

# اصول مهندسی تونل

جلسه ششم  
حفر تونل با روش های روباز

***Principles of Tunnel Engineering***

# حفر تونل با روش روباز

این روش حفر تونل مبتنی بر احداث ترانشه روباز از سطح زمین است:

۱- روش کند و پوش

۲- روش پوش و کند

۳- روش لوله رانی

عموماً برای احداث تونل های یا سطح مقطع کوچک و در اعماق کم از این روش ها استفاده می شود.

# حفر تونل با روش های روباز

هر وقت که امکان داشته باشد، ترانشه ای از سطح زمین حفر می کنند به گونه ای که کف ترانشه در تراز کف تونل قرار گیرد. سپس تاسیسات مورد نظر را نصب کرده، با مصالح مناسب نگهداری و دیوار سازی کرده و روی آن را تا سطح اولیه زمین خاکریزی می کنند. از این روش در احداث خطوط لوله مثل فاضلاب و تونل های ترافیکی و مترو ها استفاده میشود.





# حفر تونل با روش های روباز



# ویژگی های روش های روباز حفر تونل

□ این روش برای ساخت تونل های کم عمق عملی است.

□ ارزان تر و سریع تر از حفاری زیر زمینی است.

□ در مقایسه با سایر روش های ساخت و ساز زیرزمینی، ریسک کمتری دارد و از ایمنی بالاتری برخوردار است.

□ البته این روش در مواردی امکان پذیر است که در محل مورد نظر سازه های سطحی (ساختمان ها یا اماکن باستانی) یا زیرساخت ها و یا تاسیسات شهری (شبکه آب، برق، گاز و...) وجود نداشته باشد. زیرا ضرورت جابجایی این شبکه ها سبب می شود که هزینه ها بیشتر شده و سرعت کار نیز کمتر شود.

□ از آنجایی که تونل های مترو عموماً در اعماق کم احداث می شوند، همواره این بحث وجود دارد که کدام یک از دو روش کند و پوش یا حفاری زیر زمینی مناسب تر است و گاهی ترکیبی از این دو روش اتخاذ می شود.

# Cut & Cover و Cover & Cut

در این روش تونل ممکن است به دوشکل ساخته شود.

## ۱- کند و پوش (Cut and Cover)

در این روش ساخت تونل از پایین به بالا اجرا می شود. عملیات حفاری از سطح زمین اجرا شده، دیواره های مقطع تقویت شده و تونل طی این حفاری ساخته می شود. تونل ممکن است به صورت بتن ریزی درجا و یا بلوک بتنی پیش ساخته اجرا شود. در ادامه محل حفاری، خاک ریزی شده و در آخر سطح زمین باز ترمیم می شود. مزیت اصلی این روش دسترسی بهتر به محیط اطراف است ولی این نکته را هم باید در نظر داشت که بازسازی سطح زمین دیرتر انجام می پذیرد.

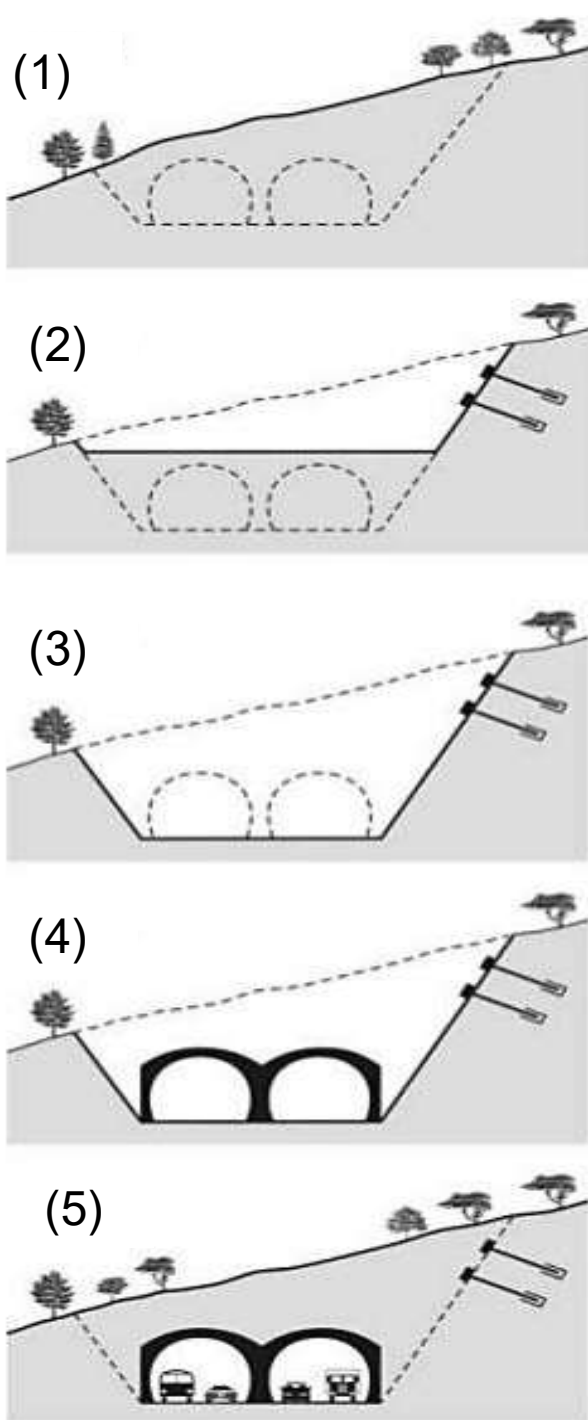
## ۲- پوش و کند (Cover and Cut)

در این روش، ساخت تونل از بالا به پایین اجرا می شود. از سطح زمین دیوارهای تکیه گاهی و تیرهای کلاهی ساخته میشوند. در مرحله بعدی سقف تونل از طریق حفاری کم عمق نزدیک به سطح زمین اجرا می شود. دهانه های دسترس در سقف قرار داده میشوند و در این مرحله میتوان بقیه سطح زمین را باز سازی کرد. ساخت و ساز باقی مانده از زیر این سقف و از طریق دهانه های موجود و یا دسترسی های جانبی اجرا می شود. به این دلیل که میتوان سطح زمین را خیلی زود ترمیم کرد، اختلال های شهری در این روش به حداقل میرسد. در عین حال محدودیت هایی در دسترسی و شرایط کاری وجود دارد.



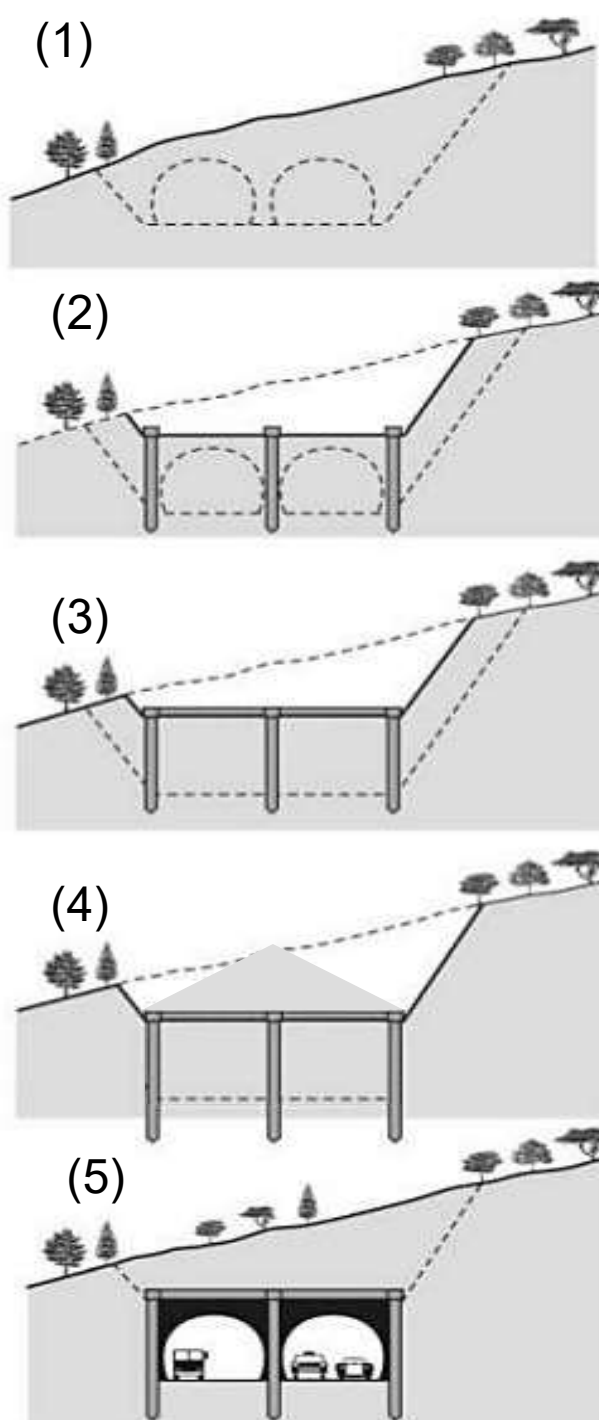
# Cut & Cover

Down-Top



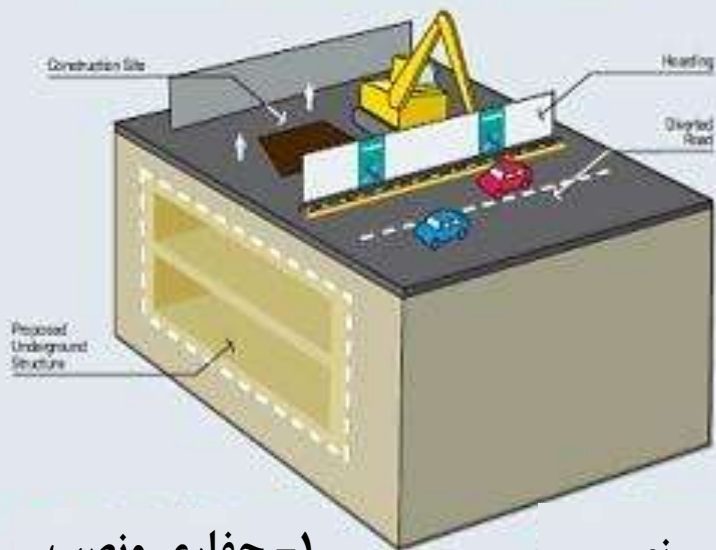
# Cover & Cut

Top-Down

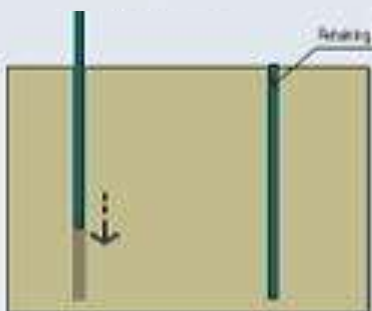


# Down-Top or Cut& Cover

## اجرا از پایین به بالا

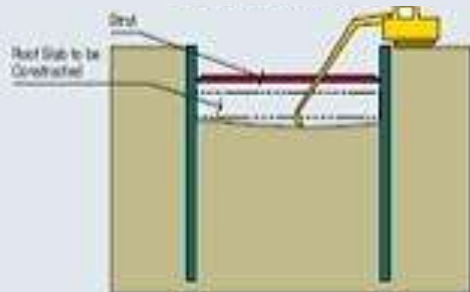


### ۱- حفاری و نصب دیوارهای حائل



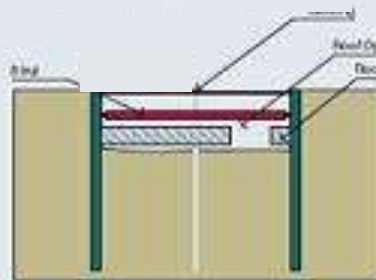
دیوارهای حائل که عموماً از نوع دیوار دیافراگم بتنی هستند قبل از شروع حفاری تونل در محل اجرا می شوند.

### ۲- حفاری و نصب تیر فولادی



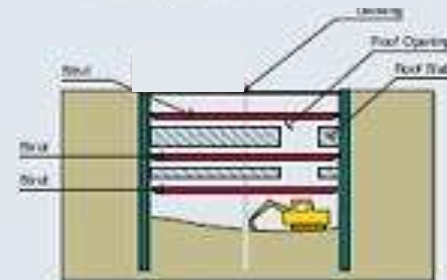
پس از نصب تیر فولادی حفاری تا موقعیت سقف تونل ادامه می یابد. تیر فولادی به منظور نگهداری دیوار حائل و پایداری دیواره های جانبی نصب شده است.

### ۳- حفاری و اجرای سازه زیر زمینی



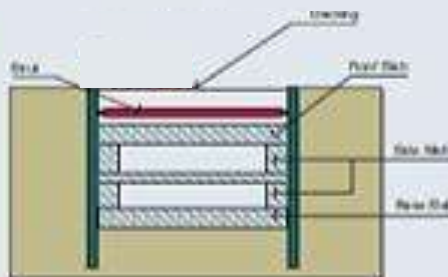
در این مرحله سقف تونل با حفظ یک قسمت جهت دسترسی به پایین اجرا شده و به خوبی پایداری دیوارهای جانبی را تامین می کند.

### ۴- ادامه حفاری و اجرای سازه زیر زمینی



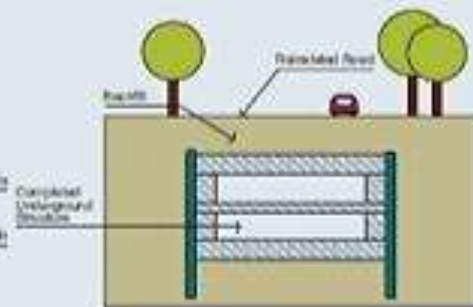
مقاطع بعدی به همین ترتیب اجرا شده و مجدداً تیر های فولادی جهت پایدار سازی دیوار جانبی نصب می شوند.

### ۵- ادامه حفاری و اجرای سازه زیر زمینی



پس از پایان حفاری و حذف تیرهای فولادی میانی، کف و دیواره های تونل از پایین به بالا احداث می شوند.

### ۶- پر کردن محل حفاری شده و بازسازی زمین

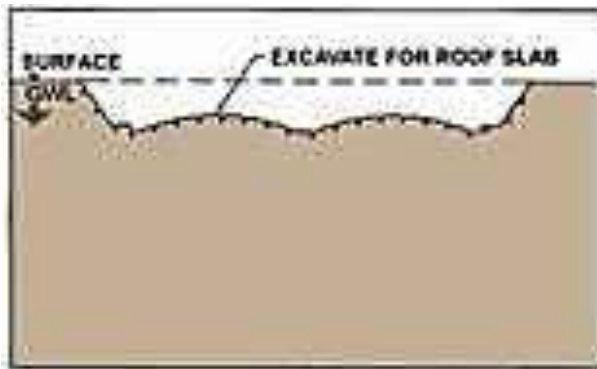


پس از پایان حفاری و ساخت تونل، تا زیر سطح تیر فولادی با مصالح حفاری پر می شود و سپس تیر برداشته می شود. در ادامه تا سطح زمین پر شده و بازسازی می شود.

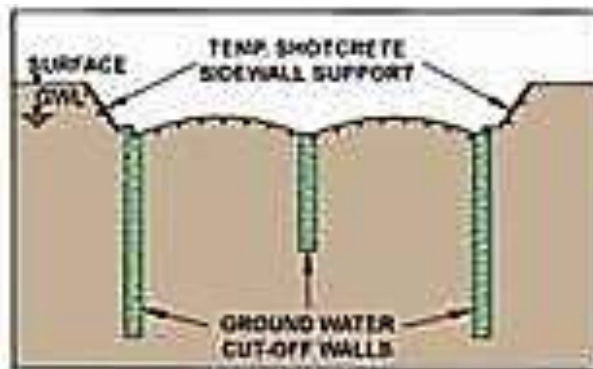




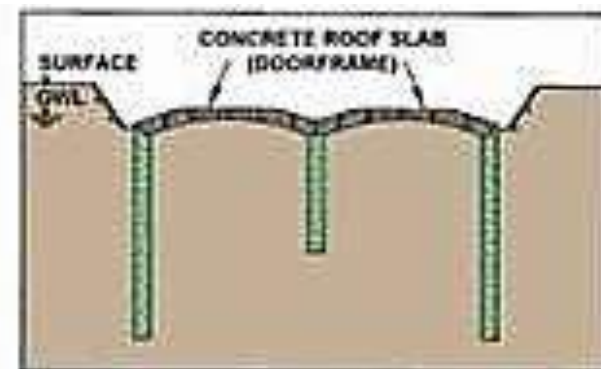
# Top-Down or Cover & Cut



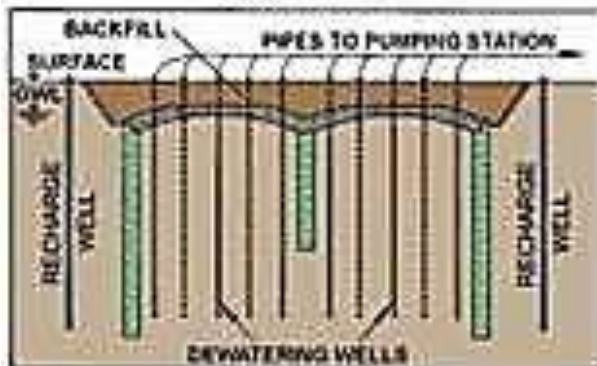
STEP 1



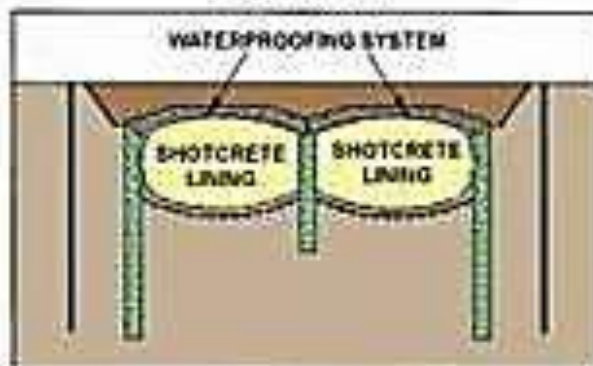
STEP 2



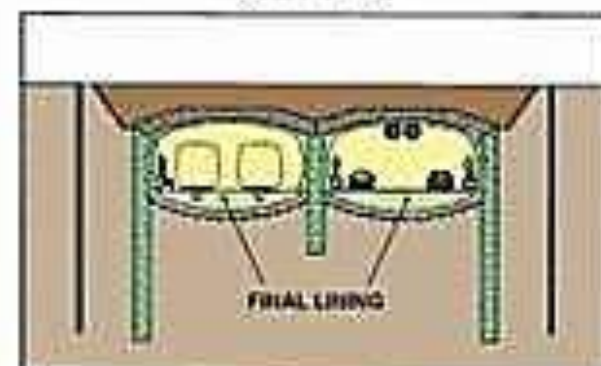
STEP 3



STEP 4



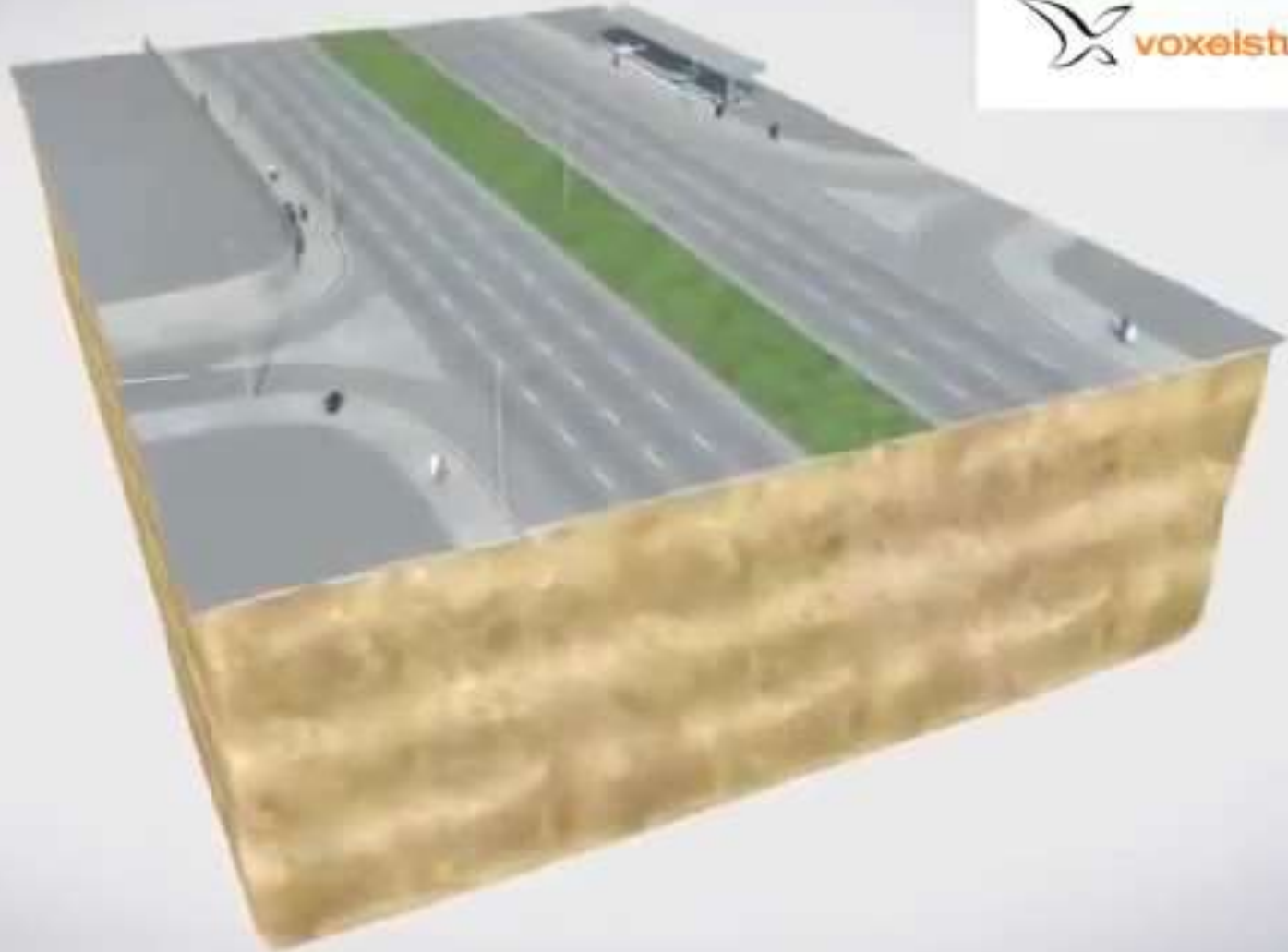
STEP 5



STEP 6

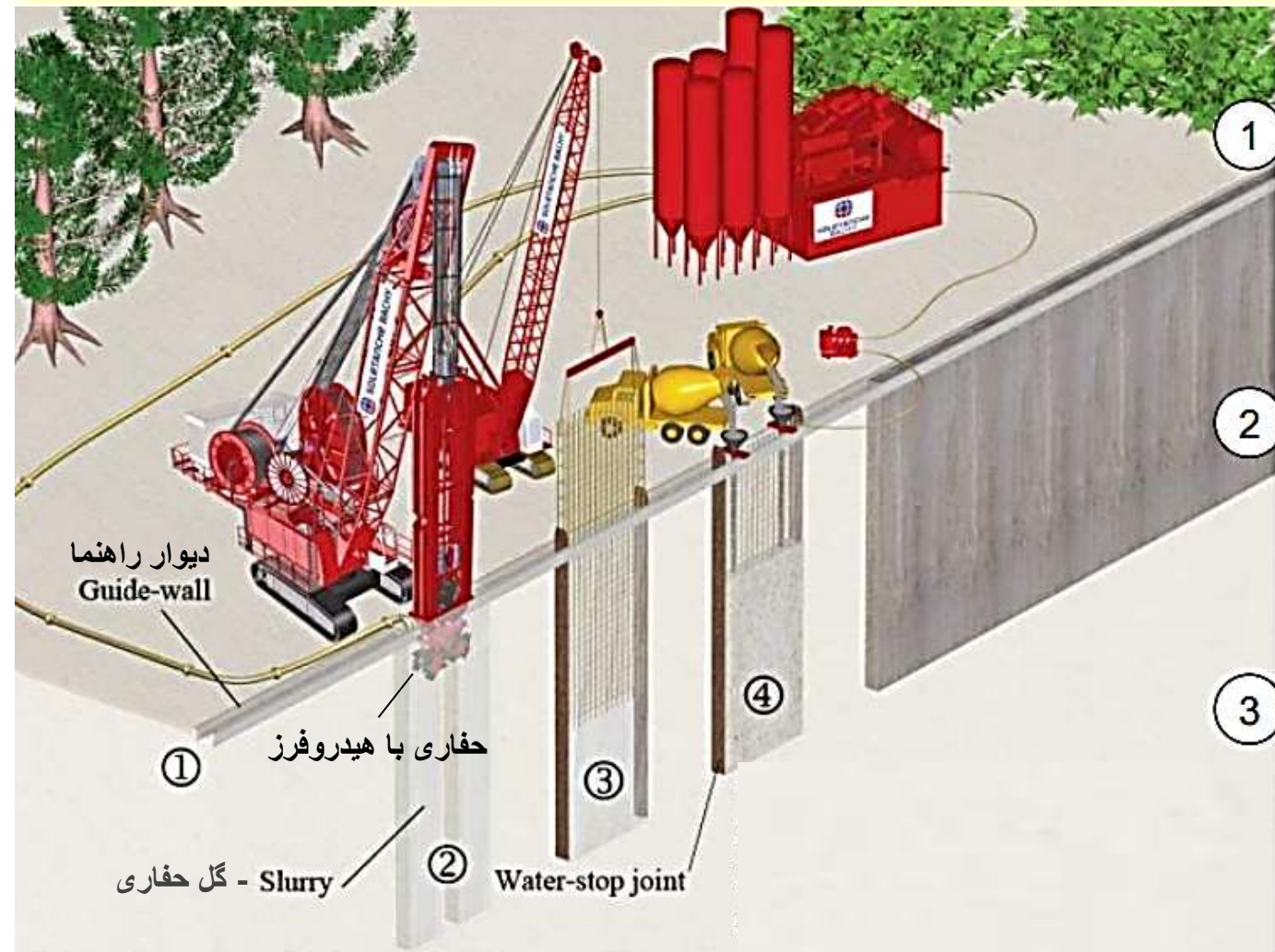
- ۱- حفر ترانشه جهت نصب نگهداری سقف
- ۲- نگهداری دیوارهای جانبی و اجرای دیوارهای حائل
- ۳- اجرای سقف تونل
- ۴- پر کردن ترانشه بازسازی زمین
- ۵- حفاری تونل از طریق دسترسی های جانبی و نصب سیستم آب بندی
- ۶- بستن کف تونل و اجرای تاسیسات داخل تونل







# دیوار حائل بتنی (Concrete Diaphragm Wall)



- ۱- حفر دیوار راهنما
- ۲- حفاری محل احداث دیوار
- ۳- نصب قفس (شبكة آرماتور) و نصب واتر استاپ (Water stop)
- ۴- بتن ریزی درجا

4



# دستگاه حفار هیدروفرز (hydrofraise)



# دستگاه حفار هیدروفرز (hydrofraise)

## احداث پرده آب بند





# موارد کاربرد روش کند و پوش

- ۱- احداث تونل جهت عبور از زیر رودخانه
- ۲- انتقال جاده های کوهستانی به تونل ها جهت جلوگیری از خطر ریزش کوه
- ۳- احداث ایستگاه های مترو
- ۴- احداث اماکن تجاری یا امنیتی در زیر زمین
- ۵- محدودیت دسترسی به اعماق زیاد و اجرای تونل در عمق کم

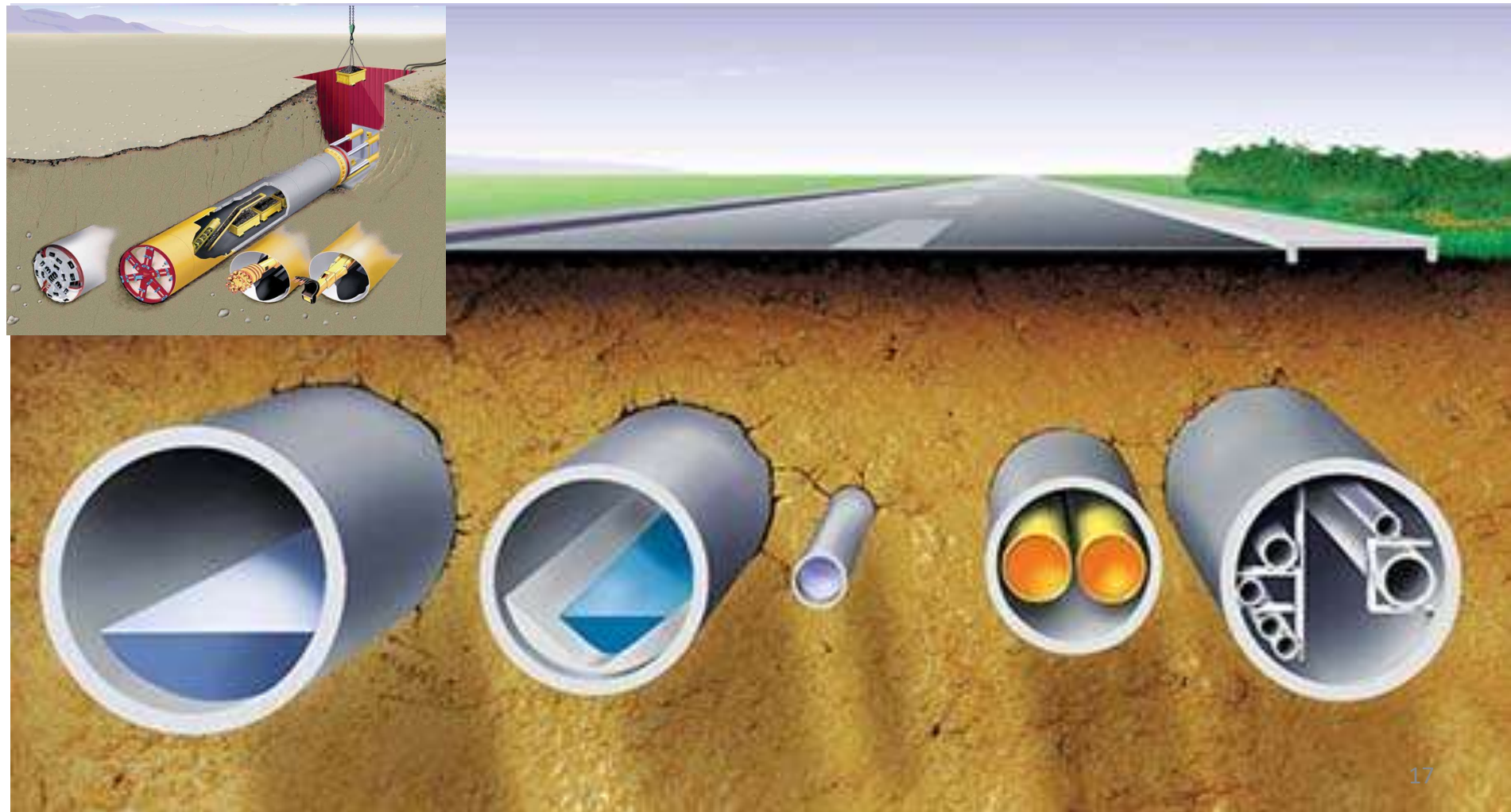
# انیمیشن اجرای بخشی از تونل امیرکبیر

TECHNOFLICKS  
پویانگار طوع  
www.Pooyanegar.ir  
+98 21 88379248-49



# روش لوله رانی pipejacking & micro-tunneling

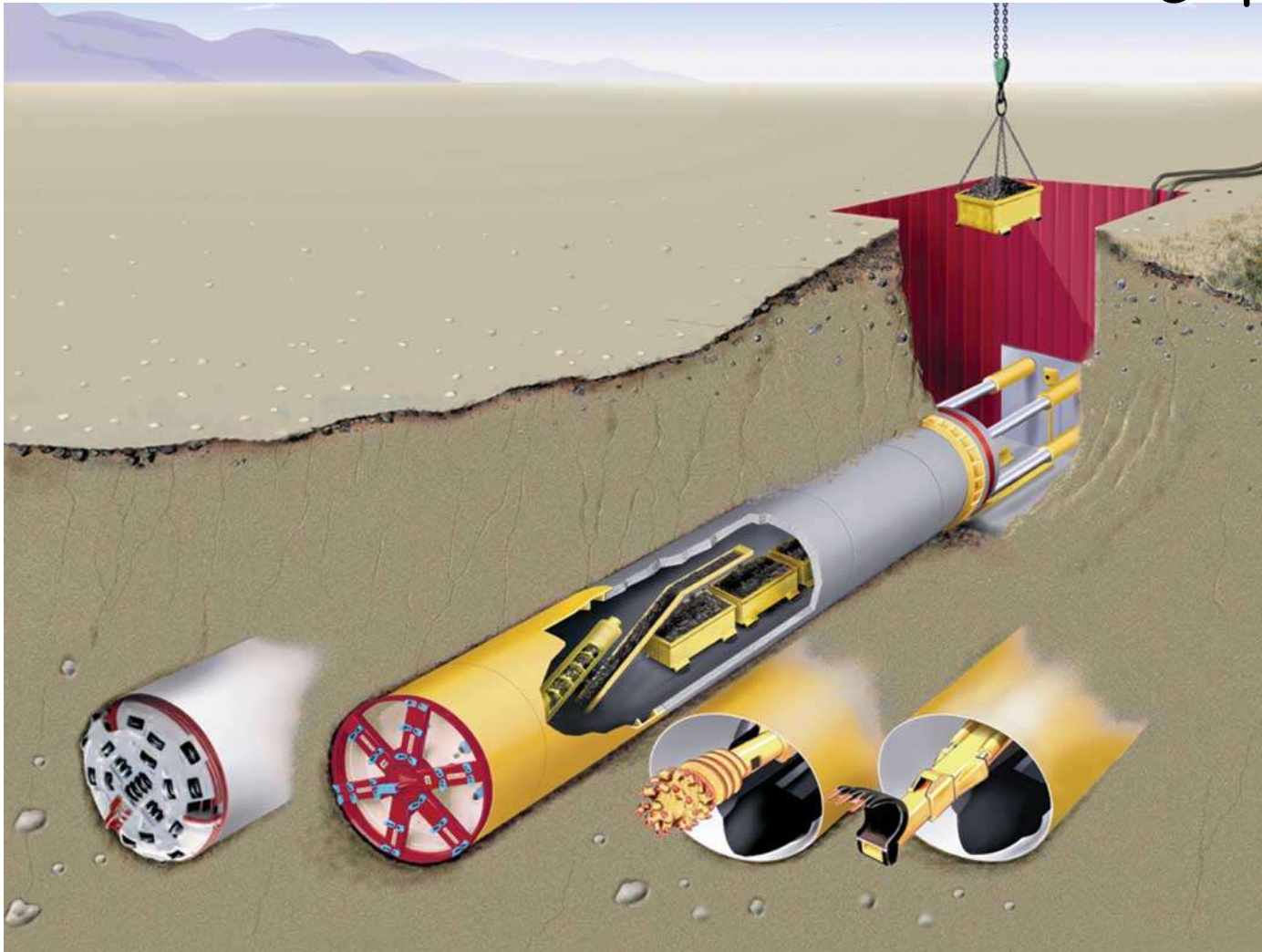
در حفر تونل های کوچک مقطع استفاده از روش لوله رانی، جایگزینی برای روش کند و پوش است.





# روش لوله رانی pipejacking & micro-tunneling

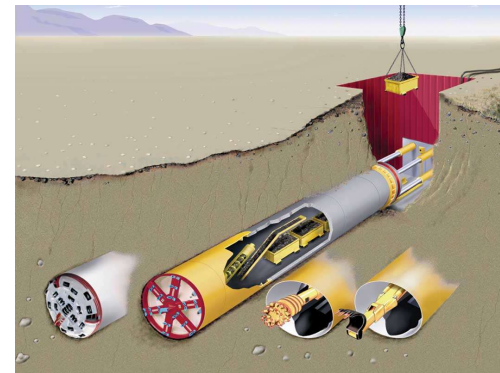
در روش لوله رانی، حفر سینه کار تونل هم به صورت مکانیزه و هم به صورت دستی انجام می شود.



# روش لوله رانی pipejacking & micro-tunneling

این روش در مناطق شهری و پرتراکم بسیار پر کاربرد است. روش لوله رانی نسبت به روش های مبتنی بر احداث ترانشه سطحی دارای مزایایی است که عبارتند از:

- هزینه بازسازی و ترمیم زمین حذف می شود.
- سریعتر از روش های تونل زنی روباز است.
- عبور از زیر تاسیسات و شبکه های زیر ساختی در شهرها
- عبور از زیر رودخانه
- عبور از زیر سازه های مهم شهری
- عدم بروز اختلال در ترافیک شهری
- کمترین دستکاری و بروز آسیب در محیط زیست
- حداقل وقوع نشست در سطح زمین و ایمنی بالا
- ایجاد انحنای، حفظ امتداد و شیب بسیار دشوار است







# شفت آبگیر سد یامچی اردبیل



# حفر تونل آبگیر سد یامچی اردبیل با روش لوله رانی



# سینه کار تونل آبگیر سد یامچی اردبیل





# تشکر فراوان از بذل توجه شما

