



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “M.Sc”

مهندسی معدن - استخراج

عنوان :

ارزیابی ریسک در پروژه‌های حفاری مکانیزه تونل‌های مترو از منظر

مسائل ژئوتکنیکی

استاد راهنما:

استاد مشاور:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان مطالب

شماره صفحه

1	چکیده:
2	مقدمه:
4	فصل اول
5	1-1- مقدمه
6	2-1- روش‌های تونلسازی در زمین‌های نرم
6	1-2-1- روش حفاری NATM (روش اتریشی)
8	2-2-1- روش استفاده از ماشین‌های حفار بازویی
14	3-2-1- ماشین‌های مکانیزه حفاری تمام مقطع (TBM)
15	1-3-2-1- طبقه‌بندی ماشین‌های حفاری مکانیزه
24	2-3-2-1- محدوده کاربرد ماشین‌های حفاری مکانیزه
26	3-3-2-1- مزایا و معایب دستگاه‌های حفار مکانیزه تمام مقطع تونل
29	فصل دوم
30	1-2- مقدمه
33	2-2- تعریف ریسک
37	3-2- مدیریت ریسک
40	1-3-2- مراحل مدیریت ریسک
41	2-3-2- شناسایی ریسک
42	3-3-2- دسته‌های مختلف ریسک
42	4-2- تحلیل ریسک
43	1-4-2- تحلیل کیفی ریسک
44	2-4-2- تحلیل کمی ریسک
45	5-2- بررسی انواع ریسک‌ها در احداث تونل‌ها
47	1-5-2- ریسک‌ها در حفاری سنتی

48	2-5-2- ریسک‌ها در حفاری مکانیزه TBM
51	فصل سوم
52	1-3- مقدمه
56	2-3- ریسک‌های ناشی از حفاری مکانیزه
58	3-3- منابع ریسک اولیه در تونلسازی مکانیزه در مناطق شهری
58	1-3-3- ریسک‌های مربوط به زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی
58	2-3-3- ریسک‌های مربوط به طراحی
58	3-3-3- ریسک‌های مربوط به دوره ساخت
62	فصل چهارم:
63	1-4- مقدمه
63	2-4- طرح مدیریت ریسک (RMP)
63	1-2-4- شناسایی ریسک‌ها
64	2-2-4- کمی‌سازی ریسک
64	3-2-4- توسعه پاسخ ریسک
65	4-2-4- مانیتورینگ عکس‌العمل ریسک
67	3-4- فعال‌سازی RMP جهت کاهش کلیه ریسک‌ها
69	4-4- شناسایی ریسک‌های اولیه با استفاده از ثبت ریسک
74	1-4-4- تعیین ریسک اولیه با تجزیه و تحلیل کیفی ریسک
78	2-4-4- تعیین ریسک اولیه بصورت تحلیل کمی ریسک
82	فصل پنجم
83	1-5- معرفی خط 7 متروی تهران
85	2-5- مطالعات ژئوتکنیک مسیر خط 7 متروی تهران
95	3-5- وضعیت آب زیرزمینی مسیر خط 7 متروی تهران
95	1-3-5- آبخوان اصلی
95	2-3-5- آبخوان سوار
96	3-3-5- انتخاب دستگاه حفار براساس وضعیت آب زیرزمینی تهران

97	..... 4-3-5- سطح ایستابی و نوسان‌های آن
98	..... 5-3-5- ویژگی‌های شیمیائی آب‌های زیرزمینی
98	..... 4-5- ترکیبات خاک مسیر تونل
98	..... 1-4-5- دانه‌بندی
98	..... 2-4-5- فعال بودن
99	..... 3-4-5- تراوایی
100	..... 4-4-5- ویژگی‌های شیمیائی خاک
101	..... 5-5- ویژگی‌های ژئوتکنیکی قلوه‌سنگ‌ها و تخته‌سنگ‌ها و بررسی ریسک آن‌ها
102	..... 1-5-5- سختی
103	..... 2-5-5- مقاومت در برابر سایش
104	..... 3-5-5- سایندگی
104	..... 4-5-5- ویژگی‌های مکانیکی
105	..... 6-5- زمین‌شناسی سینه کار تونل
106	..... 7-5- رفتار زمین در تونلسازی
107	..... 8-5- حفاری و پوشش تونل
109	..... 9-5- خوردگی و تخریب بتن
110	..... 10-5- رویکرد ارائه شده جهت ارزیابی ریسک‌های پروژه خط 7 متروی تهران
111	..... 11-5- بکارگیری آنالیز ریسک
112	..... 12-5- تعیین خطرات
114	..... 13-5- ثبت و ارزیابی ریسک
120	..... 14-5- اقدامات کاهنده ریسک
125	..... فصل ششم
126	..... 1-6- نتیجه‌گیری
128	..... 2-6- پیشنهادات
129	..... منابع و ماخذ
130	..... منابع فارسی

133..... منابع لاتین

134..... سایت‌های اطلاع‌رسانی

135..... چکیده انگلیسی

فهرست جدول‌ها

شماره صفحه

عنوان

-
- | | |
|-----|---|
| 10 | 1-1: قابلیت حفاری دستگاه بازویی در سنگ‌های مختلف |
| 14 | 2: تقسیم‌بندی کلی ماشین‌های حفر تمام مقطع (AFTES/ITA) |
| 25 | 3-1: محدوده کاربرد ماشین‌های حفاری بر اساس قطر |
| 75 | 1-4: جدول تخمین احتمال رخداد |
| 75 | 2-4: طبقه بندی شدت تاثیر پتانسیل خطر طی مرحله ساخت |
| 77 | 3-4: مقیاس کیفی ریسک |
| 87 | 1-5: احجام مطالعات ژئوتکنیک فاز یک (مرحله مقدماتی) |
| 92 | 2-5: رده بندی خاک برای طراحی های ژئوتکنیکی |
| 93 | 3-5: داده های طراحی خاک |
| 94 | 4-5: مدل ژئوتکنیکی سینه کار تونل |
| 98 | 5-5: بازه تغییرات سطح ایستابی آب های زیرزمینی در طول خط 7 متروی تهران |
| 101 | 6-5: ویژگی های شیمیائی خاک |
| 107 | 7-5: رده بندی رفتار کلی زمین در طول مسیر طرح |
| 110 | 8-5: خوردگی خاک و آب حاوی مقادیر مختلف سولفات بر بتن |
| 110 | 9-5: نوع سیمان قابل توصیه برای سازه های مدفون |
| 113 | 10-5: پدیده خطر از منظر مسائل ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی حین فاز طراحی |
| 113 | 11-5: پدیده خطر از منظر طراحی و الزامات TBM |
| 114 | 12-5: پدیده خطر از منظر مسائل دوره ساخت |
| 114 | 13-5: پدیده خطر از منظر عوامل و فاکتورهای انسانی |
| 115 | 14-5: پدیده خطر از منظر تحقیقات و فاز طراحی |
| 116 | 15-5: جدول ثبت ریسک های ژئوتکنیکی پروژه خط 7 متروی تهران |

- 118 16-5: جدول ثبت ریسک‌های ژئوتکنیکی و اقدامات کاهشدهنده ریسک پروژه خط 7 متروی تهران
- 121 17-5: جدول اقدامات کاهشدهنده ریسک در حفاری مکانیزه در تونل‌های مترویی
- 124 18-5: نتیجه اقدامات کاهشدهنده ریسک انجام شده در پروژه خط 7 متروی تهران

فهرست نمودارها

شماره صفحه

عنوان

-
- | | |
|-----|---|
| 25 | 1-1: محدوده کاربرد ماشین‌های حفاری سپری در شرایط و مشخصات ژئوتکنیکی مختلف |
| 26 | 2-1: رابطه طول تونل با هزینه روش‌های مختلف حفاری تونل |
| 36 | 1-2: نمودارهای مقایسه توزیع هزینه‌ها در روش‌های تونلسازی مترویی |
| 53 | 1-3: نمودار تعریف سطح ریسک |
| 55 | 2-3: ریسک باقی‌مانده پس از انجام اقدامات کاهش دهنده ریسک |
| 66 | 1-4: ترتیب منطقی مراحل RMP |
| 72 | 2-4: مثالی از ثبت ریسک برای تونلسازی مکانیزه در محیط‌های شهری |
| 73 | 3-4: نمونه ای از ثبت ریسک برای تونلسازی در محیط‌های شهری |
| 106 | 1-5: رده‌بندی مهندسی قلوه‌سنگ‌ها و قطعه‌سنگ‌ها |

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه	عنوان
8	1-1: تصویری از دستگاه چکش هیدرولیکی
9	2-1: نمونه‌ای از دستگاه حفاری رودهدر
11	3-1: نمونه‌ای از دستگاه حفار بازویی با برش شعاعی
12	4-1: نمونه‌هایی از دستگاه حفار بازویی با برش عرضی
17	5-1: نمونه‌ای از سپر دستی
18	6-1: نمونه‌ای از سپر نیمه مکانیزه با بازوی حفار بیل مکانیکی
18	7-1: نمونه‌ای از سپر نیمه مکانیزه با بازوی حفار رودهدر
19	8-1: سپر مکانیزه
20	9-1: نمونه‌ای از سپر کور
20	10-1: نمونه‌ای از TBM
21	11-1: شمایی از سپر دوغابی
22	12-1: سپر تعادلی فشار زمین
22	13-1: دستگاه EPB Single Shield
23	14-1: نحوه کارکرد سیستم متعادل کننده فشار زمین در دستگاه EPB Single Shield
23	15-1: فضای داخل کابین کنترل دستگاه TBM و مانیتورهای نشان دهنده میزان فشار دستگاه
28	16-1: تقسیم‌بندی تیپ‌های مختلف دستگاه TBM با توجه به جنس زمین
32	1-2: ریزش تونل مترو در زیر بزرگراه نیکول در سنگاپور
32	2-2: نشست یک واحد مسکونی بر اثر فرورفتن تونل متروی مونیخ
84	1-5: مسیر عبور خط 7 مترو بر روی نقشه تهران
86	2-5: تصویر احداث یک حلقه گمانه مت‌های (BoreHole) و جعبه نمونه در مسیر شمالی - جنوبی پروژه خط 7 مترو تهران در محدوده پل گیشا

- 86 3-5: تصویر احداث یک حلقه چاه دستی (Test Pit) در مسیر شمالی-جنوبی پروژه خط 7 مترو تهران در محدوده بزرگراه شهید نواب
- 89 4-5: محل قرارگیری گمانه‌های بخش شرقی - غربی
- 90 5-5: مقطع عرضی زمین در محدوده بخش شرقی - غربی پروژه خط 7 مترو
- 91 6-5: مقطع زمین‌شناسی محدوده غربی بخش شرقی-غربی
- 92 7-5: مقطع عرضی زمین در قسمت میانی بخش شرقی -غربی
- 95 8-5: برشی از پروفیل مسیر در محدوده ایستگاه U7 در بزرگراه چمران محدوده بوستان گفتگو
- 95 9-5: برشی از پروفیل مسیر در محدوده ایستگاه I7 در محدوده خیابان مولوی
- 102 10-5: نمای کاترهد دستگاه حفاری پروژه خط 7 متروی تهران
- 105 11-5: نمای شماتیکی از نقاله مارپیچی (Screw conveyor) دستگاه حفاری TBM

چکیده:

پروژه خط هفت متروی تهران یکی از طولانی‌ترین و عمیق‌ترین خطوط شبکه متروی شهر تهران است. این پروژه با طول حدود 26 کیلومتر جنوب شرقی شهر تهران را به شمال غربی آن متصل ساخته و در مسیر خود هشت ایستگاه تقاطعی با دیگر خطوط شبکه مترویی تهران دارد. این پروژه به لحاظ تفاوت‌های عمده و قابل توجهی مانند گذر از تمامی آبرفت‌های شهر و مواجهه با شرایط ژئوتکنیکی مختلف، عمیق‌تر بودن و قرارگیری بخش عمده‌ای از آن در زیر سطح آب زیرزمینی و همچنین ارائه راه‌حل اجرایی حفاری مکانیزه جهت نیل به زمان‌بندی محدود پروژه یکی از پروژه‌های خاص مترویی می‌باشد. به لحاظ پیچیدگی‌های موجود، موضوع ارزیابی و آنالیز ریسک‌های موجود در پروژه از مراحل شناسایی تا مراحل اجرایی امری لازم و ضروری است. در این پایان‌نامه با بررسی وضعیت دستگاه حفاری TBM و تاثیر حفاری مکانیزه بر تونل‌سازی در محیط‌های شهری همچنین با بررسی جزئیات مطالعات ژئوتکنیک از دیدگاه شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه، سعی گردید ابهامات و ریسک‌های پیش‌روی پروژه مشخص گردیده و اقدامات لازم برای کاهش آن و ایجاد شرایط ایمن برای طراحی و اجرا اتخاذ گردد. از این رو طرح مدیریت ریسک RMP برای حوزه حفاری مکانیزه و تاثیر شرایط ژئوتکنیک در پروژه خط هفت متروی تهران طرح‌ریزی و ارائه گردید. عوامل و عناصر ایجاد کننده ریسک با ارزیابی در خصوص احتمال رخداد و شدت تاثیر هر کدام گردآوری و مورد بررسی قرار گرفت و اقدامات لازم برای کاهش آن با دیدگاه تخصصی در هر حوزه بخصوص مطالعات ژئوتکنیک و حفاری مکانیزه ارائه گردید. با آنالیزهای انجام شده بر روی این پروژه، 48 درصد از پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه با ریسک بالا، 45 درصد با ریسک متوسط و 7 درصد دارای ریسک پائینی بوده است که پس از ارزیابی هر کدام و شناسایی اقدامات کاهنده مربوطه سطح ریسک به ترتیب برای پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه به ترتیب به 4 درصد با ریسک بالا، 33 درصد به ریسک متوسط و 63 درصد با سطح ریسک پائین تقلیل پیدا نمود.