

مطالعه ژئوتکنیک، ژئوفیزیک، پل رسالت واقع در تقاطع بزرگراه رسالت و بزرگراه مدرس

سید علیرضا آشفته^{۱*}، رضا حسنی روشن^۲، اعظم حاجیان^۳

- ۱- کارشناسی ارشد مهندسی معدن - اکتشاف، شرکت مهندسی مشاور پیچاب کاوش
- ۲- کارشناسی ارشد مدیریت استراتژیک، شرکت مهندسی مشاور پیچاب کاوش
- ۳- کارشناسی ارشد تکتونیک، شرکت مهندسی مشاور پیچاب کاوش

چکیده

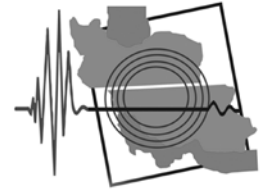
پل رسالت در تقاطع بزرگراه رسالت و بزرگراه مدرس تهران واقع شده است. برای شناسایی وضعیت زیرسطحی زمین و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی و همچنین بررسی ظرفیت باربری مجاز زمین مطالعات ژئوتکنیک و ژئوفیزیک صورت گرفته است. اهداف عمده مطالعات حاضر به شرح زیر بوده است:

- بررسی وضعیت تحت‌الارضی و لایه‌بندی زمین
- تعیین عمق آب زیرزمینی
- تعیین خصوصیات مکانیکی و دینامیکی لایه‌های زمین
- تعیین سرعت موج برشی در لایه‌های خاک
- بررسی نوع زمین از نظر مهندسی زلزله
- تعیین ظرفیت باربری و مقاومت مجاز پی

واژه‌های کلیدی: ژئوتکنیک، ژئوفیزیک، پل رسالت، مقاومت مصالح

۱- مقدمه

برای انجام مطالعات ژئوتکنیک تعداد ۲ گمانه ۳۰ متری به روش دورانی حفاری گردید و در حین حفاری آزمایش ضربه و نفوذ مخروط استاندارد (SPT) انجام شده است. همچنین گمانه BH-1 برای انجام آزمایش‌های لرزه‌ای آماده‌سازی شده و آزمایش‌های لرزه‌ای به روش سطح به عمق (Downhole) جهت تعیین پارامترهای دینامیکی لایه‌های زمین انجام گردیده است. بر روی



نمونه‌های برداشت شده از گمانه‌ها آزمایش‌های دانه‌بندی، حدود اتربرگ، تعیین وزن مخصوص، GS، برش مستقیم، سهم‌محوری و آزمایش‌های شیمیایی خاک انجام یافته است.



شکل (۱) موقعیت پل رسالت بر روی نقشه تهران

۲- وضعیت زمین‌شناسی محدوده طرح

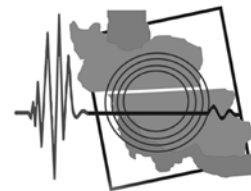
بر اساس فعالیت‌های تکتونیکی، تحولات حوضه‌های رسوبی، سن واحدهای مختلف و نیز فعالیت‌های ماگمایی و دگرگونی صفحه ایران پهنه‌های متفاوتی تعریف و توصیف شده است. بر اساس تقسیم‌بندی نبوی، ۱۳۵۵ منطقه مورد مطالعه در زون البرز - آذربایجان واقع شده است. این زون حوادث زیادی را پشت سر گذاشته که آثار آن از پرکامبرین تا به امروز قابل مشاهده است. پدیده تکتونیکی مهمی در اوایل دونین سبب تشکیل گسل شمال تبریز و تقسیم بسیار مشخص رخساره‌ها در آذربایجان شده است. در طی تریاس فوقانی و قبل از رسین حرکات تکتونیکی مهم باعث تشکیل گسل زرینه‌رود و تقسیم صفحه پالئوزوئیک به دو بخش جداگانه شده است. فاز تکتونیکی آلپی باعث یک دگرشیبی زاویه‌ای در قاعده سکانس آهکی کرتاسه (کرتاسه آغازی) شده است. فعالیت‌های آتشفشانی مهم طی ائوسن به ظهور رسیده است. پس از بالازدگی ناشی از چین‌خوردگی الیگوسن آغازی، رسوبات دریایی قم و سازندهای قرمز تحتانی و فوقانی در بخش‌های مرکزی و شمال‌شرقی و غربی آذربایجان رسوب کرده‌اند. رسوبات پلیوسن به طور دگرشیب بر روی سازند قرمز فوقانی ته‌نشین شده است. از دیدگاه ساختار ناحیه‌ای، تلفیقی از تنش‌های تکتونیکی زون‌های البرز و زاگرس و قفقاز روی منطقه تاثیر داشته است. آخرین و جوان‌ترین فعالیت‌های منطقه به طور اعم به پلوتونیسم و ولکانیسم و جابجایی‌های تکتونیکی محدود خلاصه می‌شود. به نظر می‌رسد که فعالیت‌های تکتونیکی عمده‌ای در قشر سطحی پوسته زمین بعد از فعالیت‌های آتشفشانی پلیوسن انجام نگرفته است. ارتفاعات واقع در شمال تهران بخشی از ارتفاعات البرز به نام البرز مرکزی است که از سری سنگ‌های چین‌خورده و رانده شده پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترشیاری تشکیل شده است. ارتفاعات جنوب‌شرقی تهران که کوه‌های سه‌پایه را تشکیل می‌دهد به صورت تاقدیسی، دشت تهران را از سوی جنوب‌شرقی احاطه کرده است. سنگ‌های کرتاسه با گستردگی زیاد در دامنه‌های شمالی تاقدیس سه‌پایه برونزد دارند در حالی که در پهلوی جنوبی، سازندهای سنوزوئیک توام با توده‌های گرانودیوریتی و جریان‌های گدازه‌ای دیده می‌شوند. کوه‌های بی‌بی‌شهربانو در جنوب تهران تاقدیسی با روند شمال‌غرب - جنوب‌شرق است که دارای هسته‌ای از سنگ‌های پالئوزوئیک می‌باشد. در اواخر دوران سوم (دوره میوسن) برپایی ارتفاعات البرز در اثر نیروهای فشاری زمین‌ساختی که با فرسایش شدید این کوه‌ها همراه بوده است سبب انباشته



اولین همایش ملی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

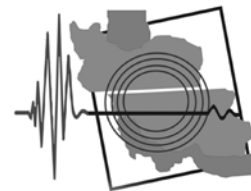
دانشگاه آزاد اسلامی - واحد میبد

۷ و ۸ اسفندماه ۱۳۹۲



شدن حجم عظیمی از نهشته‌های آبرفتی و سیلابی در پای ارتفاعات گردیده است. این آبرفت‌ها بخشی واسط بین کوه‌های البرز و دشت تهران را تشکیل می‌دهد.

حد شمالی کوهپایه‌های تهران بر تراست روراندۀ شمال تهران منطبق بوده در حالی که مرز جنوبی آن با دشت تهران به طور کامل تدریجی است. بخش کوهپایه‌ای تهران از مواد درشت‌دانه رودخانه‌ای تشکیل یافته که با شیب قابل ملاحظه‌ای به دشت تهران ختم می‌شود. ضخامت رسوبات آبرفتی در برخی نواحی کوهپایه‌ای بیش از هزار متر تخمین زده می‌شود. پی‌سنگ در زیر بخش‌های آبرفتی کوهپایه‌ای، توفهای سازند کرج و در زیر بخش‌های آبرفتی دشت تهران سازند قرمز بالایی است. در بعضی از نقاط دشت تهران بخش قاعده‌ای کنگلومرای هزاردره با بخش‌های فوقانی سازند قرمز بالایی حالت بین‌لایه‌ای دارد که دلیل بر همزمانی این رسوبات می‌باشد. مجموعه رسوبات مذکور در فاز کوهزایی پاسادنین (از سری فازهای کوهزایی آلپ جدید) به شدت چین‌خورده و پس از یک دوره فرسایش رسوبات جوان‌تر با دگرشیبی زاویه‌دار آنها را می‌پوشانند (پدرامی، ۱۳۶۰). ویژگی‌های رسوب‌شناختی آبرفت‌های تهران، بیانگر رسوب‌گذاری این نهشته‌ها بر اثر جریان‌ات سیلابی است که از پلیوسن پسین جریان داشته و از دامنه‌های جنوبی ارتفاعات البرز سرچشمه می‌گرفته است. نهشته‌های آبرفتی مذکور بر اساس اختصاصات رسوبی، چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، ریخت‌شناسی و سن‌یابی توسط افراد مختلف مطالعه و تقسیم‌بندی گردیده‌اند. اولین بار ریبین (Rieben, 1955, 1966) بر پایه ویژگی‌های چینه‌شناسی، رسوبات آبرفتی دامنه‌های جنوبی البرز را مورد مطالعه قرار داد و نهشته‌های مذکور را به چهار بخش به نام سری‌های A، B، C و D تقسیم نمود که در بین آنها نهشته‌های A قدیمی‌تر و سری D جدیدترین سازندها محسوب می‌شوند. همین تقسیم‌بندی ریبین، پایه‌ای برای مطالعات بعدی گردیده و از آن زمان تاکنون تغییر عمده‌ای در این تقسیم‌بندی به عمل نیامده است. بررسی نهشته‌های آبرفتی گستره تهران و پیرامون تاثیر دو فاز کوهزایی بر روی آنها را نشان می‌دهد. در فاز اول کوهزایی نهشته‌های آبرفتی سری A به شدت چین‌خورده است. فاز دوم کوهزایی که ضعیف‌تر بوده است و لایه‌های آبرفتی سری B در بیشتر جاها شیب‌دار (۵ تا ۱۰ درجه) شده‌اند. نهشته‌های سری C که بر روی نهشته‌های قدیمی‌تر قرار گرفته است دارای لایه‌بندی افقی می‌باشد. سری D از نوع رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، سیلابی، جورنشده و حاصل هوازنگی و نهشت دوباره آبرفت‌های قدیمی‌تر به ویژه سازند کهریزک است. این آبرفت‌ها به طور تقریباً افقی و رسوبات مناطق نیمه‌خشک‌اند و جنس آنها از ابتدا تا انتهای دشت متفاوت است ولی از نظر دانه‌بندی نسبت به سازند کهریزک نظم بیشتری دارد. به نظر می‌رسد که محدوده مورد مطالعه در رسوبات سری A واقع شده است. نهشته‌های آبرفتی کهن در سازند A اساساً شامل کنگلومراهایی با چند عدسی سنگ ماسه، سنگ سیلت و گل‌سنگ‌اند و به لحاظ چینه‌بندی‌های منظم، لایه‌های نسبتاً نازک، آوارهای کوچک و مراحل پیشرفته تجزیه مواد تشکیل‌دهنده قابل تشخیص می‌باشد. سیمانی شدن کربنات‌ها در این سازند در مقایسه با سایر واحدهای جوان‌تر به خوبی صورت گرفته که منجر به صلابت مکانیکی نسبتاً بالاتر این سازند شده است. سنگ‌های آواری تقریباً به طور کامل از مواد واریزه‌ای آتشفشانی و سنگ‌های آتشفشانی مربوط به دوره ائوسن تشکیل شده که از زمین‌های مرتفع شمالی برگرفته شده‌اند. اندازه متوسط دانه‌های این سنگ‌های آواری در محدوده قله‌سنگ (۱۰ الی ۲۵ سانتیمتر) است. این سنگ‌ها رنگ خاکستری‌روشن و ظاهری مانند گچ دارند. ضخامت این سازند در حدود ۱۲۰۰ متر است. سیمان‌شدگی نسبتاً گسترده، تراکم زیاد و حضور ماتریس ریزدانه سازند A را به صورت واحد سنگی غیر قابل نفوذ در قیاس با سایر نهشته‌های آبرفتی منطقه تهران درآورده است. سازند A در شمال خاوری و خاور تهران بر روی سازند قرمز رنگ میوسن بالایی قرار گرفته است. با این حال در چند جا در جنوب دشت تهران، این سازند بر روی سنگ‌های آتشفشانی مربوط به دوره ائوسن قرار گرفته است. سازند A در هنگام نخستین حرکات زمین‌ساختی دوره کوتانر،



چین خورد و گسلش یافت و در نتیجه موجب تماس‌های غیر قابل انطباق سازند B با نهشته‌های کواترنری جوان‌تر گردید. از این رو شیب تند حاصله (در برخی جاها تا ۹۰ درجه) ویژگی تشخیص سازند

A است.

۳- وضعیت لرزه‌خیزی و زمین‌ساخت منطقه

در محل مورد مطالعه چندین گسل لرزه‌زا وجود دارد که در گذشته نیز مسبب زلزله‌هایی بوده‌اند. البته در منطقه گسل‌های زیادی است که طول اکثر آنها کوچک بوده و به احتمال زیاد لرزه‌زا نمی‌باشند و فقط ممکن است در اثر فعالیت گسل‌های دیگر دچار حرکت‌هایی شوند. مهم‌ترین گسل‌های نزدیک به منطقه عبارتند از راندگی نیاوران، گسل امام‌زاده داوود، گسل شمال ری، راندگی شمال تهران، گسل جنوب ری، گسل کهریزک و از گسله‌های فرعی می‌توان به گسل نارمک، گسل عباس‌آباد، گسل شیان، گسل داوودی، گسل کوثر، گسل قصر فیروزه، گسل پارچین و گسل بورکان را نام برد. بر اساس آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله (آیین‌نامه ۲۸۰۰) ایران به چهار پهنه با خطر نسبی بسیار بالا، بالا، متوسط و پایین تقسیم می‌شود. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در حد پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار گرفته است لذا شتاب مبنای طرح آن ۳۵g خواهد بود.

۴- عملیات حفاری

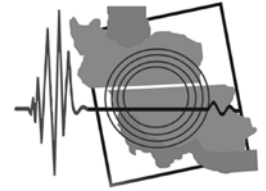
برای بررسی وضعیت تحت‌الارضی محدوده مورد مطالعه انجام آزمایش‌های SPT و برداشت نمونه از لایه‌های مختلف زمین و همچنین انجام آزمایش لرزه‌ای، دو گمانه ماشینی به عمق ۳۰ متر حفر شده است. در هر دو گمانه به منظور بررسی تراکم لایه‌ها و مقاومت زمین، آزمایش‌های ضربه و نفوذ استاندارد (SPT) انجام شده است. بعد از اتمام حفر گمانه‌های BH-1 و BH-2 در کل طول گمانه BH-1 لوله PVC گذاشته شده و اطراف آن با ماسه پر گردیده و برای انجام آزمایش‌های لرزه‌ای آماده شده است. در حین حفاری نمونه‌های مورد نظر اخذ شده و برای انجام آزمایش‌های مختلف فیزیکی، مکانیکی به آزمایشگاه منتقل شده‌اند.



شکل (۲) موقعیت گمانه‌های حفر شده

۵- وضعیت زیرسطحی محدوده طرح

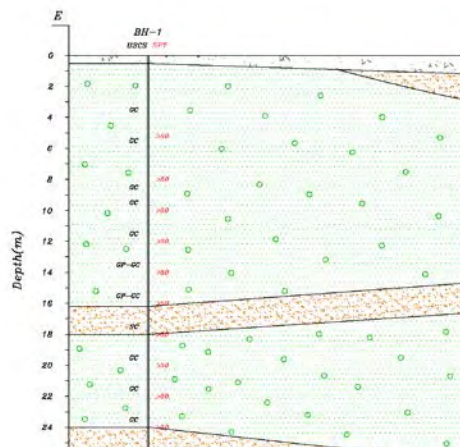
برای بررسی شرایط زیرسطحی طرح، مقطع زمین‌شناسی بر اساس اطلاعات حاصل از حفاری و آزمایش‌های انجام شده در شکل (۳) ارائه گردیده است. در محل‌های حفاری شده ضخامت خاک دستی از ۰/۵ تا ۱/۵ متر تغییر می‌کند. به طور کلی لایه سطحی تا



عمق متوسط ۱ متر خاک دستی و اعماق مورد کاوش لایه‌های زمین از تناوبی از رسوبات شن و ماسه‌ای با مقادیر متفاوت از مواد ریزدانه تشکیل شده است. دامنه تغییرات مواد ریزدانه این لایه‌ها بسیار زیاد بوده و از ۱ تا ۴۶ درصد متغیر می‌باشد. در هیچ یک از گمانه‌های حفاری شده به آب زیرزمینی برخورد نشده است.

۶- بررسی نتایج آزمایش‌های ضربه و نفوذ استاندارد (SPT)

این آزمایش از رایج‌ترین آزمایش‌های درجا جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه‌های زمین است. مقادیر عدد SPT برای لایه‌های مختلف بیش از ۵۰ به دست آمده است. اگر چه در خاک‌های شن‌دار آزمایش SPT چندان موفقیت‌آمیز نیست ولی بالا بودن همه نتایج حاکی از تراکم بالای رسوبات است. بر اساس تقسیم‌بندی ترزاقی، لایه‌های موجود در وضعیت خیلی متراکم قرار دارند.



شکل (۳) مقطع زمین‌شناسی

۷- آزمایش‌های شناسایی خاک

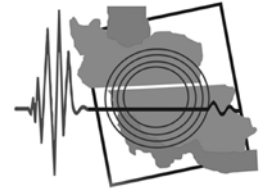
آزمایش‌های شناسایی خاک شامل آزمایش‌های دانه‌بندی، هیدرومتری و حدود اتربرگ برای طبقه‌بندی خاک می‌باشد. محدوده دانه‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه در شکل (۴) ارائه شده است. طبقه‌بندی خاک محل در نظام متحد یونیفاید عمدتاً از نوع شن و در برخی موارد ماسه رسی است. حد روانی و شاخص پلاستیسیته این لایه‌ها در نمودار کاساگرانده در شکل (۵) و تغییرات



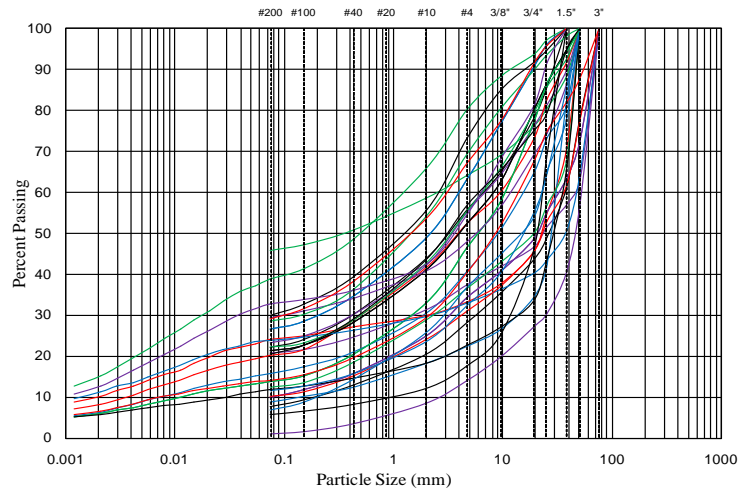
اولین همایش ملی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد میبد

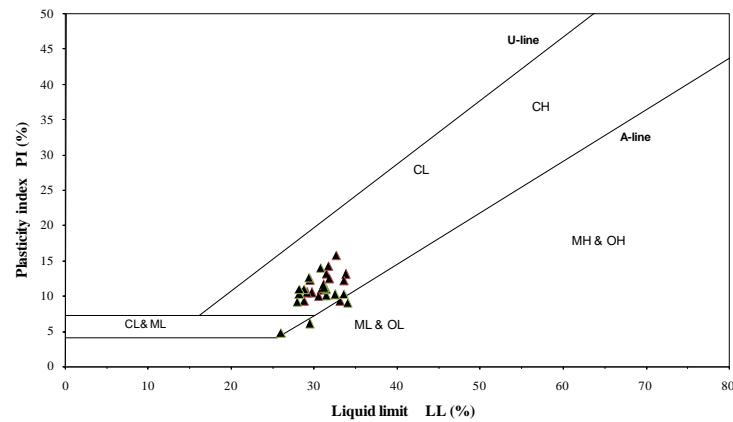
۷ و ۸ اسفندماه ۱۳۹۲



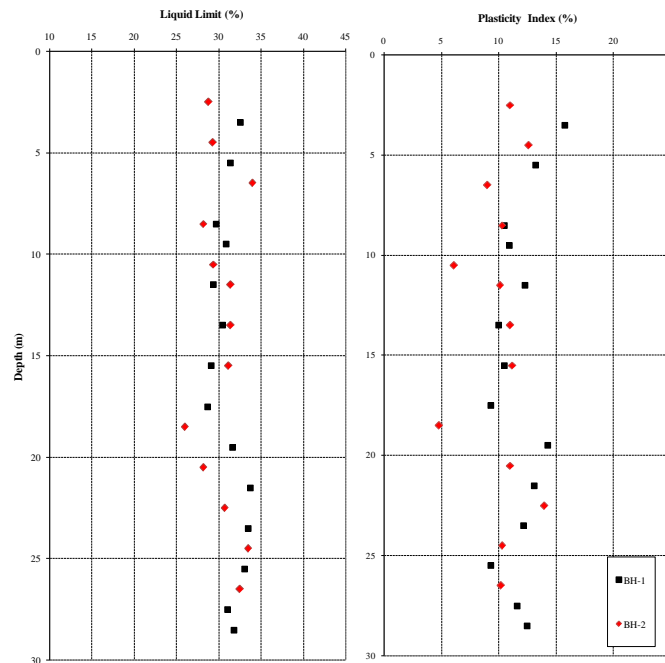
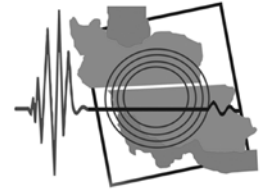
آنها با عمق در شکل (۶) نشان داده شده است. شاخص پلاستیسیته این لایه‌ها در محدوده ۴ تا ۱۶ درصد بوده که در محدوده خاک‌های با پلاستیسیته کم تا متوسط قرار می‌گیرد. همچنین حد روانی لایه‌ها در حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد برآورد شده است.



شکل (۴) محدوده دانه‌بندی خاک‌های محدوده طرح



شکل (۵) خواص خمیری خاک منطقه در نمودار کاساگرانده



شکل (۶) تغییر حدروانی و نشانه خمیری بر حسب عمق

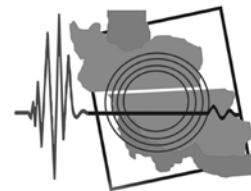
۸- نتایج آزمایش‌های تعیین وزن مخصوص

آزمایش تعیین وزن مخصوص خاک فقط بر روی یک نمونه انجام شده و مشاهده می‌شود که وزن مخصوص خشک نمونه ۱/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب، وزن مخصوص طبیعی آن ۱/۹۷ گرم بر سانتیمتر مکعب و درصد رطوبت نمونه حدود ۱۳ درصد می‌باشد.

۹- نتایج آزمایش‌های تعیین چگالی ویژه دانه‌های جامد خاک

آزمایش‌های تعیین تعیین چگالی ویژه دانه‌های جامد خاک (Gs) بر روی نمونه‌های ماخوذه از گمانه‌ها انجام شده و مشاهده می‌شود که چگالی دانه‌های خاک حدود ۲/۶۳ به دست آمده است.

۱۰- نتایج آزمایش‌های برش مستقیم



آزمایش‌های برش مستقیم بر روی نمونه‌های بازسازی شده بر اساس وزن مخصوص طبیعی نمونه‌ها در شرایط اشباع با سرعت برش کند انجام شده است. این آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های 10×10 سانتیمتر انجام گردیده است. مشاهده می‌شود که مقدار چسبندگی (c) نمونه‌ها اغلب کم بوده و مقدار زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) در حدود ۳۷ درجه قرار دارد.

۱۱- نتایج آزمایش‌های سه‌محوری

آزمایش‌های سه‌محوری در دو حالت CU و UU بر روی نمونه‌های بازسازی شده بر اساس وزن مخصوص طبیعی نمونه‌ها در شرایط اشباع انجام گرفته که مشاهده می‌شود که در حالت CU مقدار چسبندگی (c) در حدود $0/09$ و مقدار زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) تقریباً ۳۲ درجه به دست آمده است. در حالت UU نیز مقدار چسبندگی (c) در حدود $0/18$ و مقدار زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) در حدود ۱۰ درجه به دست آمده است.

۱۲- آزمایش‌های تجزیه شیمیایی خاک

مواد شیمیایی مضر خاک می‌توانند بر روی سازه‌های بتنی مدفون در خاک اثرات مخربی داشته باشند که این اثرات می‌تواند در طی زمان طولانی مشکلاتی را برای آنها به وجود آورد. آزمایش‌های تجزیه شیمیایی بر روی ۴ نمونه خاک انجام شده است که طبق آزمایش‌های انجام شده مقدار سولفات موجود در خاک بین $0/06$ تا $0/11$ درصد و مقدار یون کلر نیز $0/16$ تا $0/25$ درصد به دست آمده است. مقدار PH نمونه‌های خاک مورد آزمایش نیز حدوداً $8/2$ اندازه‌گیری شده است. با توجه به مقدار سولفات موجود در خاک، شرایط خاک در هر دو گمانه جزء شرایط ملایم می‌باشد. با توجه به اینکه شالوده در تماس با آب زیرزمینی قرار نمی‌گیرد، تدابیر احتیاطی ویژه لازم نمی‌باشد.

۱۳- نتایج آزمایش‌های لرزه‌ای

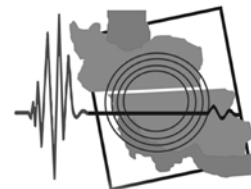
شناخت کامل وضعیت لایه‌های زیرسطحی و مشخصات دینامیکی لایه‌های خاک از عوامل مهم در تحلیل دینامیکی یک سازه می‌باشد. به منظور تکمیل اطلاعات ژئوتکنیکی و لزوم ارزیابی پارامترهای دینامیکی لایه‌های زمین جهت تحلیل دینامیکی، آزمایش‌های لرزه‌ای درون‌گمانه‌ای با استفاده از امواج تراکمی و برشی انجام یافته است. در تمام پروژه‌ها و طرح‌های عمرانی ویژگی و خصوصیتی که به مهندسین دید لازم را جهت طراحی سازه می‌دهد مدول‌های الاستیک دینامیکی مواد تشکیل‌دهنده محدودده‌ای است که سازه بر روی آن اجرا خواهد شد. سرعت موج در تشکیلات مختلف متفاوت بوده و تابعی از جنس، چگالی، تخلخل، محتوای آب و در مجموع ویژگی‌های الاستیک محیطی است که موج در آن منتشر می‌شود. آزمایش‌های لرزه‌ای به روش Downhole در گمانه BH-1 انجام شده است. برای تعیین سرعت امواج تراکمی، چشمه لرزه‌ای موج P (ضربه قائم پتک بر روی ورق فلزی) در فاصله ۲ متری از دهانه گمانه قرار داده شد و گیرنده امواج (ژئوفون درون‌چاهی) تمام عمق مفید گمانه را از سطح تا عمق مورد نظر جاروب کرد. برای تعیین سرعت امواج برشی، چشمه لرزه‌ای موج S (ضربه افقی پتک بر پهلوی میز فلزی) در فاصله ۲ متری از دهانه گمانه قرار داده شد و گیرنده امواج (ژئوفون درون‌گمانه‌ای) تمام عمق مفید گمانه را جاروب کرده است. بر اساس



اولین همایش ملی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد میبد

۷ و ۸ اسفندماه ۱۳۹۲



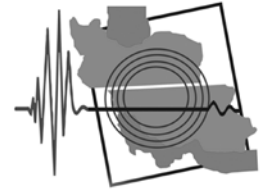
نتایج به دست آمده چند لایه فیزیکی بر اساس تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای قابل تفکیک است. به طور کلی می‌توان گفت که در مصالح تشکیل‌دهنده با افزایش عمق دانسیته افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت امواج لرزه‌ای افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که در سطح زمین تا عمق ۱ متری از خاک دستی تشکیل شده است.

جدول (۱) سرعت امواج تراکمی و برشی و پارامترهای دینامیکی آزمایش‌های لرزه‌ای در گمانه BH-1

ضریب پواسون	مدول بالک (Mpa)	مدول برشی (Mpa)	مدول یانگ (Mpa)	سرعت موج S (m/sec)	سرعت موج P (m/sec)	چگالی (gr/cm ³)	عمق (m)
0.37	87	24	67	120	265	1.7	0-1
0.22	643	446	1087	491	818	1.85	1-2
0.35	2085	684	1850	600	1256	1.9	2-4
0.40	3691	750	2106	620	1551	1.95	4-6
0.45	7183	794	2297	630	2030	2	6-8
0.44	7792	898	2594	670	2120	2	8-10
0.43	6891	952	2731	690	2020	2	10-14
0.44	8259	1066	3066	730	2200	2	14-18
0.44	9056	1181	3396	750	2250	2.1	18-22
0.42	8655	1553	4396	860	2260	2.1	22-26
0.41	8603	1663	4688	890	2270	2.1	26-30

۱۴- آزمایش‌های تجزیه شیمیایی خاک

مواد شیمیایی مضر خاک می‌توانند بر روی سازه‌های بتنی مدفون در خاک اثرات مخربی داشته باشند که این اثرات می‌تواند در طی زمان طولانی مشکلاتی را برای آنها به وجود آورد. آزمایش‌های تجزیه شیمیایی بر روی ۴ نمونه خاک انجام شده است که طبق آزمایش‌های انجام شده مقدار سولفات موجود در خاک بین ۰/۰۶ تا ۰/۱۱ درصد و مقدار یون کلر نیز ۰/۰۱۶ تا ۰/۰۲۵ درصد به دست آمده است. مقدار PH نمونه‌های خاک مورد آزمایش نیز حدوداً ۸/۲ اندازه‌گیری شده است. با توجه به مقدار سولفات موجود در خاک، شرایط خاک در هر دو گمانه جزء شرایط ملایم می‌باشد. با توجه به اینکه شالوده در تماس با آب زیرزمینی قرار نمی‌گیرد، تدابیر احتیاطی ویژه لازم نمی‌باشد.



۱۵- پیشنهادات

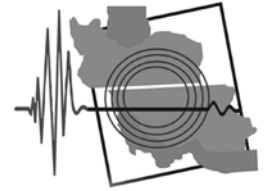
با توجه به مقطع زیرسطحی و اطلاعات ارائه شده لایه‌های زیرسطحی را می‌توان به چند لایه کلی تقسیم کرد: لایه‌های سطحی تا عمق حداکثر ۲ متری که به صورت خاک‌های دستی شناسایی شده‌اند. لایه‌های موجود در اعماق ۱ تا ۱۰ متری که به صورت لایه‌های شنی و به ندرت ماسه‌ای شناسایی شده‌اند. این لایه‌ها دارای اعداد SPT بیش از ۵۰ ضربه می‌باشند و درصد ریزدانه آنها متغیر بوده و به طور متوسط ۲۵ درصد می‌باشد. لایه‌های موجود در اعماق ۱۰ تا ۲۰ متری که عمدتاً به صورت لایه‌های شنی و گاهی به صورت لایه‌های ماسه‌ای شناسایی شده‌اند. اعداد SPT آنها نیز بیش از ۵۰ ضربه به دست آمده است. تغییرات درصد ریزدانه این لایه‌ها زیاد بوده از ۱ تا ۴۰ درصد در حال تغییر است. لایه‌های موجود در اعماق ۲۰ تا ۳۰ متری که به صورت لایه‌های شنی همراه با لیزه‌های ماسه‌ای شناسایی شده‌اند. اعداد SPT در این اعماق نیز بیش از ۵۰ ضربه به دست آمده است. درصد ریزدانه این لایه به طور متوسط ۲۰ درصد می‌باشد. به منظور تعیین ظرفیت باربری مجاز پی بر اساس مقاومت برشی خاک با توجه به نوع خاک و عدم وجود آب در محل پروژه، نشست تحکیمی وجود نداشته و نشست کل معادل نشست آبی می‌باشد. خاطرنشان می‌شود نشست کل (معادل نشست آبی در این پروژه) باید به نشست مجاز محدود گردد. بر اساس آیین‌نامه UBC (آیین‌نامه زلزله آمریکا) و آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله (آیین‌نامه ۲۸۰۰) در صورتی که سرعت موج برشی لایه‌ها بیش از ۷۵۰ متر بر ثانیه باشد سنگ کف لرزه‌ای محسوب می‌شود. در این پروژه با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته عمق سنگ کف لرزه‌ای ۲۰ متر برآورد شده است. محدوده طرح از نظر مهندسی زلزله نوع II طبقه‌بندی می‌شود. در ادامه مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در سه لایه جداگانه تفکیک و در جدول (۲) ارائه شده‌اند. خاطرنشان می‌گردد که این مشخصات برای حالت بحرانی خاک و بر اساس آزمایشات آزمایشگاهی و صحرایی و با در نظر گرفتن اثر سیماناسیون و در نهایت با استفاده از قضاوت مهندسی تعیین گردیده است. لازم به ذکر است در تحلیل‌های لرزه‌ای مقادیر زاویه اصطکاک داخلی ۲ درجه کمتر از حالت استاتیکی در نظر گرفته شده است.

جدول (۲) تقسیم‌بندی لایه‌های زمین و مقادیر پارامترهای ژئوتکنیکی

20- 30m	10-20m	0-10m	لایه (عمق) به متر
		$C_{CU} = 0.15 \sim 0.20$	چسبندگی
32 ~ 34	30 ~ 32	28 ~ 30	زاویه اصطکاک داخلی
1.85 ~ 1.95	1.80 ~ 1.90	1.70 ~ 1.75	وزن مخصوص خشک
0.30	0.30	0.35	نسبت پوآسون
550 ~ 700	400 ~ 550	300 ~ 400	مدول تغییر شکل

نتایج

۱. مصالح زیرسطحی محدوده طرح عموماً از خاک شنی و گاه ماسه‌ای همراه با مقادیر متفاوت ریزدانه تشکیل شده است. دامنه تغییرات مواد ریزدانه این لایه‌ها بسیار زیاد بوده و از ۱ تا ۴۶ درصد متغیر می‌باشد.



۲. ضخامت خاک دستی در محل‌های حفاری شده بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر متغیر است. در حفاری‌های شناسایی به هیچ فضای خالی و سطح آب زیرزمینی تا عمق ۳۰ متری حفاری شده به آب زیرزمینی برخورد نشده است.
۳. اعداد SPT در هر دو گمانه بیش از ۵۰ ضربه به دست آمده است. لذا خاک محل پروژه دارای تراکم بسیار بالا می‌باشد.
۴. شاخص پلاستیسیته این لایه‌ها در محدوده ۴ تا ۱۶ درصد بوده که در محدوده خاک‌های با پلاستیسیته کم تا متوسط قرار می‌گیرد. همچنین حد روانی لایه‌ها در حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد برآورد شده است.
۵. بر اساس آزمایش‌های انجام شده چگالی ویژه ذرات خاک بین ۲/۶۱ تا ۲/۶۵ به دست آمده است.
۶. بر اساس نتایج آزمایشات برش مستقیم کند مقدار چسبندگی نمونه‌ها اغلب کم بوده و مقدار زاویه اصطکاک داخلی در حدود ۳۷ درجه قرار دارد.
۷. بر مبنای نتایج آزمایشات سه‌محوری، در حالت تحکیم‌نیافته زهکشی نشده مقدار چسبندگی در حدود ۰/۱۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و مقدار زاویه اصطکاک داخلی در حدود ۱۰ درجه به دست آمده است. در حالت تحکیم‌یافته زهکشی‌نشده نیز مقدار چسبندگی در حدود ۰/۰۹ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و مقدار زاویه اصطکاک داخلی حدود ۳۲ درجه به دست آمده است.
۸. بر اساس آزمایش‌های لرزه‌ای انجام شده عمق سنگ کف لرزه‌ای در عمق ۲۰ متری می‌باشد. با توجه به مقدار سولفات موجود در خاک شرایط خاک در هر دو گمانه جزء شرایط ملایم می‌باشد. از آنجا که شالوده در تماس با آب زیرزمینی قرار نمی‌گیرد تدابیر احتیاطی ویژه لازم نمی‌باشد.

مراجع

- [۱] تحلیل خطر زمین‌لرزه و طیف طراحی مصلی امام خمینی (ره) تهران، سید علیرضا آشفته، احمد ادیب، مجید ملکی و غلامرضا طاهریان، همایش و نشست تخصصی مدیریت شهری و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر با همکاری شهرداری اسلامشهر، اردیبهشت ۱۳۹۲
- [۲] مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی سازه‌های جنبی مجتمع فولاد قائنات، سید علیرضا آشفته، احمد ادیب، مجید ملکی و نیکنام شاکرمنتظری، همایش و نشست تخصصی مدیریت شهری و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر با همکاری شهرداری اسلامشهر، اردیبهشت ۱۳۹۲
- [۳] مطالعات زمین‌لغزش و تثبیت زمین در محدوده شهرک طالقان، سید علیرضا آشفته، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، آذر ۱۳۹۲
- [۴] زمین‌شناسی مهندسی احداث مجتمع تولید پلی‌اتیلن سنگین پتروشیمی دهدشت، سید علیرضا آشفته و قدرت‌الله محمدی، اولین کنفرانس ملی معماری و شهرسازی اسلامی، دانشگاه جامع علمی کاربردی با همکاری دانشگاه علمی کاربردی زاهدان (۲)، بهمن ۱۳۹۲

[5] Ahmad Adib, Alireza Ashofteh, Geotechnical & foundation engineering studies of additional structures of phase 12 of south pars gas(tombak region), Journal of Basic and Applied Scientific Research, ISSN2090-4304, (JBASR-SP-129)September 2013, Vol.3, No.9, Special Issue(1), Pages: 662-684



اولین همایش ملی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

دانشگاه آزاد اسلامی - واحد میبد

۷ و ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

