بررسی مشکلات خاک‌های مارنی و دستی منطقه نگین پارک تبریز در اجرای پروژه‌های گودبرداری عمیق

زهرا پارسا[۱]، ابراهیم اصغری‌کلجاهی*[۲] و مسعود حاجی علیلو بناب[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم‌طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز
۲- دانشیار گروه علوم‌زمین، دانشکده علوم‌طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز
۳- استاد گروه خاک و پی، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز

نویسنده مسئول: e-asghari@tabrizu.ac.ir *

دریافت: ۹۹/۸/۱۸ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۶ نوع مقاله: کاربردی

چکیده

منطقه نگین پارک در شرق تبریز به مساحت حدود ۱۱۰ هکتار دارای توپوگرافی تپه ماهوری بوده و لذا در موقع شهرسازی قسمت بالای تپه‌ها خاکبرداری شده و در دره‌ها و گودی‌ها ریخته شده است. در این منطقه لایه‌های مارنی و خاک‌های دستی گسترش فراوانی دارند. وجود خاک‌های دستی و لایه‌های مارنی که از نظر ژئوتکنیکی استحکام و پایداری کمی دارند، مهم‌ترین چالش اجرای پروژه‌های گودبرداری ساختمانی در این منطقه است. با بررسی عکس‌های هوایی قدیمی و نقشه‌های زمین‌شناسی، همچنین با مطالعات صحرایی و بازدید گودهای در حال اجرا و جمع‌آوری اطلاعات گمانه‌های حفر شده در منطقه، به بررسی موضوع پرداخته شده است. از ۳ پروژه گودبرداری بازدید و بررسی شده و اطلاعات ۲۵ گمانه جمع‌آوری گردیده است. نتایج بررسی‌ها به صورت نقشه گسترش خاک‌های دستی و مارنی ارائه شده است. حدود ۲۸ درصد این محدوده به وسیله خاک‌های دستی با ضخامت بیش از دو متر، حدود ۳۵ درصد با خاک‌های مارنی و مابقی با رسوبات آبرفتی درشت دانه پوشیده شده است. عمق آب‌های زیرزمینی در این منطقه بین ۵ تا بیش از ۲۰ متر تغییر می‌کند. استحکام و پایداری دیواره‌های گود در لایه‌های مارنی خشک مناسب است ولی پایداری در لایه‌های اشباع به شدت کاهش پیدا کرده و استفاده از روش‌های میخکوبی و انکر را با مشکلاتی مواجه می‌سازد. با توجه به جنس لایه‌های زمین، عمق آب‌های زیرزمینی و عمق گودبرداری، در این منطقه طرح‌های پایدارسازی مختلفی مثل دیوار حائل، میخ‌کوبی، سیستم شمع و انکر همراه با شاتکریت بکار گرفته می‌شود. کارکرد میخکوبی و انکراژ در خاک‌های مارنی و دستی به دلیل پدیده خزش با کاهش نیروی مهار با گذشت زمان همراه است.

واژه‌های کلیدی: مارن، خاک دستی، نگین پارک تبریز، گودبرداری، میخ‌کوبی، انکر

۱- پیشگفتار

گسترش خاک‌های دستی در بافت شهری قدیمی و همچنین در مناطق ناهموار زیاد دیده می‌شود. در مناطق قدیمی شهر معمولاً با تخریب ساختمان‌های قدیمی و یا با حفر زیرزمین و چاه و پر کردن آن‌ها در موقع تخریب برای نوسازی، توده خاک دستی زیادی برجای می‌ماند. همچنین در مناطقی که زمین ناهموار بوده و حالت تپه ماهوری دارد، برای تسطیح زمین قسمت‌های بلند را برداشت کرده و در نواحی پست می‌ریزند. در این فرآیند این خاک‌ها غالباً به طور توده‌ای ریخته شده و عملیات تراکمی صورت نمی‌گیرد. بنابراین این نوع خاک‌ها باربری کافی نداشته و در صورت قرارگیری در دیواره گودبرداری‌ها از پتانسیل بالایی برای جابجایی و تخریب دیواره گود برخوردارند. یکی دیگر از خاک‌ها یا سنگ‌هایی که در گودبرداری‌های ساختمانی در برخی مناطق تبریز مشکل آفرین می‌باشند، مارن‌ها هستند. مارن‌ها موادی هستند که از ترکیب رس و کربنات کلسیم تشکیل شده و دارای منشا دریایی، دریاچه‌ای و آب شیرین هستند. مارن یک اصطلاح برای توصیف نهشته‌هایی است که از ترکیب رس و کربنات کلسیم با درصدهای متفاوت ۳۵ تا ۶۵ تشکیل شده است (پتی‌جان، ۱۹۷۵). مارن‌ها از نظر رنگ متنوع هستند. بر حسب منشا و نحوه شکل‌گیری و ترکیبات موجود در نواحی مختلف خاک‌های مارنی به رنگ‌های کبود، خاکستری، زرد، بنفش، قهوه‌ای، سیاه، شیری، سبز و صورتی دیده می‌شوند (قریب، ۱۳۷۲). از نظر دانه‌بندی، خاک‌های مارنی محدوده وسیعی از دانه‌هایی به ابعاد شن

در عربستان و کشورهای حوضه خلیج فارس تا خاک‌های رسی با طبقه‌بندی CH یا CL در جنوب ایران و برخی نقاط اروپا را شامل می‌شود. در شرق منطقه تبریز نیز طبقه‌بندی CH، CL و MH دارند. حدود اتربرگ این خاک‌ها نیز محدوده وسیعی را شامل می‌شود و دامنه گسترده‌ای از خاک‌های غیرخمیری تا خاک‌هایی با دامنه خمیری بیش از ۴۰ درصد را شامل می‌شود. از نظر pH تقریبا تمامی مارن‌ها در محدوده بازی قرار داشته و مقادیری بین ۷/۵ تا ۱۰/۲ را نشان می‌دهند. همچنین از لحاظ ترکیبات نیز درصد بالایی از کربنات (کلسیت، دولومیت و آراگونیت) را دارا می‌باشند (جلالی میلانی، ۱۳۹۵). از میان کانی‌های رسی نیز ایلیت و مونت‌موریونیت بیش از سایرین در مارن‌های تبریز دیده می‌شود (هوشمند، ۱۳۸۶). با توجه به این که مارن‌ها در محیط‌های دریاچه‌ای کم عمق و گرم تشکیل می‌شوند، می‌توان نتیجه گرفت که مارن‌های تبریز در زمان میوسن تشکیل شده‌اند (ریبن، ۱۹۳۵). در مهندسی ژئوتکنیک مارن‌ها معمولا جزو مواد مشکل‌آفرین محسوب شده و به دلیل رفتار ژئوتکنیکی متغیر آن‌ها، در پروژه‌های عمرانی به طور ویژه مورد توجه قرار می‌گیرند. عامل مهم تعیین کننده در طراحی سازه‌ها بر روی مارن‌ها، تغییرشکل پذیری یا نشست و یا مقاومت آن‌ها می‌باشد (هوشمند، ۱۳۸۶). این تغییرشکل پذیری به صورت الاستیک، پلاستیک و در نهایت گسیختگی می‌باشد. مارن‌ها به دلیل هوازدگی و فرسایش سریع، مسائلی همچون گسیختگی پی و شیب‌ها، ترک‌های کششی در جاده‌ها، گسترش ناپایداری‌ها در شیب‌های طبیعی و ترانشه‌ها و شسته شدن خاک‌ها را در پروژه‌های عمرانی و ژئوتکنیکی به دنبال دارند. سیکل‌های تر و خشک شدن تأثیرات مهمی روی رفتار خاک‌های مارنی دارد به طوری که اغلب گسیختگی‌ها بعد از بارندگی طولانی صورت می‌گیرد. در مناطق دارای آب و هوای خشک، وجود لایه‌های مارنی در پی ساختمان‌ها و راه‌ها مساله‌ساز نیست، اما باید توجه داشت که مقاومت و پایداری این نوع خاک‌ها در محیط‌های مرطوب و اشباع به شدت کاهش می‌یابد. مارن‌ها استعداد لغزش بالایی داشته و مشکلات جدی در مناطق مسکونی ایجاد می‌کنند. هنگامی که مارن‌های رخنمون یافته در معرض بارندگی‌های شدید قرار گیرند، هوازده شده و در نتیجه گسیختگی‌هایی در دامنه‌ها، ساختمان‌ها و جاده‌ها ایجاد می‌کنند (اوحدی و همکاران، ۱۹۹۷). مشخصات مقاومتی مارن‌ها معمولا با افزایش عمق افزایش می‌یابد ولی به دلایلی از جمله هوازدگی و سفتی کم مارن‌های زرد، ترک‌دار بودن مارن‌های سبز (ساختارهای تکتونیکی ناشی از فشار زمین)، وجود رگه‌های ژیپس و زغال در مارن‌های خاکستری و سیاه، عمق سطح آب زیرزمینی، میزان رطوبت ممکن است غیر از این باشد. مارن‌های تبریز رسوبات کربناته دریاچه‌ای هستند که در نواحی شرقی، شمالی و جنوبی شهر برونزد داشته و در بیش‌تر نواحی تشکیل‌دهنده سنگ بستر بوده و در زیر رسوبات آبرفتی قرار دارند. در سال‌های اخیر ساخت و ساز در قسمت‌های شرقی و شمال شرقی تبریز بر روی لایه‌های مارن صورت پذیرد و به علت افزایش ارتفاع ساختمان و عمق گودبرداری، شناخت بیش‌تر این لایه‌ها اهمیت زیادی دارد (ماهوتی و کتابی، ۲۰۱۸). شهرک باغمیشه در شمال شرق تبریز از سازند مارنی باغمیشه که که از مارن‌های زرد، سبز چرکین و خاکستری تا سیاه تشکیل شده و اکثر پروژه‌های ساختمانی بر روی این سازند ساخته می‌شوند، بنابراین شناخت دقیق رفتار آن‌ها به خصوص تغییر شکل تحکیمی و خزشی آن‌ها اهمیت زیادی دارد (اصغری‌کلجاهی و همکاران، ۲۰۱۹). مصالح مناطق مرزداران و ولی امر واقع در شمال تبریز عمدتاً خاک رس به رنگ قرمز، مارن‌های زرد، زیتونی و در اعماق پایین‌تر مارن خاکستری می‌باشند. بنابراین ویژگی‌های رفتاری این مصالح به هنگام ساخت و ساز باید مورد بررسی قرار گیرد (زارعی، ۱۳۹۵). همچنین منطقه کوی فرشته شمالی (شمال شرقی شهر) شامل لایه‌های رسی سیلتی قرمز رنگ در معرض مسیر زهکشی آب‌های زیر سطحی ارتفاعات شمالی شهر تبریز قرار گرفته است. بنابراین نشست تحکیمی یکی از مشکلات اصلی ژئوتکنیکی در این منطقه با لایه‌های ریزدانه اشباع می‌باشد. تعداد قابل‌توجهی از ساختمان‌های مسکونی اجرا شده در این منطقه در سال‌های گذشته دچار آسیب‌های جدی شده‌اند (علیزاده مجدی و دبیری، ۱۳۹۷). در جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مارن‌های مختلف تبریز نشان داده شده که معمولاً اعداد پائین مربوط به مارن‌های زرد، سپس مارن‌های سبز و اعداد بالا مربوط به مارن‌های اعماق زیاد یعنی مارن‌های خاکستری و سیاه می‌باشند (هوشمند و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و مکانیکی مارن‌های تبریز (هوشمند و همکاران، ۲۰۱۲).

نوع	طبقه‌بندی	نشانه خمیری ٪	$\gamma_m (^{gr}/_{cm^3})$	UCS $(^{kg}/_{cm^2})$	ϕ (°)	c $(^{kg}/_{cm^2})$
مارن زرد	CL, CH	۳۵-۳۰	۱/۳۰	۳-۱	۲۰-۱۵	۰/۲
مارن سبز	CL, CH	۲۵-۲۰	۱/۴۰	۴-۲	۲۲-۱۸	۰/۳
مارن خاکستری	CL, CH, MH	۲۰-۱۵	۱/۸۰	۱۰-۴	۲۵-۲۰	۰/۵

با افزایش عمق میزان رطوبت طبیعی، مقاومت فشاری تک محوری، چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی مارن‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به وجود مارن‌های هوازده و ریزشی در تبریز بایستی در موقع گودبرداری شیب محل به دقت مورد بررسی قرار بگیرد.

خاک‌های دستی، نخاله‌های ساختمانی و یا خاک‌های مازاد معمولا در محلی انباشته (دپو) شده و بعد از مدتی از نظرها مخفی می‌شوند. خاک‌های دستی مشابه خاک‌های رُمبنده بوده و دارای ساختار سست و متخلخل بوده و در اثر اشباع شدن، ساختار آن‌ها فروریخته و دچار رمبش (Collapse) می‌شوند (حافظی‌مقدس و همکاران، ۱۳۹۱). تخلخل زیاد در خاک دستی مربوط به ساختار داربستی خاک و وجود مواد آلی و زایدات گیاهی و نیز قطعات بتن و ... می‌باشد که باعث ایجاد فضاهای خالی بزرگ در خاک مـی‌گردد. وجـود کانی‌های رسی در این خاک‌ها سبب ایجاد چسبندگی و افزایش مقاومت خاک می‌شود، اما به محض مرطوب شدن، ساختار خاک فروریخته و موجب نشست زمین، حتی بدون اعمال بار می‌شود. معمولا این خاک‌ها از لحاظ یکپارچگی و باربری جزو خاک‌های غیرباربر دسته-بندی می‌شوند. از این رو در زمان خاکبرداری برای فونداسیون ساختمان لازم است که این خاک‌ها به طور کامل برداشت شوند. برخورد به خاک دستی در دیواره گودهای عمیق و راهکارهای مقابله با آن از چالش‌های مهم پایدارسازی پروژه‌های گودبرداری می‌باشند. در هنگام گودبرداری ریزش ناگهانی خاک دستی خیلی خطرناک است. خاک دستی در حالت خشک هیچ گونه خطری ندارد ولی به محض اشباع شدن سیال گونه حرکت کرده و موجب گسـیختگی ناگـهانی می‌شود. فروریختن گود خیابان ایران زمین تهران در سال ۱۳۹۲ ناشی از وجود خاک‌های دستی بوده است (عطرچیان، ۱۳۹۳). با توجه به مسائل ذکر شده در مورد خاک‌های مساله‌دار، بررسی چگونگی گسترش آن‌ها به ویژه در مناطق شهری ضروری است.

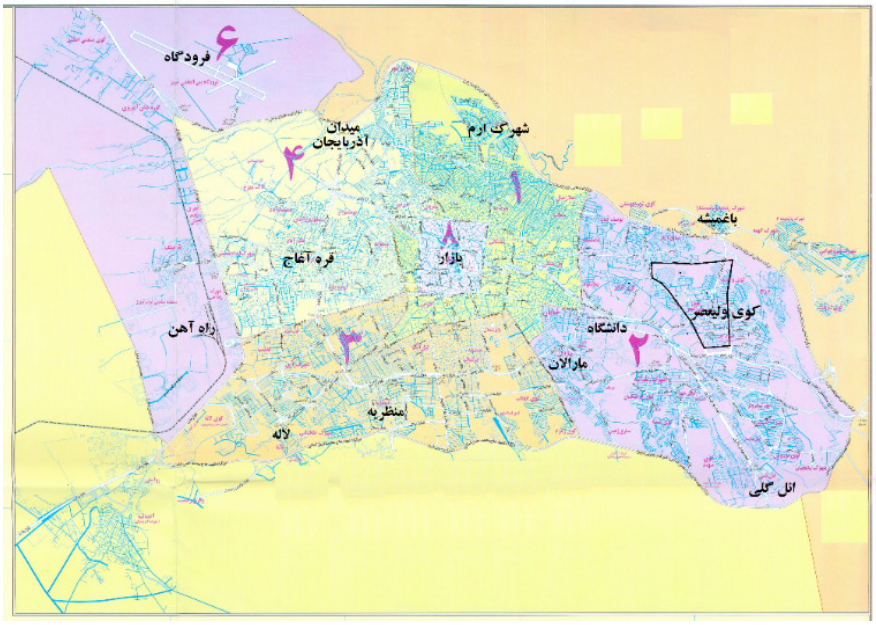
گودبرداری‌های عمیق برای توسعه سیستم‌های حمل و نقل شهری (مترو) در کلان شهرهای احاطه شده توسط ساختمان‌های مجاور به خصوص در شهر تـبریز که از خاک‌های آبرفتی و لایه‌های مارنی ضعیف تشکیل شده، یک مسئله مهم ژئوتکنیکی است (منصوری و اصغری کلجاهی، ۲۰۱۹). بنابراین به مـنظور جـلوگیری از نشست‌های احتمالی و تغییر مکان‌های جانبی در این خاک‌ها بایستی دیواره‌های گود حفاظت شوند.

منطقه نگین پارک تبریز از جمله مناطقی است که با گسترش زیادی از خاک‌های مساله‌دار روبروست. یکی از مهم‌ترین رانش‌های رخ داده در سال‌های اخیر در شرق تبریز در منطقه نگین پارک بوده است که بقایای آن هنوز هم پابرجا است (قنبری و همکاران، ۱۳۹۵). مساحت منطقه نگین پارک حدود ۱۱۰ هکتار است. این منطقه به طول جغرافیایی "۵ '۲۱ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی "۵۶ '۳ °۳۸ شمالی، در شرق تبریز، جنوب رودخانه باغمیشه و در شمال غرب شهرک ولیعصر واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت این منطقه نشان داده شده است. در این مقاله گسترش خاک‌های مساله‌دار شامل خاک‌های دستی و مارنی در منطقه نگین پارک تبریز و تاثیر آن بر پروژه‌های گودبرداری عمیق که برای احداث طبقات زیرزمین ساختمان اجرا می‌شود، بررسی شده است.

۲- ژئومورفولوژی و تکتونیک منطقه

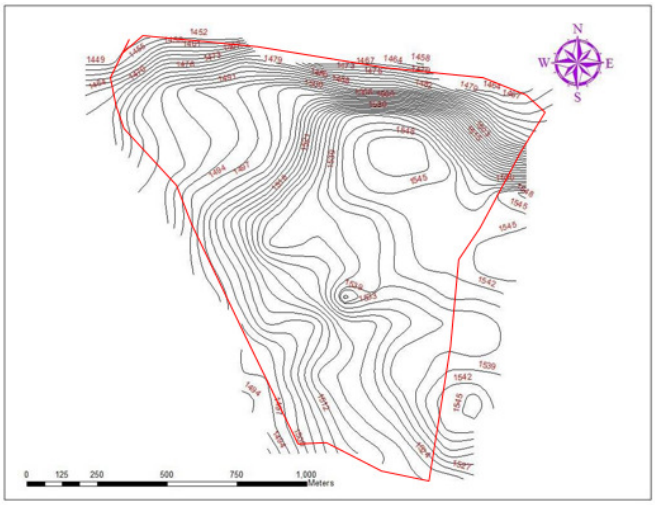
ریخت‌شناسی فعلی تبریز حاصل تأثیر نیروهای تکتونیکی، فعالیت گسل‌ها، چین‌ها و فرسایش می‌باشد. گسل شمال تبریز مرز بین کوه و دشت در شـمال تبریز را تـشکیل می‌دهد. در قسمت‌های جنوبی شهر (بین تپه‌های جنوبی و دشت تبریز) نیز گسل‌های متعدد کوچکی واقع شده است. از جمله عوامل مهمی که در شکل‌دهی ریخت‌شناسی منطقه تبریز نقش موثر داشته‌اند، فرسایش و رسوب گذاری به وسیله رودخانه‌ها می‌باشند (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۳). منطقه مورد مطالعه

دارای توپوگرافی تپه ماهوری بوده و با پستی و بلندی‌های زیادی همراه است. گسل شمال تبریز یکی از عوارض ساختاری است که باعث فعالیت این منطقه و تغییرشکل و رسوبگذاری موادی از جمله مارن‌ها شده است. در اثر این عملکرد، به موازات بخش شمالی، شکستگی‌هایی با جابجایی نرمال در جنوب دشت تبریز ایجاد شده که حاصل این شکستگی‌ها، افتادگی گرابن مانندی با امتداد شرقی غربی است. نتیجه این افتادگی، دشت فعلی است که تبریز بر روی آن قرار دارد. منطقه تبریز از لحاظ تکتونیکی به دلیل فعالیت سیستم گسلی، زلزله‌های رخ داده شده در منطقه و مشاهده شکستگی‌ها در رسوبات جوان، فعال می‌باشد. در سال‌های اخیر توسعه کلان شهر تبریز به سمت شرق بیش‌تر شده، به طوری که در شرق تبریز، شهرک ولیعصر رو به گسترش بوده و با توجه به فرسوده بودن ساختمان‌ها در منطقه ولیعصر و نگین پارک، عملیات ساختمانی حجیمی در حال انجام است که اغلب این نواحی بر روی لایه‌های مارنی- شیلی باغمیشه قرار دارند. شکل ۲ تصویری از بخش‌های شمالی منطقه نگین پارک و در شکل ۳ نقشه توپوگرافی منطقه و در شکل ۴ نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. همان طور که در نقشه توپوگرافی دیده می‌شود، بلندترین نقطه منطقه دارای ارتفاع ۱۵۴۵ متر و پست‌ترین نقطه دارای ارتفاع ۱۴۵۰ متر است. بنابراین اختلاف ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقطه منطقه حدود ۹۵ متر است.

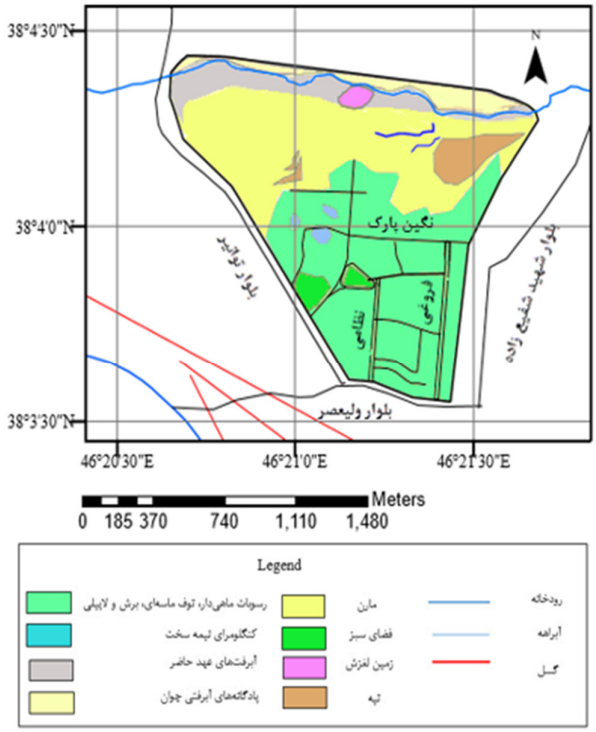


شکل ۱. موقعیت منطقه نگین پارک در شرق تبریز

شکل ۲. تصویری از ژئومورفولوژی شمال منطقه نگین پارک (نگاه به غرب)



شکل ۳. نقشه توپوگرافی منطقه نگین پارک (مستخرج از DEM)



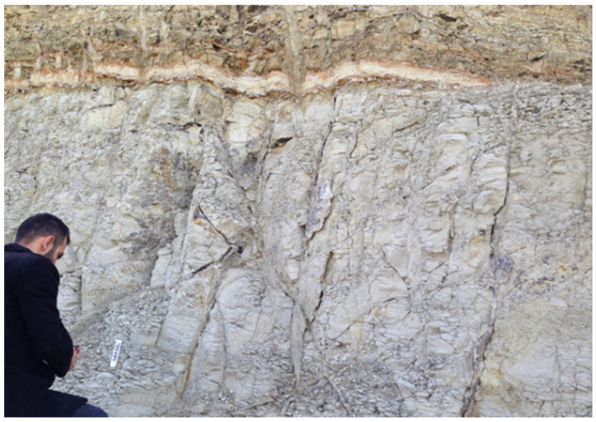
شکل ۴. نقشه ژئومورفولوژی منطقه نگین پارک

۳- زمین‌شناسی منطقه نگین پارک

بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه به مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ که به وسیله سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۹۳) تهیه شده است، در منطقه نگین پارک لایه‌های مارنی میوسن برونزد دارد. از نظر زمین‌شناسی مارن‌های تبریز به سازند باغمیشه تعلق دارند. سازند مارنی- شیلی باغمیشه از ضخامت زیادی برخوردار بوده و حفاری‌ها عمق آن را بیش از ۱۰۰ متر نشان داده است. در بین لایه‌های مارنی گاهی لایه‌های ۱۰ الی ۲۰ سانتی‌متری از شیل‌ها و گلسنگ‌های لیگنیت‌دار دیده می‌شود. بر روی این سازند حاوی فسیل ماهی به صورت هم‌شیب قابل مشاهده است و بر روی آن‌ها نیز آبرفت‌های کواترنری شامل رسوبات شن و ماسه قرار دارد (ریبن، ۱۹۳۵). واحدهای چینه‌نگاری موجود در این منطقه به ترتیب سن عبارتند از:

- مارن‌های خاکستری، رسوبات آذرآوری شامل کنگلومرا و

مارن‌های به رنگ سبز به صورت میان لایه.
- مارن‌های زرد و زیتونی، رسوب‌های آذرآوری شامل لایه‌های دیاتومیت، سینریت، لاپیلی و کنگلومرا می‌باشد.
- رسوبات آبرفتی پلیوسن- کواترنری شامل یک سری رسوب‌های سیلابی است که به طور افقی بر روی واحدهای کهن‌تر قرار گرفته و شامل تناوبی از کنگلومرا با اجزای آتشفشانی، ماسه، توف و پومیس می‌باشد.
- تراس آبرفتی کواترنری شامل رسوب‌های آبرفتی جوان شامل ماسه‌رسی، ماسه‌سیلتی و اجزای کوچک از سنگهای دیگر است. ضخامت این لایه در نقاط مختلف متفاوت است.
منطقه نگین پارک از لحاظ زمین‌شناسی از تناوب لایه‌های مارنی زرد، سبز زیتونی و خاکستری تشکیل شده است، اما در بعضی مناطق در سطح واحد آبرفتی و ماسه کنگلومرایی یا خاک دانه‌ای شامل شن و ماسه مشاهده می‌شود. لایه‌های مارنی در بیش‌تر مناطق به صورت افقی هستند ولی در بعضی مناطق در اثر فعالیت‌های تکتونیکی شیب‌دار شده‌اند. مارن‌ها گستردگی وسیعی در شرق تبریز دارند. با توجه به این‌که سنگ‌های مارنی در اثر هوازدگی به راحتی هوازده شده و تبدیل به خاک می‌شوند، لذا در هر محلی که سازندهای زمین‌شناسی از سنگ‌های مارنی تشکیل شده باشد در کنار و یا روی آن سازند، قشری از خاک مارنی هم مشاهده می‌شود. مارن‌ها حدود دو سوم سنگ بستر شهر تبریز را تشکیل می‌دهند. شکل ۵ تصویری از مارن‌های زرد و سبز چرکین را نشان می‌دهد که این مارن‌های زرد در معرض هوا سریعاً هوازده شده و مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد. مارن‌های سبز که در زیر مارن‌های زرد بوده و به ندرت برونزد داشته و اغلب ترکدار هستند. مارن‌های خاکستری تا سیاه که تا اعماق زیاد ادامه داشته و سنگ بستر تبریز را تشکیل می‌دهند.



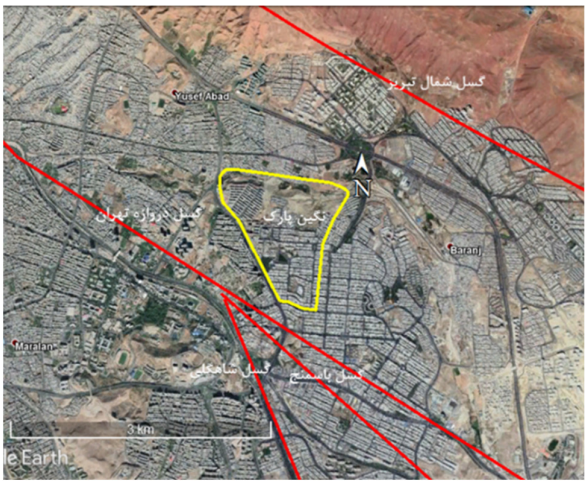
شکل ۵. برونزدی از مارن‌های خاکستری، سبز و زرد در منطقه نگین پارک

شهر تبریز به دلیل شرایط توپوگرافی، لیتولوژی و مجاورت با گسل‌های فعال در قسمت‌های شمال، شرق و شمال شرقی مستعد خطر زمین‌لغزش می‌باشد که زمین لغزش کوی ولیعصر (نگین پارک) در سال ۱۳۶۹ از جمله این زمین لغزش‌ها می‌باشد. منطقه ولیعصر تا حدودی از خط گسل اصلی فاصله دارد ولی بستر این منطقه از یک سری رسوبات و نهشته‌های مارنی و رسی سبزرنگ تشکیل شده که در صورت جذب آب حالت خمیری پیدا کرده و در جهت شیب حرکت می‌کنند. محدوده مورد مطالعه یک منطقه مرتفع نسبت به مناطق اطراف است که توسط دو گسل شمال تبریز و گسل دروازه تهران محصور گردیده و منطقه تحت تاثیر عملکرد امتدادی برشی دو گسل قرار گرفته است (شکل ۶). این گسل‌ها شاخه‌های فرعی گسل شمال تبریز محسوب می‌شوند. به دلیل مجاورت منطقه نگین پارک با گسل شمال تبریز، لایه‌های مارنی در این منطقه تحت فشارهای تکتونیکی دچار چین‌خوردگی شده‌اند (شکل ۷).

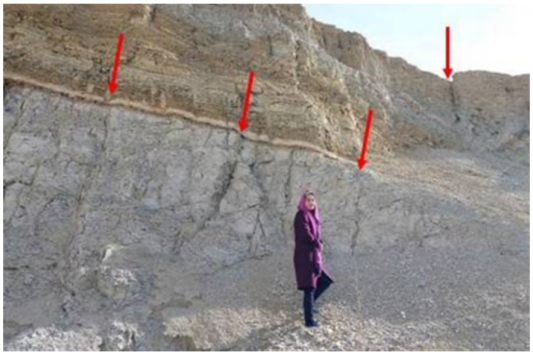
۴- وضعیت زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک منطقه

شهرک ولیعصر در شرق تبریز و بر روی تپه‌های نسبتاً کوتاه ساخته شده است. از حدود ۶۰ سال پیش به تدریج تپه‌های مارنی و شیلی منطقه تسطیح شده و مجتمع‌های مسکونی متعدد و بناهای یک یا چند طبقه احداث گردیده است. ساخت و ساز منطقه اغلب بدون مطالعه انجام گرفته و در

عملیات خاکبرداری و خاکریزی نکات فنی رعایت نشده است. لذا از همان اوایل گسترش شهرک، نشست غیرمجاز و نامتقارن ساختمان‌ها از جمله مشکلات اصلی در این منطقه بوده و علاوه بر این در بخش‌هایی که شیب زمین بیش‌تر بوده است، احداث ساختمان‌ها سبب بروز پدیده خزش و یا لغزش گردیده است. این پدیده منجر به ترک برداشتن ساختمان‌ها، جاده‌ها، قطع شدگی لوله‌های آب و فاضلاب شده که به نوبه خود منجر به تسریع و تشدید حرکت زمین گردیده است. شرق تبریز به دلیل شرایط توپوگرافی، لیتولوژی و مجاورت با گسل‌های فعال در قسمت‌های شمال، شرق و شمال شرقی، مستعد خطر زمین‌لغزش می‌باشد. زمین‌لغزش در مارن‌ها در مناطق مختلف شهر تبریز از جمله مناطق نگین پارک و ارم گزارش شده که در نتیجه کاهش مقاومت برشی خاک صورت می‌گیرد. در شکل ۸ تصویری از یکی این زمین‌لغزش‌ها نشان داده شده است.



شکل ۶. نقشه گسل‌های محصور کننده منطقه نگین پارک بر روی عکس ماهواره‌ای



شکل ۷. تصویری از ریزگسل‌های منطقه نگین پارک (ترانشه شرق بلوار توانیر)

شکل ۸. تصویری از زمین‌لغزش رخ داده در لایه‌های مارنی شرق تبریز (هوشمند، ۱۳۸۶)

تاریخچه وقوع زمین‌لغزش در کوی نگین پارک به ۳۰ سال پیش باز می‌گردد که در آن سال طی یک زمین لغزش چند ساختمان در حال احداث شدیداً آسیب دید. ریزش‌های موضعی به تدریج موجب پیشروی گسیختگی به سمت بالادست شده و اسکارپ‌های (پرتگاه‌ها) عمیقی در بالادست شیب ایجاد نموده که خانه‌های بالادست شیب را با خطر جدی مواجه ساخته است (شکل ۹). در پایین دست شیب نیز جهت احداث یک مجتمع آپارتمان ۲۰ طبقه، پای شیب خاکبرداری شده است که خود یکی از چند عامل بروز زمین‌لغزش بوده است.

شکل ۹. تصویری از رانش زمین منطقه نگین پارک (روستایی و ساری‌صراف، ۱۳۸۵)

زمین‌لغزش کوی نگین پارک به دلیل شیب، وسعت و گستردگی زیاد آن و نیز به جهت فاصله کم ساختمان‌ها و عمق زیاد لغزش از جمله مشکل آفرین‌ترین لغزش‌ها در منطقه بوده و همین امر موجب پیچیدگی تحلیل و پایدارسازی آن گردیده است (روستایی و ساری‌صراف، ۱۳۸۵). علاوه بر لغزش‌های فوق، لغزش‌های دیگری نیز در منطقه وجود دارد. تکان‌های حاصل از زلزله نقش مهمی در ناپایداری شیب‌ها و دامنه‌ها داشته است. چند روز قبل از حرکت دامنه در فروردین ۱۳۶۹ زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۴/۵ ریشتر در نزدیکی منطقه لغزش صورت گرفته که مسلما در حرکت دامنه مزبور موثر بوده است. گفته می‌شود که در این ناحیه قبل از ساخت و ساز مطالعه‌ای صورت نگرفته بود (منظری، ۱۳۷۵). در محدوده لغزش، نهشته‌های زیر به ترتیب از جدید به قدیم قابل تفکیک هستند (کمک‌پناه و همکاران، ۱۳۷۶):

- خاک‌های دستی
- رسوبات آبرفتی جوان
- نهشته‌های کواترنر بالایی
- لایه‌های مارنی

علل وقوع زمین‌لغزش منطقه نگین پارک را نفوذ آب‌ها و وجود سازندهای مارنی سست و تاثیر گسل شمال تبریز ذکر کرده‌اند شکل سطح لغزش تقریبا دایره‌ای به شعاع حدود ۲۵۰ متر، به طول لغزش ۱۵۵ متر و به عمیق ۱۷ متر بوده است. لغزش در زمین‌های شیبدار باعث نشست ناهمگون یا حرکت پی‌ها و در نتیجه جدا شدن ساختمان از زمین می‌شود. نشست و فرو رفتن ساختمان مجتمع مسکونی گلپارک در سال ۱۳۸۱ نمونه‌ای از اثرات لغزش لایه‌های مارنی آهک‌دار بستر شهر در این منطقه بوده است (عابدینی و مقیمی، ۲۰۱۲). مشکلات عمومی ساخت و ساز در این منطقه از قبیل نشست ساختمان و رانش خاک زیر پی در همسایگی پروژه، ترک برداشتن و کج شدن ساختمان‌های قدیمی خوابگاه دانشجویی ولیعصر و نیز دیوار مدرسه و چندین ساختمان مسکونی از جمله مستنداتی بارز ناپایداری خاک در این منطقه است (شرکت تل‌تاو، ۱۳۹۵). وجود لایه‌های مارنی نفوذناپذیر باعث شده که آب‌های ناشی از بارندگی و فاضلاب شهری به داخل زمین نفوذ نکرده و لذا تراز سطح آب زیرزمینی بالا بیاید. این عامل نیز یکی از مشکلات منطقه نگین پارک در پروژه‌های گودبرداری است. توده‌های مارنی موجود در خاک منطقه نگین پارک همراه با شیب تند و قرار گرفتن در مسیر مسیل‌ها و آب‌های جاری استعداد رانشی شدیدی را در منطقه ایجاد کرده است.

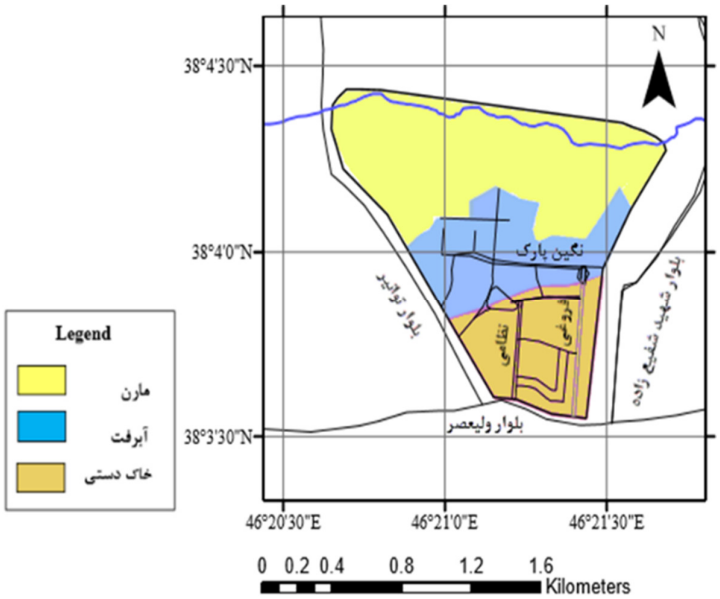
در نواحی تپه ماهوری مثل منطقه نگین پارک تبریز، در موقع شهرسازی از راس تپه‌ها و پشته‌ها خاکبرداری شده و در دره‌ها و گودی‌ها ریخته می‌شود. بعد از احداث ساختمان‌ها و خیابان‌ها شناسایی گسترش خاک‌های دستی دشوار است. یکی از ابزارهای شناسایی گسترش این خاک‌ها، عکس‌های هوایی قبل از شهرسازی است. شکل ۱۰ عکس هوایی سال ۱۳۶۲ قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که به وضوح گسترش خاک‌های دستی در آن قابل مشاهده است. اغلب مناطق به وسیله رسوبات آبرفتی جوان پوشیده شده ولی حفاری‌های انجام شده نشان می‌دهد که در زیر رسوبات آبرفتی منطقه، لایه‌های مارنی خاکستری رنگ متعلق به سازند باغمیشه وجود دارند. شکل ۱۱ برونزدی از مارن‌های منطقه نگین پارک را نشان می‌دهند. مارن‌های زرد در صورت قرارگیری در معرض هوا سریعاً هوازده شده و مقاومت آن‌ها کاهش می‌یابد. مارن‌های سبز در زیر مارن‌های زرد بوده و کمتر برونزد دارند و اغلب ترکدار هستند. مارن‌های خاکستری تا سیاه تا اعماق زیاد ادامه داشته و سنگ بستر تبریز را تشکیل می‌دهند.

شکل ۱۰. عکس هوایی ۱۳۶۲ قسمت شمال شرقی منطقه نگین پارک که نشانگر وجود توده خاک دستی زیادی است.

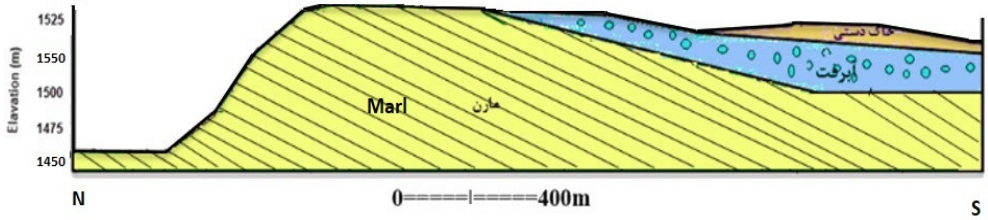
شکل ۱۱. تصویری از لایه‌های مارنی همراه با رگه‌های ژیپسی در منطقه نگین پارک

با بررسی عکس‌های هوایی قدیمی و نقشه‌های زمین‌شناسی، همچنین با مطالعات صحرایی، بازدید گودهای در حال اجرا و جمع‌آوری اطلاعات گمانه‌های حفر شده در منطقه، به بررسی موضوع پایداری دیواره گودهای عمیق در منطقه پرداخته شده است. از محل سه پروژه گودبرداری بازدید شده و اطلاعات ۲۵ گمانه جمع‌آوری گردیده است. نتایج بررسی‌ها به صورت نقشه گسترش خاک‌های دستی و مارنی ارائه شده است (شکل ۱۲). حدود ۲۸ درصد این منطقه به وسیله خاک‌های دستی با ضخامت بیش از ۲ متر و حدود ۳۵ درصد یا توده‌های مارنی پوشیده

شده است. عمق آب‌های زیرزمینی در این محدوده بین ۵ تا بیش از ۲۰ متر تغییر می‌کند. شکل ۱۳ مقطع شمالی- جنوبی منطقه نگین پارک و گسترش خاک‌های دستی و مارنی آن را نشان می‌دهد. به طور کلی از شمال شرق به جنوب غرب بر عمق خاک دستی افزوده شده است. لایه‌های مارنی در بیش‌تر مناطق به صورت افقی هستند ولی در بعضی مناطق در اثر فعالیت‌های تکتونیکی شیب‌دار شده است. در ضلع شمال منطقه نگین پارک، لایه‌های مارنی سبز در اثر فعالیت‌های تکتونیکی چین‌خورده و لایه‌بندی شیبدار شده است. با توجه به شکل ۱۲ مارن‌ها در قسمت شمال و شمال شرقی برونزد بیش‌تری داشته و هر چه به سمت نواحی مرکزی و غرب و جنوب غربی حرکت کنیم مقدار مارن‌ها کمتر می‌شود.



شکل ۱۲. نقشه زمین شناسی مهندسی منطقه نگین پارک



شکل ۱۳. مقطع شمالی- جنوبی منطقه نگین پارک

۵- بررسی روش‌های پایدارسازی دیواره‌های گود در منطقه

در موقع تحقیق سه پروژه گودبرداری عمیق در حال اجرا بود که مشخصات هریک از آن‌ها و روش‌های پایدارسازی در ادامه ارائه شده است. در شکل ۱۴ موقعیت این سه پروژه نشان داده شده است.

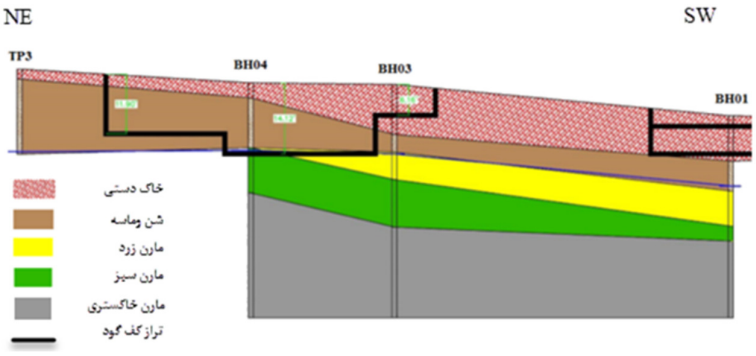
گود نگین ولی‌عصر

پروژه نگین ولیعصر در بلوار توانیر واقع شده است. لایه‌های خاک محل این پروژه از نوع دستی و دانه‌ای (شن و ماسه) و مارن‌های زرد و سبز زیتونی و خاکستری می‌باشد. جهت پایدارسازی دیواره‌های گود از روش میخ‌کوبی، شمع و انکر و انکر همراه با شاتکریت استفاده شده است. شکل ۱۵ پایدارسازی پروژه نگین توسط سیستم میخ‌کوبی و انکراژ را نشان می‌دهد. در این پروژه تعداد ۶ گمانه قبل از انجام گودبرداری توسط شرکت تل‌تاو (۱۳۹۵) و تعداد ۶ گمانه بعد از گودبرداری توسط شرکت لرزه‌ساخت ساوالان (۱۳۹۶) حفاری و آزمایش شده است. با بررسی گمانه‌های اکتشافی در حدود ۲ الی ۱۳ متر خاک دستی مشاهده می‌شود. در ادامه خاک دستی تمامی گمانه‌ها به ماسه

سیلتی همراه با شن برخورد می‌کنند که عموماً بسیار سفت و فشرده بوده و گاها آثار جوش‌خوردگی در آن مشهود است. سپس تناوبی از مارن زرد و زیتونی مشاهده شده و در نهایت به مارن خاکستری بسیار سفت برخورد می‌شود که این وضعیت تا انتها ادامه دارد. در شکل ۱۶ پروفیل زمین‌شناسی پروژه نگین ولی‌عصر ارائه گردیده است. آزمایشات آزمایشگاهی و آزمایش لرزه‌ای درون گمانه‌ای و آزمایش SPT و آزمایشات آزمایشگاهی و همچنین مقادیر pH نیز بر روی نمونه‌ها انجام شده است.

شکل ۱۴. موقعیت سه گود نگین- تاوریز- فروغی در منطقه نگین پارک

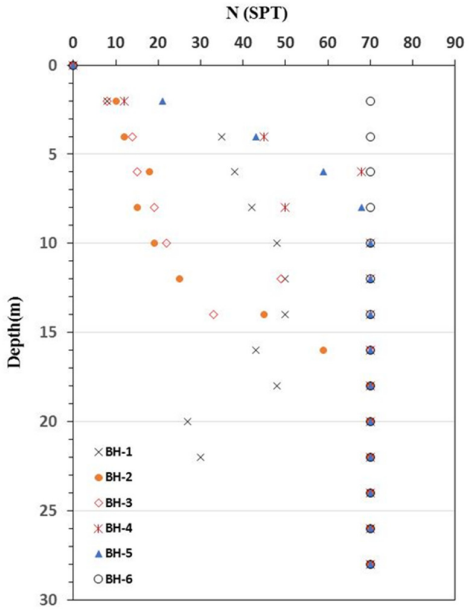
شکل ۱۵. پایدارسازی توسط سیستم ترکیبی مهاربندی و میخ‌کوبی- ضلع شرقی پروژه نگین ولیعصر تبریز



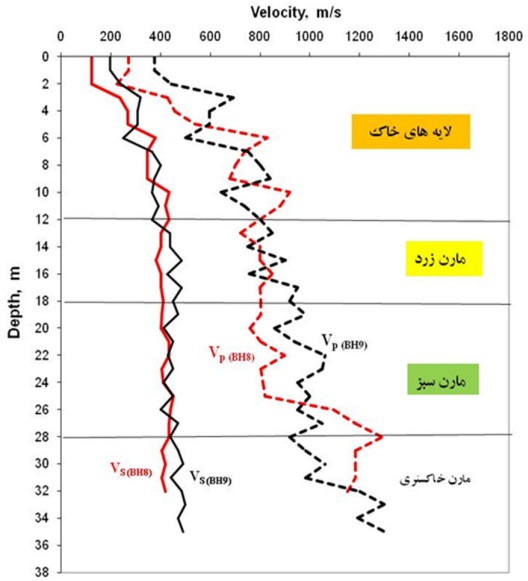
شکل ۱۶. نیمرخ زمین شناسی از شمال شرق به جنوب غرب پروژه نگین ولیعصر

نتایج آزمایشات SPT در شکل ۱۷ نشان داده شده است. عدد SPT لایه‌های خاک دستی ۸ تا ۴۲، لایه‌های مارنی زرد ۲۵ تا ۵۰، مارن‌های سبز (زیتونی) ۳۰ تا بیش از ۵۰ و مارن‌های خاکستری بیش از ۵۰ می‌باشد. با افزایش عمق، عدد SPT افزایش می‌یابد. با توجه به توصیف کیفی خاک‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که مارن‌های موجود در منطقه نگین پارک دارای سختی متوسط تا بالا باشند (پارسا و همکاران، ۱۳۹۶).

برای تعیین خصوصیات دینامیکی لایه‌های زمین، سرعت امواج طولی و برشی، آزمایشات لرزه‌ای در دو گمانه انجام شده است. این آزمایشات به وسیله شرکت لرزه ساخت ساوالان (۱۳۹۶) صورت گرفته است. در شکل ۱۸ تغییرات سرعت امواج بر حسب عمق نشان داده شده است. مقادیر سرعت موج برشی مارن‌های زرد ۳۵۰ تا ۴۰۰ و برای مارن‌های سبزرنگ ۳۸۰ تا ۴۲۰ و برای مارن‌های خاکستری منطقه ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر بر ثانیه برآورد شده است.



شکل ۱۷. نتایج آزمایشات SPT در محدوده پروژه نگین ولیعصر



شکل ۱۸. سرعت امواج P و S بر حسب عمق در لایه‌های مختلف زمین پروژه نگین ولیعصر

طبقه‌بندی خاک‌های مارنی با توجه به نتایج آزمایشات دانه‌بندی و حدود اتربرگ CH، CL و MH می‌باشد. در جدول ۲ برخی از خصوصیات فیزیکی و ژئوتکنیکی مارن‌های منطقه ارائه شده است. چنانچه دیده می‌شود با افزایش عمق، درصد رطوبت مارن کاهش و در مقابل دانسیته خشک (γ_d) مقاومت تراکمی تک‌محوری (UCS)، زاویه اصطکاک داخلی (φ) و چسبندگی (C) آن به مقدار کم افزایش می‌یابد.

گود تاوریژ: گود تاوریژ ۲۶ متر عمق دارد. لایه‌های این محل از مارن خاکستری تشکیل شده و جهت پایدارسازی دیواره‌های آن از انکر و شمع و میخ‌کوبی همراه با شاتکریت استفاده شده است (شکل ۱۹).

گود خیابان فروغی

این گود در خیابان فروغی واقع در کوی آیدین ایجاد شده است. عمق آن ۷ متر بوده و لایه‌های خاک به صورت خاک دستی، آبرفت درشت دانه و مارن‌های زرد و زیتونی می‌باشد. آبرفت‌های درشت دانه از لحاظ زمین‌شناسی به صورت رسوبات کنگلومرایی هستند. برای پایدارسازی ضلع شمالی این گود از ۴ شمع بتنی درجاریز که به فاصله ۳ متر از یکدیگر قرار دارند و برای پایدارسازی قسمت غربی آن از دیوار حائل از نوع طره‌ای پیش‌بنددار استفاده شده است. شکل ۲۰ تصویری از پایدارسازی دیواره‌های آن را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و ژئوتکنیکی مارن‌ها در گود نگین ولی عصر

نوع خاک	درصد رطوبت	γ_d $(\frac{gr}{cm^3})$	UCS $(\frac{kg}{cm^2})$	φ (°)	C $(\frac{kg}{cm^2})$
خاک دستی	۱۳	۱/۴۵	-	۳۵	-
مارن زرد	۲۲	۱/۴۱	۴/۱	۲۲	۰/۲۳
مارن سبز	۱۸	۱/۴۲	۴/۲	۲۵	۰/۴۳
مارن خاکستری	۱۵	۱/۵۳	۵/۱	۲۶	۱/۰۵

شکل ۱۹. پایدارسازی دیواره‌های گود تاوریژ توسط سیستم میخ‌کوبی و انکراژ

شکل ۲۰. پایدارسازی ضلع غربی گود با دیوار حائل پشت بنددار در خیابان فروغی

۶- تحلیل و بحث

به دلیل افزایش روزافزون احداث ساختمان‌های بلند و نیاز به طبقات زیرزمین، تعداد گودبرداری‌ها به خصوص گودبرداری‌های عمیق و نیمه‌عمیق رو به افزایش است. در صورت عدم رعایت اصول و قوانین گودبردای، بروز مشکلات و احتمال ریزش دیواره‌ها بالا است. با انجام گودبرداری و به خصوص گودبرداری‌های عمیق، تعادل تنش‌های خاک به هم خورده و تغییر شکل‌هایی در خاک ایجاد می‌شود. تغیرشکل‌های خاک موجب به هم خوردن انسجام خاک و در نهایت گسیختگی خاک و بر هم خوردن تعادل و پایداری سازه‌های مجاور گود می‌شود. اگر ساختمان‌های مجاور قدیمی بوده و فاقد انسجام سازه‌ای باشد و تحمل تغییرشکل‌های ناشی از گودبرداری را نداشته باشند، تحمل آسیب حتمی است. مشکل مهم در گودبرداری در نواحی شهری، پایدارسازی دیواره گود و نیز جلوگیری از نشست‌های احتمالی ساختمان‌های مجاور آن است. ارائه طرح مناسب نگهداری دیواره‌های گودبرداری ارتباط مستقیمی با شرایط زمین‌شناسی محل دارد. روش‌های مختلفی برای پایدارسازی دیواره گودها استفاده می‌شود.

منطقه نگین پارک در شرق تبریز که عمدتاً از لایه‌های مارنی تشکیل شده و به دلیل این که در این منطقه ساختمان‌های کوتاه و بلند بسیاری ساخته شده و شهرک‌سازی در حال گسترش است و اکثر پروژه‌های ساختمانی بر روی این مارن‌ها ساخته می‌شوند، عامل نشست کنترل کننده ظرفیت باربری پی بوده و بنابراین شناخت دقیق رفتار آن‌ها به‌خصوص تغییر شکل تحکیمی و خزشی مارن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی توجه به جنس لایه‌های زمین، ساختارهای زمین‌شناسی و شرایط آب زیرزمینی، مهم‌ترین عوامل زمین‌شناسی مهندسی در طراحی و اجرای گودبرداری‌های عمیق است. وجود خاک‌دستی، مارن‌های هوازده و به خصوص اشباع، مهم‌ترین چالش‌های گودبرداری در منطقه نگین پارک است. طرح‌های مناسب برای پایداری دیواره‌های گودبرداری این منطقه، استفاده از شمع و انکر در مجاورت ساختمان‌ها، انکر با پد و میخ‌کوبی است. در قسمت‌هایی که سطح آب زیرزمینی بالا است و یا با آب‌های فاضلاب ساختمان‌های مجاور روبرو هستیم، زهکشی اولیه قبل از گودبرداری ضروری است. در اینجا به طور مثال چگونگی طراحی و پایدارسازی دیواره‌های گود نگین ولی عصر بررسی شده است. برای تحلیل پایداری دیواره‌های گود از روش تعادل حدی که متداول‌ترین روش برای بررسی پایداری توده خاک می‌باشد، استفاده شده است. تحلیل‌های پایداری با نرم‌افزار Slope/W از مجموعه GeoStudio 2007 صورت گرفته است. در این پروژه، طراحی سیستم نگهبان بر اساس مقادیر حداقل ضرایب اطمینان بدست آمده از روش اسپنسر صورت گرفته است. مزیت استفاده از این نرم‌افزار داشتن المانی مجزا برای میخ‌کوبی و انکر است که با داشتن مقدار مقاومت اصطکاکی بین خاک و دوغاب سیمان هر میخ (نیل)، نیروی ناشی از حرکت گوه گسیختگی را بدست آورده و با توجه به طول قرار گرفته در پشت گوه، ضریب اطمینان در مقابل گسیختگی را محاسبه می‌کند. در صورت استفاده از سیستم میخ‌کوبی مقادیر پیشنهادی آیین‌نامه (2015) FHWA برای میزان مقاومت بیرون کشیدگی میخ برای خاک دستی در حدود ۰/۹ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و برای خاک محتوی شن و ماسه متراکم در حدود ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. در صورت استفاده از سیستم انکر نیز مقاومت بیرون کشیدگی قسمت درگیر مهاری به علت حضور توده دانه‌ای خاک در حدود ۴/۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در نظر گرفته شده است. در جدول ۳ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های زیرسطحی محدوده گود نگین ولیعصر برای تحلیل پایداری نشان داده شده است. برای تحلیل پایداری دیواره‌های گود نگین ولیعصر، سربار ۰/۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در لبه دیواره‌های آزاد و خیابان و ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در لبه دیواره‌های مجاور ساختمان‌های همسایه که ۵ طبقه است، در نظر گرفته شده است. ضمناً در طرح‌های نگهداری، نیروی کششی میخ‌ها ۱۵ تن و نیروی کششی انکرها ۴۵ تن فرض شده است.

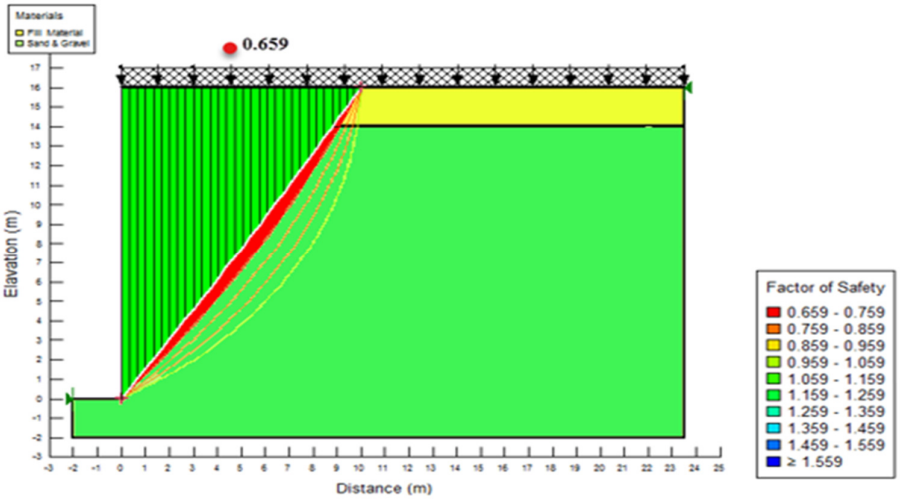
دیواره شرقی گود نگین در مجاورت خیابان ۲۵ متری قرار دارد و ضریب اطمینان پایداری (FS) با در نظر سربار ۰/۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۰/۶۶ بوده است (شکل ۲۱). همان‌طور که در شکل ۲۲ دیده می‌شود، در صورتی که جهت پایدارسازی آن از انکراژ استفاده شود، ضریب اطمینان پایداری به ۱/۳۳ می‌رسد.

ضریب اطمینان پایداری دیواره شمالی برای حالت‌های بدون سیستم نگهداری و همراه با سیستم نگهداری به ترتیب ۱/۲۵ و ۱/۳۸ بدست آمده و جهت پایدارسازی این

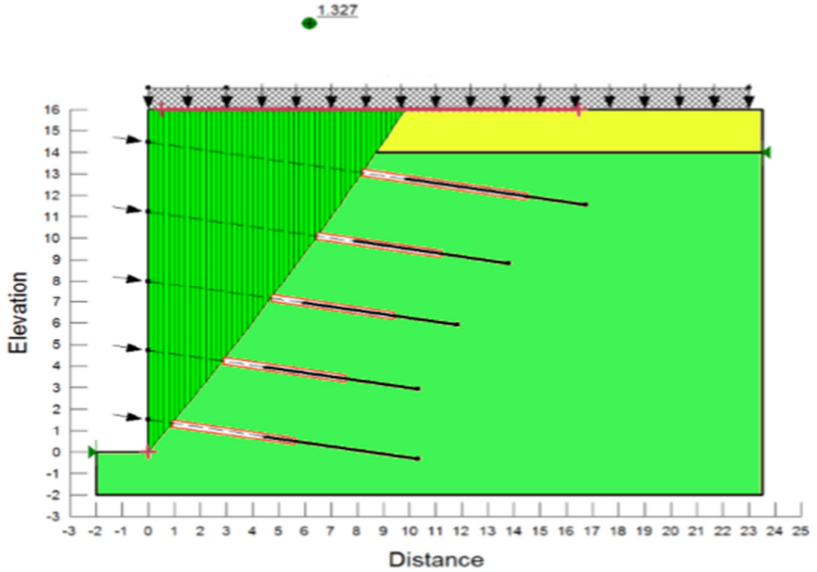
تیپ از سیستم ترکیبی شیب پایدار و میخ‌کوبی استفاده شده است. با توجه به شرایط هندسی، زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی، دیواره‌های گود به وسیله شرکت طرح و اجرا پروژه (شـرکت فرابنـیان طرح، ۱۳۹۶) به ۱۶ تیپ تقسیم-بندی شده که برای هریک از اضلاع غربی، شرقی، جنوبی و شمالی به ترتیب ۴، ۱، ۷ و ۴ تیپ در نظر گرفته‌اند.

جدول ۳. مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های زمین‌شناسی محدوده گود نگین ولیعصر

پارامترهای طراحی	واحد	لایه خاک‌دستی	لایه شن و ماسه	مارن
دانسیته طبیعی خاک	g/cm^3	۱/۷۵	۱/۹۰	۱/۹۰-۱/۷۰
زاویه اصطکاک داخلی	درجه	۳۰	۳۶	۱۵
چسبندگی	kg/cm^2	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۷۵
مدول الاستیک	kg/cm^2	۱۵۰	۴۰۰	۵۰۰-۲۵۰
ضریب پواسون	-	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۳۵



شکل ۲۱. تحلیل پایداری دیواره شرقی گود پروژه نگین ولیعصر بدون حفاظت (FS=0.66)



شکل ۲۲. تحلیل پایداری دیواره شرقی گود پروژه نگین ولیعصر با سیستم نگهداری انکراژ (FS=1.33)

جهت طراحی سیستم پایدارسازی دیواره‌های گود، چهار عامل اصلی زیر مد نظر قرار گرفته است:

۱- وضعیت زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی لایه‌ها

۲- عمق آب زیرزمینی

۳- سربار وارده از طرف ساختمان‌های مجاور گود

۴- ارتفاع دیواره

دیواره شرقی گود از یک تیپ تشکیل شده است که عمق گود در این دیواره ۱۶ متر بوده است. لایه خاک در این دیواره به صورت دو لایه، لایه اول از نوع خاک دستی و لایه دوم خاک شن و ماسه ای می‌باشد. این دیواره با نیل و انکر به همراه مش و شاتکریت نگهداری شده است (شکل ۲۳). دیواره غربی پروژه نگین از ۴ تیپ تشکیل شده است. عمق گود در این دیواره بین ۱۲/۵-۷/۵ متر می‌باشد و لایه خاک به صورت تک لایه از نوع دستی می‌باشد. این قسمت از گود در مجاورت خیابان ۲۰ متری قرار دارد و جهت پایدارسازی این قسمت دیواره از میخ‌کوبی استفاده شده است (شکل ۲۴).

شکل ۲۳. پایدارسازی دیواره شرقی پروژه نگین ولیعصر با سیستم ترکیبی میخ‌کوبی و انکراژ

شکل ۲۴. پایدارسازی دیواره غربی پروژه نگین با استفاده از سیستم میخ‌کوبی

دیواره جنوبی پروژه از ۷ تیپ تشکیل شده است. عمق گود در این دیواره ۶/۵ تا ۱۳ متر بوده و لایه‌های خاک به صورت دو لایه از نوع دستی و شن و ماسه می‌باشد (شکل ۲۵). پایدارسازی دیواره های آن از سیستم ترکیبی میخ‌کوبی، شیب پایدار و میخ‌کوبی و شمع و انکر استفاده شده است. شایان ذکر است که بخش‌هایی از این ضلع در مجاورت زمین خالی بوده در حالی که در لبه این گود یک ساختمان ۵ طبقه قرار دارد. سربار در نظر گرفته شده برای هر طبقه از سازه حدود ۰/۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می‌باشد. در قسمتهایی از گود که در مجاورت ساختمان قرار دارد از

ترکیب میخ‌کوبی استفاده شده است. قسمتهایی از گود که در مجاورت زمین خالی قرار دارد از سیستم میخ‌کوبی با شیب پایدار استفاده شده است.

دیواره شمالی پروژه نگین از ۴ تیپ تشکیل شده و این قسمت از گود در مجاورت زمین خالی موجود در محدوده زمین قرار دارد. عمق گود در این دیواره ۵/۵ تا ۱۳/۵ متر بوده و لایه‌های خاک به صورت دو لایه از نوع خاک دستی و آبرفتی (شن و ماسه) می‌باشد. با توجه به وجود فاصله ۱۲ تا ۱۸ متر لبه گود از خیابان ۱۰ متری، جهت پایدارسازی این قسمت از گود از ترکیب شیب پایدار و میخ‌کوبی، انکراژ با پد فلزی استفاده شده است.

بر اساس بررسی‌های انجام شده، کارکرد میخکوبی و انکراژ در خاک‌های مارنی و دستی این منطقه در مدت زمان بیش‌تر با مشکلاتی همراه می‌شود. علت آن به پدیده خزش و کاهش تدریجی نیروی این مهارها است.

شکل ۲۵. پایدارسازی سمت شرقی دیواره جنوبی گود نگین با سیستم شمع و انکر

۷- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایج حاصل از این تحقیق به شرح زیر است:

- منطقه نگین‌پارک در حالت طبیعی به صورت تپه ماهوری بوده که از حدود ۶۰ سال پیش که در این منطقه شروع به شهرسازی شده، تپه‌ها تراشیده شده و در دره‌ها و گودی‌ها ریخته شده است. به همین دلیل در این منطقه گسترش خاکهای دستی به لحاظ افقی و عمودی زیاد است.
- در منطقه نگین‌پارک و نواحی مجاور آن لایه‌های مارنی در اعماق مختلف وجود داشته و اکثرا شکسته و چین‌خورده بوده و استعداد هوازدگی بالایی دارند.
- با توجه به بررسی‌های محلی در منطقه نگین‌پارک، ضلع شمالی این منطقه بیش‌تر از لایه‌های مارنی که عموما سبز زیتونی بوده و به صورت تپه ماهوری با شیب حدود ۵۰-۴۵ درجه تشکیل شده است.
- خاک‌های دستی مهم‌ترین خاک‌های مشکل‌آفرین منطقه نگین‌پارک بوده و این نوع خاک‌ها باربری کافی نداشته و در صورت قرارگیری در دیواره گودبرداری‌ها، پتانسیل تخریب و ریزش بالایی دارند.
- حدود ۲۸ درصد این منطقه به وسیله خاک‌های دستی با ضخامت بیش از ۲ متر و حدود ۳۵ درصد به وسیله توده‌های مارنی پوشیده شده است. لایه‌های مارنی به رنگ‌های زرد، سبز و خاکستری دیده می‌شوند که به ترتیب بر مقاومت آن‌ها افزوده می‌شود.
- عمق آب‌های زیرزمینی در این منطقه بین ۵ تا بیش از ۲۰ متر تغییر می‌کند. همچنین به آب زیرزمینی عمده‌ای در گود پروژه‌های نگین ولی عصر، تاوریژ و فروغی برخورد نشده و فقط به طور موضعی در برخی قسمت‌ها تراوش آب دیده شده است.
- با توجه به جنس لایه‌های زمین، ساختارهای زمین‌شناسی و شرایط آب زیرزمینی روش‌های میخ‌کوبی، شمع با انکراژ، انکراژ با پد فلزی یا بتنی، دیوار حائل، شیب پایدار و شمع بتنی درجاریز به عنوان روش‌های مناسب دیواره گودهای منطقه نگین پارک مناسب می‌باشند.
- کارکرد میخکوبی و انکراژ در خاک‌های مارنی و دستی این منطقه در مدت زمان بیش‌تر با مشکلاتی همراه است. چون در اثر خزش به تدریج نیروی مهار خود را از دست می‌دهد.

منابع

پارسا، ز.، اصغری‌کلجاهی، ا. و حاجی‌علیلوی‌بناب، م (۱۳۹۶) مشخصات ژئوتکنیکی و ژئودینامیکی مارن‌های منطقه نگین پارک تبریز، سی و ششمین گردهمایی و سومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین.

حافظی‌مقدس، ن.، نیکودل، م و قزی، ا (۱۳۹۱) ارزیابی نشست حاصل از تراکم خاک‌های دستی در غرب شهر مشهد، نشریه زمین‌شناسی مهندسی، جلد ۶، شماره ۱، ص ۱۳۷۳-۱۳۸۶.

جلالی میلانی، ش (۱۳۹۵) بررسی تغییر شکل‌پذیری مارن‌های منطقه باغمیشه تبریز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تبریز.

روستایی، ش. و ساری‌صراف، ب (۱۳۸۵) پهنه‌بندی مخاطرات محیطی مؤثر در توسعه فیزیکی شهر تبریز، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال سوم، شماره ۱۰.

زارعی، چ (۱۳۹۵) مطالعه اثر ناهمسانی ذاتی بر رفتار خاک‌های ریزدانه منطقه شمال تبریز و ارزیابی آن‌ها بر اساس مکانیک خاک حالت بحرانی، رساله دکتری تخصصی مهندسی عمران، ژئوتکنیک، دانشگاه ارومیه.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۹۳) نقشه زمین‌شناسی تبریز به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، دفتر شمال‌غرب کشور.

شرکت تل‌تاو (۱۳۹۵) گزارش مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگین ولیعصر تبریز، ۲۱۵ ص.

شرکت فرابنیان طرح (۱۳۹۶) گزارش تحلیل پایداری گود نگین ولی عصر تبریز، ۴۱ ص.

شرکت لرزه ساخت ساوالان (۱۳۹۶) گزارش مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگین ولیعصر تبریز، ۶۱ ص.

علیزاده‌مجدی، ع. و دبیری، ر (۱۳۹۷) آسیب‌شناسی ژئوتکنیکی کوی فرشته تبریز، نشریه رویکردهای نوین در مهندسی عمران، دوره ۲، شماره ۱، ص ۱۴-۳۲.

کمک‌پناه، ا.، آزادی، ا. و حافظی‌مقدس، ن (۱۳۷۶) مطالعات زمین‌شناسی مهندسی لغزش کوی ولیعصر، مجموعه مقالات دومین سمینار زمین‌لغزه و کاهش خسارت‌های آن.

قریب، ع (۱۳۷۲) شناخت سنگ‌ها، انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی.

قنبری، ا.، کرمی، ف. و سالکی، م. ع (۱۳۹۵) استعداد ارزیابی بروز زمین‌لغزش‌های احتمالی در محدوده شهر تبریز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۱، ص ۱-۱۶.

عطرچیان، م (۱۳۹۳) مروری بر تجارب ریزش گود ایرانزمین، پیام نظام مهندسی استان تهران، شماره، ۹۳، ص ۱۶ -۱۹.

منظری، م (۱۳۷۵) تحلیل پایداری لغزش‌های قدیمی، پایان نامه کارشناسی‌ارشد عمران، دانشگاه تهران.

هوشمند، ع (۱۳۸۶) بررسی ویژگی‌های مقاومتی و تغییر شکل مارن‌های میوسن شرق تبریز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تهران.

Asghari-Kaljahi, E., Barzegari, G. and Jalali-Milani, S (2019) Assessment of the swelling potential of Baghmisheh marls in Tabriz, Iran, Geomech. Eng., 18(3): 267-275.

Abedini, M. and Moghimi, E (2012) The role of geomorphologic limitation on physical development of Tabriz metropolitan in order to optimize the land use, Geography and Environmental Planning, 23(1): 43-47.

BS (2018) Methods of test for soils for civil engineering purposes. General requirements and sample preparation. BS 1377. Annual Book of BS standards. British Standards Institute.

FHWA (2015) Soil Nail Walls-reference manual, Geotechnical Engineering Circular, 7: 7-14.

GeoStudio (2012) Slope/W a software for slope stability analysis, Calgary, Alberta, Canada.

Hooshmand, A., Aminfar, M., Asghari-Kaljahi, E. and Ahmadi, H (2012) Mechanical and Physical Characterization of Tabriz Marls, Iran, Journal of Geotechnical and Geological Engineering, Springer Netherlands Publishers, 30(1): 219-232. doi.org/10.1007/s10706-011-9464-3

Mansouri, H. and Asghari-Kaljahi, E (2019) Two dimensional finite element modeling of Tabriz metro underground station L2-S17 in the marly layers, Journal of Geomechanics and Engineering, 19(4): 315-327.

Mahouti, A. and Katebi, H (2018) Classification of Carbonated Soils from Geotechnical Point of View (Case study: Marly Soils of Tabriz), Journal of Civil and Environmental Engineering, 48(3): 51-59.

Ouhadi, V. R., Ghalandarzadeh, A., Behnia, K (1993) Engineering characteristics and properties of marly soils. Proceedings of the Second International Seminar on Soil Mechanics and Foundation Eng. of Iran, 36-48.

Pettijohn, F. J (1975) Sedimentary Rocks. Third edition, Harper and Row, New York.

Rieben, H (1935) Contribution a la geologie de I, Azarbaidjan person, these presentee a la Faculte des Sciences de I, universite de Neuchatel pour obtenir Ie grade de Docteur es sciences. Neuchatel imprimerie central.

Study of marl and filling soils problems of the Negin Park area in Tabriz for deep excavation projects

Z. Parsa[1], E. Asghari-Kaljahi[2*] and M. Hajialilue-Bonab[3]

1- M. Sc., student. Dept., of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz
2- Assoc. Prof., Dept., of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz
3- Prof., Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz

*** e-asghari@tabrizu.ac.ir**

Recieved: 2020/11/8 Accepted: 2021/1/5

Abstract

Negin Park area in the east of Tabriz city has an area of about 110 hectares with topography of the hills and valleys. Therefore, during urbanization, the upper part of the hills is cut and is cast in valleys and low lands. Marl layers are also widely spread in this area. The development of fill soils and the presence of marl layers that have a low geotechnical strength and stability are the main challenges in implementing deep excavation projects for building construction in this area. Marl layers are seen in yellow, green and gray colors. Investigating of the subject, by examining old aerial photographs and geological maps, as well as field studies and visits to deep excavation projects and collecting information on excavations in the region, properly paid. From 3 deep excavation projects has been visited and 25 boreholes information have been collected. The results of the studies are presented as a map of the development of fill and marl soils. About 28% of the area is covered by fill soils with a thickness of more than 2 meters and also about 35% with marly soils. The depth of groundwater table in this area varies from 5 to 20 meters. In the dry marl layers, the strength and stability of to deep excavation walls are suitable, but the stability is strongly reduced of the saturation layers, soil nailing and anchors are difficult to use. Due to the type of underground layers, the depth of the groundwater table and the depth of excavation, in this area are using various stabilization methods, such as the retaining walls, piles and anchors, soil nailing and anchors with shotcrete. The efficiency of nails and anchores is facing with problems due to creep phenomena.

Keywords: Marl, Fill soil, Negin Park of Tabriz, Deep excavation, Soil nailing, Anchor