

بررسی حذف کفبند در تحکیمات سازه‌ای اولیه تونل در روش حفاری NATM با استفاده از تحلیل داده‌های ابزار دقیق،

مطالعه موردی پروژه خط A مترو قم

آرش بخشی پور صدآپشته، کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش زلزله، دانشگاه آزاد شبستر، آذربایجان، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: arash.bakhshipoor@yahoo.com

دریافت: 93/02/10 - پذیرش: 93/09/15

چکیده

در پروژه‌های حفاری تونل که به روش غیرمکانیزه یا همان روش جدید تونل‌زنی اتریشی که به NATM معروف است، یکی از مراحل اجرای تحکیمات سازه‌ای موقت، اجرا و نصب کفبند در تونل می‌باشد. در این مقاله که با مطالعه موردی مترو قم انجام شده در نقاطی از تونل و در محدوده‌های زمانی مختلف رفتار تونل بدون نصب کفبند با داده‌های ابزار دقیق مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است و به این نتیجه رسیده ایم که تونل بدون نصب کفبند هم پایداری خود را حفظ کرده و اینکار نه تنها باعث صرفه جویی اقتصادی بسیار زیادی در پروژه‌ها می‌گردد بلکه باعث بالارفتن سرعت پیشروی در تونل می‌شود. در پروژه‌های حفاری تونل معمولاً بعد از پیشروی تا مقدار معینی کار متوقف و عملیات لاینینگ انجام می‌شود و با توجه به بررسی‌های انجام شده در این مقاله پیشنهاد می‌شود تا از نصب کفبند در مرحله تحکیمات موقت خوداری شده و سرعت حفاری را بالا برده و زودتر عملیات لاینینگ را شروع کرده.

واژه‌های کلیدی: ابزار دقیق، تونل مصنوعی، NATM، کفبند، لیس

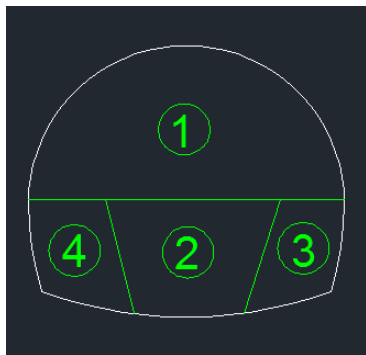
1- مقدمه

که از نظر اقتصادی بسیار به سود پروژه است. در تاریخ 90/04/23 حفاری تونل سنتی پروژه خط A مترو قم واقع در میدان ولیعصر شهر قم آغاز گردید و در این تاریخ اولین قاب داخل تونل نصب گردید و حفاری در قسمت هد تونل آغاز گردید. در تاریخ 90/05/24 اولین ایستگاه رفتارسنجی تونل (ابزار دقیق) به صورت 3 نقطه‌ای در متر اژ 00+015 تونل نصب گردید که بصورت روزانه قرائت شده و گزارشات و تحلیل‌های حاصل از داده‌های آن تحویل مشاور همکار و مشاور کارفرما می‌شده است. روش نصب پین‌ها در ابتدا به صورت 3 نقطه‌ای انجام شده است چون مقطع حفاری تونل کامل نشده و حفاری در هد تونل انجام گردیده بود و بعد از کامل شدن

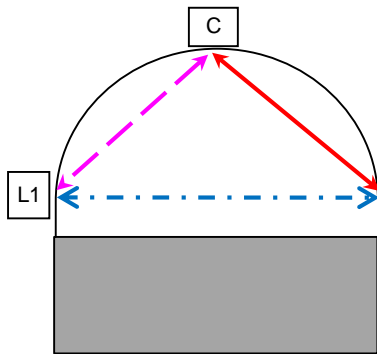
در کلانشهرها و شهرهای بزرگ برای رفع مشکل ترافیک و آلودگی و کاهش تصادفات از مترو استفاده می‌شود که از جمله مزایای آن سرعت بالای حمل و نقل و آرامش مسافران می‌باشد. یکی از عوامل مهم در کاهش هزینه‌های اقتصادی پروژه، استفاده از ابزار دقیق و ابزاربندی در تونل می‌باشد. با استفاده از داده‌های ابزار دقیق و نتایج تحلیل‌های آن می‌توان به این نتیجه رسید که تحکیمات مورد استفاده در تونل کافی است یا اینکه باید آن را بیشتر یا کمتر کرد. که در مطالعه‌ای که در این مقاله آورده شده است به این نتیجه رسیده شد که در اجرای تونل سنتی و غیرمکانیزه مترو قم برای نصب تحکیمات موقت نیازی به نصب کفبند نبوده است و تونل بدون کفبند نیز پایداری خود را حفظ می‌کند

1 ایستگاه رفتار سنجی نصب شده است و در این ایستگاه‌ها از 377 کیلوگرم میلگرد $\Phi 25$ استفاده شده است. (بخشی پور صدایشته، آ. 1392)

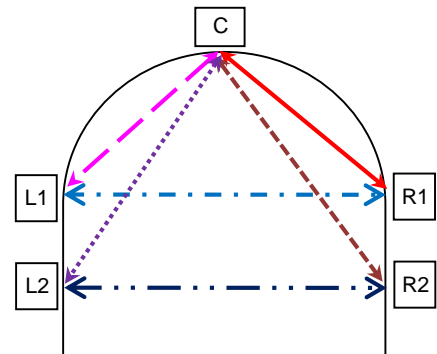
مقطع حفاری و برداشتن خاک محل پایه لتیس‌ها که در شکل 1 نشان داده شده است، با نصب 2 پین دیگر و تبدیل به 5 نقطه ای، ایستگاه ابزار دقیق در آن مترائ کامل شده است. کل ایستگاه‌های نصب شده در 740 متر تونل حفاری شده 58 ایستگاه بوده که بطور میانگین در هر 12 متر از طول تونل



شکل 1. روش اجرایی حفاری تونل



شکل 2. ایستگاه 3 نقطه‌ای (پایاب زمزم)



شکل 3. ایستگاه 5 نقطه‌ای (پایاب زمزم، 1390)

داخل پارکینگ سه راهی تونل A3 (میدان ولیعصر) به سمت A2- تونل مصنوعی A2 (میدان بقیه الله) به سمت A3) از کفبند استفاده نشده است و بعد از گذشت 1 سال نتایج گویای این مطلب می‌باشد که تحکیمات اولیه شامل لتیس و پایه لتیس جوابگوی فشار وارده بوده اند و نیازی به نصب کفبند نبوده است. (موسسه حرا، 1392)

در این مقاله به بررسی نتایج و تحلیل‌های داده‌های ابزار دقیق در پارکینگ سه راهی تونل A3 به A2 و تونل مصنوعی تونل ایستگاه A2 به A3 که تا کنون در آن کفبند نصب نشده است و نیز در مترائ‌های 45، 565، 590 و 606 تونل A3 به سمت A2 که در آنها هر کدام به تعداد روزهای مشخص کفبند نصب نگردیده است، پرداخته شده است و نیز تاثیر برداشتن خاک برای نصب پایه لتیس و تاثیر آن بر روی داده‌های ابزار دقیق مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد.

3- بیان مساله و روش کار

در تونل‌هایی که به روش غیرمکانیزه حفاری می‌شوند، سرعت پیشرفت تونل کم است چون باید ابتدا تحکیمات موقت انجام شود و سپس تحکیمات دائم یا همان لاینینگ

2- تحلیل تحکیمات اولیه با داده‌های ابزار دقیق

منطقه مورد مطالعه در این مقاله یک تونل به طول 740 متر در از ابتدای میدان ولیعصر (ایستگاه A3) و نیز یک تونل به طول 40 متر در میدان بقیه الله (ایستگاه A2) در پروژه خط A مترو قم می‌باشد. در تونل‌های سنتی، غیرمکانیزه یا همان حفاری به روش NATM بعد از نصب و اجرای تحکیمات اولیه، مهمترین عامل نصب ابزار دقیق می‌باشد تا بتوان از طریق آن رفتار تونل و مقدار جابجایی‌های انجام شده توسط تنش‌هایی که در تونل بعد از حفاری و نصب تحکیمات موقت ایجاد شده است را بدست آورد. از طریق تحلیل این داده‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که آیا تحکیمات اولیه انجام شده جوابگوی تنش ایجاد شده در زمین می‌باشد یا نه و در مرحله بعد از طریق این داده‌ها و تحلیل‌های انجام شده می‌توان مقدار گام‌های حفاری تونل را کاهش یا افزایش داد و نیز می‌توان از مقدار تحکیمات موقت کاسته و یا آن را افزایش داد. [نشریه 252 سازمان مدیریت، 1381 و مطالعات مفهومی، 1389] که به طور موردی می‌توان در پروژه خط A مترو قم به نصب کفبند اشاره کرد که در 2 محل از تونل سنتی

جدول 1: ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+045 موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392

Km : 00+045	
29.65mm	بیشترین حرکت تجمعی (RIL1)
2.33 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
24.96 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لئیس
2.36 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
703	تعداد روز گذشته از زمان نصب

در مترای 00+045 تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول 1 آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترای بعد از حفاری پایه لئیس به مقدار 24.96 میلیمتر اتفاق افتاده است.

جدول 2: ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+060 (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392)

Km : 00+060	
28.11mm	بیشترین حرکت تجمعی (RIL1)
19.94 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
6.14 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لئیس
0.22 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
692	تعداد روز گذشته از زمان نصب

در مترای 00+060 تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول 2 آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترای بعد از حفاری در بخش هد به مقدار 19.94 میلیمتر اتفاق افتاده است.

جدول 3: ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+120 (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392)

Km : 00+120	
24.11 mm	بیشترین حرکت تجمعی (RIL1)
3.91 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
14.51 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لئیس
3.94 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
638	تعداد روز گذشته از زمان نصب

انجام شود. اما مشکل اساسی در بسیاری از پروژه‌ها این است که عملیات تحکیمات موقت دارای هزینه‌های اضافی چون نصب کفبند می‌باشد. در صورتی که می‌توان با حذف کفبند و بالابردن سرعت پیشروی کار زودتر عملیات لاینینگ را شروع کرد. ابزار دقیق و ابزاربندی در تونل تنها به عنوان یک عامل کنترلی و نظارتی نباید مورد استفاده قرار گیرد بلکه با استفاده از نتایج و تحلیل‌های مهندسی آن می‌توان مقدار تحکیمات را کاهش یا افزایش داد. در پروژه مترو قم برای مطالعه حذف کفبند از دستگاه مترهمگرایی سنج و نصب پین‌های همگرایی سنجی استفاده شده است. در این مقاله در مترازهایی از تونل که کفبند نصب نشده است و نیز مترازهایی که تا مدت‌ها بدون کفبند بوده اند، رفتار تونل با قرائت‌های مترهمگرایی سنج مورد بررسی قرار گرفت و نیز در مترازهایی که کفبند نصب شده است نیز رفتار تونل مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که تونل بدون کفبند در طی مدت زمان‌های متفاوت چه رفتاری از خود نشان می‌دهد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. از آنجایی که در ساخت کفبند و تحکیمات آن از تیر آهن، میلگرد و بتن استفاده می‌شود دارای هزینه بسیار زیادی است و حذف آن در پایین آوردن بار مالی پروژه‌ها کمک بسیاری می‌کند و نیز باید توجه داشت حتی حفاری محل نصب کفبند نیز باعث ایجاد حرکت در تونل می‌شود.

3- تاثیر اجرای پایه لئیس بر داده‌های ابزار دقیق،

ذیلاً ایستگاه‌هایی که در آنها بیشترین حرکت

تجمعی توسط ابزار دقیق ثبت شده است ارایه

می‌شود (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392).

در این قسمت به بررسی مترازهایی از تونل پرداخته شده که اجرای پایه لئیس که شامل حفاری محل نصب آن بوده، باعث ایجاد تنش‌ها و حرکاتی در تونل شده که توسط داده‌های ابزار دقیق ثبت شده است و نتایج تحلیل آن ارایه می‌شود.

جابجایی در تونل را داشته‌اند به این نتیجه رسیدیم که بیشترین حرکت در حفاری تونل در بخش حفاری پایه لیس اتفاق افتاده است و در ایستگاه‌های مترآژ 00+045 و 00+310 به این علت جابجایی در حفاری بخش هد بیشتر بوده که در زمان حفاری هد تونل دچار ریزش شده است و بعد از عبور از منطقه نیز مقدار حرکات ادامه داشته است.

4- ایستگاه‌هایی که بدون اجرای کفبند مورد تحلیل قرار گرفتند

جدول‌های 9، 8، 7، 6، 10 و 11 تحلیل داده‌های ابزار دقیق در مترآژهایی از تونل را نشان می‌دهند که در آن مترآژها کفبند نصب نشده است و بر روی رفتار آن تحلیل و بررسی انجام شده است که به شرح زیر می‌باشد.

جدول 6. ایستگاه ابزار دقیق در تونل مصنوعی (ادیت) تونل A2 به سمت A3 (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392)

ادیت	
370	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
7.44 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت

در تونل مصنوعی یا همان ادیت که برای دسترسی به تونل اصلی احداث شده بود از کفبند استفاده نشده و در مدت 370 روز تنها 7.44 میلیمتر حرکت از خود نشان داده است.

جدول 7. ایستگاه ابزار دقیق در داخل پارکینگ سه راهی تونل A3 به سمت A2 (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392)

پارکینگ سه راهی	
311	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
3.56 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت

در پارکینگ یا همان سه راهی که برای رفت و آمد سریع‌تر و راحت‌تر در داخل تونل احداث شد نیز از کفبند استفاده نشده است و در طی 311 روز فقط 3.56 میلیمتر جابجایی از خود نشان داده است.

در مترآژ 00+120 تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول 3 آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترآژ بعد از حفاری پایه لیس به مقدار 14.51 میلیمتر اتفاق افتاده است.

جدول 4. ایستگاه ابزار دقیق در مترآژ 00+225 (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392)

Km : 00+225	
19.13 mm	بیشترین حرکت تجمعی (RIL1)
5.06 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
12.46 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لیس
2.09 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
580	تعداد روز گذشته از زمان نصب

در مترآژ 00+225 تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول 4 آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترآژ بعد از حفاری پایه لیس به مقدار 12.46 میلیمتر اتفاق افتاده است.

جدول 5. ایستگاه ابزار دقیق در مترآژ +310 (موسسه حرا، 1390، 1391 و 1392)

Km : 00+310	
29.71 mm	بیشترین حرکت تجمعی (RIL1)
19.6 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
9.6 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لیس
0.24 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
534	تعداد روز گذشته از زمان نصب

در مترآژ 00+310 تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول 5 آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترآژ بعد از حفاری در بخش هد به مقدار 19.6 میلیمتر اتفاق افتاده است.

از بررسی و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در 5 ایستگاه پر تنش که بیشترین حرکات و

Km : 00+606	
27	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
3.85 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت
1.5 m	میانگین گام حفاری
0.48 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترایژ 00+606 تونل بعد از 27 روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار 3.85 میلیمتر بوده است.

جدول 11. ایستگاه ابزار دقیق در مترایژ 00+045
(موسسه حرا، 1392)

Km : 00+045	
16	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
0.82 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت
0.65 m	میانگین گام حفاری
2.36 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترایژ 00+045 تونل بعد از 16 روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار 0.82 میلیمتر بوده است.

5- گزارش همگرایی سنجی پین‌های شاهد جهت

مطالعه حرکت تونل در بخش کف

در محل نصب کفبندها تعداد 8 ایستگاه همگرایی سنجی مطالعاتی جهت بررسی و مطالعه حرکت تونل در بخش کف، نصب گردید و بعد از قرائت ایستگاه‌ها و تحلیل داده‌ها نمودارهای زیر استخراج شده و نتایج گزارش می‌شود. در هر نمودار تعداد روز گذشته بعد از نصب و مقدار حرکت ایجاد شده مشخص شده است.

جدول 8. ایستگاه ابزار دقیق در مترایژ 00+565
(موسسه حرا، 1392)

Km : 00+565	
47	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
3.7 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت
1.3 m	میانگین گام حفاری
1.59 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترایژ 00+565 تونل بعد از 47 روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار 3.7 میلیمتر بوده است.

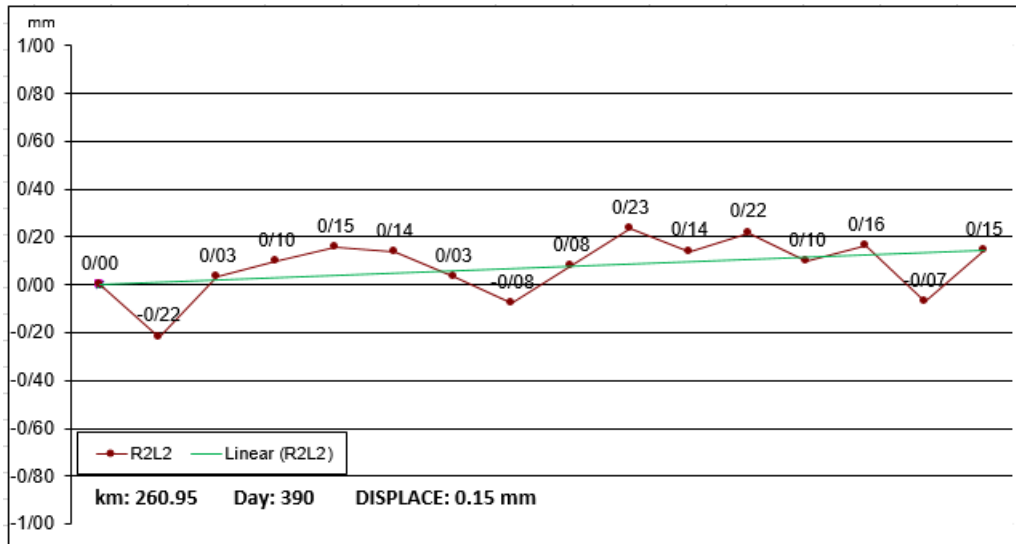
جدول 9. ایستگاه ابزار دقیق در مترایژ 00+590
(موسسه حرا، 1392)

Km : 00+590	
39	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
6.86 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت
1.15 m	میانگین گام حفاری
0.47 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترایژ 00+590 تونل بعد از 39 روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار 6.86 میلیمتر بوده است.

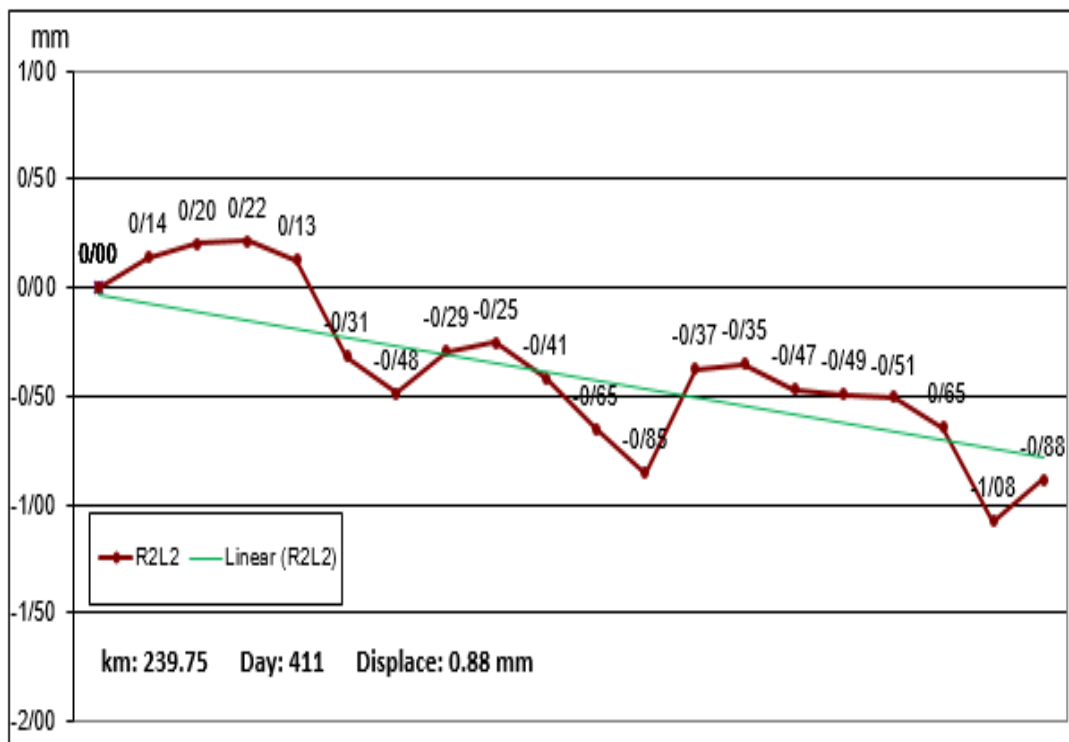
جدول 10. ایستگاه ابزار دقیق در مترایژ 00+606
(موسسه حرا، 1392)

نمودار 1. ایستگاه ابزار دقیق در مترایژ 00+260.95 (بخشی پور صداپشته، آ، 1392)



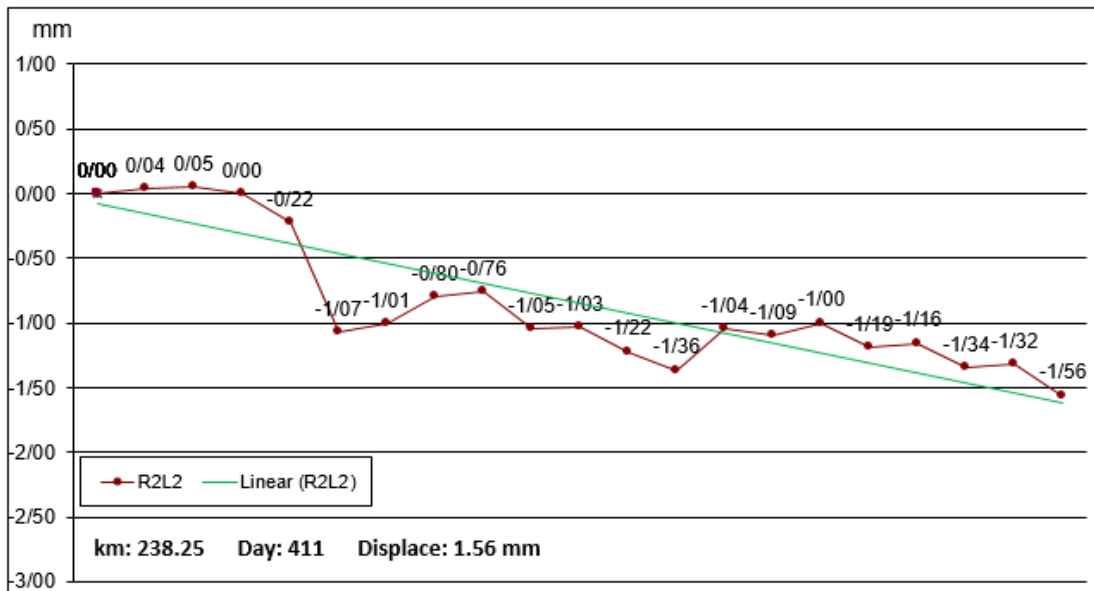
همانطور که در نمودار 1 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 390 روز برابر 0.15 میلیمتر می باشد.

نمودار 2. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+239.75 (بخشی پور صداپشته، آ، 1392)



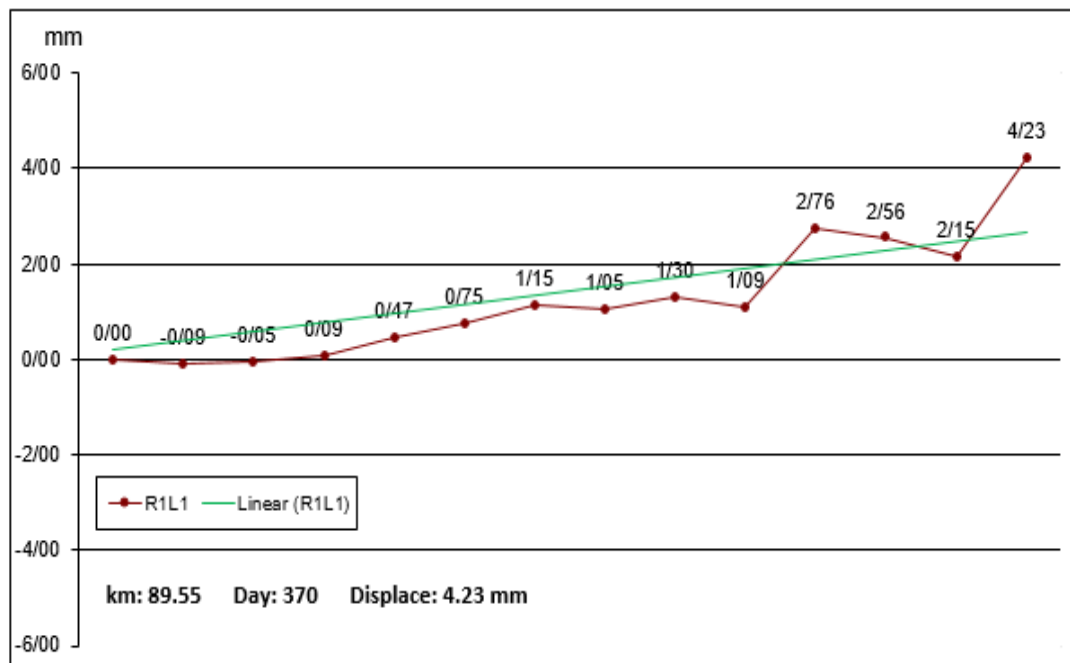
نمودار 3. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+238.25 (بخشی پور صداپشته، آ، 1392)

همانطور که در نمودار 2 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 411 روز برابر 0.88 میلیمتر می باشد.



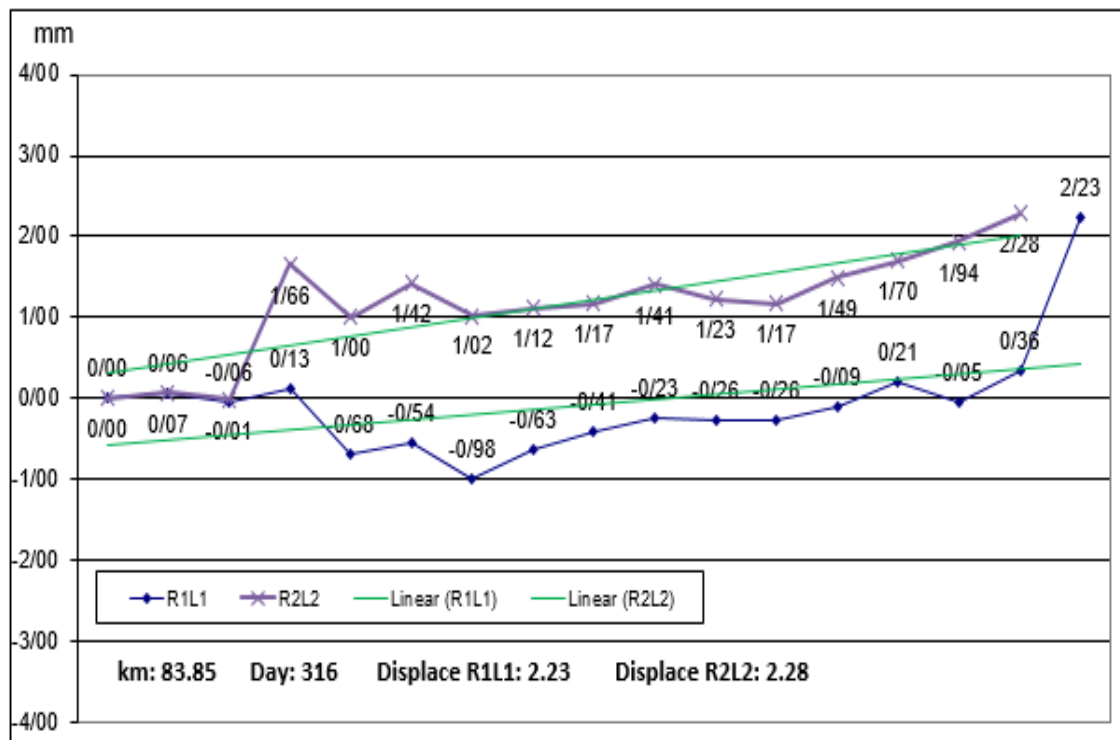
همانطور که در نمودار 3 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 411 روز برابر 1.56 میلیمتر می باشد.

نمودار 4. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+089.55 (بخشی پور صداپشته، آ، 1392)



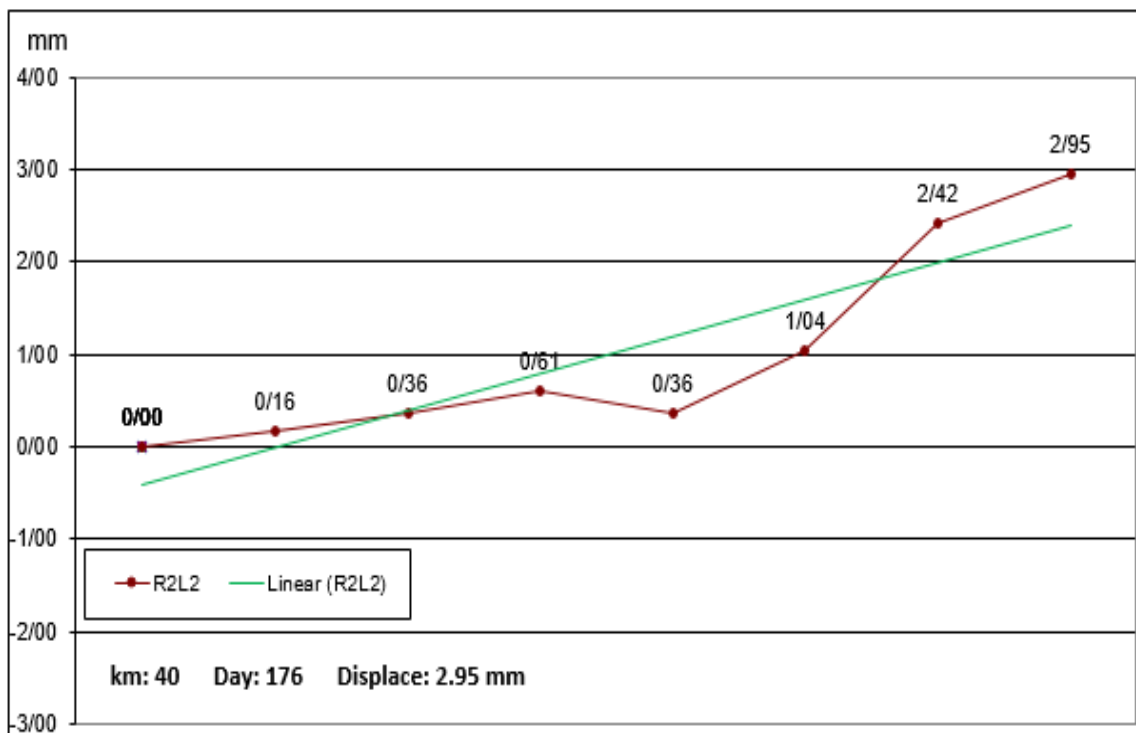
همانطور که در نمودار 4 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 370 روز برابر 4.23 میلیمتر می باشد.

نمودار 5. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+083.85 (بخشی پور صدایشته، آ، 1392)



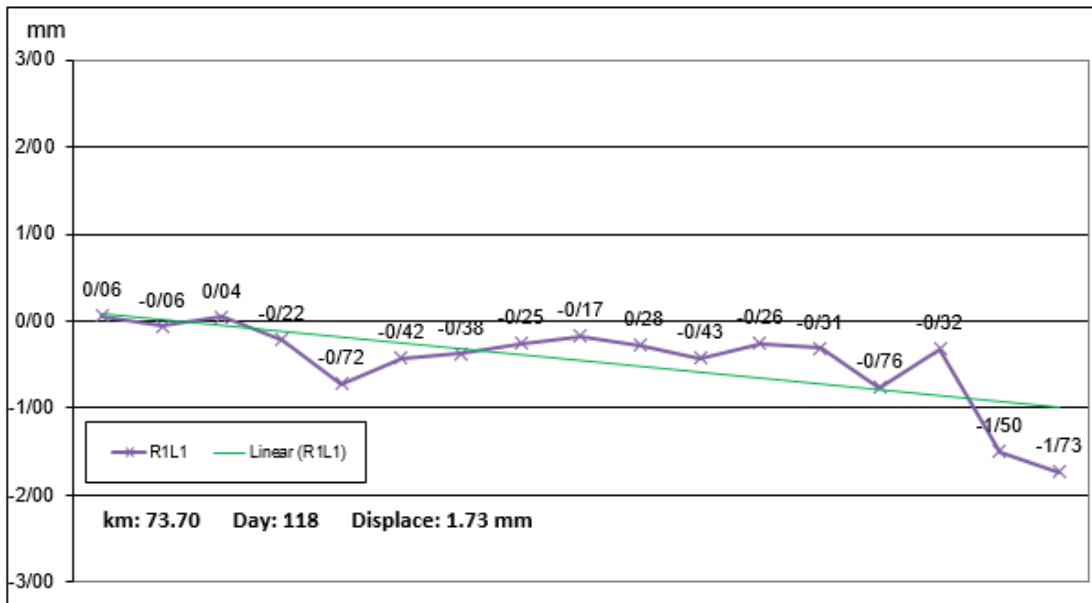
همانطور که در نمودار 5 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 316 روز برابر 2.28 میلیمتر می باشد.

نمودار 6. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+040 (بخشی پور صدایشته، آ، 1392)



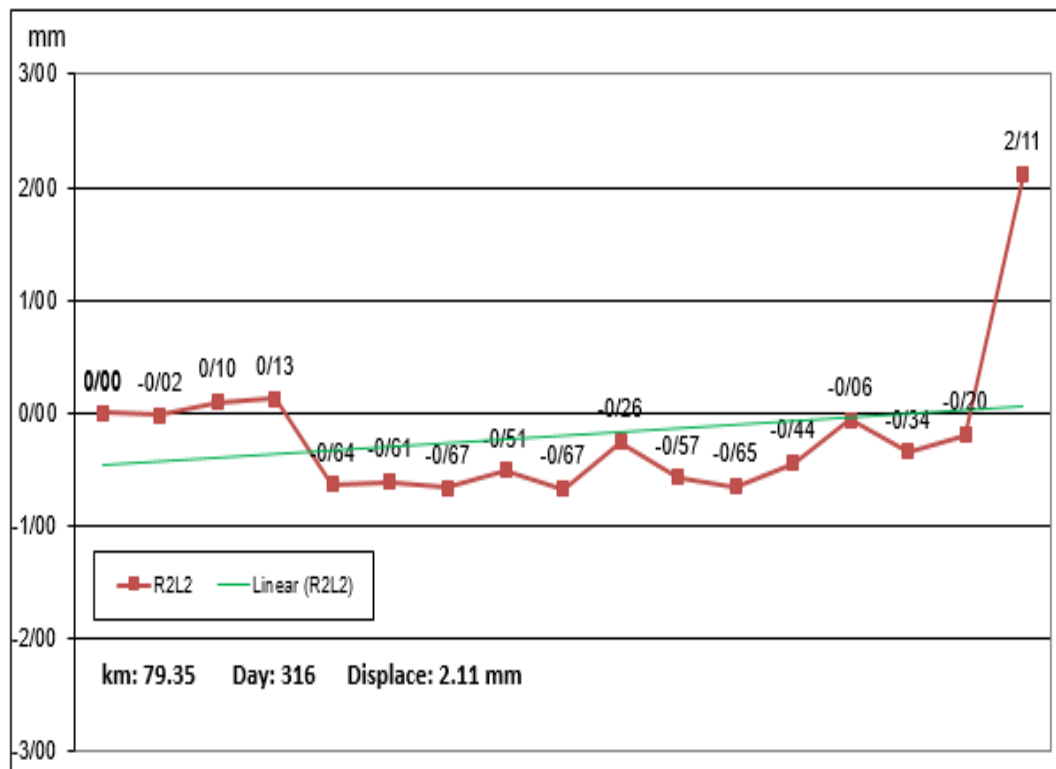
همانطور که در نمودار 6 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 176 روز برابر 2.95 میلیمتر می باشد.

نمودار 7. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+073.70 (بخشی پور صداپشته، آ، 1392)



همانطور که در نمودار 7 مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی 118 روز برابر 1.73 میلیمتر می باشد.

نمودار 8. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+079.35 (بخشی پور صداپشته، آ، 1392)



همانطور که در نمودار 8 مشاهده می‌شود بیشترین حرکت کفبند در طی 316 روز برابر 2.11 میلیمتر می‌باشد.

6- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارایه شده در این مقاله و بررسی و تحلیل داده‌های ابزار دقیق در زمان نصب لتیس هد، پایه لتیس و کفبند و بررسی حرکات تونل در شرایط مختلف نصب و نیز بررسی ایستگاه‌هایی که بدون کفبند نصب گردیده‌اند و تاکنون نیز بدون کفبند پایدار بوده‌اند، به این نتیجه می‌رسیم که تونل حفاری شده به روش NATM در شرایط محیطی و جنس خاک در پروژه مترو قم، بدون نصب کفبند نیز پایداری خود را حفظ کرده است و نیازی به به نصب کفبند نبوده است. در پروژه‌های حفاری تونل اگر 100 متر اول تونل توسط ابزار دقیق مورد بررسی و تحلیل قرار بگیرد و با قضاوت مهندسی به این نتایج دیده شود می‌توان در تحکیمات سازه‌ای اولیه برای پایداری تونل، صرفه جویی اقتصادی قابل ملاحظه‌ای انجام داد. به جای نصب کفبند باید سرعت پیشروی در تونل را افزایش داد و عملیات لاینینگ را شروع کرد که این کار کاهش هزینه بسیار چشم‌گیر در

پروژه می‌شود.

7- مراجع

- بخشی پور صداپشته، آر.ش. 1392، بررسی عوامل تاثیر گذار بر نتایج ابزار دقیق در تونل‌های غیره مکانیزه (NATM) مترو قم، سمینار کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه آزاد اسلامی شبستر.
- موسسه حرا، دفتر فنی کارگاه خط A مترو قم. 1392، گزارش نتایج و تحلیل‌های داده‌های ابزار دقیق در رابطه با عدم نصب کفبند.
- موسسه حرا، دفتر فنی کارگاه خط A مترو قم. 1390، 1391 و 1392، گزارش روزانه قرائت پای کار ابزار دقیق.
- راهنمای استفاده از متر همگرایی سنج، 1390، شرکت مهندسی مشاور پایاب زمزم.
- معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ رفتار سنجی فضاهاى زیرزمینی در حین اجراء (نشریه 252)، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، 1381.
- پروژه خط A مترو قم. 1389، مطالعات مفهومی.

The Reviews Kfbnd Eliminated in the Consolidation of the Basic Structure of the NATM Excavation Method Using Data Analysis Instrumentation (Case Study: Subway Line A Qom)

*A. BakhshiPour Sedaposhte, M.sc. Civil Engineering Earthquake Orientation,
Islamic Azad University shabestar, Shabestar, Iran.*

E-mail: arash.bakhshipoor@yahoo.com

ABSTRACT

In the non-mechanized Tunnel Drilling projects of or the same new method to NATM tunneling Austrian who is known one of the steps to consolidate the implementation temporary structures, construction and installation the tunnel is Kfbnd. In this paper, with a case study conducted in the areas of Qom subway tunnel and tunnel behavior in different time zones without installing instrumentation Kfbnd data has been analyzed And have reached to the conclusion that the tunnel without installing Kfbnd retained their stability and do not only makes the very much economic save in the project will be. But also caused enhances the speed in the tunnel is Level completed. Tunnel for drilling in projects are usually advance after certain amount of work to be done to stop lining operations. According to the survey conducted in this paper proposes to install temporary to consolidate in step Kfbnd been refused and speed dig up and sooner began lining operations.

Keywords: Instrumentation, Artificial Tunnels, NATM, Kfbnd, Ltys