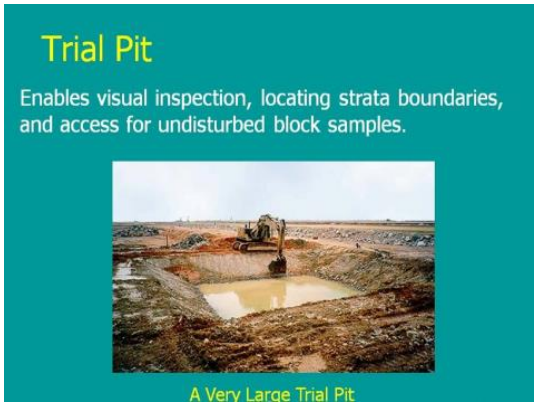
## مهمترین روش های حفاری

- **حفر چاله یا ترانشه آزمایشی (Trial Pit):**

معمولا عمقی کمتر از ۵ متر دارند. به جهت شناسایی لایه های سطحی خاک (به خصوص در پروژه هایی که باید در مسیر طولانی شناسایی لایه های سطحی انجام گیرد؛ مانند پروژه های راه یا آب و فاضلاب) و یا انجام آزمایشاتی مانند بارگذاری صفحه یا برش درجا بصورت سنتی و توسط مقنی حفر میشوند که در اینصورت همراه با حفر گالری افقی هم خواهند بود. همچنین میتواند توسط بیل مکانیکی یا ماشین آلات مشابه نیز حفر شوند. این نوع روش حفاری امکان اخذ نمونه دست خورده و دست نخورده را دارد. در این روش توسط بیل مکانیکی ترانشه ای به عرض ۱ متر یا حتی بیشتر را حفر میکنیم. گاها به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی، امکان حفر گمانه دستی به شکل چاه نداریم و اگر نتوانیم حفاری به شکل ماشینی انجام دهیم، این روش به ما کمک میکند تا سطح آب زیرزمینی، شناسایی های لازم و نمونه برداری ها را انجام دهیم. در پروژه هایی که برای ما مهم است که در سطح زمین با خاک دستی، مسئله دار یا خاک کشاورزی مواجه هستیم یا خیر، بسیار کارآمد است. و اگر با این موارد مواجه هستیم، تا چه عمقی وجود دارند.



- **حفر چاه دستی:**

به صورت سنتی و توسط مقنی، چاهی با عمق بیش از ۵ متر و تا حدود ۳۰ متر یا کمی بیشتر حفر میگردد. البته تا اعماق ۵۰ متر هم چاه حفر شده است؛ اما باید توجه داشت که با این کار، هم هزینه های حفاری بسیار بالا میرود و هم زمان زیادی برای این کار نیاز خواهیم داشت. مناسب ترین عمق برای این روش، ۲۰ لی ۲۵ متر میباشد.

گرچه در تمامی مراحل اکتشافات زیرسطحی، رعایت ایمنی بسیار مهم است، اما در این روش حفاری بسیار تاکید بیشتری میشود. در این روش امکان وقوع حادثه بسیار زیاد است. چراکه امکان سقوط عوامل پروژه و اطرافیان (به ویژه اطفال) در درون چاه وجود دارد. همچنین فرد مقنی در معرض خطر ریزش چاه، نرسیدن هوا و یا نشت گازهای سمی قرار دارد. بنابراین وجود پمپ هوا و تهویه و کلاه و لباس ایمنی بسیار مهم است. همچنین باید با کول های بتنی باید دیواره چاه پایدار گردد.

اگر عمق حفاری زیاد نباشد، این روش نسبت به روش ماشینی بسیار اقتصادی تر است. اگر امکان انتقال دستگاه حفاری ماشینی وجود نداشته باشد، این روش کارآمد است. این روش با محدودیت هایی مواجه است. مثلا اگر به سطح آب زیرزمینی یا لایه سنگی و سخت برخورد کنیم، بیشتر نمیتوانیم حفاری را انجام دهیم.

این روش دارای مزیت هایی است که در روش حفاری ماشینی وجود ندارد. در این روش با دقت بسیار بالایی (در حد چند سانتیمتر) مرز لایه ها و عمق آن ها مشخص میگردد. در این روش امکان انجام آزمایشاتی حین حفاری وجود دارد. ازجمله آزمایش دانسیته در محل (تعیین وزن مخصوص خاک در محل)، بارگذاری صفحه و برش درجا.

در آزمایش دانسیته در محل، ابزاری به نام Sand Bottle داریم که داخل آن ماسه استاندارد میریزیم و از طریق حفر چاله که میخواهیم در آن نقطه دانسیته را تعیین کنیم، وزن و حجم خاک داخل چاله را اندازه میگیریم. بنابراین با کمک ماسه استاندارد میتوان وزن مخصوص خاک داخل چاله را بدست آورد. ابعاد و ویژگی های این آزمایش به گونه ای است که فقط امکان انجام در گمانه دستی را دارد. قطر چاه دستی حدود ۸۰ الی ۱۲۰ سانتیمتر است. اما در گمانه های ماشینی قطر گمانه تقریبا ۲۰ سانتیمتر بوده و برای آزمایش دانسیته در محل بسیار کوچک است. این آزمایش از آن جهت مهم است که وزن مخصوص طبیعی خاک را به ما میدهد. در مواقعی که نیازمند هستیم تا خاک را مشابه حالت عادی اش بازسازی (Remold) کنیم، مثل آزمایش برش مستقیم، نتیجه آزمایش دانسیته در محل بسیار مهم است و اگر تمام گمانه ها ماشینی باشد، دچار اشکال خواهیم شد.

در آزمایش بارگذاری صفحه، در هر عمقی که خواستیم آزمایش را انجام دهیم، میبایست یک گالری افقی حفر کرده و با قرار دادن دستگاه بارگذاری صفحه بین کف و سقف گالری، نسبت به انجام آزمایش اقدام کنیم.

آزمایش برش درجا نیز مانند آزمایش بارگذاری صفحه، در گالری افقی انجام میگردد. این آزمایش مشابه آزمایش بارگذاری صفحه است؛ با این تفاوت که علاوه بر تنش قائم که به کمک سقف گالری تامین میگردد، یک تنش برشی نیز اعمال گردد که از طریق دیواره گالری تامین میگردد. آزمایش برش درجا مشابه آزمایش برش مستقیم آزمایشگاهی است با این تفاوت که در آزمایش برش درجا، ابعاد نمونه ۵۰×۵۰ (سانتیمتر) است اما در آزمایش برش مستقیم آزمایشگاهی ابعاد نمونه نهایتا ۳۰×۳۰ (سانتیمتر) است. همچنین نکته مهمتر اینکه در آزمایش برش درجا، پارامتر چسبندگی خاک با دقت بسیار بالاتری اندازه گیری میشود. چرا که با توجه به دست خوردگی نمونه در آزمایشگاه، سیمانتاسیون خاک طی فرآیند Remold باز نمیگردد.

در حفاری دستی مشابه تمامی حفاری های ماشینی، توسط نمونه گیر مخصوصی که به آن Core Cutter گفته میشود، امکان اخذ نمونه دست نخورده وجود دارد. این نمونه گیری از بدنه گمانه انجام میشود.

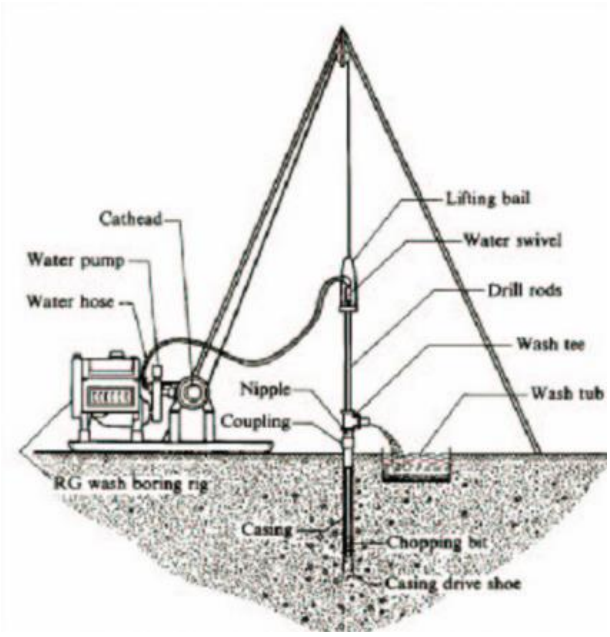
بنابراین تا جایی که امکان دارد، توصیه میشود به صورت تلفیقی هم از حفر چاه دستی و گمانه ماشینی استفاده گردد.

- **حفر گمانه با استفاده از دستگاه حفاری:**

در اکثر نقاط دنیا تجربه مطالعات ژئوتکنیک در خیلی از موارد چاره ای جز حفر گمانه بصورت ماشینی نداریم. چراکه معمولا با محدودیت هایی همچون بالا بودن سطح آب زیرزمینی، زمین های سفت و سخت، عمق زیاد گمانه مورد نیاز و ... روبرو هستیم.

در حفاری های ماشینی، همیشه ماشین هایی وجود دارند که از چهار قسمت اصلی تشکیل شده اند:

- موتور: بخشی که جهت انرژی مورد نیاز چرخاندن مته، نمونه گیرها و لوله های نگهدارنده جدار (Casing) استفاده میگردد.
- پمپ آب: جهت ایجاد یک جریان سیال (آب یا گل حفاری) بین محل حفاری و حوضچه ای در نزدیکی گمانه با دو هدف خنک کردن مته حفاری و خارج کردن مصالح حفر شده از گمانه به حوضچه کنار گمانه.
- دکل و چارچوب حفاری: شامل قاب نگهدارنده ادوات حفاری و قرقره ای است که میله و مته حفاری را جابجا میکند.
- تجهیزات حفاری: شامل میله حفاری، مته حفاری، نمونه گیرها و لوله نگهدارنده جدار و سایر ادوات که برای انجام آزمایشات برجای درون گمانه ای نیاز است.



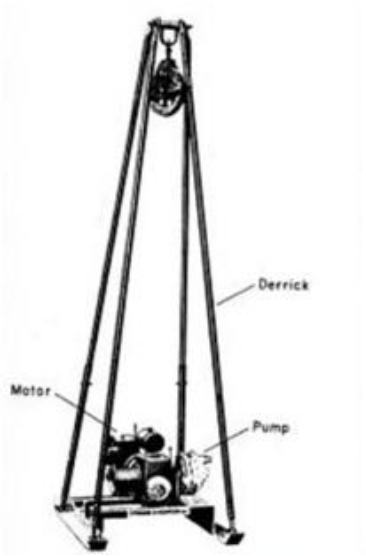

این تجهیزات حفاری بایستی به روش مناسبی به محل پروژه انتقال یابند. این روش ها عبارتند از:

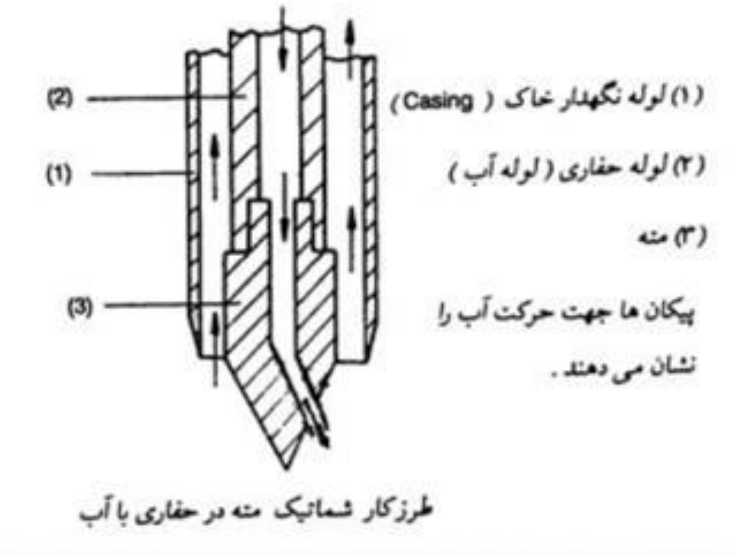
- حمل دستگاه توسط کامیون مخصوص که دستگاه حفاری بر روی آن نصب هستند (تا فواصل دور)
- حمل با جرثقیل (در فواصل نزدیک)
- وسیله نقلیه چرخ زنجیری (زمین های نرم و مسئله دار)
- انتقال بوسیله تیفور (برای زمین های شیبدار و دامنه تپه و کوه)
- انتقال با هلیکوپتر (برای مناطق صعب العبور)
- احداث راه دسترسی برای مناطقی که از خشکی فاصله دارند (سطح آب خیلی بالا نباشد؛ نهایتا تا عمق ۳-۴ متری)
- ایجاد نشیمن با استفاده از شناورهای مخصوص (Jack-up Barge) (برای مناطقی که سطح آب خیلی بالا است؛ تقریبا تا عمق ۱۰ متری و مواج نبودن آب)
- استفاده از کشتی ها و شناور های خاص و سیستم های لنگراندازی (برای مناطقی که وسط دریا و اقیانوس قرار دارند)

پس از انتقال دستگاه حفاری به محل مورد نظر، با یکی از روش های زیر حفاری انجام میشود:

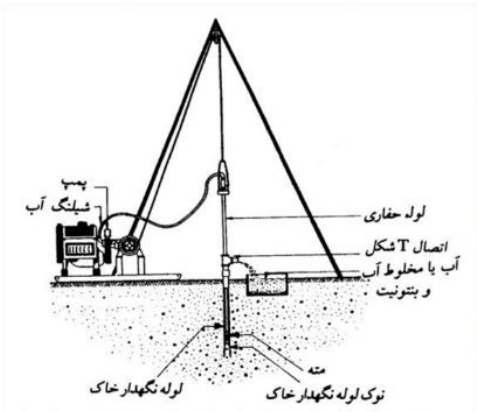
- **حفاری با آب (Wash Boring):** این روش بدون موتور حفاری انجام میشـــود. یک روش قدیمی اســـت که امروزه کمتر اسـتفاده میشـود. در این روش ابتدا لوله نگهدارنده (Casing) در زمین نرم از طریق ضـربه و فشـار کوبیده میشـود. معمولا طول اولیه این لوله حدود ۱ الی ۱.۵ متر انتخاب میشـود. سـپس پمپ آب فعال میشـود و آب را وارد میله حفاری میکنیم که آن را به سـمت مته حفاری هدایت میکند. با خروج پرفشـار آب از سـر مته، مشـابه کارواش ها مته شـروع به چرخش، بالا و پایین رفتن و ضـــربه زدن میکند. با اینکار محل مورد نظر را ســـوراخ و گود میکند. مخلوط خاک و آب خارج شـــده از مته از مجرای بین لوله نگهدارنده و مته خارج شـده و به سـطح زمین رانده میشـود و به داخل حوضـچه گل هدایت میگردد. برای تشـخیص اینکه چه چیزی حفاری شده است و جنس خاک چیست، با ته نشین کردن خاک و جداسازی آب، آن را بررسی میکنیم. فشار آب به گونه ای اسـت که ذرات ماسـه ای تا ریزدانه ای که سـیمانتاسـیون کمی دارند را از هم جدا کرده و به سـطح زمین منتقل کند. اما اگر خاک حاوی ذرات درشت مانند شن و سنگ باشد، فشار آب نمیتواند کارآمد باشد. پس این روش برای خاک های ریزدانه با تراکم کم و متوسط و ماسه های نسبتا سست قابل استفاده میباشد. چون آب زیادی استفاده میشود، پس از ته نشینی خاک در حوضچه، از آب آن دوباره در حفاری اسـتفاده میگردد. درصـورتی که عمق حفاری زیاد باشـد، غلظت این آب زیاد شـده و مخلوط آب و گل وارد چرخه حفاری میشود. این باعث میشود تا خطا در تشخیص لایه ها ایجاد شود. همچنین در اعماق زیاد، مخلوط گل حفاری طول میکشـد تا به سـطح زمین برسـد. و با توجه به محرک بودن میله حفاری، ثبت دقیق عمق و مشـخصـات لایه امکان پذیر نیست.

این روش برای زمانی که نیاز به نمونه دست نخورده داریم، توصیه نمیشود. زمانی که عمق حفاری زیادتر از طول لوله نگهدارنده میشود، به جای آب، از مخلوط آب و بنتونیت استفاده میکنیم.




طرزکار شماتیک مته در حفاری با آب



- **حفاری دورانی (Rotary Drilling):** در این روش با بهره گیری از نیروی موتور بسیاری از محدودیت های جنس خاک و عمق حفاری روش قبلی را برطرف میکنیم. به کمک نیروی دورانی و نیروی رو به پایین که توسط جک های قوی تامین میشود، حفاری و خرد کردن مصالح داخل گمانه را انجام میدهیم. به کمک نیروی دورانی تامین شده توسط بخش چرخاننده (Spindle)، مته و میله های متصل به آن را در درون گمانه امکان چرخش با سرعت بالا را فراهم میکنیم. این مجموعه باعث میشود تا بتوانیم حتی در سنگ هم به راحتی حفاری انجام دهیم. توسط شلنگ هایی آب به سمت سر مته هدایت میکنیم تا علاوه بر خنک کردن آن، مصالح حفر شده نیز بیرون رانده شود. در بیرون گمانه، این آب و مصالح خارج شده به سمت حوضچه ای هدایت میشود و آب جدا شده و دوباره در فرآیند حفاری مورد استفاده قرار میگیرد. در این روش مکانیزم فرو کردن مته بسیار تقویت شده است اما روند تشخیص لایه ها مشابه روش Wash Boring است. به همین دلیل بعضا به این روش Wash Boring میگویند. چرا که از همین سیستم آب برای تخلیه مصالح حفاری شده استفاده میگردد. اما باید توجه داشت که در روش Wash Boring اصلی، موتور فروبرنده نداریم. به همین دلیل در آن محدودیت هایی داریم.