Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

مطالعه و بررسی خطر کلاگینگ در مسیر تونل کمکی کانال ابوذر تهران

سید داود محمدی[۱]، امید فروغ[۲]، مینا صدقی[۳]

۱- استادیار دانشگاه بوعلی سینا، s_d_ mohammadi@yahoo.com

۲- مدیر طراحی دسیبلین تونل مهندسین مشاور هندسه پارس، o_forogh@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا sedghi_geology@yahoo.com

همدان،

sedghi_geology@yahoo.com

خلاصه

نیاز به حفاری مکانیزه تونلها در محیط های شهری در دو دهه اخیر، پیوسته درحال افزایش بوده است. با این وجود مخاطراتی مانند گل گرفتگی، سایش، نشست سطحی و غیره در حفاری در محیط شهری وجود دارد که قبل از اجرای هر پروژه باید پیش بینی شده و تمهیدات مقابله با آن اندیشیده شود. چسبندگی خاک یکی از موضوعات حساس در تونل های مکانیزه در زمین های نرم می باشد که به معنی چسبندگی ذرات خاک به ابزار برشی، دیسک کاتر، کاترهد، اتاقک فشار و حتی نقاله مارپیچی میباشد که می تواند سبب پدیده کلاگینگ و یا انسداد ناشی از گل گرفتگی در ماشین شود. در این مقاله روشهای زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی که برای پیش بینی کلاگینگ در مسیر تونل معرفی شده و برای این منظور تونل کمکی کانال ابوذر که با استفاده از سپر تعادلی فشار زمین (EPB TBM) اجرا شده است، مورد مطالعه قرار گرفته است. این تونل با قطر ۳/۷ متر در بخش شرقی بلوار ابوذر و در مجاورت کانال سرخه حصار حد فاصل پل دوم تا بزرگراه افسریه تهران واقع شده است. ارزیابی خطر انسداد وگل گرفتگی با استفاده از روش های مختلف مانند(Burger and Thewes(2004 در بخش های مختلف مسیر تونل نشان داد که بیشتر مسیرتونل در محدوده خطرکم تا متوسط قرار می گیرند.

کلمات کلیدی: تونل، خطر کلاگینگ، حفاری مکانیزه

مقدمه

حفاری مکانیزه تونل با استفاده از TBM در سال های اخیر افزایش یافته است. با این وجود ارزیابی دقیق خطرات خاص با استفاده از این دستگاه ها با سرعت انجام نمی شود. برای شناسایی مخاطرات زمین شناسی لازم است ویژگیهای مختلف زمین شناسی و پارامترهای مهندسی سنگ و خاک مسیر تونل مورد بررسی و شناسایی قرار گیرد. مخاطرات حاصل از شرایط زمین شناسی می تواند فضاهای زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد. این تأثیر می تواند به صورت تخریب محیط کار، تجهیزات و حتی در شرایط حاد می تواند موجب مرگ کارکنان نیز گردد. این خطرات ممکن است در حین اجرای پروژه یا پس از بهره برداری آن اتفاق بیفتد. بسیاری از این خطرات با اعمال راه حلهای مناسب قابل کنترل هستند(Irmina,2004) . در تونل هایی که ماشین های حفر تونل برای حفاری خاک های چسبنده به کار گرفته می شوند، خطر کلاگینگ (انسداد)، تونل را تهدید می کند. مشکل چسبندگی وگل گرفتگی مربوط به رس غالباً منجربه هدایت پذیری سخت، نرخ پیشروی پایین و تمیزکاری اضافه می گردد(Langmaack, 2006).

رس های چسبنده می توانند مانع چرخش آزاد دیسک های حفاری گردند، بنابراین با باقی ماندن آنها در یک حالت از یک سمت دچار سایندگی بیش تر خواهند شد. بنابراین وجود مصالح رسی چسبنده در حضور رطوبت مناسب تاثیر مهمی بر عمر دیسک های برشی کله حفار دارد. در زمین هایی که پتانسیل کلاگینگ و چسبناکی وجود دارد، معمولاً در دو محدوده پدیده انسداد رخ می دهد، اولی محدوده مربوط به بخش برش چرخ کاتر و دیگری محدوده ورودی مصالح به اتاقک فشار را شامل می شود.

در سالهای اخیر به منظور شناسایی رفتار چسبناکی کانی های رسی و ارزیابی خطر انسداد و گل گرفتگی در ماشین TBM، پژوهش هایی انجام شده است (Thewes and Burger,2004 و Sass and Burbaum, 2008) در میان پژوهش های مختلف، نموداری که توسط Thewes and Burger در سال 2004 برای ارزیابی خطر انسداد و گل گرفتگی ارائه شده از مقبولیت بیش تری برخوردار است.

بر اساس شاخص خمیری کانی های رسی و شاخص قوام، خطر انسداد ماشین به سه رده خطر بالا، متوسط و پایین تقسیم بندی می شود. شاخص قوام یکی از پارامترهای بسیار مهم در ارزیابی پتانسیل خطر گل گرفتگی و انسداد برای یک کانی رسی مشخص می باشد، زیرا حد روانی و خمیری از جمله

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی های زمین شناسی و ذاتی کانی های رسی محسوب می گردند. حد روانی و خمیری برای یک کانی رسی مشخص ثابت بوده ولی درصد رطوبت طبیعی در بخش‌های مختلف تونل متفاوت است، بنابراین برای یک کانی رسی مشخص، شاخص قوام در قسمت های مختلف متفاوت و به تبع آن پتانسیل خطر گل گرفتگی نیز متفاوت خواهد بود [۵]. شاخص قوام از رابطه (۱) تعیین می گردد:

$$Ic = W_L - Wn/PI \quad \text{رابطه (۱)}$$

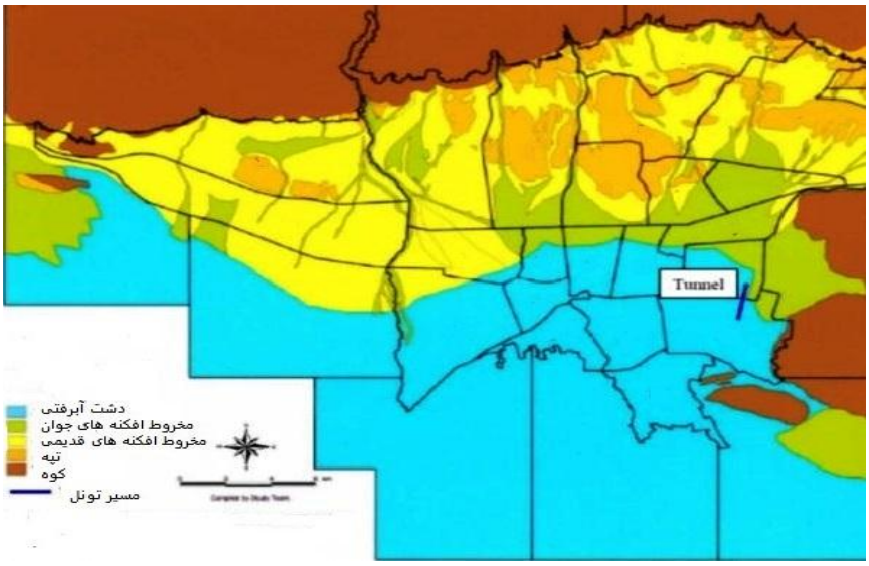
که در آن Ic شاخص قوام، W_L حد روانی،Wn رطوبت طبیعی و PI شاخص خمیری خاک می باشد.

معرفی تونل کمکی کانال ابوذر، ریخت شناسی و زمین شناسی مسیر:

تونل کمکی کانال ابوذر در بخش شرقی بلوار ابوذر و در مجاورت کانال سرخه حصار حد فاصل پل دوم تا بزرگراه افسریه قرار دارد. مسیر تونل کمکی کانال ابوذر از شمال بزرگراه خاوران شروع و با حرکت به سوی شمال، با گذر در امتداد مسیر جنوب به شمال (مسیر شرقی) خیابان ابوذر پس از گذر از زیر تقاطع خیابان های شهید بقایی و شهید محلاتی (آهنگ) به انتهای مسیر در محل منبع آب (پل دوم بلوار ابوذر) می رسد. این تونل با کمک ماشین EPB ، حدود ۴ کیلومتر به قطر ۴/۳۵ متر و قطر تمام شده ۳/۷ متر در طول دو سال ساخته شده است که ظرفیت انتقال ۴۲ متر مکعب آب در ثانیه را خواهد داشت (مهندسین مشاور ساحل، ۱۳۹۱).

شکل ۱ . موقعیت مسیر تونل بر روی بخشی از نقشه تهران

گستره تهران از لحاظ ریخت شناسی در کوهپایه جنوبی رشته کوه البرز قرار گرفته و از نظر ریخت شناسی به ۵ واحد به نام کوه، تپه، مخروط افکنه قدیمی، مخروط افکنه جوان و دشت قابل تقسیم می باشد. با توجه به مطالعات آژانس بین المللی ژاپن(JICA, 2001) مسیر تونل، در گستره دشت آبرفتی قرار گرفته است (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه ریخت شناسی تهران(JICA, 2001) [۲]

www.SID.ir

Archive of SID

از دیدگاه زمین شناسی، حوضه آبریز دشت تهران در گستره مرکزی منطقه البرز قرار دارد، که این گستره از شمال به جنوب شامل چهار بخش البرز مرتفع، چین های حاشیه ای، کوهپایه و دشت و آنتی البرز تقسیم شده است. با توجه به نزدیکی مسیر تونل به ارتفاعات جنوب شرقی تهران (آنتی البرز) احتمال برخورد مسیر تونل به واحد آبرفتی قدیمی نظیر آبرفت C و نیز واحدهای متراکم و سیمانی شده قدیمی تر مانند آبرفت A و Bn (سازند B شامل دو واحد Bs (برای نواحی جنوبی ریز دانه) و Bn (برای نواحی شمالی درشت دانه) می باشد) وجود دارد.

تفکیک مناسب واحدهای خاکی یکی از مهمترین فعالیتهایی که در مطالعات ژئوتکنیکی با هدف تونلسازی باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا تفکیک این واحدها، مبنای مطالعات دیگر بوده و تاثیر قابل توجهی بر روی پارامترهای اجرایی تونل خواهد داشت. لذا در مطالعات تونلسازی، به منظور تفکیک زمین باید رفتار خاک همواره لحاظ گردد. بر اساس پیشنهاد ITA (انجمن بین المللی تونل) و DAUB (کمیته سازه های زیرزمینی آلمان) یکی از مهمترین فاکتورها که در تونلسازی موثر است، درصد ذرات ریزدانه (رد شده از الک ۲۰۰) میباشد، که بر این اساس مسیر تونل مورد مطالعه با توجه به درصد عبوری از الک ۲۰۰ در جدولی مانند جدول ۱ زون بندی شد[۸].

جدول۱. مشخصات واحدهای زمین شناسی مهندسی تفکیک شده در مسیر تونل

واحد زمین شناسی مهندسی	ET-۲	ET-۳	ET-۴	ET-۵
درصد عبوری از الک ۲۰۰	%۱۲-۳۰	%۳۰-۶۰	%۲۲-۳۴	%۶۰>
نوع خاک(USCS)	GC	SC, SM & CL	SC, SM	CL, ML & CL-ML (rarely CH)

در این مطالعه گسترش هر یک از واحدهای خاکی در سینه کارتونل، مورد بررسی قرار گرفت، بر این اساس در مجموع، مسیر تونل به ۱۲ ناحیه زمین شناسی و ژئوتکنیکی تقسیم شده است، که در جدول۲ کیلومتراژ شروع و پایان هر ناحیه به همراه واحدهای تشکیل دهنده آن ارائه گردیده است، همچنین اطلاعات مربوط به هر یک از گمانه و چاهک مربوط به هر یک از زون های زمین شناسی در جدول ۳ آمده است.

جدول۲. گسترش و موقعیت واحدهای خاکی در سینه کار تونل

نوع واحد زمین شناسی مهندسی	موقعیت ناحیه (بر حسب متر)	ناحیه زمین شناسی و ژئوتکنیکی	نوع واحد زمین شناسی مهندسی	موقعیت ناحیه (بر حسب متر)	ناحیه زمین شناسی و ژئوتکنیکی
ET -۳ و ET- ۲	**۲۴۰۰-۲۷۲۸**	**۷**	ET-۳ و ET- ۵	۰-۳۰۰	۱
ET -۳	**۲۷۲۸-۳۰۰۰**	**۸**	ET- ۳	۳۰۰-۶۰۰	۲
ET -۳ و ET- ۴	**۳۰۰۰-۳۱۵۰**	**۹**	ET-۳ و ET- ۵	۶۰۰-۸۶۰	۳
ET-۳	۳۱۵۰-۳۶۱۷	۱۰	ET- 5	۸۶۰-۱۲۷۲	4
ET-۳ و ET- ۴	۳۶۱۷-۳۷۳۰	۱۱	ET-۳ و ET- ۵	۱۲۷۲-۱۶۸۰	5
ET-۳	۳۷۳۰-۴۱۸۰	۱۲	ET-۳	۱۶۸۰-۲۴۰۰	6

جدول۳. موقعیت گمانه و چاهک ها در ناحیه زمین شناسی وژئوتکنیکی در سینه کار تونل

BH/TP No. Sample No.	ناحیه زمین شناسی و ژئوتکنیکی	Depth(m)	LL	PI	Moisture Content %	Ic
BH-۱	۶و۱۲	۲۲-۲۴	۲۸.۵	۱۴.۴	۷.۸۲	۱.۴۴
BH-۱	۶و۱۲	۳۰-۳۴	۲۷.۹	۱۲.۴	۸.۲۹	۱.۵۸
BH-۲	۵و ۹	۱۶-۱۹	۳۸	۱۴.۲	۷.۹۴	۲.۱۲

www.SID.ir

Archive of SID

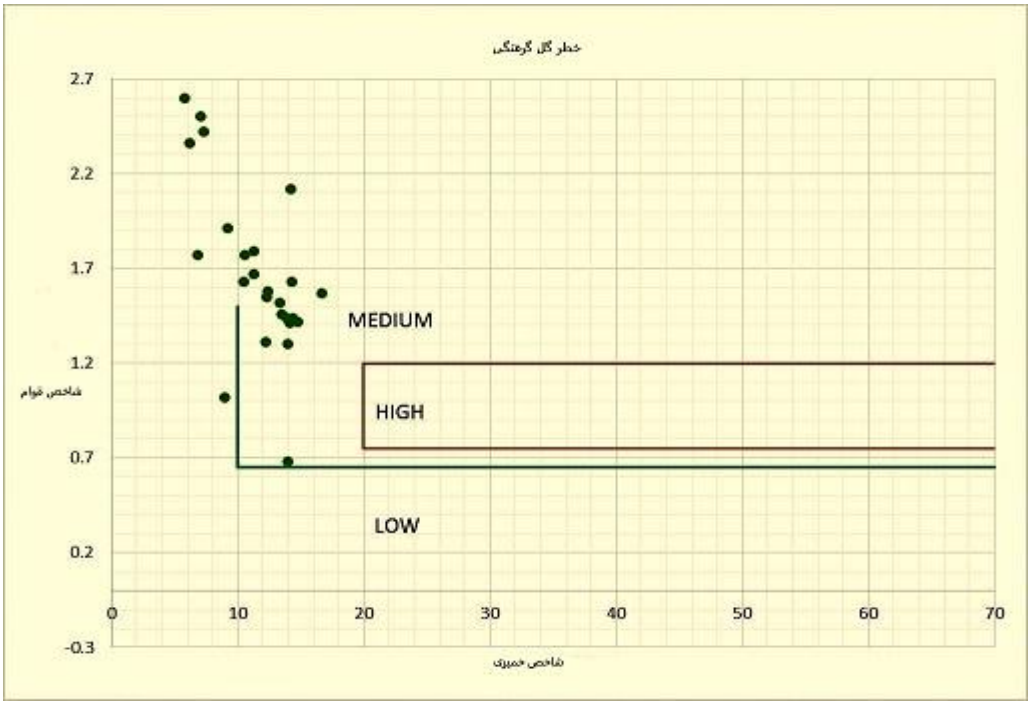
BH-۲	۹و۵	۲۷-۳۰	۲۹.۶	۱۴.۸	۸.۶۰	۱.۴۲
TP-۱	۱۱و ۱۲	۲۰-۲۰	۳۲.۶	۱۶.۷	۶.۴۱	۱.۵۷
TP-۱	۱۱و ۱۲	۳۲-۳۲	۲۹.۶	۱۴.۳	۶.۲۲	۱.۶۳
TP-۱	۱۱و ۱۲	۳۴-۳۴	۲۸.۱	۱۳.۵	۸.۳۲	۱.۴۶
TP-۲	۱۰	۴-۴	۲۳.۳	۱۱.۲	۵.۷۱	۱.۵۶
TP-۲	۱۰	۸-۸	۲۳.۲	۱۲.۲	۷.۱۶	۱.۳۱
TP-۲	۱۰	۱۲-۱۲	۲۶.۶	۱۳.۹	۶.۶	۱.۴۴
TP-۲	۱۰	۳۲-۳۲	۲۹.۲	۱۴	۱۰.۹۵	۱.۳۰
TP-۴	۷	۴-۴	۲۷.۲	۱۲.۳	۸.۱۱	۱.۵۵
TP-۴	۷	۱۶-۱۶	۲۸	۱۳.۳	۷.۷۹	۱.۵۲
TP-۴ ۴MGALARY	۷	۲۰-۲۰	۲۵.۸	۱۰.۵	۸.۶۸	۱.۶۳
TP-۴ ۶MGALARY	۷	۲۰-۲۰	۲۷.۱	۱۱.۳	۸.۱۹	۱.۶۷
TP-۴ ۷MGALARY	۷	۲۰-۲۰	۲۸	۱۱.۳	۷.۷۵	۱.۷۹
TP-۷	۵	۴-۴	۲۳.۷	۷.۱	۵.۹۲	۲.۵
TP-۷ ۵MGALARY	۵	۱۶-۱۶	۲۵.۸	۹.۲	۸.۲۶	۱.۹۱
TP-۷ ۶MGALARY	۵	۱۶-۱۶	۲۵.۲	۵.۸	۱۰.۱	۲.۶۰
TP-۸	۴	۴-۴	۲۲.۴	۷.۳	۴.۷۳	۲.۴۲
TP-۸ ۶MGALARY	۴	۱۲-۱۲	۲۶	۹	۱۶.۷۹	۱.۰۲
TP-۸	۴	۱۲-۱۲	۲۳.۱	۶.۸	۱۱.۰۸	۱.۷۷
TP-۹	۳	۴-۴	۲۳.۶	۱۰.۶	۴.۸۸	۱.۷۷

نتایج و بحث:

در این مطالعه با استفاده از نتایج حفاری ۲ گمانه و ۵ چاهک دستی، حدود آتربرگ (LL ، PL) و همچنین درصد رطوبت مصالح مسیر تونل تعیین گردید. با استفاده از نمودار (Burger and Thewes, 2004) و نتایج آزمایش های انجام شده بیشتر مسیر تونل در محدوده خطر متوسط قرار می گیرند (شکل ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳. نمودار خطر انسداد برای ماشین به سبب کانی های رسی (اقتباس از Burger and Thewes, 2004)

بطور کلی در زمین هایی که دارای خطر متوسط و بالا هستند، بحث بهسازی شرایط خاک و انتخاب نوع رفتار فیزیکی فوم مورد استفاده در دستگاه EPB باید مورد توجه قرار گیرد و چنانچه این پدیده مورد توجه قرار نگیرد می تواند سبب پدیده کلاگینگ یا انسداد در ماشین گردد. در چنین مواقعی ماشین باید کاملاً متوقف شده و عملیات تمیزکاری اتاقک فشار و کاترهد تحت شرایط هایپربار انجام شود.

لازم به ذکر است که بر اساس پارامترهای مندرج در نمودار شکل۳، بر مبنای تغییرات شاخص خمیری، خطر گل گرفتگی و انسداد وقتی دارای پتانسیل کم، متوسطو بالا خواهد بود که مقدار PI به ترتیب،کمتر از ۱۰، بیشتر از ۱۰و بیشتر از۲۰ و درصد باشد، همچنین علاوه بر شروط فوق، باید همواره مقدار Ic در محدوده مقادیر جدول (۴) قرار گیرد.

جدول ۴. محدوده تغییرات مخاطره گل گرفتگی

Ic	محدوده خطر
Ic<۰.۶۵	خطر کم
۰.٦٥< Ic< ۰.٧٤ .or Ic>۱.۲۵	خطر متوسط
۰.۷۵<Ic< ۱.۲۵	خطر زیاد

با توجه به اطلاعات مربوط به جدول ۳ و ۴، می توانیم ناحیه زمین شناسی وژئوتکنیکی مسیر تونل را از لحاظ مخاطره گل گرفتگی به صورت جدول ۵ بیان نماییم:

جدول۵. محدوده خطر گل گرفتگی در هر یک از واحدهای زمین شناسی مسیر تونل

شماره واحد زمین شناسی وژئوتکنیکی	محدوده خطر
۴	خطر کم
۱۲, ۳	خطر متوسط و کم
۱۱, ۱۰,۹, ۷, ۶, ۵	خطر متوسط

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع:

1- Thewes, M., AND Burger, W., 2004. Clogging risks for TBM drives in clay, Tunnels & Tunnelling International. June 2004, 28–31.
2- Irmina, P. (2004) Geotechnical risk in rock mass characterization – A concept. Course on geotechnical risk in tunnelling. Portugal, Averio, April, p11.
3- Langmaack, L., 2006. TBM tunneling- chances and limits. International symposium on: Utilisation of underground space in urban areas, Sharm el-sheikh, Egypt.
4-Sass, I., and Burbaum, U., 2008. A method for assessing adhesion of clays to tunneling machines. Bull. Eng. Geol. Environ.

۵- موسسه ی مهندسین مشاور ساحل، ۱۳۹۱، گزارش ز مین شنا سی مهندسی

۶- حسن پور، ج. شمسی، غ ر. (۱۳۹۰) " نقش مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک در تونلسازی مکانیزه در شرایط دشوار زمین شناسی" نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل.

۷- آژانس همکاریهای بین‌الملل ژاپن، ۱۳۸۰، " گزارش ریز پهنه‌بندی لرزهای تهران بزرگ، تهیه شده برای مرکز مطامعات زلزله و زیست محیطی‌شهرداری تهران بزرگ" ،۳۸۱ ص.

۸- ناظری، ا.، حقیر چهره قانی، س.، ۱۳۹۱، "مطالعات زمینشناسی مهندسی و مخاطرات زمینشناختی مسیر تونل در زمین های خاکی"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

www.SID.ir