

شناسایی های ژئوتکنیکی برای ساختمانهای سبک در تهران

مهدی حبیبی (دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، دانشکده عمران دانشگاه تهران)

mokatebatsg@yahoo.com

اکبر چشمی (دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس)

cheshomi@sahelce.com

علی فاخر (دکترای ژئوتکنیک، دانشیار دانشکده عمران دانشگاه تهران)

afakher@ut.ac.ir

چکیده

رویکرد قانونی به مسائل فنی ژئوتکنیک در مورد ساختمانهای سنگین و متوسط، با ساختمانهای سبک تهران متفاوت است. چشم‌پوشی از بررسیهای ژئوتکنیکی ساختمانهای سبک بسته به موقعیت ساختگاه در تهران، مخاطرات متعددی را به دنبال خواهد داشت. شناخت خصوصیات ژئوتکنیکی آبرفتهای تهران و بررسی امکانپذیری آزمونهای متداول ژئوتکنیکی در آن، پیش نیاز بررسیهای ژئوتکنیکی در تهران می‌باشد. تأثیر فرایندهای آب و هوایی از یک سو و فعالیتهای تکتونیکی از سوی دیگر، سبب بر جای گذاشته شدن رسوبات آبرفتی متنوعی- از نظر جنس و متغیرهای مقاومتی- در تهران شده است. اولین بار ریبین بر پایه ویژگیهای چینه‌شناسی، رسوبات آبرفتی تهران را به چهار سازند A و B و C و D تقسیم نمود. عمده آزمونهای متداول ژئوتکنیکی در آبرفتهای درشت‌دانه تهران، نتایج خوبی را بدست نمی‌دهند. در آبرفتهای ریزدانه، بیشتر آزمونهای متداول هزینه‌ای بیش از مقادیر معقول به ساختمانهای سبک تحمیل می‌کنند. در آبرفتهای درشت‌دانه تهران، استفاده از طرحهای ملی و شهری بر مبنای شناخت ویژگیهای عمومی زمین و در آبرفتهای ریزدانه استفاده از آزمونهای برجای ارزان قیمت (مانند آزمون نفوذ وزنی سوئدی) راه حلهای مناسبی برای بررسی ساختگاه سازه‌های سبک در تهران می‌باشند.

1- مقدمه

پیش‌نیاز تمامی تحلیلها و طراحیهای ژئوتکنیکی، شناسایی ساختگاه پروژه می‌باشد. روشها و آزمایشهای مختلفی برای شناسایی‌های ژئوتکنیکی موجودند که هر یک دارای مزایا و نواقصی هستند. شناخت این ویژگیها و نیز شرایط ساختگاه، نقش بسزایی در بدست دادن اطلاعاتی معتبر و مفید از ساختگاه دارد. از اینرو معرفی شرایط ژئوتکنیکی آبرفتهای تهران و نیز بررسی امکانپذیری آزمونهای متداول ژئوتکنیکی در آن، بعنوان پایه‌ای برای بررسیهای ژئوتکنیکی، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله پس از بررسی موارد فوق‌الذکر، بسته به شرایط آبرفتهای مختلف تهران، روشهای و آزمونهایی برای تخمین وضعیت زمین زیر سازه‌های سبک پیشنهاد می‌گردد.

2- زمین شناسی خاک تهران

قرارگیری دشت تهران در کناره شمالی کویر مرکزی و در حاشیه جنوبی کوههای البرز سبب گردیده است که این ناحیه دارای تنوع فراوانی در اشکال زمین ریختی باشد. از نظر ریخت شناسی، گستره تهران را می‌توان به سه واحد مجزای ارتفاعات، کوهپایه‌ها و دشت تقسیم کرد. رسوبات آبرفتی کوهپایه‌ها عموماً متشکل از مواد درشت دانه (قلوه سنگ، شن و ماسه) بوده که با شیب قابل ملاحظه‌ای به دشت تهران ختم می‌شود. دشت تهران که در جنوب بخش کوهپایه‌ای قرار دارد، از قسمتهای میانی شهر تهران (ارتفاع 1250 متر) شروع

شده و با شیب ملایمی تا جنوب شهری ادامه می‌یابد. رسوبات پوششی این دشت بیشتر از نوع نهشته‌های آبرفتی ریزدانه از نوع سیلت و رس است.

تأثیر فرایندهای آب و هوایی از یکسو و فعالیتهای تکتونیکی جوان از سوی دیگر دیگر سبب بر جای گذاشته شدن رسوبات آبرفتی متنوعی- از نظر جنس و متغیرهای مقاومتی- در تهران شده است. " اولین بار ربین (1966-1955) بر پایه ویژگیهای چینه شناسی، رسوبات آبرفتی تهران را به چهار بخش، بنام سازندهای A و B و C و D تقسیم نمود که در بین آنها نهشته‌های A قدیمیتر و سازند D جدیدترین سازندها محسوب می‌شوند. " (بربریان، 1371) گرچه پس از آن طبقه‌بندیهای دیگری نیز انجام شده، اما هنوز در بسیاری از موارد از طبقه‌بندی ربین استفاده می‌گردد.

الف) آبرفتهای سری A (سازند هزار دره)

قدیمی‌ترین نهشته‌های آبرفتی تهران بوده که بصورت تپه‌های بلند با دره‌های ژرف فراوان (هزار دره) گسترش دارد. این سازند از کنگلومرای نسبتاً همگن با قلوه سنگ و شن تشکیل شده و فضای میان دانه‌ها را ماسه و سیلت پر کرده است. ویژگیهای این سازند ضخامت زیاد، لایه‌بندی نسبتاً منظم و سیمان خوب و نسبتاً سخت شده است. حداکثر اندازه قلوه‌ها در این سازند 25 cm بوده و شیب لایه‌ها از 45° تا 90° متغیر است. مناطق کن، اوین، قیطریه، عباس‌آباد و گیشا از این سری آبرفت پوشیده شده‌اند.

ب) سازند آبرفتی B (Bs و Bn)

سازند آبرفتی B در شمال تهران، رسوبات آبرفتی ناهمگن شمال (Bn) و در جنوب تهران سیلتهای رسی کهریزک (Bs) نامیده می‌شوند. نهشته‌های سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران مخلوطی از شن، ریگ، قلوه‌سنگ، ماسه و رس و گاهی حتی بلوکهای درشت می‌باشند که بطور نامتجانس دیده می‌شود. این سازند به شکل تپه‌های بلند در کوهپایه‌های تهران از جمله در باغ فیض، شهرک غرب، دانشگاه شهید بهشتی و جاده شمیران رخنمون داشته و ضخامت آن تا 60 متر نیز می‌رسد. این سازند بدلیل ناهمگن بودن دارای ویژگیهای مکانیکی و تخلخل متغیری می‌باشند.

ج) سازند آبرفتی تهران (آبرفتهای C)

بطور کلی از نهشته‌های جوان رودخانه‌ای و سیلابی جور نشده تشکیل شده که در نزدیکی کوهپایه‌ها شکل مخروط افکنه‌ای روشنی داشته و به سمت جنوب تبدیل به لایه‌های سیلتی کم شیب می‌شود. این سازند در کوهپایه‌های با شیب توپوگرافی زیاد، متشکل از ماسه، شن، ریگ و قلوه سنگ در سیمانی از ریزدانه به رنگ آجری تا قهوه‌ای است و در جنوب، در محل‌هایی که شیب توپوگرافی بسیار ملایم است متشکل از سیلت و رسهایی به رنگ آجری تا قهوه‌ای یکنواخت با رگه‌هایی از ماسه و شنهای کم ضخامت و بین لایه‌هایی از مواد رسی است.

د) آبرفتهای کنونی (D)

این آبرفتها متشکل از جوانترین نهشته‌های رودخانه‌ای و یا سیلابی بوده و در بستر رودخانه‌ها و سیلها و یا پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های جوان و کال‌ها بر جای گذاشته شده است. این رسوبات در شمال تهران از رسوبات درشت دانه منفصل (قلوه سنگ و شن گرد شده و بدون سیمان) و در جنوب تهران از رسوبات ریزدانه سیلتی- رسی تشکیل شده است. "دانه‌بندی نمونه‌های اخذ شده از بخش درشت دانه این سازند نشان می‌دهد که این رسوبات از دانه‌بندی ضعیفی برخوردار بوده و در تقسیم‌بندی یونیفاید در رده‌های GP، SP و GC قرار می‌گیرند. و در بخش ریزدانه، رسوبات غالباً از شاخص خمیری و حد روانی پایینی برخوردار بوده و عمدتاً در رده‌های ML، CL و CL-ML قرار می‌گیرند". (جعفری، 1381)

3- وضعیت فعلی شناسایی‌های ژئوتکنیکی در تهران

رویکرد قانونی به مسائل فنی ژئوتکنیک در مورد ساختمانهای سنگین و متوسط با ساختمانهای سبک متفاوت است. مطابق قوانین فعلی شهری تهران، برای تمامی ساختمانهای بالای 5 طبقه، تهیه گزارش ژئوتکنیک الزامی است. اما برای ساختمانهای سبک چنین الزامی وجود ندارد، از اینرو بررسی وضعیت فعلی کاوشهای ژئوتکنیکی برای این دو دسته ساختمانها با یکدیگر متفاوت است.

در مورد ساختمانهای متوسط و سنگین، در بسیاری از موارد آگاهی کم دست‌اندرکاران ساخت و ساز این ابنیه از مخاطرات ژئوتکنیکی، موجب می‌گردد که بودجه لازم برای بررسیهای ژئوتکنیکی در نظر گرفته نشود. در مورد ساختمانهای بلند، نتیجه کار عدم کفایت بررسیهای انجام شده، و در نتیجه احتمال بروز مشکلات ژئوتکنیکی در آینده است. اما در مورد ساختمانهای متوسط، عموماً نتیجه این رویه، مراجعه کارفرمایان به افراد و گروههای غیر متخصص و در نهایت ارائه گزارشهای ژئوتکنیکی صوری و غیرواقعی است. بدیهی است که با چنین روندی که حتی برای ساختمانهای متوسط و سنگین وجود دارد، در مورد ساختمانهای سبک شناسایی‌های ژئوتکنیکی اصولاً انجام نمی‌شوند.

البته در کنار نکات بالا باید به عدم کفایت بسیاری از روشهای اتخاذ شده برای شناسایی‌های ژئوتکنیکی در خاک تهران اشاره کرد، از اینرو در ادامه به تفکیک امکان‌پذیری آزمونهای مختلف در خاک تهران را بررسی خواهیم کرد.

4- مخاطرات چشم‌پوشی از بررسیهای ژئوتکنیکی

با توجه به تنوع آبرفتهای گستره تهران، بحث درباره مخاطرات در هر یک از این سازندها متفاوت است. واقعیت آن است که رسوبات دسته A و بعضاً B تهران در حالت عادی از استحکام مناسبی برخوردارند. از اینرو ظرفیت باربری زمین برای پی‌های سطحی واقع بر این رسوبات معمولاً بالا بوده و عموماً بیش از مقدار مورد نیاز می‌باشد. البته در مورد ساختمانهای بلند روی این آبرفتها، مسأله تغییر شکل خاک (تعیین سختی خاک) یکی از مسائل تعیین کننده طراحی است. اما در مورد ساختمانهای سبک، ظرفیت باربری و نشست در بیشتر موارد تعیین کننده نخواهد بود. البته لازم به ذکر است که آبرفتهای B بسیار ناهمگن بوده و قضاوت در مورد آنها باید بصورت محلی انجام شود. بنابراین عمده مخاطرات چشم‌پوشی از بررسیهای ژئوتکنیک در این آبرفتها مربوط به مواردی است که در آن وجود عدسیهای سست و یا لنزهایی که در اثر آب شستگی ناشی از مجاری آب و فاضلاب و نظائر آن سست شده‌اند و همچنین وجود خاکهای دستی و یا حفرات ناشی از چاهها و قناتهای قدیمی تشخیص داده نشوند. در واقع در شهر تهران، تعداد زیادی رشته قنات وجود داشته است که در سالهای اخیر بدلیل تغییر بافت شهری متروکه شده‌اند. و یا بدلیل وجود دره‌های عمیق در برخی مناطق (مانند مناطق غربی محله‌های یوسف‌آباد و امیرآباد)، برای کم کردن اختلاف ارتفاع مناطق مجاور، آنها را با خاکهای دستی پر کرده‌اند. همچنین گودبرداری برای احداث ساختمان بخصوص در مجاورت ساختمان همسایه میتواند موجب مخاطرات مای و جانی شود. به هر حال، تجربیات عملی موجود در شهر تهران نشان می‌دهد که تشخیص ندادن شرایط ذکر شده در بعضی موارد منجر به بروز مشکلات جدی برای سازه‌های ساخته شده است. در مورد آبرفتهای C با توجه به سیمان نسبتاً ضعیف‌تر این آبرفتها نسبت به آبرفتهای A، مباحث ظرفیت باربری و خصوصاً نشست سازه‌های بلند و متوسط بنا شده روی این آبرفتها و مسائل گودبرداری (خصوصاً در مجاورت ساختمان همسایه) باید به دقت بیشتری نسبت به آبرفتهای A, B مورد بررسی قرار گیرند. ضمن این که وجود مشکلاتی از قبیل خاکهای دستی و قنات در اینجا نیز مطرح هستند. از مرکز تهران (محور شرقی- غربی خ دماوند- خ انقلاب- خ آزادی) به سمت جنوب، بجز نواحی محدودی عمده زمینها از آبرفتهای کنونی (سری D) پوشیده شده‌اند. به دلایل مختلف از قبیل جوان بودن این آبرفتها، عدم وجود سمتاسیون و نیز سطح بالای آب زیرزمینی در برخی نقاط، مخاطرات چشم‌پوشی کردن از کاوشهای ژئوتکنیکی در آبرفتهای D بسیار بیشتر از سایر نقاط تهران است. بعنوان مثال از نکات مخاطره آمیز در این نقاط میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- در حالیکه سطح ایستایی در مناطق شمال و شمال غربی دشت تهران در عمق بیش از 130 m قرار گرفته است، در مناطق جنوب و جنوب شرقی عمق آن به حدی کاهش یافته که در بعضی مناطق بصورت زه‌آب ظاهر می‌شود. عامل اشباع بودن خاک به همراه ساختار ماسه‌ای قسمتی از نواحی جنوبی تهران، احتمال بروز روانگرایی را در این نواحی یادآور می‌شود. مطابق ریز پهنه‌بندیهای انجام شده برای روانگرایی نواحی جنوبی تهران که توسط محققین و مراکز متعددی انجام گردیده است، احتمال بروز روانگرایی در قسمتهایی از این مناطق بالا و خیلی بالا می‌باشد. بعنوان مثال "بر اساس ریز پهنه‌بندی جنوب شرقی تهران برای شتاب طرح زلزله تهران (0/35g)، خطر روانگرایی نواحی اطراف میدان خراسان و یا نواحی جنوبی بلوار نبرد بالا می‌باشد." (میرمحمد حسینی، 1381)

- در جنوب شهر تهران برخی از رشته قنوات موجود، در برابر افزایش سطح آب زیرزمینی و وجود چاههای فاضلاب خانگی، بصورت زهکش عمل کرده و در اثر اشباع شدن دچار ریزش شده‌اند و خساراتی را بیار آورده‌اند. بعنوان مثال ریزش‌های مکرر خیابانهای مصطفی خمینی و ری در زمانهای گذشته به همین علت بوده است.

5- امکانپذیری آزمونهای مرسوم ژئوتکنیکی در خاک تهران

همانگونه که پیشتر اشاره شد، بدلیل تفاوت ساختار زمین در نقاط مختلف تهران، امکانپذیری آزمونهای مرسوم ژئوتکنیکی در مناطق مختلف با یکدیگر متفاوت است.

الف) آزمونهای آزمایشگاهی :

بدلیل ساختار دانه‌ای و عموماً سیمانی خاکهای تهران، نمونه‌گیری دست نخورده از خاک تهران با دشواری همراه است، از اینرو متغیرهای مقاومت برشی خاک (چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی) اغلب با آزمایش برش مستقیم و بر روی نمونه‌های دست خورده و با حذف بخش خیلی درشت‌دانه تعیین می‌شود. این نتایج در آبرفتهای سری A و B بدلیل حذف ذرات خیلی درشت و در آبرفتهای سیمانی A و B و C بدلیل از بین رفتن ستاسیون بین ذرات قابل اعتماد نیست. بنابراین آنچه بعنوان متغیرهای مقاومت برشی خاک در پروژه‌ها از این طریق ارائه می‌گردد، دقت لازم را ندارد.

ب) آزمایش نفوذ استاندارد :

آزمایش نفوذ استاندارد متداولترین آزمایش محلی در شناسائیهای ژئوتکنیکی در ایران و جهان محسوب میشود. در خاکهای درشت‌دانه تهران (خصوصاً آبرفتهای A و B)، آزمایش نفوذ استاندارد معمولاً مقادیری بالاتر از 50 بدست می‌دهد. با توجه به اینکه در این آزمون در مورد مقادیر بالاتر از 50 نمی‌توان قضاوت کمی ارائه کرد، انجام این آزمون در این آبرفتها شاید تنها برای مقایسه کیفی قابل استفاده باشد.

ج) آزمایش نفوذ مخروط :

از آنجایی که آزمایش نفوذ مخروط (CPT) در خاکهای با سختی متوسط تا کم قابل انجام است، استفاده از این آزمون در بسیاری از مناطق (خصوصاً شمالی) تهران مقدور نیست. زیرا امکان فرو راندن مخروط در خاک وجود ندارد.

د) آزمایش بارگذاری صفحه:

گرچه انجام این آزمون در تهران مقدور است و تجربیات عملی این آزمایش در ساختمان برج میلاد توسط پهلوان (1381) نقل شده است، لیکن این آزمایش وقت‌گیر و گران بوده و در اعماق زیاد عملی نمی‌باشد، ضمناً در آبرفتهای A و خصوصاً B بدلیل درشت بودن دانه‌ها، اندازه صفحه آزمون نیز باید افزایش یابد که این به لحاظ بحرانی آزمون را دچار دشواری کرده و هزینه‌ها را نیز به شدت افزایش می‌دهد.

ه) آزمایش فشارسنجی :

آزمایش فشارسنجی یا پرسومتری (Pressure meter testing) در شناسائیهای ژئوتکنیکی معمولاً برای تعیین متغیرهای تغییرشکل پذیری (مثل مدول الاستیسیته E) یا سختی خاک بکار میرود. "انجام این آزمون در خاک درشت‌دانه و ریزدانه تهران عملی است و می‌تواند متغیرهای سختی خاک را با دقت قابل قبولی ارائه کند." (پهلوان، 1381). ضمن اینکه بر خلاف بارگذاری صفحه، از این آزمون می‌توان در اعماق زیاد هم استفاده کرد. البته بنظر میرسد که گاهی ممکن است قرارگیری ذرات نسبتاً درشت در جداره گمانه و در بخشی سوند ابزار، نتایج بدست آمده رفتاری متفاوت با رفتار توده خاک را نشان دهند.

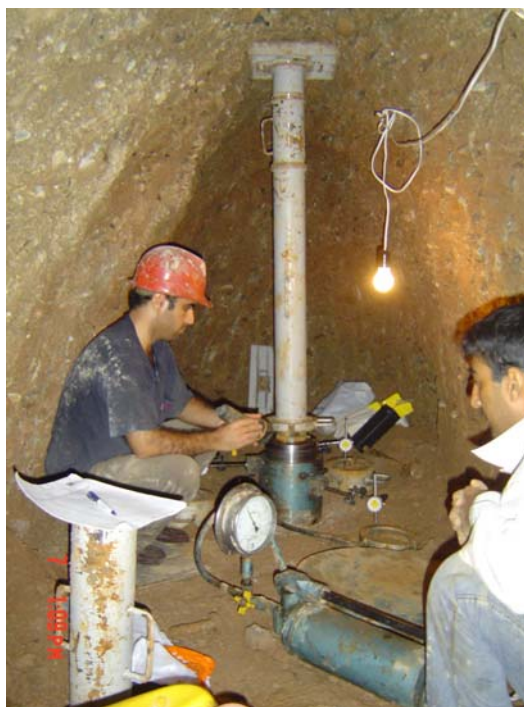
و) آزمایش برش برجا :

آزمونی بسیار مناسب برای تخمین مقاومت برشی آبرفتهای درشت دانه تهران (A, B, C) میباشد، لیکن وقتگیر بوده و بدلیل نیاز به حفر چاهک برای دسترسی به اعماق مختلف، آزمونی نسبتاً پرهزینه است و در اعماق زیاد خطرناک محسوب میگردد. البته در آبرفتهای B بدلیل وجود قطعات بسیار درشت، انجام آن در چنین نقاطی بدلیل نیاز به جعبه برش خیلی بزرگ امکانپذیر نیست. ضمناً چشمی (1385) با عکس برداری نشان داد که وجود حتی ذرات متوسط میتواند موجب اختلال در سطح گسیختگی و نتایج آزمایش شود.

علاوه بر امکانپذیری آزمونهای مرسوم ژئوتکنیکی، باید توجه داشت که هزینه برخی از آزمونهای اشاره شده حتی برای ساختمانهای متوسط نیز مقادیر قابل توجهی خواهد شد. بنابراین بدیهی است که برای ساختمانهای سبک باید از روشهای جایگزین و ارزاتری برای حل مشکل استفاده کرد.

6- پیشنهادات اولیه برای شناسایی ژئوتکنیکی ابنیه سبک در تهران

"در خصوص رسوبات درشتدانه تهران (سریه‌های A و B) با توجه به دشواری انجام آزمونهای متداول ژئوتکنیکی و مباحث مرتبط با دقت نتایج آنها و نیز هزینه بالای این آزمونها برای ابنیه سبک، راه حل را باید در تحقیقات جامع و طرحهای شهری برای شناسایی ویژگیهای عمومی آبرفتهای درشتدانه تهران دانست." (چشمی، 1385). "در واقع به عقیده بسیاری از مهندسين مشاور حرفه‌ای، عملیات شناسایی ژئوتکنیکی زمین در رسوباتی که تجربه بسیار زیاد ساخت و ساز بر روی آنها وجود دارد، فقط شامل اقداماتی می‌شود که اطمینان دهد خاک زمین مورد نظر از جنس همان رسوبات متداول است" (فاخر و مرادی، 1385). حال با توجه به اینکه اطلاعات و تجربیات بسیار زیادی در مورد آبرفتهای درشت دانه تهران وجود دارد، می‌توان با جمع‌بندی این اطلاعات توسط افراد با تجربه و مراکز تخصصی، بررسیهای دقیق زمین شناسی و افزون نتایج آزمونهای بر جای امکانپذیر در این خاکها به تقسیم بندیهای زمین شناسی، مشخصات ژئوتکنیکی عمومی آبرفتهای درشت دانه تهران در مناطق مختلف را بدست آورد. بنا بر تجربه مؤلفین، نتایج آزمونهای بارگذاری صفحه و برش بر جا در داخل گالری و در اعماق مختلف و با ابعاد متناسب با حداکثر قطر دانه‌های خاک می‌تواند داده‌های مناسبی برای تحلیل‌های فوق‌الذکر فراهم کند (شکل 1).



شکل 1- انجام آزمونهای بارگذاری صفحه (سمت راست) و برش برجا (سمت چپ) در آبرفتهای درشت دانه تهران در داخل گالری (چشمی، 1385)

اینگونه آزمایشات برای پروژه‌های خیلی مهم نظیر خطوط مترو و برج میلاد انجام شده و خواهد شد، لیکن مدیریت صحیح در انجام دقیق این آزمونها و نیز امکانپذیری استفاده سایر نهادها از نتایج بدست آمده، نیاز به نگرشی جدید دارد که توسط نهادهای شهری و ملی قابل هدایت است.

در مورد آبرفتهای سری C با توجه به اینکه این رسوبات عموماً شرایطی مابین آبرفتهای A و B و آبرفتهای D دارند، روش توصیه شده نیز ترکیب روشهای پیشنهادی در بالا برای آبرفتهای A و B و روش پیشنهادی برای آبرفت D است. در آبرفت D با توجه به اندازه

دانه‌ها و جوان بودن رسوبات، روش پیشنهادی متکی بر استفاده از "آزمونهای بر جای ارزان قیمت" برای تخمین شرایط ژئوتکنیکی ساختمانهای سبک است. تحلیل نتایج حفاریها و آزمونهای بر جای انجام شده در مناطق مرکزی تهران نشان می‌دهد که می‌توان در درشت دانه‌های واحد رسوبی D از کاوشگر دینامیکی متوسط برای تخمین شرایط زیر سطحی استفاده کرد. کاوشگرهای دینامیکی بر اساس تقسیم‌بندیهای استاندارد DIN به چهار نوع سبک، متوسط، سنگین و فوق سنگین تقسیم می‌گردند. (Ruiter, 1988)



شکل 2- استفاده از کاوشگر دینامیکی متوسط در مناطق جنوبی (خدایپرست ، 1384)

تحقیقات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که " می‌توان از انواع سبک و متوسط آن، بدون نیاز به تجهیزات ماشینی و بعنوان یک آزمون بر جای ارزان قیمت استفاده کرد." (شکرانی، 1379 و خدایپرست، 1384). نوع سبک کاوشگر دینامیکی دارای وزنه 10 کیلوگرمی و نوع متوسط آن وزنه 30 کیلوگرمی بوده که از ارتفاع 50 سانتیمتری سقوط می‌کنند. (شکل 2). اما در رسوبات ریزدانه‌تر سازند D ، استفاده از آزمایش نفوذ وزنی سوئدی پیشنهاد می‌گردد. (شکل 3). این آزمایش اولین بار در سال



شکل 3- نمای کلی ابزار نفوذ وزنی سوئدی (شکل چپ) و مخروط نوک ابزار نفوذ وزنی (اشکال راست) (حبیبی ، 1385)

1917 توسط کمیته راه‌آهن ایالتی سوئد معرفی گردید و پس از آن به مرور استفاده از آن در کشورهای اسکاندیناوی و سایر کشورها (از جمله ژاپن) گسترش یابد. امروزه این آزمایش متداولترین آزمون نفوذی در کشورهای اسکاندیناوی می‌باشد. جالب اینکه اخیراً و "در سال 2001 وزارت زمین، سازه‌های زیرزمینی و حمل و نقل ژاپن آزمایش نفوذ مخروط سوئدی را بعنوان روشی مناسب برای تخمین شرایط زیر سطحی سازه‌های مسکونی معمول توصیه نمود." (Tsukamoto, 2004)

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که "امکانپذیری آزمون نفوذ وزنی تا حدود زیادی به حداکثر قطر دانه موجود در خاک بستگی دارد". (حبیبی، 1385). بررسیهای انجام شده توسط مؤلفین، اعم از تحلیل نتایج حفاریها و آزمونهای بر جای انجام شده در آبرفتهای جنوب تهران و نیز انجام آزمون نفوذ وزنی سوئدی در برخی مناطق جنوبی تهران (شکل 4) نشان می‌دهد که این ابزار قابلیت فراوانی برای استفاده در مناطق جنوبی تهران - خصوصاً نواحی مستعد روانگرایی - داشته و استفاده از آن عملی و مقرون بصرفه است. "البته محدودیت استفاده از این آزمایش در نواحی شمالی تهران، کم بودن عمق نفوذ آن بدلیل ماهیت درشت دانه و سمتاسیون قوی آبرفت های شمالی است. لیکن انجام آن در داخل چاهک ها و گالری های حفاری شده در این رسوبات مطابق شکل 5 قابل انجام است" (چشمی، 1385)



شکل 5- بکارگیری ابزار نفوذ وزنی سوئدی در یک گالری حفر شده در آبرفتهای درشت دانه تهران (چشمی، 1385)



شکل 4- بکارگیری ابزار نفوذ وزنی سوئدی در مناطق جنوبی تهران (حبیبی، 1385)

جمع بندی

- 1- در بسیاری از موارد آگاهی کم دست‌اندرکاران امر ساخت و ساز از مخاطرات ژئوتکنیکی، موجب می‌گردد که بودجه لازم برای بررسیهای ژئوتکنیکی در نظر گرفته نشود. چشم‌پوشی از بررسیهای ژئوتکنیکی، بسته به موقعیت ساختگاه و شرایط منطقه‌ای، مخاطرات متعددی را به دنبال خواهد داشت.
- 2- امکانپذیری آزمایشات مرسوم ژئوتکنیکی در مناطق مختلف تهران با یکدیگر متفاوت است. و بستگی به خصوصیات زمین شناسی مهندسی آبرفتهای مناطق مختلف دارد.
- 3- شناسایی ژئوتکنیکی ساختمانهای سبک در آبرفتهای درشت دانه تهران باید در چارچوبهای حاصل از اطلاعات طرحهای جامع شهری و بر اساس شناسایی ویژگیهای عمومی آبرفتهای درشت دانه تهران انجام گردد. ارائه این چارچوبها نیازمند تحقیقات بیشتر است

4- شناسایی ژئوتکنیکی ساختمانهای سبک در آبرفتهای جوان و ریزدانه تهران می‌تواند به کمک آزمونهای برجای ارزان قیمت نظیر کاوشگر دینامیکی سبک یا متوسط و آزمون نفوذ وزنی سوئدی انجام شود.

مراجع

- بربریان م، قریشی م، ارژنگ روش ب، مهاجر اشجعی ا، (1371)، "پژوهش و بررسی ژرف نو زمین ساخت، لرزه زمینساخت و خطر زمینلرزه- گسلش در گستره تهران و پیرامون"، سازمان زمین شناسی کشور گزارش شماره 56.
- پهلوان ب، (1382)، "مطالعه متغیرهای تغییر شکل پذیری با استفاده از پرسومتر جهت طراحی پی‌های سطحی"، پایان نامه دکترای زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، فاخر ع (استاد راهنما)، خامه چیان و صنیعی (اساتید مشاور)
- جعفری م ک، (1381)، "مطالعات تکمیلی ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای جنوب تهران"، برنامه ملی تحقیقات (شماره ثبت 5017)، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- چشمی ا، (1385)، "مطالعه خواص مکانیکی آبرفت تهران بر اساس آزمونهای متداول و ابزارهای ساده مکانیکی"، پایان‌نامه دکترای زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، فاخر ع (استاد راهنما) خامه‌چیان(مشاور)، در حال انجام- فروردین 1385.
- حبیبی م، (1383)، "آزمونهای برجای ارزان قیمت"، سمینار کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، دانشکده عمران دانشگاه تهران.
- حبیبی م، (1385)، "ساخت، بکارگیری و توسعه ابزار نفوذ وزنی سوئدی برای کاوش زمین"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، دانشکده عمران دانشگاه تهران، فاخر ع (استاد راهنما)، در حال انجام- فروردین 1385.
- خادم ن ا، (1371)، "رسوبات آبرفتی گستره تهران (کوهپایه- دشت)" فصل‌نامه علوم زمین، شماره 6، ص 6 تا 21.
- خدایپرست م (1384)، "توسعه تکنیکهای شناسایی ژئوتکنیکی خاکها با کاوشگرهای دینامیکی"، پایان‌نامه دکترای مکانیک خاک و پی، دانشکده عمران دانشگاه تهران، فاخر ع (استاد راهنما).
- شکرانی س ح (1379)، "ساخت، بکارگیری و کالیبره نمودن ابزار مکینتاش برای شناسائی زمین"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، گروه عمران دانشگاه تهران، فاخر ع (استاد راهنما).
- فاخر ع، مرادی م، (1385)، "شناسائیهای ژئوتکنیکی ساختگاه"، واحد تکثیر جزوه دانشکده مهندسی عمران پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران، بهار 1385
- میرمحمد حسینی س م، (1381)، "ریز پهنه‌بندی جنوب شرقی تهران در برابر روانگرایی"، برنامه ملی تحقیقات (شماره ثبت 5013)، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- Curtin W.G, Shaw G, Parkinson G.I, Golding JM, (1997), "Structural Foundation Design Manual", Blackwell Science, Cambridge, UK, 377 P.
- Euro Code 7 (2000) : Geotechnical Design- Part 3 : Design Assisted by Field Testing", (ENV 1997-3 : 2000)
- JIS (2001), " Japanese Code for Site Investigation ", JIS (1221) .
- Ruitter J Ed, (1988), " Penetration Testing " Vol.1 , A.A.Balkema.
- Sanglerat G, (1972), " The Penetrometer and Soil Exploration " Vol.1, Elsevier Scientific
- Tsukamoto Y, Ishihara K, Sawada S (2004), "Correlation between penetration resistance of Swedish weight sounding test and SPT blow counts in sandy soils" Soils and foundation Journal Vol.44, No.3 , pp. 13-24 .