Archive of SID

سومین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری
The third annual conference for research in architecture,urban planning and urban management

تحلیل عددی تاثیر تغییرات سطح آب زیرزمینی بر نشست نهایی یک پی مربعی ای مستقر بر روی ریزشمع‌های اجرا شده در ماسه

سید مرتضی مرندی[1]، پویا فرامرزپور [2]* و محمد بهرامی[3]

[1]استاد گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
marandi@ uk.ac.ir

[2]دانشجوی کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
eng.pouyaf@yahoo.com

[3]دانشجوی دکتری خاک و پی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
bahrami1959@gmail.com

چکیده:

امروزه به دلیل افزایش ساخت و سازها و وجود خاک‌های مسئله‌دار، ریزشمع‌ها(میکروپایل‌ها) به عنوان یکی از روش‌های بهسازی خاک برای جلوگیری از نشست و افزایش باربری استفاده‌می‌شوند. ریزشمع‌ها به دلیل عملکردی مشابه شمع‌ها و امکان حفاری در خاک‌هایی با شرایط سخت و دشوار برای کار کردن مورد توجه بسیاری از مهندسان قرار گرفته‌اند. در این مقاله به بررسی اثر فاصله و طول و قطر میکروپایل‌ها بر نشست نهایی یک پی دایره‌ای واقع بر روی خاک ماسه‌ای که در زیر آن ریزشمع‌های مختلفی قرارگرفته، در حضور آب زیرزمینی در ترازهای مختلف و با استفاده از نرم‌افزار PlAXIS 3D پرداخته‌است. نتایج تحلیل عددی نشان‌داد که با افزایش فاصله میکروپایل‌ها، نشست نهایی مجموعه کاهش داشته‌است. با افزایش طول ریزشمع نیز نشست نهایی کاهش یافت.افزایش فاصله و طول موجب افزایش ظرفیت باربری شد.در نهایت با افزایش قطر ریزشمع، کاهش نشست و افزایش ظرفیت باربری نیز مشاهده‌شد.

کلمات کلیدی:خاک غیر چسبنده،آب زیرزمینی، ریزشمع، کاهش نشست پی

---

*نویسنده مسئول

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

استفاده از ریزشمع‌ها یکی از راه کارهای طراحان برای کنترل نشست خاک است. هدف از به کارگیری ریزشمع‌ها کاهش نشست خاک و افزایش باربری خاک برای تحمل نیروهای بیشتر است. ریزشمع به عنوان شمع بدون جابجایی متشکل از دوغاب تزریق در آن و نوعی تسلیح فولادی برای مقاومت در برابر بار معرفی‌شده‌است. یکی از مهمترین عوامل در طراحی فونداسیون‌ها نشست مجاز پی است که برای کنترل آن میتوان از ریزشمع استفاده‌کرد. ریزشمع‌ها راه‌حل کاربردی است که برای مقاوم‌سازی سازه و خاک بکار برده میشود و کاربرد اساسی آنها شامل تقویت فونداسیون‌های موجود و سازه‌های جدید، کاهش نشست، تثبیت لغزش‌ها و تقویت خاک، پایدارسازی سازه‌ها و غیره می‌باشد [1]. ریزشمع‌ها را می‌توان با هر آرایشی و تحت هر زاویه‌ای نسبت به افق (مایل) اجرا نمود. از مزایای دیگر ریزشمع‌ها را می‌توان حفاری در شرایط سخت و با تجهیزات اجرایی قابل نصب در فضای کم و محدود را نام‌برد.

فولاد استفاده‌شده در ریزشمع جهت تسلیح، بار اعمالی به ریزشمع را جذب می‌کند و نصف حجم کل ریزشمع را تشکیل‌می‌دهد. این بار از طریق دوغاب تزریقی به توده خاک یا سنگ اطراف ریزشمع منتقل می‌شود. سیستم تسلیح ممکن است شامل یک میلگرد منفصل، یک گروه از میلگردها، یک غلاف لوله فولادی، و یا فولاد سازه‌ای نوردشده باشد. دوغاب استفاده‌شده در میکروپایل جهت ایجاد اصطکاک با خاک اطراف به منظور انتقال بار و فولاد تقویت به عنوان عنصر اصلی تحمل‌کننده بار نقش ایفا می‌کند و خاک بیشتر توسط شرایط زیرلایه‌های خاکی و روش تزریق استفاده‌شده بدست‌می‌آید. مقاومت انتهایی باتوجه به هندسه ریزشمع سهم خیلی کمی در مقاومت ایفامی‌کند. به هر حال طراحی ژئوتکنیکی ریزشمع‌ها درحالی انجام‌می‌شود که انتقال بار به زمین عمدتاً از مسیر اصطکاک جداره دوغاب و خاک باشد و سهم ظرفیت باربری نهایی قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد. ریزشمع‌ها در محدوده قطر 10 تا 20 سانتی‌متر مقدار باربری بالایی از 300 تا 600 کیلونیوتن را فراهم می‌آورند. باتوجه به نحوه عملکرد ریزشمع‌ها به دو نوع باربر و تحکیمی تقسیم می‌شوند. میکروپایل‌ها می‌توانند توام برای بارهای فشاری و کششی استفاده‌شوند اگرچه جابجایی ریزشمع‌ها در حالت کششی بزرگتر است ولی عموماً شکل منحنی های بار- جابجایی بدست آمده از آزمایش های فشاری وکشش محوری مشابه‌اند.

Yukihiro Tsukadaمدلی از خاک،ریزشمع و پی را در مقیاس کوچک در آزمایشگاه برای افزایش ظرفیت باربری پی موردبررسی قرار داده‌است[2].محققانی نظیر R.oufsta و Anil Misra با تحلیل عددی عملکرد لرزه‌ای گروه میکروپایل تحت بار لرزه‌ای همچنین افزایش ظرفیت باربری فونداسیون به وسیله ی میکروپایل‌های تحت بارهای کششی و فشاری بررسی کرده‌اند[3][4].لذا به‌دلیل اهمیت موضوع ریزشمع در ساخت و سازها برای افزایش داده‌های بیشتر در این زمینه هدف این مقاله بررسی اثر تغییرات آب زیرزمینی بر پارامترهای هندسی ریزشمع است.

2- مدل‌سازی عددی

برای بررسی سیستم خاک-میکروپایل از نرم‌افزار سه‌بعدی اجزاء محدود PLAXIS 3D استفاده‌شده‌است. برنامه پلکسیس به‌طور خاص جهت بررسی و آنالیز و ... استفاده می‌شود. این نرم‌افزار 3D بعد از نمونه نرم‌افزار دوبعدی آن مورد توجه مهندسان ژئوتکنیک قرارگرفت. از مزیت‌های این نرم‌افزار مشخص بودن مراحل گام به گام پروژه برای صحت‌سنجی تا رسیدن به نتیجه موردنظر است. در تمام مدل‌ها ریزشمع‌ها به صورت قائم درنظر گرفته‌شده است و سطح آب زیرزمینی به نسبت مشخصی از طول ثابت ریزشمع تغییر کرده و نشست برای آن محاسبه شده‌است.برای

www.SID.ir

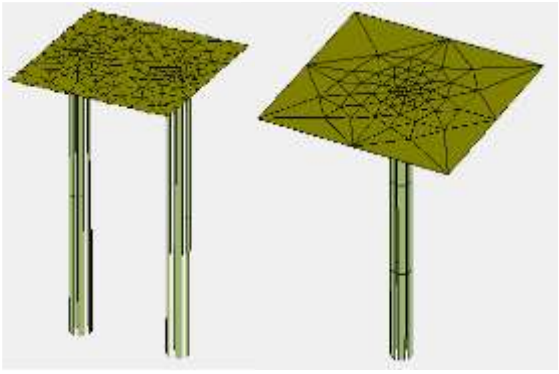
Archive of SID

مدل سازی عددی لازم است ایده‌آل سازی هندسه ،مصالح و بار گذاری انجام گردد.در این مقاله ایده‌آل سازی هندسه پی به وسیله پی مربعی از جنس بتن و ریز شمع با مقطع دایره از جنس فولاد و مصالح خاک از جنس ماسه سست استفاده شده‌است.ایده‌آل سازی بارگذاری توسط بار گسترده ثابت 100 کیلوپاسکال روی سطح فونداسیون اعمال شده‌است.

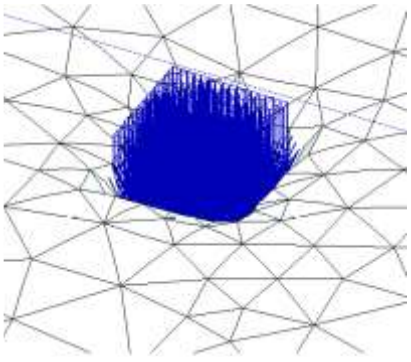
3- مشخصات فونداسیون، خاک و ریزشمع

برای ساخت مدل توسط نرم‌افزار از بار فشاری ثابت 100 کیلو پاسکال به صورت گسترده روی سطح فونداسیون استفاده‌شده‌است. دوغاب ریزی توسط وزن خود دوغاب و شرایط مرزی 5 برابر بعد پی در نظر گرفته‌شده‌است. در شکل (1) نحوه مدل‌سازی به همراه مش‌بندی در نرم افزار نشان داده‌شده‌است. مدل‌سازی برروی فونداسیون مربعی به ضلع 4 متر و عمق 1متر انجام گرفته‌است. ابعاد مدل کلی در نرم افزار با توجه به شرایط مرزی مربعی به ضلع 20 متر درنظر گرفته‌شده‌است. در این تحلیل برای خاک از مدل رفتاری موهر-کولمب و از نوع زهکشی شده و جهت المان ریزشمع از مدل رفتاری EI الاستیک خطی از نوع غیرمتخلخل استفاده‌شده‌است. رفتار فونداسیون نیز از نوع خطی و ایزوتوپیک طراحی شده‌است. مصالح خاک از نوع غیرچسبنده تا عمق 13 متر و طول ثابت 10متر برای ریزشمع درنظر گرفته‌شده‌است. در جدول (1) خواص ژئوتکنیکی استفاده‌شده برای فونداسیون، خاک، و ریزشمع ارائه‌شده‌است.

سطح آب زیرزمینی از عمق 10 متر نسبت به سطح زمین و برابر با طول ریزشمع تا سطح زمین متغیر گرفته‌شده‌است. در این پژوهش عمق 10 متر را حالت خشک خاک و سطح زمین را حالت اشباع خاک درنظر گرفته و نشست متناظر در این دو عمق و اعماق 1/3 و 2/3 طول ریزشمع به تصویر کشیده‌شده‌است.



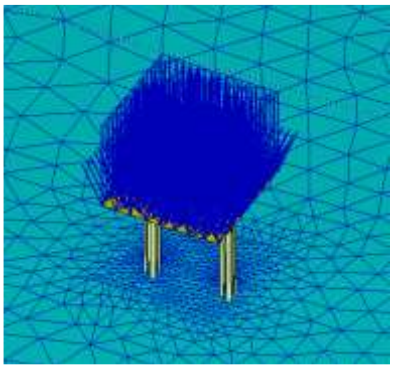
شکل 1-الف مدل‌سازی ریزشمع فونداسیون



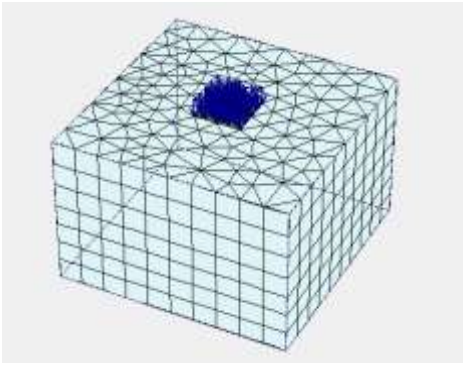
شکل1-ب پلان مدل‌سازی فونداسیون

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1–ج پلان مدل‌سازی فونداسیون



شکل1–د مقطع عرضی مدل‌سازی در عمق لایه خاکی

جدول (1) خواص ژئوتکنیکی استفاده‌شده در مدل برای فونداسیون، خاک و ریزشمع

مصالح	خواص ژئوتکنیکی					
	γ (kN/m^3)	E (kN/m^2)	ν	ϕ $(\deg ree)$	c (kN/m^2)	عمق (m)
اسیون	24	2.5×10^7	0.15	-		1
روپایل	24	5×10^7	0.20	-		10
ک غیرچسبنده	14	1.5×10^4	0.30	28	0.01	13

4- بررسی پارامتر تغییر فاصله، طول، و قطر ریزشمع بر نشست گروه ریزشمع‌ها

4-1 اثر تغییر فاصله ریزشمعها

به منظور بررسی اثر تغییر فاصله ریزشمع‌ها از مدلی با دو ریزشمع به طول ثابت 10 متر و قطر 30 سانتی‌متر و فواصل d گوناگون از هم استفاده‌شده‌است. فواصل d از 0/5 متر تا حداکثر فاصله ممکن با توجه به بعد فونداسیون یعنی 3/5 متر متغیر در نظر گرفته‌شده‌است. سطح آب زیرزمینی طول‌های مختلف 10 متر نسبت به سطح زمین 1/3 و 2/3 طول ریزشمع که برابر 3/300 و 6/600 نسبت به سطح زمین است در نظر گرفته‌شده‌است. در شکل (2) نمودار عمق نشست نمایان‌است.

4-2 اثر تغییر طول ریزشمع

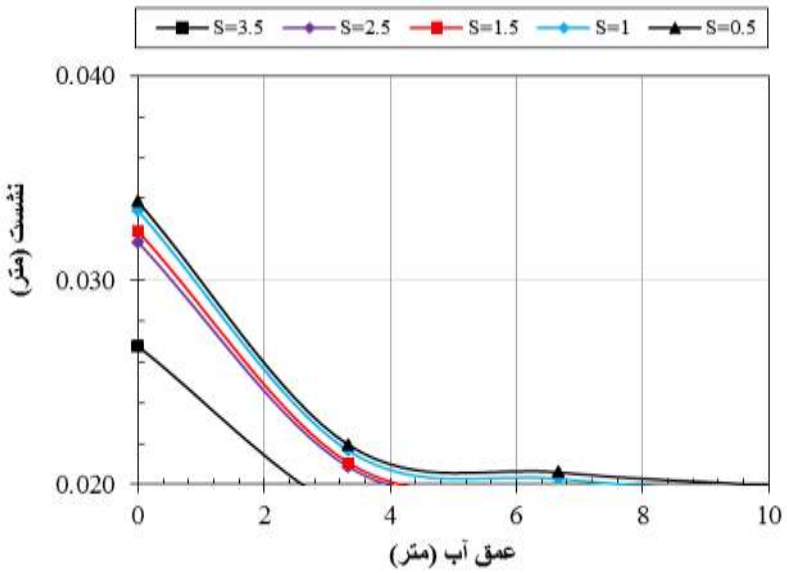
به منظور بررسی این پارامتر بر نشست فونداسیون از مدلی شامل یک میکروپایل با قطر ثابت 30 سانتی‌متر با طول‌های متغیر 2، 6، و 10 استفاده شده‌است. سطح آب زیرزمینی در عمق‌های صفر، 3/3، 6/6، و 10 متر، نسبت به سطح زمین در نظر گرفته‌شده‌است. در شکل (3) نمودارعمق-نشست برای این حالت آورده‌شده‌است.

www.SID.ir

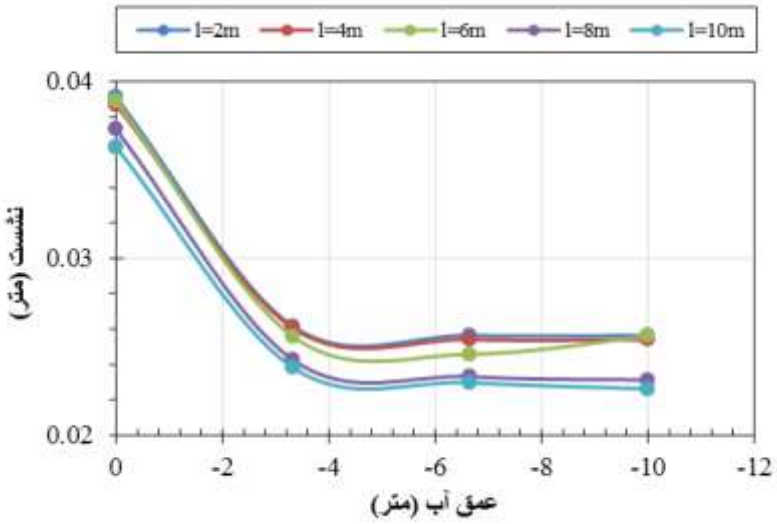
Archive of SID

4-3 اثر تغییر قطر ریزشمع

به منظور بررسی این حالت بر نشست فونداسیون از مدلی شامل یک ریزشمع با طول ثابت 10متر و قطر متغیر با مقادیر 0/1، 0/15، 0/2، 0/25، و 0/3 سانتیمتر استفاده شده‌است. سطح آب زیرزمینی در اعماق صفر، 3/3، 6/6، و 10 متر نسبت به سطح زمین در نظر گرفته‌شده‌است. در شکل (4) نمودار عمق-نشست برای این حالت نیز ارائه‌شده‌است.



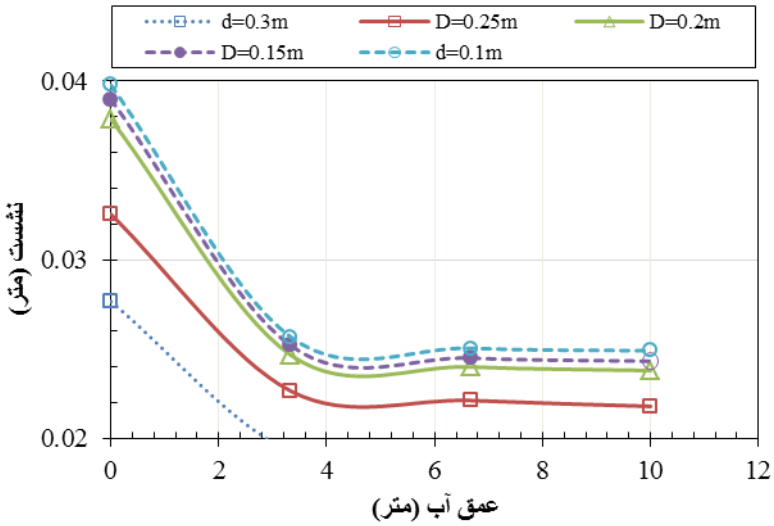
شکل2 نمودار عمق-نشست، بررسی اثر تغییر فاصله ریزشمع‌ها



شکل3 نمودار عمق-نشست، بررسی اثر تغییر طول ریزشمع‌ها

www.SID.ir

Archive of SID



شکل4 نمودار عمق-نشست، بررسی اثر تغییر قطر ریزشمع‌ها

در تمامی نمودارها محور قائم میزان نشست فونداسیون (گروه شمع) بر حسب متر و محور افقی عمق سطح آب زیرزمینی بر حسب متر می‌باشد. با بررسی‌های انجام گرفته به وضوح روشن است که با افزایش سطح آب زیرزمینی نشست افزایش یافته‌است.

نتایج به‌دست‌آمده از نمودارها با آزمایشات خانم ایرانمنش [5]و تحلیل عددی خانم خسروی [6]همخوانی دارد.

5- نتایج

در تحقیق حاضر که بر روی تحلیل عددی تاثیر تغییرات سطح آب زیرزمینی بر نشست نهایی یک پی دایره ای مستقر بر روی ریزشمع‌های اجرا شده در ماسه انجام گردید نتایج زیر حاصل شده‌است:

1) با افزایش طول و قطر ریزشمع و افزایش در میزان فاصله بین ریزشمع‌ها نشست کاهش و ظرفیت باربری افزایش می‌یابد.

2) افزایش سطح آب زیرزمینی باعث افزایش در میزان نشست فونداسیون می‌گردد، این افزایش باعث سرعت بخشیدن به اثرات پارامترهای هندسی ریزشمع در نشست می‌شوند.

3) برای ریزشمع های با طول 4 متر، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی تا عمق 3/3 متری که هنوز به پایین‌ترین قسمت ریزشمع نرسیده‌است تاثیر چشم‌گیری بر نشست نهایی فونداسیون نمی‌گذارد.

4) بالا آمدن آب زیرزمینی تا رسیدن به طول مدفون ریزشمع تاثیر چندانی در نشست فونداسیون ندارد و زمانی که این آب به ریزشمع برسد افزایش چشم‌گیری در نشست مشاهده‌می‌شود.

5) باتوجه به نتایج مشابه در مدل‌سازی‌های انجام گرفته و مقایسه بین آنها تقسیمات 1/3 طول ریزشمع هم در بالا و هم در پایین را می‌توان به عنوان حدود مرزی بحرانی متاثر تغییر در سطح آب زیرزمینی درنظر گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع:

[1] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Standard Specification for Highway Bridges. Washington, DC, Revised 1992, 1977.

[2]Tsukada, Y., Miura, K., Tsubokawa, Y., Otani, Y., and You, G.L., 2006. Mechanism of Bearing Capacity of Spread Footing Reinforced with Micropiles. Japanese Geotechnical Society, Vol. 46,No.3, June 2006, pp 367-376.

[3]Ousta, R., Shahrour, I., 2001.Three-dimensional Analysis of The Seismic Behaviour of Micropiles Used In The Reinforced of Saturated Soil,de de Lille ~ EUDIL59 655 Villeneuve d'Ascq cedex, France.

[4]Misra, A., CHEN, 2004.Analytical Solution For Micropile Design Under Tension And Compression, Kansas City, Missouri, U.S.A.

[5] مرندی م، خسروی م، چیدمان گروه میکروپایل در خاکهای غیرچسبنده، دومین کنگره ی بین‌المللی سازه،معماری و زیرساخت‌های شهری ،25 آذرماه،تبریز،9،1393-1.

[6]ایرانمنش ع، مطالعات آزمایشگاهی تعیین ظرفیت باربری میکروپایلها، پایان نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شهیدباهنر کرمان.

www.SID.ir