



گود برداري زیر سطح آب

علی فاخر

ضمیمه کتاب "مهندسی پی پیشرفته"، انتشارات دانشگاه تهران

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

وقتی که گود در زیر سطح آب است،
افزون بر روش های پایدارسازی که
در قسمت قبل تشریح شدند، باید
مشکلات ناشی از آب را هم حل کرد.



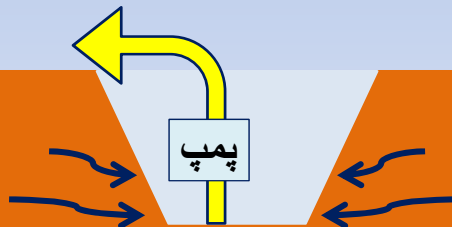
روش های مختلفی برای گودبرداری و
احداث پی در زیر سطح آب وجود
دارد. این روش های اجرایی در اینجا
تشریح میشوند.

پس از آنکه پی یا زیرزمین در زیر سطح آب احداث شد،
لازم است ملاحظات پس از احداث بنا، از جمله آب بندی
و مقابله با فشار آب مورد توجه باشد.

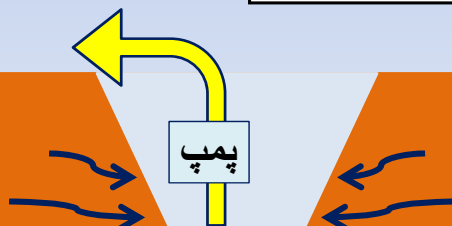
احداث پی زیر سطح آب
با آبکشی از کف گود



اگر نفوذپذیری خاک کم باشد،
میتوان آب تراوش کرده به
داخل گود را با پمپ تخلیه کرد.

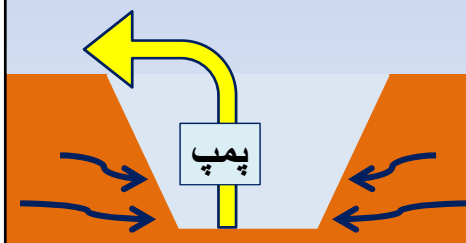


یک پمپ کوچک



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

یک پمپ بزرگ



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

پمپ کردن آب برای خاکبرداری و اجرای پی



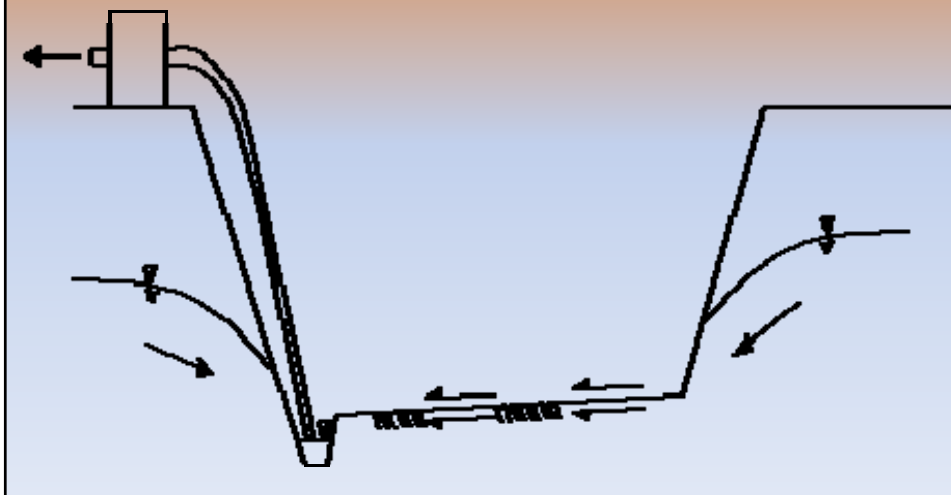






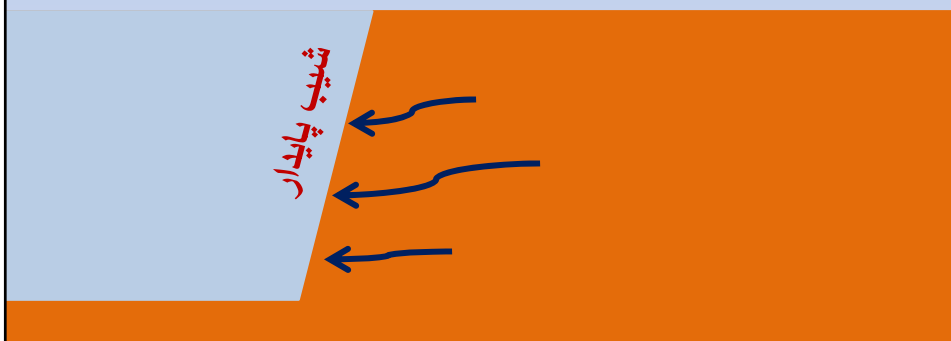
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

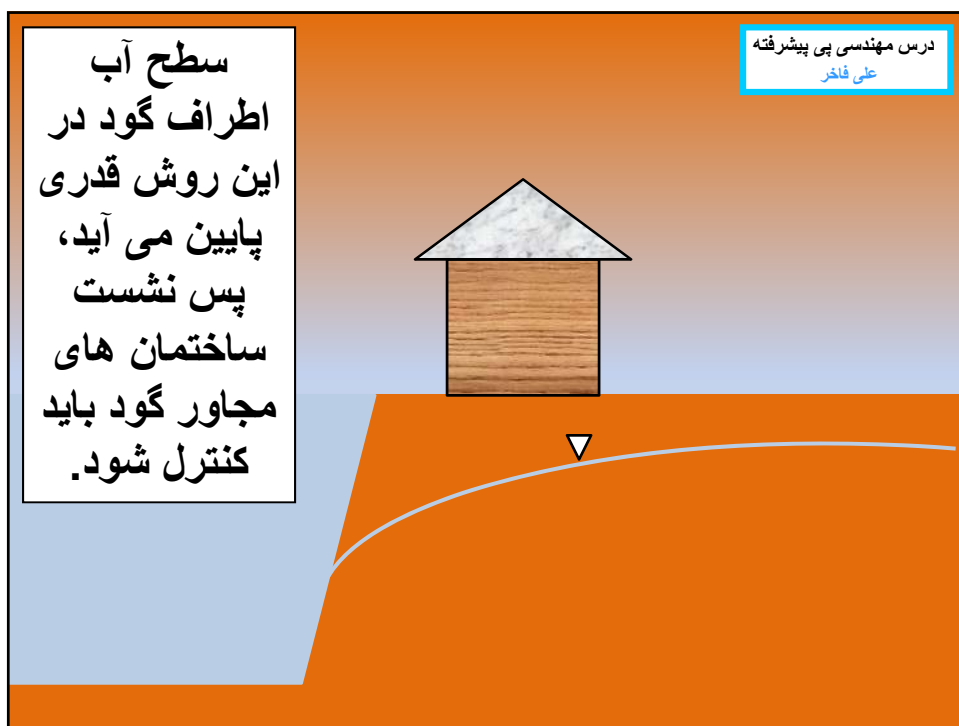
آب وارد شده به داخل گود با شیب بندی کف
گود و ایجاد نهر هدایت می شود تا پس از جمع
آوری در یک یا چند نقطه، پمپ شود.



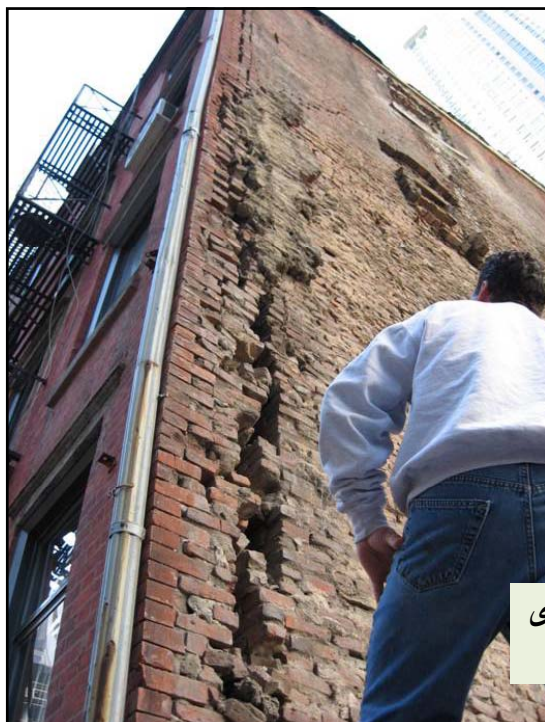
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

باید پایداری شیب گودبرداری در
برابر نیروی تراوش تامین شود.

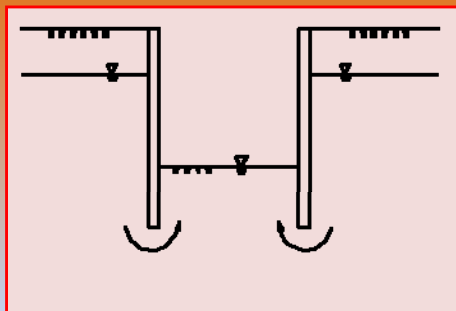




درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر



آسیب ساختمان بر اثر گودبرداری
و آبکشی در زمین مجاور



برای کاهش مقدار آب نفوذ کرده به داخل
گود میتوان دیوار جداکننده یا سپر فولادی
در اطراف گود احداث کرد.

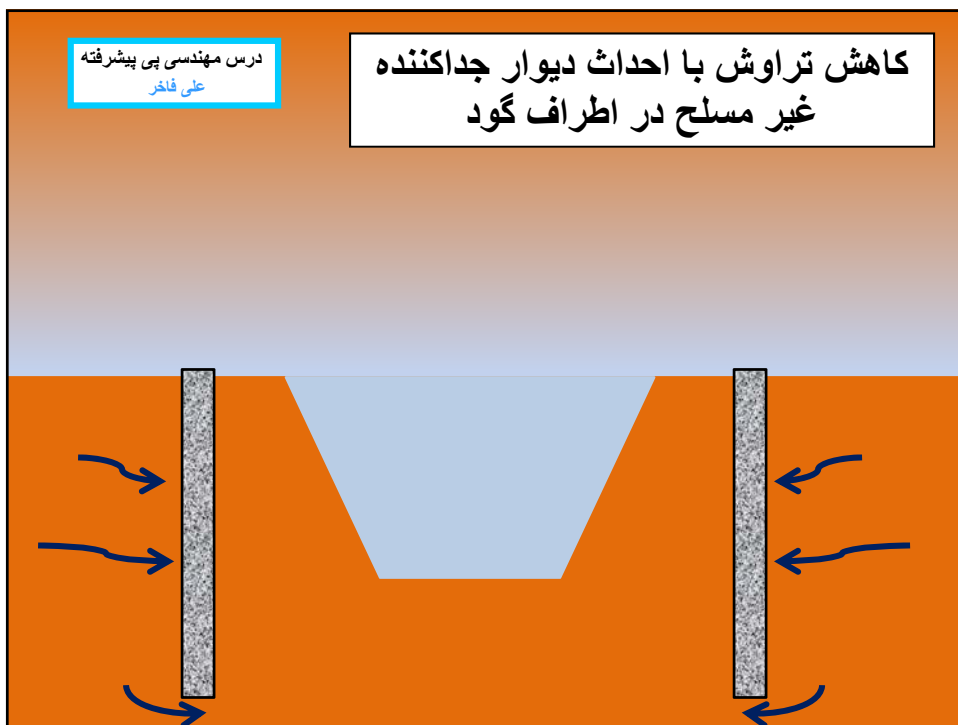
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

اجرای سپر فولادی برای کاهش تراوش

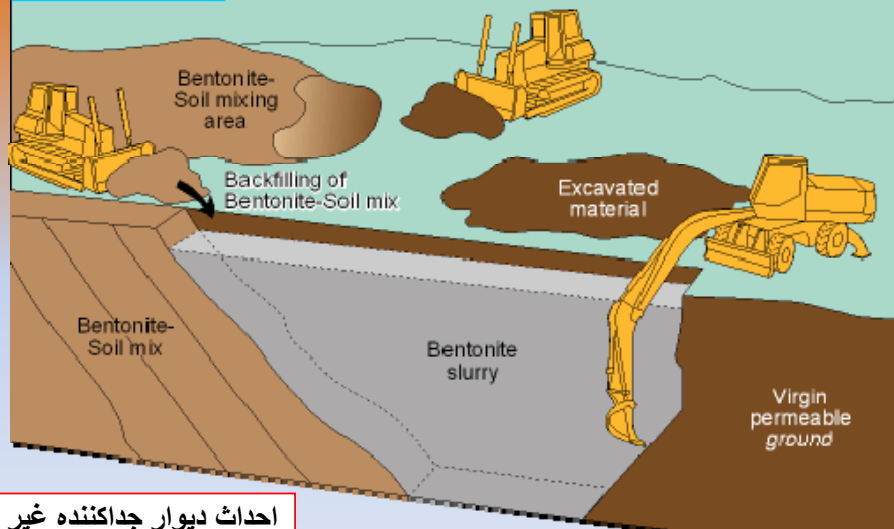
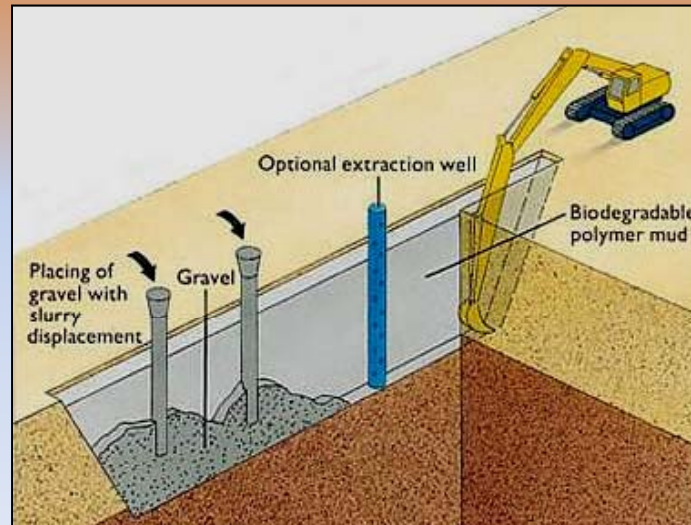


کاهش تراوش با احداث دیوار جداکننده غیر مسلح در اطراف گود

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر



کاهش تراوش با احداث دیوار جداکننده غیر مسلح در اطراف گود



احداث دیوار جداکننده غیر
مسلح در دور تا دور گود
برای کاهش تراوش

□ soil-bentonite
slurry wall (SB Wall)

□ soil-cement-
bentonite slurry wall
(SCB Wall)

احداث دیوار جداکننده غیر
مسلح در اطراف گود برای
کاهش تراوش



Trenching Under Bentonite Slurry



SCB Backfill being placed in the Trench

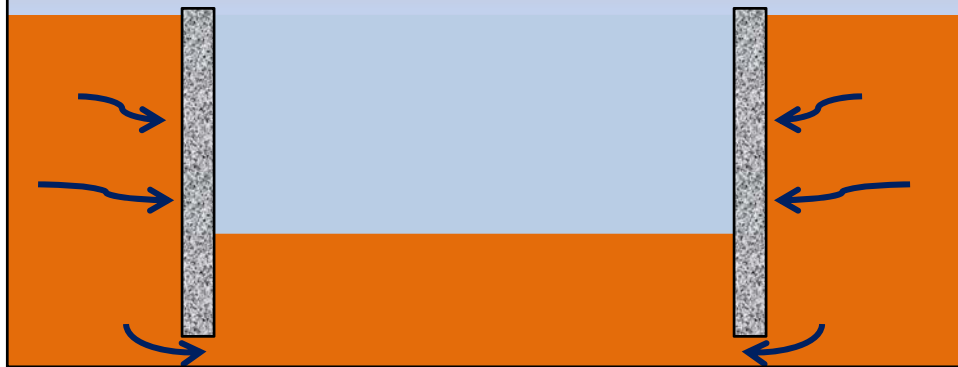
احداث دیوار جداکننده غیر
مسلح در اطراف گود برای
کاهش تراوش



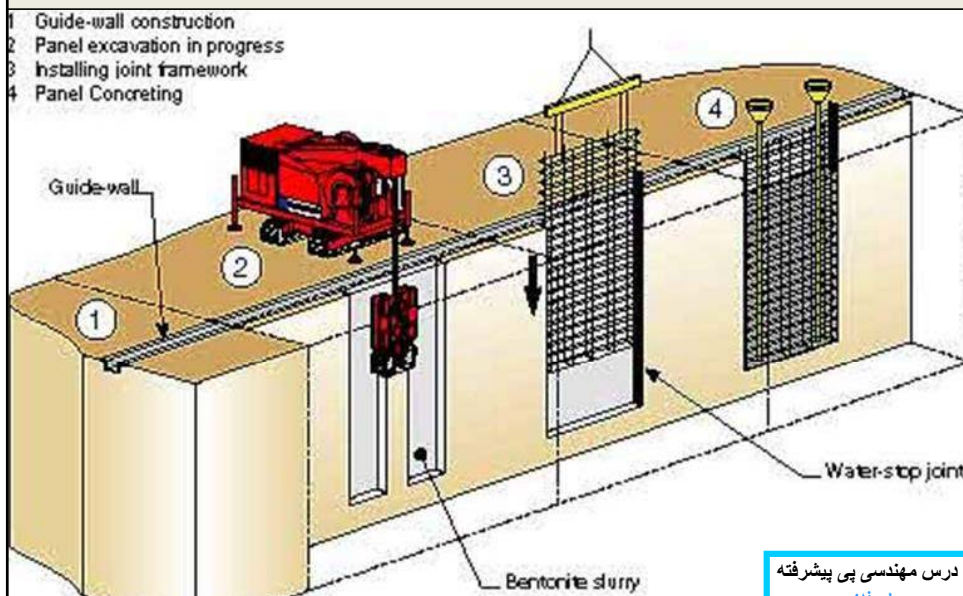
Mixing SCB Backfill in an Enclosed mixing Area

کاهش تراوش با احداث دیوار جداکننده مسلح در
اطراف گود

دیوار بتنی مسلح مثل سپر فولادی میتواند
نقش ابنیه نگهبان را هم ایفا کند

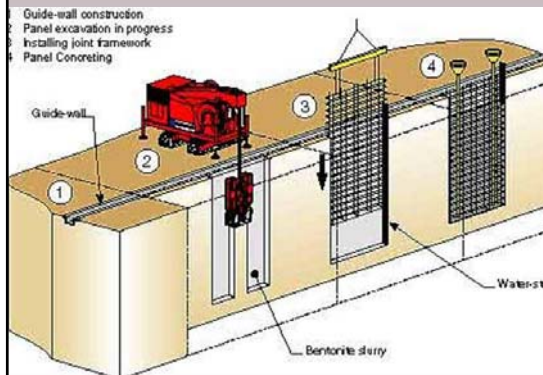


مراحل احداث دیوار جداکننده بتن مسلح در اطراف گود برای کاهش
تراوش و نگهداری دیواره گود



مراحل احداث دیوار جداکننده بتن مسلح در اطراف گود برای کاهش تراوش و نگهداری دیواره گود

- ۱- ساخت دیوار هادی در سطح زمین
- ۲- حفاری (نگهداری دیواره گود با گل بنتونیت)
- ۳- قرار دادن آرماتور
- ۴- بتن ریزی



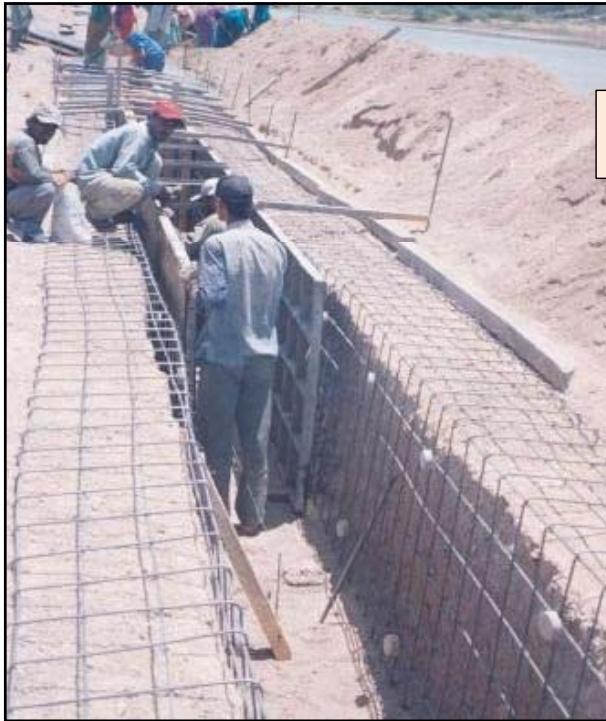
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

مرحله اول: احداث دیوار هادی

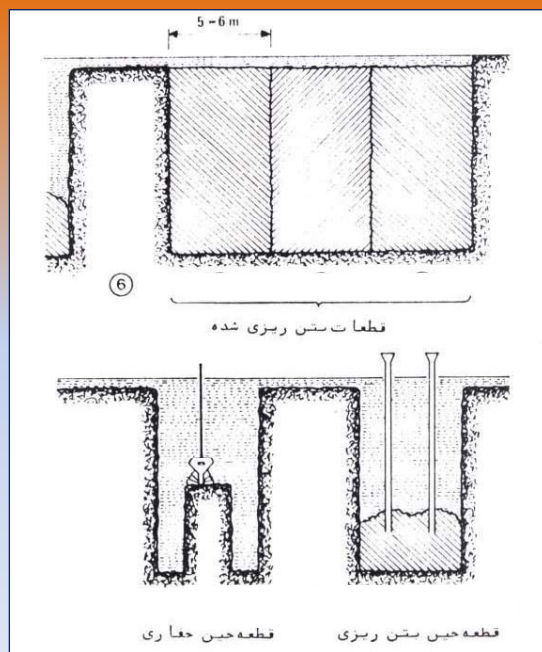


درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

احداث دیوار هادی



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فخر

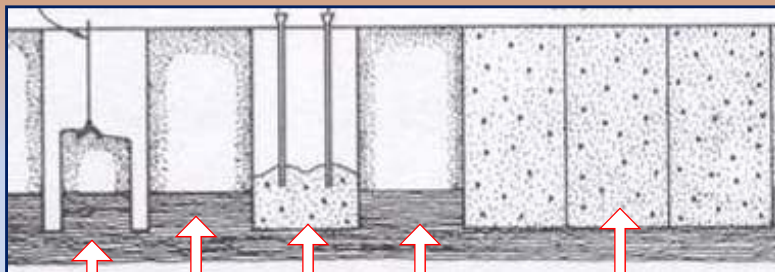


احداث دیوار جداکننده بتن
مسلح در اطراف گود برای
کاهش تراوش و نگهداری
دیواره گود

مراحل بعد: دیوار در
طول به قطعات ۵
الی ۶ متری تقسیم
میگردد و عملیات
حفاری،
آرماتورگذاری و
بتن ریزی در این
قطعات انجام میشود.

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فخر

عملیات حفاری، آرماتورگذاری و بتن ریزی قطعات
مختلف دیوار همزمان و به تناوب انجام می شود.



حفاری خاک

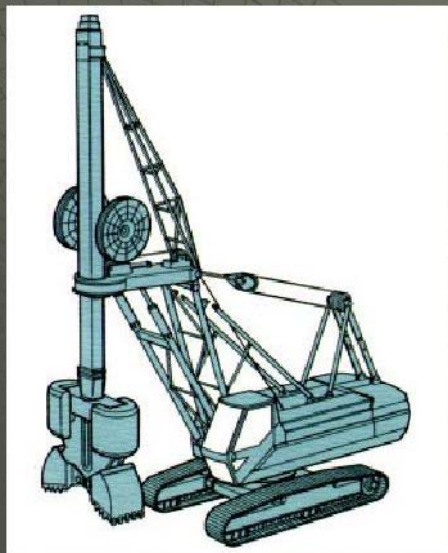
بتن ریزی

عملیات اجرایی
تمام شده

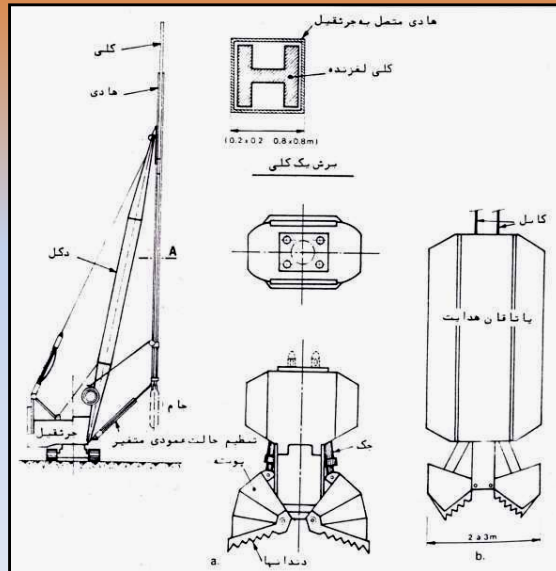
عملیات آن
شروع نشده

عملیات آن
شروع نشده

حفاری



متداول ترین دستگاه حفاری برای اجرای دیوار بتنی درجا



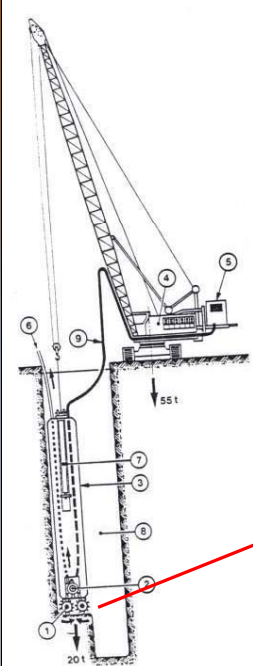
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاکر

دستگاه حفاری

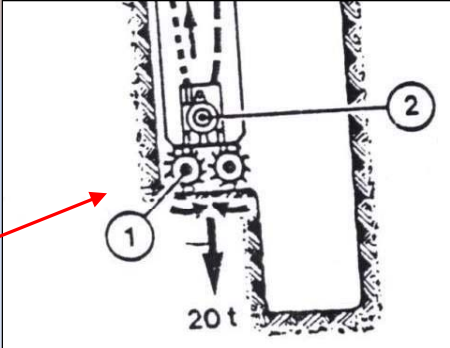


بندر عباس

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاکر



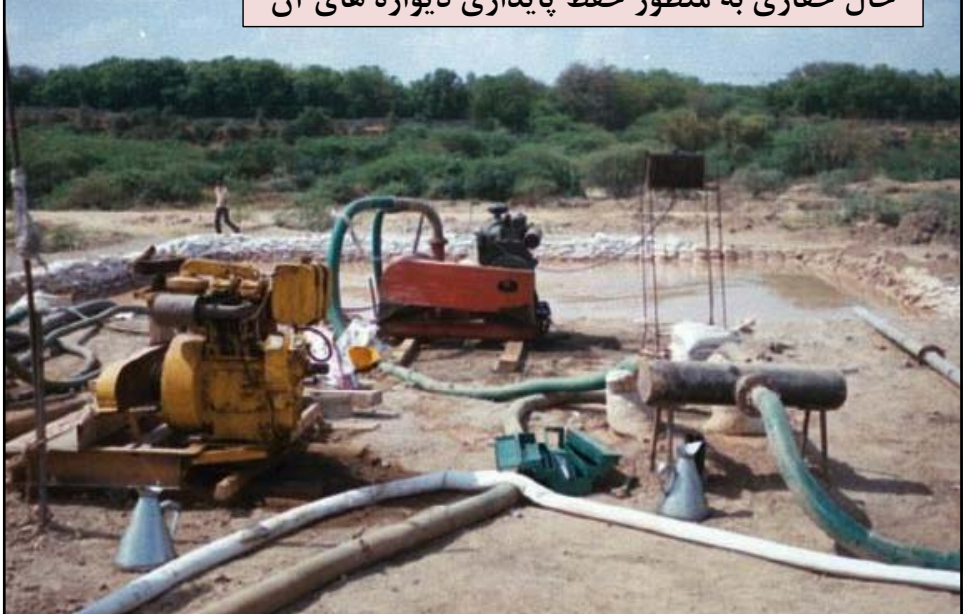
هیدروفرز:
دستگاه پیشرفته حفاری برای اجرای دیوار
بتنی درجا



درس مهندسی پی پیشرفته
 علی فاخر

درس مهندسی پی پیشرفته
 علی فاخر

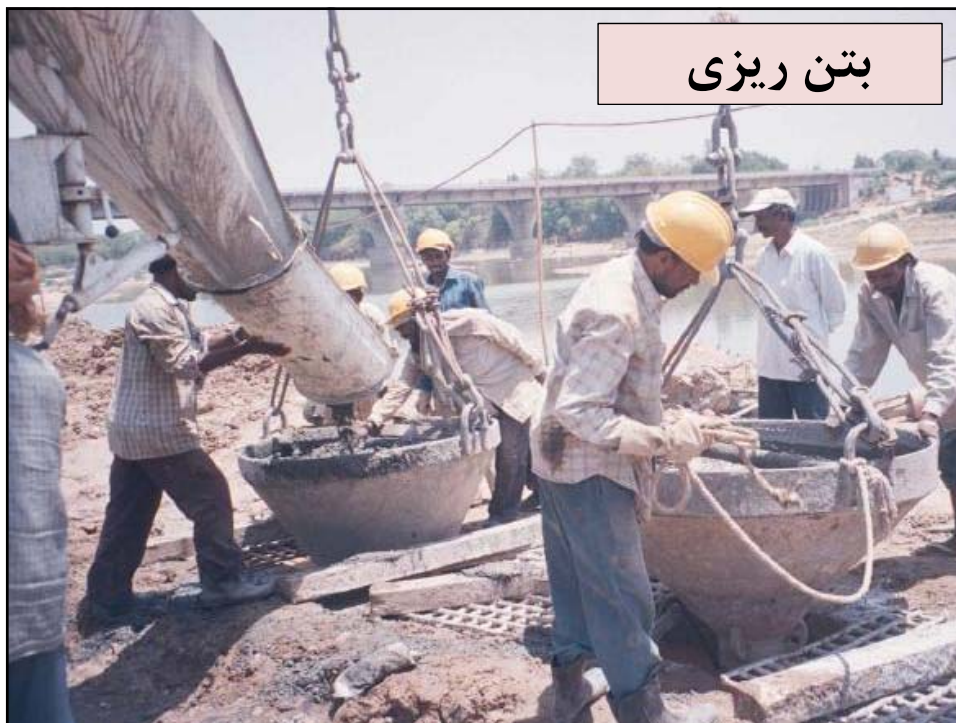
آماده سازی گل بنتونیت برای ریختن در قطعه در
 حال حفاری به منظور حفظ پایداری دیواره های آن



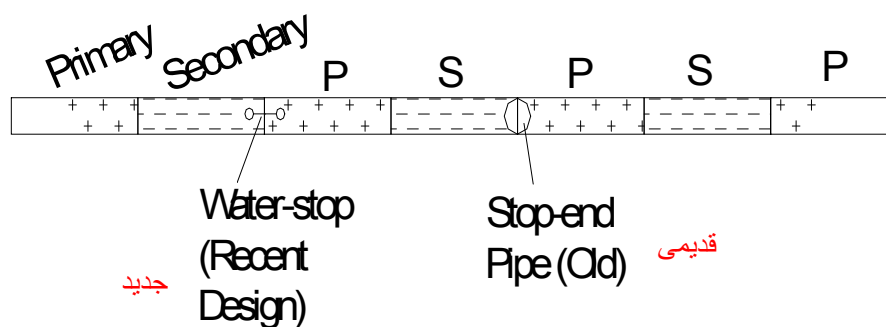
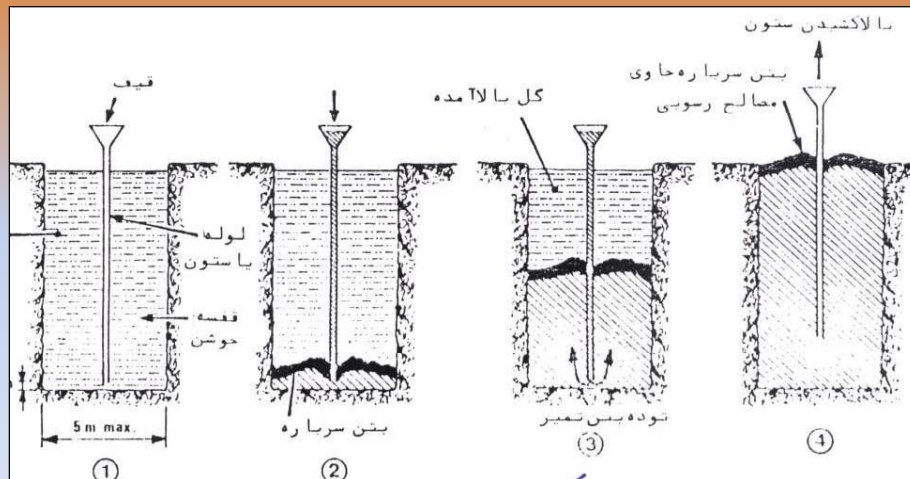
آرماتور گذاری



بتن ریزی

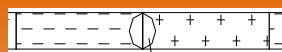


مراحل بتن ریزی دیوار بتنی درجا

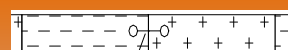
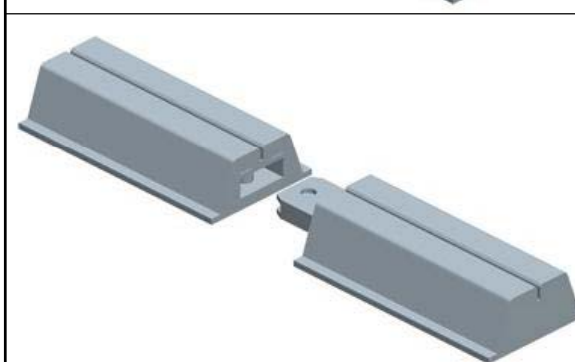
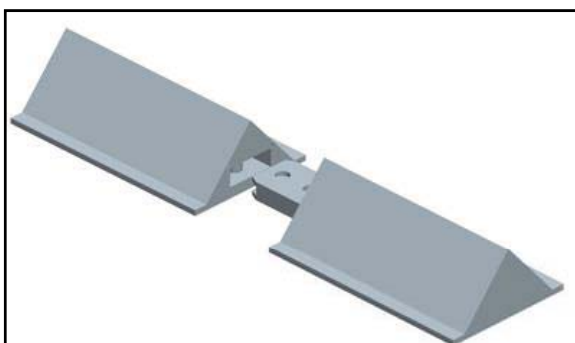
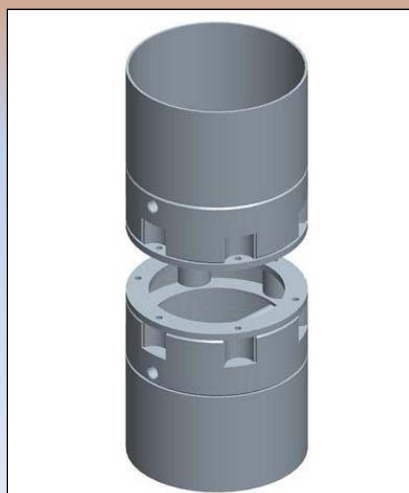
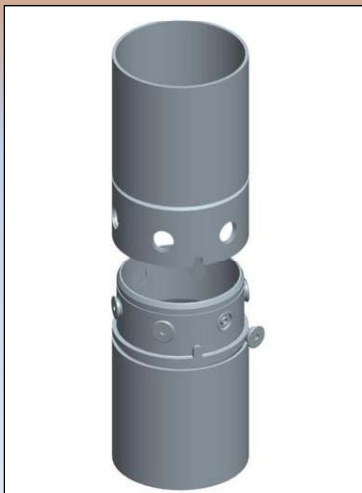


روش قدیمی و جدید آب بند کردن دیوار جداکننده بتنی در صورت لزوم

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر



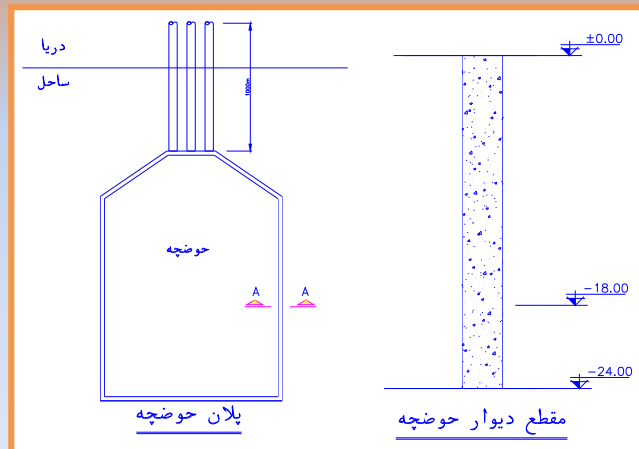
Stop-end
Pipe (Old)



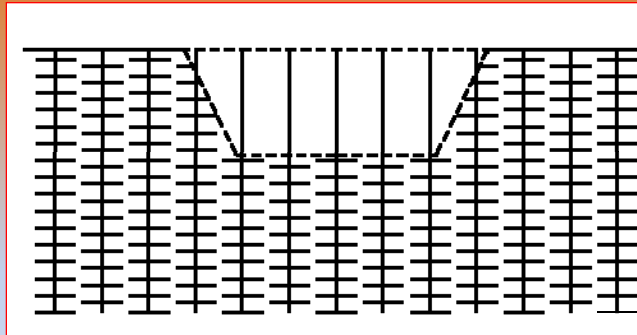
Water-stop
(Recent
Design)

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

پلان و مقطع دیوار حوضچه پالایشگاه اول بندر عباس که با احداث دیوار جداکننده بتن مسلح در اطراف گود برای کاهش تراوش و نگهداری دیواره گود اجرا شد.



حوضچه پالایشگاه
اول بندر عباس

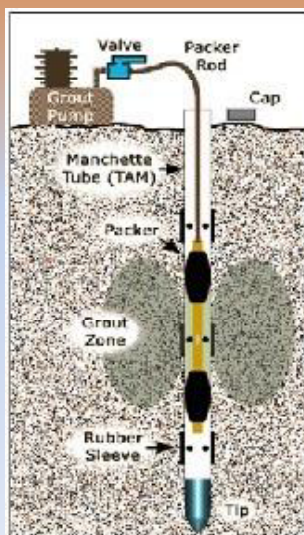


برای کاهش تراوش هم چنین میتوان خاک اطراف
را تزریق نمود تا نفوذپذیری آن کم شود.

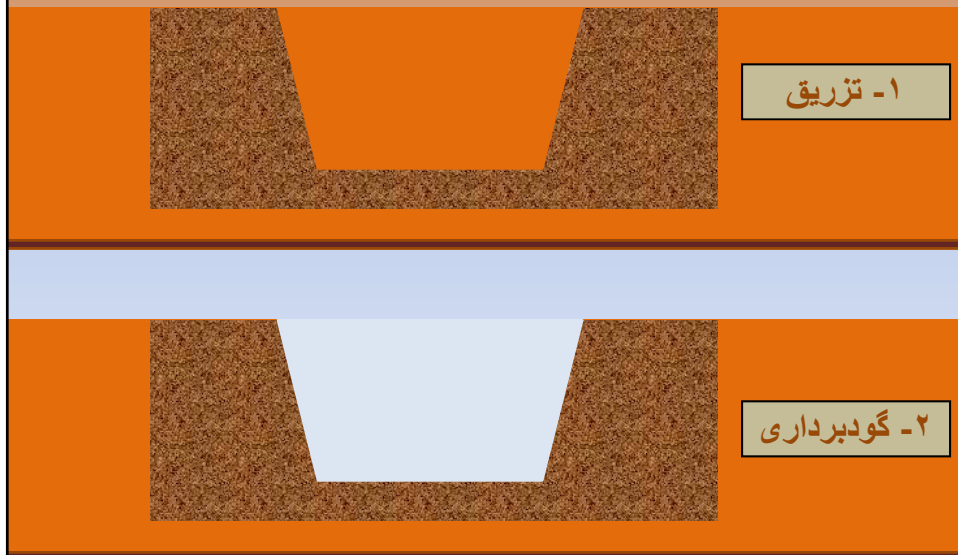
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

عملیات تزریق



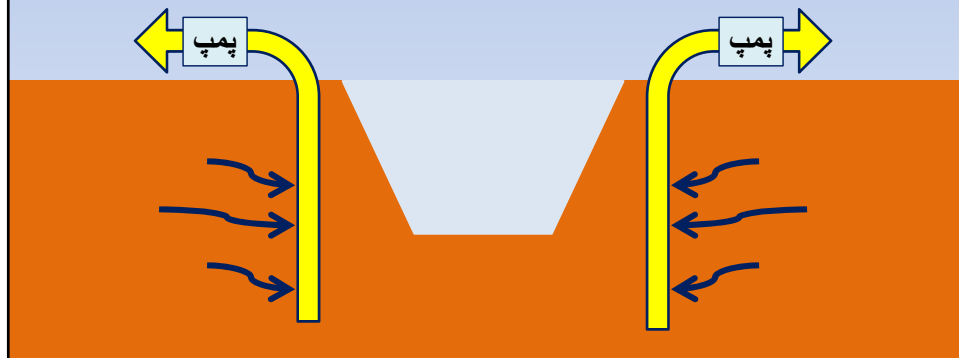
تزریق برای کاهش تراوش و گودبرداری پس از تزریق



احداث پی زیر سطح آب با آبکشی از خارج گود

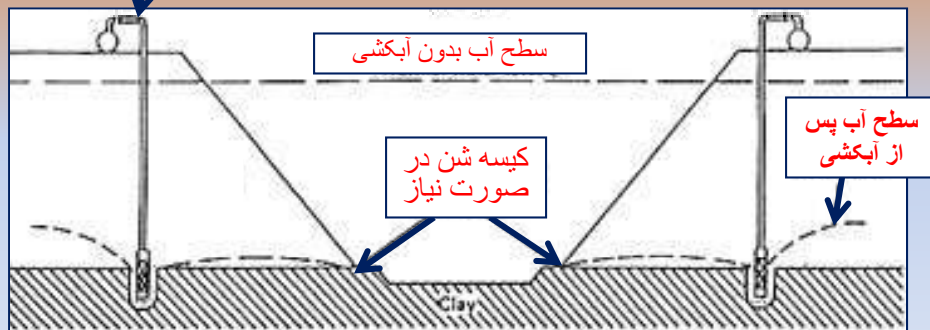


آبکشی از خارج گود به معنی
پمپ کردن آب از چاههای حفر
شده در اطراف گود است.



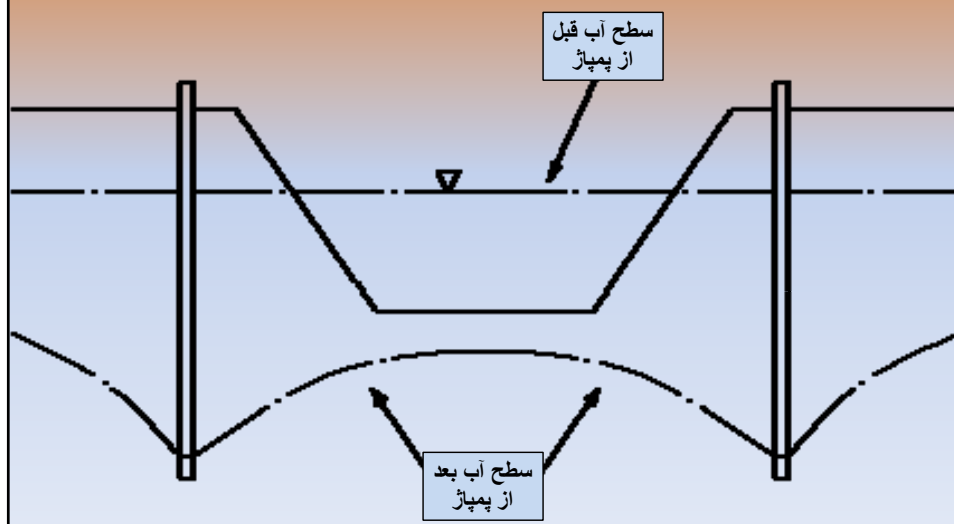
چاه آبکشی از
خارج گود

آبکشی از خارج گود

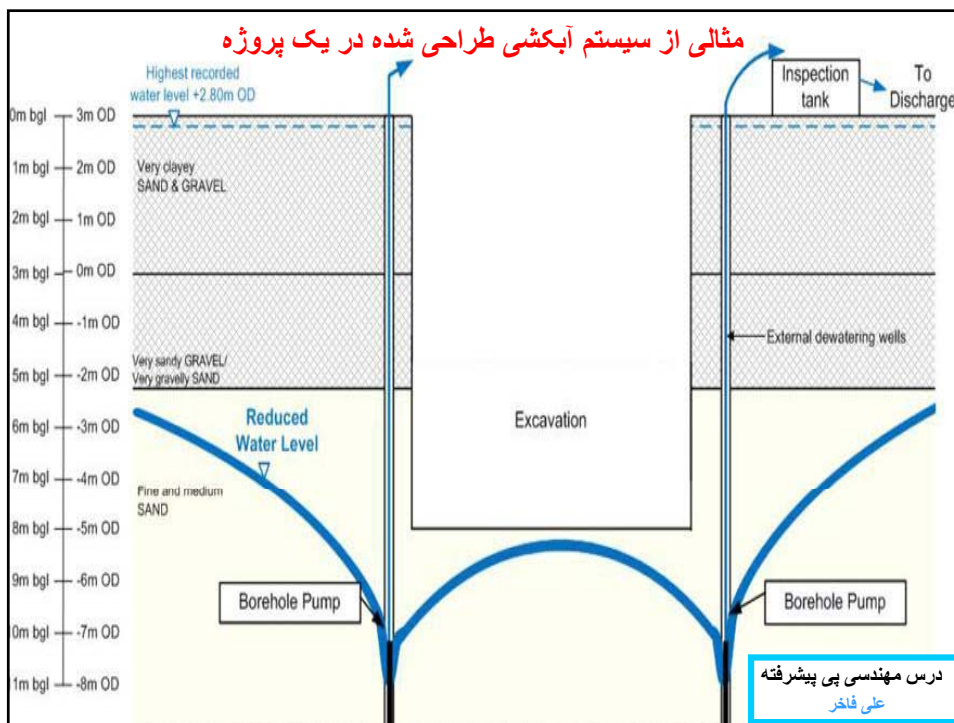


درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

سطح آب در این روش پایین می آید و گودبرداری در شرایط به نسبت خشک انجام میگردد.



مثالی از سیستم آبکشی طراحی شده در یک پروژه



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

مراحل ساخت آبگیر پارس جنوبی در عسلویه با آبکشی از خارج گود



حفر چاه برای آبکشی و پایین آوردن سطح آب زیرزمینی



نصب پمپ درون چاه آبکشی

سیستم آبکشی در اطراف محل احداث آبگیر

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر



هدایت آب ناشی از آبکشی

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر



آرماتور بندی سازه در شرایطی که
پمپ کردن آب در چاه ها ادامه دارد.



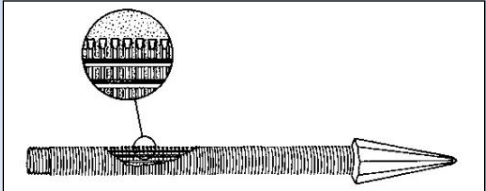
نصب چاه نقطه ای برای آبکشی از
خارج گود



چاه نقطه ای مثالی از آبکشی از
خارج گود است. چاه در این
روش قطر خیلی کوچک دارد
و سریع نصب میشود.



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

چاه نقطه ای
آماده برای
نصب

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

چاه های نقطه ای نصب شده برای آبکشی



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

تعدادی چاه
نقطه ای
برای آبکشی

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

نصب چاه نقطه ای در چند تراز



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر





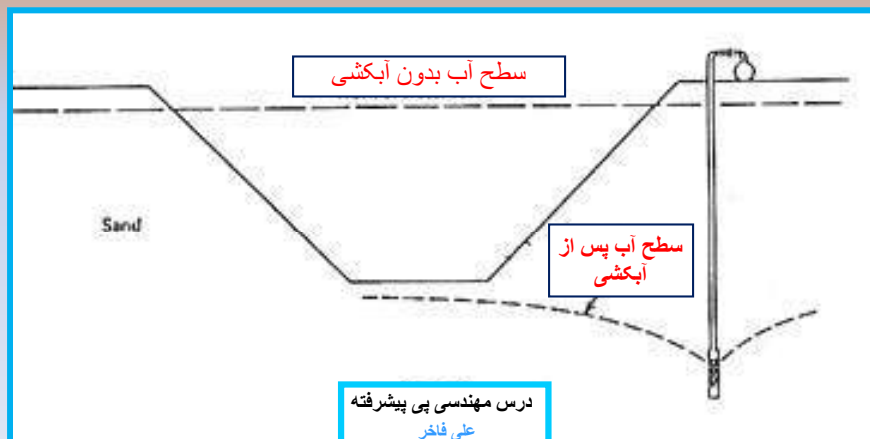
درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

افزون بر آبکشی گودها، آبکشی ترانشه های نصب
لوله های آب و فاضلاب در مناطق با سطح بالای آب
زیرزمینی، با چاههای نقطه ای بسیار متداول است



آبکشی ترانشه با چاههای نقطه ای نصب شده در یک سمت که به
دلیل عرض کم ترانشه مقدور است.

این روش در ماسه یکنواخت ممکن است.

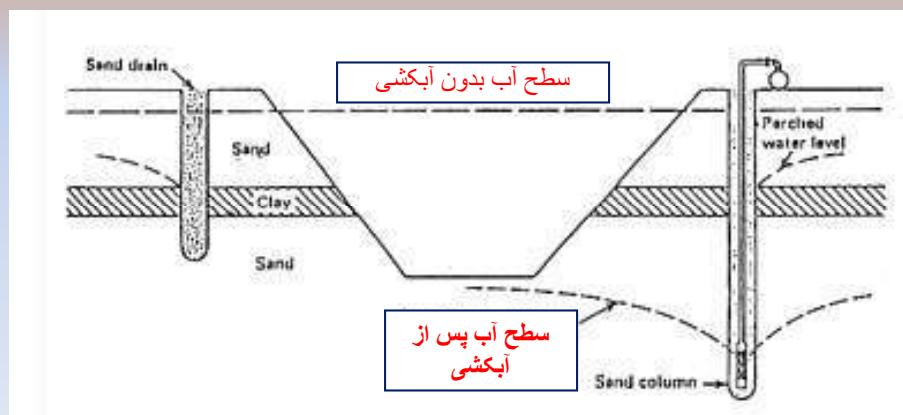


آبکشی ترانشه با چاههای نقطه ای نصب شده در یک سمت

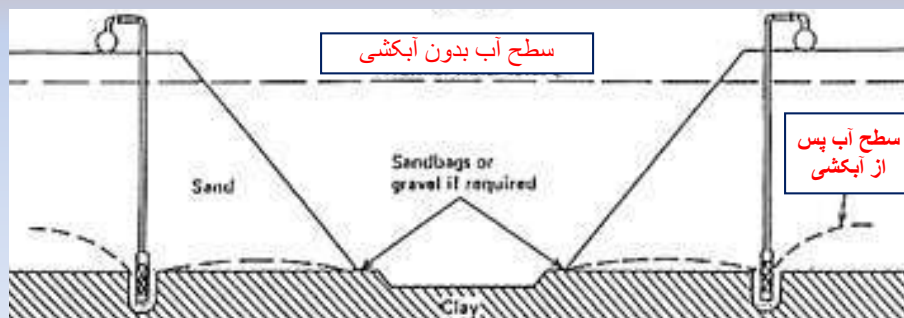


آبکشی ترانشه با چاههای نقطه ای نصب شده در یک سمت و زهکش ماسه ای در سمت دیگر

این روش در شرایطی که میان لایه رسی وجود دارد، ممکن است نیاز شود.

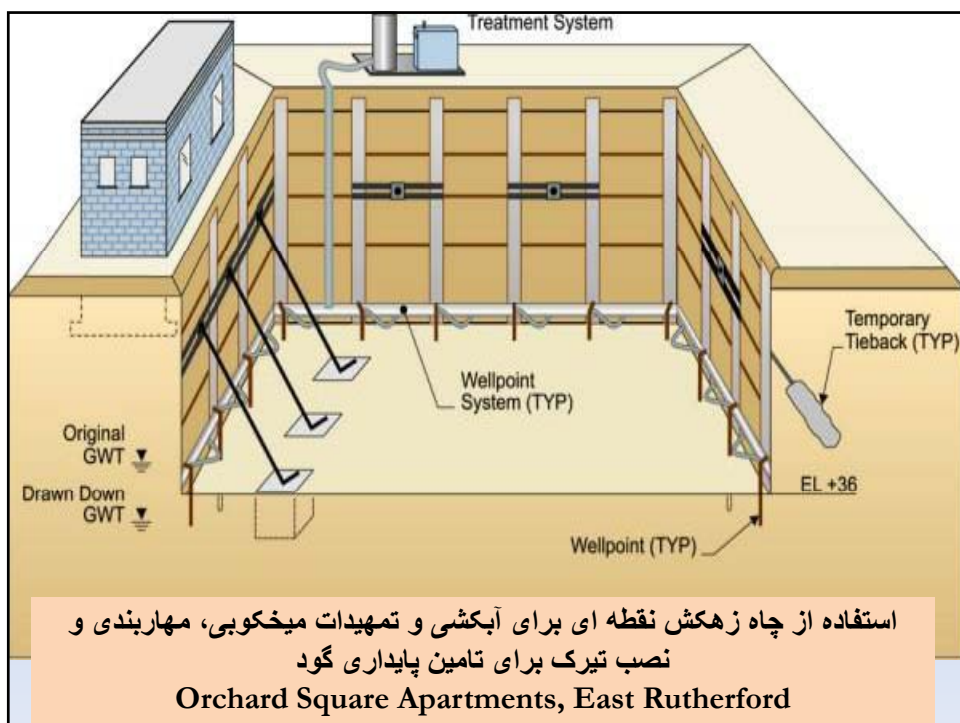


آبکشی ترانشه با چاههای نقطه ای نصب شده در دو طرف ترانشه
وجود رس در زیر کف ترانشه موجب نیاز به چاه نقطه ای در هر دو سمت
می شود.



آبکشی ترانشه با چاههای نقطه ای نصب شده
در دو طرف ترانشه





درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

اجرای مستقیم پی زیر سطح آب در حالت مغروق



ریختن مستقیم بتن ضدآب به منظور احداث پی

بتن ضد آب

❑ بتن ضد آب بتنی با ترکیبات و مواد خیلی خاص نیست.

❑ بتن ضد آب بسیار روان است و روی یک سطح افقی ۶:۱ یا ۸:۱ (یعنی ۶ افقی و ۱ قائم) به جریان می افتد.

❑ مواد شیمیایی ضد شستشو (Anti-Wash) برای بتن ضد آب توصیه شده است ولی ضروری نیست.

اشاره به بتن ضد آب در

BS 8004:1986

Code of practice for foundations

Sections 6, 8 and 9 relate to site operations and construction processes involved in foundation engineering

روشهای ریختن مستقیم بتن در زیرآب

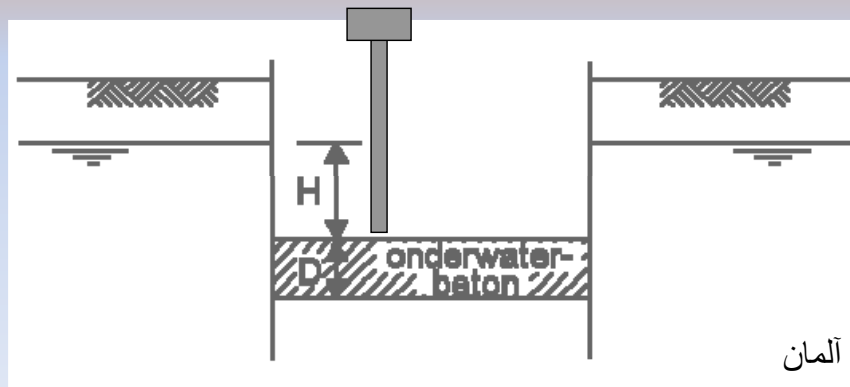
❑ لوله ترمی و قیف

- مشابه لوله و قیفهای مورد استفاده جهت بتن ریزی زیر بنتونیت در حفاری شمع های درجا است.

❑ لوله و پمپ

- بتن مناسب را می توان با پمپ کردن و ریختن از درون لوله نیز اجرا کرد و نیاز به لوله ترمی نمی باشد.

ریختن مستقیم بتن در زیرآب با لوله ترمی و قیف



تحقیق در مورد بتن ریزی در زیر آب در شرایط نیمه آزمایشگاهی (شرفی، ۱۳۸۰)





ریختن مستقیم بتن در زیرآب با لوله



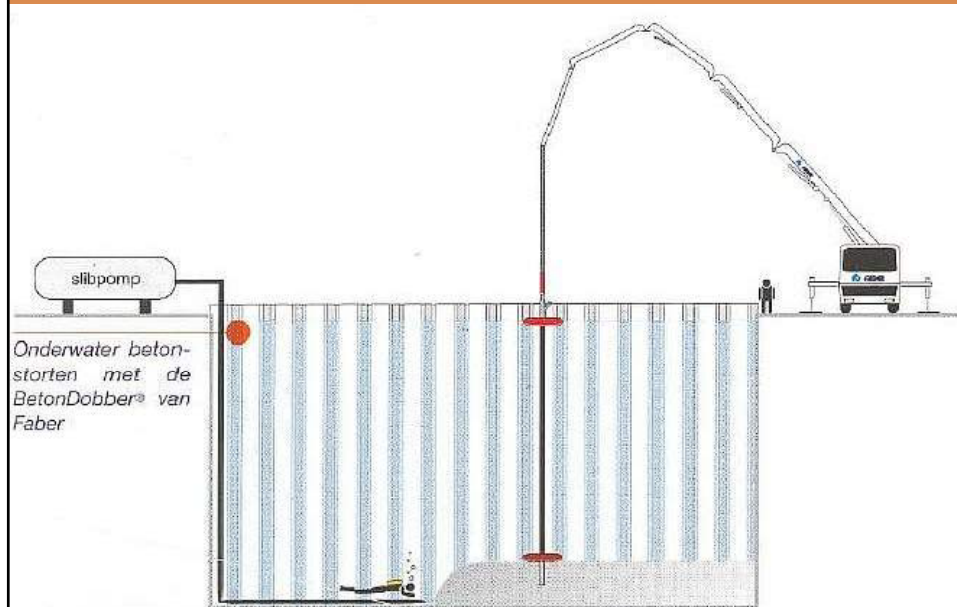
استفاده از پمپ بتن یا ملات

بتنی که فقط با ماسه و ذرات ریز ساخته شده است براحتی قابل پمپ کردن می باشد. توجه کنید که بتن حاوی سنگدانه های درشت را نمی شود پمپ کرد.



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

ریختن مستقیم بتن در زیر آب با لوله و پمپ



درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

ریختن مستقیم بتن در زیر آب با لوله و پمپ



گاهی فوم سیلیکاتی متراکم شده، ترکیبات
تیکسوتروپی مثل متوسل (Methocel) و ترکیبات
خمیری کننده در بتن ضد آب وجود دارد تا آب و
بتن تر مخلوط نشوند.



بتنی که مستقیم در زیر آب ریخته می شود باید خود
تراکم (Self Compacted) باشد لذا روان بودن
آن بسیار مهم است.



معرفی چند پایان نامه و مقاله در مورد گودبرداری و اجرای پی در زیر سطح آب

امرالهی، رضا (۱۳۷۹) "روشهای تحلیل و اجرای آبکشی از گودبرداریها و مطالعه موردی"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، فاخر، علی(راهنما)، دانشکده فنی دانشگاه تهران

کاظمی نژاد، سیدمهدی (۱۳۸۲). "بررسی اثر ناهمگنی‌ها بر دبی ورودی به گود"، پایان نامه کارشناسی ارشد، فاخر، علی (راهنما)، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

اصغری؛ ا، فاخر، ع، پهلوان، ب (۱۳۷۹) "جنبه های ژئوتکنیکی آبیگر پروژه پارس جنوبی" چهارمین کنفرانس بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، آبان ماه ۷۹، مجتمع بندری شهید رجایی، بندرعباس، مقاله ۱۶۲ در مجموعه مقالات CD.

شرفی، پژمان و فاخر، علی (۱۳۷۹) بتن ریزی مستقیم در زیر آب"، فصلنامه علمی و ترویجی ژئوتکنیک و مقاومت مصالح، سال هیجدهم، زمستان ۷۹، صفحات ۴۴ الی ۵۰

فاخر، علی، کاظمی نژاد، سید مهدی، امرالهی، مهرداد (۱۳۸۲) " درس هایی از برخی روش های تجربه شده در ایران برای گودبرداری زیر سطح آب، فصلنامه علمی – ترویجی ژئوتکنیک و مقاومت مصالح، سال بیستم، شماره ۹۳، صفحات ۵۷ الی ۶۹.

محمد ورامینی (۱۳۸۹) پایان نامه کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشکده فنی دانشگاه تهران

محسنین فر (۱۳۸۹) پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشکده فنی دانشگاه تهران

درس مهندسی پی پیشرفته
علی فاخر

چند مثال از احداث کانال دریایی با حجم زیاد خاکبرداری زیر آب

در اطراف اروند رود، نهرها
یا کانال های بسیاری از قدیم در خشکی حفر شده است
که دسترسی دریایی به اروند را تسهیل می کنند.



مثالی از حفر کانال های قابل کشتیرانی: کانال سوئز



کانال سوئز در مصر



حفر کانال سوئز توسط داریوش به اتمام رسید.



Suez Canal was completed
by [Darius I of Persia](#).

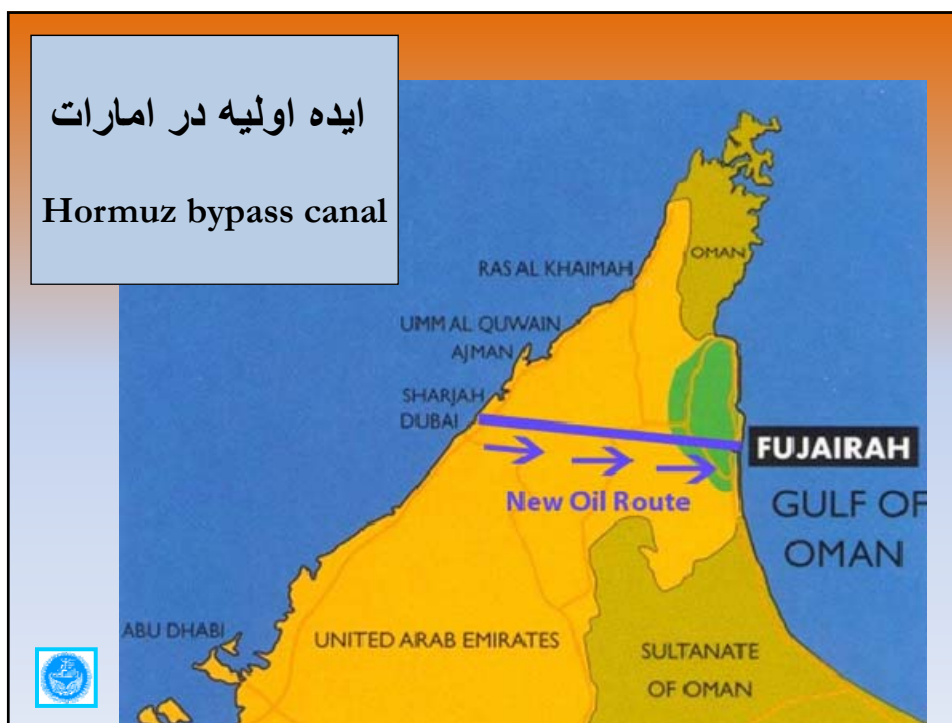
هرودوت:

[Darius](#)'s canal was wide
enough and required four
days to traverse.



ایده اولیه در امارات

Hormuz bypass canal



اجرای سازه های دریایی
علی فاخر



طرح ایده ای اولیه در ترکیه

Bosphorus bypass canal

