

بررسی عددی و مقایسه ظرفیت باربری فشاری میکروپایل و سامانه جدید میکروپایل در خاک های درشت دانه

سید عبدالله پورتنگی^۱، منصور مصلی نژاد^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی، دانشگاه آزاد واحد استهبان

۲- استادیار مدعو دانشگاه آزاد واحد استهبان

a_pourtangaki@iauest.ac.ir

خلاصه

در دهه اخیر اجرای ریز شمع‌ها (Micro Piles) در پروژه‌های بزرگ ساختمانی به دلیل مزایای منحصر به فرد این روش در مقایسه با شمع‌های بتنی متداول، افزایش گسترده‌ای داشته است. نتایج بدست آمده از آزمایش‌های سانتریفیوژ و همچنین تحلیل‌های عددی، کارایی و اهمیت اجرای ریز شمع‌ها را به عنوان یک راه حل موثر، مطمئن و کاربردی روشن می‌سازد. در این تحقیق سعی بر آن شده است که با مدل سازی عددی و استفاده از نرم افزار اجزاء محدود Plaxis 3D Foundation v1.6 و نیز با بهره‌گیری از آیین نامه ریز شمع اداره بزرگ‌راه‌های امریکا (FHWA)، مقایسه‌ای بین میکروپایل (ریز شمع) و میکرو پال (ریز حباب) صورت گیرد و عوامل موثر بر انتخاب بهترین گزینه مورد بررسی قرار گیرد و جایگاه واقعی این سامانه جدید در مقایسه با میکرو پایل سنجیده شود تا بستری فراهم گردد که با توجه به مشخصات خاک بستر و نیز بارهای وارده از طرف سازه، انتخاب بهترین گزینه از بین این دو روش میسر گردد. نتایج نشان می‌دهد که سامانه میکروپال برای بهبود خواص مکانیکی خاک و افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست مناسب است.

کلمات کلیدی: میکروپایل، روش اجزاء محدود، میکروپال، ظرفیت باربری، Plaxis 3D Foundation

۱. مقدمه

استفاده از میکروپایل در فونداسیون‌ها به منظور تحمل بارهای استاتیکی و دینامیکی به صورت موثر از دهه ۱۹۵۰ میلادی آغاز گردید. ریز شمع، لوله فلزی مشبک با قطر کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد که تا عمق مورد نظر در زمین کوبیده و یا حفاری می‌شود. سپس عملیات تزریق دوغاب که شامل سیمان، آب و افزودنی‌های مختلف است انجام می‌گیرد. با توجه به عمق و جنس زمین دوغاب تحت فشار ۲۵ تا ۵ بار تزریق می‌شود. میکرو پایل بطور موثر در بهبود خواص مکانیکی خاک، افزایش ظرفیت باربری و کاهش نشست به ویژه در پی سازه‌های موجود و مقاوم سازی آن‌ها بکار گرفته می‌شوند. ریز شمع‌ها نیز مانند سایر المان‌های ژئوتکنیکی دارای دو ظرفیت باربری سازه‌ای و ژئوتکنیکی می‌باشند. ظرفیت باربری ژئوتکنیکی میکرو پایل عمدتاً از طریق اصطکاک جدار و پیوند سیمانی ناشی از تزریق دوغاب سیمان در اطراف ریز شمع تامین می‌گردد. از نظر سازه‌ای ظرفیت باربری سازه‌ای شمع‌های درجا ریز توسط افزایش سطح مقطع انجام می‌شود، در صورتی که ظرفیت باربری میکروپایل‌ها عمدتاً توسط المان فولادی درون آن‌ها میسر می‌گردد. این المان فولادی حدودی از گمانه حفر شده را دربر می‌گیرد [1]. ظرفیت باربری میکروپایل بر اساس روابطی که در مراجع توصیه شده دارای بازه گسترده‌ای می‌باشد که این روابط با توجه به روش اجرا و نوع خاک نتایج متفاوتی از باربری رابدهست می‌دهد، همچنین مقادیر پیشنهادی ضریب اطمینان جهت تعیین ظرفیت باربری میکرو پایل در آیین نامه³ (FHWA)، عدد ۲٫۵ می‌باشد [2].

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد استهبان

² استادیار مدعو دانشگاه آزاد واحد استهبان

³ Federal highway Administration

۲. پیشینه تاریخی

تکنیک استفاده از ریز شمع برای اولین بار در سال ۱۹۵۰ در ایتالیا توسط Lizzi به منظور مرمت پی ساختمان‌های تاریخی و بناهای یادبودی که در اثر مرور زمان بخصوص جنگ جهانی دوم آسیب دیده بودند بکاربرده شد. این تکنولوژی بطور خیلی سریع در دنیا منتشر شد بطوری که در انگلستان، آلمان و آمریکای شمالی به ترتیب در سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۶۵، ۱۹۷۳ از این تکنولوژی استفاده کردند. در چین اولین تلاش در سال ۱۹۸۰ برای محافظت از انحراف برج Hu-Qiu که در سال ۹۵۹ ساخته شده بود انجام گردید. Lizzi و Plumele (۱۹۸۴) نشان دادند که ریز شمع‌های استفاده شده در محل، باعث ایجاد یک سیستم خاک مسلح که دارای چسبندگی نیز است می‌باشد و باعث بالابردن پارامترهای مکانیکی خاک می‌شود. در سال ۱۹۷۳ FHWA حامی تحقیقی جامع در رابطه با ریز شمع شد. گروه تحقیقی، با مروری جامع در مورد تحقیقات بین‌المللی گذشته، نتایج بدست آمده آزمایشگاهی، روش‌های طراحی و... راهنمای جامعی در مورد نحوه اجرای ریز شمع ارائه کردند [3].

۳. میکروبالب (Micro Bulb)

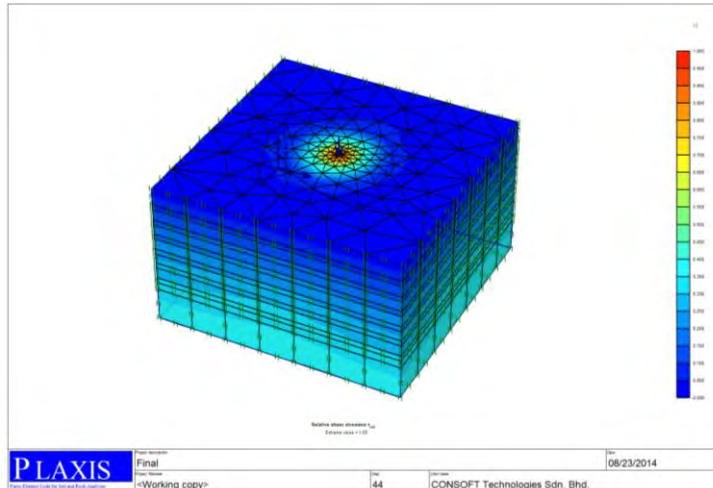
میکروبالب از لحاظ ساختاری به جز دارا بودن تمام ویژگی‌های مفید و موثر ریز شمع‌ها، بار ریز شمع‌ها تفاوت‌هایی دارد که این تفاوت پدید آورنده تغییراتی است که باعث افزایش ظرفیت باربری و همچنین کاهش جابجایی و نشست می‌گردد. بطور کلی فرایند به این ترتیب است که وقتی تزریق با فشار هوای تعیین شده انجام می‌گیرد، دوغاب از بین سوراخ‌های تعبیه شده در بدنه لوله و همچنین لایه اول غشاء لاستیکی عبور کرده و وارد فضایی می‌شود که بین دو لایه از غشاء لاستیکی است. همچنان که دو طرف لایه دوم با بست محکم شده دوغاب اجازه خروج از لایه دوم را ندارد و لایه دوم با توجه به خاصیت ارتجاعی بالا، حجیم می‌شود که می‌تواند خاک اطراف خود را کنار زده و بعد از متراکم کردن خاک محدوده کنار خود حباب‌هایی از جنس دوغاب پدید می‌آورد. حباب‌های ایجاد شده در افزایش ظرفیت باربری فشاری و کششی و همچنین کاهش نشست تاثیر مطلوبی دارد. نمونه‌ای از میکروبالب در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. شمایی از میکروبالب

۴. مدل سازی عددی

به منظور بررسی سیستم خاک-ریز شمع از یک مدل سه بعدی توسط نرم افزار اجزاء محدود Plaxis 3D Foundation v1.6 استفاده شده است. توسعه برنامه پلکسیس از سال ۱۹۸۷ در دانشگاه دلف هلند آغاز گردید [4]. برنامه پلکسیس سه بعدی بطور خاص جهت بررسی و آنالیز شمع و یا پی‌های فراساحل استفاده می‌شود [5]. ابعاد مدل توده خاک $2(m) \times 2(m) \times 2(m)$ و به ارتفاع $1.3(m)$ و همچنین قطر و طول ریز شمع به ترتیب $0.05(m)$ و $1(m)$ در نظر گرفته شد. در شکل شماره ۲ ریز شمع مدل شده در توده خاک نیز نشان داده شده است.

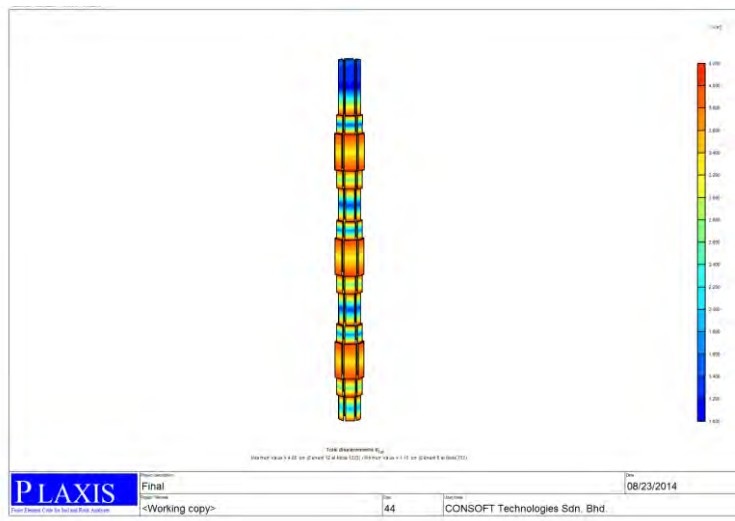


شکل ۲. میکرو پایل مدل شده در توده خاک

میکروپال نیز با طول ۱(m) و قطر حباب 0.07(m) مدل سازی گردید. در این تحلیل برای خاک از مدل رفتاری موهر کلمب و جهت المان میکروپایل از مدل رفتاری El الاستیک خطی استفاده شده است. پارامترهای ژئوتکنیکی و مشخصه خاک میکروپایل و میکروپال در جدول شماره انشان داده شده است. شکل ۳ میکروپال مدل شده را نشان می دهد.

جدول ۱- پارامترهای ژئوتکنیکی و مشخصه خاک میکروپایل و میکروپال

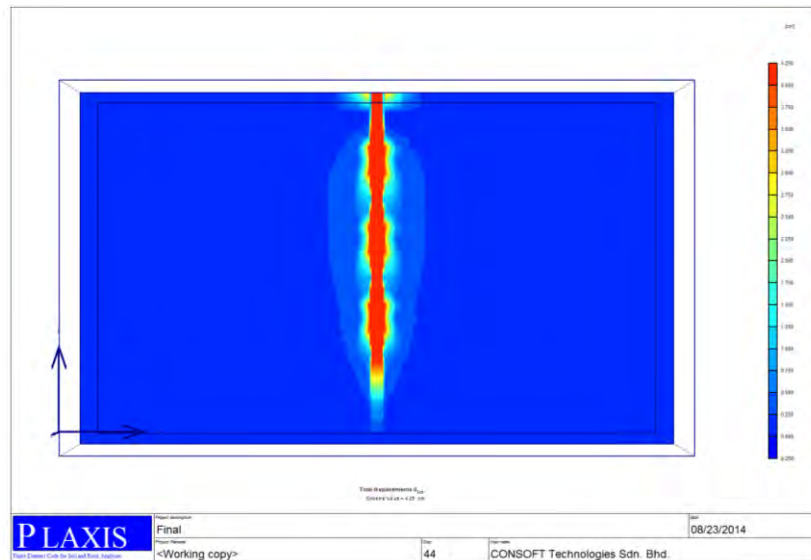
Material	Soil	Micro pile	Micro bulb	Beam Vertical
$\gamma(\text{KN}/\text{cm}^2)$	1.70E-05	2.40E-05	2.40E-05	7.85E-05
$E(\text{KN}/\text{cm}^2)$	0.5	2.00E+03	2.00E+03	2.07E+04
ν	0.3	0.3	0.3	—
$C(\text{KN}/\text{cm}^2)$	9.00E-04	—	—	—
\emptyset	30	—	—	—
ψ	0	—	—	—



شکل ۳. میکرو پال مدل شده در توده خاک

۵. عملکرد برنامه

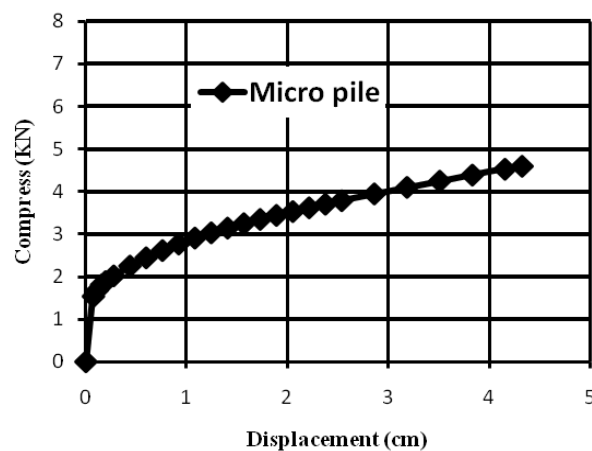
با انتخاب مشخصات مکانیکی مناسب برای خاک مورد نظر، با انجام تحلیل‌های عددی نمودار ظرفیت باربری میکروپایل و ریز حباب در مقابل تغییر شکل - های بدست آمده در هر گام نسبت به بار اعمال شده قابل ترسیم است. کانتورهای جابجایی کلی میکروپایل مدل شده در توده خاک در شکل ۴ ارائه گردیده است.



شکل ۴. کانتورهای جابجایی کلی میکروپایل مدل شده در توده خاک

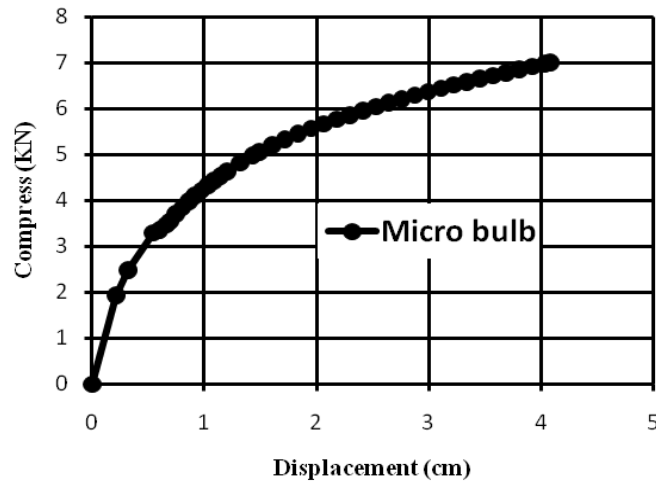
۶. بررسی نتایج و مقایسه ظرفیت باربری ریز شمع و ریز حباب

بعد از انجام فازهای محاسباتی که به ترتیب بعد از شرایط اولیه اختصاص دادن مصالح و بارگذاری می‌باشد، نمودارهای حاصل از بارگذاری بر روی ریز شمع و ریز حباب و مقایسه آن‌ها به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ قابل مشاهده است.

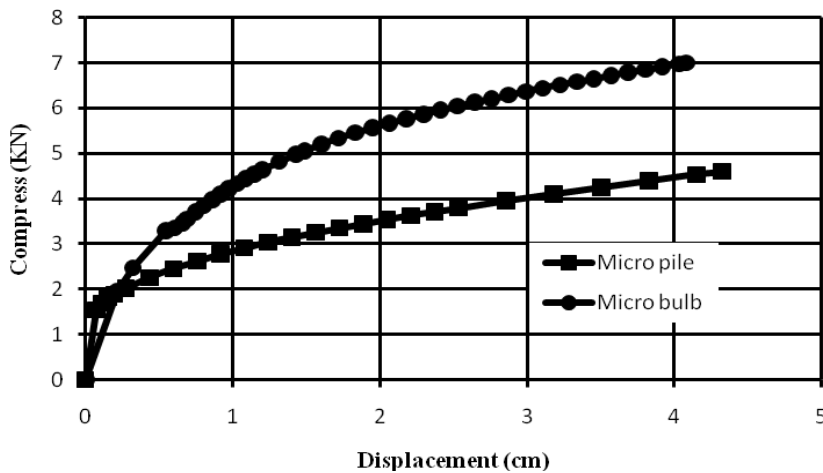


شکل ۵. نمودار بار - جابجایی برای میکروپایل

در شکل شماره ۵ جابجایی ۴,۳ cm در برابر بارگذاری ۴,۶ KN برای میکرو پایل نشان می دهد در حالی که در شکل شماره ۶ جابجایی ۴,۱ cm در برابر بارگذاری ۷ KN برای میکرو بالب مشاهده می گردد.



شکل ۶. نمودار بار-جابجایی برای میکرو بالب



شکل ۷. مقایسه نمودار بار-جابجایی میکرو بالب و میکرو پایل

۷. نتیجه گیری

مقایسه صورت گرفته نشان می دهد که در یک جابجایی حدوداً ثابت، میکرو بالب ظرفیت باربری حدوداً ۵۲,۱۷٪ بیشتر از میکرو پایل تحمل می کند. سامانه جدید میکرو بالب علاوه بر افزایش ظرفیت باربری و در نتیجه کاهش نشست، با توجه به پر شدن و حجیم شدن بالب ها توسط دوغاب به بهسازی توده خاک اطراف خود کمک می کند.

۸. قدردانی

بدینوسیله از همکاری کارشناسان فنی و مسئولان پشتیبانی کمپانی Plaxis آقایان Micha Vander Sloot و Michael Andriessen جهت پاسخگویی به مشکلات پدید آمده در حین مدلسازی به دلیل پیچیدگی مدل موصوف تشکر می گردد.

۹. مراجع

1. G.L.Sivakumar Babu, B. R.Srinivasa Murthy, D.S.N.Murthy, M.S.Nataraj, “*Bearing capacity improvement using micropiles a case study*”, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore.
2. FHWA (2000). “*Micropile Design and Construction Guidelines - Implementation Manual*”, in Report No. FHWA-SA-97-070, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, McLean, Virginia.
3. J. Han.1 *Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, (2006), The University of Kansas, S.-L. Ye. Department of Geotechnical Engineering, Tongji University.* ” *field study on the behavior of micropiles in clay under compression or tension*”. NRC Canada, Can.Geotech. J.43:19-29.
4. R, Brinkgreve.1994.”*Geomaterial models and numerical analysis.phd thesis*”.Delf university of technology.
5. D.A.Bruce,M.ASCE, M.E.C.Bruce, R.P.Traylor, “*High capacity micropiles-Basic principles and case histories*”, American Society of Civil Engineering.