

حفاری و خاکبرداری

نویسنده:

علیرضا طبرسا



شهرداری بیرجند



استاداری خراسان جنوبی

معاونت امور عمرانی

دفتر امور شهری و شوراهای

وزارت کشور



سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور
پژوهشگاه مدیریت شهری و روستایی

سرشناسه: طبرسا، علیرضا، ۱۳۵۶ -

عنوان و نام پدیدآور: حفاری و خاکبرداری / مولف علیرضا طبرسا؛ تهیه و تنظیم معاونت آموزشی 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: راه دان: سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، انتشارات، ۱۳۹۰

مشخصات ظاهری: ج، ۱۷۴ ص: مصور، جدول، نمودار

فروست: منابع آموزشی شهرداریها

موضوع: عملیات خاکی

موضوع: ساختمان سازی -- پیش بینی های ایمنی

شناسه افزوده: استانداری خراسان جنوبی

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

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

شناسه افزوده: سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، انتشارات

رده بندی کنگره: ۳۹۰/۵۷۴ TAY

شماره کتابشناسی ملی: ۲۷۰۱۵۸۷

رده بندی دیویی: ۶۲۴/۱۵۲

عنوان: حفاری و خاکبرداری

ناشر: انتشارات سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، راه دان

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 رجب صلاحی، سید کاظم اولیایی، عبدالحسین شهابی، جواد وحدتی فرد

ناظر پروژه: جواد نیکنام، علیرضا صفری

نویسنده: علیرضا طبرسا

ویراستار: تهمینه فتح الهی

شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه

تاریخ چاپ: بهار ۱۳۹۱

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۵۰-۸۲-۳

نظارت چاپ: عقیق ۴-۳۸۹۳۲۴۰۳

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 سازمان 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 کارایی بیشتر از هیچ کوششی دریغ نورزد. بر خلاف یک رابطه متقابل خشک و رسمی که در آن طرفین به یکوئنگی تقسیم منافع علاقمندی نشان می دهند، اعضا 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 مثر 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 دست یابی 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 تاثیر گذاری آن به مراتب بر مخاطبین بیشتر خواهد بود. به منظور انتشار دست آوردهای جدید علمی و عملی در زمینه های مختلف مدیریت شهری پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری ها و دهیاری های 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 كوچك در ارتقاء سطح علمى شهردارى ها كشور برداشته شده باشد .

۱. حفارى و خاكبردارى شهرى .

۲. زير سازى و روسازى راه .

۳. راهسازى و ماشين آلات ساختمانى .

كتاب حاضر با عنوان حفارى و خاكبردارى شهرى در چهار فصل تهيه شده است . فصول اين كتاب عبارتند از : فصل اول : مقدمه اى بر حفارى و خاكبردارى شهرى : فصل دوم : اكتشافات زير سطحى : فصل سوم : آزمونى هاى صحرائى و ژئو تكنيك و فصل چهارم : فضاهائى زير زمينى .

در پايان از همكارى صميمانه آقاى سید کاظم اولیائی معاون امور عمرانى استاندارى خراسان جنوبى ، حسين رجب صلاحى معاون آموزشى پژوهشگده مدیریت شهرى و روستائى سازمان شهردارى ها و دهيارى هاى كشور ، عبدالحسين خان شهابى مدير كل دفتر امور شهرى و شوراهائى استاندارى خراسان جنوبى و شهردارى بيرجند كه در تهيه ، تدوين و نشر اين كتاب تلاش فراوانى نمودند نهايت تقدير و تشكر به عمل مى آيد .

قهرمان رشيد

استاندار خراسان جنوبى

محمد رضا بمانيان

رئيس پژوهشگده مدیریت شهرى و روستائى

سازمان شهردارى ها و دهيارى هاى كشور

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	أ
فصل اول: مقدمه‌ای بر حفاری و خاک‌برداری شهری.....	۱
مقدمه.....	۳
۱-۱. فرصت‌ها.....	۵
۲-۱. تهدیدها.....	۸
۳-۱. ضعف‌ها.....	۹
۴-۱. قوت‌ها.....	۱۰
خلاصه.....	۱۵
آزمون.....	۱۵
فصل دوم: اکتشافات زیر سطحی.....	۱۷
۱-۲. اکتشافات.....	۱۹
۲-۲. انواع حفاری اکتشافی.....	۲۱
۱-۲-۲. چاهک دستی.....	۲۲
۲-۲-۲. ترانشه یا خندق.....	۲۵
۳-۲-۲. تونل اکتشافی.....	۲۵
۴-۲-۲. چاه ژرف.....	۲۶
۲-۲. گمانه زنی.....	۲۶
۳-۲. انواع نمونه گیرها.....	۳۹
۱-۳-۲. نمونه گیر قاشقی.....	۳۹
۲-۳-۲. نمونه گیر پیچشی.....	۴۰
۳-۳-۲. نمونه گیر جدار نازک.....	۴۰
۴-۳-۲. نمونه گیر پیستونی.....	۴۱
خلاصه.....	۴۲
آزمون.....	۴۲
فصل سوم: آزمایش‌های صحرایی در ژئوتکنیک.....	۴۳
۱-۳. حفاری و نمونه برداری.....	۴۵
۲-۳. آزمایش‌های صحرایی یا برجا (In situ Test).....	۴۸

۵۰	۱-۲-۳. آزمایش نفوذ استاندارد (S.P.T).....
۵۳	۱-۲-۳. تصحیح آزمایش نفوذ استاندارد.....
۵۴	۲-۱-۲-۳. موارد کاربرد آزمایش نفوذ استاندارد.....
۵۶	۲-۲-۳. آزمایش نفوذ مخروط (CPT).....
۵۹	۱-۲-۲-۳. انواع مخروط.....
۶۱	۲-۲-۲-۳. آزمایش نفوذ مخروط با تعیین فشار آب حفره ای CPTU.....
۶۳	۳-۲-۲-۳. آزمایش نفوذ مخروط دینامیکی SCPT (Seismic Cone Penetration Test).....
۶۶	۳-۳. آزمایش لوفران.....
۶۶	۴-۳. آزمایش های آزمایشگاهی.....
۶۸	خلاصه.....
۶۸	آزمون.....
۶۹	فصل چهارم: فضاهای زیر زمینی.....
۷۱	۱-۴. انواع حفريات زیر زمینی.....
۷۱	۱-۱-۴. تونل.....
۷۸	۲-۴. اکتشاف مسیر تونل ها.....
۸۰	۳-۴. بررسی های مقدماتی.....
۸۲	۴-۴. تونل زنی و ژئوتکنیک.....
۸۴	۵-۴. تعیین شرایط زمین.....
۸۷	۶-۴. نشست سطح زمین.....
۸۸	۷-۴. روش های نگهداری تونل ها.....
۸۹	۸-۴. نگهداری در سنگ.....
۹۲	۹-۴. نگهداری در خاک.....
۹۳	۱۰-۴. رفتار سنجی در تونل ها.....
۹۴	۱۱-۴. روش های حفاری و اجرای تونل ها.....
۹۴	۱-۱۱-۴. روش چال زنی و آتشیاری.....
۹۴	۲-۱۱-۴. روش چکش هیدرولیکی (Rammer).....
۹۶	۱-۲-۱۱-۴. مکانیزم شکست سنگ.....
۹۸	۳-۱۱-۴. ماشین های TBM.....
۹۹	۱-۳-۱۱-۴. معرفی قسمت های مختلف TBM.....
۱۰۰	۲-۳-۱۱-۴. عملکرد TBM.....
۱۰۲	۳-۳-۱۱-۴. استفاده از اشعه لیزر جهت هدایت ماشین حفار.....

۱۰۲	 ۴-۱۱-۴ عوامل موثر در عملکرد TBM
۱۰۴	 ۵-۳-۱۱-۴ ویژگی های TBM
۱۰۵	 ۶-۳-۱۱-۴ ماشین های کوچک تونل زنی
۱۰۵	 ۷-۳-۱۱-۴ دامنه کاربرد
۱۰۵	 ۸-۳-۱۱-۴ انتخاب پیشانی برشی
۱۰۶	 ۹-۳-۱۱-۴ قابل اعتماد بودن TBM ها
۱۰۶	 ۱۱-۳-۱۱-۴ قسمت های مختلف ماشین TBM
۱۱۷	 ۱۱-۳-۱۱-۴ الگوهای چیدمان ابزار برش
۱۱۹	 ۱۲-۳-۱۱-۴ چنگ زن ها یا کفشک ها
۱۲۰	 ۱۳-۳-۱۱-۴ جک های رانش صفحه حفار
۱۲۱	 ۱۴-۳-۱۱-۴ سیستم بارگیری و تخلیه مواد
۱۲۱	 ۱۵-۳-۱۱-۴ بازوی نصاب
۱۲۲	 ۱۶-۳-۱۱-۴ سپر صفحه حفار
۱۲۶	 ۱۷-۳-۱۱-۴ انواع ماشین های حفار تمام مقطع
۱۲۶	 ۱-۱۷-۳-۱۱-۴ ماشین های حفر تونل از نوع باز
۱۲۹	 ۲-۱۷-۳-۱۱-۴ ماشین های حفر تونل تک سپر
۱۳۲	 ۳-۱۷-۳-۱۱-۴ ماشین های حفر تونل با سپر تلسکوپی
۱۳۴	 ۱۸-۳-۱۱-۴ انتخاب نوع ماشین
۱۳۵	 ۱۹-۳-۱۱-۴ مزایا و معایب ماشین های تمام مقطع
۱۳۷	 ۲۰-۳-۱۱-۴ مزایا و معایب TBM تک سپر
۱۳۸	 ۲۱-۳-۱۱-۴ مزایا و معایب TBM سپر تلسکوپی
۱۳۹	 ۲۲-۳-۱۱-۴ مقایسه فنی- اجرایی
۱۴۰	 ۲۳-۳-۱۱-۴ مقایسه هزینه سرمایه گذاری
۱۴۱	 ۴-۱۱-۴ ماشین حفاری یا کله گاوی یا رود هدر (Road Header)
۱۴۳	 ۱-۴-۱۱-۴ قدرت و وزن رود هدر
۱۴۴	 ۲-۴-۱۱-۴ انواع برش در رود هدر
۱۴۵	 ۳-۴-۱۱-۴ توانایی برش رود هدر
۱۴۶	 ۴-۴-۱۱-۴ مزایای رود هدر
۱۴۶	 ۱۲-۴ روش تونل سازی اتریشی (NATM)
۱۵۴	 ۱۳-۴ روش های مختلف اجرای محفظه های زیر زمینی
۱۵۵	 ۱-۱۳-۴ روش دیوار دیافراگمی

۱۵۸	 ۲-۱۳-۴. روش دیوارشمعی پیوسته
۱۶۱	 ۳-۱۳-۴. روش مهار متقابل
۱۶۲	 ۴-۱۳-۴. روش میخ کوبی خاک
۱۶۲	 ۱-۴-۱۳-۴. حفاری سوراخ ها جهت قرارگیری میخ
۱۶۳	 ۲-۴-۱۳-۴. نصب میخ ها و اجرای دوغاب ریزی
۱۶۴	 ۳-۴-۱۳-۴. اجرای پوسته موقت
۱۶۵	 ۴-۴-۱۳-۴. احداث تراز بعدی خاکبرداری
۱۶۵	 ۵-۴-۱۳-۴. احداث پوسته دائمی و نهایی
۱۶۶	 ۵-۱۳-۴. سپر کوبی
۱۶۷	 خلاصه
۱۶۸	 آزمون
۱۶۹	 فهرست منابع و مراجع

فهرست جداول و اشکال

عنوان	صفحه
شکل شماره ۱-۲: نمونه ای از یک چاهک دستی.....	۲۳
شکل شماره ۲-۲: حفر یک چاهک دستی.....	۲۳
شکل شماره ۳-۲: جزئیات یک چاهک دستی.....	۲۴
شکل شماره ۴-۲: نمونه ای از ترانشه حفر شده به وسیله بیل مکانیکی.....	۲۵
شکل شماره ۵-۲: نمونه ای از دستگاه حفاری با آب.....	۲۸
شکل شماره ۶-۲: نمونه ای از دستگاه حفاری با آب.....	۲۹
شکل شماره ۷-۲: نمونه های مته مارپیچ تو پر.....	۳۰
شکل شماره ۸-۲: نمونه های مته مارپیچ تو خالی.....	۳۱
شکل شماره ۹-۲: روش حفاری با اعمال ضربه مداوم به خاک.....	۳۳
شکل شماره ۱۰-۲: کلیات تجهیزات مورد استفاده در حفاری دورانی.....	۳۴
شکل شماره ۱۱-۲: نمونه ای از دستگاه حفاری دورانی در حال کار.....	۳۴
شکل شماره ۱۲-۲: تجهیزات دستگاه حفاری، علاف فولادی، میله حفاری، سر مته حفاری.....	۳۵
شکل شماره ۱-۳: نمائی از عملیات حفاری و نمونه برداری.....	۴۶
جدول شماره ۱-۳: مشخصات گمانه های حفر شده.....	۴۷
شکل شماره ۲-۳: نمائی از عملیات صحرائی [11].....	۴۸
شکل شماره ۳-۳: حدود و دامنه کاربرد آزمایش های صحرائی مختلف (بر حسب اندازه ذرات خاک).....	۴۹
شکل شماره ۴-۳: مقایسه بین هزینه و کارایی یا دقت آزمایش های صحرائی مختلف.....	۵۰
شکل شماره ۵-۳: مراحل مختلف آزمایش نفوذ استاندارد.....	۵۲
جدول شماره ۲-۳: اصلاح پارامترهای در آزمایش نفوذ استاندارد (N).....	۵۳
جدول شماره ۳-۳: دانسیته نسبی خاک های دانه ای بر حسب مقادیر عدد نفوذ استاندارد.....	۵۵
جدول شماره ۴-۳: ارتباط بین سفتی خاک های رسی بر حسب عدد نفوذ استاندارد.....	۵۵
جدول شماره ۵-۳: حدود تقریبی از مقدار مدول الاستیسیته بر حسب مقادیر عدد نفوذ استاندارد.....	۵۵
در خاک های ریزدانه و درشت دانه.....	۵۶

شکل شماره ۳-۶: تغییرات مقاومت نوک (q_c) با کشش مؤثر قائم (σ'_v) و.....	۵۸
شکل شماره ۳-۷: مراحل آزمایش نفوذ مخروط.....	۵۸
شکل شماره ۳-۸: مخروط مکانیکی.....	۵۹
شکل شماره ۳-۹: مخروط اصطکاکی الکتریکی.....	۵۹
شکل شماره ۳-۱۰: مخروط پیزو الکتریک.....	۶۰
شکل شماره ۳-۱۱: مخروط لرزه ای.....	۶۰
جدول شماره ۳-۶: انتخاب نوع مخروط لازم در آزمایش.....	۶۱
شکل شماره ۳-۱۲: وسایل اندازه گیری فشار آب حفره ای در قسمت فوقانی نوک مخروط.....	۶۲
شکل شماره ۳-۱۳: وسایل اندازه گیری فشار آب حفره ای در قسمت فوقانی نوک مخروط.....	۶۲
شکل شماره ۳-۱۴: وسایل اندازه گیری فشار آب حفره ای در قسمت فوقانی نوک مخروط.....	۶۳
شکل شماره ۳-۱۵: نتایج حاصل از انجام آزمایش نفوذ مخروط دینامیکی SCPT.....	۶۴
شکل شماره ۳-۱۶: تجهیزات لازم برای آزمایش نفوذ مخروط در سازه های فراحد ساحل.....	۶۵
شکل شماره ۳-۱۷: تجهیزات لازم برای آزمایش نفوذ مخروط در سازه های فراحد ساحل.....	۶۵
جدول شماره ۳-۷: نتایج آزمایشات لوفران.....	۶۶
شکل شماره ۳-۱۸: عملیات اندازه گیری سطح آب.....	۶۷
جدول شماره ۴-۱: طبقه بندی فضاهاى زیرزمینی از منظر اهمیت پایداری.....	۸۰
جدول شماره ۴-۲: مشخصات عمومی حفاری های زیرزمینی.....	۸۳
شکل شماره ۴-۱: ریزش سقف معادن و حفرات زیر زمینی ایجاد شده در سنگ لایه لایه افقی و جلوگیری از آن توسط سنگ دوزی.....	۹۰
جدول شماره ۴-۳: رابطه کیفیت سنگ و سیستم حایل مناسب برای تونل.....	۹۱
جدول شماره ۴-۴: عوامل مؤثر بر عملکرد TBM و شرایط مرتبط با تونل سازی.....	۱۰۳
جدول شماره ۴-۵: نرخ پیشروی TBM متناسب با قطر تونل.....	۱۰۳
شکل شماره ۴-۲: تصویر TBM اولیه.....	۱۰۶
شکل شماره ۴-۳: قسمت های مختلف ماشین تمام مقطع.....	۱۰۷
شکل شماره ۴-۴: دستگاه TBM با صفحه حفر پر.....	۱۰۸
شکل شماره ۴-۵: صفحه حفر ستاره ای مورد استفاده در تونل مترو زوریخ.....	۱۰۸

- شکل شماره ۴-۶: صفحه حفار با ابزار برش مجزا..... ۱۰۹
- شکل شماره ۴-۷: محدوده استفاده از ابزارهای برش..... ۱۱۰
- شکل شماره ۴-۸: هندسه برش ایجاد شده توسط دیسک های برشی..... ۱۱۱
- شکل شماره ۴-۹: فرسوده شدن رینگ خارجی..... ۱۱۳
- شکل شماره ۴-۱۰: افزایش نرخ مصرف دیسک برشی با افزایش نیروی فشاری..... ۱۱۴
- شکل شماره ۴-۱۱: اشکال مختلف استهلاک دیسک های برشی..... ۱۱۵
- جدول شماره ۴-۶: جدول رده بندی سنگ ها بر اساس قابلیت حفاری به وسیله ماشین های تونل
کنی..... ۱۱۷
- شکل شماره ۴-۱۲: برنده های دیسکی..... ۱۱۷
- شکل شماره ۴-۱۳: آرایه ابزار برش در صفحه حفار..... ۱۱۸
- شکل شماره ۴-۱۴: ساختمان ماشین و چنگ زن ها..... ۱۲۰
- شکل شماره ۴-۱۵: تصویر جک های رانش صفحه حفار ماشین حفار تلسکوپی..... ۱۲۱
- شکل شماره ۴-۱۶: تصویر سپر هوای فشرده..... ۱۲۲
- شکل شماره ۴-۱۷: تصویر سپر گل..... ۱۲۳
- شکل شماره ۴-۱۸: مقطع سپر گل..... ۱۲۴
- شکل شماره ۴-۱۹: تصویر سپر EPB..... ۱۲۴
- شکل شماره ۴-۲۰: تصویر سپر های ترکیبی گل و EPB..... ۱۲۵
- شکل شماره ۴-۲۱: تصویر دستگاه TBM تک سپره..... ۱۲۷
- شکل شماره ۴-۲۲: تصویر دستگاه TBM سپردار..... ۱۲۹
- شکل شماره ۴-۲۳: فلوجارت کلی سیکل پیشروی ماشین TBM باز..... ۱۳۰
- شکل شماره ۴-۲۴: فلوجارت کلی سیکل پیشروی ماشین TBM تک سپره..... ۱۳۲
- شکل شماره ۴-۲۵: فلوجارت کلی سیکل پیشروی ماشین TBM با سپر تلسکوپی..... ۱۳۴
- جدول شماره ۴-۷: مفروضات مورد استفاده در پیش بینی سرعت حفاری تونل..... ۱۳۹
- شکل شماره ۴-۲۶: رود هدر..... ۱۴۳
- جدول شماره ۴-۸: مشخصات رود هدرهای تاج مخروطی و تاج طبلکی..... ۱۴۵
- جدول شماره ۴-۹: مشخصات انواع مختلف رود هدر..... ۱۴۶

- شکل شماره ۴-۲۷: مراحل اجرای دیوار دیافراگمی..... ۱۵۷
- شکل شماره ۴-۲۸: نمونه ای از دستگاه حفاری دیوار دیافراگمی..... ۱۵۸
- شکل شماره ۴-۲۹: نحوه چیدمان دیوار شمعی پیوسته..... ۱۵۹
- شکل شماره ۴-۳۰: دستگاه حفاری شمع..... ۱۶۰
- شکل شماره ۴-۳۱: قفسه های آرماتور مورد نیاز شمع درجا..... ۱۶۰
- شکل شماره ۴-۳۲: روش مهار متقابل..... ۱۶۱
- شکل شماره ۴-۳۳: عملیات خاکبرداری با توجه به توانایی خاک در پایدار ماندن بدون مهار..... ۱۶۲
- شکل شماره ۴-۳۴: سوراخ ها با توجه به طول، قطر، جهت و فواصل معین بر اساس طراحی..... ۱۶۲
- شکل شماره ۴-۳۵: سوراخ ها با توجه به طول، قطر، جهت و فواصل معین بر اساس طراحی..... ۱۶۳
- شکل شماره ۴-۳۶: نصب میخ در سوراخ های حفر شده..... ۱۶۳
- شکل شماره ۴-۳۷: نصب میخ ها در سوراخ های حفر شده..... ۱۶۴
- شکل شماره ۴-۳۸: ایجاد پوسته موقت برای ایجاد تکیه گاه و مهار سطح خاکبرداری قبل از مراحل بعدی خاکبرداری..... ۱۶۴
- شکل شماره ۴-۳۹: هم پوشانی بین مصالح کننده های شکریت جهت حفظ یکپارچه گی دیواره..... ۱۶۵
- شکل شماره ۴-۴۰: احداث پوسته و نمای نهایی..... ۱۶۵
- شکل شماره ۴-۴۱: نمونه ای از روش سپرکوبی..... ۱۶۷