



ISSN 2345 - 4997

Available online at: www.geo-dynamica.com

Vol. (1)- No. 03- Winter 2014
11th Article- P. 68 to 81**GRIB**Geodynamics Research
International Bulletin

An Analysis of Fall in the Tunnel Excavated by NATM Method in Line A of Qom subway Project Using Monitoring and Methods of Data Crossing

Arash Bakhshi Pour Sedaposhte^{1*}, Saeed Javaherzade²¹ Department of Civil Engineering, Earthquake orientation, Islamic Azad University, Shabestar.² Department of Civil Engineering, Structures of Civil- Earthquake, Islamic Azad University, Shabestar.

*Corresponding Author (arash.bakhshipoor@yahoo.com)

Article History:
Revised: Jan. 30, 2014Received: Dec. 25, 2014
Accepted: Feb. 15, 2014Reviewed: Jan. 04, 2014
Published: Mar. 16, 2014**ABSTRACT**

Excavation of tunnels causes in-situ stress relaxation in soil and deformations of the tunneling is one of its inescapable results. In fact, it is not possible to precisely put a hard cover on it while excavating. Thus, there is always a shift in the location of the tunnel excavation and this displacement affects the Earth's surface in a chain and causes ground surface settlement. Determining the rate of ground settlement and its impact on structures in urban tunneling projects is of great significance. In October 2012, falling of 30 meters length and 2 meters depth occurred in the tunnel of the A2 workshop excavated by NATM method. The remarkable thing is that after the collapse, the temporary (supporting structure) for tunnel consolidation settlement remained intact and subsided as a whole. In such circumstances, the most important thing to do is to cross the area and install a temporary support system. In this paper, data from the monitoring before falling of the tunnels was investigated and the procedure deployed in Qom subway project for crossing the falling area, accompanied by the images and explanations of separate stages is presented.

Keywords: Qom subway tunnels, fall, temporary consolidation, convergence meters, instruments.

بررسی ریزش در تونل حفاری شده به روش NATM پروژه خط A مترو قم با استفاده از داده‌های ابزار دقیق و ارایه روش عبور از منطقه ریزش

آرش بخش‌پور صدآپشته^۱، سعید جواهرزاده^۲^۱ مهندسی عمران گرایش زلزله، دانشگاه آزاد واحد شبستر، آذربایجان شرقی، نگارنده رابط (arash.bakhshipoor@yahoo.com)^۲ گروه مهندسی عمران (سازه - زلزله)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، آذربایجان شرقی.

تاریخ داوری: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۴

تاریخچه انتشار مقاله

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۶

تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۲/۱۱/۱۰

چکیده

حفاری تونل موجب آزادسازی تنش‌های برجای خاک شده و تغییر شکل‌های زمین از نتایج غیرقابل اجتناب ساخت تونل است. در واقع هیچگاه این امکان وجود ندارد که دقیقاً همزمان با حفاری، یک پوشش با سختی بی‌نهایت در آن قرار داد و بنابراین همواره مقداری تغییر مکان در محل حفاری تونل وجود دارد و این تغییر مکان به صورت زنجیره‌ای تا سطح زمین را تحت تأثیر قرار داده و موجب نشست سطح زمین می‌شود. در مهرماه سال ۹۱ ریزشی به طول ۳۰ متر و نشست به ارتفاع ۲ متر در تونل کارگاه A2 که به روش NATM حفاری شده بود، رخ داد. این حادثه با تلفات باعث به تأخیر افتادن پیشرفت و روند کاری پروژه شد. نکته قابل توجه این است که بعد از ریزش سازه تحکیمات موقت تونل سالم بوده و به صورت یکپارچه نشست کرده است. در چنین شرایطی مهمترین کار عبور از منطقه ریزش کرده و ایجاد تحکیمات موقت می‌باشد. در این مقاله داده‌های حاصل از ابزار دقیق قبل از ریزش تونل مورد بررسی قرار گرفته و نیز روش اجرایی که در پروژه مترو قم برای عبور از منطقه ریزش استفاده شده با تفکیک مراحل و همراه با عکس ارایه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تونل مترو قم، ریزش، تحکیمات موقت، متر همگرایی سنخ، ابزار دقیق

۱. مقدمه

ایمنی و کاهش هزینه، چالش اصلی فرآیند ساخت تونل در شرایط پیچیده زمین است. بنابراین انجام مطالعات کافی، تفسیر، تحلیل و پردازش این داده‌ها در یک مدل واحد با قابلیت به روزرسانی برای برنامه‌ریزی فرآیند ساخت یک تونل، از اهمیت به سزایی در موفقیت یک پروژه تونل‌زنی برخوردار است (هادوی و سعیدی ۱۳۹۲).

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. زمین‌شناسی ایستگاه

با توجه به مطالعات زمین‌شناسی منطقه، در اغلب متراژ تونل سیلت و رس موجود می‌باشد که میان لایه‌هایی از شن و ماسه در آن وجود دارد.

وجود سیلت و رس دارای چسبندگی در دیواره و سقف، پایداری زمین را ایجاد می‌کند ولی میان لایه‌های ماسه‌ای و شنی بدون چسبندگی، ریزش شدید سینه کار و دیواره را خواهد داشت.

در صورت وجود مصالح بدون چسبندگی در سینه کار با حفاری تونل و آزاد شدن سطح خاک به علت هوازگی این خاک، ریزش‌هایی را در تونل شاهد خواهیم بود.

با توجه به نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و همچنین با در نظر گرفتن مقیاس نقشه لایه‌های خاکی در برگیرنده مسیر تونل به چهار گونه زمین‌شناسی مهندسی یا واحد خاکی تفکیک شده‌اند که این واحدها در جدول (۱) معرفی گردیده‌اند.

واحدهای خاک سینه کار در این تونل نسبتاً متغیر بوده و به طور متناوب در سینه کار با هر چهار نوع واحد خاکی برخورد می‌شود (بر اساس گزارش زمین‌شناسی مهندسی مسیر و ژئوتکنیک مسیر) (گزارش ژئوتکنیک متروی قم ۱۳۹۱).

روش اجرای پروژه خط A مترو قم، ترکیبی از روش مکانیزه و سنتی جهت حفاری تونل انتخاب شده است. روش اجرای مسیر از ورودی دستگاه در قلعه کامکار تا ایستگاه A3 به طول ۱۰۸۰۰ متر، حفاری مکانیزه (با دستگاه TBM-EPB) و از ایستگاه A3 تا توقفگاه جمکران (قبل از ایستگاه A1) به طول حدود ۳۹۰۰ متر به روش سنتی (NATM) صورت خواهد گرفت. مقطع تونل NATM به صورت نعل اسبی است که طی ۲ مرحله (TOP and BENCH) حفاری می‌شود. احداث تونل در یک منطقه کم عمق و سست باعث تغییرات تنش و حرکات موضعی در توده‌های مجاور می‌شود.

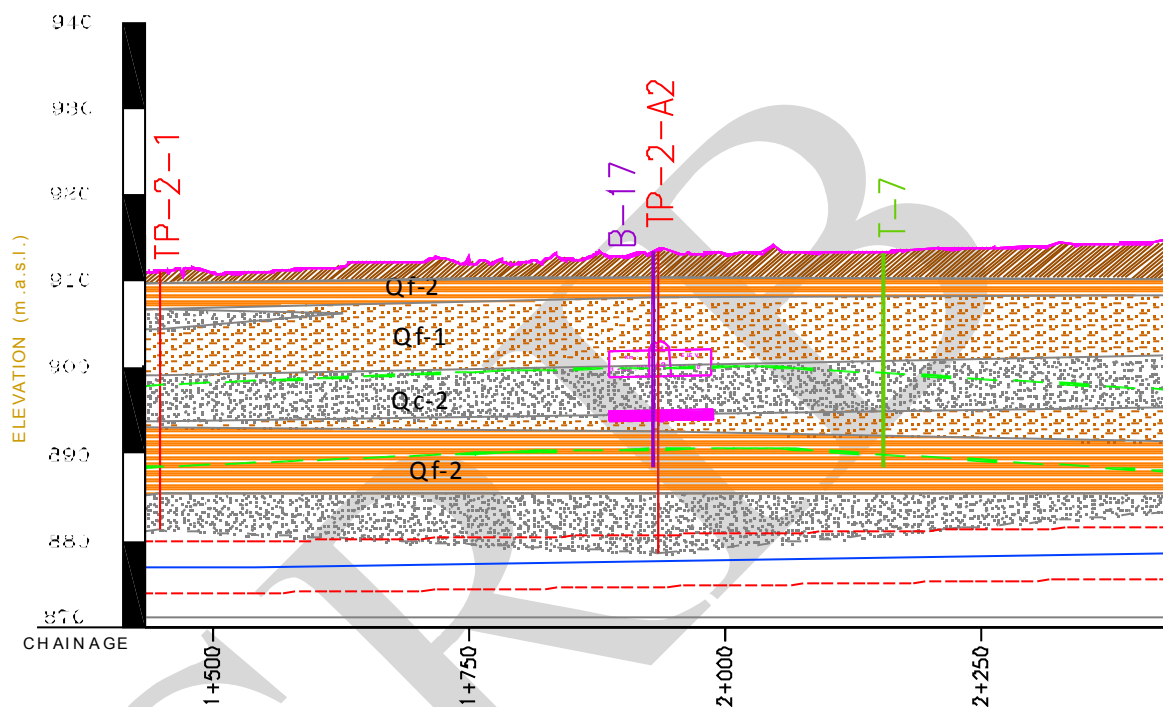
این حرکات مستقیماً به سمت سینه کار و نیز به صورت شعاعی به طرف داخل حفره ایجاد شده در پشت جبهه کار صورت می‌گیرد. تعیین میزان دقیق این حرکت به سادگی امکان‌پذیر نیست، معادلات اولیه جهت محاسبه نشست ناشی از حفر تونل به صورت تجربی ارائه شدند، که اولین معادله توسط (Peck 1969) و بر اساس حدود ۲۰ مورد اجرایی که در اختیار وی بود ارائه شد. در این معادلات نشست با یک منحنی گائوسی تقریب زده می‌شود. این روند بعدها توسط محققین دیگری مانند (O'Reilly and New 1982)، (Attewell et al 1982)، (Herzog 1985) و (Mair et al 1996) مورد بررسی بیشتر قرار گرفت.

اما روش دیگر، استفاده از روش‌های عددی جهت پیش‌بینی میزان نشست می‌باشد که امروزه به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، دقت پاسخ به دست آمده از این روش‌ها به میزان بسیار زیادی به صحت پارامترهای مورد استفاده در روند مدل‌سازی وابسته است.

اما از آنجاکه شرایط درون زمین بسیار متغیر است و برخلاف سطح زمین امکان شناسایی و دسترسی به تمام نقاط آن به آسانی میسر نیست، لذا ارائه یک مدل زمین‌شناسی، تخمین پارامترهای طراحی به منظور استفاده در مدل عددی و انتخاب روش حفاری و نگهداری با حداقل کردن ریسک، تأمین

جدول ۱. مشخصات واحدهای خاکی دربرگیرنده مسیر تونل

معیار تفکیک واحدهای خاکی		توصیف ژئوتکنیکی	واحدهای خاکی
شاخص خمیری (PI)	درصد عبوری از الک ۲۰۰		
-	5-20%	Sandy GRAVEL and gravelly SAND	Qc-1
-	35-60%	Very Silty clayey SAND with gravel	Qc-2
PI<7	>60%	Clayey SILT with a little sand	Qf-1
PI>7	>60%	Silty CLAY with a little sand	Qf-2



شکل ۱. برش زمین‌شناسی مهندسی در محل ایستگاه A2

می‌گرفت، خاک سینه کار دارای رطوبت متوسط ۱۳٪ بوده است (گزارش نشست تونل سنتی ایستگاه بقیة الله ۱۳۹۱).

۳.۲. زمین‌شناسی سینه کار در هنگام ریزش

بر اساس گزارش ژئوتکنیک ایستگاه A2، در محدوده ایستگاه واحد خاکی درشت دانه QC-2 گسترش نسبتاً زیادی داشته و به صورت لزهایی نسبتاً ضخیم در میان واحد خاکی ریزدانه Qf-1 قرار گرفته است. بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه لاگ گمانه و چاهک‌ها به نظر می‌رسد بخش بالایی دیواره‌های ایستگاه از ریزدانه‌های واحد Qf-1 و Qf-2 و بخش پایینی آن در واحد درشت دانه QC-2 قرار دارد، چنانچه در حفاری تونل معمولاً ملاک تحکیم اولیه قرار می‌گیرد. بررسی نتایج آزمون SPT در گمانه B-17 خاکی از این است که

۲.۲. شرایط آب‌های زیرزمینی در مسیر پروژه

به طور کلی جهت جریان آب‌های زیرزمینی در محدوده مسیر تونل متروی قم، از شمال‌غرب به سمت جنوب‌شرق می‌باشد. عمق برخورد به آب زیرزمینی در محدوده مسیر مترو به طور متوسط بیش از ۳۰ متر است. بر اساس متوسط سطح آب اندازه‌گیری شده در گمانه‌ها و پیژومترها، تمامی مسیر تونل بالاتر از سطح ایستایی قرار دارد ولی ممکن است آب‌های منطقه غیراشباع، فاضلاب، شکستگی لوله‌های آب و یاقنوات احتمالی به طور مقطعی در مسیر حفاری وجود داشته باشد. در مسیر تونل سنتی A2 به A1 (محدوده ریزش) با توجه به قرار گرفتن ابتدای تونل در زیر بلوار و باغچه و با توجه به آبیاری صورت گرفته که به صورت روزانه توسط شهرداری صورت

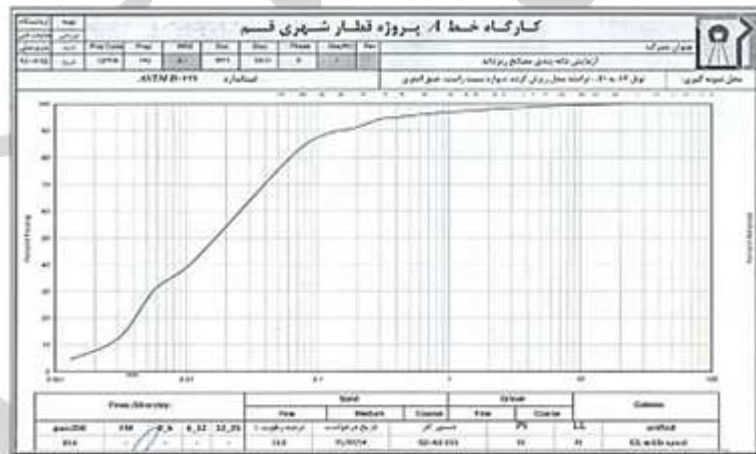
۲.۳.۱. واحد خاکی Qc-2

برای نوشتن رابطه‌ها، لازم است که یک خط جداگانه به آن‌ها اختصاص داده شود، سپس رابطه در انتهای سمت چپ و شماره آن در انتهای سمت راست همان خط قرار گیرد.

۲.۳.۲. واحد خاکی Qc-2

این واحد عمدتاً از رس لای‌دار به همراه مقدار اندکی ماسه تشکیل شده است. مقدار درصد رد شده از الک ۲۰۰ (سیلت و رس) در این واحد بیشتر از ۵۰ درصد بوده و مقدار شاخص خمیری آن بیشتر از واحد قبلی می‌باشد. بخش‌های مختلف این واحد بر اساس طبقه‌بندی USCS عمدتاً در رده خاک‌های CL قرار می‌گیرند (گزارش ژئوتکنیک ایستگاه A2). بر اساس نمودار شکل (۲) درصد رطوبت خاک تونل در محدوده ریزش حدود ۱۳٪ بوده و همچنین حد روانی خاک حدود ۳۱ و PI آن ۱۰ می‌باشد که نشان از پایداری خاک و عدم رسیدن خاک به حد روانی آن است.

خاک‌های ریزدانه در محل ایستگاه A2، معمولاً در رده خاک‌های سفت و خیلی سفت قرار می‌گیرند. همچنین خاک‌های درشت دانه بر این اساس در رده خاک‌های نیمه متراکم تا بسیار متراکم قابل طبقه‌بندی هستند. تمامی این آزمون‌ها در منطقه غیر اشباع از پروفیل خاک انجام شده‌اند. این آزمون به عنوان یک شاخص نشان می‌دهد که واحدهای خاکی در این ایستگاه به ویژه در منطقه غیر اشباع از نظر پارامترهای مهندسی خاک وضعیت نسبتاً مطلوبی دارند. نتایج آزمون‌های پرسیمتری نیز مؤید مطلب بالا بوده و حاکی از وجود خاک‌هایی با پارامترهای مهندسی مناسب در محل می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون‌های پرسیمتری اغلب خاک‌های ریزدانه ساختگاه در ایستگاه A2 در رده سخت و نسبتاً سخت و خاک‌های درشت دانه در رده خاک‌های متراکم قرار می‌گیرند. در کیلومتر ۰+۰۶۰ تونل سنتی A2 به A1 تناوب واحدهای خاکی اغلب از واحد خاکی Qf-2 و مقدار کمی واحد Qc-2 تشکیل شده بود.



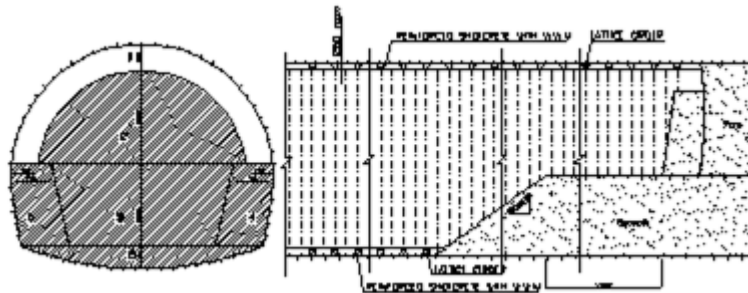
شکل ۲. نمودار دانه‌بندی و خصوصیات خاک تونل سنتی A2 به A1

۲.۴. ریزش تونل A2

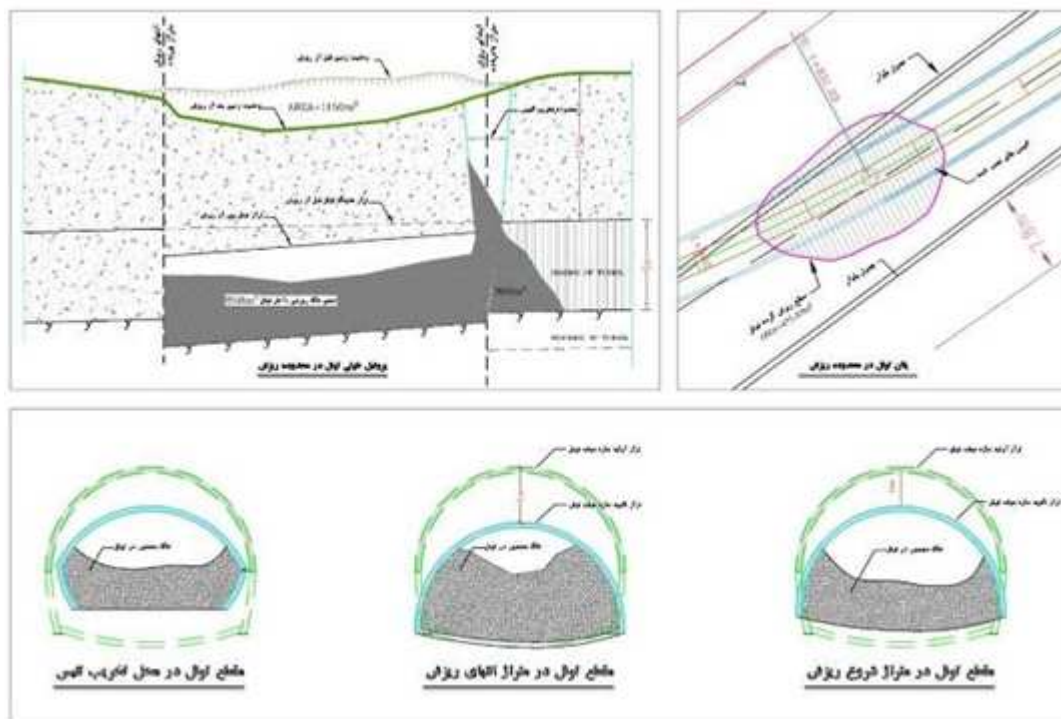
نشده زمین روبه‌رو شده به نحوی که ریزش در ابتدای صبح ۳۱/۷/۱۳ آغاز و تا کیلومتر ۰+۰۲۹/۵۰ به یک‌باره ۳۱/۵ متر از طول تونل با یک نشست ۱/۸۰ تا ۲/۶۰ متری و به صورت تقریباً قائم مواجه شد (شکل ۴). متعاقباً و تقریباً بدون فاصله زمانی، ۴۷۵/۵ مترمربع از سطح زمین بالاسر با حجمی معادل ۱۱۵۰ مترمکعب نیز دچار نشست گردید. ابعاد نشست رخ داده در سطح خیابان حدود ۱۳×۳۵ متر و عمقی حدود ۲

در آغاز حفاری با توجه به پارامترهای ژئومکانیکی خاک و نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی، شواهد بر این موضوع استوار بود که جبهه کار حفاری پایدار و حفر تونل بخش هدینگ با مشکل خاصی روبه‌رو نخواهد شد. اما پس از حدود ۶۱ متر حفاری تونل مذکور با گام‌های ۰/۵ تا ۱ متر و با استفاده از روش NATM به یک‌باره تونل با شرایط پیش‌بینی

متر بوده که نسبتاً حجم خاک بالایی می‌باشد که باعث فرورفتن سیستم تحکیمات نصب شده در تونل شده است.



شکل ۳. شماتیکی از مراحل حفاری و نگهداری در بخش سنتی تونل



شکل ۴. نمایی شماتیک ریزش در محل ایستگاه A2 (هادوی و سعیدی ۱۳۹۲)

۳. بحث و نتایج

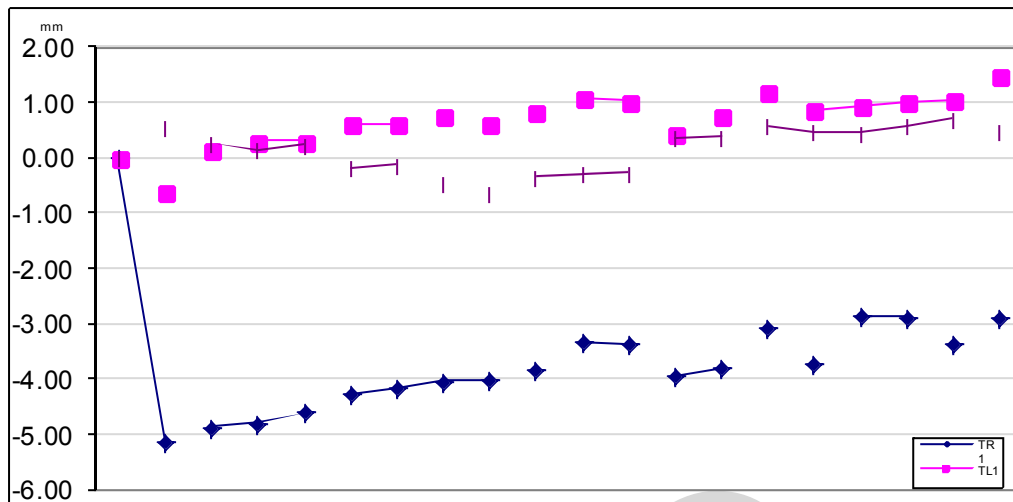
۳.۱. ۱. داده‌های متر همگرایی سنج (گزارش روزانه قرائت مؤسسه حرا ۱۳۹۱)

۳.۱. بررسی داده‌های ابزار دقیق

۳.۱.۱. ایستگاه همگرایی سنجی متر ۰۰+۰۱۰

همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده ایستگاه همگرایی سنجی متر ۱۰ تونل تا قبل از ریزش بیشترین حرکت تجمعی که نشان داده به مقدار ۲/۸۹ میلیمتر در یال TR1 و به صورت واگرایی بوده است. این جابه‌جایی طی ۲۵ روز اتفاق افتاده است.

در تونل سنتی ایستگاه A2 به سمت A1 ابزار نصب شده جهت کنترل جابه‌جایی مربوط به تونل شامل ۴ ایستگاه همگرایی سنجی سه نقطه‌ای در متر ۰+۰۱۰، ۰+۰۲۵، ۰+۰۴۰ و ۰+۰۵۰ بوده است، همچنین شامل ۲ ایستگاه نشست سنجی سطحی در مسیر تونل در موقعیت‌های متر ۰+۰۱۴ مسیر تونل (داخل بلوار) و ۰+۰۲۶ مسیر تونل (داخل بلوار)، بوده است (بخشی‌پور ۱۳۹۲).



شکل ۵. نمودار رفتار سنجی تونل در ایستگاه همگرایی سنجی متراژ ۰+۰۱۰

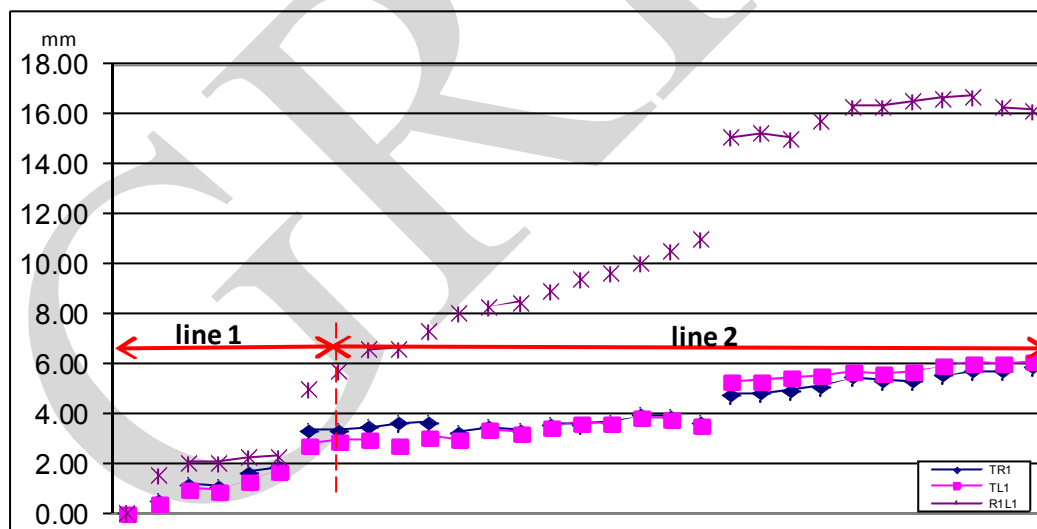
۳.۱.۱. ایستگاه همگرایی سنجی متراژ ۰+۰۲۵

در شکل ۶ رفتار تونل در ایستگاه متراژ ۰+۰۲۵ که تنها ۴ متر با محل برش تونل فاصله داشته را نشان می‌دهد. در این شکل محدوده Line1 حرکت تونل قبل از ریزش را نشان می‌دهد که بیشترین حرکت تجمعی ثبت شده در آن ۵/۰۱ میلیمتر در

یال RIL1 و به صورت همگرایی بوده است. در محدوده Line2 که بیشترین حرکت تجمعی ثبت شده به مقدار ۱۱/۱۴ میلی‌متر در یال RIL1 و به صورت همگرایی بوده است. این مقدار جابه‌جایی در طی ۹ روز اتفاق افتاده است.

۳.۱.۲. ایستگاه همگرایی سنجی متراژ ۰+۰۲۵

در شکل ۶ رفتار تونل در ایستگاه متراژ ۰+۰۲۵ که تنها ۴ متر با محل برش تونل فاصله داشته را نشان می‌دهد. در این شکل محدوده Line1 حرکت تونل قبل از ریزش را نشان می‌دهد که بیشترین حرکت تجمعی ثبت شده در آن ۵/۰۱ میلیمتر در



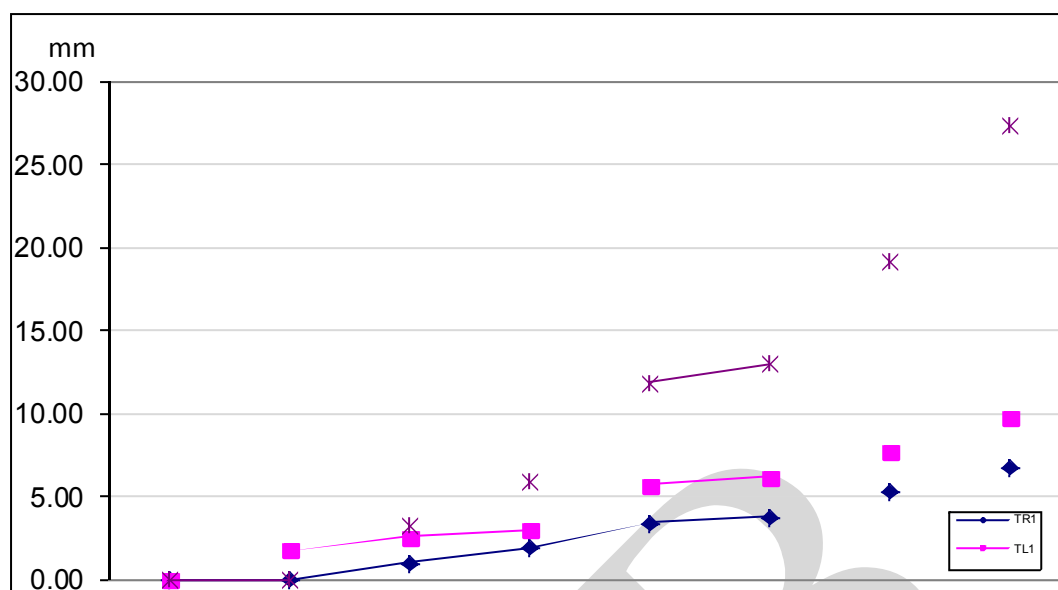
شکل ۶. نمودار رفتار سنجی تونل در ایستگاه همگرایی سنجی متراژ ۰+۰۲۵

۳.۱.۳. ایستگاه همگرایی سنجی متراژ ۰+۰۴۰

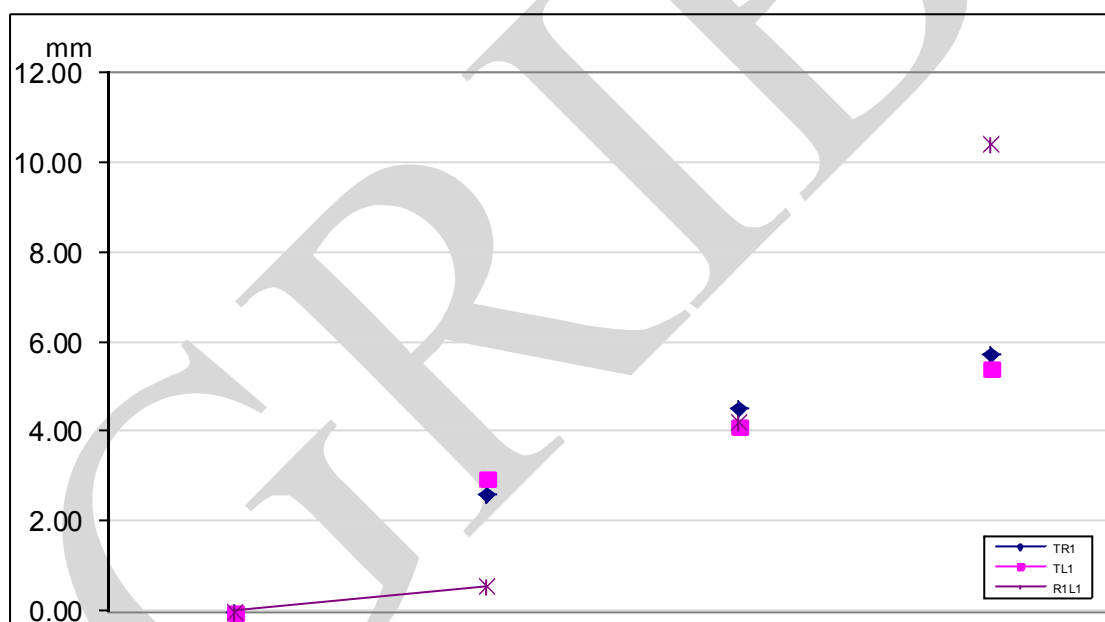
در شکل ۸ رفتار تونل در متراژ ۵۰ تونل را بعد از ۴ روز نشان می‌دهد که به مقدار ۱۰/۴۲ میلیمتر و رفتار همگرایی در یال RIL1 بوده است.

۳.۱.۴. ایستگاه همگرایی سنجی متراژ ۰+۰۵۰

در ایستگاه متراژ ۴۰ تونل که در محل ریزش بوده قبل از ریزش تا مقدار ۲۷/۳۷ میلیمتر را به صورت همگرایی در یال RIL1 نشان داده است. این مقدار جابه‌جایی در طی ۷ روز اتفاق افتاده است.



شکل ۷. نمودار رفتارسنجی تونل در ایستگاه همگرایی سنجی مترآژ ۰۰+۰۴۰



شکل ۸. نمودار رفتارسنجی تونل در ایستگاه همگرایی سنجی مترآژ ۰۰+۰۵۰

Line 1) و نیز ۲۱ میلیمتر آن بعد از وقوع ریزش و نشست اتفاق افتاده است (محدوده Line 2).

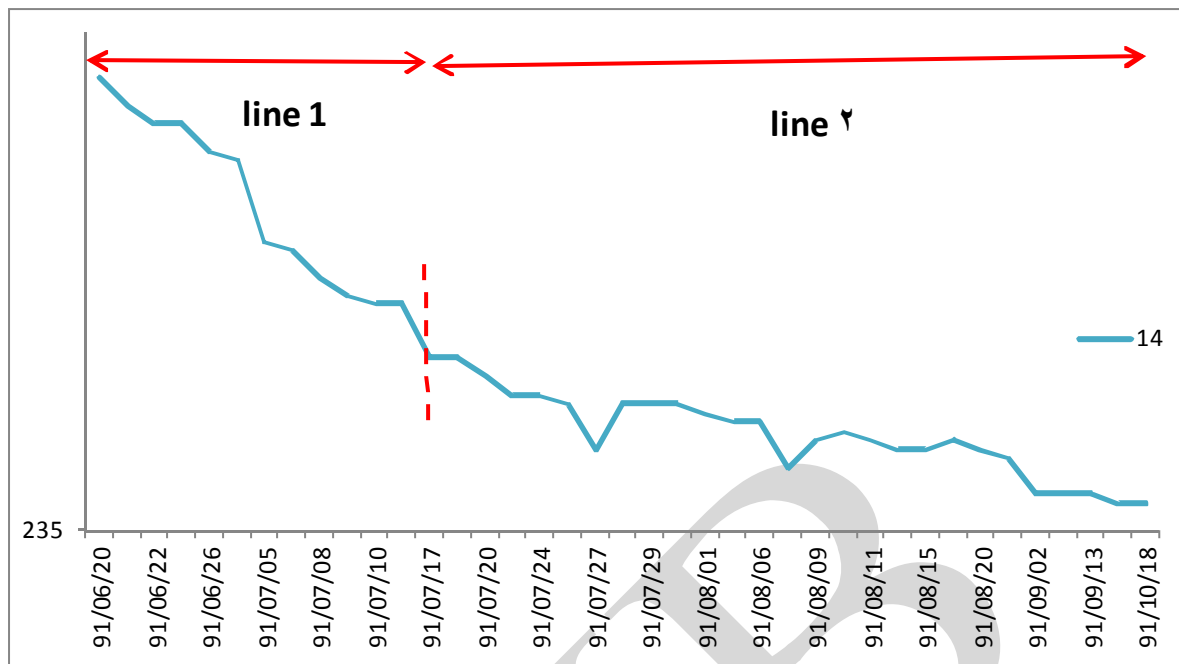
۲.۲.۳. ایستگاه نشست سنجی مترآژ ۰۰+۰۲۶

در مترآژ ۲۶ بیشترین مقدار نشست ثبت شده طی ۲۰ روز به مقدار ۴۷ میلیمتر بوده است.

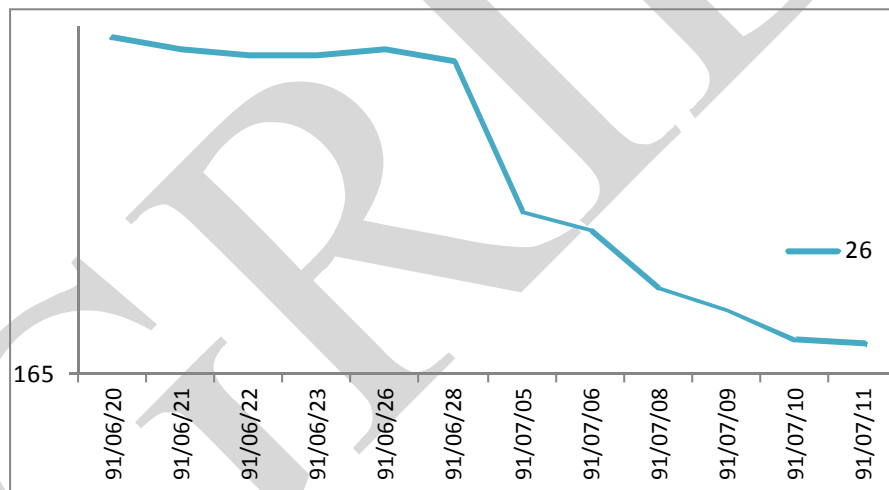
۲.۳. داده های نشست سنجی های سطحی

۲.۳.۱. ایستگاه نشست سنجی مترآژ ۰۰+۰۱۴

در ایستگاه نشست سنجی مترآژ ۱۴، نشست ثبت شده در طی ۶۸ روز ۴۷ میلیمتر بوده که همانطور که در شکل ۹ دیده می شود ۲۵ میلیمتر آن قبل از ریزش اتفاق افتاده است (محدوده



شکل ۹. نمودار نشست در مترای ۱۴ تونل



شکل ۱۰. نمودار نشست در مترای ۲۶ تونل

۳.۳. روش اجرای عبور از منطقه ریزش

در زیر به صورت تصویری به مراحل اجرای اقدامات انجام شده بعد از ریزش و برگرداندن تونل و جاده به شرایط قبلی خود و روش اجرای عبور از منطقه ریزش اشاره می‌شود.

از بررسی مقادیر جابه‌جایی و نشست در داده‌های ابزار دقیق شامل متر همگرایی سنج و نشست‌سنج‌های سطحی این گونه می‌توان استدلال کرد که این ریزش و نشست انجام شده به وضوح در داده‌های ابزار دقیق نشان داده شده است و قبل از وقوع این حادثه به راحتی قابل پیش‌بینی بود. بنابراین لازم به ذکر است که در کلیه پروژه‌ها به طور جد باید از ابزاربندی استفاده نمود و برای داده‌های آن اهمیت بسیار زیادی قائل بود تا بتوان جلوی چنین حوادث تلخی را گرفت و میزان خسارت و تلفات جانی را به مقدار حداقل کاهش داد.



شکل ۱۵. محصور کردن محدوده ریزش



شکل ۱۱. وجود آب و لجن در جوی کنار محل ریزش



شکل ۱۶. ورود خاک محل ریزش به داخل تونل



شکل ۱۲. نشست تونل در سطح بلوار



شکل ۱۷. خاک‌برداری و باربرداری از روی تونل



شکل ۱۳. منطقه برش تونل در محل نصب جت فن



شکل ۱۸. بیرون کشیدن لودر از منطقه ریزش



شکل ۱۴. نشست آب در داخل تونل



شکل ۲۳. بتن‌ریزی کفبند



شکل ۱۹. تخریب تونل ریزش کرده به میزان ۳ متر طول



شکل ۲۴. خاک‌برداری برای جانمایی لتیس‌ها



شکل ۲۰. اجرای پایه لتیس برای کامل کردن مقطع تونل



شکل ۲۵. شاتکریت دیواره برای جلوگیری از ریزش



شکل ۲۱. تحکیم پایه لتیس توسط اجرای شاتکریت



شکل ۲۶. انتقال لتیس به داخل شفت برای نصب



شکل ۲۲. نصب و اجرای کفبند



شکل ۳۱. آرماتوربندی رادیه کف تونل



شکل ۲۷. اتصال تکه‌های لئیس به یکدیگر



شکل ۳۲. بتن‌ریزی رادیه کف تونل



شکل ۲۸. جانمایی لئیس برای اتصال به پایه لئیس



شکل ۳۳. بتن‌ریزی روی رادیه کف برای زیر ریل قالب لاینینگ



شکل ۲۹. بتن‌ریزی تونل مصنوعی



شکل ۳۴. نصب عایق ژئوممبران قبل از آرماتوربندی سقف



شکل ۳۰. خاک‌ریزی روی تونل بعد از اجرای بتن



شکل ۳۸. نمایی از تونل بعد از بتن‌ریزی لاینینگ



شکل ۳۵. تکمیل آرماتوربندی لاینینگ



شکل ۳۹. خاک‌ریزی محل ریزش بعد از اجرای لاینینگ



شکل ۳۶. قالب لاینینگ تونل



شکل ۴۰. آماده‌سازی محل ریزش برای اجرای آسفالت خیابان



شکل ۳۷. بتن‌ریزی لاینینگ



شکل ۴۱. آسفالت خیابان در محل ریزش



شکل ۴۲. اجرای جدول کنار خیابان و بازگشایی مسیر

طراحی زمین، تهیه طرح‌های پایه حفاری و نگهداری تونل و ارزیابی مخاطرات تونل‌سازی و مدیریت ریسک است. مدل زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه که بر پایه تحلیل داده‌های زمین‌شناسی مهندسی و اغلب با قضاوت مهندسی تهیه می‌شود، بستر مناسبی را برای مدل‌سازی، تحلیل پایداری، تعیین نوع روش حفاری و نهایتاً طراحی تونل فراهم می‌آورد. مدل مزبور ممکن است با دستیابی به داده‌های واقعی‌تر در حین اجرای تونل، دستخوش تغییراتی شود. در واقع مدل مزبور زمانی می‌تواند در خور اطمینان شود که با تغذیه داده‌های جدید همواره به روز شود. شیوه حفاری تونل تأثیر مستقیم بر جابه‌جایی‌ها و وضعیت تنش - کرنش توده خاک اطراف تونل دارد. نوع روش حفاری و نگهداری، یکی از اصول بنیادی برای پیمانکاران به منظور برنامه‌ریزی و هزینه پیشنهادی در اجرای پروژه‌های تونل‌زنی است. ملاحظات زمین‌شناسی به عنوان اولین مرحله در شناسایی پتانسیل ذاتی ریزش بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به طوری که انجام این مطالعات بر روی رسوبات خاکی ریزشی، درجه بالایی از اهمیت را در رابطه با مشخصات مهندسی خاک‌ها نشان می‌دهد بنابراین بازدیدهای زمین‌شناسی، حفاری‌های ژئوتکنیکی به همراه آزمایشات لازم، داده‌های ژئوگرافی و ژئومورفولوژیکال انجام شده در منطقه، بخش مهمی از فرآیند شناسایی خاک‌های ریزشی می‌باشد. در پروژه مذکور به دلیل

۴. نتیجه‌گیری

شواهد بیانگر این است که در فرآیند ساخت تونل A2 مدل ژئوتکنیکی به طور مستقل و بدون توجه به مدل زمین‌شناسی، برنامه‌ریزی، اجرا و تحلیل شده است. عدم برقراری ارتباط منطقی بین این دو مدل همچنین پیچیدگی شرایط زمین و عدم قطعیت‌ها، اطلاعات نامناسبی را در اختیار طراحان قرار داده است که این موضوع مدل تحلیلی و روش حفاری را تحت تأثیر خود قرار داد. لذا بایستی با بهره‌گیری از تجربیات مشابه، یک پایگاه داده به منظور جمع‌آوری داده‌های به دست آمده از مطالعات میدانی و مطالعات حین ساخت در نواحی مشابه ایجاد شود و با بهره‌گیری جامع و کامل از این داده‌ها به منظور بازنگری در فرآیند ساخت تونل استفاده گردد. ویژگی اصلی این سیستم بایستی توانایی به روز رسانی داده‌های اضافی جمع‌آوری شده در طی فرآیند ساخت باشد. با توجه به عمق تقریباً کم تونل‌های مترو قم، نتایج حاکی از مدل زمین‌شناسی پیچیده‌ای می‌باشد که شناسایی، تحلیل و رفتارسنجی مداوم و مستمر حرکت توده خاک پیرامونی را برای دستیابی به اقتصادی‌ترین و پایدارترین روش حفاری و نگهداری در شرایط مواجهه با وضعیت‌های متفاوت تونل ضروری می‌نماید. خدمات مهندسی مطالعات شامل پردازش و تحلیل داده‌ها، تهیه مدل زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه، تعیین داده‌های

مؤسسه حرا، دفتر فنی کارگاه خط A مترو قم (۱۳۹۱) گزارش روزانه قرائت پای کار ابزار دقیق.

ضعف و ناکافی بودن مدل‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی همچنین پیچیدگی شرایط زمین، اطلاعات نامناسبی در اختیار طراحان قرار گرفت که این موضوع مدل تحلیلی و روش حفاری را تحت تأثیر قرار داد. مطالعات و داده‌های ژئوتکنیکی جامع و مفصل و تحلیل و پیش‌بینی رفتار و طبقه‌بندی زمین به منظور تعیین روش حفاری و طبقه‌بندی سیستم نگهداری بر اساس این رفتار از الزامات اساسی مورد نیاز در روش ساخت تونل بر اساس NATM است. استفاده از ابزار دقیق به عنوان ادوات کمکی برای قضاوت صحیح مهندسی و شناخت بهتر رفتار زمین صورت می‌گیرد. موفقیت یک برنامه ابزاربندی منوط به چهار شرط اساسی است که عبارتند از:

- ارائه یک برنامه ابزاربندی دقیق، انتخاب ابزار مناسب
- قرائت و تفسیر صحیح و به موقع نتایج
- هر برنامه‌ای که توانسته اطلاعات با ارزشی را به طراح ارائه دهد

همه مراحل مذکور را به درستی انجام داده است و از طرف دیگر هر برنامه‌ای که با شکست روبرو شده است حتماً در یکی از چهار مرحله مذکور نقص داشته است.

منابع

هادوی، م.ر. و سعیدی، م. (۱۳۹۲). بررسی علل نشست زمین در اثر حفرتونل‌های شهری مطالعه موردی نشست زمین و رخداد قائم در تونل حفاری شده به روش سنتی پروژه مترو قم، دهمین کنفرانس ملی تونل.

مؤسسه مهندسی مشاور ساحل (۱۳۹۱) گزارش ژئوتکنیک ایستگاه A2 خط A متروی قم، اردیبهشت.

مؤسسه مهندسی مشاور ساحل (۱۳۹۱) گزارش نشست رخ داده در تونل سنتی ایستگاه بقیه الله تونل A2 به A1.

بخشی پور صداپشته، آ. (۱۳۹۲). بررسی عوامل تأثیرگذار بر نتایج ابزار دقیق در تونل‌های غیره مکانیزه (NATM) مترو قم، سمینار کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه آزاد اسلامی شبستر.

شناسنامه نشریه

نام نشریه: فصلنامه پژوهشی و تحلیلی زمین پویا

حوزه تخصصی: فنی - مهندسی

گستره پخش: بین المللی

زبان: فارسی و انگلیسی

شماره مجوز: ۹۲-۸۳۲۲

ISSN 2345 - 4997

مدیر مسئول: مهندس زهرا محمودپور

سردبیر: دکتر محمد آریامنش

مدیر داخلی: منیر سادات سکاکی

مدیر بین الملل: سمیه عطارزاده

مترجم: فروغ آریامنش

ویراستار فارسی: سعیده احمدی

ویراستار انگلیسی: سمیه عطارزاده

صفحه آرای: منیر سادات سکاکی

طرح روی جلد: فروغ آریامنش

امور گرافیکی: فروغ آریامنش

این نشریه با حمایت شرکت تعاونی دانش بنیان سامانه مدیریت محیط زیست و زمین پویا منتشر می شود.

آدرس: تهران، کدپستی ۱۶۴۵۷۹۴۳۱۱

تلفن: ۰۲۱۷۷۲۶۹۲۲۸ - ۰۲۱۷۷۲۶۹۲۲۹

آدرس

الکترونیکی:

www.zaminpooya.ir

www.geo-dynamica.com

Paper.grib@gmail.com

info@geo-dynamica.com

editor.grib@gmail.com

پست

الکترونیکی:

هیأت تحریریه

سردبیر: دکتر محمد آریامنش - عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور تهران

قائم مقام سردبیر:

۱) پروفیسور بهرام عکاشه استاد دانشگاه تهران

۲) دکتر مهدی زارع دانشیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی

زلزله

۳) دکتر لیدونگ دای دانشیار دانشگاه ییل آمریکا

اعضای اصلی هیأت تحریریه:

۱- پروفیسور بهرام عکاشه استاد دانشگاه تهران

۲- دکتر مهدی زارع دانشیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی

زلزله

۳- پروفیسور مهدی اسحاق استاد دانشگاه سوئد

۴- دکتر لیدونگ دای دانشیار دانشگاه ییل آمریکا

۵- دکتر منوچهر قرشی، دانشیار سازمان زمین شناسی ایران

۶- پروفیسور احمد زمانی، استاد دانشگاه شیراز

۷- پروفیسور آرون ک. سراف، استاد دانشگاه رور کی هند

۸- دکتر وحید چگینی، دانشیار سازمان اقیانوس شناسی ایران

۹- دکتر ایسام ابود، دانشیار مؤسسه ژئوفیزیک قاهره، مصر

۱۰- دکتر عباس بحرودی، دانشیار دانشگاه تهران

۱۱- دکتر ناصر حافظی مقدس، دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

۱۲- دکتر علی یساقی، دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۱۳- دکتر علی اکبر حشمتی، دانشیار دانشگاه علم و صنعت

۱۴- دکتر سید رضا مهرنیا، دانشیار دانشگاه پیام نور

۱۵- دکتر مالار کودی، دانشیار دانشگاه بنگلور، هند

۱۶- دکتر سید احمد بابازاده، دانشیار دانشگاه پیام نور

۱۷- دکتر س.م. صالحی، دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش عالی کالیفرنیا،

آمریکا

۱۸- دکتر ویشال ورما، دانشیار، دانشگاه جورجیا، آمریکا

فصلنامه الکترونیکی زمین پویا

مقالات پژوهشی را پس از داوری علمی بطور رایگان منتشر می نماید.

این نشریه با حمایت مالی شرکت تعاونی دانش بنیان سامانه مدیریت محیط زیست و زمین پویا منتشر می شود

GEODYNAMICS

Research and Analytic International Quarterly Bulletin

Vol.: (1), No.: (3), Winter 2014



ISSN 2345-4997



Content

- | | |
|---|------------|
| → Combined Moho estimators
Mehdi Eshagh, Mohammad Bagherbandi | I-XI |
| → A Directional Erosion Algorithm Based on Feature Points of Topographic Depressions: Application to Drainage Network Extraction from DEM's.
Zhensheng Wang, Timothy M. Kusky, Xianmin Wang, Hui Li, Jie Lin | XII-XXV |
| → Drainage Anomalies and Absence of Intermontane Valleys Characterizing the Outermost Structural Discontinuity and Tectonic Boundary in the Nahai Salient of Western Indian Sub-Himalaya.
Tejpal Singh, A.K. Awasthi, Ravindra Kumar, N.S. Virdi | XXVI-XXXIV |
| → Appraisal of Active Deformation Using DEM-based Morphometric Indices Analysis in Emilia-Romagna Apennines, northern Italy.
Saima Siddiqui | XXXV-XLIII |
| → 1D Inversion of Geoelectrical Schlumberger Data Using Occam's Inversion to Recover Layering Structure of the Earth.
Farzad Shirzaditabar, Somaye Shahab | 1-9 |
| → Investigation of Porosity and Hydraulic Conductivity of Alluvial Aquifers by Electrical Resistivity Measurements.
Ali Pasyar, Abdul-Hamid Ansari, Ahmad Ghorbani | 10-18 |
| → Investigating the Relationship between Seismogenic Faulted Systems with Variation of Gravimetric Facies in Northern Qazvin Fault Region-Iran.
Roya Khaleghi, Seyed Reza Mehrnia | 19-27 |
| → Investigation of Fractures' Influences on Physical Properties of Springs in Northern Limb of Eastern Alborz, Using GIS and RS
Hojjat ollah Safari, Zahra Abbaszadeh, Mostafa Raghimi | 28-38 |
| → An Investigation of the Factors Affecting Monitoring Results in Non-Mechanized Tunnels of Qom Subway
Arash Bakhshi Pour Sedaposhte, Saeed Javaherzade | 39-55 |
| → Application of Hierarchical Fuzzy TOPSIS method (HFTOPSIS) In Municipal Solid Waste Management
Sara Azizi Ghalaty, kazem Rangzan, Ayub Taghizadeh, Peyman Heidarian | 56-69 |
| → Analysis of Fall in the Tunnel Excavated by NATM Method in Line a of Qom subway Project Using Monitoring and Methods of Data Crossing
Arash Bakhshi Pour Sedaposhte, Saeed Javaherzade | 69-83 |