دوازدهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۲۱ تا ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰
دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مطالعه موردی بررسی علل نشست بزرگراه بابانظر مشهد

نیکو ضیایی[۱]، محمد آقایی [۲]، سید احسان سیدی حسینی نیا [۳]

۱-کارشناس ارشد مهندسی عمران، مکانیک خاک و پی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- کارشناس ارشد سازه های هیدرلیکی مهندسی عمران

۳- دانشیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

:

nik.mahbano@gmail.com

خلاصه

پیرو نشست های غیریکنواخت در سطح بزرگراه شهید بابانظر مشهد ، بررسی دلیل رخداد نشست ها بر اساس بازدید میداتی، گمانه زنی و آزمایشات میدانی ژئوتکنیک شامل آزمون تعیین دانسیته در محل، آزمایش DP و آزمون های آزمایشگاهی شامل تعیین درصد رطوبت ،دانه بندی و حدود اتربرگ جهت طبقه بندی خاک،آزمون تعیین درصد تراکم (Rd)،تعیین نمودار تراکم نمونه خاک ، آزمون پرکتور استاندارد ،تعیین قابلیت رمبندگی خاک و آزمون برش مستقیم انجام گرفت. در ادامه برای بررسی دقیق تر طرح مطالعات ژئوفیزیک، مطالعه توموگرافی الکتریکی دوبعدی و روش ژئوفیزیکی الکترومغناطیس GPR انجام گردید. بر اساس نتیجه بررسیها لایه بندی و پروفیل بستر زمین بزرگراه شهید بابانظر در محدوده مورد مطالعه شامل لایه های روسازی، لایه خاک ریز دستی (به ضخامت ۱تا ۷ متر) و لایه خاک طبیعی شامل سلیت و رس به پایین بدست آمد. راهکارهای لازم برای تقویت و بهسازی بستر بزرگراه شامل روش جایگزین کردن مصالح سست و تراکم پذیر با مصالح مرغوب و استفاده از ریزشمع و ستون جت گروت بررسی و مقایسه اقتصادی طرح ها نیز انجام پذیرفت.

کلمات کلیدی: نشست غیریکنواخت ، بزرگراه بابانظر،GPR، ریزشمع ، ستون جت گروت

۱. مقدمه

در بخش هایی از بزرگراه شهید بابانظر واقع در شرق مشهد، نشست های نامتقارن رخ داده است که موجب ایجاد مشکل برای خودروهای گذرنده با سرعت زیاد هستند. در این مقاله به بررسی و مطالعه بستر بزرگراه پرداخت شده و در ادامه راهکارهای لازم برای رفع آن معرفی میشوند. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان میدهد.

شکل ۱ – منطقه مورد مطالعه [۱]

به عنوان اولین مرحله بررسی نقص حادث شده بازدید های میدانی از محل نشست انجام شد . ناهمواری های متعدد در سطح رویه راه مشاهده گردید . به منظور بررسی بیشتر دو چاهک دستی به عمق دو متر در محل نشست های بزرگ حفر گردید. بر اساس نتایج لاگ های حفاری وجود لایه آسفالت با ضخامت ۳۶۰ و ۶۰۰ میلیمتر بوده که با مقایسه با ضخامت اجرا در بزرگراه حدود ۱۷۰ میلیمتر است به این نتیجه میرسیم که نشست ها حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر میباشند.

۲. آزمایشات

۲–۱ مطالعات ژئوفیزیک[۲]

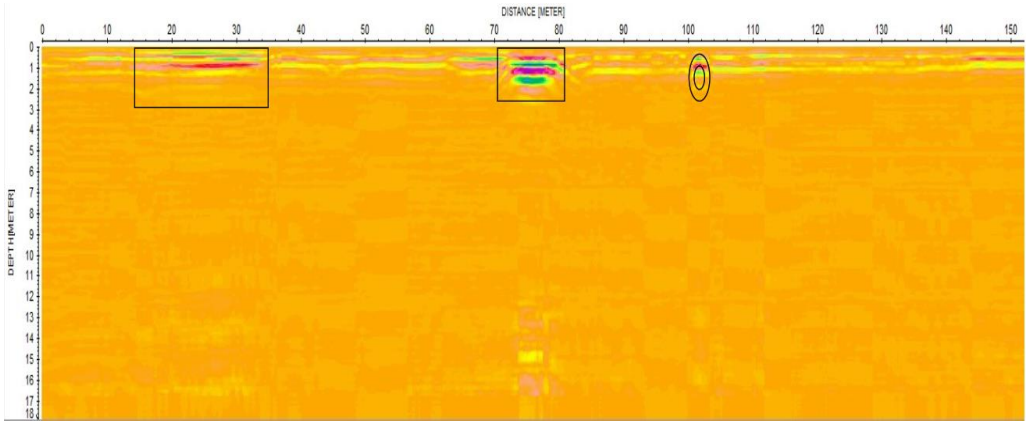
با توجه به گستردگی زمین از نظر طول (حدود ۱,۵ کیلومتر) و مساحت و نیاز به بررسی همه جانبه آن و کاهش هزینه ها، از روش های ژئوفیزیک استفاده گردید. با این روش ها کلیات وضعیت خاک محل بدست آمده و سپس برای تدقیق نتایج از حفاری و نمونه گیری استفاده میشود. در این پروژه از دو روش پخش امواج الکترومغناطیس و توموگرافی ژئوالکتریک دو بعدی استفاده شده است.

۲–۱–۱ روش GPR

با کمک دستگاه " رادار نفوذی زمین" یا GPR جهت برداشت وضعیت موجود زمین ت عمق حدود ۱۵ متری انجام گردید. اهداف این مطالعه شامل تشخیص مرز و ضخامت لایه ای مختلف بستر، تشخیص موقعیت و ابعاد تقریبی تاسیسات زیر زمینی، تشخیص فضاهای خالی زیر زمینی احتمالی و شناسایی ناپیوستگی های احتمالی در زیر زمین میباشد. با توجه به نتایج برداشت شده از پروفایل های اخذ شده موارد زیر مشاهده شد:

- وجود لایه های منحرف شده سطحی که نشان از نشست لایه های سطحی است. عمق این آنومالی ها تا دو متر مشاهده میشود.
- احتمال وجود لایه های سست و تراکم پذیر تا لایه های عمیق (حدود ۶ متر)
- وجود لوله های تاسیسات در عمق ۲ تا ۳ متری در برخی از نقاط
- سازه های زیرزمینی شامل گذرگاه های پیاده رو و گذرگاه خودرو

شکل ۲ نمونه از برداشت های با دستگاه GPR نشان داده شده است.



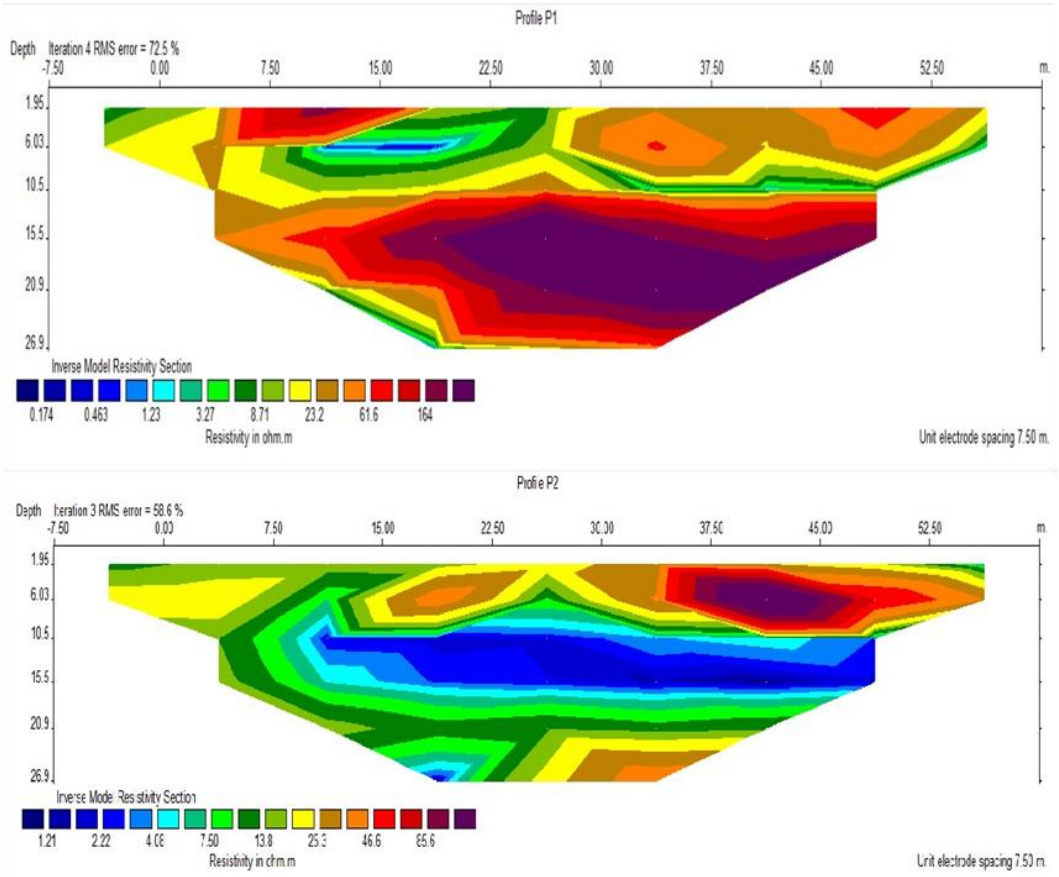
شکل ۲ – نمونه ای از نتایج GPR [۲]

۲-۱-۲ روش توموگرافی الکتریکی دو بعدی

در این روش با قراردادن الکترودهایی در زمین و با گذر جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی زمین برداشت میشود. تصاویری از انجام این آزمون و الکتروهای بکارگرفته شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل ۳ – انجام آزمایش توموگرافی الکتریکی دو بعدی[۱]

نتایج برداشت های پروفیل هادر شکل ۴ نشان داده شده است. در پروفیل عای ۱و ۲ آنومالی و بهم ریختگی عایی در خطوط تراز مقاومت زمین تا عمق ۷-۸ متر مشاهده میشود. در پروفیل ۳ مشاهده میشود که مقاومت الکتریکی در لایه به عمق ۴-۵ متری ابتدایی زیاد بوده و سپس کاهش میابد که نشان دهنده وجود لایه کم تراکم است.



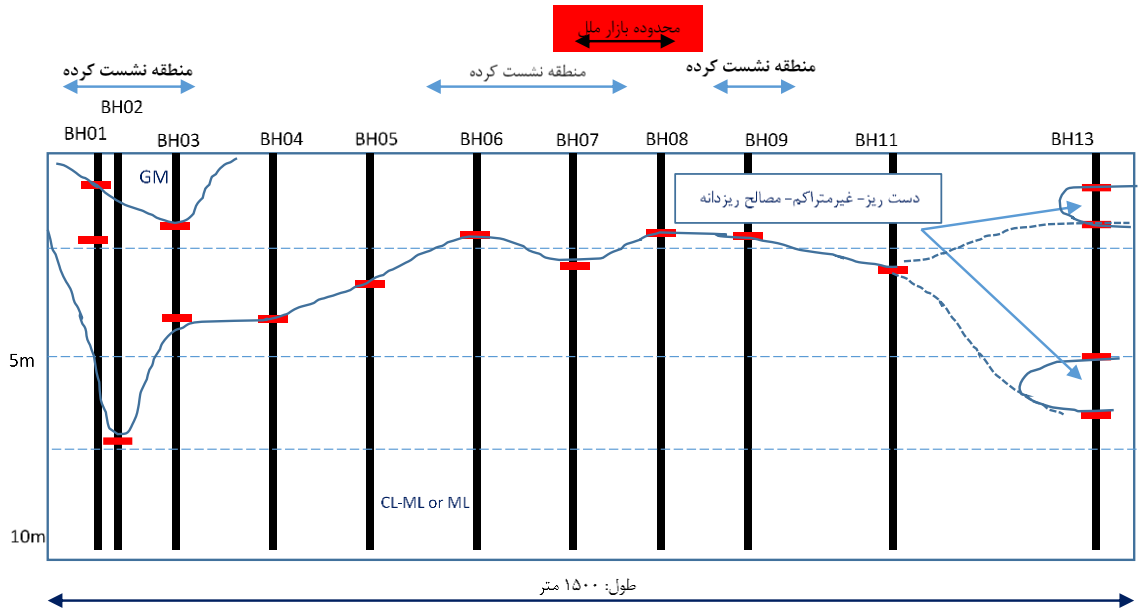
شکل ٤ – نمونه ای از پروفیل های آزمایش توموگرافی الکتریکی دو بعدی[۲]

۲–۲ مطالعات ژئوتکنیک [۱و۳]

جهت تکمیل مطالعات از مطالعات ژئوتکنیک و بررسی مستقیم خاک زمین استفاده شد. آزمون های میدانی شامل آزمون تعیین دانسیته در محل، آزمایش DP و آزمون های آزمایشگاهی شامل تعیین درصد رطوبت ،دانه بندی و حدود اتربرگ جهت طبقه بندی خاک،آزمون تعیین چگالی نسبی (Gs)،تعیین نمودار تراکم نمونه خاک ، آزمون پرکتور استاندارد ،تعیین قابلیت رمبندگی خاک و آزمون برش مستقیم انجام گرفت.

طبق بررسی خاک های حفاری شده از زمین ، مشاهده میشود که بخش زیادی از خاک بدست آمده بصورت خاک غیر طبیعی بوده و دارای نخاله ساختمانی و زایدات مصالح دیگر بوده است. وجود این مصالح علاوه بر ایجاد فضای خالی در توده خاک ، موجب میشود تا این توده به شدت تراکم پذیر شده و نشست های زیادی را به وجود آورد.

طبق نتایج بدست آمده و بر اساس لا گ گمانه های حفاری شده، بخش زیادی از خاک محل به صورت نخاله ساختمانی و خاک دست ریز از مصالح ریزدانه ML و CL-ML تشکیل شده است. لایه بندی بدست آمده در طول ۱,۵ کیلومتر به شرح شکل ۵ است.



شکل ۵ – لایه بندی خاک [۱]

مطابق شکل مشاهده میشود ضخامت لایه خاکریز در قسمت های متفاوت با هم یکسان نیست. نکات زیر قابل ذکر است:

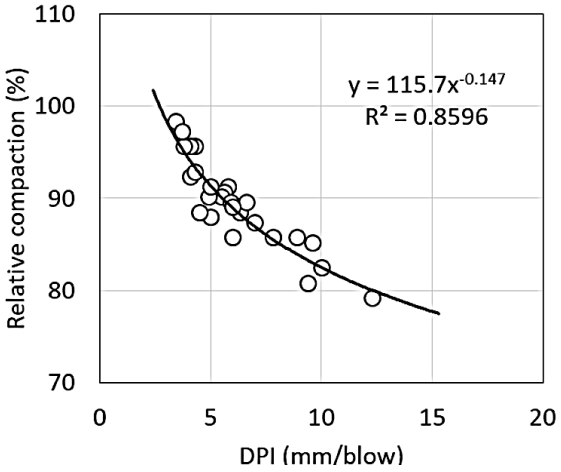
۱- توجه به محل گمانه ها (در ناحیه آیلند): این گمانه ها در دو طرف باندهای بزرگراه حفاری شده اند. در نتیجه افزایش و یا کاهش ضخامت لایه خاکریز میتواند به خاطر تفاوت در موقعیت گمانه ها نیز باشد.

۲- توجه به تغییر در عمق لایه خاکریز : مشاهده میشود در برخی از نقاط تغییر ضخامت وجود دارد . این گرادیان در ضخامت نشان از ناهمگنی زمین داشته و در نتیجه بر اثر بارگذاری روی آن اثر آن را میتوان به عنوان نشست های نابرابر در روی سطح زمین دید. شایان ذکر است بر اساس مشاهدات میدانی ، بیشترین نشست های سطحی در همین ناحیه ها نیز رخ داده است.

۳- توجه به نتایج ژئوفیزیک: گمانه ها فقط در یک نقطه حفاری شده اند، در صورتیکه با توجه به جریان آزاد و سه بعدی الکتریکی در برداشت ژئوالکتریک ، شرایط پیرامونی مسیر برداشت نیز در نتایج ژئوفیزیک انعکاس داشته است. لذا لازم است لایه بندی با توجه به جمیع نتایج حاصل از ژئوفیزیک و ژئوتکنیک تعیین شوند.

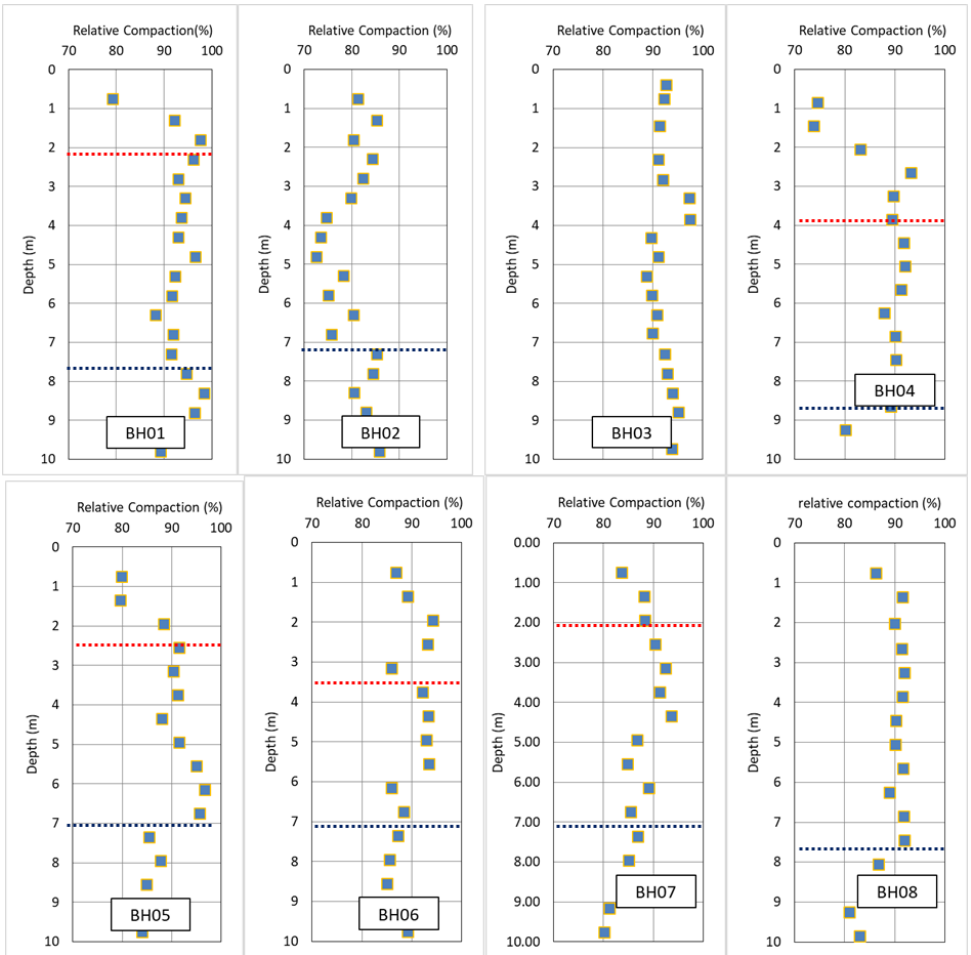
۲-۲-۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی[۳]

تراکم لایه ها: جهت تعین تراکم لایه ها از آزمون میدانی دانسیته در محل استفاده شده است. همچنین جهت کاهش هزینه ها، افزایش سرعت مطالعات و رد یابی بهتر تراکم لایه ها از آزمون DPL استفاده گردید. بدین صورت که با داشتن نتایج برجای آزمون دانسیته برقراری ارتباط با نتایج DPL میتوان رابطه ای تخمینی میان آن دو برقرار کرد. شکل ۶ این رابطه را نشام میدهد.



شکل ٦ – رابطه میان نفوذ- فرورفت آزمون DPL با درصد تراکم در خاک ریزدانه [۱]

بر اساس تحلیل نتایج درصد تراکم لایه ها در گمانه ها بدست آمده و مطابق شکل ۷ است. در اکثر گمانه ها تراکم لایه ها در عمق های سطحی تا حدود ۳ متر به حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد رسیده و سپس افزایش میابد به گونه ای که در عمق ۷ متری به حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد رسیده و از آن عمق تا ۱۰ متر کاهش یافته و به ۸۰ درصد میرسد. با توجه به نتایج میتوان درصد تراکم لایه خاک طبیعی را ۸۰ تا ۸۵ درصد در نظر گرفت.



شکل ۷ -تخمین تراکم لابه های خاک با عمق [۱]

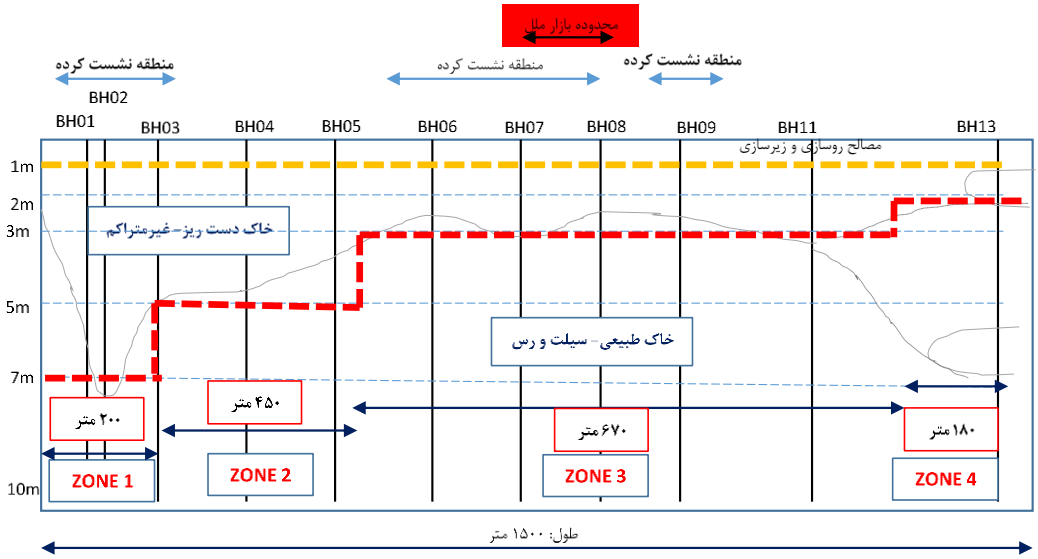
درجه رطوبت و درجه اشباع : در آزمایشگاه درصد رطوبت لایه ها بدست آمد که مقدار آن با عمق افزایش میابد.
مقدار درصد اشباع خاک در لایه های خاک نیز بدست آمد که مشاهده میشود در لایه های سطحی زیر ۵۰ درصد بوده ولی در لایه های زیرین به مقدار ۷۰ درصد میرسد.

پارامترهای تغییرشکلی خاک : آزمون تحکیم بر روی یک نمونه خاک انجام شد و با توجه به اینکه بستر بزرگراه اشباع نبوده است نشست تحکیمی نقشی در نشست های حادث شده ندارد.

۳. نتیجه‌گیری

با توجه به نکات گفته شده در بالا و جمع بندی حاصل از نتایج ژئوفیزیک و ژئوتکنیک ، پروفیل بستر زمین بزرگراه در محدوده مورد مطالعه به شرح زیر در نظر گرفته میشود:

- لایه های روسازی (مصالح روسازی راه شامل درشت دانه) با ضخامت متغیر و حدود یک متر
- لایه خاکریز دستی به ضخامت ۱ تا ۷ متر
- لایه خاک طبیعی شامل سیلت و رس به پایین



شکل ۸- لایه بندی بستر بزرگراه بابانظر در محدوده مورد مطالعه[۱]

در شکل ۸ منطقه بندی بستر بزرگراه نشان داده شده است. محدوده ۱۵۰۰ متر به ۴ منطقه مختلف با عمق های مختلف خاک دستریز طبقه بندی شده است.

۴. طرح های تثبیت و بهسازی بستر[۱]

در بخش های گذشته مشخص شد که نشست بستر بزرگراه بدلیل وجود لایه های عمیق سست و تراکم پذیر است. به عنوان اصولی ترین و ساده ترین شیوه بهسازی زمین ، روش جایگزین کردن مصالح سست و تراکم پذیر با مصالح مرغوب است. این روش شامل مراحل خاکبرداری و خاکریزی با مصالح سنگی و یا آب پاشی و کوبش لایه ای خاک طبق ضوابط و اصول مهندسی است. با توجه به اینکه ضخامت لایه های سست زیاد بوده و از طرف دیگر ، بزرگراه در دست بهره برداری و زیر ترافیک است به نظر میرسد استفاده از این روش گزینه مناسبی نباشد زیرا مستلزم وقت زیادی بابت مسدود شدن راه شده که این گزینه غیر عملی میشود.

راهکار دیگر در خصوص حل این مسئله ، استفاده از المان های سازه ای جهت انتقال بار اعمالی بر بستر به سمت لایه های تراکم ناپذیر زیرین زمین است. در این شیوه بستر راه به یک پد یا بالشتک یا دال قوی مجهز شده و بار اعمالی بر آن توسط شمع هایی به لایه های زیرین انتقال میابد. برای این پروژه با توجه به ضرورت اجرا در کمترین زمان دو نوع شمع شامل ریز شمع و ستون جت گروتینگ پیشنهاد میشود. برای پد از دال بتن مسلح استفاده میشود.

٤-١ برآورد تقریبی هزینه ها

در این بخش بر اساس عرض ۱۵ متر بزگراه و فهرست بها سال ۱۳۹۹ و مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان براورد هزینه ها انجام شده و در جدول ۱ خلاصه نتایج ارائه شده است.[۱]

جدول ۱ - براورد هزینه اجرای بهسازی با روشهای مختلف[۱]

روش بهسازی	براورد هزینه-ریال
اجرای بهسازی با ستون جت گروت	۳۱۱,۴۵۴,۳۳۷,۶۰۰
بهسازی با ریز شمع	۴۴۲,۶۲۳,۷۲۲,۸۰۰
بهسازی با روش جایگزینی	۱۵۲,۵۴۶,۳۰۷,۵۰۰

۵. قدردانی

از همکاری کارشناسان محترم شهرداری مشهد در معاونت عمران، حمل و نقل و ترافیک و همچنین شهرداری منطقه ۵ در یاری رساندن به انجام این پروژه قدردانی میگردد.

۶. مراجع

۱. سید احسان سیدی حسینی نیا(۱۳۹۹)، " گزارش *مطالعه و طرح تثبیت بستر بزرگراه شهید بابانظر مشهد* ". مشاور شهرداری مشهد

۲. مطالعات ژئوفیزیک جهت شناسایی زیر سطحی *بزرگراه شهید بابانظر مشهد ، زمستان ۱۳۹۸ موضوع نامه به شماره ۵/۹۸/۳۳۴۳۲۳ مورخ ۱۳۹۸/۱۱/۲۸ شهرداری منطقه ۵ شهر مشهد.*

۳. *شرکت مشاورین جهد آزما(۱۳۹۸)، گزارش مطالعات مکانیک خاک پروژه تثبیت بستر بزرگراه شهید بابانظر مشهد. شماره دفتر ۹۹/۵۶۳ مورخ ۱۳۹۹/۰۲/۱۶*