



دانشگاه مهندسی - گروه مهندسی عمران



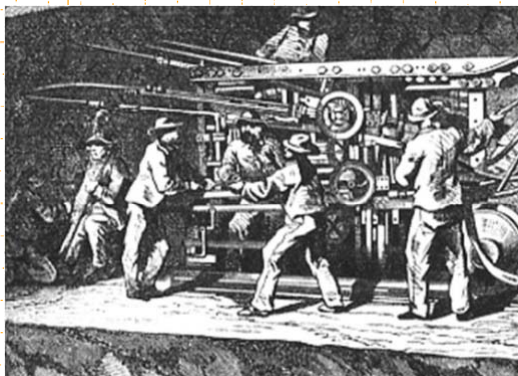
اصول مهندسی تونل

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

علی میرزایی

۳-۱- مقدمه

- در ساده ترین تونل سازی ها نیز امکان پیش بینی کامل وضعیت ژئوتکنیکی منطقه وجود نداشته و احتمال برخورد با موارد غیر قابل پیش بینی وجود دارد.
- در این گونه حالات به واسطه تغییر شرایط ساخت نسبت به روش های مندرج در قرارداد، عمدتاً مشکلات قراردادی وجود خواهد داشت.



• به عنوان مثال، در سال ۱۸۷۲،
لویز فاور (Louis Favre)
مسئولیت احداث تونل گوتارد
(Gothard) را که در مسیر اتصال
شهر زوریخ و میلان واقع شده بود را
پذیرفت.

۳-۱- مقدمه

• طول این تونل تقریباً ۱۵ کیلومتر بوده و به واسطه واقع شدن در زمین سنگی سخت، ساخت آن تقریباً غیر عملی به نظر می رسید.

• رقابت بر روی قرارداد این پروژه بالا بوده و نهایتاً فاور این پروژه را با مبلغ ثابت ۱،۸۹۸،۸۴۵ پوند برنده شد.

• مدت زمان اتمام پروژه ۸ ساله در نظر گرفته شد و فاور مبلغ ۳۲۰،۰۰۰ پوند را برای ضمانت این امر به کارفرما پرداخت نمود.

• به واسطه هر روز اتمام زود تر (و یا دیرتر) پروژه مبلغ ۲۰۰ پوند به عنوان پاداش (و یا جریمه) در نظر گرفته شد. همچنین، در صورتی که دیرکرد ساخت تونل بیش از یک سال شده، مبلغ ضمانت مربوطه برداشت خواهد شد.

۲/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۳-۱- مقدمه

• برای اتمام پروژه در موعد مقرر، فاور به مدت ۷ سال بدون در نظر گرفتن سلامت کارگران خویش ساخت پروژه را ادامه داد.

• با نزدیک تر شدن به مهلت پایان ساخت تونل، فاور فشار بیشتری را بر روی کارگران آورده و نهایتاً وی به واسطه هوای نامطلوب درون تونل و حمله قلبی، جان خود را قبل از اتمام پروژه از دست داد.



• پروژه مذکور با ۲ سال دیرکرد به اتمام رسید.

• مبلغ جریمه دیرکرد پروژه برابر ۵۹۰،۰۰۰ پوند محاسبه گردید و مبلغ ضمانت نامه ۳۲۰،۰۰۰ پوندی نیز اخذ گردید.

۳/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۳-۱- مقدمه

- همچنین در این پروژه ۳۱۰ نفر جان باختند و ۸۷۷ نفر نیز دچار از کار افتادگی شدید شدند.
- یکی از منابع اصلی موارد غیر قابل پیش بینی در تونل سازی عدم شناخت کامل زمین می باشد.
- در صورت شناخت کافی از وضعیت زمین، امکان کاهش تعداد رفتارهای غیر قابل پیش بینی در پروژه های تونل سازی میسر می گردد.
- امروزه در قرارداد های ساخت پروژه های زیر زمینی اطلاعات مربوط به وضعیت زمین در مسیر پروژه در اسناد قرارداد پیمانکاران گنجانده شده و قرارداد ها معمولاً به صورت منعطف پذیر انعقاد می گردند.

۴/۳۲

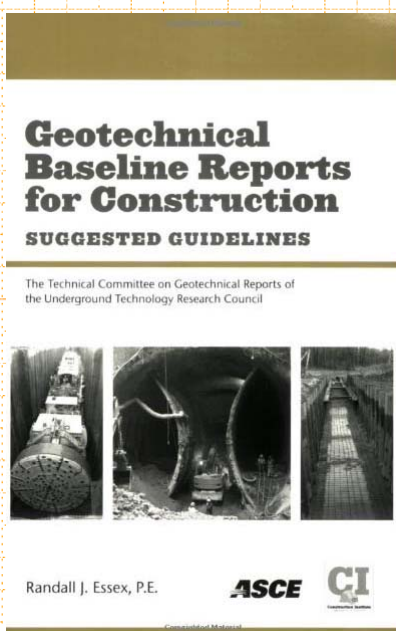
علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۳-۲- گزارش های ژئوتکنیکی

- در صورت شناخت کافی از وضعیت زمین، امکان کاهش تعداد رفتارهای غیر قابل پیش بینی در پروژه های تونل سازی میسر می گردد.



- گزارش های ژئوتکنیکی
مسیر (Geotechnical Baseline Report)
که اصطلاحاً GBR نیز گفته می شوند، بیانگر شرح وضعیت زمین در طول پروژه بوده و در اسناد قراردادی گنجانده می شوند.

- گزارش های ژئوتکنیکی مسیر با استفاده از نتایج مطالعات ژئوتکنیکی تهیه می شوند.

۵/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

• گزارش های ژئوتکنیکی پایه عمدتاً حالت پایه ای و کلی داشته و قرارداد های مربوط به سازه های زیر زمین نسبت به رخداد مغایرت شرایط زمین نسبت به گزارش ژئوتکنیکی پایه منعطف پذیر می باشد.

• اهداف اصلی تهیه گزارش های ژئوتکنیکی :

۱- تامین اطلاعات اولیه لازم برای پیمانکار تا پیمانکار بتواند بر مبنای این اطلاعات روش ساخت، طراحی اولیه و پیشنهاد قیمت خود را اعلام نماید.

۲- بررسی کلی ریسک پذیری و مخاطرات ژئوتکنیکی مسیر پروژه برای کارفرما و پیمانکار

• در برخی از پروژه های زیر زمینی نیز، اطلاعات و داده های حاصل از مطالعات زمین شناسی و ژئوتکنیکی نیز در اسناد مناقصات گنجانده می شود که به آن ها اصطلاحاً "داده های ژئوتکنیکی پایه" و یا GDR (Geotechnical Data Report) اطلاق می گردد.

۶/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۱- شرح پروژه: شامل اهداف ساخت پروژه، محل دقیق پروژه، طول پروژه، اجزای مختلف پروژه (همچون پرتال ها، شفت ها، دسترسی ها، مسیر های اصلی)، قرارداد های مرتبط



پلان کلی مسیر تونل

۷/۳۲

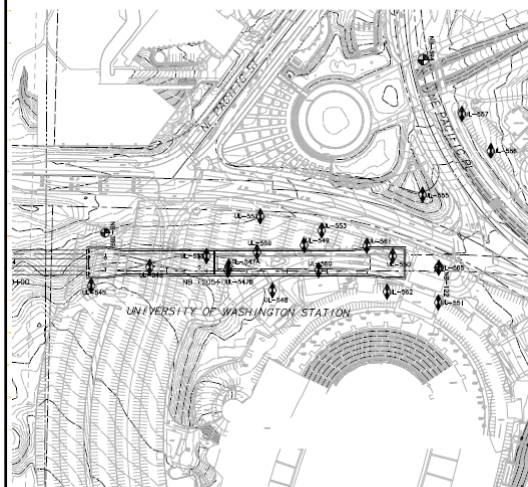
علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:



- ۱- شرح پروژه: شامل اهداف ساخت پروژه، محل دقیق پروژه، طول پروژه، اجزای مختلف پروژه (همچون پرتال ها، شفت ها، دسترسی ها، مسیر های اصلی)، قرارداد های مرتبط

اجزای مختلف پروژه

۸/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

- ۱- شرح پروژه: شامل اهداف ساخت پروژه، محل دقیق پروژه، طول پروژه، اجزای مختلف پروژه (همچون پرتال ها، شفت ها، دسترسی ها، مسیر های اصلی)، قرارداد های مرتبط

2.5 Contract Interfaces

The U220 contract will interface with the following University Link construction contracts:

2.5.1 Contract U210

The scope of work of the U210 Contract includes utility relocation, and other work associated with preparing the UWS site for the U220 Contract. This work will be completed prior to commencement of site work of the U220 Contract.

قراردادهای مرتبط

University Link Light Rail
TBM Tunnels (UWS to CHS)

Geotechnical Baseline Report
Page 3

IFB NO. RTA/LR 1-09
Link Contract U220
CONFORMED

۹/۳۲

علی میرزایی

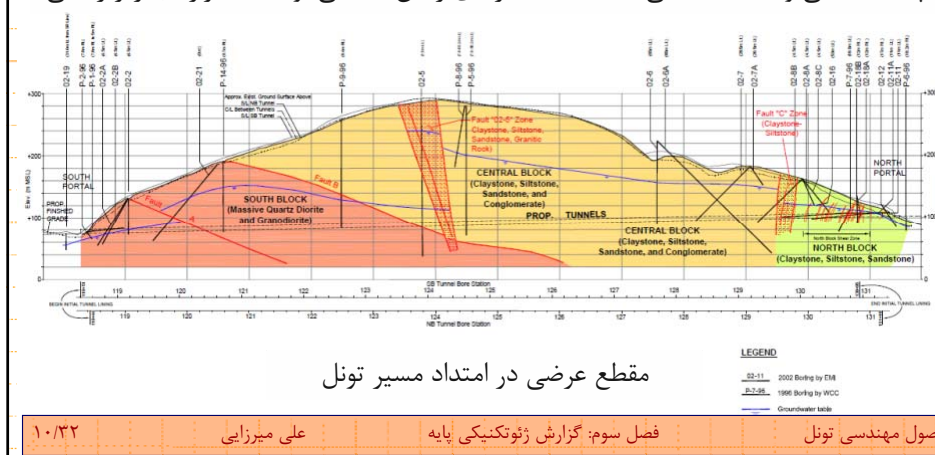
فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۲- وضعیت زمین شناسی منطقه: شامل شرح برنامه مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی، وضعیت زمین شناسی منطقه و صفحات تکتونیکی، برش مقاطع عرضی، وضعیت لرزه خیزی، چینه شناسی و سنگ شناسی منطقه، ساختارهای زمین شناسی، وضعیت تراز آب زیر زمینی



۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: شامل شرح روند انجام آزمایش های آزمایشگاهی و صحرایی، شرح پارامترها و رفتار ژئوتکنیکی زمین در مسیر تونل، وضعیت آب های زیر زمینی.

خاک: آزمایش های شناسایی و طبقه بندی (دانه بندی، حدود اتربرگ، درصد رطوبت و وزن مخصوص طبیعی)، آزمایش های مقاومتی (تک محوری، سه محوری، برش مستقیم)، نفوذپذیری و تحکیم

سنگ: آزمایش های شناسایی (تشریح نظری سنگ، پتروگرافی، درصد شکستگی)، آزمایش های مقاومتی (تک محوری، سه محوری، ضریب پواسن، مدول الاستیک، بارنقطه ای، برش مستقیم، مقاومت کششی، مقاومت در برابر سایش، دوام سنگ)

آزمایش های متداول
آزمایشگاهی برای
تهیه گزارش
ژئوتکنیکی پایه:

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی خاک



آزمایش سه محوری



آزمایش تک محوری

۱۲/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی خاک

آزمایش تحکیم



آزمایش نفوذپذیری

۱۳/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی سنگ:



آزمایش تک محوری سنگ



آزمایش مدول الاستیک و ضریب پواسن سنگ

۱۴/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

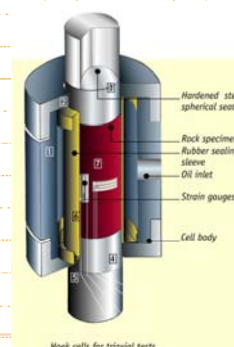
اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی سنگ:



آزمایش سه محوری سنگ



سلول هوک - براون

۱۵/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی سنگ:

- معیار مناسب برای بررسی مقاومت سنگ تحت اثر سیکل های تر و خشک شدگی



آزمایش دوام سنگ در مقابل آب دیدگی

۱۶/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی سنگ:

- معیار مناسب برای طبقه بندی مقاومتی سنگ
- قابلیت پرتابل و انجام آزمایش در صحرا



آزمایش بار نقطه ای سنگ

۱۷/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی سنگ:

- معیار مناسب برای بدست آوردن پارامترهای مقاومت برشی سنگ
- اندازه گیری پارامترهای مقاومت برشی رابطه هوک



آزمایش برش مستقیم سنگ



۱۸/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه:

آزمایش های متداول آزمایشگاهی بر روی سنگ:

- معیار مناسب برای بدست آوردن مقاومت کششی سنگ
- اندازه گیری پارامترهای مقاومت برشی رابطه هوک



آزمایش مقاومت کششی سنگ
(آزمایش برزیلی)

۱۹/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: شامل شرح روند انجام آزمایش های آزمایشگاهی و صحرایی، شرح پارامترها و رفتار ژئوتکنیکی زمین در مسیر تونل، وضعیت آب های زیر زمینی.

<p>خاک: حفر گمانه های ژئوتکنیکی، آزمایش پرسیمتری، آزمایش بارگذاری صفحه، آزمایش های ژئوفیزیکی، آزمایش های نفوذپذیری</p> <p>سنگ: حفر گمانه، مغزه گیری، آزمایش جک تخت، آزمایش شکست هیدرولیکی، آزمایش بیش مغزه گیری، آزمایش تعیین نفوذپذیری</p>	<p>آزمایش های متداول صحرایی برای تهیه گزارش ژئوتکنیکی پایه:</p>
---	---

مرجع بیشتر: آزمایش صحرایی برای تونل سازی:

<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/tunnel/pubs/nhi09010/03b.cfm>

۲۰/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول صحرایی: گمانه های ژئوتکنیکی



حفر گمانه های ژئوتکنیکی مورب



حفر گمانه ژئوتکنیکی قائم

- عمق، محل، فاصله، نحوه نمونه برداری با توجه به نوع پروژه تونل سازی انجام می پذیرد.
- در شرایطی که مسیر تونل تغییری نکند، معمولاً گمانه های ژئوتکنیکی تا ۱/۵ برابر قطر تونل در زیر تونل امتداد داده می شوند.

۲۱/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

- ۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول صحرایی: گمانه های ژئوتکنیکی
- در صورت امکان تغییر مسیر تونل، معمولاً گمانه های ژئوتکنیکی تا ۳ برابر قطر تونل در زیر تونل امتداد داده می شوند.

روش حفاری / ساخت تونل		فاصله بین گمانه ها (بر حسب فوت)
روش کند و پوش		۱۰۰ الی ۳۰۰
تونل سازی در زمین سنگی	وضعیت مطلوب	۱۰۰۰ الی ۵۰۰
	وضعیت ناسازگار	۵۰ الی ۲۰۰
تونل سازی در زمین نرم	وضعیت مطلوب	۳۰۰ الی ۵۰
	وضعیت ناسازگار	۱۰۰ الی ۵۰
تونل سازی در زمین های لایه ای	وضعیت مطلوب	۷۵ الی ۵۰
	وضعیت ناسازگار	۲۵ الی ۵۰

فاصله بین گمانه های ژئوتکنیکی در پروژه های تونل سازی (پیشنهاد AASHTO 1988)

۲۲/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

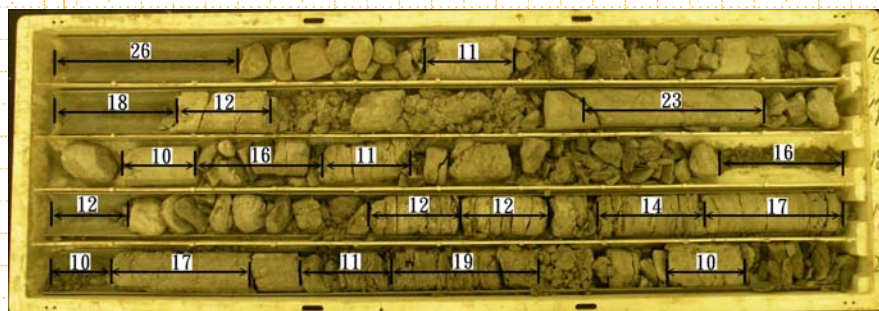
۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

- ۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول صحرایی: اندازه گیری معیار کیفیت طراحی سنگ (RQD)

$$RQD = \left(\frac{l_{\text{sum of 100}}}{l_{\text{tot core run}}} \right) \times 100$$

- بیانگر درصد تکه های بزرگتر از ۱۰۰ میلی متر سنگ در یک مغزه می باشد.



۲۳/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

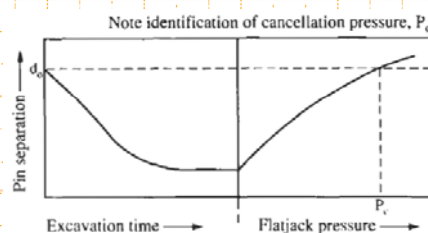
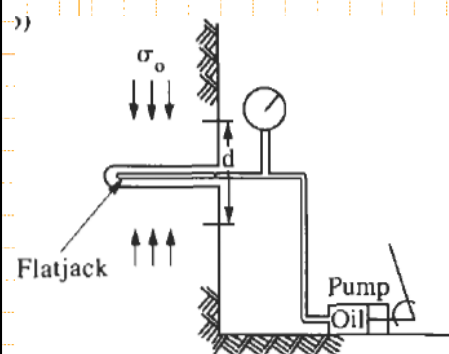
اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول صحرایی: آزمایش جک تخت (Flat Jack):

• اندازه گیری وضعیت تنش های برجا در یک راستا (عمود بر صفحه بریده شده)



۲۴/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

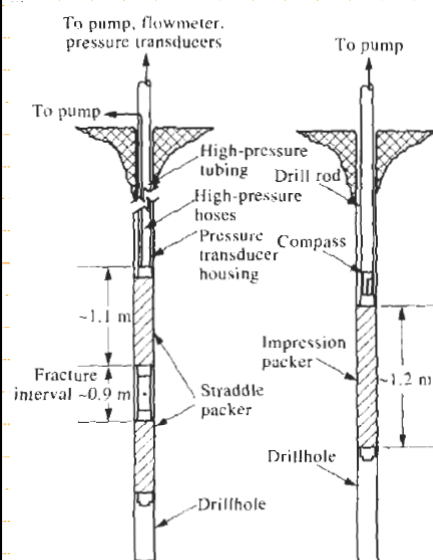
۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی

منطقه: آزمایش های متداول صحرایی:
آزمایش شکست هیدرولیکی
(Hydraulic Fracturing):

• اندازه گیری سه مولفه از تنش های برجا در سنگ



۲۵/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

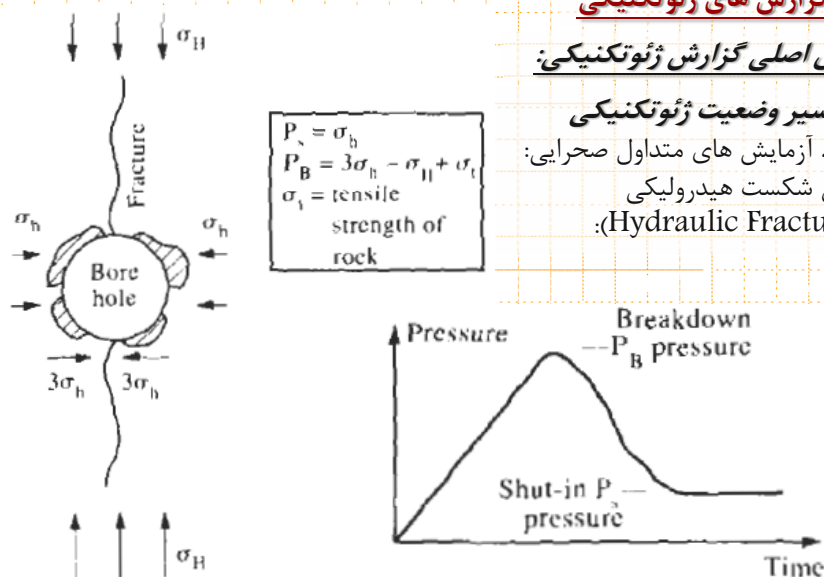
اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی

منطقه: آزمایش های متداول صحرایی:
آزمایش شکست هیدرولیکی
(Hydraulic Fracturing):



۲۶/۳۲

علی میرزایی

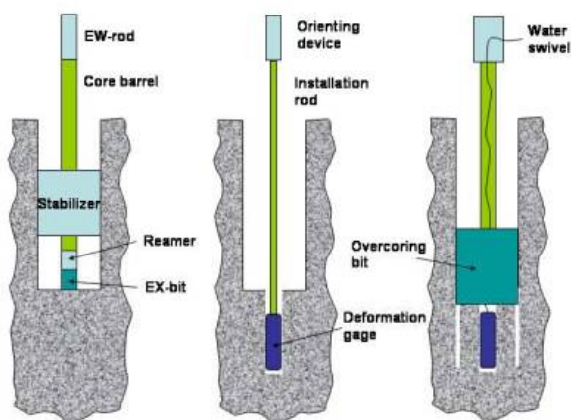
فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول صحرایی: آزمایش بیش مغزه گیری (Over Coring):



• اندازه گیری تمامی مولفه های تنش های برجا در سنگ

۲۷/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۳- تفسیر وضعیت ژئوتکنیکی منطقه: آزمایش های متداول صحرایی: آزمایش بیش مغزه گیری (Over Coring):



- تجهیزات اندازه گیری تغییر شکل های درون مغزه حفر شده

۲۸/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۴- ملاحظات طراحی:

- لایه بندی و طبقه بندی زمین و ارائه پارامترهای لازم برای طراحی

Rock Mass Parameters						
Parameter	Unit	RT-G 1	RT-G 2	RT-G 3	RT-SS1	RT-SS2
Density	γ [KN/m ³]	25-27	22.5 – 25.5	22.5 – 25.5	25-27	25-27
Young's Modulus	E [GPa]	2-4	0.4 – 0.8	0.2 – 0.4	4 – 6	0.5 – 1.0
Cohesion	c [MPa]	0.4 – 0.6	0.15 – 0.25	0.05 – 0.15	0.7 – 1.0	0.2 – 0.3
Angle of internal friction	Φ [°]	35 – 40	25 – 30	15 – 25	40 – 50	20 – 30

Soil Group	Wet Unit Weight (pcf)	Dry Unit Weight (pcf)	Water Content (%)	LL ^(a) (%)	PI ^(b) (%)	Poisson's Ratio	SAT ^(c)	Permeability (cm/sec)	
								Horizontal	Vertical
Blue	128 +/- 4	100 +/- 6	28 +/- 8	48 +/- 14	24 +/- 5	0.48	2 +/- 2	$2 \times 10^{-6} - 3 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-6}$
Turquoise	125 +/- 4	100 +/- 3	24 +/- 6	NP	NP	0.45	6 +/- 1	$4 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-5}$
Yellow	127 +/- 4	110 +/- 5	16 +/- 6	NP	NP	0.45	18 +/- 6	$1 \times 10^{-4} - 7 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-4}$
Yellow2								$1 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-6}$
Red	135 +/- 5	115 +/- 6	16 +/- 6	NP	NP	0.45	15 +/- 6	$1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-2}$
Purple	125 +/- 3	105 +/- 6	18 +/- 6	NP	NP	0.45	N/A	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$

۲۹/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

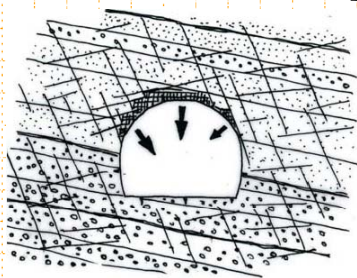
اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۴- ملاحظات طراحی:

• پیشنهاد معیارها و روش های طراحی تکیه
گاه های زمین، پایدار سازی زمین، مکانیزم
های گسیختگی محتمل، ...



مکانیزم های گسیختگی

مثال: مکانیزم محتمل گسیختگی
در یک تونل حفر شده در زمین
سنگی، سقوط بلوک های سنگی
بعد از حفاری

۳۰/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

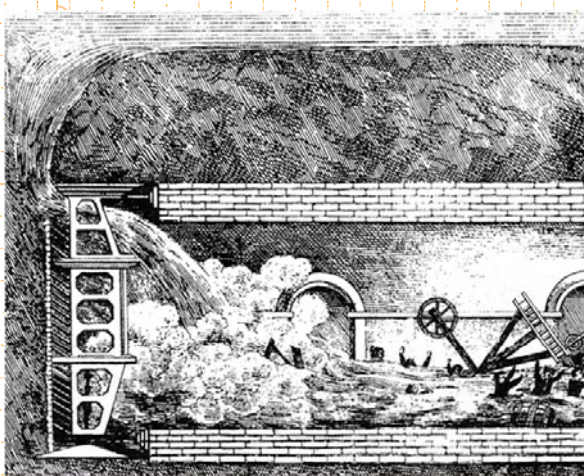
اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۴- ملاحظات طراحی:

• در نظر گرفتن شرایط زیست
محیطی همچون تاثیر نشست
های تونل بر روی محیط
اطراف، وضعیت تراز آب زیر
زمینی و نیاز به پمپاژ، و ...



مثال: ورود آب به داخل تونل
در حین مراحل حفاری

۳۱/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

۲-۳- گزارش های ژئوتکنیکی

اجزای اصلی گزارش ژئوتکنیکی:

۵- ملاحظات ساخت:

- پیش بینی رفتار زمین در حین مراحل مختلف ساخت
- پیش بینی مراحل مختلف ساخت
- ساخت قسمت های خاص پروژه
- پیشنهاد روش های بهسازی زمین
- نحوه مهار نمودن آب های زیر زمینی
- منابع محتمل ایجاد تاخیر در پروژه

۳۲/۳۲

علی میرزایی

فصل سوم: گزارش ژئوتکنیکی پایه

اصول مهندسی تونل

با تشکر از توجه شما