

جمهوری اسلامی ایران  
ریاست جمهوری  
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

# مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال زمین‌شناسی خطوط انتقال نیروی برق

نشریه شماره ۴۰۴

وزارت نیرو  
شرکت توانیر  
دفتر بازرسی، کنترل کیفی و استانداردها

معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و  
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله



بسمه تعالی

ریاست جمهوری  
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

شماره : ۱۰۰/۸۶۷۴۲	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۶/۶/۳۱	

موضوع :

مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - زمین شناسی خطوط انتقال نیروی برق

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۰۴ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - زمین‌شناسی خطوط انتقال نیروی برق» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله ارسال دارند.

امیر منصور برقی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

- )  
) - ( )  
« » ( )  
- »  
«

- -

- -



## فهرست مندرجات

ردیف	عنوان	صفحه
<b>فصل اول - مطالعات زمین شناسی مسیرهای خطوط انتقال نیرو</b>		
۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	مطالعات زمین شناسی به هنگام مسیریابی خطوط	۱
۳-۱	شناخت و بررسی مسیر از نظر عوارض زمین شناسی که در زمان بهره برداری و یا اجرای خط باعث عدم عملکرد مناسب خط می گردد.	۲
۱-۳-۱	نحوه اعلام نتایج	۳
۴-۱	شناخت و بررسی مسیر از نظر طبقه بندی عمومی مشخصه های زمین شناسی	۳
۱-۴-۱	زمین های سنگی	۳
۲-۴-۱	زمین های آبرفتی	۵
۵-۱	نقشه زمین شناسی و گزارش مربوطه	۷
<b>فصل دوم - روشهای انجام بررسی های زمین شناسی مهندسی مسیر خطوط انتقال نیرو</b> ..... ۹		
<b>پیوست الف - حدود خدمات و شرح وظایف مهندس مشاور ژئوتکنیک</b> ..... ۱۲		
<b>منابع و مراجع</b> ..... ۱۴		



## فصل اول

### مطالعات زمین‌شناسی مسیرهای خطوط نیرو

#### ۱-۱- مقدمه

پایه برجهای خطوط انتقال نیرو همچون سایر سازه‌ها در داخل زمین قرار می‌گیرد. لذا بررسی و مطالعه زمین‌شناسی محل پایه برجها از اساسی‌ترین مطالعات طراحی خطوط می‌باشد. با توجه به وسعت مسیر خطوط انتقال نیرو، مطالعه تفصیلی محل پایه تک تک برجها هزینه بالایی را همراه خواهد داشت. لذا با اتخاذ روشهای ویژه و بررسی نقاط خاص از مسیر می‌توان حدود باربری و نوع زمین در مسیر خط را جهت تعیین نوع فونداسیونهای لازم مشخص نمود.

بدلیل وجود پاره‌ای مشکلات در تعیین نوع فونداسیون خطوط در کارگاه که عمدتاً توسط ناظر مقیم صورت می‌گیرد، لزوم وجود اطلاعاتی جهت تشخیص نوع خاک ضروری بنظر می‌رسد.

در ادامه سعی شده است تا روشها، نکات اساسی و آزمونهای لازم برای مطالعه زمین‌شناسی مسیر خطوط نیرو شرح داده شود.

#### ۱-۲- مطالعات زمین‌شناسی به هنگام مسیریابی خطوط

بررسی‌ها و مطالعات زمین‌شناسی یک خط نیرو در واقع در مرحله مسیریابی آن آغاز می‌شود. پس از تعیین نقاط اصلی مسیر اولیه، حضور یک نفر کارشناس خبره زمین‌شناسی در تیم مسیریابی الزامی است. به هنگام انجام عملیات مسیریابی، مهندس طراح خط به همراه نقشه‌بردار و با توجه به نکات فنی و اقتصادی و محدودیت‌های طرح، نقاطی از مسیر خط انتقال را که مشخصاً خط از آنها عبور خواهد کرد مشخص کرده و به موازات این عملیات، کارشناس زمین‌شناسی از دیدگاه مسائل تخصصی خود، مسیر را مورد بررسی قرار می‌دهد و نکات لازم را در ارتباط با عوارض زمین‌شناسی و تأثیر آنها بر اجرا و یا پس از اجرا و به هنگام بهره‌برداری خط یادآور خواهد گردید. کارشناس زمین‌شناسی وجود هر گونه عارضه و یا پدیده زمین‌شناسی خطرناک یا عوارضی که در آینده و پس از احداث خط و انجام عملیات ساختمانی احتمال پیش آمدن آنها خواهد بود مورد ارزیابی قرار داده و نقطه نظرات خود را مطرح و با مشورت دیگر کارشناسان و مهندس طراح خط، از آن نقاط احتراز شده و گزینه‌های مناسب انتخاب می‌گردند.

در مرحله مسیریابی، کلیات زمین‌شناسی اعم از موارد عمومی و مهندسی مورد بررسی قرار می‌گیرد و پس از نهایی شدن مسیر و تهیه نقشه آن، مطالعات کاملتر زمین‌شناسی به صورتی جامع‌تر انجام شده که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

### ۱-۳- شناخت و بررسی مسیر از نظر عوارض زمین‌شناسی که در زمان بهره‌برداری و یا اجرای خط

#### باعث عدم عملکرد مناسب خط می‌گردد

- شناسایی زمین‌های لغزشی و یا مستعد لغزش<sup>۱</sup> تا محدوده حداقل ۵۰۰ متری از محور خط انتقال به طرفین (برای قسمتهایی که بافت زمین ثابت و یکنواخت است می‌توان این فاصله را به ۲۰۰ متر کاهش داد) شامل عمق، گستره، محور حرکت و عوامل بوجود آورنده لغزش، پیش‌بینی روند آتی حرکات لغزش و تأثیرات احتمالی بر مسیر خط.
- در برخی موارد، عوارض زمین‌شناسی مزاحم و بخصوص لغزش‌های بزرگ در فواصل بعیدی از مسیر خط قرار دارند که به هنگام مطالعات اولیه مسیر و یا بررسی‌های زمین‌شناسی به آنها توجه نمی‌شود و فاصله دور آنها نسبت به محور خط سبب عدم توجه به آنها می‌شود. لذا توصیه می‌گردد در مناطق کوهستانی و بخصوص در مناطقی که از نظر اقلیمی مقدار بارندگی زیاد است به این نکته توجه شود. زیرا باتوجه به عمر مفید و زمان بهره‌برداری خطوط، پس از گذشت چند سال و تغییرات آب و هوایی، محور حرکت و پیشروی چنین لغزش‌هایی علیرغم فاصله زیاد آنها با خط به صورتی ناگهانی به سمت مسیر خط تغییر یافته و خسارات جبران ناپذیری را به آن وارد می‌آورد. در چنین مواردی بهتر است مطالعه کاملی برروی لغزش‌ها و دیگر حرکات و عوارض مزاحم زمین‌شناسی صورت گرفته و مشخصه‌های آنها ثبت و به طور منضم در بازدیدهای سالیانه اندازه‌گیری شود.
- شناسایی و بررسی ارتفاعات و دامنه‌های مشرف بر محدوده مسیر که دارای سنگهای ناپایدار، خردشده<sup>۲</sup> و یا انباشت خاکها و واریزه‌های دارای پتانسیل لغزش می‌باشند و شناخت مشخصه‌های فیزیکی آنها و تخمین درصد احتمال سقوط تخته سنگها و ارائه توصیه‌های اجرایی به منظور حفاظت برجها در چنین مناطقی.
- شناسایی زمین‌های رسی، سیلتی دارای خاصیت واگرایی<sup>۳</sup> با ضخامت زیاد که در مسیر آبهای جاری هرز و نزولات جوی بوده و به صورت عارضه زمین دره<sup>۴</sup> نمود دارند و پیش‌بینی جهت فرسایش زمین و تأثیرات آن بر آینده خط.
- شناسایی گسل‌های موجود در مجاورت خط (در طول و یا عمود بر مسیر خط) و آگاهی از فعال و یا غیرفعال بودن آنها و پیش‌بینی روند آتی حرکت گسل و تأثیرات احتمالی بر مسیر خط.
- شناسایی نقاط تجمع و انباشت برف و یخ و یا نقاط احتمالی سقوط بهمن در مسیر خط و ارائه راه‌حل‌های مناسب جهت احتراز از آن، اعم از تغییر موقعیت استقرار برج و یا احداث دیواره و یا عملیات مناسب دیگر.
- شناسایی جهت وزش بادهای شدید و بررسی موقعیت‌های موازی با مسیر وزش باد که دالان‌های عبور باد ایجاد کرده و فشارهایی را بر برج‌های خطوط نیرو وارد می‌آورند.
- شناسایی قسمت‌هایی از مسیر که در زمین‌های باتلاقی، سنگهای خرد شده، رس‌های فعال<sup>۵</sup> و یا مناطقی که دارای افت و خیز<sup>۶</sup> سطح آب زیرزمینی می‌باشند.

1. Land Slide
2. Crushed
3. Dispersive
4. Gully
5. Active
6. Fluctuation



- شناسایی قسمت‌هایی از مسیر که از رسوبات تخییری مثل گچ و یا نمک با درجه انحلال زیاد تشکیل شده است. بخصوص در چنین ساختارهایی باید توجه شود که قسمت‌های زیرین و نامشهود در اثر جریانات زیرزمینی آب بصورت مغارهایی در نیامده باشند.
- شناسایی آبروها و مسیل‌های مشرف بر مسیر اعم از مسیل‌هایی که دارای عمق و عرض مشخص هستند و یا زمین‌هایی که بصورت دشت سیلابی<sup>۱</sup> دارای استعداد هدایت آبهای سطحی می‌باشند و برآورد نیروی سیلاب یا آبرو و قدرت حمل و تخریب آنها با توجه به حداکثر اندازه سنگ‌های حمل شده در محل.
- توجه به فاصله برجهای انتقال نیرو از حاشیه رودخانه‌ها اعم از رودخانه‌های فصلی و سیلابی و یا رودخانه‌های دائمی و انتخاب حریم امن برای برج گذاری با ملحوظ داشتن طغیان‌های رودخانه و تغییراتی که در کرانه‌های رود در اثر تغییر شدت جریان آب ایجاد خواهد گردید و تعیین درصد احتمال گسترش بستر رود و یا تغییر مسیر آن در سالهای بهره‌برداری از خط.

### ۱-۳-۱- نحوه اعلام نتایج

گزارش کتبی موارد فوق بایستی پس از شناسایی، همراه با شواهد و دلایل لازم و اشاره به نقاط مربوطه با توجه به نقشه مسیر تهیه گردد. در گزارش مربوطه، راه‌حل‌های اجرایی برای احتراز از مشکلات موجود و قابل پیش‌بینی نیز ارائه می‌گردد. در صورتی که مشکلات در حدی است که انجام تمهیدات خاص از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد، کارشناس زمین‌شناس گزینه مورد نظر برای احتراز از چنین مسیرهایی را پیشنهاد خواهد کرد.

در مواردی مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که در مسیر خط انتقال عارضه مزاحمی وجود ندارد ولی به هنگام عملیات اجرایی و بخصوص ایجاد راههای دسترسی، به دلیل دستکاری زمین و بخصوص شیب دامنه‌ها، حالت تعادل پایدار و طبیعی زمین که در حالت عادی ثابت است فعالیت‌های غیرقابل پیش‌بینی از خود نشان داده و مشکلاتی را ایجاد می‌نماید. لذا توصیه می‌شود از نظرات کارشناس زمین‌شناسی در هنگام احداث راههای دسترسی نیز استفاده شود.

### ۱-۴-۱- شناخت و بررسی مسیر از نظر طبقه‌بندی عمومی مشخصه‌های زمین‌شناسی

پس از انجام و رعایت نکات مذکور در بند ۱-۲، کارشناس زمین‌شناسی با توجه به نقشه نهایی مسیر و رعایت جوانب احتیاطی و پیمایش در طول مسیر یا قسمت‌هایی از مسیر، تقسیم‌بندی بنیادین زمین‌شناسی مسیر خط انتقال از نقطه نظر نوع فونداسیون‌ها و نحوه گودبرداری از دیدگاه اجرایی را انجام خواهد داد. این تقسیم‌بندی مسیرخط، براساس سهولت و سختی کار و نیز ابزار مورد نیاز برای اجرا صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، تقسیم‌بندی براساس نوع زمین می‌باشد.

### ۱-۴-۱-۱- زمین‌های سنگی<sup>۲</sup>

این زمین‌ها عموماً در ارتفاعات و دامنه‌ها واقع بوده و به نحوی است که حداقل دو سوم هر فونداسیون خط انتقال در بستر سنگی قرار گیرد.

از نقطه نظر نحوه حفاری و چاله‌کنی برای استقرار فونداسیون‌ها، این قبیل زمین‌ها را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم بندی نمود. این تقسیم‌بندی براساس ویژگی‌های مکانیکی سنگ و روش‌های اجرایی، سختی کار و ابزار مورد نیاز که طبعاً با مقاومت و سختی مکانیکی سنگ نیز رابطه مستقیم دارند صورت می‌گیرد.

#### ۱-۴-۱-۱- زمین سنگی ضعیف<sup>۱</sup>

سنگ‌های با مقاومت مکانیکی کم اکثراً به صورت سنگ‌هایی با لایه‌بندی نازک<sup>۲</sup>، خرد شده<sup>۳</sup> و یا دارای حالت تورق، نمود دارند. سنگ‌هایی از نوع شیل‌های<sup>۴</sup> مدادی، شیل‌های ورقه‌ای، مادستونها و توف‌های آلتیره و غیر آلتیره و ماسه سنگ‌های نازک لایه، سنگ‌هایی با منشاء رسوبی تبخیری و موارد مشابه در این رده قرار می‌گیرند. برای گود برداری و یا چاله‌کنی در این قبیل سنگ‌ها کمتر نیاز به آتشباری و استفاده از مواد منفجره بوده و اغلب این زمینها با چکش بادی<sup>۵</sup> قابل کندن هستند. باید توجه داشت که در تقسیم‌بندی، لایه هوازده<sup>۶</sup> و فرسوده سطحی موجب اشتباه و طبقه‌بندی غلط نشود.

معمولاً مشخصات فنی تقریبی زمین‌های سنگی ضعیف جهت طراحی فونداسیون می‌تواند به شرح ذیل در نظر گرفته شود :

$$\begin{aligned} \gamma &= 2 \sim 2.5 \text{ ton/m}^3 && \text{دانسیتة سنگ} \\ \theta &= 25^\circ \sim 35^\circ && \text{زاویه مخروطی سنگ} \\ q &= 5 \sim 10 \text{ kg/cm}^2 && \text{مقاومت مجاز سنگ} \end{aligned}$$

#### ۱-۴-۱-۲- زمین سنگی سخت<sup>۷</sup>

این نوع زمین از لایه‌های سنگی با مقاومت و سختی مکانیکی زیاد تشکیل شده است که دارای لایه‌بندی ضخیم و یا فاقد لایه‌های مختلف (بصورت توده سنگی بزرگ) بوده و برای گودبرداری و چاله زنی در آنها نیاز به انفجار می‌باشد. انواع ماسه سنگ<sup>۸</sup>، سنگ‌های آهکی<sup>۹</sup>، دولومیت‌ها<sup>۱۰</sup> و سنگ‌های دارای منشاء آذرین اعم از درونی و بیرونی و اغلب سنگ‌های دگرگونی در این طبقه قرار می‌گیرند. بهر حال ذکر نوع سنگ و مشخصه‌های آن در گزارش زمین‌شناسی لازم است.

معمولاً مشخصات فنی تقریبی زمین‌های سنگی سخت جهت طراحی فونداسیون می‌تواند به شرح ذیل در نظر گرفته شود.

$$\begin{aligned} \gamma &= 2.5 \text{ ton/m}^3 && \text{دانسیتة سنگ} \\ \theta &= 35^\circ \sim 40^\circ && \text{زاویه مخروطی سنگ} \\ q &= 10 \sim 15 \text{ kg/cm}^2 && \text{مقاومت مجاز سنگ} \end{aligned}$$

1. Poor Rock
2. Thin Bedded
3. Crushed Zone
4. Shale
5. Compressor
6. Weathered
7. Hard Rock
8. Sand Stone
9. Lime Stone
10. Dolomite

### ۱-۴-۲- زمین‌های آبرفتی

این قبیل زمین‌ها عمدتاً نقاط هموار، دشت‌ها و دامنه کوهها و تپه‌ها را تشکیل می‌دهند. آنچه را که در اصطلاح علم زمین‌شناسی به آن آبرفت یا خاک اتلاق می‌گردد، بسیار وسیع بوده و از نظر شکل، اندازه دانه‌ها و مشخصه‌های مهندسی بسیار متفاوت است. از نظر عمومی، خاک حاصل فرسایش سنگ‌ها بوده و در واقع ذرات و کانی‌های متشکله سنگ‌ها را که زمانی به صورت یک توده یکپارچه سنگی بوده، پس از فرسایش فیزیکی و شیمیایی و حمل و رسوبگذاری خاک می‌نامند. خاک‌ها می‌توانند از ذرات بسیار ریز رسی - سیلتی تا قلوه سنگ‌ها را به صورت مخلوط در برداشته باشند. خصیصه‌های مهندسی و رفتاری خاک‌ها با تغییراتی در درصد مواد و ذرات متشکله از نظر اندازه دانه‌ها متفاوت بوده و هر کدام در طبقه‌بندی خاصی قرار می‌گیرند. در طبقه‌بندی عملی، آبرفت‌های موجود در مسیر خطوط نیرو و به تناسب ابعاد و اندازه فونداسیون، طبقه‌بندی زیر رایج است. این طبقه‌بندی براساس مشکلات اجرایی در گودبرداری و نگهداری دیواره‌های گودبرداری و استقرار فونداسیون‌ها صورت می‌گیرد.

#### ۱-۴-۲-۱- زمین‌های خاکی خوب<sup>۱</sup>

این زمین‌ها دارای مقاومت خوبی در مقابل ریزش دیواره‌های گودبرداری شده بوده و تحت زاویه قائم ایستایی دارند. خاصیت اصلی که سبب این پایداری می‌شود، چسبندگی<sup>۲</sup> ذرات متشکله خاک بوده و این خاصیت بخصوص در خاک‌هایی که دارای درصد قابل ملاحظه‌ای مواد رسی هستند وجود دارد. خاک‌هایی با درصدی از رس هرچند دارای اندازه ذرات بزرگتری نیز باشند در این طبقه جای می‌گیرند. به این نکته نیز باید توجه شود که در برخی آبرفت‌ها بدون داشتن ذرات رس بدلیل فشردگی و تراکم زیاد، مشخصه پایداری و ایستایی دیواره‌ها وجود دارد. به عنوان مثال آبرفت‌های موجود در گستره دشت وسیع تهران که نمونه‌های آن در حاشیه بزرگراه‌های شهر تهران دیده می‌شود جزء این مقوله می‌باشند.

به این نکته نیز باید توجه داشت که میزان درصد رطوبت در وضعیت این نوع خاک تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد.

معمولاً مشخصات فنی زمینهای نوع خاکی خوب جهت طراحی فونداسیون می‌تواند به شرح ذیل در نظر گرفته شود:

دانسیتة خاک	$\gamma = 1.75 \sim 1.9 \text{ ton/m}^3$
زاویه مخروطی خاک	$\theta = 25^\circ \sim 30^\circ$
مقاومت مجاز خاک	$q = 2.0 \sim 3.5 \text{ kg/cm}^2$

#### ۱-۴-۲-۲- زمین‌های خاکی با مقاومت متوسط در مقابل ریزش دیواره‌ها یا خاک ضعیف<sup>۳</sup>

این قبیل زمین‌های خاکی دارای بافتی هستند که چسبندگی بین ذرات متشکله آنها در حدی نیست که بتواند در مقابل ریزش برای مدت زیاد مقاومت داشته باشد. در برخی موارد در رطوبت طبیعی زمین پس از گودبرداری در این قبیل خاک‌ها در ابتدای امر ریزش مشاهده نمی‌شود ولی پس از گذشت زمان و تبخیر رطوبت طبیعی خاک، ریزش بوقوع می‌پیوندد.

1. Good Soil  
2. Cohesion  
3. Poor Soil

بطور کلی خاک ضعیف به خاکی اطلاق می‌شود که در شرایط طبیعی بر اثر گودبرداری، خاک دیواره اطراف گود ریزش نماید. این نوع خاک می‌تواند شامل خاکهای ریز دانه یا درشت دانه غیر چسبنده و یا خاکهای با تراکم کم باشد. باتوجه به ریزش دیواره‌های خاکی در این دسته از خاک‌ها، ابعاد گودبرداری به تناسب انتخاب می‌گردد. بهر حال دانسیته خاک از مقدار  $1/7$  تن بر مترمکعب کمتر خواهد بود. به طور کلی خاک‌هایی با درصد ماسه ریز دانه نسبتاً زیاد و با کمی ذرات شن که در ملات غیر رسی \_ سیلتی واقع باشند در این گروه قرار می‌گیرند.

معمولاً مشخصات فنی زمینهای خاکی ضعیف جهت طراحی فونداسیون می‌تواند به شرح ذیل در نظر گرفته شود :

دانسیته خاک	$\gamma = 1.5 \sim 1.7 \text{ ton/m}^3$
زاویه مخروطی خاک	$\theta = 20^\circ \sim 25^\circ$
مقاومت مجاز خاک	$q = 1 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$

#### ۱-۴-۲-۳- زمین‌های خاکی سست و ریزشی یا خاک خیلی ضعیف<sup>۱</sup>

این قبیل زمین‌ها دارای سستی زیاد بوده و به نحوی هستند که برای چاله‌کنی و گودبرداری، در دیواره آنها نیاز به تعبیه حفاظ می‌باشد.

خاک‌های ماسه‌ای غیر متراکم و یا خاک‌هایی که به صورت واریزه‌های دامنه‌ای حاصل فرسایش فیزیکی بوده و در اثر نیروی ثقل زمین تدریجاً انباشته شده‌اند و نیز رسوبات دشت‌های سیلابی که ناگهانی و سریعاً رسوبگذاری شده‌اند، در این گروه جای می‌گیرند. در حاشیه بسیاری از رودخانه‌های فصلی و سیلابی نیز این قبیل آبرفت‌ها مشاهده می‌شوند. در طراحی فونداسیون، مقاومت مجاز این نوع خاکها را معمولاً می‌توان کمتر از مقدار یک کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و همچنین دانسیته آنها را کمتر از مقدار  $1/5$  تن بر مترمکعب در نظر گرفت.

#### ۱-۴-۲-۴- زمین‌های خاکی با سطح آب زیر زمینی بالا

وجود سطح آب زیرزمینی بالا تغییراتی در مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی خاک‌ها ایجاد می‌نماید که از نقطه نظر مسائل خطوط نیرو و فونداسیون آنها دارای اهمیت اساسی می‌باشد. به هنگامی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد و یا آنکه در برخی فصول سال تا حد تاثیرگذاری بر فونداسیونها بالا بیاید و به عبارت دیگر دارای افت و خیز باشد، مسلماً چه به هنگام عملیات اجرایی و چه در زمان بهره‌برداری از خط، در صورت عدم توجه به آن و در نظر گرفتن تمهیدات ویژه، مشکلاتی را ایجاد خواهد کرد.

وجود آب زیرزمینی در هر یک از انواع زمین‌های مشخص شده در ردیف‌های بالا می‌تواند مشاهده شود. در این حالت نوع فونداسیون واقع در هر یک از این زمین‌ها بایستی در حالت مغروق در نظر گرفته شود و براساس یکی از دسته‌های زیر طبقه‌بندی نمود :

خاک خوب مغروق<sup>۲</sup>

1 . Very Poor Soil

2 Good Soil Sub Merged

خاک ضعیف مغروق<sup>۱</sup>

خاک خیلی ضعیف مغروق<sup>۲</sup>

## ۱-۵- نقشه زمین‌شناسی و گزارش مربوطه

انجام بررسی‌ها و تقسیم‌بندی مذکور در بندهای فوق به صورت یک گزارش زمین‌شناسی مهندسی به همراه یک نقشه ارائه می‌شود. مقیاس این نقشه بسته به اهمیت موضوع و طول مسیر می‌تواند با مقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰ و کوچکتر باشد. ترجیحاً برای کل مسیر یک نقشه زمین‌شناسی مهندسی با مقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰ تهیه می‌شود که از محور خط حدود حداقل ۲۰۰ متر از طرفین را پوشش می‌دهد. برای قسمت‌هایی از مسیر که در آن عوارض خاصی وجود دارد و از اهمیت بیشتری برخوردار است (مثل یک ناحیه لغزشی) تهیه یک نقشه با مقیاس ۱ : ۵۰۰۰ توصیه می‌شود.

پوشش ۲۰۰ متر از محور خط انتقال به طرفین برای قسمت‌هایی است که بافت زمین یکنواخت و ثابت باشد، در صورت وجود عوارض و یا تغییرات لایه‌ای شدید و یا وجود گسله‌ها و مناطق خرد شده پوشش مذکور افزایش یافته و تا ۵۰۰ متر به طرفین محور خط انتقال (جمعاً ۱ کیلومتر) قابل توصیه است.

نقشه مربوطه بیش از آنکه یک نقشه زمین‌شناسی عمومی باشد یک نقشه زمین‌شناسی مهندسی خواهد بود که در آن نکات زیر مشخص خواهد گردید:

- ۱- کلیه گسله‌های اصلی و شاخه‌های فرعی آنها.
- ۲- رودخانه‌ها، قنات‌ها، آبراهه‌ها و چشمه‌ها اعم از خشک و یا دایر.
- ۳- نوع سازندهای زمین‌شناسی با تفکیک مرزبندی بین آنها و شیب لایه‌ها.
- ۴- زمین‌های سست شنی و ماسه‌ای یا زمین‌های گسسته.
- ۵- راههای دسترسی و کوره راهها.
- ۶- انواع شکستگی‌ها.
- ۷- مشخص کردن نوع مرزبندی سازندهای زمین‌شناسی در منطقه و نوع تماس آنها (دگر شیبی، هم شیبی و ...)
- ۸- مشخص کردن مسیر روی نقشه به نحوی که انواع زمینهای مذکور اعم از خاکی و سنگی هر کدام با رنگ یا علامت بخصوص در آن نشان داده شود.
- ۹- مشخص کردن مخروط‌های افکنه و دشت‌های مستعد سیل.
- ۱۰- عوارض مزاحم زمین‌شناسی مثل لغزش‌ها، سنگ‌افت‌ها<sup>۳</sup>، سیلابهای گلی<sup>۴</sup> و خزش‌ها<sup>۵</sup>.
- ۱۱- عوارض مصنوعی ایجاد شده بر سر راه مسیر و حواشی آن مثل استخرهای آبیاری، برکه‌های پرورش ماهی، مرغداری‌ها، دامداری‌ها، کانال‌های آبیاری و زمین‌های کشاورزی و باغات.

1. Poor Soil Sub Merged

2. Very Poor Soil Submerged

3. Rock Fall

4. Mud Flow

5. Creeps

۱۲- مشخص کردن انواع معادن در حال بهره‌برداری و یا آنهایی که بعداً مورد بهره‌برداری قرار خواهند گرفت و هر نوع ذخیره معدنی در طول مسیر و حواشی آن.

علاوه بر نقشه زمین‌شناسی، در گزارش پیوست آن در مورد عوارض موجود در نقشه و تأثیرات احتمالی حال و آتی آنها توصیه‌های لازم و کافی بایستی ارائه گردد. به عنوان مثال نحوه آبیاری زمین‌های کشاورزی و تأثیر آن بر مشخصه‌های خاک در فصول کشاورزی لازم است ذکر گردد. در بسیاری موارد زمین‌های بایری که به هنگام طراحی و اجرای خط فاقد مشکلات بوده‌اند در طول بهره‌برداری از خط توسط مالکین به زیر کشت رفته و طبعاً نفوذ آبهای آبیاری تغییراتی در زمین ایجاد کرده است که فونداسیون برج را دچار عوارضی از قبیل نشست نموده است. لذا توجه به مسئله آب و احتمال هر نوع تغییرات در سطح آب زیرزمینی مسیر خط می‌تواند در زمان بهره‌برداری از بروز مشکلات جلوگیری نماید.

یکی از نکات دیگری که لازم است به آن توجه شود، بررسی و شناسایی مغارها و تونل‌هایی است که در گذشته توسط افراد محلی برای استخراج مواد معدنی ساده مثل گل سرشور، رگه‌های کوچک ذغال سنگ، سنگ‌های ساختمانی، خاک رس و غیره ایجاد شده و به علت گذشت زمان در سطح زمین نمود ندارند.

## فصل دوم

### روشهای انجام بررسیهای زمین‌شناسی مهندسی مسیر خطوط نیرو

بمنظور جلوگیری از مشکلاتی که در برخی موارد در کارگاهها درخصوص تعیین نوع بعضی فونداسیونها بوجود می‌آید و اینکه انجام آزمایشات مکانیک خاک، نحوه و چگونگی بررسی‌های زمین‌شناسی مهندسی و ارائه گزارش مربوطه، هرچه بیشتر مورد استفاده واقع گردد و از ابهامات و اشکالات جلوگیری شود، موارد ذیل بایستی مورد عمل و استفاده قرار گیرد.

روش انجام مطالعات زمین‌شناسی مهندسی و آزمایشات مکانیک خاک بدین ترتیب می‌باشد که بایستی برای هر پروژه اکیپی متشکل از کارشناس خط، کارشناس زمین‌شناسی و نقشه‌بردار، به اتفاق هم جهت تعیین مسیر مناسب به منطقه اعزام گردند و پس از بررسی‌های لازم محلی، مسیر مورد نظر را تعیین نمایند. در انتخاب مسیر بایستی سعی شود که نقاط و زوایا در محدوده‌هایی برای نقشه‌بردار مشخص گردد. در مرحله بعد نقشه‌بردار مربوطه جهت نهایی کردن مسیر و بتن‌گذاری زوایا به منطقه عزیمت و پس از انجام خدمات، نتیجه را بصورت کروکی مسیر تهیه و به کارشناس زمین‌شناسی می‌رساند.

همزمان کارشناس زمین‌شناسی نیز گزارش کاملی از مشاهدات و وضعیت منطقه و جنس خاک و مشکلات احتمالی از نظر ریزش، لغزش، سولفات‌ها بودن خاک و تعداد گمانه‌های مورد نیاز را تهیه می‌نماید.

پس از تأیید مسیر و گزارشات مربوطه، استعمال از ارگانهای محلی و درج مسیر و اعلام حریم خط در روزنامه‌های کثیرالانتشار بایستی انجام شود. مرحله بعدی انجام نقشه‌برداری مسیر و آزمایشات مکانیک خاک می‌باشد. نقشه‌بردار ابتدا محل گمانه‌ها را براساس نظر زمین‌شناس تعیین و موقعیت دقیق این گمانه‌ها را بر روی محور خط نسبت به نزدیکترین زاویه و یا نسبت به هم مشخص و طی صورتجلسه‌ای تحویل زمین‌شناس مستقر در منطقه می‌دهد و آنگاه شروع به نقشه‌برداری مسیر می‌نماید. در صورتیکه تشخیص اولیه زمین‌شناس مبنی بر گمانه زنی تک تک برچها در قسمتی از مسیر خط باشد، در این صورت عملیات اجرائی حفر گمانه پس از انجام کامل عملیات نقشه‌برداری و برجگذاری صورت خواهد گرفت، که البته وقفه‌ای تقریباً طولانی در اجرای خط بوجود خواهد آمد.

براساس تغییر بافت خاک در طول مسیر و به تشخیص کارشناس زمین‌شناس گمانه‌ها باید به تعدادی حفر شوند که امکان اظهار نظر صریح درخصوص کل طول مسیر و جنس آن میسر گردد. از طرف دیگر به دلیل ملاحظات اقتصادی تعداد گمانه‌ها بایستی تا حد امکان محدود باشد. معمولاً حداقل فاصله دو گمانه مجاور برای مسیرهای کوتاه تا ۱۵ کیلومتر ۲/۵ کیلومتر و برای مسیرهای بیشتر از ۱۵ کیلومتر، ۳/۵ کیلومتر مناسب می‌باشد. در صورتیکه به تشخیص کارشناس زمین‌شناسی نیاز به حفر تعداد بیشتری گمانه باشد، لازم است اقدام به حفر گمانه‌های اضافی گردد. در غیر اینصورت اظهارنظر کارشناس زمین‌شناس با درصدی از احتمال خواهد بود. در مواردیکه کارشناس زمین‌شناسی باتوجه به بافت خاک بتواند در مورد طول بیشتری از مسیر بدون حفر گمانه صریحاً اظهارنظر نماید، رعایت حداقل فاصله فوق‌الذکر لزومی نخواهد داشت. همچنین در مواردیکه بدلیل مشکلات حفاری در کوهستان امکان حفر تعدادی از گمانه‌ها میسر نباشد، رعایت فاصله فوق‌الذکر الزامی نخواهد بود. اما در نهایت بایستی اظهارنظر کارشناس زمین‌شناس درخصوص خاک منطقه بطریقی صورت گیرد که امکان تصمیم‌گیری برای طراح خط موجود باشد.

در ادامه بایستی اقدامات مربوط به حفر گمانه و آزمایشات کارگاهی و اخذ نمونه جهت آزمایشات لازم آزمایشگاهی انجام شود. اعلام وضعیت پایداری خاک در محل گمانه‌ها و پیش‌بینی حدود پایداری خاک در فواصل بین گمانه‌ها، سطح آب زیرزمینی و فصل اندازه‌گیری سطح آب در گزارش نهائی زمین‌شناسی ضروری است. آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل، بایستی با دقت زیاد انجام شود، زیرا که یکی از عوامل عمده در تعیین نوع خاک و نهایتاً نوع فونداسیون می‌باشد. آزمایشات مورد نیاز جهت تعیین جنس و مقاومت خاک بشرح ذیل می‌باشد:

- ۱- دانه بندی و هیدرومتری و تهیه منحنی دانه‌بندی
- ۲- تعیین درصد رطوبت
- ۳- دانسیته خاک در محل
- ۴- حدود اتربرگ
- ۵- درصد سولفات خاک
- ۶- وزن مخصوص مواد جامد
- ۷- تعیین مقادیر  $C$  و  $\phi$  و ظرفیت باربری خاک
- ۸- تراکم

انجام همزمان نقشه برداری و آزمایشات مکانیک خاک بدلیل مدت زمان موردنیاز جهت انجام آزمایشات آزمایشگاهی در کوتاه کردن مدت زمان اجرای پروژه تاثیر مناسبی دارد. پس از اتمام عملیات آزمایشگاهی، گزارش ژئوتکنیک باتوجه به موارد زیر بایستی تنظیم و ارائه گردد:

- بررسی کاملی در مورد خصوصیات جغرافیائی و ویژگیهای زمین‌شناسی، عوارض طبیعی، هیدروژئولوژی و هرنوع توضیحی که به نظر کارشناس زمین‌شناسی دانستن آن لازم و مفید تشخیص داده شود به همراه نقشه با مقیاس کوچک از منطقه که مسیر مورد نظر و عوارض طبیعی و مصنوعی در روی آن مشخص گردیده است.
  - شرح مختصری از موقعیت دقیق گمانه، جنس خاک آن، پایداری خاک، عمق گودبرداری، میزان سولفات، سطح آب زیرزمینی، درصد رطوبت طبیعی، تراکم خاک در محل، مقاومت خاک (تعداد ضربه‌ها در صورت اجرای آزمایش SPT) دانسیته طبیعی خاک و نوع فونداسیون پیشنهادی، فصل و ماه گمانه زنی جهت تخمین حداکثر سطح آب زیرزمینی.
  - نتایج آزمایشات انجام شده صحرائی و در آزمایشگاه.
  - نتیجه‌گیری نهائی درخصوص گمانه‌های حفر شده و نوع فونداسیون.
  - نتیجه‌گیری نهائی درخصوص فواصل بین گمانه‌ها و نوع فونداسیون پیشنهادی آنها.
  - تعیین میزان سولفات خاک و توصیه در مورد استفاده از سیمان تیپ ۲ یا ۵ و استفاده از لایه محافظ.
  - محدوده استفاده از سیمان ضد سولفات یا لایه محافظ با توجه به فواصل بین گمانه‌ها در منطقه.
- باتوجه به اینکه سطح آب زیرزمینی در تعیین نوع فونداسیون مغروق مؤثر می‌باشد، سطح آب زیرزمینی و فصل و ماه اندازه‌گیری آن و منابع تعیین سطح آب (باتوجه به عمق کم حفاری در گمانه‌ها) می‌بایست در گزارش ارائه گردد.



توصیه می‌شود که تیپ‌بندی زمین و نوع فونداسیون و یا تیپ‌بندی تمام فونداسیونها در طول مسیر توسط مهندسین مشاور زمین‌شناس و یا کارشناس زمین‌شناس باشد و تا حد امکان ناظر مقیم در انتخاب نوع فونداسیون دخالت ننماید و فقط در موارد استثنائی ضمن تماس لازم با کارشناس زمین‌شناس و ژئوتکنیک واخذ نظرات وی، اقدام به تغییر نوع فونداسیون گردد. معمولاً وجود یک دستگاه جهت انجام آزمایش S.P.T در محل می‌تواند کمک مناسبی در تعیین دقیق مقاومت زمین بوده و همچنین بازدیدهای کارگاهی کارشناس زمین‌شناسی اثرات مثبتی در انتخاب دقیقتر فونداسیون‌های خطوط انتقال دارد. توصیه می‌گردد این دو مورد در انتخاب فونداسیون هر برج خط نیرو مورد توجه قرار گیرد. نمونه‌ای از شرح خدمات و مشخصات فنی الحاقی به قراردادهای مهندس مشاور ژئوتکنیک در پیوست الف آمده است.

### پیوست الف: حدود خدمات و شرح وظایف مهندس مشاور ژئوتکنیک

خدماتی که توسط مشاور انجام می‌شود بشرح زیر است:

۱- حفر گمانه در طول مسیر خط که حدود ۱ کیلومتر است.

عمق گمانه‌ها ۱۰ متر پیش‌بینی شده است ولی عمق نهایی گمانه در حین عملیات حفاری معین و مشخص خواهد شد. بطوریکه اطلاعات و مشخصات کافی از زمین برای طراحی فونداسیون برجها بدست آید مضافاً در صورت برخورد سنگ کف و اطمینان از یکپارچگی آن نیاز به ادامه حفاری برای عمقهای بیشتر نخواهد بود و برعکس در صورتیکه زمین در نقطه‌ای از سستی و مقاومت بسیار کمی برخوردار باشد، بگونه‌ای که نیاز به استفاده از پی‌های شمع‌ی را مطرح سازد، در آن صورت مشاور می‌تواند عمق گمانه را به بیش از ۱۰ متر نیز ادامه دهد تا اطلاعات و داده‌های کافی برای طراحی شمع حاصل گردد.

روش حفاری علی‌الاصول با وسایل مکانیکی است ولی در صورتیکه نقاطی بدلیل صعب‌العبور بودن قابل دسترسی نباشد، در آن حالت مشاور می‌تواند از امکانات حفاری دستی یا مقنی استفاده نماید.

محل گمانه‌ها در زمان شروع قرارداد تحویل مشاور خواهد شد کروکی مسیر نیز پیوست این قرارداد می‌باشد.

۲- نمونه‌های دست خورده از هر لایه و در صورت متجانس بودن زمین در اعماق بیش از ۲/۵ متر یک نمونه و به ازاء هر ۲/۵ متر برداشته خواهد شد که مشخصات نمونه از قبیل عمق و شماره گمانه بر روی آن نوشته خواهد شد. نمونه‌های دست نخورده از قشرهای چسبنده رسی آبدار یا مرطوب در نمونه‌گیر استاندارد شده به قطر حداقل ۲ اینچ برداشته شده و نمونه‌ها جهت انجام آزمایشات به دفتر مرکزی مشاور ارسال خواهند شد.

۳- آزمایش استاندارد ضربه‌ای (*S.P.T*) از فاصله اعمال هر (۲-۲/۵) متر یا هر کجا که تغییر لایه‌ای رخ دهد، از عمق ۲/۵ متر به پایین باید انجام پذیرد. حداکثر تعداد آزمایش *S.P.T* در هر گمانه ۴ آزمایش خواهد بود.

با توجه به شرح خدمات موضوع فهرست بهاء عملیات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح، آزمایشگاه در مورد بررسیهای کلی زمین‌شناسی و زلزله‌خیزی محل مورد مطالعه به همراه تشریح نظری و طبقه‌بندی خاک و مطالعه انواع پی‌های مناسب به همراه توجیه‌های فنی و مقاومت مجاز و تخمین نشت اظهارنظر خواهد نمود.

۴- آزمایشات آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های دست خورده و دست نخورده به شرح زیر انجام خواهند پذیرفت.

- دانه‌بندی و حدود روانی و خمیری برای طبقه‌بندی خاک
- تعیین سولفات و *PH* خاک در هر گمانه یک نمونه
- آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد برای نمونه خاکهای دانه‌ای
- آزمایش تک محوری و سه محوری بر روی نمونه‌های دست نخورده و برای خاکهای رسی ریزدانه در هر گمانه حداکثر ۲ آزمایش.

- آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های دست نخورده و رسی در هر گمانه حداکثر ۲ آزمایش.

ضمناً آزمایشهای مشروحه زیر نیز در صورت نیاز و تشخیص مشاور بر روی نمونه‌های بازیافتی می‌تواند انجام پذیرد:

- طبقه‌بندی خاک

- درصد رطوبت

- دانسیته طبیعی

**توضیح:** در صورت نیاز به انجام آزمایش در نقاطی به غیر از نقاط تعیین شده، به لحاظ تغییرات زمین و یا مشخصات ویژه آن با پیشنهاد مشاور و موافقت کارفرما، حفر گمانه‌ها در محل‌های جدید نیز انجام خواهد شد.

### تهیه گزارش و مطالعات انجام شده

پس از اتمام عملیات صحرایی و آزمایشگاهی، گزارش کامل که دربرگیرنده مطالب زیر باشد تهیه و تنظیم خواهد شد:

- نتایج آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی با ارائه نمودارهای لازم
- تعیین و تشریح زمین در طول مسیر و در نقاط مختلف از نظر طبقه‌بندی و جنس لایه‌ها
- آب تحت‌الارضی و نوسانات آب
- تشریح خاکهای سطحی از نظر وجود گیاهان، دست خوردگی، زراعی بودن خاک و غیره
- پارامترهای  $C$  و  $\phi$  خاک در نقاط مختلف و در طول مسیر
- مشخصات تحکیم یا نشست‌پذیری لایه‌ها
- مقاومت مجاز زمین نسبت به تاب خستگی و شکست در پای هر برج با توجه به آزمایشهای انجام گرفته در طول مسیر و قضاوت کارشناسی آزمایشگاه
- پیشنهاد و توصیه‌های فنی در مورد مناسبترین نوع فونداسیون برای برجه‌ها
- نوع سیمان مصرفی برای پی‌سازی در طول مسیر

### منابع و مراجع

- ۱- طراحی الکتریکی خطوط انتقال نیرو، دکتر قدرت‌الله حیدری
- ۲- دستورالعمل فنی و اجرائی زمین‌شناسی خطوط انتقال نیرو، تدوین: شرکت مشاوران دفتر استانداردها، معاونت تحقیقات و تکنولوژی سازمان توانیر
- ۳- گزارش پروژه‌های خطوط انجام شده در شرکت مهندسين مشاور نیرو

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله



معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری  
معاونت امور فنی

فهرست نشریات  
منتشر شده سالهای اخیر  
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله















--	--	--	--	--

	-				
					-
					-
					- - :( ) - - :( )
					-
	-				
					- ( - : ) ( - : )
					- ) ( - : ) ( - :
					-

**Islamic Republic of Iran**

**General Technical Specification and  
Execution Procedures for Transmission  
and Distribution Networks  
(Geology of Transmission Line Path)**

**NO : 404**

**Office of Deputy for Planning and  
Strategic Monitoring  
Technical Criteria Codification and  
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau  
<http://tec.mporg.ir>**

**Energy Ministry  
Tavanir Co.  
Standards, Quality Control and Inspection  
Bureau  
[www.tavanir.ir](http://www.tavanir.ir)**

Ô Ô »  
Ô » Ô Ô «  
Ô Ô Ô Ô  
Ô  
Ô Ô Ô Ô  
.

ÔÔ ÔÔ ÔÔ ÔÔ ÔÔ  
Ô Ô Ô Ô