

## تحلیل شبه‌استاتیکی دیواره‌های گود میخ‌کوبی شده (Nailing)

علی میارچمندیان<sup>1</sup>، امید کاوه‌آهنگری<sup>2</sup>، مسعود عامل سخنی<sup>3</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات آذربایجان غربی، ایران

2- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات آذربایجان غربی، ایران

3- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه

Ali.chamandiyan@gmail.com

### خلاصه

منشاء میخ‌کوبی خاک را می‌توان به سیستم پشتیبانی حفاری‌های زیرزمینی در سنگ که به روش تونل‌سازی جدید اتریسی (NATM) معروف است، مرتبط دانست. این روش شامل نصب سیستم تقویتی فولادی مقاوم در سنگ یا خاک است که به دنبال آن یک رویه شاتکریت تقویتی اجرا می‌شود. این تکنیک متکی بر فعال شدن مقاومت کششی فولادهای تقویتی تحت تغییر شکل‌های نسبتاً کوچک در خاک محصورکننده می‌باشد. این سیستم تقویتی به‌واسطه پیوستگی شاتکریت ارتقاء می‌یابد. بخش عمده پایداری در میخ‌ها در مقابل برش توده خاک، به‌واسطه شیب میخ‌ها نسبت به صفحه برش تأمین می‌شود. رفتار مکانیکی اندرکنش خاک-میخ نقش مهمی در تأمین مقاومت برشی توده خاکی پایدار شده ایفاء می‌کند. با توجه به استفاده روز افزون از سیستم میخ‌کوبی به‌منظور پایدارسازی ترانشه و گودبرداری‌های ایمن شهری در این مقاله به تحلیل رفتار شبه‌استاتیکی دیواره‌های گود محافظت شده به‌روش میخ‌کوبی پرداخته می‌شود. از آنجا که این سیستم نگهدارنده، پایداری دراز مدت را نیز بر عهده دارد، تحلیل رفتار شبه‌استاتیکی آن نیز باید مدنظر قرار گیرد. تاثیر زاویه مهارها، عمق گود و... در حالت و شبه‌استاتیک با استفاده از نرم‌افزار (Geostudio) بر روی ضریب اطمینان صورت گرفته است. در حالت کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که ضریب اطمینان با عمق گود رابطه‌ی معکوس دارد و بهترین زاویه قرارگیری میخ‌ها نسبت به افق در حدود 10 الی 15 درجه می‌باشد. همچنین با افزایش مقدار چسبندگی خاک و افزایش مقدار زاویه اصطکاک داخلی خاک، ضریب اطمینان پایداری گود افزایش پیدا می‌کند.

**واژگان کلیدی:** تحلیل شبه‌استاتیکی، میخ‌کوبی خاک، گودبرداری

### 1. مقدمه

سانحه ریزش دیواره گود و ساختمان‌های مجاور در حین گودبرداری از مشکلات اصلی پروژه‌های بزرگ عمرانی است که متأسفانه علیرغم پیشرفت‌های اخیر مهندسی عمران و روش‌های نوین ساخت‌وساز، هر از چند گاهی خبر ریزش دیواره گود و به آوار کشیدن خانه‌های مجاور و صدمات جانی و مالی فراوان آن در اقصی نقاط کشور منتشر می‌گردد؛ لذا با توجه به رشد روزافزون ساخت‌وسازهای نوین شهری و لزوم اجرای گودبرداری‌های عمیق، پایدارسازی ایمن گود از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. یکی از روش‌های پایدارسازی ترانشه‌ها، روش میخ‌کوبی<sup>4</sup> خاک می‌باشد که علیرغم ایمنی بالا بسته به شرایط به‌خصوص در پروژه‌های بزرگ در زمان کمتری اجرا می‌گردد. این روش در حال حاضر در بسیاری از پروژه‌های ساختمانی و نیز پایدارسازی شیروانی‌های کنار مسیرهای راه در ایران و سایر کشورهای جهان به‌کار گرفته می‌شود.

میخ‌کوبی روشی است که به‌منظور پایدارسازی ترانشه‌های خاکی و سنگی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با حفر گمانه‌های افقی در ترانشه، قرارگیری میلگرد در این گمانه‌ها و تزریق دوغاب سیمانی در آن‌ها و در نهایت با اعمال شاتکریت روی سطح ترانشه ایجاد می‌گردد. مکانیزم اصلی این روش در بسیج کردن نیروهای کششی در میلگردها می‌باشد. این نیروها در جهت عمود بر سطح لغزش عمل کرده و باعث افزایش نیروی مقاوم در برابر لغزش در سطوح بحرانی می‌شود و ضریب اطمینان این سطوح را در برابر لغزش افزایش می‌دهند. به‌طور کلی روش میخ‌کوبی نقش مهمی را در پایدارسازی ایفاء می‌کند. اگر بتوان مقاومت برشی خاک را افزایش داد می‌توان خاک سست را به خاک مقاوم‌تری تبدیل کرد. هنگامی که میخ‌ها درون خاک قرار می‌گیرند بین خاک و میخ‌ها اصطکاک به وجود می‌آید که این امر در جابجایی خاک تأثیر می‌گذارد. زمانی که میخ‌کوبی انجام می‌شود، خود میخ‌ها تنش بیشتری را نسبت به اصطکاک داخلی خاک تحمل می‌کنند. توزیع و انتقال تنش می‌تواند تا حدی نرمی خاک را تحت تأثیر

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات آذربایجان غربی

<sup>2</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات آذربایجان غربی

<sup>3</sup> استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه