



Namatek
True Education

Tunnel Excavation

حفاری تونل

www.namatek.com

فهرست مطالب

۱. حفاری تونل چیست؟
۲. انواع تونل
۳. انواع روش های حفاری تونل
۴. دستگاه ها و تجهیزات مورد نیاز در حفاری تونل
۵. چالش های حفاری تونل

تونل، سازه ای زیرزمینی است که از میان توده ای خاک یا سنگ ساخته می شود. به طور معمول طول تونل ها بیشتر از عرض آن ها است و به گونه ای طراحی می شوند که بتوانند در برابر نیروهایی که از اطراف به آن ها وارد می شود، مقاومت کنند.

حفاری تونل، بیشتر در معادن، خدمات عمومی و حمل و نقل جاده ای استفاده می شود. تونل ها، سازه های پیچیده ای هستند و باید حفاری آن ها به صورتی انجام شود که قادر به تحمل بارهای اعمال شده توسط وزن توده خاک و همچنین تحمل بارهایی که با قابلیت های سرویس دهی مرتبط هستند، باشند. علاوه بر این، به منظور بررسی خواص مواد حفاری شده، شناسایی گسل ها و تعیین شرایط آب های زیرزمینی باید ارزیابی های دقیقی صورت گیرد. در این مقاله به بررسی حفاری تونل، انواع تونل، انواع روش های حفاری تونل، تجهیزات مورد نیاز به منظور حفاری تونل، چالش ها و عوامل مؤثر بر حفاری تونل می پردازیم.

حفاری تونل چیست؟



حفاری تونل، یک فرآیند پیچیده است که به تجهیزات تخصصی، تکنیک ها و کارگران ماهر نیاز دارد و شامل حذف خاک یا توده سنگی از مکان اولیه

آن ها به منظور ایجاد گذرگاه های زیرزمینی است. هر تکنیکی که در حفاری تونل استفاده می شود، مزایا و معایب خود را دارد و انتخاب نوع تکنیک به شرایط زمین و عمق آن بستگی دارد.

فرآیند حفاری تونل نیاز به برنامه ریزی های دقیق و اجرایی بی نقص دارد تا این اطمینان به دست آید که تونل ایمن، پایدار و کارآمد است.

عوامل مؤثر بر حفاری تونل

عوامل متعددی می توانند بر روند حفاری تونل تأثیرگذار باشند.

از جمله آن ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **زمین شناسی:** نوع سنگ یا خاکی که در حال حفاری است، می تواند بر روش حفاری، سرعت آن و همچنین ایمنی کارگران تأثیر گذارد.
 - **آب:** وجود آب ممکن است در حین حفاری، چالش های زیاد و مهمی ایجاد کند؛ زیرا می تواند سبب به وجود آمدن ناپایداری، ایجاد سیل و فرسایش شود.
 - **دسترسی:** موقعیت تونل و نقاط دسترسی می تواند بر روش حفاری و تجهیزاتی که مورد نیاز خواهند بود، اثرگذار باشد.
 - **عوامل محیطی:** عواملی که در محیط وجود دارد، می تواند حیات وحش و جوامعی که در اطراف تونل هستند را تحت تأثیر قرار دهد.
- این عوامل عبارت اند از:

◦ سر و صدا

◦ گرد و غبار

◦ ارتعاش

تکنیک ساخت تونل



تکنیک های ساخت تونل به صورت زیر هستند.

1) روش برش و پوشش

این تکنیک در تونل های کم عمق استفاده می شود و ابتدا توده خاک یا سنگ حفاری می شود.

2) جعبه جک دار

این تونل ها، دسته خاصی از تونل های کم عمق هستند که معمولاً در مکان هایی استفاده می شوند که زمین قابل حفاری نباشد. طول آن ها نسبتاً کوچک است. در این تکنیک، یک سازه مستطیلی از پیش ساخته با استفاده از جک های هیدرولیک از میان توده خاک وارد می شود. پس از آن، توده خاکی که درون تونل است، حفاری می شود و زمین خارج از تونل دست نخورده، باقی می ماند. این تکنیک از لوله جک الهام گرفته است.

3) روش بورینگ (Bored)

تونل داخل زمین و با استفاده از تکنیک های حفاری زیر ایجاد می شوند:

۱. انفجار

۲. بیل های مکانیکی

۳. حفاری مکانیزه با استفاده از ماشین های حفاری تونل (TBM- Tunnel Boring Machine)

در یک تونل حفاری و به منظور جلوگیری از جا به جایی ها یا خرابی های زیاد استفاده می شود و نوع پشتیبانی صورت گرفته به شرایط زمین و نیازهای پروژه بستگی خواهد داشت.

انواع تونل

انواع تونل ها بر اساس موارد زیر دسته بندی می شوند که برای حفاری هر کدام نیاز به روش ها و ابزارهای متفاوتی است.

- هدف
- شکل
- تراز
- مواد
- ترتیبات پشتیبانی

انواع روش های حفاری تونل

انتخاب روش حفاری تونل به عوامل مختلفی بستگی دارد؛ به عنوان مثال:

- طول مسیر
- ماهیت توده سنگ
- شرایط اقتصادی و بودجه
- دوره ساخت برنامه ریزی شده
- نوع ماشین حفاری

در ادامه به بررسی انواع روش های حفاری تونل می پردازیم.

استفاده از غول های تکنولوژی در هارد راک



در این روش از آسیاب های متحرک و الکترونیکی در کوهستان استفاده می کنند که سنگ ها را با استفاده از سر حفاری چرخان سوراخ می کنند، خرابی ها را از بین می برند و بسته به نوع ساخت، تونل های حفاری شده را با شاتکریت، پیچ های سنگی و مش سیمی یا پیش ساخته محکم می کنند.

حفاری با مته و انفجار



گودبرداری متعارف با استفاده از شاتکریت، یک روش بسیار انعطاف پذیر برای خاکبرداری است. این روش برای شرایط سخت و متفاوتی که در زمین های مختلف وجود دارد، مناسب است و در اندازه های مختلف و هندسه های مقطعی پیچیده بسیار کاربردی است. مراحل حفاری و انفجار از قبل برنامه ریزی و پیش بینی می شود.

ابتدا سوراخ های انفجاری حفر شده، سپس مواد منفجره در آن قرار گرفته و در نهایت، انفجار صورت می گیرد. هنگامی که شکاف ایجاد شد، طی فرآیندی به نام مکش، پشتیبانی از تونل به صورت زیر اعمال خواهد شد:

• شاتکریت

• لنگرها

• قوس های مشبک

• تشک های تقویتی

پس از اتمام چرخه انفجار، فرآیند دوباره شروع می شود. در طول ساخت تونل، انفجار در تونل بسته به ترکیبات زمین شناسی محل، هر ۳ تا ۶ ساعت یکبار انجام می شود.

روش حفاری متوالی



روش حفاری متوالی که با نام تونل زنی اتریشی نیز شناخته می شود، روشی است که در آن حفاری و انفجار را با اقدامات پشتیبانی زمینی ترکیب می کنند و به صورت همزمان انجام می دهند. در این روش، به حفاری بخش های کوچک تونل در یک زمان پرداخته می شود و در عین حال اقدامات و پشتیبانی هایی را به منظور جلوگیری از ریزش تونل انجام می دهند. این روش به مهندسین کمک می کند تا بر رفتار زمین در این روش حفاری و انفجار از نزدیک نظارت کنند، رویکرد خود را بر اساس آن تنظیم کنند و از وجود پایداری در طول فرآیند ساخت و ساز مطمئن شوند.

انجماد زمین



در شرایط خاصی که حفاری تونل در خاکی که دارای آب است یا زمین هایی که ناپایدار هستند، ضروری است، می توان از روش انجماد زمین به منظور حفاری تونل استفاده کرد. این روش شامل تزریق یک ماده مبرد به داخل زمین به منظور یخ زدن خاک اطراف زمین و ایجاد یک دیوار یخی موقت است. پس از تکمیل تونل، ماده مبرد از آن خارج می شود و اجازه می دهد تا زمین به حالت طبیعی خود بازگردد و یخ حاصله ذوب شود. این روش حفاری تونل را در پروژه هایی مانند تونل های زیر آب و همچنین عملیات معدن کاری عمیق استفاده می کنند.

حفاری تونل با کنترل از راه دور

حفاری تونل با کنترل از راه دور، روشی است که در آن از تجهیزات خاصی استفاده می شود. در این روش نیازی به حضور کارگر نیست. این تجهیزات از راه دور کار می کنند و احتمال بروز خطر و مشکلات را کمتر می کنند.

همچنین سبب افزایش کارایی و سطح بهره‌وری خواهند شد. از این روش معمولاً در محیط‌های خطرناک مانند معادن و سایت‌های ذخیره‌سازی زباله‌های هسته‌ای استفاده می‌شود.

حفاری آبی

یکی دیگر از روش‌های حفاری تونل است که از جت‌های آب پرفشار به منظور شکستن خاک و سنگ استفاده می‌کنند و سپس توسط سیستم خلأ حذف خواهند شد. این روش برای پروژه‌هایی که نیاز به حفاری دقیق دارند، مانند تونل‌های تأسیساتی یا خطوط لوله مناسب هستند.

حفاری آبی یا هیدرولیکی با محیط زیست سازگارتر است و ایمنی بیشتری برای آن به همراه دارد؛ زیرا گرد و غبار و آلودگی کمتری در محیط ایجاد می‌کند.

دستگاه‌ها و تجهیزات مورد نیاز در حفاری تونل



همانگونه که گفته شد، روش ساخت هر تونل به عوامل متعددی بستگی دارد. تونل و مدیریت ریسک در ساخت آن، مجموعه از ساخت و سازهای زیرزمینی است.

بنابراین انتخاب تجهیزات مناسب بسیار مهم است. در ادامه با برخی از تجهیزات مورد استفاده در ساخت و ساز و حفاری تونل آشنا خواهیم شد. این تجهیزات عبارت اند از:

۱. **رود هدر (Roadheader):** برای حفاری سنگ بستر و خاک
۲. **دریل جامبو (Drill Jumbo):** برای حفر چاله های کوچک در سنگ های سخت
۳. **ماشین شاتکریت (Shotcreting Machine):** برای پاشیدن بتن روی دیواره های تونل
۴. **استیل ساپورت ارکتور (Steel Support Erector):** برای نصب تکیه گاه فولادی به منظور تقویت تونل حفاری شده
۵. **بریکر (Breaker):** به منظور خرد کردن سنگ و بتن
۶. **لودر (Loader):** برای قرار دادن سنگ های حفاری شده روی کامیون کمپرسی یا در سنگ شکن
۷. **تونل لینیگ (Tunnel Lining Form):** قالبی برای ریختن بتن روی دیواره های تونل
۸. **کامیون کمپرسی سنگین (Heavy Dump Truck):** برای حمل سنگ های حفاری شده به خارج از تونل
۹. **نوار نقاله پیوسته (Continuous Belt Conveyor):** به منظور حمل سنگ های حفاری شده به خارج از تونل حفاری

۱۰. سنگ شکن (Crusher): به منظور خرد کردن سنگ های حفاری شده

برای حمل و نقل آسان تر

۱۱. بچ پلنت (Batch Plant): تأسیساتی برای مخلوط کردن سنگ،

سیمان و آب

۱۲. تأسیسات تصفیه آب: به منظور تبدیل آب گل آلود به آب تمیز در محل

ساخت و ساز

۱۳. در ضد صدا (Soundproof Door): در فولادی به منظور

جلوگیری از خروج صدا به خارج از تونل

۱۴. خط تهویه (Ventilation Line): به منظور ارسال هوای تازه به داخل

تونل

۱۵. فن تهویه (Ventilation Fan): به منظور ورود هوای تازه بیرون به

داخل تونل

۱۶. گردگیر یا اسکرابر (Dust Collector or Scrubber): به منظور جمع

آوری و حذف گرد و غبار

چالش های حفاری تونل



- حفاری تونل یک فرآیند پیچیده است که ممکن است برخی چالش ها را نیز به همراه داشته باشد که از جمله آن ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- **ناپایداری زمین:** فرآیند حفاری تونل می تواند سنگ یا خاک اطراف تونل را بی ثبات کند، باعث ریزش شود یا سایر خطرات ایمنی را به دنبال داشته باشد.
 - **نفوذ آب:** آب می تواند به داخل تونل نفوذ کند و سبب ایجاد سیل و فرسایش در زمین شود.
 - **خرابی تجهیزات:** تجهیزات و ماشین آلاتی که در گودبردای ها استفاده می شوند، می توانند خراب شوند و باعث تأخیر در انجام کارها و همچنین افزایش هزینه های کار شوند.
 - **نگرانی های زیست محیطی:** حفاری تونل می تواند سبب ایجاد صدا، گرد و غبار و سایر اثرات زیست محیطی شود که باید به شیوه ای مناسب، مدیریت شوند.