



## بررسی رفتار ریزشمع مایل تحت اثر بار استاتیکی قائم در خاک‌های ماسه‌ای

آیدین رسائی<sup>۱</sup>، توحید اخلاقی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه تبریز، تلفن: ۰۹۱۴-۳۱۱-۸۷۲۸

۲- استادیار گروه ژئوتکنیک، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تلفن: ۰۴۱۱-۳۳۹۲۴۱۴

aidin.rasai@gmail.com

### خلاصه

ریزشمع‌ها، شمع‌های لوله‌ای کوچک با قطر کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر هستند که با حفر گمانه، تسلیح فولادی سبک و تزریق دوغاب اجرا می‌شوند. در این مطالعه، رفتار ریزشمع مایل تحت بار استاتیکی قائم، با استفاده از نرم‌افزار اجزای محدود Abaqus، تحت تحلیل غیرخطی مورد بررسی قرار گرفته است. محیط خاک و خاک تثبیت شده اطراف ریزشمع به صورت الاستوپلاستیک، با مدل پلاستیسته موهر-کولمب و ریزشمع از جنس بتن و فولاد، با مدل رفتاری الاستیک مدل‌سازی شده و اثر پارامترهای زاویه میل، طول و قطر ریزشمع بر پاسخ سیستم ریزشمع-خاک مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که افزایش قطر و طول ریزشمع سبب کاهش نشست شده و در مقایسه پارامترهای طول و قطر به منظور تاثیر بیشینه، افزایش قطر نسبت به طول ارجح است. همچنین نتایج نشان می‌دهند که با معیار حداقل نشست، در خاک‌های ماسه‌سیلتی زاویه میل مناسب ریزشمع مابین ۱۵° الی ۳۰° قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: ریزشمع، نشست، تحلیل غیرخطی، بار قائم

### ۱. مقدمه

اساساً ریزشمع‌ها به عنوان المان‌هایی برای تقویت پی<sup>۱</sup> در راستای مقاومت، در مقابل بارگذاری‌های استاتیکی و لرزه‌ای، تسلیح شیب‌ها و پایدارسازی دیواره گودها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. بطور کلی در مواجهه با خاک‌های مسئله‌دار نظیر خاک‌های سست با قابلیت باربری کم، نشست‌پذیری زیاد، روانگرا، خاکهای دستی و ... دو راه پیش روی مهندسین ژئوتکنیک قرار دارد:

(۱) استفاده از المان‌های باربر در خاک

(۲) بهسازی و اصلاح خواص فیزیکی-مکانیکی توده خاک

هر یک از راه‌حل‌های فوق دارای روش‌ها و مشخصات مربوط به خود می‌باشند که طی سالیان متمادی توسعه فراوانی یافته‌اند. برخی از تکنیک‌های ابداعی نیز ماهیتی ترکیبی از دو دسته فوق داشته و مزایای هر دو دسته را به‌همراه دارند. یکی از جدیدترین، سریعترین و با صرفه‌ترین روش‌ها برای تحکیم و افزایش مقاومت زمین‌هایی که قابلیت باربری لازم جهت احداث سازه‌های مورد نظر بر روی آنها را ندارند، استفاده از ریزشمع و تزریق دوغاب سیمان می‌باشد که به وسیله این تکنیک علاوه بر تغییر مشخصات مکانیکی و ژئوتکنیکی خاک و افزایش مقاومت آن می‌توان از توان باربری خود ریزشمع نیز به عنوان المان باربر استفاده نمود. لذا با توجه به اندک بودن مطالعات صورت پذیرفته در خصوص ریزشمع‌ها، در این پژوهش به مطالعه پارامتریک رفتار ریزشمع مایل پرداخته شده است.

### ۲. ریزشمع‌ها

استفاده از ریزشمع‌ها<sup>۲</sup> از دهه ۵۰ میلادی و به خصوص از اواسط دهه ۸۰ میلادی به صورت قابل توجهی رشد یافته است. ریزشمع اولین بار در اوایل دهه ۱۹۵۰ در ایتالیا بعنوان یک روش ابتکاری بمنظور تقویت پی ساختمان‌های تاریخی و بناهای یادبود که به مرور زمان و بخصوص در جنگ جهانی دوم آسیب دیده بودند، ابداع شد. یک سیستم موثر و مطمئن تقویت پی بعنوان تکیه‌گاهی برای بارهای سازه‌ای با حداقل تغییر مکان، مورد نیاز بود که در

<sup>۱</sup> Underpinning

<sup>۲</sup> Micropiles