نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۷، شماره ۲ (تابستان ۱۳۹۶)، ۲۱-۲۷ پیاپی ۸۷

بررسی اثرات تغییر مکان ناشی از گودبرداری بر سازه مجاور در مناطق شهری (مطالعه موردی شهر ایلام)

سجاد توکلی [۱]، محمدحسین امین‌فر *[۲]، محمود عدالتی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری ژئوتکنیک، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز
[۲] دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز
[۳] استادیار دانشکده فنی، دانشگاه ایلام

(دریافت: ۹۵/۱/۲۶، پذیرش: ۹۵/۸/۹، نشر آنلاین: ۹۵/۸/۱۰)

چکیده

امروزه با توجه به کمبود فضا و گسترش فرهنگ آپارتمان نشینی در مناطق شهری، برای دسترسی به فضای کافی و نیز بستر مناسب در بیشتر پروژه‌ها گودبرداری امری اجتناب ناپذیر است. طراحی نادرست و عدم رعایت اصول ایمنی در حفاظت از گود و ساختمان‌های مجاور آن منجر به ایجاد خسارات جبران ناپذیری خواهد شد. در این تحقیق اهمیت درنظرگیری تغییر شکل‌ها در محیط اطراف محل گودبرداری و میزان تأثیر این تغییرمکان‌ها بر روی سازه‌های اطراف مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. برای این هدف اثر سختی سازه مجاور بر حرکت زمین حاصل از گودبرداری لحاظ شده است. برای این منظور از تقابل دو برنامه اجزاء محدود Etabs و Plaxis و مدل رفتاری خاک سخت شونده برای مصالح زمین استفاده شده است. برای لحاظ نمودن تأثیر سختی سازه مجاور از یک ساختمان بتنی با سیستم مهاربندی قاب خمشی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که سختی سازه مجاور تأثیر قابل توجهی در کنترل تغییر مکان زمین به علت گودبرداری دارد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل عددی، گودبرداری، اندرکنش گودبرداری- سازه مجاور، سازه مجاور، نشست زمین.

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشکلات و دغدغه‌ها در مهندسی ژئوتکنیک، حفاظت از گودبرداری و ساختمان‌های مجاور آن می‌باشد. مخاطرات به وجود آمده ناشی از نشست‌های احتمالی، تقلیل ظرفیت باربری و تغییر مکان‌های جانبی بوده که موجب ایجاد ترک در سازه‌های مجاور گود و بعضاً تخریب آن‌ها می‌گردد. بنابر این لزوم درنظر گیری حرکات زمین و تخمین میزان تغییر شکل‌های ناشی از گودبرداری با استفاده از روش‌های عددی روشن و واضح است. چرا که روش‌های کلاسیک تنها ضریب اطمینان پایداری ترانشه را بعد از گودبرداری نتیجه داده و هیچ گونه اطلاعاتی در مورد تغییر مکان‌ها به دست نمی‌دهد. در این تحقیق سعی شده است که اهمیت درنظر گیری تغییر شکل‌ها در محیط اطراف محل گودبرداری و میزان تأثیر این تغییر مکان‌ها بر روی سازه‌های اطراف مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. در این راستا اثر سختی سازه مجاور بر حرکت زمین حاصل از گودبرداری تعیین کننده خواهد بود، چرا که مشکل اساسی در گودبرداری در مناطق شهری با بافت قدیمی و حتی نوساز (شامل ساختمان‌های ضعیف از نظر سازه‌ای)، تأثیر مراحل مختلف گودبرداری بر سازه مجاور و بالعکس اندرکنش گودبرداری- سازه مجاور می‌باشد.

عوامل مختلفی در رفتار سیستم گودبرداری مؤثر است که از آن جمله می‌توان به نحوه مدل کردن سازه‌های مجاور محل گودبرداری اشاره کرد که خود بستگی به وزن، هندسه و سختی سازه مجاور دارد. مطالعات متنوعی از طرف محققان مختلف در این زمینه انجام گرفته است.

ذوالقدر و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی پایداری دیواره‌های گودبرداری پروژه یاس تهران، به این نتیجه رسیدند که تغییرشکل‌های پیش‌بینی شده توسط مدل‌های عددی، مقادیری بیشتر از واقعیت را نشان می‌دهد. بنابر این راهکارهایی برای بهبود روند مدل‌سازی و نزدیک شدن نتایج حاصل از مدل به مقادیر واقعی براساس تحلیل‌های برگشتی را ارائه نمودند.

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۴۳۱۱۲۸۱۳

آدرس ایمیل: sajadtavakoli@tabrizu.ac.ir (س. توکلی)، aminfar@tabrizu.ac.ir (م. ح. امین‌فر)، edalati.mahmoud@ilam.ac.ir (م. عدالتی)

Archive of SID
www.SID.ir

سبزی و همکاران (۱۳۹۰) از روش استفاده از تیرک‌های مایل برای کاهش تغییر شکل و جلوگیری از آسیب به سازه‌های مجاور استفاده کرده‌اند و با استفاده از مدل‌سازی عددی، عوامل مؤثر در این روش را مطالعه نموده و توانسته‌اند محدودیت مناسب پارامترهای اصلی برای اجرای ایمن این روش را توصیه نمایند. در مورد مطالعات انجام گرفته توسط سایر محققان به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

گودبرداری‌هایی که در مناطق شهری انجام می‌گیرد، جابجایی قائم سطح خاک اطراف گود و سازه‌های هم‌جوار، بهتر و بیشتر از جابجایی افقی دیواره‌های مهاربندی شده در طی فرایند ساخت و ساز قابل مشاهده‌اند (Horodecki و Dembicki ۲۰۱۴).

Clough و همکاران (۱۹۹۰) با انجام یک مجموعه مطالعات تجربی، شامل برداشت‌های محلی از حفاری‌های انجام شده در خاک‌های مختلف تخمینی از پرفیل نشست سطح زمین ناشی از گودبرداری برای خاک‌های رسی و ماسه‌ای ارائه داده‌اند.

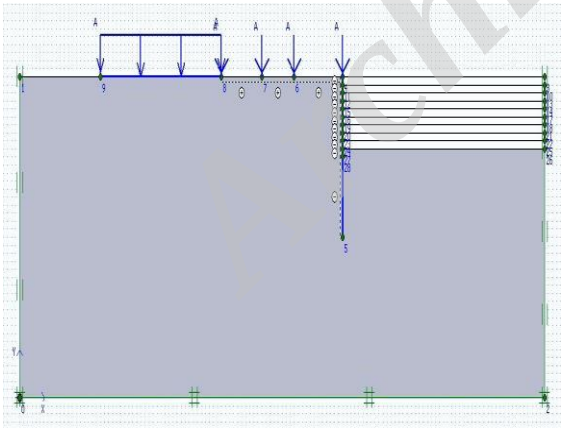
Seok و همکاران (۲۰۰۱) با ایجاد یک مدل آزمایشی، نشست ساختمان مجاور ناشی از گودبرداری مهاربندی شده را مطالعه کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که اگر ساختمان مجاور گود در عمقی از سطح زمین باشد، میزان حرکت زمین بستگی به مقدار این عمق خواهد داشت.

ملکی و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر وزن ساختمان مجاور در محاسبات کلاسیک و اجزاء محدود، به عنوان پدیده‌ای کاملاً مشخص در مهندسی ژئوتکنیک وارد شده و اصولاً با اضافه شدن وزن، میزان تغییر مکان‌ها افزایش و ضریب اطمینان پایداری کاهش می‌یابد. هندسه سازه از نظر ابعاد در پلان و فاصله آن از دیواره گودبرداری می‌تواند نقش مهمی در میزان تغییر مکان‌های محیط بازی کند. اصولاً یک تحلیل سه بعدی می‌تواند تأثیر هندسه را به خوبی اعمال کند. تأثیر سختی سازه مجاور، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است و در محاسبات کلاسیک و اجزاء محدود، غالباً وزن ساختمان به صورت یک سربار معادل در سطحی انعطاف‌پذیر، اعمال می‌شود.

به نظر می‌رسد، از یک طرف سختی سازه مجاور نقش قابل توجهی در کنترل تغییر مکان در دیواره گود و سطح زمین داشته باشد و از طرف دیگر گودبرداری باعث تغییر در نیروهای داخلی اعضاء سازه گردد. لذا در مطالعه حاضر به بررسی این موضوع در نقاط مختلف شهر ایلام پرداخته شده است. بدین منظور، بعد از نمونه‌گیری از پروژه‌های در حال اجرا در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه (شهر ایلام) و انجام آزمایشات لازم و تعیین پارامترهای رفتاری خاک در این نقاط (به کمک روابط همبستگی)، یک مجموعه تحلیل اجزاء محدود انجام شده است. مدل رفتاری برای خاک نیز مدل خاک سخت شونده می‌باشد. برای در نظر گیری تأثیر سختی سازه مجاور از ساختمان بتنی با سیستم قاب خمشی با هندسه و بارگذاری واقعی استفاده شده است. از آن‌جایی که نرم افزارهای ژئوتکنیکی توان مدل کردن سازه را با جزئیات کامل ندارند، برای دست‌یابی به این اهداف از تقابل دو برنامه اجزاء محدود Etabs و Plaxis استفاده شده است.

۲- مدل هندسی

یک گود به عرض ۲۵ و عمق ۵ متر در خاک درشت دانه با سازه نگهبان از نوع سپر بتنی طره‌ای پیش ساخته به ضخامت ۶۰ سانتی‌متر که به عمق (ریشه) ۳/۲ متر (که با استفاده از بار معادل سازه به صورت گسترده و روش تحلیل کلاسیک به دست آمده است) در خاک کوبیده شده، در نظر گرفته شده است (شکل (۱)). این سپر بتنی پیش‌ساخته با استفاده از شمع کوب در محل از پیش تعیین شده در اطراف محل گودبرداری و تا عمق مورد نظر در خاک کوبیده شده است. یک ساختمان پنج طبقه (با احتساب خرپشته به عنوان یک طبقه) اسکلت بتنی که مدل هندسی آن در شکل (۲) نشان داده شده است، در مجاورت گود قرار دارد. شالوده این ساختمان از نوع شبکه‌ای و به عرض ۱۲۰ سانتی‌متر و ضخامت ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد. فاصله قاب‌ها در امتداد عمود بر صفحه ۶ متر بوده که برای تحلیل در حالت کرنش مسطح و جهت انتقال نتایج به نرم افزار Plaxis، بارهای به دست آمده در پای ستون‌ها (بار محوری و برشی)، بر این عدد تقسیم شده‌اند.



شکل ۱- مدل هندسی گودبرداری و سازه مجاور آن

۳- مدل رفتاری مورد استفاده

کد محاسباتی Plaxis یک مجموعه مدل رفتاری را به کاربر ارائه می‌دهد که مناسب‌ترین آن برای مطالعه حاضر مدل ارتجاعی- خمیری با سخت‌شوندگی است. این مدل توسعه‌ای از مدل مور کلمب غیر متحد است.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲- مدل هندسی قاب بتنی تحلیل شده

در واقع معایب عمده مدل مورکلمب را با اضافه کردن یک سطح کلاهکی برای مدل کردن جریان خمیری تحت تنش‌های همسان و نیز بیان جریان خمیری قبل از خرابی با اعمال قانون سخت‌شوندگی همسان، برطرف می‌سازد. پارامتر سخت‌شوندگی به وسیله کرنش انحرافی کنترل کننده سطح تسلیم انحرافی و همچنین کرنش حجمی خمیری کنترل کننده ناحیه کلاهکی است. مدول سخت‌شوندگی و مدول‌های ارتجاعی تابع تنش محدود کننده در نظر گرفته شده‌اند (توکلی و ملکی، ۱۳۸۷). ویژگی‌های اساسی این مدل عبارت است از:

- مدول‌های سخت‌شوندگی خمیری و ارتجاعی وابسته به تنش بر طبق قانون توان (وابستگی توانی سختی به تنش)
- رابطه سهمی بین کرنش و تنش انحرافی برای مسیر تنش در آزمایش سه محوری
- تفکیک بارگذاری اولیه نسبت به باربرداری- بارگذاری مجدد
- سطح خرابی منطبق بر معیار کلمب

با این همه این مدل صرفاً در مسائل استاتیکی کاربرد داشته و برخی جنبه‌های مهم رفتاری چون وابستگی سطح خرابی به تنش محصور کننده و نیز مفهوم حالت بحرانی را در نظر نمی‌گیرد.

این مدل دارای هشت پارامتر است که خوشبختانه اکثر آنها دارای تعبیر فیزیکی بوده و با انجام آزمایش‌ها در آزمایشگاه به راحتی قابل تخمین هستند. این پارامترها عبارتند از:

c: چسبندگی خاک

ϕ: زاویه اصطکاک داخلی حداکثر خاک

ψ: زاویه اتساع خاک

E_{ref}^{50}: سختی سکانتی در آزمایش سه محوری استاندارد در تنش محصور کننده مرجع $\sigma_3=p_{ref}$

E_{ode}^{50}: سختی مماسی حاصله از آزمایش تحکیم

E_{ur}^{ref}: سختی خاک در حالت باربرداری- بارگذاری مجدد

ν_{ur}: نسبت پواسون در حالت باربرداری- بارگذاری مجدد

R_f: نسبت خرابی، برابر q_f/q_a (خودکار برنامه $R_f=۰/۹$ را در نظر می‌گیرد).

m: پارامتر بیان کننده میزان وابستگی سختی خاک به سطح تنش محصور کننده (توکلی و ملکی، ۱۳۸۷).

۴- پارامترهای مدل رفتاری

همان‌گونه که در بخش مقدمه گفته شد در تحقیق حاضر از ۱۳ پروژه در منطقه مورد مطالعه (شهر ایلام) که در آن‌ها مجموعاً تعداد ۴۲ گمانه حفاری شده است (شکل (۳))، نمونه-گیری انجام شده که مشخصات مربوط به این گمانه‌ها در جدول (۱) آمده است. پارامترهای مقاومتی خاک در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان (وابسته به وزارت راه و شهرسازی) با انجام آزمایشات لازم تعیین شده و به تبع آن‌ها پارامترهای مدل رفتاری نیز به دست آمده‌اند که نتایج نمونه‌ای از این آزمایشات که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته، در جدول (۲) ارائه شده است. برای سیستم سپر و پی مدل رفتاری از نوع ارتجاعی خطی همسان در نظر گرفته شده است که مقدار مدول ارتجاعی ۲۵۰۰۰ مگاپاسکال و ضریب پواسن نیز ۰/۱۵ می‌باشد (توکلی، ۱۳۹۲).

۵- تحلیل گود با در نظرگیری سازه مجاور

با توجه به این که نرم‌افزار Plaxis امکان تحلیل مجموعه خاک و سازه با هم را ندارد، لذا از نرم‌افزار Etabs به عنوان برنامه کمکی استفاده شده است. برای این منظور ابتدا سازه با استفاده از برنامه Etabs تحت بارگذاری، تحلیل شده و مقدار بار پای هر یک از ستون‌ها قرائت می‌گردد. مقدار بارهای فوق به مدل اجزاء محدود در برنامه Plaxis اعمال می‌شود. عملیات گودبرداری با برداشت لایه‌های ۵۰ سانتی‌متری خاک در تحلیل اجزاء محدود، مدل شده است. با برداشت هر لایه ۵۰ سانتی-متری یک بار تحلیل توسط نرم‌افزار صورت می‌گیرد. با انجام این کار تغییر مکان‌هایی در زیر نقاط بارگذاری شده ایجاد می-شود.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۳- موقعیت گمانه‌های حفاری شده در منطقه مورد مطالعه (فریدی، ۱۳۹۱)

جدول ۱- مشخصات گمانه‌های حفاری شده (فریدی، ۱۳۹۱)

تعداد و عمق گمانه‌ها	عمق نمونه گیری	جنس لایه خاک	محل حفر گمانه
یک گمانه ۱۰ متری	۰-۲ متری	GC	انبار شرکت نفت ایلام
۲ گمانه ۳۵ متری	۴-۶ متری	GC-GM	بیمارستان ۳۲۰ تختخوابی
۴ گمانه ۳۲ تا ۳۵ متری	۲-۴ متری	GM	بیمارستان ۳۲۰ تختخوابی
۲ گمانه ۲۵ متری	۴-۶ متری	GC	پل تقاطع غیر همسطح پیامبر اعظم
۲ گمانه ۲۰ و ۳۰ متری	۰-۲ متری	GC-GM	سرپرستی بانک انصار
۶ گمانه ۲۶ تا ۳۰ متری	۲-۴ متری	GM	مجتمع قضایی شماره ۲
۳ گمانه ۱۸ متری	۶-۸ متری	CL	ساختمان اداری دانشگاه پیام نور
۲ گمانه ۲۰ متری	۴-۶ متری	GC	ساختمان آمفی تئاتر دانشگاه پیام نور
۳ گمانه ۱۵ متری	۰-۲ متری	GC	ساختمان پزشکی قانونی
۴ گمانه ۳ تا ۱۵ متری	۲-۴ متری	CL-CM	بانک انصار میدان سعدی
۸ گمانه ۲ تا ۷ متری	۰-۲ متری	CL	زندان ایلام
۲ گمانه ۱۰ متری	۴-۶ متری	GC	جایگاه CNG هفت چشمه
۳ گمانه ۷ تا ۲۰ متری	۶-۸ متری	GC	استانداری ایلام

جدول ۲- پارامترهای مدل رفتاری برای خاک مورد مطالعه (توکلی، ۱۳۹۲)

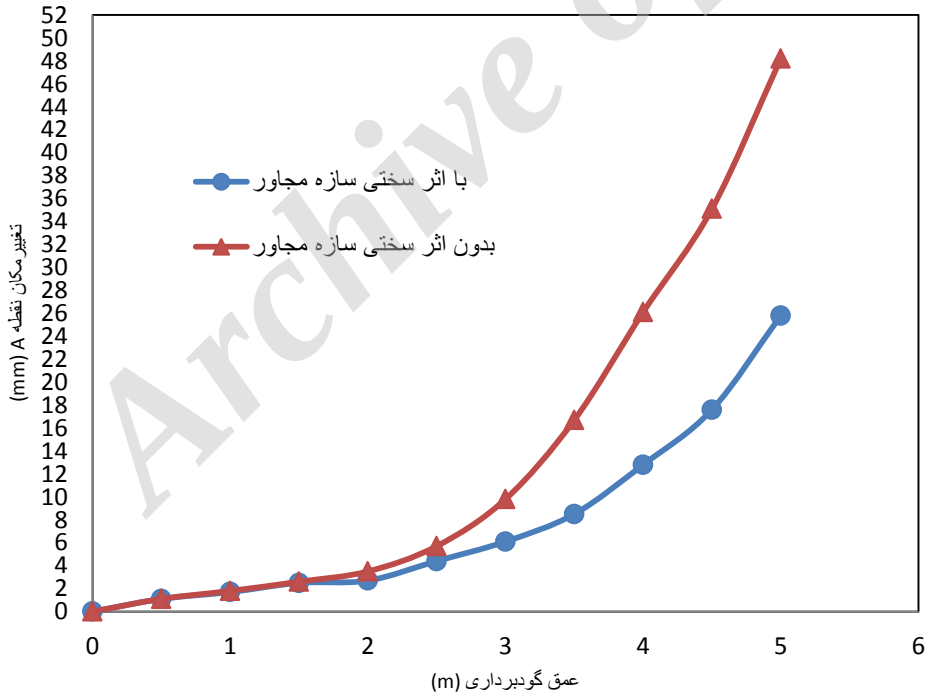
E_{50}^{ref} (kN/m²)	E_{oed}^{ref} (kN/m²)	E_{ur}^{ref} (kN/m²)	m	C (kN/m²)	ϕ (degree)	ψ (degree)	ν_{ur}	R_f
۵۵۰۰۰	۷۵۰۰۰	۱۶۵۰۰۰	۰/۶	۰/۰۵	۳۲	۲	۰/۲	۰/۹

در ادامه این تغییر مکان‌ها به سازه اعمال و سازه با نرم‌افزار Etabs تحلیل شده و نیروهای داخلی جدید در المان‌های سازه به دست می‌آید. با داشتن این مجموعه بارهای جدید، دومین لایه ۵۰ سانتی‌متری خاک برداشته می‌شود که منجر به ایجاد تغییر مکان‌هایی در پای ستون‌ها می‌گردد و مجدداً از نرم‌افزار Plaxis استفاده می‌شود. عملیات فوق با برداشتن لایه‌های متوالی تا مرحله خرابی ادامه پیدا می‌کند. لازم به ذکر است که در هر بار تحلیل با Plaxis نیروهای مؤثر از سازه به گود، جدید

Archive of SID

www.SID.ir

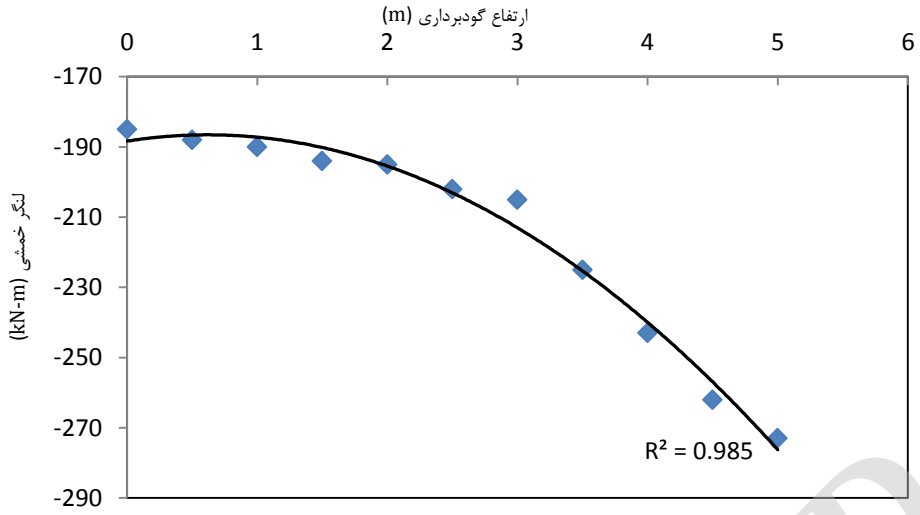
است. میزان تغییر در نیروهای المان‌های سازه بستگی به هندسه و سختی سازه دارد. بدین ترتیب، تأثیر سختی سازه در میدان تغییر مکان زمین ناشی از گودبرداری لحاظ می‌شود. همان‌گونه که در مدل اجزاء محدود شکل (۱) دیده می‌شود و با توجه به آن که خاک درشت‌دانه و فاقد چسبندگی است، سرباری به‌اندازه ۱۰ کیلونیوتن بر متر مربع در محدوده چپ سازه با هدف جلوگیری از مشکل عددی اعمال شده است. در همه تحلیل‌ها در فصل مشترک خاک با پی از المان مخصوص فصل مشترک استفاده شده است. در نرم‌افزار Plaxis مدل کردن فصل مشترک با اعمال ضرایب کاهش دهنده روی مشخصات مکانیکی مصالح صورت می‌گیرد. در این تحقیق ضریب کاهش دهنده اصطکاک از ۰/۶ تا ۰/۷۵ متغیر در نظر گرفته شده است. در مقابل تحلیل‌های فوق، یک مجموعه تحلیل عددی دیگر بدون در نظرگیری تأثیر سختی سازه مجاور انجام شده است. برای این منظور بارهای وارده در پای ستون‌ها به شالوده (حاصل از اولین تحلیل با برنامه Etabs) تا انتهای عملیات گودبرداری ثابت می‌ماند. در خصوص تأثیر سازه مجاور، تغییر مکان نقطه A، پای ستون مجاور گود مطابق شکل (۱) در دو حالت با و بدون در نظرگیری سختی سازه مجاور نسبت به عمق گودبرداری در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش عمق گودبرداری تأثیر سختی هم بیشتر شده و میزان تغییر مکان کاهش می‌یابد. در رابطه با تأثیر گودبرداری بر سیستم سازه‌ای نیز می‌توان گفت به همان اندازه که سختی ساختمان مجاور اثر مثبتی در کاهش میزان تغییر مکان‌های ناشی از گودبرداری دارد، خود سازه هم در حین و بعد از عملیات حفاری تحت تأثیر گودبرداری است. ایجاد تغییر مکان‌های نامتقارن زیر شالوده سازه مجاور، باعث تغییر در نیروهای داخلی اعضاء می‌گردد. به عنوان نمونه، تغییر در لنگر خمشی و نیروی برشی در تیر طبقه اول نزدیک به گود (تیر شماره ۱۳ در شکل (۲))، بستگی به ارتفاع گودبرداری، در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده است. بر اساس این شکل‌ها برای عمق ۵ متر، مقدار لنگر منفی در این تیر از ۱۸۵/۱ به ۲۷۳/۴ کیلونیوتن متر (حدوداً ۴۷/۷ درصد) افزایش یافته است. همچنین نیروی برشی در این تیر از مقدار ۱۵۵/۲۳ به ۱۸۷/۱ کیلونیوتن (حدوداً ۲۰/۵ درصد) افزایش یافته است.



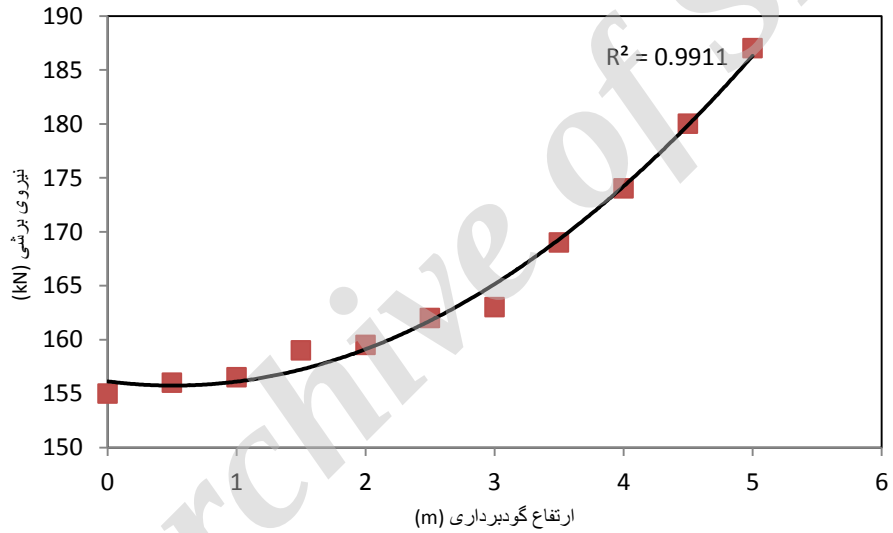
شکل ۴- تأثیر سختی سازه مجاور در تغییر مکان نقطه A

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- تأثیر گودبرداری بر میزان لنگر خمشی در تیر شماره ۱۳ در شکل (۲)



شکل ۶- تأثیر گودبرداری بر میزان نیروی برشی در تیر شماره ۱۳ در شکل (۲)

۶- نتیجه‌گیری

از جمله عوامل مؤثر در تحلیل عددی گودبرداری‌های مهاربندی شده، اندرکنش گودبرداری و سازه مجاور آن است. در مطالعه حاضر به بررسی تأثیر سختی ساختمان مجاور گود بر گودبرداری و همچنین تأثیر گودبرداری بر نیروهای داخلی سازه مجاور آن پرداخته شده است. بر اساس تحلیل‌های انجام گرفته نتایج زیر به دست آمده است:

۱- امکان تحلیل عددی سازه‌های ژئوتکنیکی با در نظر گرفتن هندسه و شرایط مرزی، با استفاده از کدهای محاسباتی اجزاء محدود مانند PLAXIS، FLAC و ABAQUS با انتخاب مدل رفتاری مناسب برای مهندسان طراح فراهم شده است. بنابر این در خصوص گودبرداری‌ها در محیط‌های شهری لازم است اندرکنش گودبرداری و سازه مجاور آن به شکل مطلوبی در طرح و محاسبه لحاظ گردد.

۲- سختی سازه مجاور در تحلیل عددی سیستم گودبرداری تأثیرگذار است. در بسیاری از حالات، این تأثیر منجر به کاهش تغییرمکان‌های افقی و کاهش نیروهای داخلی سیستم مهاربند گود می‌شود.

۳- سختی سازه مجاور باعث می‌شود تغییرمکان‌های افقی حداکثر در نواحی پایین دیواره گود اتفاق افتد. در صورتی که در حالت بدون درنظرگیری سختی، تغییر مکان‌های افقی حداکثر در نزدیکی سطح زمین رخ می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

۴- ایجاد گود باعث افزایش نیروهای داخلی در اعضاء سازه مجاور آن می‌گردد. بنابر این درنظرگیری این تأثیر نیازمند تحلیل عددی با درنظرگیری جزئیات کامل سازه‌ای است.

۷- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا مراتب تقدیر و تشکر خود از کمک‌ها و همکاری‌های مسئولین شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی مکانیک خاک استان ایلام (وابسته به وزارت راه و شهرسازی) را اعلام نمایند.

۸- مراجع

ذوالقدر ع، یثربی ش، "استفاده از میخکوبی خاک در پایدار سازی دیواره‌های گودبرداری‌های عمیق- مطالعه موردی"، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰ دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

سبزی ز، فاخر ع، "ارائه حدود مناسب استفاده از تیرک مایل برای گودبرداری در مناطق شهری"، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

Horodecki GA, Dembicki E, “Impact of Deep Excavation on Nearby Urban Area”, Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid/Spain, Millpress Science Publ., 575-580, 2014.

Clough GW, O’Rourke TD, Construction induced movements of in - situ walls, Proc., ASCE Conf. on Des. and Perf. of Earth Retaining Struct. Geotech. Spec. 25, ASCE, New York, 439-470, 1990.

Seok JW, Kim OY, Chung CK, Kim MM, "Evaluation of ground and building settlement near braced excavation sites model testing", Canadian Geotechnical Journal, October 2001, Vol. 2001, 38(11), 1127-1133.

ملکی م، بائی ب، بیتی م، "بررسی تأثیر اندرکنش گودبرداری و سازه مجاور آن در تحلیل گودبرداری‌ها در محیطهای شهری"، نشریه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، سال بیست و یکم، شماره دو، ۱۳۸۹.

Manual PLAXIS, Finite element code for soil and rock plasticity, Delft University of Technology, Netherlands.

توکلی س، ملکی م، "عوامل مؤثر در نشست پی‌های گسترده با نگرشی ویژه بر تخمین و توزیع سختی فنرها در تحلیل و طراحی این پی‌ها"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی سینا، ۱۳۸۷.

توکلی س، "بررسی اثرات گودبرداری خاک درشت دانه بر حرکت زمین در مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر ایلام)"، طرح پژوهشی، دانشگاه جامع علمی کاربردی ایلام ۱ (پارسیان)، ۱۳۹۲.

فریدی ع، "پهنه‌بندی شهر ایلام از نظر پارامترهای مقاومت برشی خاک با استفاده از نرم‌افزار GIS"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق، ۱۳۹۱.

Archive of SID

www.SID.ir