

مکانیزم تیرک مایل در گودبرداری های متداول در مجاورت ساختمان همسایه

علی فاخر

دانشیار دانشکده مهندسی عمران ، دانشگاه تهران

چکیده

حوادث ناگوار زیادی دائماً در تهران و شهرهای بزرگ ایران به دلیل گودبرداری های غیراصولی در مجاورت ساختمان همسایه اتفاق می افتد. بنابراین مطالعه مکانیزم گودبرداریهای سنتی متداول در مجاورت ساختمان همسایه ضروری می باشد. در این مقاله روش سنتی استفاده از تیرکهای مایل در ابتدا تشریح شده و سپس مکانیزم عملکرد آنها بیان گردیده است. این مکانیزم بطور خلاصه عبارت از " انتقال بار قائم ستون کناری به کف گود " و همچنین " ایجاد قید جانبی جهت کاهش کرنش کششی افقی در ساختمان مجاور گود " می باشد. سپس توصیه هایی جهت نحوه اتصال و محل نصب تیرک و مراحل گودبرداری ارائه شده است.

1- مقدمه

گسترش شهرها موجب اجرای پروژه هایی می شود که نیازمند گودبرداری در مجاور ساختمان همسایه هستند. روشهای مختلفی برای نگهداری گود و ساختمان مجاور آن در مراجع ذکر شده است، لیکن روشهای بومی و رایج در هر منطقه به دلیل آشنایی پیمانکاران محلی و دسترسی مصالح مورد نیاز معمولاً ترجیح داده می شود. انجام پروژه های تحقیقاتی در زمینه بهبود روشهای بومی گودبرداری می تواند موجب ارائه راه حل های ساده و اقتصادی و در عین حال با ضریب ایمنی بالا گردد.

از دیرباز روشی سنتی در تهران جهت نگهداری گود در مجاورت ساختمان همسایه متداول بوده است. همانطور که بعداً در این مقاله تشریح می شود، این روش سنتی بر اساس استفاده از تیرکهای مایل قرار دارد. از آنجا که تحقیقات کافی در زمینه این روش بومی صورت نگرفته است، مکانیزم عملکرد تیرکهای مایل 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 در کارهای عملی بکار می رود که نادرست می باشد. این اشتباه ناشی از عدم شناخت مکانیزم عملکرد تیرک های مایل می باشد. گام اول در طراحی هر سازه عبارت از شناخت مکانیزم عملکرد و باربری آن می باشد. بنابراین مقاله حاضر به تشریح مکانیزم این تیرک های مایل اختصاص دارد.

در شهر تهران شاهد خرابی‌های جزئی و کلی ساختمانهای مجاور گود بوده‌ایم. آمار گزارش شده از سوی سازمان آتش‌نشانی حاکی از وخامت اوضاع می‌باشد [1]. بطور متوسط در هر روز یک حادثه ریزش ساختمان مجاور گود ناشی از گودبرداری غیراصولی در تهران اتفاق می‌افتد که موجب زیان مالی و جانی شهروندان می‌گردد. این حوادث لزوم تحقیق و آموزش در این زمینه و همچنین نظارت بر حسن اجرای گودها در سطح جزئی و کلان را روشن می‌سازد. همچنین لازم است دستورالعمل‌های ملی ایمنی گودبرداری تهیه گردد.

2- گودبرداری سنتی متداول در تهران

روش سنتی استفاده از تیرک‌های مایل که در این مقاله تشریح می‌شود، در شهرهای مختلف ایران با خاک مستحکم بکار می‌رود ولی عمدتاً یک روش بومی تهران محسوب می‌شود. بنابراین در اینجا توضیحات کلی درخصوص خاک تهران ذکر می‌شود. رسوبات آبرفتی تهران از قدیم به جدید به نام آبرفت‌های A، B، C و D خوانده شده است. این طبقه‌بندی زمین‌شناسی بر اساس سن آبرفتها قرار دارد و مستقیماً به خصوصیات ژئوتکنیکی مرتبط نیست ولی آبرفت‌های قدیمی (مثل A) معمولاً سیمان‌تاسیون و مقاومت برشی بهتری دارند. هر یک از این رسوبات می‌تواند درشت‌دانه یا ریزدانه باشد ولی هر چه به سمت شمال تهران پیش می‌رویم ذرات هر یک از آبرفت‌ها درشت‌تر می‌شوند.

در بخش‌های مرکزی و شمالی تهران که خاک معمولاً درشت‌دانه است و می‌تواند سیمانته هم باشد، نگهداری سنتی ساختمان مجاور گود در حین گودبرداری با تیرک‌های مایل انجام می‌گیرد. البته در هر جا که خاک مقاومت نسبی خوبی داشته باشد، این روش بکار می‌رود. در این روش نخست یک حاشیه خاکی در مجاورت ساختمان همسایه باقی گذاشته شده و بقیه گود حفاری می‌گردد. سپس تیرک‌هایی به دیوار یا ستون ساختمان همسایه متصل می‌گردد. این تیرک‌های مایل از یک طرف به ساختمان و از طرف دیگر به کف گود متصل هستند. شکل (1) نمونه‌ای از تیرک‌های مایل چوبی را نشان می‌دهد. اتصال ضعیف تیرک با گچ که بعضاً انجام می‌شود، می‌تواند یک عیب محسوب گردد. شکل (2) استفاده از تیرک‌های مایل فلزی را نشان می‌دهد. هر تیرک از یک خرپا تشکیل شده است و ضمناً در این تصویر از نایلون برای محافظت سطح خاک در برابر باران استفاده شده است. اگر عرض گود کم باشد، تیرک‌ها افقی می‌شوند و ساختمان‌های دو طرف گود را به هم وصل می‌کنند. مثالی از این حالت در شکل (3) آمده است. هر تیرک افقی در این تصویر در واقع یک خرپا است. این 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 حاضر می‌باشد.

روشهای کلاسیک نگهداری دیواره گود مثل شمعهای مجاور هم با مهار افقی یا پشتبند و همچنین روش میخکوبی خاک نیز در تهران بکار رفته است، لیکن تحلیل و طراحی این روشها مطابق مراجع و آیین نامه های طراحی صورت می گیرد و از نظر مکانیزم عملکرد بطور نسبی شناخته شده است و موضوع مقاله حاضر نمی باشد.

3- سابقه تحقیق

روش سنتی استفاده از تیرک مایل برای گودبرداری در مجاورت ساختمان همسایه روشی بومی در ایران محسوب می شود و سابقه تحقیقی چندانی در مورد آن در دسترس مؤلف نمی باشد. تمام روشهای نگهداری خاک مثل دیوارهای حائل، دیوارهای مهار شده و میخکوبی خاک به نحوی خاک را نگه می دارند و در واقع در تماس با توده خاک هستند ولی تیرکهای مایل در تماس مستقیم با ساختمان همسایه هستند. بنابراین تیرکهای مایل را نمی توان نوعی ابنیه کلاسیک نگهبان خاک محسوب نمود. به همین دلیل روش استفاده از تیرکهای مایل متکی به ساختمان همسایه در مراجع متداول و کتب کلاسیک تشریح نمی شود.

اگرچه مراجع مختلفی در ابتدای این تحقیق با عنوان گودبرداری در مجاورت ساختمان همسایه در منابع فنی فارسی یا انگلیسی مورد بررسی قرار گرفت لیکن کمتر موضوع تیرکهای مایل متکی به ساختمان مجاور گود مورد توجه این مراجع بوده است. یکی از اولین تحقیقات منسجم در زمینه روش بومی استفاده از تیرک مایل در حدود 10 سال قبل ارائه گردید [2]. سپس تعدادی مطالعات موردی از گودبرداریهایی در حال انجام توسط مؤلف با همکاری دانشجویان صورت گرفت لیکن مجال انتشار نیافت. آنگاه مطالعاتی که به بررسی عددی گودبرداری سنتی اختصاص داشت [1] موجب شناخت خوبی در این زمینه گردید. متعاقباً جمع بندی کارهای انجام شده تا آن زمان در چارچوب یک گزارش تحقیقی ارائه گردید [3]. مطالعات انجام شده تاکنون [1 و 2 و 3] بر اساس مطالعات موردی در سطح شهر تهران و مدلسازی عددی استوار است. این مقاله به ارائه مجدد مدلهای عددی مذکور با توجه به محدودیت تعداد صفحات مقاله نمی پردازد، و خواننده علاقمند به مراجع اصلی ارجاع داده می شود. اهداف اصلی مقاله حاضر به شرح ذیل است :

الف- تشریح ساده مکانیزم عملکرد تیرکهای مایل بر اساس تحقیقات انجام شده.

ب- توصیه های کاربردی برای بهبود روشهای اجرایی متداول

کارهای قبلی فقط بصورت پایان نامه [1 و 2] و گزارش تحقیقی [3] ارائه گردیده است. مقاله حاضر در واقع اولین مقاله ای است که نتایج تحقیقات مذکور را بصورت خلاصه در دسترس عموم قرار میدهد.

4- شناخت مکانیزم عملکرد تیرکهای مایل

4-1- اولین گام در شناخت مکانیزم

پایداری و تغییر شکل بصورت توأم در اغلب مسائل مهندسی عمران اهمیت دارند. بنابراین اولین گام در شناخت مکانیزم تیرکهای مایل عبارت از توجه به دو دیدگاه کنترل پایداری و کنترل تغییر شکل در بررسی گود است :

الف- دیدگاه کنترل پایداری

وقتی گودبرداری مجاور ساختمان همسایه انجام می‌شود، یک شیروانی بوجود می‌آید که ممکن است به همراه ساختمان مجاور گود دچار ناپایداری و لغزش شود. برای بررسی پایداری این شیروانی می‌توان از روشهای متداول بررسی پایداری شیروانی‌ها که در اغلب مراجع درسی وجود دارد استفاده کرد. برای پایداری لازم است که ضریب اطمینان بزرگتر از یک وجود داشته باشد. در این دیدگاه همچنین کاهش ظرفیت باربری پی ساختمان همسایه در مجاورت شیب ناشی از گودبرداری مطالعه می‌گردد و ضریب اطمینان پی ساختمان همسایه در شرایط جدید محاسبه می‌شود.

ب- دیدگاه کنترل تغییر شکل

وقتی یک گود در مجاورت ساختمان همسایه حفاری می‌شود، سطح زمین مجاور گود تغییر مکان می‌دهد و ساختمان همسایه دچار نشست می‌شود. نشست قائم که بصورت نشست کل و نشست غیریکنواخت بروز می‌کند میتواند موجب خرابی ساختمان گردد.

هر دو دیدگاه (الف) و (ب) اهمیت دارند ولی معمولاً دیدگاه کنترل پایداری برای گودبرداری‌های مجاور ساختمان همسایه بحرانی نیست زیرا گسیختگی شیروانی مجاور گود اغلب زمانی اتفاق می‌افتد که تغییر شکل زیادی بروز کرده است. بنابراین ساختمان مجاور گود قبل از رسیدن شیروانی به گسیختگی دچار نشست‌های اضافی می‌شود و صدمه می‌بیند. به بیان دیگر در گودبرداری‌های مجاور ساختمان همسایه باید نشست‌ها را کاملاً محدود کرد. در بسیاری از پروژه‌ها قبل از گسیختگی شیروانی خاکی اثرات تغییر شکل خاک در ساختمان همسایه دیده میشود و با کنترل تغییر شکلها میتوان مانع گسیختگی شیروانی خاکی شد. دیدگاه کنترل پایداری معمولاً برای گودهای معمولی که در مجاورت ساختمان یا تأسیسات 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 نباشند. البته برخی خاکهای سخت رفتار بسیار ترد و شکننده ای بروز میدهند و گسیختگی شیروانی های آنها بصورت ناگهانی و با تغییر شکل کم اتفاق میافتد. در این حالت هم کنترل پایداری بحرانی است.

تیرکهای مایل معمولاً نقش چندانی در کنترل پایداری کلی شیروانی خاکی ندارند. البته این تیرکها موجب نوعی توزیع مجدد تنش‌ها و نیروها می‌گردند و بار را از ساختمان همسایه به کف گود منتقل می‌کنند. بنابراین باید با بررسی توام تنش‌ها و تغییر شکلها مطالعه شوند. در این مقاله به دیدگاه (ب) یعنی کنترل تغییر شکل با استفاده از مدلسازی عددی مبتنی بر مکانیک محیط‌های پیوسته پرداخته می‌شود لذا کنترل پایداری نیز در آن دیده می‌شود.

4-2- دومین گام در شناخت مکانیزم

کنترل تغییر شکل باید با کنترل توأم "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 می‌کنند. اگر گودبرداری موجب نشست بیشتر از مقدار مجاز در ساختمان همسایه شود، موجب صدمه به آن می‌گردد. دیدگاه ساده کنترل تغییر شکل که فقط بر اساس کنترل نشست قائم قرار دارد، برای مطالعه مکانیزم عملکرد تیرکهای مایل در گودبرداریه‌های سنتی کافی نیست. ساختمانی که در مجاورت گود قرار دارد، علاوه بر تغییر مکان قائم دچار تغییر مکان افقی هم می‌شود. این تغییر مکان افقی بخصوص در حالت غیر یکنواخت به تنهایی برای صدمه زدن به ساختمان کافی می‌باشد. بنابراین لازم است کنترل تغییر شکل با کنترل نشست قائم و تغییر مکان افقی ساختمان همسایه بصورت توأم 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. البته مسأله مهم در اینجا نحوه در نظر گرفتن تغییر شکل‌های قائم و افقی مجاز بصورت توأم است.

اگرچه آیین‌نامه‌ها 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 توأم چندان مورد توجه قرار نگرفته است. جستجوی مؤلف و دانشجویان در سالهای تحقیق در این خصوص منجر به یافتن فقط دو مرجع تاکنون گردیده است [4 و 5]. اگرچه کنترل توأم نشست افقی و قائم به نظر ساده و بدیهی می‌آید لیکن برای کارهای عملی نیاز به مقادیر کمی مجاز می‌باشد که در اینجا ذکر می‌گردد.

بوسکاردین و کوردینگ [4] با استفاده از نتایج تحقیقات دیگران در زمینه خرابی ساختمانها بر اثر معدنکاری، تونلسازی و گودبرداری در مناطق شهری به یک جمع‌بندی 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 [4] علاوه بر اینکه در مرجع اصلی آمده است [4]، توسط ناسخیان [1] نیز

بازنویسی گردیده و قابل مراجعه می‌باشد. روابط بوسکار دین و کوردینگ برای مقادیر مجاز 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 [1 و 3] منحنی‌های دیگری برای مقادیر مجاز ذکر می‌شود. در سالهای اخیر منحنی‌هایی مطابق شکل (4) بر اساس نسبت تغییر شکل $\left(\frac{\Delta}{L}\right)$ و کرنش افقی (ε_h) ارائه گردید [5] که کار کردن با آنها ساده‌تر است. نسبت تغییر شکل $\left(\frac{\Delta}{L}\right)$ در هر نقطه در واقع حاصل تقسیم نشست قائم آن نقطه (Δ) به طول محدوده مورد بررسی (L) است. معمولاً حداکثر $\left(\frac{\Delta}{L}\right)$ 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 حداکثر اختلاف نشست بین دو ستون Δ باشد، آنگاه نسبت تغییر شکل $\left(\frac{\Delta}{L}\right)$ 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 1 و 2 که به فاصله L و در مجاور هم هستند، به ترتیب به اندازه h_1 و h_2 به طرف گود حرکت افقی داشته باشند آنگاه داریم:

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

شکل (4) نشان دهنده محدوده‌های خرابی با درجات مختلف است. خرابی با درجه صفر قابل صرف‌نظر و خرابی با درجه 1، 2 و 3 به ترتیب به معنی خیلی کم، کم و متوسط می‌باشد. خرابی‌های با درجه 4 الی 5 به معنی خرابی شدید تا خیلی شدید می‌باشند. کرنش کششی حدی در خرابی با درجه صفر کمتر از 0.05 درصد ولی در حالت خرابی با درجه 4 الی 5 بیش از 0.3 درصد می‌باشد [5]. شکل (4) در واقع نشست قائم و تغییر شکل افقی را به ترتیب با نسبت تغییر شکل $\left(\frac{\Delta}{L}\right)$ و کرنش افقی (ε_h) نشان داده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، افزایش هر یک از مقادیر نشست قائم یا تغییر شکل افقی به تنهایی می‌تواند موجب خرابی شود. ضمناً اثر توأم تغییر شکل قائم و افقی در این شکل دیده می‌شود. اگر بتوان مثلاً تغییر شکل افقی را به تنهایی کاهش داد، حتی اگر نشست قائم ساختمان تغییر نکرده باشد، میزان خرابی می‌تواند کم شود و شرایط بهتری بوجود آید.

بطور خلاصه گام دوم در شناخت مکانیزم عملکرد تیرک مایل این است که علاوه بر نشست قائم ساختمان همسایه، به کرنش افقی آن هم توجه شود. لذا منحنیهای شکل (4) از مراجع فنی استخراج و برای کنترل توأم هر دو تغییر شکل در اینجا پیشنهاد گردید.

4-3- گام سوم شناخت مکانیزم

مدل سازی عددی مراحل گودبرداری و نصب تیرک ها در حالت دو بعدی با فرض رفتار خطی خاک توسط حسینی [2] انجام گردید و سپس مدل های عددی دقیق تری با فرض رفتار الاستوپلاستیک خاک ارائه [1 و 3] شد. در این مدلها از نرم افزار تفاضل محدود FLAC استفاده گردید. شکل (5) شبکه مورد استفاده و ابعاد محیط اطراف گود را نشان می دهد. عرض مدل 20 برابر عرض گود و فاصله کف گود از انتهای صلب 10 برابر انتخاب گردید. از آنجا که مدل کردن ساختمان مجاور گود با تمام جزئیات پی و تیر و ستون ها پیچیده می باشد، حالت های مختلف مورد بررسی مقایسه ای قرار گرفت [1] و نهایتاً نتیجه گیری شد که مدل سازی پی و تیر ستون های طبقه اول با قراردادن بار سایر طبقات روی ستون های آن برای مطالعه گودبرداری مجاور ساختمان همسایه کافی می باشد [3]. سپس خاکبرداری در مدلها بصورت مرحله ای شبیه سازی گردید و مقادیر تنش ها و تغییر شکل ها در مراحل مختلف خاکبرداری مورد مطالعه واقع شد. البته هر یک از مدل های عددی با استفاده از حالت های ساده تر که جواب های تحلیلی برای آنها وجود داشت مورد بررسی مقایسه قرار گرفت و اعتبار بخشی مدل ها انجام شد.

مدلسازی عددی با طیف وسیعی از متغیرها و در شرایط گوناگون انجام گردید. ارائه نتایج کامل مدل های الاستیک [2] و مدل های الاستوپلاستیک [1] به همراه تشریح مبسوط روندهای مشاهده شده در رفتار مدلها [3] در این مقاله نمی گنجد. لذا در اینجا فقط نتیجه گیری اصلی ذکر می شود تا زمینه ساز ارائه مکانیزم پیشنهادی برای تیرک های مایل باشد. 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 قابل ملاحظه ای در کف گود در محل اتصال تیرک ملاحظه می گردد. ضمناً 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.

4-4- جمع بندی مکانیزم

با توجه به مراحل که تاکنون ذکر گردید، مکانیزم عملکرد تیرک مایل در گودبرداری های سنتی مجاور 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 می‌شود لذا بار کمتری به خاک زیر پی وارد می‌گردد. بنابراین مقدار نشست قائم پی‌ها کم می‌شود. البته این موضوع در افزایش ضریب اطمینان باربری پی نیز مؤثر است.

ب) تیرک مایل به دلیل ایجاد قید جانبی موجب کاهش تغییر مکانهای افقی گود و ساختمان همسایه و در نتیجه محدود کردن کرنش کششی می‌شود. همانطور که در گام دوم شناخت مکانیزم ذکر شد، محدود کردن کرنش افقی به تنهایی نیز برای کاهش صدمه به ساختمان همسایه مؤثر است (شکل 4).

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 تیرک‌های افقی فقط با محدود کردن کرنش افقی ساختمان همسایه موجب کاهش صدمه به آن می‌شوند. مکانیزم‌های الف) و ب) بصورت توأم در تیرک‌های مایل همواره وجود دارند و در واقع از مزایای تیرک‌های مایل محسوب می‌شوند ولی علاوه بر اینها باید به نقش منفی تیرک‌های مایل هم توجه کرد. تیرک مایل در واقع تکیه گاهی در زیر ستون یا دیوار کنار گود 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.

5- توصیه‌های کاربردی

با توجه به مکانیزم پیشنهادی برای عملکرد تیرک‌های مایل در اینجا سعی می‌شود چند توصیه کاربردی ارائه گردد.

(1) همانطور که گفته شد، تیرک مایل بخشی از بار قائم ساختمان همسایه را به کف گود منتقل می‌کند، بنابر این لازم است تیرک به اعضای باربر ساختمان همسایه مثل ستون و پی متصل گردد. بنحویکه آن عضو باربر نیز بصورت مناسبی به سایر اعضای باربر متصل باشد.

(2) 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 گوه‌های چوبی استفاده می‌شود، کارآیی لازم را ندارد. چنانچه بتوان از همسایه کسب اجازه نمود، اتصالاتی مشابه شکل (6) برای دیوارهای آجری باربر توصیه می‌گردد.

(3) اتصال تیرک مایل به پی ساختمان همسایه بیش از اتصال به ستون و دیوار باربر مؤثر است. این موضوع علاوه بر اینکه در تحلیل عددی اثبات شده است، طول تیرک مایل را نیز کاهش می‌دهد و از خطر کمایش آن می‌کاهد.

(4) خاک محل اتصال تیرک مایل به گود نیز باید ظرفیت باربری کافی داشته باشد و نشست آن ناچیز باشد. بنابر این لازم است پی مناسب برای آن در نظر گرفته شود. طرح شماتیک این پی در شکل (7) پیشنهاد گردیده است.

(5) 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 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.

6- نتیجه گیری

الف- با توجه به متداول بودن استفاده از تیرک های مایل جهت نگهداری ساختمانهای مجاور گود لازم است تحقیقات پیوسته ای در مورد این روش انجام شود تا منجر به تهیه دستورالعمل های طراحی گردد.

ب- برای بررسی گودبرداری مجاور ساختمان همسایه باید به محدودیت نشست قائم و تغییر شکل افقی بصورت توأم توجه کرد.

ج- مکانیزم عملکرد تیرک های مایل در گودبرداری مجاور ساختمان همسایه شامل دو بخش مهم "انتقال بخشی از بار قائم ساختمان به کف گود" و "ایجاد محدودیت جانبی جهت کاهش کرنش افقی ساختمان همسایه" است.

د- 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.

ه- برای بهبود گودبرداری های سستی با استفاده از تیرک های مایل توصیه می شود که اتصالات مناسب نظایر آنچه در مقاله ذکر شد، بکار رود و تیرک ها پس از نیمی از خاکبرداری نصب گردند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مساعدتهای مسئولین مرکز تحقیقات ساختمان بخصوص خانم دکتر پرهیزکار و آقای دکتر طباطبایی و همچنین دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده عمران دانشگاه تهران آقایان علی ناسخیان و سیدعلی حسینی لواسانی و خانم سمیه صادقیان که پایان نامه های خود را در این زمینه انجام داده اند، تشکر می شود.

مراجع

- [1] ناسخیان، علی، " مطالعه رفتار تیرک های مورب در گودبرداری های متداول در تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی گروه عمران دانشگاه تهران، 1382
- [2] حسینی لواسانی، سید علی، " گودبرداری مجاور ساختمان همسایه"، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، گروه عمران دانشگاه تهران 1375
- [3] فاخر، علی، " مطالعه گودبرداری های متداول در تهران در مجاور ساختمان همسایه"، گزارش تحقیقی به مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، 1383
- [4] Boscardin, M.D. and Cording, E.G. "Building response to excavation induced settlement", Journal of Geotechnical Engineering, Vol 115, No. 1, 1989, PP.1-21.
- [5] Mair, R.J., "Geotechnical aspects of design criteria for bored Tunneling in soft ground", Proceeding of the Word Tunnel Congress 98 on Tunnel and Metropolises, Brazil, 1989, Vol.1, PP 183-199.

The Mechanism of Inclined Struts in Conventional Excavation Adjacent to Existing Buildings

Ali FAKHER

Associate Professor, School of Civil Engineering, University, of Tehran
PO BOX 11365-4563, E-mail : afakher @ut. ac.ir

ABSTRACT

The study of the conventional excavation method used in Tehran is necessary because of the large number of disasters reported. In presented paper, the conventional use of inclined struts is firstly described and then a mechanism is proposed.

The mechanism consists of the transfer of vertical loads and the reduction of horizontal tension strain. According to the proposed mechanism, a number of practical recommendations for connections and the sequences of excavation are proposed.

شکل (1) نمونه‌ای از تیرک‌های مایل چوبی جهت نگهداری ساختمان همسایه حین گودبرداری

شکل (2) نمونه‌ای از تیرک‌های مایل فولادی با پوشش نایلون برای جلوگیری از باران

شکل (3) مثالی از بکارگیری تیرک‌های افقی جهت نگهداری ساختمان‌های طرفین گود

شکل (4) منحنی‌های پیشنهادی برای مقادیر مجاز نسبت تغییر شکل قائم و کرنش افقی [5]

شکل (5) شبکه تفاضل محدود مورد استفاده در مدلسازی عددی

شکل (6) اتصال پیشنهادی برای تیرک مایل به ساختمان همسایه

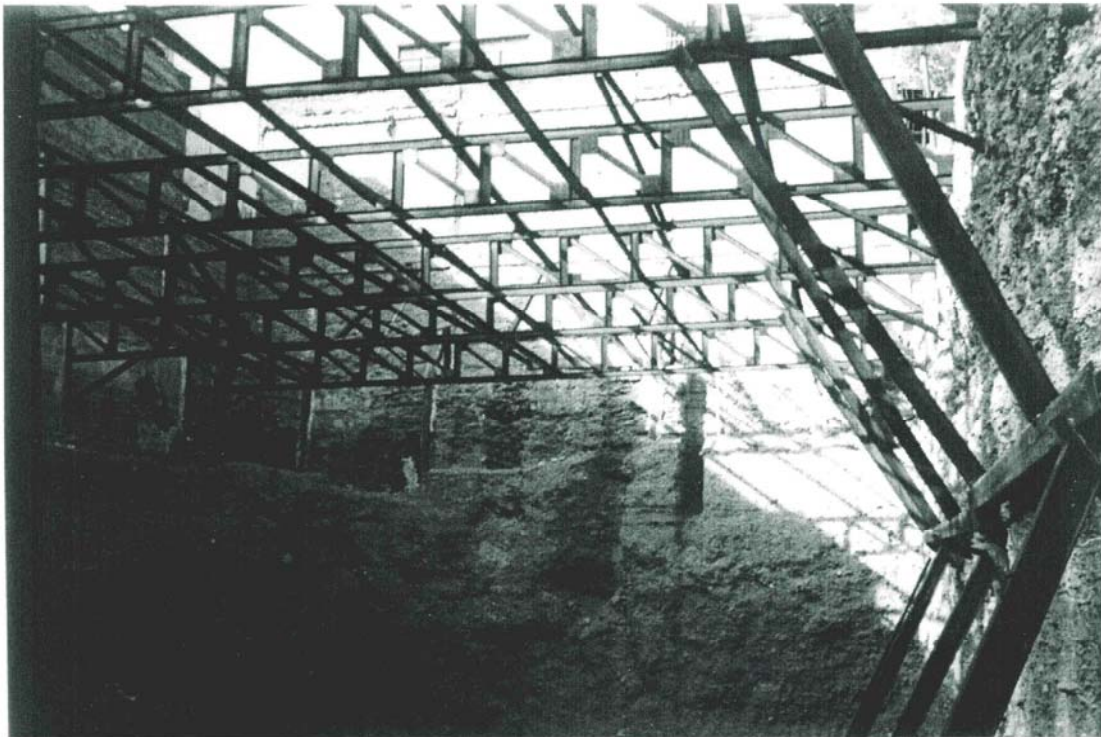
شکل (7) پی پیشنهادی برای تیرک‌های مایل در محل اتصال به کف گود



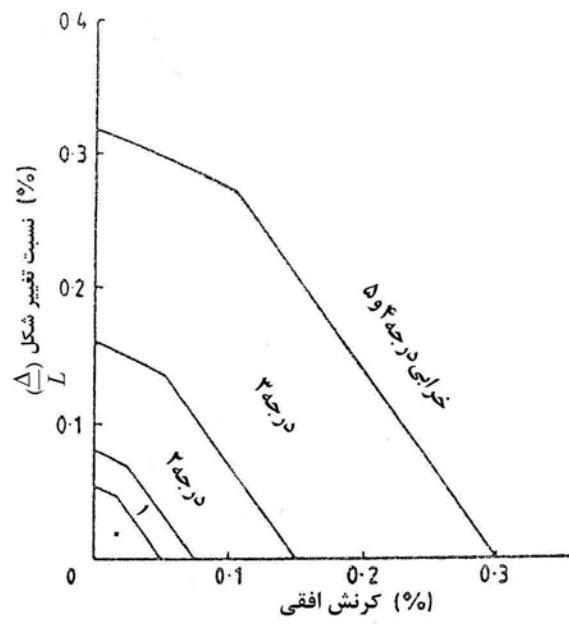
شکل (1) نمونه‌ای از تیرک‌های مایل چوبی جهت نگهداری ساختمان همسایه حین گودبرداری



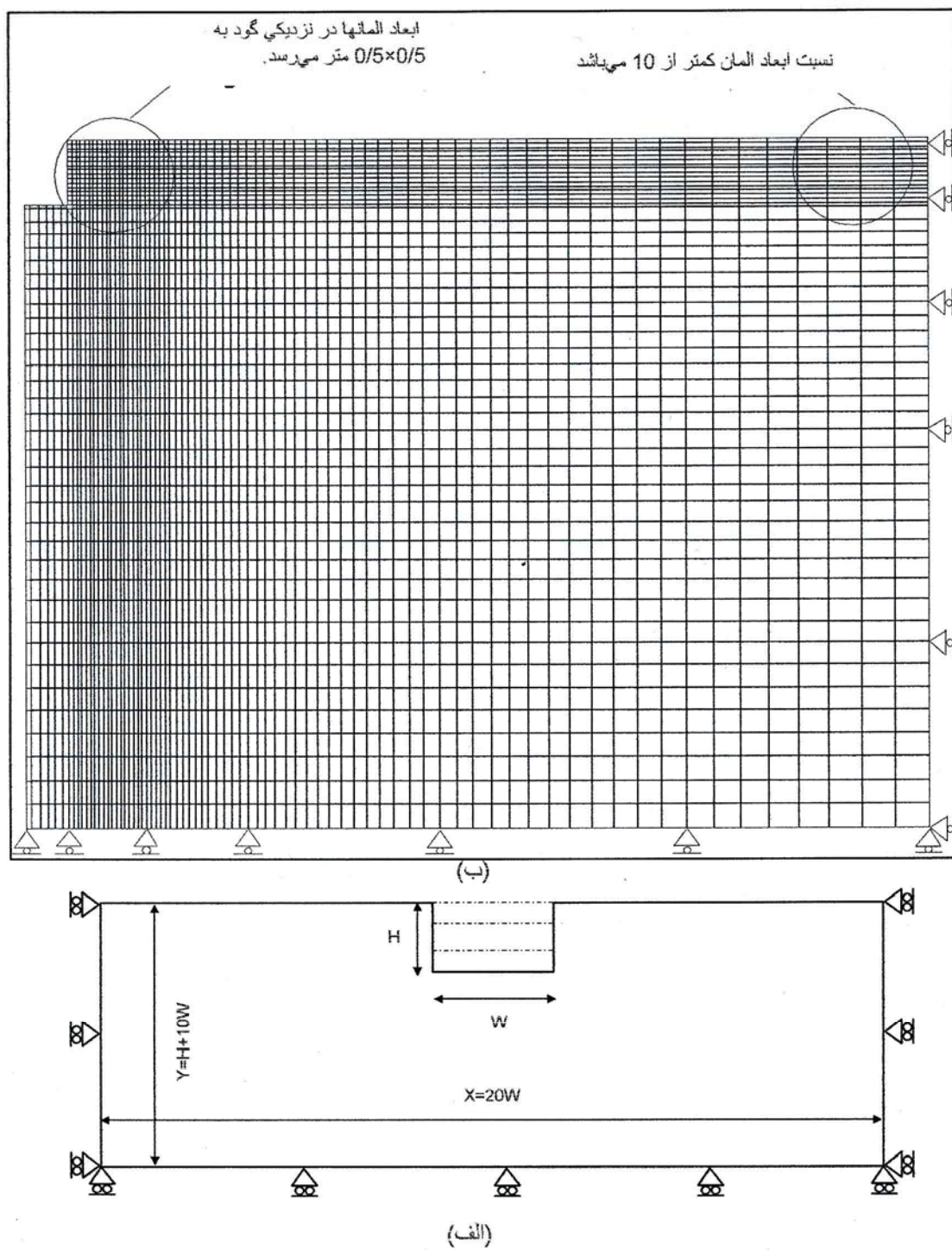
شکل (2) نمونه‌ای از تیرک‌های مایل فولادی با پوشش نایلون برای جلوگیری از باران



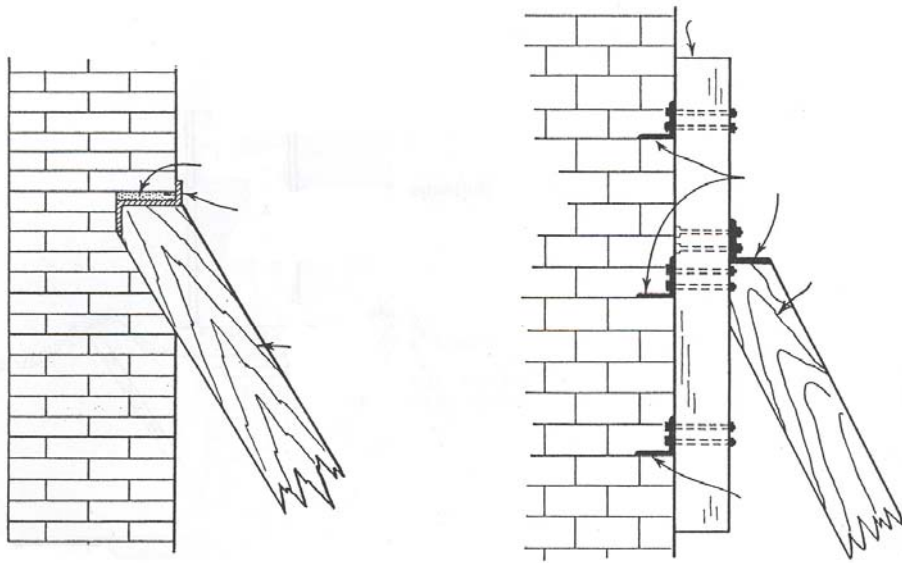
شکل (3) مثالی از بکارگیری تیرک‌های افقی جهت نگهداری ساختمان‌های طرفین گود



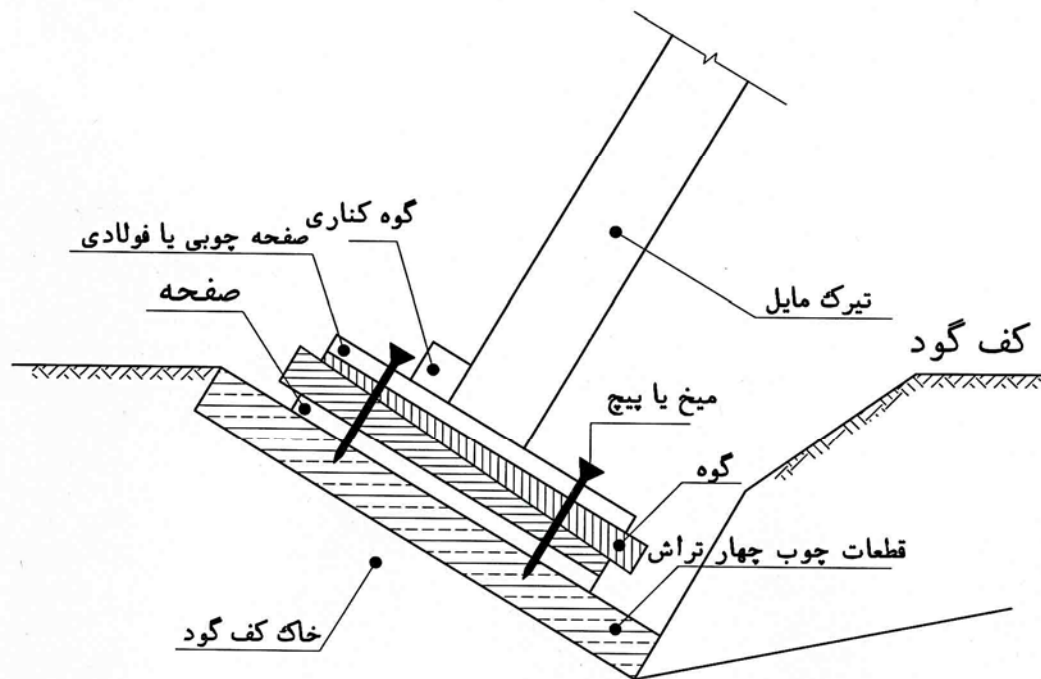
شکل (4) منحنی‌های پیشنهادی برای مقادیر مجاز نسبت تغییر شکل قائم و کرنش افقی [5]



شکل (5) شبکه تفاضل محدود مورد استفاده در مدل‌سازی عددی



شکل (6) اتصال پیشنهادی برای تیرک مایل به ساختمان همسایه



شکل (7) پی پیشنهادی برای تیرک‌های مایل در محل اتصال به کف گود