جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

# فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمین لرزه

## (مرحله توجیهی)

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

نشریه شماره ۲۰۰

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

# فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمین لرزه (مرحله توجیهی)

نشریه شماره ۲۰۰

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۹/۰۰/۲۵

۱۳۷۹

# فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر امور فنی و تدوین معیارها
فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمین لرزه(مرحله توجیهی)/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت نیرو،[طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور].- تهران: سازمان‌برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۹.
۶۵ ص.:نمودار.- (سازمان‌برنامه و بودجه دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره۲۰۰)(انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۹/۰۰/۲۵)

ISBN 964-425-202-0

مربوط به دستورالعمل شماره ۱۰۲/۷۰۴-۵۴/۵۳۰ مورخ ۱۳۷۹/۲/۱۷

۱.زمین‌شناسی ساختمانی. ۲. زلزله - تجزیه و تحلیل خطرات. ۳. زمین‌شناسی مهندسی. ۴. خاک - مکانیک.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.۲۰۰ ۲س/۳۶۸ TA

شابک ۰-۲۰۲-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-202-0

**فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمین لرزه(مرحله توجیهی)**
**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: ۶۰۰۰ریال
چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ
**همه حقوق برای ناشر محفوظ است.**

**بسمه تعالی**

**جمهوری اسلامی ایران**
**سازمان برنامه و بودجه**
**دفتر رئیس**

| | |
|---|---|
| **به:دستگاه‌های اجرایی و مشاوران** | **شماره:** **۱۰۲/۷۰۴-۵۴/۵۳۰** |
| | **تاریخ:** **۱۳۷۹/۲/۱۷** |

**موضوع: فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمین لرزه - مرحله توجیهی**

به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی این دستورالعمل،از گروه دوم مذکور در ماده هفت آیین نامه،دریک صفحه صادر می‌گردد.

تاریخ مندرج در ماده ۸ آیین نامه در مورد این دستورالعمل ۱۳۷۹/۶/۱ می باشد.

به پیوست نشریه شماره ۲۰۰ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان،با عنوان**فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمین لرزه - مرحله توجیهی**،ابلاغ می‌گردد.

دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور می‌توانند مفاد نشریه مذکور و دستورالعمل‌های مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

محمد علی نجفی

معاون رییس جمهور و رییس

سازمان برنامه و بودجه

بسمه تعالی

**پیشگفتار**

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

نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری از 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 یاد شده 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 بودجه (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
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرحها.
- 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 تهیه‌کننده 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

این استاندارد را اعضای کمیته شماره ۱۳ (ژئوتکنیک) و اعضای کمیته شماره ۱۳-۱ (لرزه‌خیزی و مهندسی زمینلرزه) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه کرده‌اند.

*اعضای کمیته ژئوتکنیک که در تهیه و تدوین فصل اول همکاری داشته‌اند عبارتند از:*

| | | |
|---|---|---|
| آقای دکتر امیر سلیمانی | شرکت مهندسین مشاور ماندرو | دکترای مکانیک خاک |
| آقای دکتر جلالی | شرکت مهندسین مشاور آب‌نیرو | دکترای سازه و دکترای مکانیک ساختمان |
| آقای مهندس رفیعا | شرکت مهندسین مشاور کاوشگران | فوق‌لیسانس مهندسی معدن (مکانیک‌سنگ) |
| آقای دکتر گتمیری | دانشکده فنی دانشگاه تهران و شرکت مهندسین مشاور دریاخاک | دکترای ژئوتکنیک |
| آقای دکتر لیتکوهی | شرکت مهندسین مشاور خدمات مهندسی مکانیک خاک | دکترای مکانیک خاک |
| خانم مهندس نوربخش | طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور | فوق‌لیسانس ژئوتکنیک |
| آقای مهندس یوسفی | شرکت خدمات مهندسی برق ایران (مشانیر) | فوق‌لیسانس مهندسی معدن (زمین‌شناسی مهندسی) |

همچنین در تهیه پیش‌نویس فصل اول این استاندارد، آقای دکتر کامبیز بهنیا نیز با کمیته همکاری کرده‌اند.

*اعضای کمیته لرزه‌خیزی و مهندسی زمینلرزه که در تهیه و تدوین فصل دوم همکاری داشته‌اند عبارتند از:*

| | | |
|---|---|---|
| آقای مهندس اسلامی | مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی | فوق‌لیسانس ژئوفیزیک |
| آقای مهندس بهنام | شرکت مهندسی مشاور مهاب‌قدس | لیسانس مهندسی معدن |
| آقای دکتر قریشی | سازمان زمین‌شناسی کشور | دکترای لرزه زمینساخت |
| آقای دکتر گتمیری | دانشکده فنی دانشگاه تهران و شرکت مهندسین مشاور دریا خاک | دکترای ژئوتکنیک |
| آقای مهندس مالکی | شرکت مهندسی مشاور مهاب‌قدس | فوق‌لیسانس ژئوفیزیک |
| آقای مهندس معین‌فر | آزاد | فوق‌لیسانس مهندسی سازه و زلزله |
| آقای دکتر مهدویان | شرکت مهندسی مشاور مهاب‌قدس | دکترای مهندسی زلزله |
| آقای مهندس نادرزاده | طرح مطالعات زلزله تهران بزرگ | فوق‌لیسانس مهندسی سازه و زلزله |
| خانم مهندس نوربخش | طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور | فوق‌لیسانس ژئوتکنیک |

# فهرست مطالب فصل اول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| مقدمه | ۱ |
| نمودار فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک «مرحله توجیهی» | ۳ |
| ۱- گردآوری و ارزیابی اطلاعات و مدارک موجود | ۵ |
| ۲- گردآوری و تدارک نقشه‌هاو عکسهای مورد نیاز | ۵ |
| ۳- بازنگری برنامه کاوشهای زیر سطحی | ۶ |
| ۴- زمین‌شناسی منطقه‌ای | ۶ |
| ۴-۱ زمین ریخت‌شناسی | ۶ |
| ۴-۲ چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی | ۷ |
| ۴-۳ تکتونیک و زمین‌شناسی ساختاری | ۷ |
| ۴-۴ بررسی توانمندی عوامل خطرآفرین در منطقه | ۸ |
| ۴-۵ بررسیهای هیدروژئولوژی منطقه‌ای | ۸ |
| ۵- زمین‌شناسی محلی | ۹ |
| ۵-۱ زمین ریخت‌شناسی | ۹ |
| ۵-۲ لیتولوژی و سنگ‌شناسی | ۹ |
| ۵-۳ ساختار | ۱۰ |
| ۶- لرزه‌خیزی منطقه | ۱۰ |
| ۶-۱ بررسی تکمیلی سوابق لرزه‌خیزی منطقه مورد مطالعه درمحدوده تحت تأثیر | ۱۰ |
| ۶-۲ بررسیهای نو زمینساخت | ۱۰ |
| ۶-۳ بررسی تکمیلی چشمه‌های زمینلرزه شامل | ۱۱ |
| ۶-۴ گزینش روابط لرزه‌خیزی | ۱۱ |
| ۶-۵ برآورد پارامترهای طراحی برای محاسبه ایستایی در مقابل زمینلرزه | ۱۱ |
| ۷- آزمایشهای ژئوفیزیکی | ۱۲ |
| ۷-۱ برای کسب اطلاعات کلی موارد زیر انجام می‌شود | ۱۲ |
| ۷-۲ برای کسب اطلاعات تخصصی موارد زیر انجام می‌شود | ۱۲ |
| ۷-۳ نظارت بر اجرای آزمایشها و تهیه مدارک مناسب کارگاهی و کنترل کیفیت اجرای کار | ۱۲ |
| ۸- حفاریهای اکتشافی و ژئوتکنیکی | ۱۳ |
| ۸-۱ کلیات | ۱۳ |
| ۸-۲ روش شناسایی | ۱۳ |

# فهرست مطالب فصل اول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۹- آزمایشهای صحرایی | ۱۵ |
| ۹-۱ آزمایشهای متداول صحرایی | ۱۵ |
| ۹-۲ آزمایشهای ویژه صحرایی | ۱۶ |
| ۱۰- آزمایشهای آزمایشگاهی (مکانیک خاک و سنگ) | ۱۷ |
| ۱۰-۱ آزمایشهای مکانیک خاک | ۱۷ |
| ۱۰-۲ آزمایشهای آزمایشگاهی مکانیک سنگ | ۱۸ |
| ۱۱- هیدروژئولوژی ساختگاه | ۱۹ |
| ۱۱-۱ وضعیت طبیعی | ۱۹ |
| ۱۱-۲ اثر زهکشی و پایین بردن سطح آب زیرزمینی در بهسازی و پایداری زمین | ۲۰ |
| ۱۲- تهیه نقشه‌ها و تدوین اسناد و اطلاعات ثبت شده | ۲۱ |
| ۱۲-۱ نقشه‌ها | ۲۱ |
| ۱۲-۲ نیمرخها و نمودارها | ۲۲ |
| ۱۲-۳ اسناد و مدارک | ۲۲ |
| ۱۳- تفسیر و تحلیل نتایج مطالعات ژئوفیزیکی | ۲۲ |
| ۱۳-۱ شناسایی شرایط زمین‌شناسی ساختگاه | ۲۲ |
| ۱۳-۲ تعیین خواص فیزیکی لایه‌ها و توده‌های زمین | ۲۳ |
| ۱۳-۳ جمع بندی اطلاعات ژئوفیزیکی و ارائه پیشنهاد | ۲۳ |
| ۱۴- تحلیل یافته‌های ژئومکانیکی | ۲۳ |
| ۱۴-۱ یافته‌های حاصل از بررسیهای حفاریهای سطحی و زیرزمینی | ۲۳ |
| ۱۴-۲ یافته‌های حاصل از آزمایشهای آزمایشگاهی | ۲۴ |
| ۱۴-۳ یافته‌های حاصل از آزمایشهای ویژه صحرایی | ۲۴ |
| ۱۴-۴ تلفیق اطلاعات و یافته‌های آزمایشگاهی و صحرایی و طبقه بندی خاکها و سنگها | ۲۴ |
| ۱۴-۵ ارزیابیها | ۲۵ |
| ۱۴-۶ نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌ها | ۲۵ |
| ۱۵- تحلیل پارامترهای مهندسی زمینلرزه | ۲۵ |
| ۱۶- تلفیق نتایج زمین‌شناسی سطحی، عملیات ژئوتکنیکی اکتشافی و بررسیهای ژئوفیزیکی | ۲۵ |
| ۱۶-۱ تهیه و تنظیم داده‌ها و دانسته‌ها | ۲۵ |

## فهرست مطالب فصل اول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۱۶-۲ تحلیل داده‌ها و دانسته‌ها | ۲۶ |
| ۱۶-۳ جمعبندی نتایج به منظور تعیین | ۲۶ |
| ۱۶-۴ توصیه‌ها | ۲۶ |
| ۱۷- ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی ساختگاهها | ۲۶ |
| ۱۷-۱ ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی محل سدها | ۲۶ |
| ۱۷-۲ ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی محل سایر سازه‌ها (نظیر سرریزها و...) | ۲۷ |
| ۱۷-۳ ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی کانالها و تأسیسات انتقال آب | ۲۷ |
| ۱۸- مقایسه گزینه‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی | ۲۸ |
| ۱۸-۱ ارزیابی محل گزینه‌ها | ۲۸ |
| ۱۸-۲ امتیازدهی و مقایسه گزینه‌ها | ۲۸ |
| ۱۹- سرندکردن گزینه‌ها با توجه به مدل ژئوتکنیکی زمین ساختگاه و عوامل مخاطره‌آمیز زمین‌شناسی | ۲۹ |
| ۱۹-۱ مقایسه گزینه‌ها با توجه به پارامترهای زیر | ۲۹ |
| ۲۰- نهایی کردن مدل ژئوتکنیکی ساختگاههای برگزیده | ۳۰ |
| ۲۰-۱ مدل زمین | ۳۰ |
| ۲۰-۲ رفتار هیدرولیکی | ۳۰ |
| ۲۰-۳ رفتار مکانیکی | ۳۱ |
| ۲۰-۴ مدلهای بهسازی و تقویت زمین | ۳۱ |
| ۲۱- پاسخ به سؤالهای طراحی در ساختگاه برگزیده | ۳۱ |
| ۲۲- تنظیم برنامه کاوشهای تکمیلی زیرزمینی برای ساختگاه برگزیده و ارائه طرح شبکه لرزه‌نگاری | ۳۲ |
| ۲۲-۱ کاوشهای تکمیلی زیرزمینی | ۳۲ |
| ۲۲-۲ ارائه طرح شبکه لرزه‌نگاری و شتابنگاری (در صورت نیاز) | ۳۳ |
| ۲۳- تحلیل تکیه‌گاهها و پی سد و تحلیل حفاریهای مربوط | ۳۳ |
| ۲۳-۱ بررسی نتایج مطالعات زمین‌شناسی مهندسی، ژئوتکنیکی | ۳۳ |
| ۲۳-۲ انتخاب نوع سد با توجه به شرایط محل سد و مخزن | ۳۳ |
| ۲۳-۳ طراحی مقدماتی | ۳۳ |
| ۲۳-۴ بررسی و تحلیل | ۳۴ |
| ۲۳-۵ طراحی مقدماتی سیستم ابزاربندی | ۳۴ |

## فهرست مطالب فصل اول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۲۴- تحلیل پی سرریز | ۳۵ |
| ۲۴-۱ بررسی نتایج مطالعات ژئوتکنیکی | ۳۵ |
| ۲۴-۲ پیشنهاد عملیات آماده سازی بستر | ۳۵ |
| ۲۵- تحلیل پی حوضچه آرامش و تأسیسات مربوط | ۳۵ |
| ۲۵-۱ تحلیل نتایج بررسیهای ژئوتکنیکی | ۳۵ |
| ۲۵-۲ پیشنهاد عملیات آماده سازی بستر | ۳۶ |
| ۲۶- تحلیل سایر پی‌های سطحی | ۳۶ |
| ۲۶-۱ سایر پی‌های سطحی در طراحی و مطالعات سدها عبارتند از | ۳۶ |
| ۲۶-۲ تحلیل پی‌ها شامل | ۳۷ |
| ۲۷- تحلیل ژئوتکنیکی عملیات بهسازی زمین | ۳۷ |
| ۲۷-۱ بررسی نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی و زمین آبشناسی (هیدروژئولوژی) | ۳۷ |
| ۲۷-۲ انتخاب روش یا روشهای بهسازی | ۳۸ |
| ۲۷-۳ طراحی مقدماتی | ۳۸ |
| ۲۷-۴ توصیه و ارزیابی روشهای کنترل | ۳۸ |
| ۲۸- تحلیل شیب برشها و خندقهادر خاکها و سنگهای متفاوت | ۳۸ |
| ۲۸-۱ بررسی نتایج مطالعات زمین‌شناسی مهندسی | ۳۸ |
| ۲۸-۲ بررسی و تحلیل انواع ناپایداریها | ۳۹ |
| ۲۸-۳ بررسی و گزینش روش پایدارسازی | ۳۹ |
| ۲۸-۴ پیشنهاد سیستم رفتارسنجی و کنترل ایمنی | ۳۹ |
| ۲۹- تحلیل ژئومکانیکی سازه‌های زیرزمینی | ۳۹ |
| ۲۹-۱ بررسی وتحلیل نتایج مطالعات زمین‌شناسی، زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک | ۳۹ |
| ۲۹-۲ برآورد ضرایب مکانیکی و فیزیکی توده‌های مختلف سنگی | ۴۰ |
| ۲۹-۳ تحلیل رفتاری سنگ در محدوده سازه | ۴۰ |
| ۳۰- طراحی مقدماتی پی نیروگاه آبی | ۴۱ |
| ۳۱- تحلیل پی‌های ژرف | ۴۲ |
| ۳۱-۱ بررسی نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی و زمین‌آبشناسی (هیدروژئولوژی) | ۴۲ |

# فهرست مطالب فصل اول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۳۱-۲ انتخاب روش اجرای پی ژرف | ۴۲ |
| ۳۱-۳ طراحی مقدماتی | ۴۲ |
| ۳۱-۴ توصیه و ارزیابی روشهای کنترل | ۴۳ |
| ۳۲- طراحی مقدماتی راهها و شهرکها و انتخاب گزینه مناسب | ۴۳ |
| ۳۲-۱ بررسیهای ژئوتکنیکی راهها | ۴۳ |
| ۳۲-۲ بررسیهای ساختگاه شهرکها از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی | ۴۴ |
| ۳۳- انتخاب گزینه برتر سازه‌ها براساس توجیه فنی - اقتصادی | ۴۵ |
| ۳۳-۱ طبقه‌بندی پی‌ها برحسب جنس زمین بستر | ۴۵ |
| ۳۳-۲ ارزیابیهای چندی (تعیین مقادیر کار) | ۴۵ |
| ۳۳-۳ ارزیابیهای چونی (از دیدگاه امتیاز کیفیتها) | ۴۶ |
| ۳۳-۴ پیش‌بینیهای لازم برای کنترل کیفیت اجرا | ۴۷ |
| ۳۳-۵ ارزیابی امکانات اجرایی (تکنولوژی ساخت، آهنگ پیشرفت عملیات) | ۴۷ |
| ۳۳-۶ مقایسه گزینه‌ها و انتخاب گزینه برتر با توجه به نتایج بررسیها | ۴۷ |
| ۳۴- گزارش فنی (ژئوتکنیکی) | ۴۸ |

# فهرست مطالب فصل دوم


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| ۱- وارسی [۱] و ژرف‌نگری لرزه زمینساختی | ۵۳ |
| ۱-۱ بررسی هندسه عناصر ساختاری (تعیین شکل، گسترش، آرایش و توالی تشکیل ساختارها) | ۵۳ |
| ۱-۲ لرزه‌خیزی | ۵۵ |
| ۱-۳ ارائه نقشه‌های لرزه زمین‌ساختی | ۵۶ |
| ۲- برآورد ویژگیهای لرزه‌خیزی | ۵۷ |
| ۲-۱ تهیه، تکمیل و پردازش مجموعه اطلاعات زمینلرزه‌ها | ۵۷ |
| ۲-۲ برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی | ۵۸ |
| ۳- برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین | ۶۰ |
| ۳-۱ گزینش رابطه کاهیدگی | ۶۰ |
| ۳-۲ روش احتمالی | ۶۰ |
| ۳-۳ روش تعیّنی | ۶۱ |
| ۳-۴ عاملهای مؤثر در تعیین میزان پارامترهای جنبش نیرومند زمین در ساختگاه | ۶۱ |
| ۳-۵ سطوح مختلف لرزه‌ای در طراحی | ۶۲ |
| ۳-۶ طیف پاسخ زمین | ۶۳ |
| ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها | ۶۴ |


---

۱- منظور از وارسی (Investigation) مرور همراه با بررسی جزییات یافته‌های مراحل قبلی می‌باشد.

# فصل اول

## فهرست خدمات مطالعات ژئوتکنیک

## «مرحله توجیهی»

## مقدمه

از آنجاکه تاکنون فهرست مدونی از چگونگی مطالعات ژئوتکنیک در پروژه‌های بزرگ تأسیسات آبی در ایران وجود نداشته، بنابراین طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور اقدام به تهیه فهرست حاضر نموده است. این گزارش فهرست تفصیلی اجزای مختلف این‌گونه مطالعات در مرحله یکم است ودر تهیه آن تلاش گردیده تا کلی ترین و پیچیده ترین شرایط زمین‌شناسی و مصالح طبیعی (خاک و سنگ) در پروژه‌های مختلف، در ابعاد گسترده مد نظر قرار گیرد. بدیهی است در پروژه‌های کوچکتر و در شرایط ساده‌تر گستردگی و دامنه مطالعات و بررسیها متناسباً کاهش می‌یابد و انواع آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی در زمینه‌های مختلف بر حسب نوع و اهمیت پروژه با توافق کارفرما و نیازهای طراحی تعیین می‌گردد.

چند و چون آزمایشها، تحقیقات و بررسیهای ژئوتکنیکی نباید از سویی چنان باشد که در یک پروژه نسبتاً کوچک، حجم قابل ملاحظه‌ای از کاوشها و آزمایشها انجام شود بی آنکه ضرورت داشته باشد ونه آنکه از سوی دیگر به گونه باشد که در یک پروژه با اهمیت و گسترده، آزمایشهاو بررسیهای لازم نادیده گرفته شود و در نتیجه به دلیل اطلاعات اندک و یا ناقص ابهامات بی‌شماری بر جای بماند و مهندس طراح قادر به تصمیم گیری صحیح و مناسب کار مهندسی مورد نظر نباشد.

«بدین ترتیب، برای هر طرح یک برنامه کاوش و آزمایش بهینه وجود دارد که باید در چارچوب فنی و مالی مناسب به اجرا درآید. چنین برنامه اکتشافی با توجه به ویژگیهای سیمای طرح از یک سو و پیچیدگیهای ژئوتکنیکی زمین از سوی دیگر، از طرف کارشناسان ژئوتکنیک،مهندس مشاور و کارفرما مشترکاً تدارک دیده می‌شود. چنین برنامه مشترکی ضمن دارا بودن قابلیت اجرا در چارچوب بودجه مناسب، در عین حال مانع از لوث شدن مسئولیتهای مهندس مشاور در زمینه مطالعه صحیح و دقیق طرح خواهد بود.»

تجربه نشان داده است که اعمال محدودیت در آزمایشها و تحقیقات ژئوتکنیکی در نهایت به صلاح کارفرمایان نیست و از طرف دیگر سهل انگاری برخی کارشناسان مهندس مشاور بدون آنکه کنترلهای دقیق و همه جانبه به عمل آمده باشد، موجبات خسارات و زیانهائی را فراهم نموده است که هم اکنون در تعدادی از پروژه‌های بزرگ مملکتی شاهد آن می‌باشیم، لذا جا دارد که حداکثر توجه به این قبیل موارد معطوف گردد.

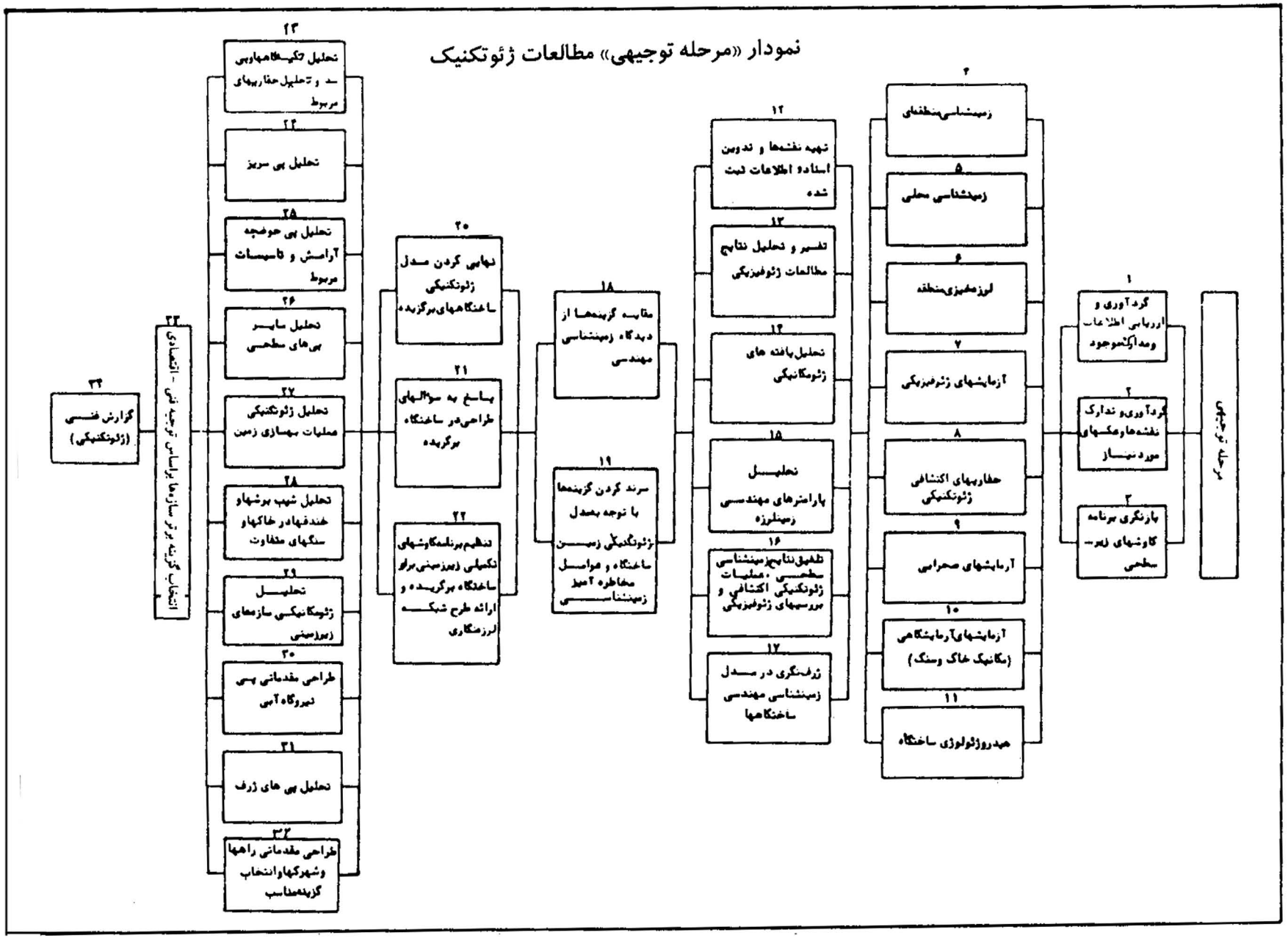
اهمیت بررسیهای ژئوتکنیکی در این مرحله از مطالعات که طرح بهینه تهیه می‌شود وبر اساس آنها و آزمایشهای تکمیلی، طرح تفصیلی و اسناد مناقصه تهیه می‌گردد، بسیار گسترده است. بنابراین به هنگام تصمیم گیری در انتخاب چندی و چونی آزمایشها، کاوشها و پژوهشها باید بررسیهای همه جانبه‌ای به عمل آید تا اشتباهات و خطاهای

**احتمالی به حداقل ممکن کاهش یابد و طرح مقدماتی تعیین شده دارای ابعاد کاملاً روشنی برای تصمیم‌گیری نهائی باشد.**

**نکته مهمی که باید در شرایط فعلی ایران به آن توجهی ویژه مبذول گردد، همانا بهره گیری از تکنولوژی روز و کاربرد ابزار و دستگاههای مناسب برای انجام آزمایشها و اندازه‌گیریهای مورد نیاز است. کمبود وسائل و لوازم یدکی و دستگاهها و ماشین آلات نباید کیفیت و ابعاد آزمایشها و برنامه‌های تحقیقاتی اساسی را دستخوش آثار نامطلوب نماید. بنابراین بجاست که مسئولان محترم برنامه‌ریزی کلان مملکتی، توجهی ویژه به این نکته معمول دارند و در حد نیاز برای ایجاد تسهیلات لازم به منظور تهیه و تدارک ابزار و دستگاههای اندازه‌گیری و سنجش برای آزمایشها اقدام لازم بعمل آورند.**

**به منظور دریافت پاسخهای منطقی و صحیح در مطالعات ژئوتکنیکی مندرج در این فهرست خدمات ضروری است که بررسیهای کامل صحرایی و آزمایشگاهی، تجزیه و تحلیل نتایج و نتیجه‌گیری کامل از آنها برای انتخاب پارامترهای مهندسی، به طور دقیق اعمال گردد. به ویژه ضروری است جعبه‌های تفسیر نتایج عملیات شناسایی و آزمایشها(۹،۱۰،۱۳،۱۴) به دست متخصصان با تجربه ژئوتکنیک و ژئوفیزیک و جعبه‌های ۶،۱۵،۱۹،۲۰ به‌وسیله متخصصان لرزه زمین ساخت و ژئوتکنیک لرزه‌ای انجام شود. با ذکر جعبه‌های بالا به عنوان مثال، نشان داده می‌شود که اگر چه انجام دادن برخی از باکسها بدون حضور متخصص ویژه انجام پذیر نیست، لیکن نظر متخصص زمین‌شناسی مهندسی و مهندس ژئوتکنیک (مکانیک خاک ومهندسی پی) باید به طور عام کسب شده و خدمات مزبور در یک سیستم هماهنگ و با برنامه‌ریزی درست ارائه شود.**

**لازم به ذکر است که بندهای مشخص شده با یک ستاره از وظایف مهندسین مشاور ژئوتکنیک و بندهای مشخص شده با دو ستاره از وظایف مشترک مهندسین مشاور مادر و مهندسین مشاور ژئوتکنیک است.**


نمودار «مرحله توجیهی» مطالعات ژئوتکنیک
مرحله توجیهی
۱ گردآوری و ارزیابی اطلاعات ومدارک موجود
۲ گردآوری و تدارک نقشه‌ها و عکسهای مورد نیاز
۳ پارنگری برنامه کاوشهای زیر سطحی
۴ زمینشناسی منطقه‌ای
۵ زمینشناسی محلی
۶ لرزه‌خیزی منطقه
۷ آزمایشهای ژئوفیزیکی
۸ حفاریهای اکتشافی ژئوتکنیکی
۹ آزمایشهای صحرایی
۱۰ آزمایشهای آزمایشگاهی (مکانیک خاک وسنگ)
۱۱ هیدروژئولوژی ساختگاه
۱۲ تهیه نقشه‌ها و تدوین اسناد و اطلاعات ثبت شده
۱۳ تفسیر و تحلیل نتایج مطالعات ژئوفیزیکی
۱۴ تحلیل یافته های ژئومکانیکی
۱۵ تحلیل پارامترهای مهندسی زمینلرزه
۱۶ تلفیق نتایج زمینشناسی سطحی، عملیات ژئوتکنیکی اکتشافی و بررسیهای ژئوفیزیکی
۱۷ ژرفنگری در مدل زمینشناسی مهندسی ساختگاهها
۱۸ مقایسه گزینه‌ها از دیدگاه زمینشناسی مهندسی
۱۹ سرند کردن گزینه‌ها با توجه بمحدل ژئوتکنیکی زمین ساختگاه و عوامل مخاطره آمیز زمینشناسی
۲۰ نهایی کردن مدل ژئوتکنیکی ساختگاههای برگزیده
۲۱ پاسخ به سوالهای طراحی در ساختگاه برگزیده
۲۲ تنظیم برنامه کاوشهای تکمیلی زمینی برای ساختگاه برگزیده و ارائه طرح شبکه لرزه‌نگاری
۲۳ تحلیل تکیه‌گاههای پی و تحلیل حفاریهای مربوط
۲۴ تحلیل پی سریز
۲۵ تحلیل پی حوضچه آرامش و تاسیسات مربوط
۲۶ تحلیل سایر پی‌های سطحی
۲۷ تحلیل ژئوتکنیکی عملیات بهسازی زمین
۲۸ تحلیل شیب برشها و خندقها در خاکها و سنگهای متفاوت
۲۹ تحلیل ژئومکانیکی سازه‌های زیرزمینی
۳۰ طراحی مقدماتی پی نیروگاه آبی
۳۱ تحلیل پی های زرف
۳۲ طراحی مقدماتی راهها وشهرکها وانتخاب گزینه مناسب
۳۳ انتخاب گزینه برتر سازه‌ها براساس توجیه فنی - اقتصادی
۳۴ گزارش فنی (ژئوتکنیکی)

## ۱- گردآوری و ارزیابی اطلاعات و مدارک موجود

۱-۱ جمع آوری آمار و اطلاعات پایه و گزارشهای مطالعات انجام شده تا شروع مرحله توجیهی

۱-۲ جمع آوری اطلاعات و مدارک مربوط به مصالح مورد نیاز با توجه به جنبه‌های فنی و اقتصادی طرح

۱-۳ جمع آوری اطلاعات مربوط به شرایط هیدروژئولوژی ساختگاهها به ویژه در محدوده سد و مخزن و سازه‌های زیرزمینی

۱-۴ ارزیابی و مروری بر اطلاعات و آمار و بهنگام نمودن آنها

۱-۵ جمعبندی و نتیجه‌گیری در مورد کلیه اطلاعات و مدارک و همچنین چونی و چندی (کیفیت و کمیت)دانسته‌ها به منظور تنظیم برنامه بررسیها و آزمایشها برای تکمیل اطلاعات

## ۲- گردآوری و تدارک نقشه‌هاو عکسهای مورد نیاز

۲-۱ جمع آوری کلیه نقشه‌ها (زمین‌شناسی و توپوگرافی، هیدروژئولوژی و...)، عکسها و سایر نقشه‌های مورد نیاز مطالعات ژئوتکنیکی

۲-۲ عکسهای هوایی با مقیاس ۱:۲۰،۰۰۰ و یا عکسهای با مقیاس ۱:۱۰،۰۰۰ (در صورت نیاز)

۲-۳ تصاویر ماهواره‌ای (تازه ترین تصاویر) به ویژه در مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰

۲-۴ تصاویر ماهواره‌ای (در صورت امکان) به منظور شناسایی نوع خاکها از دیدگاه آبیاری و زهکشی و مقاصد ژئوتکنیکی،محدوده اثر سیلابها و...

۲-۵ تنظیم برنامه تهیه نقشه‌ها و عکسهای مورد نیاز با توجه به محدوده سازه‌ها و مشخصات آنها

۲-۶ تهیه عکسهای خاص محل سازه‌ها و شرایط توپوگرافی (به ویژه از طریق فتوگرامتری زمینی) بر حسب نیاز

۲-۷ تهیه و تدارک نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ یا ۱:۱۰،۰۰۰ برای مخازن و یا محدوده کلی سایر طرحها

۲-۸ تهیه و تدارک نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰ یا ۱:۱۰۰۰ در محل سدها و سازه‌های وابسته و همچنین سایر سازه‌های طرح

۲-۹ تدارک نقشه‌های توپوگرافی خاص بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰ بر حسب نیاز

## ۳- بازنگری برنامه کاوشهای زیر سطحی [۱]

**۳-۱ بازنگری چونی، چندی، مشخصات و روشهای مطالعاتی و آزمایشهای درجا و آزمایشگاهی در موارد زیر به منظور ارائه پاسخهای مناسب به سؤالهای طراح در این مرحله از مطالعات :**

**۳-۱-۱ ویژگیهای مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی طبقات زمین (خاک و سنگ) و مواد پرکننده گسستگیها (میلونیت، گوژ و...)**

**۳-۱-۲ ساخت وبافت و فابریک سنگها و خاکهای محل سازه‌های مهم برای تشریح ویژگیهای دوام، رفتار و خواص مکانیکی**

**۳-۱-۳ طبقه بندی توده سنگها، لایه‌های خاک و لایه‌های ضعیف سنگها با دقت خاص این مرحله**

**۳-۱-۴ خصوصیات و شرایط هیدروژئولوژی محل سازه‌ها به ویژه سازه‌های آبی**

**۳-۱-۵ سیستمهای گسستگی و درجه جنبابی گسله‌های محل طرح**

**۳-۱-۶ ویژگیهای دینامیکی محل سازه‌های مهم**

**۳-۱-۷ ویژگیها و مسایل مربوط به مصالح حد فاصل [۲]**

**۳-۱-۸ روشها و راههای بهسازی زمین بستر سازه‌ها و پیرامون آنها**

## ۴- زمین‌شناسی منطقه‌ای

### ۴-۱ زمین ریخت‌شناسی :

**۴-۱-۱ هوازدگی از دیدکلی شامل مواردی نظیر :**

- **بررسی نقش عاملهای هوازدگی در سنگهای محدوده مؤثر**
- **تعیین و تشریح چیره ترین عوامل هوازدگی در بخشهای گوناگون منطقه**
- **بررسی فرآیندهای گوناگون هوازدگی**
- **دسته بندی فرآورده‌های هوازدگی و گسترش آنها**

**۴-۱-۲ بررسی فرسایش و شکل‌پذیری منطقه نظیر:**

- **چیره ترین عوامل فرسایش**

---

۱- برحسب گزینه‌های توصیه شده و دانسته‌ها و یافته‌های جدید، برنامه کاوشهای زیرسطحی مرحله توجیهی مورد بازنگری قرار می‌گیرد. در صورت دریافت داده‌های جدید در زمینه شناخت ساختگاهها، چونی و چندی آزمایشهای درجا و آزمایشگاهی و روشهای اجرای آنها در زمینه‌های مختلف خاک و سنگ به منظور ارائه پاسخ مناسب به سوالهای طراح، ارزیابی و مرور تکمیلی در موارد اصلی برنامه شناخت به عمل می‌آید.

2- Interface Problems

- بومریختهای[1] منطقه و تعیین پارامترهای توپوگرافی
- آهنگ[2] رسوبخیزی منطقه و تقسیم‌بندی واحدهای زاینده رسوب

۴-۱-۳ بررسی پدیده‌های انحلال و فرسایش درونی نظیر:

- عوامل ایجاد و گسترش کارست
- عوامل فرسایش درونی
- عوامل انحلال سنگهای غیر کربناته

۴-۱-۴ بررسی پدیده‌های ریزش و لغزش شامل مواردی نظیر :

- زمینلغزه‌ها و سنگ لغزه‌ها
- روانه گلها
- خزشها
- ریزشهای دامنه‌ای و انحلالی

۴-۱-۵ سایر پدیده‌های مؤثر

## ۴-۲ چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی :

۴-۲-۱ چینه‌شناسی واحدهای سنگی[3] شامل :

- تشریح واحدهای سنگی سخت ونرم[4]
- تقسیم‌بندی لیتولوژیکی واحدها با توجه به ویژگیهای فیزیکی - شیمیایی
- تغییر ستبرای واحدها در منطقه مورد بررسی و علل آن
- تعیین واحدهای سست[5] منطقه با توجه به ساخت و بافت و ترکیب آنها

۴-۲-۲ سنگ‌شناسی واحدهای سنگی شامل :

- شناخت کانی‌های تشکیل دهنده سنگ
- شناسایی میزان هوازدگی و دگرسانی
- شناخت فرآیندهای دگرگونی، ماگمایی و رسوبی
- تقسیم‌بندی سنگها با توجه به عوامل تضعیف کننده

## ۴-۳ تکتونیک و زمین‌شناسی ساختاری :

۴-۳-۱ پدیده‌های ساختاری شامل :

- گسله‌ها و تقسیم‌بندی آنها

---

1- Landforms
2- Rate
3- Lithostratigraphys
4- Hard & Soft
5-Weak rock

- چینه‌ها و تقسیم‌بندی آنها
- سیستم درزه‌ها و تقسیم‌بندی آنها
- زونهای خردشده

۴-۳-۲ تحلیل نیروهای طبیعی زمین شامل :

- تعیین جهات نیروهای تکتونیکی*
- بررسی خاستگاه[1] ایجاد نیروها*

## ۴-۴ بررسی توانمندی عوامل خطرآفرین در منطقه :

۴-۴-۲ اندازه‌گیریهای لازم برای تعیین حرکت زمینلغزه، روانه گل، خزش، یخچال، ریزشها و...

۴-۴-۳ تحلیل مخاطرات به منظور تعیین اثر آنها بر سازه‌ها

## ۴-۵ بررسیهای هیدروژئولوژی منطقه‌ای :

۴-۵-۱ تعیین محدوده و مشخصات سفره‌های مختلف منطقه (سفره‌های آزاد، تحت فشار، معلق) و تغییرات احتمالی پس از اجرای پروژه

۴-۵-۲ بررسی چونی آبهای زیرزمینی در منطقه تحت تأثیر

۴-۵-۳ بررسی تکمیلی ویژگیهای هیدروژئولوژیکی سازندهای سخت و همچنین سازندهای آبرفتی در منطقه تحت تأثیر

۴-۵-۴ تحلیل آمار موجود و داده‌ها و دانسته‌های هیدروژئولوژی منطقه (ضرایب هیدرودینامیکی، تغییرات فصلی تراز ایستابی و...) و تعیین کمبودهای آماری

۴-۵-۵ تکمیل داده‌ها و دانسته‌ها به منظور شناخت تکمیلی مدل آبهای زیرزمینی منطقه مورد بررسی

۴-۵-۶ بررسی امکان وجود حفره‌ها و مجاری کارستی منطقه

۴-۵-۷ بررسی عوامل مؤثر زمین‌شناسی و زمین ساختی در آبدهی حوزه‌ها

۴-۵-۸ برآورد پتانسیل آبهای زیرزمینی منطقه و تعیین ضرایب هیدرودینامیکی سفره‌های آب منطقه

۴-۵-۹ امکان آلودگی آبهای شیرین توسط سازندهای نمکی

۴-۵-۱۰ امکان آلودگیهای گوناگون آبهای زیرزمینی

۴-۵-۱۱ شناخت فصل مشترک سفره‌های آب شیرین و شور درحالات مختلف برداشت آب (برحسب زمان)

۴-۵-۱۲ امکان تداخل سفره آبهای شور با سفره‌های آب شیرین

۴-۵-۱۳ امکان تلفیق آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی در بهره‌برداری مؤثر آب منطقه

---

* این فعالیت مربوط به پروژه‌های ویژه همانند نیروگاهها و سدهای بتنی بزرگ است.

1- Origin

## ۵- زمین‌شناسی محلی

### ۵-۱ زمین ریخت‌شناسی :

۵-۱-۱ برنامه‌ریزی برای تکمیل بررسیهای ریختاری در محل سد (از دید هندسی، زایشی و شرایط : فیزیکی،مکانیکی و شیمیایی)

۵-۱-۲ بررسی علت قرینه نبودن محل سد و سایر عوامل توپوگرافی محل

۵-۱-۳ بررسی اثر عوامل تکتونیک، فرسایش، هوازدگی، ریزشها در ریختار محل سد

۵-۱-۴ بررسی لغزشها (کوه لغزه، زمینلغزه...) خزشها و ریزشها در محدوده محل سد

۵-۱-۵ بررسی کاواکها و غارهای محل سد و مخزن و سایر سازه‌ها

۵-۱-۶ بررسی واریزه‌ها، پادگانه‌ها[1]، دشتهای سیلابی و...

۵-۱-۷ بررسی امکان ناپایداری زمین با توجه به عملکرد سازه‌ها و شرایط بهره‌برداری آنها

۵-۱-۸ نتیجه‌گیری در مورد محلهای مناسب سازه‌ها با توجه به زمین ریخت‌شناسی

### ۵-۲ لیتولوژی و سنگ‌شناسی :

۵-۲-۱ تشریح تفصیلی سنگ‌شناسی واحدهای سنگی

۵-۲-۲ بررسی امکان انحلال سنگها، دگرسانی، هوازدگی، فسادپذیری، زوال پذیری و...

۵-۲-۳ تشریح تفصیلی لیتولوژی آبرفت، پادگانه، پوشش سطحی در محدوده محل سد

۵-۲-۴ بررسی امکان آماس برخی لایه‌های سنگی به ویژه در مورد انیدریتها، مارنها، رسهاو...

۵-۲-۵ بررسی ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی مواد پرکننده درزه‌ها، شکافها، کاواکها و امکان شستشو و انحلال آنها

۵-۲-۶ بررسی تفصیلی ویژگیهای آبگذری سنگهای محل سد

۵-۲-۷ رده بندی سنگها و خاکهای محل سدباتوجه به ویژگیهای آبگذری، لیتولوژیکی، خواص فیزیکی، شیمیایی و شرایط محیط تشکیل برای تهیه نقشه‌های مربوط با مقیاس مناسب[2]

۵-۲-۸ مقایسه واحدهای رده بندی شده در محل سد و ترسیم دیاگرامهای تشریحی

۵-۲-۹ نقش ماگماتیسم و دگرگونی در محل سد

۵-۲-۱۰ نتیجه‌گیری در مورد مناسب بودن محل سد ازدید سنگ‌شناسی

---

1- Terrace

۲- در بخش تهیه نقشه‌ها و نمودارها

**۳-۵ ساختار:**

**۱-۳-۵ بررسیهای تفصیلی عنصرهای ساختاری سطحی درمحدوده مؤثر محل سد و سایر سازه‌ها**

**۲-۳-۵ بررسیهای تفصیلی عنصرهای ساختاری در مورد حفاریهای زیرزمینی (چاهها، دالانها، تونلهاو نیروگاههای زیرزمینی)**

**۳-۳-۵ بررسیهای تفصیلی عنصرهای ساختاری حفاریهای روباز**

**۴-۳-۵ بررسی سیستم درزه‌ها و تقسیم‌بندی زایشی و هندسی آنها**

**۵-۳-۵ طبقه بندی واحدها بر پایه فراوانی درزه‌ها و شکافها**

**۶-۳-۵ تفسیر و نتیجه‌گیریهای آماری برای تعیین جهات اصلی تنشها به ویژه درمورد سازه‌های زیرزمینی**

**۷-۳-۵ بررسی گسله‌های جوان در صورت وجود**

**۸-۳-۵ بررسیهای آماری وتجزیه و تحلیل پدیده‌های ساختاری**

**۹-۳-۵ ترسیم بلوک[1] دیاگرام برای نمایش ساختمان زمین محل سد و سایر سازه‌های مهم**

**۱۰-۳-۵ نتیجه‌گیری درمورد مناسب بودن محل سد و سازه‌های آبی از دید ساختمانی**

**۱۱-۳-۵ نتیجه‌گیری درمورد مناسب بودن محور سازه‌های مهم زیرزمینی**

## ۶- لرزه‌خیزی منطقه

****[2] ۱-۶ بررسی تکمیلی سوابق لرزه‌خیزی منطقه مورد مطالعه درمحدوده تحت تأثیر :**

**** ۱-۱-۶ گردآوری نتایج کلیه شتاب نگاشتها به منظور تهیه طیف بازتاب زمین بر پایه شتاب، سرعت، تغییر مکان و نتیجه‌گیریهای مربوط**

**** ۲-۱-۶ بررسی تکمیلی مشخصه‌های زمینلرزه‌های تاریخی (قبل از سده بیستم) شامل :تاریخ رویداد، گسترش ویرانی و برآورد شدت زمینلرزه‌ها**

**** ۳-۱-۶ وارسی نتایج لرزه‌های ثبت شده در اطراف ساختگاه**

**** ۴-۱-۶ بررسی تکمیلی مشخصه‌های زمینلرزه‌های ثبت شده دستگاهی در سده بیستم شامل: زمان رویداد، مختصات کانونی، ژرفا، بزرگا و میزان خطای محاسباتی**

**** ۵-۱-۶ جمعبندی مطالعات انجام یافته**

**** ۲-۶ بررسیهای نو زمینساخت[3] :**

**** ۱-۲-۶ تعیین ارتباط زمینلرزه‌ها با ساختارها، گسستگیها و ویژگیهای زمینساختی منطقه و سایر عوامل لرزه‌زا و تهیه نقشه‌های مربوط**

---

1- Diagram block

۲- بندهای مشخص شده با ** از وظایف مشترک مهندس مشاور مادر و مهندسین مشاور ژئوتکنیک است.

3-Neotectonics

** ۶-۲-۲ بررسی مناطق هملرز و برآورد حداکثر شدت مربوط به زمینلرزه‌های ویرانگر با ارائه منحنی‌های هملرز[۱]

** ۶-۲-۳ تجزیه و تحلیل روابط لرزه - زمینساخت منطقه بر پایه شناخت گسله‌های توانمند[۲] و کاری[۳] در محدوده مؤثر با توجه به مشخصه‌های شناخته شده از قبیل :
درازا، شیب، ساز و کار (مکانیزم)، میزان جابه‌جایی، توان لرزه زایی و فاصله گسله‌ها تا ساختگاه

** ۶-۲-۴ توصیه برای نصب دستگاههای لرزه‌نگار و شتابنگار با توجه به حساسیت منطقه از نظر لرزه زمینساختی و مشخصات سازه‌ها

## ** ۶-۳ بررسی تکمیلی چشمه‌های زمینلرزه[۴] شامل :

** ۶-۳-۱ استانهای لرزه زمینساخت[۵] و تعیین بزرگترین زمینلرزه هر یک از آنها

** ۶-۳-۲ چشمه‌های نقطه‌ای زمینلرزه

** ۶-۳-۳ چشمه‌های خطی زمینلرزه[۶] و برآورد حداکثر توان لرزه زایی هر یک از آنها

** ۶-۳-۴ چشمه‌های ناحیه‌ای[۷] و برآورد حداکثر توان لرزه زایی آنها

## ** ۶-۴ گزینش روابط لرزه‌خیزی :

** ۶-۴-۱ گزینش رابطه فراوانی سالانه زمینلرزه با بزرگی آنها برای هریک از چشمه‌های زمینلرزه و برآورد دوره بازگشت زمینلرزه‌های بزرگ

** ۶-۴-۲ گزینش رابطه کاهیدگی[۸] مناسب

## ** ۶-۵ برآورد پارامترهای طراحی برای محاسبه ایستایی در مقابل زمینلرزه :

** ۶-۵-۱ برآورد بیشینه شتاب جنبش نیرومند زمین (P.G.A)[۹] در ساختگاه، ناشی از بزرگترین زمینلرزه پذیرفتنی[۱۰] به روش تعیّنی[۱۱]

** ۶-۵-۲ برآورد تراز زمینلرزه طراحی[۱۲] در طی عمر مفید سازه به روش احتمالی[۱۳]

** ۶-۵-۳ برآورد تراز زمینلرزه دوره بهره‌برداری[۱۴]

---

1- Isoseismal Contours
2- Capable
3- Active
4- Seismic Sources
5- Seismotectonic Provinces
6- Line Sources
7- Area Sources
8- Attenuation Laws
9- Peak Ground Accerelation (P.G.A)
10- Maximum Credible Level(M.C.L)
11- Determinstic Approach
12- Design Based Level (D.B.L)
13- Probablistic Approaeh
14- Operation Based Level ( O.B.L)

** ۶-۵-۴ برآورد تراز بزرگترین زمینلرزه طراحی[1]

** ۶-۵-۵ تعیین دوام[2] مؤثر نوسان زمین در زمینلرزه‌های طراحی

** ۶-۵-۶ بررسی امکان وقوع: روانگرایی[3]، زمینلغزه[4]، فرونشست[5]، ریزشهای دامنه‌ای[6] و زمینلرزه‌های القایی[7]

** ۶-۵-۷ نتیجه‌گیری و جمعبندی از بررسیهای لرزه‌خیزی و مهندسی زمینلرزه

## ۷- آزمایشهای ژئوفیزیکی

* ۷-۱[8] برای کسب اطلاعات کلی موارد زیر انجام می‌شود :

* ۷-۱-۱ ژرفای رسوبات پوششی

* ۷-۱-۲ گسترش و ژرفای هوازدگی در توده‌های سنگی

* ۷-۱-۳ ژرفای برخورد به آب زیرزمینی و تعیین گسترهٔ مناطق آبدار

* ۷-۱-۴ درجه سلامت توده سنگ و میزان گسترش گسستگیها

* ۷-۱-۵ نواحی خردشده و گسله و گسسته

* ۷-۱-۶ اندازه‌گیری سرعت امواج طولی و عرضی

* ۷-۱-۷ طبقه بندی توده‌های سنگی و لایه‌های خاکی و تعیین حدود آنها

* ۷-۱-۸ مدولهای کشسانی دینامیکی و ضریب پوآسون

* ۷-۱-۹ اثر بهسازی زمین به‌وسیله تزریق

** ۷-۲ برای کسب اطلاعات تخصصی موارد زیر انجام می‌شود :

* ۷-۲-۱ آزمایشهای درجا، حفر گمانه‌ها، چاهکها، خندقها، دالانها و میله‌ها[9]

* ۷-۲-۲ چندی، چونی و نوع آزمایشهای درجا برای تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی مورد نیاز

* ۷-۲-۳ انتخاب محلهای مناسب سازه‌ها

۷-۳ نظارت بر اجرای آزمایشها و تهیه مدارک مناسب کارگاهی و کنترل کیفیت اجرای کار

---

1- Maximum Design Level (M.D.L)

2- Duration

3- Liquefaction

4- Landslide

5- Subsidence

6- Rockfalls

7- Induced eathguakes

۸- بندهای مشخص شده با * از وظایف مهندسان مشاور ژئوتکنیک است.

9- Shafts

## ۸- حفاریهای اکتشافی و ژئوتکنیکی

### ۸-۱ کلیات :

**این عملیات شامل : حفاریهای اکتشافی و بررسیهای [۱] ژئوتکنیکی با روشهای گمانه زنی، حفر چاهک، اجرای برش، حفر میله و دالان و آزمایشهای مورد نظر است.**

**موقعیت و ابعاد و مشخصات حفاریها و نحوه نمونه برداریها و آزمایشها برحسب اهمیت و نوع سازه‌های طرح تعیین می شود. حجم عملیات نباید آنقدر کم باشد که اطلاعات ناقص بدست آید و نیز نباید آنقدر زیاد باشد که هزینه سنگین اضافی و زمان زیادی برای انجام آن بر طرح تحمیل شود.**

**هدف از انجام این عملیات، به طورکلی، دستیابی به منظورهای زیر است :**

- **تعیین انواع لایه‌های خاکی و طبقات و توده‌های سنگی در زیر و در مجاورت سازه‌ها**
- **تعیین موقعیت، توالی، ژرفا و گسترش لایه‌های خاکی و توده‌های سنگی**
- **بررسی مشخصه‌های عمده زمین‌شناسی و زمین ساختاری منطقه**
- **تعیین ژرفا و نوع سنگ کف ستبرای هوازدگی و مرز آن با سنگ سالم [۲]**
- **تعیین مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی آبهای زیرزمینی در محدوده پی و اطراف آن**
- **تعیین خواص فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی لایه‌های خاکی و توده‌های سنگی وارزیابی مشخصه‌های آنها برای مقاصد طراحی**

### ۸-۲ روش شناسایی :

#### ۸-۲-۱ انجام بررسی از طریق حفر گمانه :

- **مغزه گیری پیوسته و برداشت نمونه‌های دست خورده و دست نخورده**
- **تهیه نمودارهای زمین‌شناسی - ژئوتکنیکی از گمانه‌ها**
- **تعیین ویژگیهای هندسی لایه‌های خاکی، طبقات و توده‌های سنگی**

---

۱- آزمایشهای تشریح شده در این بخش شامل کلی ترین و پیچیده ترین حالت زمین‌شناسی در یک پروژه سدسازی مهم است که تا تأمین نیازهای طرح مقدماتی انجام می‌گردد. بدیهی است در مورد شرایط ساده‌تر زمینشناسی و یا پروژه‌های کوچکتر انجام کلیه این آزمایشها ضروری نیست.

2- Soundness

- تعیین مشخصه‌های مربوط به مرز بین لایه‌های سخت و سست در زیر و اطراف سازه‌ها
- طبقه‌بندی خاکها و توده سنگها و تعیین ساختار آنها
- تعیین مشخصه‌های عمده زمین‌شناسی و زمین ساختاری در زیر و اطراف سازه‌ها
- تعیین مشخصه‌های مواد پرکننده بین درزه‌ها و شکافها و گسله‌ها و سایر فضاهای خالی
- تعیین مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح پی و سایر مصالح سنگی
- ارزیابی ویژگیهای ژئوتکنیکی توده سنگها و خاکها
- تعیین میزان هوازدگی و زوال پذیری توده سنگها در مجاورت و زیر سازه‌ها و همچنین تخمین ستبرای لایه‌های آبرفتی و رونهشته‌ها و لایه‌های سست و....
- تعیین مشخصه‌های هیدروژئولوژی پی و اطراف سازه‌ها با انجام دادن آزمایشهای درجا
- تعیین نوع سفره‌های آب زیرزمینی، جهت حرکت، ستبرای سفره، فشار تخلیه، ضریب ذخیره، سطح ایستابی و درجه حرارت آب
- نمونه برداری از آبهای زیرزمینی و تعیین املاح آنها
- تعیین مناطق تراوا، طبقه بندی زمین زیر و اطراف سازه‌ها
- انجام دادن عملیات چاه پیمایی برای شناخت پارامترهای فیزیکی و مکانیکی
- انجام دادن آزمایشهای فیزیکی و مکانیکی درون گمانه‌ای نظیر : S.P.T، برش پره ای، پرسیومتری، دیلاتومتری، نفوذپذیری و... (اندازه‌گیری تنش برجا در صورت نیاز)
- بررسی اجزای تشکیل دهنده سنگها و خاکها با توجه به نتایج به‌دست آمده برروی نمونه‌ها (نتایج آزمایشهای شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی)
- بررسی قابلیت تزریق زمین پی و اطراف سازه‌های آبی

### ۲-۲-۸ اجرای برشها و چاهکها :

- بررسی لایه بندی خاکها و سنگها (عمدتاً در واریزه‌ها) و تعیین ستبرای رونهشته‌ها و لایه‌های مختلف
- بررسی عوارض و مشخصه‌های زمین‌شناسی و زمین ساختاری
- بررسی ویژگیهای گسستگیها و گسله‌ها و مناطق خردشده و مشخصه‌های مربوط به مرز بین لایه‌های خاکی و سنگی، مناطق تراوش آب
- تهیه نمودارهای زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی
- انجام دادن آزمایشهای درجا نظیر : بارگذاری صفحه‌ای، نفوذسنجی [1]
- تهیه‌نمونه‌های دست خورده و دست‌نخورده برای آزمایشهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی
- تعیین خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی منابع قرضه و مصالح طبیعی
- تعیین چونی و چندی مصالح و منابع قرضه با حفر چاهکهای مختلف تا ژرفای مناسب

---

1- Penetrometry

* ۸-۲-۳ **حفر دالان[1] و یا میله[2] (چاه):**

* - **بررسی ساختار توده سنگ با توجه به نتایج برداشت گسستگیها و درزه‌ها و شکافها و فاصله آنها از یکدیگر و تعیین پراکندگی و توزیع درزه‌ها و گسستگیها**

* - **بررسیهای ویژه برای مناطق خردشده و تماس بین انواع توده سنگها و خاکها**

* - **کسب اطلاعات زیر سطحی از مناطق خاص توده سنگها و تلفیق آنها با نتایج ارزیابی زمین‌شناسی سطحی**

* ۸-۲-۴ **بررسی میزان و نوع هوازدگی و دگرسانی سنگها و برداشت نمونه‌های دست خورده و دست نخورده از لایه‌های مختلف:**

* - **بررسیهای ویژه درمورد مشخصه گسله‌های مهم کشف شده در میله و یا دالان**

* - **بررسی لایه‌های تراوا، شکافهای باز، کارست‌ها، حفره‌ها و فضاهای خالی و....**

* - **اجرای آزمایشهای درجا نظیر: بارگذاری (جکینگ، آزمایش جک مسطح‌بزرگ و کوچک وبرش سنگ)**

* - **بررسی مناطق تراوا و مناطق خروج آب، میزان آب خروجی، کیفیت آب خروجی، درجه حرارت و ویژگیهای آب وارده به داخل دالان و یا چاه به منظور شناخت منشاء آب**

* - **بررسی گوژها و میلونیتهای برخوردی در دالانها و چاهها**

* - **بررسی توده سنگهای سست و مساله زا و یا لایه‌های انیدریتی و گچی**

## * ۹- آزمایشهای صحرایی

### * ۹-۱ آزمایشهای متداول صحرایی:

* ۹-۱-۱ **اندازه‌گیری وزن مخصوص درجا و رطوبت طبیعی**

* ۹-۱-۲ **آزمایشهای نفوذپذیری شامل:**

* - **آزمایش لوفران با بار ثابت، افتان و خیزان**

* - **آزمایش لوژان**

* - **آزمایش پمپاژ**

* - **اندازه‌گیری درچاهک به روش استوانه مضاعف**

* ۹-۱-۳ **آزمایش فروبری شامل:**

* - **فروبری استاندارد**

---

1- Gallery 2- Shaft

* - فروبری دینامیکی
* - فروبری استاتیکی
* - فرورونده دستی[1]
* ۹-۱-۴ آزمایش مقاومت برشی درجا :
* - آزمایش برش مستقیم[2]
* - آزمایش برش پره‌ای[3]
* ۹-۱-۵ آزمایش بارگذاری صفحه‌ای[4]
* ۹-۱-۶ آزمایش C.B.R صحرایی
* ۹-۱-۷ آزمایش پرسیومتری
* ۹-۱-۸ آزمایشهای بار نقطه‌ای روی نمونه‌های سنگی
* ۹-۱-۹ سایر آزمایشهای موردی

## * ۹-۲ آزمایشهای ویژه صحرایی :

به منظور شناسایی نقاط ضعف ژئوتکنیکی محدوده سازه در توده سنگها و خاکها، آزمایشهای ویژه‌ای به شرح زیر انجام می‌گیرد:

* ۹-۲-۱ آزمایشهای برش بلوک سنگی (برش مستقیم در داخل گالری)
* ۹-۲-۲ آزمایشهای تغییرشکل‌پذیری شامل :
* - جک مسطح
* - جک کابلی
* - جک سیلندری[5]
* - جک شعاعی
* - تونل تحت فشار[6]
* - آزمایش آبگذری داخل تونلهای تحت فشار
* ۹-۲-۳ آزمایش برش درجای سنگ یا بتن[7]

---

1- Pocket Penetrometre
2- Direct shear test
3- Vane shear test
4- Plate loading test
5- Uerin
6- Hydraulic Jacking
7- Concrete block testing

* ۹-۲-۴ آزمایشهای ویژه درون گمانه‌ای شامل :
* - تزریق سیمان و یا مواد شیمیایی [1]
* - شستشوی سنگهای درزه‌دار (پرشده از مواد ریزدانه)
* - دیلاتومتری
* - رئوتست
* - سایر موارد

## * ۱۰- آزمایشهای آزمایشگاهی [2] (مکانیک خاک و سنگ) [3]

### * ۱۰-۱ آزمایشهای مکانیک خاک :

#### * ۱۰-۱-۱ تعیین ویژگیهای فیزیکی شامل :
* - دانه‌بندی (با الک و هیدرومتری)
* - حدود اتربرگ
* - میزان رطوبت
* - وزن مخصوص [4] و توده ویژه ذرات اجسام جامد (Gs)
* - تراکم (پروکتور و یا سایر روشهای استاندارد)
* - آزمایش تراوایی
* - سایر آزمایشهای مورد نیاز

#### * ۱۰-۱-۲ تعیین ویژگیهای مکانیکی شامل :
* - نشانه باربری کالیفرنیایی (C.B.R)
* - آزمایشهای تحکیم (اودومتری)

---

1- Chemical grouting

۲- آزمایشهای فوق برحسب پیچیدگی جنس و خواص خاک و سنگ و اهمیت سازه مورد بررسی به صورت کامل و یا بخشی از آنها انجام می‌شود.تعداد آزمایشها برحسب پیچیدگی شرایط و براساس تجزیه و تحلیل آماری نتایج برای رسیدن به سطح اعتماد قابل قبول تعیین می‌شود.

۳- در برخی از حالات خاص خاکها و سنگها و نحوه بهره‌برداری از سازه، آزمایشهای ویژه دیگری ممکن است مطرح باشد که جنبه عمومی نداشته و برحسب مورد تخصصی انجام می‌پذیرد.

4- Unit Weight

* - آزمایش سه محوری برروی نمونه‌های بازسازی شده و دست‌نخورده (در حالتهای گوناگون آزمایش)
* - آزمایشهای برش مستقیم کند و سریع برروی نمونه بازسازی شده و دست نخورده
* - آزمایش مقاومت فشاری تک محوری (در خاکهای چسبنده)

* ۱۰-۱-۳ آزمایشهای شیمیایی شامل :
* - تعیین میزان مواد آلی
* - تعیین املاح خاک (سولفاتها، کلرورها، کربنات کلسیم و منیزیم و...)

* ۱۰-۱-۴ آزمایشهای ویژه شامل :
* - تعیین حساسیت به : واگرایی [۱]، آماس، رمبندگی، آب‌شستگی [۲]
* - شناخت کانیهای تشکیل دهنده خاکهای ریزدانه (مانند : آزمایشهای X-Ray و...) و تعیین مقدار کلسیم، منیزیم ، سدیم و پتاسیم و...
* - بررسیهای میکروسکپی خاکهای ریزدانه (بافت، فابریک)
* - تعیین شکل دانه‌ها (درجه تیزگوشکی، درجه‌گردشدگی و...).
* - آزمایشهای شیمیایی آب زیرزمینی (تعیین کاتیونها و آنیونها ، E.C,T.D.S,PH)
* - آزمایشهای شیمیایی آبهای سطحی مجاور به سازه‌ها
* - آزمایشهای فراآوایی [۳]

## * ۱۰-۲ آزمایشهای آزمایشگاهی مکانیک سنگ :

* ۱۰-۲-۱ آزمایش روی نمونه‌های سنگی :
* - مقاومت فشاری تک محوری
* - برش مستقیم (سنگ بکر و سطح ناپیوستگی)
* - سه محوری
* - مقاومت کششی مستقیم و برزیلی
* - نشانه بار نقطه‌ای فرانکلین [۴] و مشابه

---

۱- آزمایشهای رایج سنجش درجه واگرایی خاک : آزمایش سوراخ سوزنی Pin - hole test، آزمایش ترکیب شیمیایی شیره اشباع خاک

2- Leaching

3- Ultra Sonic

4- Franklin P.L.I

* - دوام درمقابل وارفتگی [1]
* - سختی و سفتی سنگ [2]
* - آزمایش شیمیایی‌سنگها و تعیین ترکیب مواد تشکیل‌دهنده و شناخت عوامل دگرسانی و زوال‌پذیری.
* - وزن مخصوص ($\gamma$) و جذب آب
* - تخلخل و یادرصد فضای خالی و وزن مخصوص جامد ($\gamma_S$)
* - آزمایش سلامت سنگ در مقابل سولفاتها
* - اندازه‌گیریهای فراآوایی، تعیین ضریب پواسون، مدول کشسانی، دینامیکی و مدول برشی
* - بررسیهای میکروسکپی و پتروگرافی

* ۱۰-۲-۲ آزمایش روی خرده سنگها:
* - آزمایش سه محوری
* - آزمایش برش مستقیم
* - آزمایش جذب آب و وزن مخصوص ($\gamma$)
* - تخلخل و پوکی خرده‌سنگ و وزن مخصوص جامد ($\gamma_S$)
* - آزمایش سایش [3]
* - آزمایش سلامت سنگ [4]
* - آزمایش ۱۰٪ ریزی
* - آزمایش ارزش ضربه‌ای [5]
* - آزمایش انحلال‌پذیری مواد موجود در خرده سنگها
* - آزمایش شیمیایی خرده‌سنگها، تعیین درصد سولفاتها و عوامل مضر به بتن و غیره
* - آزمایش شیمیایی و بررسیهای پتروگرافی و میکروسکپی

## ۱۱- هیدروژئولوژی ساختگاه :

### ۱۱-۱ وضعیت طبیعی :

۱۱-۱-۱ تحلیل ارقام برداشت شده سطح ایستابی منطقه

۱۱-۱-۲ بررسی نوسانات دراز مدت سطح آب زیرزمینی در محدوده بناها

---

1- Slake durability
2- Hardness & Toughness
3- Los Angeles
4- Sulphate Soundness
5- Aggregate Impact Value(A.I.V)

۱۱-۱-۳ بررسی چندی و چونی آب چشمه‌ها و تعیین عوامل مؤثر در آبدهی آنها

۱۱-۱-۴ بررسی کیفیت آب زیرزمینی محدوده بناها

۱۱-۱-۵ بررسی مناطق تراوا یاکم تراوا در محدوده و زیربناها، به ویژه از دیدگاه سفره‌های تحت فشار

۱۱-۱-۶ بررسی اثر فشارهای برکنش سفره‌های تحت فشار احتمالی در محل سازه‌ها

۱۱-۱-۷ بررسی اثر تغییرات سطح آب زیرزمینی در نشست‌پذیری و پائین افتادن تراز سطح زمین

۱۱-۱-۸ بررسی امکان بروز پدیده‌های آب شست و رگاب[1] از زیر و اطراف بناها و همچنین اثر آن در افزایش تخلخل زمین زیر پی‌ها

۱۱-۱-۱۰ بررسی امکان نشست بستر مخزن سدهای بزرگ تحت اثر فشار ستون آب نهایی مخزن با توجه به ویژگیهای مکانیکی و تغییر شکل‌پذیری و عوارض ساختاری سازندهای زیرین

۱۱-۱-۱۱ بررسی و برآورد تراوایی، آبگذری و جذب آب واحدهای سنگی (با توجه به ویژگیهای ناپیوستگیها) و خاکی محدوده سد و مخزن و برآورد حجم اشباع مخازن سدها

۱۱-۱-۱۲ بررسی اثر نشست مخازن بزرگ بر پی سد و سازه‌های وابسته و اثر فشار آب در بازشدن مجاری و افزایش فرار آب و امکان بروز گسیختگی‌های هیدرولیکی

۱۱-۱-۱۳ بررسی امکان ارتباط آب نشتی مخازن با مناطق اطراف (به ویژه پایین‌دست)

۱۱-۱-۱۴ بررسیهای هیدروژئولوژی محل سدها و مخازن به منظور تعیین سیستمهای آب بندی مناسب

۱۱-۱-۱۵ بررسی تغییرات مقاومت مؤثر سنگها در مواد سازنده سنگها در مجاورت آب

۱۱-۱-۱۶ بررسی تغییرات مقاومت در نقاط ضعف توده سنگهای مجاور آب

۱۱-۱-۱۷ بررسیهای ویژه امکان فرارآب‌ازمخزن (چه از طریق : چشمه‌ها، کانالهای زیرزمینی، شکافها،زونهای خردشده حاشیه مخزن و چه از طریق طبقات تراوا و سست)

۱۱-۱-۱۸ بررسی امکان تغییر جهت آب چشمه‌های واقع در مخزن سدها، تحت فشار آب

۱۱-۱-۱۹ بررسی تأثیرات شیمیایی سوء آبهای زیرزمینی در مسیر تونلها و برروی اجزای سازه‌های هیدرولیکی و تأسیسات سد

۱۱-۱-۲۰ بررسیهای ویژه در مورد امکان آلودگی آب توسط سازندهای تبخیری و سایر آلودگیهای بیولوژیکی و شیمیایی (فاضلابهای شهری و صنعتی)

## ** ۱۱-۲ اثر زهکشی و پایین بردن سطح آب زیرزمینی در بهسازی و پایداری زمین :

** ۱۱-۲-۱ زهکشی به منظور پایدار سازی دامنه‌ها و برشها

** ۱۱-۲-۲ زهشکی به منظور پایدار سازی پی سدها و سایر سازه‌های آبی

** ۱۱-۲-۳ زهکشی به منظور تقلیل فشارهای هیدروستاتیکی برای افزایش ضریب اطمینان

---

1- Piping

** ۱۱-۲-۴ زهکشی به منظور بهسازی زمین اطراف بناها و همچنین اعمال تمهیدات مهندسی برای خشک کردن زمین و تخلیه آب اطراف سازه‌های آبی و غیره

** ۱۱-۲-۵ بررسی لزوم پمپاژ و تخلیه آب یا عملیات تزریق آببندی و تعیین کمیت آنها

** ۱۱-۲-۶ بررسی فشار آب یاگازها در مسیر تونلها و سازه‌های زیرزمینی با توجه به پدیده‌های ویژه زمین‌شناسی از قبیل مناطق گازدار، حفره‌ها، گسله‌ها، شکافها و....

** ۱۱-۲-۷ ارزیابی زهکشی از پی و بدنه سدها و حاشیه مخازن و از زیر سایر بناهای وابسته (به روشهای مختلف)

** ۱۱-۲-۸ بررسی امکان وجود سفره‌های تحت فشار و مجاری طبیعی گازها درمحدوده تونلها، سد و مخزن و تأسیسات جنبی و برآورد مشخصه‌های فیزیکی آنها

** ۱۱-۲-۹ تحلیل مشخصه‌های زهکشی، تراوایی و قابلیت تزریق‌پذیری توده سنگها و لایه‌های خاک باتوجه به نتایج آزمایشهای صحرایی و سایر نتایج ژئوتکنیکی

** ۱۱-۲-۱۰ بررسیهای ویژه درمناطق کارستی شامل :

** - شناسایی مجاری کارست (در پلان و در ژرفا)

** - بررسی درجه کارستی شدن و میزان فضای خالی توده سنگهای کارستی و انحلال پذیر

** - تعین سن و منشاء کارست، فعالیت کنونی، ماهیت و تراکم مواد پرکننده

## * ۱۲- تهیه نقشه‌ها و تدوین اسناد و اطلاعات ثبت شده[1]

### ۱-۱۲ نقشه‌ها :

** ۱۲-۱-۱ نقشه موقعیت طرح

** ۱۲-۱-۲ نقشه‌ها و برشهای زمین‌شناسی منطقه‌ای

** ۱۲-۱-۳ نقشه لرزه - زمینساخت منطقه با شعاع مؤثر

** ۱۲-۱-۴ نقشه‌های لرزه - زمینساخت محلی نزدیک ساختگاه (سایت) با مقیاس مناسب

** ۱۲-۱-۵ نقشه موقعیت محل اندازه‌گیری ژئوفیزیکی

** ۱۲-۱-۶ نقشه موقعیت نیمرخهای ژئوفیزیکی

** ۱۲-۱-۷ نقشه موقعیت گمانه‌ها، چاهکها[2]، خندقها[3]، دالانها و میله‌های اکتشافی

** ۱۲-۱-۸ نقشه‌های هم مقدار چندی و چونی (کمی و کیفی) ژئوفیزیکی

۱۲-۱-۹ نقشه‌های زمین‌شناسی مهندسی و هیدروژئولوژی محل سدهای مخزنی و انحرافی با مقیاس مناسب (روی نقشه توپوگرافی)

---

۱- توصیه می‌شود که عکسها، نقشه‌ها، نمودارها و جداول به صورت مجموعه ارائه گردد.

2- Test pits

3- Trenches

۱۲-۱-۱۰ نقشه زمین‌شناسی محدوده مخزن سدها با مقیاس مناسب (روی نقشه توپوگرافی)

۱۲-۱-۱۱ نقشه‌های زمین‌شناسی مسیرهای انتقال، تلمبه خانه‌ها (ایستگاههای پمپاژ)، نیروگاهها، حوضچه آرامش و کانالهای آبیاری

** ۱۲-۱-۱۲ نقشه‌های هم تراز سنگ کف

** ۱۲-۱-۱۳ دیگر نقشه‌های مورد نیاز

## ۱۲-۲ نیمرخها و نمودارها :

** ۱۲-۲-۱ نمودار (لوگ) : گمانه‌ها، چاهکها، دالانها، خندقها، و میله‌های اکتشافی

** ۱۲-۲-۲ نیمرخهای گوناگون ژئوفیزیکی

** ۱۲-۲-۳ نیمرخهای گوناگون زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی سدها و مخازن سدها با مقیاس مناسب

** ۱۲-۲-۴ نیمرخهای گوناگون زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی از محل سازه‌های جنبی سدها (سرریز، تخلیه‌کننده‌ها، حوضچه آرامش، نیروگاه، تلمبه خانه (ایستگاه پمپاژ)

** ۱۲-۲-۵ نمودارهای مختلف چاه پیمایی [1] در صورت انجام دادن آن

** ۱۲-۲-۶ نمودارهای مختلف مربوط به آزمایشهای آب، مکانیک خاک و مکانیک سنگ درجا و در آزمایشگاه همراه با جداول مربوط

۱۲-۲-۷ نیمرخهای مختلف ژئوتکنیکی در محدوده مطالعات سدها و سایر سازه‌ها

۱۲-۲-۸ نمودار رابطه بین بزرگی و فراوانی زمینلرزه‌های منطقه از سده بیستم تاکنون

۱۲-۲-۹ نمودار میرایی زمینلرزه

## ۱۲-۳ اسناد و مدارک :

۱۲-۳-۱ سیاهه (لیست) اسناد و مراجع مورداستفاده در تهیه گزارشهای مرحله توجیهی

۱۲-۳-۲ سیاهه (لیست) آمار و مشخصات کلی زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاهی

۱۲-۳-۳- سیاهه (لیست) آمار، دانسته‌ها و یافته‌های آبشناسی، زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی

# ۱۳- تفسیر و تحلیل نتایج مطالعات ژئوفیزیکی

## ۱۳-۱ شناسایی شرایط زمین‌شناسی ساختگاه :

۱۳-۱-۱ تعیین ستبرای روبار و شناسایی سطح تماس رو نهشته‌ها با سنگ بستر، در محدوده بنا و ترسیم خمهای هم میزان سنگ کف [2] در زیر بنا

---

1- Well Logging

2- Isopach

۱۳-۱-۲ تفکیک لایه‌های مختلف خاک در راستاهای گوناگون و رده بندی آنهادر گستره زمین زیرسازه و در محدوده منابع قرضه

۱۳-۱-۳ تعیین ستبرای لایه‌های گوناگون زمین و توده‌های سنگی

۱۳-۱-۴ تعیین میزان هوازدگی و ژرفای منطقه‌های هوازده

۱۳-۱-۵ کشف ناحیه‌های خردشده، برشی و میلونیتی و نیز فضاهای خالی و غارها

۱۳-۱-۶ ردیابی و تعیین مشخصه‌های ساختاری وهندسی گسله‌ها در گستره پی و اطراف بناها

۱۳-۱-۷ تعیین ژرفای تراز آب زیرزمینی

۱۳-۱-۸ تعیین مسیر آب زیرزمینی و جهت جریان آبها (با ردیابهای رنگی و رادیو ایزوتوپها و...)

## ۱۳-۲ تعیین خواص فیزیکی لایه‌ها و توده‌های زمین :

* ۱۳-۲-۱ تعیین ضرایب مقاومت ویژه ظاهری ($\rho$)، سرعت امواج ($V_p$ و $V_s$)، تخلخل (n)، تراوایی (k)، درجه استحکام و تراکم سنگ، وزن مخصوص ($\gamma$)، درجه اشباع ($S_r$٪)، تنشها و سایر پارامترهای لایه‌ها و توده‌های زمین، با روشهای مختلف ژئوفیزیکی و چاه پیمایی

* ۱۳-۲-۲ تعیین مدولهای دینامیکی کشسانی لایه‌ها و توده‌های زمین با روشهای لرزه‌نگاری از قبیل مدول یانگ ($E_d$)، مدول برشی (G)، ضریب فشار حجمی (K) و نسبت پواسون ($\nu$)

## ۱۳-۳ جمع بندی اطلاعات ژئوفیزیکی و ارائه پیشنهاد :

* ۱۳-۳-۱ تهیه مدل ژئوفیزیکی ساختگاه

* ۱۳-۳-۲ ارائه پارامترهای استاتیکی و دینامیکی موردنیاز طرح

۱۳-۳-۳ پیشنهاد محور سدها و موقعیت سازه‌های مختلف

۱۳-۳-۴ تعیین محل اجرای سایر روشهای اکتشافی تکمیلی از قبیل گمانه‌ها، چاهکها، میله‌ها و گالریها برای ساختگاهها و یا ساختگاه برگزیده

# ۱۴- تحلیل یافته‌های ژئومکانیکی

## ۱۴-۱ یافته‌های حاصل از بررسیهای حفاریهای سطحی و زیرزمینی :

۱۴-۱-۱ برداشت و تحلیل گسستگیها در سنگهای پی سد و سازه‌های مهم و دامنه‌های حاشیه مخزن

۱۴-۱-۲ تهیه نقشه‌ها و نمودارهای[1] زمین‌شناسی با مقیاس مناسب، از گشایه‌های[2] اکتشافی به ویژه در محل پی، تکیه‌گاهها، نیروگاهها و..... و دامنه‌های نزدیک به ابنیه، همراه بانقاط تراوش و خروج آب (در صورت وجود)

---

1- Logs 2- Openings

۳-۱-۱۴ تجزیه و تحلیل نقاط ضعف زمین پی از دید زمین‌شناسی مهندسی در تفسیر ضرایب ایمنی و پایداری

۴-۱-۱۴ بررسی امکان بروز نشستها، تغییر شکل ناهمگن و حرکات و لغزشهای احتمالی به علت :

- وجود لایه‌ها و یا عدسیهای رسی ویا ریزدانه
- احتمال بروز پدیده‌های آبشویی و انحلال
- احتمال بروز روانگرایی و زیر شستشو
- احتمال بروز تورم و آماس و وارفتگی سنگ و...

## ** ۲-۱۴ یافته‌های حاصل از آزمایشهای آزمایشگاهی:

** ۱-۲-۱۴ تحلیل نتایج آزمایشهای مکانیکی (شامل : بار نقطه ای، فشار تک محوری، آزمایش سه محوری، آزمایش برش مستقیم، آزمایش کشش، تغییر شکل‌پذیری، مدول برشی، ضریب پواسون، مدول کشسانی و...) برای سنگها و آزمایشهای مکانیکی روی خاکها.

** ۲-۲-۱۴ تحلیل نتایج آزمایشهای فیزیکی (نظیر : جذب آب، وزن مخصوص، پوکی یا تخلخل، سرعت انتشار امواج، آزمایشهای پتروگرافی سنگها، آزمایشهای تعیین هویت خاکها و...)

** ۳-۲-۱۴ تحلیل نتایج آزمایشهای شیمیایی (نظیر : ترکیب شیمیایی خاکها و سنگها در صورت نیاز، املاح موجود در خاک و سنگ، املاح موجود در آبها و...).

## ** ۳-۱۴ یافته‌های حاصل از آزمایشهای ویژه صحرایی :

** ۱-۳-۱۴ تحلیل نتایج آزمایش بارگذاری صفحه‌ای

** ۲-۳-۱۴ تحلیل نتایج آزمایش بارگذاری - باربرداری با جک

** ۳-۳-۱۴ تحلیل نتایج آزمایش فشار داخل گمانه[1]

** ۴-۳-۱۴ تحلیل نتایج آزمایش بلوک برشی

** ۵-۳-۱۴ تحلیل نتایج آزمایشهای مربوط به تعیین تنش طبیعی توده سنگ (در نیروگاههای زیرزمینی و سایر سازه‌های بزرگ زیرزمینی)

** ۶-۳-۱۴ تحلیل نتایج آزمایشهای تزریق آزمایشی در توده سنگها، آبرفتها و....

## ** ۴-۱۴ تلفیق اطلاعات و یافته‌های آزمایشگاهی و صحرایی و طبقه بندی خاکها و سنگها :

** ۱-۴-۱۴ سنجش و مقایسه داده‌ها به منظور شناخت درجه قابلیت اعتماد

** ۲-۴-۱۴ انتخاب معیارهای ژئومکانیکی

** ۳-۴-۱۴ انتخاب معیارهای فیزیکی نظیر : تراوایی و وزن مخصوص و...

---

1- Borehole Pressure Testing

** ۱۴-۴-۴ طبقه‌بندی خاکها و سنگها از دید مقاومت، ...

** ۱۴-۴-۵ ایجاد ارتباط بین یافته‌های صحرایی و آزمایشگاهی و تلفیق داده‌های مربوط

** ۱۴-۴-۶ انتخاب پارامترهای اساسی

### ۱۴-۵ ارزیابیها :

۱۴-۵-۱ ارزیابی ایمنی و پایداری دامنه‌های نزدیک به ابنیه

۱۴-۵-۲ ارزیابی ایمنی زمین پی سازه‌ها از دید باربری (محاسبه ضریب ایمنی)

۱۴-۵-۳ ارزیابی ایمنی زمین پی سازه‌ها ازدید تغییر شکلها و نگرشی به راههای بهسازی آنها

۱۴-۵-۴ ارزیابی ایمنی جدار سازه‌های زیرزمینی به ویژه سقف تونلها و محفظه‌ها

۱۴-۵-۵ ارزیابی ایمنی و پایداری شیب حاشیه مخزن سد، به ویژه در سدهای مهم (بزرگ)

۱۴-۵-۶ ارزیابی و تحلیل واحدهای سنگی و لایه‌های خاکی از دید مقاومت، پایداری و سایر عوامل ایمنی

۱۴-۵-۷ ارزیابی شرایط حفاری در سنگ و روشهای ساخت با توجه به نتایج حاصل از یافته‌های ژئومکانیکی

### ۱۴-۶ نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌ها

## ۱۵- تحلیل پارامترهای مهندسی زمینلرزه

۱۵-۱ تجزیه و تحلیل زمینلرزه‌ها برای تعیین طیف زمینلرزه معرف منطقه

۱۵-۲ ارزیابی زمان تناوب لرزه‌ها در محل مورد بررسی

۱۵-۳ طبقه‌بندی زمین وبرآورد ضریب میرایی [1] آن

۱۵-۴ برآورد پارامترهای محاسباتی برای آنالیز استاتیکی یا دینامیکی سد و یا سازه‌های بسیار مهم نظیر: سرریزهای بزرگ و...

۱۵-۵ جمعبندی و ارائه توصیه‌های مهندسی در زمینه کاهش اثر زمینلرزه بر ناپایداریها

## ۱۶- تلفیق نتایج زمین‌شناسی سطحی، عملیات ژئوتکنیکی اکتشافی و بررسیهای ژئوفیزیکی

### ۱۶-۱ تهیه و تنظیم داده‌ها و دانسته‌ها :

۱۶-۱-۱ گزینش دانسته‌ها و داده‌ها

---

1- Damping factor

۱۶-۱-۲ تنظیم نقشه‌ها و نیمرخهای زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی

۱۶-۱-۳ تهیه وتنظیم جدولهای مقادیر پارامترهای ژئوفیزیکی صحرایی و آزمایشگاهی و نمودارهای مربوط

۱۶-۱-۴ تهیه و تنظیم جدولهای مقادیر پارامترهای موردنیاز طراح (که از عملیات ژئوتکنیکی صحرایی و آزمایشگاهی و نمودارهای مربوط بدست آمده است)

## ۱۶-۲ تحلیل داده‌ها و دانسته‌ها :

۱۶-۲-۱ بررسی و کنترل نقشه‌ها، نیمرخهای زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی محل سازه یا سازه‌ها

۱۶-۲-۲ تحلیل پارامترهای بدست آمده از عملیات ژئوفیزیکی و نمودارهای مربوط

۱۶-۲-۳ تحلیل نمودارها و جدولهای نتایج بررسیهای ژئوتکنیکی صحرایی و رده‌بندی آنها از دیدگاه مهندسی

## ۱۶-۳ جمعبندی نتایج به منظور تعیین :

۱۶-۳-۱ مشخصات ژئومرفولوژی، لیتولوژی و پتروگرافی

۱۶-۳-۲ ویژگیهای تکتونیکی و لرزه زمینساخت، نقاط ضعف زمین، موقعیت نابهنجاریها و تأثیرات پدیده‌های مخاطره‌آمیز در محدوده مؤثر سازه یا سازه‌های موردنظر

۱۶-۳-۳ مشخصات هندسی واحدهای سنگی و لایه‌های گوناگون زمین و طبقه‌بندی آنها از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی

۱۶-۳-۴ شرایط هیدروژئولوژی و مشخصه‌های سفره‌های آب زیرزمینی

۱۶-۳-۵ ویژگیهای ژئومکانیکی و پارامترهای ژئوتکنیکی توده‌سنگها و خاکها

۱۶-۳-۶ مدلهای مختلف (ژئومکانیکی، ژئوتکنیکی و...) برای زمین ساختگاه

۱۶-۳-۷ چارچوب کلی عملیات بهسازی زمین

## ۱۶-۴ توصیه‌ها :

۱۶-۴-۱ بررسیهای تکمیلی

۱۶-۴-۲ ابزاربندی در پی سازه‌ها و اطراف آنها

# ۱۷- ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی ساختگاهها

## ۱۷-۱ ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی محل سدها :

۱۷-۱-۱ تراوایی ساختگاه

۱۷-۱-۲ جریان و مسیر آبهای زیرزمینی در مجاورت و اطراف محل سد به ویژه در سازندهای کارستی

۱۷-۱-۳ بررسی و تحلیل پایداری دامنه‌های محدوده مخزن وامکان ارتباط مخزن سد با چشمه‌های پایین‌دست و دره‌های مجاور

۱۷-۱-۴ خصوصیات ژئومکانیکی محل سد شامل : پارامترهای مقاومتی و تغییر شکل‌پذیری سازندهای مختلف

۱۷-۱-۵ چگونگی تأثیر لایه‌های ضعیف و مشکل‌آفرین احتمالی در محل سد شامل:

- لایه‌های انحلال‌پذیر در توده سنگها
- لایه‌های آماسی و تورم‌زا و لغزنده توده سنگها
- لایه‌های واگرا، عدسیهای ماسه‌ای سست، مواد انحلال‌پذیر آبرفتها، مواد آماسی و رمبنده خاکها

۱۷-۱-۶ مدل زمینساخت[1] محل سد و مخزن تا شعاع مؤثر حدود ۳۰ کیلومتر

۱۷-۱-۷ لرزه‌خیزی و آنالیز ریسک و عملکرد گسله‌های محل سد و مخزن

۱۷-۱-۸ بسندگی مجموعه عملیات بهسازی پی سد

## ۱۷-۲ ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی محل سایر سازه‌ها (نظیر : سرریزها و...) :

۱۷-۲-۱ مدل باربری سازه‌ای، تغییرات مدول کشسانی (استاتیکی و دینامیکی) در توده سنگها و خاکها

۱۷-۲-۲ چگونگی تغییرات سطح ایستابی، به ویژه پس از آبگیری مخزن سد

۱۷-۲-۳ نحوه‌ترمیم وبهسازی مناطق خردشده،گسله، لایه‌های رسی (به‌ویژه لایه‌های نسبتاً ضخیم و ضخیم) و...

۱۷-۲-۴ احتمال خوردگی مصالح

۱۷-۲-۵ احتمال وجود فضاهای خالی در زیر سازه‌ها

## ۱۷-۳ ژرف‌نگری در مدل زمین‌شناسی مهندسی کانالها و تأسیسات انتقال آب :

۱۷-۳-۱ واگرایی خاکهای مسیر انتقال آب در دشتها و کوهپایه‌ها

۱۷-۳-۲ بروز آماس و یا رمبندگی خاکهای مسیر انتقال آب

۱۷-۳-۳ تراوایی خاکهای مسیر انتقال آب

۱۷-۳-۴ تراوایی توده سنگهای تونلها و میله‌های انتقال آب (به‌ویژه تونلها و میله‌های تحت فشار)

۱۷-۳-۵ توده‌سنگهای آماسی و له‌کننده[2] در مسیر تونلها و میله‌ها

۱۷-۳-۶ سفره‌های آب درمسیر تونلها و میزان ورود آنها به داخل تونل در زمان اجرا

۱۷-۳-۷ امکان وجود گازهای سمی و آتشزا (نظیر :گاز متان و...) در مسیر تونلها

---

1- Fault map

2- Squeezing Rock

۸-۳-۱۷ زمین گرمایی[1] در تونلهای ژرف

۹-۳-۱۷ کارستی بودن احتمالی زمین در مسیر تونلها

۱۰-۳-۱۷ عملکرد گسله‌های مهم در مسیر تونلهای انتقال آب

۱۱-۳-۱۷ خوردگی احتمالی لوله‌های انتقال آب

## ۱۸- مقایسه گزینه‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی

### ۱-۱۸ ارزیابی محل گزینه‌ها:

۱-۱-۱۸ ارزیابی جنس توده سنگها از دیدگاه ژئومکانیکی و باربری

۲-۱-۱۸ ارزیابی گسستگیها(سیستم درز و شکاف، فراوانی آنها، گسله‌ها، خردشدگیهاو...)

۳-۱-۱۸ ارزیابی لایه‌بندیها و واحدهای مساله‌زا ویا مشکل‌آفرین (لایه‌های رسی و مارنی آماسی، لایه‌های انحلال‌پذیر، لایه‌های تبخیری و...)

۴-۱-۱۸ ارزیابی وضعیت لایه‌ها و یا طبقات لغزنده،وارونده و آماسی درمجاورت با آب و همچنین چگونگی واکنش مواد پرکننده سیستم گسستگیها

۵-۱-۱۸ ارزیابی وضعیت هندسی واحدهای مشکل‌آفرین در مقایسه با نحوه قرارگیری سازه

۶-۱-۱۸ ارزیابی چگونگی فرسایش داخلی و احتمال تخریبهای درونی و...

۷-۱-۱۸ ارزیابی وضعیت باربری طبقات و تأثیر ناهمسانیها و خواص مکانیکی در نشستهای نابرابر در زمین پی‌ها

۸-۱-۱۸ ارزیابی وضعیت ریزشها، لغزشها، فرونشستها، جریانهای گل و واریزه‌ها در شرایط سخت هیدرولوژیکی و زمینلرزه بر ساختگاه یا ساختگاهها

۹-۱-۱۸ ارزیابی تأثیر مخاطرات طبیعی بر وضعیت پایداری ساختگاه یا ساختگاهها

۱۰-۱-۱۸ ارزیابی عمومی تغییر شکل‌پذیری زمین پیها

۱۱-۱-۱۸ ارزیابی انحلال‌پذیری، رمبندگی و آماس زمین در مسیر کانالها و تونلهای انتقال آب و عواقب درازمدت آن و...

۱۲-۱-۱۸ ارزیابی سایر مسایل زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه گزینه‌ها نظیر: تزریق‌پذیری، تحکیم‌پذیری، تقویت و بهسازی از طریق دوخت توده سنگها و...

### ۲-۱۸ امتیازدهی و مقایسه گزینه‌ها :

۱-۲-۱۸ انتخاب روش امتیازدهی به عوامل مؤثر و نیز امتیاز منفی برای عوامل نامناسب و مشکل‌آفرین

---

1- Geothermal

۱۸-۲-۲ جمعبندی کلیه ارزیابیها به منظور امتیازدهی به ویژگیهای :ژئومکانیکی، سازه‌ای، اهمیت سازه و دوام مصالح طبیعی و...

۱۸-۲-۳ تهیه جدول مقایسه امتیازات پارامترهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه با توجه به تمامی شرایط

۱۸-۲-۴ انتخاب گزینه‌های قابل رقابت از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی برای مطالعات فنی و اقتصادی

## ۱۹- سرندکردن گزینه‌ها با توجه به مدل ژئوتکنیکی زمین ساختگاه و عوامل مخاطره‌آمیز زمین‌شناسی

### ۱۹-۱ مقایسه گزینه‌ها با توجه به پارامترهای زیر:

۱۹-۱-۱ شرایط آبگذری و حجم عملیات آببندی و تکنولوژی اجرای آن در سدها

۱۹-۱-۲ ویژگیهای جریانهای زیرزمینی در مورد سازه‌های مختلف

۱۹-۱-۳ عوامل زمین ساختاری و گستردگی و درجه فراوانی ناپیوستگیها و گسستگیها

۱۹-۱-۴ گسله‌های فعال و احتمال رویداد زمینلرزه

۱۹-۱-۵ طبقات یا لایه‌های انحلال‌پذیر و یا مشکل‌آفرین از دیدگاه باربری و آببندی

۱۹-۱-۶ گستردگی سنگهای زوال‌پذیر و یا سنگهایی‌که دچار پدیده‌هایی چون : دگرسانی،هوازدگی و فروپاشی هستند.

۱۹-۱-۷ کاهش پایداریهای ناشی از لغزنده‌شدن مواد پرکننده ناپیوستگیها بر اثر تغییر شرایط آب (فشار هیدروستاتیکی)

۱۹-۱-۸ میزان تخلخل و وجود فضاهای خالی (طبیعی یا مصنوعی مانند : حفره کارستی، قنوات، دالانهای زیرزمینی و...) و تغییر شکل‌پذیری توده سنگها و خاکها

۱۹-۱-۹ نشست‌پذیری و ظرفیت باربری پی

۱۹-۱-۱۰ ناپایداریهای احتمالی دامنه‌ها و شیبها و عملیات پایدارسازی (چندی و چونی) آنها

۱۹-۱-۱۱ پتانسیلهای لغزش و ریزش در شرایط سخت محیطی (بارندگیها و زلزله‌های شدید) وعملیات حفاظتی و پیشگیری‌کننده در مورد آنها

۱۹-۱-۱۲ انواع مخاطرات طبیعی دیگر نظیر: جریان گل، سیلابهای مهم،گل‌فشانها و آتشفشانها و...

۱۹-۱-۱۳ چشمه‌های آب اسیدی و یا آبهای حاوی املاح زیانبار برای مصالح به ویژه در مورد سازه‌های بتنی

۱۹-۱-۱۴ نوع، ترکیب و روشهای عملیات بهسازی زمین در ساختگاه سازه یا سازه‌های مختلف

۲-۱۹ طبقه‌بندی و امتیازدهی عوامل مثبت و منفی ساختگاهها از دیدگاه ژئوتکنیکی و سایر مقاصد مهندسی موردنیاز

۳-۱۹ طبقه‌بندی اجرای عملیات بهسازی از دیدگاه فنی و اقتصادی، روش اجرای کار و...

۴-۱۹ پیش‌بینی شرایط ژئوتکنیکی زمین پی سازه‌ها در دوران بهره‌برداری و نگهداری

۵-۱۹ مقایسه نتایج و جمعبندی بررسیهای انجام شده برای انتخاب گزینه یا گزینه‌های مناسب

## ۲۰- نهایی کردن مدل ژئوتکنیکی[1] ساختگاههای برگزیده

### ۱-۲۰ مدل زمین با توجه به عوامل زیر:

۱-۱-۲۰ لایه‌بندیها، چین‌خوردگیها و گسستگیها در سنگهای رسوبی

۲-۱-۲۰ توده‌های آذرین و سنگهای دگرگون‌شده

۳-۱-۲۰ دگرسانیها و هوازدگی و زوال‌پذیری و ناهمسانی‌های توده‌سنگها

۴-۱-۲۰ نهشته‌های کواترنر

۵-۱-۲۰ گسترش، فراوانی، جهات و توجیه[2] گسستگیها و ناپیوستگیهای زمین محل سازه‌ها

۶-۱-۲۰ وضعیت تکتونیکی زمین محل سازه‌ها و تأثیر آن بر رفتار سازه

۷-۱-۲۰ گسترش، فراوانی و توزیع مناطق ضعیف و مشکل‌آفرین به ویژه در مناطق خردشده[3] و گسلیده[4] و لایه‌های رسی و مناطق کارستی

۸-۱-۲۰ روند نابهنجاریها و تأثیر آنها بر رفتار سازه‌ای در درازمدت

۹-۱-۲۰ تأثیر شرایط زمین‌شناسی بر آبگذری و شرایط هیدروژئولوژی

### ۲-۲۰ رفتار هیدرولیکی با توجه به عوامل زیر:

۱-۲-۲۰ مدلهای دو بعدی جریانهای زیرزمینی (و در صورت نیاز سه‌بعدی)

۲-۲-۲۰ رژیمهای جریان هیدرولیکی (آشفته، آرام و یا ترکیبی از جریانهای ساده مذکور) و تغییرات فشار جریان (بازکننده درزه‌ها، پرکننده درزه‌ها و...)

۳-۲-۲۰ اثر شبکه درزه و شکاف سنگها

۴-۲-۲۰ اثر شیب آبی (گرادیان هیدرولیکی) بر رژیمهای جریان

---

۱- مطالب بیان شده تحت این عنوان جنبه کلی و مقدماتی دارد و صرفاً نگاه‌کردن به مسایل موجود است.

2- Orientation

3- Crushed zone

4- Faulted zone

۲۰-۲-۵ **مناطق تحت تأثیر فشار ایستابی (هیدروستاتیکی) مخزن و ارتباط با شبکه‌های آبگذر (سیستم درزه‌ها و شکستگیها و محیطهای دانه‌ای با مناطق مجاور)**

۲۰-۲-۶ **طبقه‌بندی زمین از دیدگاه تراوش[1]، نشت[2]، انحلال، شستشوی درونی و فرسایش داخلی و حساسیت سنگها نسبت به آب**

۲۰-۲-۷ **تهیه مدل زمین محل سدها، تونلها، میله‌های تحت فشار و... در ارتباط با رفتار هیدرولیکی جریان**

۲۰-۲-۸ **روشهای کنترل نفوذ و تراوش و جلوگیری از فرسایش داخلی و...**

## ۲۰-۳ رفتار مکانیکی با توجه به عوامل زیر :

۲۰-۳-۱ **مدل مقدماتی رفتار زمین (مستقل از زمان)**

۲۰-۳-۲ **مدل مقدماتی رفتار مکانیکی زمین (وابسته به زمان) در صورت نیاز**

۲۰-۳-۳ **مدل رفتاری توده سنگها با توجه به سیستم گسستگیها و گسله‌ها و زونهای خرد شده و غیره در حالت استاتیکی**

## ۲۰-۴ مدلهای بهسازی و تقویت زمین با توجه به :

۲۰-۴-۱ **چگونگی افزایش ظرفیت باربری زمین**

۲۰-۴-۲ **اجزاء و چندی وچونی بهسازیها**

۲۰-۴-۳ **روشهای بهسازی**

# ۲۱- پاسخ به سؤالهای طراحی[3] در ساختگاه برگزیده

**سوالهای عمومی ژئوتکنیکی که پاسخ به آنها ضروری است به شرح زیرند:**

۲۱-۱ **توده سنگهای ساختگاه چگونه و تحت چه شرایط و فرآیندی بوجود آمده‌اند؟**

۲۱-۲ **ساختار زمین نسبت به پایداری، باربری و آبگذری چه شرایطی دارد؟**

۲۱-۳ **شرایط زمین‌شناسی سطحی دارای چه ویژگیها و نقاط ضعف بارزی است؟**

۲۱-۴ **ویژگیهای ژئومکانیکی توده سنگها به ویژه در سازه‌های زیرزمینی چیست؟**

۲۱-۵ **تأثیر شرایط هیدروژئولوژی، دگرسانی و وارفتگی برخی سنگها برپایداری سازه‌ها چیست؟**

۲۱-۶ **آیا دگرسانی (به ویژه سرپانتینی شدن)، فروپاشی، انحلال و... در مصالح زیر و اطراف سازه‌ها تأثیر داشته است؟ با چه کیفیتی؟**

---

1- Seepage 2- Leekage

۳- از دیدگاه سازه‌ای و ژئومکانیکی سوالهایی از طرف مهندس طراح مطرح می‌شود که براساس کلیه اطلاعات ژئوتکنیکی پاسخ به آنها ضروری است تا ایمنی طرح با دقت کافی مدنظر قرار داده شود.

۲۱-۷ آیا خاکهای محل سازه‌ها نسبت به پدیده‌هایی نظیر: آماس [1]، واگرایی [2]، انحلال، رمبندگی [3] و... حساسیت دارند؟

۲۱-۸ تأثیر آبها و جریانهای هیدرولیکی زیرزمینی در سازه و پی آن چیست؟

۲۱-۹ طرح مقدماتی عملیات بهسازی و پایدارسازی توده سنگها و یا زمین محل سازه‌ها به ویژه دامنه‌ها، برشها، تونلها، میله‌ها و محفظه‌های زیرزمینی با چه کیفیت، ابعاد و در چه شرایط و مشخصاتی باید اجرا شود؟

۲۱-۱۰ آیا احتمال بروز پدیده‌های نشست و فرونشست در طبقات زمین به واسطه پدیده کارست، فضاهای خالی طبیعی، مصنوعی، معادن متروک و... وجود دارد؟

۲۱-۱۱ آیا آثار مواد رادیواکتیو، گازهای سمی، آبهای گرم و معدنی و دیگر پدیده‌های آفندان [4] دیده شده است؟ در صورت وجود، تأثیر آنها بر سازه ژئوتکنیکی چیست ؟

## ۲۲- تنظیم برنامه کاوشهای تکمیلی زیرزمینی برای ساختگاه برگزیده و ارائه طرح شبکه لرزه‌نگاری

** ۲۲-۱ کاوشهای تکمیلی زیرزمینی :

** ۲۲-۱-۱ ارزیابی نتایج به‌دست آمده از مطالعات زمین‌شناسی محل سازه‌ها

** ۲۲-۱-۲ ارزیابی شرایط تکتونیکی ساختگاههای تحت بررسی

** ۲۲-۱-۳ ارزیابی نتایج مطالعات هیدروژئولوژی ساختگاه

** ۲۲-۱-۴ ارزیابی نتایج آزمایشهای انجام شده در ساختگاهها و مقایسه نتایج در شرایط مشابه ساختگاه مورد بررسی، به منظور افزایش آگاهی از رفتار زمین و مصالح طبیعی

** ۲۲-۱-۵ ترسیم نمودار سه بعدی [5] مفهومی و کیفی ساختگاه برای تجسم لایه‌ها و توده‌های سست، انحلال‌پذیر و آسیب رسان و یا نابهنجاریهای زمین و...

** ۲۲-۱-۶ مشخص نمودن موقعیت، پیاده کردن نقاط ضعف و تعیین و تفکیک مناطق مختلف از نظر رفتاری و آبگذری به منظور شناخت وضعیت هیدرولیکی و ژئومکانیکی ساختگاه

** ۲-۱-۷ تشریح هدفها و تعیین محل گمانه‌ها، خندقها، دالانها و میله‌ها یا چاههای شناسایی تفصیلی و همچنین تعیین مشخصات آنها

---

1- Swelling
2- Dispersivity
3- Collapsibility
4- Agressive
5- Prospection

۲۲-۱-۸ تهیه و تدوین مشخصات فنی عملیات حفاری و بررسیهای ژئوتکنیکی و مشخص کردن نوع، چندی و چونی آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی

۲۲-۱-۹ تهیه و تدوین مشخصات فنی و شرح آزمایشهای ویژه مکانیک سنگ و خاک و همچنین مصالح بتنی مورد نیاز و یا هر نوع مواد مصنوعی مشخص شده در طراحیهای مقدماتی، با توجه به دوام و پایایی مصالح و همچنین معیارهای طراحی

۲۲-۱-۱۰ تشریح هدفها و تنظیم برنامه پی‌جوییهای ژئوفیزیکی وتعیین مشخصات کار و گستره‌هایی که باید مورد شناسایی دقیقتر قرار گیرند.

۲۲-۱-۱۱ تهیه و تدوین مشخصات فنی عملیات ژئوفیزیک کاربردی و توصیه روشهای اجرایی برای رسیدن به هدفهای تعیین شده با توجه به جنبه‌های فنی، اقتصادی و زمان اجرای کار

## ۲۲-۲ ارائه طرح شبکه لرزه‌نگاری و شتابنگاری (در صورت نیاز) :

۲۲-۲-۱ ارزیابی نتایج حاصل از مطالعات لرزه‌خیزی منطقه به منظور شناخت موارد مبهم و کیفیت دانسته‌های زمین ساختگاه

۲۲-۲-۲ تنظیم برنامه بررسیهای لرزه‌سنجی با ایجاد شبکه لرزه‌نگاری و شتابنگاری برای شناخت مشخصه‌های زمینلرزه‌های احتمالی آینده

۲۲-۲-۳ تهیه و تدوین مشخصات فنی مربوط به شبکه لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری و جدول زمانی اندازه‌گیری‌ها و چگونگی تجزیه و تحلیلهای لازم

# ۲۳- تحلیل تکیه‌گاهها و پی سد و تحلیل حفاریهای مربوط

## ۲۳-۱ بررسی نتایج مطالعات زمین‌شناسی مهندسی، ژئوتکنیکی :

۲۳-۱-۱ ارزیابی ستبرای قشرهای هوازده و دگرسان سنگی برای تعیین ابعاد حفاریها

۲۳-۱-۲ ارزیابی مناطق خردشده، گسله و شرایط هیدروژئولوژی ساختگاه

۲۳-۱-۳ ارزیابی مشخصه‌های ژئومکانیکی و بررسی پایداری و تعیین نوع و میزان عملیات بهسازی پی‌ها

## ۲۳-۲ انتخاب نوع سد با توجه به شرایط محل سد و مخزن :

## ۲۳-۳ طراحی مقدماتی :

۲۳-۳-۱ بررسی شرایط پی کنی و گودبرداری

۲۳-۳-۲ بررسی اجزای مختلف بهسازیهای پی و تکیه‌گاهها

۲۳-۳-۳ تعیین نوع و میزان عملیات بهسازی زمین (برای تأمین مقاومت لازم با توجه به شرایط مختلف محیطی)

۲۳-۳-۴ تهیه طرح مجموعه پی و سازه‌های هیدرولیکی

۲۳-۳-۵ برآورد پایداری تکیه‌گاهها به ویژه در حالت سدقوسی

۲۳-۳-۶ برآورد تغییر مکان، تراوش، زیرفشاردر سدهای بتنی

۲۳-۳-۷ تهیه نقشه‌های مقدماتی طرح پی و بهسازی زمین شامل : مسلح کردن خاک و سنگ محوطه پی، حفاظت شیبها درمقابل عوامل جوی و فرسایشی، حفاظت شیب پی کنی‌ها با توجه به اثر آب و فشارهای حفره‌ای آبرفت بستر رودخانه، نوع و میزان عملیات آببندی زیر فرازبند، چگونگی زهکشی ویا خشک نگهداشتن محوطه پی، عملیات تزریق تحکیمی و یا تزریق حفاظتی[1]، نصب میل مهاریها و مهاریهای پیش تنیده در پایدارسازی بخشهای ناپایدار پی و سایر موارد ویژه

## ۲۳-۴ بررسی و تحلیل :

۲۳-۴-۱ عملیات بهسازی از قبیل : مسلح کردن توده سنگها و خاکها و نصب مهاریهای پیش تنیده، اجرای : بتن پاشیها، زهکشها، نشیمن بتنی[2]، قطعات پایدار کننده بتنی و اجزای باربر بزرگ بتنی سدهای قوسی و یا اجرای هر نوع عملیات پایدارسازی وافزایش دهنده ضریب اطمینان

۲۳-۴-۲ پایداری شیبها و دامنه‌های خاکی و سنگی (شامل : دامنه‌های طبیعی در حوالی تکیه‌گاهها و پی و همچنین شیب برشها و یا خاکریزها)

۲۳-۴-۳ عملیات آببندی پی سد و تکیه‌گاهها (شامل : پرده تزریق، دیواره بتن خمیری[3] در بسترهای تراوا، دیواره پرده بتنی یک جداره یا دو جداره، دیواره‌های بنتونیتی رسی یا سیمانی - رسی و همانند آن)

۲۳-۴-۴ تخمین ضرایب ایمنی هریک از اجزای طرح پایدار سازی با توجه به شرایط محیطی (زمینلرزه، سیلاب، تغییرات شدید حرارتی و یخبندان) و شرایط ساختگاه

## ۲۳-۵ طراحی مقدماتی سیستم ابزاربندی :

۲۳-۵-۱ ابزارهای اندازه‌گیری فشار آب بستر پی و تکیه‌گاهها، پیزومترها

۲۳-۵-۲ ابزارهای اندازه‌گیری دقیق شامل : اکستانسومترها، آونگها، شیب سنجها و نشست سنجها و فشارسنجها وتنش سنجها[4] و تغییر شکل نسبی سنجها[5]

۲۳-۵-۳ نشانه‌ها[6] و نشانه گذاریهای[7] میکروژئودزی و طرح شبکه آن

---

1- Blanket grouting
2- Concrete pad Saddle
3- Plastic Concrete
4- Sress cells
5- Strain gauge
6- Pillars

## ۲۴- تحلیل پی سرریز

### ۱-۲۴ بررسی نتایج مطالعات ژئوتکنیکی :

۱-۱-۲۴ ارزیابی ابعاد سرریز و تعیین محدوده تأثیر آن با توجه به ضرورتهای هیدرولیکی

۲-۱-۲۴ ارزیابی ستبرا و وضعیت قشرهای خاکی یا هوازده و دگرسان سنگی برای تعیین ابعاد حفاریها

۳-۱-۲۴ ارزیابی مناطق خردشده و گسله به منظور شناخت ابعاد بهسازیها

۴-۱-۲۴ ارزیابی مشخصه‌های ژئومکانیکی محدوده به ویژه از دیدگاه باربری و نشست

۵-۱-۲۴ بررسی احتمال بروز نشست به ویژه نشست نابرابر تحت شرایط اشباع

۶-۱-۲۴ ارزیابی لایه‌ها و طبقات لغزنده، واگرا، رمبنده در مجاورت آب

۷-۱-۲۴ بررسی احتمال وقوع پدیده‌هایی چون فرسایش داخلی، انحلال

۸-۱-۲۴ بررسی اثر زمینلرزه و تعیین ضرایب لازم برای تحلیل دینامیکی

### ۲-۲۴ پیشنهاد عملیات آماده سازی بستر :

۱-۲-۲۴ تعیین ژرفای حفاری از طریق مقایسه گزینه‌های محتمل زیر :

- در صورتی که پی بر سنگ یا قشر مناسب زمینی قرار گیرد.
- در صورتی که پی بر قشر بهسازی شده در ژرفای کمتری نسبت به گزینه بالا قرار گیرد.

۲-۲-۲۴ برآورد پارامترهای ژئومکانیکی محل برای تحلیل پایداری حفاریهای مربوط

۳-۲-۲۴ تحلیل پایداری دیواره گودبرداریها با توجه به شرایط مختلف آب و تأثیر زمینلرزه بر پایداری

۴-۲-۲۴ پیشنهاد تمهیدات مهندسی برای نگهداری و تأمین پایداری شیب گودبرداریها

۵-۲-۲۴ تحلیل و بررسی تغییر شکلهای بستر پی سرریز در شرایط مختلف بارگذاری و تخمین تنشها و نشست پی

۶-۲-۲۴ طراحی مقدماتی پی با توجه به تأثیر ارتعاشات و زمینلرزه

۷-۲-۲۴ طرح ابتدایی سیستم ابزار دقیق برای کنترل رفتار پی

## ۲۵- تحلیل پی حوضچه آرامش و تأسیسات مربوط

### ۱-۲۵ تحلیل نتایج بررسیهای ژئوتکنیکی :

۱-۱-۲۵ ارزیابی کلی نوع، ابعاد و مشخصات هیدرولیکی حوضچه آرامش یا سایر میراینده‌ها (مستهلک‌کننده‌ها)ی انرژی با توجه به نوع و مشخصات سرریز (بلندای سرریز، ژرفای پایاب، درازای جهش و ...)

---

7- Benchmarks

۲۵-۱-۲ جانمایی محل حوضچه آرامش نسبت به کل سازه وتعیین موقعیت آن روی زمین

۲۵-۱-۳ ارزیابی ستبرا و وضعیت قشرهای خاکی یا هوازده و دگرسان سنگی ومناطق خردشده و گسلیده برای مقاصد طراحی

۲۵-۱-۴ ارزیابی رفتار لایه‌ها و طبقات لغزنده ،وارونده [1] و آماسی در مجاورت با آب

۲۵-۱-۵ بررسی احتمال وقوع پدیده‌هایی چون فرسایش داخلی، تخریبهای درونی، انحلال و...

۲۵-۱-۶ بررسی اثر زمینلرزه و احتمال وقوع پدیده روانگونگی [2] و تعیین ضرایب لازم برای تحلیل دینامیکی سازه

۲۵-۱-۷ بررسی احتمال بروز نشستهای نابرابر تحت شرایط اشباع با توجه به نوع کف بند (افقی یا شیبدار) و دیوارها

۲۵-۱-۸ ارزیابی مشخصه‌های ژئومکانیکی از دیدگاه باربری و نشست و فشارهای هیدرودینامیکی با توجه به شکل حوضچه و نوع سرریز در محدوده مؤثر برای تأمین ایمنی سازه‌ای

## ۲۵-۲ پیشنهاد عملیات آماده سازی بستر :

۲۵-۲-۱ تعیین ترازکف یا بستر حوضچه و مشخص کردن ژرفای گودبرداری در دو حالت :

- پی روی سنگ یا قشر مناسب زمین
- پی روی قشر بهسازی شده

۲۵-۲-۲ برآورد ضرایب ژئومکانیکی محل پی به ویژه اگر آماده سازی نیاز به گودبرداری داشته باشد.

۲۵-۲-۳ تحلیل پایداری دیواره گودبرداریها با توجه به شرایط مختلف آب و اثر زمینلرزه بر پایداری

۲۵-۲-۴ تحلیل و بررسی تغییر شکلهای بستر پی سرریز در شرایط مختلف بارگذاری و به ویژه تحت تأثیر نیروهای افقی

۲۵-۲-۵ تحلیل پی با توجه به تأثیر ارتعاشات هیدرولیکی و زمینلرزه و پیش‌بینی تمهیدات مهندسی برای تقویت، حفاظت و سایر بهسازیها

۲۵-۲-۶ بررسی مصالح سنگی برای پوشش سنگریز مورد استفاده در پایین دست حوضچه آرامش

۲۵-۲-۷ طراحی مقدماتی سیستم ابزار دقیق برای کنترل رفتار پی، در محلهای موردنیاز

# ۲۶- تحلیل سایر پی‌های سطحی

## ۲۶-۱ سایر پی‌های سطحی در طراحی و مطالعات سدها عبارتند از :

۲۶-۱-۱ پی ایستگاههای پمپاژ به ویژه تلمبه خانه‌های بزرگ

۲۶-۱-۲ پی تأسیسات جنبی سد شامل : آبگیرها، سرریزهای نیلوفری، خروجی تونلهای انحراف و انتقال

---

1- Slaking

2- Liquefaction

۲۶-۱-۳ پی تأسیسات برقی کلیدخانه[1]

۲۶-۱-۴ پی ابنیه ویژه

## ۲۶-۲ تحلیل پی‌ها شامل :

۲۶-۲-۱ بررسی زمین‌شناسی مهندسی محل پیهای ابنیه موردنظر

۲۶-۲-۲ ارزیابی ویژگیهای ژئومکانیکی محل سازه‌ها

۲۶-۲-۳ برآورد پارامترهای ژئوتکنیکی براساس نتایج آزمایشها و بررسیهای مقدماتی

۲۶-۲-۴ برآورد ابعاد پی

۲۶-۲-۵ انجام دادن محاسبات و تحلیلهای مقدماتی پی سازه‌ها

۲۶-۲-۶ برآورد تغییر مکانها و تغییر شکلها تحت تأثیر بارگذاریهای مختلف

۲۶-۲-۷ ارزیابی انواع روشهای بهسازی زمین و انتخاب روش بهسازی مناسب

۲۶-۲-۸ ارزیابی تأثیر شرایط محیطی استثنایی (زمینلرزه‌های مهم و سیلابهای بزرگ) برروی ابنیه و پی‌های آن

۲۶-۲-۹ ارائه توصیه‌های لازم در مورد چند و چون آزمایشهای ژئوتکنیکی موردنیاز مطالعات مرحله دوم

۲۶-۲-۱۰ تهیه مشخصات فنی و دستورالعملهای ویژه انجام دادن آزمایشها و بررسیهای صحرایی مطالعات مرحله دوم

۲۶-۲-۱۱ برآورد احجام عملیات ژئوتکنیکی موردنیاز

۲۶-۲-۱۲ تهیه گزارش این بخش و ارائه توصیه‌های فنی

# ۲۷- تحلیل ژئوتکنیکی عملیات بهسازی زمین

## ۲۷-۱ بررسی نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی و زمین آبشناسی (هیدروژئولوژی):

۲۷-۱-۱ ارزیابی اهداف بهسازی (بهبود مشخصات مکانیکی، تأمین ناتراوایی و یا هر دو هدف)

۲۷-۱-۲ ارزیابی شرایط محلی و بررسی سازگاری روشهای بهسازی با این شرایط

۲۷-۱-۳ ارزیابی روشهای ممکن بهسازی (موقت و دائمی) از قبیل : یخبندان[2] مصنوعی، زهکشی، تحکیم و تراکم دینامیکی، تحکیم انفجاری، تحکیم الکتریکی، تحکیم لرزشی، تزریق به گونه‌های مختلف، دیوارهای جداکننده، ستونهای سنگی[3]، ریز شمعها[4]، خاک مسلح، پارچه گونه‌ها[5]، مهاربندی و غیره برحسب مورد

---

1- Switch yard

2- Freezing

3- Stone column

4- Micropiles

5- Geotextile

### ۲-۲۷ انتخاب روش یا روشهای بهسازی :

### ۳-۲۷ طراحی مقدماتی :

۱-۳-۲۷ بررسی شرایط اجرای روش بهسازی و کارآیی آن

۲-۳-۲۷ بررسی اجزای تشکیل دهنده روش بهسازی

۳-۳-۲۷ تهیه طرح بهسازی و انجام محاسبات مقدماتی مربوط

۴-۳-۲۷ توجیه روش مورد انتخاب

۵-۳-۲۷ ارائه الگوی رفتاری مطلوب خاک مورد بهسازی

۶-۳-۲۷ تهیه نقشه‌های مربوط

### ۴-۲۷ توصیه و ارزیابی روشهای کنترل :

۱-۴-۲۷ ارزیابی روشهای کنترل بهسازی انتخاب شده

۲-۴-۲۷ انتخاب شیوه کنترل و ارائه برنامه اجرایی آن

۳-۴-۲۷ توصیه آزمایشهای مناسب کنترلی

## ۲۸- تحلیل شیب برشها و خندقهادر خاکها و سنگهای متفاوت

### ۱-۲۸ بررسی نتایج مطالعات زمین‌شناسی مهندسی :

۱-۱-۲۸ بررسی نتایج مطالعات هیدروژئولوژی

۲-۱-۲۸ ارزیابی نتایج بررسیهای ژئوتکنیکی و تفسیرهای آماری و برآورد پارامترهای ژئومکانیکی

۳-۱-۲۸ درجه بندی اهمیت و نوع شیب برش، خندق،گودبرداری و... از دیدگاه ایمنی درازمدت و کوتاه مدت با توجه به نوع پروژه

۴-۱-۲۸ تفکیک مناطق پایدار و ناپایدار و تأثیر برشها و گودبرداریها و...

۵-۱-۲۸ رده بندی ناپایداری و گسیختگیهای بالقوه (خزش[۱]، جریان[۲]، لغزش[۳]، سقوط[۴]...) و علاوه بر آن انواع گسیختگیهای : صفحه ای،گوه‌ای،واژگونی، دایره‌ای و ...

۶-۱-۲۸ بررسی نحوه پدید آمدن ناپایداریها و گسیختگیها از دیدگاه ژئومکانیکی

۷-۱-۲۸ بررسی دلایل مختلف بروز ناپایداری و پدیده‌های تشدیدکننده ناپایداری و گسیختگی (دگرسانی[۵]، فروپاشی[۶]،هوازدگی[۷] و ...)

---

1- Creep
2- Flow
3- Slip
4- Fall
5- Alteration
6- Disintegration

## ۲-۲۸ بررسی و تحلیل انواع ناپایداریها :

۱-۲-۲۸ انتخاب روش یاروشهای تحلیلی در محیط خاکی (از قبیل : تحلیل حدی[۸]، تعادل حدی[۹]، تعادل استاتیکی)

۲-۲-۲۸ انتخاب روش یا روشهای تحلیلی در محیطهای سنگی و یا سنگی - خاکی

۳-۲-۲۸ تأثیر آب بر پایداری برشها

۴-۲-۲۸ تأثیر زمینلرزه طراحی در پایداری شیبها و دامنه‌ها

۵-۲-۲۸ تعیین ضرایب اطمینان در شرایط مختلف و تعیین نیازهای تقویت و پایدارسازی

## ۳-۲۸ بررسی و گزینش روش پایدارسازی :

۱-۳-۲۸ ملایم کردن شیبها در صورت امکان

۲-۳-۲۸ نصب میل مهاریها و آنکراژها و...

۳-۳-۲۸ مسلح کردن خاک و سنگ

۴-۳-۲۸ بتن پاشیها

۵-۳-۲۸ طراحی دیوارهای نگهبان وسیستمهای نگهدارنده

۶-۳-۲۸ حفر دالانها و گمانه‌های زهکشی

۷-۳-۲۸ حفاظتهای پوششی از قبیل : پوشش بتنی، آب بندی، پوشش گیاهی و...

## ۴-۲۸ پیشنهاد سیستم رفتارسنجی و کنترل ایمنی[۱۰] :

۱-۴-۲۸ نصب ابزار دقیق در شیبها و دامنه‌های مهم مساله دار برای سنجش حرکات

۲-۴-۲۸ برداشت حرکات با توجه به شرایط محیطی و هیدروژئولوژی

۳-۴-۲۸ تجزیه و تحلیل نتایج رفتار سنجی به منظور اعمال اصلاح احتمالی در مناطق مهم مساله دار

۴-۴-۲۸ اعمال برخی تغییرات در روشهای پایدارسازی

# ۲۹- تحلیل ژئومکانیکی سازه‌های زیرزمینی

## ۱-۲۹ بررسی وتحلیل نتایج مطالعات زمین‌شناسی، زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک:

۱-۱-۲۹ تقسیم‌بندی رفتاری زمین پیرامون سازه باتوجه به :

- لیتولوژی
- مقاومت سنگ سالم
- شدت دگرسانی و هوازدگی

---

7- Weathering

8- Limit Analysis

9- Limit Equilibrium

10- Monitoring & Safety Control

- شرایط هیدروژئولوژی
- شدت شکستگی و تخلخل
- ویژگیهای گسستگیها (توجیه فضایی، گستردگی، ژرفای تأثیر، وضعیت سطح دیواره از نظر زبری و صافی،گشودگی دهانه، نوع مواد پرکننده و ستبرا و ضریب فیزیکی و مکانیکی آنها و...)

۲۹-۱-۲ ارزیابی شرایط تنش طبیعی زمین،تخمین بزرگی، امتداد وجهت تنشهای اصلی‌زمین درمحل ساختگاه

۲۹-۱-۳ بررسی احتمال وجود تنشهای پس ماند و نیز احتمال بروز تنشهای متمرکز

۲۹-۱-۴ بررسی ناهمسانی توده‌های سنگی و تأثیر آن در نحوه قرارگیری سازه زیرزمینی در ارتباط با وضعیت تنشها

## ** ۲۹-۲ برآورد ضرایب مکانیکی و فیزیکی توده‌های مختلف سنگی :

** ۲۹-۲-۱ برآورد اولیه پارامترهای طراحی براساس آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی

** ۲۹-۲-۲ برآورد اولیه پارامترهای طراحی براساس روشهای تجربی و آماری (طبقه بندی مهندسی سنگها و موارد مشابه[1]) شامل :

- ** برآورد وزن حجمی یا وزن مخصوص کلی توده‌های سنگی
- ** برآورد مقاومتهای مکانیکی (برشی، فشاری) توده‌های سنگی در ترازهای مختلف تنش جانبی و در حالات مختلف آب زیرزمینی
- ** برآورد چسبندگی توده سنگ C و زاویه اصطکاک داخلی $\phi$ در حالات مختلف آب زیرزمینی
- ** برآورد مدولهای کشسانی و تغییر شکل‌پذیری (استاتیک ودینامیک) برای توده‌های مختلف سنگی
- ** برآورد سایر ضرایب فیزیکی توده‌های سنگی
- ** برآورد وضعیت دوام یا زوال پذیری سنگ و تعیین شاخص دوام (برحسب مورد)
- ** بررسی رفتار وابسته به زمان شامل : ضرایب خزش (برحسب مورد)، رهایی تنش، خستگی[2] و....
- ** برآورد تراز تنش‌طرح در بخشهای مختلف با توجه به ژرفای سازه و همچنین سایر عوامل مؤثر

## ۲۹-۳ تحلیل رفتاری سنگ در محدوده سازه :

۲۹-۳-۱ تحلیل رفتاری سنگ در محدوده فضاهای زیرزمینی نسبتاکوچک مقطع و دراز (تونلهای معمولی یا تحت فشار) :

- انتخاب مدل رفتاری و معیار شکست مناسب توده سنگ
- بررسی تغییر شکلها در محدوده سازه زیرزمینی و تعیین نواحی با تغییر شکل خمیری و کشسان

---

1- Case Histories

2- Fatigue

- تخمین زمان ایستایی طبیعی سقف یا دهانه سازه زیرزمینی با ابعاد هندسی مشخص شده
- برآورد بارهای وارد به سیستم تکیه گاهی و پوشش سازه اعم از بارهای استاتیکی یا دینامیکی
- ارائه طرح کلی پوشش سازه زیرزمینی در ارتباط با بارهای وارد شده

۲۹-۳-۲ تحلیل رفتاری سنگ در محدوده فضاهای زیرزمینی بزرگ و متمرکز (نیروگاههای زیرزمینی، ایستگاههای پمپاژ و...):

- انتخاب مدل رفتاری و معیار شکست مناسب توده سنگ
- بررسی تغییر شکلها و تمرکز تنشها در محدوده فضاهای زیرزمینی و مناطق خمیری پیرامون آن
- بررسی برهم کنش فضاهای زیرزمینی نزدیک به هم
- بررسی پایداری سقف و تخمین زمان ایستایی طبیعی
- بررسی پایداری دراز مدت دیواره‌های بلند فضاهای بزرگ زیرزمینی
- بررسی تأثیر نیروهای دینامیکی بر پایداری کلی سازه
- بررسی رفتار وابسته به زمان توده سنگ به ویژه دردهانه‌های بزرگ یا دیواره‌های بلند سازه
- ارائه طرح کلی پوشش سازه

## ۳۰- طراحی مقدماتی پی نیروگاه آبی[1]

۱-۳۰ ارزیابی وضعیت ژئومکانیکی محوطه نیروگاه از دیدگاه باربری و نشست‌پذیری

۲-۳۰ بررسی امکان بروز نشستهای نابرابر[2]، تحت شرایط اشباع و بارگذاری دوره‌ای[3] چرخنده‌ها

۳-۳۰ بررسی وضعیت جانمایی نیروگاه (سالن توربین - ژنراتور) نسبت به محل سد باتوجه به وضعیت ژئومکانیکی

۴-۳۰ انتخاب پارامترهای ژئوتکنیکی برای ارزیابی دینامیکی پی نیروگاه

۵-۳۰ طراحی مقدماتی سازه‌های مختلف نیروگاه، به ویژه محل استقرار توربینها

۶-۳۰ طراحی مقدماتی عملیات آماده سازی بستر پی با توجه به شرایط مختلف تراوایی و باربری

۷-۳۰ طراحی مقدماتی سیستمهای زهکشی در زیر و اطراف بنای نیروگاه

۸-۳۰ طراحی مقدماتی عملیات بهسازی به ویژه در زمینهای خردشده وگسله اجتناب ناپذیر

۹-۳۰ طراحی مقدماتی سیستم ابزار دقیق کنترل رفتار پی نیروگاه، به ویژه در شرایط نامناسب زمین با توجه به ارتعاشات نیروگاه

۱۰-۳۰ برآورد ظرفیت باربری مجاز بستر پی‌ها در شرایط مختلف بارگذاری

---

۱- در حالت نیروگاههای زیرزمینی به جعبه شماره ۲۹ مراجعه شود.

2- Differential Settlement

3- Cyclic loadings

۳۰-۱۱ تحلیل و تخمین تغییر شکلهای بستر پی‌ها در شرایط مختلف بارگذاری

۳۰-۱۲ تحلیل و محاسبه مقدماتی پی ویژه نیروگاههای بزرگ با توجه به ظرفیت باربری مجاز و تغییر شکلهای مجاز

۳۰-۱۳ ارزیابی ارتعاشات پی و ارائه تمهیدات مهندسی و بهسازی زمین پی در صورت نیاز

## ** ۳۱- تحلیل پی‌های ژرف

### ** ۳۱-۱ بررسی نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی و زمین‌آبشناسی (هیدروژئولوژی):

** ۳۱-۱-۱ ارزیابی و توجیه لزوم انتخاب راه حل پی ژرف :

** - عدم کارآیی راه حل پی سطحی با توجه به :

** - شرایط آب زیرزمینی (جریان، موقعیت)

** - ویژگیهای زمین زیر پی از نظر مقاومت و نشست

** - ارزیابی امکانات اجرایی

** ۳۱-۱-۲ ارزیابی شرایط محلی و بررسی سازگاری روشهای اجرای پی ژرف با این شرایط

** ۳۱-۲-۳ ارزیابی روشهای ممکن اجرای پی ژرف (شمعهای فرورونده[1]، شمعهای درجا[2] که با حفاری احداث می‌شوند، ریز شمعها و غیره)

### ** ۳۱-۲ انتخاب روش اجرای پی ژرف

### ** ۳۱-۳ طراحی مقدماتی :

** ۳۱-۳-۱ بررسی داده‌های مربوط به مشخصات زمین و نتایج حاصل از آزمایشهای انجام شده

** ۳۱-۳-۲ بررسی روشهای تعیین ظرفیت باربری (کاربردنتایج آزمایشهای نفوذسنجی، براساس معادلات امواج[3]، فرمولهای تجربی دینامیکی، روش تحلیل استاتیکی، روش بارگذاری و تأثیر گروهی بودن شمعها)

** ۳۱-۳-۳ تهیه طرح و اجرای محاسبات مقدماتی شمع

** ۳۱-۳-۴ توجیه روش انتخاب شده

** ۳۱-۳-۵ تهیه نقشه‌های مربوط

---

1- Driven piles

2- In-situ Piles

3- Wave equation

** ۳۱-۳-۶ تهیه برنامه زمانی اجرای کارها

## ** ۳۱-۴ توصیه و ارزیابی روشهای کنترل :

** ۳۱-۴-۱ ارزیابی روشهای کنترل درحین اجرا

** ۳۱-۴-۲ انتخاب شیوه کنترل رفتار شمعها وارائه برنامه اجرایی آن

** ۳۱-۴-۳ طرح کنترل کیفیت اجرای پی ژرف

## ** ۳۲- طراحی مقدماتی راهها و شهرکها و انتخاب گزینه مناسب[1]

### ** ۳۲-۱ بررسیهای ژئوتکنیکی راهها :

#### ۳۲-۱-۱ بررسی ژئوتکنیکی مسیر راهها :

- ارزیابی مسیر راه به ویژه محل تونلها و پلهای مهم از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی
- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی برشها و محل خاکریزها بلند
- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی در شیبهای سست و ناپایدار
- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی در مناطق سست و نشست پذیر
- ارزیابی تأثیر احتمالی فرونشست[2] ناشی از حفره‌های انحلالی و فضاهای خالی طبیعی یا مصنوعی زیرزمینی
- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی پی ابنیه فنی شامل : دیوارها، ورودی و خروجی تونلها
- براورد پارامترهای ژئومکانیکی درمسیر تونل
- شناسایی منابع قرضه و مصالح ساختمانی و تعیین موقعیت و چندی وچونی آنها

#### ۳۲-۱-۲ بررسیهای مهندسی ابنیه فنی :

- ارزیابی گزینه‌های مختلف مسیر راه
- ارزیابی بناهای مختلف مسیر راه از قبیل : پلها، کانالها، آبگذرها، دیوارهای نگهبان، دالانها
- ارزیابی سازه‌های ژئومکانیکی : انواع عملیات بهسازی و پایدار سازی برش، خاکریزهای بلند،

---

۱- لازم است قبل از شروع طراحی مقدماتی مذکور برحسب ضرورت و اهمیت پروژه برای حفاریهای اکتشافی و ژئوتکنیکی آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی، موضوع جعبه‌های ۸ و ۹ و ۱۰، اقدام گردد.

2- Subsidence

دیوارهای پای خاکریزها، زهکشها، دالانهای زهکش

- طراحی مقدماتی ابنیه فنی با نگرشی به شرایط ویژه پی‌سازیها، طرح مقدماتی تونلها، دالانها، دیواره‌ها و ...
- مقایسه گزینه‌ها و انتخاب بهترین راه حلها

### ۳۲-۱-۳ بررسی امکانات اجرایی عملیات خاکی و سنگی :

- بررسی شرایط برداشت مصالح قرضه (معادن آبرفتی و سنگی)
- بررسی امکانات اجرایی در مورد خاکریزها و تراکم آنها با توجه به ویژگیهای مصالح و پارامترهای ژئوتکنیکی
- انتخاب روش برداشت از منابع قرضه و معادن سنگی
- توصیه‌های لازم به منظور انتخاب ماشین آلات و ابزارمناسب باتوجه به نوع مصالح، نزدیکی به شهرهای بزرگ، امکان تأمین نیروی انسانی در سطوح مختلف، تسهیلات و سایر شرایط کار
- توصیه در مورد چندی و چونی آزمایشهای مورد نیاز منابع قرضه و معادن سنگ برای مرحله بعدی مطالعات

### ۳۲-۱-۴ بررسیهای ویژه :

- بررسیهای ویژه ژئوتکنیکی در زمینهای سست، فروریزشی، آماسی، رمبنده و انحلال پذیر
- بررسی آثار آبهای زیرزمینی به ویژه در برشها
- بررسی روشهای ویژه تقویت و پایدارسازی مناطق لغزشی و ریزشی و تعیین نوع عملیات بهسازی و نگهداری
- سایر بررسیهای ویژه در مسیر کانالها، پلها و تونلهای مهم

## ** ۳۲-۲ بررسیهای ساختگاه شهرکها از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی :

** ۳۲-۲-۱ ارزیابی زمین‌شناسی مهندسی شهرکها

** ۳۲-۲-۲ بررسی امکان لغزش وناپایداری زمینهای شهرک

** ۳۲-۲-۳ ارزیابی عمومی هیدروژئولوژی و برآورد تراوایی زمین

** ۳۲-۲-۴ ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی محل بناهایی همانند : مخازن آب، انبارها، ساختمانهای مسکونی، کارگاهها و...

** ۳۲-۲-۵ ارزیابی تأثیر پدیده‌های فرونشست در صورت وجود

** ۳۲-۲-۶ ارزیابی نشست‌پذیری مسیر خیابانها و ابنیه

** ۳۲-۲-۷ ارزیابی چگونگی تخلیه آبهای سطحی منطقه شهرک به ویژه در سیلابهای مهم

** ۳۲-۲-۸ بررسی امکانات اجرائی در مورد خاکریزها و تراکم آنها با توجه به ویژگیهای مصالح و پارامترهای ژئوتکنیکی

** ۳۲-۲-۹ ارزیابی انواع عملیات بهسازی و پایدارسازی برشها، خاکریزها، پی انبارها و بناهای گوناگون

** ۳۲-۲-۱۰ توصیه درمورد چند و چون آزمایشهای ژئوتکنیکی موردنیاز مرحله دوم (مصالح ساختمانی، منابع قرضه...)

** ۳۲-۲-۱۱ انجام دادن تحلیلها و محاسبات اولیه برای پی سازی بناها

** ۳۲-۲-۱۲ بررسیهای فنی - اقتصادی انواع پی‌ها و بهسازیهای محتمل

** ۳۲-۲-۱۳ تهیه گزارش و نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های فنی

## ۳۳- انتخاب گزینه برتر سازه‌ها براساس توجیه فنی - اقتصادی

### ** ۳۳-۱ طبقه‌بندی پی‌ها برحسب جنس زمین بستر :

** ۳۳-۱-۱ پی‌های روی بستر خاکی

** ۳۳-۱-۲ پی‌های روی بستر خاکی - سنگی

** ۳۳-۱-۳ پی‌های روی بستر خاکی

### ** ۳۳-۲ ارزیابیهای چندی (تعیین مقادیر کار):

** ۳۳-۲-۱ سازه‌های انحراف آب رودخانه (به ویژه در مورد سدها) شامل :

** - مقادیر گودبرداریها

** - مقادیر حفاریهای تونلها و میله‌ها (شافتها)

** - مقادیر عملیات بتنی و تزریقی (مسدود کننده‌ها[1]، آب بندها و...)

** - مقادیر خاکریزیها (فرازبندها و نشیب بندها[2])

** ۳۳-۲-۱ بدنه سد :

** - مقادیر گودبرداریها و حفاریهای سنگی

** - مقادیر حفاری تونلها و دالانها

** - مقادیر عملیات بتن ریزی و بتن پاشی

** - مقادیر عملیات بهسازی پی و دیواره‌های سنگی

** - مقادیر عملیات خاکی و سنگریزی

** ۳۳-۲-۳ تونلهای نیروگاه :

---

1- Concrete Plug

2- U/S & D/S Cofferdams

** - مقادیر عملیات مربوط به : تونل تحت فشار (بتن مسلح و یا پوشش فولادی)

** - مقادیر عملیات مربوط به : آبگیرهای نیروگاه و تونلهای خروجی

** - مقادیر عملیات مربوط به : محفظه نیروگاه و سایر فضاهای زیرزمینی مربوط

** - مقادیر عملیات مربوط به : تخلیه کننده‌های آب نیروگاه

** - مقادیر عملیات مربوط به : تأسیسات پایانه

** ۴-۲-۳۳ ایستگاههای پمپاژ و مسیرهای انتقال آب :

** - مقادیر مربوط به عملیات پی کنی و بهسازی پی ایستگاهها

** - مقادیر مربوط به عملیات پی کنی سازه‌های هیدرولیکی و کانالها و سایر تأسیسات

** - مقادیر مربوط به عملیات خاکی و سنگی سیفونها، پلها، کالورتها و...

** - مقادیر مربوط به عملیات خاکی و سنگی راههای سرویس

** ۵-۲-۳۳ عملیات آببندی و بهسازیها و رفتار سنجیها شامل :

** - دیواره‌های آببند

** - پرده تزریق آببندی

** - عملیات تزریق بهسازیها نظیر :تزریق تحکیمی، تزریق اتصالی، تزریق درزها

** - عملیات بهسازی ویژه نظیر : عملیات تثبیت خاکهای رسی واگرا، بهسازی خاکهای آماسی در بستر پی ، تحکیم خاکها و...

** - عملیات مربوط به بهسازی مشخصات مکانیکی زمین از طریق میخکوبی[1]، خاک مسلح، نصب میل مهارها[2] و کابلها، بتن پاشیها، جلوگیری از لغزش و ریزش، دالانها و گمانه‌های زهکشی و...

** - چاههای کاهنده[3] فشار، نصب دستگاههای اندازه‌گیری و کنترل (ابزار دقیق)

** - صافیها و زهکشیهای درون بدنه سد

## ** ۳-۳۳ ارزیابیهای چونی (از دیدگاه امتیاز کیفیتها) :

** ۱-۳-۳۳ ارزیابی ویژگیهای ژئومکانیکی پی‌ها

** ۲-۳-۳۳ ازیابی مرغوبیت مصالح مورد نیاز (مصالح خاکی و سنگی، اعم از : ریزدانه و درشت دانه و شن و ماسه برای ساخت بتن، سنگ چین حفاظتی[4]

** ۳-۳-۳۳ ارزیابی ویژگیهای زمین‌شناسی محل سدها، سرریزها، تونلها، و سایر سازه‌ها

** ۴-۳-۳۳ ارزیابی تزریق‌پذیری، روش اجرا و بهسازی زمین

** ۵-۳-۳۳ ارزیابی چونی و چگونگی اجرای انواع مختلف دیواره‌ها و پرده‌های آببند ومقایسه آنها

---

1- Rock bolt

2- Anchorge

3- Relief wells

4- Rip-rap

** ۳۳-۳-۶ ارزیابی کیفیت سنگهای پی و امکان واکنش در مقابل شرایط جدید ناشی از ایجاد مخزن سدها و سایر سازه‌ها به ویژه از دیدگاه وجود ناخالصیهای گچی، نمکی و سایر مواد انحلال‌پذیر

** ۳۳-۳-۷ ارزیابی نشست‌پذیری پی سازه‌ها به ویژه سدهای بزرگ و سنگین

## ** ۳۳-۴ پیش‌بینیهای لازم برای کنترل کیفیت اجرا :

** ۳۳-۴-۱ بررسی نحوه آزمایشهای تزریق و کنترل درجه آببندی آن

** ۳۳-۴-۲ نوع مواد آتشکاری، خرج‌گذاری و نحوه اجرای آن

** ۳۳-۴-۳ تثبیت دامنه‌ها و زمینلغزه‌ها، با توجه به روشهای پیش‌بینی شده و درجه ایمنی آنها

** ۳۳-۴-۴ کنترل نشت آب و تعبیه چاههای کاهنده فشار و کنترل کیفیت عملکرد آنها

۳۳-۴-۵ تعبیه ابزار بندی در بدنه، پی سازه‌ها و کنترل کارآیی آنها

۳۳-۴-۶ کنترل پایداری خاکریز و دامنه‌های سدهای خاکی و سنگریزه‌ای و دیواره‌های سازه‌های زیرزمینی

## ** ۳۳-۵ ارزیابی امکانات اجرایی (تکنولوژی ساخت، آهنگ پیشرفت عملیات) :

** ۳۳-۵-۱ انتخاب لوازم و ماشین آلات موردنیاز با توجه به شرایط تأمین آنها

** ۳۳-۵-۲ انتخاب نحوه اجرای عملیات پی کنیها و گودبرداریها

** ۳۳-۵-۳ انتخاب نحوه چال زنی و تونل کنی

** ۳۳-۵-۴ انتخاب نحوه اجرای عملیات قالب‌بندی و بتن‌ریزی

** ۳۳-۵-۵ انتخاب نحوه اجرای نگهداری جدار تونلها و دیواره‌های سازه‌های زیرزمینی

## ۳۳-۶ مقایسه گزینه‌ها و انتخاب گزینه برتر با توجه به نتایج بررسیها :

۳۳-۶-۱ حجم عملیات

۳۳-۶-۲ امکانات اجرایی

۳۳-۶-۳ تکنولوژی ساخت

۳۳-۶-۴ برنامه زمانبندی اجرایی و چگونگی سرمایه‌گذاری

۳۳-۶-۵ هزینه‌های اجرایی به طور اعم و هزینه‌های حمل مصالح، تجهیزات و غیره به طور اخص و هزینه‌های پیش‌بینی نشده در مرحله یکم

# ۳۴- گزارش فنی (ژئوتکنیکی)

**جلد اول : گزارش زمین‌شناسی (همراه با نقشه‌ها و نمودارهای مربوط) :**

**بخش اول: زمین‌شناسی منطقه‌ای (عمومی)**

**بخش دوم: زمین‌شناسی مهندسی‌محل‌سازه‌ها(محل سدهاومخازن، سازه‌های مهم، مسیرهای انتقال، تونلها و ...**

**بخش سوم: هیدروژئولوژی (محل سدها و مخازن، مسیر انتقال به ویژه تونلها، کانالها و ...)**

**بخش چهارم: نتیجه‌گیری و توصیه‌های فنی**

**جلد دوم: گزارش لرزه‌خیزی و مهندسی زلزله (همراه با نقشه‌ها و نمودارها و جداول مربوط)**

**بخش اول: بررسیهای زمینساختی همراه با نقشه‌های مربوط**

**بخش دوم: بررسی زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاهی**

**بخش سوم: برآورد پارامترهای مهندسی زلزله و ارزیابی طیف بازتاب زمین منطقه طرح**

**بخش چهارم: نتیجه‌گیری‌ها و توصیه‌های فنی**

**** جلد سوم: گزارش حفاریهای اکتشافی، نمونه برداری و آزمایشهای ژئوتکنیکی :**

**بخش اول : نتایج عملیات حفاری شامل : گمانه‌ها، چاهکها، خندقها، میله‌ها، دالانها و ...**

**نتایج آزمایشهای درون گمانه‌ای از قبیل : اندازه‌گیری نفوذپذیری، پرسیومتری، S.P.T و C.P.T، برش پره‌ای و ...**

**** بخش دوم: نتایج‌آزمایشهای ویژه محلی از قبیل : پمپاژ آب، تزریق سیمان، بارگذاریها (صفحه ای، باجک، با جک شعاعی، با جک مسطح) برش مستقیم درجا، بارگذاری داخل گمانه و...**

**** بخش سوم : نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی در مورد نمونه‌های خاکی و سنگی (شیمیائی، فیزیکی و مکانیکی) و همچنین آزمایشهای شیمیایی آبها**

**** بخش چهارم: نتایج بررسیهای ژئوفیزیکی :**

- **بررسیهای ژئوفیزیکی درجا با روشهای مختلف به‌کار برده شده**
- **بررسیهای ژئوفیزیکی آزمایشگاهی**
- **تجزیه و تحلیل نتایج، نقشه‌ها و نمودارها و ...**
- **نتیجه‌گیری‌ها و توصیه‌ها**

**** بخش پنجم : تجزیه و تحلیل کلیه یافته‌های بالا، تلفیق و تطبیق پذیری نتایج و ارائه پارامترهای مقدماتی برای طراحی**

**** بخش ششم : آلبوم نقشه‌ها، نمودارها و مقاطع ژئوتکنیکی با در نظر گرفتن نمودارهای زمین‌شناسی، خندقها، چاهکها، دالانها، چاهها، گمانه‌ها و...**

**** جلد چهارم : مصالح :**

**** بخش اول: ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی و شیمیایی مصالح طبیعی شامل : خاک و سنگ (منابع قرضه و معادن**

سنگ)، سنگدانه بتن

** بخش دوم : ویژگیهای فیزیکی - مکانیکی و شیمیائی مصالح مصنوعی شامل : سیمان، بتن، فولاد، شبکه‌ها [1]، انواع پارچه گونه‌های مسلح (نظیر : پارچه‌های ژئوتکنیکی [2]، غشاهای ژئوتکنیکی [3])

** بخش سوم : آزمایشهای ویژه دوام مصالح و تعیین کیفیت آنها

** بخش چهارم : نتیجه‌گیری و برآورد حجم مصالح گوناگون و ارائه توصیه‌های فنی

** جلد پنجم : طراحیهای ژئوتکنیکی همراه بانقشه‌ها و نمودارها و جدولها :

** بخش اول : ارزیابی مجدد معیارهای طراحی و انتخاب پارامترهای مربوط

** بخش دوم : انتخاب روش طراحی و محاسباتی با توجه به نوع و اهمیت سازه‌ها

** بخش سوم : طراحی سازه‌های ژئوتکنیکی و طراحی ژئوتکنیکی سازه‌های مهم همانند : سدهای خاکی و سنگریزه‌ای و خاکریزها و بازوهای خاکی و سنگریزه‌ای، پی سد و خندقهای مربوط، پی سرریز و کانال آن، پی حوضچه آرامش و تأسیسات آن ، انواع پیهای سطحی، پیهای ژرف، تونلها و دالانها، نیروگاه زیرزمینی و همچنین فضاهای زیرزمینی، انتخاب محل مناسب راهها و شهرکها و ساختمانهای مربوط

** بخش چهارم :ارزیابی روشهای مختلف بهسازی زمین شامل : نصب میل مهاریها، بتن پاشی‌ها، تزریق (تحکیمی، تماسی و آببندی)

ترکیب روشهای مذکور با توجه به ویژگیهای ژئوتکنیکی ساختگاه

بخش پنجم : عملیات ویژه بهسازی و پایدار سازی تونلها و خندقهای راه و آماده سازی محوطه شهرکها و ساختمانهای مربوط

بخش ششم : برآورد هزینه‌های اجرایی روشهای مختلف عملیات ژئوتکنیکی و بررسیهای اقتصادی به منظور انتخاب گزینه برتر

بخش هفتم : ارائه برنامه تحقیقات و بررسیهای تفصیلی - تکمیلی ژئوتکنیکی با در نظر گرفتن احجام عملیات توصیه شده و انواع آزمایشها

---

1- Geogrids

2- Geotextiles

3- Geomembranse

# فصل دوم

# فهرست خدمات مطالعات «برآورد خطر زمینلرزه در مرحله توجیهی»

## ۱- وارسی[1] و ژرف‌نگری لرزه زمینساختی

### ۱-۱ بررسی هندسه عناصر ساختاری ( تعیین شکل، گسترش، آرایش و توالی تشکیل ساختارها). اینگونه بررسیها در گستره نزدیک[2] ساختگاه ضروری می‌باشد:

#### ۱-۱-۱ ساختمان پوسته زمین در گستره مورد بررسی طرح (مسأله‌های مربوط به ستبرای پوسته، ژرفای پی سنگ مغناطیسی و خطواره‌های موجود در پی سنگ مغناطیسی) و ارتباط احتمالی آنها با ساختهای موجود در روی زمین (به ویژه با گسله‌های کاری) :

۱-۱-۱-۱ تعیین ستبرای پوسته زمین در گستره طرح براساس نقشه ژرفای موهوی بر پایه گرانی‌سنجی و سایر اطلاعات موجود

۱-۱-۱-۲ تعیین ژرفای پی سنگ مغناطیسی بر پایه نقشه‌های هوا مغناطیسی موجود در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰

۱-۱-۱-۳ شناخت و معرفی خطواره‌های مغناطیسی بر پایه نقشه‌های هوا مغناطیسی موجود و معرفی گسله‌های کواترنر همتای این خطواره‌ها

#### ۱-۱-۲ تفسیر چین‌ها و تعیین محور چین‌خوردگی ناحیه‌ای بااندازه‌گیری قطبهای لایه‌بندی با استفاده از روشهای متداول

#### ۱-۱-۳ شکستگیها:

۱-۱-۳-۱ گسله‌ها :

۱-۱-۳-۱-۱ برآورد گستردگی (درازا، پهنا، راستا، شیب و ...) زون گسله

۱-۱-۳-۱-۲ سن‌یابی گسله‌ها درصورت نیاز برپایه داده‌های زمینشناختی، بازکردن ترانشه و تعیین سن مواد موجود در لایه‌های گسلیده

۱-۱-۳-۱-۳ شناسایی گسله‌های نهان[3] احتمالی برپایه داده‌های بدست آمده از :

- برش عرضی بازسازی شده معادل[4] (در این مورد ضروری است چینه‌شناسی و ضخامت لایه به‌خوبی دانسته شوند)

---

۱- منظور از وارسی (Investigation) مرور همراه با بررسی جزییات یافته‌های مراحل قبلی می‌باشد.

۲- گستره نزدیک در مطالعات لرزه زمینساخت دست‌کم تا شعاع ۳۰ کیلومتری ساختگاه درنظر گرفته می‌شود.

3 - Blind faults

4 - Balanced cross section

- اندازه‌گیری با دستگاههای نقشه‌برداری و جایاب (G.P.S)[1] در صورت لزوم
- بررسی ویژگیهای زمین ریختشناسی[2] مانند جابجایی در بستر رودخانه‌های کواترنر پسین، پادگانه‌های دریایی و کجشدگی لایه‌های سطحی و غیره
- بررسی پراکندگی پسلرزه‌ها
- باز کردن ترانشه ( در صورت لزوم )
- بررسیهای ژئوفیزیکی ( در صورت لزوم )
- حفر گمانه‌های اکتشافی ( در صورت لزوم )

۱-۱-۳-۲ درزه‌ها (در این زمینه از داده‌های پایه زمین‌شناسی مهندسی که انجام گردیده‌است استفاده می‌شود).۱-۱-۳-۳خطواره‌ها[3] (خطواره‌های معرفی شده و یا نتیجه بررسیهای لرزه زمین‌ساختی در گستره طرح و ارائه اثربخشی آنها بر سازه)

### ۱-۱-۴ اثر فازهای کوهزایی[4] نئوژن بویژه کوهزاد[5] جوان در گستره مورد بررسی

### ۱-۱-۵ گردآوری مدلهای زمین‌ساختی ارائه شده برای فلات ایران

۱-۱-۵-۱ بررسی کمی و کیفی مدلهای ارائه شده و انتخاب مناسبترین آن

### ۱-۱-۶ انتخاب مدل لرزه زمینساختی مناسب برپایه ویژگیهای زیر :

- جایگاه ساختگاه در مدل زمینساختی و لرزه‌زمینساختی
- وضعیت میدان تنش[6] و توزیع تنشها
- ژرفای پهنه لرزه‌زا[7]
- سازوکار چیره گسلی
- داده‌های مربوط به سازوکار ژرفی گسلش

---

1- Global Positioning System
2- Geomorphology
3 - Lineation
4 - Orogeny
5 - Orogen
6 - Stress field
7- Seimogenic depth zone

## ۱-۲ لرزه‌خیزی :

### ۱-۲-۱ وارسی و ژرف‌نگری داده‌های مهلرزه‌ای زمینلرزه‌های تاریخی (شدت، بزرگا، محل رویداد و چگونگی تمرکز آنها) :

۱-۲-۱-۱ شدت زمینلرزه‌ها (برآورد شدت در گستره رومرکز[1] زمینلرزه و ساختگاه سازه مورد بررسی براساس اطلاعات موجود )

۱-۲-۱-۲ بزرگای زمینلرزه‌ها (بیان بزرگای زمینلرزه و خطای بزرگای زمینلرزه‌ها)

۱-۲-۱-۳ رومرکز زمینلرزه‌ها (بیان گستره کلان لرزه‌ای و خطای رومرکز زمینلرزه‌ها)

### ۱-۲-۲ تفسیر داده‌های مهلرزه‌ای زمینلرزه‌های تاریخی وکوشش در یافتن گسله‌های لرزه‌زا و مسبب رویداد زمینلرزه‌های تاریخی (ترسیم گستره‌های کلان لرزه‌ای مهلرزه‌ها بر روی نقشه گسله‌ها به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و پیوند دادن میان سازوکار گسله‌ها و گستره‌های کلان لرزه‌ای زمینلرزه‌ها)

### ۱-۲-۳ وارسی و ژرف‌نگری داده‌های مهلرزه‌ای زمینلرزه‌های سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۶۴ میلادی در گستره مورد بررسی (بزرگا، ژرفای کانونی، شدت، محل رویداد، چگونگی تمرکز آنها و انتخاب کم خطاترین داده‌های دور لرزه‌ای):

۱-۲-۳-۱ شدت زمینلرزه‌ها (برآورد شدت و تعیین گستره کلان لرزه‌ای مهلرزه‌ها، برآورد شدت در ساختگاه سازه مورد بررسی براساس اطلاعات موجود)

۱-۲-۳-۲ بزرگای زمینلرزه‌ها (بیان بزرگای زمینلرزه بر پایه موجهای پیکری یا سطحی و بیان خطای بزرگای زمینلرزه‌ها)

۱-۲-۳-۳ ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها (بررسی ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها بر پایه گزارش مرکزهای مختلف بررسی داده‌های لرزه‌ای، بررسی ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها بر پایه مدل‌سازی امواج پیکری در صورت امکان)

۱-۲-۳-۴ رومرکز زمینلرزه‌ها (بررسی رومرکز زمینلرزه‌ها بر پایه گزارش مرکزهای مختلف بررسی داده‌های زمینلرزه‌ای، بررسی خطای رومرکز زمینلرزه‌ها)

۱-۲-۳-۵ سازوکار ژرفی زمینلرزه‌ها (بررسی سازوکار ژرفی زمینلرزه‌ها در صورت امکان، بررسی سازوکار گسله‌ها و بحث پیرامون گسله مسبب رویداد زمینلرزه‌ها)

---

1- Epicenter

**۱-۲-۴ وارسی و ژرف‌نگری داده‌های نگاشته شده زمینلرزه‌های سال ۱۹۶۴ به بعد و انتخاب کم خطاترین داده‌های دور لرزه‌ای :**

۱-۲-۴-۱ شدت زمینلرزه‌ها (برآورد شدت و تعیین گستره کلان لرزه‌ای مهلرزه‌ها، برآورد شدت در ساختگاه سازه مورد بررسی)؛

۱-۲-۴-۲ بزرگای زمینلرزه‌ها (بیان بزرگای زمینلرزه‌ها بر پایه موجهای پیکری و سطحی، بیان بزرگای گشتاوری و بیان خطای بزرگای زمینلرزه‌ها)

۱-۲-۴-۳ ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها (بررسی ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها بر پایه گزارش مرکزهای مختلف بررسی داده‌های زمینلرزه‌ای، بررسی ژرفای کانونی زمینلرزه‌ها بر پایه مدل‌سازی امواج پیکری و سایر روشهای متداول)

۱-۲-۴-۴ رومرکز زمینلرزه‌ها (بررسی رومرکز زمینلرزه‌ها بر پایه گزارش مرکزهای مختلف بررسی داده‌های زمینلرزه‌ای، برآورد خطای رومرکز زمینلرزه‌ها)

۱-۲-۴-۵ سازوکار ژرفی زمینلرزه‌ها (بررسی سازوکار ژرفی زمینلرزه‌ها در صورت امکان، بررسی سازوکار گسله‌ها و بحث پیرامون گسله مسبب رویداد زمینلرزه‌ها)

**۱-۲-۵ بررسی صحرایی محلهای زلزله زده گذشته در گستره نزدیک و تکمیل داده‌های زمینلرزه‌ای در محل رویداد آنها (شناسایی گستره‌های کلان لرزه‌ای زمینلرزه‌های تاریخی و قرن حاضر)، تطبیق و به نقشه درآوردن گستره‌های کلان لرزه‌ای با موقعیت گسله‌ها (بر روی نقشه‌ای حداقل با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰) و بحث پیرامون گسله‌های لرزه‌ای مسبب رویداد مهلرزه‌ها**

**۱-۲-۶ تفسیر و تکمیل داده‌های مهلرزه‌ای (تاریخی و قرن حاضر) زمینلرزه‌های گستره مورد بررسی طرح وکوشش دریافتن ارتباط میان آنها و گسله‌های لرزه‌زای مربوط.**

**۱-۳ ارائه نقشه‌های لرزه زمین‌ساختی**

۱-۳-۱ ارائه نقشه لرزه زمین‌ساختی از گستره ۳۰ کیلومتری ساختگاه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (بزرگ مقیاس)

۱-۳-۲ ارائه نقشه لرزه زمین‌ساختی از گستره ۱۰۰ کیلومتری ساختگاه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (متوسط مقیاس)

۱-۳-۳ ارائه نقشه لرزه زمین‌ساختی از گستره ۲۰۰ کیلومتری ساختگاه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (کوچک مقیاس)

## ۲- برآورد ویژگیهای لرزه‌خیزی

برآورد ویژگیهای لرزه‌خیزی باید برپایه مجموعه اطلاعات پردازش شده زمینلرزه‌های گستره موردنظر با استفاده از روشهای آماری مناسب انجام شود.

### ۲-۱ تهیه، تکمیل و پردازش مجموعه اطلاعات زمینلرزه‌ها

#### ۲-۱-۱ تهیه فهرست زمینلرزه‌ها

فهرست زمینلرزه‌ها با توجه به موارد زیر تهیه می‌شوند:

۲-۱-۱-۱ گستره مورد بررسی طرح : گستره مورد بررسی طرح شامل استانهای لرزه زمینساخت مربوط و گستره‌های شعاعی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلومتری (و در صورت لزوم گستره‌های وسیع‌تر) ساختگاه است.

۲-۱-۱-۲ بازه زمانی: با توجه به ناهمگن بودن اطلاعات ازنظر برآورد بزرگا، مکانیابی رومرکز و همچنین با توجه به بزرگای آستانه، معمولاً دسته‌بندی فهرست زمینلرزه‌ها برای سه دوره زیر صورت می‌پذیرد:

- زمینلرزه‌های تاریخی (پیش از سده بیستم)
- زمینلرزه‌های ثبت شده (دستگاهی) از سال ۱۹۰۰ تا پایان سال ۱۹۶۳ میلادی (پیش از تکمیل شبکه لرزه‌نگاری جهانی)
- زمینلرزه‌های ثبت شده از سال ۱۹۶۴ میلادی به بعد

۲-۱-۱-۳ مراکز اعلام کننده زمینلرزه: درجه اعتبار مراجع مختلف باید مدنظر قرار گیرد.

#### ۲-۱-۲ تکمیل فهرست زمینلرزه‌ها

فهرست زمینلرزه‌ها را معمولاً در دو مورد به شرح زیر تکمیل می‌کنند :

۲-۱-۲-۱ بزرگا: به منظور تکمیل اطلاعات بزرگای زمینلرزه‌ها، از رابطه‌ای خطی بین بزرگای $m_b$ و $M_S$ برای گستره مورد نظر استفاده می‌شود.

۲-۱-۲-۲ ژرفای کانونی: ژرفای کانونی اعلام شده توسط ایستگاههای لرزه‌نگاری معمولاً دارای خطای قابل توجه است. لذا با توجه به مطالعات موردی درباره برخی از زمینلرزه‌های گستره مورد بررسی و همچنین با درنظر گرفتن مدل لرزه زمینساختی پوسته زمین منطقه، ژرفای کانونی با داوری کارشناسی برآورد می‌شود.

### ۲-۱-۳ پردازش فهرست زمینلرزه‌ها

از آنجاکه در بکارگیری فهرست زمینلرزه‌ها برای محاسبات خطر زمینلرزه بطور معمول فرض می‌شود که زمینلرزه‌ها در حوزه زمان و مکان مستقل از یکدیگر می‌باشند، بنابراین فرآیند پواسونی بودن زمینلرزه‌ها ایجاب می‌نماید که پیشلرزه‌ها و پسلرزه‌ها از فهرست زمینلرزه‌ها حذف شوند.

## ۲-۲ برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی

مواردی که در برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی حایز اهمیت می‌باشند به شرح زیر است:

### ۲-۲-۱ دسته‌بندی فهرست زمینلرزه‌ها:

به منظور افزایش اعتبار محاسبه پارامترهای لرزه‌خیزی، استفاده از فهرست درازمدت زمینلرزه‌ها ضروری می‌باشد. در این زمینه باید از کلیه اطلاعات ثبت شده دستگاهی (پردازش شده) و گزارش‌شده تاریخی (با داوری کارشناسی) استفاده شود.

این دسته‌بندی باید با توجه به موارد زیر صورت پذیرد:

۲-۲-۱-۱ پرهیز از بکارگیری فهرستهای کوتاه مدت زمینلرزه‌ها

۲-۲-۱-۲ بکارگیری مناسب زمینلرزه‌های تاریخی.

۲-۲-۱-۳ در نظر گرفتن بازه(های) زمانی مختلف به علت نبود اطلاعات لرزه‌ای به دلایل مختلف (عدم ثبت و یا نبود زمینلرزه[1] و...)

### ۲-۲-۲ بزرگای زمینلرزه‌ها:

۲-۲-۲-۱ **بیشینه بزرگا:** بیشینه بزرگا، بزرگای بزرگترین زمینلرزه‌ای است که احتمال رویداد آن در گستره مورد نظر وجود دارد. این بزرگا با توجه به فرضیات موجود در توزیعهای آماری مورد استفاده باید به شرح زیر برآورد شود:

- بزرگترین زمینلرزه رخداده
- حداکثر توان لرزه‌زایی گسله‌های لرزه‌زا

---

1- Seismic gap

**۲-۲-۲-۲ بزرگای آستانه [1] ($M_c$) انتخابی : در انتخاب بزرگای آستانه با توجه به فرضیات موجود در مدلهای آماری مورد استفاده در تحلیل خطر زمینلرزه موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:**

- **مجموعه اطلاعات موجود از لرزه‌خیزی گستره موردنظر**
- **حداقل بزرگایی که از نظر مهندسی قابل توجه است**

**۲-۲-۲-۳ عدم قطعیت بزرگا : برای درنظرگرفتن عدم قطعیت بزرگا در برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرند:**

- **به علت عدم قطعیت بزرگای زمینلرزه‌های تاریخی (رویداده پیش از قرن بیستم) بکارگیری آنها وارسی بیشتری را طلب می‌کند.**
- **با توجه به افزایش دقت ثبت دستگاههای لرزه‌نگار در بازه‌های زمانی مختلف میزان عدم قطعیت بزرگا متفاوت است.**
- **عدم قطعیت بزرگا با توجه به بزرگ یا کوچک بودن زمینلرزه‌ها و توزیع سمتی [2] دستگاههای لرزه‌نگار در منطقه متفاوت است.**

### ۲-۲-۳ رابطه بزرگا- فراوانی :

**به منظور تعیین رابطه بزرگا- فراوانی باتوزیع داده‌های واقعی از گونه‌های مختلف رابطه گوتنبرک - ریشتر استفاده می‌شود. این گونه روابط مبتنی بر فرضیات زیر می‌باشد:**

- **همگن بودن لرزه‌خیزی گستره مورد نظر**
- **استقلال رویداد زمینلرزه‌ها در حوزه زمان و مکان**
- **ثابت بودن توزیع بزرگا در حوزه زمان**
- **وجود یک بزرگای حداکثر ($M_{max}$)**

**یکی از روشهای آماری متداول و معتبر به منظور برازش توزیع مورد نظر با توزیع رویداد زمینلرزه‌ها، روش تخمین بیشینه درستنمایی [3] می‌باشد.**

---

1- Threshold magnitude

2- Azimut distribution

3- Maximum likelihood estimation

## ۳- برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین:

پارامترهای جنبش نیرومند زمین به دو روش احتمالی[1] و تعیّنی[2] محاسبه و برآورد می‌شود. این پارامترها شامل : مؤلفه‌های شتاب، سرعت، جابجایی و سرانجام تهیه طیف پاسخ زمین و شتابنگاشتهای مناسب می‌باشند. با توجه به روشهای تحلیل خطر زمینلرزه، در این مرحله از مطالعات ارائه بیشینه شتاب و طیف پاسخ زمین برپایه رابطه کاهیدگی[3] برگزیده الزامی است.

### ۳-۱ گزینش رابطه کاهیدگی :

رابطه کاهیدگی مناسب با توجه به موارد زیر برگزیده می‌شود:

- فاصله چشمه لرزه‌زا[4] از ساختگاه مورد نظر
- بزرگای زمینلرزه
- ژرفای کانونی زمینلرزه‌های اصلی[5] گستره مورد مطالعه برپایه مدل لرزه زمینساختی
- نوع زمین ساختگاه موردنظر
- سازوکار چیره چشمه‌های لرزه‌زا در گستره مورد مطالعه برپایه مدل لرزه زمینساختی
- خطای استاندارد

### ۳-۲ روش احتمالی:

#### ۳-۲-۱ تهیه پارامترهای مدل ریاضی از چشمه‌های لرزه‌زا:

پارامترهای مدل ریاضی از چشمه‌های لرزه‌زا (نقطه‌ای، خطی و ناحیه‌ای) با توجه به موارد زیر تعیین می‌شوند :

- برآورد بیشینه بزرگای ($M_{max}$) هریک از چشمه‌های لرزه‌زا
- گزینش پارامتر لرزه‌خیزی (b یا $\beta$) برای هریک از چشمه‌های لرزه‌زا
- گزینش آهنگ رویداد زمینلرزه آستانه ($\lambda$) برای هریک از چشمه‌های لرزه‌زا
- گزینش بزرگای زمینلرزه آستانه ($M_c$) برای هریک از چشمه‌های لرزه‌زا
- گزینش ژرفای کانونی هریک از چشمه‌های لرزه‌زا

---

1- Probabilistic
2- Deterministic
3- Attenuation relationship
4- Seismic source
5- Main shock

### ۳-۲-۲ بکارگیری مدل احتمالی:

مدل احتمالی باید بر پایه روشهای متداول و بهنگام تحلیل خطر زمینلرزه صورت پذیرد که از آنجمله می‌توان به مدل احتمالی کرنل[1] (۱۹۶۸)، مک‌گوایر[2] (۱۹۷۶)، بندر وپرکینز[3] (۱۹۸۷)، دانبار و چارل‌وود[4] (۱۹۹۱) و... اشاره نمود.

### ۳-۲-۳ برآورد احتمال فزونی یا دوره بازگشت رویداد بیشینه پارامترهای جنبش نیرومند زمین در ساختگاه برپایه توابع توزیع انباشتی[5] مناسب نظیر:

- دوکرانه‌ای گوتنبرگ - ریشتر[6]
- نوع S [هاول[7] (۱۹۸۰)]
- نوع III گامبل[8] [یگولاپ و کوئو[9] (۱۹۷۴)]

## ۳-۳ روش تعیّنی

بیشینه پارامترهای باورکردنی جنبش نیرومند زمین در یک ساختگاه با انتخاب سناریوهای مناسب مانند آنچه درزیر آمده است، برآورد می‌شود:

- برپایه توان لرزه‌زایی گسله‌های گستره نزدیک
- برپایه رخداد زمینلرزه‌های گذشته گستره نزدیک
- برپایه دیگر سناریوهای لرزه زمینساختی پذیرفتنی نظیر سناریو زمینلرزه‌های شناور و...

## ۳-۴ عاملهای مؤثر در تعیین میزان پارامترهای جنبش نیرومند زمین در ساختگاه:

در تعیین میزان پارامترهای جنبش نیرومند زمین در ساختگاه سازه مورد نظر باید به عاملهای زیر توجه شود:

### ۳-۴-۱ عمر مفید سازه:

عمر مفید سازه برپایه مصالح بکار رفته تعیین می‌شود. معمولاً این عمر برای سدهای بتنی و خاکی حداقل ۱۰۰ سال و برای سدهای چوبی حداکثر ۴۰ سال و برای سدهای لاستیکی کمتر از ۲۵ سال و... در نظر گرفته می‌شود.

---

1- Cornell 1968

2- Mc Guire (1976)

3- Bender & Perkins 1987

4- Dunbar & Charlwood (1991)

5- Cumulative distribution functions

6- Doubly truneated Gutenberg - Richter

7- Howell (1980)

8- Gumbel (1978)

9- Yegulap & Kuo (1974)

### ۳-۴-۲ خطرپذیری

**خطرپذیری برای سدها و سازه‌های جنبی آن برپایه اطلاعات زیر صورت می‌پذیرد [۱]:**

**- ارتفاع سد**

**- گنجایش مخزن سد**

**- آسیبهای جانی احتمالی پایین دست سد**

**- زیانهای مالی احتمالی پایین دست سد**

**تذکرمهم: با توجه به این نکته که احداث سد در هر محل می‌تواند اثرات زیست‌محیطی بهمراه آورد و افزون برآن برهم کنشهای ویژه‌ای با سایر تأسیسات و یا سکونتگاههای انسانی موجود (و یا آینده) در پی آورد، تصمیم نهایی در مورد کمی کردن پارامترهای خطرپذیری باید توسط کارفرما اتخاذ شود. لازم است این تصمیم‌گیری با حضور نمایندگان تام‌الاختیار کارفرما، مشاور طراح، کارشناسان منتخب لرزه زمینساخت، زلزله‌شناسی مهندسی، زمین‌شناسی مهندسی، مهندسی زلزله و... انجام پذیرد.**

## ۳-۵ سطوح مختلف لرزه‌ای در طراحی:

**معمولاً سه سطح لرزه‌ای در طراحی در نظر گرفته می‌شود. این سه سطح برپایه رهنمودهای کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ (ICOLD) و کمیته تنظیمی انرژی اتمی آمریکا [۲] می‌باشد.**

### ۳-۵-۱ سطح مبنای طراحی [۳] (DBL)

**رویداد جنبش نیرومند زمین برای این سطح از طراحی در طول عمر مفید سازه با احتمال زیاد وجود دارد. در این سطح از طراحی هیچگونه آسیب سازه‌ای نباید وارد شود.**

### ۳-۵-۲ سطح بیشینه طراحی [۴] (MDL)

**رویداد جنبش نیرومند زمین برای این سطح از طراحی در طول عمر مفید سازه با احتمال کم وجود دارد. در این سطح از طراحی ممکن است به سازه آسیب وارد شود ولی این آسیب همواره باید قابل ترمیم باشد.**

---

۱- توصیه می‌شود برای دستیابی به اطلاعات بیشتر به فصل پنجم بولتن شماره ۷۲ ICOLD مراجعه شود. این بولتن توسط این کمیته ترجمه و منتشر شده است.

2- US Nuclear Regulatory Commission (USNRC)  3- Design Basis Level

4- Maximum Design Level

### ۳-۵-۳ سطح بیشینه پذیرفتنی [1] (MCL)

بیشترین میزان جنبش نیرومند زمین برپایه آنچه در بند ۳-۳ آمده است، تعیین می‌شود. در این سطح از طراحی ممکن است آسیب سازه‌ای عمده و غیرقابل ترمیم به سازه وارد شود ولی هیچگاه نباید موجب خرابی ناگهانی سد و بروز فاجعه گردد.

## ۳-۶ طیف پاسخ [2] زمین:

طیف پاسخ پوش بیشینه پاسخهای شتاب، سرعت و جابجایی برحسب فرکانس (و یا پریود) با یک نسبت میرایی [3] معین است که برای سیستم با یک درجه آزادی تحت اثر نیروی محرکه‌ای در حوزه زمان قرار گرفته باشد.

### ۳-۶-۱ عوامل مؤثر در طیف پاسخ یک شتابنگاشت:

عوامل زیر در محتوای فرکانسی [4] و شکل طیف پاسخ زمینلرزه در یک محل مؤثر می‌باشند:

- بزرگای زمینلرزه
- فاصله چشمه لرزه‌زا تا محل ثبت شتابنگاشت
- شرایط ژئوتکنیکی محل ثبت شتابنگاشت
- شرایط زمین‌شناختی چشمه لرزه‌زا تا محل ثبت شتابنگاشت
- مدت دوام مؤثر [5] شتاب نگاشت
- سازوکار گسله مسبب زمینلرزه
- توپوگرافی ساختگاه

### ۳-۶-۲ طیف طرح :

طیف طرح منحنی صاف شده و یا مجموعه‌ای از خطوط مستقیم است که به منظور تعیین ضریب بزرگنمایی جنبش نیرومند زمین برحسب پریود (یا فرکانس) برای طراحی یک سازه بکار می‌رود. این طیف نشان دهنده پارامترهای جنبش زمین (شتاب، سرعت و...) در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

---

1- Maximum Credible Level

2- Response spectrum

3- Damping

4- Frequency content

5- Significant duration

طیف طرح به دو روش زیر تهیه می‌شود :

### ۳-۶-۲-۱ روش تعیّنی:

این روش با استفاده از یک مدل کاهیدگی مناسب مقادیر طیف را برای پریودهای مختلف و در یک میرایی معین ارائه می‌دهد. برای بدست آوردن طیف طرح در سطح بیشینه پذیرفتنی (MCL) از این روش استفاده می‌شود.
عوامل مؤثر در بدست آوردن طیف طرح در سطح بیشینه پذیرفتنی عبارتند از:

- مدل کاهیدگی مناسب که با توجه به شرایط زمین‌شناسی ساختگاه سد و شرایط لرزه‌خیزی منطقه انتخاب می‌گردد.
- بزرگای زمینلرزه (منظور بزرگای زمینلرزه‌ای است که قادر است بیشترین شتاب محتمل جنبش نیرومند زمین را در ساختگاه سد ایجاد نماید).
- فاصله سطحی ساختگاه سد تا گسله مسبب زمینلرزه
- ژرفای کانونی مناسب که با توجه به بند ۲-۱-۲-۲ تعیین خواهد شد.

### ۳-۶-۲-۲ روش احتمالی:

منظور از تهیه این طیف بکارگیری مدلهای احتمالی برای احتمال رویدادهای مختلف و برپایه چشمه‌های لرزه‌زا در گستره مورد مطالعه می‌باشد. در این روش یک مدل کاهیدگی مناسب مطابق آنچه که در بند (۳-۱) گفته شده است بکار گرفته خواهد شد که شامل طیفهای با احتمال رویداد یکسان [1] زیر می‌باشد:

- طیف طرح با احتمال رویداد یکسان $۱\times۱۰^{-۲}$ تا $۲\times۱۰^{-۳}$ برای سطح مبنای طراحی (DBL)
- طیف طرح با احتمال رویداد یکسان $۱\times۱۰^{-۳}$ تا $۵\times۱۰^{-۴}$ برای سطح بالای طراحی (MDL)
- طیف طرح با احتمال رویداد یکسان $۵\times۱۰^{-۴}$ تا $۱\times۱۰^{-۴}$ برای سطح بیشینه پذیرفتنی (MCL)

احتمال رویداد یکسان با توجه به عمر مفید سازه و درصد خطرپذیری مشخص می‌شود. مقایسه طیف طراحی با احتمال رویداد یکسان برای سطح بیشینه پذیرفتنی (MCL) یا طیف بدست آمده از روش تعیّنی ضروری می‌باشد.

## ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

### ۴-۱ پیشنهاد استقرار شبکه لرزه‌نگاری محلی پیرامون سدهائی که دست کم دارای یکی از شرایط زیر باشد:

- سدهای با ارتفاع بیش از ۱۰۰ متر

---

1- Equal probability response spectrum

- سدهای با گنجایش مخزن بیش از ۵۰۰ میلیون متر مکعب
- سدهائی که در نواحی لرزه زمینساختی کاری [1] قرار گرفته‌اند.

## ۲-۴ پیشنهاد نصب دست کم یک دستگاه شتابنگار در ناحیه ساختگاه سد با در نظر گرفتن شرایط مشابه با پی ساختگاه به منظور ثبت حرکات میدان آزاد [2] برای موارد زیر ضروری است:

- سدهایی که در مخزن آن گسله‌های غیرکاری‌ای وجود دارند مشروط بر آنکه لرزه‌خیزی و زمین‌شناسی محلی و منطقه‌ای نشان‌دهنده استعداد لرزه‌خیزی القایی باشند.

1- Active Seismotectonic Provinces

2- Free field

Islamic Republic of Iran

Plan and Budget Organization

# List of Services in Geotechnical Earthquake Risk Estimation Studies "Feasibility Phase"

No: 200

Office of the Deputy for Technical Affairs

Bureau of Technical Affairs and Standards

1379/2000

## این نشریه

با عنوان: «فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ژئوتکنیک و برآورد خطر زمینلرزه» توسط کمیته «ژئوتکنیک» با همکاری زیر کمیته تخصصی «لرزه‌خیزی و مهندسی زمینلرزه» طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه شده است.

مطالعات مرحله توجیهی با هدف تهیه طرح بهینه انجام می‌شود. براساس این مطالعات و آزمایشهای تکمیلی، طرح تفصیلی و اسناد مناقصه تهیه می‌گردد.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

ISBN 964-425-202-0

9789644252020