



## بررسی علل نشست سطح زمین در محل کانال‌های زیر سطحی شهری

نیکو ضیایی<sup>۱</sup>، سید احسان سیدی حسینی نیا<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مکانیک خاک و پی و کارشناس شهرداری مشهد

۲- استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

ziai-n@mashhad.ir

seyedi@um.ac.ir

### خلاصه

بدلایل مختلفی نظیر جایگذاری تاسیساتی همچون کانال‌های برق، لوله‌های آب، فاضلاب، گاز و یا فیبرهای نوری مخابرات در زیر سطح خیابان‌ها و همچنین تعمیر تاسیسات موجود، حفاری در معابر شهری انجام می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، بیشترین خسارت وارد به آسفالت خیابان‌های شهری، حفاری‌هایی بوده که با روش‌ها و اصول نادرستی اجرا می‌شوند که در نتیجه آن، عمر مفید آسفالت به شدت کاهش یافته و هزینه‌های زیادی به نهاد شهرداری آن شهر تحمیل می‌شود. هدف از این مقاله، شناسایی دلایل ایجاد نشست و خرابی آسفالت در سطح خیابان‌های شهر مشهد بوده که با انجام مطالعات میدانی و همچنین مطالعه تحقیقات انجام شده در دیگر شهرهای دنیا انجام شده است. بر اساس این مطالعات، استفاده از مصالح دانه‌ای مناسب به عنوان مصالح پرکننده و زیر اساس و اساس، رعایت ضخامت لایه‌ها، تراکم صحیح لایه‌ها با تجهیزات مناسب به مقدار لازم و کنترل آن، و در نهایت نظارت کامل بر نحوه اجرای این موارد، در کاهش نشست ناشی از انجام حفاری تأثیر بسزایی دارد.

کلمات کلیدی: حفاری در معابر شهری، نشست سطحی، تراکم،

### ۱. مقدمه

برای جایگذاری تاسیساتی همچون برق، آب، فاضلاب، گاز و یا فیبرهای نوری مخابرات در زیر سطح خیابان‌ها و همچنین برای تعمیر تاسیسات موجود در معابر حفاری‌هایی انجام می‌شود. پس از حفاری و عملیات ترمیم، سطح رویه آسفالتی در معبر دارای وصله می‌شود و یکپارچگی اولیه خود را از دست می‌دهد. عملیات حفاری معابر نه تنها باعث آسیب به رویه آسفالت می‌شود، بلکه مصالح خاکریز و تراکم آنها را نیز دچار مشکل می‌کند. اگر مصالح خاکریز با شرایط موجود در محل حفاری سازگار نباشد باعث ایجاد نشست در رویه می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده بیشترین خسارت وارده به خیابانهای با آسفالت نو، حفاری در آن است که عمر مفید آسفالت را به شدت کاهش می‌دهد [۱]. سالانه هزینه بسیار بالایی برای نگهداری و تعمیرات این تاسیسات مصرف می‌شود که با مرمت صحیح و اصولی هزینه‌ها بسیار کاهش می‌یابد. تعداد عملیات حفاری با افزایش جمعیت رو به افزایش است. با افزایش نیاز به مرمت حفاریها، این مسئله به یکی از مسائل مهم برای مطالعه و تحقیق در آمده است.

### ۲. روشهای ترمیم حفاری

نوارهای حفاری تاسیسات مختلف را می‌توان به یکی از روشهای ذیل ترمیم نمود: [۲]

(۱) استفاده از مصالح خاکی به روش متراکم نمودن: در این روش که فقط در ترانشه‌های باز قابل اجرا است، ابتدا در صورتی که در تراز بستر زیرین محل حفاری خاک نامناسب قرار داشته باشد، می‌توان آن را با مصالح قابل قبول تا عمق لازم تعویض نمود که این مصالح جایگزین باید تا

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مکانیک خاک و پی و کارشناس شهرداری مشهد  
<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد



حصول تراکم مناسب کوبیده شود. نحوه خاکریزی بسته به طول و عمق حفاری، شرایط جوی، شرایط اجرا، نوع تاسیسات جایگذاری شده، شرایط ترافیکی معبر و غیره در شهرهای مختلف متفاوت است. به عنوان نمونه یک ترانشه طولی باز به ترتیب زیر پر می شود.

۱. نصب تاسیسات در محل تعیین شده و سپس ریختن خاک نرم روی لوله (حدود ۳۰ سانتیمتر)
۲. ریختن مصالح در لایه های حداکثر ۳۰ سانتیمتری با درصد تراکم ۹۵٪
۳. ریختن مصالح سنگ شکسته (ماکادام) تا زیر آسفالت و کوبیدن آن در لایه های ۳۰ سانتیمتری با -درصد تراکم ۹۵٪
۴. قیر پاشی و اجرای آسفالت در دو لایه (بیندر و توپکا)

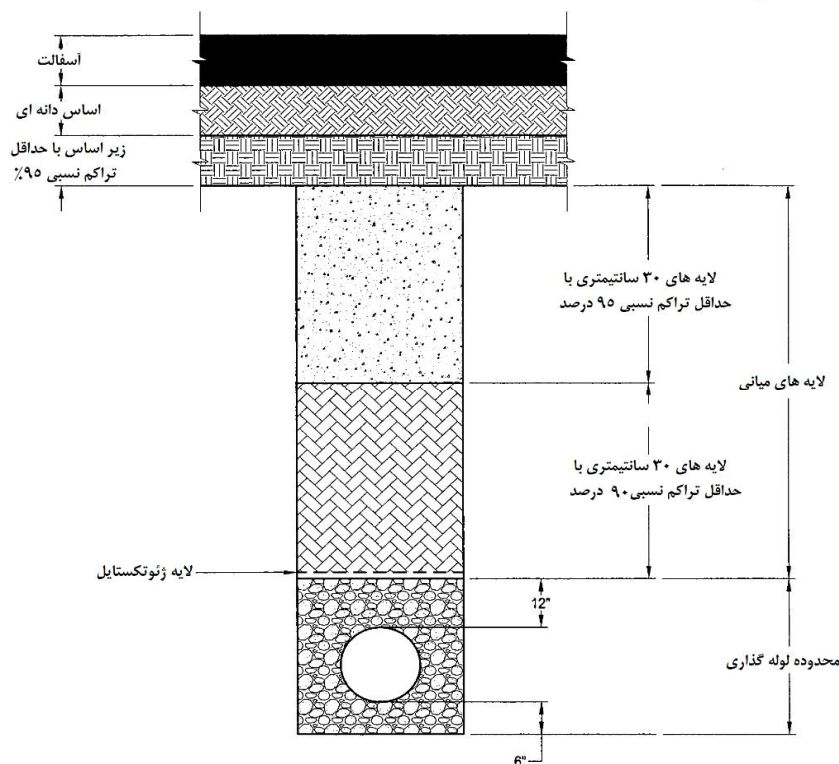
۲) **استفاده از مصالح سیمانته شده:** مصالح کم مقاومت کنترل شده (CLSM)<sup>۱</sup> شامل مصالح غرقابی<sup>۲</sup>، مصالح با چگالی کنترل شده، مصالح بدون خاصیت جمع شدگی، دوغاب خاکستر بادی، ملات خاک-سیمان، خاک-سیمان و مخلوط دوغاب آهک و خاک خمیری هستند. در این روش که بعد از لایه پوشش می تواند آغاز شود حداکثر در ضخامت های ۳۰ سانتیمتری تا قبل از لایه فوقانی قابل انجام و پس از آن مطابق روش قبلی لایه فوقانی فشرده ده سانتیمتری اساس با تراکم نود و پنج درصد و سپس لایه های آسفالتی اجرا شود.

۳) **استفاده از مصالح خاکی به اضافه مصنوعات مسلح کننده خاکی مانند ژئوتکستایل ها:** این روش فقط می تواند جایگزین لایه های میانی باشد.

۴) **استفاده از بتن ضعیف (کم عیار):** این روش نیز فقط می تواند جایگزین لایه های میانی باشد.

۵) **سایر موارد:** روش های نوین اجرای لوله گذاری و عملیات حفاری نظیر حفاری بدون ترانشه نیز قابل اجراست.

شکل ۱ نمونه ای از مقاطع خاکریزی ترانشه را نشان می دهد.



شکل ۱- نمونه ای از مقطع خاکریزی ترانشه

<sup>۱</sup> Controlled Low Strength Materials  
<sup>۲</sup> Flowable fill  
<sup>۳</sup> Trenchless



### ۳. مروری بر ادبیات گذشته

مرمت صحیح و اصولی یکی از اصلی ترین برنامه‌های شهرهای مختلف جهت کاهش هزینه‌ها است. مطالعات اولیه جهت بهبود مرمت حفاری‌ها در سال ۱۹۵۰ در دانشگاه کالیفرنیا انجام پذیرفت. پس از آن مطالعات مختلفی در سراسر دنیا انجام شد که بیشتر آنها اثر عملیات حفاری بر معابر شهری را بررسی کردند و تعداد کمی نیز دستورالعمل تهیه شده است. در ادامه مروری بر تعدادی از آنها انجام شده است:

- در مطالعه انجام گرفته توسط Schaefer, V., et al در چهار شهر ایالت Iowa امریکا، نحوه انجام کند و پوش، آزمایشات محلی و آزمایشگاهی انجام شده مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق به نتایج زیر دست یافته شد: [۳]
  - تراکم به وسیله تجهیزات سنگین به دلیل آسیب به لبه‌های ترانشه باعث می‌شود وسط ترانشه بهتر از لبه‌ها متراکم شود.
  - مشاهده شده است که انتظار دو هفته‌ای بعد از عملیات ساخت ترانشه جهت تراکم بهتر سطح، در واقع تفاوت کمی در مقاومت مصالح نزدیک سطح دارد زیرا مصالح آسیب می‌بینند و تراکم بیشتر صورت نمی‌گیرد.
  - تمامی مصالح اخذ شده از چهار شهر مورد مطالعه دارای رطوبتی نزدیک به رطوبت متورم شونده دارند که پتانسیل شکست و امکان نشست را افزایش می‌دهد. رطوبت متورم شونده، درصد رطوبتی است که در آن موئینگی بین ذرات خاک را در حالت ساختار لانه زنبوری نگه می‌دارد و با افزایش رطوبت، این حالت افزایش حجم از بین می‌رود. توصیه شده از رطوبتی بیشتر از رطوبت متورم شونده استفاده شود. در این حالت مصالح بر پتانسیل شکست که در رویه به دلیل نفوذ و یا بالا آمدن آب زیرزمینی است، غلبه می‌کنند.
  - در استفاده از مصالح دانه‌ای، آب دادن به مصالح در ترانشه باعث کاهش پتانسیل نشست که ناشی از تغییر رطوبت است، می‌شود.
  - اشباع نمودن مصالح این چهار شهر به مقدار ۴۰ درصد، باعث تجاوز از مقدار رطوبت متورم شونده می‌شود.
  - رعایت نکردن ضخامت لایه‌ها باعث عدم تراکم صحیح می‌شود.
- بر اساس مطالعات انجام گرفته در شهر سان فرانسیسکو، عمر رویه آسفالتی مخصوصا در حالتی که شرایط رویه خوب نباشد، با افزایش تعداد حفاریها کاهش میابد. عملیات حفاری باعث آسیب به خاک اطراف می‌شود، همچنین باعث می‌شود خاکریز در محل گود نسبت به خاک اطرافش به میزان متفاوتی متراکم شود و در نتیجه باعث ناپیوستگی در خاک و سطح رویه خواهد شد. [۱]
- مطالعات انجام گرفته در شهر Ames، از ژئوگرید به عنوان تسلیح کننده استفاده شد، با توجه به نمودار FWD آن، در صورت استفاده از ژئوگرید، در منطقه موثر تخریب کمتری مشاهده می‌شود [۳].
- با توجه به استاندارد کند و پوش رویه معابر در شهر دالاس، بجای استفاده از روش خاکریزی میتوان از روش غرقابی استفاده نمود. پرکننده غرقابی با مقاومت بالا و پائین هستند که سریع محکم می‌شوند. این پرکننده‌ها شامل مقدار مناسبی سیمان یا خاکستر بادی (با افزوننده‌های مورد نیاز) به همراه آب و ملات ماسه هستند در حالتی که جریان پیدا کند و تمامی فضاهای خالی ترانشه را پر کند [۴]
- بر اساس تحقیقات انجام شده توسط Ghataora and Alobaidi (2000) در بعضی نقاط یک حفاری خاص نشست بیشتر از بقیه نقاط اتفاق می‌افتد مثلا در ترانشه‌های طولی با مصالح دانه‌ای، نشست در لبه‌ها بیشتر از وسط اتفاق می‌افتد. با این حال در ترانشه‌های عرضی بیشترین نشست در مسیر چرخ‌ها به نسبت لبه‌ها اتفاق می‌افتد. در ترانشه‌های طولی و عرضی بیشترین نشست در دو ماه اول بعد از مرمت اتفاق می‌افتد [۵]
- در تحقیقات انجام گرفته توسط شرکت گاز کالیفرنیا جنوبی به نتایج زیر دست یافته شد [۶]:
  - در سال ۱۹۸۴ مطالعه‌ای جهت سنجش تراکم محلی، نوع خاک و ویژگی‌های تراکمی چاله‌های به وجود آمده در شهر لس آنجلس انجام شد. بر اساس نتایج تحقیق تنها ۲۰ درصد چاله‌ها به معیار چگالی خشک ۹۰ درصد رسیده‌اند، بنابراین عملیات تراکم به خوبی انجام نشده است. در نتیجه بیشتر خاکهای رسی و سیلتی برای تراکم صحیح رطوبت بالایی داشتند و نیاز است که خشک و تثبیت شوند.
  - در ادامه مطالعه‌ای در سال ۱۹۸۸ با هدف ارائه تجهیزات ساده و عملی در محل برای سنجش میزان تراکم صورت پذیرفت که در نتیجه تحقیقات دستگاه نفوذ سنخ هسته‌ای دینامیکی و رطوبت سنخ برای اندازه‌گیری میزان رطوبت و تراکم در محل معرفی شد. این روشهای جدید هزینه‌های سالیانه را بسیار کاهش داد.



➤ موسسه تکنولوژی گاز در سال های ۱۹۸۹-۱۹۹۵ بررسی های وسیعی جهت ارزیابی وصله های به وجود آمده در خیابانها انجام داد. مطالعه شامل سه محث بود: الف) بررسی تحقیقات پیشین و مشکلات موجود؛ ب) آنالیز المان های بحرانی مرمت؛ ج) آزمایشات محلی جهت تعیین مراحل تئوری. اولین مرحله چگالی خاکریز، نوع خاک و نحوه برش فاکتورهای مهم که بر رفتار حفاری موثر است بیان شد. دومین فاز بررسی حفاری با استفاده از برنامه المان محدود با فرض مصالح الاستیک خطی و شرایط استاتیکی می باشد. سومین فاز شامل دو مطالعه در دو خیابان مختلف کالیفرنیا می باشد که بر اساس آن، استفاده از مقطع A شکل بجای مقطع استاندارد مزیتی ندارد.

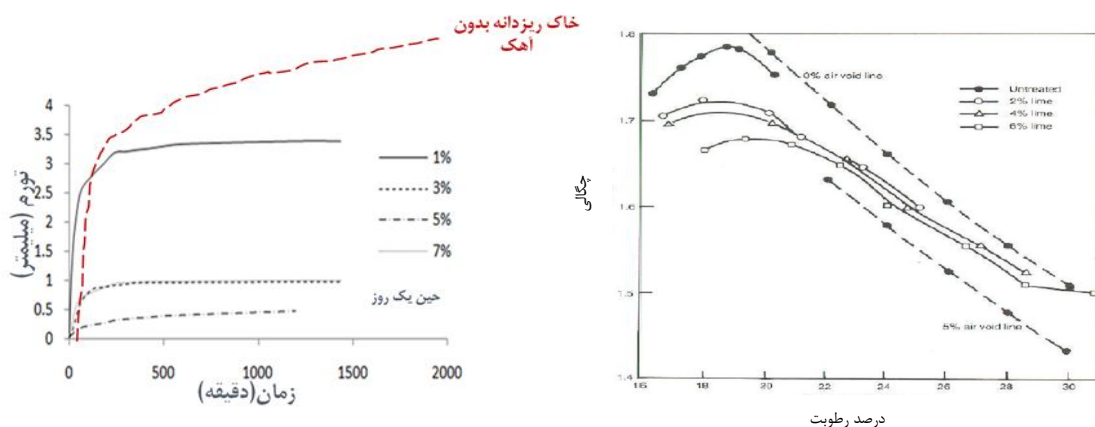
#### ۴. نحوه کند و پوش در شهر مشهد- بر اساس مطالعات میدانی

در شهر مشهد بیشتر از روش مصالح سیمانته شده همچون شفته گل و شفته آهکی استفاده می شود. در جایگذاری تاسیسات فاضلاب تثبیت خاک با آهک انجام می شود. میزان آهک مصرفی به عوامل متعددی از قبیل جنس خاک، جنس آهک، نحوه استفاده از مصالح، شرایط جوی منطقه و هزینه انجام عملیات بستگی دارد شکل ۲ استفاده از شفته آهکی در شهر مشهد را نشان می دهد.



شکل ۲- استفاده شفته آهکی جهت ترمیم کانالهای حفاری شده در شهر مشهد

مزیت استفاده از آهک را می توان افزایش حد روانی و خمیری، افزایش مقاومت و کاهش تورم پذیری معرفی کرد. نمودار شکل ۳ الف تاثیر مقدار آهک بر خاک ریزدانه و کاهش تورم پذیری را نشان می دهد که با توجه به آن هر چه درصد آهک بیشتر باشد، مقدار تورم نیز کمتر خواهد بود. آهک اگر به درستی و با درصد مناسب با خاک مخلوط شود، خاک به بهترین حالت تراکم خواهد رسید. با توجه به نمودار شکل ۳ ب در اثر افزایش آهک، چگالی حداکثر خاک کاهش و رطوبت بهینه افزایش میابد.

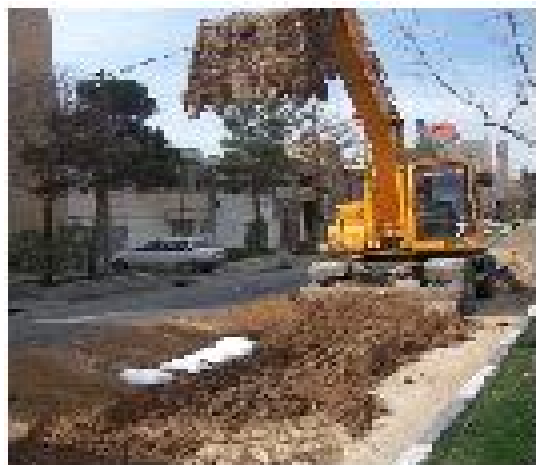


شکل ۳- تاثیر استفاده شفته آهکی بر الف) کاهش تورم پذیری، ب) کاهش چگالی حداکثر خاک و افزایش رطوبت بهینه



جهت جایگذاری تاسیساتی همچون لوله آب، گاز و... از خاکریز غرقابی (شفته گل) استفاده می‌شود. از این روش در ترانشه طولی و ترانشه تونلی استفاده می‌شود. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در ترانشه طولی با کمک بیل مکانیکی آب و خاک را داخل ترانشه مخلوط می‌کنند تا شفته گل بدست آید.

شکل ۵ استفاده از شفته گل را در ترانشه‌های تونلی نشان می‌دهد. در این روش سنتی که با بیل دستی انجام می‌شود، پس از حفر چاهک‌ها در سطح زمین، در عمق مورد نظر دو چاهک متوالی به صورت تونلی به هم متصل می‌شوند و تونلی به صورت دستی در کف ترانشه حفاری می‌شود. پس از جایگذاری لوله در کف ترانشه، در یکی از چاهک‌ها اقدام به خاکریزی به روش غرقابی کرده که در این صورت بعد از پر شدن اولین چاهک مصالح به صورت تکی از تونلی زیرین به چاهک بعدی نفوذ می‌کنند. در این حالت به صورت تجربی تشخیص داده می‌شود که چاهک اولیه و تونل اتصال دو چاهک کاملاً پر شده است و فضای خالی وجود ندارد.



شکل ۴ - استفاده از خاکریز غرقابی (شفته گل) در مرمت ترانشه های طولی



شکل ۵ - استفاده از خاکریز غرقابی (شفته گل) در مرمت ترانشه های تونلی

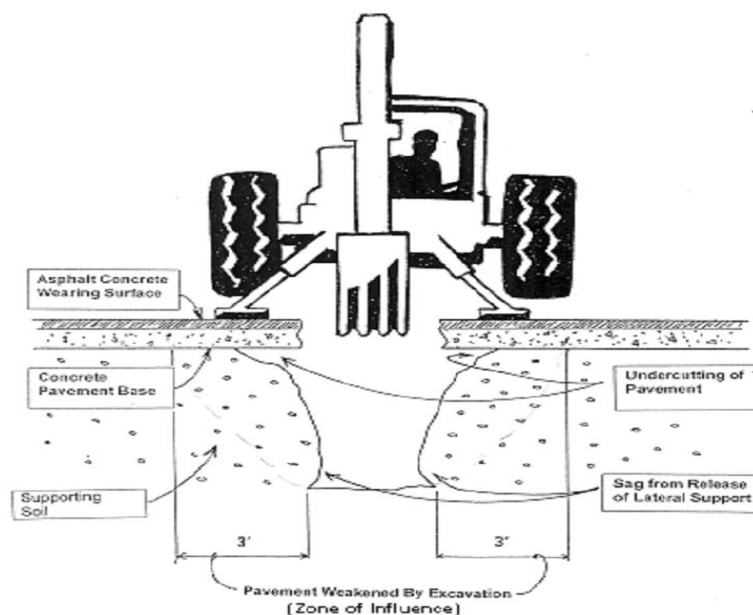
## ۶. انواع خرابی متداول در حفاریهای معابر و بررسی مشکلات موجود

با توجه به مطالعات در شهر مشهد، عوامل مختلفی از جمله مصالح رویه، شرایط تکیه گاهی خاک، شرایط آب و هوایی، حجم ترافیک، شرایط موجود معر و شرایط مرمت بر رفتار رویه معابر موثر اند. نشست ناشی از عملیات حفاری در محل ترانشه و اطراف آن یک مشکل معمول است که هزینه‌های بسیار بالایی برای ترمیم آن صرف می‌شود. در کل نشست به دلیل تراکم ناکافی در خاکریز و سایر مصالح و همچنین استفاده از مصالح نامناسب است. شکل ۶ نمونه ای از نشست ناشی از عملکرد ضعیف ترمیم حفاری را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل اثر مرمت نامناسب در محل حفاری باعث ایجاد نشست قابل توجهی در اطراف ترانشه می‌شود.



شکل ۶- نمونه ای از نشست در رویه آسفالتی

- انواع خرابی های متداول به کیفیت و نوع مرمت، مصالح خاگریزی شده و مقدار تراکم آنها و عمر و شرایط آسفالت موجود قبل از حفاری بستگی دارد و می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد:
- محل رویه حفاری شده نشست کرده و در این محل آب و رطوبت جمع می شود و باعث نشست بیشتر محل حفاری خواهد شد.
  - محل رویه حفاری شده حالت برآمده ایجاد کند، مخصوصا در فصل زمستان که آب جمع می شود و فرآیند یخ زدگی اتفاق می افتد. این فرآیند به سه دلیل می تواند رخ دهد: خاک مستعد یخ زدگی (سیلت)، سطح آب زیر زمینی بالا و وجود دمای یخ زدگی.
  - رویه آسفالتی نزدیک وصله آسفالتی شروع به نشست و گسیختگی می کند و باعث می شود محل رویه حفاری شده هم گسیخته شود. این حالت در شرایطی ایجاد می شود که خاک طبیعی نزدیک محل ترانشه و رویه آسفالتی آن به خاطر انجام حفاری ضعیف شده باشد. همانند شکل ۷ محدوده خاک ضعیف اطراف ترانشه "منطقه موثر"<sup>۱</sup> نامیده می شود [۱].



شکل ۷- منطقه موثر [۱].

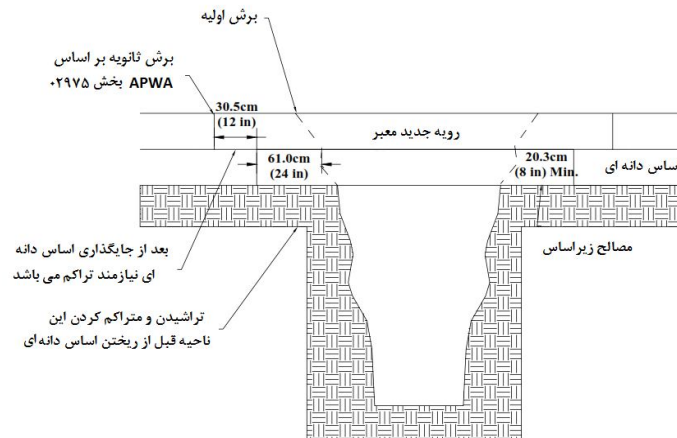
با توجه به شکل ۷ منطقه موثر نقش بسزایی در تخریب مسیر اطراف حفاری دارد. در این منطقه بحرانی بارهای ترافیکی باعث تغییر شکل بیشتر می شود و در نتیجه یکپارچگی خاک اطراف حفاری کاهش میابد و باعث تخریب رویه آسفالتی می شود. برای جبران این اثر در مرمت حفاری-ها، مطابق مقطع شکل ۸ پیشنهاد شده حدود ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر اطراف ترانشه تا عمق ۹۰ سانتیمتر با مصالح دانه ای و یا مصالح محلی چسبنده بازسازی

<sup>۱</sup>Zone of influence





شود. بدین صورت که منطقه حفاری شده و رویه آن قبل اجرای روسازی دوباره با تراکم حداقل ۹۰ درصد پروکتور استاندارد و رطوبت بهینه متراکم شود، بنابراین از مقطع T شکل برای مرمت حفاری استفاده شود [۱].



شکل ۸- مقطع T شکل [۱]

## ۷. جمع بندی و نتیجه گیری

بر اساس تحقیقات انجام شده و مطالعات میدانی در شهر مشهد، عوامل زیر در کاهش نشست ناشی از انجام حفاری تاثیر بسزایی دارد:

- نوع مصالح خاکریز ترانشه (چسبنده و غیرچسبنده)، در مقدار نشست آتی آن موثر است. رس چسبنده نیازمند کنترل رطوبت برای دستیابی به تراکم بیشینه، کارگر ماهر و نظارت دقیق بر تراکم است و همچنین به سختی متراکم می شود. استفاده از مخلوط شن و ماسه خوب دانه بندی شده با مقدار اندکی و یا بدون ریز دانه و همچنین بدون پتانسیل تورم، مناسبترین مصالح در راهها برای تراکم است.
- در شهر مشهد از مصالح سیمانته شده برای پر کردن ترانشه حفاری استفاده می شود. مصالح کم مقاومت کنترل شده (CLSM) شامل مصالح غرقابی<sup>۱</sup>، مصالح با چگالی کنترل شده، مصالح بدون خاصیت جمع شدگی، دوغاب خاکستر بادی و ملات خاک-سیمان هستند. این روش توسط سازمانهای مختلف، روشی موفق معرفی شده است. بر اساس نتایج آزمایشات این مصالح فقط طی دو تا سه ساعت آماده شده و ترک های جمع شدگی ناشی از آنان حداقل و رویه سطحی می تواند طی سه الی چهار ساعت تکمیل شود.
- ضخامت مناسب لایه های خاکریز بر عملکرد ترانشه حفاری شده موثر است. انجمن کارهای عمومی امریکا در بخش مدیریت حفاریها (APWA1997) ضخامت ۱۰ تا ۳۱ سانتیمتر را پیشنهاد کرد که متداولترین آن ها ۱۵ و ۳۱ سانتیمتر است. به طور کلی، هرچه ضخامت لایه بیشتر باشد، تراکم صحیح آن مشکل تر می شود [۷].
- استفاده از تجهیزات مناسب تراکم برای رسیدن به درصد تراکم مورد نظر اهمیت دارد. نوع وسیله استفاده شده برای تراکم به نوع مصالح، مقدار تراکم مورد نیاز، مقدار رطوبتی که مصالح دارند و در دسترس بودن وسیله بستگی دارد. سه وسیله برای تراکم ارائه شده است که شامل (۱) کوبنده ضربه ای<sup>۲</sup>، (۲) کوبنده ارتعاشی صفحه ای<sup>۳</sup>، (۳) کوبنده با هوای فشرده<sup>۴</sup>، مطابق شکل ۲ است. کوبنده ارتعاشی صفحه ای برای مصالح دانه ای مناسبترین است چون اصطکاک بین شن و ماسه را کاهش می دهد [۸].





### شکل ۹- تجهیزات تراکم از چپ به راست: کوبنده ضربه ای، ارتعاشی و کوبنده با هوای فشرده

- در نهایت نظارت کامل بر نحوه اجرای عملیات حفاری نظیر نحوه برش، استفاده از مصالح مناسب، توجه به تغییرات فصلی مانند دما و رطوبت و کنترل کامل مراحل ساخت در کاهش نشست ناشی از انجام حفاری تاثیر بسزایی دارد.

### ۷.۷. قدردانی

در پایان از مساعدت و همکاری کارشناسان کمیسیون حفاری شهرداری مشهد مراتب تشکر و قدردانی بعمل می آید.

### ۸.۸. مراجع

1. Department of Public Works, *The Impact of Excavation on San Francisco Streets*. 1998.
۲. کمیسیون عالی هماهنگی امور اجرایی شهرهای کشور دستورالعمل نحوه هماهنگی و صدور مجوز حفاری در سطح شهرهای کشور. ۱۳۶۷.
3. Schaefer, V., et al., *Utility Cut Repair Techniques-Investigation Of Improved Cut Repair Techniques*. 2005. p. 159.
4. Transportation, D.O.P.W.A., *Pavement Cut And Repair Standards Manual*. 2003: City Of Dallas.
5. Ghataora, G.S. and I.M. Alobaidi, *assessment of the performance of trial trenches backfilled with cementious materials*. international Journal of Pavement Engineering, 2000.
- 6- Morched Zeghal and Elhussein H.Mohamad, *Reinstatement Of Utility Cuts: An Innovative Solution To An Old Problem*, APWA International Public Works Congress
۷. American Public Works Association, *Managing Utility Cuts*. 1997: Kansas City,MO.,
۸. Jayawickrama P, A.A.L.a.R.P.E., *Use of dynamic cone penetrometer to control compaction of granular fill* international Journal of Pavement Engineering 2000.



به نام خدا



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

کواهی ارائه مقاله

عنوان مقاله: بررسی علل نشست سطح زمین در محل کانال های زیر سطحی شهری

نویسندگان: نیکو ضیایی، سید احسان سیدی حسینی نیا

ضمن تشکر و قدردانی از نویسندگان محترم، کواهی می شود مقاله با مشخصات فوق از سوی کمیته علمی کنفرانس به صورت شفاهی پذیرش و در دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران ارائه و در کتاب و لوح فشرده مجموعه مقالات کنفرانس چاپ گردیده است.

دبیران کمیته علمی

دکتر سید محسن حائری، دکتر مهنوش بهگلری