

# راهنمای مطالعات پایه زمین شناسی مهندسی در پروژه‌های مهندسی آب

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

# راهنمای مطالعات پایه زمین‌شناسی مهندسی در پروژه‌های مهندسی آب

نشریه شماره ۱۸۰

معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۷۹

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۱/۰۰/۷۹

## فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها  
راهنمای مطالعات پایه زمین‌شناسی مهندسی در پروژه‌های مهندسی آب/ معاونت امور فنی،  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت نیرو، [طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور]. -  
تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۹.  
۵۹ ص: مصور. - (سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه  
شماره ۱۸۰) انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۱/۷۹/۰۰

ISBN 964-425-184-9

مربوط به دستورالعمل شماره ۵۴/۶۴۴۴-۱۰۲/۷۴۹۲ مورخ ۱۳۷۸/۱۱/۲۰  
کتابنامه: ص. ۵۹

۱. زمین‌شناسی مهندسی. ۲. آب - مهندسی. الف. ایران. وزارت نیرو. طرح تهیه  
استانداردهای مهندسی آب کشور. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی  
و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

ش. ۱۸۰ / ۲ س / ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-184-9

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۱۸۴-۹

راهنمای مطالعات پایه زمین‌شناسی مهندسی در پروژه‌های مهندسی آب  
تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۹

قیمت: ۵۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



شماره: ۱۰۲/۷۴۹۲-۵۴/۶۴۴۴	به تمامی دستگاه‌های اجرایی و مشاوران
تاریخ: ۱۳۷۸/۱۱/۲۰	
موضوع: راهنمای مطالعات پایه زمین‌شناسی مهندسی در پروژه‌های مهندسی آب	
<p>به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی این دستورالعمل از گروه <input type="text" value="دوم"/> مذکور در ماده هفت آیین‌نامه در <input type="text" value="یک"/> صفحه صادر می‌گردد. تاریخ مندرج در ماده ۸ آیین‌نامه در مورد این دستورالعمل <input type="text" value="۱۳۷۹/۳/۱"/> می‌باشد. به پیوست نشریه شماره ۱۸۰ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "راهنمای مطالعات پایه زمین‌شناسی مهندسی در پروژه‌های مهندسی آب" ابلاغ می‌گردد. دستگاه‌های اجرایی و مشاوران می‌توانند مفاد نشریه یاد شده و دستورالعمل‌های مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.</p> <p>محمدعلی نجفی معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه</p>	

## پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب فوق و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بوجه (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبرتهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از اساتید محترم دانشگاه صنعتی اصفهان برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها

زمستان ۱۳۷۸

## ترکیب اعضای کمیته

اسامی اعضای کمیته زمین‌شناسی مهندسی طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور که در تهیه این استاندارد همکاری کرده‌اند به شرح زیر است :

خانم فیروزه امامی      طرح تهیه استانداردهای مهندسی      فوق‌لیسانس زمین‌شناسی  
آب کشور

آقای رسول بنی‌هاشمی      شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس      فوق‌لیسانس مهندسی معدن

آقای فریدون بهرامی سامانی      شرکت مهندسین مشاور تماوان      فوق‌لیسانس زمین‌شناسی مهندسی

آقای عباس رادمان      سازمان مدیریت منابع آب ایران      فوق‌لیسانس مهندسی معدن

آقای حسن عباسی      کارشناس آزاد      لیسانس زمین‌شناسی

آقای حسن مدنی      دانشگاه صنعتی امیرکبیر      فوق‌لیسانس مهندسی معدن

همچنین زنده یاد آقای دکتر صالحی‌راد (از تاریخ ۶۸/۹/۱ لغایت ۷۱/۸/۲۰) در تهیه این نشریه با کمیته زمین‌شناسی همکاری کرده‌اند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	۱- توصیف گستره طرح از دیدگاه زمین شناسی
۳	۱-۱ کلیات
۳	۲-۱ زمینریختشناسی
۵	۳-۱ سنگ چینه شناسی
۵	۴-۱ زمینساخت
۶	۵-۱ هیدروژئولوژی
۸	۲- توصیف محدوده ساختگاه از دیدگاه زمین شناسی مهندسی
۸	۱-۲ سنگ چینه شناسی
۹	۲-۲ زمینساخت
۹	۳-۲ تاثیر احداث سازه بر روی پایداری شیبها
۹	۴-۲ هیدروژئولوژی
۱۰	۳- نقشه‌ها و برشهای زمین شناسی مهندسی
۱۰	۱-۳ کلیات
۱۱	۲-۳ تعریف نقشه زمین شناسی مهندسی
۱۱	۳-۳ طبقه‌بندی نقشه‌های زمین شناسی مهندسی
۱۳	۴-۳ شیوه‌های گردآوری و تفسیر داده‌ها
۱۴	۵-۳ شرایط ویژه لازم برای تهیه نقشه‌های زمین شناسی مهندسی
۱۶	۶-۳ شیوه‌های ویژه برای تهیه نقشه‌های زمین شناسی مهندسی
۲۲	۷-۳ تجزیه و تفسیر داده‌ها
۲۳	۸-۳ نمایش داده‌ها بر روی نقشه‌های زمین شناسی مهندسی
۲۷	۹-۳ مقیاس نقشه‌های زمین شناسی مهندسی
۲۸	۱۰-۳ نمایش سه بعدی بر روی نقشه‌ها
۲۹	۱۱-۳ مقاطع زمین شناختی مهندسی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۰	۴- حفاریهای اکتشافی
۳۰	۱-۴ کلیات
۳۰	۲-۴ شناخت ویژگیهای پی های نقطه ای
۳۳	۳-۴ شناخت ویژگیهای پی سازه های نواری
۳۴	۴-۴ شناخت ویژگیهای زمین شناسی مهندسی تونلها و مغارها
۳۷	۵-۴ شناخت ویژگیهای پی سدها
۳۹	۶-۴ شناخت ویژگیهای پی سازه های جنبی سد
۳۹	۷-۴ شناخت ویژگیهای پی سدهای انحرافی
۳۹	۸-۴ شناخت ویژگیهای پی منابع قرضه
۴۳	۵- تهیه نمودار کاوشهای زیرسطحی
۴۳	۱-۵ کلیات
۴۳	۲-۵ تهیه نمودار گمانه ها
۴۸	۳-۵ تهیه نمودار چاهکها
۵۱	۴-۵ تهیه نمودار گالریها و شافتها
۵۲	۶- برداشت ناپیوستگیها در توده های سنگی
۵۲	۱-۶ تعریف ناپیوستگی
۵۲	۲-۶ انواع ناپیوستگیها
۵۳	۳-۶ اهمیت ناپیوستگیها در توده سنگها
۵۳	۴-۶ برداشت ناپیوستگیها
۵۹	۷- منابع و مآخذ



به منظور برداشت اولین قدم در توسعه مطالعات زمین‌شناسی مهندسی در ارتباط با طراحی سازه‌های بزرگ و به‌خصوص سازه‌های آبی، تهیه راهنمای مطالعات این قسمت از مهندسی زیربنایی در دستور کار طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور قرار گرفت.

به‌طور کلی در ارتباط با محیط زمین‌شناختی<sup>۱</sup>، طراحی و احداث هر نوع سازه‌ای در طبیعت باید به‌گونه‌ای انجام شود که تعادل متقابل بین سازه و شرایط زمین‌شناسی به وجود آید. برای حصول به این هدف، دو موضوع زیر اهمیت بیشتری دارد:

الف: شناخت کامل تمامی عوامل سازه‌مورد طراحی و اجرا از جمله عوامل استاتیکی، دینامیکی، زیست محیطی، تاثیرات شیمیایی و... موثر بر محیط.

ب: شناخت محیط زمین‌شناسی از جمله عوامل شکل‌دهنده آن نظیر شکل‌گیری اولیه، عوامل تکتونیکی، تاثیرات عوامل جوی و آبشناسی<sup>۲</sup> بر آن و شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی و تاثیر آنها بر روی سازه مورد نظر.

مورد اول توسط طراح سازه مشخص می‌شود که به عنوان داده برای برنامه‌ریزی مطالعات زمین‌شناسی مهندسی به کار گرفته می‌شود و مورد دوم با کوشش مهندس زمین‌شناس و براساس روشهای مختلف اکتشافی در مرحله طراحی به دست می‌آید.

کلیه پارامترهای اساسی و مشخصه‌ها و ویژگیهای زمین‌ساختی، ژئومکانیکی و ایمنی زمین به علت وجود گسل‌های مهم و لایه‌های ضعیف و دگرسان شده، ریزشها و لغزشها، مناطق تراوا (نفوذپذیر)، مناطق انحلال‌پذیر، با عملیات صحرائی و آزمایشگاهی شناسایی و تهیه می‌شوند. نهایتاً اطلاعات مورد نیاز طرح و اجرا با دقت کافی به منظور حصول به اهداف مورد نظر از این طریق تامین می‌شود. هر قدر اطلاعات به دست آمده دقیق تر باشد، به همان نسبت طراح می‌تواند با هزینه کمتر و اطمینان بیشتری، طرح خود را ارائه دهد و اجرا کند.

بیان این نکته ضرورت می‌یابد که مطالعه زمین‌شناسی عمومی مستقل از فعالیت سایر علوم و فنون در منطقه مورد مطالعه است، در حالی که فعالیت زمین‌شناسی مهندسی با توجه به هدف طرح از نظر اجرایی نظیر احداث راهها و سازه‌های وابسته به آن، سازه‌های آبی، آبهای زیرزمینی، زمینلرزه و... محدود و متمرکز می‌شود. بدیهی است که در پاره‌ای از موارد، هدف مطالعات می‌تواند در ارتباط با دو یا سه و چند جزء از مجموعه یاد شده باشد.

روش تهیه اطلاعات و داده‌هایی که ما را به هدف نزدیک می‌کند نیز متغیر است به طوری که در شناخت هیدروژئولوژی منطقه می‌توان از تهیه نقشه تا حفاری و ژئوفیزیک را به کار گرفت و در شناخت پارامترهای کیفی خاک و سنگ، حفاری و نمونه‌برداری و بررسیهای آزمایشگاهی را باید وارد عمل کرد.

فصل اول و دوم این استاندارد به صورت کلی است و حدود و ثغور آن برای مراحل مختلف مطالعاتی را می‌توان از استانداردهای مراحل مختلف مطالعات ژئوتکنیک (استانداردهای شماره ۵۰ - الف ، شماره ۸۷ - الف و شماره ۱۰۹ - الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) تعیین کرد.

## ۱- توصیف گستره طرح از دیدگاه زمین شناسی مهندسی

گستره طرح محدوده‌ای است که کلیه عوامل زمین شناسی موثر بر طرح را در برمی‌گیرد.

### ۱-۱ کلیات

- موقعیت جغرافیایی: نسبت به استان، فاصله مستقیم از نزدیکترین شهر، راههای دسترسی و نوع آن
- اقلیم جغرافیایی: وضعیت کلی آب و هوایی، دمای حداکثر و حداقل
- ارتفاعات منطقه: ذکر ارتفاعات، بلندی بیشینه و کمینه منطقه
- موقعیت کلی زمین شناسی: منطقه<sup>۱</sup> یا مناطق اصلی زمین شناسی، ویژگیهای کلی منطقه

### ۲-۱ زمینریختشناسی<sup>۲</sup>

#### ۱-۲-۱ وضعیت کلی

کوهستانی، نیمه کوهستانی، تپه ماهوری، دشت، چگونگی گسترش و نسبت هر یک در کل محدوده، میانگین ارتفاع هریک

#### ۲-۲-۱ ریخت زمین

پرتگاهها، شیب دامنه ها، الگوی آبراهه‌ها، شکل دره ها، همواری و احیاناً آبخیز بودن زمینهای پست

#### ۳-۲-۱ عوامل کنترل کننده

##### الف - عوامل اولیه

- سنگ شناسی: چگونگی همبستگی عوارض زمینریختی با انواع سنگها، نوع سنگ، درجه استحکام
- ساختاری: چگونگی همبستگی عوارض زمینریختی با انواع ساختها، چین ها در برابر ارتفاعات و دره‌ها (کوههای تاقدیسی و دره‌های ناودیسی و بالعکس)، دره‌های گسلی، مناطق فروافتاده
- آتشفشانی: ریختهای ویژه ناشی از فعالیت آتشفشانی، نقش آتشفشانی در ریختشناسی<sup>۳</sup> گستره طرح

1- Zone

2 - Geomorphology

3 - Morphology

## ب - عوامل ثانویه

- هوازدگی: درجه، گسترش و عمق هوازدگی، عوامل موثر در هوازدگی اعم از فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی
- دگرسانی: درجه، گسترش و عمق دگرسانی، عوامل موثر در تشکیل آن اعم از فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی
- قابلیت انحلال سنگها اعم از کربناته و غیرکربناته: علل و شدت انحلال، فراوانی و عمق حفره ها، ارتباط آنان با یکدیگر در عمق

### ۴-۲-۱ زمینریختهای فرسایشی<sup>۱</sup>

- فرسایش و رسوبخیزی: بررسی عوامل چیره فرسایش و آهنگ رسوبخیزی منطقه
- پهنه های آبرفتی: پهنای بستر رودخانه ها و آبراهه ها، درجه گردشگری و دانه بندی مواد به طور کلی، برآورد ضخامت
- پادگانه های آبرفتی: شمار، بلندی هر یک نسبت به یکدیگر و از بستر رودخانه، درجه گردشگری و دانه بندی مواد به طور کلی، برآورد ضخامت
- بادرفتها: گسترش، منشاء، برآورد ضخامت
- یخرفتها: چگونگی تشکیل، گسترش، مواد متشکله از نظر ابعاد

### ۵-۲-۱ جابه جایی گرانشی<sup>۲</sup>

- پهنه های آبستتی: منشاء و گسترش، درجه زاویه داری یا گردشگری مواد، برآورد ضخامت
- سنگ ریزش: منشاء و گسترش، اندازه بلوکها به طور کلی، برآورد ضخامت
- واریزه<sup>۳</sup>: منشاء و گسترش، اندازه بلوکها به طور کلی، برآورد ضخامت
- گلروان<sup>۴</sup>: منشاء و گسترش، پویایی کنونی

### ۶-۲-۱ پایداری شیبها

- وضعیت کنونی شیبها: احتمال ناپایداری و لغزش در توده های سنگی و خاکی به طور فصلی یا به طور کلی
- زمینلغزه های پویا<sup>۵</sup>: منشاء، ریختشناسی و گسترش، چگونگی پویایی کنونی و پیش بینی وضعیت آینده
- زمینلغزه های کهن: منشاء، ریختشناسی و گسترش، احتمال پویایی، درصد رخداد زمینلغزه، بالا آمدن سطح ایستابی و غیره

---

1- Erosional features

2- Gravitational displacement

3- Slump

4- Mad flow

5- Active landslid

### ۳-۱ سنگ چینه شناسی<sup>۱</sup>

- ۱-۳-۱ واحدهای سنگ چینه شناسی برحسب سازند یا بخشبندی محلی
- ۲-۳-۱ چگونگی گسترش واحدهای یاد شده، تغییر رخساره<sup>۲</sup>
- ۳-۳-۱ شکل پیروزدگی در مورد سنگهای آذرین
- ۴-۳-۱ جزئیات سنگ شناختی<sup>۳</sup> هر یک از واحدها شامل جنس، رنگ، ضخامت لایه بندی و ضخامت کلی
- ۵-۳-۱ تقسیم بندی سنگ شناختی بر پایه ویژگیهای فیزیکی - شیمیایی
- ۶-۳-۱ ستون چینه شناسی محدوده طرح
- ۷-۳-۱ نوع و درجه دگرگونی و چگونگی همبستگی با فازهای تکتونیکی (مراحل زمینساختی)

### ۴-۱ زمینساخت

- ۱-۴-۱ تاریخچه تحولات زمینساختی، مراحل زمینساختی بنیادی و نقش آنها در گستره طرح
- ۲-۴-۱ ساختار کلی محدوده، ایالات و مناطق ساختاری
- ۳-۴-۱ ویژگیهای ساختاری

الف - ویژگیهای کلی:

چیرگی چین خوردگی یا گسلش، شدت فعالیت های زمینساختی

ب - چین خوردگی:

نوع چین، راستا و میل، سازندهای لایه های تشکیل دهنده آنها و مرکز چین

ج - گسلش:

راستا، شیب، نوع، مقدار جابه جایی، سازندهای همبر شده<sup>۴</sup>، پهنای منطقه گسلیده، نوع و انسجام و استحکام مواد پرکننده، چگونگی همبستگی با گسلهای اصلی

1 - Lithostratigraphy

2- Facies

3 - Lithological

4- Contact formations

#### ۴-۴-۱ درزه ها

- چگونگی درزه‌داری منطقه، شدت و گسترش در نواحی گوناگون با توجه به ساختار و سنگ شناسی
- سیستم درزه‌ها و مشخصات کلی آنها بر پایه اندازه‌گیری تصادفی<sup>۱</sup>
- چگونگی همبستگی درزه‌ها با ساختار کلی منطقه

#### ۵-۴-۱ شیستواری<sup>۲</sup> و تورق<sup>۳</sup>

روندهای چیره، همبستگی با مراحل دگرگونی و زمینساختی منطقه

#### ۶-۴-۱ خطواره‌ها<sup>۴</sup>

روندهای چیره، چگونگی همبستگی با ساختار کلی منطقه

#### ۷-۴-۱ نوزمینساخت و دگرریختهای کوتاه‌تر<sup>۵</sup>

- زمینه‌های کلی زمینساخت جوان و ویژگیهای ریخت زمینساخت منطقه
- گسلهای کوتاه‌تر، افزون بر موارد فوق، سن احتمالی گسله‌ها با توجه به نهشته‌های<sup>۶</sup> همبرشده
- شیب‌داری<sup>۷</sup> نهشته‌های جوان، جهت و مقدار شیب

#### ۵-۱ هیدروژئولوژی<sup>۸</sup>

- بررسیهای هیدروژئولوژی منطقه، گردآوری و تجزیه و تحلیل آمار و داده‌های موجود منطقه

---

1 - Random

2- Schistosity

3 - Foliation

4 - Lineation

6- Deposit

7 - tilting

8- Hydrogeology

۵- دگر ریختهای جوان مربوط به دوره آخر زمین‌شناسی

## ۱-۵-۱ منابع کوهستانی

- موقعیت و آبدهی<sup>۱</sup> چشمه‌ها، همبستگی با ساختار منطقه، ترکیب شیمیایی
- ابعاد و چگونگی گسترش منابع کارستی، همبستگی با سنگ شناسی<sup>۲</sup> و ساختار منطقه، منابع احتمالی تغذیه

## ۲-۵-۱ منابع دشتهای

- وضعیت سطح ایستابی، آبدهی چاهها و قنات، کیفیت آبها و ضرایب هیدرودینامیکی (آب پویایی) آبخوانها

## ۲- توصیف محدوده ساختگاه از دیدگاه زمین شناسی مهندسی

### ۱-۲ سنگ چینه شناسی

#### ۱-۱-۲ نهشته های جوان

- چگونگی گسترش و بخشبندی بر حسب نحوه تشکیل بستر سیلابی، پادگانه آبرفتی، واریزه، نهشته های دامنه ای، بادبزن آبرفتی، بادرفت، یخرفت
- اندازه دانه ها، دانه بندی چیره - دیگر اندازه ها، درصد فراوانی هر یک در واحد مورد تشریح
- جنس دانه ها، سنگ شناسی، درصد فراوانی هر یک از گونه های سنگ در واحد آبرفتی
- هوازگی یا دگرسانی، شدت هوازگی یا دگرسانی دانه ها، درصد فراوانی هر یک
- شدت فرسایش، درجه گردشگری یا گوشه داری، درصد فراوانی هر یک در واحد مورد تشریح
- استحکام و تراوایی، برآورد استحکام مواد ریزدانه، تراوایی واحد آبرفتی بر پایه دانه بندی موجود
- مقاومت برشی، برآورد چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی واحد آبرفتی
- سیمانبندی، نوع سیمان، درصد مواد متشکله، هوازگی، برآورد استحکام سیمان

#### ۲-۱-۲ سازندهای کهنسال

- چگونگی گسترش سازندها یا واحدهای سنگی، موقعیت ساختگاه نسبت به آنها
- سن نسبی سازندها یا واحدهای سنگی
- جزئیات سنگ شناختی شامل: اندازه، نوع و شکل دانه ها و کانیهای تشکیل دهنده، درصد آمیختگی، بافت، ساخت و نام دقیق سنگ
- مشخصات لایه بندی
- درجه و گسترش هوازگی یا دگرسانی، برآورد عمق
- درجه و گسترش پدیده انحلال، برآورد عمق
- برآورد استحکام مکانیکی و مقاومت در مقابل عوامل شیمیایی هر یک از سازندها یا واحدهای سنگی
- تاثیر متقابل پی سنگ و سازه از نظر پایداری و آبگذری



## ۲-۲ زمینساخت

- ۱-۲-۲ کلیات ساختاری محدوده ساختگاه، چیرگی چین خوردگی یا گسلش
- ۲-۲-۲ شدت چین خوردگی، نوع چینها، روند محوری، میل چین
- ۳-۲-۲ چگونگی راستای لایه ها، دامنه تغییرات و علل آن
- ۴-۲-۲ چگونگی شیب لایه ها، دامنه تغییرات و علل آن
- ۵-۲-۲ شدت، نوع و چگونگی کارکرد گسلش، مقدار جابه جایی، راستا و شیب و تغییرات آنها در مسیر گسل، پهنای منطقه خردشده، جنس و استحکام و آنگذری مواد پرکننده، آبداری منطقه گسله
- ۶-۲-۲ درزه ها، اندازه گیری و توصیف نظامدار<sup>۱</sup> مطابق دستورالعمل
- ۷-۲-۲ اندازه گیری خطوارگی و شیستواری
- ۸-۲-۲ اثر متقابل زمینساخت و سازه از نظر پایداری و آنگذری

## ۳-۲ بررسی اثر احداث سازه بر روی پایداری شیبها

- ۱-۳-۲ بررسی وضعیت موجود شیبهای سنگی
- ۲-۳-۲ بررسی وضعیت موجود شیبهای خرده سنگی و خاکی
- ۳-۳-۲ پیامدهای پی کنی و ایجاد شیروانی بر پایداری زمین

## ۴-۲ هیدروژئولوژی

- ۱-۴-۲ موقعیت چشمه ها، آبدهی و کیفیت آنها
- ۲-۴-۲ سطح ایستابی بر پایه وضعیت سطحی و چاههای مشاهده ای
- ۳-۴-۲ اثرات متقابل وضعیت هیدروژئولوژی و احداث سازه از دیدگاه پایداری و آب بندی

هدف از مطالعات، بررسی و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی، فراهم کردن اطلاعات لازم برای طراحان است که برپایه آن بتوانند در ایجاد سازه‌های مهندسی و توسعه کشور، هماهنگی با زمین‌شناسی محیطی را به بهترین وجه ممکن رعایت کنند. بدون این هماهنگی، هرگونه سازه مهندسی اعم از راهها، پل‌ها، سدها، تونلها و مجتمع‌های بزرگ مسکونی و صنعتی و معادن بزرگ، غالباً در حد قابل ملاحظه‌ای در تعادل دینامیکی محیط زمین شناختی، اخلاص ایجاد خواهد کرد. این امر ممکن است به پیامدهای زیانباری بیانجامد که نه تنها بر جنبه اقتصادی و طول عمر سازه بلکه بر ایمنی آن نیز، اثر سوء بگذارد. محیط زمین شناختی، سیستم دینامیکی بسیار پیچیده‌ای است که از اجزای گوناگون، تشکیل یافته است. به هنگام کارهای ساختمانی و یا دیگر فعالیتهای مهندسی این سیستم را نمی‌توان در کلیت خود مورد بررسی قرار داد. با استفاده از شیوه تحلیل مدلی، باید تصویر ساده شده‌ای از این سیستم ساخته شود و تنها آن جنبه‌هایی از محیط زمین شناختی را در برگیرد که از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی از اهمیت تعیین‌کننده‌ای برخوردارند. عمده‌ترین این جنبه‌ها، توزیع و خواص سنگها، خاکها، آب زیرزمینی، ویژگیهای پستی و بلندی زمین و فرآیندهای پویایی<sup>۱</sup> کنونی است. یک نقشه زمین‌شناسی مهندسی با نشان دادن توزیع و ارتباط مکانی این اجزای اساسی، می‌تواند تاریخچه و نیز دینامیک پیدایش و گسترش شرایط زمین‌شناسی مهندسی را منعکس سازد. به کمک چنین نقشه‌ای می‌توان تاثیر محیط را بر سازه‌های مهندسی پیش‌بینی کرد و نیز می‌توان پیش‌بینی کرد که تاثیر این سازه‌ها در محیط به چه صورت خواهد بود. در نظام اطلاعاتی زمین‌شناسی مهندسی، این نقشه‌ها در موقعیت کلیدی جای دارند و از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی را می‌توان برای منظوره‌های گوناگون تهیه کرد. همچنین این نقشه‌ها را می‌توان در مراحل اولیه و میانی و نهایی طراحی سازه‌های آبی و سایر سازه‌ها به کار برد. ابعاد، مقیاس و دقت نقشه‌ها بسته به هدف آنها متفاوت است. همچنین می‌توان ویژگیهای طبیعی گوناگونی را برای تهیه نقشه انتخاب و آنها را از جنبه‌های متفاوتی ارزیابی کرد. در تهیه این نقشه‌ها مانند سایر نقشه‌ها، باید از برخی قراردادها پیروی کرده و تا حدودی استاندارد ویژه‌ای را در نظر داشت.

## ۲-۳ تعریف نقشه زمین شناسی مهندسی

نقشه زمین شناسی مهندسی نوعی نقشه زمین شناسی است که نمایش تعمیم یافته‌ای از همه سازندهای محیط راکه در برنامه‌ریزی کاربردی زمین و در طراحی، ساختمان و نگهداری سازه‌ها در مهندسی راه، ساختمان، معدن و سازه‌های هیدرولیکی اهمیت دارند، فراهم می‌آورد. ویژگیهای زمین شناختی که در نقشه‌های زمین شناسی مهندسی نمایش داده می‌شود عبارتند از:

۳-۲-۱- ویژگی سنگها و خاکها، شامل توزیع، آرایش چینه‌شناسی و زمینساختی، سن، خاستگاه سنگ شناسی،

حالت فیزیکی و خواص فیزیکی و مکانیکی آنها

۳-۲-۲- شرایط هیدروژئولوژی، شامل توزیع خاکها و سنگهای آبدار، مناطق دارای ناپیوستگی باز اشباع از آب،

عمق سطح ایستابی و میزان نوسان آن، مناطق دارای آب تحت فشار و سطح پیرومتریک آنها، ضریب

ذخیره، جهت جریان، چشمه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، حدود و دوره تناوب سیل‌ها، pH، شوری و

خورندگی

۳-۲-۳- شرایط زمینریختشناسی، شامل عوارض سطحی و عناصر مهم پستی و بلندی

۳-۲-۴- پدیده‌های زمین پویایی، شامل فرسایش و رسوبگذاری، پدیده‌های بادی، یخ بست ماندگار خاک<sup>۱</sup>،

جنبش شیب‌ها، تشکیل شرایط کارستی، فروشست<sup>۲</sup>، فرونشست<sup>۳</sup>، تغییرات حجمی خاک، داده‌هایی

درباره پدیده‌های مربوط به زمینلرزه از جمله گسل‌های فعال<sup>۴</sup>، جنبش‌های زمینساختی ناحیه‌ای کنونی و

فعالیت‌های آتشفشانی

نقشه‌های زمین شناسی مهندسی باید شامل مقاطع تفسیری، یک متن توضیحی و نشانه نما<sup>۵</sup> باشد. همچنین باید داده‌های مستندی راکه برای تهیه نقشه گردآوری شده است، دربرگیرد. برای نمایش همه این اطلاعات گاهی ممکن است به بیش از یک برگ نقشه نیاز باشد.

## ۳-۳ طبقه‌بندی نقشه‌های زمین شناسی مهندسی

این نقشه‌ها را می‌توان بر حسب، منظور، محتوا و مقیاس طبقه‌بندی کرد.

1- Permafrost

2 - Suffusion

3- Subsidence

4- Active fault

5- Legend

### ۳-۳-۱ برحسب منظور

الف - نقشه‌های با کاربرد ویژه

ب - نقشه‌های چندمنظوره

### ۳-۳-۲ برحسب محتوا

الف - نقشه‌های تفکیکی:

این نقشه‌ها یکی از عوامل زمین‌شناسی را ارزیابی می‌کند، برای نمونه، نقشه درجه هوازدگی

ب - نقشه‌های جامع:

که بر دو نوع است: نقشه‌هایی که همه عوامل اصلی تشکیل‌دهنده محیط زمین‌شناسی مهندسی را نمایش می‌دهند و نقشه‌های منطقه بندی زمین‌شناسی مهندسی که واحدهای ناحیه‌ای را بر پایه همشکلی شرایط زمین‌شناسی مهندسی ارزیابی و طبقه‌بندی می‌کنند.

ج - نقشه‌های تکمیلی:

شامل نقشه‌های زمین‌ساختی، زمینریختشناسی، خاکشناسی، ژئوفیزیکی، هیدروژئولوژی و... این نقشه‌ها داده‌های پایه‌ای را در بردارند که گاهی جزء سری نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی ارائه می‌شود.

د - نقشه‌های کمکی:

داده‌های مربوط به واقعیت‌های موردنظر را نمایش می‌دهند، مانند نقشه‌های هم ضخامت

### ۳-۳-۳ برحسب مقیاس

الف - نقشه‌های کوچک مقیاس

ب - نقشه‌های میان مقیاس

ج - نقشه‌های بزرگ مقیاس

در نقشه‌های کوچک مقیاس داده‌های نقطه‌ای درباره سیمای زمین‌پویایی را می‌توان به وسیله نمادها نشان داد. در نقشه‌های میان مقیاس باید مناطق بروز سیمای زمین‌پویایی مشخص شود و هر جا که امکان‌پذیر باشد، باید محدوده هریک از سیمایها نشان داده شود.

در نقشه‌های بزرگ مقیاس مرزهای واقعی هریک از سیماها نمایش داده شده و هر جا که ممکن باشد ساختار درونی آنها را باید نشان داد.

### ۳-۴ شیوه‌های گردآوری و تفسیر داده‌ها

تهیه نقشه زمین‌شناسی مهندسی وجوه مشترک بسیاری بانقشه زمین‌شناسی دارد زیرا که هدف هر دو نوع نقشه ارائه اطلاعاتی درباره زمین‌شناسی ناحیه مورد نظر است. از دیدگاه مهندسی یکی از کمبودهای نقشه‌های معمول زمین‌شناسی آن است که ممکن است سنگهایی را که خواص مهندسی آشکارا متفاوتی دارند، به دلیل آنکه سن و خاستگاه آنها یکسان است، باهم در یک گروه یگانه جای دهند. اما نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی میدان دید وسیعتری دارند. زیرا در آنها افزون بر اطلاعات سنگ چینه‌شناسی و ساختاری، عناصر دیگری نیز باید مورد توجه قرارگیرد. این عناصر عمدتاً شامل توصیف و برآورد وضعیت خواص مهم فیزیکی و مهندسی سنگها و خاکها، ضخامت و گسترش سطحی سازندهای زمین‌شناسی، شرایط آب زیرزمینی و فرآیندهای زمین‌پویایی است. یک نقشه زمین‌شناسی، پایه‌ای اساسی برای تهیه نقشه زمین‌شناسی مهندسی فراهم می‌آورد. با اینهمه برای برآورد نیازهای اضافی نقشه زمین‌شناسی مهندسی، روشها و شیوه‌های ویژه‌ای برای گردآوری و تفسیر اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی به کار گرفته می‌شود. یک دشواری تفکیک ناپذیر که هم در شیوه‌های تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و هم نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی وجود دارد آن است که تغییرات ویژگی سنگها و خاکها اغلب تدریجی‌اند و ممکن است هم در جهت افقی و هم در جهت قائم پدید آمده باشند.

### ۳-۴-۱ روشهای عمومی تهیه نقشه زمین‌شناسی

نقشه‌های زمین‌شناسی را معمولاً با افزودن داده‌های زمین‌شناختی به نقشه‌های توپوگرافی و یا عکس‌های هوایی، تهیه می‌کنند.

### ۳-۴-۲ تهیه نقشه توپوگرافی پایه

اگر نقشه توپوگرافی با مقیاس موردنظر وجود نداشته باشد، باید آنرا با این هدف ویژه که به عنوان پایه‌ای برای نقشه زمین‌شناسی به کار خواهد رفت، تهیه کرد. این نقشه را می‌توان از طریق برداشت مستقیم زمینی و یا از تبدیل عکسهای هوایی تهیه کرد.

### ۳-۴-۳ گردآوری اطلاعات زمین‌شناسی

الگوی تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی که با هدف تهیه یک نقشه زمین‌شناسی مهندسی است، شامل چند مرحله است: گام اول تهیه اطلاعات زمین‌شناسی موجود ناحیه مورد نظر است. این گام با بررسی نقشه‌ها و احیاناً هرگونه عکس هوایی منطقه تکمیل می‌شود. گام دوم بررسی بر روی زمین است که اطلاعات موجود ارزیابی شده و اطلاعات جدید جمع‌آوری می‌شود. ممکن است برای تکمیل اطلاعات از ژئوفیزیک و حفاریهای معدود و کم عمق استفاده شود. گام نهایی برداشتهای زمین‌شناسی تفصیلی صحرایی و آزمونهای گوناگون بر جای صحرایی و همچنین آزمایشهای آزمایشگاهی است.

### ۳-۵ شرایط ویژه لازم برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی

#### ۳-۵-۱ توصیف زمین‌شناسی مهندسی سنگها و خاکها

طبقه‌بندی سنگها و خاکها که توسط زمین‌شناسان به کار می‌رود، برای منظورهای مهندسی رضایتبخش نیست زیرا توصیف معمول زمین‌شناسی سنگها و خاکها، خواص مهم مهندسی آنها را در بر نمی‌گیرد. از اینرو توصیه می‌شود که در کار تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی از نام ساده سنگها استفاده شود که به وسیله اصطلاحات توصیفی گزیده‌ای تکمیل شده باشد. این اصطلاحات باید هم نمایانگر ماده سنگ و هم نمایانگر توده سنگ باشند و ویژگیهایی همچون توصیف رنگ، اندازه دانه‌ها، بافت، ساخت، ناپیوستگی‌های درون توده سنگ، حالت هوازدگی، حالت دگرسانی، ویژگیهای تاب سنگ<sup>۱</sup>، تراوایی و سایر نشانه‌های مربوط به خواص ویژه مهندسی را دربرگیرند. برای توصیف کافی توده سنگ یا خاک، ممکن است اطلاعات اضافی مانند شیب و امتداد یا حالت ساختها و ناپیوستگیها، ویژگی سطحی صفحات لایه‌بندی و ناپیوستگیهای دیگر، تغییرپذیریهای ساختها و ناپیوستگیها و جزئیات نیمرخ هوازدگی لازم شود. برآورد درجه همرفتاری و همگنی توده‌های سنگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

این ویژگیها باید تا حد امکان با اصطلاحات کمی بیان شوند.

#### ۳-۵-۲ تهیه نقشه سنگها و خاکها برای منظورهای مهندسی

هدف باید تهیه نقشه‌ای از نتایج برداشت زمین‌شناسی مهندسی باشد که در آن، واحدها بر حسب خواص مهندسی تعریف شده باشند. می‌توان انتظار داشت که مرز این واحدها از مرزهای سنگ شناسی پیروی کند اما بسیار محتمل

---

1- Rock strength

است که مرزهای خواص مهندسی هیچگونه پیوندی با ساختار زمین‌شناسی و چینه‌شناسی نداشته باشند. تاثیر متفاوت هوازدگی عمیق بر انواع گوناگون سنگها، نمونه‌ای از این مورد است. بنابراین مرزهای واحدهای سنگ و خاک که در نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی نشان داده می‌شوند، باید مشخص‌کننده حد واحدهای سنگ و خاکی باشند که هریک از نظر خواص فیزیکی بنیادی تا اندازه‌ای همگن هستند.

انتخاب روش مناسبی برای تعیین مرزهای واحدهای برداشت شده در صحرا بیش از هر چیز به هدف نقشه‌ای که تهیه می‌شود، بستگی دارد. هدف، به نوبه خود مقیاس مناسبی را برای نقشه می‌طلبد و مقیاس واحد بنیادی طبقه‌بندی یا تهیه نقشه را که ممکن است رشته سنگ شناسی، مجموعه سنگ شناسی، گونه سنگ شناسی و یا گونه زمین‌شناسی مهندسی باشد، به شرح زیر مشخص خواهد کرد:

- رشته سنگ شناسی شامل: تفسیر نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، تهیه نقشه‌های فتوژئولوژی
- مجموعه سنگ شناسی: تهیه نقشه حوزه‌ای با تحلیل رخساره‌ای برای در یک گروه قراردادن گونه‌های سنگ شناسی است که از نظر خاستگاهی با یکدیگر پیوند دارند.
- گونه سنگ شناسی: تهیه نقشه تفصیلی حوزه‌ای و بررسی سنگ‌شناسی
- گونه زمین‌شناسی مهندسی: بررسی تفصیلی حالت فیزیکی توده سنگ یا خاک در درون یک گونه سنگ شناسی که نقشه آن تهیه شده است.

روشهایی که برای تعیین ویژگیهای مربوط به هریک از واحدهای بنیادی به کار می‌روند، عبارتند از:

الف - رشته سنگ شناسی:

ارزیابی رفتار احتمالی سنگ برپایه دانسته‌های موجود درباره خواص انواع سنگها

ب - مجموعه سنگ شناسی:

بررسیهای صحرائی، ژئوفیزیکی، گمانه‌زنی و نمونه‌برداری نظامدار در صحرا و آزمونهای آزمایشگاهی و صحرائی، بررسی سنگ‌شناسی و ارزیابی رفتار سنگ برپایه دانسته‌های موجود درباره خواص انواع سنگهای شناخته شده

ج - گونه سنگ شناسی:

بررسی سنگ‌شناسی تفصیلی، اندازه‌گیری ژئوفیزیکی در صحرا، تعیین نظامدار خواص مربوط به نمایه‌ها در آزمایشگاه، تعیین خواص مکانیکی و دیگر خواص سنگ به طور برجای و آزمایشگاهی

د - گونه زمین‌شناسی مهندسی:

آزمایش برجای خواص مکانیکی و دیگر خواص سنگ، آزمایش نظامدار خواص فیزیکی و مکانیکی در آزمایشگاه

### ۳-۵-۳ تهیه نقشه وضعیت هیدروژئولوژی

شرایط اصلی هیدروژئولوژی که ثبت و نمایش آن در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی ضروری است بر دو نوع است. نخستین مورد به اطلاعات سطحی (مانند چشمه‌ها، تراوش‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) می‌پردازد. مورد دوم به اطلاعات زیرسطحی (نظیر گمانه‌ها و چاههای موجود، گمانه‌های اکتشافی) مربوط می‌شود. وضعیت هیدروژئولوژی باید هر جا که امکان پذیر باشد، به صورت کمی بیان شود. چشمه‌ها و تراوش‌ها، خواه دائمی یا متناوب، باید برداشت و نمایش داده شوند. شدت و جهت حرکت جریان آب نیز باید مشخص شود. برای فراهم آوردن اطلاعاتی درباره سطوح پیزومتریک، ضریب تراوایی، ضریب مخزن و ویژگیهای شیمیایی آب زیرزمینی باید گمانه‌هایی حفر شود.

در مورد تعیین pH، مقدار دی اکسید کربن و سولفات به عنوان عوامل ایجاد خوردگی در کارهای مهندسی باید توجه مخصوص کرد و هر کجا که امکان پذیر باشد باید به نقشه‌های هیدروژئولوژی قابل دسترس مراجعه شود.

### ۳-۵-۴ تهیه نقشه نتایج فرآیندهای زمین پویایی

روشی که برای تهیه این نقشه‌ها انتخاب می‌شود، به مقیاس نقشه بستگی دارد. نه تنها توصیف سیمای زمین پویایی، بلکه توضیح شرایط و عواملی نیز که باعث پیدایش و گسترش آنها می‌شوند، اهمیت دارد. همچنین پیامد رویداد آنها، نیرو و درجه فعالیت و سرعت پیشرفت هر یک از پدیده‌ها نیز باید تعیین شود. باید کوششی برای پیش‌بینی گسترش پدیده‌های زمین پویایی در آینده صورت گیرد. هر جا که امکان پذیر باشد، باید هر سیستم زمین پویایی به صورت کمی یا نیمه کمی ارزیابی شود. در نقشه‌های کوچک مقیاس، برداشت هر یک از پدیده‌ها برای تهیه نقشه با کمک عکس هوایی و دیگر روشهای دورسنجی انجام می‌پذیرد، همچنین از نقشه‌های قبلی تهیه شده در این زمینه و مدارک تاریخی نیز می‌توان بهره گرفت. در نقشه‌های بزرگ مقیاس می‌توان به وسیله برداشت توپوگرافی تفصیلی و یا از عکسهای هوایی استفاده کرد. در تهیه نقشه‌های سطحی تفصیلی می‌توان نتایج گمانه‌ها و آزمایشهای ژئوفیزیکی را به کار گرفت. فرآیندها را می‌توان با اندازه‌گیری‌های مستقیم در صحرا در طول یک دوره زمانی تعیین کرد.

### ۳-۶ شیوه‌های ویژه برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی

عمده‌ترین روشهایی که در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی کاربرد دارد شامل: فتوژئولوژی، روشهای ژئوفیزیکی (اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی - لرزه‌سنجی)، شیوه‌های گمانه‌زنی و نمونه‌برداری، آزمونهای آزمایشگاهی و برجاست که به جز فتوژئولوژی و روشهای ژئوفیزیکی، سایر روشها در بخشهای دیگر این استاندارد توضیح داده می‌شود. روش فتوژئولوژی و روشهای ژئوفیزیکی در زیر به اختصار تشریح می‌شوند.



تفسیر عکس ابزار سودمندی در مطالعات زمین‌شناسی مهندسی است زیرا این روش برای ارزیابی اولیه یک ناحیه گسترده، سریع، نسبتاً کم هزینه و دقیق است. باید یادآوری کرد که نتایج به دست آمده از بررسیهای فتوژئولوژی را باید حتماً با مشاهدات صحرایی در برخی محل‌های منتخب تکمیل کرد.

در تشخیص انواع سنگ و خاک دشواریهایی پیش می‌آید اما می‌توان با تحلیل ریختهایی که در زمین پدید آمده و اختلاف ته رنگ‌های گوناگون بر روی عکس، بر این دشواری‌ها چیره شد. ممکن است تشخیص و برداشت عناصر ساختاری زمین مانند لایه‌بندی، گسلش و درزه‌ها بر روی عکسهای هوایی قائم و با کمک استریوسکوپ بسیار آسانتر باشد تا تشخیص و برداشت آنها بر روی زمین. به همین روش می‌توان آبگیرهای طبیعی، تراوش‌ها، چشمه‌ها، فروچاله‌ها<sup>۱</sup>، و دیگر سیماهای آبشناسی و هیدروژئولوژی را برداشت کرد.

در بررسیهای زمین‌شناسی مهندسی مربوط به تهیه نقشه خاک، پایداری شیب، زهکشی، مواد و مصالح، مطالعات هیدروژئولوژی، گزینش مسیر و گزینش ساختگاه مخازن و سد‌ها، می‌توان از تفسیر عکس هوایی یاری گرفت. امروزه شکل‌های جدید تصویری به این امر کمک می‌کند.

از عکسهای استریوسکوپ زمین می‌توان در بررسی شرایط زمین‌شناسی مهندسی در دیواره‌های پرشیب یا پرتگاههای غیرقابل دسترسی و برونزدهای<sup>۲</sup> موقتی در گودبرداریهای مربوط به کارهای مهندسی استفاده کرد. با به کار بردن شیوه‌های فتوگرامتری می‌توان نتایج را به صورت کمی درآورد.

### ۳-۶-۲ کاوشهای ژئوفیزیکی<sup>۳</sup>

در مورد پروژه‌های مهندسی بزرگ، کاوشهای ژئوفیزیکی ممکن است به منظور به دست آوردن داده‌های زیرزمینی در یک ناحیه وسیع و با هزینه معقول، جزیی از بررسیهای صحرایی باشد. داده‌های به دست آمده ممکن است باعث کمک به حذف گزینه‌های نامساعد، و تعیین موقعیت گمانه‌های اکتشافی در نواحی حساس شود، و از تکرار حفاریهای غیرضروری در زمینهای نسبتاً یکنواخت جلوگیری کند. برداشتهای ژئوفیزیکی نه تنها به تعیین موقعیت گمانه‌ها کمک می‌کند، بلکه تغییرات وضعیت زیرزمینی بین گمانه‌ها را نیز آشکار می‌سازد. در مکانی که گمانه‌ها حفر شده‌اند،

1 - Sink Hole

2- Outcrop

۳- برای کسب اطلاع جامع تر به نشریه های کمیته تخصصی ژئوفیزیک طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

داده‌هایی در مورد لایه‌ها به دست می‌دهند ولی در مورد زمین مابین آنها اطلاعات کافی ارائه نمی‌دهند. در زمینه تعبیر و تفسیر و انطباق نتایج ژئوفیزیکی، گمانه‌ها نقش اساسی را به عهده دارند و ترکیب مناسبی از روشهای مستقیم و غیرمستقیم اغلب منجر به نتایج با کیفیت خوبی می‌شود.

روشهای ژئوفیزیکی با اندازه‌گیری ویژگیهایی به منظور تعیین وضعیت زمین‌شناسی و ساختار زیرزمینی به کار می‌روند. از خصوصیات که معمولاً در کاوشهای ژئوفیزیکی استفاده می‌شود می‌توان: چگالی<sup>۱</sup>، ضریب کشسانی<sup>۲</sup>، مقاومت ویژه الکتریکی، خودپذیری<sup>۳</sup> و ربایش گرانشی<sup>۴</sup> را نام برد. به عبارت دیگر روشهای لرزه‌سنجی و الکتریکی، واکنش نیروهای مصنوعی وارده به ناحیه مورد بررسی را ثبت می‌کنند، در صورتی که روشهای مغناطیسی و گرانی‌سنجی واکنش ویژگیهای طبیعی را اندازه می‌گیرند.

روشهای اول نسبت به روشهای دوم از این نظر برتری دارند که در آنها عمق نفوذ نیروها قابل کنترل است. برعکس، ویژگیهای طبیعی قابل کنترل نیستند و تنها می‌توان آنها را اندازه‌گیری کرد. روشهای لرزه‌سنجی و الکتریکی بیشتر برای تعیین تغییرات افقی یا تقریباً افقی یا مرزها کاربرد دارند، در صورتی که روشهای مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی به‌طور کلی به‌منظور پیگیری تغییرات جانبی یا ساختارهای قائم به کار می‌روند.

در بررسیهای ژئوفیزیکی، تغییرات ویژگیهای فیزیکی معینی در طول یک پیمایش اندازه‌گیری می‌شود، گواينکه ممکن است برای تهیه نمودار گمانه‌ها نیز به کار روند. خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده به‌طور کلی بی‌هنجاریهای<sup>۵</sup> موجود در وضعیت زمین‌شناسی را نشان می‌دهند. سهولت تشخیص و تعبیر و تفسیر این بی‌هنجاریها به تفاوت خصوصیات فیزیکی بستگی دارد که به نوبه خود در انتخاب روش نیز تاثیر می‌گذارد.

انتخاب روشی که باید برای برداشت ویژه‌ای به کار گرفته شود ممکن است مشکل نباشد، اما خصوصیات و وضعیت ساختگاه نیز باید مدنظر قرار گیرد، به علت وجود ساختمانهای قدیمی یا ساختمانهای سرویس‌دهی در ساختگاه، یا تداخل برخی از منابع، یا فقدان فضا برای برداشت ژئوفیزیکی، ممکن است یک یا چند روش ژئوفیزیکی مناسب نباشد. وقتی که با سنگهای لایه‌ای سروکار داریم، مشروط بر آنکه ساختار بسیار پیچیده‌ای نداشته باشند روشهای لرزه‌سنجی مزیت شاخصی دارند، زیرا داده‌های مفصل و دقیقتری نسبت به سایر روشها به دست می‌دهند. از طرف دیگر روشهای الکتریکی ممکن است برای کارهای با مقیاس کوچکتر مناسبتر باشند. گاه ممکن است به‌منظور بررسی یک مسئله بیش از یک روش به کار گرفته شود.

---

1- Density

2- Elasticity

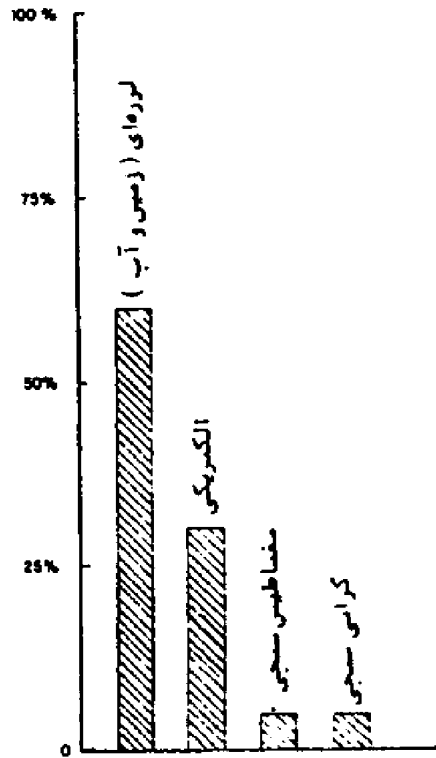
3- Magnetic suspect

4- Gravitational attraction

5- Anomalies

به هر صورت باید توجه کرد که تعبیر و تفسیر دقیق داده‌های ژئوفیزیکی تنها جایی که ساختار زیرزمینی ساده است امکان پذیر است.

اهمیت نسبی روشهای ژئوفیزیکی در کارهای عمرانی برای یکصد پروژه در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- اهمیت نسبی روشهای ژئوفیزیکی در کارهای عمرانی

روشهای ژئوفیزیکی به شرح زیر هستند:

### ۱-۲-۶-۳ روش لرزه‌سنجی

#### الف - روش لرزه‌ای شکست مرزی<sup>۱</sup>

هدف - برداشتهای لرزه‌ای شکست مرزی به منظور تعیین سرعت امواج لرزه‌ای در سنگهای زیرزمین تا عمق مشخصی صورت می‌گیرد. برای اکثر برداشتهای مهندسی، حداکثر عمق مورد بررسی با توجه به طبیعت پروژه تعیین خواهد شد. در بسیاری از موارد هدف از برداشت لرزه‌ای شکست مرزی، تعیین شکل سطح سنگ کف و سرعت امواج فشاری در روباره است. داده‌های به‌دست آمده از برداشت لرزه‌ای شکست مرزی برای محاسبه عمق انواع

1- Seismic refraction

لایه‌های زیرزمینی و شکل این لایه‌ها به کار می‌رود. ضخامت لایه‌ها و تفاوت سرعت در لایه‌ها، موثر بودن روش لرزه‌ای شکست مرزی را تعیین خواهد کرد.

کاربرد - برداشتهای لرزه‌ای شکست مرزی در بسیاری از کاوشهای ژئوتکنیکی به کار رفته است. کاربرد اولیه این برداشتها در تهیه نقشه گنبد‌های نمکی در کاوشهای اولیه نفت بوده اما امروزه این روش در مطالعات پی به منظور اجرای پروژه‌ها و مطالعه ساختگاهها، گسل‌ها، تحلیل ایمنی سدها و مسیر تونلها، به کار می‌رود.

### ب - روش لرزه‌ای بازتابی<sup>۱</sup>

هدف - برداشت لرزه‌ای بازتابی به منظور به دست آوردن داده‌هایی در مورد ساختار زمین‌شناسی درون زمین صورت می‌گیرد. این روش به خوبی روش لرزه‌ای شکست مرزی، داده دقیقی در مورد سرعت امواج فشاری فراهم نمی‌کند. از نظر تاریخی، برداشتهای لرزه‌ای بازتابی به طور موفقیت‌آمیزی در اکتشافات پروژه‌های نفتی و زمین‌گرایی و در گذشته به منظور مطالعه زغال در عمق کم به کار رفته است. از داده‌های به دست آمده از این روش می‌توان برای تعیین وضعیت هندسی سطح لایه‌های مختلف و گسلها استفاده کرد.

کاربرد - برداشتهای لرزه‌ای بازتابی در بسیاری از بررسیهای مهندسی به کار رفته است. این برداشتها داده‌های قاطعی در مورد موقعیت و نوع گسلها و بسترهای رودخانه‌های مدفون را فراهم می‌کنند. در مکانی که کاربرد برداشتهای لرزه‌ای شکست مرزی عملی نباشد، روش لرزه‌ای بازتابی به کار می‌رود.

### ۳-۶-۲-۲ روشهای مقاومت ویژه الکتریکی

#### الف - روش نیمرخ برداری الکتریکی<sup>۲</sup>

هدف - روش نیمرخ برداری الکتریکی بر اساس اندازه‌گیری تغییرات جانبی در مقاومت ویژه الکتریکی مواد زیرزمینی بنا شده است. هدایت الکتریکی هر جسم به تخلخل و شوری آب موجود در فضای بین ذرات آن بستگی دارد.

کاربرد - روش پروفیل‌زنی الکتریکی به منظور تعیین تغییرات جانبی در خصوصیات الکتریکی مواد زیرزمینی، معمولاً تا عمق ویژه‌ای، به کار می‌رود. این روش برای تهیه نقشه گسترش جانبی نهشته‌های ماسه و شن، فراهم کردن داده به منظور حفاظت کاتدی برای خطوط لوله‌های مدفون درون خاک، تهیه نقشه گسترش جانبی مواد آلوده‌کننده (در مطالعه مواد زایدسمی) و در مطالعات اکتشافی گسل‌ها، به کار می‌رود.

## ب- روش گمانه‌زنی الکتریکی<sup>۱</sup>

هدف - روش گمانه‌زنی الکتریکی بر اساس اندازه‌گیری تغییرات قائم در مقاومت ویژه الکتریکی مواد زیرزمینی استوار است. برعکس نیمرخ برداری الکتریکی که در آن فاصله‌های الکترودها ثابت است، فاصله‌های الکترودهای به کار رفته برای گمانه‌زنی الکتریکی متغیر است و نقطه مرکزی آرایش الکترودها ثابت باقی می‌ماند. به طور کلی، عمق مورد مطالعه با افزایش فاصله الکترودها، افزایش می‌یابد، در نتیجه گمانه‌زنی الکتریکی به منظور مطالعه تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به عمق به کار می‌رود.

کاربرد - روش گمانه‌زنی الکتریکی عموماً برای پیگیری آبخوان در مطالعات آب زیرزمینی به کار می‌رود. این روش به منظور مطالعه سنگ کف، جایی که تفاوت در سرعت امواج کشسان اجازه برداشت لرزه‌ای را نمی‌دهد، به کار می‌رود. گمانه‌زنی الکتریکی برای بررسی‌های بزرگ مقیاس مطالعات زمین‌گرایی و حفاظت کاتدی به کار می‌رود و اخیراً کاربرد نسبتاً گسترده‌ای در مطالعات مواد زاید سمی نیز یافته است.

## ۳-۲-۶-۳ روش مغناطیس‌سنجی<sup>۲</sup>

هدف - روشهای مغناطیس‌سنجی به منظور اندازه‌گیری بی‌هنجاری در میدان مغناطیسی زمین به کار می‌روند. با تعیین و اندازه‌گیری بی‌هنجاریها، علت وجودی آنها با تعبیر و تفسیر داده‌ها مشخص می‌شود.

کاربرد- روشهای مغناطیس‌سنجی کاربرد گسترده‌ای در کاوشهای نفت و معدن دارند. تعداد زیادی از سنگها خواص مغناطیسی دارند که بر حسب شدت آنها، می‌توان نقشه‌های هم شدت مغناطیسی آنها را تهیه کرد. در مهندسی عمران این روش به طور گسترده‌ای در کشف بشکه‌های حاوی مواد سمی مدفون، و تهیه نقشه لوله‌های مدفون و همچنین در بررسیهای باستان شناسی کشف به کار می‌رود.

## ۳-۲-۶-۴ روش گرانی‌سنجی<sup>۳</sup>

هدف - بی‌هنجاریهای گرانی‌سنجی عموماً نتیجه اختلاف جرم مخصوص مواد تشکیل‌دهنده پوسته زمین است. به عبارت دیگر چنانچه تمامی مواد تشکیل‌دهنده پوسته زمین به صورت لایه‌های افقی و با جرم مخصوص یکنواخت باشند، هیچ بی‌هنجاری گرانشی وجود نخواهد داشت. اختلاف جرم مخصوص مواد مختلف، به وسیله عوامل متعدد کنترل می‌شود که مهمترین آنها عبارت است از جرم مخصوص دانه‌های تشکیل‌دهنده مواد، تخلخل و مایع بین آنها.

---

1- Electrical Resistivity Sounding

2- Magnetometry

3- Gravimetry

کاربرد - گرانی سنجی روش کم هزینه‌ای است که به منظور تعیین ساختارهای ناحیه که ممکن است در ارتباط با اکتشافات آب یا نفت باشد، به کار می‌رود. از نظر تاریخی، روش گرانی سنجی از جمله ابزار اصلی در اکتشافات نفت بوده است. این روش در مهندسی عمران کاربرد محدودی دارد. به منظور به دست آوردن اطلاعاتی در مورد عمق و شکل سطح فوقانی سنگ کف در مناطقی که تعیین این صفات به وسیله سایر روشها عملی نیست، به کار می‌رود. ریزگرانی سنجی<sup>۱</sup> (بادقت بالا) به منظور به دست آوردن اطلاعاتی درباره کارایی عملیات تزریق به کار رفته است. در چنین شرایطی، روشهای ریزگرانی سنجی قبل و بعد از عملیات تزریق به کار می‌رود و اختلاف جرم مخصوصها مقایسه می‌شود. ریزگرانی سنجی در بررسی‌های پاشدناسی نیز به کار رفته است.

### ۷-۳ تجزیه و تفسیر داده‌ها

هنگامی که برداشت زمین‌شناسی مهندسی یک ناحیه در حال انجام است، اطلاعاتی برای همه جنبه‌های وضعیت زمین‌شناسی مهندسی گردآوری می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های صحرائی و آزمایشگاهی، نتایجی را درباره توزیع و خواص سنگها، خاکها، آب زیرزمینی، شرایط زمین‌ریختشناسی و فرآیندهای زمین‌پویایی دربرخواهد داشت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها به معنی گزینش و گروه‌بندی همه اطلاعات گردآوری شده به دو دسته است: گروه اول داده‌هایی است که از نقطه نظر هدفهای ویژه‌ای که نقشه برای برآوردن آن تهیه می‌شود، مطلقاً ضروری هستند و گروه دوم سایر داده‌ها را که کنار گذاشته می‌شوند، دربرمی‌گیرد.

در این مرحله باید کوشید تا قابل اطمینان بودن داده‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی ارزیابی شود. برای این کار تجربه چشمگیری در زمین‌شناسی و نیز داوری و دریافت درستی از اصول عمومی زمین‌شناسی قابل کاربرد در ناحیه‌ای که نقشه آن تهیه می‌شود، لازم است. داده‌های غیرقابل اطمینان نباید در پردازش بعدی داده‌ها شرکت داده شوند.

پس از گروه‌بندی داده‌ها، می‌توان با به‌کارگیری طبقه‌بندی‌های گوناگون (زمین‌شناسی، زمین‌شناسی مهندسی و مهندسی) داده‌ها را طبقه‌بندی کرد. سیستمهای به‌کارگیری طبقه‌بندی، ممکن است سیستم‌هایی باشد که در سطح بین‌المللی و یا به وسیله کشورهای مختلف پذیرفته شده است.

گام نهایی در پردازش داده‌ها، تلفیق اطلاعاتی است که به طور عمومی در مورد هر یک از سازندهای گوناگون شرایط زمین‌شناسی مهندسی در دست است تا بتوان هر یک از واحدهای گسترده مورد بررسی را که از نظر

---

1- Micro gravimetry

زمین‌شناسی مهندسی تا حد مشخصی یکنواخت هستند، تعیین و تعریف کرد. بدیهی است کاربرد کامپیوتر به خصوص در زمینه‌های ذخیره داده‌های کدبندی شده با تحلیل آماری داده‌ها و یافتن همبستگی میان شمار بزرگی از متغیرها و نهایتاً ترسیم کامپیوتری نقشه‌ها می‌تواند در انجام این امر، تسریع کند.

### ۳-۸ نمایش داده‌ها بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی

به طوری که گفته شد، محتوای نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی و مقدار جزئیاتی که درباره شرایط زمین‌شناسی مهندسی نشان داده می‌شود، تابع منظور و مقیاس نقشه است. مستقل از این حقیقت که نقشه‌های با مقیاس گوناگون برای حل مسائل مختلف طراحی می‌شوند، همه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی باید بر پایه اصول عمومی یکسان و شناخته شده‌ای تهیه شوند. در این صورت مقایسه مستقیم نقشه‌هایی که با مقیاس یکسان تهیه شده‌اند، امکان پذیر است و آماده کردن نقشه‌های میان مقیاس تا کوچک مقیاس از روی نقشه‌های بزرگ مقیاس بدون اعمال تغییرات بنیادی، آسانتر خواهد بود.

بر پایه معیار، منظور، محتوا و مقیاس، نقشه‌ها دارای انواع بسیار هستند. تمام ترکیب‌های معیارهای بالا امکان پذیر است، برای نمونه نقشه‌های چندمنظوره را می‌توان با انواع هدف‌های مهندسی که جنبه‌های بسیاری از زمین‌شناسی مهندسی را دربرمی‌گیرد، تهیه کرد. این نقشه‌ها ممکن است تفکیکی یا جامع باشند و با انواع مقیاسها تهیه شوند. مقیاس را می‌توان مبنای تهیه نقشه‌ها قرار داد که انتخاب مقیاس نیز متناسب با مراحل مطالعات است. در زیر براساس مراحل مطالعاتی، شیوه‌هایی که برای نمایش داده‌ها بر روی یک نقشه به کار گرفته می‌شود، بیان می‌شود.

### ۳-۸-۱ نقشه‌های مرحله شناسایی (کوچک مقیاس)

نقشه مناطقی را که وضعیت زمین‌شناسی مهندسی آنها به خوبی شناخته شده است می‌توان با استفاده از نقشه‌ها، نوشتارها و مدارک آرشیوی موجود تهیه کرد. نقشه مناطقی را که در آن بررسی‌های چندانی انجام نگرفته است، به وسیله تفسیر فتوژئولوژی و برداشت مستقیم تهیه می‌کنند. این نقشه‌ها عمدتاً توزیع و ویژگی مجموعه‌های سنگها و خاکها از دیدگاه خاستگاهی و رخساره‌ای، عمق سطح ایستایی، خوردگی آب زیرزمینی و گستره فرآیندهای فعال زمین‌شناسی را که در زمین‌شناسی مهندسی دارای اهمیت می‌باشند، نشان می‌دهند.

نمایش سنگها و خاکها داده اساسی است که نقشه در بردارد. توصیه می‌شود که هم نهشته‌های سطحی و هم سنگ کف نشان داده شود. می‌توان، مجموعه بالایی را که نهشته‌های سطحی هستند، با رنگهای روشن که برابر یک فهرست استاندارد رنگها انتخاب شده و نمایانگر ویژگی خاستگاهی آنها است، نشان داد. سنگ کف رانیز می‌توان با

رنگ‌های تیره‌تر و یا نگارهای رنگی<sup>۱</sup> که در آن رنگ، نمایانگر خاستگاه و نگار، نمایانگر سنگ شناسی سنگها و خاکها است، نشان داد. سن سنگها و خاکها را می‌توان به کمک نمادهای قراردادی زمین‌شناسی بر روی نقشه و یا در نشانه‌های آن نمایش داد.<sup>۲</sup>

داده‌های هیدروژئولوژی را می‌توان به وسیله خطوط هم‌تراز یا به صورت عددی با نمادهای نقطه‌ای (برابر یک فهرست عمومی) برای هر مجموعه سنگها و خاکها نشان داد. محل سطح ایستابی، مقدار برآورد شده آب زیرزمینی و جزئیات ترکیب شیمیایی آب را نیز می‌توان ارائه کرد.

نمادهای نقطه‌ای گزیده‌ای را می‌توان برای مشخص کردن مناطقی که در آن فرآیندهای فعال زمین‌پویایی وجود دارد به کاربرد و فعالیت زمین‌لرزه‌ای را نیز می‌توان به وسیله خطوط هم‌لرزه<sup>۳</sup> نشان داد. در نقشه‌های کوچک مقیاس منطقه‌بندی شده، معیاری که برای تمایز هر یک از واحدهای منطقه‌بندی به کار می‌رود، یکنواختی عمومی سازندهای اصلی محیط زمین‌شناسی است همچنین می‌توان تمایز نواحی را بر پایه عناصر زمین‌ساختی، تفکیک حوزه‌ها را بر پایه مه‌زمین ریختشناسی<sup>۴</sup> و احتمالاً مناطق را، بر پایه یکنواختی ویژگی سنگ رخساره‌ای و آرایش ساختاری انجام داد.

### ۳-۸-۲ نقشه‌های چندمنظوره جامع مرحله توجیهی (میان مقیاس)

نقشه‌های میان مقیاس بر پایه بررسیهای صحرایی با افزودن نتایج استفاده از اطلاعات و مدارک آرشیوی موجود و هرگونه بررسی تکمیلی لازم، تهیه می‌شوند. همان اطلاعاتی که در نقشه‌های کوچک مقیاس نشان داده می‌شود، باید با تفصیل و جزئیات بیشتر در نقشه‌های میان مقیاس نشان داده شود. دو یا سه واحد از بالاترین واحدهای سنگ و خاک را می‌توان به همراه توصیف سنگ شناسی آنها به زبان زمین‌شناسی مهندسی بر روی نقشه نشان داد. خواص سنگ و خاک را می‌توان در نشانه‌های نقشه نشان داد.

در تعیین عمقی که شرایط زمین‌شناسی مهندسی باید تا آن عمق نشان داده شود، منظور اصلی نقشه و پیچیدگی زمین‌شناسی را باید در نظر گرفت. همانند نقشه‌های کوچک مقیاس، می‌توان سنگها و خاکهای سطحی را به وسیله رنگ و مجموعه‌هایی را که در زیر سطح قرار گرفته‌اند به وسیله نگارهای رنگی گوناگون نشان داد. در صورتی که بیش از دو مجموعه سنگ و خاک نشان داده شود، می‌توان از روشهای گوناگون نمایش سه بعدی، استفاده کرد. تغییرات

1- Colored pattern

۲- به عنوان نمونه می‌توان به نگارها و نمادهای سازمان زمین‌شناسی کشور مراجعه کرد.

3- Iso seismic

4- Macro geomorphology



ضخامت را می‌توان به وسیله شدت‌های مختلف رنگ که برای تمایز هریک از مجموعه‌های گوناگون به کار رفته است، به وسیله تغییر ضخامت نگارهای رنگی، با خطوط هم ضخامت یا به وسیله اعداد نشان داد. از تغییرات مشابهی در رنگ یا ضخامت خطوط نگارها نیز می‌توان برای نشان دادن تغییرات گوناگون در عمق استفاده کرد. همچنین عمقها را می‌توان به وسیله خطوط هم عمق یا با اعداد نشان داد.

در این نقشه‌ها می‌توان سطح ایستابی را با خطوط هم‌تراز و حدود نوسان آنرا با اعداد نشان داد. این شیوه را در مورد مناطق کوهستانی نمی‌توان به کار گرفت و عمق‌ی سطح ایستابی و ویژگیهای دیگر را تنها می‌توان با اعداد نشان داد. عمق آب تحت فشار و سطوح پیزومتریک آنرا می‌توان با خطوط هم‌تراز نشان داد. داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی را در نقشه باید به وسیله نماد و یا اعداد نشان داد. توپوگرافی سطحی به وسیله خطوط هم‌تراز نشان داده می‌شود و مرزهای واقعی و جزئیات سیمای زمین‌ریختشناسی را می‌توان بر روی نقشه نشان داد. در این نقشه‌ها حد گستره در برگرنده سیمای زمین‌پویایی باید مشخص شود و هر جا که امکان پذیر است، مرزهای هریک از سیماهانیز، نشان داده می‌شود.

در نقشه‌های میان مقیاس که در آن منطقه‌بندی (زون بندی) نشان داده می‌شود، تمایز منطقه‌ها بر پایه همگنی و آرایش ساختاری واحدهای سنگ و خاک نقشه خواهد بود. هر جا که امکان پذیر است می‌توان واحدهای منطقه‌ای کوچکتری را که در آن پدیده‌های هیدروژئولوژی یا زمین‌پویایی و یا هر دو، یکنواخت است، مشخص کرد.

### ۳-۸-۳ نقشه‌های زمین‌شناسی مرحله طراحی تشریحی (بزرگ مقیاس)

در واقع مرحله طراحی تشریحی مطالعات شامل تهیه نقشه تفصیلی حوزه‌ای و بررسی سنگ‌شناختی و همچنین بررسی تفصیلی حالت فیزیکی توده سنگ یا خاک درون یک‌گونه سنگ شناسی که نقشه آن قبلاً تهیه شده، است.

در این مرحله با سنگ‌شناختی تفصیلی، اندازه‌گیری ژئوفیزیکی در صحرا، بررسی نظامدار خواص مربوط به نمایه‌ها<sup>۱</sup> در آزمایشگاه، آزمایش خواص مکانیکی سنگ به صورت برجا و در آزمایشگاه، گونه‌های لیتولوژیکی تدقیق شده و گونه‌های زمین‌شناسی مهندسی در محدوده مورد مطالعه، تعیین می‌شوند.

نقشه‌های مرحله دوم به وسیله برداشت و بررسیهای تفصیلی صحرائی، استفاده از همه اطلاعات آرشیوهای موجود، کارهای اکتشافی زیرزمینی نظامدار، اندازه‌گیریهای ژئوفیزیکی، آزمونهای صحرائی و آزمایشگاهی تهیه می‌شوند. تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی همه واحدهای سنگ و خاک که بر روی نقشه نشان داده شده، ضروری است.

داده‌هایی که گردآوری می‌شود، شاید برای تحلیل آماری نتایج نیز کافی باشد. گونه‌های سنگ شناسی و زمین‌شناختی مهندسی سنگ و خاک و آرایش فضایی و ساخت آنها را در عمق می‌توان به کمک ترکیبی از رنگ‌ها و نگارهای رنگی نشان داد، قسمتی از خواص سنگ و خاک را که به طور آماری تعیین شده‌اند، می‌توان در نشانه‌های نقشه ارائه کرد. به هنگام تصمیم‌گیری درباره عمقی که شرایط زمین‌شناسی مهندسی را باید تا آن عمق نشان داد، منظور اصلی از تهیه نقشه و نیز پیچیدگی زمین‌شناسی محل را باید در نظر گرفت. شرایط هیدروژئولوژی را در نقشه‌های بزرگ مقیاس می‌توان در بازه‌های<sup>۱</sup> مناسب (مثلاً یک متری) به وسیله خطوط همفراز<sup>۲</sup>، هم عمق و هم فشار و نیز نوسانات شناخته شده آنها را به صورت عددی نشان داد. نتایج تجزیه شیمیایی آب زیرزمینی را می‌توان به کمک اعداد یا نمادها نشان داد. توپوگرافی سطحی به وسیله خطوط هم‌تراز نشان داده می‌شود، و مرزهای واقعی و جزئیات سیماهای زمین‌ریختشناسی را نیز می‌توان نمایش داد.

در نقشه‌های مرحله طراحی تشریحی می‌توان مرزهای واقعی هر یک از سیماهای زمین‌پویایی و هر جا که امکان پذیر است، ساختار درونی آن را نشان داد.

منطقه‌بندی در نقشه‌های بزرگ مقیاس بر پایه همگنی و آرایش ساختاری واحدهای سنگ و خاک برداشت شده و نیز بر پایه یکنواختی شرایط هیدروژئولوژی و پدیده‌های زمین‌پویایی انجام می‌گیرد.

چنانچه تهیه نقشه به منظور کاربرد ویژه‌ای باشد، در این صورت به طور مثال یکی از سازندهای زمین‌شناسی مهندسی را نمایش می‌دهند و آن را از دیدگاه مورد نظر ارزیابی می‌کنند. برای نمونه ممکن است زمینلغزه‌ها در چارچوب پایداری شیبهای مخزن مورد ارزیابی قرار گیرند. در این صورت نتیجه بررسی شرایط زمین‌شناختی مهندسی، زمینلغزه‌ها و منظور ویژه‌ای که نقشه برای آن تهیه می‌شود، بررسی وضعیت پایداری دیواره مخزن سد است. می‌توان به نمونه‌های دیگری نیز که مربوط به زمینلغزه‌ها باشد اشاره کرد مانند زمینلغزه‌ها در پیوند با احیای زمین یا زمینلغزه‌ها در رابطه با پی یک سازه.

نقشه‌های تفصیلی بزرگ مقیاس که برای مرحله طراحی تشریحی تهیه می‌شود، علاوه بر اطلاعات زمین‌شناسی دارای نشانه‌های توصیفی به زبان زمین‌شناسی مهندسی هستند.

در توصیف سنگ موارد زیر آورده می‌شود:

- نوع سنگ
- رنگ
- دانه‌بندی

- لایه بندی
- وجود سایر اشکال مانند تورق
- درزه ها
- آینه گسل<sup>۱</sup>
- هوازدگی و عوارض ناشی از هوازدگی
- تراوایی

### ۹-۳ مقیاس نقشه های زمین شناسی مهندسی

#### ۱-۹-۳ مرحله شناسایی

- (الف) ساختگاه سد و سازه های وابسته:  
 با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ یا ۱:۲۵۰۰۰ (در صورت وجود نقشه های توپوگرافی)
- (ب) ساختگاه مخزن سد:  
 با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ یا ۱:۲۵۰۰۰ (در صورت وجود نقشه های توپوگرافی)
- (ج) خطوط انتقال و تونل، مسیر کانالها و راهها:  
 با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ یا ۱:۲۵۰۰۰

#### ۲-۹-۳ مرحله توجیهی

- (الف) ساختگاه سد و سازه های وابسته:  
 با مقیاس ۱:۱۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰
- (ب) ساختگاه مخزن سد:  
 با مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰ بر حسب پیچیدگی های زمین شناسی
- (ج) مسیر خطوط لوله، کانال، تونل و راهها:  
 با مقیاس ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۰,۰۰۰ بر حسب پیچیدگی های زمین شناسی

### ۳-۹-۳ مرحله طراحی تفصیلی

الف) ساختگاه سد و سازه‌های وابسته:

با مقیاس ۱:۱۰۰۰ تا ۱:۱۰۰ برحسب ریختشناسی<sup>۱</sup> و زمین‌شناسی محل.

ب) نقشه زمین‌شناسی ساختگاه مخزن سد باید در مرحله توجیهی برداشت شده باشد ولی ممکن است به طور موضعی به نقشه‌های بزرگ مقیاس در حد ۱:۵۰۰ تا ۱:۱۰۰۰ نیاز داشته باشد.

ج - مسیر خطوط لوله، کانال، تونل و راهها:

با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و در محدوده‌ای خاص برحسب پیچیدگیهای زمین‌شناسی تا مقیاس ۱:۱۰۰۰

### ۴-۹-۳ مرحله اجرا و ساخت

الف) ساختگاه سد و سازه‌های وابسته:

با مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰

ب) ساختگاه مخزن نیاز به نقشه ندارد.

ج) برداشت تونل:

با مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰ و در مورد ترانشه، خطوط لوله، کانال و راهها در صورت نیاز و برحسب ویژگیهای

زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰

### ۱۰-۳ نمایش سه بعدی بر روی نقشه‌ها

چون سازه‌های مهندسی بر سازندهای زیرسطح زمین تاثیر می‌گذارند و این سازه‌ها غالباً به زیرسطح زمین امتداد می‌یابند و یا تماماً در زیر سطح زمین ساخته می‌شوند، نمایش سه بعدی بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی مطلوب و سودمند خواهد بود. در جایی که نهشته‌های سطحی بر روی سنگ کف قرار دارند، به‌طور کلی نشان دادن عمق و چگونگی سطح سنگ کف لازم و سودمند است. در نقشه‌های کوچک مقیاس اطلاعات سه بعدی را تنها می‌توان در برخی نقاط به وسیله نمادهایی ارائه کرد. در نقشه‌هایی که دارای جزئیات بیشتری هستند، سطح سنگ کف و جزئیات نهشته‌های سطحی را باید در صورت امکان به یکی از چندین روش زیر نشان داد:

روش‌های باریکه‌ای<sup>۲</sup>، همترازهای سنگ کف، نمودارهای نقطه‌ای گمانه‌ها، نمودارهای ایزومتریک و یا خطوط هم‌ضخامت. هر روشی که به کار برده شود، اجزای نشان داده شده در نقشه نباید آنچنان انبوه شود که به ناخوانا شدن آن بیانجامد. در نقشه‌های میان‌مقیاس و بزرگ مقیاس برای نشان دادن عمق و ضخامت هشته‌های کواترنر، هنگامی

1 - Morphology

2-Strip method

که بین سطح زمین و سطح سنگ کف تنها چند واحد قرار دارند، روش باریکه‌ای بسیار سودمند است و کاربرد آن در چنین موردی توصیه می‌شود.

### ۱۱-۳ مقاطع زمین‌شناختی مهندسی

مقاطع زمین‌شناختی مهندسی برای همه انواع نقشه‌های زمین‌شناختی مهندسی، پیوست تکمیلی لازمی است. شمار و جهت مقاطع با در نظر گرفتن زمین‌ریختشناسی و ساختار زمین‌شناسی و موقعیت سازه برگزیده می‌شود تا رابطه میان سازندهای شرایط زمین‌شناسی مهندسی را نمایان کند.

مقیاس افقی مقاطع باید برابر با مقیاس نقشه یا بزرگتر از آن باشد. مقیاس قائم به گونه‌ای برگزیده می‌شود که نشان دادن گستره و خواص بالاترین واحدهای سنگ و خاک امکان‌پذیر باشد. عمقی که مقطع تا آن عمق رسم می‌شود، باید ارتباط مستقیم با عمق گمانه‌ها و دیگر حفاریهای موجود داشته باشد.

همه اطلاعاتی که بر روی نقشه نشان داده شده است (برای نمونه شرایط هیدروژئولوژی، منطقه‌بندی زمین‌شناسی مهندسی، نتایج فرآیندهای زمین‌پویایی و خواص مهندسی همه واحدهای سنگ و خاک) باید در مقاطع نیز نشان داده شود. میزان نمایش جزئیات بر روی مقاطع، همسان جزئیات نشان داده شده در نقشه خواهد بود.

## ۴- حفاریهای اکتشافی

### ۴-۱ کلیات

در طراحی و اجرای سازه‌ها یکی از مهمترین عوامل تصمیم‌گیری، شناخت شرایط زمین شناسی زیرسطحی است. برای دستیابی به داده‌های موردنیاز زمین شناسی زیرسطحی در اعماق مختلف زمین از انواع روشهای گمانه‌زنی و حفاری استفاده می‌شود، که با توجه به شرایط طرح و زمین، روش مناسب در هر مورد انتخاب می‌شود. درباره تعیین تعداد، فاصله و عمق این گونه حفاریها در مراجع و استانداردهای موجود بین‌المللی بحث شده است که با رجوع به این مراجع و تلفیق آنها و تطبیق با شرایط موجود کشور سعی شده است رهنمودهایی برای تعیین میزان عملیات حفاری اکتشافی به تناسب ابعاد و اهمیت طرحها ارائه شود. به این لحاظ بر حسب ابعاد و شکل طرح و همچنین اهمیت آنها، سازه‌ها را به نقطه‌ای، نواری، سدها و تونلها تقسیم بندی می‌کنند که در این فصل ارائه می‌شود.

### ۴-۲ شناخت ویژگیهای پی‌های نقطه‌ای

فاصله و عمق گمانه‌ها بستگی زیادی به ابعاد سازه، پیچیدگی توپوگرافی، شرایط زمین و طبیعت پروژه دارد. برای سازه‌هایی با ابعاد کوچک نظیر تلمبه‌خانه‌های کوچک، برجهای انتقال و پایه‌های پل، اغلب یک گمانه آزمایشی نیازهای اکتشافی پی را برآورده می‌کند. سازه‌های بزرگتر ممکن است به گمانه‌های بیشتری نیاز داشته باشند. در صورتی که موقعیت دقیق یک سازه وابسته به شرایط پی باشد، تعداد گمانه‌های اکتشافی مورد نیاز افزایش می‌یابد. چنانچه برای چنین شرایطی در کاوشهای اولیه دو یا سه گمانه حفر شود تا شرایط کلی پی را مشخص کند، ممکن است نیازهای مراحل بعدی کاهش یابد.

عمق مورد کاوش اساساً به شرایط خاک و سنگ پی و نوع سازه بستگی دارد ولی باید حداقل ۱/۵ تا ۲ برابر عرض ناحیه بارگذاری باشد. بسته به شرایط زمین محل سازه، ممکن است به گمانه‌های عمیق‌تر نیز نیاز باشد. به عنوان مثال: در صورتی که مصالح تشکیل دهنده پی، سست و ضعیف (رس نرم، ماسه سست یا خاکریز نامتراکم) باشد، عمق گمانه‌ها باید به اندازه‌ای باشد که از این مصالح عبور کنند و به مصالح تراکم‌تری برسند.

چنانچه ضخامت مواد نرم و سست یا تراکم پذیر زیاد باشد، گمانه باید تا عمقی ادامه یابد که تنش وارده از سازه پیشنهادی، قابل چشم‌پوشی باشد. در مواردی نیز می‌توان از گمانه‌های کم عمق استفاده کرد. مثلاً در صورتی که شرایط مناسب در اعماق کم مشاهده می‌شود، گمانه باید تا عمقی که وجود مصالح ضعیف احتمالی در زیر عمق اکتشاف شده، به طور جدی بر سازه اثر نداشته باشد، ادامه یابد. در مواردی که به سنگ کف برخورد می‌شود، گمانه‌ها

باید به طور نمونه حدود ۱/۵ متر در سنگ سالم و ۳ تا ۵ متر در سنگ هوازده (برحسب مورد و طبق نظر مسئول نظارت) ادامه یابند. این امر بستگی به شرایط محلی دارد، ولی در هر حال جایی که ممکن است مجاری و معادن زیرزمینی متروکه موجود باشد، مناسب نیست و در چنین مواردی، با حفر حداقل یک گمانه، باید زیر منطقه مورد بررسی را به قدر کفایت کاوش کرد (شکل شماره ۲).

به هر صورت عمق گمانه های اولیه در پی های نقطه ای مطابق جدول شماره ۱ توصیه می شود:

جدول ۱- عمق گمانه های اکتشافی مرحله توجیهی پی های نقطه ای

ملاحظات	عمق	پی
	$D = 1\frac{1}{4} W$ وقتی که $A \leq 4 W$ $L \geq W$	پی های سطحی <sup>۱</sup> (منفرد)
	$A < 2 WD$ وقتی که $= 1\frac{1}{4} L$ $L \geq W$	پی های سطحی مجاور <sup>۲</sup>
عمق گمانه از کف پی $W =$ عرض پی فاصله بین پایه ها و ردیفها $A =$ عرض پی ها در دوردیف $L =$ فاصله بین ردیفها +	$D = 4\frac{1}{4} W$ وقتی که $A \leq 2 W$ $D = 3W$ وقتی که $A > 2 W$ $D = 1\frac{1}{4} W$ وقتی که $A > 4 W$	ردیف پی های سطحی مجاور <sup>۳</sup>
$D =$ عمق گمانه از کف پی $W =$ عرض پی ارتفاع دیوار از سطح زمین $H =$	$D = 1\frac{1}{4} W$ یا $1\frac{1}{4} H$ هر کدام که بزرگتر باشد	دیوار حائل <sup>۴</sup>
تأیید لایه های مقاوم	متر ۳۰ تا ۱۰ $D =$	شمعها <sup>۵</sup>

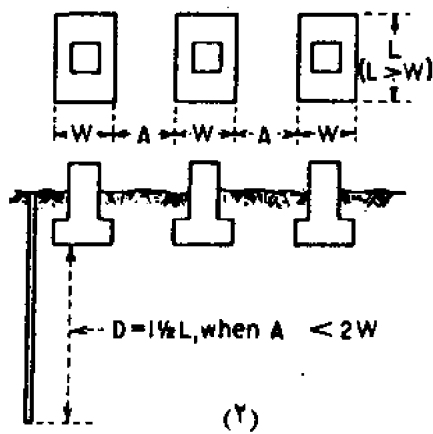
1 - Isolated Spread or mat footing

2 - Adjacent footing

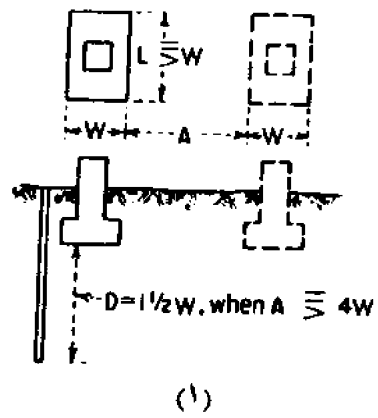
3 - Adjacent rows of footing

4 - Retaining Wall

5 - Piles

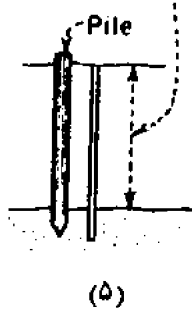


پای‌های سطحی مجاور

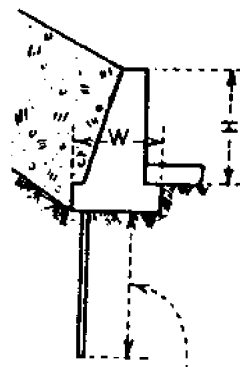


پای‌های سطحی منفرد

D = 10 to 30 m, confirm competent strata

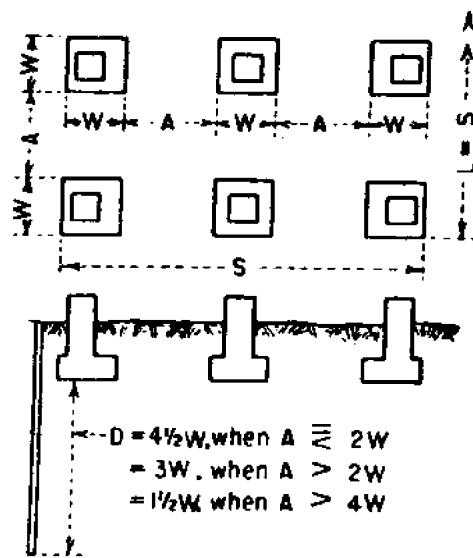


شمعها



$D = 1/2 W$  or  $1/2 H$ , whichever is greater

دیوارهای حائل



ردیف‌های پی سطحی مجاور

شکل ۲- عمق گمانه‌های اکتشافی مرحله توجیهی پی‌های نقطه‌ای



## ۳-۴ شناخت ویژگیهای پی سازه‌های نواری

کاوشهای مورد نیاز به منظور تعیین مواد مختلف در پی کانالها، خطوط لوله، زهکشها و راهها براساس ابعاد و اهمیت سازه و خصوصیات زمینی که در درون آن، مسیر سازه تعیین موقعیت شده، به نحو قابل ملاحظه‌ای متغیر است. فاصله گمانه‌ها نیز برحسب نیاز به تعیین تغییرات شرایط زیر سطحی، تغییر می‌کند.

در پی‌های نواری، حفاری گمانه‌ها با فواصل کم، و انجام آزمایشهای تفصیلی، اقتصادی نخواهد بود. بنابراین در بررسیهای مقدماتی، باید مسیر سازه نواری به طور دقیق، احتمالاً با کاربرد عکس‌های هوایی، روشهای ژئوفیزیکی و بازدید و بررسی زمین‌شناسی تفصیلی، مطالعه شود. سپس به منظور تائید توالی لایه‌های پیش‌بینی شده و نمونه‌برداری از نواحی حساس و تعیین دقیق تراز سطح ایستابی، عملیات حفاری اکتشافی برنامه‌ریزی و انجام خواهد شد.

چنانچه سازه نواری باید از زمینهای نسبتاً مسطح، مانند دشتها (با خاک یکدست) عبور کند، برای کاوش پی، حفر چند گمانه کافی خواهد بود. معمولاً برای کاوشهای مرحله توجیهی فاصله گمانه‌ها حدود یک کیلومتر و برای طراحی تشریحی حداکثر ۵/۰ کیلومتر کافی است.

گمانه‌های با فواصل کمتر وقتی مورد نیاز است که شرایط زیر سطحی متغیر باشد. چنانچه سازه نواری در مسیر خود از مناطقی نظیر مناطق کوهستانی، زمین لغزشها، مناطق خرد شده و گسلیده، مناطق پوششی (مواد واریزه‌ای، واریزه‌ای دامنه‌ای، خاکهای برجا و مخروطهای افکنه)، آبراهه‌ها، مسیله‌ها، دره‌ها و رودخانه‌ها عبور کند، برای رسیدن به اهداف طراحی، گمانه‌های اکتشافی مورد نیاز در این مناطق، ممکن است بسیار متغیر باشد.

در مناطق زمینلغزه و زونهای پوششی خرد شده و گسلیده در صورتی که عوامل زمین‌شناسی، سازه را در طول بیش از ۶۰ متر تحت تاثیر قرار دهند باید حداقل به وسیله ۲ گمانه اکتشاف شود. معمولاً گمانه‌ها به فاصله ۳۰ متر حفر می‌شوند. در مناطقی که گودبرداری و یا خاکریزی سنگین صورت می‌گیرد، باید حداقل به وسیله ۲ گمانه در  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{3}{4}$  طول مسیر، کاوش شوند.

چنانچه سازه نواری از کف دره‌ها، مسیله‌ها، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها عبور کند، مسیرهای تلاقی حداقل با یک گمانه اکتشاف می‌شود، در صورتی که عرض دره و مسیل، آبراهه و رودخانه وسیع باشد، با توجه به مشخصات زمین‌شناسی محل و نوع سازه پیشنهادی (سیفون، آکدوک، کالورت، فلوم، پل و...) گمانه‌های اضافی تعیین و حفر می‌شوند (در مورد سازه‌های نواری، شرایط حفر گمانه، مشابه شرایط حفاری سازه‌های نقطه‌ای خواهد بود).

در صورتی که سازه خطی از نواحی کوهستانی (سنگی) عبور کند، با توجه به خصوصیات زمین شناسی، برای شناخت ویژگیهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی توده سنگها و سطح آب زیرزمینی، به منظور تحلیل پایداری شیبها و تعیین مشخصات تکنولوژی اجرا، گمانه هایی انتخاب و حفر می شوند.

به طور کلی، حفر گمانه ها، بر حسب شرایط توپوگرافی، زمین شناسی و شرایط زیر سطحی و نوع سازه، ممکن است خارج از خط محوری سازه مورد نیاز باشد. عمق پیشنهادی برای کاوش پی سازه ها، بستگی به شرایط زیر سطحی بر پایه شناخت ویژگیهای زمین شناسی و خاکشناسی محل دارد (شکل شماره ۳).

عمق گمانه های اولیه (مرحله توجیهی) برای سازه های یاد شده طبق جدول شماره ۲ توصیه می شود:

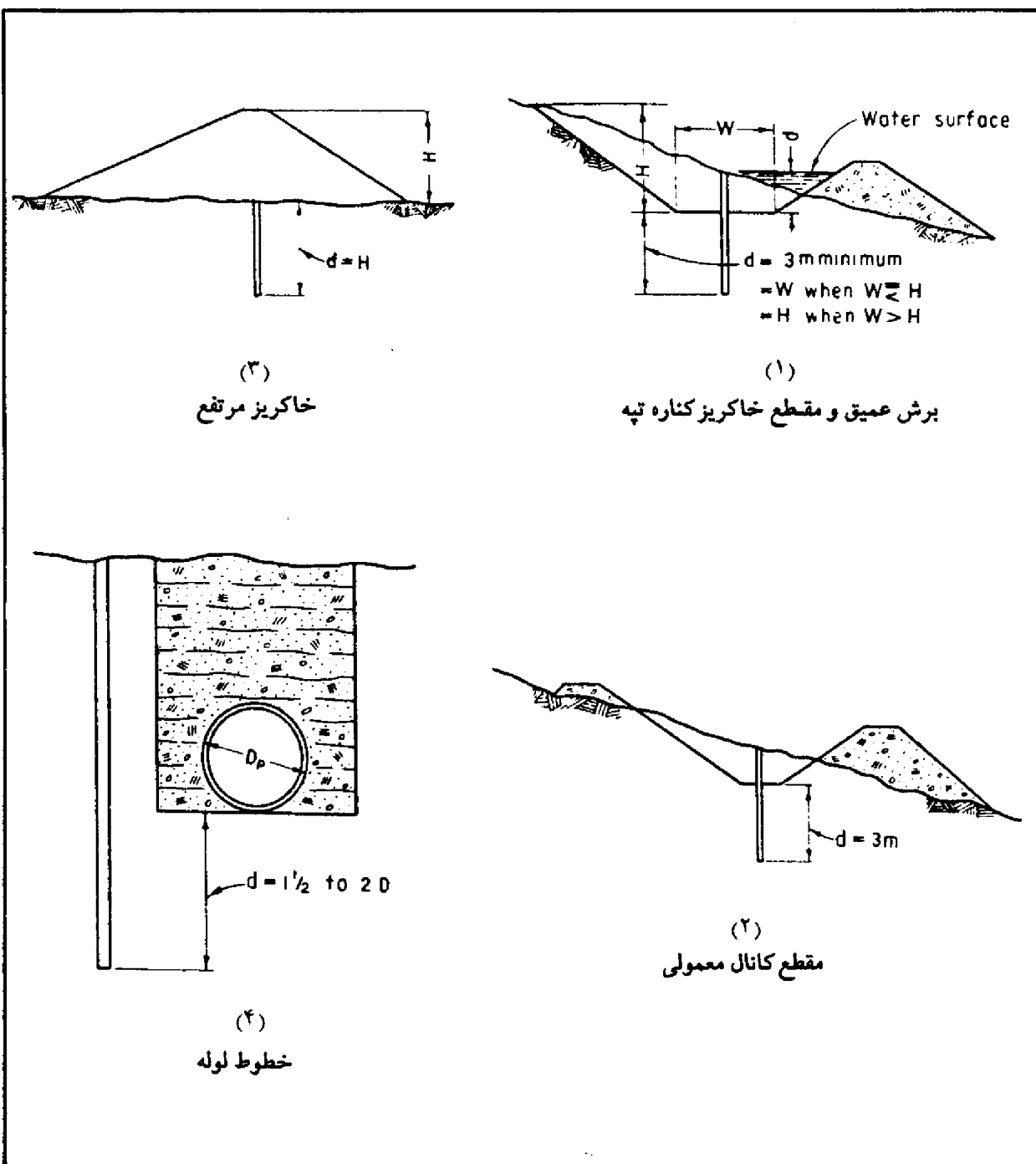
جدول ۲- عمق پیشنهادی گمانه های اکتشافی مرحله توجیهی در سازه های نواری

سازه	محل پی	عمق	ملاحظات
کانال و جاده	برش عمیق و مقطع خاکریز کناره تپه	متر $d=3$ حداقل <sup>۱</sup> $(W \leq H) d=W$	$d =$ عمق گمانه از کف پی $W =$ عرض پی
	خاکریز مرتفع	$(W \geq H) d=H$	$H =$ ارتفاع کوهبری
خطوط لوله	مقطع کانال معمولی	متر $d=3$ حداقل	$d =$ عمق گمانه از کف پی
		$d = 1\frac{1}{4}$ تا $2D$ $d = (1/5 \text{ تا } 2) D$	$d =$ عمق گمانه از کف پی $D =$ قطر لوله

#### ۴-۴ شناخت ویژگیهای زمین شناسی مهندسی تونلها و مغاره ها

برنامه کاوشهای زیر سطحی مسیر تونلها و مغاره ها (فضاهای بزرگ زیرزمینی) باید با توجه به پیچیدگیهای زمین شناسی، شرایط هیدروژئولوژی، ضخامت روباره و اهمیت سازه برای مراحل مختلف مطالعات تنظیم شود. چنانچه برای مسیر تونل و موقعیت مغاره، گزینه های مختلفی وجود داشته باشد، حتی الامکان با بررسیهای زمین شناسی سطحی مناسبترین گزینه مورد ارزیابی قرار می گیرد.

۱ - چنانچه در تراز بالاتر از کف پی پیشنهادی، توده سنگ مقاوم با درزه های بسته دیده شود در این صورت باید سه متر در سنگ حفاری کرد ولی معمولاً حفاری تا کف پی کافی است.



شکل ۳- عمق پیشنهادی گمانه‌های اکتشافی مرحله توجیهی در سازه‌های نواری

در مورد گزینه انتخابی حداقل باید دو گمانه در ابتدا و انتهای سازه و تعدادی گمانه دیگر نیز، بر حسب شرایط زیر، حفر شود:

- فرورفتگیهای توپوگرافی سطح زمین در مسیر سازه که ممکن است از نظر ساختاری، نقطه ضعف به شمار آید.
- در سنگهایی از مسیر که قابلیت هوازدگی و دگرسانی عمقی دارند.
- در بخشی از سنگهای مسیر که ویژگیهای کارستی دارند.
- در بخشهای آبدار و گازدار مسیر
- در مناطق خرد شده و گسلیده
- در قسمتی از مسیر که سنگهای تبخیری و یا تورم پذیر دارند.

بدون حفر گمانه های یاد شده، نشان دادن ضخامت مواد ناپیوسته و بخش هوازده سنگ، سطح ایستایی، نوع سنگ، گسستگیها، مناطق شکسته در برشهای زمین شناسی مهندسی مشکل است. در جایی که سنگ رخنمون دارد و ساختار زمین پیچیده نیست شناسایی باید با حداقل تعداد گمانه انجام گیرد اما در جایی که به علت وجود خاک، رخنمونها محدود است، حفر تعداد بیشتری گمانه مورد نیاز خواهد بود. در مرحله شناسایی برای گزینه یابی، گمانه زنی توصیه نمی شود. در مرحله توجیهی تمام واحدهای سنگی که در مسیر سازه قرار می گیرند باید به وسیله حفر گمانه اکتشاف شوند.

در مرحله طراحی تشریحی تعداد، فاصله، عمق، قطر و جهت گمانه ها بر حسب نیاز طراحی و پیچیدگیهای زمین شناسی تعیین می شود. گمانه ها باید تا عمق قابل قبول زیر کف سازه را مورد اکتشاف قرار دهند. عمق کاوش توده های سنگی به نوع، اندازه، شکل و وضعیت سازه پیشنهادی و ملاحظات طراحی بستگی دارد. این ملاحظات بیش از همه تابع ویژگیهای ژئوتکنیکی ساختگاه است. در مورد لایه های شیب دار گمانه های مایل توصیه می شوند، زیرا به این طریق می توان از وضعیت تعداد بیشتری از لایه ها آگاهی حاصل کرد. در شرایطی که توده سنگی بالای سقف تونل ضخامت قابل ملاحظه ای داشته باشد و بررسی توده سنگ در حول و حوش سازه مستلزم حفر گمانه های عمیق و هزینه هنگفت باشد، گمانه های مایل کمک موثری به شمار می آیند. در شرایطی که لایه ها بسیار پر شیب یا قائم اند، حفاری افقی ممکن است اطلاعات بیشتری به دست دهد. در نقاطی که گمانه اکتشافی از مقطع سازه بگذرد پس از خاتمه عملیات شناسایی باید آن را با دوغاب سیمان یا بتن پر کرد. در مرحله طراحی تشریحی حفر گالریهای اکتشافی و انجام آزمایشهای برجا از دیگر روشهای شناسایی زمین است که در مورد مغاره ها اهمیت بیشتری دارد و جزییات آن از طرف کمیته مکانیک سنگ طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه و ارائه خواهد شد. عمده عملیات اکتشافی و آزمایشهای برجا شامل موارد زیر است:

- الف- حفر گالری اکتشافی در سراسر طول مغاره
- ب- حفر گمانه های اکتشافی از داخل گالری اکتشافی به منظور شناسایی سنگهای اطراف مغاره و تعیین سطح ایستایی و تراوایی سنگ

- ج - انجام آزمایشهای ژئوفیزیکی در داخل گمانه‌ها و گالریهای اکتشافی
- د - اندازه‌گیری تنشهای برجا
- ه - تعیین مدولهای کشسانی و تغییر شکل توده سنگ
- و - تعیین مقاومت برشی ناپیوستگیهای اصلی توده سنگ

#### ۵-۴ شناخت ویژگیهای پی سدها

کاوشها در محل سدها باید به نحوی هدایت شود که خصوصیات پی را مشخص کند. در بسیاری از محلها، زمین‌شناسی سطحی در تعیین موقعیت گمانه‌های اولیه کمک می‌کند. در برخی شرایط، نقشه زمین‌شناسی سطحی همراه با ۴ تا ۵ گمانه بر روی محور اولیه سد تا عمقی که گمانه‌ها به سنگ مقاوم و ناتراوا (نفوذناپذیر) برسند، خصوصیات را به اندازه کافی برای طراحی توجیهی مشخص خواهد کرد. بنابراین در محلهایی که سنگ پی دارای رخنمون کافی و فاقد شرایط زمین‌شناسی پیچیده باشد، قبل از تدوین برنامه عملیات اکتشافی و گمانه‌زنی، نقشه زمین‌شناسی محل باید تهیه و انتخاب گمانه براساس آن صورت پذیرد. گمانه‌ها باید به نحوی انتخاب شوند که تا حدودی امکان جابه‌جایی محور میسر باشد.

#### ۱-۵-۴ عمق، فاصله و موقعیت گمانه‌ها

عمق، فاصله و موقعیت گمانه‌های موردنیاز بر حسب پیچیدگی و شرایط زمین‌شناسی و طرح سازه ای تغییر می‌کند. معمولاً "هوازدگی مکانیکی و شیمیایی بر روی کیفیت توده سنگ نزدیک زمین اثر تخریبی بیشتری دارند، ضمن اینکه ممکن است اثرات دگرسانی گرمایی در مناطق گسله و برشی تا اعماق زیادی ادامه داشته باشد. در حالت کلی کیفیت توده سنگ با افزایش عمق، مطلوبتر می‌شود و بنابراین مجاز به نظر می‌رسد که فاصله گمانه‌های عمیق بیش از فاصله گمانه‌های کم عمق تعیین شود. حدود فاصله گمانه‌های اکتشافی در مرحله توجیهی در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- فاصله و عمق گمانه‌های اکتشافی در مرحله توجیهی

فاصله گمانه‌ها	عمق گمانه‌ها
۳۰ تا ۱۵۰ متر	کمتر از ۱۰۰ متر
۱۵۰ تا ۳۰۰ متر	۱۰۰ تا ۲۵۰ متر
۳۰۰ تا ۷۵۰ متر	بیش از ۲۵۰ متر

با در نظر گرفتن نتایج مطالعات مقدماتی زمین شناسی، استفاده از جدول یاد شده باید با احتیاط انجام شود. در محلی که توده سنگ عموماً کیفیت ضعیفی دارد، فاصله گمانه ها باید کاهش یابد. تجربه نشان داده است که فواصل فوق حتی اگر توده سنگ نسبتاً همگن و یکنواخت نیز به نظر برسد، نباید افزایش یابد. در مورد سدهای خاکی در صورتی که هسته ناتراوا قائم باشد، سه ردیف گمانه در امتداد محورهای فرازبند، سد اصلی و نشیب بند پیش بینی می شود. بدیهی است چنانچه هسته رسی سد مایل باشد و یا انواع دیگری از سدهای خاکی و سنگریزه ای طراحی شده باشد، آرایش گمانه ها باید مشخصات لازم را برای این نوع سازه فراهم کند. به طور مثال برای سدهای سنگریزه ای با پوشش بتنی به منظور شناخت پی در محل احداث سکوی بتنی، باید گمانه هایی را پیش بینی کرد. در مورد سدهای بتنی، حفاری حداقل سه ردیف گمانه در امتداد: فرازبند، سد اصلی و نشیب بند ضروری است.

چنانچه کیفیت سنگ نامناسب باشد به طوری که لایه های سست و مقاوم وجود داشته و یا در مواردی که خصوصیات طبقات زیرسطحی نامشخص باشد، حفر گمانه های اکتشافی مورد نیاز مرحله اجرایی باید تا اعماقی ادامه یابد که گسترش مناطق نامناسب را آشکار سازد و تغییرات درون سربهای زمین شناسی را که ممکن است بر روی رفتار سازه اثر سوء بگذارد، مشخص کند. بنابراین برخی از گمانه های اولیه ممکن است تا عمقی بیش از ارتفاع ستون آب پشت سد نیز، ادامه یابد.

در شرایطی که سنگ پی دارای کیفیت خوب و تراوایی پایین باشد، تعداد کمی از گمانه ها تا عمقی برابر ستون آب پشت سد حفاری و باقیمانده تا عمقی که مقدار تراوایی به یک واحد لوژون در سدهای بتونی و یا سه واحد لوژون در سدهای خاکی برسد، حفر خواهد شد. به طور کلی گمانه های اولیه باید با فواصل زیاد و در جناحین حفر و گمانه های بعدی با توجه به نتایج به دست آمده و در فاصله بین آنها تعیین شود. در مناطق کارستیک، معمولاً مقاطع اکتشافی به موازات خطوط جریان آب زیرزمینی که حدس زده شده است، انتخاب می شود. عمق این گمانه ها باید تا رسیدن به لایه نسبتاً ناتراوا و قابل اعتماد و یا عمقی که در آن کارست توسعه نیافته است، ادامه یابد. آرایش گمانه ها در این نوع پی ها باید به صورتی باشد که در نهایت بتوان نقشه هم فشار (ایزوپیز) محل را تهیه و امتداد و جهت جریان آب زیرزمینی را مشخص کرد. همچنین به منظور روشن ساختن وضعیت آب زیرزمینی در صورت نیاز، تعدادی گمانه نیز در خارج از محدوده سد و حتی در مواردی در فواصل زیاد، حفر می شود.

#### ۴-۵-۲ جهت گمانه ها

گمانه های مایل به منظور اکتشاف لایه های شیب دار و بی نظمی های زیرسطحی مختلف نظیر عدسیها، دایکها، غارها و مناطق گسله به کار گرفته می شوند. حتی در شرایطی که سازندهای افقی منظم مشاهده می شود، به منظور شناخت گسستگیهای قائم تا نزدیک به قائم که ممکن است به وسیله گمانه های قائم قطع نشده باشد، گمانه های مایل حفاری می شوند. در مواردی که امکان دسترسی به نقاط مورد اکتشاف با گمانه های قائم نیست، می توان از گمانه های مایل استفاده کرد.

#### ۶-۴ شناخت ویژگیهای پی سازه‌های جنبی سد

در محل سازه‌های جنبی سد نظیر سرریزها، تخلیه‌کننده‌ها، دیواره آب‌بند و نیروگاه نیز باید گمانه‌هایی حفاری شود. در محل‌هایی که سنگ فاقد رخنمون یا شرایط پی متغیر باشد، پیشنهاد می‌شود که حداکثر فاصله گمانه‌ها ۳۰ متر در نظر گرفته شود. در جایی که توده سنگ فاقد پوشش سطحی است و به طور همگن در جهت‌های افقی و قائم گسترش داشته باشد، می‌توان با ۱ یا ۲ گمانه، پی سازه را مورد بررسی قرارداد. در تدوین برنامه عملیات گمانه‌زنی، تعیین موقعیت گمانه باید به نحوی صورت پذیرد که حفر حداقل برخی از گمانه‌ها چندمنظوره باشد.

#### ۷-۴ شناخت ویژگیهای پی سدهای انحرافی

برای کاوش پی سدهای انحرافی، حداکثر فاصله گمانه‌ها ۳۰ متر، و حداقل یک گمانه در هر پایه<sup>۱</sup> و حداقل عمق گمانه‌ها برابر عرض پی پیشنهاد می‌شود.

#### ۸-۴ شناخت ویژگیهای پی منابع قرضه

##### ۱-۸-۴ مصالح خاکی

کاوشهای نواحی منابع قرضه بادو هدف مختلف انجام می‌شود. در هدف اول، منطقه از نظر مصالح خاصی مورد بررسی قرار می‌گیرد که از جمله می‌توان مصالح بتن، سنگریزه برای راه‌آهن، زیرسازی و روسازی بزرگراهها، مصالح فیلتر برای زهکشها، برای شیروانی بالادست سدهای خاکی، و مصالح برای خاکهای پایدار شده یا تغییر یافته را نام برد. در هدف دوم، منطقه محدودی از نظر شناسایی کلیه مصالح موجود بررسی می‌شود.

کاوشهای با هدف اول نیازمند تعیین موقعیت مواد با خصوصیات ویژه است. در ابتدا یک گمانه درمحمول‌ترین محل حفاری می‌شود تا مشخص سازد مصالح با خصوصیات مورد نیاز موجود است. چنانچه منبع با پتانسیل کشف شد، گمانه‌های تکمیلی به تعداد کافی تعیین موقعیت می‌شوند تا کفایت آن به مقدار مورد نیاز را تعیین کنند. تعیین حدود کل مواد موجود، موردنیاز نیست.

کاوشهای با هدف دوم به منظور تعیین موقعیت مصالح مختلف موجود در محدوده موردنظر، انجام می‌گیرد، به

نحوی که در آنها دستیابی، یکنواختی و قابلیت کار<sup>۱</sup> به اندازه خصوصیات مهندسی اهمیت دارد. در آغاز یک منبع دارای پتانسیل که جوابگوی این نیازها باشد با توجه به شواهد سطحی تعیین موقعیت می‌شود. سپس با حفر چندین گمانه، مشخص می‌شود که مواد دارای عمق مناسبی هستند و در نهایت، ناحیه به وسیله شبکه‌ای از گمانه‌ها پوشش داده می‌شود تا حجم مواد مشخص شود. شبکه باید حداکثر اطلاعات را با حداقل تعداد گمانه‌ها فراهم کند. معمولاً برای نهشته‌های دراز و باریک، خطوط شبکه در عرض این رسوبات را می‌توان در فاصله دوری از یکدیگر تعیین موقعیت کرد ولی فاصله گمانه‌ها در روی این خطوط باید کاملاً نزدیک باشد. از طرف دیگر باید در روی نهشته‌های تقریباً مربع شکل، فاصله گمانه‌ها در دو جهت تقریباً مساوی باشد. در مرحله توجیهی، برای کاوش، این مواد به عنوان خاکریز سدها، گمانه‌ها یا چاهکها باید به فواصل ۱۵۰ تا ۳۰۰ متر از هم تعیین موقعیت شوند. در مرحله طراحی تشریحی فاصله گمانه‌ها باید به ۶۰ تا ۱۲۰ متر کاهش یابد. غالباً در مرحله اجراء، گمانه‌های اکتشافی مورد نیاز است. در برخی اوقات قبل از گودبرداری واقعی، فاصله گمانه‌های اکتشافی در نزدیکی حاشیه رسوبات و در داخل رسوبات (جایی که مواد بسیار متغیر است) به ۱۵ تا ۳۰ متر کاهش می‌یابد. در عملیات کانال‌سازی، مواد قرضه معمولاً از نواحی مجاور کانال برداشت می‌شود و چنانچه فاصله گمانه‌های اکتشافی مسیر کانال به اندازه کافی نزدیک باشد که وجود مواد مناسب را تضمین کند، برای بررسی مواد قرضه موجود در محدوده کانال به گمانه‌های اکتشافی جدید نیازی نیست.

عمق گمانه‌های اکتشافی در نواحی قرضه با توجه به عمق و ضخامت پیش‌بینی شده موادی که باید گودبرداری و به کار رود، کنترل می‌شود.

#### ۴-۸-۲ مصالح سنگی

برای حفاظت خاکریزها و یا گودبردهای واقع در معرض امواج آب، جریانهای آشفته و یا بارندگیهای سنگین، مصالح سنگی مورد نیاز است. مصالح سنگی که برای حفاظت سازه‌های خاکی در برابر امواج یا جریان آب به کار می‌روند، ریپ‌رپ (پوشش محافظ پاره سنگی) نامیده می‌شوند. به مصالح سنگی که برای تامین پایداری سد به کار می‌روند سنگریزه گفته می‌شود. چنین مصالح سنگی (سنگریزه‌ها) ممکن است به عنوان پتوی زهکشی یا پتوی زهکش زیر ریپ‌رپ مورد استفاده قرارگیرند. اصطلاح سنگریزه برای توصیف پتوی نازکی از قطعات سنگی که برای حفاظت خاکریزها در برابر اثر فرسایشی بارندگی به کار می‌روند نیز استفاده می‌شود.

معادن مصالح سنگی باید دو هدف اصلی زیر را تامین کنند: اول؛ سنگ معدن باید با قطعات مناسب از نظر اندازه و بر حسب مورد استفاده، استخراج شود، دوم؛ قطعات سنگ باید محکم و با دوام باشند.



اندازه قطعات سنگی بسیار مهم است. قطعات تا حدود ۰/۸ متر مکعب برای سدهای با مخازن بزرگ مورد نیاز است و برای سدهای خاکی کوچک قطعات تا حدود ۰/۴ متر مکعب به کار می‌رود.

به کمک فاصله داری درزه‌ها در رخنمونهای سنگی می‌توان ابعاد قطعات سنگ را پیش بینی کرد. به درزه‌های قدیمی به هم جوش خورده که حین استخراج ممکن است باعث جدا شدن قطعات شود، باید توجه کرد. از آنجاکه شناسایی این صفحات ضعیف مشکل است، انجام یک آزمایش انفجاری که ۸ تا ۱۶ متر مکعب سنگ تولید کند، توصیه می‌شود. وقتی که در محدوده ساختگاه، سنگ مطلوب وجود نداشته باشد، مصالح ریپ‌رپ را ممکن است بتوان از قطعه سنگهای رودخانه‌ای و مسیله‌ها و هشته‌های روباره تامین کرد. کیفیت بسیاری از معادن با عمق تغییر می‌کند و در بعضی موارد ضخامت روباره آنچنان زیاد می‌شود که برداشت آن اقتصادی نیست. بنابراین اغلب ضروری است که با حفر گمانه‌هایی، معدن، اکتشاف شود.

پسچیدگی و گستردگی بررسیهایی که برای تعیین معدن مناسب ریپ‌رپ باید انجام شود، به نیازهای پروژه و کمیت و کیفیت مصالح مورد نیاز بستگی دارد. معمولاً این بررسیها در سه مرحله (الف) شناسایی، (ب) توجیهی و (ج) طراحی تفصیلی انجام می‌شود.

در مرحله شناسایی، بررسیها، بیشتر سطحی است و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی، خاکشناسی و عکسهای هوایی و در حد تعیین محدوده مصالح سنگی انجام می‌گیرد.

اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله توجیهی برای طراحی تفصیلی و برآورد هزینه‌های اجرایی مورد نیاز است. در این مرحله باید داده‌های کافی از معادن بالقوه جمع‌آوری شود. ممکن است حفاری همراه با مغزه‌گیری یا انفجار آزمایشی برای تعیین اندازه و کیفیت مصالح موجود در معدن ضروری باشد. معادن بالقوه باید برای تعیین اندازه و خصوصیات و به ویژه فاصله درزه‌ها و شکستگی‌ها، مقاومت در برابر هوازدگی و تغییرات توده سنگ، مورد آزمون قرار گیرند.

فاصله داری درزه‌ها، شکستگی‌ها، و سطوح لایه بندی، اندازه قطعات سنگ را کنترل می‌کنند. مشاهدات محلی در مورد مقاومت سنگ در برابر هوازدگی نشانه خوبی از دوام سنگ است.

موقعیت و توزیع لایه‌های ضعیف یا لایه‌هایی که نباید استخراج شوند باید مورد توجه قرار گیرند. در بعضی موارد، تهیه نمونه‌های معرف مصالح سنگی از بالقوه‌ترین معادن نیز ضروری است. در مرحله طراحی تفصیلی، هدف از بررسیها، فراهم کردن داده‌های مورد نیاز طراحی و تهیه اسناد مناقصه است. در این مرحله معادنی که در مرحله قبلی شناسایی شده‌اند، باید از نظر کمیت مصالح موجود و همگنی آنها به دقت مورد بررسی قرار گیرند.

در صورتی که شرایط زمین شناسی ایجاب کند، ممکن است حفاری همراه با مغزه گیری ضروری باشد. چنین حفاریهایی باید، به صورت شبکه‌ای انجام شود و شامل حفاریهای قائم و مایل باشد. انفجار آزمایشی در صورتی که در مراحل قبل انجام نشده باشد، باید در این مرحله صورت گیرد.

چنانچه در این مرحله معادن دیگری به غیر از معادن تعیین شده در مرحله توجیهی مدنظر باشد، این معادن نیز باید همانند معادنی که قبلاً شناسایی شده‌اند، مورد بررسی قرار گیرند.

اغلب، نمونه گیری حساس ترین بخش مطالعاتی است. بنابراین باید به دقت و توسط افراد با تجربه انجام شود. وزن نمونه ها باید حداقل حدود ۲۷۰ کیلوگرم و معرف توده سنگ ضعیف، متوسط تا خوب باشد. چنانچه کیفیت مصالح متغیر است، بهتر است که سه نمونه که به ترتیب معرف ضعیف ترین، متوسط و بهترین کیفیت موجودند، تهیه شود. حداقل ابعاد هر یک از قطعات انتخاب شده به عنوان نمونه باید حدود ۱۵٪ متر مکعب باشد. در صورت امکان باید درصد نسبی هر یک از مصالح با کیفیت‌های یاد شده، برآورد شود. بر حسب امکانات نمونه به وسیله یکی از روشهای انفجاری، ترانشه زنی و حفاری تهیه می‌شود. در سنگهای لایه‌ای رسوبی مانند سنگ آهک و ماسه سنگ، همگنی مصالح باید هم در جهت قائم و هم در جهت افقی ارزیابی شود. همچنین باید به ساختار معدن و جهت شیب لایه ها نیز توجه شود.

## ۵- تهیه نمودار کاوشهای زیر سطحی

### ۱-۵ کلیات

در مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه یک سازه، وضعیت پی تا عمق، متناسب با تاثیر سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد و اطلاعات ضروری گردآوری می‌شود. به این منظور روشهای گوناگونی معمول است که با توجه به نوع و ابعاد سازه، سیمای طرح و وضعیت زمین شناسی سطحی، برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود. کاوشهای زیرسطحی بخشی از مطالعات ژئوتکنیکی به شمار می‌آیند که در روش مستقیم (حفاری) و غیر مستقیم (بررسیهای ژئوفیزیکی) را در بر می‌گیرد. در روش مستقیم با حفر گمانه، چاهک، ترانشه، گالری و غیره ضمن مشاهدات عینی وضعیت زیرزمینی، آزمایشهای صحرائی نیز انجام می‌شود. با توجه به هزینه سنگین این گونه عملیات، ثبت داده‌ها و دستاورد آزمایشها از اهمیت زیادی برخوردار است. ارایه یکجای اطلاعات و داده‌ها بسیار مفید است و لذا تهیه نقشه‌ها و نمودار کاوشهای زیرسطحی (لوگ حفاری) معمول است. انواع نمودارها و روش ثبت اطلاعات به شرح زیر است:

### ۲-۵ تهیه نمودار گمانه‌ها

معمولاً "گمانه به چاههایی که با قطر و عمق‌های مختلف برای شناسایی وضعیت زمین شناسی و انجام آزمایشهای مورد نیاز در لایه‌های زیرسطحی و با دستگاههای مخصوص حفاری می‌شوند، گفته می‌شود (نمودارهای شماره ۱ و شماره ۲).

تهیه نمودار گمانه باید موارد زیر را شامل شود:

- ۱-۲-۵ نمودارها باید دارای مقیاس باشند که مناسبترین مقیاس ۱:۱۰۰ است. در موارد استثنایی و با توجه به میزان فشردگی اطلاعات و دقت مورد نظر می‌توان از مقیاس ۱:۵۰ تا ۱:۲۰۰ نیز استفاده کرد.
- ۲-۲-۵ تا حد امکان باید سعی شود که اطلاعات ارائه شده به صورت یکپارچه و بر روی یک برگ ارایه شود.
- ۳-۲-۵ اطلاعات کلی ممکن است به صورت بخشی از نمودار در نظر گرفته شود که ذکر موارد زیر در این قسمت ضروری است:

- نام کارفرما، پیمانکار و مهندس مشاور، طرح یا پروژه
- شماره گمانه، موقعیت، روش حفاری، تاریخ شروع و پایان حفاری، نوع دستگاه حفاری، عمق و حداقل قطر گمانه
- مختصات محل گمانه، عمق نهایی، عمق سنگ کف، سطح آب زیرزمینی، زاویه گمانه، راستای گمانه

نمودار ۱- فرم پیشنهادی ثبت مشخصات گمانه

شماره گمانه	پروژه:	ساختگاه:	
	کارفرما	پیمانکار	مشاور:
مختصات:	X =	Y =	Z =
سطح آب زیرزمینی	عمق	متر	توازن سطح دریا
سنگ کف	عمق	متر	توازن سطح دریا
حداقل قطر گمانه	طول و قطر لوله جداری		
عمق گمانه:	آزیموت:	انحراف از قائم:	
نوع دستگاه حفاری:	تاریخ شروع:	تاریخ خاتمه:	
تهیه			
ترسیم			
کنترل			

نمودار ۲ - نرم پیشنهادی برای نمودار گساره‌ها

صفحه :	تاریخ :	نمودار تهیه شده توسط :	گساره :	ساختگاه :	پروژه :	سطح ایستایی / پیرومتر	
						ضربه و نفوذ استاندارد / نمونه	لوژون - سانتیمتر بر ثانیه نفوذ پذیری
		داده‌های هیدروژنومتری					فشار مؤثر
		نمودار فشار - جزریان	مشخصات گساره‌ها				تعداد درزه در متر
							توصیف روپار - سنگ
							توصیف روپار - سنگ
							درصد
							۲۰
							۸۰
							سئون زمین شناسی
							۲۰
							۸۰
							درصد
							نوبت حفاری
							عمق (متر)

- نام تهیه کننده، کنترل کننده و تصویب کننده نمودار
- راهنمای علائم فنی و اختصاری
- ۴-۲-۵ به منظور ثبت داده‌ها اطلاعات به دست آمده از گمانه به صورت ستونهایی به شرح زیر ارائه می‌شوند:
- عمق: اطلاعات مربوط به عمق گمانه با توجه به مقیاس انتخاب شده مشخص می‌شود.
- نوبت حفاری: <sup>۱</sup> عمق بالا و پایین هر نوبت حفاری با ذکر شماره نوبت
- قطر گمانه و نوع مته: قطر گمانه در مقاطعی که تغییر می‌یابد به همراه نوع سر مته
- بازیابی مغزه (C.R): <sup>۲</sup> میزان بازیافت مغزه نسبت به هر نوبت به صورت درصد
- ستون چینه‌شناسی یا زمین‌شناسی: قشرهای مختلف خاک، سنگ از نظر سنگ شناسی - دانه‌بندی با علائم مربوط برای هر واحد سنگ شناسی با توجه به عمق هر لایه نمایش داده شود. نمایش ناپیوستگیها مانند سطح لایه، گسلها و شکستگی ها و درزه‌ها و وجود مواد آلی، گچ و نمک و سایر موارد مهمی که در قشرهای زیر پی سازه وجود دارد و به گونه‌ای از نظر مطالعات پی اهمیت دارد، با رنگ یا علائم نمایش داده شود.
- مشخصات خاک یا سنگ: مشخصات قشرهای خاک و یا سنگ با توجه به استانداردهای موجود، طبقه بندی خاک و یا سنگ به تفکیک و با دقت مورد نیاز طرح با تعیین عمق قسمت تحتانی و فوقانی هر لایه مشخص شود. در این مشخصات ذکر رنگ، مشخصات سنگ شناسی، بافت، مقاومت، میزان هوازدگی براساس تشریح نظری ذکر می‌شود. وجود موارد مهم نظیر املاح محلول یا مواد آلی، فسیلهای موجود در سنگ و حفرات انحلالی و غارها با میزان پراکندگی آنها و عمق برخورد به سنگ کف با حروف درشت تر مشخص می‌شود و چنانچه بر اثر عملیات حفاری تغییراتی در خاک و یا سنگ ایجاد شده باشد، توضیح داده می‌شود.
- کیفیت سنگ: کیفیت سنگ با شاخص کیفی سنگ (R.Q.D) <sup>۳</sup> و به صورت درصد بیان می‌شود (جدول شماره ۴).
- میزان شکستگی در هر متر طول سنگ یا تعداد شکستگی در هر متر مغزه حفاری
- ناپیوستگیها: در ستون جداگانه ای مشخصات ناپیوستگیهای سنگ از قبیل سطوح لایه بندی، درزه‌ها، گسلها و غیره توصیف می‌شود. لازم است زاویه ناپیوستگی با محور افقی مغزه، نوع مواد پرکننده و زبری سطح لایه، در توصیف مذکور گنجانده شود.
- ثبت نتایج آزمایشات برجاکه در گمانه انجام شده است نظیر:
  - آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد S.P.T <sup>۴</sup> و C.P.T <sup>۵</sup>
  - آزمایش برش پره‌ای <sup>۶</sup>

1 - Run

2 - Core Recovery

3- Rock quality designation

4- Standard penetration test

5- Cone penetration test

6-Torvane

جدول ۴- کیفیت سنگ

<u>شاخص کیفی سنگ R.Q.D</u> <sup>۱</sup>	
$R.Q.D = \frac{۱۰۰ \times \text{مجموع طولهای قطعات با طول بیش از } ۱۰ \text{ سانتیمتر}}{\text{طول حفاری شده}}$	
<u>R.Q.D</u>	<u>رده بندی سنگ بکر بر پایه شاخص کیفی</u>
۱۰۰ - ۹۰٪	خیلی خوب <sup>۲</sup>
۹۰ - ۷۵٪	خوب <sup>۳</sup>
۷۵ - ۵۰٪	متوسط <sup>۴</sup>
۵۰ - ۲۵٪	ضعیف <sup>۵</sup>
۲۵ - ۰٪	خیلی ضعیف <sup>۶</sup>
$C.R. = \frac{۱۰۰ \times \text{طول کل مغزه به دست آمده}}{\text{طول حفاری شده}}$	
بازیابی مغزه حفاری: C.R. <sup>۷</sup>	
<u>حفرات انحلالی</u> <sup>۸</sup>	
- حفره های کمیاب <sup>۹</sup> (حفره ها، کمتر از ۲٪.....)	
- حفره های پراکنده <sup>۱۰</sup> (حفره ها بین ۲ تا ۵٪ حجم.....)	
- حفره دار <sup>۱۱</sup> (حفره ها بین ۵ تا ۱۰٪ حجم.....)	
- به شدت حفره دار <sup>۱۲</sup> (حفره ها، بیش از.....)	

1 - Rock Quality Designation

3 - Good

5 - Poor

7 - Core Recovery

9 - Occasional Vugs

11 - Vuggy

2 - Excellent

4 - Fair

6 - Very Poor

8 - Solution Cavities

10 - Scattered Vugs

12- Very Vuggy

- آزمایش نفودسنج جیبی<sup>۱</sup>
- آزمایش بار نقطه‌ای سنگ
- آزمایش تراوایی در خاک: نتایج آزمایش فوق با توجه به مشخص کردن روش آزمایش به صورت ضریب تراوایی در مقابل عمق آزمایش ثبت می‌شود.
- نمونه‌گیری: نمونه‌های برداشت شده از خاک، سنگ و آب به همراه شماره و نوع نمونه در مقابل عمق نمونه‌برداری ثبت می‌شود.
- آزمایش تراوایی در سنگ: ثبت نتایج آزمایش تراوایی در سنگ شامل منحنی فشار و شدت جریان P.Q<sup>۲</sup> و میزان تراوایی توده سنگ بر حسب واحد تراوایی در مقابل عمق قطعه مورد آزمایش. در منحنی فشار و شدت جریان از فشار موثر بر قطعه استفاده می‌شود. در این قسمت ثبت اطلاعاتی نظیر ماکزیمم فشار وارده به قطعه، نوع پکر<sup>۳</sup> و نوع پمپ مفید است.
- سطح آب زیرزمینی: در این قسمت از لوگ حفاری، سطح آب زیرزمینی در داخل گمانه به همراه تاریخ اندازه‌گیری ثبت می‌شود. نمایش طول پیژومتر نصب شده با توجه به قسمت مشبک آن ضروری است. اطلاعاتی نظیر گم شدن آب حفاری در لایه‌ها و تغییر ناگهانی سطح آب زیرزمینی در حین حفاری را نیز می‌توان در این قسمت از لوگ حفاری گنجانده.
- ملاحظات: معمولاً در لوگ حفاری قسمت پایین را باید به موارد پیش بینی نشده در حین حفاری اختصاص داد که در این قسمت موارد زیر ثبت می‌شود:
  - سقوط ناگهانی ابزار درون چاهی در حین حفاری
  - برخورد به آب تحت فشار، تغییر دمای آب گمانه، تغییر رنگ آب، صدای ریزش آب داخل گمانه
  - خروج گاز از دهانه چاه
  - هر نوع اتفاقی که غیرمتعارف است.

### ۳-۵ تهیه نمودار چاهکها

چاهک معمولاً به چاههایی گفته می‌شود که قطر نسبتاً بزرگی دارند و به وسیله ابزار دستی نظیر بیل و کلنگ و یا وسایل مکانیکی حفر می‌شوند. از ویژگیهای این نوع چاهکها امکان مشاهده عینی و شرایط طبیعی لایه‌های زمین است. چاهکها اغلب عمق کم و محدودی دارند. حفر چاهک عمدتاً به منظور بررسی و مطالعه قشرهای با اجزای ناپیوسته (آبرفت، خاک برجا، واریزه و غیره) توصیه می‌شود. برای ثبت داده‌های حاصل از حفاری چاهکها، تهیه

1- Pocket penetrometer

2- Pressure quantity

3- Packer



نمودار چاهک به همراه کلیه اطلاعات الزامی است (نمودار شماره ۳). موارد زیر در تهیه نمودار چاهکها باید رعایت شود:

- ۱-۳-۵ وجود مقیاس مناسب که معمولاً " ۱:۱۰۰ است.
- ۲-۳-۵ نظر به کم عمق بودن چاهکها می توان نمودارهای آنها را بر روی برگه های به اندازه A4 ارایه کرد.
- ۳-۳-۵ اطلاعات کلی

- الف - ثبت مشخصات پروژه شامل نام ساختگاه، کارفرما، مشاور، پیمانکار
- ب - ثبت شماره چاهک، مختصات، روش حفاری، قطر حفاری، عمق نهایی و سطح آب زیرزمینی
- ج - تاریخ شروع و پایان عملیات حفاری چاهک
- د - نام تهیه کننده، ترسیم کننده، کنترل کننده و تصویب کننده

۴-۳-۵ ثبت داده ها

الف - عمق:

اطلاعات مربوط به عمق چاهک با توجه به مقیاس منتخب

ب - ستون چینه شناسی، زمین شناسی:

قشرهای مختلف خاک با توجه به دانه بندی و سنگ شناسی مربوط به هر لایه با مشخص کردن عمق بالا و پایین هر لایه با علائم نمایش داده می شود.

ج - مشخصات خاک:

تشریح نظری خاک با توجه به رنگ، بافت، سنگ شناسی، مقاومت و وجود مواردی نظیر املاح محلول و مواد آلی و غیره

د - نمونه گیری و آزمایشات برجا

- ثبت نمونه های گرفته شده به همراه شماره و نوع نمونه در مقابل عمق نمونه گیری شده
- ثبت تعداد ضربات آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد. S.P.T و C.P.T
- ثبت نتایج آزمایش نفوذسنج جیبی
- ثبت نتایج آزمایش چگالی صحرائی
- ثبت نتایج آزمایش تراوایی به همراه ذکر روش آزمایش
- ثبت سطح آب زیرزمینی با تاریخ اندازه گیری

نمودار ۳- برداشت چاهک

	عمق :											
	تراز :						شماره چاهک :					
	پرورده :											
به :												
شروع :												
خاتمه :												
تاریخ :												
سطح ایستای :												
ساختگاه :												
علامه ترسیمی	درصد رطوبت طبیعی	آزمایش دانسیته		عمق	نمونه			توصیف	علامه	نمودار	عمق (متر)	
		دانسیته خشک	دانسیته تر		شماره	وزن	نوع					
رس												
سیلت (لاهی)												
ماسه ریز												
ماسه درشت												
شن ریز												
شن درشت												
قاره سنگ												
قطعه سنگ (بلدن)												
مشاور :												
پیمانکار :												
نمودار تهیه شده توسط :												

#### ۵- آزمایشهای آزمایشگاهی

برای تکمیل اطلاعات صحرایی و تلفیق نتایج آن با آزمایشهای آزمایشگاهی می‌توان بعضی از نتایج آزمایشهای را نیز در نمودار چاهک ثبت کرد، نظیر:

- رطوبت طبیعی خاک
- وزن مخصوص
- حدود اتربرگ
- تخلخل
- طبقه بندی خاک

#### ۴-۵ تهیه نمودار گالریها و شافت ها

در مطالعات ژئوتکنیکی یکی از روشهای مستقیم کاوشهای تحت الارضی حفر گالری و یا شافت در آبرفت و سنگ است. مزیت این روش، ضمن تعیین شرایط عینی وضعیت زمین شناسی، امکان انجام آزمایشهای برجا در داخل این گالریها و شافت ها است. ثبت اطلاعات این گونه کاوشها به شرح زیر انجام می‌گیرد:

۴-۵-۱ صفحات سقف و دیواره های جانبی گالری و شافت بر روی نقشه ای با مقیاس مشخص که ترجیحاً به مقیاس ۱/۱۰۰ تصویر می‌شود. بر روی نقشه مذکور مختصات ابتدا و انتهای گالری و شافت راستای آن نسبت به شمال ثبت می‌شود.

۴-۵-۲ وضعیت لایه های خاک یا سنگ بر روی تصویر صفحات سقف و دیواره ها با علائم و یا رنگ آمیزی مشخص می‌شود.

۴-۵-۳ ترسیم موقعیت ناپیوستگیها اعم از درزه، شکستگی، گسل، منطقه‌های خرد شده و ثبت آزمون بزرگترین شیب و شیب این ناپیوستگیها در کنار هر کدام

۴-۵-۴ نوع پرشدگی ناپیوستگیها

۴-۵-۵ مشخص کردن مواردی نظیر رگه های گچ، نمک، حفره‌های انحلالی به همراه نوع پرشدگی و غیره

۴-۵-۶ چنانچه در حین حفاری از مهارکننده ها نظیر چوب بست، قاب، شاتکریت استفاده شده، محل استفاده و مشخصات مهارکننده ها

۴-۵-۷ مشخص کردن محل نشست آنها به همراه میزان نشست و دمای آب و تاریخ اندازه گیری

۴-۵-۸ مشخص کردن محل آزمایشهای برجا مانند: آزمایشات، بارگذاری صفحه ای<sup>۱</sup> جک مسطح، برش مستقیم و مغزه گیری از سطوح ناپیوستگیها و غیره

۴-۵-۹ اطلاعات کلی در مورد نحوه حفاری مانند: روش حفاری، تعداد چالها در مقطع گالری، عمق چالها، میزان مواد ناریه مصرف شده در هر چال

## ۶- برداشت ناپیوستگیها در توده های سنگی

### ۱-۶ تعریف ناپیوستگی<sup>۱</sup>

هر نوع بازشدگی یا جداشدگی اولیه یا ثانویه در توده های سنگی را ناپیوستگی می گویند. ضروری است یادآوری شود که در زمین شناسی به ویژه چینه شناسی به همبری های فرسایشی میان دو واحد نیز ناپیوستگی گفته شده که برابر فارسی واژه انگلیسی آن<sup>۲</sup> است. بنابراین تعریف یاد شده، این همبری ها نیز نوعی از ناپیوستگیها است.

### ۲-۶ انواع ناپیوستگیها

چند نوع ناپیوستگی وجود دارد که عبارتند از:

#### ۱-۲-۶ درزه<sup>۳</sup>

به بازشدگی در توده سنگ گفته می شود که در راستای آن، جابه جایی قابل دید رخ نداده است.

درزه های کم و بیش موازی با شیب و سوی شیب همانند، یک دسته درزه<sup>۴</sup> را تشکیل می دهند. چند دسته درزه را یک سیستم درزه<sup>۵</sup> می گویند.

درزه های به وجود آمده در سنگ را، بسته به اینکه موازی کدام واحد ساختاری باشند به نام آن ساختار معرفی می کنند مانند درزه های لایه ای، شیبست واری، سنگرخی (سنگرخ<sup>۶</sup>) و...

#### ۲-۲-۶ گسل<sup>۷</sup>

نوعی سطح جداشدگی در توده سنگ است که در راستای آن جابه جایی قابل بازشناسی از چند سانتیمتر تا چند کیلومتر رخ داده است. سطح گسل در بیشتر جاها دارای نشانه های جنبش سنگها به صورت خشهای موازی است. در

---

1 - discontinuity

2- Unconformity

3 - Joint

4 - J.set

5 - J.System

6 - Schistosity

7 - Fault

اثر گسلش، توده سنگ ممکن است دچار خردشدگی، دگرسانی<sup>۱</sup> هوازدگی، کانی سازی و... شده باشد که در پهنای چند میلیمتر تا چند صد متر و به صورت یک منطقه قابل بازشناسی است. بنا بر ماهیت و چگونگی تغییر توده سنگ، آنرا به نام منطقه گسله، منطقه برشی، منطقه دگرسان، منطقه هوازده و... معرفی می کنند. چنانچه خردشدگی سنگ بسیار شدید و به حالت پودر و خاک درآمده باشد، آن را گوژ<sup>۲</sup> گویند.

#### ۳-۲-۶ لایه ها و ناهمسازی ها

مرز لایه ها با یکدیگر و همچنین همبریهای فرسایشی میان واحدهای چینه شناسی را ناپیوستگیهای اولیه می گویند که گاهی و به ویژه در سنگهای سخت اهمیت زیادی دارند. در این حالت ناپیوستگیها گسترش بسیار زیادی دارند.

#### ۳-۶ اهمیت ناپیوستگیها در توده سنگها

ناپیوستگیها در توده سنگ موجب کاهش بسیار شدید مقاومت کششی آنها می شوند به طوری که گاهی این مقاومت به صفر می رسد. نفوذ مایع و گاز به درون توده سنگ، از راه این ناپیوستگیها به آسانی صورت می گیرد و خاصیت مکانیکی آنها را تغییر می دهد.

برخی از ویژگیهای ناپیوستگیها مانند بازشدگی و آکندگی آنها بر مقاومت و تغییر شکل پذیری توده سنگ و همچنین مقدار نشست آب از سنگ تاثیر بسیار زیادی دارند.

#### ۴-۶ برداشت ناپیوستگیها

در برداشت های صحرایی ناپیوستگیها، ضروری است موردهای زیر مشخص و اندازه گیری شود (نمودار شماره ۴):

نمودار ۵- فرم پیشنهادی برای برداشت ناپیوستگیها

نمودار ۴:

۱: فرم پیشنهادی برای برداشت ناپیوستگیها

۲- عنوان: \_\_\_\_\_

۳- محل: \_\_\_\_\_

۴- برداشت کننده: \_\_\_\_\_

۵- تاریخ: \_\_\_\_\_

صفحه  از  صفحه

روز	ماه	سال

ایستگاه	جهت یابی (درجه)			فاصله	نامواری	مقاومت دیواره	بازشدگی	پرشدگی	مقاومت مواد پرکننده	نشت آب	ملاحظات (ارایه اطلاعات، بیشتر به صورت توصیفی)	
	شیب	جهت شیب	(آزموت)									
۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳

۲۱- مقاومت مواد پرکننده	۲۰- پرشدگی	۱۹- بازشدگی (میلی متر)	۱۸- مقاومت دیواره	۱۷- نامواری	۱۶- فاصله (متر)	۱۵- تداوم (متر)	۱۲- نوع گسستگی
شامه سدا ۱۸	۰- تمیز	۰/۱-۱	۱- تازه	۱- یله ای	۱- > ۲	۱- < ۱	۰- نامشخص
۲۲- نشت آب	۱- رنگ برگشتگی	۰/۱-۰/۵-۲	۲- کمی هوازده	۲- موج	۲- ۰/۶-۲	۲- ۱/۳	۱- زون گسله
۱- خشک	۲- رس	۰/۵-۲/۵-۳	۳- نسبتاً هوازده	۳- مسطح	۳- ۰/۲-۰/۶	۳- ۳-۱۰	۲- گسل
۲- نواحد جریان	۳- لای	۲/۵-۱۰-۴	۴- په شدت هوازده	۵- زیر	۴- ۰/۰۶-۰/۲	۴- ۱۰-۲۰	۳- درز
۱- آب (بگیرگشتی)	۴- کلیت	> ۱۰-۵	۵- کاملاً هوازده	۵- نرم	۵- < ۰/۰۶	۵- > ۲۰	۴- رخ
۳- مرطوب	۵- ژپس	(با مشابه)	۶- خاک برجا (جدولهای ۴ تا ۵ یا شماره های ۲۳)	۵- با خش لغزش			۵- شیبورزی
۲- جریان کندآب	۶- اکسیدها	(جدول ۸)					۶- شکاف
۵- جریان شدید	۷- گوژ						۷- ترک کششی
(جدول ۱۱ یا ۹ درج اطلاعات تجربی دیگر)	۸- مواد گرمایی						۸- فولیاسیون
	۹- درج اطلاعات بیشتر در ملاحظات)						۹- لایه بندی

## ۶-۴-۱ وضع فضایی

سطح ناپیوستگی با اندازه گیری جهت بزرگترین شیب آن از شمال (گرا) و مقدار زاویه شیب مشخص می‌شود. اندازه‌گیری جهت و شیب ناپیوستگها به وسیله قطب‌نمای زمین‌شناسی (کمپاس) انجام می‌شود. جهت بزرگترین شیب، نسبت به شمال حقیقی و یا مغناطیسی تعیین و با رقم صفر تا  $360^\circ$  درجه نشان داده می‌شود. مقدار زاویه شیب با دو رقم از صفر تا  $90^\circ$  درجه بیان می‌شود. برای مثال چنانچه شیب سطح ناپیوستگی به سوی شمال خاوری و  $60^\circ$  درجه باشد، به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$045/60^\circ$  (صورت کسر، جهت بزرگترین شیب و مخرج کسر، مقدار زاویه شیب)

برای تعیین دسته ناپیوستگیهای اصلی با توجه به ویژگیهای ساختاری هر ناحیه، فراوانی و چندگانگی درزه‌ها و سرانجام هدف بررسیها، تعدادی از آنها مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد که از  $50^\circ$  تا  $300^\circ$  درزه پیشنهاد می‌شود.

## ۶-۴-۲ بازشدگی<sup>۱</sup>

الف - تعریف

بازشدگی در ناپیوستگیها عبارت است از فاصله میان دو دیواره ناپیوستگی که با هوا، آب، خرده سنگ، خاک و یا کانیهای گوناگون پر شده است.

ب - انواع بازشدگیها

بر پایه مقدار بازشدگی یا پهنای آن، ناپیوستگیها دسته بندی و توصیف می‌شوند. دسته بندی کلی آنها به صورت گروههای بسته، باز و بسیار باز پیشنهاد می‌شود که مقدار بازشدگی آنها به شرح زیر است:

بسیار بسته = کمتر از  $0/1$  میلیمتر

بسته =  $0/1$  تا  $0/2$  میلیمتر

نیمه بسته =  $0/2$  تا  $0/5$  میلیمتر

ناپیوستگیهای باز =  $0/5$  تا  $10$  میلیمتر

نسبتاً باز =  $0/5$  تا  $2/5$  میلیمتر

باز =  $2/5$  تا  $10$  میلیمتر

ناپیوستگیهای بسیار باز = بیشتر از  $1$  سانتیمتر

بسیار باز =  $1$  تا  $10$  سانتیمتر

بسیار بسیار باز =  $10$  تا  $100$  سانتیمتر

کاواکی (بی اندازه باز) = بیشتر از یک متر

1 - aperture

## ۶-۴-۳ آکندگی<sup>۱</sup>

ناپیوستگیهای به وجود آمده در توده سنگها، در بیشتر موارد با موادی پر شده اند که بخشی از توده سنگ به شمار می آید. این مواد پر شده در فضای میان دیواره های ناپیوستگی را، آکنه گویند.

آکنه ها در بیشتر حالتها ریز دانه هستند مانند خاک رس یا فروش (سیلت) و گاهی هم شامل کانیهای چون کلسیت و آراگونیت و یا کوارتز و... هستند که در این حالت معمولاً "ناپیوستگیها جوش خورده اند. در بررسی آکنه ها ضروری است به کانی شناسی، دانه بندی، تراوایی، آبدار بودن آن و همچنین به جابجایی های پیش از آکندگی و خردشدگی سنگها توجه شود.

چنانچه ناپیوستگیها از نوع کاواکی باشند، برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی آکنه ها، باید نمونه برداری شود.

## ۶-۴-۴ تداوم<sup>۲</sup>

### الف - تعریف

گسترش طولی یک ناپیوستگی را تداوم آن گویند که با پیگیری اثر آن در برونزد، به طور تقریبی برآورد می شود. تداوم ناپیوستگی در راستای سطح آن و در سوی شیب آن اندازه گیری می شود و ضروری است چگونگی به پایان رسیدن آن مشخص شود.

### ب - انواع و مقدار تداوم

ناپیوستگی ممکن است در بخش کوچکی از برونزدگی محدود شود و به پایان برسد، یا به ناپیوستگیهای دیگر پیوندد و یا اینکه سراسر برونزدگی را پیموده و از آن خارج شود. در هر صورت ضروری است درازای آن برآورد و در گزارشها نوشته شود.

به کارگیری واژه های زیر نیز برای بیان گسترش طولی ناپیوستگی ها پیشنهاد شده است:

- تداوم خیلی کم: درازای ناپیوستگی کمتر از ۱ متر است

- تداوم کم: ۱ تا ۳ متر

- تداوم متوسط: ۳ تا ۱۰ متر

- تداوم زیاد: ۱۰ تا ۲۰ متر

- تداوم خیلی زیاد: بیشتر از ۲۰ متر



ناصافی و ناهمواریهای به وجود آمده در سطح ناپیوستگی را زبری آن گویند.

زبری در سطح یک ناپیوستگی دارای سه حالت کلی است:  
الف - پله‌ای<sup>۲</sup>:

دارای پله‌های کوچک با درازای کم و محدود است.  
ب - موج دار<sup>۳</sup>:

حالت موج با دامنه کم و طول زیاد است.  
ج - صفحه‌ای<sup>۴</sup>:

کم و بیش هموار و به صورت یک صفحه می‌نماید.  
در هریک از حالت‌های سه‌گانه، سطح ناپیوستگی ممکن است صاف یا خیلی چغری و یا اینکه دارای خش لغزهای موازی باشد. بنابراین حداقل ۹ حالت وجود دارد که سطح ناپیوستگی را می‌توان وصف کرد:  
الف - پله‌ای:

صاف، زبر، خش دار  
ب - موج دار:

صاف، زبر، خش دار  
ج - صفحه‌ای:

صاف، زبر، خش دار (در این حالتها اختلاف برآمدگیها و گودیها خیلی کم است)  
۶-۴-۶ نشت پذیری

ناپیوستگیها بدون تردید موجب سرعت نفوذ آب در توده سنگ می‌شوند. در برداشت ناپیوستگیها ضروری است اثر آنها را در نشت پذیری توده سنگ مشخص کرد.  
نشت پذیری را با یکی از چهار حالت زیر می‌توان بازگو کرد:

الف - خشک:

هیچ نشانه‌ای از نشت آب دیده نمی‌شود و به ویژه درزه‌ها، خشک هستند.

1 - roughness

2 - Stepped

3 - Undulated

4 - Planar

ب - تو:

سطح سنگ در موقعیت ناپیوستگی تروم دار است ولی جریان آب وجود ندارد.

ج - خیس:

سنگ با آب خیس شده و قطره‌های آب در سطح سنگ آشکار است ولی هنوز آب جریان نیافته است.

د - تراونده:

از ناپیوستگی، جریان آب برون می‌تراود و روان می‌شود. در این حالت ضروری است آبدهی ناپیوستگی و یا فشار آب آن تعیین شود.

۶-۴-۷ فاصله داری<sup>۱</sup>

الف - تعریف

فاصله یا دوری دو ناپیوستگی همسایه را فاصله داری آنها می‌گویند که در مورد هر دسته درزه یک مقدار میانگین را باید تعیین کرد.

برای تعیین میانگین می‌توان پس از برآورد تقریبی آن با چشم، تعداد ناپیوستگها را در طول حدود ۱۰ متر (برآورد تقریبی) شمارش کرد و میانگین مناسب تعیین کرد. برای مثال چنانچه در طول ۲۰ متر، تعداد درزه های شمارش شده برابر ۱۸ باشد، فاصله داری درزه ها در این توده سنگ ۱۱۰ سانتیمتر خواهد بود.

ب - بیان و توصیف فاصله داری

در هر حالت ضروری است مقدار فاصله داری با عدد بیان شود ولی با توجه به مقدار آن، صفتهای زیر را نیز به کار می‌برند:

بیان فاصله داری	مقدار میانگین
بسیار بسیار کم	۲ سانتیمتر یا کمتر
خیلی کم	۲ تا ۶ سانتیمتر
کم	۶ تا ۲۰ سانتیمتر
متوسط	۲۰ تا ۶۰ سانتیمتر
زیاد	۶۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر
خیلی زیاد	۲ تا ۶ متر
بسیار بسیار زیاد	۶ متر یا بیشتر

- 7-1- ATTEWELL P.B. and I.W.FARMER , 1976 . Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall.
- 7-2- ANDERSON, J.G.C. and TRIGG , C.F., 1976 . Case-Histories in Engineering Geology. Elek Science, London.
- 7-3- CARTER M., 1983 . Geotechnical Engineering. Handbook. Pentech.
- 7-4- EARTH MANUAL . (Second ed) 1974. USbureau of reclamation.
- 7-5- HILF J.W., 1960 . Foundation and Construction Materials, in: Design of Small Dams, US Department of the interior , bureau of reclamation.
- 7-6- MARSAL R.J., 1974 . Geotechnical Studies for La angostura project. Mexico, in FOUNDATIONS FOR DAMS. ASCE.
- 7-7- MILANOVIC P.T. 1981. Karst Hydrogeology (translated by Buhac , J.J.,P.E) Water Resources Publication.
- 7-8- WAHL STROM , E.E, 1974 . Dams, Dam foundations, and Reservoir Sites. elsevier scientific publishing company , amsterdam.
- 7-9- WEAVER J.W. , 1976. Exploratory Drilling for Rock Engineering. Proceedings of the symposium on Exploration for Rock Engineering. Johannesburg.
- ۷-۱۰ کمیته ملی سدهای بزرگ زاپن (کمیسیون بین‌المللی) "استاندارد بررسیهای زمین‌شناسی پی سدها" (ترجمه فریدون بهرامی سامانی)، اکتبر ۱۹۷۸.
- ۷-۱۱ معاریان، حسین، ۱۳۶۴. روشهای اکتشاف زمین‌شناسی مسیر تونلها، مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونل سازی، وزارت برنامه و بودجه - دفتر تحقیقات و معیارهای فنی.
- ۷-۱۲ یونسکو ۱۳۶۸، راهنمای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی (ترجمه ابوالحسن رده)

Islamic Republic of Iran  
Plan and Budget Organization - Ministry of Energy

# **Guideline for Engineering Geological Investigation of Water Resources Engineering Projects**

No: 180

Office of the Deputy for Technical Affairs  
Bureau of Technical Affairs and Standards

1379/2000



این نشریه

با عنوان راهنمای مقالات پایه  
 زمین‌شناسی مهندسی در آب‌های  
 مهندسی آب در ۱۰ فصل تهیه شده  
 است. این نشریه در شماره این نشریه توصیه  
 مقالات زمین‌شناسی مهندسی در  
 ارتباط با موضوعات بزرگ به  
 خصوصیات خاص آب است. استفاده  
 از این نشریه به کارشناسان  
 زمین‌شناسی مهندسی توصیه  
 می‌شود تا با بهره‌گیری از محتوای آن  
 برنامه‌ریزی دقیقتری برای مطالعات خود  
 انجام دهند.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

ISBN 964-425-184-9



9 789644 251849