



بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۹

The 23rd Symposium of Geological Society of Iran
10-11 November, 2020



وضعیت زمین شناسی مهندسی منطقه آزاد انزلی و بررسی ظرفیت باربری شمع درجاریز

فرشید نوظهور مغاللو

دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

ابراهیم اصغری کلجاهی

دانشیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

چکیده

منطقه آزاد انزلی در جنوب دریای خزر واقع بوده و حدود ۱۰۰ هکتار وسعت دارد. این منطقه ساحلی از تناوب رسوبات ماسه‌ای و لایه‌های ریزدانه تشکیل شده است. این رسوبات نسبتاً سست بوده و عدد SPT عموماً بین ۱۰ تا ۴۰ می‌باشد. عمق آب زیرزمینی در این محدوده بین ۱ تا ۵ متر است. یکی از مشکلات ژئوتکنیکی در این منطقه، روانگرایی خاک در موقع زلزله است. در این منطقه مراکز اقتصادی و تجاری مهمی در حال احداث است که با توجه به شرایط زمین شناسی منطقه، اغلب برای پی سازی یا از شمع و یا از طرح‌های بهسازی عمیق خاک استفاده می‌شود. طراحی شمع برای هر پروژه معمولاً بر اساس پارامترهای ژئوتکنیکی خاک و با استفاده از روابط تجربی موجود صورت می‌گیرد. بیشتر محققین بر این باورند که استفاده از معادلات تجربی برای پیش‌بینی ظرفیت باربری شمع به طوری که کاملاً با نتایج آزمایشات همخوانی داشته باشد، امکان‌پذیر نیست. در این مقاله بعد از ارائه شرایط زمین شناسی مهندسی منطقه آزاد انزلی، نتایج آزمایش بارگذاری دو شمع بتنی درجاریز انجام شده در یکی از پروژه‌های این منطقه ارائه شده است. آزمایش بارگذاری فشاری بر روی شمع‌های بتنی به قطر ۱۲۰ سانتی‌متر و به طول حدود ۲۶ متر انجام گردیده است. برای تعیین ظرفیت باربری شمع از روش‌های مختلفی استفاده شده است. در تعیین مقدار بار نهایی از نتایج آزمایشات بارگذاری استاتیکی، روشی که مقدار نشست شمع تحت بار وارده را در تفسیر مد نظر قرار می‌دهد، روش حدی دیویسون با در نظر قرار گرفتن مقدار تغییر شکل متناظر با بار نهایی مناسب می‌باشد. بر اساس این روش مقدار بار نهایی برای شمع‌های مذکور حدود ۶۰۰ تن تعیین شده است.

کلمات کلیدی: منطقه آزاد انزلی، ظرفیت باربری شمع، بارگذاری استاتیکی شمع، رسوبات ماسه‌ای

مقدمه

منطقه آزاد انزلی در نوار ساحلی دریای خزر در حال احداث و توسعه است. خاک‌های این منطقه عموماً سست یا نرم بوده و احداث پی ساختمان‌های بزرگ بر روی آن با مشکلاتی مواجه است. معمولاً برای اجرای ساختمان‌ها و مجتمع‌های اقتصادی و صنعتی از شمع در زیر فونداسیون‌ها استفاده می‌شود. شمع مطمئن‌ترین شکل پی در مهندسی عمران است. در سال‌های اخیر، با توسعه عمرانی و اقتصادی، همراه با احداث انواع ساختمان‌های بزرگ و بلند، پی روی شمع به دلیل عملکرد بهتر آن، به ویژه در مناطق لرزه خیز و مناطق دارای خاک ضعیف ثابت شده است (Zhong-Ju et al. 2015). همچنین با جلوگیری از نشست بیش از حد یا حرکت جانبی سازه‌ها، پی‌های عمیق بارهای سازه‌ای را از بین لایه‌های ضعیف به لایه‌های مقاوم‌تر عمیق منتقل می‌کنند. در این رهگذر تعیین ظرفیت باربری شمع در هر محل از اهمیت زیادی در مهندسی ژئوتکنیک برخوردار است. برای تعیین ظرفیت باربری شمع تحقیقات زیادی تا کنون انجام شده است (Hansen 1961).

روشی را برای محاسبه ظرفیت باربری نهایی افقی شمع که فقط برای شمع‌های کوتاه و صلب قابل استفاده بود ارائه داده است. Broms (1964) با ساده سازی‌هایی در نحوه توزیع فشار خاک در امتداد شمع، روشی برای محاسبه ظرفیت نهایی شمع تحت نیروی افقی برای انواع شمع‌ها با انتهای آزاد و گیردار، شمع‌های کوتاه و بلند و برای خاک‌های دانای و خاک‌های رسی ارائه کرده است. (Prakash and Subramanyam 1965) نیز با انجام تعدادی آزمایش نشان دادند که مقاومت شمع‌های مایل منفی تحت اثر بارهای جانبی بیشتر از مقاومت شمع‌های مایل مثبت است. (Poulos and Madhav 1971) پس از بررسی رفتار شمع‌های مایل بر اثر بارهای جانبی نشان دادند که تغییر مکان جانبی به زاویه شمع مایل بستگی دارد. (Ottaviani 1975) با استفاده از روش المان محدود، گروه شمع تحت نیروی قائم را تحلیل نمود. (Randolph 1981) با استفاده از تکنیک‌های سری‌های فوریه و روش‌های المان محدود، شمع منفرد را تحت نیروی افقی تحلیل نمود. (Tominag et al. 1983) با بررسی جابجایی افقی شمع در معرض بار جانبی دریافتند که تغییر مکان‌های افقی خاک مقابل شمع تحت بار جانبی بیشتر از تغییر مکان‌های قائم بوده و با افزایش عمق این تغییر مکان‌ها کاهش می‌یابد. Ruesta and (1997) Townsend مشاهده نمودند که در هنگام بارگذاری جانبی در ماسه، شمع‌های بیرونی بار بیشتری نسبت به شمع‌های میانی حمل می‌کنند. قهرمانی (۱۳۸۸) به پیش‌بینی ظرفیت باربری شمع‌ها با استفاده از مدلسازی عددی آزمایش بارگذاری شمع پرداختند که جهت مدلسازی بهتر و هدفمند بودن ترتیب مدلسازی‌ها، سعی شده که با استفاده از روشی سیستماتیک، طراحی مناسبی برای نحوه تغییر تمامی پارامترهای تأثیرگذار بر مدل عددی ارائه شود. روش استفاده شده در این تحقیق روش تاگوچی است که قادر به بررسی آثار عمده تأثیر هر یک از فاکتورها، تداخل بین فاکتورهای مختلف و پیش‌بینی بهینه‌ترین ترکیب از بین تمامی آزمایش‌های ممکن است. حاجی عللو و همکاران (۱۳۸۹) رفتار شمع‌های قائم و مایل را تحت بارگذاری جانبی در ماسه با استفاده از روش عکس‌برداری سریع به طور تجربی مورد بررسی قرار داده و نشان داده‌اند که با مایل‌تر شدن شمع، با اعمال بار جانبی شمع تحت نیروی محوری بیشتری قرار گرفته و در نتیجه موجب نشست بیشتر خاک اطراف شمع در اعماق پایین‌تر می‌گردد که در خصوص شمع‌های مایل مثبت نسبت به شمع‌های مایل منفی میزان نشست بیشتر می‌باشد. یزدانی و حیدری پناه (۱۳۹۲) اثرات بارهای قائم روی پاسخ گروه شمع ۵×۳ مدفون در خاک ماسه‌ای را بررسی کردند. بر طبق نتایج به دست آمده بار قائم باعث افزایش مقاومت جانبی شمع می‌گردد که این نتیجه می‌تواند در اثر افزایش فشار دور تا دور ناشی از خاک ماسه‌ای دور شمع باشد. (Du et al. 2018) ظرفیت باربری شمع‌ها را از طریق آزمایش تقویت خاک رس و شبیه سازی عددی ظرفیت باربری شمع مورد بررسی قرار داده و با روش استاندارد مقایسه شده است. (Heidarie Golafzani et al. 2019) به ارزیابی روش‌های پیش‌بینی مختلف در چارچوب طراحی مبتنی بر قابلیت اطمینان (RBD) پرداختند. در این راستا، تجزیه و تحلیل‌های مختلف استاتیکی، SPT و روش‌های مبتنی بر CPT در نظر گرفته شده است. (Song et al. 2019) رفتار تعاملی بین شمع و خاک شمع‌های منفرد، طولانی، بار جانبی، تمبیه شده در هر دو خاک رس اشباع و زهکشی شده مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ظرفیت تحمل بار جانبی شمع در خاک رس زهکشی شده تا ۲۷ درصد بیشتر از مقدار اولیه است.

در این مقاله ابتدا شرایط زمین شناسی منطقه آزاد انزلی بررسی شده و سپس با توجه به شرایط ژئوتکنیکی که برای سازه‌های سنگین نیاز به پی عمیق (شمع) است، ظرفیت باربری باربری شمع بر اساس روابط تجربی و نتایج آزمایشات بارگذاری شمع بررسی شده است.

مواد و روش کار

بعد از مطالعات زمین شناسی مهندسی و بررسی گزارشات ژئوتکنیک منطقه، بر روی دو شمع بتنی به طول حدود ۲۶ متر و قطر

۱۲ متر آزمایش بارگذاری استاتیکی انجام شده و نتیجه به روشهای زیر تفسیر شده است:

الف- روش حدی دیویسون

ب- روش باتلر و هوی

ج- روش برینج هانسن

د- روش برون یایی چین-کندتر

ه- روش حدی دی بیر

و- روش نقطه انحنا حداکثر

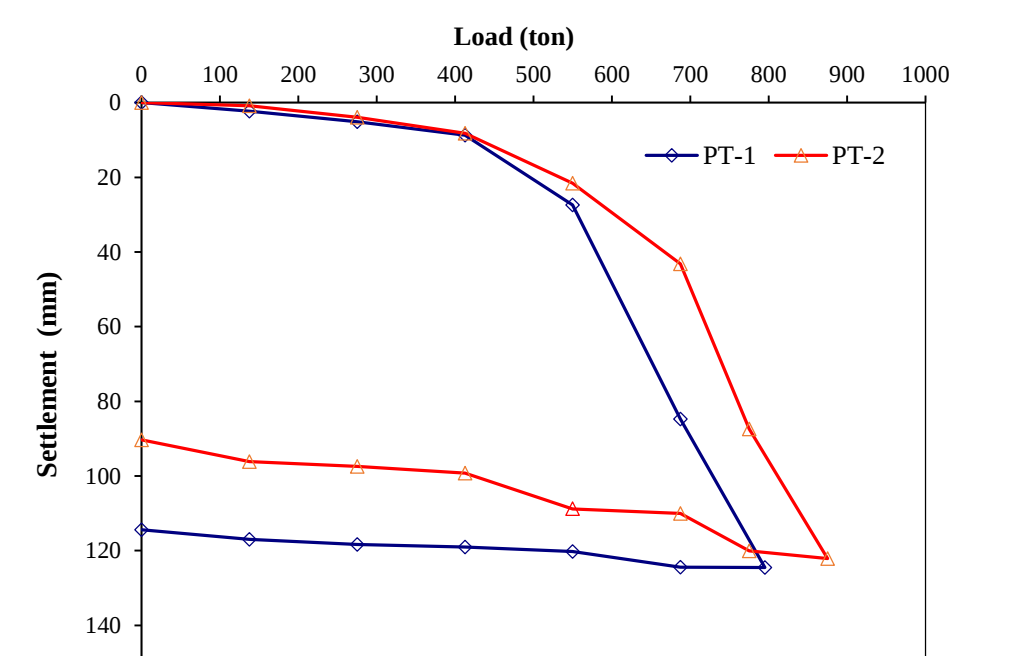
ز- روش برون یایی دی کورت

بحث

تعداد ۲ آزمایش بارگذاری فشاری بر روی شمع‌های بتنی در منطقه آزاد انزلی به وسیله شرکت پژوهش عمران راهوار (۱۳۹۸) انجام شده است. در شکل ۱ تصویری از انجام آزمایش بارگذاری شمع ارائه شده است. نمودار بار- نشست آزمایش- های انجام شده در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- تصویری از بارگذاری شمع‌های بتنی درجاریز (پژوهش عمران راهوار، ۱۳۹۸)

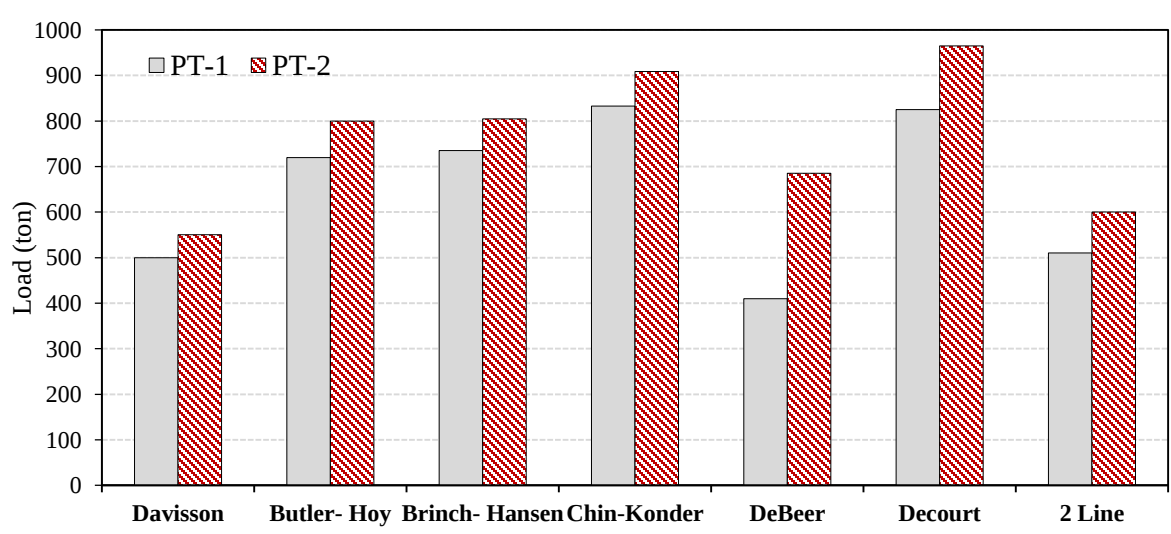


شکل ۲- نمودار بار- تغییر مکان (نشست) مربوط به دو آزمایش بارگذاری شمع در منطقه آزاد انزلی

در آزمایش بر روی شمع PT-1 مقدار جابجایی در بار ۷۹۵ تن برابر با ۱۲۴ میلی‌متر بوده است با باربرداری و رساندن به بار صفر مقدار جابجایی شمع در حدود ۱۱۴ میلیمتر باقیمانده است. در آزمایش بر روی شمع PT-2 مقدار جابجایی در بار ۸۷۵ تن برابر با ۱۲۲ میلی‌متر بوده است با باربرداری و رساندن به بار صفر مقدار جابجایی باقیمانده در حدود ۹۰ میلی متر ثبت شده است.

ظرفیت باربری نهایی دو شمع مورد آزمایش بر اساس روش‌های مختلف تفسیر شده و در شکل ۳ مقایسه شده است. مشاهده می‌شود که روش‌های دی‌کورت، چین- کندر، برینج- هانسن و باتلر- هوی مقادیر بالاتری نسبت به روش‌های دیویسون، دو خط متقاطع و دی‌بیر دارند. کمترین مقدار بدست آمده برای شمع PT-1 مربوط به روش دی‌بیر با مقدار ۴۱۰ تن و برای شمع PT-2 مربوط به روش دیویسون با مقدار ۵۵۰ تن می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار به دست آمده برای شمع PT-1 مربوط به روش چین- کندر با مقدار ۸۳۳ تن و برای شمع PT-2 مربوط به روش دی‌کورت با مقدار ۹۶۵ تن می‌باشد.

کمترین مقدار ظرفیت باربری نهایی به دست آمده برای شمع به قطر ۲/۱ متر و به طول ۲۶ متر با روش‌های تفسیر مختلف، حدود ۴۱۰ تن و بیشترین مقدار حدود ۹۶۵ تن می‌باشد. باربری مجاز شمع‌های مذکور با ضریب اطمینان ۲/۲ بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ تن تعیین شده است.



شکل ۳- مقایسه ظرفیت باربری شمع‌ها بدست آمده با روش‌های مختلف

نتیجه گیری

منطقه آزاد انزلی در جنوب دریای خزر واقع بوده و حدود ۱۰۰ هکتار وسعت دارد. این منطقه ساحلی

از تناوب رسوبات ماسه‌ای و ریزدانه تشکیل شده است. این رسوبات نسبتاً سست یا نرم بوده و عدد SPT

آنها بین ۱۰ تا ۴۰ می‌باشد. عمق آب زیرزمینی در این محدوده بین ۱ تا ۴ متر است. یکی از مشکلات

ژئوتکنیکی در این منطقه، روانگرایی خاک در موقع زلزله است. در این منطقه مراکز اقتصادی و تجاری

مهمی در حال احداث است که با توجه به شرایط زمین شناسی منطقه، اغلب برای پی سازی یا از شمع و

یا طرح‌های بهسازی عمیق خاک استفاده می‌شود.

طراحی شمع برای هر پروژه معمولاً بر اساس پارامترهای ژئوتکنیکی خاک و با استفاده از روابط تجربی

موجود صورت می‌گیرد. در یکی از پروژه‌های منطقه آزاد انزلی، دو آزمایش بارگذاری شمع انجام شده و

نتایج با روش‌های مختلف تفسیر شده و ظرفیت باربری مجاز تعیین شده است. در تعیین مقدار بار نهایی

از نتایج آزمایشات بارگذاری استاتیکی، روشی که مقدار نشست شمع تحت بار وارده را در تفسیر مد نظر

قرار می‌دهد، مانند روش حدی دیویسون با در نظر قرار دادن مقدار تغییر شکل متناظر با بار نهایی

مناسب می‌باشد. از لحاظ عددی، روش‌های دی‌کورت، چین- کندر، برینج- هانسن و باتلر- هوی مقادیر

دست بالا و دیویسون، دو خط متقاطع و دی‌بیر مقادیر دست پایین تری را ارائه می‌دهند. روش‌های دی-

کورت، چین- کندر، برینج- هانسن و باتلر- هوی مقادیر بالاتری نسبت به روش‌های دیویسون، دو خط

متقاطع و دی‌بیر دارند. کمترین مقدار ظرفیت باربری نهایی به دست آمده برای شمع به قطر ۱/۲ متر و

به طول ۲۶ متر با روش‌های تفسیر مختلف، حدود ۴۱۰ تن و بیشترین مقدار حدود ۹۶۵ تن می‌باشد.

باربری مجاز شمع‌های مذکور با ضریب اطمینان ۲/۲ بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ تن تعیین شده است.

منابع

- اسلامی، ا. (۱۳۹۲)، مهندسی پی، طراحی و اجرا، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، چاپ پنجم.
- حاجی علیلو بناب، م.، امین فر، م. ج.، محصل، م. ج.، و آذرینا شاهگل، ج. (۱۳۸۹)، مطالعه تجربی رفتار شمع‌های قائم و مایل تحت بارگذاری جانبی در ماسه به روش PIV، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۰
- فخریان، ک.، و اسلامی، ا. (۱۳۸۴)، ظرفیت باربری محوری شمع‌ها، انتشارات وزارت راه و ترابری، چاپ اول، ۲۴۱ صفحه.
- قهرمانی، م. (۱۳۸۸)، پیش بینی ظرفیت باربری شمع‌ها با استفاده از مدل‌سازی عددی آزمایش بارگذاری شمع، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- شرکت ژئوساز گیلان (۱۳۹۷)، گزارش مطالعات ژئوتکنیک مجتمع تجاری هامرز در منطقه آزاد انزلی
- شرکت مهندسين مشاوره پژوهش عمران راهوار (۱۳۹۸)، گزارش آزمایشات بارگذاری شمع در پروژه مجتمع تجاری آذرتجارت واقع در منطقه آزاد انزلی
- شرکت مهندسين مشاوره شایگان استاک پارس (۱۳۹۷)، گزارش مطالعات ژئوتکنیک مجتمع تجاری منطقه آزاد انزلی
- شورایعالی فنی و امور زیربنایی حمل و نقل کشور (۱۳۸۵)، دستورالعمل آزمایش‌های استاتیکی شمع‌ها، معاونت آموزش تحقیقات و فن آوری وزارت راه و شهرسازی.
- یزدانی، ج. و حیدری پناه، ع. (۱۳۹۲)، بررسی اثرات بار قائم بر رفتار گروه شمع تحت بار جانبی در خاک ماسه‌ای، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۷ تا ۱۸ اردیبهشت، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان، ایران.
- هریری، ع.، خیابانیا، ع.، بهمنی، سعیدی، ع. (۱۳۸۳)، " نقشه زمین شناسی رشت به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور
- Brinch Hansen, J. (1963), Discussion of Hyperbolic Stress-Strain Response: Cohesive Soil, by Robert L. Kondner: J. Soil Mech. Found. Div., ASCE, 89(4), 241-242.
- Broms, B. B. (1964), Lateral resistance of piles in cohesive soils: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 90(2), 27-63.
- Butler, H., and Hoy, H. E. (1976), Users manual for the Texas quick-load method for foundation load testing, Federal Highway Administration (FHWA), DOT-FH-11-8608.
- Davison, M. (1972), High capacity piles: Proc. Innovations in Found. Const., V. 52.
- De Beer, E. (1963), The scale effect in the transposition of the results of deep-sounding tests on the ultimate bearing capacity of piles and caisson foundations: Geotechnique, 13(1), 39-75.
- Du, J., Li, H., Li, Z., and Zhang, J. (2018), Influence of Grouting Pressure on Bearing Capacity of Pile Foundation Under the Sandy Soil: DESTech Transactions on Engineering and Technology Research, no. ican.
- Fellenius, B. H., and Tech, P. (2001), What capacity value to choose from the results a static loading test.
- Hansen, J. B. (1961), The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces: Bulletin 12, Danish Geotech. Institute, 1-9.
- Heidarie Golafzani, S., Jamshidi Chenari, R., and Eslami, A. (2019), Reliability based assessment of axial pile bearing capacity: static analysis, SPT and CPT-based methods: Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 1-15.
- Meyerhof, G. (1956), Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils: Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 82(1), 1-19.
- Ottaviani, M. (1975), Three-dimensional finite element analysis of vertically loaded pile groups: Geotechnique, 25(2), 159-174.
- Poulos, H. G., and Madhav, M. (1971), Analysis of the movements of battered piles: University of Sydney, School of Civil Engineering.
- Prakash, S., and Subramanyam, G. (1965), Behaviour of battered piles under lateral loads: Indian J. of Soil Mech. and Found. Eng. 4(2), 177-196.
- Ramli, S. M. H. B. (2006), A comparison of pile performance base on static formulas and dynamic load test sesi pengajian, Universiti Teknologi Malaysia.
- Ruesta, P. F., and Townsend, F. C. (1997), Evaluation of laterally loaded pile group at Roosevelt Bridge: Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 123(12), 1153-1161.
- Song, Y., Yang, J., Xiang, H., and Zhou, B. (2019), bearing capacity of a single pile in saturated and drained clay: Acta Geotechnica Slovenica.
- Tominaga, K., Yamagata, K., and Kishida, H. (1983), Horizontal displacement of soil in front of laterally loaded piles: Soils and foundations, 23(3), 80-90.
- Vesic, A. (1965), Ultimate loads and settlements of deep foundations, in Proceedings Proceedings, Bearing Capacity and Settlement of Foundation Systems, Duke University, Durham, NC, 1965, 63-68.
- Zhong-Ju, F.E.n.g., Hang, W.A.N.G., and Jin, W.E.I. (2015), model test on vertical bearing performance of bridge pile foundation in loess gulch slope area, Chinese Journal of geotechnical Engineering, 37(12), 2308-2314.