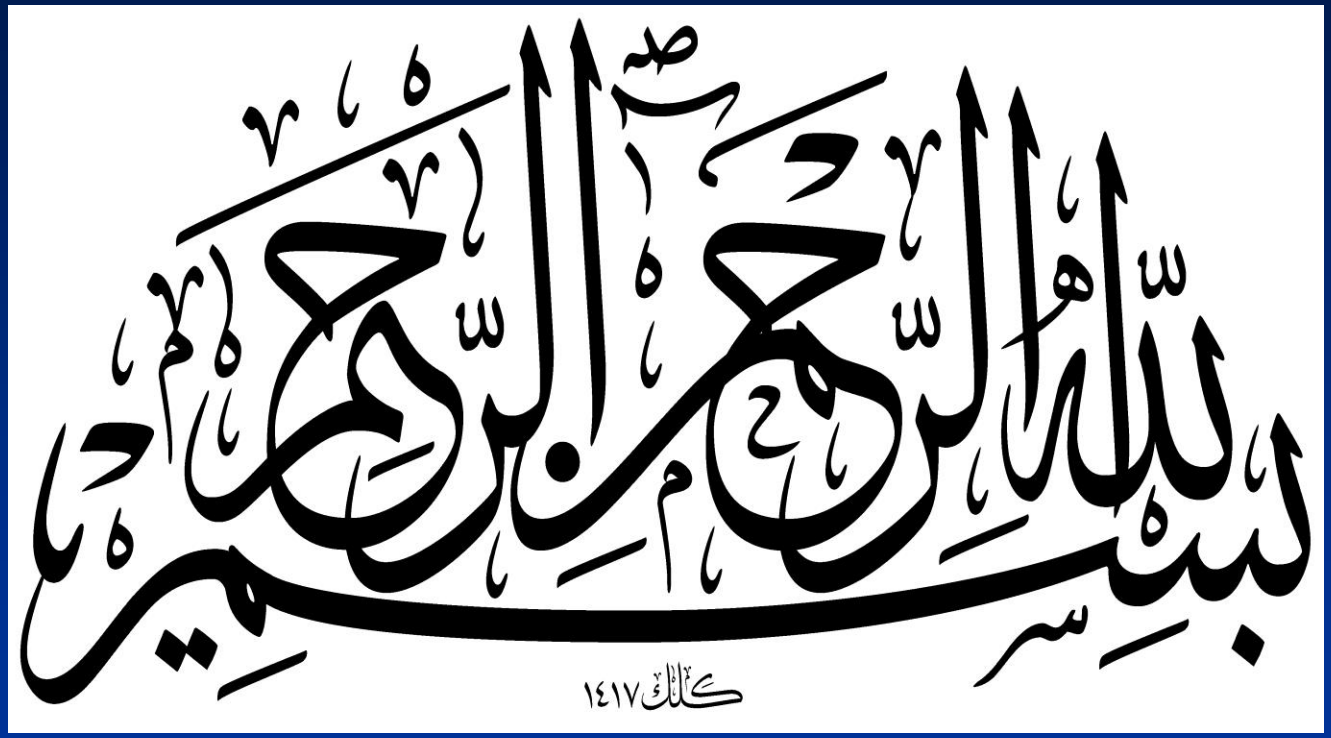

بسم الله الرحمن الرحيم
كلك ١٤١٧

استفاده از سیستم سنگ دوزهای تزریقی در بهسازی توده سنگ در تونل ها

پژوهش و نگارش:

سید قاسم احسانی

کارشناس ارشد عمران ژئوتکنیک

Ghasem.ehsani@yahoo.com

فهرست

- مقدمه و تعاریف
- وضعیت توده سنگ اطراف تونل قبل و پس از حفاری
- انواع سیستم های سنگ دوز کردن
- مراحل اجرائی سنگ دوزهای تزریقی
- گسیختگی سیستم سنگ دوزهای تزریقی
- طراحی سنگ دوزهای تزریقی
- مثال کاربردی

مقدمه

یکی از وسایل وامکانات جدید که دررشته عمران و راه سازی مورد استفاده قرار می گیرد و درنوع خود کم نظیر و شاید بی نظیر است استفاده از راک بولت (سنگ دوز) که در واقع همان بولت ها و میلگردهای مخصوص اتصال واستحکام مابین سنگ و سازه یا مصالح می باشند است
ویا همین کار را بین خاک وسازه و یا استحکام آن انجام می دهند که دراین صورت به این نوع از میلگرد و بولت ، انکر گفته می شود یا همان انکر بولتها ونیز صفحات اتصالی آنها نیل سویل **nail soil** می باشند

((مقدمه))

- هدف از تقویت و بهسازی توده سنگ

- **تحریک مقاومت ذاتی توده سنگ**
  - افزایش مدول تغییر شکل پذیری سنگ
  - افزایش خصوصیات مقاومتی از طریق تقویت بافت درونی توده سنگ

- **تسلیح توده سنگ**

- از بهترین و کارا ترین روشهای تقویت توده های سنگی در حفاریهای معدنی و بویژه عملیات حفر تونل ، مسلح کردن توده سنگ میباشد

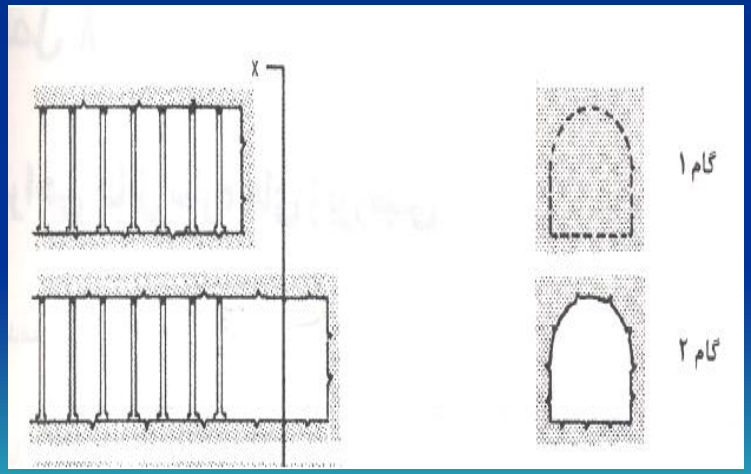
اثر مسلح کردن توده سنگ
- به هم بافتن توده سنگ شکسته و جلوگیری از جدایی بلوک های منفرد
- بهبود پارامترهای مقاومتی توده سنگ شکسته

وضعیت توده سنگ اطراف تونل قبل و پس از حفاری

- **حفاری**

گام اول ← برقراری وضعیت تنش های اولیه

گام دوم ← توزیع مجدد تنش ها برای رسیدن به یک حالت تعادل ثانویه



- **اجرای سیستم نگهداری و انواع آن**
  - سیستم های حائل
  - سیستم های مسلح کننده

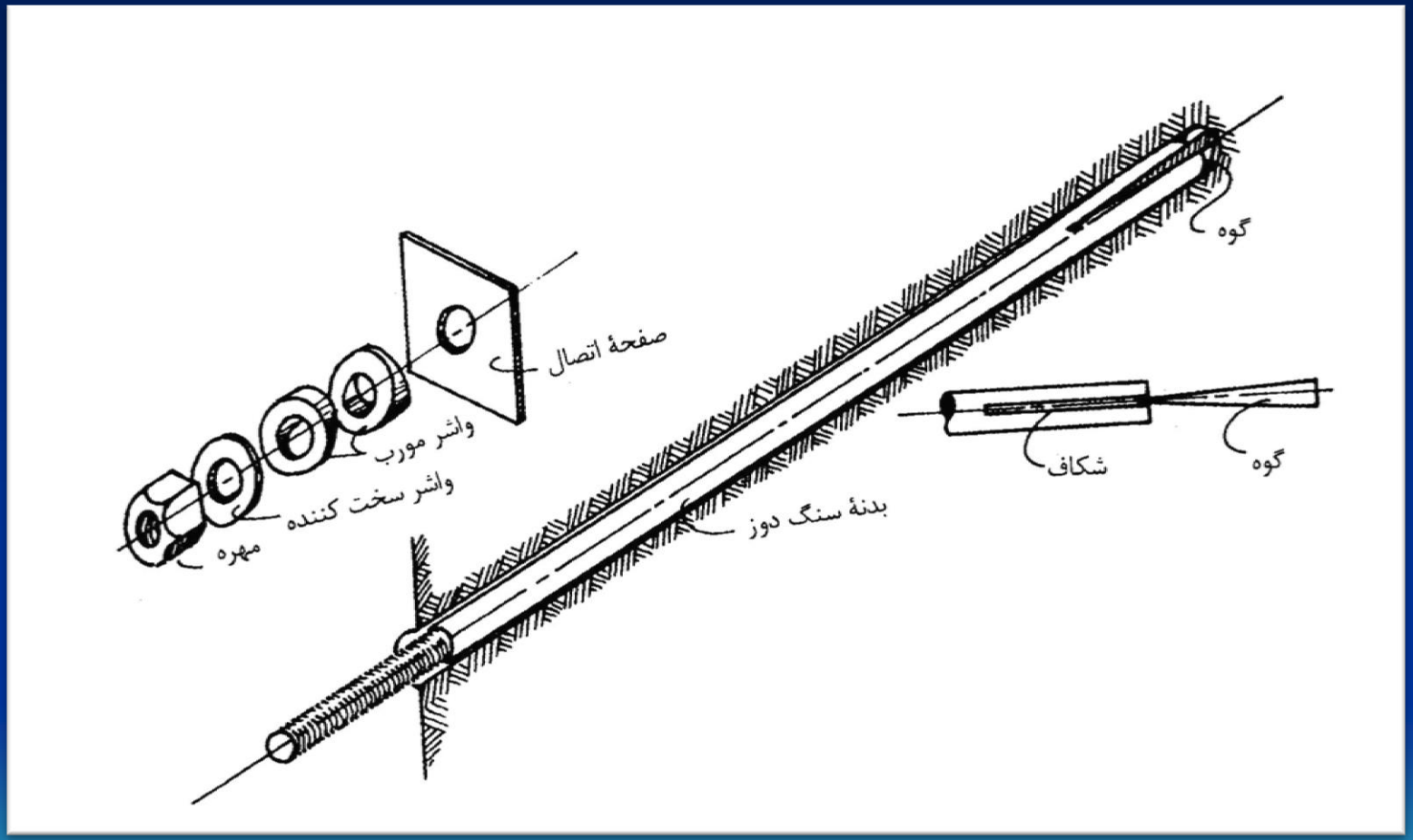
انواع سیستم سنگ دوز کردن

- **سنگ دوزهای غیر تزریقی**
  - سنگ دوزهای غیر فعال
  - سنگ دوزهای فعال (پیش تنیده)

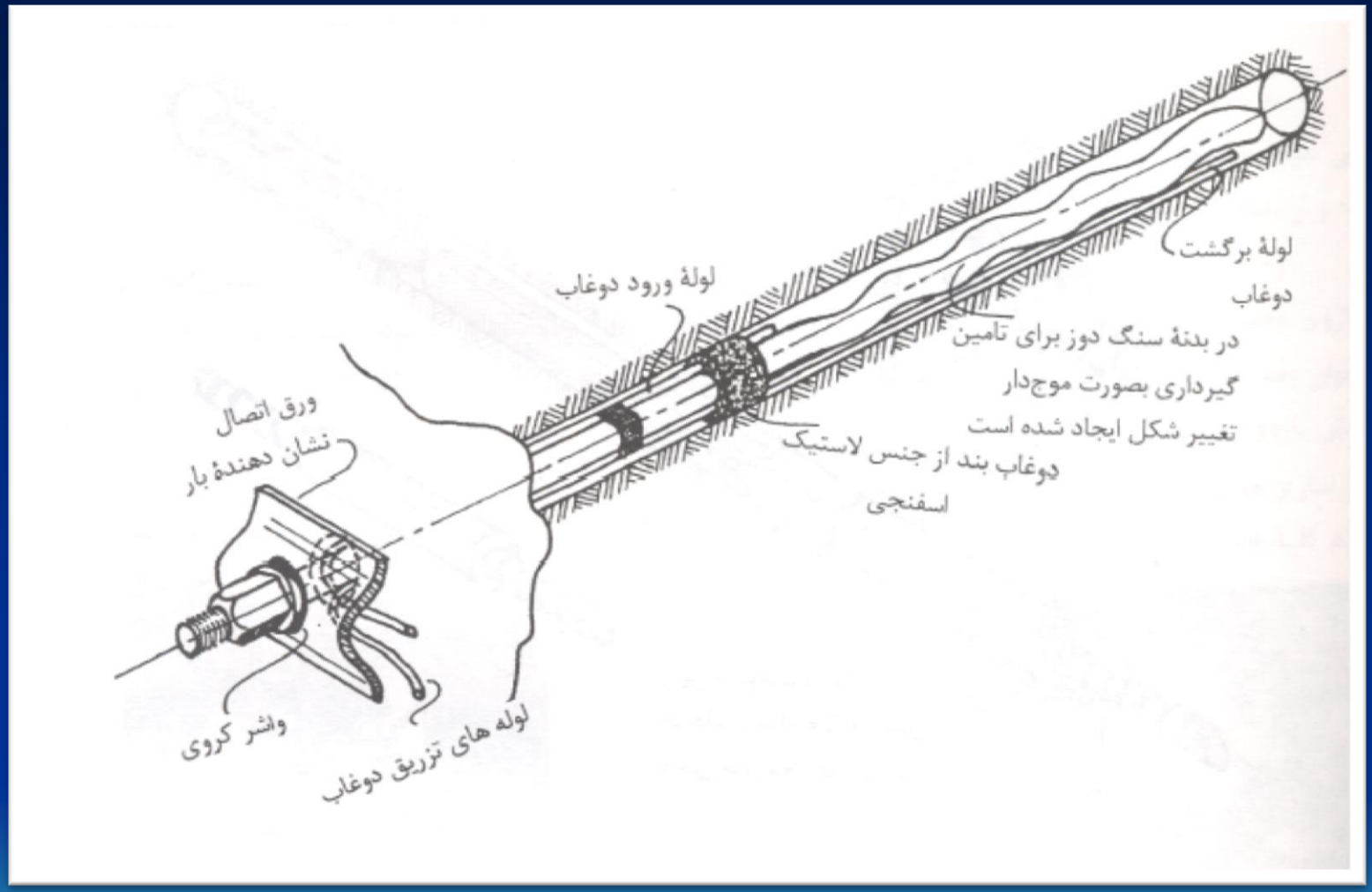
- **سنگ دوزهای تزریقی**
  - سنگ دوزهای غیر فعال
  - سنگ دوزهای فعال (پیش تنیده)

مکانیزم عملکردی سنگ دوزهای غیر تزریقی همانند سیستم های حائل بوده و پایداری توده سنگ شکسته را با اعمال فشار به آن از طریق صفحهٔ انتهایی خود تأمین می کنند.

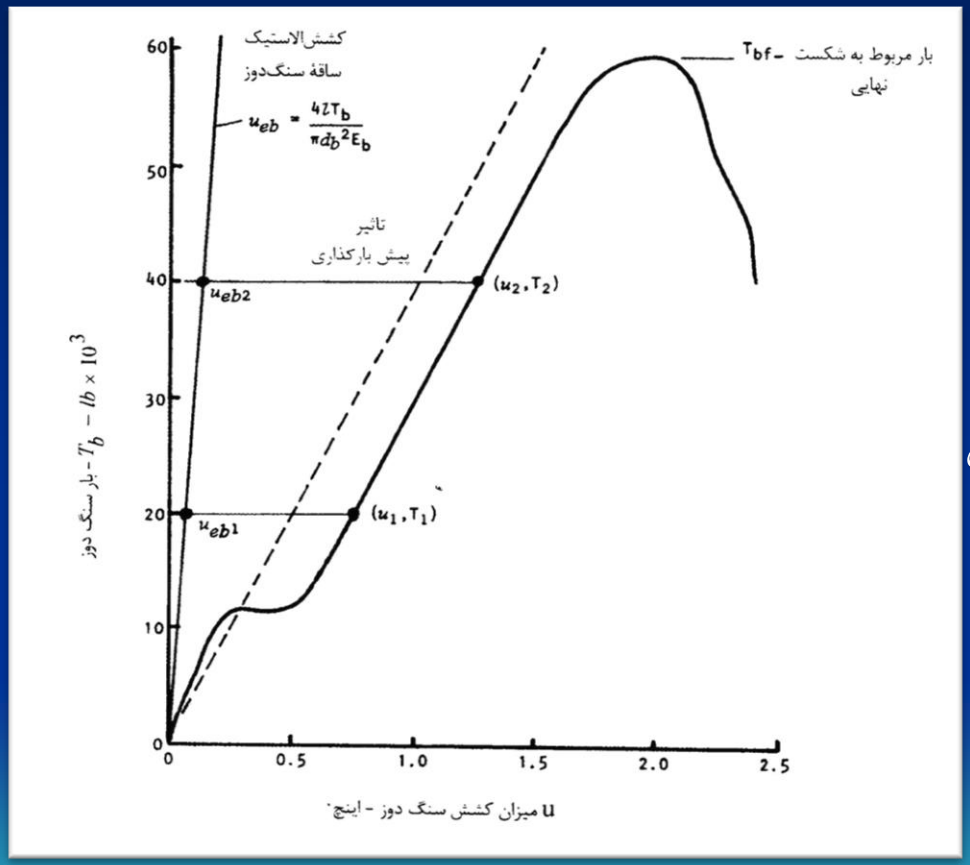
سنگ دوز غیر تزریقی غیرفعال مکانیکی گیردارشده



سنگ دوز تزریقی غیرفعال



سنگ دوز تزریقی فعال (پیش تنیده)



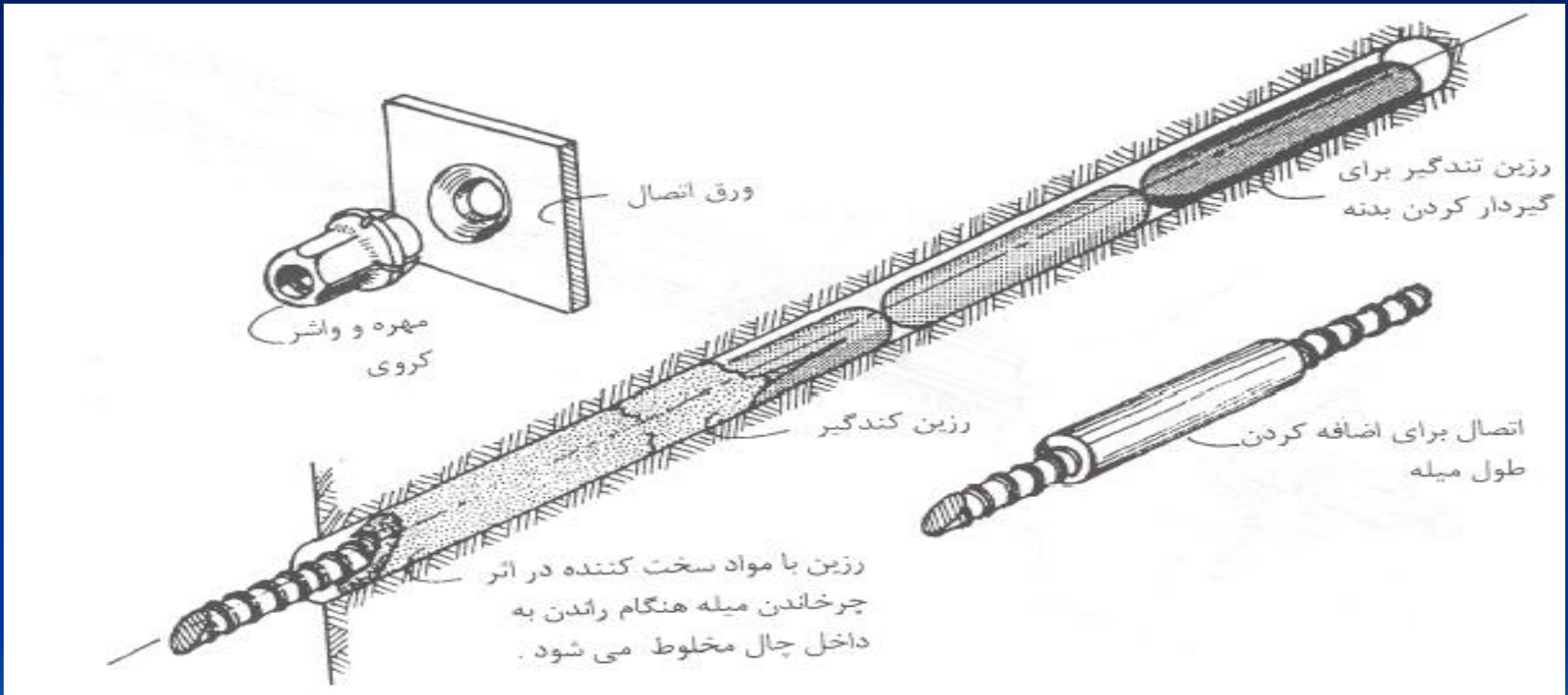
- **دلایل فعال کردن سنگ دوزها**
  - تأخیر در نصب سنگ دوزها
  - حذف پاسخ غیر خطی سیستمهای مکانیکی گیردار شده

    دوختن سنگهای سست و لق شده

پیش بار گذاری سنگ دوزها

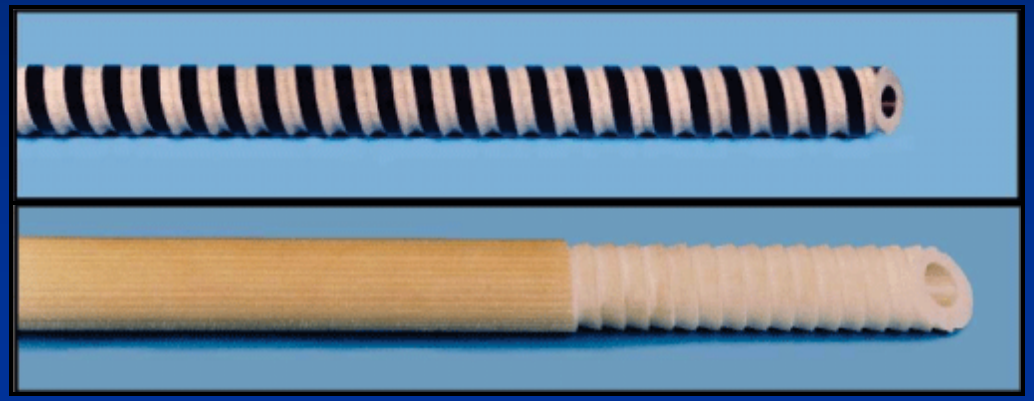
سنگ دوز تزریقی فعال (پیش تنیده)

- استفاده از رزین در تزریق



((مزیت تزریق رزین نسبت به سیمان ، زمان گیرش سریع و رسیدن به حد اکثر مقاومت است))

رزین



دو نوع از راک بولت های **pvc** که سرآنها جهت پاره کردن رزین تیز شده

مراحل اجرائی سنگ دوزهای تزریقی

- **حفاری و چال زنی**
  - علامت زدن محل چال ها
  - تعیین زاویه میل و طول سنگ دوز
  - ایجاد چال با ماشین Jumbo

حفاری و انواع دریل ها:

KOMATSU
PC150LC

یک نوع از انواع دریل های دستی مورد استفاده در عملیات حفاری راک بولت

مراحل اجرائی سنگ دوزهای تزریقی

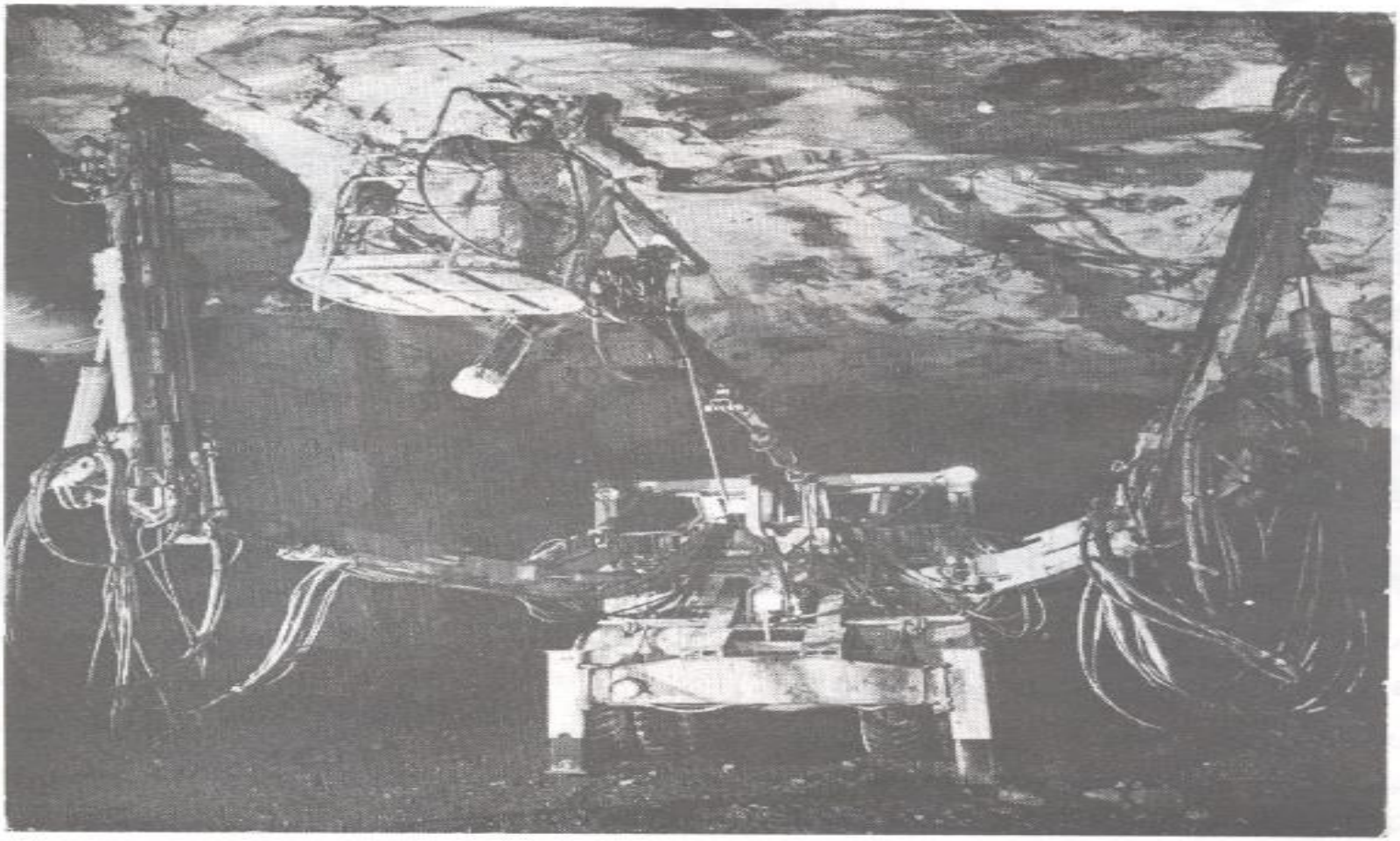
- **نصب**

مشکلات نصب عموماً مشکلات دسترسی

- **مهار و گیردار کردن سنگ دوز**

استفاده از دوغاب سیمان و یا کپسول های رزین زودگیر ← هدایت بسته های رزین به چال

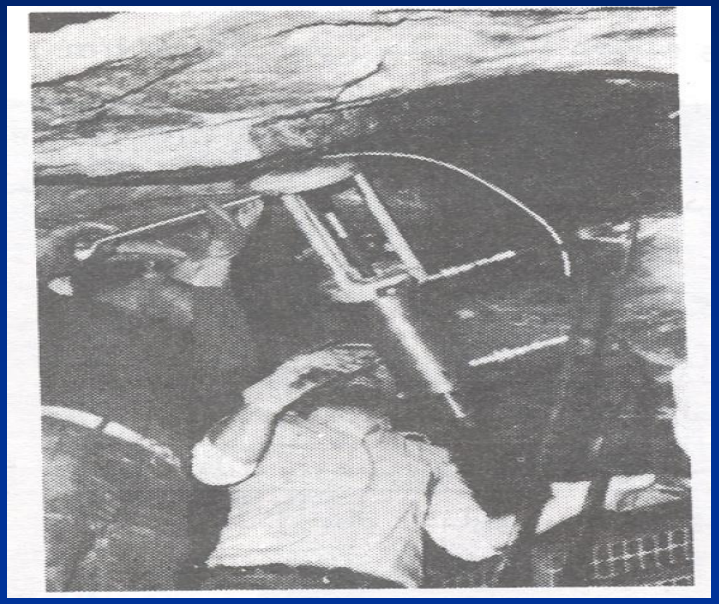
فرو بردن سنگ دوز در چال ← پارگی کپسول های رزین اختلاط مواد ← خشک شدن سریع و ایجاد گیرداری



نصب سنگ دوز و دسترسی با بالابر

مراحل اجرائی سنگ دوزهای تزریقی (ادامه)

- **کشیدن سنگ دوز (در سیستم های فعال)**



کشیدن سنگ دوز با آچار
در بارهای کمتر از ۱۰ تن

کشیدن سنگ دوز با سیستم هیدرولیکی
در بارهای بیش از ۱۰ تن

- کشیدن سنگ دوز (در سیستم های فعال)

مراحل اجرائی سنگ دوزهای تزریقی (ادامه)

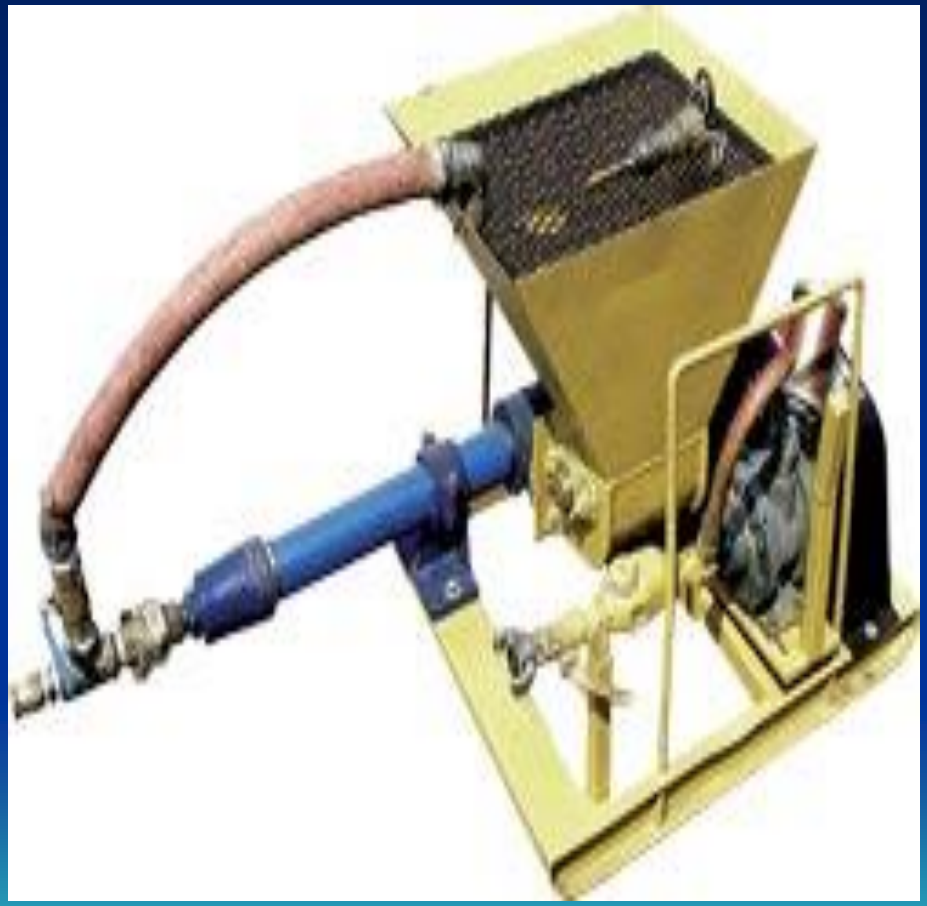
- **تزریق**

مزایای تزریق در سنگ دوز ها

۱- موجب اصلاح و بهبود قفل و بست اجزای انفرادی در توده سنگ
۲- موجب کاهش لغزش مهارها در سنگهای سست
۳- موجب افزایش مقاومت
۴- سبب حفاظت سنگ دوز در مقابل خوردگی

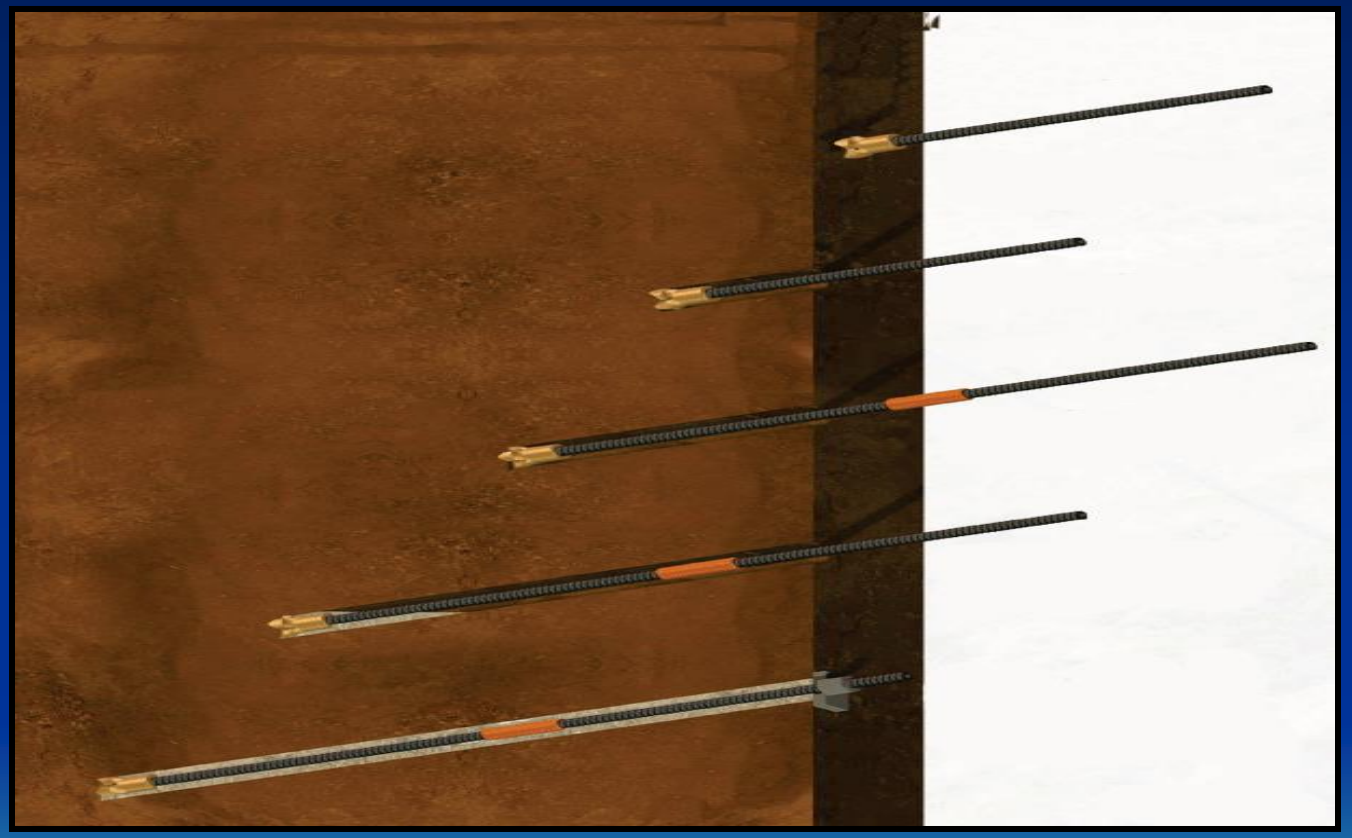
یکی از بحرانی ترین مراحل تزریق سنگ دوزها ، آب بندی دهانه چال است. اولین اقدام مهم در این امر دقت در آماده سازی سطح سنگ و قرار دادن واشر است و یا استفاده از درپوش دوغاب بند لاستیکی

پمپ ها و دستگاههای تزریق ملات گروت :



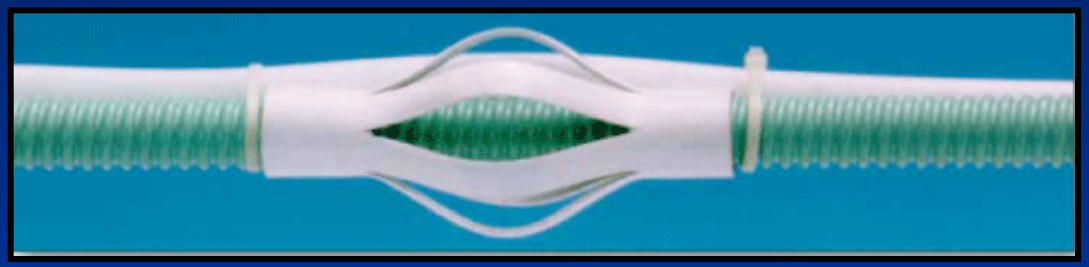
کوپلر :

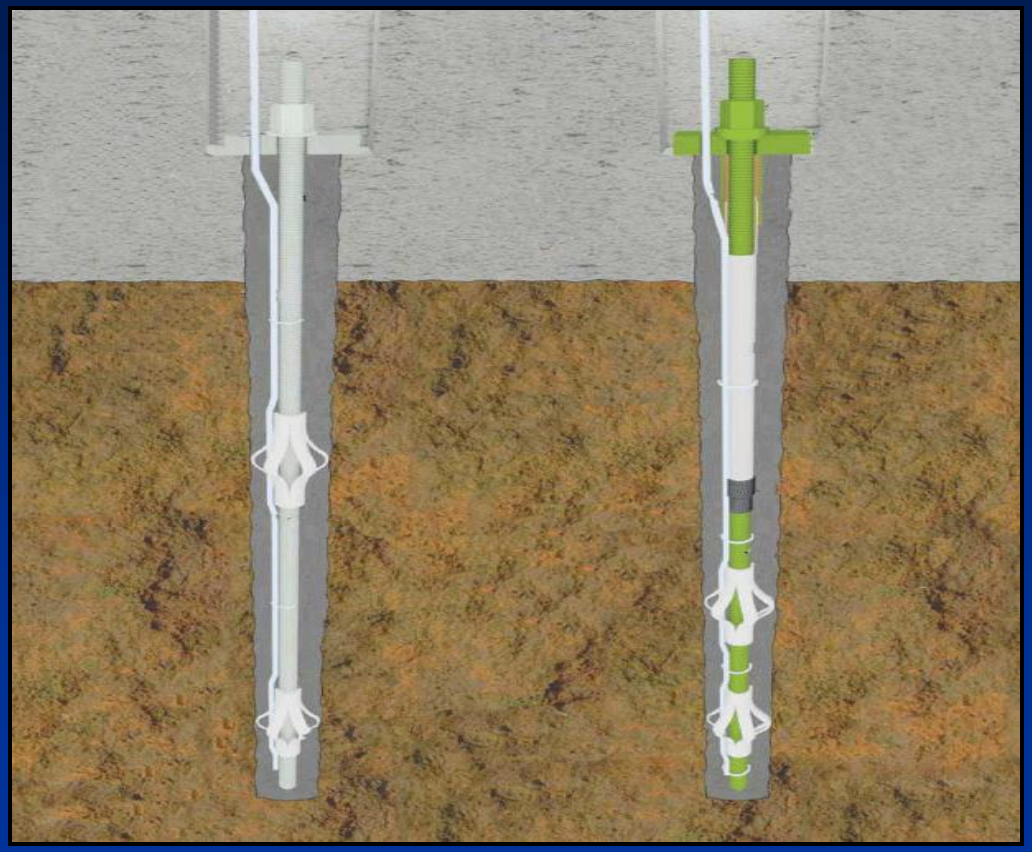
کوپلر وسیله ایست برای اتصال مابین دومیلگرد درراک بولت ها

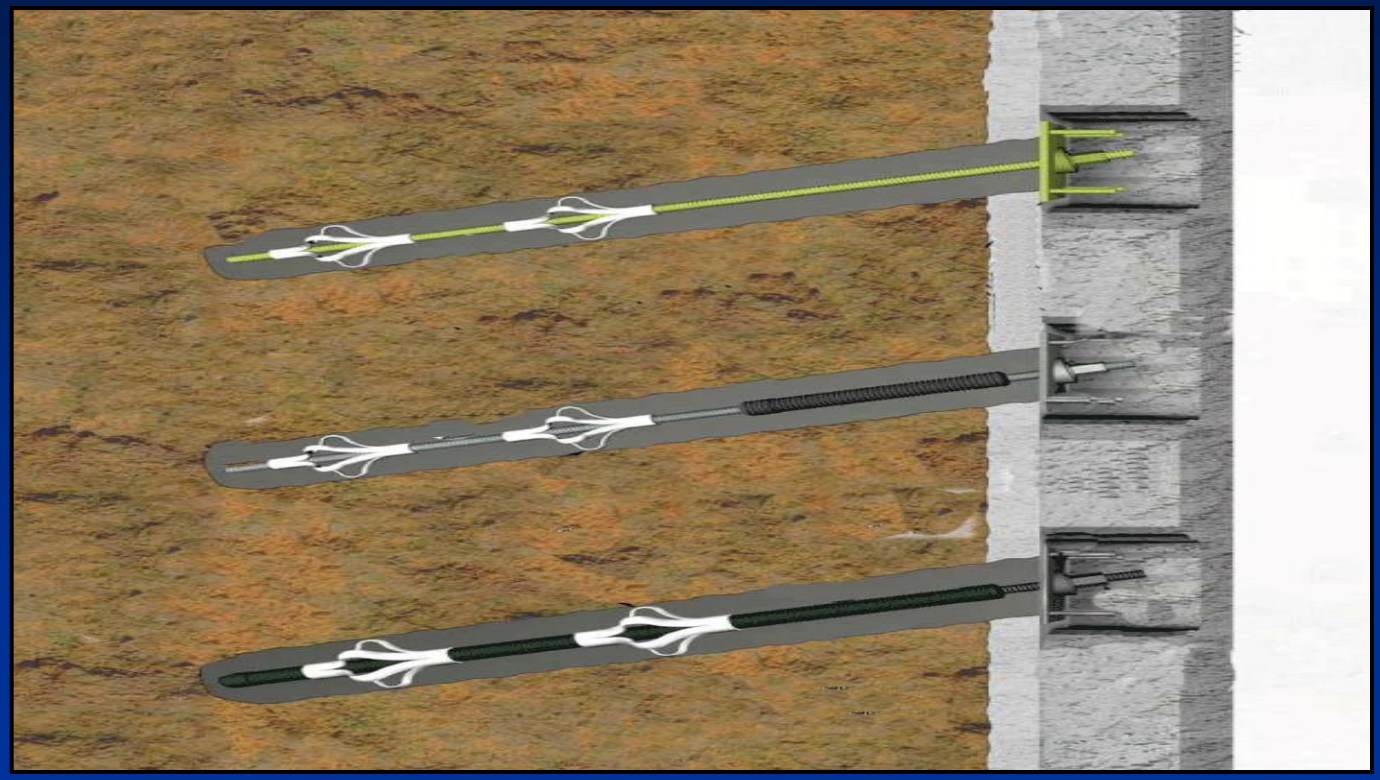


Spacer :

این وسیله مثل معنی آن وسیله ای برای نگهداشتن فاصله مناسب در قسمت هـای مختلـف راک بولـت ها می باشد یعنی درقسمت ابتدایی میانی وانتهایی راک بولت ها قرارمی گیرند وبرای تیظیم فاصله بـین دیواره حفره ومیله راک بولت برای اتصال و درگیری بیشتر میلگرد وگروت است

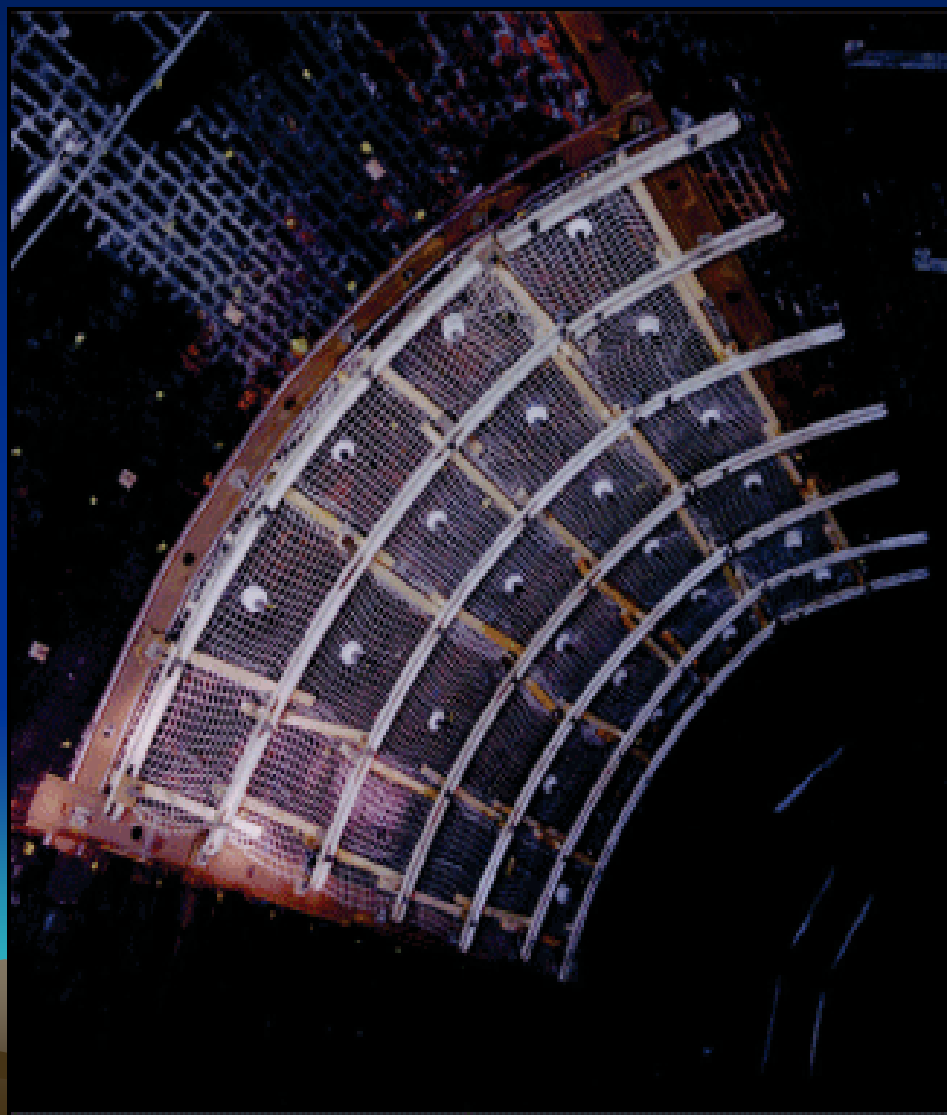






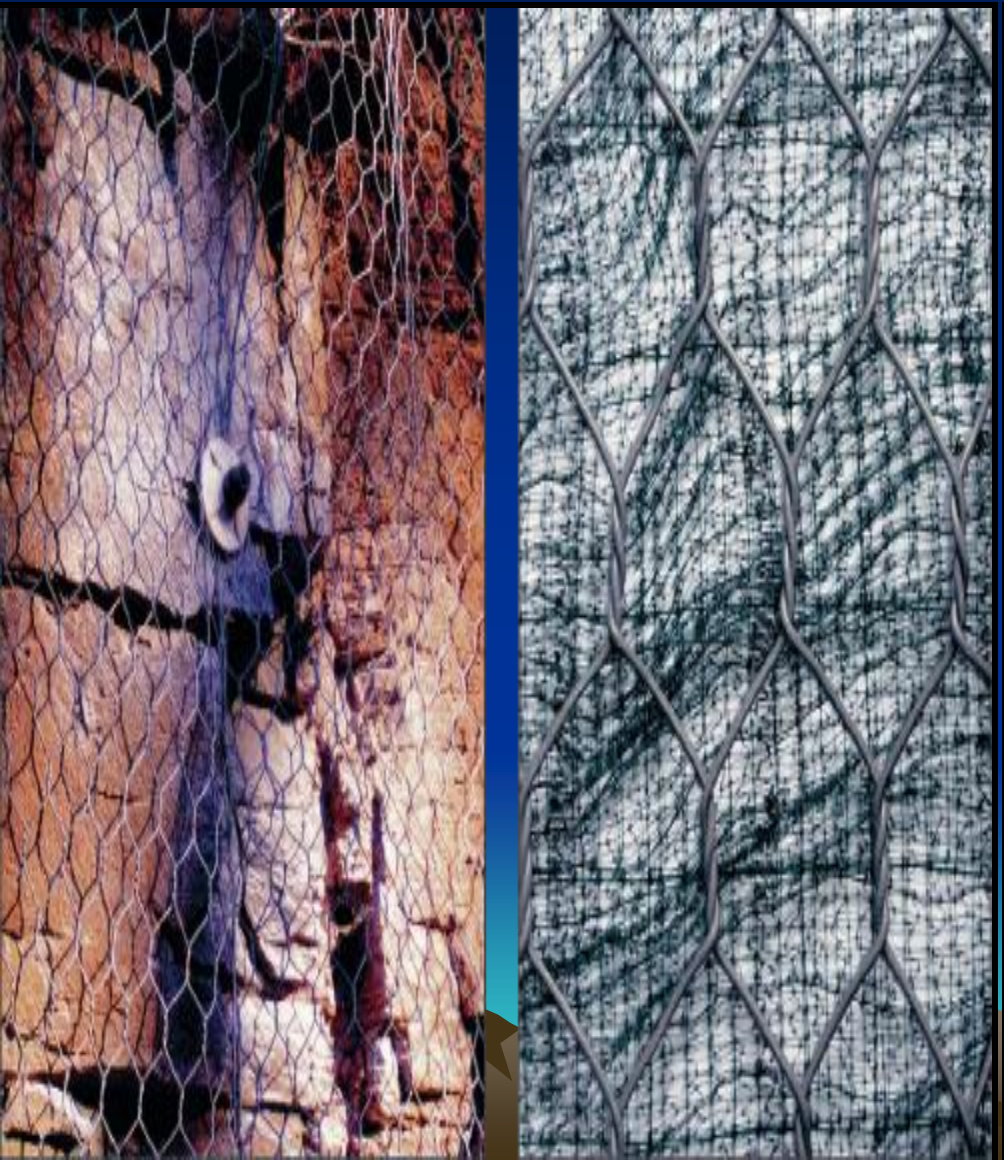
برخی ازپروژه های اجرا شده توسط شرکت های معتبری مثل ویلیامز امریکا ، وایلد ولد ..

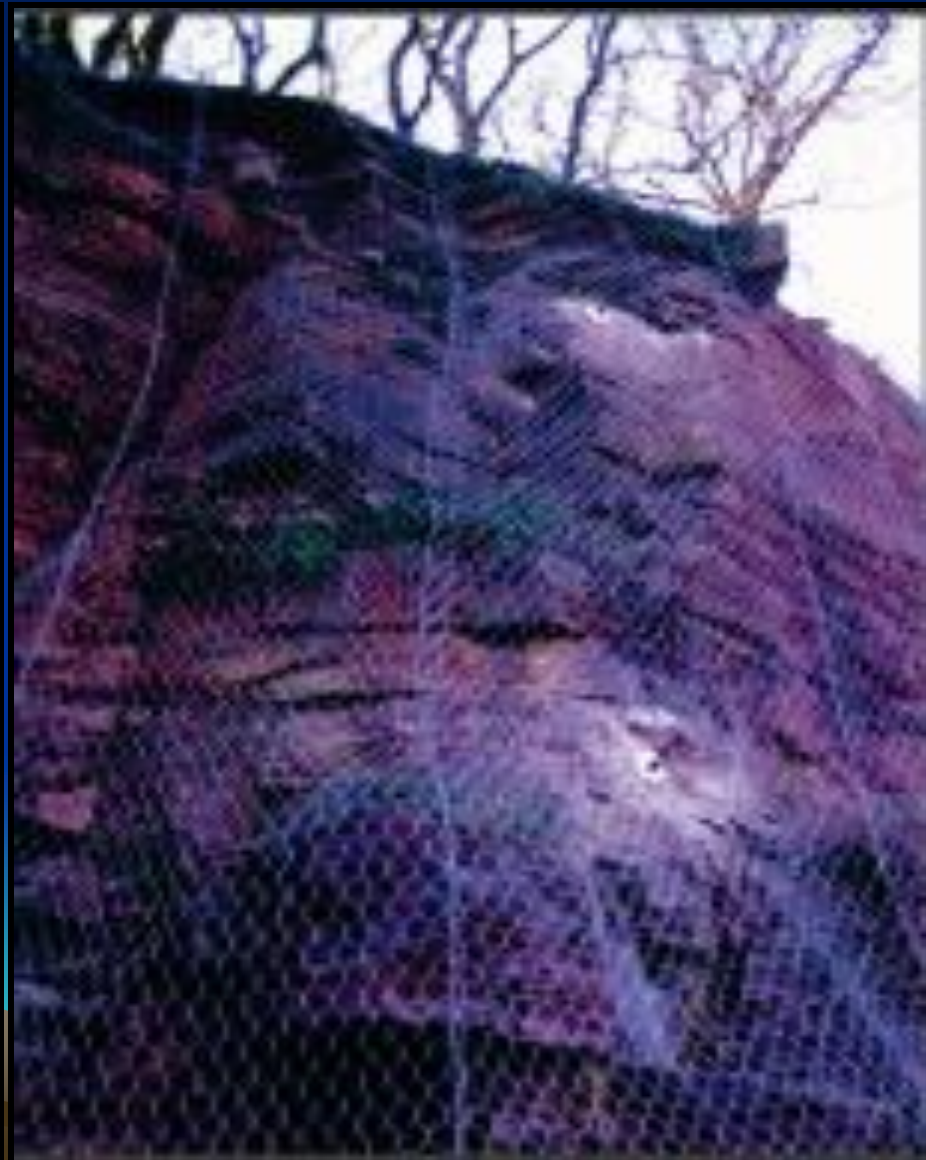
پروژه فوق جهت کنترل و جلوگیری از ریزش ترانشه به وسیله توری های مخصوص واتصال آنها به وسیله انکر بولت ها به زمین است



پروژه اجرای راک بولت و حفاری درون یک تونل

استفاده از راک بولت در کنترل ترانشه سنگی

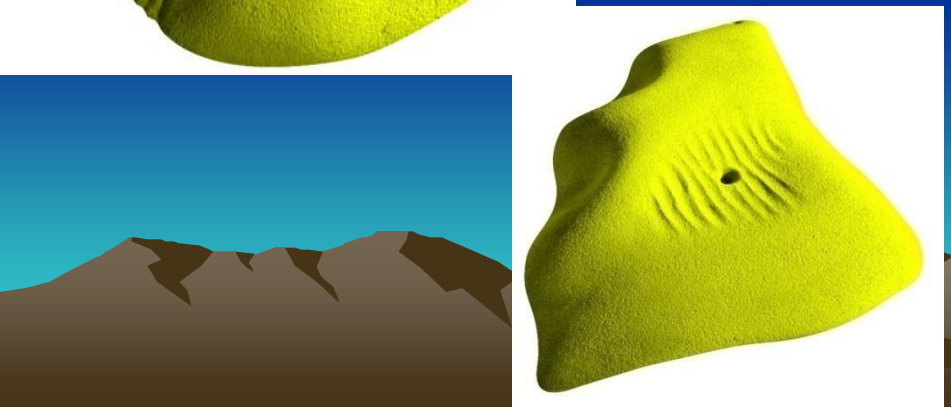




- استفاده از راک بولت در ورزش صخره نوردی

- تکیه گاهها در این ورزش بوسیله

راک بولت ها به صخره ها متصل می شوند



گسیختگی سیستم سنگ دوزهای تزریقی

انتخاب اشتباه سیستم سنگ دوز برای یک کاربرد مشخص، قطر اشتباه چال، تزریق کم و غیر کافی ملات، طول گیرداری غیر کافی، دوغاب و ملات نامناسب، فولاد کثیف، نصب اشتباه سنگ دوز و ...

تنها برخی از علل گسیختگی سنگ دوز ها هستند

- **مهم ترین دلایل گسیختگی سنگ دوزهای تزریقی**
  - شکست توده سنگی
  - شکست دوغاب در سطح مشترک فولاد و دوغاب
  - شکست دوغاب در سطح مشترک سنگ و دوغاب

طراحی سنگ دوزهای تزریقی

- **در طراحی سنگ دوزها معمولاً از چهار روش زیر استفاده می شود**

۱- روش تجربی ، تجربه نشان می دهد که استفاده از سنگ دوز ها با مسلح کردن توده سنگ تغییر شکلهای حفاری را محدود می کند

۲- روش قیاسی یا روش آیین نامه ای: در این روش از کدها و آیین نامه های موجود استفاده می شود. (مانند دستورالعمل دپارتمان حمل ونقل آمریکا)

۳- روش های عددی

۴- روش های تحلیلی

طراحی سنگ دوزهای تزریقی به روش تجربی

- استفاده از سیستم طبق بندی CSIR و NGI
- استفاده از تجربیات مختلف

هر یک از روشهای تجربی دارای محدودیتهای زیادی می باشند ، با این وجود

چکیده روشهای تجربی در سنگ دوز های تزریقی را می توان به دو صورت زیر بیان کرد

- ✓ حداقل طول سنگ دوز
- ✓ حداکثر فاصله بندی سنگ دوزها

✓ حداقل طول سنگ دوز

الف) دو برابر فاصله بندی سنگ دوزها

ب) سه برابر عرض بلوک های بحرانی و بالقوه ناپایدار که توسط فاصله بندی متوسط درزها در توده سنگ تعریف می شود.

ج) برای دهانه های کمتر از ۶ متر، طول سنگ دوز برابر با نصف دهنه

برای دهانه های ۱۸ تا ۳۰ متر طول سنگ دوز در سقف برابر با یک چهارم دهنه

برای دهنه های بیش از ۱۸ متر، طول سنگ دوز در دیواره ها برابر با یک پنجم ارتفاع دیواره

✓ حداکثر فاصله بندی سنگ دوزها

کمترین از

الف) نصف طول سنگ دوز

ب) یک و نیم برابر عرض بلوک های بحرانی و بالقوه ناپایدار که توسط فاصله بندی متوسط درزها در توده سنگ تعریف می گردد.

نکات تکمیلی در ارتباط با طراحی سنگ دوزهای تزریقی

نتایج آزمایش بیرون کششی نشان می دهد که:

با افزایش قطر سنگ دوز مقاومت گیرداری آن افزایش می یابد. با این حال افزایش قطر به بیش از ۲۵ میلیمتر تأثیر چندانی در میزان مقاومت گیرداری نخواهد داشت[۵].

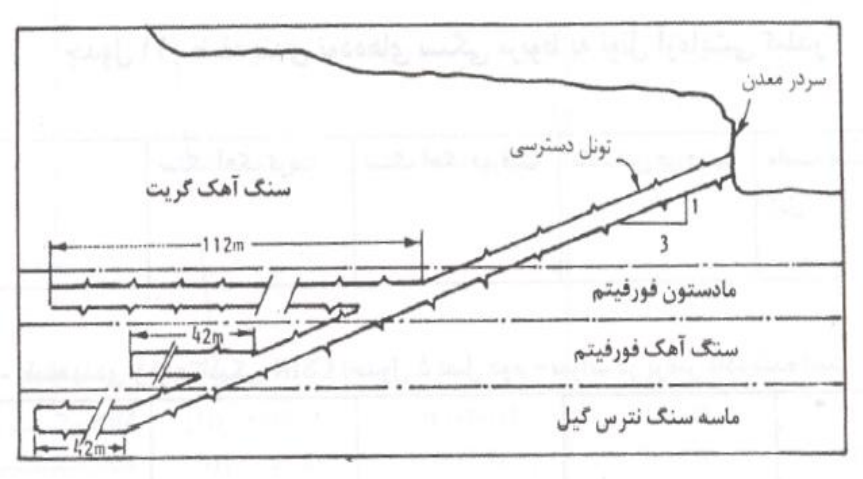
همچنین تغییر ضخامت دوغاب پیرامون سنگ دوز در این مقاومت بی تأثیر است[۵].

سنگ دوز با قطر۲۴ تا ۲۵ میلیمتر همراه با چال آن به قطر ۲۸ تا ۳۴ میلیمتر، بهترین انتخاب برای ایجاد مقاومت بهینهٔ گیرداری است

مثال عملی

- تونل آزمایشی کیلدر

این تونل به قطر ۳/۳ متر بعنوان قسمتی از طرح اولیهٔ مربوط به پروژهٔ آب کیلدر حفاری گردید که خود طرح اصلی بخشی از یک پروژه بزرگتر برای کنترل جریان رودخانه بود. چهار نوع سنگ که تونل مذکور از داخل آن عبور کرده است



پروفیل طولی تونل آزمایشی کیلدر

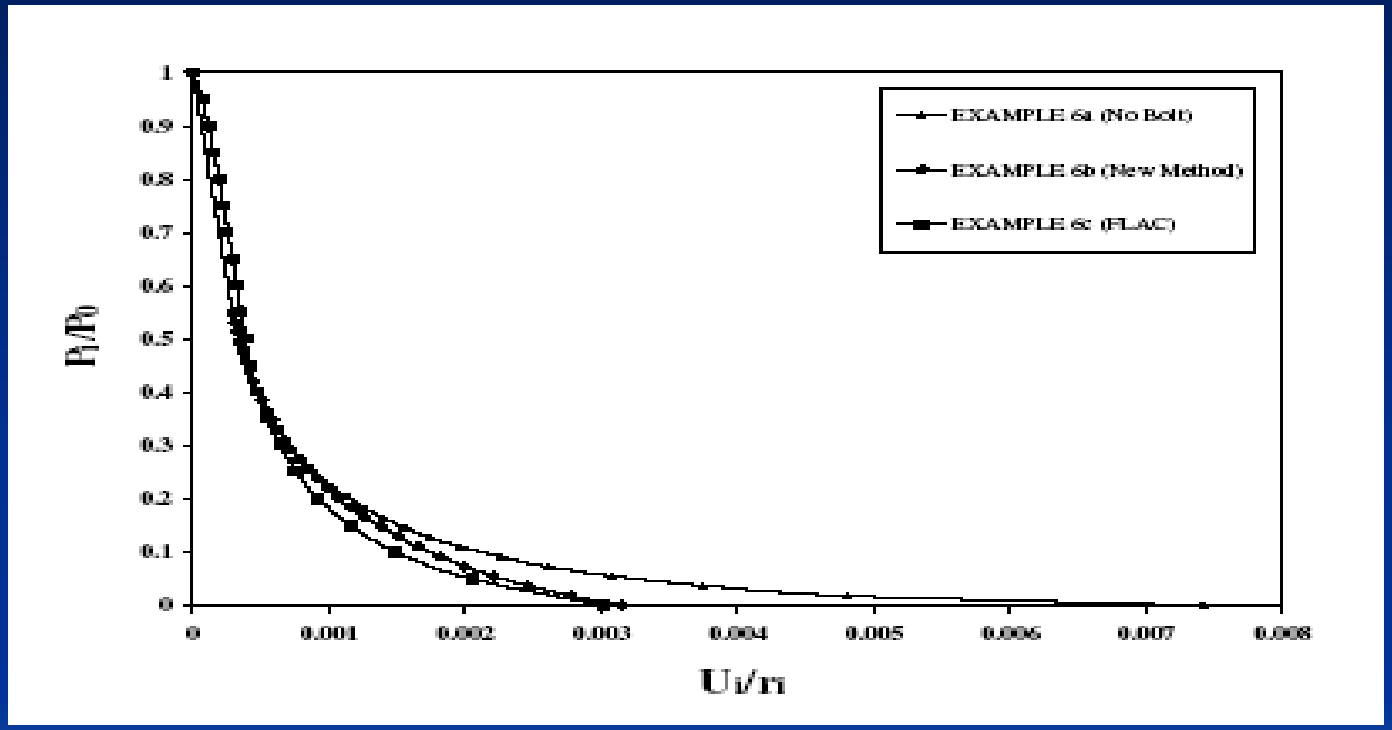
سنگ آهک گریت در عمق ۴۰ متری با RMR=63
گل سنگ فورفیتم در عمق ۱۰۰ متری با RMR=35
سنگ آهک فورفیتم در عمق ۱۱۰متری با RMR=69 و
ماسه سنگ نترس گیل در عمق ۱۲۰متری با RMR=59

مثال عملی (ادامه)

- از ردیفهای هفت تایی سنگ دوز تزریقی به قطر ۲۵ میلیمتر، با طول ۱/۸ متری و فاصله بندی ۰/۹ متری استفاده شد.

- پس از گذشت مدت زمانی، مشاهده گردید که این سنگ دوزها عملکرد خوبی نداشته و ابتدا چنین نتیجه گیری شد که عملکرد ضعیف این سیستم بدلیل گسیختگی اتصال بین رزین و سنگ می باشد.
- در صورتیکه از سیستم مسلح کنندهٔ فوق استفاده گردد، ضخامت منطقهٔ شکست اطراف تونل در حدود ۵ متر خواهد بود. سنگ دوزهای ۱/۸ متری بکار رفته خیلی کوتاه هستند.
- طول سنگ دوزها باید بیش از ۵ متر باشد. باید از دو سنگ دوز ۲/۵ متری که به یکدیگر کوپل و متصل شده اند؛ استفاده گردد.

پس از استفاده از سنگ دوز ۵ متری، تغییر مکان جدار تونل از حدود ۴۰ میلیمتر به ۱۲ میلیمتر کاهش یافته و پایداری تونل تأمین شد.



((منحنی های مشخصه زمین برای توده سنگ مسلح و غیر مسلح))