



# راه‌سازی و ماشین آلات ساختمانی

تهیه و تنظیم:

معاونت آموزشی

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# راه سازی و ماشین آلات ساختمانی

نویسنده:

علیرضا طبرسا



شهرداری بیرجند



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت کشور  
استاندارداری خراسان جنوبی

وزارت کشور



سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور  
پژوهشگاه مدیریت شهری و روستایی

سری منابع آموزشی شهرداری ها

سرشناسه: طبرسا، علیرضا، ۱۳۵۶ -

عنوان و نام پدیدآور: راه‌سازی و ماشین‌آلات ساختمانی/مolf علیرضا طبرسا؛ تهیه و تنظیم معاونت پژوهشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور؛ مجری استانداری خراسان جنوبی، شهرداری کرمان، پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی

مشخصات نشر: تهران: راه‌دان، ۱۳۹۰

مشخصات ظاهری: ز ۱۶۴ ص: مصور، جدول.

فروست: سری مجموعه منابع آموزشی شهرداری‌ها.

شابک: ۰-۸۳-۵۹۵۰-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه: ص. ۱۵۹.

موضوع: راه‌سازی

موضوع: ساختمان‌سازی -- ماشین‌آلات

شناسه افزوده: سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور. پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی. معاونت آموزشی.

شناسه افزوده: استانداری خراسان جنوبی

شناسه افزوده: شهرداری کرمان

شناسه افزوده: جهاد دانشگاهی. پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری

رده بندی کنگره: ۱۳۹۰ ط ۲۲ / TE۲۱۰

رده بندی دیویی: ۶۲۵/۷۳۳

شماره کتابشناسی ملی: ۲۷۰۹۰۲۲

## عنوان : راه‌سازی و ماشین‌آلات ساختمانی

ناشر: راه‌دان، انتشارات سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور

تهیه و تنظیم: معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

مجری: دفتر امور شهری و شوراهای استانداری خراسان جنوبی، پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری

جهاد دانشگاهی، شهرداری کرمان، شهرداری بیرجند

مدیر پروژه: حسین رجب‌صلاحي، سيدكاظم اوليايي، عبدالحسين شهابي، جواد وحدتي فرد

ناظر پروژه: جواد نيكنام، عليرضا صفری

نویسنده: علیرضا طبرسا

ویراستار: تهمینه فتح‌الهی

صفحه‌آرا: فاطمه سادات شاکری

شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: بهار ۱۳۹۱

قیمت:

شابک: ۰-۸۳-۵۹۵۰-۶۰۰-۹۷۸

نظارت چاپ: عقیق ۴-۳-۸۸۹۳۲۴۰۳

حق چاپ و نشر برای انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور محفوظ است

## پیشگفتار

گسترش شهرنشینی و مسائل و مشکلات خاص زندگی شهری، بیش از پیش ضرورت توجه همه جانبه به راهبردهای سودمند برای بهینه سازی زندگی ساکنان شهرها را لازم ساخته است. در میان عوامل تاثیرگذار در شهرها مانند محیط زیست شهری، حمل و نقل شهری، ایمنی شهری و برنامه ریزی شهری، یک عامل بسیار مهم که تاثیر فزاینده و تعیین کننده ای بر دیگر عوامل سازنده زندگی شهری دارد، مدیریت شهری است. هر فعالیت اجتماعی بدون وجود مدیریت سازمان یافته که اهداف و ابزارهای رسیدن به آنها را مشخص کند و فعالیتها را هماهنگ سازد - از هم می پاشد و به بی نظمی می گراید. شهرها نیز که پیچیده ترین و متنوع ترین جلوه های زندگی اجتماعی بشری را در خود دارند بدون وجود نظام مدیریت شهری که ضمن انجام برنامه ریزی های لازم برای رشد و توسعه آینده شهر به مقابله با مسائل و مشکلات کنونی آنها بپردازد بی سامان می گردند.

در نظریه های جدید مدیریت، به بالاترین سازمان از نظر کیفیت، سازمان متعالی می گویند. یک سازمان زمانی متعالی است که تمام اعضا به ماهیت ذاتی و درونی روابط خود اهمیت دهند، بدین معنا که هر فردی برای کارآیی بیشتر از هیچ کوششی دریغ نرزد. برخلاف یک رابطه متقابل خشک و رسمی که در آن طرفین به چگونگی تقسیم منافع علاقمندی نشان می دهند، اعضاء یک سازمان متعالی و برتر بیشتر مایل اند بدانند چگونه هر یک از آنان می توانند نفع بیشتری به سازمان ارائه دهند، افزون بر این، تمامی اعضا سازمان به این موضوع علاقمندند که چگونه می توانند برای افراد خارج از سازمان نیز مثمر ثمر باشند.

نظام مدیریت شهری نیز می باید به جایگاه متعالی خود برای خدمات رسانی بهتر به منظور رضایتمندی هر چه بیشتر شهروندان کشور دست یابد. مهمترین راه برای رسیدن به این هدف برای نظام مدیریت شهری دستیابی به جریان دانش و اطلاعات بهتر در جهت اخذ تصمیم مناسب و کاهش خطاها در تصمیم گیری و اجرا می باشد. داشتن دانش و اطلاعات از عدم قطعیت در روند تصمیم گیری ها می کاهد. مهمترین ابزار دست یابی به اطلاعات در جهان امروز متون نوشتاری یا الکترونیک می باشد که اگر

حاصل تلفیق علم و عمل باشند تاثیرگذاری آن به مراتب بر مخاطبین بیشتر خواهد بود . به منظور انتشار دست آوردهای جدید علمی و عملی در زمینه‌های مختلف مدیریت شهری پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور با همکاری دفتر امور شهری و شوراهای استانداری خراسان جنوبی اقدام به انتشار کتب آموزشی ای با عناوین زیر نموده است تا گامی هر چند کوچک در ارتقاء سطح علمی شهرداری‌ها کشور برداشته شده باشد .

۱ حفاری و خاکبرداری شهری .

۲ زیر سازی و روسازی راه .

۳ راهسازی و ماشین آلات ساختمانی .

کتاب حاضر با عنوان راهسازی و ماشین آلات ساختمانی در شش فصل تهیه شده است فصول این کتاب عبارتند از: فصل اول: کلیاتی در خصوص راه سازی، فصل دوم: نقشه‌ها و مشخصات فنی، فصل سوم: عملیات خاکی و راه سازی، فصل چهارم: زهکشی و تخلیه آب‌های سطحی، فصل پنجم: ماشین آلات عمرانی و فصل ششم: ایمنی در عملیات راهسازی .

در پایان از همکاری صمیمانه آقایان سید کاظم اولیائی معاون امور عمرانی استانداری خراسان جنوبی، حسین رجب صلاحی معاون آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، عبدالحسین خان شهبانی مدیرکل دفتر امور شهری و شوراهای استانداری خراسان جنوبی، شهرداری کرمان و پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی که در تهیه، تدوین و نشر این کتاب تلاش فراوانی نمودند نهایت تقدیر و تشکر به عمل می‌آید .

**محمد رضا بمانیان**

**رئیس پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی**

**سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور**

**قهرمان رشید**

**استاندار خراسان جنوبی**

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	ت
فصل اول: کلیاتی در خصوص راهسازی.....	۱
اهداف.....	۲
مقدمه.....	۳
۱-۱. هدف از راهسازی.....	۳
۲-۱. تعریف.....	۳
۳-۱. عوامل تعیین کننده مسیر راه.....	۳
۱-۳-۱. دسترسی.....	۴
۲-۳-۱. ضوابط و آیین نامه طرح هندسی.....	۴
۳-۳-۱. عوارض طبیعی زمین.....	۵
۴-۳-۱. مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک.....	۵
۵-۳-۱. وجود مصالح مناسب.....	۵
۶-۳-۱. نگهداری راه.....	۶
۷-۳-۱. حفظ محیط طبیعی و زیبایی مسیر.....	۶
۸-۳-۱. ملاحظات اقتصادی.....	۶
۴-۱. مراحل مختلف عملی تعیین مسیر راه.....	۶
خلاصه.....	۹
آزمون.....	۱۰
فصل دوم: نقشه‌ها و مشخصات فنی راه.....	۱۱
اهداف.....	۱۲
مقدمه.....	۱۳
۱-۲. پلان راه.....	۱۳
۲-۲. پروفیل طولی راه.....	۱۵
۲-۲-۱. خط زمین طبیعی.....	۱۵



۱۵	۲-۲-۲. خط پروژه.....
۱۵	۲-۲-۳. جدول مشخصات.....
۱۶	۲-۳. ترسیم پروفیل طولی راه.....
۱۶	۲-۳-۱. ترسیم خط زمین طبیعی.....
۱۷	۲-۳-۲. ترسیم خط پروژه.....
۱۹	۲-۴. پروفیل عرضی راه.....
۲۳	۲-۴-۱. تعریف پروفیل عرضی تپ.....
۲۳	۲-۴-۲. اجزاء پروفیل عرضی.....
۲۷	۲-۵. انواع پروفیل عرضی.....
۲۷	۲-۶. نحوه رسم پروفیل عرضی.....
۲۸	خلاصه.....
۲۹	آزمون.....
۳۱	<b>فصل سوم: عملیات خاکی در راهسازی.....</b>
۳۲	اهداف.....
۳۳	مقدمه.....
۳۶	۳-۱. خاک برداری و خاکریزی.....
۳۸	۳-۲. مواد سوزا در برش های سنگی.....
۳۹	۳-۳. خاک های لغزشی و ریزشی.....
۴۰	۳-۴. خاک برداری قرضه.....
۴۰	۳-۵. اجرای عملیات خاکریزی.....
۴۰	۳-۵-۱. آماده سازی بستر اولیه خاکریز.....
۴۱	۳-۵-۲. ضخامت لایه های خاکریز.....
۵۵	خلاصه.....
۵۵	آزمون.....
۵۵	<b>فصل چهارم: زهکشی و تخلیه آب های سطحی.....</b>
۵۷	اهداف.....

مقدمه.....	۵۸
۱-۴. انواع زهکشی و تخلیه آبها.....	۵۸
۲-۴. مراحل عملیات تخلیه آبهای سطحی.....	۵۹
۳-۴. زهکشی عمیق و زیرزمینی.....	۶۶
۱-۳-۴. کنترل و تخلیه آبهای سطحی.....	۶۶
۲-۳-۴. کنترل و تخلیه آبهای تراوشی.....	۶۷
خلاصه.....	۷۳
آزمون.....	۷۳
<b>فصل پنجم: ماشین آلات عمرانی.....</b>	<b>۷۳</b>
اهداف.....	۷۵
مقدمه.....	۷۶
۱-۵. لودر.....	۷۶
۲-۵. بولدوزر.....	۸۳
۳-۵. ریپر.....	۹۰
۴-۵. غلتک.....	۹۴
۵-۵. گریدر.....	۹۷
۶-۵. اسکرپر.....	۱۰۳
۷-۵. کامیون.....	۱۰۸
۸-۵. کلامشل.....	۱۱۰
۹-۵. بکهولودر.....	۱۱۲
۱۰-۵. بیل مکانیکی.....	۱۱۶
۱۱-۵. دراگلاین ( بیل کششی).....	۱۱۹
۱۲-۵. ماشین آسفالت تراش.....	۱۲۱
۱۳-۵. ماشین فینیشر آسفالت.....	۱۲۲
۱۴-۵. ماشین قیرپاش.....	۱۲۳
۱۵-۵. ماشین ردهدر.....	۱۲۴

۱۲۸	..... ماشین های TBM	۵-۱۶
۱۳۲	..... خلاصه	
۱۳۲	..... آزمون	
۱۳۱	..... فصل ششم: ایمنی در عملیات راهسازی	
۱۳۵	..... اهداف	
۱۳۶	..... مقدمه	
۱۳۷	..... ۱-۶. مقررات عمومی	
۱۳۹	..... ۲-۶. شرایط انجام کار	
۱۳۹	..... ۳-۶. آموزش کارکنان	
۱۳۹	..... ۴-۶. بازرسی	
۱۴۰	..... ۵-۶. ثبت حوادث	
۱۴۰	..... ۶-۶. مقررات و استانداردها	
۱۴۰	..... ۷-۶. وظایف دستگاه نظارت	
۱۴۱	..... ۸-۶. تسهیلات و خدمات بهداشتی و رفاهی	
۱۴۹	..... ۹-۶. ایمنی در حین کار با ابزار و ماشین آلات	
۱۶۲	..... خلاصه	
۱۶۲	..... آزمون	
۱۶۳	..... فهرست منابع و مراجع	

## فهرست جداول و تصاویر

صفحه	عنوان
۲۰	شکل شماره ۱-۲، نمونه‌هایی از نیمرخ‌های عرضی راه.....
۲۱	شکل ۲-۲، نمونه‌هایی از نیمرخ‌های عرضی در قوس و کانال.....
۲۲	شکل ۳-۲، نمونه‌هایی از نیمرخ‌های عرضی آبرو.....
۲۲	شکل ۴-۲، نحوه نمایش دادن مسیر راه در پلان.....
۲۲	شکل ۵-۲، نمایش پروفیل طولی راه.....
۴۵	جدول ۱-۳، طبقه‌بندی خاک‌های منبسط شونده.....
۴۵	جدول ۲-۳ میزان درصد تراکم برای راه‌های مختلف.....
۴۸	جدول ۳-۳، خصوصیات خاک‌های حساس در برابر یخبندان.....
۷۱	شکل ۱-۴ کاربرد زمین پارچه برای زهکشی لایه‌های زیرزمینی.....
۷۲	شکل ۲-۴، طرح‌های مختلف تیپ زهکشی.....
۷۸	شکل ۱-۵ لودر چرخ زنجیری.....
۷۹	شکل ۲-۵ لودر چرخ لاستیکی.....
۸۰	شکل ۳-۵، یک نمونه جام یونیورسال.....
۸۲	شکل ۴-۵ انواع دندان‌های جام.....
۸۴	شکل ۵-۵ بولدوزر در حین عملیات خاکی.....
۸۹	شکل ۶-۵ قسمت‌های مختلف بولدوزر.....
۸۹	جدول ۱-۵ حجم عملیات خاکی با بولدوزر، برای قدرت‌ها و مسافت‌های حمل مختلف.....
۹۰	شکل ۷-۵ ریپر متصل شده به بولدوزر.....
۹۱	جدول ۲-۵ مشخصات فنی، قدرت و ظرفیت ریپر بر حسب نوع بولدوزر.....
۹۲	شکل ۸-۵ ریپر مفصلی.....
۹۲	شکل ۹-۵ ریپر شعاعی.....
۹۳	شکل ۱۰-۵ ریپر هیدرولیکی.....
۹۶	شکل ۱۱-۵ غلطک پاچه بزی.....
۹۶	شکل ۱۲-۵ استوانه شبکه‌ای.....

- شکل ۵-۱۳ غلطک ویبره دستی..... ۹۷
- شکل ۵-۱۴ غلطک چرخ آهنی صاف ارتعاشی..... ۹۷
- شکل ۵-۱۵ غلطک چرخ لاستیکی ارتعاشی..... ۹۷
- شکل ۵-۱۶ نمای کلی یک گریدر موتوردار..... ۹۸
- شکل ۵-۱۷ حمل مواد به کنار جاده..... ۹۹
- شکل ۵-۱۸ شیب بندی..... ۱۰۰
- شکل ۵-۱۹ پخش خاک..... ۱۰۰
- شکل ۵-۲۰ کندن جوی..... ۱۰۱
- شکل ۵-۲۱ مراحل بارگیری یک اسکرپر..... ۱۰۵
- شکل ۵-۲۲ طریقه حمل بار توسط اسکرپر..... ۱۰۶
- شکل ۵-۲۳ طریقه حمل بار توسط اسکرپر..... ۱۰۷
- شکل ۵-۲۴ طریقه حمل بار توسط اسکرپر..... ۱۰۷
- جدول ۵-۳ مشخصات فنی، قدرت و ظرفیت اسکرپرها..... ۱۰۸
- شکل ۵-۲۵ کامیون..... ۱۱۰
- شکل ۵-۲۶ کلامشل در حال عملیات در خاک..... ۱۱۱
- شکل ۵-۲۷ کلامشل در حال عملیات لایروبی..... ۱۱۱
- شکل ۵-۲۸ بکهولودر..... ۱۱۳
- شکل ۵-۲۹ بکهو تمام گردان..... ۱۱۴
- شکل ۵-۳۰ بکهو ثابت..... ۱۱۴
- شکل ۵-۳۱ بکهو لودر کشویی مکانیکی..... ۱۱۵
- شکل ۵-۳۲ بکهو لودر کشویی هیدرولیکی..... ۱۱۶
- شکل ۵-۳۳ بیل مکانیکی..... ۱۱۷
- جدول ۵-۴ مشخصات فنی بیل های مکانیکی..... ۱۱۸
- شکل ۵-۳۴ یک دراگلاین در حال عملیات خاک برداری..... ۱۱۹
- شکل ۵-۳۵ آسفالت تراش..... ۱۲۱
- شکل ۵-۳۶ ماشین فینیشر..... ۱۲۳

- شکل ۳۷-۵ ماشین قیرپاش ..... ۱۲۴
- شکل ۳۸-۵ ماشین رودهدر با برشهای محوری و عرضی ..... ۱۲۶
- شکل ۳۹-۵ ماشین رودهدر با دو بازوی حفار ..... ۱۲۶
- شکل ۴۰-۵ ماشین رودهدر با صفحه پره دوار ..... ۱۲۷
- شکل ۴۱-۵ انواع ناخن‌های مورد استفاده در ماشین‌های رودهدر ..... ۱۲۷
- شکل ۴۲-۵، سگمنت بتنی مورد استفاده در حفاری مکانیزه ..... ۱۲۹
- شکل ۴۳-۵، تونل حفاری شده به روش مکانیزه بعد از نصب سگمنت‌های بتنی ..... ۱۲۹
- شکل ۴۴-۵ ماشین EPB به قطر ۹/۱۶ متر برای حفاری قطعه شرقی - غربی خط ۷ مترو تهران ..... ۱۳۱
- شکل ۴۵-۵ ماشین EPB به قطر ۹/۱۹ متر برای حفاری بخشی از تونل خط ۳ مترو تهران ..... ۱۳۱
- شکل ۴۶-۵ سرمته حفار TBM ..... ۱۳۲





## **فصل اول**

**کلیاتی در خصوص**

**راهسازی**



## اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. عوامل مشخص کننده مسیر راه
۲. مراحل مختلف انجام مطالعات مسیر

## مقدمه

با توجه به پیشرفت علم و دانش در جوامع بشری و نقش ارزنده ارتباطات در توسعه زیرساخت‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ضرورت وجود شبکه‌های گسترده‌ای از راه‌های اصلی، فرعی، بزرگراه‌ها و شاهراه‌ها و ... با رویکرد اتصال تمام نقاط کشور حائز اهمیت و توجه می‌باشد.

شایان ذکر است، رعایت کلیه اصول فنی در طراحی این شبکه‌ها به منظور حصول ایمنی و استانداردهای مربوط نقش بسیار مهمی در توسعه این امر دارد. در این راستا کلیه مطالعات و اطلاعات اساسی باید مبتنی بر عواملی از قبیل ایمنی، واقعی و اقتصادی در صنعت راهسازی بوده که در این بخش کلیات و مفاهیم بدین منظور ارائه می‌گردد.

### ۱-۱. هدف از راهسازی

ایجاد ارتباط بین دو نقطه با در نظر گرفتن ضوابط آیین‌نامه‌های مرتبط به منظور تأمین شرایط ایمنی، واقعی و اقتصادی می‌باشد.

### ۱-۲. تعریف

مسیر خطی است بر روی زمین که بین دو نقطه مشخص به نام مبدأ و مقصد انتخاب می‌شود و در امتداد آن یک راه بر اساس اصول طراحی مورد نیاز طراحی و احداث می‌شود.

### ۱-۳. عوامل تعیین کننده مسیر راه

از عوامل مهم و مطرح در مشخصات راه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

### ۱-۳-۱. دسترسی

یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبدأ و مقصد، باید دسترس مراکز جمعیتی بین مبدأ و مقصد تأمین نماید .

فرآیند این تصمیم‌گیری بستگی به عوامل زیر دارد:

- حجم ترافیک بین مبدأ و مقصد
- اهمیت راه و اهمیت شبکه مرتبط
- وجود راه‌های ارتباطی دیگر برای نقاط بین راهی
- اهمیت مراکز و نقاط بین مسیر از جنبه‌های مختلف
- هزینه‌های اضافی برای دسترسی به نقاط از پیش تعیین شده

### ۱-۳-۲. ضوابط و آیین نامه طرح هندسی

این عوامل به منظور تأمین شرایط لازم در جهت طراحی و احداث راه بوده و می‌توان به برخی از آنها به صورت زیر اشاره نمود: [1,2]

- حداکثر طول هر شیب
- حداکثر شیب طولی
- حداقل شعاع قوس های افقی
- حداقل فواصل دید
- مشخصات مقاطع عرضی

### ۱-۳-۳. عوارض طبیعی زمین

شامل پستی و بلندی‌های زمین از قبیل کوه، دریاچه و رودخانه می‌باشد که این امر با عملیاتی از قبیل خاک‌برداری، خاکریزی، احداث پل و تونل همراه می‌باشد که هزینه‌های زیادی به پروژه تحمیل می‌کند. بدین منظور مسیر باید طوری انتخاب گردد که با حفظ ضوابط طرح هندسی لازم، خاک‌برداری و خاکریزی به حداقل برسد و همگن و یکنواختی خوبی با محیط پیرامون نیز داشته باشد.

### ۱-۳-۴. مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک

هدف از انجام این بخش از مطالعات، بررسی و شناخت مناطقی که احتمال ریزش و لغزش در آنها زیاد بوده و همچنین وضعیت آب‌های زیرزمینی که مسیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سایر پدیده‌های دیگر مرتبط با وضعیت طراحی و ساخت می‌باشد. همچنین وضعیت ژئوتکنیکی منطقه و لایه‌های تحت‌الارضی زمین که دارای گسترده‌گی زیادی در طول مسیر می‌باشد با توجه به ظرفیت باربری خاک منطقه و تنوع لایه‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. [1,5]

### ۱-۳-۵. وجود مصالح مناسب

با توجه به تأمین مصالح مناسب و نیاز آن در طول مسیر، دوری یا نزدیکی مسیر راه از معادن مصالح در مخارج راه و سایر عوامل دخیل در طراحی و اجرای راه‌ها نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند.

### ۱-۳-۶. نگهداری راه

رعایت تدابیر فنی لازم در نگهداری راه‌ها در مناطق کوهستانی، کویری، سردسیر و گرمسیر و سایر شرایط آب و هوایی مختلف باید مورد توجه قرار گیرد.

### ۱-۳-۷. حفظ محیط طبیعی و زیبایی مسیر

#### ۱-۳-۸. ملاحظات اقتصادی

در این بخش مخارج طراحی، ساخت، نگهداری و بهره برداری باید لحاظ شود.

### ۱-۴. مراحل مختلف عملی تعیین مسیر راه

بعد از ذکر عوامل تأثیرگذار در مشخصات مسیر می‌توان مراحل اجرایی انتخاب مسیر را به صورت زیر اشاره نمود: [1]

#### ۱. کشف مسیرهای کلی ممکن بین مبدأ و مقصد

در این مرحله استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی، جمع‌آوری آمار و اطلاعات موجود در مورد وضعیت اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، مسائل جمعیتی، وضعیت راه‌های موجود، ترافیک منطقه و زمین‌شناسی و ... الزامی می‌باشد.

#### ۲. شناسایی مسیرهای کلی

مسیرهای کلی کشف شده در مرحله قبل باید مورد بررسی و شناسایی دقیق قرار گیرد. در این مرحله با انجام بازدیدهای میدانی، نتایج استخراج شده از عکس‌ها و نقشه‌ها باید اصلاح شوند و نقاط مبهم عکس‌ها، عوارض جغرافیایی منطقه و ... مورد بررسی قرار گیرد.

از اقدامات انجام شده در این مرحله می‌توان به بررسی و مطالعه ترافیک منطقه و اتصال رشد آن در منطقه بر روی معادن و منابع مصالح سنگی، بررسی امکانات محلی از نظر تأمین نیروی انسانی و ماشین‌آلات، برآورد تقریبی طول و تعداد ابنیه فنی مورد نیاز و مخارج ساختمان هر مسیر را نام برد.

### ۳. انتخاب مسیر کلی

در انتخاب بهترین مسیر باید مزایا و معایب هر یک از گزینه‌های محتمل مورد ارزیابی قرار گیرد. بررسی و ارزیابی مورد نیاز باید بر اساس معیارهای اقتصادی و فنی باشد. از دیدگاه اقتصادی، توجیه پروژه بر اساس میزان سرمایه اولیه برای ساخت هر واریانت، میزان هزینه سالانه برای بهره‌برداری و نگهداری مسیر هر واریانت انجام گیرد. همچنین از دیدگاه فنی و مهندسی برای ارزیابی مسیر پیشنهادی شاخص‌های زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف) طول کلی هر مسیر

ب) شیب‌های طولی هر مسیر

ج) تعداد قوس‌های هر مسیر

د) هموار بودن مسیر

ه) دشواری عملیات خاکی

و) سرعت طراحی مسیر

## ۴. برداشت مقدماتی مسیر

در این مرحله بر حسب نوع راه و وضعیت آن در محدوده مشخصی از مسیر عملیات نقشه برداری انجام و سپس نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس مشخص ترسیم می‌گردد. تعیین دقیق موفقیت مرکزی از قبیل تأسیسات، باغ، مزارع، ابنیه ها و ... الزامی می‌باشد . از روش‌های متداول برای برداشت مقدمات مسیر می‌توان به عملیات نقشه برداری زمینی، نقشه برداری هوایی و استفاده از تعیین موقعیت ماهواره‌ای اشاره نمود.

## ۵. تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه مقدماتی

با استفاده از یافته‌های قبلی و نتایج مطالعات صحرایی، محور راه بر روی نقشه تعیین می‌گردد. در این مرحله با رعایت ضوابط طرح هندسی مسیرهای متعددی در محدوده برداشت شده و پس از مسیر گذاری و تعیین محور راه بر روی نقشه‌های مقدماتی شامل پلان پروفیل طول و عرض تهیه می‌گردند.

## ۶. پیاده کردن مسیر بر روی زمین و تهیه نقشه‌های اجرایی نهایی

جزئیات کامل برای اجرای نهایی جمع‌آوری و برداشت می‌شود، به طوری که از اهم اقدامات انجام شده در این مرحله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) پیاده کردن مسیر از روی نقشه برداری زمینی

ب) برداشت رقوم ارتفاعی محور طول و مقاطع عرضی

ج) تهیه پروفیل طولی و عرضی

د) محاسبه اجسام عملیات خاکی و تعیین محل‌های قرفه، دپو و فاصله متوسط محل

ه) تعیین محل، برداشت نقشه برداری و تهیه نقشه‌های اجرایی

و) انجام مطالعات ژئوتکنیک

ز) تدوین برنامه زمان‌بندی

ح) برآورد هزینه‌های طبق فهرست بهای راه

ط) تدوین دفترچه پیمان و شرایط عمومی پیمان

ی) دفترچه مشخصات فنی، عمومی و خصوصی

ک) تهیه مجموعه کامل نقشه‌های اجرایی مربوطه

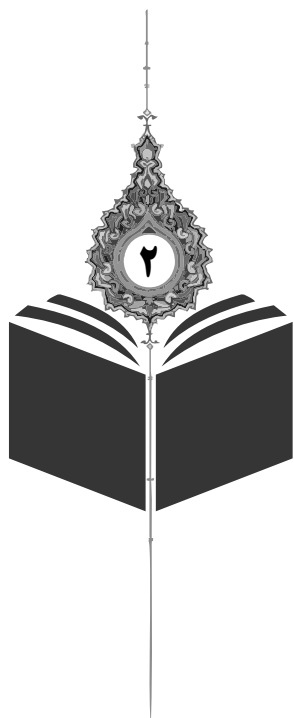
## خلاصه

از عوامل مهم و مطرح در مشخصات راه‌ها می‌توان به دسترسی، ضوابط و آیین‌نامه طرح هندسی، عوارض طبیعی زمین، مطالعات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، وجود مصالح مناسب، نگهداری راه، حفظ محیط طبیعی و زیبایی مسیر، ملاحظات اقتصادی اشاره نمود. همچنین برای پیاده کردن مسیر بر روی زمین و تهیه نقشه‌های اجرایی نهایی باید طبق مراحل زیر از قبیل پیاده کردن مسیر از روی نقشه برداری زمینی، برداشت رقوم ارتفاعی محور طول و مقاطع عرضی، تهیه پروفیل طولی و عرضی، محاسبه اجسام عملیات خاکی و تعیین محل‌های قرفه، دپو و فاصله متوسط محل، تعیین محل، برداشت نقشه برداری و تهیه نقشه‌های اجرایی، انجام مطالعات ژئوتکنیک، تدوین برنامه زمان‌بندی، برآورد هزینه‌های طبق فهرست بهای راه، تدوین دفترچه پیمان و شرایط عمومی پیمان، دفترچه مشخصات فنی، عمومی و خصوصی و تهیه مجموعه کامل نقشه‌های اجرایی مربوطه عمل نمود.



## آزمون

- ۱- مراحل مختلف عملی تعیین مسیر راه را نام ببرید؟
- ۲- شاخص‌های موثر فنی در ارزیابی مسیر پیشنهادی را نام ببرید؟
- ۳- برخی از ضوابط و آیین‌نامه طرح هندسی راه را بیان نمائید؟
- ۴- عوامل مهم و مطرح در مشخصات راه‌ها را ذکر نمائید؟



## فصل دوم

نقشه‌ها و مشخصات فنی راه

## اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. اجزاء مختلف طراحی راه
۲. عوامل موثر بر مشخصات فنی راهها

## مقدمه

جزئیات و اطلاعات فنی مورد نیاز یک راه با سه نقشه اصلی از قبیل پلان، پروفیل طولی و پروفیل عرضی راه مشخص می‌گردد. به منظور برداشت و درک کامل‌تر از پیوستگی این سه نقشه باید راه را به صورت سه بعدی تجسم شود.

لازم است به ذکر، علاوه بر سه نقشه اصلی، سایر نقشه‌های مورد نیاز شامل نقشه‌های ابنیه فنی راه (تونل، پل، آبروها، کانال، جداول، دیوارهای حائل و ...) و دفترچه محاسبات طراحی می‌باشد. در ادامه به توضیح نقشه‌های فوق پرداخته می‌شود.

## ۱-۲. پلان راه

نقشه‌هایی هستند که برای نشان دادن تصویر امتداد مسیر بر روی سطح افقی به کار می‌رود

و محور راه بر روی نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس  $\frac{1}{2000}$  و  $\frac{1}{1000}$  بر روی آن نمایش داده می‌شود.

لازم به ذکر است این تصویر شامل خطوط مستقیم و قوس‌های افقی می‌باشند. قوس‌های افقی شامل قوس‌های دایره‌ای، اتصال و ترکیبی می‌باشند. این نقشه‌ها معمولاً به وسیله دستگاه از روی عکس‌های هوایی و یا به وسیله نقشه‌برداری از زمین مورد نظر انجام می‌گیرد و شامل خطوط تراز، املاک محدود شهرها و ... می‌شود.

در پلان راه، از بالا به مسیر نگاه کرده می‌شود و در واقع هیچ گونه اطلاعات ارتفاعی در طول مسیر وجود ندارد و به لحاظ ایمنی و راحتی بهتر است که بین قوس‌ها، فاصله‌ای مستقیم وجود داشته ولی در بعضی از نقاط مانند مناطق کوهستانی که عوارض طبیعی

زمین زیاد است ممکن است قوس‌های افقی بدون داشتن فاصله مستقیم بین آنها اجرا گردد.

همان طوری که گفته شد، یکی از اجزاء مهم نقشه‌های توپوگرافی راه خطوط تراز می‌باشد که در ادامه هر یک توضیح داده می‌شوند.

الف) خطوط تراز: خطوطی هستند که نقاط هم رقوم را به صورت شکل زیر به هم متصل می‌کنند و در واقع تمام نقاط واقع بر روی آن دارای ارتفاعی یکسان می‌باشند.

ب) خطوط تراز کاهنده: معمولاً برای نمایش حفره یا گودال بر روی نقشه‌ها به کار می‌روند.

ج) خطوط تراز افزایشنده: که معمولاً ارتفاعات و بلندی‌های سطح زمین را نمایش می‌دهند.

د) املاک: معمولاً به وسیله سطوح منظم در نقشه نمایش داده می‌شوند.

ه) مسیرهای فرعی: به صورت خط چین نمایش داده می‌شوند.

با توجه به اهمیت نقشه‌های پلان راه اقدامات زیر در مطالعات طراحی مسیر انجام می‌گیرد.

● محاسبه و تعیین مشخصات هندسی لازم از قبیل عرض راه، قوس‌های افقی، شیب عرضی در قوس، اضافه عرض در قوس و ... .

● ترسیم محور راه بر روی نقشه‌های توپوگرافی با رعایت ضوابط طرح هندسی

● مشخص کردن و کیلومترگذاری نقاط مهم واقع بر روی محور راه از قبیل ابتدا و انتهای مسیر، کیلومتر و هکتومتر راه نقاط اصلی قوس‌های افقی، نقاط تماس در قوس‌های متوالی و معکوس و محل اتلاقی سایر راه‌ها و جاده‌ها با مسیر موردنظر نمایش سایر جزئیات لازم بر روی نقشه پلان راه که شامل دو لبه راه (سوار رو، شانه، فصل مشترک پای حرکت راه در خاکریزها و سرتراشه‌ها در خاکبرداشت‌ها) محل، نوع و تعداد دهانه پل‌ها و نیز مشخصات

کامل قوس‌های افقی از قبیل شعاع، طول قوسی، زاویه تقاطع، طول داخلی، طول خارجی و طول تانژانت می‌باشند [1,2]

## ۲-۲. پروفیل طولی راه

در راهسازی برای نشان دادن ارتفاعات نقاط، از نقشه‌های حاوی پروفیل طولی راه استفاده می‌شود که این نقشه‌ها نمایش تصویر ابتدا تا انتهای مسیر بر روی صفحه قائم را شامل می‌شود (مقیاس طول ۱/۱۰۰۰ و مقیاس ارتفاع ۱/۱۰۰).

در این نقشه‌ها مقیاس ارتفاع ده برابر مقیاس طول پروفیل که همان مقیاس پلان می‌باشد، در نظر گرفته می‌شود. این پروفیل از دو خط و یک جدول مشخصات تشکیل شده است.

## ۲-۲-۱. خط زمین طبیعی

وضعیت ارتفاعی زمین طبیعی محور راه را نشان می‌دهد.

## ۲-۲-۲. خط پروژه

وضعیت ارتفاعی سطح تمام شده محور راه پس از ساخت را نشان می‌دهد.

## ۲-۲-۳. جدول مشخصات

اطلاعات این جدول شامل موارد زیر می‌باشد:

\* سطح سنجش

\* شماره نیمرخ‌های عرضی (پیکرها)

- \* شیبها و قوسهای قائم
- \* ارتفاع سطح تمام شده راه یا خط پروژه
- \* ارتفاع سطح زمین طبیعی
- \* فواصل بین نیمرخهای عرضی
- \* فواصل ۱۰۰ متری و کیلومترهای راه
- \* خطوط مستقیم و قوسهای افقی
- \* تراز نسبی لبه‌های داخلی و خارجی راه جهت اعمال دور

## ۲-۳. ترسیم پروفیل طولی راه

با توجه به مطالب گفته شده در ترسیم نقشه مشخصات طولی راه مراحل زیر انجام می‌گیرد:

### ۲-۳-۱. ترسیم خط زمین طبیعی

ابتدا بر روی محور راه تعدادی ایستگاه تعیین و موقعیت آن در پلان مشخص می‌گردد. لازم به ذکر است که فاصله این ایستگاه‌ها در مناطقی کوهستانی و دشت به ترتیب ۲۰ و ۵۰ متر انتخاب می‌گردد. همچنین در قوس‌ها فاصله ایستگاه‌ها ۱/۱۰ تا ۱/۲۰ شعاع قوس انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است که در ابتدا و پایان قوس‌ها، محل‌های تغییر شیب، محل‌های تلاقی خط زمین با خط پروژه، نهرها، رودخانه‌ها و خط القعرها ایستگاه‌های اضافی در نقشه مشخصات طولی در نظر گرفته ود.

ایستگاهی از مبدأ به سمت مقصد شماره‌گذاری شده و شماره‌ها از سمت چپ به راست در ردیف نیمرخ‌های عرضی ثبت می‌شود. برای هر ایستگاه یک فاصله و یک ارتفاع

اندازه‌گیری می‌شود و بر اساس نتایج حاصل از نقشه‌های توپوگرافی و عملیات نقشه‌برداری اطلاعات تکمیل می‌گردد.

با انتخاب یک سطح بخش مناسب و در نظر گرفتن مقیاس  $\frac{1}{200}$  در طول و  $\frac{1}{200}$  در ارتفاع (یا  $\frac{1}{1000}$  در طول و  $\frac{1}{100}$  در ارتفاع) به کمک نتایج مراحل قبلی، ایستگاه‌ها را روی دو محور مختصات و آنها را به هم وصل می‌کنند.

در اثر این محل خط منکسری حاصل خواهد شد که معمولاً با رنگ سیاه بوده که نمودار پروفیل طولی زمین طبیعی بر روی محور راه را نشان می‌دهد.

### ۲-۳-۲. ترسیم خط پروژه

بعد از رسم خط زمین طبیعی در امتداد محور راه باید پروفیل طولی خط پروژه که از خطوط منکسری که غالباً تعداد اضلاعشان کمتر از تعداد اضلاع خط زمین طبیعی می‌باشد، با رنگ قرمز ترسیم می‌گردد.

در این صورت مراحل زیر بایستی انجام پذیرد:

الف) محاسبه پارامتری هندسی مورد نیاز شامل تعیین حداقل و حداکثر شیب طول، تعیین طول بحرانی شیب، تعیین طول قوس‌های قائم بر اساس ممانعت دیده، تعیین ارتفاع نقاط اجباری و تعیین حداقل ارتفاع پایه پل‌ها لازم به ذکر است حداقل شیب طولی راه معمولاً  $0/5\%$  درصد بر اساس آیین‌نامه‌های مرتبط می‌باشد و حداکثر شیب طول راه بر اساس وضعیت توپوگرافی منطقه، نوع راه و سرعت طرح و همچنین طول بحرانی شیب بر اساس گنجایش کیفیت سرویس‌دهی و سرعت حرکت می‌باشد.



ب) ترسیم قطعات خط پروژه بین دو نقطه انتخابی معلوم واقع بر خط زمین طبیعی با رعایت نکات زیر:

- ◆ عدم تجاوز شیب طولی از حد مجاز
- ◆ اجتناب از شیب‌های طولانی
- ◆ ایجاد تعادل بین عملیات خاک‌برداری و خاکریزی
- ◆ رعایت حداقل ارتفاع پایه پل‌ها در تعیین ارتفاع خاکریز
- ◆ در زمین‌های مسطح حتی‌الامکان سعی شود که خط پروژه بالاتر از سطح زمین طبیعی قرار گیرد

- ◆ عبور خط پروژه از نقاط ارتفاعی اجباری
- ◆ شیب طولی در پل‌ها بهتر است صفر در نظر گرفته شود
- ◆ پس از پل شیب طولی گذاشته نشود
- ◆ شیب طولی در تونل‌ها بهتر است بین ۱ تا ۳ درصد باشد و قوس قائم در طول تونل به صورت محدب طراحی شود.
- ◆ قوس قائم بر روی قوس اتصال قرار نگیرد .

ج) انجام محاسبات مربوط به تعیین ارتفاع خطی پروژه در محل هر یک از ایستگاه‌ها که شامل موارد زیر می‌باشند :

- محاسبه شیب طولی تک خط پروژه AB به صورت زیر :

$$i_{AB} = \frac{hB - hA}{L} \times 100$$

- محاسبه ارتفاع خط پروژه در محل هر ایستگاه با توجه به معلوم بودن نقطه ابتدای شیب
- $= 100 / (\text{شیب طولی } AB \times \text{فاصله نقطه } n \text{ از نقطه } A) \pm \text{ارتفاع نقطه معلوم } A$
- ارتفاع خط پروژه در محل ایستگاه n ام بین ایستگاه‌های A , B

● ارتفاع خط پروژه در محل ایستگاه‌ها

● طول افقی شیب و درصد شیب

طراحی و پیاده کردن قوس قائم بین دو پاره خط پروژه

تکمیل جدول مشخصات و شکل نهایی پروفیل با استفاده از :

\* نقشه پلان مسیر و محاسبات قوس‌های افقی

\* محاسبات مربوط

\* تکمیل اطلاعات مربوط به قوس‌های قائم در کنار هر قوس

\* نمایش خط پروژه نهایی با رنگ قرمز

\* شکل پروفیل طولی راه

## ۲-۴. پروفیل عرضی راه

مقطع یا برش جانبی از بدنه راه را پروفیل عرضی می‌نامند. در این نقشه‌ها وضعیت ارتفاعی

خط پروژه و خط زمین طبیعی در امتداد عمود بر محور مسیر نشانی داده می‌شوند. [1]

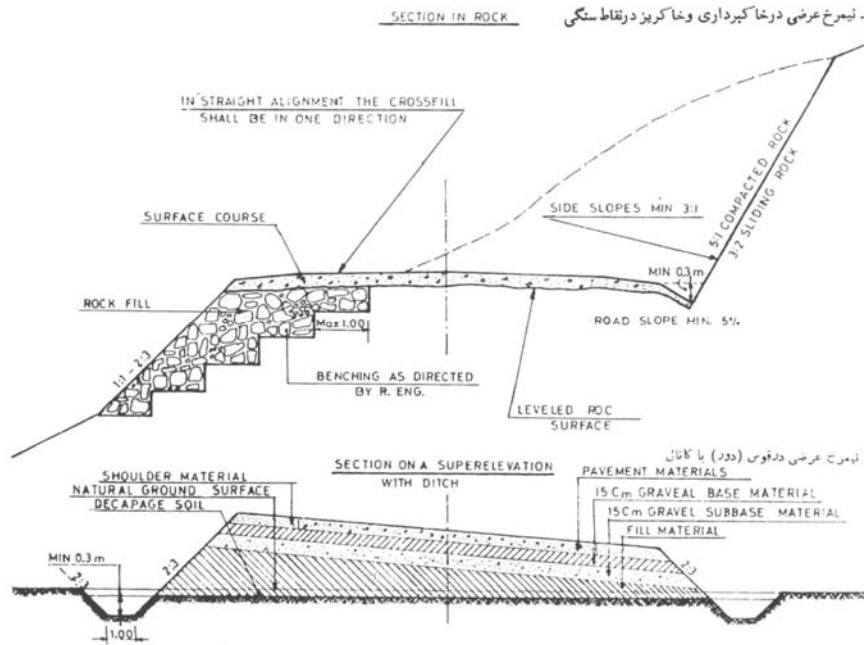
نیمرخ‌های عرضی معمولاً برای محاسبات حجم عملیات خاکی مورد استفاده قرار

می‌گیرند. معمولاً به ازای هر ایستگاه در پروفیل طولی یک پروفیل عرضی برداشت می‌شود

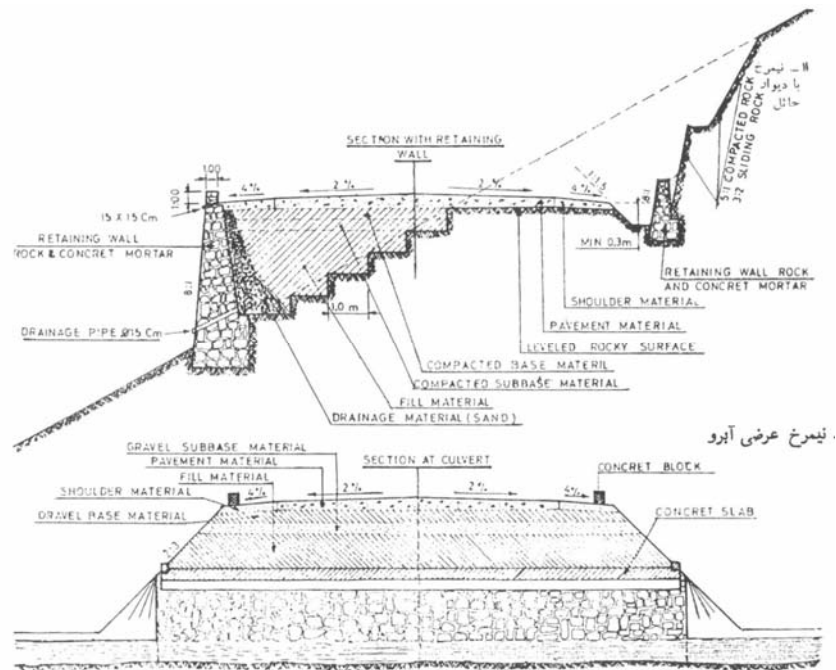
و این نقشه‌ها معمولاً با مقیاس  $\frac{1}{100}$  و یا  $\frac{1}{200}$  ترسیم می‌گردد. اشکال زیر به عنوان نمونه

مبین مطالب فوق می‌باشند.

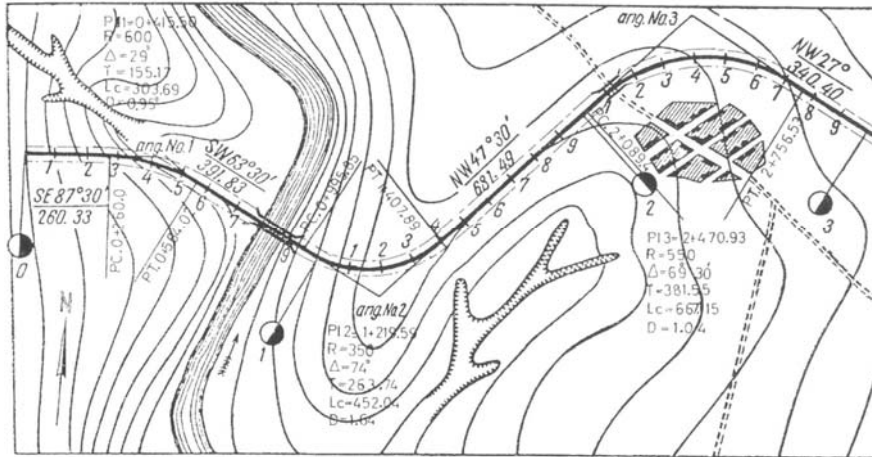




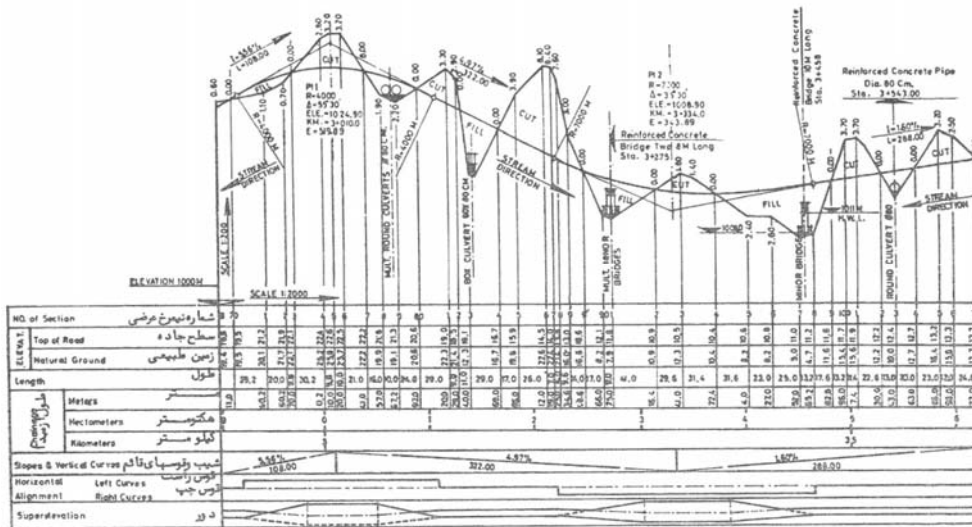
شکل ۲-۲، نمونه‌هایی از نیمرخ‌های عرضی در قوس و کانال



شکل ۲-۳، نمونه‌هایی از نیمرخ‌های عرضی آبرو



شکل ۲-۴، نحوه نمایش دادن مسیر راه در پلان



شکل ۲-۵، نمایش پروفیل طولی راه

## ۲-۴-۱. تعریف پروفیل عرضی تیپ

عبارت است از نقشه‌ای که بر روی آن عرض سواره‌رو، شانه‌ها و میانه، شیب عرضی سواره‌رو، شانه‌ها و میانه‌ها، حریم راه، شیب شیروانی‌های خاک‌برداری و خاکریزی، ضخامت لایه‌های روسازی و موقعیت آبروهای میانه و کنار راه مشخص می‌گردد.

## ۲-۴-۲. اجزاء پروفیل عرضی

الف) عرض سواره‌رو: به آن قسمت از سطح نهایی را که به منظور عبور و مرور وسایل نقلیه به صورت شنی، آسفالتی یا بتنی روسازی شده است، سواره‌رو گفته می‌شود. سواره‌رو بر حسب مورد دارای یک یا چند خط عبور بوده و عرض هر خط بستگی به موقعیت قرار گرفتن در مسیر و درجه‌بندی راه دارد.

مطابق آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها در مسیرهای مستقیم باید به نکات زیر توجه نمود:

- عرض هر خط عبور در آزاد راه، بزرگراه و راه اصلی درجه یک برابر  $3/65$  متر می‌باشد.
- عرض و خط عبور در راه اصلی درجه دو برابر  $3/5$  متر می‌باشد.
- عرض هر خط عبور در راه فرعی درجه یک برابر  $3/35$  متر می‌باشد.
- عرض هر خط عبور در راه فرعی درجه دو برابر  $2/75$  متر می‌باشد.
- عرض خط ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی برای آزاد راه و بزرگراه  $3/65$  متر می‌باشد.
- عرض خط ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی برای راه اصلی  $3/25$  متر می‌باشد.
- مقادیر عرض‌های ذکر شده در محل پل‌های بزرگ و تونل‌ها باید رعایت گردد.
- تغییر در عرض سواره‌رو به صورت تدریجی و با نصب علائم مشخص، انجام پذیرد.

ب) شیب عرض سواره رو: در تعیین شیب عرضی سواره رو باید به مراحل زیر توجه نمود:

\* درجه بندی راه

\* تعداد خط‌های عبور

\* نوع رو به راه

\* سرعت طرح

\* شرایط آب و هوای منطقه

لازم به ذکر است مطابق آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها، در قسمت‌های مستقیم مسیر

شیب‌های عرضی به شرح زیر باید رعایت گردد.

♦ برای رویه‌های شنی ۳ تا ۵ درصد

♦ در تونل ۱ تا ۱/۵ درصد

♦ برای رویه‌های آسفالتی، بتنی و روکش جدید روسازی ۱/۵ تا ۲/۵ درصد

ج) عرض شانه‌راه: به آن قسمت از سطح نهایی راه که در طرفین سواره رو قرار می‌گیرد و برای توقف یا عبور اضطراری خودروها به کار می‌رود، شانه اطلاق می‌گردد. در راه‌های با سواره رو آسفالتی یا بتنی شانه راه اعم از این که رویه‌دار یا بدون رویه باشد به صورت نواری کاملاً متمایز در کناره سواره رو قرار دارد. اما در رویه‌های شنی سراسر عرض راه یکپارچه است.

از کاربردهای شانه راه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

\* کاهش شدت سوانح

\* ایجاد آسایش و آسودگی ناشی از آزادی عمل راننده

\* افزایش فاصله دید در پیچ‌های داخل برش‌ها و ترانشه‌ها و در نتیجه افزایش نیمی

\* فراهم آوردن فاصله آزاد جانبی علائم راه از لبه سواره رو

\* فراهم کردن محل عبور پیاده و دوچرخه

\* فراهم نمودن محلی برای انباشتن برف حاصل از برف روی سواره‌رو در مناطق برف‌گیر

شیب عرضی شانه راه باید به گونه‌ای باشد که آب‌های سطحی به خوبی از روی آن عبور کند. استاندارد آشتو (AASHTO) بر اساس نوع روسازی، شیب عرضی مناسب برای شاخه‌های راه را به صورت زیر بیان نموده است.

● برای شانه‌های روسازی شده آسفالتی یا بتنی ۳ تا ۵ درصد

● برای شانه‌های پوشیده با مصالح شنی یا سنگ شکسته ۴ تا ۵ درصد

● برای شانه‌ها برابر ۸ درصد

در مواردی که شیب سواره‌رو و شیب شانه در جهت مخالف باشد، تفاوت جبری شیب شانه و سواره‌رو نباید از ۸ درصد تجاوز نماید.

د) عرض میانه‌راه: حد فاصل لبه‌های داخلی سواره‌رو جهت رفت و برگشت یک راه جدا شده را میانه گویند. برخی از وظایف میانه راه می‌تواند به نکات زیر اشاره نمود:

\* جلوگیری از تداخل ترافیک در طرف

\* فراهم ساختن فضای مناسب برای کنترل وسایل نقلیه در شرایط لازم

\* فراهم ساختن فضا برای خط انتظار گردش به چپ

\* کم کردن اثر نامساعد نور ترافیک طرف مقابل

\* فراهم ساختن محل توقف برای عابر پیاده که بتواند عرض خیابان را در دو مرحله طی کند

لازم به ذکر است که حداقل عرض میانه باید به اندازه‌ای باشد که با توجه به توسعه‌های مورد نیاز راه در آینده دور، بتواند وظیفه اصلی یعنی جدا کردن جریان عبور در طرف را عملی کند. همچنین سطح میانه راه می‌تواند پایین‌تر، بالاتر و یا مهم‌تر از سطح راه باشد.



ه) حریم راه: آن قسمت از زمین بستر را که در مالکیت راه و ترابری قرار می گیرد و انجام عملیات راهسازی و راهداری و ایجاد هر گونه تأسیسات مورد نیاز را در آن فاصله بلامانع است. لیکن ساکنان اطراف راه و یا نمادهای دیگر، حق احداث هیچ گونه بنا و یا تأسیساتی را در داخل حریم راه ندارند.

از وظایف اصلی حریم راه می توان موارد زیر را برشمرد:

- فراهم ساختن فضای لازم برای تعریض راه در آینده
- استفاده جهت عملیات راهداری و تأمین ایمنی عبور و مرور رانندگان و ساکنان اطراف راه

● ایجاد کانال های زهکش طولی و عرضی راه در حریم راه

بر اساس آیین نامه های موجود در داخل کشور، حریم هایی برای راه های اصلی و فرعی و روستایی به صورت درجه یک، دو و سه و همچنین حریم آزادراه در نظر گرفته می شود.  
(ر) شیب شیروانی: بر حسب این که در راه در خاک برداری و یا خاکریزی واقع شده باشد، لبه خارجی شاخه راه در پروفیل عرضی با شیب معینی به زمین طبیعی می پیوندد که بسته به مورد به آن شیروانی خاک برداری و یا شیروانی خاکریزی گفته می شود.

شیب شیروانی به عوامل مختلف زیر بستگی دارد:

\* مطالعات ژئوتکنیک و خصوصیات خاک مورد استفاده در خاکریزها یا موجود در محل خاک برداری ها

\* ارتفاع خاکریزی یا خاک برداری

\* شیب زمین طبیعی در محل خاکریزی یا خاک برداری

\* هزینه اجرای عملیات خاک برداری و خاکریزی

\* مسائل مربوط به ایمنی و زیبایی راه

در خاکریزی‌های بلند به منظور صرفه‌جویی در حجم خاکریز می‌توان احداث دیوار حائل را مورد بررسی قرارداد. در این حالت باید هزینه خاکریز صرفه‌جویی شده با هزینه احداث دیوار مقایسه شده و نیز هزینه نگهداری آینده را مورد توجه قرار داد.

مسئله نفوذ آب در شیروانی‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی بسیار مهم است و در راهسازی باید با بکار بردن روش‌های مناسب از نفوذ آب به حجم راه جلوگیری نمود. در این صورت می‌توان با احداث کانال در بالاست و یا استناد از کانال‌های زهکشی در پای شیروانی از نفوذ آب جلوگیری نمود.

ز) نهر جانبی یا جوی کنار راه: نهرها از حیاتی‌ترین اجزای راه می‌باشند. آب باران که در سطح راه جاری می‌شود و نیز آب‌های سطحی که از شیروانی به سمت راه جریان می‌یابد، باید به خارج حریم راه هدایت شود. مقطع نهرها و کانال با توجه به مطالعات هیدرولوژی و میزان آب جاده مشخص می‌گردد.

## ۲-۵. انواع پروفیل عرضی

پروفیل‌های عرضی بسته به چگونگی خاک‌برداری و خاکریزی به سه نوع کلی تقسیم می‌شوند:

الف) پروفیل عرضی در خاک‌برداری

ب) پروفیل عرضی در خاکریزی

پ) پروفیل عرضی مختلط

## ۲-۶. نحوه رسم پروفیل عرضی

ابتدا پارامتری هندسی یا اجزاء پروفیل عرضی تعیین شده و سپس در هر یک از ایستگاه‌های انتخاب شده بر روی پلان که در تهیه پروفیل طولی به آن اشاره شد، معمولاً دو نقطه جانبی در سمت چپ و دو نقطه جانبی در سمت راست محور راه برداشت ارتفاعی انجام می‌گیرد. لازم به ذکر است که تعداد و فواصل این ایستگاه‌های جانبی تابع عرضی نهایی راه می‌باشند و همچنین باید محل‌های تغییر شیب زمین طبیعی در عرض راه را در انتخاب آنها مدنظر قرار داد.

سپس از انتخاب سطح بخش مناسب، نقاط برداشت شده را با مقیاس  $\frac{1}{200}$  بر روی کاغذ شطرنجی پیاده نمود و با اتصال آنها به یکدیگر تراز زمین طبیعی به دست می‌آید. سپس با مراجعه به پروفیل طولی و استخراج پروژه در محل محور راه، خط پروژه مطابق با پارامترهای هندسی اولیه ترسیم می‌گردد. لازم به ذکر است اطلاعات مورد نیاز از قبیل مقیاس، شماره نیمرخ، تراز پروژه، تراز زمین طبیعی و تراز سطح سنجش در سمت چپ باید درج گردد. همچنین در کنار محور راه کیلومتر محل نیمرخ عرضی ثبت می‌شود. در سمت راست مقادیر سطوح خاک‌برداری با علامت اختصاری C و سطوح خاکریزی با علامت اختصاری F نوشته می‌شود [1].

## خلاصه

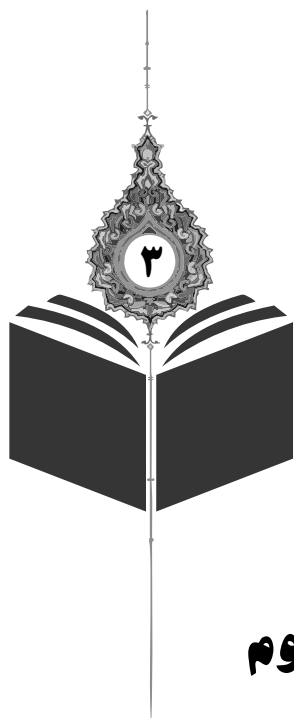
در طراحی راه‌ها ابتدا باید به عوامل موثر بر مشخصات فنی راه‌ها و روش‌های مختلف تعیین آنها اشاره نمود. در این میان نقشه‌های پلان راه، پروفیل طولی و عرضی راه‌ها از عوامل موثر می‌باشند که در ترسیم این نقشه‌ها باید معیارهای فنی را رعایت نمود. جدول مشخصات شامل مواردی از قبیل سطح سنجش، شماره نیمرخ‌های عرضی، شیب‌ها و قوس‌های قائم،

ارتفاع سطح تمام شده راه یا خط پروژه، ارتفاع سطح زمین طبیعی، فواصل بین نیمرخ‌های عرضی، فواصل ۱۰۰ متری و کیلومترهای راه، خطوط مستقیم و قوس‌های افقی و تراز نسبی لبه‌های داخلی و خارجی راه جهت اعمال دور می‌باشد.

## آزمون

- ۱- انواع پروفیل‌های عرضی راه را نام ببرید؟
- ۲- کاربردهای شانه راه را نام ببرید؟
- ۳- مراحل ترسیم خط پروژه در راهسازی را توضیح دهید؟
- ۴- وظایف اصلی حریم راه را ذکر نمایید؟
- ۵- شیب شیروانی‌های موجود در راهسازی به چه عواملی بستگی دارد؟





## **فصل سوم**

**عملیات خاکی در**

**راهسازی**

## اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر است:  
۱. عوامل موثر در اجرای عملیات خاکی در راهسازی

## مقدمه

عملیات خاکی شامل کلیه کارهای لازم برای تمیز کردن بستر و حریم راه، خاکبرداری و خاکریزی خاک، سنگ و یا سایر مصالح در مسیر و یا محدوده راه در منطقه عملیات طرح، طبق نقشه‌های اجرایی و یا برابر دستورات دستگاه نظارت می‌باشد. در ادامه به نکات زیر پرداخته می‌شود.

### الف - پاک کردن و ریشه‌کنی بستر و حریم راه

عملیات پاک کردن و ریشه‌کنی بستر حریم راه شامل برداشتن و به دور ریختن هرگونه مواد و مصالح زائد، نباتات و اشجار، ساختمان و ابنیه و هرگونه مانعی در تمامی حریم راه، مسیر کانال‌ها و آبروها، محل احداث پل و ابنیه فنی و هر ناحیه و منطقه دیگری که در نقشه‌های اجرایی مشخص شده است، می‌باشد. پاک کردن و ریشه‌کنی بستر و حریم راه باید قبل از هرگونه خاکبرداری و یا خاکریزی شروع شده و پایان یابد.

### ب- حفظ و حراست اقلام نگهداری شده

باید دقت کافی و مراقبت لازم به عمل آید که تأسیسات و ابنیه فنی مفید و یا جدیدالاحداث راه و نیز تأسیسات و تجهیزات دیگر مانند لوله‌های آب، گاز، نفت، کابل برق، تلفن، تأسیسات نظامی و غیره که در مسیر راه و یا مجاورت آن قرار گرفته حفظ و حراست و نگهداری شده و هیچ‌گونه آسیب و صدمه‌ای از عملیات پیمانکار به آنها وارد نگردد. در مورد درختان و اشجار، فقط درختانی که روی نقشه‌های نشان داده شده و یا طی صورتجلسه مصوب مشخص شده باشند باید در صورت امکان جابجا و در غیر این صورت قطع و ریشه‌کنی و از مسیر راه دور



شوند. پیمانکار باید دقت نماید که در اثر اجرای عملیات به سایر درختان صدمه و آسیبی وارد نشود. مسئولیت هرگونه لطمه و یا صدمه‌ای که به درختان و اشجار و سایر تأسیسات و ابنیه در اثر اجرای عملیات وارد شود به عهده پیمانکار بوده و می‌بایستی به هزینه خود ترمیم و یا رفع مشکلات حقوقی ناشی از آن را بنماید.

### ج- روش‌های اجرایی

سطوح و مناطقی که در نقشه‌های اجرایی و یا دستور کارها به عنوان پاک کردن و ریشه‌کنی مسیر و حریم راه تعیین شده، باید توسط دستگاه نظارت و یا دستگاه اجرایی قبل از شروع عملیات پاک کردن و ریشه‌کنی، می‌خکوبی و مشخص گردد. عمل پاک کردن و ریشه‌کنی باید در تمام طول مسیر طبق نقشه‌های اجرایی به صورت مشروحه زیر انجام شود.

۱- پاک کردن مسیر و حریم راه شامل تمیز کردن، برداشتن خاک‌های نباتی و جابه‌جایی یا قطع و ریشه‌کنی کامل درختان، بیرون آوردن ریشه‌های خشکیده و بدون تنه و هرگونه درختچه، نهال، بوته، علف، چینه، زباله و آشغال، ابنیه، موانع و سایر مواردی که به نظر دستگاه نظارت و یا کارفرما وجود آن برای پی‌ها و یا زیرسازی و روسازی راه نامناسب تشخیص داده شود، از حریم راه و راه‌های ورودی و خروجی، راه‌های دستیابی، مسیر کانال‌ها و آبروها و محل احداث ابنیه فنی می‌باشد. هر گونه مصالح ساختمانی که از تخریب ابنیه به‌دست می‌آید، پس از دور کردن از بستر و حریم راه باید طبق تشریفات قانونی تحویل صاحبان آن گردد.

۲- خاک‌های نباتی که غیر قابل مصرف در خاکریزی است باید از بستر و حریم راه برداشته شده و در محل‌هایی که دستگاه نظارت مشخص می‌کند، ذخیره شود. بدیهی است چنانچه

طبق نقشه‌ها و یا تشخیص دستگاه نظارت این خاک‌ها قابل مصرف برای پوشش نباتی شیروانی‌های خاکی نباشد، می‌تواند مورد استفاده زارعین قرار گیرد.

۳- سطوح طبیعی که پایین‌تر از بستر روسازی قرار گرفته‌اند، طبق نظر دستگاه نظارت باید ریشه‌کنی کامل تا عمق لازم انجام شده و بقایای ریشه‌ها، علف‌ها، رستنی‌ها و هرگونه مواد و مصالح نامناسب دیگر نیز از زمین کنده و به دور ریخته شود تا احتمال مدفون شدن زیر خاکریز و حریم راه را نداشته باشد. قطع کامل ریشه برخی بوته‌ها، خارها و رستنی‌ها منحصر با کندن آنها مؤثر نبوده و نیاز به مصرف سموم ویژه دارد. محدوده چنین عملیاتی باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۴- چنانچه مسیر راه از داخل باغ - قلمستان - منطقه جنگلی عبور نماید، کلیه درختان، نهالها و هرگونه رستنی باید در تمامی حریم و بستر راه جابه‌جا و یا قطع و ریشه‌کنی شده و مسیر پاک گردد. قطع و ریشه‌کنی درختان باید به صورتی انجام گیرد که باعث خرابی ساختمان‌های مجاز و یا صدمه و لطمه زدن به درختانی که باید حفظ شوند نگردد. درختان باید طوری قطع شوند که در موقع سقوط به طرف و یا در جهت محور راه بیفتند. از سوزاندن تنه درختان و اشجار جنگلی در محدوده کار باید خودداری شود.

۵- چنانچه شاخه درختانی که در مجاورت مسیر قرار گرفته یا شاخه درختانی که دستور حفظ و حراست آنها داده شده، حدود پنج متر داخل حریم راه شده باشند، باید از نزدیک تنه درخت قطع شوند. قطع این شاخه‌ها باید به روش حرفه‌ای و صحیح انجام شود و محل قطع هر شاخه باید با یک پوشش ضخیم رنگ مخصوص درختان که مورد تصویب دستگاه نظارت قرار گیرد پوشیده شود.

۶- چنانچه در حریم راه تأسیساتی مانند تیرهای تلفن، تلگراف و یا برق، لوله‌کشی آب، فاضلاب، نفت، گاز، لوله‌های سیمانی و یا سایر تأسیسات مشابه وجود داشته باشد که باید از

مسیر برداشته شود و یا تغییر مکان داده شوند، پیمانکار باید مراتب را به موقع به کارفرما و دستگاه نظارت جهت هرگونه اقدام مقتضی کتبا اطلاع دهد.

۷- چنانچه در حریم راه، قنات یا چاه‌های آب دایر وجود داشته باشد، پیمانکار باید برای تغییر محل چاه آب و تغییر مسیر قنات، با در نظر گرفتن آنکه آب چاه یا قنات از بین نرود اقدام و برای چاه‌های خشک و قنات‌های متروکه با توجه به جهات ایمنی پیشنهادی تهیه و برای اظهار نظر کارفرما و دستگاه نظارت ارسال نماید. پرکردن میله چاه‌های متروکه باید با مصالح قابل قبول بر اساس فصل نهم انجام و اجرا گردد.

۸- چاله‌هایی که در اثر ریشه‌کنی درختان به وجود می‌آیند باید با مصالح مناسب به صورت لایه لایه پر شده و برابر مندرجات فنی متراکم گردد.

۹- تمام منطقه عملیات خاکی با حریم مقرر باید از هر حیث تمیز بوده و زیبایی دید راه بعد از خاتمه عملیات حفظ گردد.

### ۱-۳. خاک‌برداری و خاک‌ریزی

برداشت هرگونه مصالح و مواد خاکی، شن و ماسه‌ای، قلوه سنگی و سنگی، ریزشی و لغزشی، صرف‌نظر از جنس و کیفیت آنها از مسیر راه، به منظور تسطیح، شیب‌بندی و آماده کردن مسیر اصلی راه و یا راه‌های ورودی و خروجی و جاده‌های ارتباطی، موضوع عملیات خاک‌برداری است. احداث خاکریز و یا بالا آوردن بستر راه با خاک و سنگ حاصله از برش‌ها، و یا با مصالح قرضه موضعی و یا جانبی و یا قرضه منتخب، آماده‌سازی بستر زمین طبیعی برای ریختن و پخش و کوبیدن مصالح بر روی آن و نیز خاکریزی پشت پی‌ها و شالوده‌ها، اطراف ابنیه فنی و مستحذات، پرکردن اطراف لوله‌ها، چاه‌ها، چاهک‌ها و گودال‌های موضعی مشمول عملیات خاک‌ریزی است.

کلیه عملیات خاکبرداری و خاکریزی باید بر اساس نقشه‌های اجرایی و برابر با ابعاد و اندازه‌های مشخص شده در نقشه‌ها و یا دستورات دستگاه نظارت انجام شود. در حین عملیات خاکبرداری و خاکریزی باید مراقبت کامل به عمل آید تا هیچ‌گونه آسیبی به تأسیسات، تجهیزات، مستحذات، ابنیه فنی، علائم و نقاط ثابت نقشه برداری و اموال بخش دولتی و خصوصی وارد نیاید. عملیات خاکی باید همواره با زهکشی تواما انجام گیرد و دستگاه نظارت عندال لزوم می‌تواند در مواقع بارندگی‌های شدید، به منظور حفاظت عملیات انجام شده، کارهای خاکی را متوقف سازد.

کلیه خاک‌های حاصل از خاکبرداری باید در خاکریزها، راه‌های ارتباطی، پشت پل‌ها و پی‌ها مصرف شود، مگر در مواردی که دستگاه نظارت مصرف این خاک‌ها را برای خاکریزی نامناسب و غیر قابل قبول دانسته و یا زائد بر مصرف تشخیص دهد. عدم مصرف خاک‌های حاصل از خاکبرداری به هر دلیل که باشد باید قبلاً به تأیید دستگاه نظارت و کارفرما برسد. خاک‌های غیر قابل مصرف و نیز خاک‌های مناسب زائد بر مصرف باید در محلی که توسط دستگاه نظارت تعیین می‌گردد، ذخیره شود. از انبار کردن این مصالح در اراضی زیر کشت، محوطه ترانشه‌ها، بستر رودخانه‌ها و نهرها و حریم راه باید خودداری شود. مصالح مرطوب و یا یخ‌زده که در صورت خشک شدن به صورت مصالح مناسب در می‌آیند باید خشک شده و سپس در عملیات خاکریزی به کار برده شوند. به منظور استفاده مصالح حاصل از خاکبرداری در کارهای بنایی و ابنیه فنی، دستگاه نظارت می‌تواند دستور نگهداری و انبار کردن مصالح از قبیل سنگ، شن و ماسه و غیره را که از برش‌ها به دست می‌آید صادر نماید. خاک‌هایی که در خاکریزی مصرف می‌شود باید در لایه‌های یکنواخت و با ضخامت ثابت در عرض خاکریزها ریخته شود. ضخامت لایه‌های خاکریز معمولی نباید بعد از کوبیدن، بیش از ۲۰ سانتی‌متر باشد، مگر در خاکریزهای سنگی و یا خاکریزهایی که در

آن از مخلوط مصالح سنگی و خاک استفاده می‌شود که در این موارد، ضخامت‌ها با توجه به نوع مصالح و حداکثر درشتی قطعات سنگی و با نظر دستگاه نظارت تعیین می‌گردد [5, 2, 13].

### ۲-۳. مواد سوزا در برش‌های سنگی

حمل و مصرف مواد سوزا که برای عملیات خاک‌برداری و کوه‌بری به کار می‌رود، باید کاملاً طبق قوانین و مقررات جاری اجرا و زیر نظر افرادی که دارای گواهی انجام کار از مقامات ذی‌صلاح دولتی می‌باشند انجام گیرد. پیمانکار در صورت نیاز به مصرف مواد منفجره موظف است ساختمان‌ها و انبارهایی برای نگهداری مواد منفجره در نقاط مناسب با ظرفیت کافی و لازم، بر طبق قوانین جاری و تأیید دستگاه نظارت احداث کند. این انبارها باید با علایم خطر مشخص و مناسب علامت‌گذاری گردند و دارای درب ورود با قفل مطمئن و وسایل تهویه جهت نگهداشتن حرارت پایین و یکنواخت داخل انبار باشد. به مجرد اینکه مواد منفجره به این انبارها حمل شد، ورود آن باید توسط پیمانکار به مقامات مسئول محلی اطلاع داده شود تا مقدار دقیق این مواد محاسبه و مورد تصدیق و گواهی مقامات فوق قرار گیرد. پیمانکار در موقع مصرف مواد منفجره باید مقامات مسئول محلی را از جریان مطلع نماید تا مقدار مصرف شده مورد تأیید آنها واقع شود. پیمانکار مسئول جلوگیری از مصرف غیر مجاز و نادرست مواد منفجره بوده و باید برای استفاده از این مواد، افراد کاملاً باتجربه، باصلاحیت و کاردان را طبق مقررات موضوعه جاری استخدام نماید.

کلیه عملیات مته‌زنی و انفجار باید به نحوی انجام گیرد که خاک‌برداری حاصله بر طبق خطوط شیب‌های مشخص شده در نقشه‌ها بوده و حداقل خرابی به قسمت‌های باقی‌مانده ترانشه‌های سنگی وارد آید. عملیات انفجار به مسئولیت کامل پیمانکار انجام می‌گیرد و

پیمانکار حق هیچ گونه ادعایی نسبت به احجام اضافی حاصله در مقایسه با مقاطع مصوب و یا تجدید نظر شده را نخواهد داشت. پیمانکار باید نهایت مراقبت را در حین عملیات انفجار رعایت نماید تا هیچ گونه آسیبی به افراد و یا به اموال و یا کارهای تکمیل شده وارد نشود. قبل از هر انفجار تعداد کافی محافظ و علائم باید در نقاط مختلف مستقر گردد تا از هرگونه حادثه احتمالی جلوگیری شود. عملیات استحفاظی تا زمانی که تمام خرج‌های مواد سوزا کاملاً منفجر نشده باشد باید کماکان ادامه یابد. خرج‌ها باید به طور صحیح پوشیده و بسته شده و همیشه مقدار معینی مواد سوزا در هر سوراخ به مصرف برسد. در محل‌هایی که دستگاه نظارت دستور دهد. پیمانکار باید حائلی از توری‌های محکم و مقاوم برای حفاظت افراد و اموال و کارهای تکمیل شده نصب و به کار گیرد. عملیات انفجار باید فقط در ساعاتی انجام شود که دستگاه نظارت تعیین می‌کند. در صورتی که بنا به تشخیص دستگاه نظارت روش اجرای انفجار، ساکنین و ابنیه واقع در محدوده عملیات را در معرض مخاطره قرار دهد و یا کارهای انفجار بدون رعایت احتیاط و شرایط استحفاظی لازم انجام گیرد، می‌تواند عملیات را متوقف و دستورات کوه‌کنی را با وسائل و امکانات دیگری صادر نماید. در صورتی که بر اثر عملیات انفجار، رفت و آمد وسائل نقلیه عمومی باید متوقف گردد، پیمانکار موظف است اجازه این توقف‌های موقت را از مقامات مربوطه کسب و نتیجه را به اطلاع دستگاه نظارت برساند. [2]

### ۳-۳. خاک‌های لغزشی و ریزشی

مصالح و مواد خاکی و سنگی که ضمن کوه‌بری داخل صخره‌ها و یا کمرهای سنگی و یا ترانشه‌های خاکی، احتمال ریزش و لغزش داشته باشد، طبق دستور کتبی دستگاه نظارت باید از شیروانی‌ها برداشته شود. جمع‌آوری و برداشت و حمل مصالح ریزشی از شیروانی

ترانشه‌ها و خاکریزها که ناشی از عدم رعایت شیب‌های مشخص شده در نقشه‌های اجرایی باشد، کلاً به هزینه پیمانکار بوده و به آن پرداختی تعلق نمی‌گیرد. [2,5]

### ۳-۴. خاک برداری قرضه

قرضه به منابعی اطلاق می‌گردد که کسری خاک مورد نیاز جهت ساختمان خاکریز راه (پس از مصرف خاک‌های مناسب حاصل از خاک‌برداری‌ها و پی‌کنی‌ها) از آنها تأمین می‌شود. انتخاب محل قرضه و نوع قرضه باید طبق دستور دستگاه نظارت باشد. قرضه بر سه نوع و به شرح زیر است.

الف- قرضه جانبی

ب- قرضه موضعی

ج- قرضه منتخب

### ۳-۵. اجرای عملیات خاکریزی

#### ۳-۵-۱. آماده‌سازی بستر اولیه خاکریز

الف- قبل از شروع عملیات خاکریزی، سطوح و مقاطعی که در نقشه‌ای اجرایی و دستورات دستگاه نظارت برای این عملیات مشخص و ابلاغ گردیده باید از مصالح نامناسب شامل خاک‌های سطحی، نباتی، گیاهی و کلیه موانع اجرای طرح تمیز و پاک‌سازی شود.



ب- در صورت وجود آب ساکن، چشمه و آب‌های تراوشی از منابع زیرزمینی، باید نسبت به زهکشی سطحی یا عمقی و خشک کردن بستر اولیه قبل از اجرای هرگونه خاکریزی اقدام شود.

ج- کلیه گودال‌ها، چاله‌ها و حفره‌های باقی‌مانده از عملیات ریشه‌کنی مسیر در بستر اولیه، باید قبل از اجرای اولین قشر خاکریزی، با مصالح مناسب لایه‌لایه پر شده و مطابق مشخصات متراکم گردد.

د- زمین بستر اولیه باید به درصد تراکم نسبی مشخصه برسد، در غیر این صورت باید نسبت به شخم زدن بستر، یا اصلاح و یا جایگزینی خاک آن تا عمق لازم اقدام، تا بعد از کوبیدن، تراکم نسبی مشخصه آن تأمین گردد.

ه- در صورتی که مسیر الزاماً از مناطق مردابی، باتلاقی، لجنی، نمکی، با آب ساکن یا روان و یا متأثر از جذر و مد عبور کند جزئیات روش‌های اصلاحی آن باید در مشخصات خصوصی قید شود.

### ۲-۵-۳. ضخامت لایه‌های خاکریز

عملیات خاکریزی باید از مصالح تصویب شده و در قشرهای موازی خط پروژه، با ضخامت یکنواخت مطابق شیب‌ها، رقوم و اندازه‌های مندرج در نقشه‌های اجرایی و با نظر دستگاه نظارت انجام شود. شیب طولی و عرضی راه باید به وسیله لایه‌های خاکریز تأمین گردد تا در مراحل اجرای لایه‌های روسازی، نیازی به کاربرد مصالح زیراساس و یا اساس جهت ترمیم شیب نباشد. هرگاه شیب عرضی راه با توجه به نقشه‌های اجرایی در حین عملیات خاکریزی تأمین نشده باشد، فقط با موافقت دستگاه نظارت می‌توان لایه نهایی خاکریز را با مصالح روسازی ترمیم نمود. بدیهی است بابت این ترمیم، پرداختی به پیمانکار صورت نخواهد



گرفت. ضخامت لایه‌های خاکریز با توجه به نوع مصالح مصرفی و موقعیت اجرای لایه‌ها به شرح زیر باید اجرا شود.

### خاکریز معمولی

الف- خاکریز معمولی به مصرف مصالحی اطلاق می‌شود که کمتر از ۱۵ درصد حجم آن را قطعات و سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۱۵ سانتی‌متر تشکیل می‌دهد.

ب- ضخامت لایه‌های کوبیده در خاکریز معمولی نباید به طور کلی از ۲۰ سانتی‌متر تجاوز نماید. استفاده از ضخامت بیشتر مشروط به استفاده از مصالح مناسب درشت دانه، انجام قطعات آزمایشی با مصالح مورد نظر و با غلطک‌های مناسب، دستیابی به درصد تراکم مشخصه، و امکان انجام آزمایش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری این تراکم در کل ضخامت لایه اجرا شده می‌باشد که به هر حال نباید از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نماید.

ج- در شرایطی که انجام آزمایش در کل ضخامت لایه با یک آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی و یا دو بار آزمایش هر بار در ۱/۲ ضخامت لایه، فراهم نباشد، ضخامت لایه کوبیده شده نباید از ۲۰ سانتی‌متر تجاوز کند که در این حالت نیز عمق گمانه آزمایش محلی نباید کمتر از ۱۵ سانتی‌متر باشد.

د- در مواقعی که امکان استفاده از غلطک‌های مکانیکی به دلیل محدودیت مانور آنها وجود ندارد، خاکریزها باید در قشرهای موازی با خط پروژه که ضخامت کوبیده آنها از ده سانتی‌متر تجاوز نکند، اجرا گردد. این خاکریزها باید با کوبنده‌های مکانیکی - ارتعاشی دستی متراکم شود. در هر حال درصد تراکم مطلوب بایستی حاصل شود.

### سنگریزی

سنگریزی شامل مصرف مصالحی است که بیش از ۱۵ درصد حجم آن را قطعات و سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۱۵ سانتی‌متر تشکیل می‌دهد. این مصالح که از برش‌ها و پی‌کنی‌های سنگی به دست می‌آید، نباید تجزیه پذیر بوده و به مرور زمان به مصالح ریزدانه تبدیل شوند. سنگ‌های گچی، گل سنگ‌ها، شیست و شیل که تدریجاً تجزیه و خرد می‌شوند برای سنگریزی مناسب نیستند. سنگریزی فقط با تصویب دستگاه نظارت انجام می‌گیرد. مصالح مناسب جهت این عملیات باید از برش‌های سنگی تأمین شود. چنانچه پیمانکار پیش‌بینی‌های لازم را در این مورد ننماید و در نتیجه برای ساختمان خاکیریزی استفاده از مصالح قرضه لازم شود، هزینه تأمین و تهیه مصالح قرضه به عهده پیمانکار می‌باشد. سنگریزی باید در لایه‌های موازی خط پروژه و با ضخامت‌های معین احداث شده و حداکثر به تراز خاتمه یابد که تا رقوم نهایی خاکریز (بستر روسازی راه) یک متر و یا بیشتر فاصله داشته باشد. ضخامت لایه‌های خاکریز سنگی بر اساس حجم تشکیل دهنده قطعات بزرگ‌تر از ۱۵ سانتی‌متر به شرح زیر است.

الف- چنانچه حجم قطعات سنگی که بزرگ‌ترین اندازه آن بیشتر از ۱۵ سانتی‌متر است متجاوز از ۵۰ درصد حجم مصالح خاکریز را تشکیل دهد ضخامت لایه نکوبیده آن، حداکثر معادل بزرگ‌ترین بعد قطعات تشکیل دهنده مصالح خاکریز سنگی خواهد بود.

ب- چنانچه حجم قطعات سنگی که بزرگ‌ترین اندازه آن بیشتر از ۱۵ سانتی‌متر است بین ۲۵ تا ۵۰ درصد حجم کل مصالح را تشکیل دهد، ضخامت لایه نکوبیده آن نباید از ۶۰ سانتی‌متر تجاوز نماید، ضمن آنکه ضخامت این لایه نیز نباید بیش از بزرگ‌ترین اندازه قطعات سنگی تشکیل دهنده مصالح باشد. از دو معیار ذکر شده، هر کدام ضخامت کمتری را به دست دهد باید آن را به کار بست.

ج- چنانچه حجم قطعات سنگی که بزرگ‌ترین اندازه آن بیشتر از ۱۵ سانتی‌متر است، ۲۵ درصد و یا کمتر از حجم کل مصالح باشد، ضخامت لایه نکوبیده آن نباید از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز کند. در هر لایه خاکریز سنگی ص ر ف نظر از ضخامت لایه و بلافاصله پس از پخش، باید فواصل بین قطعات سنگی را با مصالح خاکی ریزدانه پر کرد. تنها بعد از پر کردن فضای بین قطعات می‌توان اقدام به کوبیدن و تراکم آن لایه نمود، تا احتمال هیچ گونه نشست وجود نداشته باشد.

### کوبیدن و میزان تراکم نسبی

تمام خاکریزها و همچنین کف ترانشه‌های خاکی و بستر زمین طبیعی باید با غلتک‌های مکانیکی متراکم شود. در مواردی که امکان استفاده از این نوع غلتک‌ها مقدور نباشد، با تصویب دستگاه نظارت می‌توان کوبنده‌ای مکانیکی دستی را به کار گرفت. برای کوبیدن، با توجه به نوع مصالح مصرفی و شرایط اجرای کار، باید از غلتک‌های مختلف استوانه‌ای، فلزی، پاچه‌بزی، لاستیکی، لرزشی و یا دیگر انواع کوبنده‌ها استفاده نمود. نوع وسایلی که پیمانکار در نظر دارد به کار گیرد، باید مناسب جنس و نوع خاک بوده و در هر حال قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برسد. چنانچه در حین اجرای کار و با کاربرد وسایل انتخابی، نتایج رضایت‌بخش نباشد، پیمانکار باید نسبت به جایگزینی آن با وسیله مناسب دیگر اقدام نماید. برای تأمین تراکم یکنواخت در تمامی لایه‌ها، عمل مرطوب کردن و اختلاط خاک‌ها را باید در زمان مناسب و کافی و قبل از غلطک زنی، با وسایل مکانیکی انجام داد تا فرصت توزیع یکسان رطوبت در تمام خاک وجود داشته باشد. میزان رطوبت مصالح خاکی چسبنده برای

میزان تورم	حد روانی %	دامنه خمیری %	مکش خاک* %
زیاد	بیشتر از ۶۰	بیشتر از ۳۵	بیشتر از ۴
متوسط	۵۰ - ۶۰	۲۵ - ۳۵	۱/۵ - ۴
کم	کمتر از ۵۰	کمتر از ۲۵	کمتر از ۱/۵

\* میزان مکش خاک طبق آستو T273 آزمایش می‌شود.

حصول تراکم مطلوب باید در محدوده یک تا دو درصد کمتر از رطوبت مناسب و برای خاک‌هایی که به تورم و انبساط گرایش زیادتری دارند، یک تا دو درصد بیشتر از رطوبت مناسب انتخاب شود. کیفیت خاک‌های منبسط شونده و خاک‌هایی که به این خصوصیات گرایش دارند در جدول زیر نشان داده شده است. [5,13]

جدول ۳-۱، طبقه‌بندی خاک‌های منبسط شونده

دستگاه نظارت می‌تواند برای کنترل درصد رطوبت و توزیع یکنواخت آن در خاک دستوراتی جهت نمونه‌گیری صادر نماید و چنانچه نتایج حاصله خارج از روال‌های فوق باشد، عملیات تراکم را تا اصلاح رطوبت خاک متوقف سازد.

مصالح مصرفی در عملیات خاکی باید به روش T-180 (آشتو اصلاح شده) طبقه D، در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گیرد تا درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک آنها اندازه‌گیری شود. چنانچه به دلایلی، روش دیگری جز روش آشتو اصلاح شده و طبقه D مورد نظر باشد، باید آن را در مشخصات خصوصی قید نمود.

جدول ۳-۲ میزان درصد تراکم برای راه‌های مختلف

تراکم نسبی کتله قشرهای پایین تر از ۳۰ سانتیمتر بستر روسازی		تراکم نسبی قشرهای بین ۳۰ سانتیمتر تا بستر روسازی		نوع راه
یا خاک ریزدانه	یا خاک درشت‌دانه	یا خاک ریزدانه	یا خاک درشت‌دانه	
۹۰ درصد	۹۵ درصد	۹۵ درصد	۱۰۰ درصد	آزادراه - بزرگراه - راه اصلی و راه فرعی درجه یک
۸۷ درصد	۹۲ درصد	۹۰ درصد	۹۵ درصد	راه فرعی درجه دو و راه‌های روستایی

عملیات پخش و تراکم لایه‌های خاکریز، کف ترانشه‌ها و بستر زمین طبیعی باید به ترتیبی برنامه‌ریزی و اجرا شوند که هر لایه و یا سطح متراکم شده در حداقل زمان ممکن با

لایه بعدی پوشیده شود تا همواره لایه‌ها و یا سطوح متراکم شده مشخصات و میزان تراکم مورد نظر را حفظ نمایند.

**خاکریزی روی ابنیه فنی:** عملیات خاکریزی، به طریق سنگریزی را نمی‌توان مستقیماً روی ابنیه فنی مانند پل‌ها، آبروها و پل‌های طاقی اجرا کرد، مگر آنکه قبلاً ضخامتی معادل حداقل ۶۰ سانتی‌متر روی این سازه‌ها خاکریزی معمولی انجام شده و به درصد تراکم مشخصه رسیده باشد.

**خاکریزی پشت پل‌ها:** بعد از اجرای لایه‌های زهکشی پشت کوله‌ها و دیوارهای برگشتی پل‌ها که باید مطابق نقشه‌ها و دستورات دستگاه نظارت باشد، عملیات خاکریزی لایه به لایه تا تأمین نسبی درصد تراکم مشخصه باید به مورد اجرا گذاشته شود. نتایج آزمایشات تراکم خاکریزی پشت پل‌ها، با توجه به تعداد لایه‌ها، نوع خاک مصرفی، ضخامت هر لایه، ارتفاع کل خاکریز که باید متناسب با تعداد لایه‌ها باشد در هر قطعه راه جداگانه نگهداری می‌شود تا جهت ارزیابی کیفیت کار به سهولت قابل دسترسی و کنترل باشد.

**خاکریزی در زمین‌های شیب‌دار:** در محل‌هایی که خاکریزی روی سراشیبی تند و یا خاکریز موجود صورت گیرد، طبق دستور دستگاه نظارت پله‌هایی به ارتفاع ضخامت لایه خاکریز یا سنگریزی روی شیب مزبور تعبیه خواهد شد تا از لغزش احتمالی خاکریز جدید روی بدنه شیب جلوگیری به عمل آید و در نتیجه خاکریز جدید و قدیم خوب با هم قفل و بست شوند.



مصالح حساس در مقابل یخبندان: خصوصیات خاک‌های حساس در مقابل یخبندان که مصرف آنها در خاکریزی و بستر روسازی موجب تورم و گسیختگی سیستم روسازی در جدول زیر نشان داده شده است. [2,5,13]

جدول ۳-۳. خصوصیات خاک‌های حساس در برابر یخبندان

ضریب یکنواختی Cu	درصد وزنی بحرانی ذرات کوچکتر از ۳۰ میکرون
۵	۶۰
۱۵	۳

تعویض مصالح حساس در برابر یخبندان در عملیات خاکریزی بستر روسازی و یا در کف ترانشه‌ها و جایگزینی آن با مصالح غیر حساس باید با توجه به شرایط محیطی پروژه، انجام شود. به عنوان مثال چنانچه یکی از دو عامل دمای زیر صفر و یا حضور آب در عمق نفوذ یخبندان در منطقه طرح وجود نداشته باشد مصرف خاک حساس در عملیات خاکی بلامانع است زیرا پدیده تورم و انبساط ناشی از یخبندان در روسازی، با حذف یکی از سه عامل یعنی خاک حساس، دمای زیر صفر، و وجود آب در عمق یخبندان، ایجاد نمی‌شود.

پس از اتمام عملیات خاکریزی و ایجاد کف ترانشه‌ها و جایگزینی آن با مصالح غیر حساس باید با توجه به شرایط محیطی پروژه، انجام شود. به عنوان مثال چنانچه یکی از دو عامل دمای زیر صفر و یا حضور آب در عمق نفوذ یخبندان در منطقه طرح وجود نداشته باشد مصرف خاک حساس در عملیات خاکی بلامانع است زیرا پدیده تورم و انبساط ناشی از یخبندان در روسازی، با حذف یکی از سه عامل یعنی خاک حساس، دمای زیر صفر، و وجود آب در عمق یخبندان، ایجاد نمی‌شود.

پس از اتمام عملیات خاکریزی و ایجاد کف ترانشه‌ها و جایگزینی آن با مصالح غیر حساس باید با توجه به شرایط محیطی پروژه، انجام شود. به عنوان مثال چنانچه یکی از دو عامل دمای زیر صفر و یا حضور آب در عمق نفوذ یخبندان در منطقه طرح وجود نداشته باشد مصرف خاک حساس در عملیات خاکی بلامانع است زیرا پدیده تورم و انبساط ناشی از یخبندان در روسازی، با حذف یکی از سه عامل یعنی خاک حساس، دمای زیر صفر، و وجود آب در عمق یخبندان، ایجاد نمی‌شود.

پس از اتمام عملیات خاکریزی و ایجاد کف ترانشه‌ها و جایگزینی آن با مصالح غیر حساس باید با توجه به شرایط محیطی پروژه، انجام شود. به عنوان مثال چنانچه یکی از دو عامل دمای زیر صفر و یا حضور آب در عمق نفوذ یخبندان در منطقه طرح وجود نداشته باشد مصرف خاک حساس در عملیات خاکی بلامانع است زیرا پدیده تورم و انبساط ناشی از یخبندان در روسازی، با حذف یکی از سه عامل یعنی خاک حساس، دمای زیر صفر، و وجود آب در عمق یخبندان، ایجاد نمی‌شود.

**شیب شیروانی‌ها در خاکریزی و خاک‌برداری:** شیب شیروانی‌های خاک‌برداری و خاکریزی و همچنین ترانشه‌های سنگی در هر مورد بر اساس دستورات دستگاه نظارت و مطابق معیارهای آیین‌نامه طرح هندسی راه برای آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی و فرعی، و یا معیارهای آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های روستایی تعیین می‌گردد. بدیهی است در مواردی که ارتفاع خاک‌برداری و خاکریزی قابل توجه باشد، انتخاب شیب مناسب باید با در نظر گرفتن نوع مصالح، مشخصات زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی، هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی طرح و شرایط محیطی - اقلیمی آن، از طریق محاسبات پایداری شیب‌ها کنترل شود.

**تسطیح و تنظیم:** مقاطع عرضی و طولی باید دقیقاً طبق قواره‌های لازم و منطبق با نقشه اجرا شود، ضمن آنکه در شیروانی‌ها و شانه‌ها، در برش‌ها و خاکریزی‌ها، تسطیح لازم انجام گیرد به گونه‌ای که آثار غیر منظم ناشی از عملیات خاکی مشاهده نشود.

**زهکشی:** قبل از شروع عملیات لازم جهت به دست آوردن مشخصات مورد نظر در زمین پی، باید کلیه ابنیه فنی و زهکشی‌ها به اتمام رسیده و هرگونه احتمال خیس و مرطوب شدن بدنه خاکریزی رفع شده باشد.

**بستر روسازی:** بستر روسازی، سطح آخرین لایه متراکم شده در خاک‌ریزها، کف برش‌های خاکی و سنگی، زمین طبیعی اولیه بعد از برداشت خاک سطحی و نباتی و یا راه‌شنی موجود است که اولین لایه روسازی راه (قشر زیراساس) روی آن قرار می‌گیرد. عرض این بستر در کلیه موارد فوق برابر عرض تراز نهایی خاکریزها و کف برش‌های خاکی و سنگی



است. بستر روسازی بر حسب اینکه در برش خاکی و یا سنگی، خاکریز، مسیر موجود و یا سطح زمین طبیعی واقع شود باید به شرح زیر آماده شده و در موارد لازم با مصالح مناسب تقویت گردد.

**بستر روسازی در برش خاکی:** نوع مصالح در عمق ۳۰ سانتی‌متر زیر بستر و میزان درصد تراکم نسبی در کل این ضخامت باید طبق مشخصات فنی باشد.

**بستر روسازی در خاکریزی:** سی سانتی‌متر از خاک بستر روسازی در خاکریزی باید از نوع خاک‌های مناسب به شرح مشخصات این فصل و مشخصات فنی خصوصی بوده و در دو لایه جداگانه، هر یک به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر اجرا گردیده و تا حصول درصد تراکم نسبی مشخصه متراکم شود. چنانچه در ضخامت فوق از خاک‌های مناسب استفاده نشده و مشخصات لازم تأمین نشده باشد باید نسبت به اصلاح عملیات خارج از مشخصات اقدام شود.

**بستر روسازی در سطح راه موجود:** مصالح این بستر تا عمق ۳۰ سانتی‌متر و نیز میزان درصد تراکم آن در این عمق باید مطابق مشخصات فنی باشد و در غیر این صورت اصلاحات لازم باید به مو رد اجرا گذاشته شود. در شرایطی که این بستر هم‌تراز رویه آسفالتی راه موجود باشد، چگونگی آماده کردن بستر روسازی باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

**بستر روسازی در سطح زمین طبیعی:** چنانچه بستر روسازی در سطح زمین طبیعی (بعد از برداشت خاک سطحی و نباتی) قرار گیرد، باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر زیر تراز بستر روسازی، دارای کیفیت لازم باشد.

**راه‌های انحرافی و راه‌های اتصالی:** ساختمان راه‌های انحرافی طبق دستور دستگاه نظارت انجام خواهد گرفت و خاک‌های اضافی این نوع کارها طبق تصمیم دستگاه نظارت به مصرف خواهد رسید. پیمانکار موظف است طبق دستور دستگاه نظارت و به هزینه خود علائم و چراغ‌های چشمک زن را به منظور راهنمایی و تأمین ایمنی راه در محل‌های مناسب نصب نماید.

**کنترل سطح تمام شده:** رقوم بستر روسازی باید قبل از اجرای اولین لایه روسازی از نظر یکنواختی سطح و نیز انطباق با نیمرخ‌های طولی و عرضی کنترل شده و اختلاف آن با رقوم نظیر در نقشه‌ها از ۲۵ میلی‌متر تجاوز ننماید، ضمن آنکه شیب‌های طولی و عرضی نیز باید با نقشه‌های اجرایی مطابقت داشته باشد. ناهمواری سطح تمام شده بستر روسازی با استفاده از شمشه چهار متری در جهات عمود بر محور و موازی با محور نباید از  $\pm 20$  میلی‌متر تجاوز کند. سطوح خارج از رواداری باید به هزینه پیمانکار اصلاح شود.

**حفاظت کارهای انجام شده:** بستر روسازی تا قبل از اجرای اولین قشر روسازی باید محافظت شود تا تغییری در وضعیت شیب‌های طولی، عرضی، یکنواختی سطح و تراکم مشخصه آن در مقایسه با مشخصات و نقشه‌های اجرایی به وجود نیاید. بدیهی است که نواقص به وجود آمده ناشی از عدم محافظت پیمانکار از عملیات انجام شده باید قبل از پوشش با قشر روسازی به هزینه پیمانکار اصلاح شود.

**آزمایش‌های کنترل:** برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام شده در این فصل بایستی از مصالح مصرفی در عملیات خاکریزی، مصالح حاصل از برش‌ها و نیز اندازه‌گیری

تراکم کلیه لایه‌ها از زمین طبیعی موجود تا بستر روسازی، در حین اجرای کار و متناسب با پیشرفت آن آزمایش‌های لازم به عمل آید.

### زمین طبیعی

الف: آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی در زمین طبیعی بستر راه در فواصل حداکثر هر ۱۰۰ متر طول راه به ترتیب در وسط، چپ و راست انجام می‌شود.

ب: در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها و یا در صورت ارتفاع زیاد خاک‌ریز که بستر راه عریض می‌شود، به ازای هر ۱۵۰۰ متر مربع یک آزمایش وزن مخصوص انجام می‌شود.

پ: برای تعیین تراکم آزمایشگاهی خاک در صورت یکنواخت بودن نوع خاک بستر، هر ۵۰۰ متر طول یک آزمایش و در صورت تغییر نوع خاک، تعداد آزمایش بیشتری انجام می‌شود.

ت: برای تعیین نوع خاک زمین طبیعی بستر راه که متناسب با آن درصد تراکم نسبی مشخصه انتخاب می‌شود به ازای هر ۵۰۰ متر طول یک آزمایش دانه‌بندی و حد روانی و خمیری و در صورت تغییر نوع خاک آزمایش بیشتری انجام می‌گیرد.

### خاکریزی معمولی

الف: یک آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی در هر لایه به ازای هر ۵۰ متر طول راه به ترتیب در وسط، چپ و راست و در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها به ازای هر ۷۵۰ متر مربع در هر باند.

ب: در خاکریز پشت پل‌ها و دیوارها از هر لایه خاکریز در هر طرف دو تا چهار آزمایش وزن مخصوص انجام می‌شود.

پ: در صورتی که ارتفاع خاکریز زیاد باشد، از جمله در دره‌های عمیق، هر ۷۵۰ متر مربع یک آزمایش وزن مخصوص به عمل آید.

ت: یک آزمایش تراکم آزمایشگاهی برای خاک مصرفی در خاکریز به ازای هر ۵۰۰ متر طول و چنانچه مصالح خاکریز متغیر باشد، آزمایش بیشتری به عمل آید.

ث: برای تعیین نوع خاک درشت دانه یا ریزدانه مصرفی که متناسب با آن درصد تراکم مشخصه انتخاب می‌شود، به ازای هر ۵۰۰ متر طول یک آزمایش دانه‌بندی و در صورتی که مصالح متغیر باشد آزمایش بیشتری به عمل آید.

### بستر روسازی در خاکریزی

الف: در راه‌های اصلی به ازای ۱۰۰ متر طول، و در بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها، هر ۱۲۰۰ متر مربع در هر باند حداقل یک آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی انجام شود.

ب: یک آزمایش تراکم آزمایشگاهی برای مصالح مصرفی به ازای هر ۵۰۰ متر طول و در صورتی که کیفیت خاک متغیر باشد، آزمایش بیشتری به عمل آید.

پ: برای تعیین نوع خاک درشت دانه و یا ریزدانه که متناسب با آن درصد تراکم مشخصه انتخاب می‌شود به ازای هر ۵۰۰ متر طول یک آزمایش دانه‌بندی و در صورتی که خاک مصرفی متغیر باشد آزمایش بیشتری به عمل آید.

### بستر روسازی در خاک‌برداری

الف: در راه‌های اصلی در فواصل حداکثر ۵۰ متر به ترتیب در وسط، چپ، راست و در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها هر ۱۲۰۰ متر مربع در هر باند حداقل یک آزمایش تعیین وزن

مخصوص محلی انجام می‌شود. در صورتی که طول ترانشه کمتر از ۵۰ متر باشد برای هر ترانشه یک آزمایش انجام شود.

ب: یک آزمایش تراکم آزمایشگاهی خاک برای هر ترانشه و در صورتی که جنس خاک تغییر کند و یا طول ترانشه زیاد باشد آزمایش بیشتری به عمل آید.

پ: یک آزمایش تعیین طبقه‌بندی خاک برای هر ترانشه و در صورتی که جنس خاک متغیر بوده و یا طول ترانشه، زیاد باشد آزمایش بیشتری به عمل آید.

### بستر روسازی در زمین طبیعی

وقتی که بستر روسازی در زمین طبیعی (بعد از برداشت خاک‌های سطحی و نباتی) قرار گیرد، آزمایش‌های تعیین وزن مخصوص محلی، تراکم آزمایشگاهی و طبقه بندی خاک باید انجام شود.

سی بی آر: در صورتی که دستگاه نظارت لازم بداند به ازای هر ۵۰۰ متر تا ۱۰۰۰ متر از طول راه در راه‌های اصلی و یا در هر باند آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، یک آزمایش سی بی آر آزمایشگاهی به عمل می‌آید. نمونه آزمایشی باید معرف ضخامت حداقل حدود ۶۰ سانتی‌متر لایه خاک مورد نظر و یا مطابق دستور دستگاه نظارت باشد.

اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های خاکریز: ضخامت لایه‌های خاکریز حین آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی باید اندازه‌گیری و در برگ گزارش تراکم نسبی قید گردد. با استفاده از نیمرخ طولی و یا نیمرخ عرضی موجود باید تعداد لایه‌ها مشخص و در گزارش تعیین شود که آزمایش وزن مخصوص روی کدام لایه از لایه‌های خاکریز انجام شده است. [2]

## خلاصه

عملیات خاکی شامل کلیه کارهای لازم برای تمیز کردن بستر و حریم راه، خاک‌برداری و خاکریزی خاک، سنگ و یا سایر مصالح در مسیر و یا محدوده راه در منطقه عملیات طرح، طبق نقشه‌های اجرایی و یا برابر دستورات دستگاه نظارت می‌باشد. در این ارتباط رعایت مشخصات فنی و در نظر گرفتن عواملی از قبیل پاک کردن و ریشه‌کنی بستر و حریم راه، حفظ و حراست اقلامی که باید نگهداری شوند و روش‌های اجرایی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. همچنین باید به منابع مختلف قرضه در اجرای عملیات خاکریزی در بستر راه‌ها نیز توجه نمود.

## آزمون

- ۱- روش‌های اجرایی عملیات خاکی را توضیح دهید؟
- ۲- انواع منابع قرضه را نام ببرید؟
- ۳- در خصوص انتخاب ضخامت لایه‌های خاکریز توضیح دهید؟
- ۴- آزمایش‌های کنترل لازم در اجرای عملیات خاکی را توضیح دهید؟



## فصل چهارم

زهکشی و تخلیه آب‌های

سطحی

## اهداف

هدف از مطالعه اين فصل، آشنائي با مطالب زير است:

- ۱ آشنائي با شرايط زهكشي
- ۲ نحوه كنترل آب‌هاي سطحي در پروژه‌هاي راهسازي



## مقدمه

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

## ۴-۱. انواع زهکشی و تخلیه آب‌ها

به‌طور کلی زهکشی و تخلیه آب‌ها به دو طریق زیر انجام می‌شود:

الف- تخلیه آب‌های سطحی: این عملیات شامل انتقال، هدایت و تخلیه آب‌های سطحی ناشی از بارندگی، از پوشش نهایی راه و یا آب‌های آزاد جاری از زمین‌های بالادست و مرتفع پیرامون راه می‌باشد. در این سیستم، آب‌های سطحی را باید به سرعت به خارج از جسم راه هدایت کرد، به طوری که آب فرصت ایستادگی نیابد و با نفوذ به لایه‌های زیرسازی و روسازی به شبکه آب‌های زیرزمینی نپیوندد. تخلیه آب‌های سطحی متعارفاً توسط شیب طولی و عرضی مناسب راه همراه با احداث کانال‌های روباز تأمین می‌شود. [1,2]

ب- زهکشی آب‌های زیرزمینی: زهکشی عمیق آب‌های زیرزمینی شامل تخلیه آب‌های نفوذی به لایه‌های زیرسازی و روسازی راه است که ناشی از سه منبع اصلی زیر می‌باشد.

۱- نزولات جوی

۲- آب‌های زیرزمینی اعم از سطح ایستابی یا سطح آزاد آب جاری

۳- آب‌های ناشی از حضور چشمه‌های فعال و سطوح تراوش، در زمین‌های بالادست، مجاور و زیرین بدنه راه

## ۴-۲. مراحل عملیات تخلیه آب‌های سطحی

در این خصوص باید به مراحل زیر اشاره نمود:

الف: عملیات تخلیه آب‌های سطحی باید طبق برنامه آماده و به مورد اجرا گذاشته شود و مراقبت‌های مستمر و کافی برای انحراف جریان آب‌های ناشی از بارندگی، سیل، ذوب یخ و برف جهت حفاظت عملیات ساختمانی در حین اجرا کار و همچنین پس از پایان قطعی کارها به عمل آید.

ب: برای آنکه تخلیه آب‌ها رضایت‌بخش باشد، باید با شیب بن دی و تسطیح از تجمع آب باران یا آب‌های جاری در منطقه مورد عملیات جلوگیری به عمل آید. در اراضی شیب‌دار باید قبل از شروع عملیات خاکی ترتیب تخلیه و انحراف آب‌ها به منظور پیشگیری از فرسایش، تخریب و آسیب دیدگی ابنیه فنی راه، خاکریزی‌ها و شیب شیروانی‌ها داده شود.

ج: در حین اجرای عملیات ساختمانی، باید همواره مراقبت خاص به عمل آید تا به کانال‌ها و آبروهای موجود هیچ گونه آسیبی وارد نشود. آبروها و نهرها و سایر ابنیه زهکشی و تخلیه آب‌ها که حین یا بعد از اتمام عملیات ساختمانی به عنوان کانال‌های تخلیه آب مورد استفاده واقع خواهند شد، باید همواره پاک و تمیز نگه داشته شوند تا مانع عبور جریان آب نباشند و قبل از احداث این‌گونه آبروها و نهرها نیز باید تسهیلات کافی جهت ورود و خروج آزاد آب تأمین گردد.

د: جهت حفاظت کارهای تکمیل شده و جلوگیری از خسارت ناشی از آب باید همواره وسایل و امکانات کافی برای تخلیه آب‌ها و یا انحراف جریان آنها را پیش بینی و در موقع مناسب سریعاً آنها را مورد استفاده قرار داد. برای این کار ممکن است نهرهای تخلیه موقتی، سدها و یا کانال‌های انحرافی و یا آبروهای موقت جانبی به موازات مسیر به طریقی که دستگاه نظارت تعیین می‌کند، احداث گردد. چنانچه انحراف موقت کانال‌های آبیاری زراعی، به

تشخیص دستگاه نظارت لازم باشد، نحوه اجرا و جزئیات آن باید قبلاً پیش‌بینی و همچنین رضایت زارعین فراهم شود.

ه: خسارات وارده به کارها در اثر نفوذ آب و به دلیل عدم انجام عملیات کافی برای تخلیه آب‌های سطحی، باید به هزینه پیمانکار اصلاح شود.

### آبروهای جانبی

الف: آبروهای جانبی راه برای جمع‌آوری و تخلیه آب‌های سطحی (و زهکشی‌های عمیق) باید طبق نقشه‌های اجرایی ساخته شود. جهت افزایش ظرفیت تخلیه این آبروها باید کف آبرو را عریض‌تر انتخاب نمود. تراز کف آبروها باید از تراز بستر روسازی راه پایین‌تر باشد تا آب‌های نفوذی به لایه‌های روسازی به آبرو تخلیه شود. جهت اطمینان از جریان مطمئن و مستمر آب، شیب طولی آبروهای بدون پوشش (بتن، سنگی، آسفالتی) باید حداقل  $0/35$  درصد و با پوشش  $0/2$  درصد باشد.

ب: وقتی که شیب زمین‌های اطراف به طرف بدنه خاکریز راه باشد، آبروهای جانبی باید در پای خاکریز احداث شود. اگر ارتفاع خاکریز کمتر از ۳ متر باشد، آبرو را می‌توان در مجاورت پای خاکریز و کمی دورتر از آن و به عمق حداقل ۳۰ سانتی‌متر تعبیه نمود. در خاکریزهای به ارتفاع بیشتر از ۳ متر و جریان شدید آب، آبرو باید از پای خاکریز حداقل ۳ متر فاصله داشته باشد.

ج: در حالتی که شیب زمین‌های اطراف به طرف بدنه خاکریز راه بوده ولی شیب طولی راه برای تخلیه آب توسط آبروها کافی نباشد، در بالادست راه کانال‌هایی با زاویه مناسب نسبت به محور راه باید احداث شود به نحوی که شیب لازم برای جریان طبیعی آب را تأمین نماید. این کانال‌ها در بالادست با اتصال به یکدیگر رأس مثلثی را تشکیل داده و در انتها آب را به

داخل پل ها و آبروهای ساخته شده در خاکریز هدایت می‌نماید. خاک حاصل از خاک‌برداری این کانال‌ها در پایین دست و در امتداد و مجاورت کانال به صورت دیوارهای برای بهره‌وری بیشتر از کانال‌های مزبور ریشه می‌گردد.

د: در صورتی که آبروهای کوهی به تشخیص دستگاه نظارت ضروری باشد این قبیل آبروها باید در بالادست راه طبق نقشه ساخته شود. اگر راه از مقطعی که شیب عرضی زیاد دارد عبور نماید. آبروهای مذکور باید قبل از عملیات خاکی و برای اجتناب از تجمع آب در زیر بدنه راه و جلوگیری از لغزش، احداث شود و خاک‌برداری حاصله از آبرو در پایین دست آن به قسمی ریشه شود تا سکویی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از لبه کانال تا پای ریشه ایجاد گردد. بدیهی است که قبل از شروع عملیات خاکی باید ترتیب تخلیه آب از این آبروها فراهم گردد [2,5].

### زهکشی و تخلیه آب‌های میانه راه

در آزادراه‌ها و راه‌های با چند خط عبور، با جزیره میانی (میانه) و بدون پوشش آسفالتی یا بتنی، بایستی با مناسب‌ترین روش آب‌های نفوذی ناشی از نزولات جوی در میانه راه و در طول آن را جمع‌آوری و از طریق آبروها و پل‌های موجود و یا احداث آبرو طولی که تراز کف آن به اندازه کافی پایین‌تر از بستر روسازی باشد و یا روش‌های دیگر از جسم راه و روسازی دور کرد. در صورتی که احداث جزیره بالاتر از سطح بستر روسازی راه اجتناب‌ناپذیر باشد بر حسب مورد باید برای تخلیه آب راه حل مناسب انتخاب گردد. در موارد تعریض راه موجود با احداث جزیره میانی، مناسب‌تر آن است که آب‌های سطحی جمع شده در میانه راه، از بخش تعریض شده به خارج تخلیه گردد تا نیازی به تخریب و حفاری راه موجود برای ساخت کانال‌های طولی و عرضی زهکشی نباشد.

### تخلیه آب‌های سطحی در خاکریزهای بلند

در مناطقی که شدت بارندگی زیاد یا نوع خاک مصرفی در خاکریز از چسبندگی کم برخوردار است و یا در مناطق فاقد پوشش گیاهی، برای جلوگیری از آب شستگی و ایجاد شیار در شیروانی راه باید نسبت به اجرای جدول در کنار شانه آسفالتی و در حاشیه راه و نیز آبرو بتنی عرضی روی شیروانی راه و در فواصل معین، متناسب با سرعت و مقدار آب، اقدام شود.

الف: جمع‌آوری آب‌ها: آب‌های جاری در آبروهای جانبی راه و سایر انهار فرعی و اصلی را باید مستقیماً به آبروهای طبیعی و یا رودخانه‌ها تخلیه کرد و یا آبروهای اختصاصی برای آنها احداث نمود تا آب‌ها را به خارج از حریم راه منتقل نماید.

### رودخانه ها و آبروها

پاک کردن، حفاری و کلیه عملیات لازم به منظور تنظیم یا انحراف مسیر آبروها و رودخانه‌ها باید طبق دستور دستگاه نظارت انجام گیرد. در محل‌هایی که دستگاه نظارت تعیین می‌کند، باید از تغییر مسیر یا انحراف کانال‌های موجود آب یا رودخانه‌ها مقاطع عرضی تهیه شود و سپس روی این مقاطع جزئیات عملیات خاک‌برداری جهت تغییر جریان آب ترسیم گردد. انجام این گونه کارها قبل از تصویب دستگاه نظارت مجاز نیست.

### آبروهای لوله‌ای بتنی پیش‌ساخته

لوله‌های بتنی ساده و یا مسلح مورد مصرف در آبروها را می‌توان در کارخانه و یا در محل با وسایل ماشینی مخصوص این کار به طور پیش‌ساخته تهیه نمود. به طور کلی لوله‌های با

قطر کمتر از ۶۰ سانتی‌متر غیر مسلح و لوله‌های با قطر بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر از بتن مسلح ساخته می‌شود.

**آبروهای تاوه‌ای:** آبروهای تاوه‌ای شامل تاوه‌های پیش ساخته مسلح و یا ریخته شده در محل (درجا) می‌باشد. اندازه این نوع آبروها باید با اندازه‌های مشخص شده در نقشه‌ها برابری نماید. بتن مصرفی در دال‌ها از طبقه یک ولی نوع بتن دیوارها باید در مشخصات خصوصی تصریح گردد.

**آبروهای بتنی غیر مدور و آبروهای فلزی:** علاوه بر لوله‌های مدور بتنی و آبروهای تاوه‌ای که شرح داده شده انواع متفاوت لوله‌های فلزی و بتنی دیگر را با مشخصات زیر می‌توان تهیه و مورد استفاده قرار داد. انتخاب هریک از لوله‌های فوق و یا انواع دیگر مندرج در مشخصات آستو در هر پروژه باید با شرح کامل عملیات آماده کردن محل آبرو، نصب، خاک‌ریزی در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

### پی کنی آبروها و لوله‌ها

الف: پی کنی آبروها و لوله‌ها باید طبق اندازه‌های تعیین شده در نقشه‌ها و برابر دستور دستگاه نظارت انجام گیرد. پی کنی‌ها باید به عرضی باشد که سهولت کار را فراهم و از لحاظ عملیات ساختمانی مقرون به صرفه باشد. پی کنی در بستر زیرین آبروها و لوله‌ها باید با دقت کامل و منطبق با تراز مشخص شده در نقشه و در خاک بکر و دست نخورده در سراسر طول آبرو، انجام گیرد. در صورتی که تراز قسمت زیرین پایین تر از حدود مورد نظر بوده و یا بستر با شیب صحیح شکل نگرفته باشد، باید آن را مصالح بنایی و یا بتن ضعیف اصلاح نمود.

ب: چنانچه بستر زیرین لوله از خاک نامناسب و سست تشکیل شده باشد تعویض آن با مصالح قابل قبول تا عمق لازم فقط به دستور دستگاه نظارت باید انجام گیرد .

ج: در برش‌های سنگی یا دجی برای لوله‌گذاری باید کف بستر تا ۱۵ سانتی‌متر پایین‌تر از قسمت تحتانی لوله کنده شده و سپس با ماسه و یا شن (نوع مصالح مصرفی در بتن) پر و متراکم گردد.

د: در پی‌کنی آبروها و لوله‌ها هرگاه لازم باشد و دستگاه نظارت تشخیص دهد، باید اقدام به سپرکوبی، حایل‌بندی و تلمبه‌زنی نمود و پس از خاتمه کار این حایل‌ها و پشت‌بندها را از محل کار خارج کرد. بدون موافقت دستگاه نظارت این حایل‌ها و پشت‌بندها نباید بعد از پی‌ریزی در پی‌ها باقی بماند.

### نصب لوله‌ها

الف: لوله‌های بتنی باید با خط و شیب صحیح مندرج در نقشه در روی کف آماده شده و بستر هموار و مستحکم، نصب شود. زبانه هر لوله باید در شیار لوله مجاور قرار گیرد و کلیه لوله‌های نصب شده در تمام طول آبرو باید دقیقاً متحدالمرکز باشند. درز بین دو لوله ۱ به منظور هدایت آب به داخل لوله باید با مصالح فیلتر روی آن، پر گردد. در صورتی که از لوله‌های مشبک استفاده شود و یا آب‌های جمع‌آوری شده از طریق داکت‌ها در لوله باید هدایت و دفع شود، درز لوله‌ها را باید با ملات مسدود کرد و سپس اطراف لوله را با مصالح زهکشی پر نمود.

ب: چاهک و چاه‌های بازدید باید طبق دستورات دستگاه نظارت و نقشه‌های اجرایی با بتن درجا در محل ساخته شوند و انتهای کلیه لوله‌ها باید در برابر نقشه در بتن قرار داده شود و با ملات سیمانی نوع یک اندود گردد.

پ: در محل‌هایی که روی نقشه‌های اجرایی نشان داده شده و یا نقاطی که دستگاه نظارت تعیین می‌کند، لوله‌ها باید برابر ابعاد و انداز‌هایی که مشخص شده با بتن محصور گردد. در اجرای این کارها باید دقت کافی مبذول شود که بتن در زیر و اطراف لوله‌ها پر شده و بستری مسطح و مستحکم به وجود آید. بتن را باید با احتیاط کامل روی لوله‌ها ریخت. سطح فوقانی بتن باید با شمشه تسطیح و پرداخت گردد.

**خاکریزی فضای خالی اطراف لوله‌ها و آبروها:** پر کردن فضای خالی اطراف لوله‌ها و یا دیوارهای آبروها باید بعد از پاک کردن کامل درون لوله‌ها و آبروها و طرفین دیوارها از مصالح اضافی و بازدید و تأیید دستگاه نظارت انجام گیرد. این فضای خالی باید در لایه‌هایی به ضخامت حداکثر ۱۵ سانتی‌متر با مصالح مناسب یا مصالح منتخب و یا مصالح ویژه از نوع زه‌های سنگی یا خرده سنگی (مصالح زهکش) که دانه‌بندی آنها در نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی خصوصی تعیین شده باشد، پر شود. لایه‌های خاکریز اولیه روی لوله‌ها باید عاری از سنگ و کلوخه بوده و مصالح روی لوله‌ها پرتاب نشود. تراکم نسبی خاکریزی‌ها باید طبق روش آشتو T180 طبقه D حداقل ۹۵ درصد باشد، مگر آنکه در مشخصات فنی خصوصی رقم دیگری برای آن تصریح گردد.

عملیات خاکریزی و کوبیدن باید به طریقی صورت گیرد که تراز طرفین آبروها و لوله‌ها در هر لحظه یکسان بوده و به لوله‌ها و دیوارها در حین انجام کارها آسیبی وارد نشود. قطعات سپرها و حایل‌ها نباید در محل کار باقی بماند، ولی برای پر کردن محل‌هایی که در آن سپرکوبی و حایل‌بندی به کار رفته باید طوری ترتیب داده شود تا در حین کوبیدن مصالح، از ریزش کناره‌ها جلوگیری به عمل آید.



### ۴-۳. زهکشی عمیق و زیرزمینی

در زهکشی عمیق، تخلیه آب‌های نفوذی به ساختمان راه از طریق احداث زهکشی‌های باز و یا بسته با لوله و یا بدون لوله‌های زهکشی (سفال - سیمانی و سوراخ‌دار)، زمین پارچه‌ها در محل‌هایی که در نقشه‌های اجرایی نشان داده شد و یا در مواردی که دستگاه نظارت تعیین می‌کند، انجام می‌گیرد. کنترل سه منبع اصلی آب‌های نفوذی شامل آب‌های سطحی ناشی از نزولات جوی، آب‌های زیرزمینی و آب‌های تراوشی هدف عمده زهکشی عمیق است. [2]

### ۴-۳-۱. کنترل و تخلیه آب‌های سطحی

الف: آب‌های سطحی نفوذی به لایه‌های زیرسازی، معمولاً به وسیله مصالح زیر اساس با خاصیت زهکشی مناسب و در صورت لزوم با دانه بندی باز باید مهار شده و به آبروهای جانبی راه تخلیه شود.

ب: برای تسریع عمل تخلیه و جلوگیری از ایستایی، بستر روسازی راه باید کاملاً هموار و مسطح و بدون نقاط فرود و فراز و منطبق با شیب عرضی نقشه‌های اجرایی ساخته شده و شکل یافته باشد. گاهی اوقات با افزودن به شیب عرضی راه نیز می‌توان ظرفیت تخلیه آب را بالا برد.

پ: برای آنکه آب‌های نفوذی قبل از رسیدن به خاک لایه‌های زیرسازی به آبروهای جانبی تخلیه شود و یا میزان جذب آنها در این لایه‌ها به حداقل کاهش یابد، بستر روسازی راه را در صورت لزوم با پوششی از زیراساس سیمانی و یا آسفالتی، آسفالت سطحی، نوارهای عریض پیش ساخته قیری، اندود قیری و یا مصالح قابل قبول دیگر غیر قابل نفوذ می‌کنند. مشروط بر آنکه جهت تخلیه و خروج سریع آب از این بستر تمهیدات کافی فراهم شده باشد.

در صورت استفاده از این روش، نوع پوشش مصرفی در هر پروژه و نحوه اجرای عملیات باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

#### ۴-۳-۲. کنترل و تخلیه آب‌های تراوشی

کنترل و تخلیه آب‌های تراوشی به ساختمان راه به روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

الف: اگر افق تراوش کم عمق بوده و در فاصله نیم تا یک متری رویه نهایی راه قرار گرفته باشد روش کار این است که در جهت جریان آب‌های تراوشی و در کنار راه و متصل به آن باید یک نهر عمودی حایل برای زهکشی و تخلیه آب‌ها ۱ تا بستر لایه غیر قابل نفوذ حفر کرد و در کف آن لوله‌های زهکشی را قرار داد و روی آن را تا ارتفاع معین با مصالح زهکشی پر نمود.

ب: چنانچه افق تراوش گسترده و عمیق بوده و فاصله رویه نهایی راه تا لایه غیر قابل نفوذ زیاد باشد، زهکش حایل را تا عمقی باید حفر کرد که بعد از تخلیه آب‌های تراوشی، سطح ایستابی در فاصله حداقل ۱/۲ متری رویه نهایی راه و یا بیشتر از آن تثبیت و نگهداری شود.

ج: چنانچه فشار جریان آب‌های تراوشی (یا زیرزمینی و یا هر دو) از پایین به بالا زیاد باشد و برای تخلیه این آب‌ها، از مصالح زیراساس و یا اساس با ضریب آب‌گذرانی مناسب استفاده نشده باشد می‌توان بستر روسازی را در تمام عرض راه توسط یک لایه زهکش به ضخامت حداقل ۱۰ سانتی‌متر (در صورت لزوم با دو لایه) ضمن احداث نهر طولی که لوله‌های زهکشی هم در آن نصب شده باشد، از لایه‌های روسازی جدا کرد. کیفیت مصالح مصرفی در زهکشی عمیق و زیرزمینی، نقش اساسی در بهره‌دهی دراز مدت تأسیسات زهکشی ایفاد می‌کند و به طور کلی باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

الف: از نظر شیمیایی و فیزیکی، در شرایط محیطی پروژه مقاوم و بادوام باشند.

ب: مقاومت کافی سازه‌ای در برابر بارهای وارده و تغییر شکل‌های ناشی از آن را داشته باشند.

ج: با آیین‌نامه‌های مندرج در این فصل منطبق باشند.

د: در ابعاد و اندازه‌هایی طراحی شوند تا بتوانند حجم آب مورد نظر و محاسبه شده در طرح را جمع‌آوری و تخلیه کنند.

مصالح اصلی که در سیستم زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- مصالح دانه‌ای

- زمین پارچه‌ها

- لوله‌های زهکشی زیر زمینی و جمع‌کننده‌ها

- مصالح دانه‌ای

عملکرد مصالح دانه‌ای در سیستم زهکشی زیرزمینی شامل موارد زیر است:

الف: جمع‌آوری آبی که از سیستم عبور می‌کند و ذخیره کردن موقت آن در داخل لایه‌های روسازی.

ب: جلوگیری از فرار و انتقال مواد ریزدانه خاک پایه (خاکی که باید زهکشی شود)، از جمله بستر روسازی، زیراساس و اساس به داخل مصالح زهکش

ج: تخلیه و خارج کردن آب به عنوان یکی از عملکردهای اصلی فرایند زهکشی برای اینکه الزامات فوق قابل اجرا باشد. مصالح دانه‌ای باید تابع معیارهای معینی از نظر دانه بندی، تراوایی، مقاومت در برابر دوره‌های متناوب یخبندان - ذوب و واکنش‌های شیمیایی مضره بوده و از سنگدانه‌های سخت، بادوام و مستحکم تشکیل شده باشند. در صورت مصرف ماسه از نوع ماسه بتنی، به عنوان مصالح زهکشی نباید از ماسه حاصل از سنگ شکسته کربناتی که به تدریج در آب حل می‌شود استفاده نمود.

**زمین پارچه‌ها:** زمین پارچه‌ها به عنوان یک پوشش درونی و یا بیرونی در سیستم چند لایه‌ای مصالح دانه‌ای در سیستم زهکشی و همچنین وقتی که فقط استفاده از یک نوع مصالح سنگی دانه‌بندی شده نمی‌تواند الزامات طراح را به طور مؤثری در فرآیند زهکشی دراز مدت تأمین کند، به عنوان فیلتر یا صافی که از حرکت ذرات معلق خاک پایه جلوگیری می‌نماید، مصرف می‌شوند.

زمین پارچه‌ها باید الیاف مقاوم و بادوام پلیمری مانند پلی استر، پلی پروپیلن به شکل بافته یا نبافته تهیه شده و کلاً فاقد هر نوع روکش و یا اندودی که موجب تغییر خواص فیزیکی و عملکرد مناسب تراوایی آنها می‌شود، باشد.

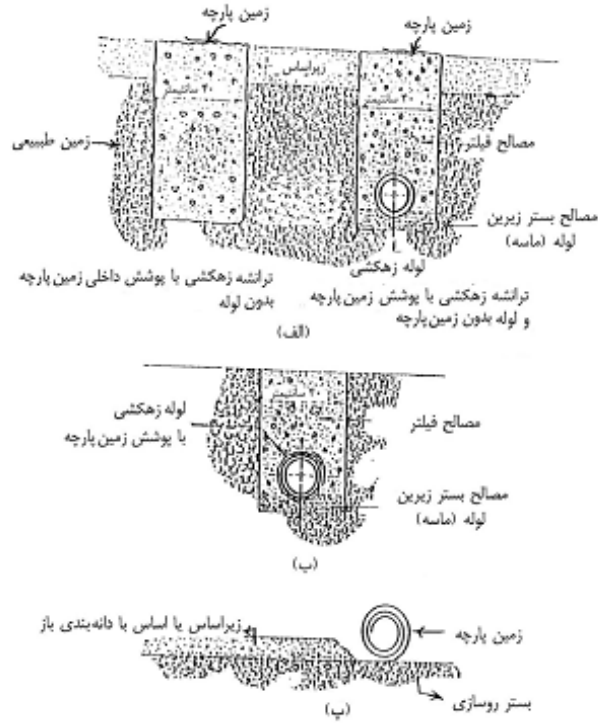
زمین پارچه‌ها باید از استحکام کافی برخوردار بوده و دستورالعمل‌های سازنده آنها به منظور حفاظت و جلوگیری از آسیب دیدگی‌های وارده به آنها در جریان جابجایی و نقل و انتقال، رعایت شود. زمین پارچه‌ها هیچ گاه نباید در معرض مستقیم آفتاب و اشعه ماوراء بنفش و دمای بیش از ۶۰ درجه سانتی‌گراد، گرد و غبار، گل و خاشاک که کلاً موجب تغییر خواص فیزیکی و مقاومتی و دوام آنها می‌شود قرار گیرند.

قطر سوراخ‌های زمین پارچه باید به اندازه‌ای باشد تا از حرکت ذرات ریز و معلق خاک پایه و در نتیجه فرسایش آن جلوگیری نموده و در عین حال مساحت سطوح باز و یا سوراخ‌های آنها برای عبور مقدار آب پیش‌بینی شده در طرح به قدر کافی باشد تا به عنوان سد یا حایلی عمل نکند که خاصیت تراوایی زمین پارچه از تراوایی خاک پایه کمتر شود.

لوله‌های زهکشی زیرزمینی: این لوله‌ها به عنوان عامل انتقال‌دهنده و خارج کننده آب از سیستم عمل می‌کنند و در انواع مختلف سفالی، فلزی، پلاستیکی، سیمانی و به اشکال مشبک متخلخل، موجدار و ساده ساخته می‌شوند. لوله‌ها باید دارای مقاومت کافی بوده و در شرایط محیطی و شیمیایی محل پروژه از جمله در برابر املاح موجود در خاک و آب،

خورندگی و یخبندان از دوام کافی برخوردار باشند. قطر لوله‌ها، ابعاد و اندازه سوراخ‌ها و نیز عرض شکاف و درز اتصال آنها باید به گونه‌ای باشد که میزان آبی که باید از آنها عبور کند متناسب بوده و علاوه بر آن سنگدانه‌های فیلتر روی لوله‌ها به داخل سوراخ‌ها منتقل نشوند. داکت‌ها نیز که برای حفاظت محل خروجی آب در مقابل خسارات احتمالی وارده عمل می‌کنند باید در برابر کلیه شرایط و تأثیرات محیطی و نیز بار وارده به آنها در دوره نگهداری محافظت شده و مقاومت لازم را داشته باشند. وقتی که از لوله‌های پلاستیک برای داکت‌ها استفاده می‌شود باید از تأثیر مستقیم تابش آفتاب و اشعه ماوراء بنفش، کاملاً حفاظت شوند. برای آنکه سیستم زهکشی بتواند در دراز مدت با بهره‌دهی موثر و مفید عمل کند، باید به گونه‌ای طراحی شود که جریان جمع آوری و تخلیه آب بدون انتقال و فرار و جابجایی ذرات ریزدانه از خاک پایه و یا مصالح سنگدانه‌ای، به داخل هر یک از مواد و مصالح زهکشی و بدون افت مجاز بار آبی، ادامه یابد. [5,13]

اتمام کارهای تخلیه آب‌ها و زهکشی: تمام کارهای مربوط به تخلیه آب‌های سطحی و زهکشی عمقی باید حتی‌المقدور قبل از شروع عملیات خاکی انجام گیرد و چنانچه حین انجام کارهای خاکی و غلتک زنی و یا به دلایل دیگر خسارتی به لوله‌ها وارده شود، پیمانکار باید به هزینه خود نسبت به تعویض یا تعمیر لوله‌های مزبور اقدام نماید.



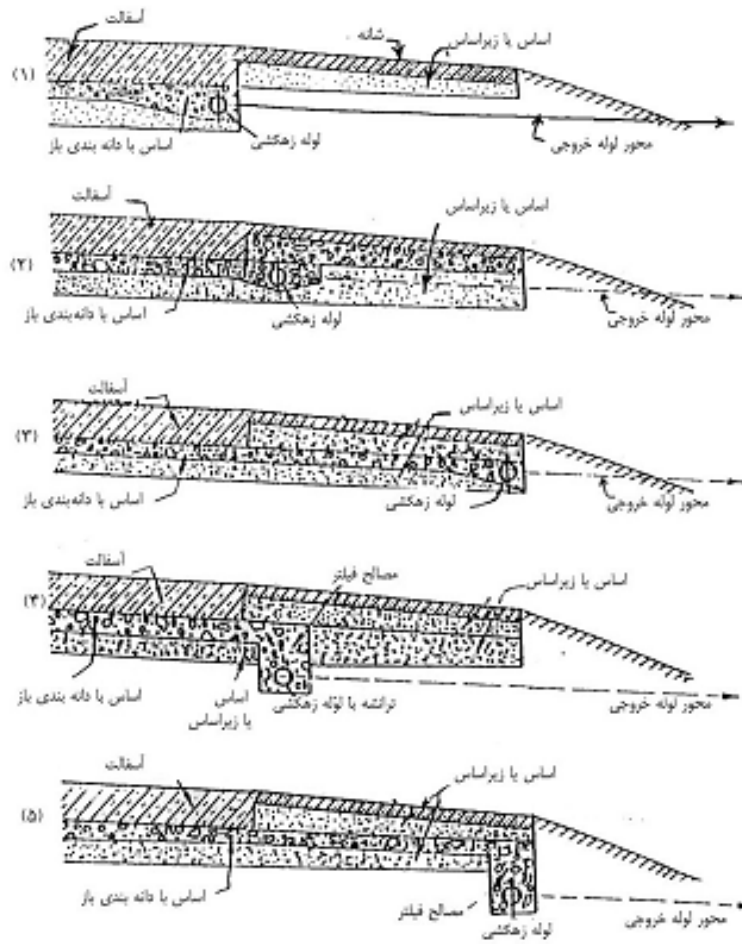
شکل ۴-۱ کاربرد زمین پارچه برای زهکشی لایه های زیرزمینی

نگهداری ابنیه زهکشی: بازدید مستمر و تمیز نگهداشتن لوله‌ها، کانال‌های آب، چاه‌ها و انهار باز و بسته و کلیه ابنیه زهکشی تا تحویل موقت به عهده و به هزینه پیمانکار است. اشکال زیر موید این مطلب می باشند.

الف: زمین پارچه برای پوشش داخلی ترانسه زهکشی

ب: زمین پارچه برای پوشش لوله زهکشی

پ: زمین پارچه برای پوشش بستر روسازی (زیرلایه زیراساس یا اساس با دانه‌بندی باز)



شکل ۴-۲. طرح‌های مختلف تیپ زهکشی

## خلاصه

زهكشی و تخلیه آب شامل احداث نهرها، آبروهای باز و یا بسته، لوله گذاری‌های سطحی و زیرزمینی، مصرف زه‌های سنگی و یا خرده سنگی، انحراف، تنظیم و کنترل جریان آب انهار و رودخانه‌ها و اجرای سایر کارهای تکمیلی، طبق نقشه‌های اجرایی و دستورات دستگاه نظارت می‌باشد. به‌طور کلی زهكشی و تخلیه آب‌ها به دو طریق زهكشی آب‌های سطحی و عمیق صورت می‌پذیرد که چگونگی هر یک از روش‌ها تابع عوامل مختلفی می‌باشند.

## آزمون

- ۱- روش‌های کنترل و تخلیه آب‌های تراوشی به ساختمان راه را نام ببرید؟
- ۲- مراحل زهكشی عمیق را توضیح دهید؟
- ۳- مصالح اصلی که در سیستم زهكشی مورد استفاده قرار می‌گیرند را ذکر کنید؟
- ۴- مراحل عملیات تخلیه آب‌های سطحی را شرح دهید؟





## فصل پنجم

ماشین آلات عمرانی

## اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر است:

۱ ماشین‌آلات مختلف عمرانی و کاربردهای آنها

## مقدمه

انجام پروژه‌های صنعت ساخت به خصوص پروژه‌های بزرگ نظیر سد، راه، سیستم‌های انتقال آب، ساختمان و بسیاری دیگر از پروژه‌های عظیم در عصر حاضر با تحولات بی‌سابقه‌ای مواجه بوده است. شناخت انواع روش‌های مختلف اجرای پروژه و انواع ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن این صنعت و نحوه صحیح انتخاب و استفاده از آنها، می‌تواند نقش موثری در موفقیت طرح‌ها و پروژه‌ها داشته باشد. همچنین می‌توان ادعا کرد قسمت عمده‌ای از هزینه پروژه‌ها مربوط به ماشین‌آلات و تجهیزات می‌باشد. از این رو یکی از عوامل مهم در انجام موفق طرح‌ها و پروژه‌ها نقش ماشین‌آلات و تجهیزات و به تبع آن نحوه انتخاب و مدیریت صحیح آنها می‌باشد. با این حال در دنیا چه از نظر مباحث نظری و چه عملی (کارگاهی) اطلاعات جامع و کاملی در مورد تمام ماشین‌آلات و تجهیزات که پوشش دهنده مباحث مربوط به معرفی کامل، موارد استعمال، انواع، مشخصات فنی، نحوه انتخاب مناسب، سرویس و نگهداری، ایمنی و سایر موارد مربوط به آنها باشد وجود نداشته و تنها چند مرجع آن هم با تکیه بیشتر در مورد ماشین‌آلات مربوط به عملیات خاکی وجود دارد. در این فصل به معرفی ماشین‌آلات ساختمانی و راهسازی مختلف و کاربرد آنها پرداخته می‌شود [3].

## ۵-۱. لودر

لودرها به‌طور وسیعی در کارهای ساختمانی برای حمل توده مواد (نظیر خاک و سنگ)، بارگیری کامیون‌ها، خاک‌برداری، حفاری و گاهی تسطیح (به عنوان بولدوزر) و غیره به کار گرفته می‌شوند. بر خلاف اسکرپرها که به‌طور همزمان برای بارگیری و حمل استفاده می‌شوند، لودرها همواره باید به همراه ماشین‌های انتقال دهنده مانند کامیون‌ها به کار گرفته

شوند. به طور کلی لودرها قادرند کارهای مختلفی را که در چهار دسته زیر خلاصه می‌شود، انجام دهند:

الف- بارگیری ماشین‌آلات حمل مواد خاکی : با لودر می‌توان مواد خاکی نظیر شن، خاک معمولی، سنگ شکسته، پس ماند کارخانجات و واحدهای صنعتی و غیره را داخل کامیون و سایر وسایل باربر ریخته و آنها را پر کرد.

ب- بلند کردن بار و انتقال آن : در کارهای ساختمانی با لودر می‌توان مصالح بنایی از قبیل آجر، بلوک بتنی پیش‌ساخته و غیره را در محوطه کارگاه حمل و جابجا نمود.

ج- خاک‌برداری: این ماشین در کارهای خاک‌برداری ساختمان‌ها به خصوص گودبرداری خاک‌های سست تا متوسط بسیار سودمند تشخیص داده شده است، زیرا کندن و جابجا کردن خاک و انباشته و بارگیری کردن آن با لودر سریع‌تر از سایر ماشین‌آلات صورت می‌گیرد.

د- تمیز کردن قشر سطحی زمین کارگاه : در زمین‌هایی که جنس آن زیاد سخت نبوده و تا حدودی نرم باشد، از لودر برای کندن و تمیز کردن محل کار استفاده می‌کنند.

لودرها را می‌توان بر حسب حجم داخل جام و همچنین وزنی که می‌توانند بلند کنند، تقسی مبنی کرد. لودرها دارای جام‌هایی به ظرفیت  $0/6$  متر مکعب تا  $20$  متر مکعب بر اساس استاندارد SAE و  $0/75$  تا  $3/5$  متر مکعب برای چرخ زنجیری و  $0/15$  تا  $15$  متر مکعب برای چرخ لاستیکی می‌باشند. اما آنچه بیشتر مورد استفاده قرار گرفته و رایج می‌باشد، لودر با ظرفیت جام  $0/76$  تا  $4$  متر مکعب می‌باشد. توان لودرها معمولاً از  $50$  تا  $1250$  اسب بخار متغیر است که این محدوده بر حسب کیلووات (KW) از  $35$  تا  $935$  تغییر می‌کند. اصولاً دو نوع لودر نصب شده روی تراکتور وجود دارد: [3,9,10]

۱- لودر چرخ زنجیری

## ۲- لودر چرخ لاستیکی



شکل ۵-۱: لودر چرخ زنجیری

لودرهای چرخ زنجیری مزایایی نظیر مانور خوب و قدرت کشش زیاد در زمین‌های نرم و ناهموار را دارا می‌باشند. عملکرد این دستگاه‌ها در روی زمین‌های سنگلاخی نسبت به نوع چرخ لاستیکی که به شدت ممکن است آسیب ببینند بسیار مناسب می‌باشد. همچنین این نوع ماشین‌ها طراحی مناسبی برای مانور در محیط‌های محدود دارند. نقل و انتقال این لودرها بین پروژه‌های مختلف، نیازمند تریلر می‌باشد.

لودرهای چرخ لاستیکی دارای سرعت بالاتری نسبت به لودرهای چرخ زنجیری بوده و بسیار بهتر از آنها در زمین‌های سفت عمل می‌کنند. آنها می‌توانند در راه‌های ساخته شده حرکت و در فواصل نسبتاً کوتاه بدون نیاز به تریلر انتقال یابند. از جهت اندازه انواع گسترده‌تری نسبت به لودرهای چرخ زنجیری دارند و از این رو می‌توانند سازگارتر با نیازها انتخاب شوند و همچنین هزینه نگهداری آنها در زمین‌های مرطوب و خاک‌های ماسه‌ای که خاصیت ساینده برای لودرهای چرخ زنجیری دارند، کمتر می‌باشد. همچنین در زمین‌های مرطوب اگر نوع زنجیر لودر مناسب نباشد در اثر چسبندگی خاک به زنجیر، راندمان آن پایین می‌آید. لودرهای چرخ لاستیکی قدرت کشش کمتری نسبت به لودرهای چرخ

زنجیری هم وزن خود دارا بوده و در نتیجه قدرت مفید آنها در کندن خاک‌ها و بالا رفتن یا پایین آمدن از شیب‌ها محدود می‌باشد. همچنین ظرفیت باربرداری آنها در زمین‌های با تلاقی نسبت به نوع چرخ زنجیری، کاهش چشمگیری می‌نماید.

دستگاه‌های نوع چرخ لاستیکی که بر روی تراکتور کمرشکن نصب می‌شوند، می‌توانند مشخصات فرمان‌پذیری مطلوبی در جای کم داشته باشد. کمرشکن بودن لودر اجازه گرفتن زاویه‌ای تا 35 درجه در صفحه افقی محور ماشین بین دو قسمت اصلی ماشین را فراهم می‌کند [3,9,10].



شکل ۵-۲: لودر چرخ لاستیکی

### قسمت‌های اصلی ماشین

لودرها به‌طور کلی شامل قسمت‌های زیر می‌باشند:

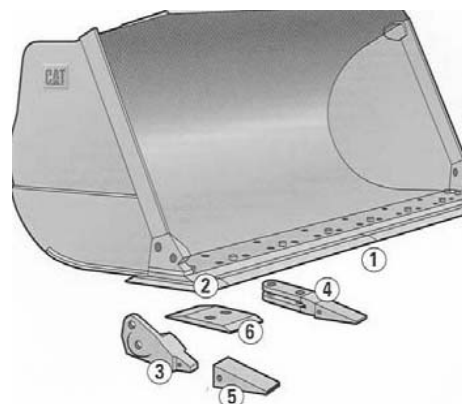
- ۱- موتور
- ۲- شاسی
- ۳- سیستم هیدرولیک

#### ۴- جام

انواع جام‌ها و دندان‌های آنها در ادامه معرفی می‌گردد.

■ جام یونیورسال: این نوع جام مجهز به دندان‌هایی می‌باشد که قابلیت نفوذ به توده خاک را افزایش داده و عمل پرکردن جام و همچنین سیکل بارگیری را سریع‌تر می‌نماید. این نوع جام‌ها در اندازه‌های مختلفی وجود دارند و در انواع خاک به‌جز خاک‌های سنگی قابل استفاده می‌باشند. تمامی جام‌ها مجهز به صفحه‌هایی در زیر و کناره‌ها می‌باشند که باعث محافظت و افزایش طول عمر جام می‌شوند.

به منظور دست یافتن به معیارهای مختلف کاربردی، جام‌های یونیورسال در شکل‌های مختلفی ساخته شده‌اند. (مانند لبه گرد، به منظور بهبود حفظ سنگدانه‌ها) در این نوع جام یک لبه کناری مازاد به انتهای کف جام جوش داده شده تا کف جلویی جام با قسمت انتهایی جام در یک تراز قرار بگیرند و بتواند در صورت لزوم یک سطح صاف و مناسب را ایجاد نمایند.



شکل ۵-۳: یک نمونه جام یونیورسال

■ جام حفاری عمومی: این نام گذاری از آنجاست که این جام برای اغلب حفاری‌ها مناسب است. مفصل جام بخشی از سازه بوده و تا زیر جام کشیده شده است، لبه برشی این ساختار به منظور تحمل نیروهای فشاری و پیچشی طراحی گردیده و قسمت‌های تحتانی و کناری جام با قطعاتی قابل تعویض تقویت و محافظت شده است تا به این ترتیب هم به عمر جام افزوده شود و هم قابلیت حمل کردن سخت‌ترین خاک‌ها را ایجاد نماید.

■ جام صخره‌کنی: این نوع جام برای حفاری در زمین‌های سخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. لبه جام طوری طراحی شده که نفوذ در خاک‌های سخت را ساده‌تر می‌کند.

اجزاء ضمیمه شونده جام‌ها

۱- لبه برش

۲- تیغه کناری (انتهایی)

۳- مبدل و رابط کناری به منظور جلوگیری از تغییر مکان

۴- تیغه برش وسط

۵- تیغه برش کناری

۱. دندان‌های نفوذی: از این دندان‌ها در مواد متراکم شده بر اثر وزن خود، مانند رس‌ها استفاده می‌شود. نفوذ زیاد و خود تیز شوندگی از ویژگی‌های این دندان‌ها است.

۲. دندان‌های کوتاه: این نوع دندان‌ها بسیار قوی هستند و در مصالح بسیار سخت مانند صخره‌ها استفاده می‌شوند.

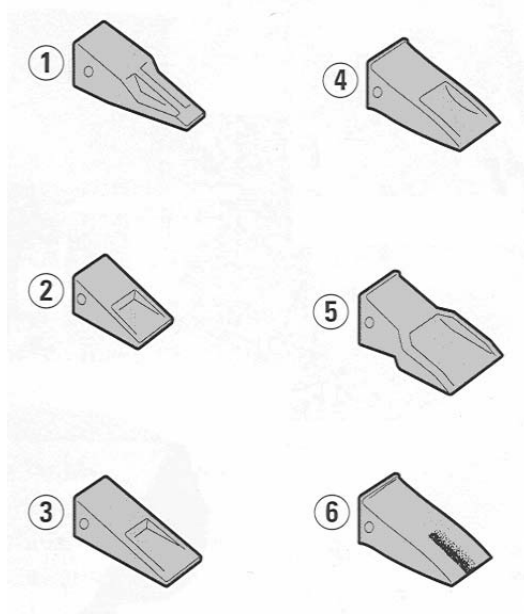
۳. دندان‌های دراز: این دندان‌ها در مصالحی استفاده می‌شوند که امکان شکسته شدن دندان‌ها وجود نداشته باشد.

۴. دندان‌های دراز کارهای سنگین: این دندان‌ها در حفاری‌های معمولی استفاده نمی‌شوند.



۵. دندانه‌های سایشی کارهای سنگین: این دندانه‌ها در خاک‌برداری ماسه، شن و سنگ‌های تیز گوشه مورد استفاده قرار گرفته و بسیار با دوام می‌باشند.

۶. دندانه‌های کارهای سنگین و با دوام: این دندانه‌ها برای نفوذ در خاک‌های با تراکم کم و متوسط مناسب بوده و با دوام بسیار زیاد طراحی شده است.



شکل ۴-۵: انواع دندانه‌های جام

فشار وارد بر زمین توسط لاستیک‌ها با تغییر میزان باد لاستیک قابل تغییر بوده، ولی به هر حال کارکردن توسط این لودرها در زمین‌های خیس و گل‌آلود به علت ایجاد فشار زیاد مشکل می‌باشد. البته زنجیرهای سیمی مخصوص جهت حفاظت لاستیک‌ها وجود دارد که می‌توان برای ازدیاد اصطکاک لاستیک‌ها آنها را به کار برد.

همچنین در زمین‌های سنگلاخی با سنگ‌های تیز گوشه امکان آسیب‌پذیری لاستیک‌ها وجود دارد. البته نوع جدیدی از لاستیک‌ها با عاج‌های خیلی ضخیم تولید شده‌اند که امکان

کار در مناطق سنگلاخی را فراهم می‌آورند. لودرهای چرخ لاستیکی قدرت کشش کمتری نسبت به لودرهای چرخ زنجیری هم وزن خود دارند، که این خود قدرت مفید آنها را در کندن خاک‌ها و بالا رفتن از شیب‌ها محدود می‌کند. همچنین ظرفیت بار برداری آنها در محیط‌های باتلاقی کاهش چشم‌گیری می‌نماید. شایان ذکر است که هزینه نگهداری این لودرها در خاک‌های ماسه‌ای که خاصیت ساینده برای لودرهای چرخ زنجیری دارند کمتر است. در لودرهای چرخ زنجیری فشار کمی بر خاک زیر خود وارد می‌کنند. این نوع ماشین با داشتن مزایایی همچون شناوری خوب و قدرت کشش مناسب می‌تواند در زمین‌های نرم و با تلاقی که لودرهای چرخ لاستیکی در آنها کارایی مناسبی ندارند، به خوبی عمل نمایند. همچنین به علت عدم وجود لاستیک، این لودرها در محیط‌های سنگلاخی کارایی مناسبی دارند.

## ۵-۲. بولدوزر

تراکتور از مهم‌ترین ماشین‌آلات ساختمانی می‌باشد و کاربرد فراوانی دارد. بر روی تراکتور قطعات مکانیکی مختلفی از قبیل تیغه‌های بولدوزر، ریپرها و بیل‌های مکانیکی نصب شده و در کارهای ساختمانی متنوعی از آن استفاده می‌شود. به همین دلیل تراکتور به عنوان مهم‌ترین ماشین ساختمانی شناخته می‌شود. با یک تعریف دقیق‌تر می‌توان گفت تراکتوری که مجهز به یک تیغه در قسمت جلویی باشد را بولدوزر گویند. بولدوزر از دو بخش اساسی تراکتور و تیغه تشکیل شده است، که تیغه توسط یک سیستم قاب متصل کننده به تراکتور متصل می‌شود. در عملیات خاکی، معمولاً بیشترین مسافت بهینه‌ای که خاک توسط بولدوزر حمل می‌شود حدود ۱۰۰ و کمترین مقدار آن حدود ۸ متر است. شکل ۵-۵ تصویر بولدوزر را در حین عملیات خاکی نشان می‌دهد. مهم‌ترین عاملی که در عملکرد بولدوزر

تأثیر زیادی دارد، نوع تیغه‌ای است که توسط آن عملیات خاکی صورت می‌گیرد. در انتخاب نوع تیغه می‌بایست به عوامل زیر توجه کرد:

- (۱) نوع عملیاتی که توسط بولدوزر صورت خواهد گرفت.
- (۲) نوع مصالحی که توسط بولدوزر حمل خواهد شد.
- (۳) محدودیت تراکتور از نظر وزن، توان موتور، مقاومت غلتشی و...



شکل ۵-۵: بولدوزر در حین عملیات خاکی

بولدوزرها در بیشتر پروژه‌های ساخت (نظیر راه، سد) از مراحل اولیه تا مراحل پایانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از کاربردهای بولدوزرها عبارتند از:

- (۱) انجام عملیات خاک برداری، گودبرداری و حفر ترانشه
- (۲) تسطیح و پاکسازی زمین از بقایای عملیات ساختمانی
- (۳) برداشتن لایه سطحی خاک و پاکسازی آن از بوته‌ها
- (۴) ایجاد راه‌های موقتی در کوهستان و زمین‌های سنگلاخی

- ۵) انجام عملیات پخش خاک در خاکریزها
  - ۶) نگهداری و ترمیم راه‌های خاکی
  - ۷) پاکسازی محل گودال قرضه و گودال کف معادن
  - ۸) پخش کردن خاک بر روی خاکریزها
  - ۹) انجام عملیات خاکی در زمین‌های شیبدار
  - ۱۰) کمک برای فشار دادن ماشین‌آلات مانند اسکریپر
  - ۱۱) پشته کردن خاک در کنار نهرهای ایجاد شده
  - ۱۲) جمع کردن سنگدانه‌های آتش‌باری شده
  - ۱۳) کندن زمین و پرکردن گودال
  - ۱۴) استفاده از آن به عنوان کاربرد ریپرها
- بدنه اصلی بولدوزر همان تراکتور می‌باشد و تمام مشخصات تراکتورهای ساختمانی نیز در این مورد صادق می‌باشد. تیغه بولدوزر دارای سه نوع حرکت متفاوت به شرح زیر می‌باشد.

- ۱) تیغه با شیب افقی
- ۲) زاویه‌گیری صفحه افقی تیغه به سمت جلو و عقب
- ۳) زاویه‌گیری صفحه افقی تیغه به جوانب

### انواع بولدوزر

بولدوزرها به چند شیوه زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

#### الف- بر حسب نوع تراکتور

بولدوزرها بر حسب نوع تراکتور به دو دسته چرخ زنجیری و چرخ لاستیکی تقسیم‌بندی می‌شوند. بلدوزر چرخ زنجیری برای مواردی که نیاز به نیروی کشنده زیاد است مناسب می‌باشد. این نوع بلدوزر می‌تواند در زاویه 45 درجه عملیات انجام دهد.

### ب- بر حسب توان، ظرفیت جام و نوع عملیات

بولدوزرها بر حسب توان، ظرفیت جام و نوع عملیات مطابق به چهار دسته بلدوزر کوچک، بلدوزر متوسط، بلدوزر بزرگ و بلدوزر جمع آوری مواد زاید تقسیم‌بندی می‌شوند.

### ج- طبقه‌بندی بر اساس نوع تیغه

یک نوع دیگر طبقه‌بندی بلدوزر، طبقه‌بندی تیغه آن می‌باشد. تیغه‌ها انواع گوناگونی دارند، ولی تمامی آنها در چهار دسته کلی قرار می‌گیرند.

- تیغه‌هایی که به منظور عملیات تولیدی استفاده می‌شود.

- تیغه با کاربری عمومی

- تیغه با کاربری تولیدی خاص

- تیغه برای پاکسازی زمین

(۱) تیغه‌هایی که به منظور عملیات تولیدی استفاده می‌شود:

تیغه یونیورسال (U): به دلیل وجود لبه‌های بزرگ که در کناره‌های جام قرار داشته و شکل U به آن می‌دهد برای انتقال بارهای سنگین در مسافت طولانی از قبیل بازسازی زمین،

انباشته ساختن و دپوکردن مصالح و جمع‌آوری مصالح برای لودرها کاربرد دارد. همچنین تیغه های یونیورسال حرکت قسمت فوقانی تیغه را به جلو و یا عقب میسر می‌سازد.

تیغه نیمه U شکل (SU): ترکیبی از خصوصیات تیغه های S,U شکل خاک بخصوص در خاک های سخت و متراکم افزایش می‌یابد.

تیغه انتقال دهنده (CD): این نوع تیغه که منحصر به فرد است و تنها در بولدوزرهای خاص کاربرد دارد و ترکیبی از دو تیغه U و SU می‌باشد از این تیغه می‌توان برای حمل مصالح با حجم کم استفاده کرد.

### ۲) تیغه با کاربری عمومی

تیغه مستقیم (S): یکی از کاراترین تیغه‌ها می‌باشد و به دلیل قدرت مانور زیاد از تیغه U و SU کوچک‌تر است و می‌تواند انواع گوناگون مصالح را در مسافت کم تا متوسط حمل کند. این تیغه قادر به تجهیز با صفحه فشاری جهت هل دادن اسکریپر می‌باشد. تیغه با قابلیت همزمان زاویه گیری به جوانب و شیب‌دار شدن:

این تیغه همانند تیغه زاویه‌دار است، با این تفاوت که امکان حرکت و زاویه‌دار شدن آن بیشتر است.

### ۳) تیغه با کاربری تولیدی خاص

تیغه با شعاع انحنا متغیر (VR): هرگاه قابلیت های تیغه SU از نظر توانایی برش، نفوذپذیری در زمین با خصوصیات تیغه U از قبیل توانایی نگهداری بار و کاهش ریزش از اطراف ترکیب شود و شعاع آن متغیر شود، تیغه VR ایجاد می‌شود.

**تیغه زاویه دار (A):** این تیغه در حالت عادی می‌تواند زاویه 25 درجه نسبت به طرفین کند از این تیغه برای برش کناره‌ها، ایجاد خاکریز، آماده‌سازی و بهسازی راه و حفر گودال استفاده می‌شود. انتهای این تیغه قادر به حرکت به سمت جلو و عقب نیست.

**تیغه ضربه گیر یا کوشن (C):** از این نوع برای کمک و فشار دادن ماشین‌آلات گوناگون مانند اسکرپور استفاده می‌شود و سیستم آن به گونه‌ای است که ضربه حاصل اتصال به اسکرپور را خنثی می‌کند. همچنین می‌توان از این تیغه برای تمیز کردن سطح کارگاه استفاده کرد. این تیغه قادر به انجام هیچ‌گونه حرکتی نمی‌باشد.

**تیغه عریض یونیورسال (U):** این تیغه همانند تیغه یونیورسال معمولی است. با این تفاوت که پهن‌تر می‌باشد و برای حمل مواد سبک استفاده می‌شود.

۴) تیغه برای پاکسازی زمین

این گروه از تیغه‌ها معمولاً برای تسطیح و پاکسازی زمین و خارج سازی ریشه‌های درختان استفاده می‌شود.

بولدوزر از بخش‌های اصلی زیر تشکیل یافته است:

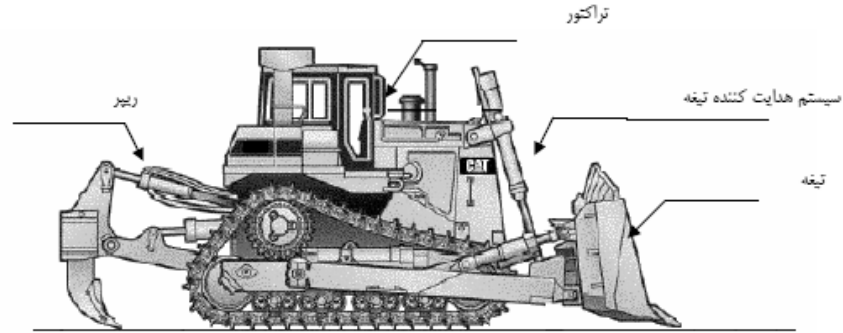
۱- تراکتور

۲- تیغه

۳- سیستم هدایت کننده تیغه

۴- ریپر (در موارد خاص)

شکل شماره ۵-۶، قسمت‌های مختلف یک بولدوزر را به طور کامل نشان می‌دهد.



شکل ۵-۶: قسمت های مختلف بولدوزر

بولدوزرها معمولاً دو نوع سیستم هدایت کننده تیغه دارند. نوع اول آن که در بولدوزرهای قدیمی وجود دارد، سیستم هدایت کابلی تیغ می باشد و نوع دوم که در بولدوزرهای جدیدتر به کار می رود، سیستم هدایت هیدرولیکی تیغه است .

بولدوزرها در انجام عملیات خاکی و همچنین انتقال مصالح در فواصل کوتاه نقش بسیار مهمی دارند. در زمین های سخت، معمولاً ابتدا زمین را با ریپر متصل شده در عقب تراکتور سست کرده و سپس خاک و سنگ سست شده توسط بولدوزر حمل می شود. جدول زیر موید این مطلب می باشد. [3]

جدول ۵-۱ حجم عملیات خاکی با بولدوزر، برای قدرتها و مسافت های حمل مختلف

۱۵۰-۲۰۰		۱۱۵-۱۲۵		۴۵-۶۰		۲۰-۴۰		نوع تراکتور (کیلووات)
سست	سفت	سست	سفت	سست	سفت	سست	سفت	نوع خاک
مقدار خاک جایجا شده در هر ساعت - حجم متراکم (مترمکعب)								مساحت حمل (متر)
۴۵۵	۲۷۵	۲۴۵	۲۰۵	۲۰۰	۱۱۸	۱۲۲	۷۲	۱۵
۲۶۵۰	۱۶۰	۱۹۰	۱۱۵	۱۱۵	۷۰	۶۹	۴۲	۳۰
۲۳۰	۱۳۷	۱۳۷	۸۰	۹۶	۵۷	۴۶	۲۷	۴۵
۱۷۰	۱۰۳	۱۰۷	۶۵	۷۶	۴۶	۳۸	۲۳	۶۰
۱۳۰	۷۶	۷۶	۴۶	۵۳	۳۰	۲۷	۱۵	۹۰



۱۰۴	۶۱	۵۷	۳۴	-	-	-	-	۱۲۰
-----	----	----	----	---	---	---	---	-----

### ۵-۳. ریپر

ریپر یا خراشنده‌ها قرن‌ها برای شکافتن سنگ به کار رفته‌اند. گاو آهن‌ها که در گذشته توسط کشاورزان برای شخم زدن مزارع به کار می‌رفته است از نظایر آن می‌باشد. امروزه برای عملیات حفاری در زمین‌های سخت، ابتدا به کمک ریپر زمین را سست کرده، سپس توسط بولدوزر عملیات حفاری صورت می‌گیرد. امروزه ریپرها را به تراکتور و یا بولدوزر متصل می‌کنند و بدین ترتیب با ایجاد یک نیروی فشاری قوی در زمین، عملیات سست کردن زمین‌های سخت صورت می‌گیرد. شکل ۵-۷، یک نوع ریپر متصل شده به بولدوزر را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۷: ریپر متصل شده به بولدوزر

هنگام شکافتن زمین‌های سخت، بهتر است دستگاه در جهت سرایشی عمل شکافتن را انجام دهد تا نیروی ثقل در جهت شیب، برای شکافتن سنگ‌ها به ریپر کمک کند. همچنین در زمین‌های سخت بهتر است عملیات شکافتن در جهت‌های عمود بر هم صورت گیرد تا سنگ‌ها به اندازه کافی خرد شوند. شکافتن سنگ در یک جهت گاهی اوقات سنگ‌ها را به اندازه کافی خرد نمی‌کند.

در هنگام شکافتن، فاصله رفت و آمد ریپر به سختی مواد حفاری و اندازه مورد نظر برای سنگ خرد شده بستگی دارد. در مواقعی که شرایط کار مناسب نباشد از دو ریپر در کنار هم استفاده می‌شود. در صورتی که از ریپر به طرز صحیح استفاده گردد، عملیات شکافتن سنگ توسط ریپر نسبت به روش آتشیاری ارزانتر و ایمن تر خواهد بود.

همانطور که اشاره شد، ریپر از ادوات متصل شده به ماشین‌آلات دیگر است که موارد استعمال آن عبارتند از:

- ۱) سست کردن زمین‌های سخت و سنگی برای انجام عملیات حفاری در این زمین‌ها
- ۲) برای کندن سطح آسفالت‌های کهنه
- ۳) آماده کردن منطقه برای کار اسکریپر و گریدر
- ۴) برای شکستن رویه‌های بتنی و دال‌های بتنی
- ۵) برای پاک کردن زمین و کندن ریشه‌های درختان

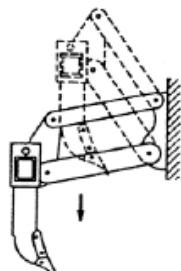
نوع ریپر مورد استفاده، با توجه به نیروی کششی تولید شده از طریق بولدوزر و توان آن و نوع کاری که انجام می‌گیرد، تعیین می‌شود. دندان‌های ریپر انواع مختلفی دارد و هر یک برای کار خاصی مناسب می‌باشد و معمولاً دندان‌های ریپر قابل تعویض می‌باشند. جدول ۲-۵ ریپر مناسب برای هر یک از گروه‌های بولدوزر را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۵ مشخصات فنی، قدرت و ظرفیت ریپر بر حسب نوع بولدوزر

نوع بولدوزر	انواع ریپر	نیروی نفوذی (kg)	نیروی اهرمی بلند کردن (kg)
بولدوزرهای کوچک	ریپر شعاعی (ثابت)	۲۴۶۰ - ۶۲۴۲	۵۲۶۵ - ۲۱۷۳۸
بولدوزرهای متوسط	ریپر متوازی الاضلاع (مفصلی)	۶۵۵۸ - ۸۶۷۱	۹۱۵۵ - ۲۱۲۰۲
بولدوزرهای بزرگ	ریپر متوازی الاضلاع تک شاخه ای	۱۲۱۶۶ - ۳۵۵۰۰	۲۰۹۳۰ - ۵۵۶۱۲
	ریپر متوازی الاضلاع ضربه ای		

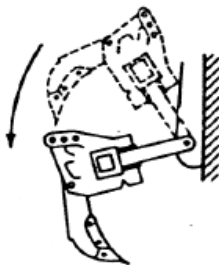
به طور کلی ریپرها به سه دسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند. تقسیم‌بندی نوع ریپرها بر اساس نحوه حرکت آنها در حین انجام کار صورت می‌گیرد.

۱. **ریپر متوازی الاضلاع (مفصلی):** این نوع ریپر نسبت به نقطه اتصالش دوران می‌کند و زاویه دندانه آن در حین نفوذ در زمین تغییر می‌کند. این نوع ریپر می‌تواند به صورت تک شاخه‌ای، چند شاخه‌ای و یا از نوع ضربه‌ای باشد. شکل ۵-۸، نحوه عملکرد این نوع ریپر را نشان می‌دهد.



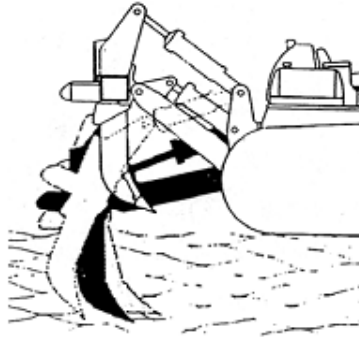
شکل ۵-۸: ریپر مفصلی

۲. **ریپر شعاعی (ثابت):** این نوع ریپر زاویه‌ای ثابت نسبت به زمین دارد زاویه آن در حین بالا یا پایین آمدن تغییر شکل نمی‌کند. شکل ۵-۹، نحوه عملکرد این نوع ریپر را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۹: ریپر شعاعی

۳. **ریپر با زاویه متغیر** : امروزه برای افزایش کارایی ریپرها از یک جک هیدرولیکی در پشت ریپر استفاده می‌شود. به کمک این جک زاویه نفوذ ریپر بهینه شده و کارایی ماشین در زمین‌های مختلف افزایش می‌یابد (شکل ۵-۱۰). مکانیزم عملکرد این ریپر را نشان می‌دهد. ریپر نوع سوم در واقع همان ریپر نوع دوم است، با این تفاوت که ساختار آن هیدرولیکی بوده و تنظیم زاویه نفوذ آن در زمین به دلخواه می‌باشد. امروزه در ماشین آلات مدرن فقط ریپر نوع سوم کاربرد دارد. دندانه‌های ریپر در طرح‌های مختلفی عرضه می‌شود هر کدام از آنها برای نوع به‌خصوصی از کار مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً سر دندانه‌ها قابل تعویض بوده و در انواع و اندازه‌های مختلف که هر کدام در مکان خود کاربرد دارند ساخته می‌شوند.



شکل ۵-۱۰: ریپر هیدرولیکی

عملکرد ریپر در انواع خاک و سنگ از طریق بررسی کیفیت خاک و سنگ و تراکم آن تعیین می‌شود. برای این منظور از یک فرستنده و گیرنده امواج صوتی در لایه‌های زمین استفاده می‌شود و بدین وسیله تراکم و ضخامت لایه‌های سخت تعیین می‌شود. لایه‌های سخت و متراکم زمین موج را با سرعت زیاد و لایه‌های ضعیف‌تر موج صوتی را با سرعت کمتری منعکس می‌کنند. هر یک از کارخانه‌های تولید کننده ماشین‌آلات جداول

مخصوصی دارند که به کمک آن نوع ریپر و بولدوزر مناسب را بر اساس سرعت انعکاس موج و تراکم سنگ تعیین می کنند [3,9].

#### ۴-۵. غلتک

اساسی ترین مساله در راهسازی و عملیات ساختمانی، رساندن میزان دانسیته و مقاومت لایه های خاک به مقدار مطلوب می باشد. این مقادیر باید در حدی باشد تا سطوح مختلف زمین در اثر تنش های وارده ناشی از عبور بار تغییر شکل نداده و بتواند تحمل جذب و انتقال بار از لایه های بالاتر به پایین تر را داشته باشند. برای این منظور باید لایه های مختلف خاک را تا حد قابل قبولی متراکم نمود. تراکم عبارتست از ازدیاد دانسیته خاک از طریق نزدیک کردن ذرات و دانه های خاک به یکدیگر که معمولاً با خارج کردن هوا از فضاهای خالی بین ذرات خاک انجام می گیرد. عمل اضافه کردن دانسیته خاک در اثر تخلیه آب موجود در آن، تحکیم نامیده می شود. تحکیم در طول ماه ها و سال ها انجام می شود، در صورتی که عمل تراکم را می توان در عرض مدت زمان کوتاهی انجام داد. خواصی از خاک که با تراکم بهبود می پذیرند عبارتند از:

۱. اضافه شدن مقاومت خاک

۲. کم شدن قابلیت تغییر حجم خاک

۳. کم شدن قابلیت نفوذ پذیری خاک

میزان تراکم پذیری خاک خود نیز بستگی به عوامل زیر دارد:

۱. دانسیته اولیه خاک (دانه بندی خاک)

۲. خواص شیمیایی و فیزیکی خاک ( نظیر منحنی دانه بندی، چسبندگی و غیره)

۳. درصد رطوبت

۴. نوع و میزان نیروی متراکم کننده

عمل تراکم خاک به وسیله غلتکها انجام می‌گیرد که آنها با استفاده از چهار نوع نیروی به شرح زیر، خاک را متراکم می‌کنند:

۱. وزن استاتیکی (اعمال فشار)

۲. ضربه

۳. ارتعاش

۴. عمل ورزیدن (با حرکات خاص، خاک را به اصطلاح عمل می‌آورند)

تمام ماشین‌آلات تراکم از وزنه سنگین برای ایجاد فشار بر روی خاک و متراکم کردن آن، استفاده می‌کنند. ز آنجا که خاک در اثر نیروی تراکم، تمایل به تغییر محل جانبی نشان می‌دهد، مؤثرترین روش تراکم، روشی خواهد بود که چنین تغییر محلی را به حداقل برساند. ضربه و ارتعاش نیروهای دخیل مشابه هستند و فقط تواتر آنها فرق می‌کند. نیروهای ضربه ای معمولا دارای تواتر کمتر هستند.

غلتکها با توجه به نوع آنها و نوع عمل تراکمی که انجام می‌دهند، دارای قدرتی بین 2 تا 200 اسب بخار می‌باشند. مشخصات فنی و ظرفیت غلتکها بر اساس موارد زیر تغییر می‌کند.

الف) میزان وزن (استاتیکی) که دارند.

ب) مقدار ضربه‌ای که وارد می‌کنند.

ج) مقدار لرزشی که بوجود می‌آورند.

غلتک ا بر اساس اجزای تشکیل دهنده آنها و قابلیت‌هایشان به ۷ هفت دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱. غلتکهای پاچه بزی (Tamping foot Rollers)

۲. غلتک‌های شبکه ای (Grid or Mesh Rollers)

۳. غلتک‌های ارتعاشی (Vibratory Rollers)

۴. غلتک‌های فولادی صاف (Smooth steel Drum Rollers)

۵. غلتک‌های پنوماتیک (چرخ لاستیکی) (pneumatic Rollers)

۶. غلتک‌های کفشک‌دار (Segmented Pad Rollers)

۷. تراکم کننده های شبه بلدوزر

اشکال زیر موید مطالب فوق می باشند. [3,5,13]



شکل ۵-۱۱: غلتک پاچه بزی



شکل ۵-۱۲: استوانه شبکه ای



شکل ۵-۱۳: غلطک ویبره دستی



شکل ۵-۱۴: غلطک چرخ آهنی صاف ارتعاشی



شکل ۵-۱۵: غلطک چرخ لاستیکی ارتعاشی

۵-۵. گریدر



از گریدر برای پخش خاک، تنظیم سطح راه، شیب دادن به سطح راه، ایجاد و تنظیم شانه‌های راه، اجرای کارهای عمومی یا دوزنقه، مخلوط کردن انواع خاک با دانه بندی‌های مختلف، رد میکس، پخش آسفالت و ۷ ساختمانی نظیر کانال سازی اعم از مقطع برف رویی استفاده می شود. دقت در انجام عملیات با گریدر می‌تواند تاثیر قابل توجهی در هزینه عملیات خاکی پروژه‌های مربوط داشته باشد.

گریدر در ابتدای قرن بیستم به صورت ابتدایی ساخته شد و امروزه در ابعاد مختلف با کارایی‌های گوناگون دارای تیغه‌های متفاوت با قابلیت حرکت، تغییر زاویه و استقرار در وضع دلخواه در جهان موجود می‌باشند. همچنین شاسی‌های مفصل دار نیز در ساختمان گریدر به کار رفته که باعث ازدیاد قدرت مانور ماشین گردیده و هدایت چرخ‌های جلوی گریدر توسط سیستم کنترل اطاق راننده را امکان پذیر ساخته است.

طی مطالعاتی که در زمینه مقایسه بین هزینه عملیاتی در جاده های حمل مواد که مرتباً مورد کنترل قرار گرفته و در صورت لزوم با گریدر تسطیح می‌شوند. هزینه عملیاتی جاده ای حمل موادی که در حفاظت از آنها از گریدر استفاده نمی‌شود، مشخص می‌کند که استفاده از گریدر باعث از یاد ۲۰٪ در میزان بهره‌وری می‌شود. نتیجه بالا تأثیر استفاده از گریدر را در بالابردن تولید و کم کردن هزینه نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۶: نمای کلی یک گریدر موتوردار

## موارد استعمال

۱. **حمل مواد به کنار جاده:** گریدر قادر است مواد خاکی را به کنار مسیر حرکت خود تغییر مکان دهد. این امر با تغییر زاویه تیغه گریدر میسر می شود. در این حالت مواد خاکی تشکیل یک توده خاکی طولی در امتداد مسیر حرکت گریدر و در کنار آن می دهند باید توجه داشت که توده خاکی به وجود آمده در مسیر چرخ عقب گریدر قرار نگیرد، چون در این صورت هم قدرت کشش ماشین کم می شود و هم زاویه حمل تیغه تغییر می یابد. برای کارهای عادی، شکل دادن به جاده و عملیات ترمیم و نگهداری جاده ها معمولاً زاویه تیغه گریدر با امتداد عمود بر امتداد حرکت حدود 25 تا 30 درجه است. از عمل ریسه کردن مواد خاکی می توان در پر کردن جوی ها و پوشاندن روی لوله ها که در کانال ها کار گذاشته شده اند، استفاده نمود.



شکل ۵-۱۷: حمل مواد به کنار جاده

۲. **شیب بندی های دقیق:** برای شیب بندی های دقیق، باید تیغه را با زاویه کوچکی نسبت به امتداد قائم ثابت کرد و ارتفاع تیغه از سطح زمین باید طوری باشد که برآمدگی های کوچک را بریده و گودال ها را پر نماید. بدین منظور، همواره باید مقداری مواد خاکی در جلوی تیغه گریدر موجود باشد.



شکل ۵-۱۸: شیب بندی

۳. پخش کردن مواد خاکی: از گریدر می توان به منظور پخش کردن مواد خاکی در سطح زمین استفاده نمود. البته باید توجه داشت که ظرفیت گریدر در مورد این عمل بستگی به قدرت موتور و کشش ماشین و همچنین ارتفاع تیغه گریدر خواهد داشت. مواد خاکی که قرار است توسط گریدر پخش شود باید قبلاً حتی المقدور روی زمین پخش شده باشد تا ارتفاع توده خاکی خیلی زیاد نباشد.



شکل ۵-۱۹: پخش خاک

۴. **کندن جوی:** شکل و دوزنقه شکل به کار برد. عمق ماکزیمم اقتصادی جوی حدود 1 متر و عرض ۷ متر و گریدر را می توان برای کندن جوی های 1متر می باشد.



شکل ۵-۲۰: کندن جوی

۵. **سایر موارد کاربرد:** از گریدر می توان در برف روبی، تنظیم شانه های راه، مخلوط کردن مواد خاکی با دانه بندی های مختلف در روسازی آسفالتی راه های فرعی به طریق مخلوط کردن خاک و مواد قیری در محل، نگهداری رویه جاده های شنی و شیب بندی نیز استفاده نمود.

**تیغه:** عموم گریدرها یک تیغه پهن و قابل کنترل را در برمی گیرند که در مرکز محور اصلی گریدر قرار دارد. این تیغه م میتواند در حالات مختلفی نسبت به ماشین قرار گیرد و عمل بریدن، پرکردن و زاویه دادن را به خوبی انجام دهد که این اعمال می توانند به صورت جدا از هم و یا حتی همزمان صورت گیرند. لبه های مستقیم و منحنی با ارتفاع ها و ضخامت های مختلف برای تیغه گریدر وجود دارد. لبه های دنداندار و همچنین بریدن مواد سخت توصیه می شود. لبه های مستقیم مواقعی به کار می روند که فرسایش لبه ها در اثر شرایط کار مهم بوده و نفوذ به داخل مواد به سادگی امکان پذیر است. لبه های نازک برای کارهای ظریف

مناسب هستند، ولی لبه‌های کلفت تر در عوض دوام بیشتری دارند. این لبه‌ها قابل تعویض بوده و اگر دچار فرسایش شوند، می‌بایست تعویض گردند.

تیغه‌گریدر در حالات مختلفی نسبت به ماشین می‌تواند قرار گیرد: زاویه تیغه را می‌توان تغییر داد، به طوری که بتوان گریدر را برای حمل مواد یا کندن جوی به کار برد. زاویه جلو در حالت حمل مواد به کار می‌رود که در برش‌های سطحی و مخلوط کردن عملیات مورد استفاده دارد. زاویه قائم معمولاً برای کندن دیواره بلند (ترانشه) و نیز شیب‌بندی شانه راه به کار می‌رود.

هر چه جنس مواد خاکی و جنس سطح زمین کارگاه که گریدر با آنها درگیر می‌شود سخت‌تر باشد، بازده گریدر کمتر شده و امکان کاربرد آن نیز تعدیل می‌یابد. در زیر به‌طور خلاصه قابلیت کار و بازده گریدر در انواع مختلف زمین و مصالح تشریح شده است:

الف) گریدرها بدون هیچ‌گونه اشکالی می‌توانند مواد خاکی سبک وزن را که عاری از ریشه‌های عمیق درخت‌ها و سنگ‌های درشت هستند، بدون احتیاج به ماشین‌آلات کمکی دیگر جابجا و پخش نمایند. بازده گریدر در این نوع زمین‌ها عالی است.

ب) مواد خاکی به‌ویژه شن و ماسه براحتی توسط گریدر پخش و مخلوط می‌شود. بازده گریدر در کار با این نوع مصالح به حداکثر خود می‌رسد.

ج) ماسه خشک بعلت اینکه در جلوی تیغه گریدر تمایل به انباشته شدن دارد، سبب جلوگیری از حرکت تیغه می‌گردد، به همین جهت در مواقعی که راننده گریدر کاملاً ماهر و آزموده نباشد استفاده از گریدر بدون اشکال نخواهد بود. به‌علاوه پخش ماسه خشک با دانه‌بندی معین روی بستر راه فقط از سوی راننده ای مجرب ممکن و میسر است، چه در غیر اینصورت دانه بندی مواد شنی بهم می‌خورد. بازده گریدر در کار با این نوع مصالح در صورتی که راننده آن مجرب باشد نسبتاً خوب است.

د) در زمین های سفت باید ابتدا با تیغه های خراشنده زمین را شخم زد، سپس از گریدر استفاده نمود در این نوع زمین ها بازده گریدر متوسط است.

ه) در زمین های آبدار کار با گریدرها بسیار محدود بوده و در بعضی موارد غیر ممکن می گردد. زیرا با فرورفتن چرخهای جلو در گل، گریدر از جنبش باز می ماند. البته در انواع جدید گریدرهای موتوردار معایب فوق تا حدودی رفع شده است. [3,9]

## ۵-۶. اسکریپر

اسکریپرها دستگاه هایی هستند که توسط تراکتور کشیده و یا هل داده می شوند و برای کندن، بارگیری، حمل، تخلیه، پخش و تراکم اولیه مواد خاکی به کار می روند. اسکریپر می تواند موتور سر خود نیز باشد. اگر بدون موتور باشد دارای دو چرخ در عقب است و دو چرخ تراکتور در جلو باعث تعادل می شود. اسکریپر موتوردار دارای چهار چرخ است. اسکریپرها در زمین هایی کاربرد دارند که عاری از سنگ های درشت باشند. این دستگاه ها به عنوان یکی از بهترین ماشین های بارگیری و حمل شناخته شده اند. حجم متعارف جام آنها از 7 تا 45 مترمکعب می باشد و سرعت آنها تا 55 کیلومتر بر ساعت می رسد. اسکریپرها قادرند بارشان را در لایه های یکنواخت ذخیره نمایند که این عمل باعث سهولت بعدی در اجرای پخش خاک در خاکریزها می گردد. با صرفه ترین فاصله حمل در کار با اسکریپر بدون موتور 90 تا 450 متر و موتوردار 270 تا 1500 متر می باشد.

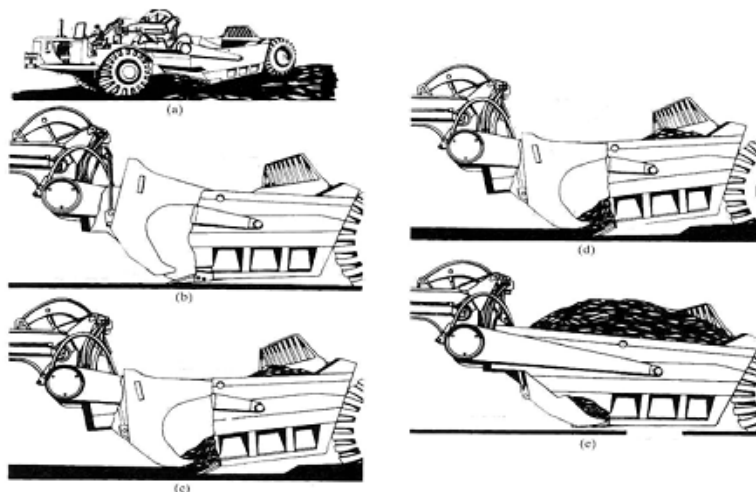
اسکریپر عملیات خود را در چهار مرحله انجام می دهد که این مراحل در زیر آمده اند:

الف) بارگیری و قرار دادن تیغه برش که در سرتاسر محفظه قرار گرفته است، خاک (Apron) یک اسکریپر بوسیله بالا بردن دیواره جلوی خود را از روی زمین کنده و پر می کند. این عملیات تا زمانی که خاک اضافی نتواند وارد آن شود، ادامه می یابد و تیغه برش

بالا می‌رود. دیواره جلو برای جلوگیری از ریخته شدن خاک در هنگام حمل بسته می‌شود. مراحل بارگیری در شکل زیر ارائه شده است:

بارگیری اسکرپر باید طوری انجام گیرد که سطحی صاف و بدون سوراخ بعد از کندن اسکرپر بجا بماند. عمق کندن بر حسب جنس زمین بین 10 تا 20 سانتیمتر تغییر می‌کند. برای این کار باید دهانه جام اسکرپر در حدود 15 الی 30 سانتی‌متر باز باشد، تا بارگیری مواد خاکی به داخل جام بطور یکنواخت انجام گیرد. به‌علاوه بارگیری اسکرپر باید در سرازیری انجام گیرد تا حجم بیشتری از خاک کنده و داخل جام شود. برای بارگیری اسکرپر در اکثر موارد لازم است که در طول مسافت بارگیری اسکرپر را توسط تراکتور کمکی هل داد تا بدین ترتیب اسکرپر کاملاً پر شده و شتاب لازم برای ادامه حرکت داشته باشد.

در انواع جدید اسکرپرها برای بارگیری به‌جای تراکتور کمکی از بالابری که در روی جام نصب شده است استفاده می‌کنند. کار بالابر بدین ترتیب است که خاک وارده به جام را از جلوی لبه جام به‌داخل آن می‌راند و در نتیجه کندن و پر شدن خاک در جام به‌سهولت انجام می‌گیرد. این اسکرپر را (Elevator Scraper) می‌نامند.



شکل ۵-۲۱: مراحل بارگیری یک اسکرپر

(a) نحوه قرارگیری در موقعیت بارگیری (b) قرار گرفتن روی محل برش و باز شدن دیواره جلویی

(c) برش دادن خاک (d) باز شدن کامل دیواره جلویی

(e) اتمام عملیات بارگیری و بسته شدن دیواره جلویی

(ب) حمل بار توسط اسکرپر

شکل ۵-۲۲ نشان دهنده طریقه حمل بار توسط اسکرپر می‌باشد. در هنگام حمل بار دیواره جلو قفل بوده و جام باید به مقدار کافی بالا باشد تا اسکرپر سرعت خود را به دست آورد. مراحل حمل بار در این شکل نشان داده شده است:

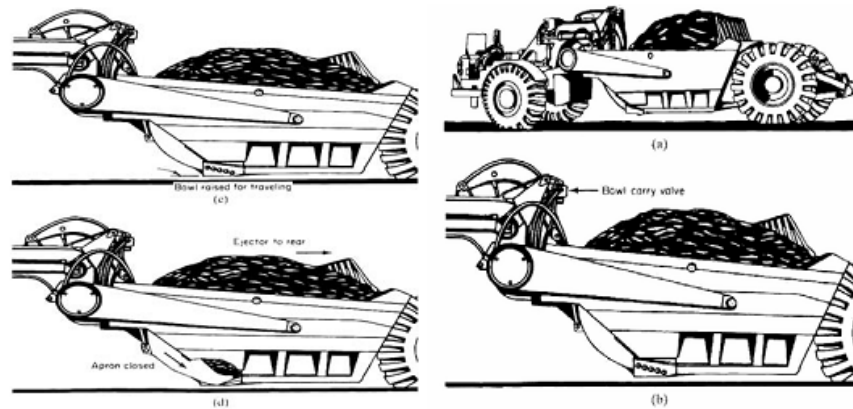
(a) نحوه حرکت و مستقیم بودن جام

(b) قفل بودن دیواره جلویی (Apron)

(c) فاصله داشتن جام از روی زمین

(d) نحوه قرارگیری صفحه تخلیه کننده جام (Ejector)





شکل ۵-۲۲: طریقه حمل بار توسط اسکرپور

ج) عملیات تخلیه

عملیات تخلیه یک اسکرپور شامل پائین آوردن قسمت برش تا ارتفاع دلخواه، بالا بردن دیواره جلویی و فشار دادن خاک به خارج به وسیله صفحه تخلیه کننده جام که در قسمت عقب قرار دارد، می باشد. مراحل تخلیه بار در شکل زیر نشان داده شده است:

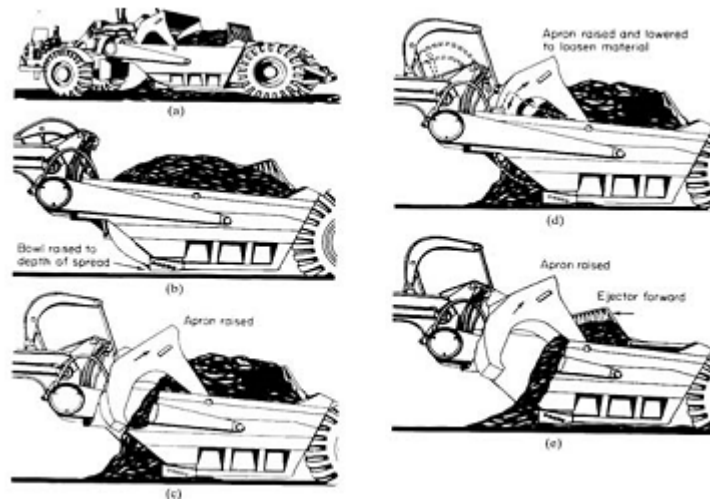
(a) قرار گیری در محل برای تخلیه

(b) قرار گرفتن جام در ارتفاع خاص برای پخش

(c) جهت حرکت دادن دیواره جلویی ( برای خاک های غیر چسبنده )

(d) جهت حرکت دادن دیواره جلویی ( برای خاک های چسبنده )

(e) حرکت دادن صفحه تخلیه کننده جام (Ejector) به جلو



شکل ۵-۲۳: طریقه حمل بار توسط اسکرپر

(د) بازگشت به منطقه خاک برداری  
 در هنگام بازگشت جام اسکرپر باید در حالت مستقیم قرار داشته باشد و دیواره جلویی بسته و صفحه تخلیه کننده جام نیز کاملاً در انتها قرار داشته باشد.



شکل ۵-۲۴: طریقه حمل بار توسط اسکرپر

همانطور که گفته شد اسکرپرها به عنوان یکی از بهترین ماشین‌های بارگیری و حمل شناخته شده‌اند که قادرند مسافت ۵۰۰ متر تا ۵ کیلومتر را برای حمل خاک طی کنند.

حجم متعارف جام آنها از 7 تا 45 مترمکعب می‌باشد و سرعت آنها تا ۵۵ کیلومتر بر ساعت می‌رسد. جدول زیر موید این مطلب می‌باشد. [3]

جدول ۵-۳: مشخصات فنی، قدرت و ظرفیت اسکرپرها

مشخصات فنی	حداقل	حداکثر
قدرت موتور (Hp)	۱۷۵	۹۵۰
وزن ناخالص (پر) (Ton)	۲۷/۲۴	۷۲/۲۲
ظرفیت پر ( $m^3$ )	۶/۸	۴۵
ظرفیت انباشته ( $m^3$ )	۸/۴	۵۵
طول کل ماشین ( $m$ )	۱۰/۱۲	۱۶/۱۷
عرض کل ماشین ( $m$ )	۲/۴	۴/۳۴
عرض جام ( $m$ )	۲/۶	۳/۹۱

انواع اسکرپرها را از جنبه‌های مختلفی از جمله موارد زیر می‌توان تقسیم‌بندی

کرد:

۱- براساس نوع تراکتور (اسکرپرها با تراکتور چرخ زنجیری یا اسکرپرها با تراکتور چرخ

لاستیکی)

۲- براساس قدرت موتور (اسکرپرها تک موتوره یا دو موتوره)

۳- براساس ظرفیت و یا نوع مخزن

۴- براساس حداکثر سرعت

۵- براساس حداکثر عمق حفر خاک

۶- براساس حداکثر عمق تخلیه

## ۵-۷. کامیون

اساساً کامیون به دستگاه کشنده‌ای اطلاق می‌شود که متشکل از یک شاسی و یک کشنده (موتور) باشد. بسته به اینکه بر روی شاسی چه نوع تجهیزات و یا ملحقات دیگری متصل شود، نام‌گذاری متفاوت می‌گردد. می‌توان بر روی شاسی کامیون تجهیزاتی نظیر تراک میکسر، اتاق حمل کالا، جرثقیل، کفی، پمپ بتن، تانکر حمل مایعات، آبپاش، قیرپاش و همچنین کمپرسی حمل مصالح قرار داد.

انتقال مصالح حاصل از حفاری یکی از مهم‌ترین مسائل عملیات خاکی است که توسط کامیون‌ها انجام می‌شود. البته انواع وسائل حمل و نقل مصالح حفاری نیز وجود دارند که شامل تسمه نقاله، واگن و موارد دیگر می‌باشند. سیستم تسمه نقاله برای حمل مواد در فواصل محدود درون کارگاه به کار می‌رود. معمولاً برای حمل در محیط کارگاه و خارج آن از کامیون‌ها استفاده می‌شود. کامیون‌ها در انواع دیزلی، بنزینی و یا گازسوز، یک یا دو دیفرانسیلی و با دو، سه یا چهار محوره به بازار عرضه می‌شوند و تمام این انواع در جاده‌های آسفالته و غیر آسفالته یا خارج از جاده‌های عمومی حرکت می‌کنند. کامیون‌هایی که مخصوص حرکت در خارج از جاده‌ها به ویژه معادن هستند و انند در ابعاد بزرگتری ساخته شوند و ظرفیتی در حدود چند صد تن داشته باشند. استفاده از این کامیون‌ها در مقادیر بزرگ جابجایی به صرفه می‌باشد.

با توجه به انواع کامیون، موارد کاربرد آنها به قرار زیر است:

۱. حمل مصالح خاکی و قطعات سنگی در تمامی شرایط محیطی
۲. استفاده در عملیات سنگین خاکی از قبیل سدسازی، تونل‌سازی، معادن و غیره
۳. تخلیه خاک به صورت دپو در امتداد یک مسیر



شکل ۵-۲۵ کامیون

### انواع کامیون‌ها

کامیون‌ها را می‌توان با توجه به عوامل متعددی گروه‌بندی نمود، از جمله آنها عبارتند از:

۱. اندازه و نوع موتور: بنزینی، گازوئیلی، به ندرت گازسوز
۲. تعداد دنده‌ها
۳. نوع محرک بودن آنها: دو چرخ محرک، چهار چرخ محرک، شش چرخ محرک و غیره
۴. تعداد چرخ‌ها و محورها و ترتیب چرخ‌های محرک
۵. روش تخلیه خاک: از عقب، جانبی و کف
۶. نوع موادی که می‌توانند حمل کنند: خاک، سنگ، زغال سنگ و سنگ آهن و غیره
۷. ظرفیت بر حسب تن و یا متر مکعب
۸. روش تخلیه برای تخلیه بار از عقب بصورت هیدرولیکی یا کابلی

### ۵-۸. کلامشل

برای انجام عملیات حفاری و گودبرداری، ماشین آلات متنوعی وجود دارد که نوع و اندازه آن بر اساس نوع کار و شرایط منطقه‌ای تعیین می‌گردد. یکی از انواع این ماشین آلات کلامشل

یا بیل منقاری می‌باشد. بهترین عملکرد این ماشین زمانی است که برای حمل و بلند کردن بار در حالت قائم از آن استفاده می‌شود. به عنوان مثال حفاری و تخلیه بار در داخل قیف‌ها و صندوقه‌ها از این عملیات می‌باشد. یکی از مهم‌ترین مزایای این ماشین در آن است که می‌تواند ترازوی که بر روی آن قرار گرفته است را به راحتی حفاری کند. از دیگر مزایای این ماشین انجام عملیات حفاری در انواع خاک و سنگ و حفاری در زیر آب می‌باشد. این ماشین قادر به حفاری در ارتفاع بالاتر و نیز عمق پایین‌تر از محل استقرار آن می‌باشد. شکل‌های ۲۶-۵ و ۲۷-۵ کلامشل در حین حفاری در خاک و حفاری در زیر آب را نشان می‌دهند.



شکل ۲۶-۵: کلامشل در حال عملیات در خاک



شکل ۲۷-۵: کلامشل در حال عملیات لایروبی

کلامشل ساختاری همانند یک جرثقیل دارد که در انتهای بوم آن یک جام با سیستم‌های کابل‌بندی متفاوت با جرثقیل، متصل شده است. بوم طویل و تنوع در ظرفیت جام آن، کاربرد این ماشین را تا حد زیادی افزایش داده است. دامنه حرکت قائم این ماشین وقتی با جرثقیل‌های بوم بلند به کار برده شوند ممکن است نسبتاً زیاد باشد.

### موارد استعمال:

همان‌طور که در بالا اشاره شد، کلامشل از مهم‌ترین ماشین آلات عملیات گودبرداری و حمل مواد ناشی از عملیات حفاری می‌باشد. برخی از موارد استعمال این ماشین عبارتند از:

۱. انجام عملیات حفاری قائم در اعماق مختلف مانند دیوارهای حائل، گودال شمع‌ها و پرده‌های آب بند..

۲. حمل و جابجا نمودن مواد کنده شده و نرم نظیر ماسه، شن، سنگ‌های شکسته، ذغال سنگ و.....

۳. انجام عملیات لایروبی در دریاچه سدها، کانال‌ها، پایه‌های موج شکن و.....

۴. حمل بار و بلند کردن قائم آنها از یک نقطه به یک نقطه دیگر نظیر تخلیه بار در داخل قیف‌ها و صندوقه‌ها

### ۵-۹. بکهولودر

بکهولودر ماشینی ترکیبی است که شامل یک لودر در جلو و یک بیل کانال‌کن در عقب می‌باشد. اندازه این ماشین از لودر و بیل مکانیکی کوچک‌تر می‌باشد و برای انجام کارها با حجم عملیات کم به کار می‌رود. این دستگاه جهت پی‌کنی، حمل لوله‌ها، لایروبی، برداشتن موانع، کندن کانال‌های کوچک و متوسط جهت خاک‌برداری‌های سبک و بارگیری

کامیون‌های حمل خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند و اصطلاحاً به آن همه‌کاره کارگاه می‌گویند. این دستگاه به لحاظ ماهیت ساخت، توانایی انجام کار بی‌یل مکانیکی و لودر در خاکهای نرم و خاکهای کشاورزی را نیز دارد [3,8,11].



شکل ۵-۲۸: بکهولودر

انواع بکهولودرهای رایج به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.  
 بکهو تمام‌گردان: این نوع می‌تواند حتی فاقد فرانت لودر و کابین باشد. قسمت گرداننده آن در بالای محور عمودی بوده و می‌تواند تا ۲۷۰ درجه حرکت چرخشی داشته باشد. این دستگاه فاقد قابلیت کشویی شدن بوده و به لحاظ عمق حفاری از بقیه مدل‌ها کمتر حفر می‌کند.





شکل ۵-۲۹: بکھو تمام گردان

**بکھو ثابت:** این نوع دستگاه به صورت کامل (هم لودر و هم بیل) بوده و به لحاظ ثابت بودن محور گردان از توان بیشتری برخوردار می‌باشد و قابلیت 180 درجه حرکت چرخشی را دارد.



شکل ۵-۳۰: بکھو ثابت

**بکھو لودر کشویی مکانیکی:** این نوع دستگاه نمونه کامل تر مدل بکھو ثابت می‌باشد که محور گردان آن به صورت مکانیکی قابلیت کشویی شدن به طرفین از منتهی‌الیه سمت

راست شاسی تا منتهی الیه سمت چپ را دارد . عموماً این مدل در انجام پروژه ها در شهرها به نسبت نوع ثابت و یا گردان، کاربری بیشتری دارد.



شکل ۵-۳۱: بکهو لودر کشویی مکانیکی

**بکهو لودر کشویی هیدرولیکی:** این مدل نمونه کامل تر مدل کشویی مکانیکی می باشد که سهولت انجام کشویی و عدم ایجاد خسارت به سطوح آسفالت در هنگام کشش برای کشویی شدن از خصوصیات بارز این دستگاه است و این موضوع باعث افزایش کاربرد آن می شود.



شکل ۵-۳۲: بکهو لودر کشویی هیدرولیکی

قسمت‌های اصلی بکهو لودر به شرح موارد زیر است:

۱. بیل مکانیکی
۲. لودر
۳. موتور
۴. سیستم فشار هیدرولیکی
۵. پایه های تعادل

### ۵-۱۰. بیل مکانیکی

بیل های مکانیکی و هیدرولیکی برای گودبرداری در خاک های نرم و سخت، سنگ های نرم و مواد غیرسنگی استفاده می گردد. برای حفاری کانال هایی جهت جاگذاری لوله ها و کابل های ادارات برق، تلفن و آب و فاضلاب و حوضچه های بزرگ و نوع خاص آن برای معادن مورد استفاده قرار می گیرد. بیل های مکانیکی می توانند انواع خاکها بجز صخره سنگها را حفر نمایند. صخره سنگها باید ابتدا توسط دستگاه هایی مانند ریپر یا چکش هیدرولیکی تخریب و پس از آن توسط بیل برداشت شوند. از بیل ها برای حفاری خاک به خصوص در اغلب زمین های خرده سنگی که حفاری آن توسط ماشین آلات دیگر راه سازی جز بولدزر عملی نیست، استفاده می شود. بیل قادر است علاوه بر حفاری، مواد حاصله را در داخل وسائل حمل مواد خاکی بار نماید. از این ماشین برای بارکردن همه نوع مواد اعم از سنگی، شنی و رسی و غیره می توان استفاده کرد. همچنین برای حفر و زاویه دادن به کانالها از آن استفاده می شود. به علاوه با بیل، کانال های متوسط و کوچک را هم که به اندازه جام بیل باشند می توان حفر نمود. شکل زیر موید این موضوع می باشد. [3,7,8]



شکل ۵-۳۳: بیل مکانیکی

عملیات خاکبرداری توسط بیل در چهار مرحله به شرح زیر انجام می‌شود.

(الف) قرار دادن جام در محل مواد خاکی

(ب) پر کردن جام به وسیله کشیدن یا فشار دادن آن در داخل مواد خاکی

(ج) خارج کردن و بالا کشیدن جام و چرخش تا محل تخلیه

(د) تخلیه مواد کنده شده در کامیون و آماده شدن برای تجدید عملیات

روش خاکبرداری در عمق‌های مختلف متفاوت است. عمق کم خاکبرداری باعث می‌شود که جام بیل با یک بار حرکت مشکل‌تر پر شود. برای همین اپراتور ممکن است هر دفعه بیل نیمه پر را داخل وسیله حامل خالی کند و یا جام نیمه پر را برای پر شدن کامل دوباره حرکت بدهد. این مشکل باعث اتلاف وقت و کاهش بازدهی می‌گردد. اگر عمق خاکبرداری زیاد باشد اپراتور ممکن است کارهای زیر را انجام دهد:

۱. عمق نفوذ لبه جام بیل در جبهه خاک را برای پر کردن جام بکاهد تا با یک حرکت آن را پر کند.

۲. شروع حرکت جام را از نقطه های بالاتر از سطح کف گودال شروع نموده و بعداً قسمت باقیمانده را خاکبرداری کند.

۳. جام را در تمام طول حرکت بدهد و بگذارد که خاک اضافی به کف گودال بریزد و بعداً آن را جمع آوری کند.

مشخصات فنی کلی بیل ها در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۴-۵: مشخصات فنی بیل های مکانیکی

مشخصات	حداقل	حداکثر
قدرت موتور	۸۵HP	۵۱۳HP
وزن	۱/۶Ton	۸۵Ton
فشار سیستم هیدرولیکی	۲۷۰۰PSI	۵۰۸۰PSI
ظرفیت جام	۰/۰۲M <sup>۳</sup>	۵/۶M <sup>۳</sup>
حداکثر عمق حفاری	۲/۱۳ m	۱۱/۷۵ m
سیستم برق	۱۲V	۲۴V
طول بازوی جام	۰/۸۹m	۱/۷m
عرض ماشین از وسط لاستیک یا زنجیر	۰/۹۸m	۳/۴۸m
ارتفاع کلی ماشین	۲/۱۹m	۳/۶۵m

انواع بیل های رایج به شرح زیر می باشند:

- ۱) بیل های نوع چرخ زنجیری
- ۲) بیل های نوع چرخ لاستیکی
- ۳) بیل های کامیونی

قسمت های اصلی بیل مکانیکی و هیدرولیکی به شرح زیر است:

۱. قسمت تیر اصلی
۲. قسمت بازوی جام
۳. قسمت جام
۴. شاسی یا بدنه

## ۵-۱۱. دراگلاین (بیل کششی)

برای انجام عملیات حفاری و گودبرداری ماشین آلات متنوعی وجود دارد که نوع و اندازه آن بر اساس نوع کار و شرایط منطقه ای تعیین می گردد. یکی از انواع این ماشین آلات دراگلاین می باشد که معمولاً برای حفاری نهرها، کانال ها و نیز عملیات خاک برداری در فواصل دور که دسترسی به آن سخت می باشد، استفاده می شود. این ماشین بدون اینکه وارد گودال حفاری شود، با قرار گرفتن در سطح زمین طبیعی به راحتی می تواند مشغول عملیات گودبرداری در گودال شود. همچنین این ماشین قادر به انجام عملیات حفاری در زیر سطح آب نیز می باشد که مزیت بزرگی برای این ماشین است. این ماشین پس از برداشت مصالح از محل حفاری، مصالح را با یک حرکت به داخل کامیون و یا هر نقطه دیگری تخلیه می کند. در مواقعی که خاک کانال یا گودال حفاری برای حرکت ماشین آلات سنگین مانند کامیون مناسب نباشد، می توان بدون ورود کامیون به گودال، مصالح حاصل از حفاری دراگلاین را بارگیری کرد [3,7,8].



شکل ۵-۳۴: یک دراگلاین در حال عملیات خاک برداری

دراگلاین ساختاری همانند یک جرثقیل دارد که در انتهای بوم آن یک جام با سیستم‌های کابل‌بندی متفاوت با جرثقیل متصل شده است. بوم طویل و تنوع در ظرفیت جام آن، کاربرد این ماشین را تا حد زیادی افزایش داده است. اپراتور درآگلاین جام بیل را به محل حفاری پرتاب کرده و در حین کشیدن آن به سمت ماشین آن را از خاک پر می‌نماید. در هنگام تخلیه، کشش وارد بر کابل را آزاد کرده و جام تخلیه می‌شود. در این حالت جام توسط کابل بالابرنده نگهداشته می‌شود. به طور کلی یک بیل مکانیکی پر قدرت تا ظرفیت حدود دو متر مکعب را می‌توان با تعویض تیرک اصلی و جام بیل آن با تیرک اصلی و جام بیل کششی، به درآگلاین تبدیل نمود. خاطر نشان می‌سازد راندمان بیل کششی ۷۵ تا ۸۰ درصد بیل مکانیکی می‌باشد.

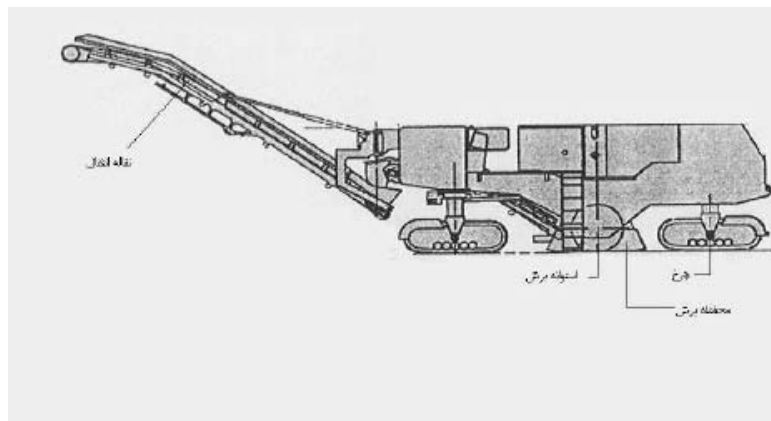
دراگلاین از مهم‌ترین ماشین آلات عملیات گودبرداری می‌باشد. برخی از موارد کاربرد این ماشین عبارتند از:

- ۱) عملیات حفاری در زمینهای وسیع و با سختی کم
- ۲) حفاری در سرباره ها، خاکستر، زغال سنگ یا دیگر مواد سبک
- ۳) گودبرداری کانالهایی که نیاز به برآمدگی طرفین نداشته و زوایای کناره های جانبی کانال به هر اندازه که بطور طبیعی قرار گیرند، مجاز باشد.
- ۴) عملیات حفاری در فواصل ۱۵ تا ۳۰ متر دورتر از ماشین، در خاکهای ناپایدار که امکان نزدیک شدن ماشین به محل حفاری وجود نداشته باشد.
- ۵) انجام عملیات حفاری در سطوح بالاتر از سطح اتکاء ماشین تا سطوح خیلی پائین تر از سطح اتکاء ماشین.
- ۶) عملیات حفاری در زیر سطح آب.

## ۵-۱۲. ماشین آسفالت تراش

هدف اصلی از نگهداری راهها فراهم آوردن شرایط مطلوب و راحت رانندگی در تمام شرایط آب و هوایی است. عملیات تراشیدن سرد آسفالت یکی از کم هزینه‌ترین و مؤثرترین روش‌های شناخته شده برای نگهداری از راهها است. تراشیدن آسفالت هنگامی که قطر آسفالت بیشتر از ۱۰ سانتی متر است، در کاهش هزینه‌های نگهداری آسفالت شامل دیرتر خراب شدن دفعات بعدی و هزینه‌های نگهداری طولانی مدت بسیار کمک می‌کند.

عمق تراشیدن آسفالت با توجه به شرایط فعلی بستر و یکنواختی مورد نظر (بعد از بسترریزی مجدد) تعیین می‌گردد. تراشیدن آسفالت باعث می‌شود که قشر بعدی ریخته شده یکنواخت‌تر (مسطح‌تر) باشد. ماشین آسفالت تراش ماشینی است که آسفالت خراب شده را می‌تراشد تا بتوانیم به جای آن آسفالت جدید بریزیم. عمل تراشیدن به وسیله یک گردنده استوانه‌ای شکل که بر روی آن چندین تیغه نصب شده است انجام می‌گیرد [3,9].



شکل ۵-۳۵: آسفالت تراش



استفاده از ماشین آسفالت تراش دو مزیت اساسی به شرح زیر دارد.  
الف) مواد اولیه برداشته شده و مقطع جاده با مصالح جدید پوشانده می‌شود. همچنین تاسیسات کار گذاشته شده در جاده مثل دریچه فاضلاب، دریچه‌های ادارات برق و آب و ... هم سطح با جاده در کار باقی می‌مانند.

ب) مواد تراشیده شده (آسفالت‌های قدیمی) قابل بازیافت می‌باشد.  
بدلیل پیشرفت‌هایی که در سیستم‌های مختلف این ماشین بوجود آمده است، به چندین روش می‌توان تقسیم بندی این ماشین‌آلات را انجام داد.

۱- تقسیم‌بندی براساس نوع چرخ: الف) چرخ لاستیکی ب) چرخ زنجیری

۲- تقسیم‌بندی براساس تعداد چرخ‌ها: الف) ۴ چرخ ب) ۳ چرخ

۳- تقسیم‌بندی براساس درجه حرارت آسفالتی که تراشیده می‌شود:

الف) ماشین آسفالت تراش سرد ب) ماشین آسفالت تراش پیش گرم کن

۴- تقسیم بندی براساس نوع تیغه و استوانه تیغه‌ها:

الف) استوانه تیغه کم تعداد ب) استوانه تیغه پر تعداد ج) تیغه‌های مخصوص

۵- تقسیم‌بندی براساس نوع و تعداد موتور محرک:

الف) یک موتور ب) دو موتور

۶- تقسیم‌بندی براساس نحوه حمل دستگاه:

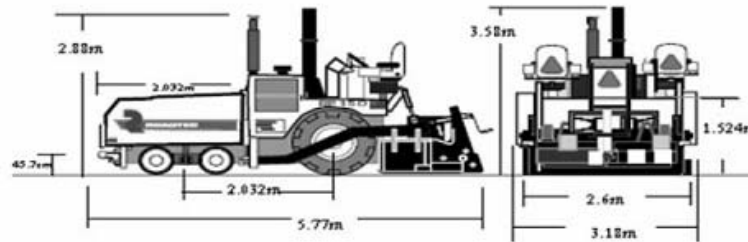
الف) نوع حمل شونده توسط یدک کش

ب) متصل شونده به کامیون کشنده

## ۵-۱۳. ماشین فینیشر آسفالت

از مسائلی که در آسفالت کردن معابر بسیار حائز اهمیت می‌باشد، ایجاد سطحی است که در تمامی طول مسیر یکنواخت بوده و به صورت به هم پیوسته و یکدست بدون هیچ‌گونه ترک خوردگی، فرورفتگی یا برآمدگی باشد. فینیشر آسفالت ماشینی است که برای رسیدن به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. فینیشر آسفالت ماشینی است که برای پخش مخلوط آسفالت، به صورت کاملاً صاف و یکدست، روی سطح زمین به کار می‌رود. به این ترتیب که مخلوط آماده شده آسفالت به آن تحویل داده می‌شود و ماشین آن را به صورت نواری با پهنا و ضخامت از قبل تعیین شده، که توسط اپراتور قابل تنظیم می‌باشد، روی سطح ریخته و مسیر را برای عبور غلطک آماده می‌کند.

موارد استعمال ماشین فینیشر در عملیات آسفالت، به صورت ساخت و یا تجدید ساخت خیابان‌ها، اتوبان‌ها، جاده‌ها، پارکینگ‌ها، باند فرودگاه و امثال آن می‌باشد. اگرچه هر یک از طراحان فینیشرها تدابیر خاصی برای انجام این وظایف توسط ماشین خود اندیشیده‌اند، اما می‌توان اصول کلی کار انواع فینیشرها را یکسان دانست. شکل ۵-۳۶ نمونه‌ای از این ماشین را نشان می‌دهد. [3]



شکل ۵-۳۶: ماشین فینیشر

## ۵-۱۴. ماشین قیرپاش

از این وسیله برای قیر پاشی قشر نفوذی (پریمکت) و اندود سطحی (تک کت) استفاده می‌شود. این ماشین مجهز به دستگاه تولید حرارت (با درجه حرارت قابل کنترل) برای گرم کردن قیر می‌باشد. ماشین قیر پاش (شکل ۵-۳۷) دارای لوله پخش کن، به طول ۱۱/۸ الی ۹ متر می‌باشد. ولی به طور رایج طول آن در حدود ۴ متر می‌باشد. میزان پخش در این دستگاه بر حسب کیلوگرم بر متر مربع قابل کنترل می‌باشد. همچنین این دستگاه دارای لوله جداگانه می‌باشد که می‌توان به وسیله آن مکان‌هایی که ماشین نمی‌تواند در آنها حرکت نماید را قیر پاشی نمود.

این ماشین بر روی شاسی یک کامیون یا تریلی کوچک سوار می‌شود. ماشین قیر پاش معمولاً علاوه بر راننده یک مسئول عملیات نیز دارد. راننده مسئول هدایت کامیون و سرعت آن می‌باشد و مسئول عملیات، وظیفه رسیدگی به عملیات فنی مربوط به قیر پاشی سطح جاده را بر عهده دارد. [3]

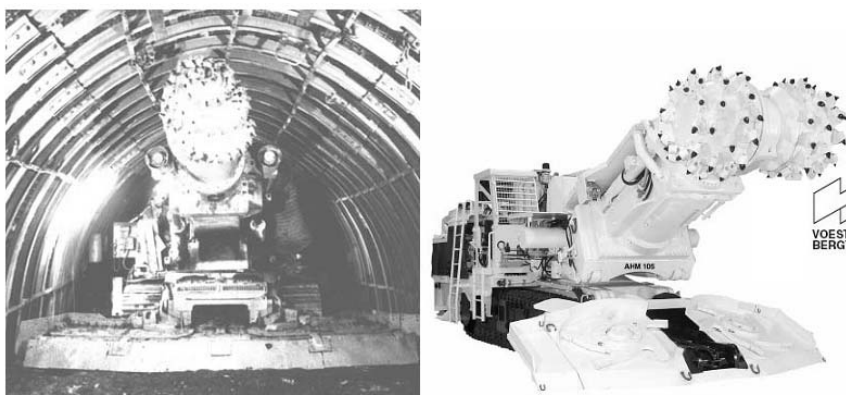


شکل ۵-۳۷: ماشین قیر پاش

به شکل کنونی در سال ۱۹۴۰ میلادی در مجارستان ساخته شده است. ماشین‌های رودهدر (Road Header) اولین رودهدر گروهی از ماشین‌های مکانیکی می‌باشند که سنگ را با استفاده از ناخن‌هایی از جنس کربور تنگستن که بر روی کله حفاری نصب شده‌اند خرد می‌کنند. کله حفاری بر روی یک بوم نصب می‌شود و توسط یک موتور الکتریکی و جعبه دنده‌های ویژه به چرخش درمی‌آید. حرکت بوم و نیروی لازم برای برخورد کله حفاری با جبهه کار توسط نیروی هیدرولیک انجام می‌شود. رودهدر به وسیله چرخ‌های زنجیری می‌تواند از یک جبهه کار به یک جبهه کار دیگر حرکت کند. مزیت اصلی رودهدر نسبت به سایر ماشین‌آلات حفر تونل، در انعطاف‌پذیری و توانایی حفر فضاهایی با اندازه‌ها و شکل‌های مختلف و امکان دسترسی مستقیم به جبهه کار است. به طور کلی ماشین رودهدر شامل یک بازوی برش دهنده می‌باشد که بر روی شاسی متحرک سوار شده است. بازگیری توسط بازوهای جمع‌کننده صورت می‌گیرد و به یک ناوه زنجیری منتقل می‌شود. حرکت مواد خرد شده در خلاف جهت جبهه کار تونل و از طریق ناوه زنجیری به طور پیوسته به سیستم انتقال مواد خرد شده انتقال داده می‌شود. ماشین‌های اولیه که وزن آنها کمتر از ۲۵ تن بود، حتی در حفاری سنگ‌های متوسط نیز چندان موفق نبودند، زیرا ارتعاش زیادی داشتند که این امر سبب می‌شد، ناخن‌ها و در مواردی خود ماشین صدمه ببینند. نسل‌های بعدی ماشین‌ها همراه با تکامل قسمت‌های مختلف سنگین‌تر شدند (۹۰ تن یا بیشتر) و این ماشین‌ها در حفر یاد کرد که NCB MRDE سنگ‌های سخت نیز قابلیت خوبی را نشان دادند.

از ماشین رده‌در برای حفاری فضاهای زیرزمینی در پروژه‌های عمرانی و معدنی استفاده می‌شود به طور کلی این ماشین‌ها را می‌توان در حفاری تونل‌ها، حفاری معادن زیرزمینی و

سطحی، احداث ترانشه و کانال و حفاری فضاهای بزرگ مقطع به کار برد. اشکال زیر موید این مطلب می باشند. [3,4,6]



شکل ۵-۳۸: ماشین رودهدر با برشهای محوری و عرضی



شکل ۵-۳۹: ماشین رودهدر با دو بازوی حفار



شکل ۵-۴۰: ماشین رودهدر با صفحه پره دوار



شکل ۵-۴۱: انواع ناخن‌های مورد استفاده در ماشین‌های رودهدر

## ۵- ۱۶. ماشین های TBM

دستگاه‌های T.B.M یا Tunnel Boring Machine یکی از مهم‌ترین ماشین‌آلات حفر تونل می‌باشند که قادرند تونل را به صورت تمام مقطع حفر کنند. این ماشین‌ها تمام مقاطع تونل‌ها را یک جا حفر می‌کنند و معمولاً آنها را به نام ماشین‌های حفر تونل و با علامت اختصاری T.B.M می‌شناسند. تکامل و گسترش این دستگاه‌ها سبب شده است که آهنگ پیشروی تونل‌ها در حد قابل توجهی افزایش یابد. مراحل عمومی اجرای TBM در این روش حفاری و نصب سیستم نگهداری دائمی تونل در این روش به شرح زیر می‌باشد: [3,4,6,14]

- حفاری

- نصب سگمنت

- تزریق تماسی و پرکردن فضای خالی پشت سگمنت‌ها

- تعمیرات و نگهداری متداول دستگاه

- نصب ریل (در صورت استفاده از سیستم ریلی)

- افزایش طول نوار نقاله (در صورت استفاده از نوار نقاله برای تخلیه مصالح)

- نقشه برداری و کنترل مسیر تونل

- نصب ابزار دقیق و رفتارنگاری زمین، سازه تونل و سازه‌های مسیر

سرعت پیشروی با این دستگاه‌ها با توجه به توقفات لازم برای انجام عملیات تعویض ابزار

برشی و ... و سایر زمان‌های مورد نیاز مانند عبور از باکس ایستگاه حفاری شده، حدود 10

متر در روز پیش‌بینی می‌شود.

در حفاری با دستگاه‌های TBM به دلیل اینکه این دستگاه‌ها دارای پوسته فلزی مقاومی

بوده و قطعات سگمنت بلافاصله پس از حفاری و در چند متری سینه کار نصب می‌شوند،

نیازی به نصب سیستم نگهداری موقت نمی‌باشد. در مراحل بعدی طراحی با توجه به پارامترهای ژئوتکنیکی خاک مسیر و بارهای استاتیک و دینامیک وارده بر سازه تونل، مشخصات هندسی و سازه‌های سگمنت بطور دقیق تعیین می‌گردد. اشکال زیر موید این مطلب می‌باشند.



شکل ۵-۴۲: سگمنت بتنی مورد استفاده در حفاری مکانیزه



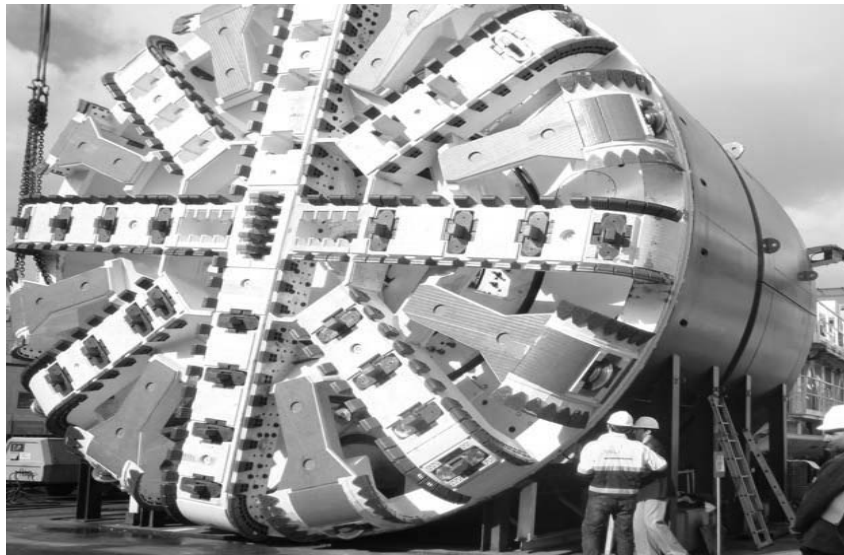
شکل ۵-۴۳: تونل حفاری شده به روش مکانیزه بعد از نصب سگمنت های بتنی

ماشین‌های حفاری سپردار، قابلیت احداث تونل در انواع زمین‌های خاکی و سنگی را داشته و از نظر روش حفاری، روش نگهداری جبهه کار و شرایط و محدودیت‌های کاربرد به



انواع متفاوتی تقسیم می شوند. به طور کلی سپرهایی که امکان بکارگیری در پروژه‌های شهری و تونل‌های مترو را دارند عبارتند از سپرهای باز (Open face shield) ، سپرهای دوغابی (Slurry Shield) ، سپرهای توازنی با فشار زمین (Earth Pressure Balance Shield) و سپرهای ترکیبی (Mixed or Combined Shield) با توجه به اهمیت سپرهای توازنی با فشار زمین در ادامه به جزئیات روش مذکور پرداخته می‌شود. این سپرها که به‌طور خلاصه EPB (Earth Pressure Balance) امیده می‌شوند، امروزه از متداول‌ترین ماشین‌های حفاری در زمین‌های نرم به شمار می‌آیند. در ماشین‌های EPB از انواع تیغه‌ها یا ابزارهای برنده بر روی کله حفاری برای حفر جبهه کار، استفاده می‌شود. در پشت کله حفاری، فضایی به نام اتاقک اختلاط یا اتاقک حفاری یا چمبر (Excavation (Muck) Chamber) قرار دارد. تخلیه مواد توسط نقاله مارپیچی (Screw Conveyor) که ابتدای آن در اتاقک و انتهایش در پشت سپر است، انجام می‌گیرد. روش کلی کار ماشین به این صورت است که پس از حفر خاک توسط کاترهد، مواد حفاری شده اتاقک اختلاط را پر کرده و در مقابل فشار زمین، عکس‌العمل نشان داده و مانع از ریزش آن می‌شود. پس از پر شدن چمبر ، خاک موجود توسط نقاله مارپیچی (که به آن پیچ ارشمیدس هم می‌گویند)، بطور کنترل شده‌ای هماهنگ با میزان پیشروی ماشین، به نحوی تخلیه می‌گردد که فشار مورد نظر در جبهه کار تأمین و حفظ شود. در حالت کلی زمین مناسب برای استفاده از سپرهای EPB خاک‌های رسی و سیلتی بوده و ساده‌ترین شکل آن برای کار تونل سازی در زمین‌های دارای ۲۰ تا ۳۰ درصد اجزای ریزدانه (لای و رس) مناسب می‌باشد. با بکارگیری روش‌های بهسازی خاک (Soil Conditioning) و انواع فوم‌ها و پلیمرها و سایر افزودنی‌ها، محدوده کاربرد این ماشین‌ها گسترده‌تر شده و در بازه گسترده‌ای

از انواع زمین‌ها و خاک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه اشکال زیر بیانگر این موضوع می‌باشند. [4,6,14]



شکل ۴۴-۵: ماشین EPB به قطر ۹/۱۶ متر برای حفاری قطعه شرقی - غربی خط ۷ مترو تهران



شکل ۴۵-۵: ماشین EPB به قطر ۹/۱۹ متر برای حفاری بخشی از تونل خط ۳ مترو تهران



شکل ۵-۴۶: سرمته حفار TBM

## خلاصه

استفاده وسیع از ماشین آلات عمرانی در پروژه‌های مختلف حاکی از اهمیت دستگاه‌های مذکور می‌باشد. در این راستا ماشین‌های مختلفی با مقاصد هم‌چون حفاری، حمل، خاکریزی، تراکم، پخش آسفالت و ... به کار می‌روند. ماشین‌های نظیر لودر، بولدوزر، غطلک، بیل مکانیکی، فینیشر، گریدر، TBM، اسکرپر هر یک دارای کاربرد و انواع مختلفی می‌باشند.

## آزمون

- ۱- موارد کاربرد لودر را شرح دهید؟
- ۲- انواع جام‌های لودر را نام ببرید؟

۳- اجزای گریدر را ذکر نمایید؟

۴- انواع TBM و کاربردهای آن را شرح دهید؟



## **فصل هشتم**

**ایمنی در عملیات  
راهسازی**

## اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر است:

۱. شرایط ایمنی و نکات لازم در اجرای عملیات عمرانی مختلف

## مقدمه

این فصل شامل حداقل مقررات و ضوابطی است که رعایت آنها موجب می‌گردد تا با استفاده از وسایل و تجهیزات ایمنی و حفاظتی مناسب، فراهم کردن تسهیلات مورد نیاز برای سکونت، تهیه مواد غذایی، آب آشامیدنی سالم، وسایل و سرویس‌های بهداشتی، انتخاب وظایف شغلی متناسب با توانایی‌های جسمی و روانی کارگران و آموزش آنان در مورد خطرات ناشی از کار و روش‌های پیشگیری و حفاظت در برابر عوامل زیان‌آور محیط کار و نهایتاً بهره‌گیری از روش‌های صحیح و ایمن برای اجرای عملیات پیمان، ایمنی و سلامتی کارکنان شاغل در کارهای راهسازی تأمین شود. [2,12]

ایمنی و بهداشت حرفه‌ای ترکیبی از علوم پزشکی و مهندسی است که مسایل مربوط به ایمنی، بهداشت و درمان کارکنان را برای دستیابی به اهداف زیر بررسی می‌کند.

- تأمین، حفظ و ارتقای سطح سلامت جسمی، روانی و اجتماعی کارکنان و کارگران.
  - پیشگیری از بیماری‌ها و حوادث ناشی از کار.
  - انتخاب کارگر یا کارمند برای محیط و شغلی که از هر نظر توانایی انجام آن را داشته باشد و به عبارت دیگر ایجاد سازگاری کار با انسان، و یا انسان با کار.
  - عوامل زیان‌آور محیط کار و علل وقوع حوادث ناشی از کار.
  - عوامل زیان‌آور محیط کار
- ارزیابی و کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار یکی از برنامه‌های اصلی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای است. این عوامل عبارتند از:
- عوامل فیزیکی شامل صدا، ارتعاش، گرما، سرما، فشار، پرتوها و ...

- عوامل شیمیایی زیان آور مانند گازها، بخارات، دود ناشی از تهیه آسفالت و گرم کردن قیر، غبار حاصل از شکستن ماسه سنگ‌ها و سنگ‌های سیلیسی.
- عوامل زیست شناختی مانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها.
- عوامل انسانی ۱ مانند وضعیت نامطلوب بدنی در هنگام کار، وارد شدن فشار بیش از حد روی اندامی
- خاص و ...

### علل وقوع حوادث ناشی از کار

- علل وقوع حوادث ناشی از کار که طی آن احتمال آسیب به افراد، خسارت به تجهیزات و محیط، اتلاف مواد و ضعف در عملکرد مطلوب را به وجود می‌آورد، به طور عمده عبارتند از:
- اعمال نایمن مانند کار با ماشین در سرعت غیر مجاز، استفاده نکردن از وسایل حفاظت فردی، سرویس ماشین‌آلات در حال کار، و شوخی‌های نابجا در حین کار.
  - شرایط نایمن ۲ یا علل فیزیکی مربوط به ماشین، مواد و محیط کار مانند نقص فنی ماشین، انبار کردن و نگهداری مصالح در محل یا شرایط نایمن.

### ۱-۶. مقررات عمومی

در قالب مقررات عمومی و به منظور اجرای آیین‌نامه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، موارد زیر باید رعایت شود [2,12].

پیمانکار موظف است قبل از شروع کار برنامه معینی بر ای پیشگیری و کنترل حوادث و بیماری‌های شغلی تهیه کند و آن را در عمل به کار گیرد. این برنامه باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:



الف. ارائه تعریف مشخصی از ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در حین اجرای پیمان به طوری که مسئولیت خود را در برابر تعهدات قانونی و تأمین سلامتی کارکنان بپذیرد و تمهیدات لازم را برای جذب نیروی متخصص در زمینه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، تهیه وسایل و تجهیزات حفاظتی مورد نیاز و ارائه تسهیلات رفاهی در نظر بگیرد.

ب. آموزش کارکنان متناسب با شرایط کار و خطراتی که با آن روبرو هستند.

پ. انجام بازدیدهای منظم و مستمر توسط افراد صلاحیت‌دار در مراحل مختلف اجرای پیمان برای اطمینان از رعایت اصول و مقررات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای.

ت. برنامه‌ریزی برای ثبت، پردازش، تحلیل، گزارش و بایگانی حوادثی که در حین اجرای پیمان اتفاق می‌افتد.

ث. کاربرد ایمن دستگاه‌ها و ماشین‌آلات برابر با دستورالعمل کارخانه سازنده.

ج. تطبیق شرایط کار با قوانین، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای.

کلید یک برنامه مؤثر پیشگیری و حفاظت در برابر حوادث و بیماری‌های شغلی حمایت مدیریت برای ساماندهی و تداوم تلاش‌های ایمنی است که عملاً موجب می‌شود تا تمامی کارکنان نسبت به رعایت اصول و مقررات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای احساس مسئولیت نمایند. ساماندهی برنامه‌های ایمنی، اصلاح روش‌های کار و تدارک وسایل و تجهیزات ایمنی گرچه هزینه‌هایی را به پیمانکار تحمیل می‌کند ولی باید می‌تواند زمان‌های توقف کار و «فعالیت ایمن» در نظر داشت که پیامدهای حوادث نیز قابل توجه هستند هزینه ساخت را کاهش دهد، رضایت شغلی کارکنان را فراهم کند و در بهره‌وری و کیفیت کار تأثیر مثبت داشته باشد.

## ۶-۲. شرایط انجام کار

انجام کارهای راهسازی نباید مستلزم پذیرش ریسک بالا برای کارکنان باشد. به عبارت دیگر پیمانکار نباید وظایفی را به کارکنان محول کند که توانایی انجام آن را نداشته باشند یا کار در شرایط غیر ایمن، مخاطره آمیز و غیر بهداشتی انجام گیرد به نحوی که سلامتی کارکنان به طور جدی به خطر بیفتد. در این مورد قوانین، آیین نامه‌ها و استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه ای باید ملاک عمل قرار گیرد.

## ۶-۳. آموزش کارکنان

پیمانکار موظف است نسبت به آموزش کارکنان خود در مورد شناسایی و پیشگیری از شرایط ناایمن، انجام فعالیت‌های ایمن و کاربرد استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای اقدام نماید تا در برابر هر نوع حادثه و بیماری بتوانند از خود محافظت کنند. کارکنان باید با نحوه استفاده از وسایل حفاظت فردی در مقابل خطرات احتمالی آشنایی کافی داشته باشند. پیمانکار موظف است برای کسانی که در جریان کار با مواد قابل اشتعال و قابل انفجار، گازها و بخارات سمی، جابجایی اشیاء سنگین و موارد مشابه در ارتباط هستند برنامه‌های آموزشی ویژه‌ای را در نظر بگیرد.

## ۶-۴. بازرسی

پیمانکار باید افرادی را که با اصول و مقررات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آشنا هستند در اختیار داشته باشد تا هر روز به طور منظم و مستمر از محل اجرای عملیات، نحوه

جابه‌جایی و کار با مواد و مصالح، فعالیت کارکنان، عملکرد دستگاه‌ها و ماشین آلات، نحوه استقرار تجهیزات ایمنی و علائم هشدار دهنده بازدید کنند و گزارش کاملی از مشاهدات خود را برای بررسی خطرات احتمالی و یافتن روش‌های مؤثر برای بهبود وضعیت ایمنی ارائه دهند.

#### ۶-۵. ثبت حوادث

پیمانکار موظف است تمهیدات لازم را برای ثبت، پردازش، تحلیل، گزارش و بایگانی اطلاعات مربوط به حوادث و بیماری‌های ناشی از کار در نظر بگیرد تا از یک طرف جوابگوی نیازمندی‌های مراجع ذی‌صلاح بوده و به تعهدات قانونی خود عمل کند و از طرف دیگر داده‌های مورد نیاز برای بررسی و تحلیل علل و عوامل مؤثر در وقوع حوادث و بیماری‌های ناشی از کار و جلوگیری از تکرار دوباره آنها در اختیار داشته باشد.

#### ۶-۶. مقررات و استانداردها

پیمانکار موظف به رعایت مقررات و استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای به عنوان یک الزام قانونی و شرایط پیمانی است، ضمن آنکه باید پیمانکاران جزء را که به نحوی در ارتباط با پیمان هستند از این امر مطلع کند. در این مورد پیمانکار باید دستورالعمل‌های قانون کار جمهوری اسلامی ایران، آیین‌نامه‌های حفاظت و بهداشت کار وزارت کار و امور اجتماعی و استانداردهای کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای وزارت بهداشت و درمان را در تمامی مراحل اجرای پیمان در اختیار داشته باشد و آنها را به مورد اجرا بگذارد.

#### ۶-۷. وظایف دستگاه نظارت

دستگاه نظارت باید اطمینان پیدا کند که برنامه‌های پیمانکار برای دستیابی به ایمنی مطلوب و منطبق با آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، کارایی لازم را دارند. همچنین روش‌های مناسبی برای تشویق پیمانکارانی که اصول و مقررات ایمنی را به خوبی رعایت می‌کنند پیش بینی نماید تا آنها اشتیاق بیشتری برای تداوم این کار داشته باشند. دستگاه نظارت باید شیوه‌های مؤثری برای برخورد با پیمانکاران خطاکار در نظر بگیرد، بدین ترتیب که در مرحله اول به صورت شفاهی پیمانکار یا نماینده او را در جریان اعمال نایمن و شرایط نایمن قرار دهد. در مرحله بعد این موارد را به صورت مکتوب به پیمانکار اطلاع دهد و هرگاه پیمانکار به تذکرات شفاهی و کتبی توجه نکند و به تعهدات پیمانی خود عمل نکند دستگاه نظارت باید تا رفع نواقص و بهبود وضعیت ایمنی، اجرای پیمان را با موافقت کارفرما متوقف کند.

#### ۶-۸. تسهیلات و خدمات بهداشتی و رفاهی

کارهای راهسازی در بیشتر موارد دور از امکانات شهری مانند آب، برق، وسایل ارتباطی و خدمات بهداشتی - درمانی انجام می‌گیرد. پیمانکار باید اطمینان پیدا کند که نیازهای اولیه کارکنان یعنی خوراک، مسکن و بهداشت آنها برآورده شده است. در این مورد قبل از شروع عملیات اجرایی باید تدارکات و پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید.

**آب آشامیدنی:** پیمانکار موظف است آب آشامیدنی سالم و گوارا را به مقدار کافی در مخازن سرپوشیده که طبق اصول بهداشتی ساخته و نگهداری می‌شوند، در اختیار کارکنان قرار دهد. همچنین آب نمک با غلظت مناسب یا قرص نمک طعام به مقدار کافی برای کارگرانی که به طور مداوم در گرمای زیاد کار می‌کنند فراهم کند. استفاده از لیوان عمومی

برای آشامیدن مجاز نیست و لیوان‌های یکبار مصرف نیز باید در شرایط بهداشتی نگهداری شوند و ظرف مناسبی در محل برای دور ریختن آنها در نظر گرفته شود. به علاوه مخازن آب غیر قابل شرب باید به نحوی علامت‌گذاری شوند که آنها را برای آشامیدن، شستشوی ظروف و آشپزی مورد استفاده قرار ندهند.

**سرویس‌های بهداشتی:** پیمانکار موظف است برای یک‌صد کارگر به ازای هر ۲۵ نفر کارگر یک توالت بهداشتی و برای تعداد بیش از یک‌صد نفر به ازای هر ۳۵ نفر اضافی یک توالت بهداشتی اضافی تهیه کند. شستشو و گندزدایی مرتب توالت‌ها الزامی است. در صورتی که فضولات حاصله ممکن است موجب بروز بیماری شوند باید با عملیات شیمیایی یا فیزیکی در حوضچه‌های مخصوص تصفیه شوند به طوری که سلامتی کارکنان و مردم به خطر نیفتد و محیط زیست تخریب نگردد. همچنین در محل‌هایی که کارگران با رنگ، قیر، روغن، گرد و غبار و سایر مواد شیمیایی در ارتباط هستند یا در شرایطی کار می‌کنند که با وجود آلاینده‌های محیطی سلامتی آنها به خطر می‌افتد باید به تعداد کافی دوش آب سرد و گرم با رعایت اصول بهداشتی فراهم شود.

**برنامه غذایی:** در کارهای راهسازی با توجه به ساعات کار و بر حسب مورد، پیمانکار موظف است یک تا سه وعده غذای مناسب (صبحانه، نهار، شام) برای کارکنان فراهم کند. برنامه غذایی باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

الف: ارزش ریالی، کمیت، کیفیت، فرهنگ محلی و تنوع غذا مورد توجه قرار گیرند به نحوی که کارکنان با رغبت غذا را صرف کنند و حداقل انرژی مورد نیاز آنها تأمین شود.

ب: به منظور پیشگیری از بروز مسمومیت، ظروف غذا در یک محل تمیز و بهداشتی نگهداری شوند و از مصرف مواد غذایی مانده و تاریخ گذشته خودداری شود.

پ: زمان معین و کافی برای صرف غذا پیش‌بینی شود و تا حد امکان در برنامه روزانه از میوه و سبزیجات استفاده گردد.

محل خواب و استراحت: در کارهای راهسازی با توجه به فصل، محل و مدت کار باید خوابگاه مناسبی با وسایل مورد نیاز برای اقامت کارکنان ایجاد شود و همچنین در صورت دوری محل اجرای عملیات و عدم تکافوی وسیله نقلیه عمومی پیمانکار موظف است برای رفت و برگشت کارکنان وسیله نقلیه مناسبی در اختیار آنها قرار دهد.

**وسایل حفاظت فردی:** وسایل حفاظت فردی شامل کلاه ایمنی، عینک حفاظتی، حفاظ صورت، گوشی حفاظتی، حفاظ دستگاه تنفسی، دستکش ایمنی، کفش‌های منی، لباس کار، جلیقه نجات و سایر وسایل، تجهیزاتی هستند که می‌توانند کارکنان را در برابر عوامل بیماری‌زا و خطرات محیطی معمول یا قابل پیش‌بینی با توجه به رعایت موارد زیر محافظت کنند:

الف: وسایل فوق باید از نظر طرح، اندازه، رنگ، مقاومت، کیفیت و سایر مشخصات مورد تأیید باشند. در این زمینه به ترتیب آیین‌نامه‌های مؤسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران، سازمان بین‌المللی معتبر (DIN) و آلمان (BS) انگلیس، (ASTM)، (ANSI) و استانداردهای آمریکا (ISO) استاندارد هستند، ضمن آنکه نظر وزارت کار و امور اجتماعی در رابطه با هر یک از وسایل حفاظت فردی به عنوان معیار باید مورد پذیرش قرار گیرد.

ب: پیمانکار موظف است وسایل فوق را متناسب با نوع کار، وظایف شغلی کارکنان و خطرات کار تهیه کند و با یک برنامه زمانی معین آنها را در اختیار کارکنان قرار دهد.

پ: پیمانکار باید برای تفهیم سودمندی وسایل حفاظت فردی و نحوه کاربرد آنها آموزش لازم را به کارکنان بدهد و با نظارت مستمر اطمینان پیدا کند که تمامی افراد در صورت نیاز از این وسایل برابر با دستورالعمل کارخانه سازنده استفاده می‌کنند. کارکنان نیز موظف هستند از وسایل حفاظت فردی مناسب و سالم بر حسب دست ور پیمانکار و در صورت مواجهه با عوامل بیماری‌زا و خطرات محیطی استفاده کنند.

ت: وسایل و تجهیزات معیوب باید به سرعت تعمیر یا تعویض شوند، وسیله حفاظتی که دوباره به وسیله فرد دیگری مورد استفاده قرار می‌گیرد باید ابتدا ضد عفونی شود و در صورت نیاز قسمتهایی از آن تعویض شوند. وسایل فوق باید راحت باشند و در حین کار مزاحمت غیر ضروری برای کارکنان ایجاد نکنند.

**حفاظت سر:** در هر فعالیتی که احتمال مجروح شدن سر افراد بر اثر افتادن یا پرتاب شدن اشیا و مصالح یا برخورد با ماشین‌آلات، خطر سوختگی بر اثر ریزش مواد و مصالح داغ یا تماس با قطعات داغ و خطر شوک الکتریکی به دلیل نزدیکی و تماس با وسایل و تجهیزات الکتریکی وجود دارد، تمامی کارکنان باید مجهز به کلاه ایمنی استاندارد باشند. همچنین کارکنانی که به طور مداوم در فضای باز و در برابر تابش مستقیم پرتوهای خورشیدی کار می‌کنند باید به کلاه حصیری یا کلاه لبه دار مناسب دیگر مجهز شوند.

**حفاظت چشم و صورت:** انجام کار در شرایطی که همراه با انتشار گرد و غبار، دود ناشی از قیر و تهیه آسفالت، گازها، بخارات سمی و سایر آلاینده‌ها، پرتاب ذرات، پاشیدن اسید، روغن داغ و سایر مواد خطرناک، مواجهه با گرما یا سرمای بیش از حد و تابش پرتو مانند تابش پرتوهای ماورای بنفش و مادون قرمز در عملیات جوشکاری و برشکاری باشد و باعث

کوفتگی، سوزش، سوختگی، نفوذ اشیاء ریز، ایجاد پارگی و سایر جراحات‌ها و آسیب‌ها به چشم و صورت گردد، کلیه کارکنان باید بر حسب نیاز به عینک‌های حفاظتی، و حفاظ صورت مناسب و استاندارد مجهز شوند.

**حفاظت سیستم شنوایی:** هرگاه تدابیر پیشگیرانه و حفاظتی برای کاهش تراز صدا به حد مجاز مؤثر واقع نشود و احتمال افت شنوایی و سایر عوارض و بیماری‌های ناشی از تماس مداوم با صدای بیش از حد وجود داشته باشد، بر حسب نیاز کلیه کارکنان باید مجهز به گوشی حفاظتی مناسب باشند. پیمانکار در هیچ شرایطی نباید از سیستم شنوایی کارکنان برای تشخیص صدای غیر عادی و آگاهی از نقص دستگاهها و ماشین‌آلات استفاده کند به طوری که سلامتی آنها به خطر بیفتد.

**حفاظت سیستم تنفسی:** در شرایط اضطراری یا هنگامی که کنترل‌های مهندسی و مدیریتی برای پیشگیری از بروز ناراحتی‌های تنفسی در اثر مواجهه کارکنان با گرد و غبار، گازها، بخارات و سایر عوامل زیان آور و بیماری زا کافی نباشد کلیه کارکنان بنا بر ضرورت و با توجه به نوع کار، نوع آلاینده، میزان خطر، بیماری زایی آن و فضای کار باید به وسایل و تجهیزات حفاظت تنفسی مناسب مجهز شوند.

**حفاظت دست و بازو:** در هر نوع عملیات یا کار با وسایل و تجهیزاتی که ممکن است دست و بازو مجروح شود یا به طور مداوم با مواد شیمیایی خطرناک در تماس باشد، تمامی کارکنان بای د به دستکش و بازوبند حفاظتی مناسب به شرح زیر مجهز شوند:



الف: کارکنانی که مواد و مصالح داغ مانند قیر و آسفالت حمل می کنند، باید از دستکش های حفاظتی مقاوم در برابر حرارت استفاده کنند.

ب: کارکنانی که با اشیاء نوک تیز و برنده کار می کنند، باید از دستکش های مقاوم در برابر پارگی و سوراخ شدگی استفاده کنند.

پ: کارکنانی که با برق سروکار دارند باید از دستکش های عایق با مشخصات استاندارد استفاده کنند به طوری که مقاومت الکتریکی آنها متناسب با حداکثر ولتاژ اسمی دستگاه باشد.

ت: کارکنانی که با روغن و سایر مواد شیمیایی سر و کار دارند، باید از دستکش های حفاظتی مقاوم در برابر این مواد استفاده کنند.

ث: راننده های ماشین های راهسازی مانند لودر و بلدوزر برای جلوگیری از بروز ناراحتی های پوستی باید از دستکش های مناسب استفاده کنند.

**حفاظت پا:** هر نوع عملیات یا کار با ماشین که مستلزم راه رفتن بر روی سطح گرم مانند آسفالت گرم در عملیات پخش آسفالت است، یا احتمال سقوط اشیاء، قطعات و مصالح یا ریزش مواد داغ یا خورنده بر روی پا وجود داشته باشد یا مستلزم راه رفتن بر روی سطوح لغزنده، نا هموار و گل آلود باشد و همچنین هرگاه اجرای پیمان در آب و هوای بسیار گرم یا بسیار سرد صورت گیرد، یا خطر گزیدگی، نیش زدن و حمله حشرات و حیوانات وجود داشته باشد تمامی کارکنان بر حسب مورد باید به گتر، کفش و چکمه حفاظتی مناسب مجهز شوند. کارکنانی که با وسایل و تجهیزات برقی در ارتباط هستند نباید از کفش های پنجه فولادی استفاده کنند. در مکان هایی که تولید جرقه خطر انفجار یا آتش سوزی را افزایش می دهد کفش ایمنی نباید دارای میخ فلزی باشد.

**لباس کار:** کارکنانی که در حین اجرای پیمان یا در معرض پرتاب اشیاء ریز و براده‌های داغ، استنشاق گرد و غبار و سایر ذرات معلق در هوا، پاشیدن اسید یا بخارات آن و تماس با مواد و مصالح گرم می‌باشند یا در محیط خیلی گرم و یا خیلی سرد کار می‌کنند، یا با گازوئیل، روغن، گریس و همچنین رنگ و سایر مواد شیمیایی سروکار دارند باید به وسایل حفاظت فردی از جمله لباس کار مناسب مجهز شوند. کیفیت، جنس، رنگ، طرح و اندازه لباس کار باید متناسب با شرایط محیطی، خطرات کار و اندازه کارکنان باشد به نحوی که در آن احساس راحتی کنند و پوشیدن لباس کار خطر اضافی برای آنها به وجود نیاورد. لباس کار سرویسکار و سایر کارکنانی که با قسمت‌های متحرک ماشین سر و کار دارند نباید شل و آویزان باشد و هیچ قسمت از لباس مانند کمر بند نباید آزاد باشد. همچنین پیمانکار موظف است برای پرچمدار و سایر کارکنانی که در عملیات اجرایی راه‌ها و کنترل ترافیک فعالیت می‌کنند لباسی تهیه کند که از قابلیت دید بالایی برخوردار باشد به طوری که از راه دور به خوبی قابل تشخیص باشد.

**کمر بند ایمنی و طناب نجات:** در هر نوع فعالیتی که خطر سقوط کارکنان از بلندی وجود داشته باشد و ارتفاع محل استقرار افراد از سطح زمین بیش از ۳ متر است پیمانکار باید کمر بند ایمنی و طناب نجات مناسب را در اختیار کارکنان قرار دهد. کمر بند ایمنی، طناب نجات و تمامی ضمایم آنها باید مقاومت لازم برای تحمل وزن کارکنان را در هر وضعیتی داشته و مطابق با استانداردهای معتبر باشند. قبل از شروع کار، این وسایل و ضمایم آنها باید به دقت بازدید شوند و در صورت وجود هر نوع نقص مانند زدگی، پارگی یا پوسیدگی تحت هیچ شرایطی مورد استفاده قرار نگیرند.

**تورهای ایمنی:** در هر نوع عملیاتی که مستلزم فعالیت کارکنان در ارتفاع بالای ۸ متر از سطح زمین، آب یا هر تراز و سطح دیگر باشد و استفاده از نردبان، داربست، نرده‌های حفاظتی، طناب و کمربندهای ایمنی امکان‌پذیر ۱۵ سانتی‌متر استفاده کرد. پیمانکار باید قبل از شروع کار تورهای ایمنی را از نظر نصب صحیح، پارگی، پوسیدگی و موارد دیگر به دقت بازرسی نموده و مقاومت آنها را به لحاظ تحمل وزن افراد هنگام سقوط در شرایط مختلف مورد آزمایش قرار دهد و بعد از اطمینان از کارایی تورهای ایمنی دستور اجرای عملیات را صادر کند.

**حفاظت در برابر غرق شدن:** هر نوع فعالیتی که در بالا یا نزدیک آب انجام شود و خطر غرق شدن کارکنان وجود داشته باشد، بر حسب ضرورت تمامی کارکنان باید مجهز به جلیقه نجات مناسب باشند و یک قایق نجات همواره در محل و در دسترس قرار داشته باشد.

کمک‌های اولیه: قبل از شروع کارهای راهسازی پیمانکار موظف است علاوه بر تمهیدات لازم برای پیشگیری از وقوع حوادث در حین انجام کار برنامه مشخصی برای مقابله با شرایط اضطراری و نجات مصدومین حادثه تنظیم نموده و وسایل و تجهیزات مورد نیاز را تهیه کند. هرگاه در نزدیکی محل کار بیمارستان، اورژانس یا درمانگاه محلی برای رسیدگی به مصدومین حادثه و بیماران وجود نداشته باشد، پیمانکار موظف است یک فرد صلاحیت‌دار و با تجربه را که دوره کمک‌های اولیه را طی کرده است به عنوان مسئول کمک‌های اولیه تعیین کند. همچنین برای تعدادی از کارکنان مجرب و قابل اعتماد که توانایی جسمی لازم را دارند دوره عملی و نظری کمک‌های اولیه را برگزار نماید.

وسایل کمک‌های اولیه باید در بسته بندی‌های مناسب به طور ایمن و بهداشتی درون جعبه مخصوص در محل کار نگهداری شوند به نحوی که تغییر شرایط آب و هوایی نظیر درجه حرارت، رطوبت و جریان باد باعث کاهش کیفیت و فساد زود هنگام آنها نشود. پیمانکار موظف است به تعداد کافی جعبه کمک‌های اولیه در محل کار و در موقعیت مناسب نصب نماید تا همه کارکنان در صورت نیاز بتوانند به سهولت به آنها دسترسی پیدا کنند. محتویات جعبه کمک‌های اولیه با مشورت کارشناس بهداشت حرفه‌ای و با توجه به شرایط محیطی و خطرات کار مانند گرما زدگی، مار زدگی، مسمومیت، سوختگی، بریدگی و موارد دیگر تعیین می‌شود.

محتویات جعبه باید حداقل هر دو هفته یک بار توسط فرد صلاحیت دار برای اطمینان از جایگزینی اقلام مصرفی بازدید شود. کتاب راهنمای کمک‌های اولیه باید در داخل جعبه و در دسترس تمامی کارکنان قرار داشته باشد. پیمانکار موظف است پیش‌بینی‌های لازم را برای انتقال سریع و به موقع مصدوم یا بیمار به یک پزشک یا بیمارستان انجام دهد. شماره تلفن‌های تعدادی از پزشکان محلی و بیمارستان‌ها و مراکز اورژانس نزدیک محل کار باید همواره در کارگاه‌های راهسازی در دسترس باشد.

در عملیاتی مانند نقشه برداری یا کار با ماشین‌های راهسازی که برخی اوقات افراد بنا بر ضرورت دور از محل تجمع کارکنان و امکانات کارگاهی کار می‌کنند و به خدمات شهری و محلی دسترسی ندارند، پیمانکار موظف است وسایل و تجهیزات کمک‌های اولیه مورد نیاز را در اختیار آنها قرار دهد و اطمینان پیدا کند که حداقل یکی از افراد گروه آموزش کافی در مورد کمک‌های اولیه دیده است [2].

## ۶-۹. ایمنی در حین کار با ابزار و ماشین آلات

کلیه ابزار، وسایل و ماشین‌آلاتی که در کارهای راهسازی به کار می‌روند باید استاندارد و سالم باشند و با توجه به دستورالعمل کارخانه سازنده به نحو مطلوب نگهداری شوند و مورد استفاده قرار گیرند. اقلام معیوب و غیر ایمن باید به وسیله برچسب‌های ایمنی علامت‌گذاری شوند و در صورت نیاز به طور مطمئن قفل شوند و یا به خارج از محل کار انتقال یابند. پیمانکار موظف است کتاب راهنمای سرویس، تعمیر و کاربری صحیح و ایمن دستگاه‌ها و ماشین‌آلات را تهیه کند و بر حسب نیاز در دسترس کارکنان قرار دهد و اطمینان یابد که توصیه‌های کارخانه سازنده در هر مورد به طور کامل رعایت می‌شود. کلیه حفاظ‌های مکانیکی و الکترونیکی و سیستم‌های هشدار دهنده که از طرف سازنده دستگاه‌ها و ماشین‌آلات برای تأمین ایمنی و پیشگیری از حوادث در نظر گرفته شده‌اند باید به طور صحیح نصب شود و کارایی لازم را داشته باشند. هر نوع تغییری در مشخصات وسایل و ماشین‌آلات باید با توجه به دستورالعمل سازنده آنها و نظر کارشناسی افراد صلاحیت‌دار انجام گیرد و در هر حال تغییرات مورد نظر نباید سلامتی کارکنان را به خطر بیندازد.

سرویس، تعمیر و کاربری دستگاه‌ها و ماشین‌آلات باید توسط افراد آموزش دیده و با تجربه که از توانایی‌های جسمی و روحی مناسب برای انجام کار مورد نظر برخوردار هستند، صورت گیرد. در صورتی که کارکنان در هنگام کار با ابزار، دستگاه‌ها و ماشین‌آلات با خطر سقوط یا پرتاب اشیاء، پاشیدن اسید، تماس با روغن داغ، تماس با اشیاء تیز و برنده، مواجهه با صدای بیش از حد، گرما و سرمای زیاد، استنشاق ذرات گرد و غبار، گازها و بخارات سمی و بیماری‌زا و موارد دیگر روبرو هستند باید به وسایل حفاظت فردی مناسب مجهز شوند.

ابزار دستی و وسایل برقی: هر یک از ابزارهای دستی فقط بایستی در کارهایی که برای آن ساخته شده‌اند مورد استفاده قرار گیرند. ابزارها باید در شرایط مناسب نگهداری شوند. ابزارهای برنده همیشه باید تیز باشند، در صورتی که نوک ابزار ضربتی پهن شد یا ترک

برداشت بایستی بلافاصله آن را تیز یا تعویض کرد. نوک یا لبه تیز ابزار را هنگامی که مورد احتیاج نیست باید پوشاند. همچنین ابزارها باید در محل مناسبی نگهداری شوند. نباید آنها را روی زمین یا در مسیر رفت و آمد یا در بلندی که احتمال سقوط وجود دارد قرار داد. ابزاری که برای کار معین مورد نیاز نیست باید در جعبه یا قفسه مخصوص نگهداری کرد. کلیه وسایل و تأسیسات الکتریکی که در کارهای راهسازی به کار گرفته می شوند باید منطبق با آیین نامه حفاظتی تأسیسات و وسایل الکتریکی وزارت کار و امور اجتماعی باشند. تمام ابزارهایی که برای تعمیر یا تنظیم تأسیسات و وسایل الکتریکی به کار می روند مانند انبردست، آچار و پیچ گوشتی باید دسته عایق داشته باشند. برس، پاک کن و سایر ابزارهایی که برای سیستم های الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرند باید از مواد غیر هادی ساخته شده باشند.

بدنه وسایل الکتریکی که با جریان متناوب یا مستقیم با ولتاژ بیش از ۵۰ ولت نسبت به زمین کار می کنند باید به طور مطمئن به زمین وصل شوند. ابزارهای الکتریکی دستی قابل حمل باید به وسیله دوشاخه و پریزی که دارای اتصال اضافی برای سیستم اتصالی زمین است به شبکه وصل شوند. برای اجتناب از طولانی شدن کابل های اتصالی وسایل الکتریکی قابل حمل تا حد امکان محل نصب پریزهای ثابت باید نزدیک محل کار باشند.

کارکنانی که با وسایل الکتریکی قابل حمل کار می کنند باید از پوشیدن لباس های گشاد با گوشه های آزاد و دستکش های غیر لاستیکی خودداری کنند. سیستم های برق جرثقیل ها و سایر هادی هایی که نمی توان آنها را کاملاً عایق کرد و باید طوری قرار گیرند یا محافظت شوند که احتمال تماس تصادفی با آن وجود نداشته باشد.

**ماشین آلات راهسازی و ساختمانی:** در لودر، بولدوزر، گریدر، غلتک، کامیون، قیرپاش، فینیشر و دستگاه‌های مشابه انرژی به صورت روغن تحت فشار، هوای فشرده یا فنر فشرده می‌تواند ذخیره شود. متعلقات ماشین نظیر بیل، تیغه و شخم زن نیز اگر در ارتفاع قرار داشته باشند به علت نیروی وزن خود دارای انرژی هستند. آزاد شدن ناگهانی و غیر منتظره انرژی در هریک از موارد فوق می‌تواند حادثه ناخوشایندی را به همراه داشته باشد.

بنابراین قبل از سرویس یا تعمیر ماشین، اجرای تدابیر پیش‌گیرانه زیر ضروری است:

- برقراری حالت انرژی صفر یا وضعیت ایمن در ماشین، به طوری که احتمال حرکت ناخواسته ماشین و اجزای آن یا تخلیه ناگهانی فشار سیستم وجود نداشته باشد.
- قفل کردن منبع نیرو و نصب علامت هشدار دهنده بر روی ماشین به نحوی که کارکنان دیگر دانسته یا ندانسته بدون هماهنگی آن را روشن نکنند یا حرکت ندهند.
- تنظیم، روغن کاری و تعمیر دستگاه در حال حرکت یا با موتور روشن مجاز نیست مگر آنکه از طرف کارخانه سازنده توصیه شده باشد و دستورالعمل آن نیز در دسترس باشد.
- محل انجام سرویس و تعمیر ماشین آلات باید تمیز و مرتب باشد، روغن، گریس، گازوئیل و آب به طور منظم از محدوده کار پاک شوند و مواد و وسایل غیر ضروری در محل مخصوص خود قرار گیرند.
- علاوه بر این محیط‌های سرپوشیده باید روشنایی، تهویه و فضای مناسب داشته باشند تا شرایط مطلوب برای انجام کار فراهم گردد.
- سرویس کار، مکانیک و سایر کارکنانی که با خطراتی نظیر آتش سوزی، انفجار و پاشیدن آب اسید باطری به بیرون، ترکیدن لاستیک و در رفتن بچه رینگ، انفجار حاصل از جوشکاری در باک حاوی بنزین و گازوئیل و آتش سوزی ناشی از شستشوی قطعات ماشین

با بنزین روبرو هستند باید شناخت کافی نسبت به این خطرات، پیامدهای زیان‌بار آنها و روش‌های پیشگیری و کنترل حوادث را داشته باشند.

- راننده بیل مکانیکی، غلتک، ماشین خط کشی، بلدوزر و دستگاه‌های مشابه قبل از شروع کار باید بازدیدهای روزانه را بر اساس دستورالعمل کتاب راهنمای ماشین انجام دهد و نقص‌ها و ایرادات را هرچند جزئی برطرف کند یا به مسئول خود گزارش دهد. در هنگام کار نیز باید توانایی‌ها و محدودیت‌های ماشین را در نظر بگیرد و توصیه‌های کارخانه سازنده را به طور کامل اجرا کند.

- راننده باید مفهوم علائم و تابلوهای هشدار دهنده و کاربرد آنها را بداند و در صورت نیاز قبل از شروع کار آنها را تهیه کند و همچنین با قوانین و مقررات رانندگی در جاده‌های مختلف به خوبی آشنا باشد و از آنها پیروی کند.

- قبل از حرکت ماشین تا حد امکان محل اجرای عملیات باید شناسایی شود. در این رابطه حجم ترافیک، عرض راه، وجود دست‌انداز، حفره، گل و لای، یخ، گرد و غبار زیاد، خطوط لوله آب و گاز، کابل‌های برق و تلفن در زیر زمین یا بالای سر و به طور کلی هر نوع خطر احتمالی در مسیر باید مورد توجه قرار گیرد تا راننده در حین کار با شرایط غیر منتظره و پیش بینی نشده رو به رو نشود.

- راننده در هنگام هدایت و کار با ماشین باید از هر نوع عمل دور از احتیاط مانند توقف و دور زدن سریع و ناگهانی، سوار کردن نفر اضافی بر روی ماشین و سرعت غیر مجاز خودداری کند.

- یا برچسب‌های مشابه آن بر روی فرمان یا «ماشین در حال سرویس است» هرگاه علائم هشدار دهنده کلید ماشین نصب شده باشد، نباید موتور را روشن کرد یا کنترل‌ها را حرکت داد.



- قبل از روشن کردن ماشین در مکان‌های سرپوشیده باید اطمینان حاصل شود که سیستم تهویه کارایی لازم را دارد. در این مکان‌ها برای خروج دود، لوله‌اگزوز را باید به بیرون از محوطه ارتباط داد.
- در هنگام پارک کردن، یدک کشیدن، بارگیری و حمل ماشین باید به کتاب راهنمای کارخانه سازنده مراجعه شود و دستورالعمل آن را به طور کامل اجرا نمود.

**ماشین‌آلات ارتعاشی:** ابزارهای مرتعش دستی مانند مته چال زنی، ویراتور و ماشین‌های راهسازی نظیر غلتک‌های ارتعاشی و بولدوزر کارکنان را در معرض ارتعاش قرار می‌دهند. ارتعاشات در فرکانس‌های کمتر از دو هزار در ثانیه یک عامل زیان‌آور شغلی محسوب می‌شوند و می‌توانند آسایش فرد را مختل نمایند، بازده کار را کاهش دهند و موجب بروز ناراحتی‌های گوارشی، عصبی، عروقی و غیره شوند. پیمانکار برای تأمین سلامتی کارکنان ضمن رعایت اصول زیر باید استانداردهای کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای در رابطه با حدود تماس شغلی با ارتعاش را مورد توجه قرار دهد:

الف: سرویس و نگهداری وسایل و دستگاه‌های مرتعش به نحو مناسب انجام پذیرد و بنابر ضرورت به میراکننده‌ها و عایق‌های ارتعاش مجهز شوند.

ب: متصدیان وسایل و ابزارهای ارتعاش دستی به دستکش‌های ضد ارتعاش مجهز شوند.  
پ: برای پیش‌گیری از بروز عارضه و همچنین شناخت افراد حساس به ارتعاش، معاینات پزشکی سالیانه و دوره‌ای در مورد کارکنان در معرض ارتعاشات وارد بر دست و بازو انجام گیرد.

ت: کار به روش مناسب و توسط افراد کار آزموده و ماهر انجام گیرد به طوری که دستها و بقیه بدن حین کار گرم نگهداشته شوند و انتقال ارتعاش از ابزار مرتعش به کارگر تا حد امکان کاهش یابد.

ث: در شرایط تماس مداوم، برای تخفیف اثرات زین‌آور ناشی از وسایل و ابزار ارتعاش دستی برنامه کار باید تعدیل شود و به صورت یک ساعت کار و ده دقیقه استراحت تنظیم گردد.

**واحد سنگ شکن و کارخانه آسفالت:** در ابتدای بهره‌برداری از واحد سن گ شکن و کارخانه آسفالت رعایت نکات زیر از سوی پیمانکار الزامی است:

الف: کلیه ماشین‌آلات و ضمایم آنها باید دارای عملکرد صحیح و ایمن باشند و برنامه معینی برای نگهداری مطلوب از این امکانات در نظر گرفته شود.

ب: نشانگرها، کنترل کننده‌ها، وسایل هشدار دهنده و تجهیزات ایمنی باید از کارایی لازم برخوردار باشند. وسایل خاموش کننده حریق و کمک‌های اولیه به تعداد کافی در دسترس قرار گیرند.

پ: مخازن، خشک کن، سیلوها، مخلوط‌کن و سایر واحدها در صورت لزوم باید به وسایل اندازه‌گیری دقیق و سالم مجهز باشند تا در هر زمان اطلاعات مورد نیاز برای تنظیم دستگاه و تولید محصول استاندارد در اختیار متصدی قرار گیرد.

ت: وظایف و مسئولیت‌های سرپرست کارگاه، متصدی دستگاه، سرویسکار، راننده لودر، قیرگر مکن و سایر کارکنان باید مشخص شود و تنها افراد آموزش دیده و با تجربه به کار گرفته شوند. کلیه کارکنان باید وسایل حفاظت فردی مورد نیاز را در اختیار داشته باشند.

ث: فرآیند تولید نباید سلامتی کارکنان را در معرض خطر قرار دهد و مشکلات زیست محیطی ایجاد کند.

## تجهیزات ایمنی

الف: برای پیشگیری از خطر برق گرفتگی، آتش سوزی و انفجار، کلیه مخازن، ماشین آلات و ضمایم مربوط به آنها باید به طور مناسب به زمین وصل شوند.

ب: انواع فیوزها و وسایلی که برای تأمین ایمنی و کارکرد مطلوب سیستم در مسیر مدارهای الکتریکی قرار داده شده‌اند باید همواره در وضعیت مناسب نگهداری شوند تا در شرایط غیر عادی به خوبی عمل حفاظتی خود را انجام دهند.

پ: در صورت ضرورت برای بالا رفتن و استقرار کارکنان در بخشهای مختلف مانند سیلوها، سرندها و مخلوط کن باید نردبان، نرده‌های حفاظتی و سکوه‌های مناسبی فراهم شود تا کار بازدید و نمونه برداری به سهولت و بدون پذیرش خطر انجام پذیرد.

ت: تسمه‌ها، جعبه دنده‌ها، قرقره‌ها و سایر اجزای متحرک باید دارای حفاظ باشند و نیز مکان‌هایی که افراد در معرض خطر ریزش ناخواسته مصالح سنگی، قیر و افتادن اشیاء هستند باید محافظت شوند.

ث: واحد سنگ شکن و کارخانه آسفالت باید مجهز به وسایل هشدار دهنده مانند زنگ خطر باشند تا کارکنان به موقع از شروع به کار دستگاه و یا وقوع شرایط غیر عادی مطلع شوند و از محوطه خطر فاصله گیرند. همچنین در اتاق کنترل و محوطه کارگاه باید کلید اضطراری یا مکانیسم دیگری برای قطع جریان برق وجود داشته باشد تا در صورت وقوع حادثه با عمل کردن آن بلافاصله خط تولید متوقف گردد.

**مخازن قیر:** برای گرم کردن قیر باید از لوله‌های روغن و بخار، دستگاه‌های الکتریکی یا وسایل مشابه استفاده کرد. کاربرد شع‌له مستقیم که با بدنه مخزن در تماس باشد مجاز

نیست. هرگاه برای گرم کردن قیر از سیستم مشعل و لوله گرم کن استفاده شود هرگز نباید سطح قیر داخل مخزن به پایین تر از لوله گرم کن برسد چون در این حالت به دلیل افزایش سریع دما و تجمع گازها و بخارات خطرناک هر لحظه احتمال انفجار وجود خواهد داشت. برای گرم کردن و تخلیه قیر از تانکر به مخازن و حوضچه‌های کارگاهی در هیچ شرایطی نباید از شعله مستقیم استفاده کرد. پیمانکار باید پیرامون مخازن و کارخانه را به نحوی آماده کند که امکان تمیز نگه داشتن محیط کارگاه فراهم شود و مواد قابل اشتعال در محل جمع نشوند. چکه کردن و نشستی لوله‌ها و شیرآلات مربوط به سوخت، قیر و روغن باید رفع شود. ضایعات حاصل از فرآیند تولید به طور منظم و در فواصل زمانی معین به خارج کارگاه انتقال یابند و برای پاک کردن قیر و آسفالت از سطح کامیون و تانکر نباید نفت و گازوئیل مورد استفاده قرار گیرد.

**کاهش آلودگی‌های محیطی:** برای کاهش دود ناشی از گرم کردن آسفالت تا حد مجاز باید علاوه بر تنظیم مشعل و غبارگیرها یک دستگاه گازشوی مناسب نیز در محل نصب شود و تا حد امکان برای تأمین انرژی حرارتی مورد نیاز کارخانه از گاز طبیعی یا گازوئیل به عنوان سوخت مصرفی استفاده شود. برای کاهش میزان گرد و غبار در واحد سنگ‌شکن که احتمالاً می‌تواند حاوی درصد قابل توجهی سیلیس باشد باید وسایل آبی‌اش مناسب برای غبارزدایی در محل طراحی و نصب شود.

**ایمنی در حین اجرای عملیات:** در کارهای عمرانی مانند ساخت راه، پل و تونل تعیین وظایف شغلی کارکنان و انتخاب روشهای اجرا باید به نحوی انجام پذیرد که با اصول مهندسی و معیارهای ایمنی سازگار باشد. پیمانکار در برابر سلامتی کارکنان مسئول است و

باید بر مبنای آیین نامه ها و استانداردهای مصوب شورای عالی حفاظت فنی و کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور تدابیر لازم را برای تأمین ایمنی آنها در حین اجرای پیمان به کار گیرد.

**سازه‌های موقت:** داربست‌ها، نردبان‌ها، راه‌های موقت، شمع‌ها، سپرها، قالب‌ها، مهارها، نرده‌های حفاظتی و سایر وسایل و سازه‌های موقت باید از مواد و مصالح مرغوب و مناسب تهیه شوند و طراحی، ساخت، آماده‌سازی و نگهداری آنها مطابق استانداردهای معتبر باشد، به طوری که اهداف مورد انتظار را تأمین کنند، توانایی پذیرش فشارهای وارده را داشته باشند و کارکنان را در برابر خطرات کار محافظت کنند. آیین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مصوب شورای عالی حفاظت فنی در رابطه با سازه‌های موقت مانند انواع داربست، نردبان و نرده‌های حفاظتی معتبر می‌باشد.

**عملیات خاکی:** قبل از شروع کار محل اجرای عملیات باید به طور کامل و دقیق مورد بازرسی قرار گیرد. در مسیر حرکت ماشین‌آلات، وضعیت ترافیک، وجود گودال، گل و لای، گرد و غبار زیاد و مه غلیظ، جنس خاک، احتمال ریزش، نزدیکی به پرتگاه، خطوط لوله آب، فاضلاب و گاز، موانع، کابل‌های برق و تلفن در زیر زمین و بالای سر و به طور کلی هر نوع شرایط غیر عادی و خطرناک احتمالی باید شناسایی شوند و تمهیدات لازم برای تأمین ایمنی کارکنان فراهم گردد.

کلیه کارکنان در هنگام اجرای عملیات خاکی باید به وسایل حفاظت فردی مناسب مجهز شوند و به وظایف خود آشنایی کافی داشته باشند و به طور غیر ضروری خود را در معرض عوامل زیان آور مانند گرد و غبار، صدا، گرما و پرتوهای خورشیدی و نیز عوامل

مخاطره‌آمیز مانند سقوط از ارتفاع، ریزش مواد و برخورد با ماشین‌آلات قرار ندهند. در صورت لزوم برای تعیین موقعیت‌های خطرناک و حفظ هوشیاری کارکنان باید از علائم هشدار دهنده و برجسب‌های ایمنی استفاده کرد.

در صورت نیاز برای جلوگیری از ریزش‌های احتمالی دیواره محل حفاری‌ها، ترانشه‌ها و شیروانی‌ها باید با قراردادن و بستن حایل‌های موقت محافظت شوند. در زمین‌های ریزشی، در مهاربندی‌ها و بکارگیری سپرها باید دقت بیشتر به عمل آید و قفل و بست‌های مناسب تأمین شود.

در مواردی که قرار است کارکنان درون ترانشه یا محل حفاری کار کنند باید بازرسی‌های زیر از نظر ریزش و اکسیژن مورد نیاز انجام پذیرد و در صورت کاهش درصد اکسیژن هوا و خطر ریزش یا مشاهده ترک در جبهه خاک و یا سنگ، کار متوقف شود. برای شروع دوباره عملیات، تأمین نظر دستگاه نظارت به لحاظ رعایت مقررات ایمنی ضروری است:

الف: حداقل روزی یک بار، در صورتی که کارکنان به طور مرتب درون ترانشه کار می‌کنند.

ب: پس از هر ریزش غیر منتظره مصالح به داخل ترانشه.

## کارهای آسفالتی

هرگاه عملیات آسفالتی راه ضمن عبور وسایل نقلیه انجام پذیرد، علائم و تجهیزات ترافیکی مانند مخروط‌های ایمنی و منابع، «جاده باریک می‌شود» و «پرچمدار»، «جاده در دست تعمیر است» علائم روشنایی باید مطابق با آیین‌نامه علائم راه‌های کشور در محل نصب شود، لباس تمامی کارکنان از قابلیت دید بالایی برخوردار باشد و هماهنگی لازم با پلیس راه صورت گیرد.

**آسفالت گرم و سرد:** در هنگام اجرای عملیات آسفالت گرم و سرد و نیز قیرپاشی سطح راه، رعایت نکات زیر بر حسب مورد الزامی است:

همراه با سایر علائم ترافیکی به ترتیب در طولی از راه که قیرپاشی «جاده لغزنده است» الف: تابلوهای شده یا خطر لغزندگی وجود دارد نصب شود.

ب: در ابتدا و انتهای محل اجرای عملیات دو نفر پرچمدار برای هدایت ایمن ترافیک مستقر شوند.

پ: قیر مازاد موضعی در سطح راه، کاغذهای آغشته به قیر در ابتدا و یا انتهای عملیات قیرپاشی و سایر ضایعات قابل اشتعال و مخاطره‌آمیز حاصل از اجرای پیمان باید در اولین فرصت جمع‌آوری شوند و به محل امن انتقال یابند.

ت: درجه حرارت پخش برخی از انواع قیر بالاتر از حداقل نقطه اشتعال آنها است بنابراین برای گرم کردن قیر یا بازدید محتوای مخزن نباید از شعله مستقیم آتش یا چراغ یا کبریت استفاده کرد و در حین اجرای عملیات باید تجهیزات کافی برای خاموش کردن حریق احتمالی در دسترس باشد.

ث: کارگر قیرپاش، سنگ جمع کن، کارگر شن پاش و سایر کارکنان باید متناسب با عوامل زیان آور و خطراتی که در حین انجام کار با آن روبرو هستند باید آموزش کافی را ببینند و به وسایل حفاظت فردی مناسب مجهز شوند.

### دستگاه قیرپاش

الف: دستگاه قیرپاش باید بدون نقص باشد و علاوه بر وسایل گرم کننده مناسب و تجهیزات ایمنی مورد نیاز به حرارت سنج استاندارد مجهز گردد تا دمای قیر را در هر زمان نشان دهد.

ب: در هنگام قیرپاشی در سطح راه باید جهت باد در نظر گرفته شود تا قیر به سمت دستگاه پاشیده نشود و شاگرد قیرپاش نیز در معرض قیر داغ و گازها و بخارات خطرناک قرار نگیرد.

پ: کسی که قیر را گرم می کند، باید از بدون آب بودن آن مطمئن شود، چون اگر آب داشته باشد محتوای قیر درون مخزن با فشار به بیرون تخلیه می شود و شرایط خطرناکی را به وجود می آورد.



## خلاصه

ایمنی و بهداشت حرفه ای ترکیبی از علوم پزشکی و مهندسی است که مسایل مربوط به ایمنی، بهداشت و درمان کارکنان را برای دستیابی به اهدافی مانند تأمین، حفظ و ارتقای سطح سلامت جسمی، روانی و اجتماعی کارکنان و کارگران. پیشگیری از بیماری‌ها و حوادث ناشی از کار. انتخاب کارگر یا کارمند برای محیط و شغلی که از هر نظر توانایی انجام آن را داشته باشد و به عبارت دیگر ایجاد سازگاری کار با انسان، و یا انسان با کار، عوامل زیان آور محیط کار و علل وقوع حوادث ناشی از کار، عوامل زیان آور محیط کار بررسی می‌کند. در نهایت باید در قالب مقررات عمومی و به منظور اجرای آیین‌نامه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، موارد ایمنی در اجرای پروژه‌های مختلف عمرانی مد نظر قرار گیرند.

## آزمون

۱- برخی از مقررات عمومی در خصوص اجرای آیین‌نامه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای را نام

ببرید؟

۲- نکات قابل توجه در هنگام کار با دستگاه‌های قیر پاش را نام ببرید؟

۳- استفاده از سازه‌های موقت در خصوص تأمین ایمنی را توضیح دهید؟

## فهرست منابع و مراجع

- [۱] بهبهانی، حمید (۱۳۸۵)، راهسازی- طرح هندسی راه، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- [۲] مشخصات فنی عمومی راه- نشریه ۱۰۱ (۱۳۸۲)، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.
- [۳] معرفی ماشین آلات عمرانی- نشریه ۴۴۶ (۱۳۸۸)، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران
- [۴] صالحی، بهرام (۱۳۸۶)، فن تونل زنی با TBM، انتشارات صانعی شه میرزادی، تهران.
- [۵] طاحونی، شاپور (۱۳۸۸)، اصول مهندسی ژئوتکنیک، انتشارات امیر کبیر، تهران.
- [۶] مدنی حسن (۱۳۸۸)، تونلسازی، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.
- [۷] بهبهانی، حمید و خاکی، علی منصور (۱۳۷۴)، ماشین آلات ساختمانی و روش های اجرایی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- [۸] طباطبایی، میر محمد کریم (۱۳۷۶)، روش اجرایی ماشین آلات راهسازی و ساختمان، انتشارات ناقوس، تهران.
- [۹] شاهبازی، ناصرالدین (۱۳۸۶)، ماشین آلات ساختمانی و راهسازی، انتشارات باغ اندیشه.
- [۱۰] منصوری راد، داود (۱۳۸۳) تراکتورها و ماشینهای کشاورزی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- [۱۱] بصیر، حسن (۱۳۷۷) ترابری در معادن، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [۱۲] مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان: ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا (۱۳۸۵)، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی.

[۱۳] Bowles, J. E. (1982). "Foundation analysis and design." Third Edition, Mc Graw Hill.

[۱۴] Kolymbas, D. (2005). "Tunneling and tunnel mechanics." Springer.



استانداری خراسان جنوبی  
معاونت امور عمرانی  
دفتر امور شهری و شوراهای



وزارت کشور  
سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور  
پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

دانشگاه آزاد اسلامی

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی  
تهران - بلوار کشاورز  
ابتدای خیابان نادری  
پلاک ۱۷

تلفن: ۸۸۹۸۶۳۹۸

نمابر: ۸۸۹۷۷۹۱۸

[www.imo.org.ir](http://www.imo.org.ir)

ISBN:978-600-5950-83-0



9 786005 950830

قیمت: ۴۰۰۰۰ ریال