



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده فنی و مهندسی

مهندسی معدن - استخراج

عنوان پروژه:

طراحی مراحل حفاری والگویی آتشیاری در تونلهای بزرگ مقطع (با نگرش ویژه بر تونل
راه کازرون-شیراز)

استاد راهنما:

دانشجو:

فهرست عناوین

صفحه	عنوان
۱	چکیده
	تصل اول : انواع تونل ها و روسه های حفاری
۳	۱-۱- طبقه بندی تونلها
۲	۱-۱-۱- کاربری تونل
۳	۱-۱-۱-۱- شکل مقطع تونل
۲	۱-۱-۱-۲- ابعاد تونل
۳	۱-۱-۱-۳- شیب
۳	۱-۱-۱-۴- عمق
۳	۱-۱-۱-۵- قوس (انحناء)
۴	۱-۱-۲- عمق تونل
۴	۱-۱-۳- نوع زمین
۴	۱-۱-۴- روش حفاری تونل
۴	۱-۱-۴-۱- اجرای تونل به روش روباز
۴	۱-۱-۴-۲- اجرای تونل در زمین های نرم یا تونل های کم عمق
۴	الف- روشهای کلاسیک تونلسازی در زمینهای نرم
۴	الف-۱- روش جدید تونلسازی اتریشی NATM
۵	الف-۲- روش دیافراگم میانی Center Drift
۶	الف-۳- روش دررفت کناری Side Drift
۶	الف-۴- روش نیمه مقطع یا نیمه بالائی
۷	الف-۵- روش آلمانی Germany Method
۷	ب- روشهای مکانیزه تونلسازی در زمینهای نرم (تونلسازی با سپر)
۷	ب-۱- مزایای استفاده از سپرها
۸	ب-۲- انواع سپرها
۹	ب-۳- سپرهای تونلسازی
۹	ب-۳-۱- سپرهای تونلسازی مرسوم
۹	ب-۳-۲- سپرهای تونلسازی خاص
۱۰	ج- روشهای خاص تونلسازی در زمینهای نرم
۱۰	ج-۱- روش پیش برش مکانیکی

۱۱	ج-۱-۱- مزیت‌های روش پیش‌برش یا پیش‌طاق
۱۱	ج-۲- روش حائل‌گذاری چتری
۱۱	۱-۱-۴-۳- روش‌های حفر تونل در زمین‌های متوسط تا سخت یا تونل‌های عمیق
۱۲	الف- روش حفاری مکانیزه یا نیمه‌مکانیزه
۱۲	ب- روش چالزنی و آتشیاری
۱۳	ب-۱- ویژگی‌های روش چالزنی و آتشیاری در حفر تونل
۱۳	ب-۲- روش تونلسازی جدید اتریشی
۱۴	ب-۳- اصول تئوری و عملیاتی NATM
۱۶	۱-۱-۵- نوع سیستم نگهداری
۱۶	۱-۱-۶- ابعاد مقطع تونل
۱۷	۱-۲- تعریف و طبقه‌بندی تونل‌های بزرگ مقطع
۱۸	۱-۳- مراحل تونلسازی
۱۸	۱-۳-۱- طراحی
۱۸	۱-۳-۲- احداث تونل
۱۸	۱-۴- روش‌های حفر تونل‌های بزرگ مقطع با چالزنی و انفجار
۱۸	۱-۴-۱- روش حفر یک مرحله‌ای سطح مقطع تونل
۱۸	۱-۴-۲- روش حفر دومرحله‌ای پلکانی
۱۹	۱-۴-۳- روش حفر دومرحله‌ای با تونل پیشاهنگ Pilot Tunnel
۲۱	۱-۵- مقایسه روش‌های حفاری دومرحله‌ای با تمام مقطع
۲۱	۱-۶- روش‌های خاص حفر تونل‌های بزرگ مقطع
۲۱	۱-۶-۱- روش حلقه‌ای
۲۲	۱-۶-۲- روش پله کوتاه
	فصل دوم : سیستم‌های طبقه‌بندی سنگها
۲۴	۱-۲- طبقه‌بندی مهندسی توده سنگها
۲۴	۱-۱-۲- رده‌بندی ژئومکانیکی
۲۴	۱-۲-۲- سیستم رده‌بندی Q
۲۵	۲-۲- مقایسه دو سیستم رده‌بندی RMR و Q
۲۵	۳-۲- قابلیت اعتماد طبقه‌بندی توده سنگ
۲۶	۴-۲- تحلیل پایداری تونلها با استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی سنگها
۲۶	۱-۴-۲- تعیین ماکزیمم دهانه خودنگهدار تونلها براساس سیستم طبقه‌بندی Q

۲۷	۲-۴-۲- تعیین زمان خودنگهداری تونلها براساس سیستم طبقه‌بندی RMR
	فصل سوم : مطالعات موردی انواع تونل‌های داخلی و خارجی
۳۰	۱-۳- فاکتورهای مؤثر بر مراحل حفاری تونل‌های بزرگمقطع
۳۰	۲-۲- نحوه طراحی مراحل حفاری تونل‌های بزرگمقطع
۳۱	۳-۲- تونل‌های بزرگمقطع دسته اول
۳۱	۱-۳-۲- تونل‌های بزرگمقطع دسته اول که داخل کشور اجرا شده‌اند
۳۱	۱-۳-۲-۱- تونل شماره ۴ محور یاسوج- بابا میدان
۳۱	۲-۳-۱-۲- تونل‌های راه‌آهن دوخطه بافق- بندرعباس
۳۲	۳-۳-۱-۲- تونل شماره ۲ راه‌آهن اصفهان- شیراز
۳۳	۳-۳-۱-۳- تونل انحراف آب سد طالقان
۳۳	۳-۳-۱-۴- تونل شماره ۴ راه‌آهن اصفهان- شیراز
۳۳	۳-۳-۱-۵- تونل شماره ۵ راه‌آهن کرمان- زاهدان
۳۳	۳-۳-۱-۶- تونل شماره ۲ راه‌آهن مشهد- بافق
۳۴	۳-۳-۱-۷- تونل راه امیرکبیر
۳۴	۳-۳-۱-۸- تونل شماره ۱۰ الف راه‌آهن مشهد- بافق
۳۴	۳-۳-۱-۹- تونل‌های سه‌گانه انتقال آب نیروگاه سد کرخه
۳۵	۳-۳-۱-۱۰- تونل آزادی در مسیر ایلام- حمیل
۳۵	۳-۳-۱-۱۱- تونل اصلی معدن سنگ آندزیت
۳۵	۳-۳-۱-۱۲- تونل راه‌آهن شماره ۴ پده
۳۶	۳-۳-۱-۱۳- تونل تالون
۳۶	۲-۳-۲- تونل‌های بزرگ مقطع دسته اول که در سایر کشورها اجرا شده‌اند
۳۶	۳-۲-۳-۱- تونل Abo در ژاپن
۳۶	۳-۲-۳-۲- تونل راه San Rafael
۳۷	۳-۲-۳-۳- تونل راه‌آهن Naset در نروژ
۳۷	۳-۲-۳-۴- تونل‌های ۱ و ۲ Iliksu در ترکیه
۳۸	۳-۲-۳-۵- تونل Avise در ایتالیا
۳۹	۳-۲-۳-۶- تونل دو بانده بزرگراه Yoshikawa در کره
۳۹	۳-۲-۳-۷- تونل Nakaya
۴۰	۴-۳- تونل‌های بزرگمقطع دسته دوم
۴۰	۱-۴-۳- تونل‌های بزرگمقطع دسته دوم که داخل کشور اجرا شده‌اند

۴۰	۳-۴-۱-۱- تونل شماره ۳ آزاد راه امامزاده هاشم- منجیل
۴۱	۳-۴-۱-۲- تونل شماره ۷ راه آهن اصفهان- شیراز
۴۱	۳-۴-۱-۳- تونل شماره ۴ آزاد راه امامزاده هاشم- منجیل
۴۲	۳-۴-۱-۴- تونل شماره ۶ آزاد راه امامزاده هاشم- منجیل
۴۲	۳-۴-۱-۵- تونل انحراف آب سد قیر
۴۲	۳-۴-۱-۶- تونل انحراف آب سد استور
۴۳	۳-۴-۲- تونلهای بزرگ مقطع دسته دوم که در سایر کشورها اجرا شده‌اند
۴۴	۳-۴-۲-۱- تونل بزرگراه New Tomei-Meishin در ژاپن
۴۴	۳-۴-۲-۲- تونل Sao Paulo در برزیل
۴۵	۳-۴-۲-۳- تونل Karsiyaka در ترکیه
۴۶	۳-۴-۲-۴- تونل بزرگراه Tarsus-Adana-Gaziantep در جنوب ترکیه
۴۶	۳-۴-۲-۵- تونل بزرگراه Upper Narrows
۴۷	۳-۴-۲-۶- تونل راه آهن Romeriksporten در نروژ
۴۷	۳-۴-۲-۷- تونل بزرگراه در برزیل
۴۷	۳-۴-۲-۸- تونل Somport در اسپانیا
۴۸	۳-۴-۲-۹- تونل Mrazovka

فصل چهارم روش : حفاری چالزنی و آنتشاری و معرفی پارامترهای طراحی در این روش

۵۰	۴-۱- تونلسازی به روش چالزنی و آنتشاری
۵۰	۴-۱-۱- طراحی الگوی آرایش چالهای انفجار
۵۰	۴-۱-۱-۱- حفر تونل در سنگ سخت
۵۲	۴-۱-۱-۲- عوامل مؤثر در انتخاب برش
۵۲	الف- برش موازی و انواع آن
۵۳	الف-۱- برش مارپیچی مضاعف
۵۴	الف-۲- برش مارپیچی
۵۴	الف-۳- برش تابی
۵۵	الف-۴- برش سه مقطعی و چهارمقطعی
۵۶	الف-۵- برش فاگرستا
۵۶	الف-۶- برش کرومانت
۵۷	الف-۷- برش کانادایی یا برش سوخته
۶۰	ب- برش غیر موازی (زاویه‌ای) و انواع آن

۶۰	ب-۱- برش گوه‌ای
۶۳	ب-۲- برش بادبزی
۶۳	ب-۳- برش کشویی
۶۵	ب-۴- برش هرمی (مرکزی یا الماسی)
۶۶	ب-۵- برش فوری یا همزمان
۶۷	ب-۶- برش نروژی
۶۷	ج- انواع برشهای خاص
۶۷	ج-۱- برش‌های ترکیبی
۶۷	ج-۲- برش Supex
۶۸	۴-۱-۱-۳- پیشروی
۶۹	۴-۱-۱-۴- روشهای آتشیاری
۶۹	الف- روشهای آتشیاری معمول
۷۰	ب- روشهای دقیق آتشیاری یا آتشیاری کنترل شده
۷۱	ب-۱- روش آتشیاری آرام
۷۱	ب-۲- روش آتشیاری ضربه گیر یا مواد مسدودکننده
۷۲	ب-۳- روش آتشیاری ضربه گیر با هوا یا ردیف چالهای خالی
۷۲	ب-۴- روش آتشیاری پیش شکافی
۷۳	۴-۱-۲- حفاری چالها
۷۳	۴-۱-۲-۱- تعداد چال لازم در جبهه‌کار
۷۴	۴-۱-۲-۲- روابط تعیین تعداد چال
۷۶	۴-۱-۳- خرجگذاری
۷۷	۴-۱-۳-۱- تأثیر خواص توده سنگ بر خرج ویژه
۷۹	۴-۱-۳-۲- مواد منفجره مصرفی برای حفر تونلها
۸۰	۴-۱-۴- انفجار
۸۰	۴-۲- پارامترهای نهایی طراحی الگوی آتشیاری
۸۰	۴-۱-۲-۱- بارسنگ و فاصله ردیفی چالها
۸۱	۴-۲-۲- تراکم خرج
۸۱	۴-۲-۳- طول گل‌گذاری
۸۱	۴-۲-۴- خردشدگی سنگ
۸۱	۴-۲-۵- فاصله زمانی تأخیر انفجار بین چالها
۸۳	۴-۲-۵-۱- تعیین زمان تأخیر لازم در آتشیاری طبق روابط Dojkar, Chanukajer

۸۴	۶-۲-۴- تعیین ماده منفجره مصرفی برای عملیات انفجار
۸۴	۷-۲-۴- انتخاب قطر خرج
۸۵	۱-۷-۲-۴- عوامل موثر در انتخاب قطر خرج
۸۶	۲-۷-۲-۴- تأثیر قطر خرج بر S و B
۸۶	۳-۷-۲-۴- تأثیر قطر خرج بر نیروی انفجاری حاصل
۸۶	۴-۷-۲-۴- تأثیر قطر خرج بر زمان حفاری، خرجگذاری و گل گذاری
۸۷	۵-۷-۲-۴- تأثیر قطر چال بر هزینه‌های پروژه
۸۷	۶-۷-۲-۴- تأثیر قطر خرج در استفاده از تجهیزات حفاری
۸۷	۷-۷-۲-۴- تأثیر قطر خرج بر نتایج انفجار
۸۷	۸-۷-۲-۴- تأثیر منفی افزایش قطر چال بر نتایج آتشیاری
۸۷	۸-۲-۴- گل گذاری

فصل پنجم: طراحی حفاری تونلی و پلکانی

۹۰	۱-۱-۵- طراحی حفر تونل
	۱-۱-۵- استفاده از تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ برای طراحی حفر تونل
۹۰	با برش موازی
۹۰	۱-۱-۵- بخش برش
۹۳	۲-۱-۵- بخش پیشروی
۹۴	۳-۱-۵- بخش محیط
۹۵	۴-۱-۵- پیشروی
	۲-۱-۵- طراحی حفر تونل با برش زاویه‌ای بر اساس تئوری انتقال انرژی از ماده منفجره
۹۵	به سنگ
۹۷	۱-۲-۱-۵- بخش برش
۹۸	۲-۲-۱-۵- بخش پیشروی
۹۸	۳-۲-۱-۵- بخش محیط
۹۹	۳-۱-۵- طراحی حفر تونل با برش موازی بر اساس فرمول‌های نیترونویل
۱۰۰	۱-۳-۱-۵- بار سنگ
۱۰۱	۲-۳-۱-۵- تراکم خرج
۱۰۲	۴-۱-۵- طراحی برش چهارمقطعی
۱۰۳	۱-۴-۱-۵- محاسبات مربوط به اولین چهارضلعی
۱۰۳	۲-۴-۱-۵- محاسبات مربوط به چهار گوش دوم برش

۱۰۵	۳-۴-۱-۵- محاسبات مربوط به چال‌های کف تونل
۱۰۸	۴-۴-۱-۵- محاسبات مربوط به چال‌های پیشروی
۱۰۸	۵-۴-۱-۵- چال‌های سقف تونل
۱۰۹	۵-۱-۵- طراحی حفر تونل با چال زاویه‌ای بر اساس فرمول‌های نیترونوبل
۱۰۹	۱-۵-۱-۵- چال‌های برش
۱۱۱	۲-۵-۱-۵- چال‌های پیشروی که سنگ را به طرف بالا یا افقی حرکت می‌دهند
۱۱۳	۳-۵-۱-۵- چال‌های کف
۱۱۳	۴-۵-۱-۵- چال‌های پیشروی زیر سقف تونل که سنگ را به طرف پائین حرکت می‌دهند
۱۱۳	۵-۵-۱-۵- چال‌های دیواره و سقف تونل
۱۱۴	۶-۱-۵- طراحی برش موازی چهار مقطعی در حفر تونل با استفاده از روابط کنیا
۱۱۴	۱-۶-۱-۵- زاویه انحراف
۱۱۵	۲-۶-۱-۵- طول پیشروی
۱۱۵	۳-۶-۱-۵- چال‌های خالی
۱۱۵	۴-۶-۱-۵- بخش برش
۱۱۶	۵-۶-۱-۵- بخش پیشروی
۱۱۶	۶-۶-۱-۵- بخش کف
۱۱۷	۷-۶-۱-۵- بخش محیط (دیواره و سقف)
۱۱۷	۷-۱-۵- طراحی برش زاویه‌ای (گوه‌ای)
۱۱۷	۱-۷-۱-۵- تعیین بار سنگ چال‌های برش
۱۱۷	۲-۷-۱-۵- فاصله ردیفی چال‌های برش (عمودی)
۱۱۷	۳-۷-۱-۵- عمق برش (پیشروی)
۱۱۸	۴-۷-۱-۵- طول حفاری
۱۱۸	۵-۷-۱-۵- طول گل‌گذاری در چال‌های برش
۱۱۸	۶-۷-۱-۵- بخش‌های کف، پیشروی، محیط (دیواره و سقف) و زاویه انحراف
۱۱۸	۲-۵- طراحی الگوی انفجار پلکانی برای روشهای تونلسازی دو مرحله‌ای
۱۱۸	۱-۲-۵- قطر چال
۱۱۹	۲-۲-۵- پارسنگ
۱۲۲	۳-۲-۵- فاصله ردیفی چالها
۱۲۴	۴-۲-۵- ارتفاع پله
۱۲۴	۵-۲-۵- اضافه حفر چال
۱۲۴	۶-۲-۵- گل‌گذاری

۱۲۵	۳-۵- فرمولهای نیترونوبل برای انفجار پلکانی
	فصل ششم : ارائه مدل تعیین فرایند پیشروی تونلهای بزرگ-مقطع
۱۲۸	۱-۶- پایگاه اطلاعاتی داده‌های مطالعات موردی
۱۲۹	۲-۶- مدل انتخاب فرایند پیشروی تونل
۱۳۰	۳-۶- نمودارهای پیشروی خودنگهدار
۱۳۰	۱-۳-۶- نمودار پیشروی خودنگهدار بر حسب RMR
۱۳۲	۲-۳-۶- نمودار پیشروی خودنگهدار بر حسب سطح مقطع تونل
۱۳۲	۴-۶- نتیجه‌گیری
	فصل هفتم : طراحی مراحل حفاری و الگوی آتشباری تونل شماره یک از قطعه سوم
	راه کازرون- دشت آرژان
۱۳۶	۱-۷- موقعیت جغرافیایی طرح
۱۳۶	۲-۷- مشخصات عمومی تونل مورد مطالعه
۱۳۶	۳-۷- زمین شناسی عمومی و ساختمانی محور تونل شماره یک
۱۳۷	۴-۷- طبقه‌بندی توده‌های سنگی مسیر تونل
۱۳۹	۵-۷- طراحی مراحل حفاری تونل شماره یک
۱۳۹	۶-۷- طراحی الگوی حفاری تونل شماره یک
۱۴۰	۱-۶-۷- طراحی الگوی چالزنی روش حفر دومرحله‌ای پلکانی
۱۴۰	۱-۱-۶-۷- طراحی الگوی حفر چال برای بخش فوقانی
۱۴۰	الف- بر اساس روابط نیترونوبل و کاربرد برش زاویه‌ای
	ب- براساس تئوری انتقال انرژی از ماده‌منفجره به سنگ با لحاظ پارامترهای ژئومکانیکی
۱۴۳	و کاربرد برش زاویه‌ای
۱۴۹	۲-۱-۶-۷- طراحی الگوی چالزنی پلکانی برای بخش تحتانی
۱۴۹	الف- روش اول
۱۵۲	ب- روش دوم
۱۵۴	ج- روش سوم
۱۵۶	۲-۶-۷- طراحی الگوی چالزنی روش حفر تماممقطع
۱۵۶	الف- براساس تئوری انتقال انرژی از ماده‌منفجره به سنگ و کاربرد برش زاویه‌ای
۱۶۲	ب- براساس روابط تجربی نیترونوبل با لحاظ پارامترهای ژئومکانیکی و کاربرد برش زاویه‌ای
۱۶۸	ج- براساس روابط تجربی نیترونوبل و کاربرد برش موازی (روش چهارمقطعی)
۱۷۵	۷-۶-۷- مقایسه دو روش تماممقطع و دومرحله‌ای طراحی شده

فصل هشتم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۸-۱- نتیجه گیری

۸-۲- پیشنهادات

منابع و مأخذ

۱۷۹

۱۸۱

۱۸۳

چکیده

علیرغم پیشرفت مکانیزاسیون در حفر تونلها، عملیات چالزنی و آتشیاری هنوز هم به دلایل اقتصادی و قابلیت کاربرد در شرایط سخت زمین‌شناسی مورد استفاده طراحان قرار می‌گیرد. بر این اساس بهینه‌سازی فرایند پیشروی و طراحی الگوهای حفر چال و انفجار در جهت کمینه‌سازی هزینه‌ها و افزایش ایمنی و راندمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در تحقیق حاضر سعی شده است تا متناسب با وضعیت ژئومکانیکی توده سنگ منطقه و خصوصیات هندسی تونل فرایند پیشروی و الگوی حفاری و آتشیاری تونل شماره یک از قطعه سوم راه کازرون- شیراز طراحی گردد.

در این راستا، با جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تونلهای حفر شده در شرایط مختلف، اقدام به تهیه یک بانک اطلاعاتی گردید. با تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده نیز مدلی برای انتخاب فرایند پیشروی تونلهای بزرگ مقطع ارائه شد. در این مدل با داشتن اندازه سطح مقطع تونل و امتیاز ژئومکانیکی توده سنگ می‌توان روش حفر تونل را انتخاب نمود.

پس از تعیین فرایند پیشروی، الگوی چالزنی و آتشیاری تونل بسته به نوع فرایند، با لحاظ پارامترهای ژئومکانیکی منطقه و براساس دو روش معمول؛ روابط تجربی نیترونوبل و تئوری انتقال انرژی، طراحی شده است. در طراحی صورت گرفته به دلیل وضعیت زمین‌شناسی و ابعاد تونل از برشهای زاویه‌ای استفاده گردیده است (طراحی الگوی حفاری مقطع کامل تونل، با برش موازی (چهارمقطعی) به عنوان مینا استفاده شده است).

الگوها بر اساس قطر چال ۳۴ mm برای حفاری بخش تحتانی در پیشروی دومرحله‌ای و قطر چال ۵۱ mm برای بخش فوقانی در پیشروی دومرحله‌ای و مقطع کامل تونل در پیشروی تماممقطع طراحی شده‌اند. در نهایت ۳ الگو برای بخش تحتانی، ۲ الگو برای بخش فوقانی و ۴ الگو برای مقطع کامل تونل ارائه گردید.

کلمات کلیدی : طراحی فرایند حفاری، الگوی حفر چال و آتشیاری، تونلهای بزرگ مقطع، شرایط ژئومکانیکی، تونل راه کازرون- شیراز