

بررسی گسیختگی و تغییر شکل مخرب در دیواره گودهای عمیق تحت تأثیر نوع مهاربندها

محمد مهدی میرزائی سرشت^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

کد مقاله: ۵۶۹۶۲

چکیده

با گسترش رشد شهرها نیاز به بلند مرتبه سازی و همچنین تامین فضای پارکینگ منجر شده است تا گودبرداری های عمیق و نیمه عمیقی در شهرهای بزرگ انجام گردد. یکی از مسائل مهم در گودبرداری های عمیق و نیمه عمیق طراحی سازه نگهدارنده مناسب و کنترل مقادیر جابه جایی های دیواره گود و خاک پشت گود است. هدف از انجام این تحقیق بررسی گسیختگی و تغییر شکل مخرب در دیواره گودهای عمیق تحت تأثیر نوع مهاربندها می باشد. در این پژوهش از نرم افزار Plaxis برای مدلسازی تحقیق استفاده می شود. در پژوهش حاضر مراحل گودبرداری دارای پنج مرحله است در مرحله اول شمع های سکانت کار گذاشته می شوند در مراحل دوم تا پنجم نیز گودبرداری اجرا و گود با استفاده از قیدهای فشاری و پشت بندافقی مهار می شود. در این پژوهش از سه نوع خاک استفاده می شود که برای هر یک از خاک های رس نرم، متوسط و سفت ۱۶ مدل اجزای محدود مورد تحلیل قرار گرفته اند که محققین برای شمع سکانت تنها حداکثر تغییر شکل جانبی دیوار گود آورده شده است لذا حداکثر تغییر شکل جانبی دیوار گود در ملاک صحت سنجی قرار گرفت. عمق گود $(H) 12/2$ متر، طول و عرض گود به ترتیب ۳۸ و ۲۲ متر و عمق گودبرداری شمع های سکانت $(D) 1/6$ متر است قطر شمع های سکانت ۰٫۹ متر می باشد. همچنین فاصله قیدهای فشاری $(SH) 6$ متر و فاصله پشت بندهای افقی $(SV) 8/3$ متر است. نتایج تحقیق نشان می دهد که حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰٫۵ He ایجاد می شود. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰٫۷۵ He ایجاد می شود. اثر نوع خاک روی بالا آمدگی کف گود برای قطر ۰٫۹ متر در جهت عرضی و طولی گود نشان داده شده است. حداکثر مقدار بالا آمدگی کف در جهت عرضی گود در فاصله حدود ۵ متری و در جهت طولی گود در فاصله حدود ۴٫۵ متری ایجاد می شود.

واژگان کلیدی: گسیختگی مخرب، تغییر شکل مخرب، گودهای عمیق، مهاربندها

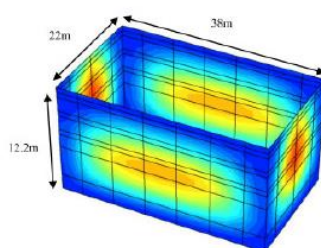
سیستم سازه ای مورد استفاده در ساختمان علاوه بر این که در طراحی سازه و در نتیجه میزان بار مرده سازه بالادست گود بسیار مؤثر است در مقدار سختی سازه مجاور گود برداری که از عوامل مهم مؤثر بر میزان نشست غیریکنواخت است، عامل تعیین کننده ای می باشد. به طوری که هر چه سیستم سازه ای صلبیت بیشتری داشته باشد میزان نشست غیر یکنواخت کمتر می شود. از این سیستم های سازه ای می توان به دیوار باربر، قاب خمشی، قاب مهاربندی شده دیوار برشی فولادی، دیوار برشی بتنی سیستم مقاوم همراه با خرپای متناوب، سیستم بازویی با تیر پیش آمده و خرپای کمربندی، سیستم لوله ای قاب شده و سیستم های ترکیبی اشاره کرد (Leung, 2007). قاب خمشی از نظر شکل پذیری شامل سه نوع ویژه متوسط و معمولی می باشد. قاب مهاربندی شده به دو نوع همگرا (CBF) و واگرا (EBF) تقسیم می شود. مهاربند های همگرا شامل دو نوع معمولی با شکل پذیری محدود و ویژه با شکل پذیری زیاد است ولی مهاربند های واگرا فقط نوع ویژه شکل پذیری زیاد را دارد. سیستم مقاوم همراه با خرپای متناوب معمولاً برای ارتفاع زیاد و در یک جهت به کار می رود و باید در جهت دیگر یک سیستم قائم مقاوم لرزه ای استفاده شود در این سیستم نیروی جانبی توسط اعضای قطری خرپا به ستون های پیرامونی منتقل می شود و ستون ها فقط تحت بار محوری هستند و در آن ها خمش وجود ندارد به همین دلیل یک سیستم کارا و بهینه است و طراحی آن نیز بسیار ساده باشد. ایجاد گود برداری با عمق های مختلف در مناطق شهری و خصوصاً در مراکز آن ها جهت احداث ساختمان های بلند و سازه های مهم امری اجتناب ناپذیر است (Hashash, 2003). عدم دقت در طرح، محاسبه و اجرای این گودبرداری ها و تأثیر آن ها روی سازه بالادست ممکن است خسارات جانی و مالی جبران ناپذیری به سازه بالادست گودبرداری وارد کند. عوامل متعددی بر میزان خرابی سازه بالادست گودبرداری مؤثرند که از آن جمله می توان به سیستم سازه ای، سربار سازه ای، تعداد طبقات، نوع فونداسیون، ارتفاع گودبرداری، نوع خاک و نوع سازه نگهدارنده اشاره کرد. با گسترش رشد شهرها نیاز به بلند مرتبه سازی و همچنین تامین فضای پارکینگ منجر شده است تا گودبرداری های عمیق و نیمه عمیقی در شهرهای بزرگ انجام گردد. یکی از مسائل مهم در گودبرداری های عمیق و نیمه عمیق طراحی سازه نگهدارنده مناسب و کنترل مقادیر جابه جایی های دیواره گود و خاک پشت گود است (Yang, 2014). از میان روش های گوناگون پایداری گود می توان به روش نیلینگ اشاره نمود که این روش جز روش های متداول بوده و دارای مزایای بسیاری می باشد. روش مناسب گودبرداری و پایداری سازی با توجه به جنس خاک، شرایط آب زیرزمینی، عمق و طول گودبرداری، موقعیت و شرایط ساختمان های مجاور، جابه جایی دیواره گود دائمی و یا موقت بودن سازه، مسئله زلزله بار دینامیکی ناشی از حرکت خودروها در مجاورت گود و هزینه های اجرای پروژه انتخاب می گردد. طراحی یک سازه نگهدارنده میخ کوبی بر اساس انتقال نیروی محرک توده خاک به نیلینگ و انتقال این نیروها به توده خاک ایمن است که به پارامترهای متعددی از جمله روش نصب و روش تزریق و مشخصات خاک و سازه نگهدارنده بستگی دارد که اساس کار روش میخ کوبی به این شکل است که نیلینگ ها اجرا شده و با خاک برداری عمق های بیشتر دیواره گود مقداری جابه جایی پیدا می کند که سبب فعال شدن عملکرد نیلینگ می شود (Chia-Cheng Fan 2014). سیستم قاب بتن آرمه مهاربندی شده با مهاربند فولادی یکی از انواع سیستم های مقاوم در برابر بارهای جانبی از قبیل زلزله می باشد که دارای سختی کافی برای کنترل تغییر مکان جانبی بوده تا از وقوع هر گونه خسارت سازه ای و غیر سازه ای در طی زمین لرزه های متوسط ولی مکرر جلوگیری به عمل آورد و همچنین دارای شکل پذیری مناسبی باشد تا تحت زلزله های شدید از فرو ریزش سازه جلوگیری نماید. مسئله مهم نحوه اتصال مهاربندها و تمرکز تنش و ترک خوردگی در موضع تماس به قاب های بتنی بیان می دارد که نوع اتصال مهاربندهای فولادی به قاب بتنی علاوه بر اینکه می بایست قابلیت اجرایی ساده و کم هزینه داشته باشد، نحوه اتصال و ادوات آن می تواند در نتایج به دست آمده از تحلیل اعم از شکل پذیری، مقاومت سختی و غیره نقش مهمی را ایفا کند (Kheyroddin, 2020). لازم به ذکر است که اتصال مهاربندهای فولادی به قاب بتنی نه تنها در مورد مقاوم سازی و بهسازی ساختمان های موجود حائز اهمیت است بلکه در ساختمان های بتنی که از ابتدا طراحی و ساخت می شوند نیز کاربرد داشته و نیاز به شناخت خصوصیات لرزه ای همچون ضریب شکل چنین سیستمی است. تغییر شکل و روند آن در سازه های مهندسی عمران تحت بارهای دست ساز یا محیطی داده ها و اطلاعات مهمی برای تشخیص و پیش آگهی شرایط ایمنی و بهداشت سازه است. تغییر شکل بیش از حد گسترده و قابل توجه می تواند عملکرد و دوام سازه ها را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت می تواند زندگی انسان و اموال عمومی را تهدید کند (Li, 2021). اجرای نظارت و پیش بینی تغییر شکل با دقت بالا برای اطمینان از یکپارچگی و ایمنی سازه ضروری است. بسیاری از فناوری های حسگر پیشرفته، مانند اسکن لیزری زمینی، سیستم های ماهواره ای ناوبری جهانی و تکنیک های پردازش تصویر، برای اندازه گیری تغییر شکل یا جابجایی محلی یا جهانی سازه ها مورد بهره برداری قرار گرفته اند. این یک واقعیت است که شکست ساختاری ناشی از تغییر شکل زیاد یک فرآیند تدریجی تحت عوامل خارجی مختلف است که با داده های نظارت طولانی مدت همراه است. از این رو یک مدل پیش بینی کننده می تواند برای ردیابی روند تغییر شکل و ارائه نشانه های اولیه از زوال ذاتی و آشفته گی خارجی سازه ها توسعه یابد (Mahmoodzadeh, 2021). به عنوان دارایی های اجتماعی مهم، به ویژه سازه های

عمرانی بزرگ مانند سدها و پل ها معمولاً، داده های نظارتی از مکان های مختلف برای به دست آوردن وضعیت تغییر شکل کلی آن ها مورد نیاز است که چالش بزرگی را برای به موقع بودن و دقت مدل های پیش بینی تغییر شکل ایجاد می کند. هدف از انجام این تحقیق بررسی گسیختگی و تغییر شکل مخرب در دیواره گودهای عمیق تحت تاثیر نوع مهاربندها می باشد. جانکی (۱۳۹۸) در تحقیقی به بیان با توجه به اینکه استفاده از سیستم سازه نگهدارنده دیوار گودبرداری شده نیلینگ و انکراژ جهت پایداری گود در کشورمان متداول است و مطالعات مختصری در این خصوص گزارش شده است از این رو این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه رفتار لرزه‌ای گودهای کم عمق و عمیق پایدار شده براساس دو روش نیلینگ (میخ کوبی) انکراژ انجام شد. نتایج پژوهش از اهمیت به سزایی برخوردار است، زیرا می‌تواند مبنایی برای رفع مشکلات یا بهبود وضعیت موجود شده و راه را برای رسیدن به وضعیت مطلوب هموار سازد. به منظور ارزیابی و مقایسه رفتار لرزه‌ای گودهای کم عمق و عمیق پایدار شده براساس دو روش نیلینگ (میخ کوبی) و انکراژ از چند مدل مطالعاتی استفاده شد و در برنامه اباکوس مورد مدل سازی قرار گرفت بعد از اتمام مدلسازی، نتایج مقایسه و ارزیابی شد (Seo, 2014). با توجه به بررسی‌های انجام شده با افزایش عمق گودبرداری از ۴ به ۱۰ متر میزان جابجایی ۳۸ درصد افزایش، نیرو ۸۰ درصد افزایش، کرنش ۹۹ درصد کاهش و تنش ۴۵ درصد کاهش می‌یابد، با تغییر سیستم سازه نگهدارنده از نیلینگ به انکراژ میزان جابجایی ۱۱ درصد کاهش، نیرو ۵ درصد کاهش، کرنش ۱۳ درصد کاهش و تنش ۲۲ درصد کاهش می‌یابد، با تغییر نوع زلزله از حالت دور از کسل به نزدیک کسل میزان جابجایی ۱۰ درصد افزایش، نیرو ۱۷ درصد افزایش، کرنش ۵۷ درصد افزایش و تنش ۹ درصد افزایش می‌یابد. براساس نتایج موجود می‌توانیم تاثیر تغییر پارامترها را از هم مشاهده نماییم. ابتدا تاثیر فاصله زلزله از کسل را مورد بررسی قرار می‌دهیم که با توجه به نتایج زلزله نزدیک گسل اثرات مخرب‌تری را از خود نشان می‌دهد و همچنین سیستم مقاوم سازی انکراژ نسبت به نیلینگ نتایج مطلوب‌تری را از خود نشان می‌دهد (Wang, 2014). نتایج نشان می‌دهد که هرچه عمق گود بیشتر می‌شود تاثیر نوع دو روش مقاوم سازی گود افزایش می‌یابد. به عنوان یک نتیجه از این تحقیق می‌توان گفت که نشست خاک زمین مجاور گود به صورت سهمی شکل است و بیشترین نشست در نزدیکی بر گود اتفاق می‌افتد. همچنین تغییر شکل دیواره گود تقریباً به شکل طره‌ای است و بیشترین تغییر شکل دیواره گود در قسمت بالای آن اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد که گسیختگی و تغییر شکل مخرب در دیواره گودهای عمیق در نوع مهاربندها تاثیر دارد. افزایش عمق گودبرداری به ویژه در مناطق شهری در مجاورت ساختمان ها و معابر اهمیت ویژه ای دارد و تأمین پایداری و کنترل جابه جایی های دیواره گود و پشت دیواره باید با دقت بررسی شود (Mingjing Jiang, 2013). در این شرایط بعضی از روش های پایدار سازی گود قابلیت اجرایی خود را از دست می دهند و بر اساس قوانین آئین نامه ای گودبرداری عمیق در شرایطی مجاز است که ایمنی سازه های مجاور را به خطر نیندازد.

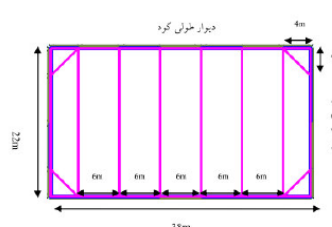
۲- روش تحقیق

در این پژوهش از نرم افزار Plaxis برای مدلسازی تحقیق استفاده می شود. در پژوهش حاضر مراحل گودبرداری دارای پنج مرحله است در مرحله اول شمع های سکانت کار گذاشته می شوند در مراحل دوم تا پنجم نیز گودبرداری اجرا و گود با استفاده از قیادهای فشاری و پشت بندافقی مهار می شود. در این پژوهش از سه نوع خاک استفاده می شود که برای هر یک از خاک های رس نرم، متوسط و سفت ۱۶ مدل اجزای محدود مورد تحلیل قرار گرفته اند که محققین برای شمع سکانت تنها حداکثر تغییر شکل جانبی دیوار گود آورده شده است لذا حداکثر تغییر شکل جانبی دیوار گود در ملاک صحت سنجی قرار گرفت. عمق گود $12/2(H)$ متر، طول و عرض گود به ترتیب ۳۸ و ۲۲ متر و عمق گودبرداری شمع های سکانت $6/1(D)$ متر است قطر شمع های سکانت ۰٫۹ متر می باشد. همچنین فاصله قیادهای فشاری (SH) ۶ متر و فاصله پشت بندهای افقی (SV) $3/8$ متر است.

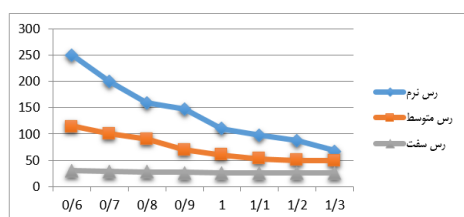
۳- یافته ها



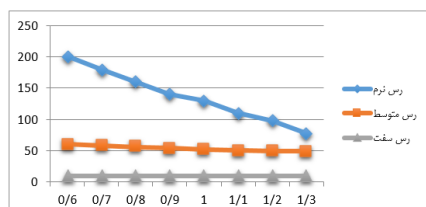
شکل ۲. هندسه دیواره گود و مهاربندی در مدل سه بعدی دیوار گود



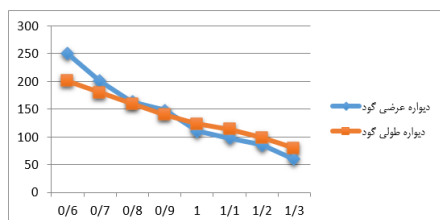
شکل ۱. هندسه دیواره گود و مهاربندی برای پلان پشت بند افقی و مهار فشاری



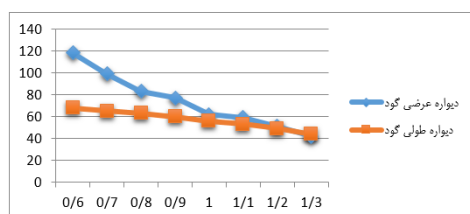
نمودار ۱. حداکثر تغییر مکان جانبی دیواره عرضی گود



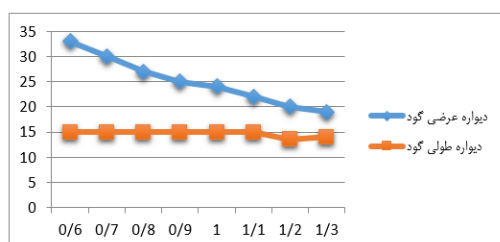
نمودار ۲. حداکثر تغییر مکان جانبی دیواره طولی گود



نمودار ۳. مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار گود در خاک رس نرم



نمودار ۴. مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار گود در خاک رس متوسط



نمودار ۵. مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار گود در خاک رس سفت

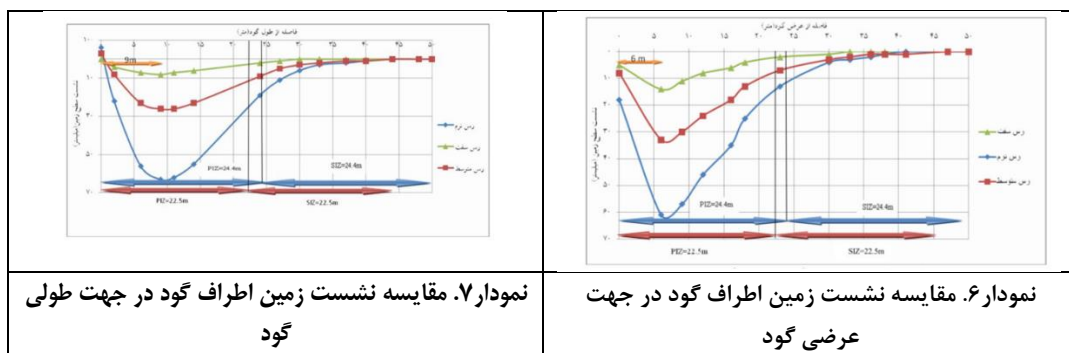
با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱ با افزایش قطر شمع‌های سکانت از ۰٫۶ متر به ۱٫۳ متر حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار عرضی گود در خاک رس نرم حدود ۷۴ درصد، در خاک رس متوسط حدود ۶۲ درصد و در خاک رس سفت حدود ۴۲ درصد کاهش می‌یابد.

با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۲ با افزایش قطر شمع‌های سکانت از ۰٫۶ متر به ۱٫۳ متر حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار طولی گود در خاک رس نرم حدود ۶۰ درصد، در خاک رس متوسط حدود ۳۲ درصد و در خاک رس سفت حدود ۷ درصد کاهش می‌یابد.

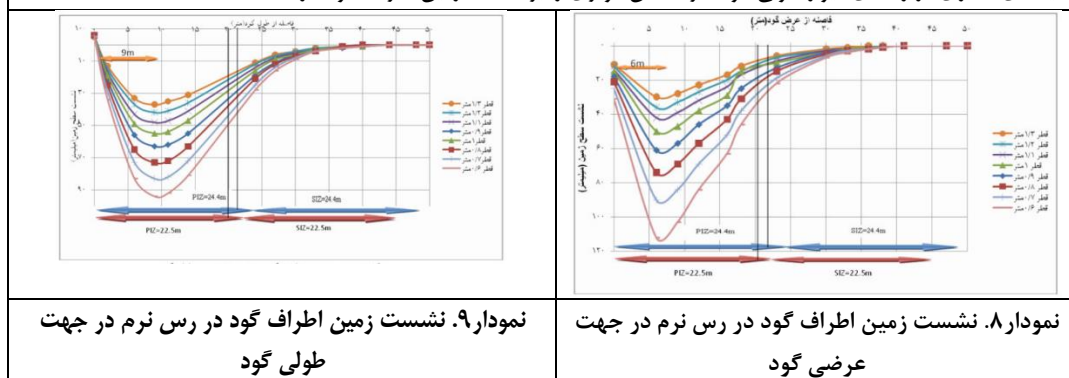
با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۳ در خاک رس نرم تا قطر ۰٫۹ متر تغییر مکان دیوار عرضی گود بیش از دیوار طولی است اما از قطر ۰٫۹۵ متر به بعد تغییر مکان دیوار طولی گود بیش از دیوار عرضی می‌شود و اثر گوشه نمایان می‌شود.

با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۴ تغییر مکان جانبی دیوارهای طولی و عرضی گود در خاک رس متوسط را نشان می‌دهد، اثر گوشه از قطر ۱٫۲۵ متر به بعد نمایان می‌شود.

با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۵ تغییر مکان جانبی دیوارهای طولی و عرضی گود در خاک رس سفت نشان داده شده است. می‌توان چنین استنباط کرد که اگر قطر را بیش از ۱٫۳ متر افزایش دهیم در قطری مشخص اثر گوشه نمایان خواهد شد.

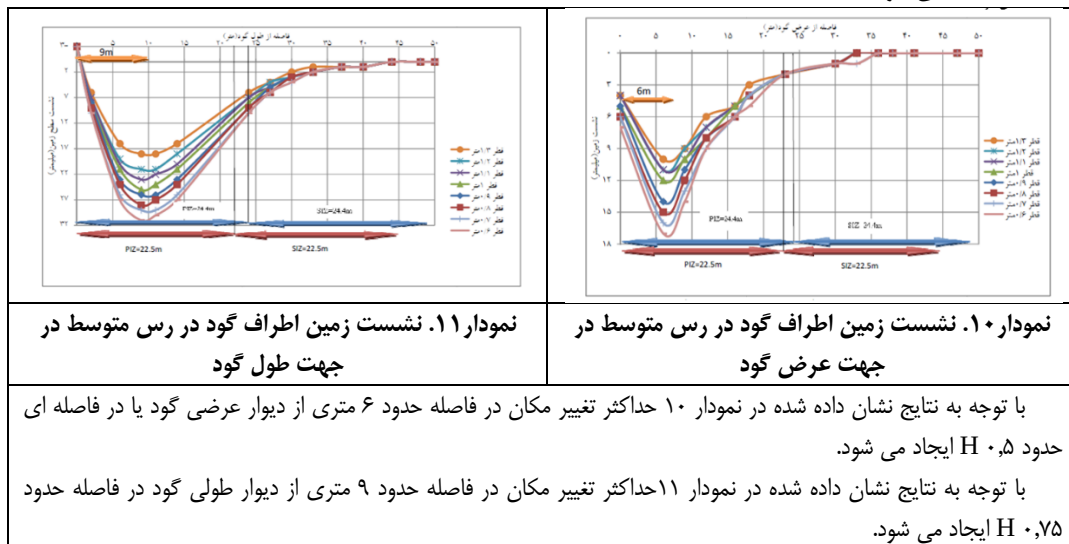


با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۶ و ۷ تغییر خاک رس از نرم به سفت باعث کاهش ۷۷ درصدی نشست زمین مجاور گود در جهت عرضی و کاهش ۸۷ درصدی نشست زمین مجاور گود در جهت طولی می شود. لذا می توان گفت که وجود قیدهای فشاری در راستای دیوار طولی گود، اثر کاهش موثری را بر نشست زمین اطراف گود دارد.



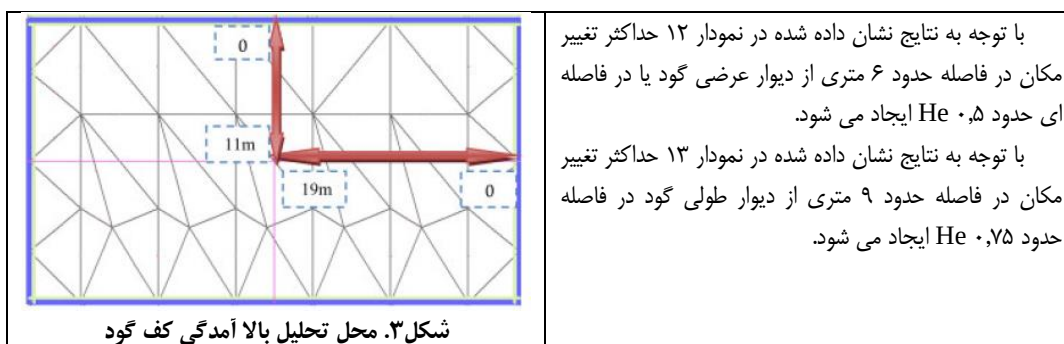
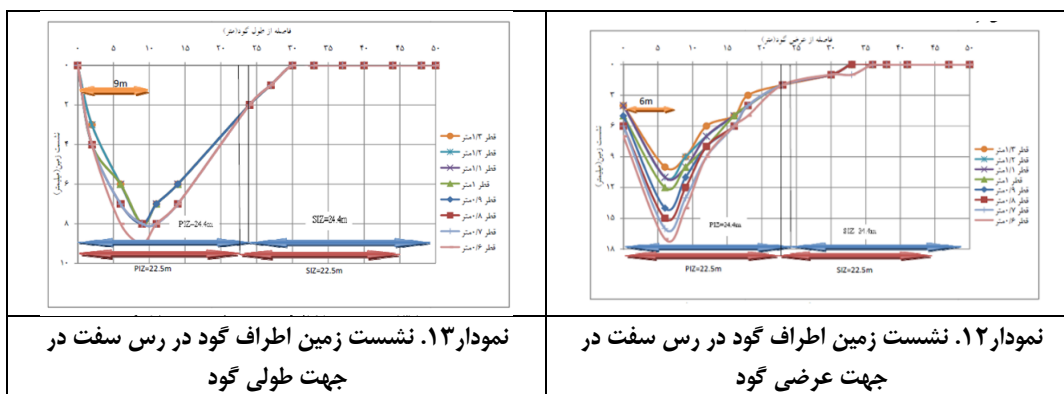
با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۸ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۵،۵ He ایجاد می شود.

با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۹ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰،۷۵ H ایجاد می شود.



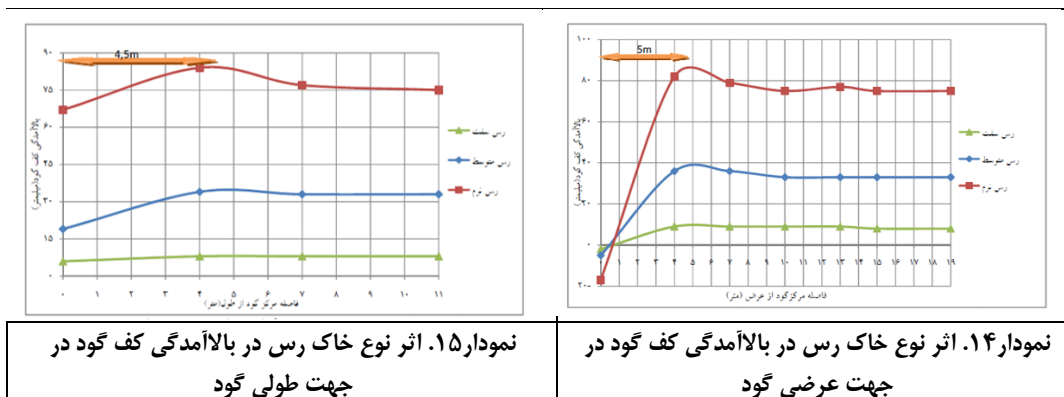
با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۰ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۵،۵ H ایجاد می شود.

با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۱ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰،۷۵ H ایجاد می شود.



با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۲ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ He ایجاد می شود.

با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۳ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ He ایجاد می شود.



با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودارهای ۱۴ و ۱۵ اثر نوع خاک روی بالا آمدگی کف گود برای قطر ۰,۹ متر در جهت عرضی و طولی گود نشان داده شده است. حداکثر مقدار بالا آمدگی کف در جهت عرضی گود در فاصله حدود ۵ متری و در جهت طولی گود در فاصله حدود ۴,۵ متری ایجاد می شود.

جدول ۱. اثر قطر شمع های سکانت روی نشست زمین مجاور گود

نوع خاک رس	نرم	متوسط	سفت
کاهش نشست در جهت عرضی (درصد)	۷۳	۶۷	۴۱
کاهش نشست در جهت طولی (درصد)	۶۱	۴۱	۱۱

جدول ۲. اثر افزایش قطر شمع های سکانت روی بالا آمدگی گود

نوع خاک رس	نرم	متوسط	سفت
کاهش بالا آمدگی کف گود در جهت عرضی (درصد)	۵۴	۴۲	۲۰
کاهش بالا آمدگی کف گود در جهت طولی (درصد)	۵۶	۳۷	۱۱

نتایج

تغییر خاک رس از نرم به سفت باعث کاهش ۷۷ درصدی نشست زمین مجاور گود در جهت عرضی و کاهش ۸۷ درصدی نشست زمین مجاور گود در جهت طولی می شود. لذا می توان گفت که وجود قیدهای فشاری در راستای دیوار طولی گود، اثر

کاهش موثری را بر نشست زمین اطراف گود دارد. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ He ایجاد می شود. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ H ایجاد می شود. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ H ایجاد می شود. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ H ایجاد می شود. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ He ایجاد می شود. حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ He ایجاد می شود. اثر نوع خاک روی بالا آمدگی کف گود برای قطر ۰,۹ متر در جهت عرضی و طولی گود نشان داده شده است. حداکثر مقدار بالا آمدگی کف در جهت عرضی گود در فاصله حدود ۵ متری و در جهت طولی گود در فاصله حدود ۴,۵ متری ایجاد می شود.

۴- نتیجه گیری

گودبرداری یکی از فعالیت های عمرانی است که به منظورهای مختلف مثل تخریب و گود برداری یک ساختمان فرسوده برای ساخت مجدد، رسیدن به تراز بکر، حفاظت فونداسیون ها در برابر یخبندان، احداث کانال ها، مخازن زیرزمینی و احداث پارکینگ انجام می شود. گودبرداری به هر گونه حفاری و خاک برداری در تراز پایین تر از سطح طبیعی زمین یا در تراز پایین تر از زیر پی ساختمان مجاور اطلاق می شود. در این پژوهش از نرم افزار Plaxis برای مدلسازی تحقیق استفاده می شود. در پژوهش حاضر مراحل گودبرداری دارای پنج مرحله است در مرحله اول شمع های سکانت کار گذاشته می شوند در مراحل دوم تا پنجم نیز گودبرداری اجرا و گود با استفاده از قیدهای فشاری و پشت بندافقی مهار می شود. در این پژوهش از سه نوع خاک استفاده می شود که برای هر یک از خاک های رس نرم، متوسط و سفت ۱۶ مدل اجزای محدود مورد تحلیل قرار گرفته اند که محققین برای شمع سکانت تنها حداکثر تغییر شکل جانبی دیوار گود آورده شده است لذا حداکثر تغییر شکل جانبی دیوار گود در ملاک صحت سنجی قرار گرفت. عمق گود $12/2(H)$ متر، طول و عرض گود به ترتیب ۳۸ و ۲۲ متر و عمق گودبرداری شمع های سکانت $6/1(D)$ متر است قطر شمع های سکانت ۰,۹ متر می باشد. همچنین فاصله قیدهای فشاری (SH) ۶ متر و فاصله پشت بندهای افقی (SV) $3/8$ متر است. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱ با افزایش قطر شمع های سکانت از ۰,۶ متر به ۱,۳ متر حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار عرضی گود در خاک رس نرم حدود ۷۴ درصد، در خاک رس متوسط حدود ۶۲ درصد و در خاک رس سفت حدود ۴۲ درصد کاهش می یابد. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۲ با افزایش قطر شمع های سکانت از ۰,۶ متر به ۱,۳ متر حداکثر تغییر مکان جانبی دیوار طولی گود در خاک رس نرم حدود ۶۰ درصد، در خاک رس متوسط حدود ۳۲ درصد و در خاک رس سفت حدود ۷ درصد کاهش می یابد. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۳ در خاک رس نرم تا قطر ۰,۹ متر تغییر مکان دیوار عرضی گود بیش از دیوار طولی است اما از قطر ۰,۹۵ متر به بعد تغییر مکان دیوار طولی گود بیش از دیوار عرضی می شود و اثر گوشه نمایان می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۴ تغییر مکان جانبی دیوارهای طولی و عرضی گود در خاک رس متوسط را نشان می دهد، اثر گوشه از قطر ۱,۲۵ متر به بعد نمایان می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۵ تغییر مکان جانبی دیوارهای طولی و عرضی گود در خاک رس سفت نشان داده شده است. می توان چنین استنباط کرد که اگر قطر را بیش از ۱,۳ متر افزایش دهیم در قطری مشخص اثر گوشه نمایان خواهد شد با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۶ و ۷ تغییر خاک رس از نرم به سفت باعث کاهش ۷۷ درصدی نشست زمین مجاور گود در جهت عرضی و کاهش ۸۷ درصدی نشست زمین مجاور گود در جهت طولی می شود. لذا می توان گفت که وجود قیدهای فشاری در راستای دیوار طولی گود، اثر کاهش موثری را بر نشست زمین اطراف گود دارد. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۸ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ He ایجاد می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۹ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ H ایجاد می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۰ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ H ایجاد می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۱ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ H ایجاد می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۲ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۶ متری از دیوار عرضی گود یا در فاصله ای حدود ۰,۵ He ایجاد می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودار ۱۳ حداکثر تغییر مکان در فاصله حدود ۹ متری از دیوار طولی گود در فاصله حدود ۰,۷۵ He ایجاد می شود. با توجه به نتایج نشان داده شده در نمودارهای ۱۴ و ۱۵ اثر نوع خاک روی بالا آمدگی کف گود برای قطر ۰,۹ متر در جهت عرضی و طولی گود نشان داده شده است. حداکثر مقدار بالا آمدگی کف در جهت عرضی گود در فاصله حدود ۵ متری و در جهت طولی گود در فاصله حدود ۴,۵ متری ایجاد می شود نتایج تحقیق ما با پژوهش ناصحی (۱۳۹۶) تحت عنوان بررسی سیستم میخکوبی خاک با در نظر گرفتن تراز آب زیر زمینی و تغییرات خاک در عملکرد سیستم به این نتایج که میزان تغییر شکل ها و پایداری سازه نگهبان در گود برداری عمیق به روش میخ کوبی در عمق

های ۱۲،۹۶ متری در شرایط خاک های SC و GW در حضور آب زیر زمینی و بدون حضور آب زیر زمینی در حالت اجرای میخ ها با زاویه ۵۰،۱۰،۱۵،۲۰ درجه مورد بررسی قرار رفته است. مشاهده می شود که تقریباً در همه ی مدل ها زاویه قرار گیری ۵ و ۱۰ درجه برای نیل ها چه در حضور آب زیر زمینی و چه در عدم حضور آن بهترین زاویه قرارگیری می باشد. تغییر شکل دیواره و سطح زمین در خاک SC بیشتر از خاک GW می باشد دست یافت.

پیشنهادهای

-پیشنهاد می شود با توجه به اینکه در عمل معمولاً چند لایه خاک در زمین وجود دارد برای مدل سازی های بعدی چند لایه خاک در نظر گرفته شود.

-پیشنهاد می شود شمع های درجای مدل شده از نوع سکانت با دیواره دیافراگمی از نظر عملکرد تفاوتی نداشتند و تنها از نظر روش اجرا متفاوت بودند لذا شمع های درجا با فاصله از هم مدل شوند.

منابع

۱. رضا جانکی، محمد سیروس پاکباز (۱۳۹۸) ارزیابی و مقایسه رفتار لرزه ای گودهای کم عمق و عمیق پایدار شده براساس دو روش نیلینگ (میخ کوبی) انکراژ و پیشنهاد ها، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان، دانشکده عمران و معماری
۲. مهران ناصحی، فرزاد فرخزاد (۱۳۹۶) بررسی سیستم میخکوبی خاک با در نظر گرفتن تراز آب زیر زمینی و تغییرات خاک در عملکرد سیستم، موسسه آموزش عالی صنعتی مازندران، دانشکده مهندسی عمران و معماری
3. Leung, E.H.Y. and Ng, C.W.W. (2007). "Wall and Ground Movements Associated with Deep Excavations Supported by Cast In-Situ Wall in Mixed Ground Conditions", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.133, No.2, pp.129-143.
4. Hashash, Y.M.A., Marulanda, C., Ghaboussi, J. and Jung, S. (2003). "Systematic Update of a Deep Excavation Model Using Field Performance Data", Computers and Geotechnics, Vol.30, No.6, pp.477-488.
5. Yang, Y.Yin, J.H., Yuan, J.X., and Schulyer, J.N., (2014). An expert system for selection of retaining walls and groundwater controls in deep excavation,"J. Computers and Geotechnics, Vol. 30, PP. 707-719
6. Chia-Cheng Fan, Jiun-Hung Luo. (2014) Numerical study on the optimum layout of soil-nailed slopes. Computers and Geotechnics. Volume 35, Issue 4, Pages 585-599
7. Mingjing Jiang, Zhifu Shen, Fangyuan Zhu. (2013) Numerical analyses of braced excavation in granular grounds: continuum and discrete element approaches" Granular Matter 15. pp195-208.
8. Kheyroddin, M. Gholhaki, Gh. Pachideh, (2020) Seismic evaluation of reinforced concrete moment frames retrofitted with steel braces using IDA and Pushover methods in the near fault field (in Persian), Amirkabir J. Civil Eng., 52(5) 1-16.
9. S. Li et al. (2021) A recurrent neural network framework with an adaptive training strategy for long-time predictive modeling of nonlinear dynamical systems J. Sound Vib.
- A. Mahmoodzadeh et al. (2021) Forecasting sidewall displacement of underground caverns using machine learning techniques Autom. Constr.
10. H.J. Seo, I.M. Lee, S.W. Lee, (2014) Optimization of soil nailing design considering three failure modes, KSCE J. Civ. Eng. 18 488-496.
11. Y.S. Wang, L.H. Wu, (2014) The engineering application of new method for calculating seismic active earth pressure of soil-nailing retaining structures, Adv. Mater. Res. 86-89