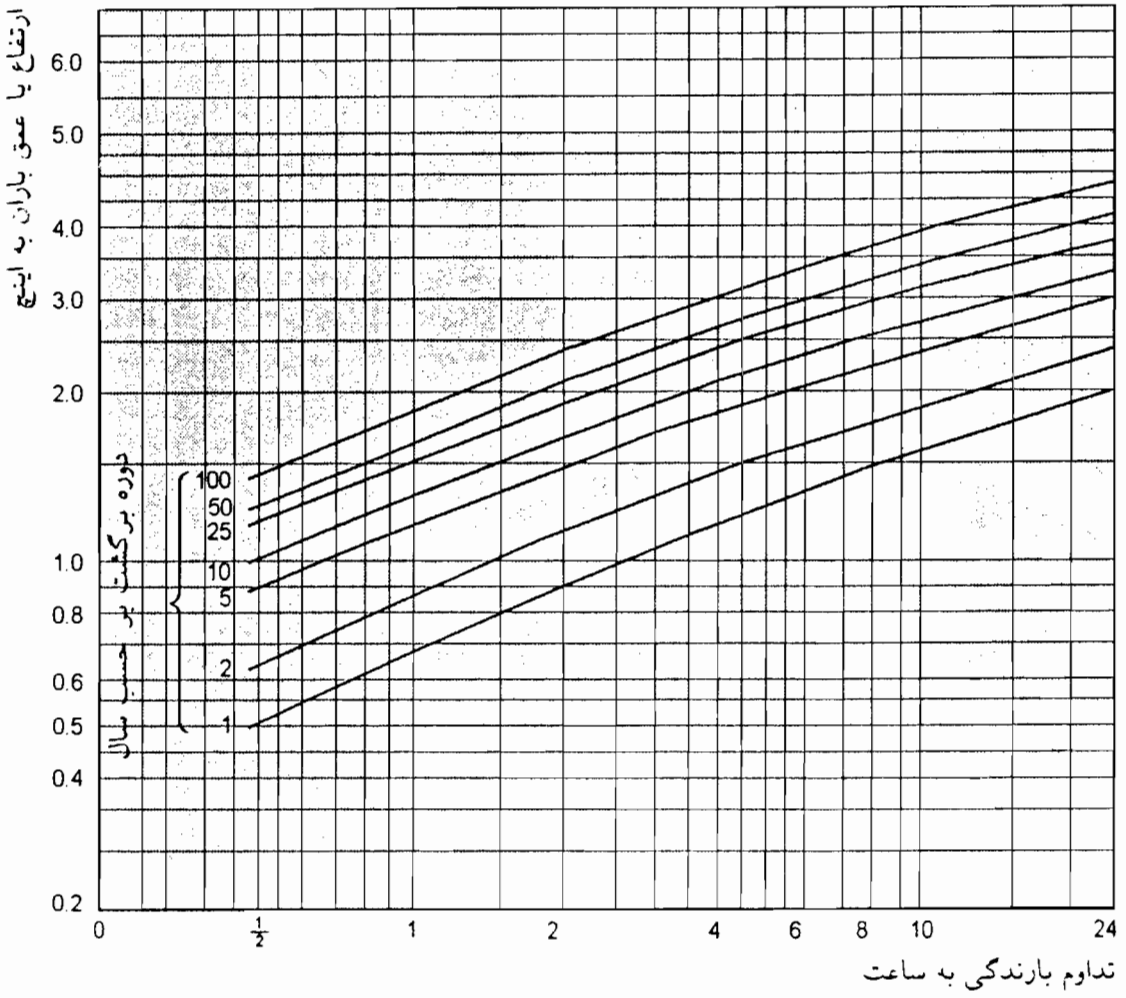
کافیست نسبت شدت باران (نیم ساعته یا یکساعته یا دو ساعته و غیره را) در پریود برگشت یکساله و پریود ۲۵ ساله را از جدول ۱۶ و ۱۷ بدست آوریم.

این نسبت برای پریود یکساله و ۲۵ ساله (در مدت بارندگی ۳۰ دقیقه) برابر است با $\frac{۱/۲}{۰/۵۹}$ که حدودا ۲ می‌باشد. حال کافیست مقدار دبی آب محاسبه شده را (Q_y) در عدد ۲ ضرب کنیم تا دبی آب شدیدترین باران، در یک پریود ۲۵ ساله بدست آید. این روش محاسباتی البته تخمینی است، زیرا محققا اگر شدت بارندگی دو برابر شود، مقدار دبی آب از دو برابر بیشتر خواهد شد. در کلیه فرمول‌های مطالعه شده (مثلا تالبوت) نیز وضع به همین ترتیب است.

جدول ۱۶- ارتفاع باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت در منطقه ماین جنوبی قابل تطبیق برای شرایط گیلان



جدول ۱۷- ارتفاع یا عمق باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت در منطقه ماین شمالی در ایالات متحده آمریکا، قابل تطبیق برای شرایط مازندران



۵-۶- مطالعات هیدرولیکی در لوله‌گذاری کانال‌های طبیعی

قطر لوله با توجه به حداکثر دبی آب در پریود مورد نظر، ارتفاع مجاز آب هنگام ورود به لوله، فرم دهانه و حوضچه و احتمال گرفتگی لوله در اثر رسوبات، انتخاب می‌شود. عمر مفید لوله به محل و اهمیت راه بستگی دارد. عمر مفید مناسب در لوله‌گذاری راه‌های اصلی جنگلی حداقل ۲۵ سال و در مورد راه‌های سهمتر ۵۰ سال می‌باشد.

قطر دهانه لوله‌ها براساس حداقل هزینه تعیین می‌شود. در صورت انتخاب لوله با دهانه بیش از حد لازم، هزینه‌های اضافه قابل توجهی به وجود خواهد آمد و در صورتی که قطر لوله از حد لازم کمتر باشد. نمی‌تواند آب موجود را عبور دهد و موجبات تخریب راه فراهم می‌شود.

بطور کلی محاسبه ظرفیت آبدهی لوله‌ها در آبروها و آبراهه‌ها، مبتنی بر کنترل ورودی و خروجی لوله است.

کنترل ورودی آب (محاسبه مقدار ورود براساس مشخصات حوضچه ورودی) معمولا موقعی صورت می‌گیرد که شیب لوله کافی بوده و آب در قسمت خروجی جمع نشود. کنترل خروجی بالعکس برای مواقعی خوب است که آب در قسمت خروجی جمع شده به طوری که دهانه لوله در قسمت خروج زیر آب غوطه‌ور شود.

هر قدر ارتفاع آب در قسمت ورودی بیشتر باشد، میزان آبدهی لوله بیشتر و بالعکس هر قدر ارتفاع آب در قسمت خروجی بیشتر باشد، آبدهی کمتر

است . ارتفاع آب (HW) عبارت است از فاصله عمودی جدار داخلی لوله (در پائین) تا سطح آب. در راه‌های جنگلی حداکثر ارتفاع آب در قسمت ورودی (Inlet) دو برابر دهانه لوله بوده و در مجموع، توصیه می‌شود ارتفاع آب در ورودی، از ۱/۵ الی ۲/۰ متر بیشتر نباشد.

فاصله سقف لوله تا سطح زیرسازی راه (در محل لوله‌گذاری) نیز حداکثر ارتفاع آب را مشخص می‌کند. برای مثال اگر فاصله بالای لوله از سطح زیرسازی ۵۰ سانتیمتر و قطر دهانه ۶۰ سانتیمتر باشد حداکثر ارتفاع مجاز آب کمتر از ۱۱۰ سانتیمتر خواهد بود. حداکثر ارتفاع آب در عین حال، اندازه‌ای است که بستگی به ضریب اطمینان نیز دارد.

در کنترل ورودی عواملی چون سطح مقطع دهانه، ارتفاع آب در سمت ورودی (HW) فرم دهانه و نوع لوله در میزان آبدهی موثرند.

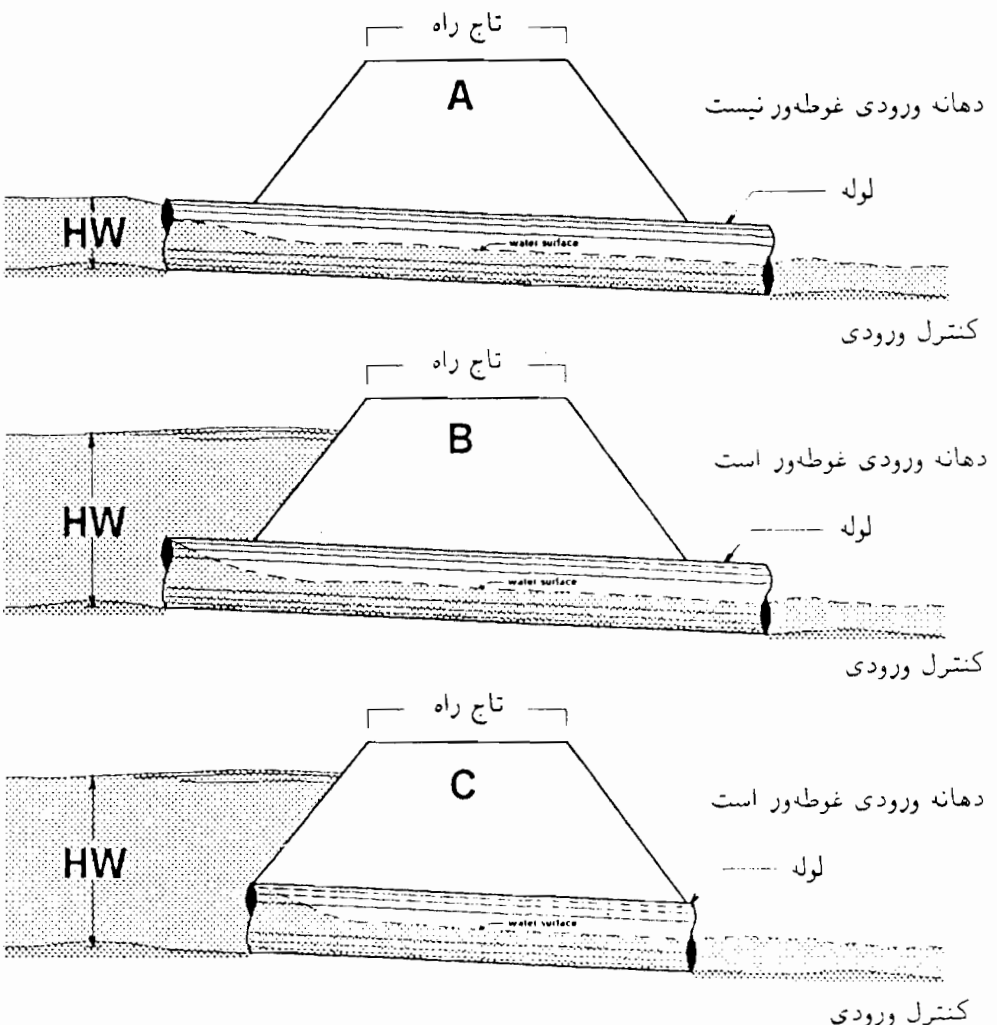
در کنترل خروجی، علاوه بر موارد فوق به عواملی مانند ارتفاع آب در دهانه خروجی (Tailwater) طول لوله و ضریب زبری لوله احتیاج خواهد بود. در شکل‌های (۵-۵ و ۵-۶) وضعیت کنترل ورودی و خروجی نشان داده شده است. از آنجا که در احداث راه‌های جنگلی در شمال ایران دامنه‌ها نسبتا شیب‌دار است، کنترل خروجی تقریبا بلااستفاده می‌نماید، از این رو در این جا تنها در زمینه مبانی محاسبه قطر دهانه لوله در روش کنترل ورودی بحث خواهد شد.

در مورد کنترل ورودی می‌توان از سرعت اولیه آب در موقع ورود به لوله، که اثر جزئی دارد صرفنظر کرد. در صورت موجود بودن شرایط کنترل

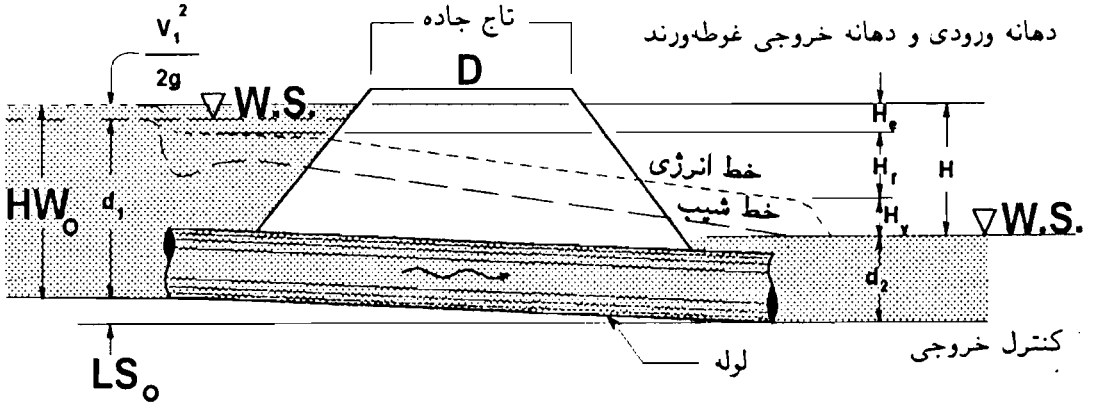
ورودی (یعنی جمع شدن آب در قسمت خروجی) میزان شیب در آبدهی اثر قابل توجهی ندارد و از آن نیز صرفنظر می‌شود.

در کنترل ورودی نیز شیب لوله می‌تواند ارتفاع آب در حوضچه ورودی را تا حدودی پائین آورد، ولی اثر قابل ملاحظه‌ای ندارد (بطور کلی در شیب‌های بیش از حدود ۳ درصد عامل شیب تقریبا اثر خود را از دست می‌دهد).

شکل ۵-۵- وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت معمولی



شکل ۵-۶- وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت غوطه‌ور



۵-۶-۱- انتخاب قطر مناسب لوله

مسئله مهم در انتخاب قطر لوله آن است که بتواند دبی آب تخمین زده شده برای یک دوره برگشت معین را بدون احتمال خطر انبار شدن و بالا آمدن آب از ارتفاعی مشخص (HW) و بخصوص بدون ایجاد طغیان، بالا زدن و احیانا عبور آب از روی سطح راه عبور دهد.

لوله باید طوری انتخاب و کار گذاشته شود، که خطر رسوب‌گذاری و بسته شدن آن وجود نداشته باشد. به طوری که وظیفه خود را طی عمر مفید پروژه ایفا نماید. در صورت کنترل ورود آب، عوامل زیر باید بررسی و ملحوظ گردند.

- سطح مقطع لوله،
- شکل مقطع لوله،
- انتخاب دوره برگشت مورد نظر(پریود طرح)،
- تعیین حداکثر دبی قابل انتظار بر اساس آنچه قبلا ذکر شد برای

حداکثر باران مورد انتظار در پریود طرح. این مقدار دبی، بستگی به سطح حوزه آبخیز، نوع پوشش، شیب متوسط، شدت و دوام بارندگی و پریود طرح دارد.

- مطالعه اراضی محل لوله‌گذاری و تهیه پروفیل عرضی راه، پروفیل عرضی دره و پروفیل عرضی کانال،
- تعیین ارتفاع لوله در ابتدا و انتهای آن، جهت تشخیص شیب لوله ،
- در تمام مواردی که شیب می‌تواند بیش از حدود۳ درصد باشد، کنترل ورودی قابل استفاده است. شیب بیش از ۳ درصد در راه‌های جنگلی ایران تقریبا در همه موارد وجود دارد.
- تعیین طول لوله با توجه به مقطع عرضی خاکبرداری و خاکریزی ،
- تعیین ارتفاع مجاز آب (HW) در دهانه ورودی، با توجه به حداقل و حداکثر ممکن، ضریب اطمینان و پروفیل عرضی راه
- انتخاب نوع لوله و فرم دهانه و حوضچه ورودی.
- انتخاب قطری تخمینی و مناسب برای عبور دادن آب در شرایط فوق به یکی از سه روش زیر:

۱- انتخاب کاملا تخمینی

۲- انتخاب سطح مقطع لوله بر اساس $\frac{Q}{۱۰}$

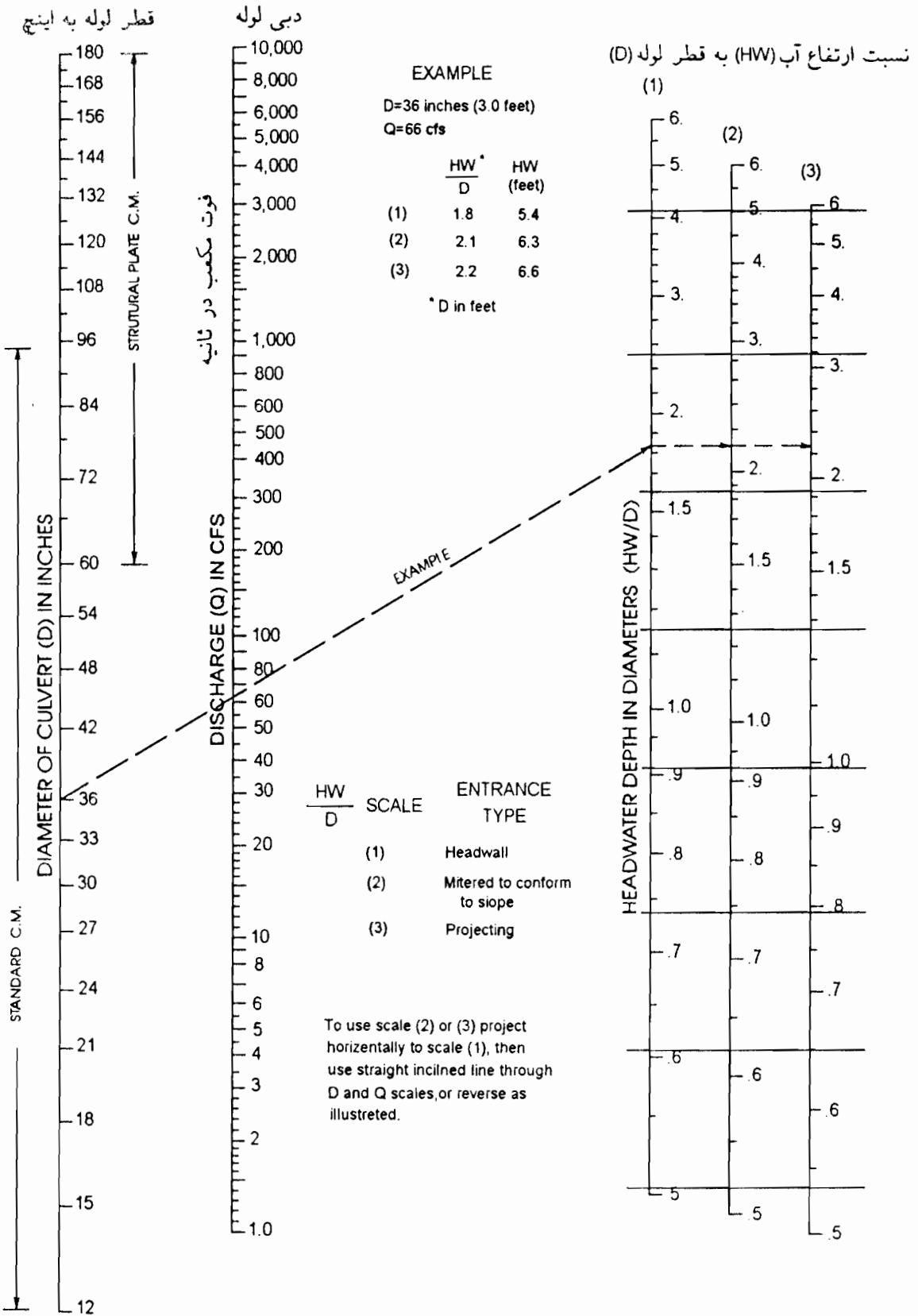
۳- درنظر گرفتن رابطه منطقی ارتفاع آب، تقسیم بر قطر دهانه برابر ۱٫۵ (یعنی $\frac{HW}{D} = ۱٫۵$)

پس از انتخاب قطر لوله بطور تخمینی، باید ارتفاع آب را با استفاده از نوموگراف‌های (۵-۷) تا (۵-۱۱) مشخص نمود. از نوموگراف‌های فوق نسبت $\frac{HW}{D}$ قابل استخراج است که با در دست داشتن آن و قطر لوله تخمینی(D)،

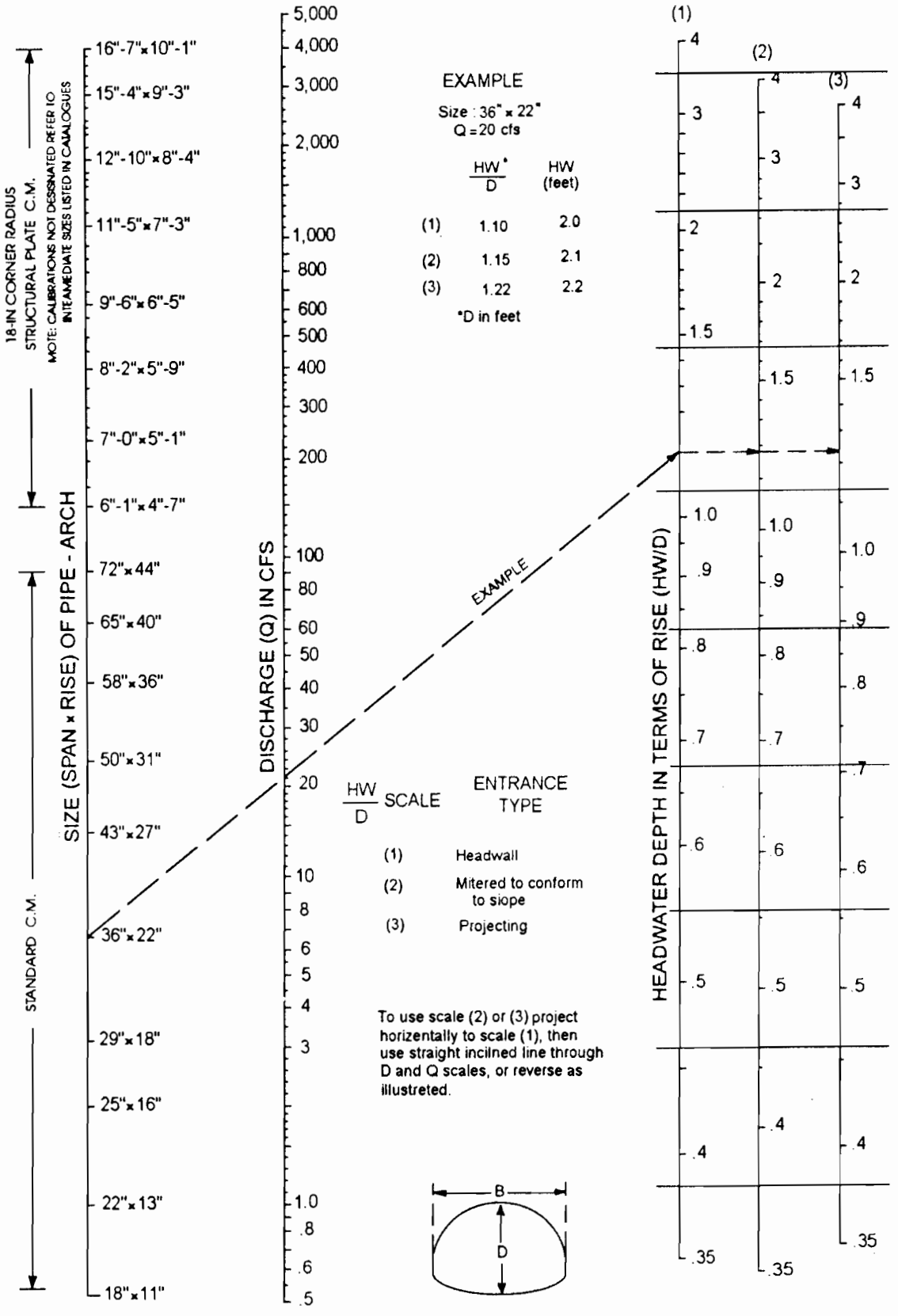
می‌توان مقدارHW را محاسبه و درجه صحت تخمین قطر لوله را کنترل نمود.

اگر ارتفاع آب از میزان مجاز بیشتر باشد، باید دهانه بزرگتری را انتخاب کرد تا سرانجام قطر لوله متناسب معین شود. در صورتی که مقدارHW از ارتفاع آب مجاز به اندازه قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد باید قطر لوله کوچکتری را به روالی که شرح داده شد امتحان کرد تا قطر متناسب بدست آید.

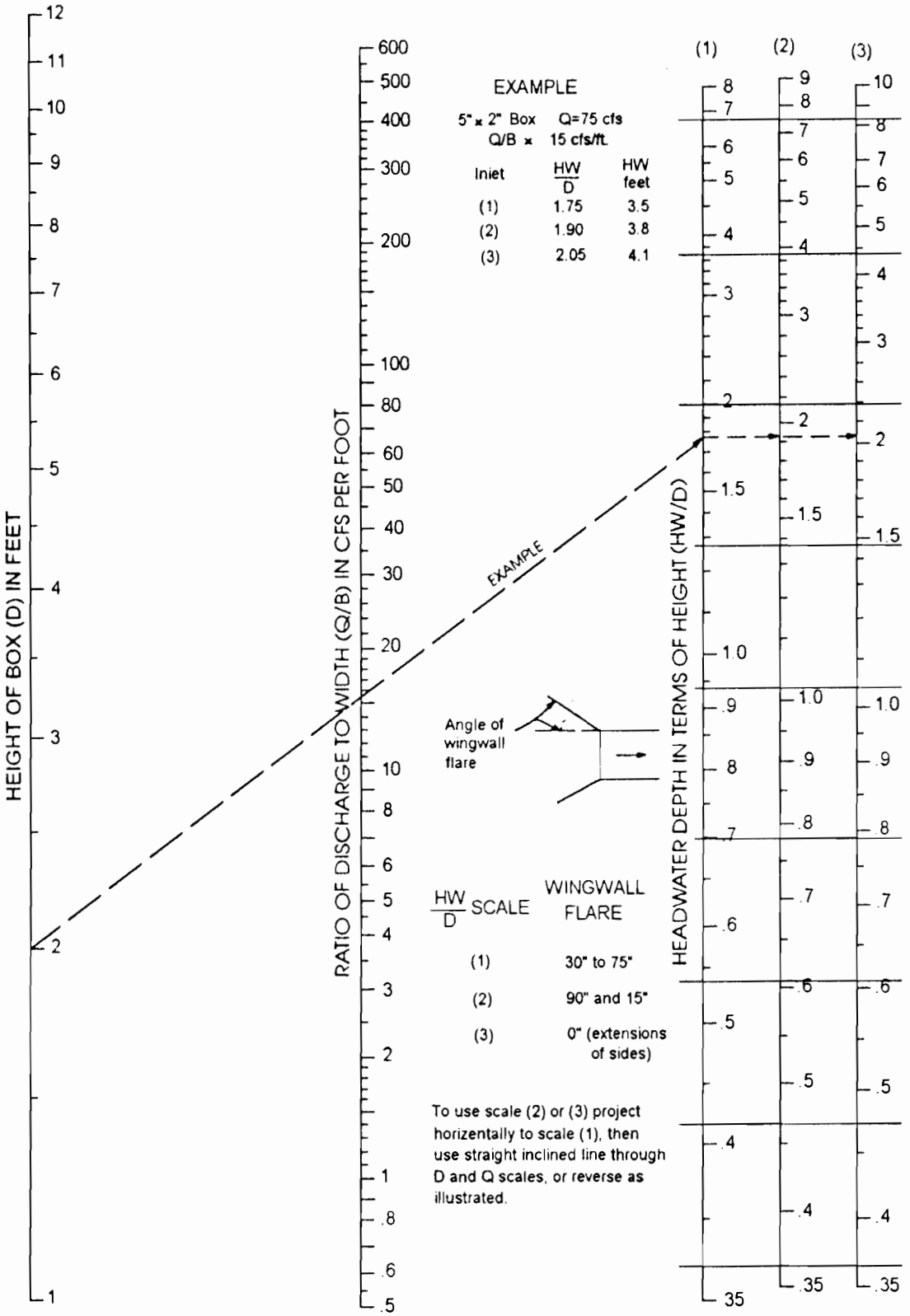
نوموگراف ۵-۷- ارتفاع آب(HW)برای لوله‌های فلزی‌کرکره‌ای در کنترل ورودی



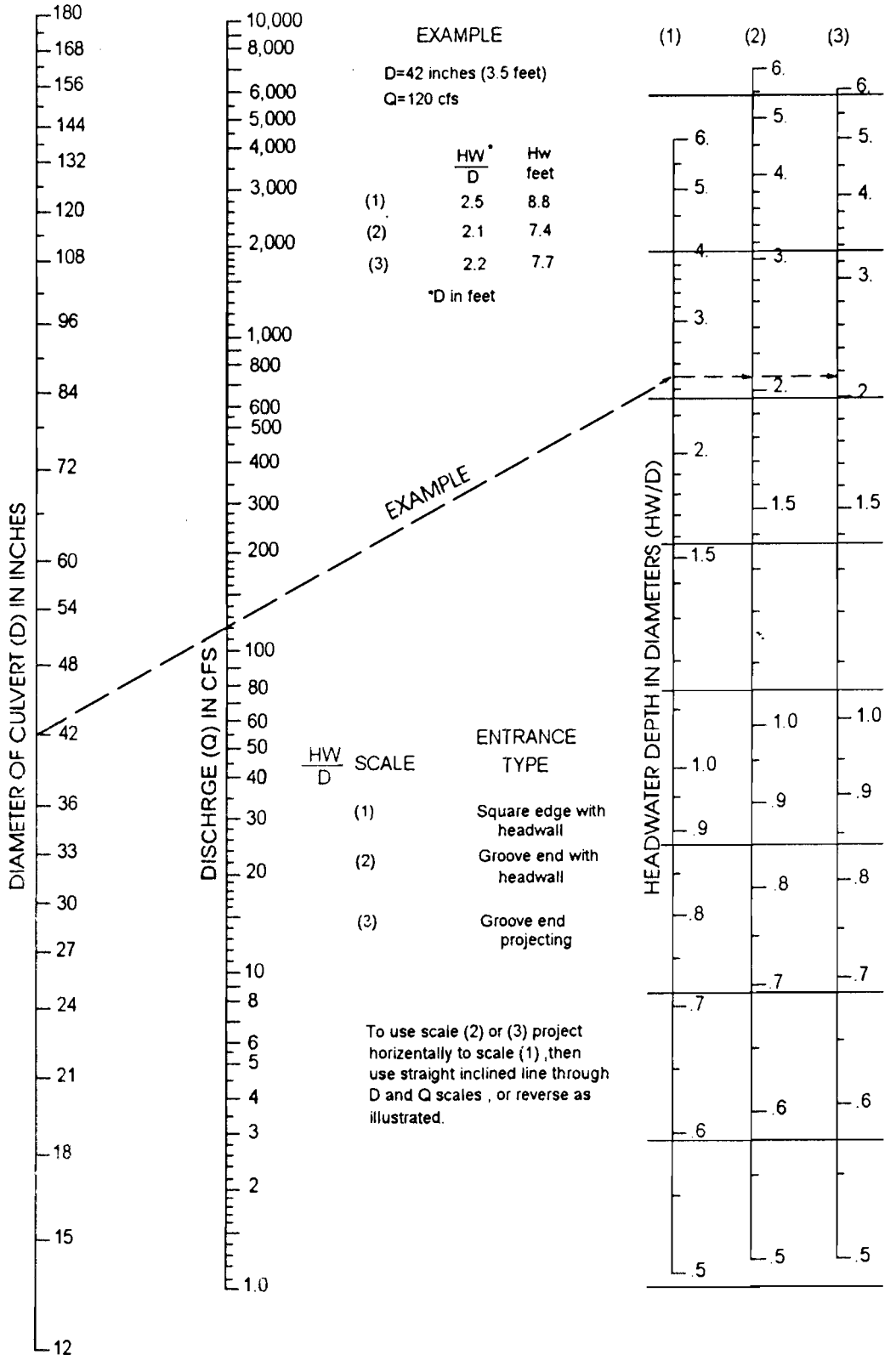
نوموگراف ۵-۸- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های فلزی کرکره‌ای ناودانی یا تاقی شکل در کنترل ورودی



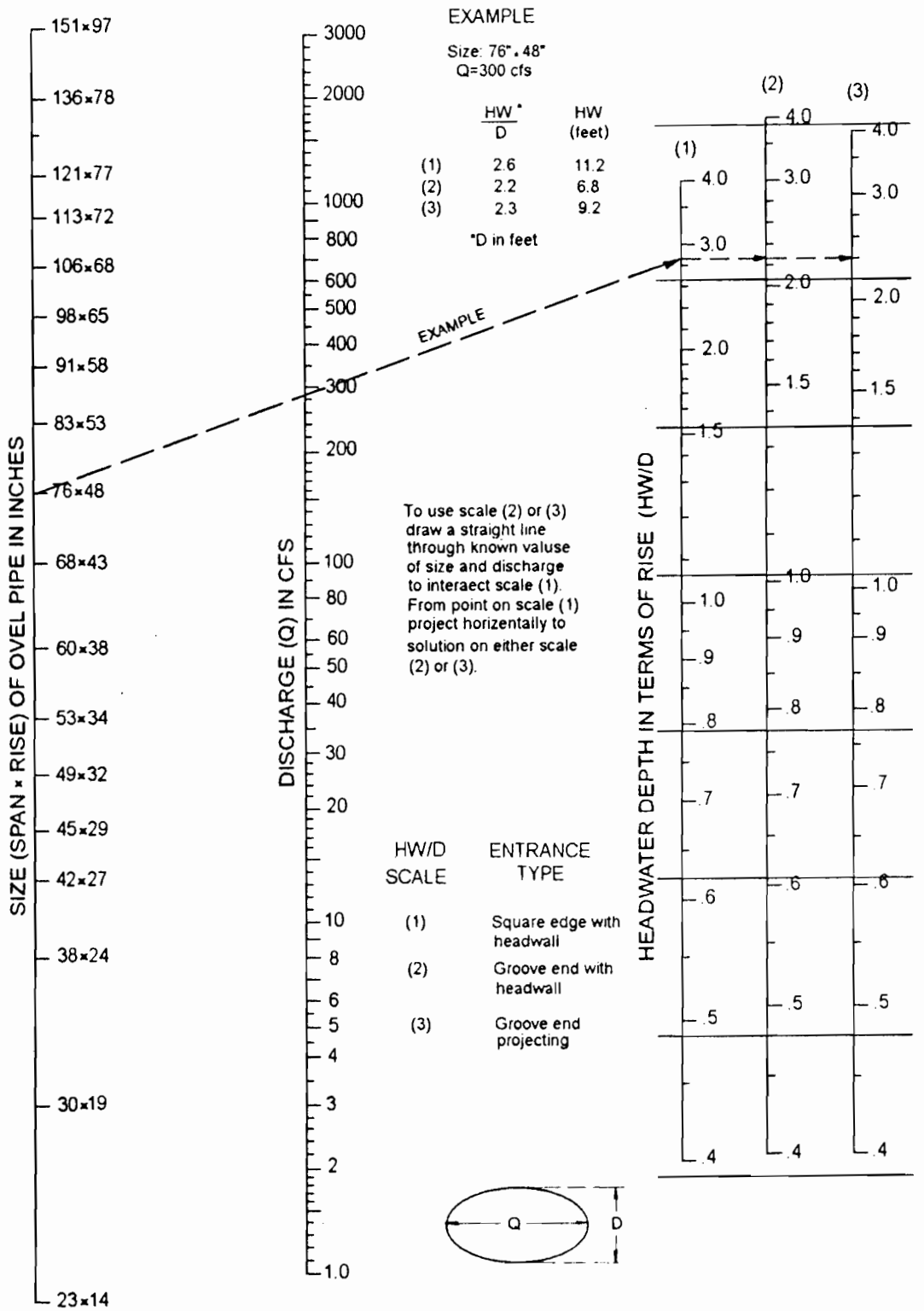
نوموگراف ۵-۹- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌هاو مجاری چهارگوش در کنترل ورودی



نوموگراف ۵-۱۰- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های سیمانی در کنترل ورودی



نوموگراف ۵-۱۱- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های سیمانی بیضی شکل در کنترل ورودی



۵-۷- اصول کلی نصب لوله در راه‌های جنگلی

بطور کلی باید دقت شود تا آب براحتی و بدون خطر فرسایش و تخریب وارد آبرو گردد.

برای کار گذاشتن لوله در خاک‌های مناسب با دانه‌بندی خوب، لازم است کانالی به عرض $1\frac{1}{4}$ قطر لوله، و عمق دو برابر قطر لوله، حفر گردد. کف این کانال باید با لایه‌ای از مخلوط خوب که دانه‌های درشت تر از ۳/۵ سانتیمتر نداشته باشد پر و کوبیده شود، سپس لوله روی آن قرار گرفته و اطراف آن با همان مخلوط پر و روی آن با مصالح زیرسازی راه بدون سنگ پوشانده شود به طوری که ضخامت مصالح روی لوله حداقل دو برابر قطر لوله باشد. در مصالح با دانه‌بندی مناسب، حداقل این ضخامت برای لوله‌های فلزی سخت ۳۵ سانتیمتر و برای لوله‌های سیمانی کم قطر ۷۰ سانتیمتر است.

در اراضی مرطوب باید سنگ‌های بزرگ را برای سر خروجی لوله بکار برد تا خاک را در جای خود نگاهدارد. برای این کار از بینه‌ها نیز می‌توان استفاده کرد ولی چوب عمر نسبتا کوتاهی دارد و در اثر پوسیدگی ممکن است به لوله و خاکریز لطمه وارد شود.

کار گذاشتن لوله در عمق زیاد (نسبت به کف کانال در قسمت خروجی) ضمن ایجاد مشکل در عبور آب، ممکن است خطر رسوب‌گذاری را افزایش دهد.

چنانچه لوله به درستی نصب نشده باشد، ممکن است در اثر ضربات

سنگین چرخ کامیون‌ها نشست کرده یا بشکند. در صورت استفاده از لوله‌های فلزی محکم و بخصوص کم قطر، بهتر است محل اتصال دو قطعه لوله، در زیر چرخ قرار نگرفته و در وسط مسیر واقع شود تا خطر شکستگی طولی لوله به وجود نیاید.

خطر شکستن لوله (از طول) بستگی به نوع خاک، ضخامت خاکریز روی لوله و وزن کامیون‌های حامل چوب دارد که در هر شرایط باید مورد توجه قرار گیرد.

- سنگ‌هائی که فاصله‌شان با لوله از ۳۰ سانتیمتر کمتراست (بخصوص در زیر لوله) باید برداشته شوند. موادی که روی لوله و اطراف آن ریخته می‌شود دارای اهمیت بوده و نباید خاصیت خمیری شدن، جذب آب، یخ زدن و یا تورم داشته باشند. مواد هوموسی نباید اطراف لوله ریخته شود. موادی که با آن اطراف لوله را پر می‌کنیم، نباید دارای دانه‌های درشتر از ۳۵ میلیمتر بوده و مواد و میزان کوبیدگی اطراف لوله باید با استاندارد AASHTOT۹۹ طریقه C مطابقت داشته باشد.

در موقع نصب لوله و بخصوص ارتفاع خاکریز روی لوله‌ها که در رابطه با جنس، ضخامت جدار دیواره لوله و قطر لوله تفاوت می‌کند باید به استانداردهای مربوطه مراجعه شود. به طور کلی ارتفاع خاکریز روی لوله‌های سیمانی در جنگل‌های شمال ایران، حداقل ۲ برابر قطر لوله خواهد بود.

این ارتفاع هیچگاه نباید از ۷۰ سانتیمتر کمتر باشد. مواد ریخته شده در اطراف لوله علاوه بر دارا بودن مشخصات لازم باید به خوبی تا حصول تراکم

۹۸ درصد کوبیدگی، به روش آشتو T180 متد D کوبیده شود.

مصالح را ابتدا در لایه‌های ۱۵ سانتیمتری اطراف لوله ریخته و هر لایه باید بخوبی کوبیده شود. پس از پرشدن اطراف لوله روی آنرا نیز پر می‌کنیم. در بستر سنگ‌دار لازم است زیر لوله را تا عمق ۱۵ سانتیمتری برداشته و با مواد مناسب (مثلا شن و ماسه) پر کنیم.

- اطراف دهانه ورودی لوله‌ها، باید در لایه‌های حداکثر ۱۵ سانتیمتر با مصالح مناسب پر و متراکم گردد.

- گاه لازم است برای نصب لوله در آبراهه‌ها (و پل‌سازی) نسبت به اصلاح مسیر کانال آب اقدام شود.

- در کوهستان‌های پر نشیب و فراز بهتر است امتداد لوله از امتداد کانال طبیعی پیروی نماید.

- در صورتی که کانال طبیعی، محور راه را با زاویه‌ای غیر از ۹۰ درجه قطع می‌کند امتداد لوله نیز باید مورب باشد. در انتخاب نباید برای صرفه‌جوئی در طول لوله، امتداد لوله گذاری، عمود بر محور طولی راه اختیار گردد.

چنانچه کانال طبیعی، در طول قابل توجهی به موازات راه جریان دارد باید در نقطه‌ای مناسب از زیر راه عبور داده شود. بهتر است این کار هر چه زودتر صورت گیرد تا کانال موازی راه کوتاهتر شود.

- در صورتی که کانال دارای شکل مارپیچ باشد بهتر است مسیر آن اصلاح شود، اصلاح مسیر باید با دقت زیاد صورت گیرد.

- در بعضی مواقع برای تبعیت از مسیر کانال طبیعی انحنا یا شکستگی در مسیر لوله ضرورت دارد. در محل شکستگی لازم است صندوقه‌های محکم بتونی تعبیه شود، تا سرعت آب باعث تخریب نگردد. در این شرایط باید از دخول و نفوذ چوب و شاخه به داخل لوله جلوگیری به عمل آورده و اگر این خطر وجود دارد، از ایجاد انکسار و انحناء صرفنظر شود.

- در اراضی کم شیب لازم نیست لوله‌گذاری در بستر طبیعی انجام شود بلکه باید در طرفین آن چند مسیر لوله اضافی تعبیه شود تا در صورت عوض شدن بستر راه عبور آب باز باشد.

- لوله باید از شیب کانال طبیعی پیروی کرده یا اندکی کمتر از آن باشد. در اراضی کم شیب و مسطح، اگر شیب لوله بیشتر باشد موجبات رسوب‌گذاری در دهانه خروجی را فراهم می‌آورد.

- چنانچه آب در بستر سنگی از دهانه لوله خارج می‌شود، احتیاج به عملیات اضافی نیست ولی اگر دهانه لوله در دیواره خاکریز(بخصوص خاکریزهای بلند) و در مکان‌هائی واقع است که خطر فرسایش وجود دارد، باید محل آبریز با سنگ و ملات تثبیت شود.

- اتصال لوله‌ها باید محکم باشد(در لوله‌های سیمانی زبانه و شیار، در لوله‌های کرکره‌ای نوار اتصال با عرض کافی)

- در جائیکه در قسمت خروجی آب ، اختلاف ارتفاع بین سطح داخلی لوله و سطح کانال وجود دارد باید با قرار دادن سنگی بزرگ و تخت در زیر آبریز اثر فرسایشی آب مهار شود.

- بهتر است سنگ‌های بزرگ و تخت را در قسمت خروجی روی لوله نیز قرار دهیم.

- در جائیکه ارتفاع لوله یا ارتفاع کانالی که لوله داخل آن قرار می‌گیرد کافی نباشد، می‌توان از لوله‌های تاقی شکل استفاده کرد. برای استفاده از لوله‌ای تاقی شکل لازم است کف کانال سنگی یا بتونی باشد.

لوله‌های تاقی شکل مقطع نیم دایره‌ای دارند که به شکل ناودان وارونه روی زمین قرار می‌گیرند.

در مقاطع با خاکریز بلند لازم است، برای جلوگیری از شکستگی لوله در اثر نشست خاک ، از لوله‌های محکم و مقاوم بتنی یا فولادی استفاده شود. در این موارد باید مقدار نشست احتمالی خاک (حدود۵٪ نشست نسبت به ارتفاع دیواره در زیر لوله) و شیب لوله با توجه به مقدار نشست محاسبه شود تا خمش احتمالی لوله شیب آنرا بهم نزند و خروج آب در هر جا ممکن باشد. در این شرایط می‌توان لوله را در امتداد یک منحنی که اندکی تحدب به سمت بالا دارد نصب نمود.

- در مورد آبروها (لوله‌های با فواصل حدود۷۰ متر در طول مسیر)، بهتر است لوله‌گذاری در قسمت‌های پر شیب (شیب دامنه زیاد) صورت نگیرد و آب کانال به قسمت‌های کم شیب‌تر هدایت و در آنجا به آبروها یا

آبراهه‌ها بریزد (آبراهه‌ها محل‌های طبیعی گذر آب مانند خط‌القعرها و نهرها هستند.)

- بهتر است شیب لوله معادل شیب کانال، از چند متر بالاتر تا چند متر پائین تر از ابتدا و انتهای لوله باشد.

- در نواحی کوهستانی حداقل شیب لوله ۶ درصد است و در شیب‌های کمتر از ۴ درصد خطر گیر کردن قلوه سنگ وجود دارد.
- در شیب‌های تند خطر سائیده شدن کف لوله وجود دارد. برای جلوگیری از فرسایش باید کف لوله با بتن یا آسفالت محکم شود.

- در اراضی باتلاقی و سست باید در زیر و پهلوها و بالای لوله تعدادی تنه درخت کار گذاشته، و روی آن با مخلوط مناسب پوشیده شود. در اراضی باتلاقی در صورتی که روی لوله خوب پوشیده شود به چوب لطمه‌ای وارد نخواهد شد.

- در اراضی باتلاقی، باید گل را تا عمق کافی کنار زده، زیر لوله را با مخلوط مناسب (حداقل ۳۰ سانتیمتر) پر و سپس لوله را نصب نمود. در صورتی که ریختن مخلوط ممکن نباشد، بهتر است زیر لوله را ابتدا به وسیله چوب و سر شاخه پوشانیده و سپس لوله را روی آن نصب و اطراف آن را با مخلوط مناسب بپوشانیم.

در بستر سنگی بهتر است ابتدا در زیر لوله لایه‌ای از مخلوط با دانه‌بندی مناسب، حداقل به ضخامت $\frac{1}{3}$ قطر لوله ایجاد شود.

- در مورد نصب لوله در آبراهه‌های طبیعی باید به مسئله عبور ماهی(بخصوص جهت تخم ریزی) توجه کافی مبذول شود.

فصل ششم
بازسازی راه‌های جنگلی مستهلک شده

۶-۱- مقدمه و هدف:

هدف از بازسازی راه آنست که روسازی راه به قسمی تقویت شود، که بتواند عبور و مرور وسایل نقلیه را در طول عمر راه بخوبی ممکن سازد. در اینجا منظور از طول عمر راه، تعداد دفعات عبور چرخ (محور) وسایل نقلیه‌ای است که بعد از آن تعداد عبور، جاده قابلیت عبور آسان و ایمن را از دست می‌دهد. در طول این مدت گرچه جاده بطور مرتب تعمیر و نگهداری شده و کاملا از بین نرفته ولی با این وجود بازسازی اساسی آن برای تامین امنیت و راحتی تردد لازم و ضروری است. این بازسازی شامل تقویت روسازی و هموار کردن رویه راه است.

برای تعیین میزان و نحوه بالا بردن مقاومت، در راه‌هائی که، مرور زمان قابلیت استفاده ایمن و راحت را از آنها سلب کرده است روش‌های مختلفی وجود دارد که در اینجا فقط به ذکر یک روش کاربردی اکتفا می‌گردد.

۶-۲- روش تعین شاخص ضخامت روسازی راه:

در این روش شاخص ضخامت اولیه (SN_1) و شاخص ضخامت فعلی لایه‌های روسازی راه (SN_0) تعیین می‌شود.

از تفاضل این دو $\Delta SN = SN_0 - SN_1$، شاخص ضخامت لایه تقویتی

روسازی بدست می‌آید که باید با بازسازی راه آنرا جبران نمود تا وضعیت راه از نظر راحتی عبور و مرور و ایمنی، به وضع قابل قبول (اولیه) باز گردد. بدین منظور راهی را که قرار است بازسازی شود، مانند راهی درنظر گرفته می‌شود، که ساخته نشده و زیرسازی و روسازی آن هنوز انجام نگرفته است. بنابراین تمام عوامل موثر در احداث راهی جدیدی درنظر گرفته می‌شود و با استفاده از رابطه (۶-۲) یا نمودار پیوست شکل (۶-۱) شاخص ضخامت نهائی لایه‌های روسازی راه (SN_1) تعیین می‌شود. عوامل موثر در ساختمان راه جدید عبارتند از:

الف : مقاومت خاک بستر راه (CBR%)

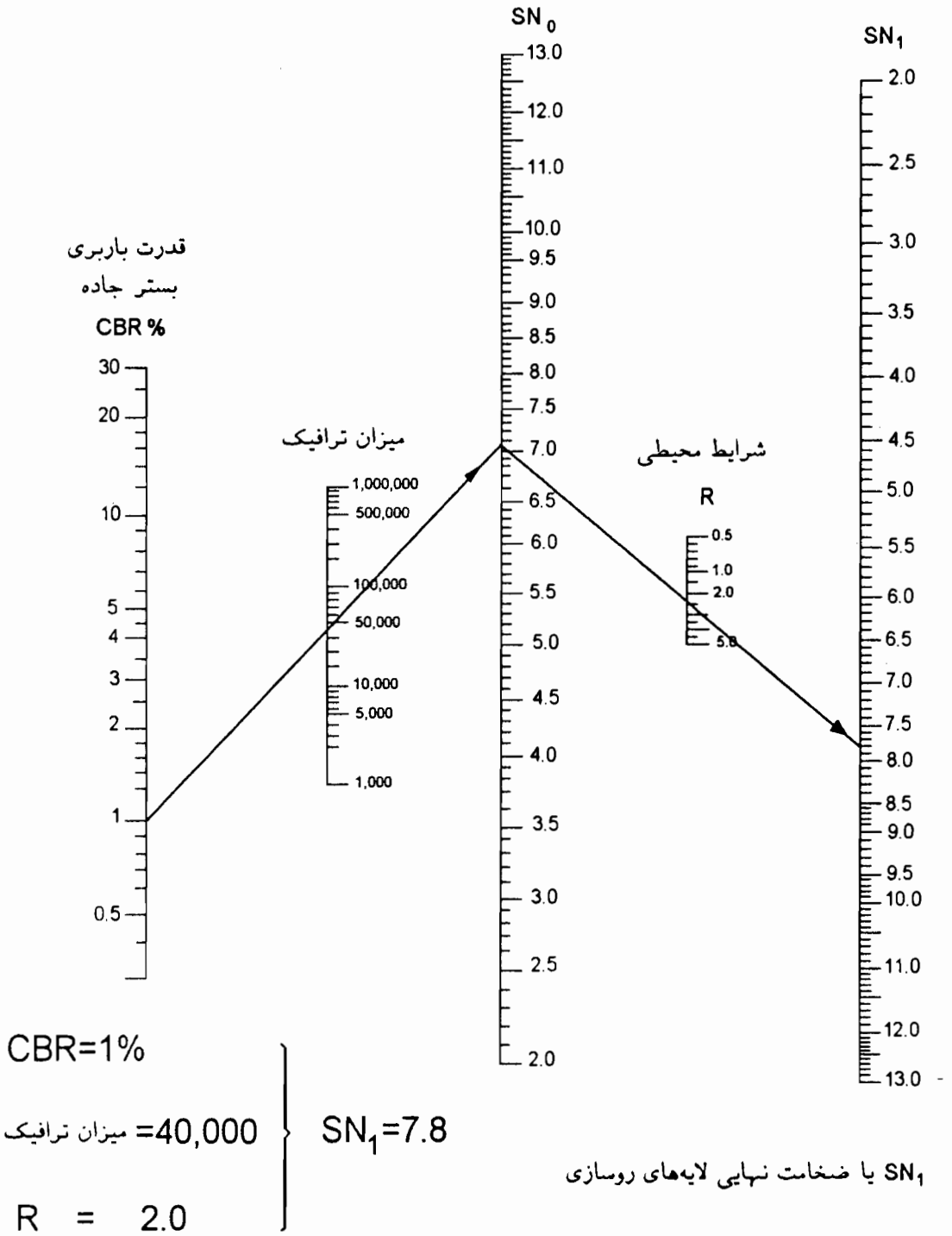
ب: حجم عبور و مرور (آمد و شد) پیش بینی شده در طول عمر مفید راه (W)، برای فشار محور چرخ استاندارد ۸۲ کیلو نیوتن.

ج: فاکتور شرایط محیط (R) ، (۰/۵ برای شرایط مناسب، ۰/۵ برای شرایط نامناسب). (رجوع شود به شکل ۶-۱ و رابطه ۶-۲)

رابطه (۶-۲)
$$SN_1 = \frac{2.67(W.R)^{0.1068}}{10^{0.1647 \log CBR - 0.0655}} - 2.54$$

در رابطه فوق SN_1 برحسب اینچ است.

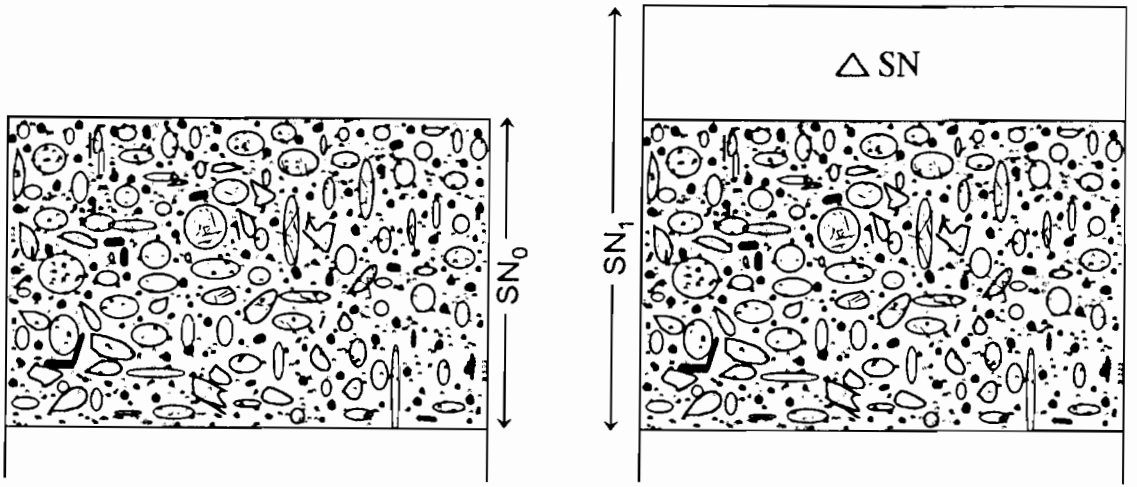
شکل ۶-۱- نمودار تعیین شاخص ضخامت روسازی



برای تعین شاخص ضخامت لایه‌های روسازی راه موجود، یعنی راهی که مستهلک شده و باید بازسازی شود (SN_0) کافی است از این لایه‌ها و خاک بستر نمونه برداری شده و نتایج را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. در این ارزیابی، تعداد و ضخامت لایه‌ها و نیز کیفیت مصالح بکار رفته در ساختمان روسازی راه مد نظر خواهد بود. تعیین مقاومت خاک بستر و لایه‌های موجود روسازی و همین طور نمونه برداری از لایه‌های روسازی و زیرسازی راه، بطور سیستماتیک از عرض جاده و در تمام طول راه انجام می‌گیرد. در صورت برداشت تعداد نمونه کافی، می‌توان ارقام اندازه گیری شده را از طریق آماری مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار داد.

تفاوت مقادیر SN_1 و SN_0، مقدار ΔSN را بدست می‌دهد که همان شاخص ضخامت لایه تقویتی روسازی است که باید با بازسازی به شاخص ضخامت لایه‌های روسازی راه موجود یا مستهلک شده SN_0 اضافه شده تا راحتی عبور و مرور و ایمنی راه حاصل گردد (شکل ۶-۲).

شکل ۶-۲- تصویر تقویت روسازی یک جاده با روش تعیین شاخص ضخامت لایه‌های روسازی



فصل هفتم
تعمیر و نگاهداری راه‌های جنگلی

۷-۱- کلیات

تعمیر و نگاهداری راه دوام و عمر آن را فزونی بخشیده، در عین حال امنیت و سرعت عبور و مرور را تضمین می‌نماید. تعمیرات باید به گروهی متخصص و مسئول واگذار گردد که لوازم و دستگاه‌های مورد نیاز را در اختیار داشته باشند.

اصل اول در تعمیر و نگاهداری راه، بازرسی مرتب و اطلاع از وضعیت آن است تا به محض مشاهده آثار تخریب، نسبت به ترمیم آن قبل از آن که خسارات با سرعت تشدید گردد، اقدام شود. بهتر است بازدیدهای اساسی برای تعمیرات غیر فوری، در اواخر اسفند و اوائل شهریور صورت گیرد. به طور کلی، بازدید پس از بروز هر بارندگی شدید لازم است. بازدید روزانه نیز برای هر ۱۰ کیلومتر از طول مسیر راه به وسیله یک کارگر مسئول ضروری است.

بهترین روش بازرسی دائم، بررسی وضع کانال‌ها، دهانه آبروها، سطح راه، پل‌ها و دیواره برش دیواره خاکریز و محل‌های خروجی آب از آبروها می‌باشد.

در صورتی که تعمیر دیوار خاکریز در زمستان لازم باشد، بهتر است

در صورت امکان آن را با مالچ پاشی موقتا حفظ کنیم و در بهار تعمیر و از طریق بذر پاشی تثبیت شود.

تعمیر و نگاهداری راه موارد زیر را نیز شامل می‌شود:

- اقدام برای کاهش خسارات ناشی از استفاده‌های خارج از توان راه مانند عبور وسائط سنگین‌تر از حد مجاز.

- تعمیرات به منظور ترمیم خسارات ناشی از اثر عوامل مخرب طبیعی مانند آب، یخبندان، رویش علوفه، حرکت و نشست خاک و نیز صدمات وارده در اثر تردد وسائط معمولی مانند ایجاد چاله‌ها و کرکره‌ای شدن سطح راه.

۷-۲- تعمیر و نگاهداری راه‌های خاکی و شنی

مهمترین اصول در تعمیر راه‌های شنی و خاکی که شامل تعمیر و نگهداری رویه راه، شانه‌ها، کانال‌ها، آبروها و دیواره‌ها می‌شوند عبارتند از:

- حفظ تاج راه و فرم شیب عرضی
- حفظ ضخامت روسازی و ترمیم مرتب آن
- جلوگیری از ایجاد گرد و غبار حاصل از تردد وسائط نقلیه

در تعمیر راه‌های شنی انجام کارهای زیر ضروری است:

- تیغ زنی، تسطیح و برگردان مصالح بر روی راه و ترمیم مواد از دست رفته
- تعمیر قسمت‌های سست، چاله‌ها و کنترل برف و یخ در زمستان
- توجه به زه‌کشی، که دارای اهمیت فوق العاده‌ای است.

برای تسطیح و برگردان مواد روی سطح راه می‌توان از وسائل دستی استفاده کرد، گرچه امروزه استفاده از گریدرهای خودرو متداول است، لکن باید برای آن، حجم کار متناسب، محاسبه و درنظر گرفته شود. به وسیله گریدر حتی کانال‌های V فرم قابل ترمیم است.

صاف کردن سطح راه‌های شنی از مهمترین امور در حفظ آن است. در این کار باید شکل تاج راه ترمیم و به صورت اول حفظ گردد. این کار در عین حال از کرکره‌ای شدن سطح راه جلوگیری می‌کند. صاف کردن سطح راه باید به مواقعی موکول شود که سطح آن بیش از حد مرطوب یا خشک نباشد. بهترین موقع زمانی است که درصد رطوبت به حدود رطوبت بهینه از نظر قابلیت کوبیدگی برسد. ترمیم چاله‌ها در درجه اول با زه‌کشی درست انجام می‌گیرد. اگر زه‌کشی کارساز نباشد، زیرسازی با استفاده از دانه‌بندی درشت‌تر اصلاح می‌شود. اصلاح دانه‌بندی در زیرسازی و یا روسازی بسیار موثر است.

برای ترمیم چاله‌های سطحی، اگر اصلاح دانه‌بندی لازم باشد، چاله را به صورت مربعی با دیواره‌های قائم خالی کرده سپس مواد را در طبقات لازم می‌ریزیم و خوب متراکم می‌نمائیم. دانه‌بندی موادی که در چاله ریخته می‌شود

باید مشابه دانه‌بندی مواد قبلی در روسازی راه باشد. اگر عمق چاله از ۱۲ سانتیمتر بیشتر بود، باید مصالح را در لایه‌های مختلف ریخت و متراکم نمود. اگر وسعت چاله‌ها زیاد و یا روسازی راه به کلی از بین رفته باشد، باید در تعمیر، روش دیگری در پیش گرفته شود که بعدا به آن اشاره خواهد شد. گاه چاله‌ها در اثر سایه‌های موضعی درختان و تاخیر در خشک شدن پاره‌ای قسمت‌ها به وجود می‌آیند که در این صورت، لازم است درختان مزاحم قطع شوند.

۷-۲-۱- تعمیرات اساسی روسازی

این کار در صورت وجود چاله‌های بزرگ و متعدد و یا کرکره‌ای شدن سطح راه لازم خواهد بود اگر میزان خرابی سطح به حدی برسد که عبور وسائط به سادگی مقدور نباشد، آنگاه تعمیرات اساسی سطح راه باید انجام گیرد. برای این کار ابتدا سطح راه شخم زده و خراش داده می‌شود. در این مرحله باید سعی نمود که خاک شانه‌ها با مواد دانه‌بندی شده سطح راه مخلوط نشده، سپس دانه‌های درشت باید شکسته و یا از مخلوط جدا شوند. در این مرحله معمولا اصلاح دانه‌بندی مصالح روسازی ضرورت پیدا می‌کند. اصلاح دانه‌بندی در هر نقطه احتیاج به بررسی دارد. پس از شخم زدن و اضافه کردن مواد، می‌توان مواد را به کمک گریدر و یا فرزهای مخصوص مخلوط و در سطح راه پخش کرد. پس از ترمیم و اصلاح شکل تاج، سطح راه کوبیده می‌شود. عمل کوبیدن می‌تواند به عهده کامیون‌های حامل چوب واگذار شود، لیکن بهتر است برای این کار از غلطک استفاده شود.

تخریب سطح راه گاه با ایجاد جویچه فرسایشی شروع می‌شود. اگر این

جویچه‌ها در مرحله ابتدائی باشند (به عرض حداکثر ۱۵ سانتیمتر)، می‌توان آنها را بلافاصله بعد از مشاهده با وسائل دستی به شکل اولیه بازگردانید. برای ترمیم جویچه‌های بزرگتر لازم است آن را با مواد دانه‌بندی شده پر و به شکل اولیه در آورد.

۷-۲-۲- مبارزه با غبار در راه‌های جنگلی

گرد و غبار گذشته از کاهش امنیت عبور، سرعت تخریب را در سطح راه افزایش می‌دهد و از این رو باید با آن مبارزه کرد. گرد و غبار در اثر ضربات چرخ‌ها و لق کردن ذرات و سپس ایجاد حالت مکش در عبور چرخ (بلند شدن ذرات) به وجود می‌آید. این امر به نسبت خشکی خاک و تراکم ترافیک، ابعاد وسیعتری پیدا می‌کند و بافت خاک را از نظر دانه‌بندی و استحکام بهم می‌زند. مسئله تخریب در راه‌های جنگلی با ترافیکی بیش از ۷۵ وسیله در روز، جنبه جدی به خود می‌گیرد.

از مهمترین مواد مورد استفاده برای مقابله با این پدیده کلرید کلسیم و مواد قطرانی است. در بعضی موارد کاربرد کلرید سدیم (نمک طعام) نیز نتایج خوبی دارد. آب و رطوبت نیز گرچه اثر مثبت دارند ولی دوره تاثیرشان کوتاه است. کلرید کلسیم ماده‌ای است سفید رنگ که رطوبت هوا را جذب کرده و در مناطق جنگلی که رطوبت نسبی بالا است وسیله بسیار خوبی به شمار می‌رود. این ماده را می‌توان به صورت خشک با دستگاه‌های پودرپاش روی سطح راه پخش کرد. بهترین موقع ریختن آن شب‌ها، صبح‌های زود، پس از ریزش باران و یا پس از اتمام کارهای ترمیم و تیغ زدن سطح

راه است در صورت لزوم ممکن است قبل از ریختن کلرید کلسیم، سطح راه را آب پاشی نمود. همچنین می‌توان کلرید کلسیم را در آب حل کرده به وسیله ماشین‌های آب پاش روی سطح راه پاشید. در این حالت ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم کلریدکلسیم برای هر متر مربع سطح راه لازم خواهد بود که آن را در اواسط بهار ریخته و در تابستان قدری به آن اضافه می‌کنیم. در قسمت‌هایی از راه که سایه‌گیر است، به پاشیدن کلرید کلسیم نیازی نیست. طول اثر این ماده روی راه‌های خاکی بیشتر از راه‌های شنی است. اگر نمک طعام مورد استفاده قراد بگیرد، آب پاشی قبلی سطح راه بیشتر لازم خواهد بود.

از قیر به صورت امولسیون و از مازوت و مواد قطرانی نیز می‌توان به خوبی استفاده کرد. این مواد سطح راه را در مقابل تبخیر ایزوله می‌کنند و در ضمن به ذرات چسبندگی می‌دهند. مقدار مصرف مواد یاد شده برای راه‌های شنی خوب، یک و برای راه‌های سست و خاکی تا دو لیتر در متر مربع است. مواد نفتی مایع با وسائل مناسب روی سطح راه پاشیده می‌شوند. سطح راه قبل از پاشیدن مواد نفتی و قطرانی باید کاملا خشک و عاری از ذرات گرد و غبار باشد. پس از پاشیدن مواد، باید چند ساعتی از تردد وسائط نقلیه جلوگیری به عمل آید و اگر این کار ممکن نباشد لازم است مقداری ماسه درشت روی مواد تثبیت کننده ریخته شود.

گاه از لیگنین حاصل از کارخانجات کاغذ سازی نیز (به مقدار ۲ لیتر در متر مربع) به منظور تثبیت سطح راه استفاده می‌شود. عمق نفوذ قیر ۲/۵ سانت و مقدار مصرف حدود ۰/۵ تا ۲/۵ لیتر در هر متر مربع است.

انتخاب درجه حرارت مناسب برای ماده‌ای که پاشیده می‌شود اهمیت دارد.

قبل از پاشیدن مواد باید نیمرخ عرضی راه، تنظیم و پس از پاشیدن مواد، ۵ تا ۱۵ کیلوگرم شن نرم در ازاء هر متر مربع روی سطح راه ریخته شود. بهترین زمان برای قیر پاشی روزهای گرم تابستان است که باد نوزد و سطح راه خشک باشد. البته چنانچه حرارت سطح راه خیلی زیاد باشد مواد در عمق بیشتری نفوذ می‌کند که این امر مصرف را افزایش می‌دهد.

به کار بردن مواد چسباننده مانند قیر برای راه‌های با ترافیک ۵۰ تا ۱۰۰ وسیله در روز ضروری است. اگر ترافیک از مرز۳۰۰ وسیله در روز بگذرد، ریختن یک لایه آسفالت لازم خواهد بود و در صورتی‌که حجم عبور از ۵۰۰ وسیله در روز تجاوز نماید، راه جنگلی باید آسفالت شود.

۷-۳- تعمیر و نگهداری شانه‌ها، کانال‌ها و دیواره‌ها

بانکت‌ها یا شانه‌ها باید به‌طور مرتب مورد بازدید قرار گیرند تا همواره گذر آب از سطح راه به طرف کانال مقدور باشد. اگر سطح شانه‌ها از سطح راه بالاتر باشد امکان جریان آب (بین کناره مسیر عبور و لبه داخلی شانه‌ها) وجود دارد و بالعکس چنانچه سطح شانه پائین‌تر از سطح راه باشد، امنیت تردد کاهش می‌یابد.

سطح شانه‌ها باید کاملا صاف و عاری از کنده درخت باشد، لازم است از رویش گیاهان بلند بر روی شانه‌ها جلوگیری شود تا دید رانندگان و عبور آب دچار اشکال نشود و برف زمستان زودتر ذوب و برکنار شود. گاه برای حفاظت شانه‌ها و دیواره‌های کانال و سطوح مشابه، پوشش کوتاه چمن

لازم خواهد بود. این کار به کمک کودهای آهکی (حدود ۵ تن کود آهکی منیزیوم دار برای سطحی معادل یک هکتار از دیواره‌ها) عملی می‌باشد. در این موارد باید قبل از اقدام، آزمایش خاک انجام شود.

از پیشروی علوفه و گراس به داخل عرض سواره‌رو باید جلوگیری به عمل آید. اگر جریان آب‌های سطحی شیروانی‌ها را تهدید می‌کند، لازم است این آب‌ها در کانال‌هائی در بالا دست دیواره جمع آوری و از محل‌های معین ناودانی شکل بنائی شده به داخل کانال کناری راه و یا به بیرون از حریم راه هدایت شوند. در صورت وجود لغزش و حرکت در دیواره‌ها باید زه‌کشی این دیواره‌ها به دقت مورد توجه قرار گرفته پس از بررسی‌های لازم اصلاح شوند. در مرمت کانال‌های کناری نکات زیر مورد توجه قرار می‌گیرند:

- قسمت ورودی کانال (حوضچه) ممکن است به وسیله سرشاخه، چوب، سنگ و شن و ماسه مسدود شده باشد. از این رو برای پرهیز از بروز خسارات عمده باید حوضچه‌ها مورد بازرسی مستمر قرار داشته و دائما پاک شوند. مسیر کانال باید پیوسته پاک شود تا جریان آب مختل نگردد.

کانال‌های ذوزنقه‌ای معمولا با بیل و به وسیله کارگر پاک می‌شوند، کانال‌های V شکل که زودتر مسدود می‌شوند سریعتر نیز قابل پاک کردن (به وسیله گریدر) هستند. مواد حاصل از پاک کردن کانال، نباید روی شانه‌ها و عرض راه ریخته شود بلکه باید آن را به وسیله فرغون به محل مناسبی حمل کرد. اگر دیواره کانال بلند باشد، می‌توان آن را با فرزهای مخصوص نیز پاک کرد. استفاده از بیل‌های مکانیکی برای کانال‌های دارای

دیواره‌های بلند مناسب‌تر است. بازرسی محل خروج آب نیز (خروجی آبروها) دارای اهمیت فراوانی است، زیرا پاکیزه بودن خروجی‌ها از رسوب مواد و نیز فرسایش دیواره‌ها قبل از جدی شدن خطر جلوگیری می‌کند. مراقبت از کانال‌ها از مهمترین بخش‌های تعمیر و نگاهداری راه‌های جنگلی است.

۷-۴- اقدامات حفاظتی راه

۷-۴-۱- حفاظت در مقابل رویش علف‌های هرز

بهتر است علف‌های هرز حاشیه راه را زمانی که ارتفاع آن به حد علف زنی می‌رسد با وسائل مناسب کوتاه نمود. سطح شانه‌ها را باید با وسائل مکانیکی و ماشین‌های علف‌زنی و سطح دیواره‌ها و کف کانال را باید با دست از علوفه بلند پاک کرد. علف‌زنی از ارتفاع چند سانتیمتری انجام می‌شود ولی از آنجا که وجود ریشه علف برای حفاظت دیواره لازم نیست، می‌توان از علف کش استفاده کرد. علف کش‌ها با استفاده از سمپاش‌هایی که روی وسائلی مانند تراکتور نصب می‌شوند، پخش می‌گردند. زدن علوفه بلند بخصوص در محدوده قوس‌های با شعاع کم لازم است.

در صورت استفاده از ماشین‌های علف‌زنی بهتر است از ماشین‌های سبک استفاده شود تا نیمرخ شانه‌ها و کانال در اثر وزن این ماشین‌ها بهم نخورد. گاه لازم است درختان در حاشیه خارجی قوس‌ها باقی بمانند، این کار از نظر حفظ امنیت تردد ضروری است زیرا رانندگان آن را به عنوان دیواری در جلو خود تصور می‌کنند، این امر به مناسبت ایجاد دید بهتر در محل

پیچ‌های تند دارای آثار مثبتی خواهد بود.

۷-۴-۲- حفاظت راه در مقابل یخبندان

وجود یخبندان و بلند شدن مواد سطح راه از اشکالات مهم است. در اثر یخ زدن و ذوب شدن متوالی آب موجود در لایه‌ها و سطح خارجی دانه‌ها، به جسم راه صدمه وارد می‌شود. بهترین راه جلوگیری از یخبندان ممانعت از نفوذ آب در جسم راه است. قبل از اقدام باید علت خرابی سطح راه به دقت مورد بررسی قرار گیرد. اگر دلیل خرابی، وجود دانه‌های ریز ماسه و خاک است، باید خاک نامناسب تعویض و به جای آن مواد با دانه‌بندی مناسب ریخته شود.

یکی دیگر از عوامل تخریب اصطلاحا گلی شدن راه در اثر نفوذ آب‌های بهاره است. در این موارد برای ترمیم لازم است طبقه گل و شن برداشته و به جای آن مواد با دانه‌بندی درشت ریخته شود. برای این کار لازم است بدوا از ورود آب‌های مجاور به عرصه راه جلوگیری به عمل آید، همچنین در فصل بهار لازم است از تردد وسائل سنگین جلوگیری شود.

ممکن است برای مقابله با این خطر سطح راه را با شن‌ریزی مضاعف قدری بالا آورد و با این ترتیب روسازی را تقویت نمود.

۷-۴-۳- کنترل برف و یخ

یخ و برف از مسائل عمده در راه‌های جنگلی به‌شمار می‌روند. برای مقابله با برف در مناطق برف‌گیر لازم است از وسائل برف روب استفاده و برف سطح راه و شانه‌ها کنار زده شود.

برف در تمام راه‌ها مسئله‌ساز است، ولی یخ در راه‌های کم تردد چندان اهمیت ندارد. یکی از راه‌های جلوگیری از نشست برف روی راه، استفاده از چپرها به عنوان بادشکن در حاشیه راه و در سمت وزش باد است. این دیوارها یا چپرها به فواصل حدود ۲۰ تا ۴۰ متر و عمود بر محور راه ایجاد می‌شوند. در صورت یخبندان و برف نازک روی سطح صیقلی راه، بهتر است لایه‌ای از ماسه شکسته روی سطح راه پخش شود.

در خاتمه باید خاطر نشان کرد که انتخاب وسیله در موفقیت کار تعمیر و نگهداری راه بسیار موثر است. بهتر است وسائل مناسب، با دوام و چند کاره مورد استفاده قرار گیرند.

کامیون، گریدر و وانت از وسائل پر اهمیت به‌شمار می‌روند. در صورت لزوم می‌توان وسائل دیگر را از طریق اجاره و پیمانکاری به کار گرفت.

حدودا تعمیر و نگاهداری هر یکصد کیلومتر راه جنگلی به یک گریدر احتیاج دارد. انتخاب گریدر با قدرت مناسب (سبک، متوسط و یا بزرگ) از مسائل مهم است. در صورت نیاز به چند دستگاه گریدر بهتر است تمامی انواع کوچک، متوسط و بزرگ تهیه شود. از تراکتور نیز می‌توان در عملیات به خوبی بهره گرفت.

منابع مورد استفاده :

ABEGG, B., 1981: Erschliessung aus Waldbaulicher und Wirtschaftlicher sicht. Wald und Holz 62, 4: 308-312 ; Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 226: 2-6.

ABEGG, B., 1978: Die Schãtzung der optimalen Dichte Von Waldstrassen in traktorbefahrbarem Gelãnde. Eidg. Anst. forstl.Vers, Wes., Mitt. 54, 2:101-213.

ABEGG, B., 1981: Die UeberprÜfung Von generellen Waldstrassenprojekten. Folgerungen aus der UeberprÜfung Verschiedener Beispiele. Wald und Holz 62: 6: 401-402; Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 226: 25-26.

Allen Murphy-john Connick 1985 Roads and structures Manual (Forest transportation Systems).

Eugene Y.Huang 1959 University of Illinois, Manual of current Practice For The Design Construction and Maintenance of Soil Aggregate Roads.

Gorton Ferdinand 1985 Praxis and Kosten einer Landschaftschonenden Bauausfuehrung Van forst strassen Wien.

Howard C.tew, Lane C.Price 1985 USDA Forest Service Private Access Road Construction.

G.Robert Lacklider john W.Lund 1971 Road Design Hand book.

KUONEN, V., 1979: Generelle Erschliessungs planung. Unterlagen Zur Vor lesung. Vervielfältigung, ETH, Institut fÜr Wald und Holzforschung, ZÜrich.

NIPKOW, F., 1979: Die Befahrbarkeit Schlecht tragfähiger BÖden. Bringt die Verwendung einer Spezialbereifung eine LÖsung? Schwizer FÒrster 115, 7-8:391-397.

Sarikhani 1971-24 Die Forstwirtschaf in Iran. Der Forst-und Holz Wirt Verlag MaH. Schaper Hannover.

Sarikhani 1967 (Dissertation) Zusammenhang Qwischen den Walderschliessungs Verhaeltnissen und Ausnutzungsprozent Beim Lauloholz einschlag in Iran.

Swiss Federal Institute of Forestry Research july 1983 Nr.252 Zur Methode der Walderschliessungs planung.

U.S.A Forest service Hand book 1974 Transportation Engineering.

Warren E.Hedstrom Univ.of Maine 1986 Simplified use of Micros for Culvert and Bridge Sizing and Road Design.

Warren E.Hedstrom University of Main. Culvert Selection/Installation 1985 Forest Transportation Systems.

WÜTHRICH, W., 1980/81: Die Ueberprüfung Vcn generellen Waldstrassenprojekten. Eine Darstellung anhand Von Vier Beispielen. Wald und Holz 62, 3: 180-187, 4: 255-259, 5: 325-329; Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 226:7-24.

WEBER, H., und BISCHOFF ,N., 1980: Checklisten für die Seilbringung. Vervielfältigung, Bundesamt für Forstwesen, Bern.

ساریخانی حمل و نقل چوب و ساختمان جاده‌های جنگلی (پلی‌کپی درسی)

ساریخانی برنامه ریزی شبکه‌های جاده‌های جنگلی (پلی‌کپی درسی)

ساریخانی تهیه پروژه جاده‌های جنگلی (پلی‌کپی درسی)

ساریخانی برنامه‌ریزی امور قطع و تبدیل درختان جنگلی (پلی‌کپی درسی)

ساریخانی- مجنونیان قطع و تبدیل درختان جنگلی

ساریخانی (۱۳۵۰) اصول کلی بهره‌برداری از جنگل نشریه دانشکده جنگلداری شماره ۱۷

ساریخانی (۱۳۴۵) اصول کلی بهره برداری از جنگل(نشریه شماره ۱۷ دانشکده کشاورزی)

ساریخانی (۱۳۶۹) بهره‌برداری از جنگل