Archive of SID

مطالعات زمین‌شناسی مهندسی تونل تأسیسات بزرگراه طبقاتی صدر

علی رستم نیا، مهدی تلخابلو، ناهید محمدی، سامان زندکریمی، مهدی قهرمانلو
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه خوارزمی، a.rostamnia1986@gmail.com
استادیار گروه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه خوارزمی، Talkhablou@khu.ac.ir
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه دامغان، mohamadi.nahid84327@yahoo.com
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه دامغان، zandkarimi.sn@gmail.com
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه خوارزمی، daryaadib162@yahoo.com
a.rostamnia1986@gmail.com

چکیده

رفع معارضین یکی از دغدغه‌های اصلی پروژه‌های بزرگ مهندسی شهری است. یکی از پروژه‌های بزرگ مهندسی درون‌شهری تهران در سال ۱۳۹۲ بزرگراه طبقاتی صدر بود. از معارضین اصلی این پروژه می‌توان به کابل‌های فشارقوی برق در طول مسیر این بزرگراه اشاره کرد، برای رفع این معارض مهندسین طرح و صاحب‌نظران در نهایت تصمیم به زیرزمینی کردن این کابل‌ها از طریق حفر یک تونل گرفتند. در این پژوهش با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، مشاهده میدانی و گمانه‌ها و با استناد به ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، مسیر انتخابی حفر تونل تأسیسات پیشنهاد گردید. با توجه به افقی بودن لایه‌ها در منطقه (سازند c) بهترین مسیر برای حفر تونل عمود بر این لایه‌ها انتخاب گردید و با توجه به تأثیرگذاری گسل‌های شمال تهران و محمودیه و وجود لایه‌های سست و ریزشی رسی پیشنهاد گردید که مقطع تونل دایره‌ای و با قطر زیاد باشد تا فشارها و تنش‌ها به‌صورت یکنواخت بر تونل عمل کنند.

کلمات کلیدی: تونل تأسیسات، معارض کابل‌های فشارقوی برق، بزرگراه طبقاتی صدر

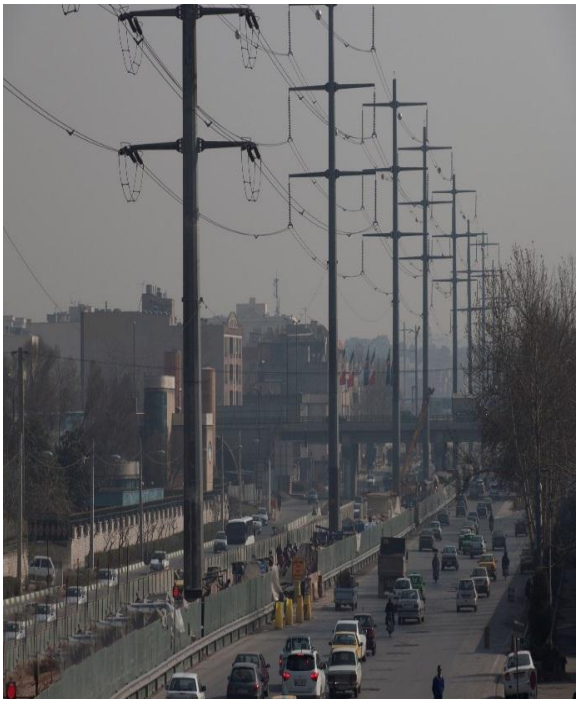
۱. مقدمه

پل طبقاتی صدر در شمال شرق تهران برای رفع ترافیک منطقه با استفاده از فضا که عملیات اجرایی پروژه در مرداد ۱۳۹۰ شروع و در آبان ۱۳۹۲ افتتاح شد، ۱۰ کیلومتر طول دارد و شامل زیرگذر، روگذر، رمپ‌های سگمنتال، رمپ‌های خاکی می‌باشد؛ و از همه مهم‌تر خود پل است که به روش تک‌پایه‌ی سگمنتال بتنی اجرا شده است. این تونل پست برق قیطریه را به پست برق ازگل متصل می‌کند، با احداث این تونل ۷۷ دکل انتقال برق فشار قوی حذف شد؛ دکل‌هایی که باعث خراب شدن منظر شهری شده بود و از طرفی نیز آسیب‌های زیست‌محیطی بسیاری را برای مردم منطقه به وجود می‌آورد(مهندسان مشاور پاسیلو، ۱۳۹۲). طبیعی است پروژه‌ای با این ابعاد معارضین خاص خود را دارا می‌باشد، معارض اصلی این پروژه کابل‌های فشارقوی برق بود که در نهایت تصمیم به زیرزمینی کردن آن‌ها گرفته شد(شکل۱).

در این مقاله به بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی مسیر این تونل پرداخته‌شده است. هدف از انجام مطالعات زمین‌شناسی مهندسی در تونل تأسیسات صدر، تعیین بهترین مسیر برای حفر تونل، تعیین جهت حفاری، مشخص کردن نوع سیستم حفاری، مشخص کردن تقریبی سرعت حفاری، تخمین نشست، تعیین پتانسیل مسئله‌ساز خاک مثل تورم، تعیین سطح آب زیرزمینی، تعیین فشار جانبی خاک، تعیین ابعاد و شکل هندسی تونل می‌باشد. بعد از به‌دست آوردن اطلاعات در این زمینه‌ها، چندین مسیر برای حفر تونل انتخاب گردید. در این مقاله با کمک اطلاعات نقشه توپوگرافی، نقشه زمین‌شناسی، نقشه هیدرولوژی، بررسی نقشه‌های درون‌شهری، بررسی‌های مستقیم قنات‌های منطقه، موارد بالا برای طراحی و اجرای تونل پیشنهادشده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. الف. کابل‌های فشارقوی مسیر ب. عبور کابل‌های فشارقوی مسیر از درون تونل

۲. روش تحقیق:

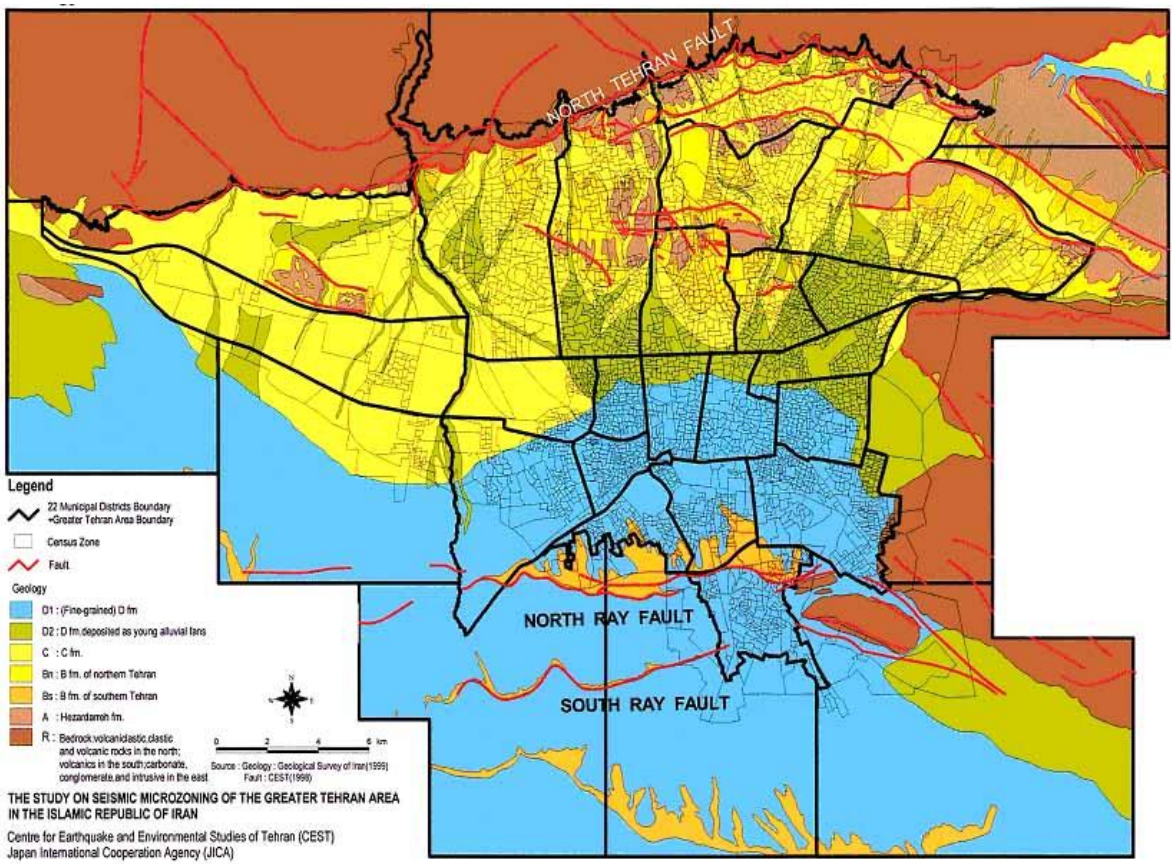
با بررسی نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل۲) مشخص شد سازندهای اصلی که از لحاظ زمین‌شناسی در تعیین مسیر حفر تونل نقش اساسی دارند عبارت‌اند از: سازند کرج، سازند کهریزک شمالی، آبرفت‌های کنونی (کواترنر)، آبرفت‌های تهران(کواترنرD)

در منطقه موردنظر آبرفت‌های عهد حاضر (سازندD) و سازند آبرفت‌های شهر تهران (C) وجود داشت، در بین نهشته‌های کواترنری، نهشته‌های آبرفتی بیشترین سهم را دارا بودند. مهم‌ترین مطلب در مورد این سازندها در رابطه با حفر تونل، شیب لایه‌ها می‌باشد که شیب لایه‌ها تقریباً افقی است(شکل۳). همچنین رس‌های موجود در دیواره تونل در صورت برخورد با آب‌های موجود به‌صورت ریزشی عمل کرده و سبب اختلال در حین حفاری می‌شود. وجود توف های سبز کرج در هنگام حفاری به‌صورت تخته‌سنگ مشهود بود. مسئله بعدی گسل‌های شمال تهران و محمودیه می‌باشد.گسل محمودیه یک گسل نرمال است که جهت شیب آن به سمت جنوب است منطقه مورد مطالعه روی فرادیواره گسل است، گسل شمال تهران دارای جهت شیب به سمت شمال شرق است که نتیجه حاصل می‌شود منطقه مورد مطالعه روی فرودیواره گسل است. همچنین مقاومت سنگ‌ها در مقابل کشش (گسل نرمال محمودیه) خیلی کمتر از مقاومت در مقابل فشارش (معکوس شمال تهران) است. تجربه اکثر کشورها در تونل‌های با گسل‌های اصلی و فرعی نشان داده، حفاری مناسب و طراحی مطلوب موجب کاهش اثر زلزله شده است. مورد بعدی برخورد با خاک‌های سست در حفر تونل تأسیسات می‌باشد. مقاومت کششی و برشی در خاک‌ها خیلی کمتر از سنگ‌ها بوده که نتیجه آن کاهش زمان ایستایی تونل است. جابجایی در تونل تأسیسات اهمیت زیادی دارد زیرا با جابجایی امکان قطع شدن کابل‌ها و مختل شدن سیستم برق آن‌ها به‌واسطه جابجایی حاصل از گسل به وجود می‌آورد. خاک منطقه ماسه‌ای و رسی بوده که این سبب ریزش دیواره و سقف تونل در حین حفاری می‌شود(آقانباتی،۱۳۸۳)(چشمی،۱۳۸۵).

همان‌طور که در نقشه هیدرولوژی منطقه(شکل۴) مشاهده می‌شود سطح آب زیرزمینی پایین است. وجود قنات‌ها در منطقه کمک بسیار زیادی به شناسایی سطح آب‌های زیرزمینی می‌نماید. منطقه موردمطالعه ازلحاظ هیدروژئولوژی یک منطقه غیراشباع است یعنی در خاک آن شاهد یک سیستم سه قسمتی متشکل از اجسام جامد، آب حفره ای و هوای حفره‌ای می باشیم، همچنین در منطقه طی حفاری‌های صورت گرفته به منظور قرارگیری شمع و شفت در آن‌ها عدسی‌های رسی فراوانی مشاهده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲. نقشه زمین‌شناسی تهران(آژانس همکاری های بین الملل ژاپن،جایکا، ۱۳۸۰)

آبرفت		مشخصات زمین شناسی					مقادیر تقریبی خواص مهندسی		
		شکل دانه ها	نحوه تماس دانه ها	سیمان	اندازه دانه ها	ارتفاع از دریا (متر)	C (Kpa)	φ (deg)	E (Mpa)
A		زاویه دار	قفل کننده	سیمان قوی	مخلوطی از دانه هایی به اندازه ۰ تا ۲۵۰ میلیمتر همگن	۱۵۰۰	۱۴۰-۱۵۰	۴۵ -۵۰	۲۰۰ -۲۵۰
			شناور				۶۰ -۷۰	۳۵ -۴۰	۱۰۰ -۱۵۰
		نیمه گرد	قفل کننده				۷۰ -۸۰	۴۰ -۴۵	۱۵۰ - ۲۰۰
			شناور				۳۰ -۴۰	۳۰ -۳۵	۴۰ -۵۰
B		زاویه دار	شناور	بدون سیمان	۱۵- ۰ متر ناهمگن	۱۵۰۰	بدون داده	بدون داده	بدون داده
					متوسط	۱۳۰۰ - ۱۵۰۰	بدون داده	بدون داده	بدون داده
					سیلت و رس	۱۰۰۰ -۱۱۰۰	۱۵ -۲۰	۱۵ -۲۰	۲۰ - ۳۰
C		زاویه دار	قفل کننده	سیمان صغیف تا متوسط	مخلوطی از دانه هایی به اندازه ۰ تا ۲۰۰ میلیمتر همگن	۱۱۰۰ -۱۵۰۰	۱۰۰ -۱۵۰	۳۵ -۴۰	۵۰ -۶۰
			شناور				۲۰ -۳۰	۳۰ -۳۵	۳۰ -۴۰
		گرد	قفل کننده				۴۰ -۵۰	۳۰ -۳۵	۴۰ -۵۰
			شناور				۱۰ -۲۰	۲۰ -۲۵	۲۰ -۳۰
D		گرد	شناور	بدون سیمان	۱۵- ۰ متر ناهمگن	۱۵۰۰	بدون داده	بدون داده	بدون داده
					متوسط	۱۱۰۰ - ۱۵۰۰	بدون داده	بدون داده	بدون داده
					سیلت و رس	۱۰۰۰ -۱۱۰۰	۱۰ -۴۰	۱۰>	۱۰ -۲۵

شکل ۳. تخمین پارامترهای ژئوتکنیکی براساس مشخصه های زمین شناسی (فاخر و همکاران ۱۳۸۲)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث:

عمق زیاد سفره‌ها در این منطقه به دلایل زیر است (شکل۴):

الف) شیب‌دار بودن تهران به‌طرف جنوب (به دلیل قرار گرفتن منطقه بر روی کوهپایه‌های جنوبی البرز).

ب) قرار گرفتن منطقه بر روی تپه (عمق زیادی را برای حفاری باید انجام داد).

ج) دانه‌درشت بودن سنگریزه‌ها در عمق‌های پایین‌تر، بنابراین مجاری زیادی برای عبور آب وجود دارد و کمتر آب در عمق ته‌نشین می‌شود.

نهشته‌های آبرفتی که شیب لایه‌ها تقریباً افقی است مناسب‌ترین گزینه برای انتخاب مسیر تونل هستند دلیل انتخاب این جهت:

الف) دور شدن سریع تونل از گوه‌های ناپایدار .

ب) نیاز کمتر به پایداری سقف.

ج) دور شدن جهت جریان آب از محور تونل می‌باشد.

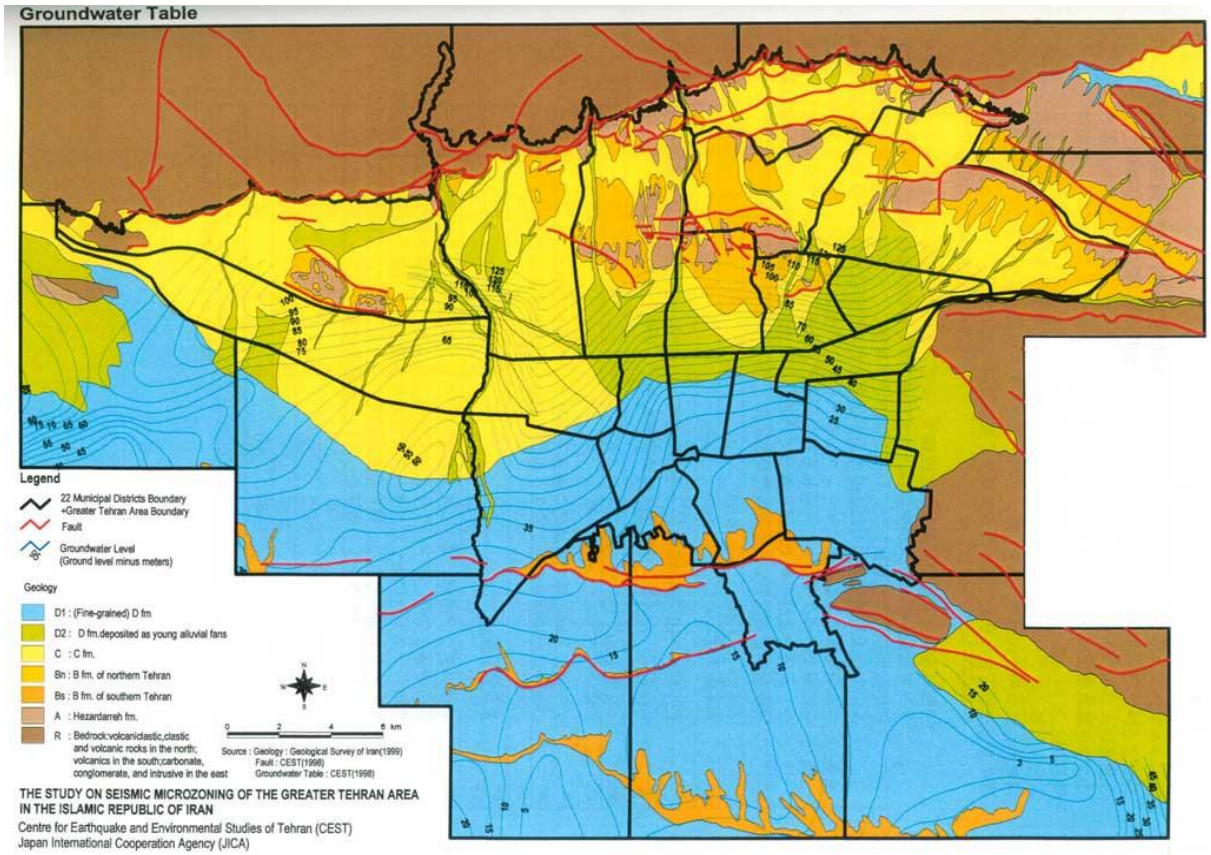
درواقع هرچه زاویه بین امتداد محور تونل و امتداد ساختارهای زمین‌شناسی بیشتر باشد آن محل برای حفر تونل مناسب‌تر است.

در رابطه با گسل‌های منطقه:

الف) تونل‌های ایجادشده در محیط‌های سنگی(تونل تأسیسات صدر در محیط خاکی و سنگی)در برابر زلزله‌هایی با کمتر G ۰/۴ خسارت اندک می‌بینند.

ب) تونل‌های عمیق (تونل تأسیسات صدر عمیق نیست) از تونل سطحی ایمن‌تر می‌باشند.

ج) مدت تداوم زلزله مهم‌ترین عامل مؤثر در ایجاد خسارات شدید (گسل محمودیه به دلیل آنکه خیلی وقت است انرژی خود را تخلیه نکرده است مدت‌زمان زلزله آن زیاد) می‌باشد.



شکل ٤. نقشه هیدرولوژی تهران(آژانس همکاری‌های بین الملل ژاپن،جایکا،۱۳۸۰)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری :

با توجه به افقی بودن لایه‌ها بهترین مسیر برای حفر تونل عمود بر لایه‌های زمین‌شناسی می‌باشد همچنین طبق نقشه زمین‌شناسی منطقه احتمال برخورد به سازند C بیشتر از بقیه سازندها بوده و همچنین در عمق ۱۰ متری احتمال برخورد به توف های سبز کرج که به‌صورت تخته‌سنگ تشخیص داده‌شده‌اند وجود دارد که در هنگام عملیات حفاری باعث بروز اختلال و کاهش سرعت حفاری می‌گردد. از آنجائی که منطقه مورد مطالعه روی فرادیواره گسل نرمال محمودیه قرارگرفته است خطر بسیار زیادی در هنگام فعال شدن متوجه تونل خواهد شد، که سبب قطع و جابجایی کابل‌ها شده و برای جلوگیری از بروز این مشکل بهترین راه‌حل افزایش ابعاد تونل می‌باشد.

به دلیل وجود لایه‌ها و عدسی‌های رسی فراوان احتمال تراوش آب در هنگام حفاری بسیار زیاد بوده که برای جلوگیری از آن استفاده از لایه‌های ژئوسنتیکها (مصالحی مصنوعی و عمدتاً از جنس مواد اولیه پلیمری هستند که به همراه زمین (خاک و سنگ) بکار می‌رود تا خصوصیات آن را اصلاح کنند)پیشنهاد می‌شود. حفر گمانه در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده وجود لایه‌های سست و ریزشی تا عمق ۴۰ متری زمین است که به دلیل هزینه بالا و کمبود وقت حفر تونل پایین‌تر از این عمق مطلوب نبوده و پیشنهاد شد در عمق ۱۰ متری تونل حفرشده و برای مقابله با ریزش آن از روش‌های بهسازی مانند شاتکریت و آرماتوربندی استفاده شود و باید شکل هندسی مقطع تونل دایره‌ای انتخاب شود تا فشارها و تنش‌ها به‌صورت یکنواخت بر تونل عمل کنند و این‌گونه مقاومت تونل افزایش یابد، همچنین با توجه به قرارگیری تونل در عمق کم و ریزشی بودن خاک منطقه برای کنده‌کاری به‌جای TBM پیشنهاد گردید از روش سنتی استفاده شود.

مراجع:

۱. آژانس همکاری های بین الملل ژاپن(جایکا). (۱۳۸۰) ،" گزارش ریز پهنه بندی لرزه ای تهران بزرگ"، تهیه شده برای مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ.
۲. آقانباتی،ع. (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران،سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور"، تهران.
۳. چشمی، ا. (۱۳۸۵)، "مطالعه خواص مکانیکی آبرفت تهران بر اساس آزمون ها معمول و ابزار ساده مکانیکی" ، پایان نامه دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۴. فاخر ، ع. (۱۳۹۲)، "مهندسی پی پیشرفته"، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۵. مهندسان مشاور پاسیلو. (۱۳۹۲) ، " گزارش زمین شناسی عمومی تونل تاسیسات صدر"، تهران.

www.SID.ir