

# 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 صدایشته، دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی عمران گرایش زلزله، دانشگاه آزاد شبستر، آذربایجان، ایران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [arash.bakhshipoor@yahoo.com](mailto:arash.bakhshipoor@yahoo.com)

دریافت: ۹۴/۰۱/۱۴ - پذیرش: ۹۴/۰۳/۱۵

### 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 رسیده‌ایم 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 است.

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

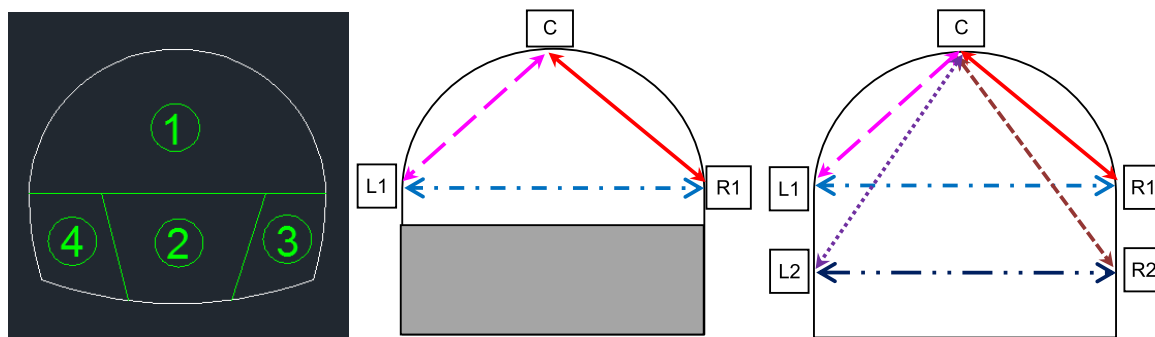
### ۱- مقدمه

خود را حفظ می‌کند که از نظر اقتصادی بسیار به سود پروژه است. در تاریخ ۹۰/۰۴/۲۳ 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 ۹۰/۰۵/۲۴ اولین ایستگاه رفتارسنجی تونل (ابزار دقیق) به صورت ۳ نقطه‌ای در متر ۱۵+۰۰ تونل نصب گردید که به صورت 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 ۳ نقطه‌ای انجام شده است چون مقطع حفاری تونل کامل نشده و حفاری در هد تونل انجام گردیده بود و

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

در هر ۱۲ متر از طول تونل ۱ ایستگاه رفتار سنجی نصب شده است و در این ایستگاه‌ها از ۳۷۷ کیلوگرم میلگرد  $\Phi 25$  استفاده شده است (بخشی پور صداپشته، آ. ۱۳۹۲).

بعد از کامل شدن مقطع حفاری و برداشتن خاک محل پایه لئیس‌ها که در شکل ۱ نشان داده شده است، با نصب ۲ پین دیگر و تبدیل به ۵ نقطه‌ای، ایستگاه ابزار دقیق در آن متر از کامل شده است. کل ایستگاه‌های نصب شده در ۷۴۰ متر تونل حفاری شده ۵۸ ایستگاه بوده که به طور میانگین



شکل ۳. ایستگاه ۵ نقطه‌ای (پایاب زمزم، ۱۳۹۰) شکل ۲. ایستگاه ۳ نقطه‌ای (پایاب زمزم، ۱۳۹۰) شکل ۱. روش اجرایی حفاری تونل

به سمت A2- تونل مصنوعی A2 (میدان بقیه الله) به سمت A3) از کفبند استفاده نشده است و بعد از گذشت ۱ سال نتایج گویای این مطلب می‌باشد که تحکیمات اولیه شامل لئیس و پایه لئیس جوابگوی فشار وارده بوده‌اند و نیازی به نصب کفبند نبوده است. (موسسه حرا، ۱۳۹۲).

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 مترژهای ۴۵، ۵۶۵، ۵۹۰ و ۶۰۶ 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 لئیس و تاثیر آن بر روی داده‌های ابزار دقیق مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد.

### ۳- 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 انجام شود. اما مشکل اساسی در بسیاری از

### ۲- تحلیل تحکیمات اولیه با داده‌های ابزار دقیق

منطقه مورد مطالعه در این مقاله یک تونل به طول ۷۴۰ متر در از ابتدای میدان ولیعصر (ایستگاه A3) و نیز یک تونل به طول ۴۰ 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 جابه‌جایی‌های 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 ۲۵۲ سازمان مدیریت، ۱۳۸۱ و مطالعات مفهومی، ۱۳۸۹) که به طور موردی می‌توان در پروژه خط A مترو قم به نصب کفبند اشاره کرد که در ۲ محل از تونل سنتی (داخل پارکینگ سه راهی تونل A3 (میدان ولیعصر)

## جدول ۱. ایستگاه ابزار دقیق در مترای 00+045

(موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

Km : 00+045	
29.65mm	بیشترین حرکت تجمعی (RILI)
2.33 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
2۴.۹۶ 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 ۰۰+۰۴۵ تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول ۱ آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترای بعد از حفاری پایه لئیس به مقدار ۲۴.۹۶ میلی متر اتفاق افتاده است.

## جدول ۲. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۰۶۰

(موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

Km : 00+060	
28.11mm	بیشترین حرکت تجمعی (RILI)
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 ۰۰+۰۶۰ تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول ۲ آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این مترای بعد از حفاری در بخش هد به مقدار ۱۹.۹۴ میلی‌متر اتفاق افتاده است.

## جدول ۳. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۱۲۰

(موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

Km : 00+120	
24.11 mm	بیشترین حرکت تجمعی (RILI)
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

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 قرارگیرد 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 بوده‌اند، 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.

۳- تاثیر اجرای پایه لئیس بر داده‌های ابزار دقیق، ذیلاً ایستگاه‌هایی که در آنها بیشترین حرکت تجمعی توسط ابزار دقیق ثبت شده است ارائه می‌شود.

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 ارائه می‌شود.

جابه‌جایی در تونل را داشته‌اند به این نتیجه رسیدیم که بیشترین حرکت در حفاری تونل در بخش حفاری پایه لتیس اتفاق افتاده است و در ایستگاه‌های متر ۰۰+۰۴۵ و ۰۰+۳۱۰ 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.

#### ۴- ایستگاه‌هایی که بدون اجرای کفبند مورد تحلیل قرار گرفتند

جدول‌های ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ تحلیل داده‌های ابزار دقیق در مترهایی از تونل را نشان می‌دهند که در آن مترها کفبند نصب نشده است و بر روی رفتار آن تحلیل و بررسی انجام شده است که به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۶. ایستگاه ابزار دقیق در تونل مصنوعی (ادیت) تونل A2 به سمت A3 (موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

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 ۳۷۰ روز تنها ۷.۴۴ میلی‌متر حرکت از خود نشان داده است.

جدول ۷. ایستگاه ابزار دقیق در داخل پارکینگ سه راهی تونل A3 به سمت A2 (موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

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 ۳۱۱ روز فقط ۳.۵۶ میلی‌متر جابجایی از خود نشان داده است.

در متر ۰۰+۱۲۰ تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول ۳ آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این متر ۱۴.۵۱ میلی‌متر اتفاق افتاده است.

جدول ۴. ایستگاه ابزار دقیق در متر ۰۰+۲۲۵ (موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

Km : 00+225	
19.13 mm	بیشترین حرکت تجمعی (R1L1)
5.06 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
12.46 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لتیس
2.09 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
580	تعداد روز گذشته از زمان نصب

در متر ۰۰+۲۲۵ تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول ۴ آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این متر ۱۲.۴۶ میلی‌متر اتفاق افتاده است.

جدول ۵: ایستگاه ابزار دقیق در متر ۰۰+۳۱۰ [موسسه حرا، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲]

Km : 00+310	
29.71 mm	بیشترین حرکت تجمعی (R1L1)
19.6 mm	بیشترین حرکت تجمعی پس از نصب در بخش هد
9.6 mm	حرکت بعد از برداشتن پایه لتیس
0.24 mm	تجمعی حرکت بعد از نصب کفبند
534	تعداد روز گذشته از زمان نصب

در متر ۰۰+۳۱۰ تونل بعد از بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در جدول ۵ آورده شده است، گویای این مطلب است که بیشترین حرکت تونل در این متر ۱۹.۶ میلی‌متر اتفاق افتاده است.

از بررسی و تحلیل‌های انجام شده توسط داده‌های ابزار دقیق که در ۵ ایستگاه پر تنش که بیشترین حرکات و

1.5 m	میانگین گام حفاری
0.48 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترای ۰۰+۶۰۶ تونل بعد از ۲۷ روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار ۳.۸۵ میلیمتر بوده است.

جدول ۱۱. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۰۴۵  
(موسسه حرا، ۱۳۹۲)

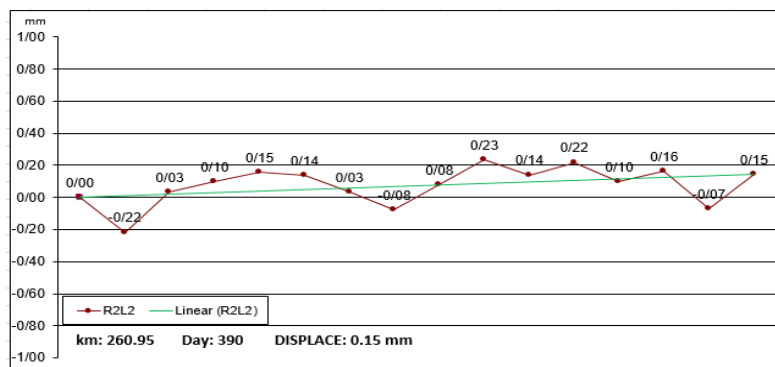
<b>Km : 00+045</b>	
16	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
0.82 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت
0.65 m	میانگین گام حفاری
2.36 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترای ۰۰+۰۴۵ تونل بعد از ۱۶ روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار ۰.۸۲ میلیمتر بوده است.

## ۵- گزارش همگرایی سنجی بین‌های شاهد جهت مطالعه حرکت تونل در بخش کف

در محل نصب کفبندها تعداد ۸ 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.

نمودار ۱. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۲۶۰.۹۵ (بخشی پور صداپشته، آ، ۱۳۹۲)



همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۳۹۰ روز برابر ۰.۱۵ میلیمتر می‌باشد.

جدول ۸. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۵۶۵  
(موسسه حرا، ۱۳۹۲)

<b>Km : 00+565</b>	
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 مترای ۰۰+۵۶۵ تونل بعد از ۴۷ روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار ۳.۷ میلیمتر بوده است.

جدول ۹. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۵۹۰  
(موسسه حرا، ۱۳۹۲)

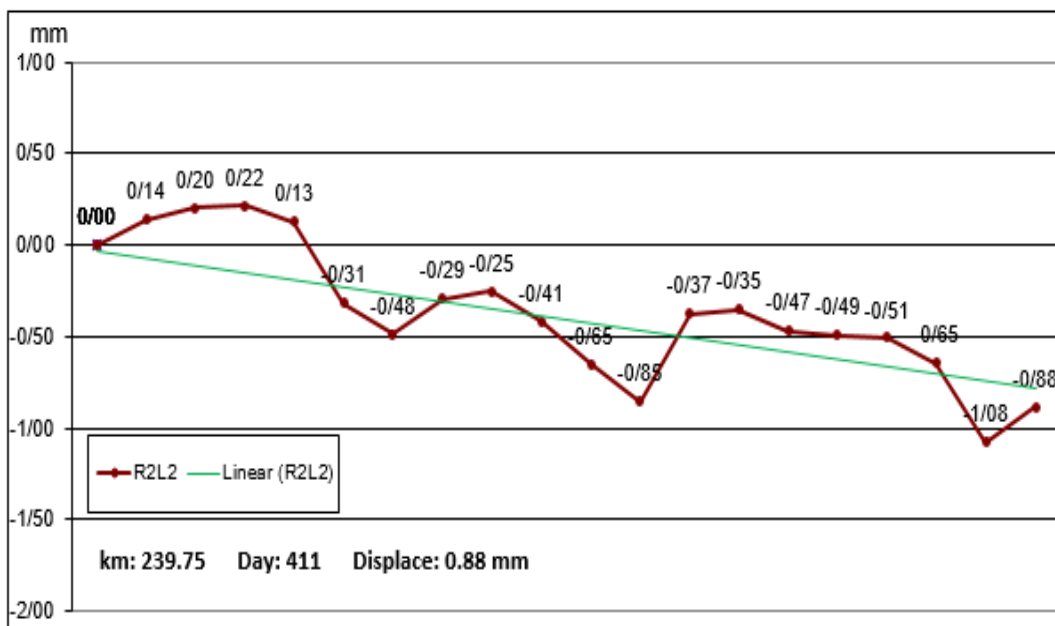
<b>Km : 00+590</b>	
39	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
6.86 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت
1.15 m	میانگین گام حفاری
0.47 mm	حرکت تجمعی بعد از نصب کفبند

در مترای ۰۰+۵۹۰ تونل بعد از ۳۹ روز کفبند نصب گردید که در این مدت جابجایی که در تونل اتفاق افتاد به مقدار ۶.۸۶ میلیمتر بوده است.

جدول ۱۰. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۶۰۶ [موسسه حرا، ۱۳۹۲]

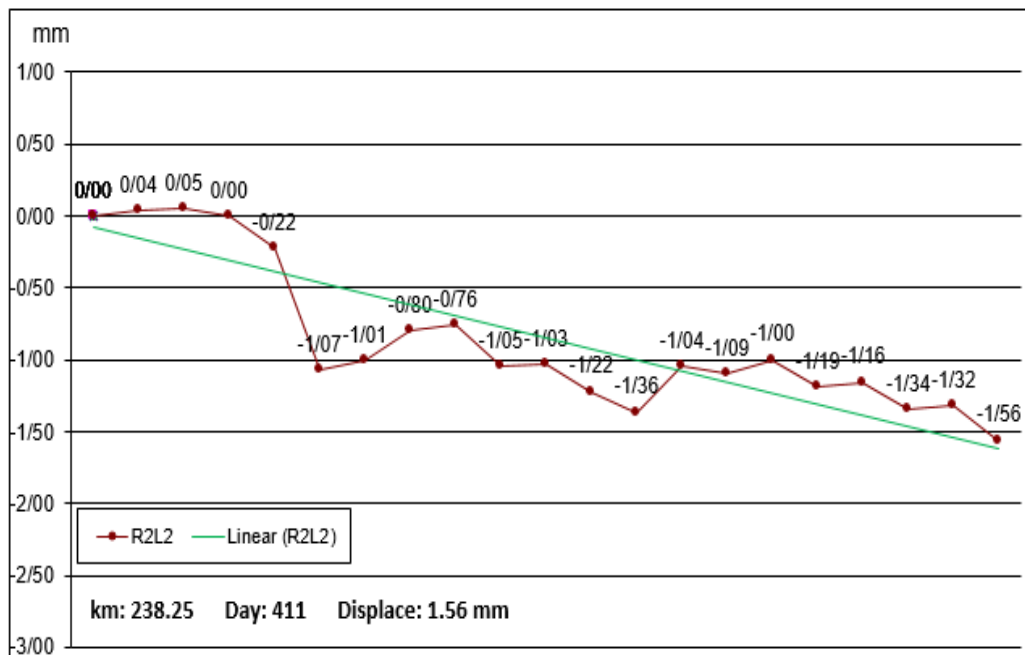
<b>Km : 00+606</b>	
27	تعداد روز اجرا شده بدون کفبند
3.85 mm	کل حرکت ثبت شده در این مدت

نمودار ۲. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۲۳۹.۷۵ (بخشی پور صدآپشته، آ، ۱۳۹۲)



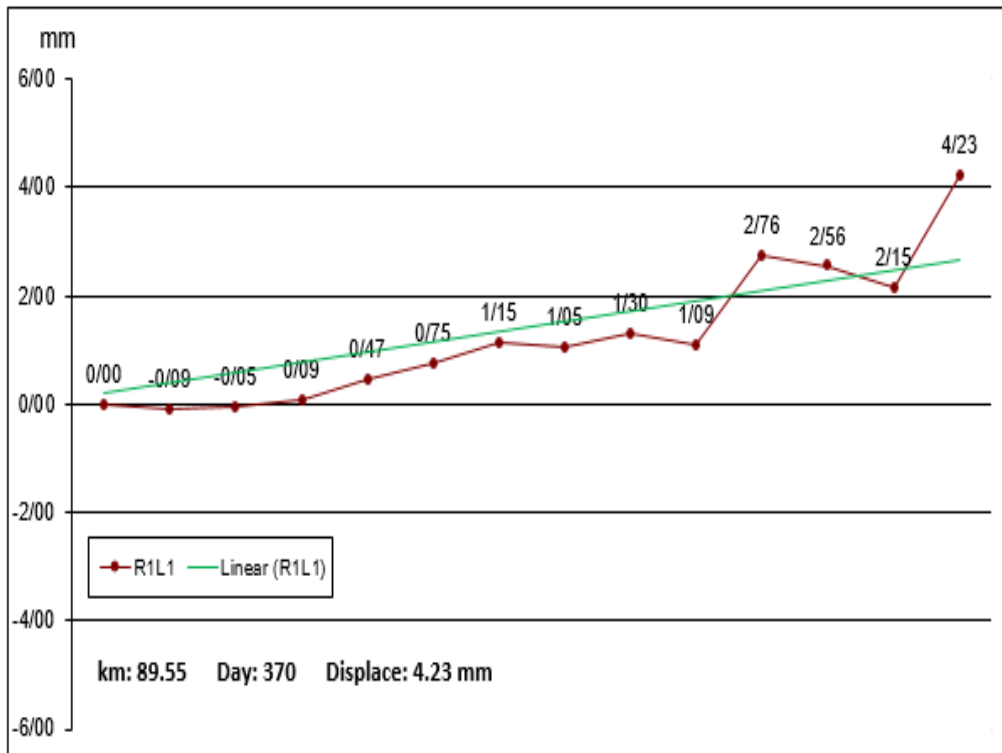
همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۴۱۱ روز برابر ۰.۸۸ میلیمتر می باشد.

نمودار ۳. ایستگاه ایزاردقیق در مترای ۰۰+۲۳۸.۲۵ (بخشی پور صدآپشته، آ، ۱۳۹۲)



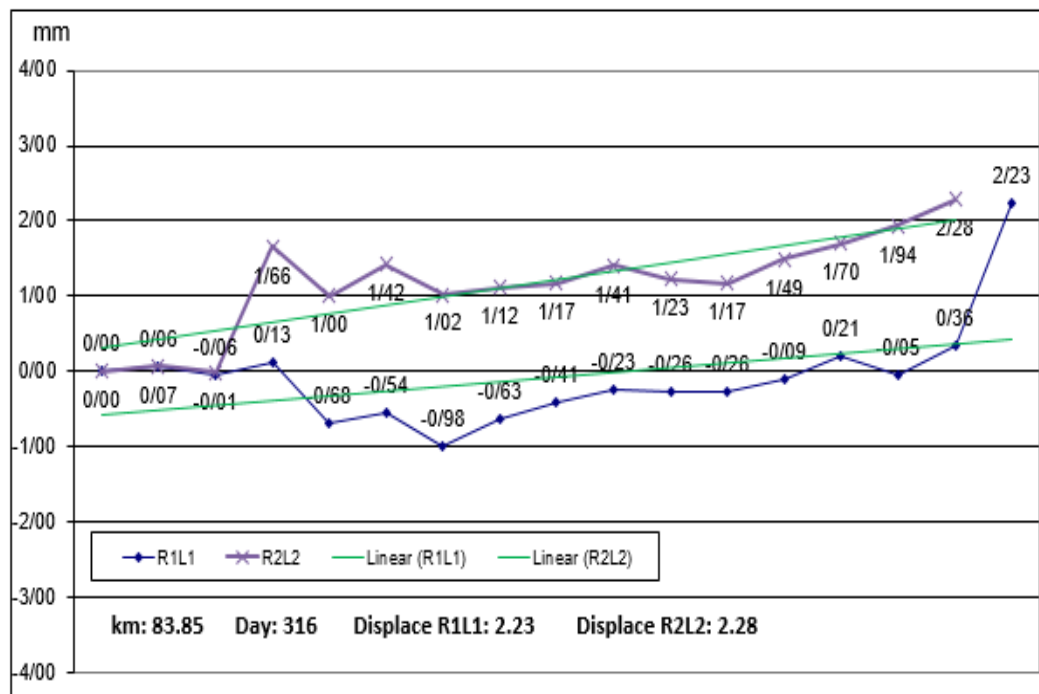
همانطور که در نمودار ۳ مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۴۱۱ روز برابر ۱.۵۶ میلیمتر می باشد.

نمودار ۴. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۰۸۹.۵۵ (بخشی پور صداپشته، آ، ۱۳۹۲)



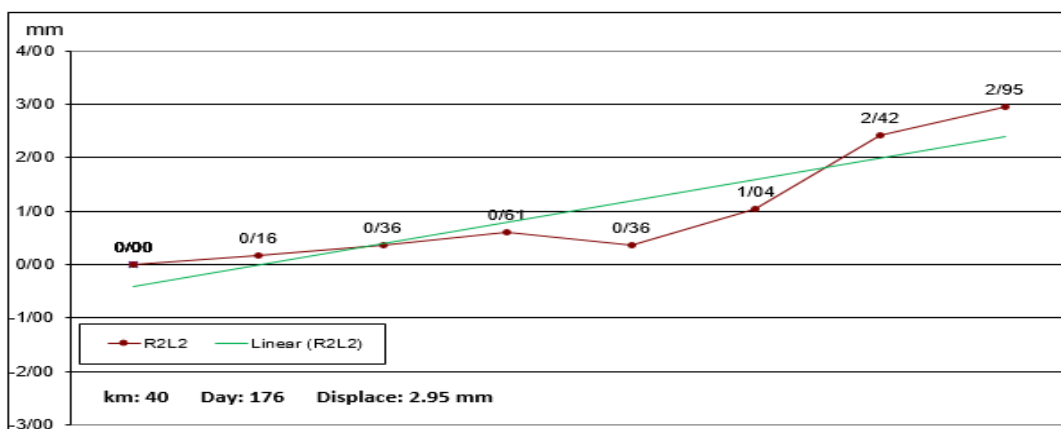
همانطور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۳۷۰ روز برابر ۴.۲۳ میلی‌متر می‌باشد.

نمودار ۵. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۰۸۳.۸۵ (بخشی پور صداپشته، آ، ۱۳۹۲)



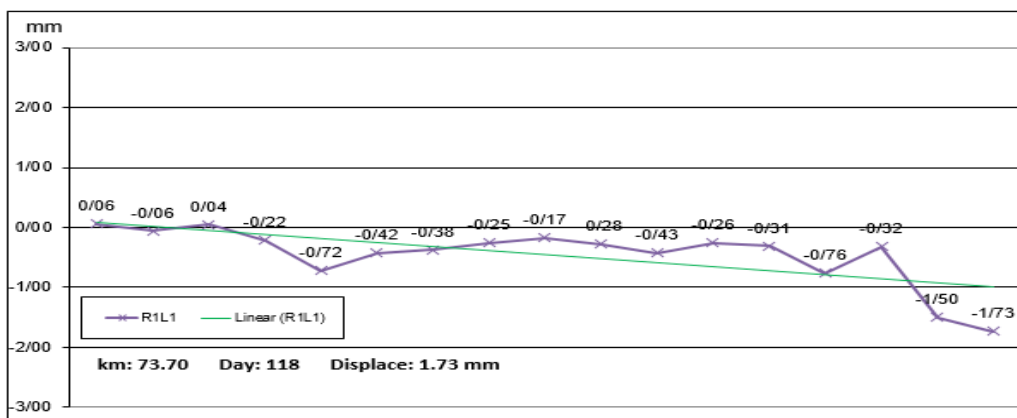
همانطور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۳۱۶ روز برابر ۲.۲۸ میلی‌متر می‌باشد.

نمودار ۶. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۰۴۰ (بخشی پور صداپشته، آ، ۱۳۹۲)



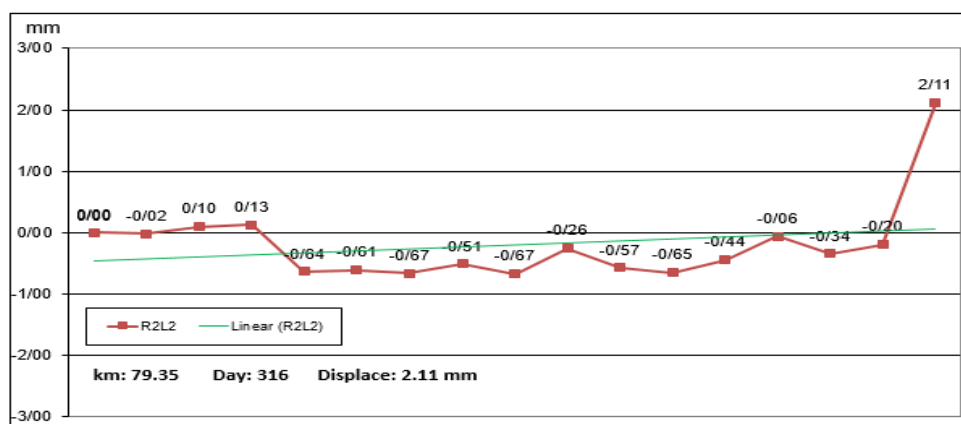
همانطور که در نمودار ۶ مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۱۷۶ روز برابر ۲.۹۵ میلیمتر می باشد.

نمودار ۷. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۰۷۳.۷۰ (بخشی پور صداپشته، آ، ۱۳۹۲)



همانطور که در نمودار ۷ مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۱۱۸ روز برابر ۱.۷۳ میلیمتر می باشد.

نمودار ۸. ایستگاه ابزار دقیق در مترای ۰۰+۰۷۹.۳۵ (بخشی پور صداپشته، آ، ۱۳۹۲)



همانطور که در نمودار ۸ مشاهده می شود بیشترین حرکت کفبند در طی ۳۱۶ روز برابر ۲.۱۱ میلیمتر می باشد.



## ۶- نتیجه گیری

با توجه به نتایج ارزیابی شده در این مقاله و بررسی و تحلیل داده‌های ابزار دقیق در زمان نصب لیس هد، پایه لیس و کفبند و بررسی حرکات تونل در شرایط مختلف نصب و نیز بررسی ایستگاه‌هایی که بدون کفبند نصب گردیده اند و تاکنون نیز بدون کفبند پایدار بوده اند، 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 نصب کفبند نبوده است.

در پروژه‌های حفاری تونل اگر ۱۰۰ 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 چشم گیر در پروژه می‌شود.

## ۷- مراجع

- بخشی پور صدایشته، آر.ش. ۱۳۹۲، 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. ۱۳۹۲، گزارش نتایج و تحلیل‌های داده‌های ابزار دقیق در رابطه با عدم نصب کفبند.
- موسسه حرا، دفتر فنی کارگاه خط A مترو قم. ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲، گزارش روزانه قرائت پای کار ابزار دقیق.
- راهنمای استفاده از متر همگرایی سنج، ۱۳۹۰، شرکت مهندسی مشاور پایاب زمزم.
- معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ رفتار سنجی فضاهای زیرزمینی در حین اجراء (نشریه ۲۵۲)، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۱.
- پروژه خط A مترو قم. ۱۳۸۹، مطالعات مفهومی.

