اولین کنفرانس ملّی مکانیک خاک و مهندسی پی
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران
۱۲ و ۱۳ آذرماه۱۳۹۳

ارزیابی ظرفیت باربری پی رینگی مخزن ۱۰هزار مترمکعبی مازوت شرکت سیمان مشهد روی لایه های مختلف خاک

سعید آزموده[۱] ، ناصر عرفاتی[۲]

saied.azmoodeh٦٦@gmail.com-۱

Nasser.arafati@gmail.com-۲

خلاصه

این مقاله به مطالعه ظرفیت باربری پی رینگی به کمک روابط و آنالیز عددی که توسط نرم افزار FLAC انجام می شود می پردازد. برای بررسی از نمونه واقعی مخزن ۱۰هزار مترمکعبی مازوت شرکت سیمان مشهد استفاده شده است. ظرفیت باربری روی خاکهای مختلف از جمله، ماسه، رس،خاک دستی و ترکیب آنها با هم مورد بررسی قرار گرفته شده، معیار مورداستفاده برای خاک موهر کلمب و سطح پی صاف می باشد. در نهایت با توجه به فاکتور ضخامت لایه ها، نسبت شعاع داخلی به خارجی پی رینگی نتایج نشان می دهد، با افزایش نسبت شعاع داخلی به شعاع خارجی $\frac{r_i}{r_o}$ ظرفیت باربری افزایش می یابد. همچنین هرچه خاک از نظر دانه بندی درشت دانه تر ومتراکم تر باشد ظرفیت باربری بیشتری حاصل می شود ، همچنین ماسه نسبت به رس و خاک دستی از ظرفیت باربری بیشتری برخوردار است و در حالتی که دو یا سه لایه خاک وجود دارد، با افزایش ضخامت لایه رس و یا خاک دستی ظرفیت باربری به تدریج کاهش پیدا می کند.

کلمات کلیدی: پی رینگی ، ظرفیت باربری، ماسه، رس، نرم افزار FLAC

۱. مقدمه

رفتار پی های سطحی روی خاک از موضوعات مهم در مهندسی ژئوتکنیک می باشد. اخیرا مطالعات آزمایشگاهی و عددی زیادی در خصوص نشست و ظرفیت باربری پی های سطحی روی خاک های درشت دانه و ریز دانه انجام گرفته است.

در سالهای اخیر، از روشهای زیادی چون روش تعادل حدی، خطوط مشخصه، اجزای محدود و روش تفاضل محدود به صورت گسترده برای بررسی پی های نواری و دایره ای استفاده شده است[۹].

۱دانشجو کارشناسی ارشد ژئوتکنیک

۲عضو هیئت علمی دانشگاه تفرش

امروزه بیشتر از پی رینگی که یکی از دلایل آن می تواند مسائل اقتصادی باشد در زیر سازه هایی چون دودکش ها، سیلوها، مخازن آب و نفت، تانک ها و... استفاده می شود. بنابراین تکنیک محاسبه ظرفیت باربری پی های رینگی برای طراحی و ساخت آنها موردنیاز است [۶].

تعدادی آزمایش برای بدست آوردن ظرفیت باربری پی های رینگی صورت گرفته که در آنها تغییر مکان حاصل از بارگذاری روی پی های رینگی صلب به کمک روشهای اجزا محدود و المان محدود بررسی شده اند.

Kumar , Ghosh (۲۰۰۵)[۱۱] تحقیقاتی روی ضریب N_γ برای ظرفیت باربری پی رینگی در ۲حالت سطح صاف و زبر انجام دادند[۷]. آقایان حاتف و بوشهریان با استفاده از ضریب n که نسبت شعاع داخلی به شعاع خارجی پی رینگی است به کمک مدل آزمایشگاهی ساخته شده، ظرفیت باربری پی رینگی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد در حالتی که n=۰/۴ می باشد، ظرفیت باربری پی رینگی روی خاک ماسه ای به بیشترین مقدار خود می رسد[۲] . Zhao , wang (۱۹۶۰) از نرم افزار FLAC کمک گرفته تا به مطالعه تاثیر ضریب N_γ بر روی ظرفیت باربری پی رینگی روی خاک غیرچسبنده بپردازند، آنها به این نتیجه رسیدند با زیاد شدن n که برابر نسبت شعاع داخلی به خارجی پی رینگی است، N_γ کاهش پیدا می کند[۹] .

۲. تعریف مدل

نمونه مورد بررسی یک مخزن ۱۰هزار مترمکعبی نگهداری مازوت در کارخانه سیمان مشهد می باشد، که در شکل ۱. نمایی از این مخزن را مشاهده می کنید.

شکل۱- مخزن ۱۰ هزار متر مکعبی مازوت شرکت سیمان مشهد

پی به کار رفته در زیر آن به صورت رینگی به قطر داخلی ۳۰ و قطر خارجی ۳۴ متر می باشد.

با توجه به اینکه وزن مخصوص مازوت برابر ۰/۹gr/cm^{3}می باشد، فشار وارد بر سطحی به شکل دایره به قطر ۳۴ متر حدودا برابر KN/m^2 ۱۰۰ است، حال با توجه به نوع خاک در نظر گرفته باید بررسی شود آیا ظرفیت باربری خاک جوابگوی این فشار می باشد یا خیر.

باید به این نکته دقت داشت در حالتی که مخزن پر است، فشار فقط به محدوده پی رینگی وارد نمی شود بلکه کل سطح دایره به قطر ۳۴ m باید فشار را تحمل کند، به همین منظور ظرفیت باربری را در دو حالت پی دایره ای و پی رینگی با نسبت شعاع داخلی به خارجی n=۰/۸۸ مورد بررسی قرار می گیرد.

براساس روابط Terzaghi می توان ظرفیت باربری پی دایره ای را از رابطه زیر بدست آورد.

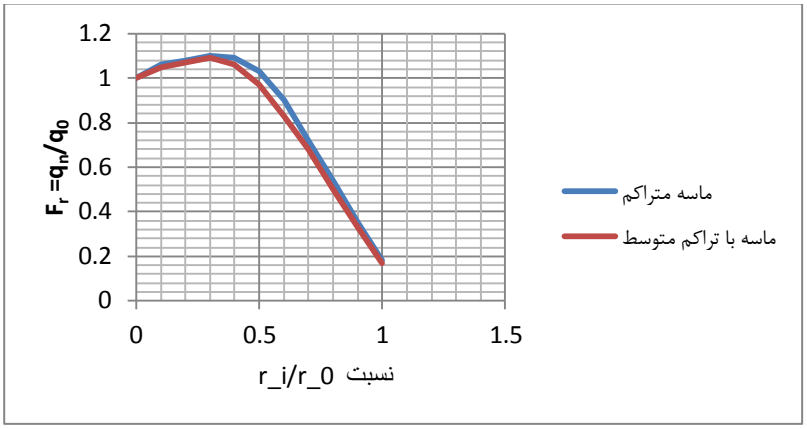
$$q_n = ۱.۳\ CN_c + qNq + ۰.۳\gamma BN\gamma \quad (۱)$$

که در آن C چسبندگی، q سر بار معادل، γ وزن مخصوص خاک، B عرض یا قطر پی و N_c N_q , N_γ نشان دهنده ضرایب ظرفیت باربری که وابسته به زاویه اصطکاک هستند، می باشند[۱] .

در حالت پی رینگی از روابط ohri و همکاران (۱۹۹۷) استفاده می شود. ohri برای بدست آوردن ظرفیت باربری پی رینگی ضریبی به نام ضریب بازدهی رینگی (Fr) را ارائه داده است که برابر

$$F_r = \frac{q_n}{q.} \quad (۲)$$

در آن q_n برابر ظرفیت باربری نهایی پی رینگی و $q.$ ظرفیت باربری پی دایره ای می باشد[۴] . این ضریب که در مورد هر دو نوع پی با سطوح متغیر و ثابت کاربرد دارد را می توان با داشتن n که برابر نسبت شعاع داخلی و شعاع خارجی است، از شکل ۲. همان طور که در زیر مشاهده می شود، بدست آورد.



شکل ۲- منحنی تغییرات ضریب بازدهی رینگی (Fr) نسبت به $\frac{r_i}{r_0}$ (برای سطوح متغیر ولی با قطر خارجی یکسان)[٤]

جدول ۱. خصوصیات خاک های مورد بررسی را نشان می دهد.

جدول ۱- انواع خاک و خصوصیات در نظر گرفته شده برای آنها را نشان می دهد.

نوع خاک	چسبندگی(Kpa)	زاویه اصطکاک(درجه)	نسبت پواسن	مدول الاستیک(Kpa)	وزن مخصوص(KN/m^3)
ماسه	۰	۳۰	۰,۲۸	۱۰۰۰۰	۱۷
رس	۲۵	۰	۰,۳۵	۲۰۰۰۰	۱۶
خاک دستی	۱	۳۰	۰,۳	۸۰۰۰	۱۶

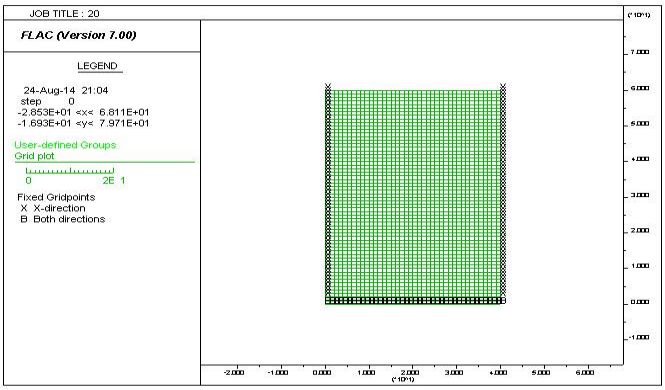
نتایج حاصل از روابط توزاقی terzaghi و ohri در بدست آوردن پی دایره ای و رینگی با توجه به خاک زیر آن در جدول ۲. قابل مشاهده است.

جدول ۲- ظرفیت باربری پی رینگی و دایره ای به کمک روابط Terzaghi و Ohri

نوع پی	ماسه	ماسه۲+رس	ماسه۵+رس	ماسه ۱۰+رس	ماسه۱۵+رس
دایرهn=۰	۱۲۹۴,۷۲	۱۲۹,۵۷	۱۵۷,۳۶	۲۴۳,۵	۳۸۷,۲۵
حلقهn=۰,۸۸	۴۲۷,۲۵	۴۲,۷۶	۵۱,۹۳	۸۰,۳۵	۱۲۷,۷۹
نوع پی	رس	رس۲+ماسه	رس۵+ماسه	رس۱۰+ماسه	رس۱۵+ماسه
دایرهn=۰	۲۷۴,۶۱	۳۲۳,۸۴	۲۹۵,۸۱	۲۸۶,۵۴	۲۸۱,۴۶
حلقهn=۰,۸۸	۹۰,۶۲	۱۰۶,۸۶	۹۷,۶۲	۹۴,۵۵	۹۲,۸۸

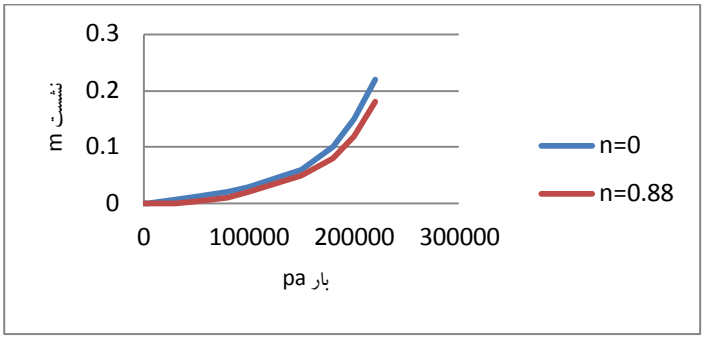
۳.مدل سازی

برای مدل سازی پی در نرم افزار FLAC از زون ۶۰×۴۰ همانطور که در شکل ۴ قابل مشاهده می باشد، استفاده شده است.



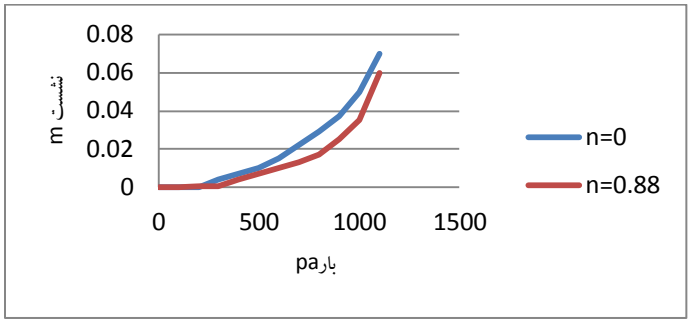
شکل٤- مدل ساخته شده در برنامه FLAC

در ابتدا ظرفیت باربری در حالت دایره و حلقوی روی یک لایه خاک ماسه ای از روش مماس های متقاطع بدست می آید، که در شکل۵ منحنی بار-نشست برای آن قابل مشاهده می باشد.



شکل۵- نمودار بار-نشست پی روی خاک ماسه ای

شکل ۶. با حضور فقط خاک رس، ظرفیت باربری در ۲ حالت دایره کامل و حلقوی با نسبت شعاع داخلی به خارجی ۰٫۸۸ محاسبه شده است.

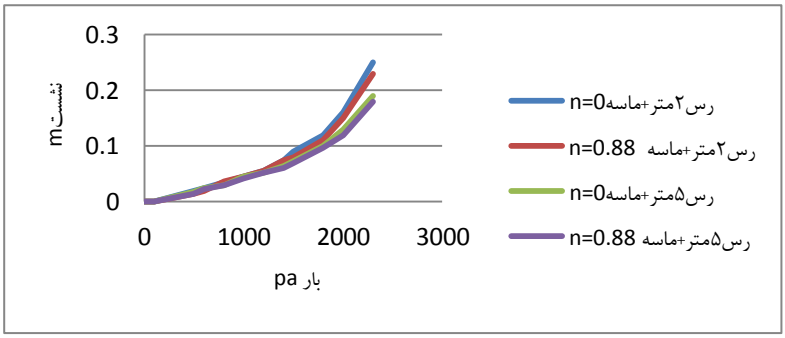


شکل٦- نمودار بار-نشست پی روی خاک رس

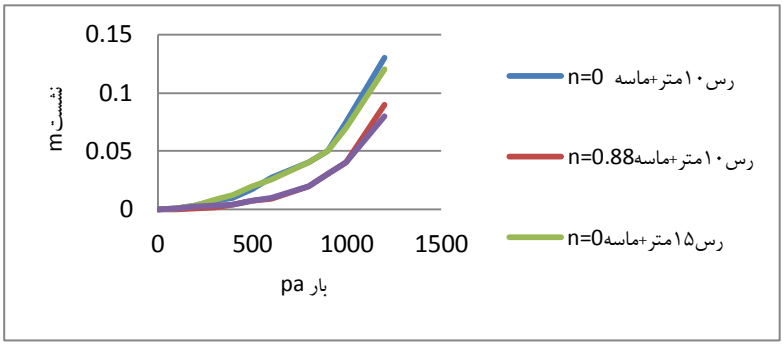
از اشکال ۵ و ۶ می توان نتیجه گرفت، ظرفیت باربری پی در حالت حلقوی بشتر از دایره کامل می باشد و همچنین ظرفیت باربری پی روی خاک ماسه ای بسیار بیشتراز قرارگیری پی روی خاک رس است.

زمانی که ۲ لایه خاک در مدل سازی به کار برده می شود، سطح مشترکی با تعریف سختی قائم ، سختی برشی و زاویه اتساع نیاز دارد،که باید به آن اختصاص داده شود، البته در مورد مدل سازی ۳ لایه خاک هم باید بدین صورت عمل شود.

در اشکال ۶ و ۷ از ۲ لایه خاک رس و ماسه که عمق خاک رس متغییر است در زیر پی استفاده شده است.

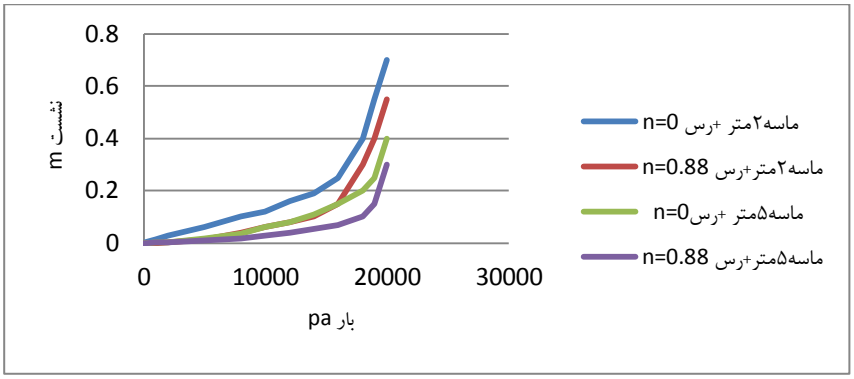


شکل٦- نمودار بار-نشست پی روی ۲ لایه خاک رس و ماسه(رس لایه متغییر با اعماق ۲ و ۵ متر)

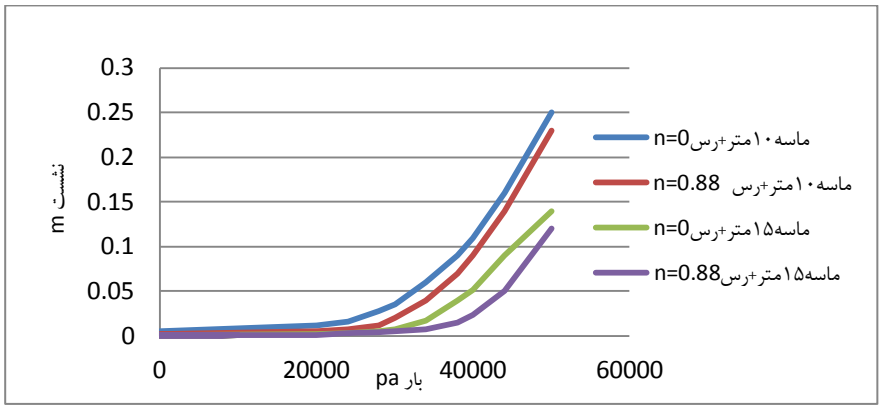


شکل۷- نمودار بار-نشست پی روی ۲ لایه خاک رس و ماسه(رس لایه متغییر با اعماق۱۰و ۱۵ متر)

اشکال ۸ و ۹ نمودار بار-نشست را روی ۲ لایه خاک در حالی که عمق لایه ماسه ای متغیر می باشد، در ۲ حالت دایره کامل و حلقوی نشان می دهد.



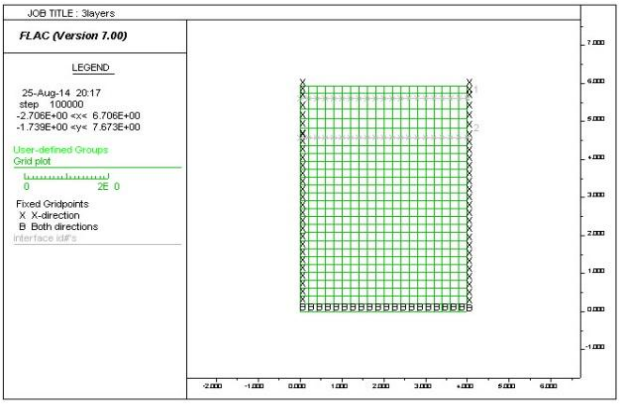
شکل۸- نمودار بار-نشست پی روی ۲ لایه خاک رس و ماسه(ماسه لایه متغییر با اعماق ۲ و ۵ متر)



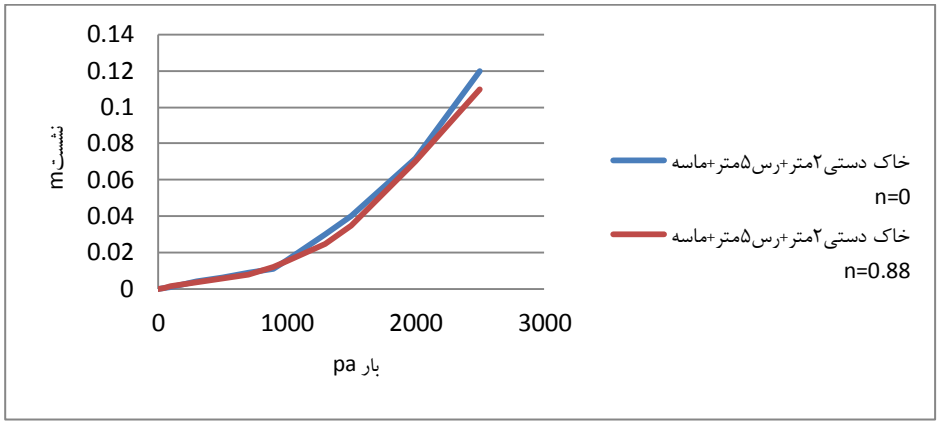
شکل۹- نمودار بار-نشست پی روی ۲ لایه خاک رس و ماسه(ماسه لایه متغییر با اعماق ۱۰ و ۱۵ متر)

با توجه به اشکال ۶ ، ۷ ، ۸ و ۹ می توان دید، زمانی که خاک رس روی خاک ماسه ای قرار دارد هرچه عمق لایه رس بیشتر می شود، نشست بیشتر شده و ظرفیت باربری هم کاهش می یابد، اما وقتی عمق لایه رس کم شود، نشست محدود و ظرفیت باربری افزایش می یابد. در حالیکه وقتی ماسه روی خاک رس قرار دارد، ظرفیت باربری به علت درشت دانه بودن خاک و تراکم بهتر بیشتر می باشد.

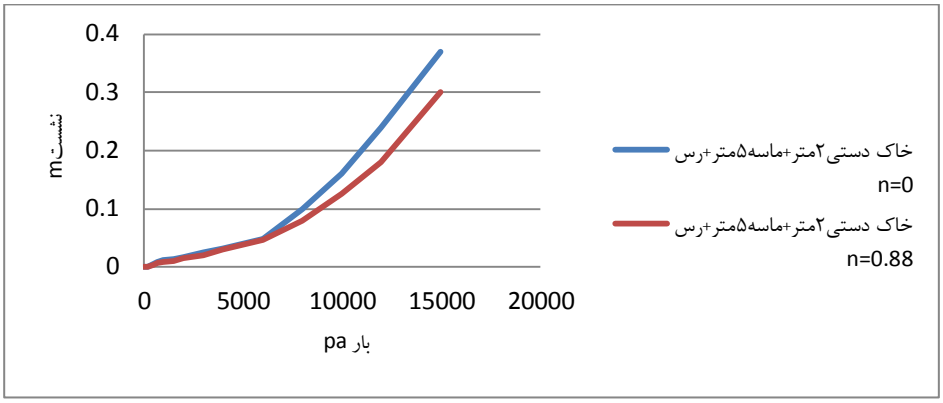
در انتها ظرفیت باربری پی روی ۳ لایه خاک که علاوه بر ماسه و رس از خاک دستی هم به عمق m ۲ همانطور که در شکل ۱۰. در FLAC مدل شده است استفاده شده، منحنی بار-نشست مربوط به ظرفیت باربری پی دایره ای و رینگی برای ۳ لایه خاک در شکل ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۰- مدل ساخته شده در نرم افزار FLAC در حالت ۳ لایه خاک

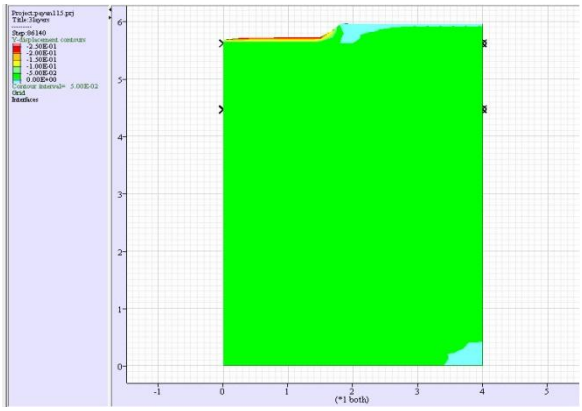


شکل ۱۱- نمودار بار-نشست مربوط به ۳ لایه خاک(خاک دستی+رس+ماسه)



شکل۱۲- نمودار بار-نشست مربوط به ۳ لایه خاک(خاک دستی+ماسه+رس)

در شکل۱۳ نشست حاصل از بار گذاری رو خاک دستی قرار گرفته روی ماسه را نشان می دهد.



شکل۱۳- نشست خاک دستی قرار گرفته روی خاک ماسه ای

همان طورکه در شکل ۱۳ مشاهده می کنید، نشست حاصل از بارگذاری روی خاک دستی در حالتی که لایه تحتانی آنها ماسه می باشد تاثیری روی خاک ماسه ای ندارد، فقط باعث محدود شدن نشست می شود. باید توجه داشت در حالتی که زیر خاک دستی، خاک رس وجود دارد، ظرفیت باربری پی کمتر از زمانی است که خاک ماسه ای در زیر خاک دستی واقع شده است.

در بیشتر تحقیقات انجام گرفته توسط دیگران نتایج نشان می دهد، وقتی نسبت شعاع داخلی به خارجی از $0 < n > 0,4$ تغییر می کند، ظرفیت باربری پی رینگی در مقایسه با پی دایره ای افزایش می یابد ولی با زیاد شدن نسبت $n>0,4$ ظرفیت باربری کاهش می یابد، در این تحقیق نتایج حاصل از روابط Terzaghi و Ohri این گفته را تایید می کند اما در نرم افزار FLAC چون پی رینگی با $n=0.88$ تحت برش سوراخ شونده قرار می گیرد، به عبارتی تحت فشار همه جانبه کمتری نسبت به حالت دایده کامل قرار دارد و رفتارش مشابه با پی های نواری می باشد. به همین خاطر آستانه گسیختگی آن نسبت به پی دایره ای بیشتر شده در نتیجه نتایج حاصل از خروجی نرم افزار ظرفیت باربری بیشتری را در حالت $n=0,88$ نسبت به $n=0$ نشان می دهد.

۴. نتیجه گیری

مدل سازی عددی برای محاسبه ظرفیت باربری پی صلب در حالت دایره ای و رینگی روی یک، دو و سه لایه خاک موجود است. خاک با رفتار الاستو - پلاستیک و براساس معیار تسلیم موهرکلمب مدل شد وظرفیت باربری پی به کمک نرم افزار FLAC محاسبه گردید.

با توجه به فشار حاصل از مخزن ۱۰هزار مترمکعبی مازوت، ظرفیت باربری پی در حالت دایره ای و حلقوی به کمک روابط terzaghi و ohri برروی خاک ماسه ای قابل قبول می باشد.

همچنین نتایج حاصل از خروجی نرم افزار FLAC نشان می دهد ظرفیت باربری در حالتی که یک لایه خاک ماسه ای وجود دارد بسیار بیشتر از حالتی است، که خاک زیر پی رس می باشد. در حالت انتخاب ۲ لایه خاک، هرچه عمق لایه رسی بیشتر، ظرفیت باربری کم می شود و زمانی که عمق لایه رسی کمتر باشد نشست ها محدودتر و ظرفیت باربری بیشتر است.

در صورت وجود ۳ لایه خاک، ظرفیت باربری با توجه به قرارگیری خاک دستی در لایه فوقانی و خاک رسی در زیرآن کاهش چشمگیری پیدا می کند در این حالت نشست در لایه خاک دستی روی خاک رسی هم تاثیر گذار می باشد، اما زمانی که خاک ماسه ای جای خاک رس در زیر خاک دستی را می گیرد، نشست خاک دستی تاثیری روی زون خاک ماسه ای نمی گذارد.

۱۲. مراجع

۱-کتاب اصول مهندسی ژئوتکنیک Braja M.Das ترجمه شاپور طاحونی

۲- Boushehrian JH,Hataf N (۲۰۰۲). Expermental and numerical investigation of the bearing capacity of model circular and ring footing on reinforced sand. GeotextGeomemberanes ۲۰۰۳;۲۱:۲٤۱-٥٦.

۳-Hataf,N,Razavi, MR,۲۰۰۳ Behavior of ring footing on sand. Iranian Journal of science and Technology, Transaction B , vol. ۲۷,pp.٤۷-٥٦

٤-Ohri, M.L, Purhit, D.G.M,Dubey, M.L,۱۹۹۷. Behavior of ring footing on dune sand overlaying dense sand. Pres In ternational conference of civil Engineers, Tehran, Iran.

٥-Fisher, K.۱۹٥۷.Zur Berechnung der setzung von foundamenten in der form einer kreisformigen ringflache. Der Bauingenieur, vol. ۳۲,No.٥.Germany , pp.۱۷۲-۱۷٤.

٦-Egorov, K.E.۱۹٦٥. Caclculation of bed for foundation with ring footing. Proceedings of the sixth International Conference on soil mechanical foundation of engineers,Vol.۲,Montreal,pp.٤۱-٤٥.

۷-KumarJ,Ghosh P . Bearing capacity factor Nc for ring footings using the method of characterishtics. Can Geotech J ۲۰۰٥;٤۰(۳):۱٤۷٤-۸٤.

۸-Terzaghi K. Teoretical soil mechanics. New York: John Wiley and Sons;۱۹٤۳

۹- Zhao L. and Wang, J.H.۲۰۰۷, Vertical bearing capacity for ring footing, Computers and Geotechnical ۳۵ (۲۰۰۹) ۲۹۲-۳۰٤.

۱۰- مدل سازی و تحلیل سازه های خاکی و سنگی در FLAC

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
دانشکده مهندسی عمران
۱۲ و ۱۳ آذرماه ۱۳۹۳
تهران-ایران

نخستین کنفرانس ملی

مکانیک خاک و مهندسی پی

The First National Conference on
Soil Mechanics and Foundation Engineering

Faculty of Civil Engineering
Shahid Rajaee Teacher Training University
3-4 December 2014
Tehran, Iran

گواهی پذیرش مقاله

شناسهٔ مقاله: A-10-753-1

نویسنده (گان): سعید آزموده، ناصر عرفاتی

عنوان مقاله: بررسی تاثیر عمق قرارگیری پی حلقوی مخزن ۱۰هزار مترمکعبی مازوت شرکت سیمان مشهد برروی ظرفیت باربری

با سپاس ویژه از نویسنده (گان) فرهیخته، بنابه این گواهی، اعلام می‌دارد مقالهٔ ایشان توسط کمیتهٔ علمی نخستین «کنفرانس ملّی مکانیک خاک و مهندسیِ پی» به‌صورت نهایی پذیرفته شده و در مجموعه مقالات کنفرانس به چاپ رسیده است.

دکتر سعید غفارپور جهرمی
دبیر کنفرانس

اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
دانشکده مهندسی عمران
۱۲ و ۱۳ آذرماه ۱۳۹۳
تهران-ایران

بسم الله الرحمن الرحیم

نخستین کنفرانس ملی

مکانیک خاک و مهندسی پی

The First National Conference on
Soil Mechanics and Foundation Engineering

Faculty of Civil Engineering
Shahid Rajaee Teacher Training University
3-4 December 2014
Tehran, Iran

گواهی پذیرش مقاله

شناسهٔ مقاله: A-10-753-2

نویسنده (گان): سعید آزموده، ناصر عرفاتی

عنوان مقاله: ارزیابی ظرفیت باربری پی رینگی مخزن ۱۰هزار مترمکعبی مازوت شرکت سیمان مشهد روی لایه های مختلف خاک

با سپاس ویژه از نویسنده (گان) فرهیخته، بنابه این گواهی، اعلام می‌دارد مقالهٔ ایشان توسط کمیتهٔ علمی نخستین «کنفرانس ملّی مکانیک خاک و مهندسیِ پی» به‌صورت نهایی پذیرفته شده و در مجموعه مقالات کنفرانس به چاپ رسیده است.

دکتر سعید غفارپور جهرمی
دبیر کنفرانس

اولین کنفرانس ملی
مکانیک خاک و مهندسی پی
۱۲ و ۱۳ آذر ماه ۱۳۹۳

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
دانشکده مهندسی عمران
۱۲ و ۱۳ آذرماه ۱۳۹۳
تهران - ایران

اولین کنفرانس ملی
مکانیک خاک و مهندسی پی

The First National Conference on
Soil Mechanics and Foundation Engineering

Faculty of Civil Engineering
Shahid Rajaee Teacher Training University
3-4 December 2014
Tehran, Iran

گواهی پذیرش مقاله

شناسهٔ مقاله: A-10-753-3

نویسنده (گان): سعید آزموده، ناصر عرفاتی

عنوان مقاله: مقایسه بین پی رینگی دایره‌ای و پی رینگی مربعی در ظرفیت باربری مخزن ۱۰ هزارمترمکعبی مازوت

با سپاس ویژه از نویسنده (گان) فرهیخته، بنابه این گواهی، اعلام می‌دارد مقالهٔ ایشان توسط کمیتهٔ علمی نخستین «کنفرانس ملّی مکانیک خاک و مهندسیِ پی» به‌صورت نهایی پذیرفته شده و در مجموعه مقالات کنفرانس به چاپ رسیده است.

دکتر سعید غفارپور جهرمی
دبیر کنفرانس

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
دانشکده مهندسی عمران
۱۲ و ۱۳ آذرماه ۱۳۹۳
تهران-ایران

اولین کنفرانس ملی
مکانیک خاک و مهندسی پی

The First National Conference on
Soil Mechanics and Foundation Engineering

Faculty of Civil Engineering
Shahid Rajaee Teacher Training University
3-4 December 2014
Tehran, Iran

گواهی ارائه مقاله

شناسهٔ مقاله: A-10-753-4

نویسنده (گان): سعید آزموده ، ناصر عرفاتی

عنوان مقاله: بررسی پایداری دیواره گود میخ‌کوبی شده با نرم افزار FLACو مقایسه آن با نرم افزار PLAXIS

با سپاس ویژه از نویسنده (گان) فرهیخته، بنابه این گواهی اعلام می‌شود مقالهٔ ایشان توسط کمیته علمي نخستين «کنفرانس ملّی مکانیک خاک و مهندسیِ پی» پذیرفته و به صورت پوستر ارائه شده و در مجموعه مقالات کنفرانس به چاپ رسیده است.

دکتر سعید غفارپور جهرمی
دبیر کنفرانس

وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

موسسه آموزش عالی خاوران (غیرانتفاعی - غیردولتی)

9th SASTech

Symposium on Advances in Science & Technology

نهمین سمپوزیوم پیشرفت های علوم و تکنولوژی

[redacted]

محوریت استفاده از روش های

[redacted]

۲۷ آذرماه ۱۳۹۳ - موسسه آموزش عالی خاوران، مشهدمقدس

بدینوسیله گواهی می شود که مقاله زیر با عنوان :

[redacted]

نویسندگان:

سعید آزموده، ناصر عرفاتی

در همایش ملی عمران و توسعه پایدار زیرمجموعه نهمین سمپوزیوم

پیشرفتهای علوم و تکنولوژی (9thSASTech) ارائه شده است.

دکتر محمد رضا ماشری

رئیس کنفرانس های عالی SASTech

دکتر ماشاالله سعیدیان

دبیر همایش

وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

موسسه آموزش عالی خاوران (غیرانتفاعی - غیردولتی)

9th SASTech

Symposium on Advances in Science & Technology

نهمین سمپوزیوم پیشرفت های علوم و تکنولوژی

بدینوسیله گواهی می شود که مقاله زیر با عنوان :

[redacted]

نویسندگان:

سعید آزموده، ناصر عرفاتی

توسط جناب آقای سعید آزموده

در همایش ملی عمران و توسعه پایدار زیر مجموعه نهمین سمپوزیوم

پیشرفتهای علوم و تکنولوژی (9thSASTech) ارائه شده است.

دکتر رضا میاشری
رئیس شورای عالی SASTech

دکتر رمضانعلی سعیدیان
دبیر همایش

۲۷ آذرماه ۱۳۹۳ - موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد مقدس