

ارزیابی ویژگی‌های مهندسی آبرفت مسیر خط ۳ مترو تهران و ارائه راهکارهای اجرایی

سمیه جلیلی^{۱*}، محمد بشیر گنبدی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه دامغان

۲- استاد یار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان

E-mail: Somayejalili@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به بررسی ویژگی‌های مهندسی آبرفت مسیر خط ۳ مترو تهران و ارائه راهکارهای اجرایی بر اساس این ویژگی‌ها، می‌پردازد. تعیین خصوصیات فیزیوشیمیایی خاک‌های زیرسطحی و شرایط آب‌های زیر سطحی در محدوده امتداد بزرگراه صیاد شیرازی در حدفاصل تقاطع مغان تا اتوبان بابایی از مسیر توسعه شمالی خط ۳ مترو تهران از مهمترین اهداف این تحقیق می‌باشد. برنامه کلی شناسایی لایه‌های زیرسطحی در این بخش از مسیر پروژه شامل: حفر ۱ حلقه گمانه اکتشافی به ازای حدوداً هر ۱۰۰ متر در طول مسیر، جمعاً ۹ گمانه، به عمق حداکثر ۳۰ متر بوده است. حفر گمانه‌های اکتشافی با استفاده از دستگاه دورانی صورت گرفته که ۸ مورد به روش آبشویی و در یک مورد به روش مغزه گیری ممتد بوده است. بررسی‌های انجام شده در مسیر مورد بررسی نشان داد که مطابق طبقه بندی یونیفاید، آبرفت میزبان فضاهای زیر زمینی، از نوع SC-SM و GC-GM بوده و به عبارتی در رده خاک‌های درشت دانه قرار دارند. در تمام طول مسیر، تراز آب زیر زمینی پائین‌تر از تراز تونل واقع شده است. با این وجود، خطر نشت آب از طریق مسیله‌ها و کانال‌های آب مسیر تونل همواره وجود دارد. عمق یخ‌بندان ۰/۳ متر برآورد شده، از این رو پی سازه‌های سطحی را می‌توان در عمق ۱ متری از سطح زمین قرار داد. پتانسیل وقوع روانگرایی در مسیر تونل با توجه به جنس خاک و تراز آب زیر زمینی، کاملاً منتفی است.

کلمات کلیدی: ویژگی‌های مهندسی، خاک‌های درشت دانه، راهکارهای اجرایی، خط ۳ متروی تهران

۱- مقدمه

احداث مسیر توسعه شمالی خط ۳ مترو تهران، در حد فاصل تقاطع خیابان شریعتی و بهشتی تا بلوار قائم در بزرگراه لشگرک (ازگل)، شامل تونل و ایستگاه‌های مربوطه می‌باشد. بخشی از مسیر که موضوع این مطالعه می‌باشد دربرگیرنده مطالعات قسمت ابتدایی اولویت دوم در امتداد بزرگراه صیاد شیرازی، حدفاصل تقاطع مغان تا اتوبان بابایی می‌باشد. این بخش شامل حدود ۱ کیلومتر از مسیر تونل مترو بعد از ایستگاه U3 است. با توجه به خط سیر مسیله‌ها و قنات‌های شناخته شده خطر برخورد با آب زیرزمینی در منطقه وجود دارد (شکل ۱).

قنات‌های قدیمی که به منظور استخراج آب زیرزمینی مورد استفاده بوده‌اند و هم اکنون به صورت فضاهای خالی در زیر زمین وجود دارند و حفراتی که توسط انسان در زیر زمین و در بالای سطح ایستابی برای مقاصد مختلفی ایجاد می‌شوند، مکان‌هایی هستند که در صورت کم بودن

مقاومت زمین منجر به ریزش و فروریختگی موضعی می‌گردند. بنابراین یکی از مخاطرات حفاری تونل در مسیر مورد بحث، مشابه بسیاری از پروژه‌های شهری دیگر، احتمال برخورد با این قبیل فضاها و یا قرار گیری تونل در ارتفاع بسیار کم در بالای آنهاست که می‌تواند منجر به وقوع حوادثی از جمله ریزش تونل و یا فرونشست زمین گردد. بنابراین در این قبیل طرح‌ها، علاوه بر لزوم توجه به شرایط زیر سطحی، توجه به شرایط سطحی مسیر تونل برای ارزیابی ریسک حفاری تونل و برآورد آسیب‌های وارده به سازه‌های سطحی مسیر تونل و یا ممانعت از وقوع آن، از اهمیت خاصی برخوردار است.

۲- ارزیابی ویژگی مسیر مورد مطالعه

۱-۲- شرایط سطحی

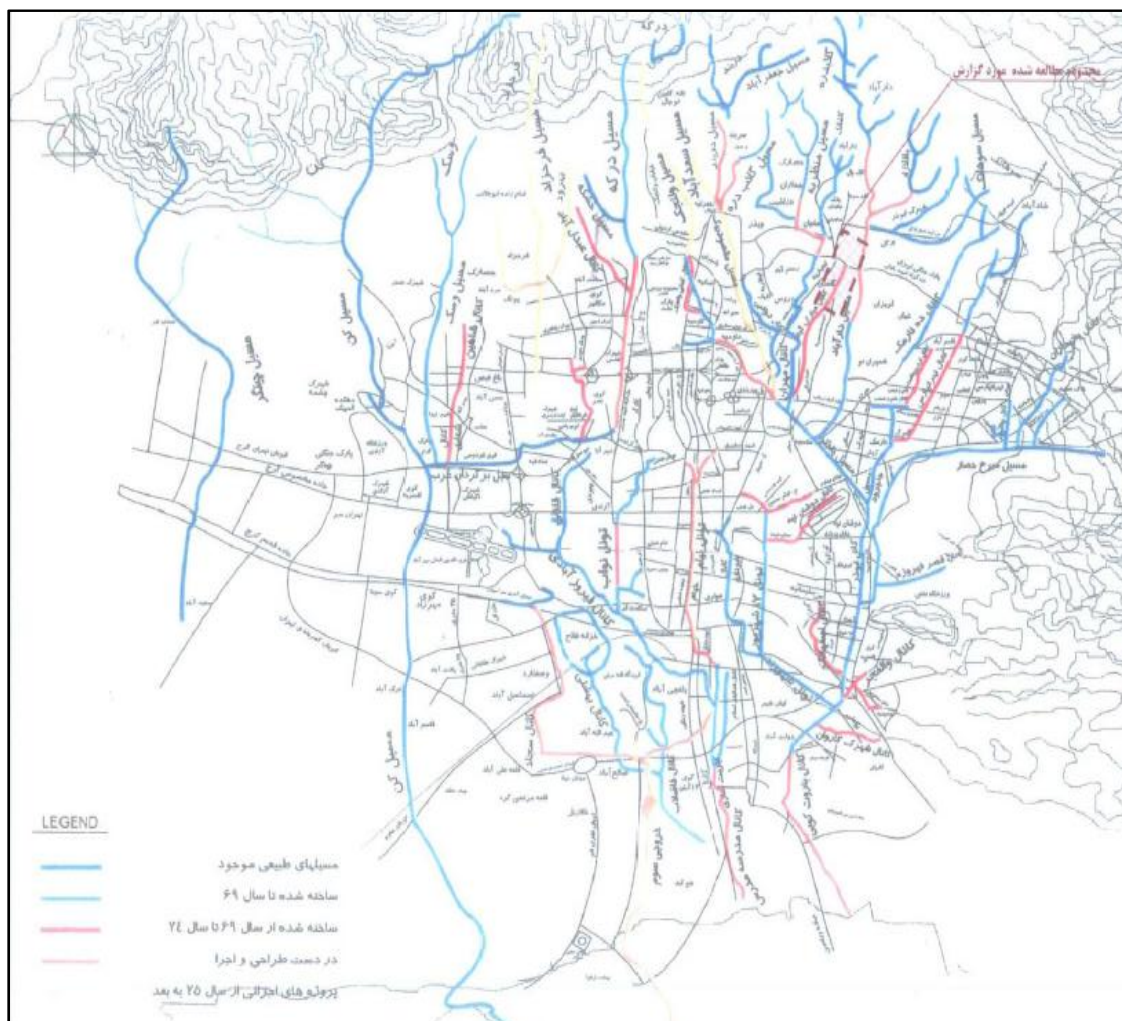
طول مسیر مورد مطالعه در امتداد اتوبان صیاد شیرازی و در حد فاصل تقاطع مغان تا بابایی از مسیر توسعه شمالی خط ۳ مترو با طولی بیش از ۱ کیلومتر بوده و سطح آن تماماً پوشیده از آسفالت با ضخامت حدود ۳۰ سانتیمتر است. از دیگر مشخصات این مسیر وجود کابل فیبر نوری کنترل ترافیک اداره راهنمایی رانندگی در عمق کمتر از ۰/۵ متر در کل مسیر و لوله انتقال آب فشار قوی منطقه ۴ شهرداری در عمق ۳ الی ۴ متری محدوده نزدیک به تقاطع مغان بوده است. این تأسیسات در ضمن حفاری چاله‌های شناسایی پیش از حفاری مشاهده گردیده‌اند.

۲-۲- شرایط زیر سطحی

شناسایی لایه‌های زیر سطحی در این بخشی از مسیر، بوسیله حفر ۹ حلقه گمانه اکتشافی تا حداکثر عمق ۳۰ متر انجام پذیرفته است. نتایج حاصل از عملیات صحرایی و آزمایشات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که لایه‌های زیرسطحی پس از ۲ الی ۴ متر مصالح خاکریز بستر خیابان تا حداکثر عمق حفاری بطور کلی شامل مصالح درشت دانه شنی و ماسه‌ای همراه با ریز دانه رسی و سیلتی (SC/SM و GC/GM) بوده و از نظر استحکام، بسیار متراکم (Very Dense) می‌باشند. با کاهش ریزدانه همراه، در برخی از اعماق نیز نوع خاک از جنس مصالح شنی خوب یا بد طبقه بندی شده (GP/GM) می‌باشد. وجود قلوه سنگ و لاشه سنگ (Cobbles and Boulder) در اعماق مختلف گمانه‌های حفر شده، به خصوص در اعماق ۱۵ الی ۲۵ متر، از دیگر مشخصه‌های ویژه مسیر مورد مطالعه است. این سنگها عمدتاً دارای منشأ سیلیسی و آهکی بوده و از نظر معیارهای زمین شناسی صحرایی جزو مصالح نیمه سخت تا سخت دسته بندی می‌شوند. لازم به ذکر است در صورت وجود تغییرات زیر سطحی در حد فاصل گمانه‌های اکتشافی حفر شده، این تغییرات بر اساس داده‌های به دست آمده از لاگ گمانه‌ها، قابل پیش‌بینی نمی‌باشد.

۳-۲- سطح آب زیر زمینی

هیچ یک از گمانه‌های حفر شده، تا حداکثر عمق حفاری (۳۰ متر) به سطح آب زیرزمینی برخورد نکرده است. البته با توجه به خط سیر مسیل-ها و قنات‌های شناخته شده منطقه (شکل ۱)، و نتایج حاصل از مطالعات بخش نخست مسیر، احتمال برخورد با این عوارض در طول مسیر زیاد است. در این مورد تجربه نشان می‌دهد، عمق و گستردگی شبکه قنات‌های زیرسطحی دارای نظم مشخصی نبوده و بعضاً به عنوان محل دفع فاضلاب‌های خانگی در طول سالیان متوالی نیز مورد استفاده می‌باشند.



شکل ۱- مسیل‌ها و کانال‌های هدایت آب‌های سطحی تهران در محدوده مورد مطالعه

۴-۲- مشخصه‌های ژئوتکنیکی مصالح مسیر

جمع‌بندی نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های اخذ شده از مصالح مسیر مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. پارامترهای ارائه شده در این جدول، به عنوان پارامترهای مهندسی مصالح مسیر،

برای انجام تحلیل‌های پایداری لازم و طراحی اجزای مختلف طرح، پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۱- خصوصیات ژئوتکنیکی خاک های زیر سطحی مسیر مورد مطالعه

مدول ارتجاعی kg/cm^2	ضریب پواسون (ν)	زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) (درجه)	ضریب چسبندگی (C) (kg/cm^2)	دانسیتة خشک (γ_d) gr/cm^3	درصد رطوبت (ω) (%)	استحکام	مشخصه ژئوتکنیکی
500-1000	0.30-0.35	35-42	صفر	1.65-2.0	3-15	بسیار متراکم	SC/SM و GC/GM

در ادامه، راهکارهای اجرایی، برای حفاری تونل در مسیر مورد نظر، بر اساس ویژگی‌های مهندسی مصالح مسیر و سایر شرایط سطحی و زیر سطحی مسیر انتخاب شده‌اند، ارائه گردیده است.

۳- راهکارهای اجرایی

۳-۱- آماده سازی محل احداث سازه ها

قبل از شروع عملیات اجرایی، محدوده احداث سازه‌ها باید از خاک های سست و نباتی پاکسازی شود که عمق واقعی این خاک باید در محل تعیین گردد. برای مشخص کردن نقاط سست و ترمیم آنها باید محل‌های پاکسازی شده را به دقت مورد بررسی قرار داد. برای هرگونه خاکریزی در سایت باید از خاکریز مهندسی استفاده شود که مشخصات و نحوه تراکم آن در ادامه آمده است.

۳-۱-۱- مصالح خاکریز

مصالح خاکریز باید شامل خاک دانه‌ای با دانه بندی خوب (حداکثر اندازه دانه برابر ۳ اینچ) و بدون مواد آلی مثل برگ و ریشه گیاهی بوده و نیز درصد عبوری از الک نمره ۲۰۰ آنها کمتر از ۱۰ الی ۱۵ درصد باشد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات اکتشافی انجام شده، مصالح درشت دانه محل برای استفاده در خاکریز مناسب بوده و می‌توانند پس از عبور از الک ۳ اینچ مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۱-۲- عملیات خاکریزی و تراکم

مصالح خاکریز باید در لایه‌هایی با ضخامت حداکثر 20cm به حالت سست ریخته شده و متراکم گردند. درصد رطوبت مخلوط ریخته شده قبل از انجام عملیات تراکم باید به درصد رطوبت بهینه خاک رسیده و عملیات تراکم نباید در زمانی که مخلوط خشک می‌باشد و یا در زمان وقوع بارندگی صورت پذیرد. به منظور فراهم آوردن شرایط زهکشی

آبهای سطحی حاصل از بارندگی‌ها، سطح خاکریز باید همواره شیبدار اجرا گردد.

عملیات تراکم باید تا زمان رسیدن به حداقل ۹۵٪ ماکزیمم وزن مخصوص خشک خاک که از آزمایشات تراکم اصلاح شده به دست آمده (ASTM D-1557) ادامه یابد.

۲-۳- احداث تونل

با توجه به شرایط زیر سطحی بخش مطالعه شده از مسیر توسعه شمالی خط ۳ مترو تهران، به دلیل وجود مصالح درشت دانه متراکم و نیز شرایط محیطی چیدمان شهری، حفر تونل باید به صورت ماشینی انجام می پذیرد. این حفاری می‌تواند به صورت زیرزمینی و با استفاده از روش کند و پوش انجام شود.

۱-۲-۳ کنترل آب زیر زمینی

هر چند مطالعات اکتشافی انجام شده در مسیر تونل، حاکی از پائین‌تر بودن تراز آب زیر زمینی نسبت به تراز تونل در تمام طول مسیر می‌باشد، اما احتمال وجود آب های زیرسطحی به واسطه عبور کانال‌ها، مسیل‌ها و قنات‌های منطقه‌ای وجود دارد. از این رو اتخاذ تمهیدات لازم برای کنترل و انحراف آبهای آنها، در طول مسیر ضروری می‌باشد.

از جمله راه‌های کنترل این آب‌ها، احداث مسیرهای انحراف در اطراف ترانشه‌ها و انتقال آن به چاهک‌های از پیش حفر شده و پمپاژ آنها است. همچنین تعبیه سیستم‌های پمپاژ قوی در محل مادر چاه‌های فعال، برای پایین آوردن سطح آب زیرزمینی تا کف تونل از جمله اقدامات مؤثر خواهد بود. در صورت حفاری ماشینی، باید سیستم‌های نگهدارنده موقت و دائمی نفوذناپذیر در نظر گرفته شوند به گونه‌ای که امکان ورود آبهای سطحی و آبهای فرورو به داخل فضاهای زیرزمینی حفاری شده، وجود نداشته باشد.

۲-۲-۳ نفوذپذیری و زهکشی

نتایج حاصل از آزمایش‌های نفوذ پذیری صحرائی (لوفران) انجام شده در ایستگاه‌های بخش نخست مسیر، نشان دهنده این است که نفوذپذیری مصالح میزبان تونل بین 10^{-2} تا 10^{-4} سانتیمتر بر ثانیه می‌باشد. از این رو نفوذپذیری مصالح زیرسطحی در رده متوسط تا زیاد می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به وجود جریان‌های زیرسطحی احتمالی، توصیه می‌گردد به منظور ممانعت از آلودگی‌های زیست محیطی آب‌ها از هرگونه دفع فاضلاب در خاک محل خودداری گردد.

برای مهار و دفع آبهای سطحی، می‌توان با احداث کانال‌های زهکشی در اطراف محدوده سازه‌ها و استفاده از شیب بن‌دی زمین و کانال‌های فرعی جریان آب‌ها را به کانال‌های اطراف هدایت نمود. یاد

آوري مي‌گردد، اتخاذ تدابير لازم براي ممانعت از ورود جريان آبهاي سطحي و بارش در محدوده اطراف پي‌ها و گودها ضروري است.

۳-۲-۳- ارزیابی پدیده روانگرایی

از آنجائیکه روانگرایی (Liquefaction) در خاکهای ریزدانه اشباع غیر چسبنده و تحت بارگذاری‌های دینامیکی (نظیر زلزله) اتفاق می‌افتد، به دلیل اینکه آبرفت مسیر تونل خط ۳ مترویی تهران، از نوع درشت دانه (SC-SM and GC-GM) بوده و از سوی دیگر در تمام طول مسیر، تونل در بالای تراز آب زیر زمینی واقع شده و به عبارتی خاک اشباع نمی‌باشد، احتمال وقوع روانگرایی در یک حادثه لرزه‌ای در مسیر تونل کاملاً منتفی می‌باشد.

۳-۲-۴- عمق یخبندان

بر اساس شرایط خاکهای زیرسطحی و خصوصیات اقلیمی محل مورد مطالعه، عمق یخبندان حدود ۰/۳ متر تخمین زده می‌شود. اطلاع از این عمق برای تصمیم‌گیری در خصوص حداقل عمق لازم برای اجرای پي‌های سطحي ضروري است.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایشات و شرایط زیر سطحی خاک محل چنین نتیجه‌گیری شده است که برای استقرار سازه‌های مربوط به این پروژه، می‌توان از پي‌های سطحی (منفرد، نواری و یا گسترده) که در حداقل عمق ۱ متری از محل نهایی زمین مجاور و درون خاک طبیعی قرار گرفته‌اند، استفاده نمود. ضمن اینکه با توجه به وجود قطعات قلوه سنگ و لاشه سنگ در طول مسیر و نیز احتمال وجود آب‌های جاری زیرسطحی، اتخاذ تدابیر لازم برای حفر تونل از جمله تدابیر لازم برای حفاری در برخورد با قطعات سنگی بزرگ و نیز تدابیری برای جلوگیری از ورود آب‌های سطحی با منشأ مختلف و یا زهکشی این آب‌ها ضروري است.

منابع

زمیران، مهندسین مشاور، (۱۳۸۸). گزارش نهایی مطالعات مکانیک خاک و مهندسی پی بخشی از مسیر توسعه شمالی خط ۳ مترو تهران.

قبادی م. ح.، (۱۳۸۸). مبانی زمین شناسی مهندسی.

ASTM, D-1557. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

ASTM, D- 4887-06. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)