

مطالعات لازم در پی پروژه تونل سازی :

- ۱- مطالعات مهندسی تونل (انفجار ، طول ، امتداد و عمق)
- ۲- زمین شناسی معدنی ۳- مطالعات ژئوتکنیک ۴- مطالعات لرزه خیزی
- ۵- مطالعات پویش (سازه) اولیه ، روش ساخت و پویش نهایی
- ۶- مطالعات روشهای ۷- مطالعات سیستم حفاری ۸- مطالعات سیستم زنجش
- ۹- تأمین اینها در برابر آتش فوژی

تونل : سازه ای زیر زمین که با اهداف مختلف مانند رفت و آمد وسایل نقلیه ، قطار ، مترو ، انتقال آب ، نیروگاهها ، پیاپیها ، انبار زیر زمین ، معادن زیر زمین احداث می شود .

روش حفاری تونل :

روش های سنتی : روشی با استفاده از بیل و کلنگ در نیم - سرعت پایین عیب :

حالت زنی و انفجار : با ماشین های زن حفاری شده و صورت منقبضه دافند آن قرار می گیرد . در اثر انفجار توده سنگست می شود .

عیب : سطح دیوار مستقر در زمین زیاد می شود و تا حدی زیادهای ایجاد می شود

عدم استفاده در مناطق کمونی - تولید مواد سمی در محیط - مواد استفاده شده خطرناک است

در محیط های آلوده کاربرد در ممکن است .

این روش شامل مراحل زیر است :

۱- تعیین نقشه حال (محل ، قطر ، عمق ، امتداد ، فاصله ، مقدار و ترتیب حلال)

۲- جان زنی

۳- فرجنداری

۴- انفجار

۵- تخلیه دور

۶- لق گیری

۷- تخلیه مواد حفاری شده

۸- بایار سازی از قبیل عقب تورن سیم و شاکتیت ...

۹- کاجار متفرقه زیر مانند اهدانه نمودن لوله آب، و کتای بختیه، سیم بری ...

* دو ماده مهم که در حین انفجار باید به آن توجه شود این است که اولاً حفاری به اندازه مورد نیاز باشد چون اگر بیش از مقطع مورد نیاز حفاری صورت گیرد هم هزینه خارج کردن بتن از بار من شود و هم بعداً مقدار خالی را باید با بتن پر کرد ثانیاً باید توجه کرد که در حین انفجار آسیب نبیند تا فشار اضافی بر پوشش قوئل وارد نکند.

* سرعت بیشتر در حفاری به روش چانزنی و انفجار در پروژه هایی که به خوبی مدیریت می شود قابل توجه است ولی به علت بالا بودن تعداد نیروی انسانی و نتیجتاً بالا بودن هزینه های این روش و نیز آسیب هایی که این روش حفاری به بتن های اطراف قوئل وارد می کند و همچنین با در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی در بسیاری موارد استفاده از روش های حفاری مکانیزه بر روش های انسانی و انفجار ارجحیت دارد.

عوامل مؤثر در آسور چال زنی :

۱- انبار تونل

۲- هندسه تونل

۳- قطر چال

۴- کیفیت شنایی

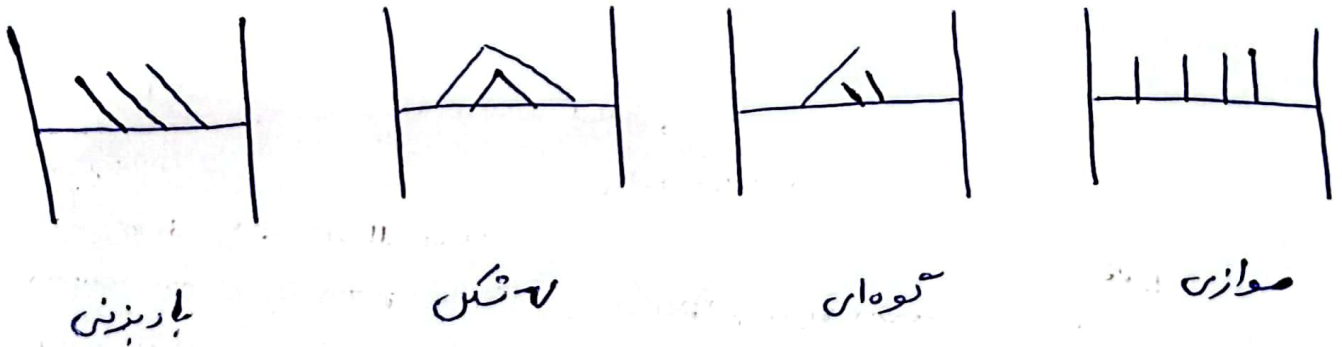
۵- شرایط زمین شنایی

۶- ماره منفجره و جانشینا

۷- نوع تجهیزات چال زنی

۸- محدودیت های ارتعاش

- انواع چال زنی



تقدار چال مورد نیاز بران حفاری کب تونل به عوامل متقدرون از جمله شرایط زمین از نظر زمین شناسی
شکل و اندازه مقطع تونل و قطر چال های مورد استفاده بستن دارد. بدین است با افزایش سطح
مقطع به چال های بیشتر نیاز است.

- استفاده از لودر و بیل مکانیکی، همپرسور

- ماشین حفار TBM :

انواع TBM ها

(۱) بدون سپر یا باز

در شرایطی که سنگ بایدار است و میزان نفوذ آج کم است (زمینهای محکم و خورندار)

(۲) کف سپر :

در شرایطی که سنگ ناپایدار و اقبال ریزش زمین وجود دارد (زمینهای سست و ضعیف)

(۳) دو سپر یا تلکوپر :

همزمان هم پیشرفت دارند و هم سنگ و حجم حفاری انجام می دهد

* سگمنت :

قطعاتی پیش ساخته به صورت نام و زبان که پوشش داخلی تونل را می سازند.

* محسوسات TBM به وسیله پارامترهای زیر سنجیده می شود

الف - سرعت نفوذ : از تقسیم طول حفاری به زمان حفاری به دست می آید. زمان حفاری مدت زمانی است که TBM مشغول حفاری بوده و مدت زمانهایی که کار نمی کرده در آن به حساب نمی آید

$$\text{سرعت نفوذ} = \frac{\text{طول حفاری}}{\text{زمان حفاری}}$$

ب - بهره وری دستگاه : در مدتی از زمان شیفته که صرف حفاری می شود

$$2 \text{ بهره وری} = \frac{\text{زمان حفاری}}{\text{زمان شیفته}} \times 100$$

$$\text{سرعت پیشروی} = \frac{\text{طول حفاری}}{\text{زمان ثبوت}}$$

انتخاب نوع TBM و طراحی آن :

اولین قدم در انتخاب TBM ، تقسیم‌بندی در مورد این است که از چه نوع رستنه TBM بازه کت‌سپین و در سپین کدام نوع رستنه بران تونل مورد نظر دارای کارایی بیشتری است .
انتخاب نوع TBM و طراحی آن براساس پارامترهای مختلفی است که براساس آن شرکت سازنده TBM اقدام به ساخت آن می‌کند . این اطلاعات و پارامترها از طریق کارفرما یا پیمانکار در اختیار شرکت سازنده رستنه قرار می‌گیرد در بعضی موارد ممکن است افکار از طرف شرکت‌های سازنده نیز از محل پروژه بازرسیده نمایند . از جمله پارامترهای مؤثر در انتخاب نوع TBM و طراحی آن عبارتند از :

الف- وضعیت زمین شناسی و ژئومکانیکی میزبان تونل

- وضعیت توره سنگ از نظر میزان درزه و شکاف و زمان خورد پایداری تونل

- وضعیت آب- های زیرزمینی

- وضعیت تنگناهای بجا مانده و هوای شرایط فشارند

- مقاومت متاسارکت محوری

- قدرت سایشی سنگ

ب- هندسه تونل

- قطر تونل

- شیب تونل

- طول تونل

ج- زمان پروژه

پس از انتخاب نوع TBM و با در نظر گرفتن شرایط فوق صفحات TBM از جنبه‌های مختلف

از جمله موارد زیر مشخص می‌شود

- نیروی رانش
- کوپل پیمیشی
- سرعت پیشروی صفحه حفاری
- نوع ابزار برش و نحوه کارایی آن‌ها در صفحه حفاری
- سیستم پشتیبانی از جمله نیاز به وسایل نفوذ یا ابزار ساز و یا وجود وسایل تمانه زنی

مزایای دستگاه TBM :

- حفاری و تخلیه مواد حفاری به صورت اتوماتیک می‌باشد
- رستگاه برای قطرهای مختلف وجود دارد
- در تونل‌های بلند ابعاد دقیق است.
- نیروی انسانی کمی مورد نیاز است.
- سطح مقطع حفاری کنیخواهت است
- سرعت پیشروی بالا
- امنیت بیشتر کارگران

معایب دستگاه TBM :

- ممکن است گیر کند
- انعطاف‌پذیری محدود در مقابل تغییرات وضعیت زمین شناسی
- هزینه سرمایه‌گذاری بالا

- زمان طولانی مونتاژ و استقرار دستگاه در پان کار

حقارن کانه دارن

اصولاً بعد از TBM کانه دارن محسوس و دیده بران حقارن به روش کسانیس است. بطوریکس دو نوع کانه دارن وجود دارن ۱) کانه دارن از نوع تاج مخروطی ۲) کانه دارن از نوع تاج طبقی
در تاجها کانه دارن طبقی عدل حقارن را بصورت تخم زردن و کانه دارن مخروطی حقارن را بصورت سائیس انجام می دهند. کانه نیم برش تخم زردن با برش نوع طبقی بطور مستقیم بران برش شرایط تنس نسبتاً ضعیف همچون جبهه کارها بران زغال تنس یا انواع مختلف از سنداس رسوب پذیرفته شده است بطوریکس برای شرایط تنس است این کانه نیم برش سرعت برش خوبی به دست می دهند ولی برای شرایط تنس سخت یا محکم سیستم برش نوع مخروطی موثرتر در کار است از سیستم برش نوع طبقی می باشد.

* در کس سطح حقارن شده دچار رستخوردگی کمی نسبت به برش انفجار می خورد.

- نحوه تونل :

نحوه در مرحله اجرا

نحوه در مرحله مجری بران

کلیات نحوه در مرحله مجری بران تغییر نحوه در مرحله اجرا می باشد. در تونل راه هدف اصلی از نحوه کنترل میزان آلاینده های خروجی از آنزور و سایر نقیصه و کنترل درر و کارها در تونل در مواقع اضطراری آتش سوزی است. در صورت تونل راه آهن، هدف اصلی از نحوه در حتم مجری بران کاهش آلودگی و حرارت ناشی از احتراق موتورهای دیزلی کوکوسوتوم می باشد.

تقریباً تونل ها از طریق دسین هوا (سیستم دهش) یا مکش هوا (سیستم مکش) از طریق بی راکت
 می تواند صورت پذیرد در سیستم هوار می ، هوا را تازه خارج تونل از طریق خط تقویه به نزدیک سینه کار
 تونل هدایت می شود این امر باعث می شود که هوا را آلوده کن طول مسیر تونل را مل کند تا به خروج
 تونل برسد فریت این سیستم این است که هوا را تازه بطور پیوسته به سینه کار که اکثر کارها در آنجا متمرکز
 است هدایت می شود اما عیب این روش آن است که بقیه طول تونل در معرض هوا را آلوده قرار می دهد
 در سیستم مکش ، هوا را آلوده از طریق خط تقویه مکشید ، و خارج می شود و هوا را تازه در ورودی تونل وارد
 شده و طول تونل را می پیماید تا به سینه کار برسد ولی باعث می شود که در تونل حرارت ، رطوبت تردد بخار و در
 موجود در طول تونل به نزدیک سینه کار منتقل شود.

* مقررات مربوط به تقویه تونل ها معمولاً در آیین نامه های بهداشت و ایمنی مربوط به هر پروژه خاص مشخص
 می شود.

* امدان سواجی شدن با گازهای سی یا قابل انفجار هواره باید در حفاری تونل ها صد نظر باشد در صورت
 محتمل بودن چنین مسئله ای تدابیر ویژه را باید کبار گرفت که از جمله استفاده از وسایل برقی خاص و یا تقویه
 بیشتر می باشد همچنین در چنین شرایطی باید با استفاده از ابزار اندازه گیری میزان گازهای سی یا قابل انفجار
 شرایط تونل را دائماً مورد پایش قرار داد.

صراحت ملامت سیستم تهویه تونل در مرحله حفاری را می توان به شرح زیر تقسیم بندی کرد:

- انتخاب روش تهویه

- محاسبه مقدار هوای لازم

- محاسبه نشست هوا

- محاسبه افت فشار در طول تونل

- انتخاب باربزن ها

محاسبه مقدار هوای لازم : شدت جریان هوای لازم برای تهویه تونل براساس موارد زیر به طور جداگانه محاسبه می شود :

ب) هوای لازم برای برطرف کردن آلورلیمان حاصل از ماشین آلاتی که در تونل کار می کنند

ج) هوای لازم برای رقیق کردن گازهای حاصل از آتشباری

د) هوای لازم برای برطرف کردن گرما و بخار

ه) هوای لازم براساس حداقل سرعت هوا

میزان محاسبه شدت جریان هوای لازم برای موارد مختلف ، بزرگترین آنها برای تهویه انتخاب می شود

تصحیحات مختلف برای منریب اطمینان حجم اعمال می شود .

انتخاب لوله تهویه : برای تهویه جیبی کار تونل ، لوله تهویه تا حوالی جیبی کار نصب شده و بسته به

سیستم تهویه هوا به طرف جیبی کار رسیده یا از آن محل مکیده می شود . بدین معنی است هر قدر قطر لوله بیشتر باشد

قیمت آن زیادتر می شود و فضای بیشتری را اشغال می کند از طرفی هر چه قطر لوله بیشتر باشد افت فشار

در طول لوله بیشتر و فشار لازم برای به جریان انداختن هوا کمتر است . میزان نشست هوا نیز تابع جنس

لوله و انصالات است بدین ترتیب در مورد بایده لوله های مختلف را از نظر هزینه خرید و مصرف انرژی

معاينه كرد مناسب ترين را برزرد.

محاسبه نشست هوا : هر قدر در ساخت لوله هاى تقويه دقت شود مقدار نشست هوا از ميان درزهاى لوله به

خارج نشست خواهد كرد. محل اتصال قطعات مختلف لوله تقويه نيز از جمله نقاط ضعف آن است و به مقدار

قابل توجهى هوا را در مى رهد. در حالت كنس ميزان نشست هوا به عواملى نظير نوع اتصالات، قطر و

يا به عبارت ديگر محيط لوله، طول كريب از قطعات لوله و اختلاف فشار هوا بين داخل و خارج لوله بستى

دارد. با توجه به مطالب ياد شده، ابتدا ميزان نشست هوا در لوله را با توجه به مشخصات آن حساب مى كنند

و از جمع آن با نشست جريان لازم برابر تقويه جبهه خار، شد جريانى را كه بايستى از ابتدائى لوله عبور كنند به دست

مى آورند.

محاسبه افت در لوله هاى تقويه :

پس از انتخاب نوع لوله تقويه و تعيين نشست جريان مساوى كه بايد از آن عبور كنند، افت فشار بين دو

سركان را محاسبه مى كنند تا به كمك آن بار بزرگ مناسب انتخاب شود، افت كنس از مجموع افت اصطكاك و

افت در نقاط اتصالات تشكيل مى شود. در هر صورت راخا را بايد بطور جداگانه محاسبه كرد.

انتخاب بار بزرگ :

پس از تعيين نشست جريان و فشار كه بايد به وسيله بار بزرگ تأمين شود با توجه به مزايب اطمينان لازم،

آنها را تعيين مى كنند. اگر Q مقدار بخايسى نشست جريان و فشار باشد با مراجعه به منحنى هاى مربوطه

كه توسط كارخانه هاى سازنده بار بزرگ تعيين شده است به رافى مدل و نوع بار بزرگ مناسب انتخاب مى شود.

* از آنجا که مول لوله محتوی به از ریا دخول تونل افزایش می یابد در اسفوت آن شخصیات بارزین ثابت
بماند شد جریان ناشی از آن به مرور کم و حواله سانس مشکی می شود.

میران ایشم در تمام مراحل هوای کافی به وسیله بارزین به جریان افتد در شمار ذیل را می توان به کار برد:

الف) از ابتدای کار یک بارزین قوی در نظر گرفته شود بطوریکه در آخرین مراحل کار نیز قادر باشد حجم
صور نظر از هوا را به جریان اندازد عیب این روش آن است که در ابتدای کار به مول لوله محتوی کم است

شدت جریان و سرعت هوا زیاد است و تولید تردد عبا خواهد کرد همچنین مقداری انرژی در این روش بی مورد
تلف می شود.

ب) ممکن است بارزینی که بار میزنند زاویه تمایل میوه های آن و در نتیجه شدت جریان آن قابل تنظیم باشد
عیب این روش آن است که نوع بارزین قابل تنظیم با قدرتهای کوچک خدیر بران است.

ج) در این روش ابتدای بارزین کوچک ریس در مراحل مختلف بارزینهای با قدرتهای متفاوت جایگزین
می کنند این امر مستلزم داشتن بارزین هایی با قدرتهای مختلف است که می توان از نقاط مختلف این روش
دانست.

د) در این طریق که صد اولترین روش است ابتدا از یک بارزین استاندارد بهره و در مراحل بعد حوام با افزایش

طول لوله از دریا چند بارزین به حالت سری یا موازی استفاده می کنند. بران بلا برین خارج می توان

دریا چند بارزین را بطور سری بجم متصل نمود و بران افزایش رسی هوا باید بارزین ها را بصورت موازی
بجم متصل کرد.

حمل و نقل در تونل:

هریروز، تونل ساری که بی سیستم حمل و نقل سوار به داخل و خارج می تونل نیاز دارد:

سیستم پمپاژ و لوله / وسائل حمل و نقل / سیستم تهویه

① سیستم ریل و دان

- مزارا
- حداقل نیاز به مقبول
 - سازگاری با عبارت مختلف توان
 - عدم محدودیت با طول توان
 - سیستم حدایت ثابت (از نظر این در برهه و در ساین)

نیاز به توسعه تا نزدیک محل خفای

- معایب
- ثابت بودن محل عبور
 - ثابت بودن محل تفرقه
 - انفعال شدن کف توان
 - عدم ریت شیب اجرا
 - سرعت کم جابجایی

② وسایل جری الکسی

- سرعت بالا
- قدرت مانور بالا
- استندارد از چند ریل در صورت زیاده بودن عرض
- عدم تقطیع کار در صورت فرس

- محتوی قویتر
- منش کار در صورت خیس بودن کف توان
- سختی کار در توان های باریک

۳) سیستم سیم تقاله

ح - ظرفیت جابجایی سوار با در سرت
- نیاز به فضای آزار کم
- حمل سوار بصورت بیرون
- قابل انتقال به هر اندازه طول تونل

مزایا

معایب
- محدودیت در سوار اندازه سوار قابل حمل
- نیاز به توسعه تا محل مار
- نیاز به مراحلی خاص در صورت انحنای راستن تونل
- احتیاج به سیستم سازه پیوسته

انواع پوشش تونلها :

پوشش اولیه : حین حفاری یا بلافاصله بعد از حفاری

پوشش ثانویه (دائمی) بعد از اتمام حفاری

- بدون نیاز پوشش موقتی به حین خاک مقاومت کافی داشته باشد.

تأثیرات (بتن باشی)

تعدادی زمین باعث جبهه ریزش و زمین قهقلاط
حفاظت از سطح آسیب پذیر در برابر حفره ریزی
آب بندی و کنترل نشست

مردم سطح حفاری شده با شیوه سورا

تأثیرات با الیاف فولاد

افزایش شکر پذیر و بادیاری

تأثیرات با تورن فلز

بعد از اتمام بتن باشی شبکه فولاد داخل بتن صرفه من سورا که از خوردگی فولاد جلوگیری می شود.

بیج بند (سِل معمار)

مراحل نصب: حفز جال - تقیه معمار - تخریق درغاب یا زین - نصب صفحه سر معمار

با دوختن بخش خرورده به بخش سالم باعث بیداری تونل می شود

عمر رکشی دارند - باعث کیدار می سازد

- طبقه بندی زمین سید از نظر زمین شناسی و ژئوتکنیکی

الف) روش ~~تخریق~~ ترزاقی :

① بند کبر: بند سالم و بدون درزه درگز و شکستگی

② بند لایه لایه: بند بصورت لایه لایه

③ بند نسبتاً درزه دار: شامل درزه ها و ترک های موئی است ولی بگوچا با هم قفل و بست هم دارند.

④ سنگ های قطعه ای و رته ای: شامل بگوچا و خرورده سنگ ها که بطور کامل از هم جدا هستند و

قفل و بست مناسبی هم ندارند.

⑤ - سنگ های خرورده

⑥ سنگ های لخته: متشکل از ~~سنگ های~~ کانی های رسی بزرگ و ضعیف می باشد. (با ظرفیت تورم کم)

⑦ سنگ های تورم: متشکل از کانی های رسی متورم شونده مانند مونتموریلونیت

(ظرفیت تورم زیاده)

در این طبقه بندی از شماره ① به شماره ⑦ مقادیر بند در برابر تنش کاهش پیدا می کند.

ب) در بندی براساس شاخص کیفیت بند (RQD)

ابتدا در محل با صدمه به قطر حدوداً ۵۵ mm گمانه آنتشافی زده می شود پس با استفاده از رابطه زیر

شاخص RQD محاسب می گردد.

$$RQD = \frac{\text{جمع طول قطعات سالم با طول ۱۰ cm و بیشتر}}{\text{طول کل گمانه}} \times 100$$

طول کس سفزه ۲۰۰
cm

RQd را برای پائنه زمینی زیرجا بنائید.

مثال: شافض



$$L = 38 \text{ cm}$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \times 100 = 55\%$$

$$L = 17 \text{ cm}$$

$$L = \text{فاقد سفزه دای
بزرگتر از ۱۰ cm}$$

طبق جدول زیر جزئیات مناسب است.

$$L = 20$$

$$L = 35$$

$$L = 0$$

تقسیم بندی کیفیت شفا براس شافض RQD

کیفیت شفا	شافض RQD
خیلی ضعیف	کتر از ۲۵٪
ضعیف	۲۵ - ۵۰
مناسب	۵۰ - ۷۵
خوب	۷۵ - ۹۰
خیلی خوب	۹۰ - ۱۰۰

ج) درجه بندی براس اختار شفا (RSR)

به پارامتر { مربوط به وضعیت زمین شناسی
وضعیت هندسی درزه ها و امتداد تونل
وضعیت آبهای زیرزمینی

طبقه بندی توده سنگ به روش Q

$$Q = \left(\frac{R_{QD}}{J_n} \right) \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \left(\frac{J_w}{S.R.f} \right)$$

R_{QD} : شاخص کیفیت

J_n : عدد رستم درزه

J_r : عدد زبر درزه

J_a : عدد آبرسان درزه

J_w : ضریب کاهش آب درزه

$S.R.f$: ضریب کاهش تنش

طبقه بندی توده سنگ به روش RMR

$$R.M.R = R_s + R_{RQD} + R_{s.d} + R_{c.d} + R_w + R_{o.d}$$

$R_{R.Q.D}$: شاخص کیفیت استاز

R_s : مقاومت فشاری توده سنگ سالم

$R_{s.d}$: استاز مربوط به عوامل درزه ها

$R_{c.d}$: استاز مربوط به وضعیت رستم درزه ها

R_w : استاز مربوط به شرایط آب زیرزمین

$R_{o.d}$: استاز مربوط به استاز درزه ها

نیم رخ عرض تونل راه :

با توجه به اینکه توسعه تونل در مقایسه با راه های واقع در حواصا از ازار بسیار مشکل و ترکیب به غیر ممکن است
عجبت است به نکته اساسی زیر را از قبل مد نظر قرار دار.

۱- پیش بین فغان لازم جهت تأمین نیاز ترافیک آینده لا اقل ۲۰ سال پس از افتتاح تونل
این بدین معنی است که تونل باید طوری طراحی شود که حداقل ۲۰ سال آینده باشد و بدین
است که در آینده با زیاد شدن ترافیک می توان ضمن استعاره از تونل موجود تونل دیگری نیز احداث نمود
۲- احداث دو تونل مجزا بجای یک تونل بزرگ دارای امتیازات زیر است .

با احداث یک تونل در ابتدای تونل بصورت در طرفه استعاره نمود و با ساختن تونل دوم از هر تونل
می توان در یک جهت استعاره نمود

در آینده در هم می توان تونل سوم را ساخت و از سی از تونل ها برای یک جهت و از تونل دیگر برای
جهت مخالف ولی از تونل سوم (تونل وسط) برای عبور ترافیک استعاره نمود.

۳- پیش بین فغان مناسب برای روشنایی و تهویه تونل

* عرض معمولی خط های اصلی در داخل تونل برابر با عرض خط سیر راه است. شانه های تونل مانند راه

در طرفین خط های اصلی قرار می گیرد و بدون وجود اختلاف سطحی به آن متصل می گردد این شانه ها

خاصه تر لونه مانع است و برای جلوگیری از اثر دیوار کناری در خط عبور در نظر گرفته شده است.

* ورود و عبور بسیار به داخل تونل های بدون ترمز مجاز نیست و پیاده راه ها فقط برای استعاره
سواران مجز برای وسایلی که در این نقد استناد جایز فرایند است احداث می شود

* در تعیین عامله دید توقف به منظور طراحی مسیر توپ ها چند نکته زیر مدنظر قرار می گیرد

- دور و سایر تعلیم باعث کاهش ریسک شود

- لغزنده بودن سطح راه باعث کاهش قدرت ترمز می شود

- شیب های خیلی کم، سایر اجزای رستخوار را از نظر حدایت رستخاه های هموار یا

انطباق قابلهای طاقی شکل مطرح می سازد به این دلیل پیشنهاد می شود تردد شیب های بالاتر

از ۵ متر در نظر گرفته شود