

توصیه هایی برای بهبود گودبرداری های سنتی در تهران با استفاده از تیرکهای مايل در مجاورت ساختمان همسایه

علی فاخر

دانشیار دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

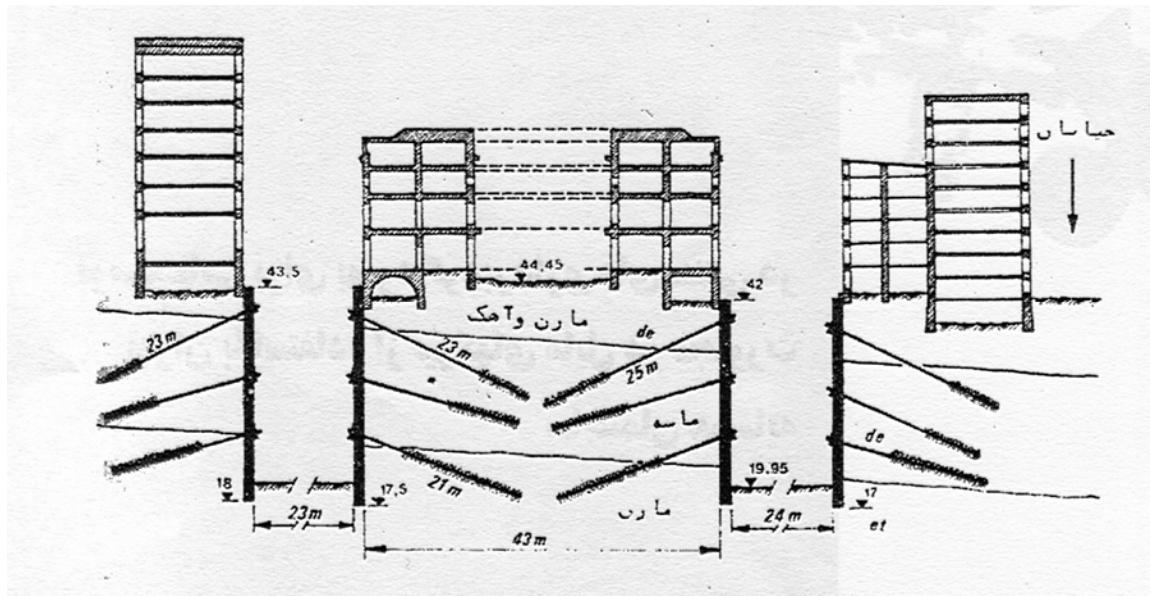
afakher@ut.ac.ir

چکیده

گودبرداری های سنتی با استفاده از تیرکهای مايل در مجاورت ساختمان همسایه در ابتدا تشریح شده و سپس مکانیزم عملکرد آنها به نقل از تحقیقات قبلی مولف بیان گردیده است. سپس در بخش اصلی این مقاله توصیه هایی برای بهبود گودبرداری های سنتی در مجاورت ساختمان همسایه ارائه شده است. لازم است تیرک مايل به اعضای باربر ساختمان همسایه مثل ستون و پی متصل گردد و اتصالاتی با تحمل بار برابر ساختمان همسایه مثل ستون و پی متصل گردد و اتصالاتی با تحمل بار برشی قائم برای دیوارهای آجری باربر بکار رود. اتصال تیرک مايل به پی ساختمان همسایه بیش از اتصال به ستون و دیوار باربر موثر است. لازم است پی مناسب برای محل اتصال تیرک مايل به گود در نظر گرفته شود. همچنین توصیه می گردد که گودبرداری بصورت مرحله ای انجام شود. بدینصورت که نخست حاشیه خاکی در اطراف گود باقی گذاشته شود و گودبرداری تا نیمی از عمق انجام گيرد. سپس تیرک ها نصب شود و بعد گودبرداری تکمیل گردد.

۱- مقدمه

در شهر تهران شاهد خراب های جزئی و کلی ساختمانهای مجاور گو بوده ایم. آمار گزارش شده از سوی سازمان آتش نشانی خاکی از و خامت اوضاع می باشد (ناسخیان ۱۳۸۲). بطور متوسط در هر روز یک حادثه ریزش ساختمان مجاور گود ناشی از گودبرداری غیر اصولی در تهران اتفاق میافتد که موجب زیان مالی و جانی شهروندان می گردد. این حوادث لزوم تحقیق و آموزش در این زمینه و همچنین نظارت بر حسن اجرای گودها در سطح جزئی و کلان را روشن می سازد. همچنین لازم است دستورالعمل های ملی ایمنی گودبرداری تهیه گردد.

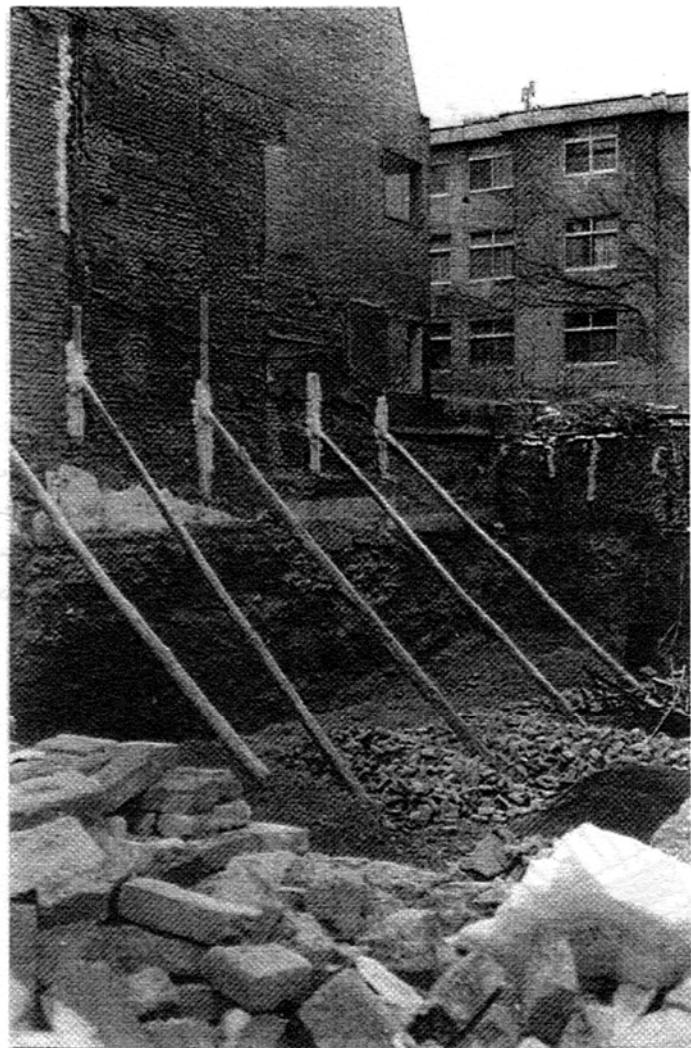


شکل (۱) نمونه هایی از دیوار جدا کننده بتنی (یا شمعهای مجاور هم) با میل معار جهت نگهداری ساختمان همسایه حین گودبرداری

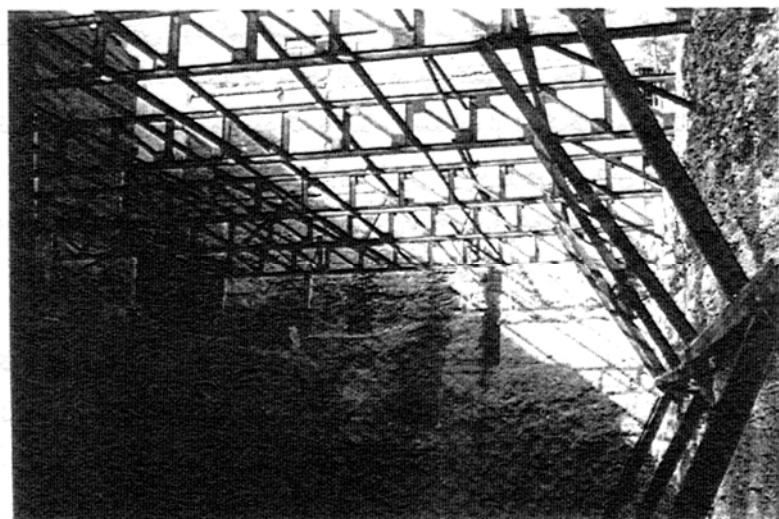
بطور کلی روشهای کلاسیک مختلفی برای نگهداری گود و ساختمان مجاور آن در مراجع بین المللی ذکر شده است. (Ou et al 2000)، لیکن روشهای بومی و رایج در هر منطقه به دلیل آشنایی پیمانکاران محلی و دسترسی مصالح مورد نیاز معمولاً ترجیح داده می شود. روشهای کلاسیک نگهداری دیواره گود مثل شمعهای مجاور هم با معار افقی یا پشت بند مثل شکل (۱) و همچنین روش میخکوبی خاک نیز در تهران بکار رفته است، لیکن تحلیل و طراحی این روشها مطابق مراجع و آیین نامه های طارحی صورت می گیرد. و از نظر مکانیزم عملکرد بطور نسبی شناخته شده است (Kim 2001) و موضوع مقاله حاضر نمی باشد. ای دیرباز روش سنتی در تهران بر اساس استفاده از تیرکهای مایل جهت نگهداری گود در محاورت ساختمان همسایه متداول بوده است. از آنجا که تحقیقات کافی در زمینه این روش بومی صورت نگرفته است، مکانیزم عملکرد تیرکهای میال در بین مهندسان طراح و پیمانکاران شناخته شده نیست و روش مناسبی جهت طراحی در دسترس نمی باشد. گاهی روشهای نادرست طراحی مثل تحلیل بر اساس پایداری شیروانی های خاکی به تنها یی در کارهای عملی بکار می رود که نادرست می باشد. این اشتباه ناشی از عدم شناخت مکانیزم عملکرد تیرک های مایل می باشد.

روش سنتی استفاده از تیرک های مایل که در این مقابه تشریح می شود، در شهرهای مختلف ایران با خاک مستحکم بکار میروند ولی عمدتاً یک روش بومی تهران محسوب می شود. در بخشهای مرکزی و شمالی تهران که خاک معمولاً درشت دانه است و می توند سیماتنه هم باشد، نگهداری سنتی ساختمان مجاور گود در حین گودبرداری با تیرکهای

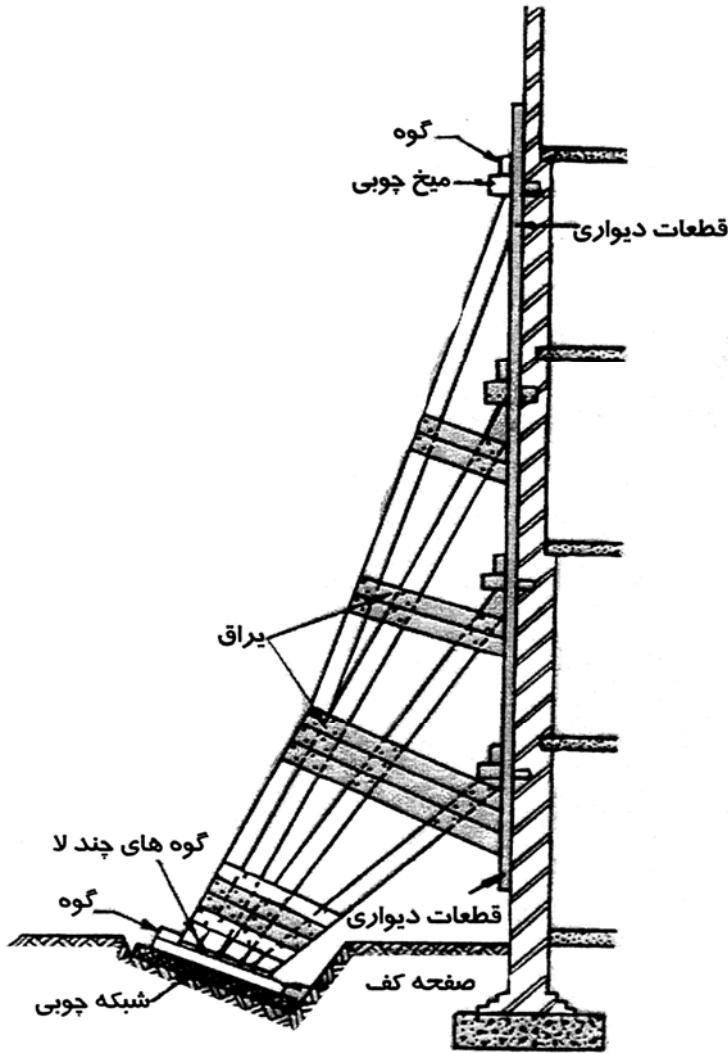
مایل انجام می گیرد. البته در هر جا که خاک مقاومت نسبی خوبی داشته باشد، این روش بکار می رود. این روش نخست یک حاشیه خاکی در مجاورت ساختمان همسایه باقی گذاشته شده و بقیه گود حفاری می گردد. سپس تیرکهایی به دیوار یا ستون ساختمان همسایه متصل می گردد. این تیرکهای مایل از یک طرف به ساختمان و از طرف دیگر به گود متصل هستند. شکل (۲)



شکل (۲) نمونه ای از تیرک های مایل چوبی جهت نگهداری ساختمان همسایه حین گودبرداری



شکل (۳) مثالی از بکارگیری تیرک های افقی جهت نگهداری ساختمان های طرفین گود



شکل (۴) مثال نادری از تیرکهای مایل برای نگهداری یک ساختمان پنج طبقه در انگلستان با روش روبندی که در ترکیب با روش پی بندی در سال ۱۸۴۸ میلادی بکار رفت.

نمونه ای از تیرکهای مایل چوبی را نشان میدهد. استفاده از تیرکهای مایل فلزی نیز ممکن است و امکان دارد هر تیرک از یک خرپا تشکیل شود. اگر عرض گود کم باشد، تیرکها افقی می شوند و ساختمنهای دو طرف گود را به هم وصل می کنند. مثالی از این حالت در شکل (۳) آمده است. هر تیرک افقی در این تصویر در واقع یک خرپا است. روش سنتی نگهداری ساختمان مجاور گود که بر اساس استفاده از تیرکهای مایل یا افقی قرار دارد و از دیرباز در تهران بکار رفته است، موضوع مقاله می باشد. جستجوی مفصل مولف در مراجع فنی و گزارش‌های اجرایی نشان میدهد که در موارد نادر به پروژه های مثل شکل (۴) در سایر نقاط جهان برخورد می شود که شبیه روش سنتی نگهداری ساختمان مجاور گود در تهران است البته معمولاً فقد گزارش‌های فنی قابل استناد می باشند.

۲- مکانیزم عملکرد تیرکها

تمام روش‌های نگهداری خاک مثل دیوارهای حائل، دیوارهای مهار شده و میخکوبی خاک به نحوی خاک را نگه می دارند و در واقع تماس با توده خاک هستند ولی تیرکهای مایل در تماس مستقیم با ساختمان همسایه هستند. بنابراین

تیرکهای مایل را نمی توان نوعی اینیه کلاسکی نگهبان خاک محسوب نمود. به همین دلیل روش استفاده از تیرکهای مایل متکی به ساختمان همسایه درمراجع متداول و کتب کلاسیک تشریح نمی شود.

تا آنجا که مولف می داند یکی از اولین تحقیقات منسجم در زمینه روش بومی استفاده از تیرک مایل در حدود ده سال قبل ارائه گردید (حسینی لواسانی ۱۳۷۵). سپس تعدادی مطالعات موردي از گودبرداریها بومی تهران توسط ملوف به همکاری دانشجویان صورت گرفت لیکن مجال انتشار نیافت. آنگاه مطالعاتی که به بررسی عددی گودبرداری سنتی اختصاص داشت (ناسخیان ۱۳۸۲) موجب شناخت خوبی در این زمینه گردید. متعاقباً جمع بندی کارهای انجام شده تا آن زمان در چارچوب یک گزارش تحقیقی ارائه گردید (فاخر ۱۳۸۲). مطالعات انجام شده (حسینی لواسانی ۱۳۷۵، ناسخیان ۱۳۸۲ و فاخر ۱۳۸۲) بر اساس مطالعات موردي در سطح شهر تهران و مدلسازی عددی استوار است. خواننده علاقمند برای اطلاع از جزئیات تحقیقات مذکور به مراجع اصلی ارجاع داده می شود.

اولین گام در شناخت مکانیزم تیرکهای مایل عبارت از توجه به دو دیدگاه کنترل پایداری و کنترل تغییر شکل در بررسی گود است. وقتی گودبرداری مجاور ساختمان همسایه انجام می شود، یک شیروانی بوجود می آید که ممکن است به همراه ساختمان مجاور گود دچار ناپایداری و لغزش شود. برای بررسی پایداری این شیروانی می توان از روشهای متداول بررسی پایداری شیروانی ها که در اغلب مراجع درسی وجود دارد استفاده کرد. در این دیدگاه همچنین کاهش ظرفیت باربری ساختمان همسایه در مجاورت شبی ناشی از گودبرداری مطالعه می گردد (Soriano, 2000) و ضریب اطمینان پی ساختمان همسایه در شرایط جدید محاسبه می شود. اگرچه هر دو دیدگاه پایداری و تغییر شکل اهمیت داند ولی معمولاً دیدگاه کنترل پایداری برای گودبرداری های مجاور ساختمان همسایه بحرانی نیست زیرا گسیختگی شیروانی محور گود اغلب زمانی اتفاق می افتد که تغییر شکل زیادی بروز کرده است. بنابراین ساختمان مجاور گود قبل از رسیدن شیروانی به گسیختگی دچار نشست های اضافی می شود و صدمه می بیند. به بیان دیگر در گوبهاریهای مجاور ساختمان همسایه باید نشست ها را کاملاً محدود کرد. در بسیاری از پروژه ها قبل از گسیختگی شیروانی خاک اثرات تغییر شکل خاک در ساختمان همسایه دیده میشود. دیدگاه کنترل پایداری معمولاً برای گودهای معمولی که در مجاورت ساختمان یا تاسیسات آب و برق و گاز و نظایر آن قرار ندارند، تعیین کننده هستند. اصولاً پایداری در مسائل ژئوتکنیکی وقتی بحرانی است که محدودیت نشست و تغییر شکل تعیین کننده نباشد. البته برخی از خاکهای سخت رفتار بسیار ترد و شکننده ای بروز میدهدند و گسیختگی شیروانی های آنها بصورت ناگهانی و با تغییر شکل کم اتفاق می افتد. در ای حالت هم کنترل پایداری بحرانی است. تیرکهای مایل معمولاً نقش کمتری در کنترل پایداری کلی شیروانی خاکی دارند. این تیرکها موجب نوعی توزیع مجدد تنش ها و نیروها می گردند و بار را از ساختمان همسایه به کف گود منتقل می کنند که باید مطالعه شوند.

کنترل تغییر شکل باید با کنترل توم نشست قائم و تغییر مکان افقی انجام شود. نگاه متداول کنترل تغییر شکل ساختمان به معنی کنترل نشست قائم است. مراجع طراحی و کتب درسی معمولاً مقادیری را فقط برای نشست مجاز قائم ارائه می کنند (Bowles 1996). اگر گودبرداری موجب نشستی بیشتر از مقدار مجاز در ساختمان همسایه شود، موجب صدمه به آن می گردد. دیدگاه ساده کنترل تغییر شکل که فقط بر اساس کنترل نشست قائم قرار دارد، برای مطالعه مکانیزم عملکرد تیرکهای مایل در گودبرداری های سنتی کافی نسیت. ساختمانی که در مجاورت گود قرار دارد، علاوه بر تغییر مکان قائم دچار تغییر مکان افقی هم می شود. این تغییر مکان افقی بخصوص در حالت غیر یکنواخت به تنهایی برای صدمه زدن به ساختمان کافی می باشد. بنابراین لازم است کنترل تغییر شکل با کنترل نشست قائم و تغییر مکان افقی ساختمان همسایه بصورت توم انجام گیرد. در شناخت مکانیزم عملکرد تیرک مایل نباید فقط به نشست قائم ساختمان همسایه توجه شود، بلکه تغییر مکان افقی هم باید مورد بررسی قرار گیرد.

اگرچه کنترل توان نشست افقی و قائم به نظر ساده می‌آید لیکن برای کارهای عملی نیاز به مقادیر کمی مجاز می‌باشد. مساله مهم معیارهای کمی در نظر گرفتن تغییر شکل‌های قائم و افقی مجاز به صوت توان است. اگرچه آینه نامه‌ها و مراجع مختلفی برای تعیین مقدار مجاز نشست قائم بصورت نشست کل و نشست غیر یکنواخت وجود دارد، لیکن مقادیر مجاز نشست قائم و افقی بصورت توان چندان مورد توجه آینه نامه‌ها و مراجع قرار نگرفته است. جستجوی مولف و دانشجویان در سالهای تحقیق در این خصوص منجر به یافتن فقط دو کار اصلی قابل استفاده در کارهای عملی از بوسکاردین و کوردینگ (Boscardin and Cording, 1989) و همچنین (Mair, 1989) گردیده است.

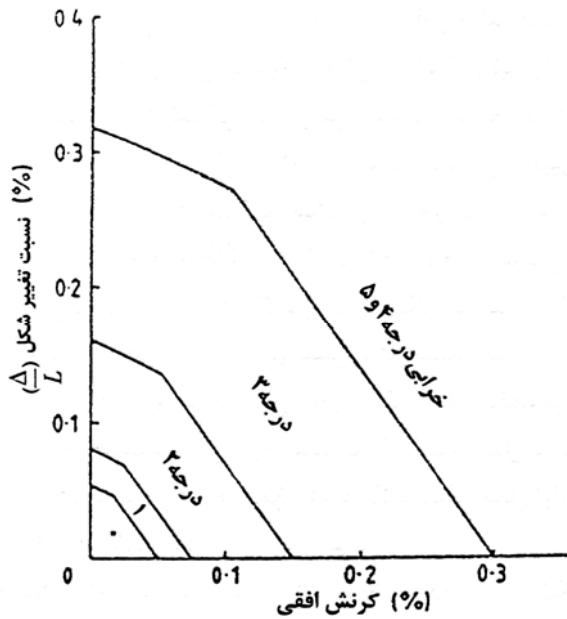
بوسکاردین و کوردینگ (Boscarding and Cording 1989) با استفاده از نتایج تحقیقات دیگران در زمینه خرابی ساختمنها بر اثر معدنکاری، تولیدکاری و گودبرداری در مناطق شهری به یک جمع بندی در مورد تخمین خسارتهای ساختمان در اثر تغییر مکانهای قائم و افقی پی‌ها رسیدند. آنها از مدل تیر ساده عمیق و مفهوم کرنش کششی حدی در تیر استفاده کردند. منحنی‌های ارائه شده توسط بوسکاردین و کوردینگ علاوه بر اینکه در مرجع اصلی آمده است، توسط ناسخیان (۱۳۸۲) نیز باز نویسی گردیده و قابل مراجعت می‌باشد. روابط بوسکاردین و کوردینگ برای مقادیر تغییر شکل قائم و افقی بر اساس دوران نسبی قرار دارند و کار کردن با آنها در کارهای عملی مشکل است.

در این مقاله برخلاف کارهای قبلی (حسینی لواسانی ۱۳۷۵ و ناسخیان ۱۳۸۲) منحنی‌های دیگری برای مقادیر مجاز کنترل توان نشست افقی و قائم ذکر می‌شود. در سالهای اخیر تر منحنی‌های مطابق شکل (۵) بر اساس نسبت تغییر شکل (Δ/L) و کرنش افقی (ϵ_h) ارائه گردید (Mair, 1989). کار کردن با آنها ساده تر است. نسبت به تغییر شکل (Δ/L) در هر نقطه در واقع حاصل تقسیم نشست قائم آن نقطه (Δ) به طول محدوده مورد بررسی (L) است. معمولاً حداقل (Δ/L) برای کنترل خرابی بکار می‌رود و این مقدار در فاصله بین ستون مجاور گود و ستون ماقبل آن اتفاق می‌افتد. اگر فاصله دو ستون برابر با L و حداقل نشست بین دو ستون Δ باشد، آنگاه نسبت تغییر شکل (Δ/L) براحتی محاسبه می‌گردد.

کرنش افقی (ϵ_h) به میانگین کرنش افقی بین دو نقطه در اثر حرکت افقی غیر یکنواخت آن دو نقطه گفته می‌شود. برای مثال اگر دو ستون ۱ و ۲ که به فاصله L و در مجاورت هم هستند، به ترتیب h_1 و h_2 به طرف گود حرکت افقی داشته باشند آنگاه داریم:

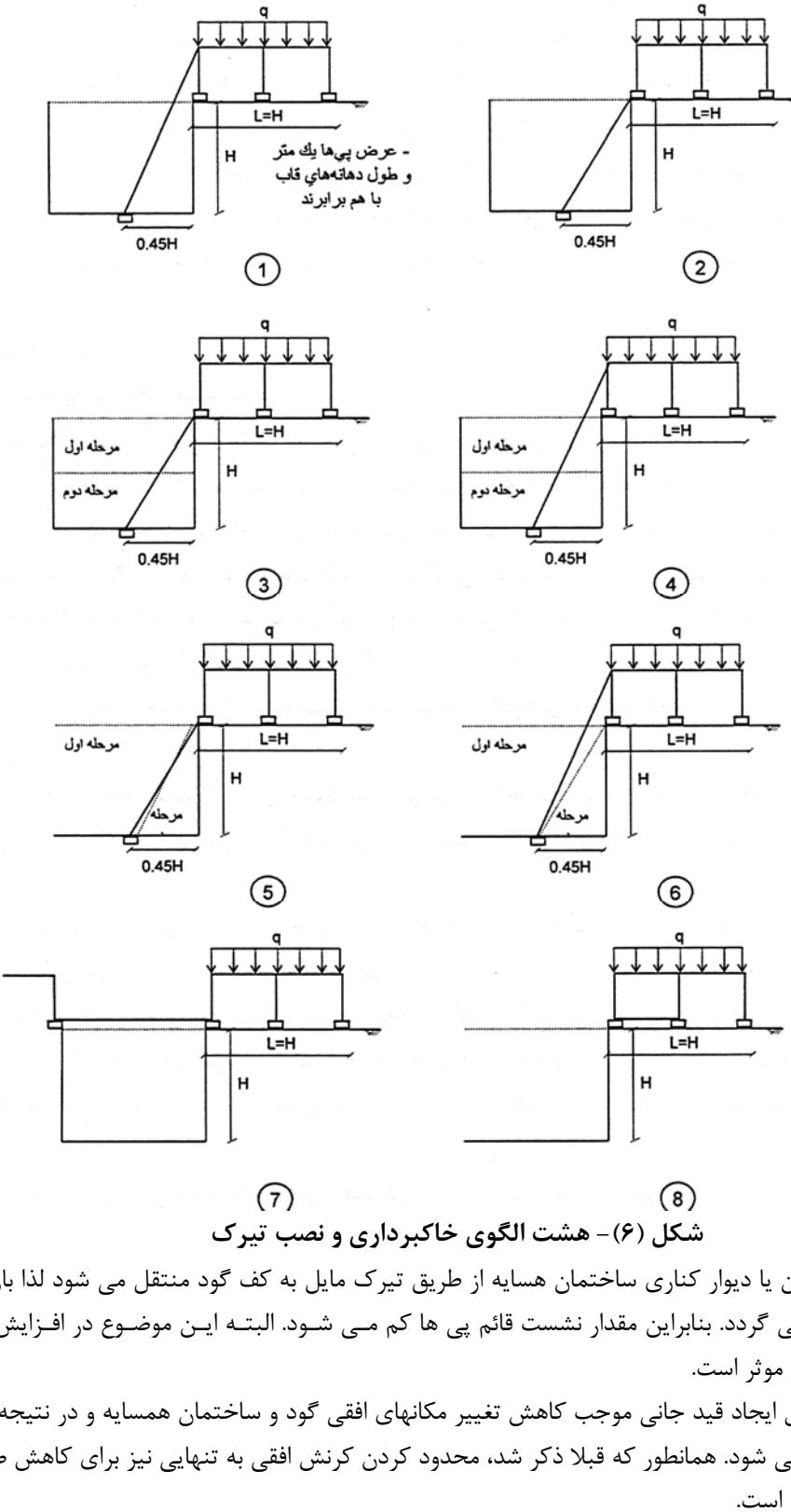
$$\epsilon_h = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

شکل (۵) نشان دهنده محدوده‌های خرابی با درجات مختلف است. خرابی با درجه صفر قابل صرفنظر و خرابی با درجه ۱، ۲ و ۳ به ترتیب به معنی خیلی کم، کم و متوسط می‌باشد. خرابی‌های با درجه ۴ الی ۵ به معنی خرابی شدید تا خیلی شدید می‌باشند. کرنش کششی حدی در خرابی با درجه صفر کمتر از ۰/۰۵ درصد ولی در حالت خرابی با درجه ۴ الی ۵ بیش از ۰/۳ درصد می‌باشد (Mair, 1989)



شکل (۵) منحنی های پیشنهادی برای مقادیر مجاز نسبت به تغییر شکل قائم و کرنش افقی (Mair, 1989) شکل (۵) در واقع نشست قائم و تغییر شکل افقی را به ترتیب با نسبت تغییر شکل (L/Δ) و کرنش افقی (ϵ_h) نشان می دهد. همانطور که در این شکل دیده می شود، افزایش هر یک از مقادیر نشست قائم یا تغییر شکل افقی به تنها ی می تواند موجب خرابی شود. ضمنا اثر توان تغییر شکل قائم و افقی در این شکل دیده می شود. اگر بتوان مقلا تغییر شکل افقی را به تنها ی کاهش داد، حتی اگر نشست قائم ساختمان تغییر نکرده باشد، میزان خرابی می تواند کم شود و شرایط بهتری بوجود آید.

مدل سازی عددی مراحل گودبرداری و نصب تیرک ها در حالت دو بعدی با فرض رفتار خطی خاک توسط حسینی (۱۳۷۵) انجام گردید و سپس مدل های عددی دقیق تری با فرض الاستوپلاستیک خاک (ناسخیان ۱۳۸۲) ارائه شد. مدل سازی عددی با طیف وسیعی از متغیرها و در شرایط گوناگون انجام گردید. ارائه نتایج کامل مدل های الاستیک (حسینی لوسانی ۱۳۷۵) و مدل های الاستوپلاستیک (ناسخیان ۱۳۸۲) به همراه تشریح مبسوط روندهای مشاهده شده در رفتار مدل های (فاخر ۱۳۸۲) در این مقاله نمی گجد. در تمام مدلها با تغییر متغیرهای مکانیکی مفروض ملاحظه گردید که بخشی از بار قائم ساختمان از طریق تیرک مایل به کف گود منتقل می شود. اگر اتصال تیرک مایل و ساختمان همسایه مناسب باشد، تنش قبل ملاحظه ای در کف گود در محل انتقال تیرک ملاحظه می گردد. ضمنا تغییر مکان افقی ساختمان توسط تیرک تا حدود زیادی محدود می شود. تیرک افقی به مراتب بهتر از تیرک مایل در کنترل حرکت افقی عمل می کند. بر اساس تحقیقات قبلی مکانیزم عملکرد تیرک مایل در گودبرداری های سنتی محاور ساختمان همسایه به شرح ذیل جمع بندی می گردد.



(الف) بخشی از بار ستون یا دیوار کناری ساختمان همسایه از طریق تیرک مایل به کف گود منتقل می شود لذا بار کمتری به خاک زیر پی وارد می گردد. بنابراین مقدار نشست قائم پی ها کم می شود. البته این موضوع در افزایش ضربی اطمینان باربری پی نیز موثر است.

(ب) تیرک مایل به دلیل ایجاد قید جانی موجب کاهش تغییر مکانهای افقی گود و ساختمان همسایه و در نتیجه محدود کردن کرنش کششی می شود. همانطور که قبل ذکر شد، محدود کردن کرنش افقی به تنها بی نیز برای کاهش صدمه به ساختمان همسایه موثر است.

تیرک افقی در واقع حالت خاص تیرک مایل است که زاویه صفر درجه با افق می‌سازد. مکانیزم (الف) در حالت تیرک افقی وجود ندارد و فقط مکانیزم (ب) در این حالت عمل می‌کند. به بیان ساده تیرگ های افقی فقط با محدود کردن کرنش افقی ساختمان همسایه موجب کاهش صدمه به آن می‌شوند. مکانیزم های (الف) و (ب) بصورت توأم در تیرک های مایل همواره وجود دارند و در واقع از مزایای تیرک های مایل محسوب می‌شوند ولی علاوه بر اینها باید به نقش منفی تیرک های مایل هم توجه کرد. تیرک مایل در واقع تکیه گاهی در زیر ستون یا دیوار کنارگود بوجود می‌آورد. این تیرک برای تحمل بارهای قائم مفید است ولی اگر کف گود در اثر خاکبرداری متورم شود، بالا آمدگی کف گود از طریق تیرک مایل به ستون کناری ساختمان همسایه منتقل می‌شود و موجب افزایش پیچش زاویه ای بین ستون لبه گود و سایر ستونها می‌گردد.

۳- بررسی های کاربردی

۱-۳- مقایسه روش‌های مختلف نصب تیرک

با مشاهده در سطح شهر می‌توان دریافت که روش یکسانی برای اجرای تیرک وجود ندارد. در بعضی جاها گود کاملاً بطور قائم برداشته می‌شود و بعد از آن تیرکها نصب می‌گردند. ضمناً محل اتصال به ساختمان تیرک به ساختمان ثابت نیست و در بعضی اوقات دیده شده است که تیرک بصورت غیر اصولی در وسط دیوار آجری غیر باربر نصب شده است. در مواردی نیز نصب تیرک به محل اتصال ستون به شالوده ساخمان و یا سقف طبقه اول و گاهی اوقات تیرک به وسط ستون متصل می‌شود. در مواقعي که عرض گود کم باشد اغلب تیرکهای مایل نصب نمی‌گردد و در صورتی که ستونهای ساختمانهای مجاور در طرفین گود، مقابل یکدیگر قرار گرفته باشند، از تیرکهای افقی استفاده می‌گردد. بطور کلی از نظر ترتیب خاکبرداری و نصب تیرک ها می‌توان الگوهای مختلف گودبرداری سنتی در تهران را بصورت زیر رده بندی کرد:

روش ۱- شیاری به عمق گودبرداری در امتداد عمود بر دیوار ساختمان همسایه در زمین حفر می‌گردد و بتن ریزی پی تیرک ها با بتن مگر همراه با نصب تیرک ها انجام می‌شود. سپس خاکبرداری بطور کامل انجام می‌گیرد. این روش برای گودهای کم عمق است.

روش ۲- در حدود نصف عمق گود بدون نصب تیرک بطور قائم برداشته می‌شود و سپس همانند روش اول تیرک ها نصب شده و بقیه خاکبرداری پس از نصب تیرک ها انجام می‌شود.

روش ۳- خاکبرداری از همان ابتدا بصورت شیبدار انجام می‌گیرد و قسمتی از خاک دور تا دور گود باقی گذاشته می‌شود سپس پی تیرکها در کف گود اجرا می‌شود و تیرک ها نصب می‌گردد. به دنبال آن شیب باقی گذاشته شده در این مرحله حفاری می‌شود. در این حالت برخلاف دو الگوی قبلی احتیاجی به حفر شیار یا چاه برای نصب تیرک پیش از گودبرداری نیست.

بطور کلی در سه روش مطرح شده اختلافهایی وجود دارد که لازم است مزیت و ویژگی آنها با مدلسازی مورد ارزیابی قرار گیرد. ارائه جزئیات مدلهای الاستیک (حسینی لواسانی ۱۳۷۵) و مدلهای الاستوپلاستیک (ناسخیان ۱۳۸۲) به همراه روندهای مشاهده شده در مدلها (فاخر ۱۳۸۲) در این مقاله نمی‌گنجد زیرا هدف اصلی این مقاله ارائه توصیه های کاربردی است. در مدلسازیهای عددی مذکور هشت الگوی نشان داده شده در شکل (۶) در نظر گرفته شدند تا علاوه بر سه روش مذکور در بالا برخی روش‌های احتمالی جدید هم بررسی می‌شود.

الگوی ۱- تیرک مایل متصل به سقف اول قبل از گودبرداری: تیرک مایل به سقف طبقه اول سازه مجاور گود متصل می‌شود و سپس گود بصورت قائم برداشته می‌شود. فاصله پای تیرک از دیواره گود 45° عمق حفاری می‌باشد.

الگوی ۲- تیرک مایل متصل به پی قبل از گودبرداری: تیرک مایل به زیر پی ساختمان همسایه متصل می شود. در مرحله بعدی حفاری انجام می شود. هیچگونه فاصله ای بین پی ساختمان همسایه و لبه گود وجود ندارد.

الگوی ۳- تیرک مایل متصل به پی پس از گودبرداری مرحله اول: در مرحله اول نیمی از خاکبرداری انجام می شود، سپس تیرک متکی به زیر پی ساختمان و کف گود، اضافه می شود. و در مرحله آخر نیمه باقی مانده خاکبرداری می گردد.

الگوی ۴- تیرک مایل متصل به سقف طبقه اول پس از گودبرداری مرحله اول: تیرک مایل پس از برداشتن نیمی از خاک گود با شیب ۹۰ درجه، به سقف طبقه اول ساختمان همسایه متصل می شود.

الگوی ۵- تیرک مایل متصل به پی پس از گودبرداری شیبدار: در ابتدا گودبرداری با شیب انجام میگیرد بطوريکه عرض گوه باقی گذاشته شده برابر با $45/0$ ارتفاع گود باشد، سپس تیرک مایل نصب شده و در مرحله آخر گوه خاکبرداری میشود.

الگوی ۶- تیرک مایل متصل به سقف طبقه اول پس از گودبرداری شیبدار: همانند الگوی پنجم عمل می شود با این تفاوت که تیرک به سقف طبقه اول سازه همسایه متصل است.

الگوی ۷- تیرک افقی متصل به پی دو ساختمان دو طرفین گود: به منظور بررسی اثر تیرکهای افقی این الگو مطالعه گردیده است. دوسازه مشابه همدیگر در دو طرف گود وجود دارند که در ابتدا تیرک افقی اتصال دهنده شالوده های دو ساختمان نصب می شود و سپس گودبرداری انجام می گیرد.

الگوی ۸- شناز: با توجه به قیدهای این نامه ای در مناطق لرزه خیز بایستی در دو جهت عمود بر هم، هر شالوده به شالوده مجاور با شناز متصل شود. لذا ممکن است شناز اثری همانند تیرکهای افقی داشته باشد الگوی شماره هشت بدین نحو مطالعه گردید که شناز نیز مدلسازی شود و گودبرداری بصورت قائم انجام گیرد.

در این بررسیها از اتصال غیر اصولی تیرک مثل اتصال به دیوار غیر باربر صرفنظر شده است و فقط حالات اصولی مورد مطالعه قرار گرفته است. به بیان دیگر فرض می شود که اتصال از مقومت کافی برای انتقال نیرو بخصوص در جهت قائم برخوردار است.

۳-۱-۱- تاثیر محل اتصال تیرک مایل قبل از گودبرداری اولیه

دو الگوی ۱ و ۲ از هر نظر به غیر از محل نصب تیرک مشابهند. حداکثر تغییر مکان جانلی الگوی ۲ در عمق اتفاق افتاده است و نیمرخ تغییر مکان افقی دیواره گود به شکل مشابه شکم است. در الگوی شماره ۱ تغییر مکان جانلی بالای گود حداکثر است و در آن در مقایسه با وقتی که تیرک به زیر پی نصب شده تغییر مکانهای جانلی زیادی بوجود می آید. کرنش کشنی افقی زیر پی در حالتی که تیرک به سقف طبقه اول متصل گردیده به خوبی کنترل نمی شود.

از لحاظ اختلاف تغییر شکلهای قائم و معیار دوران زاویه ای، الگوی ۲ ضعیف تر از الگوی ۱ می باشد بگونه ای که اختلاف تغییر مکان قائم پی ها در الگوی ۲ بیشتر است و نیمرخ سطح زمین در الگوی ۱ هموارتر می باشد. این اختلاف بدین خاطر بوجود می آید که در الگوی ۲ تیرک مایل بصورت تکیه گاه نسبتاً صلبی زیر پی قرار دارد و پس از گودبرداری خاک کف گود دچار تورم ناشی از باربرداری شده و این تورم از طریق تیرک به ستون ساختمان همسایه انتقال پیدا میکند، در صورتیکه پس مجاور آن اثر کمتری از تورم کف گود دریافت می کند. اگر مقداری از خاک در مرحله نخست برداشته شود و کفگود مقدار زیادی از تورم خود را انجام دهد، تیرک مایل متصل به زیر پی ساختمان چنین اثر بدی بر روی تغییر مکانهای قائم سطح زمین و پی ساختمان نخواهد داشت. در عمل گودبرداری به صورت مرحله ای صورت می گیرد و این اثر کمتر میشود.

۳-۱-۲- تاثیر محل اتصال تیرک مایل س از گودبرداری اولیه

هندسه های الگو ۴ و ۳ به جز محل نصب تیرک مشابه یکدیگرند. در ضمن می توان این دو الگوی ۲ و ۱ مقایسه کرد. تغییر شکلهای جانبی دو الگو با خاطر محل نصب تیرک با یکدیگر تفاوت دارند. بگونه ای که کرنش کششی در موقعی که تیرک به سقف طبقه اول متصل شده است بخوبی کنترل نمی گردد. الگوی شماره ۳ نسبت به ۲ و الگوی ۴ نسبت به ۱ تغییر مکانهای جانبی بیشتری می دهدند زیرا قسمت بیشتری از خاک قبل از تصب تیرک برداشته شده و ساختمان بیشتر به سمت داخل گود حرکت می کند.

نیمرخ سطح زمین هرچند در دو الگوی ۳ و ۴ یکنواخت و هموار می باشد ولی در الگوی ۴ امکان نشست پی لبه گود بیشتر از الگوی ۳ می باشد که این امر مطلوب نیست. در ضمن در الگوی ۳ ایراد الگوی ۲ در مورد بزرگ بودن دوران زاویه ای در لبه گود برطرف می شود. یعنی اگر معیار نشست کل برای ساختمان مجاور بحرانی نباشد بهتر است تیرکها را پس از گودبرداری اولیه و در محل پی نصب کرد.

۳-۱-۳- تأثیر محل اتصال تیرک مایل در گودبرداری دو مرحله ای شبیداری

در الگوی شماره ۶ کرنش کششی به نحو مطلوبی کنترل نمی شود. حداکثر تغییر شکل جانبی جداره در بالای گود و زیر پی بوجود می آید. شکل و نحوه تغییرات نیمرخ سطح زمین در الگوی ۳ با ۵ مشابه هستند. همچنین الگوی ۴ با ۶ مشابهند. البته خاکبرداری شبیدار در الگوهای ۵ و ۶ از لحاظ سهولت اجرایی مخصوصا در نصب تیرک مزیت بیشتری دارد.

۳-۲- اثر شناز و تیرک افقی

نصب اجزای سازه ای افقی در مهار کردن تغییر شکلهای جانبی نقش بسزایی دارد. از آنجا که مقدار خرابی تابع نشست قائم و تغییر مکان افقی به صورت اوام است، تیرک افقی باکاهش تغییر مکان افقی موجب بهبود شرایط می گردد. ولی این اعضا نمی توانند باز قائم ستونهای ساختمان را به کف گود منتقل کنند. اگر به هر دلیل خاک زیر شالوده ساختمان خالی یا سست شود خطرناک است.

شكل کلی تغییر مکانهای بدست امده در الگوی شماره ۷ بسیار شبیه به الگوی شماره ۳ و ۵ می باشد. ولی در کل حجم خاکی که از دیواره گود بیرون زده است و یا به عبارتی سطح زیر منحنی تغییر مکان جانبی در الگوی شماره ۷ نسبت به الگوهای شامل تیرک مایل بیشتر می باشد و حداکثر تغییر مکان افقی افزایش داشته است. البته چنانچه بتوان این روش را بدین نحو اصلاح کرد که حین عملیات خاکبرداری و پیشروی در عمق، نصب اعضای افقی جدید انجام گیرد، می توان تغییر مکانهای جانبی را به نحو مطلوبی کنترل کرد.

وجود شناز هرچند نسبت به الگوهای ۱ و ۴ می تواند تغییر مکان جانبی پی ساختمان را تاحدودی کنترل کند ولی به تنهایی به این سیستم نمی توان اعتماد کرد. از آنجا که حجم زیادی از خاک به سمت داخل گود حرکت می کند نشست نسبتا قابل ملاحظه را در نیمرخ سطح زمین نسبت به الگوهای دیگر شاهد هستیم. به هر حال وجود شناز در ساختمان خود عامل موثری در کاهش کرنش کششی زیر پی می باشد.

۳-۳- مقایسه تغییر مکان در الگوهای مختلف

مطالعه تغییر شکل گود با اینه کلاسیک (Ou and Hseih, 1998) در مراجع مختلف بین المللی امده است . در این برس ارائه شده در این مقاله نیز با رسم نیمرخ تغییر مکان سطح زمین و تغییر شکلهای جانبی گود برای تمام الگوها بطور کلی نتایج زیر حاصل شد.

- ارتباط مستقیمی بین حجم خاک بیرون زدن در راستای افقی از دیواره گود با سطح زیر منحنی تغییر شکلهای روی زمین وجود دارد. به عبارتی هرچه حجم خاک بیرون زده در راستای افقی از جدار گود بیشتر باشد متناظر با آن نشست قائم بیشتری در سطح زمین پدیدار خواهد شد.

- نیمرخ تغییر شکل سطح زمین در محدوده ای از لبه گود که برابر عمق گود باشد تحت تاثیر الگوهای مختلف گودبرداری قرار می گیرد و به عبارتی در محدوده $H > X$ (فاصله از لبه گود، H عمق گودبرداری) نیمرخهای تغییر شکل سطح زمین در الگوهای مختلف گودبرداری بر یکدیگر منطبق می شوند.

- به غیر از الگوهای ۱ و ۴ و ۶ که علاجلوی تغییر مکان جانبی گرفته نمی شود، در بقیه حالات نیمرخ تغییر مکان دیواره از نوع شکمی شکل می باشد و موقعیت حداکثر تغییر مکان نیز ثابت است.

- به نظر میرسد از میان الگوهای بررسی شده، الگوی ۲، ۳ که تیرک مایل به پی ساختمان همسایه نصب می شود و همچنین الگوی ۵ مناسبتر است. ولی بهطور کلی ترکیبی از این الگوها می تواند اطمینان بخش تر باشد. با تیرک افقی جلوی کرنش کشنی گرفته می شود و تیرک مایل به عنوان یک سیستم مشابه روش پی بندی، بار ستون را به کف گود انتقال می دهد لذا ترکیب این دو بسیار مناسب است.

- اگر مقدار حاشیه خاک باقی گذاشته شده در گودبرداری مرحله اول ناچیز باشد عملاً نصب تیرک نمی تواند کرنش کشنی رابخوبی کنترل نماید و پیچش زاویه ای شدیدتری نیز در لبه گود پدید می آید. از طرف دیگر وقتی $X < 1$ (فاصله افقی بی از لبه گود) به ۲۵ درصد عمق گود می رسد تغییر شکلهای سطح زمین هموارتر شده و تغییر مکان افقی پی به سمت گود کاهش پیدا می کند.

- اگر حاشیه خاکی به جا مانده از مرحله اول گودبرداری بصورت مثلثی باشد، تغییر مکان جانبی دیواره گود بهتر کمتر می گردد و افتادگی سر گود نیز که در مرحله اول مشاهده می شود به نحو مناسبی در مرحله دوم و پس از نصب تیرک جبران می گردد.

- برای کنترل بهتر دو معیار کرنش کشنی و پیچش زاویه ای بهتر است حفاری در مرحله اول تا کف گود بصورت شیبدار و با فاصله از لبه پی ساختمان انجام شده و سپس تیرک مورب نصب گردد.

۳-۴-۳-اثر برخی متغیرهای مهم

با توجه به بررسیهای انجام شده در تحقیقات قبلی، با مطالعه اثر متغیرهای مهم شامل مشخصات هندسی و مشخصه های مکانیکی بر روی رفتار و مکانیزم این الگوی گودبرداری، شناخت بیشتری بدست آمد. جزئیات نتایج حاصل از مطالعه پارامتریک درگزارش کامل تحقیق (فاخر ۱۳۸۲) آمده است و ارائه کامل آنها در این مقاله ضرورت ندارد زیرا روند مشاهده شده بیش از مقادیر کمی اهمیت دارد.

۳-۴-۴-۱-اثر چسبندگی خاک (C)

بر اساس مطالعات قبلی روی خاک تهران (پهلوان ۱۳۸۱) مقادیر چسبندگی خاک در یک بازه مشخص به صورتی انتخاب گردید که محیط توده خاک از حالت الاستیک در تغییر شکلهای کوچک تا گسیختگی و تغییر شکلهای بزرگ مورد بررسی قرار می گیرند نتایج حاصل در اینجا آمده است:

- با توجه به اینکه میزان تغییر شکل بیشتر وابسته به E می باشد، تغییر چسبندگی خاک تا قبل از آستانه گسیختگی تاثیر چندانی در میزان کرنش کشنی ندارد. در حالیکه پس از گذر از آستانه گسیختگی، تغییر شکل به وجود آمده زیاد و غیر قابل کنترل می شود. به عبارت دیگر در حالت هایی که گودبرداری بدون حاشیه خاکی انجام می شود، گسیختگی ترد و ناگهانی است. در حالیکه وجود یک حاشیه خاکی باعث می شود گسیختگی به صورت تدریجی صورت گیرد.

- استفاده از تیرک مایل در افزایش ضرب اطمینان در برابر گسیختگی گود موثر است. اگر تغییرات نیروی تیرک را بر حسب نسبت عمق گود به چسبندگی خاک در نظر بگیریم، می توان نتیجه گیری کرد که در صورت دور بودن از آستانه گسیختگی (کوچک بودن عمق گود)، مقداری از بار ستون توسط توده خاک حمل شده و بقیه آن نیز به وسیله تیرک مایل به کف گود انتقال می یابد. در حالیکه با گذر از مرز گسیختگی (بزرگ شدن عمق گود) تمامی نیروی وارد توسط تیرک حمل می شود.

۳-۴-۲- اثر مدول الاستیسیته خاک (E)

تغییرات مدول الاستیسیته خاک تهران با تنفس همه جانبه و کرنش از مدل ویژه ای تبعیت می کند (حمداللهی ۱۳۸۴) که در تحقیق ارائه شده در اینجا جهت سادگی از آنها صرف نظر شده و در هر تحلیل مقدار ثابتی برای مدول الاستیسیته خاک فرض شده است.

کرنش کششی و پیچش زاویه ای با مدول الاستیسیته خاک نسبت معکوس دارند. در محدوده مدولهای الاستیسیته کوچک، عملکرد تیرکهای مایل در کاهش کرنش کششی موفقیت آمیز است ولی در خاکهای سخت و متراکم اثر این تیرکها کمتر میباشد. به بیان دیگر در خاکهای با تراکم پایین سهم باری که هر تیرک مایل به کف گود انتقال می دهد، نسبت به خاکهای متراکم و سخت بیشتر است. البته در خاکهای متراکم وجود تیرک مایل اثر بدی بر مقدار پیچش زاویه ای می گذارد و ساختمان مجاور گود در معرض خسارتهای شدید قرار می گیرد. درنتیجه سیستم تیرک مایل عملکرد چندان مطلوبی در این نوع خاکها ندارد. از طرفی در خاکهای با تراکم خیلی بالا عملا استفاده از تیرک چندان تاثیر گذار نمی باشد.

میزان تغییر شکل جانی با افزایش سختی یا مدول الاستیسیته خاک، کاهش می یابد. همچنین با مقایسه تغییر شکلهای مرحله اول و دوم می توان گفت در حالتی که مقداری از خاک در جلوی گود باقی گذاشته شده باشد (مرحله اول)، حداکثر تغییر شکل جانی نسبت به مرحله دوم یعنی پس از تیرک مایل، به صورت قابل توجهی کاهش می یابد. اگرچه نرخ این تغییرات در هر دوروش یکسان می باشد

۳-۴-۳- اثر عمق گود

در گودهای کم عمق با افزایش عمق میزان کرنش کششی افزایش می یابد. در این حالت میزان کرنش کششی در مرحله دوم، بستر از مرحله اول می باشد. در صورتیکه در گودهای عمیقتر میزان اثر تیرک، بر کرنش بیشتر شده و باعث می شود کرنش کششی مرحله دوم نسبت به مرحله اول کاهش یابد.

تغییرات پیچش زاویه ای با افزایش عمق گود صعودی می باشد، اگرچه نرخ تغییرات پیچش زاویه ای با افزایش عمق کاهش می یابد. نسبت باربری تیرک مایل با افزایش عمق گود، به صورت خطی افزایش می یابد.

در گودهای کم عمق تغییرات حداکثر شکل جانی نسبت به عمق نزولی و در گودهای عمیق روند صعودی نشان می دهد. علت این اختلاف عوض شدن شکل نمرخ تغییر مکانهای جداره گود می باشد که در گودهای کم عمق به صورت طره ای و در گودهای عمیق به شکل شکمی خواهد بود. به بیان دیگر، حداکثر تغییر مکان در گودهای کم عمق در بالا و در گودهای عمیق در میان ارتفاع گود اتفاق می افتد. ولی به هر حال مقدار و نرخ تغییرات حداکثر تغییر شکل جانی پس از حذف حاشیه خاکی افزایش می یابد.

۳-۴-۴- اثر بار ستون

از تحلیلهای انجام گرفته بدست آمده که با افزایش بار ستون، تغییرات کرنش کششی در زیر شالوده ساختمان چه قبل از نصب تیرک و چه بعد از آن به صورت افزایشی می باشد. ولی با افزایش مقدار بار ستون کنار گود، میزان نسبت باربری تیرک به بار ستون کاهش یافته و به یک عدد ثابت می کند که مقدار آن با توجه به مشخصات ثابت مساله تعیین می شود. در محدوده متغیرهای تحقیق قبلی مولف این عدد ثابت، تقریباً برابر $4/5$ می باشد. واضح است که با برداشت حاشیه خاکی اطراف گود، تغییر مکان جانبی دیواره تا دو برابر افزایش می یابد ولی نرخ تغییرات آن نسبت به تغییر بار ستون روند کنندی را دارد.

۳-۴-۵- اثر فاصله پی ساختمان از لبه گود

همانگونه که قبل از این بحث شد باقی گذاشتن یک حاشیه خاکی (X1) قبل از نصب تیرک بسیار موثر می باشد. در این مطالعه تغییرات مقادیر کرنش کششی، پیچش زاویه ای، حداکثر تغییر شکل جانی و میزان باربری تیرک نسبت به

تغییرات متغیر بی بعد H_{X1} که در آن H عمق گود می باشد بررسی گردیده است. با توجه به تحلیل هایی که شرح آنها در گزارش کامل تحقیق حاضر امده است (فاخر ۱۳۸۲)، می توان نتیجه گیری کرد که چنانچه X₁ صفر باشد و یا به عبارتی گودبرداری از لبه پی ساختمان همسایه و شبیدار شروع شود مقادیر کرنش کششی و پیچش زاویه ای در دو حالت قبل و بعد از نصب تیرک تقریباً برابر یکدیگر می باشند که این نشان دهنده تاثیر کمتر تیرک در این حالت است. نرخ یا سرعت کاهش مقدار کرنش کششی وقتی که عرض حاشیه خاکی (X₁) از صفر تا مقدار برابر با ۰/۱ ارتفاع گود تغییر می کند بسیار تند است و بعد از آن عملاً تغییرات کاهشی کرنش کششی کند می شود. این حداقل مقدار حاشیه خاکی از لحاظ اجرایی و هم از لحاظ کنترل معیارهای نگهداری ساختمان کنار گود منطقی بنظر می رسد. حاشیه خاکی بیش از ۰/۲۵ ارتفاع گود نیز منطقی نیست.

عرض حاشیه خاکی بر میزان نسبت باربری تیرک به بارستون هم موثر است و بطور متوسط تقریباً نصف بارستون توسط تیرک تحمل می شود و مابقی توسط خاک انتقال می یابد.

۶-۴-۳-اثر شبیب حاشیه خاکی

شبیب حاشیه خاکی گودبرداری بعنوان یکی دیگر از متغیرهای هندسی مورد توجه قرار گرفت و نتایجی به شرح ذیل بدست آمد.

-افزایش شبیب حاشیه خاکی باعث کاهش کرنش کششی و افزایش پیچش زاویه ای می شود. عبارتی از یکطرف معیار کرنش کششی را کنترل نموده و از طرف دیگر با بوجود اوردن اختلاف نشست زیر دو شالوده مجاور ساختمان همسایه باعث افزایش خسارت و خرابی واردہ به ساختمان می شود. لذا در طراحی باید به گونه ای شبیب را انتخاب کرد که مجموع اثر کرنش کششی و دوران نسبی سطح زمین در حاشیه اینمی مناسبی قرار گیرد.

-سیستم تیرک مایل با افزایش شبیب گودبرداری درصد بیشتری از بارستون را نسبت به خاک زیر پی جذب می نماید. زیرا در زمان قبل از نصب تیرک هرچه حجم خاک باقی گذاشته شده، بیشتر باشد تغییر مکانهای کمتری ناشی از گودبرداری اتفاق می افتد و پس از نصب تیرک وadamه عملیات خاکبرداری، سیستم تیرک مایل در جذب تغییر مکانها و نیروها بهتر عمل می نماید.

۳-۴-۷-اثر زاویه تیرک متکی به ساختمان

تعیین زاویه تیرک متکی به ساختمان مجاور بعنوان یکی از متغیرهای طراحی سیستم نگهداری ساختمان همسایه در گودبرداری به شمار می آید. لذا با تغییر زاویه تیرک در مدل، رفتار سیستم و میزان اثر آن بررسی گردید. با توجه به تغییرات کرنش کششی، دوران نسبی و همچنین میزان نسبت باربری تیرک مایل به بارستون در مقابل تغییرات زاویه تیرک ملاحظه گردید که مقدار بهینه ای برای شبیب تیرک وجود دارد. مقدار بهینه با توجه به هر سه متغیر مذکور تقریباً مشابه است. می توان به یکمقدار بهینه برای میزان باربری تیرک با توجه به طراحی زاویه آن رسید. در محدوده متغیرهای این تحقیق خاص محدوده بهینه در شرایطی بدست می آید که فاصله افقی پای تیرک مایل از جداره گود بین ۰/۸ تا ۰/۰۶ عمق گوه باشد.

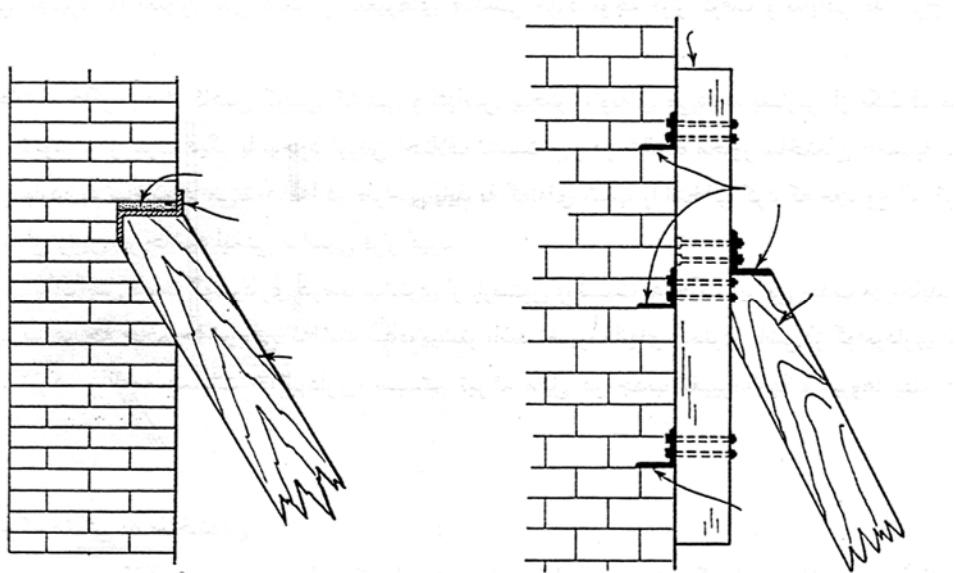
۴- بررسی توصیه های اجرایی

(الف) حفاظت سطح دیواره گود با پلاستیک یا گچ مالی توصیه می شود. باید شرایطی فراهم باشد تا دیواره گود انسجام خود را پس از گودبرداری از دهنده عواملی از جمله بارندگی، وجود آب زیر زمینی، سیمانه نبون خاک باعث ریزشها سطحی و پیش رونده و خالی شدن زیر پی ساختمان مجاور می گردد. و همچنین زهکشی در برخی شرایط توصیه می شود.

(ب) سیستم نگهداری ساختمان همسایه با تیرک های مایل و افقی از مقاومت بسیج شده خاک و اعضا سازه ای بصورت ترکیبی بهره میبرد، لذا باقی گذاشتن یک حاشیه خاکی شیبدار جهت بالا بردن ضریب اطمینان قابل توصیه است. در ضمن پس از الگوبرداری باید حاشیه خاکی در عرضهای محدود برداشته و بلا فاصله دیوار نگهبان دائمی در صورت نیاز ساخته شود و به همین ترتیب بصورت متواالی عملیات اجرایی ساخت دیوار نگهبان تا اتمام کار ادامه یابد. پس از اجرای هر قطعه از دیوار میتوان تیرک مایل را حذف نمود.

(ج) چنانچه بخواهیم در گوشهای خیلی عمیق نیز از تیرهای مایل استفاده کیم. عرض حاشیه خاکی در کف گود زیاد خواهد بود و عملاً دست و پاگیر می باشد و حفاری حاشیه خاکی بعداً با مشکل مواجه و گران خواهد شد. در پروژه های بزرگ و با اهمیت که گوشهای عمیق برداشته می شود توصیه می گردد از روشهای متداول ذکر شده در مراجع مثل شمعهای مجاور هم یا دیوار مطابق شکل (۱) استفاده شود.

(د) همانطور که گفته شد، یکی از وظایف تیرکهای مایل عبارت از انتقال بخشی از بار قائم به کف گود است. بنابراین اتصال تیرک مایل به ساختمان همسایه باید قادر به انتقال نیروی قائم از ساختمان به تیرک مایل باشد. به بیان دیگر نیروی برشی (در راستای قائم) بین تیرک و ساختمان باید کنترل گردد. بنابراین اتصالاتی با ظرفیت برشی بالا مطابق شکل (۷) توصیه می گردد. اتصال (الف) تغییر چندانی در دیوار همسایه بوجود نمی اورد و فقط کافی است که ملات بین اجرها به اندازه لبه نبیشی برداشته شود. اتصال (ب) ساده تر است و محل آن را می توان پس از اتمام کار تیمیم کرد. البته اگر تیر مایل به پی ساختمان همسایه متصل باشد، اتصال ساده تر می شود و کسب اجازه از همسایه نیز ساده تر خواهد بود.



شکل (۷) دو نوع اتصال پیشنهادی

(۵) اتصال تیرک مایل به کف گود نیز باید قادر به تحمل نیروی وارد باشد و تغییر مکان آن هم ناچیز باشد. بنابراین نیاز به پی دارد. اگرچه کنترل ظرفیتباربری در برابر نیروی محوری و برشی ضروری است لیکن ضریب اطمینان باید خیلی بزرگتر از مقادیر متداول باشد تا از عدم تغییر شکل بزرگ اطمینان حاصل شود.

(۶) با توجه به الگوهای مختلف مطالعه شده توصیه می گردد سیستم بکار گرفته شده متداول در تهران که متشکل از تیرک مایل به ساختمان همسایه و کف گود می باشد. بدین نحو اجرا گردد که حفاری در مرحله اول تا کف گود بصورت

شیبدار و با فاصله از لبه پی ساختمان انجام شده و سپس تیرک مورب نصب و بقیه خاک برداشته شود. لازم به ذکر است که بهترین محل اتصال تیرک مایل در واقع پی ساختمان مجاور می باشد، ضمن آنکه باید از اتصال تیرک به اعضاء غیر باربر ساختمان همسایه پرهیز شود، لطفا برای درک بهتر علت ارائه این توصیه به مکانیزم ذکر شده برای عملکرد تیرک های مایل در این مقاله مجدداً مراجعه کنید.

(ز) قبل اگفته شد که حفاری باید حداقل دو مرحله ای اجرا شود. حجم خاکبرداری قبل از نصب تیرک بگونه ای طراحی گردد که تورم کف، پیچش زاویه ای در پی ساختمان بوجود نیاورد. علاوه بر این طراحی زاویه تیرک راجهٔت عملکرد بهینه این سیستم باید مد نظر قرار دارد. فاصله پای تیرک از دیواره قائم گود باید چنان انتخاب شود که هر دو معیار دوران زاویه ای و کرنش کششی همزمان با یکدیگر در حدمجاز کنترل شوند.

۵- نتیجه گیری

عملکرد تیرک های مایل در گودبرداری مجاور ساختمان همسایه شامل دو بخش مهم انتقالی بخشی از بار قائم ساختمان به کف گود و ایجاد محدودیت جانبی جهت کاهش کرنش افقی ساختمان همسایه است. تیرک های افقی حالت خاص تیرک های مایل هستند و فقط مکانیزم دوم تیرک های مایل یعنی کاهش کرنش افقی ساختمان همسایه در آنها فعال است. در اینجا سعی می شود خلاصه نتایج اصلی و کاربردی مقاله ارائه گردد:

(۱) تیرک مایل بخشی از بار قائم ساختمان همسایه را به کف گود منتقل می کند، بنابراین لازم است تیرک به اعضای باربر ساختمان همسایه مثل ستون و پی متصل گردد. بتحویله آن عضو باربر نیز بصورت مناسبی به سایر اعضای باربر متصل باشد.

(۲) از آنجا که اتصال تیرک به ساختمان همسایه باید تحمل انتقال بار را داشته باشد. برخی اتصالات ساده که در عمل با استفاده از گچ و گوه های چوبی استفاده می شود، کارآیی لازم را ندارد. چنانچه بتوان از همسایه کسب اجازه نمود، اتصالاتی مشابه شکل (۷) برای دیوارهای آجری باربر توصیه می گردد.

(۳) اتصال تیرک مایل به پی ساختمان همسایه بیش از اتصال به ستون و دیوار باربر موثر است. این موضوع علاوه بر اینکه در تحلیل عددی اثبات شده است، طول تیرک مایل را نیز کاهش می دهد و از خطر کمانش آن می کاهد.

(۴) خاک محل اتصال تیرک مایل به گود نیز باید ظرفیت باربری کافی داشته باشد و نشست آن ناچیز باشد. بنابراین لازم است پی مناسب برای آن در نظر گرفته شود. طرح شماتیک اولیه این پی توسط فاخر (۱۳۸۲) پیشنهاد گردیده است لیکن نیازمند ارزیابی عملی است.

(۵) توصیه می گردد که گودبرداری بصورت مرحله ای انجام شود. بدین صورت که نخست حاشیه خاکی در اطراف گود باقی گذاشته شود و گودبرداری تا نیمی از عمق انجام گیرد. سپس تیرک ها نصب شود و بعد گودبرداری تکمیل گردد. نصب تیرک ها در مرحله دوم خاکبرداری موجب می شود که تورم ناشی از خاکبرداری مرحله اول به تیرک و ساختمان همسایه منتقل نگردد.

تشکر و قدردانی

توصیه هایی در بخش اصلی این مقاله برای بهبود گودبرداری سنتی در مجاورت ساختمان همسایه ارائه شده است تا موجب کاهش حوادث ناگوار در این رابطه گردد لذا بدینوسیله از مسئولین سمینار ساخت و ساز در پایتخت جهت دعوت برای ارائه این توصیه ها تشکر می شود. مکانیزم عملکرد گودبرداری های سنتی با استفاده از تیرکهای مایل در مجاورت ساختمان همسایه که در ابتدا تشریح شده به نقل از تحقیقات قبلی مولف همراه با دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده عمران دانشگاه تهران و همچنین کار تحقیقی با مساعدت مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن است. بدین وسیله از مساعدتهای مسئولین مرکز تحقیقات ساختمان و همچنین دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده عمران دانشگاه تهران

آقایان علی ناسخیان و سید علی حسینی لوسانی و خانم سمیه صادقیان که پایان نامه های خود را در این زمینه انجام داده اند، تشکر می شود.

مراجع

- [۱] پهلوان، بدیل، «مطالعه متغیرهای تغییر شکل پذیری آبرفت درشت دانه تهران با استفاده از پرسیومتر جهت طراحی پی های سطحی»، پایان نامه دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس، فاخر علی (راهنما)، خامه چیان (مشاور). ۱۳۸۱.
- [۲] حسینی، لوسانی ، سید علی، «گودبرداری مجاور ساختمان همسایه»، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، گروه عمران دانشگاه تهران. فاخر علی (راهنما). ۱۳۷۵.
- [۳] حمداللهی، یدالله ، «اصلاح مدل فاہی برای خاک درشت دانه تهران»، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و مهندسی پی، دانشکده عمران دانشگاه تهران، فاخر علی (راهنما). پهلوان بدیل (مشاور). ۱۳۸۴.
- [۴] فاخر، علی، «مطالعه گودبرداری های متداول در تهران در مجاور ساختمان همسایه»، گزارش تحقیقی به مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ۱۳۸۳.
- [۵] ناسخیان، علی، «مطالعه رفتار تیرک های مورب در گودبرداری های متداول در تهران»، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک و پی گروه عمران دانشگاه تهران، فاخر علی (راهنما). ۱۳۸۲.
- [6] Boscardin, MD. and Cording . E.G. Building response to excavation induced settlement. Journal of Geotechnical Engineering, Vol 115, No. 1,PP.1-21, (1989)
- [7] Bowles, J.E. Foundation Analysis and Design, 5th Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York, (1996)
- [8] Kim, H.M., Urban excavation and building damage. 11th Asian regional conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering , Balkema, (2001).
- [9] Mair, R.J., Geotechnical aspects of design criteria for bored Tunneling in soft ground. Proceeding of the Word Tunnel Coongress 98 on Tunnel and Metropolises, Brazil, Vol., PP 183-199 (1989).
- [10] Ou, C.Y. and Hsieh , P.G. Shape of ground surface settlement profiles caused by excavation. Canadain Geotechnical Journal, Vol. 35, 99. 1004-1017 (1998).
- [11] Ou, C. Y and Liao, J.T. and cheng W.L., Building response and ground movement induced by deep excavation, Geotechnique, Vol. 50 No. 3, (2000)
- [12] Soriano Pena , A., Bearing capacity of shallow foundation on sloping ground. Proceeding , International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering , Turkey , (2000)