بررسی تأثیر عمق و نوع دانه‌بندی خاک بر روی ظرفیت باربری پی حلقوی؛ مطالعه روی مخزن۱۰هزار متر مکعبی مازوت

سعید آزموده[۱]، ناصر عرفاتی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تفرش

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه تفرش

Saeid.azmoodeh٦٦@gmail.com

خلاصه

در این پژوهش به بررسی تأثیر عمق و نوع دانه‌بندی خاک بر روی ظرفیت باربری پی حلقوی به کمک نرم‌افزار FLAC پرداخته می‌شود. معیار گسیختگی در نظر گرفته شده برای خاک مور-کلمب می‌باشد. مطالعات ظرفیت باربری پی حلقوی مخزن۱۰هزار متر مکعبی نگهداری مازوت شرکت سیمان مشهد بر روی ۳ نوع خاک دستی، رسی و ماسه‌ای انجام گرفته است که نتایج نشان می‌دهد، ظرفیت باربری با درشت‌تر شدن دانه‌بندی به علت افزایش سطح تماس دانه‌ها، بیشتر شدن اصطکاک و پایداری اسکلت خاک، افزایش می‌یابد. همچنین هرچه عمق خاک ضعیف‌تر(از نظر دانه‌بندی)کمتر باشد، نشست‌ها محدود شده و ظرفیت باربری افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: پی حلقوی، ظرفیت باربری، مخزن، نوع خاک، نرم‌افزار FLAC

۱. مقدمه

بدست آوردن ظرفیت باربری پی از جمله عوامل تأثیرگذار در طراحی شالوده‌ها می‌باشد. امروزه مطالعات آزمایشگاهی و عددی زیادی برای تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی روی خاک انجام شده است.در سالهای اخیر، از روشهای عددی مثل، روش تفاضل محدود و اجزاء محدود به‌طور گسترده برای محاسبه ظرفیت باربری انواع پی‌ها از جمله نواری، دایره‌ای، مستطیلی و ... استفاده شده است[۷].

در حال حاضر استفاده از پی حلقوی در زیر سازه‌هایی که دارای تقارن محوری هستند همچون: دودکشها، مخازن نگهداری آب و نفت، برج‌ها و سیلوها به علت مسائل اقتصادی، روبه افزایش است. بنابراین تکنیک محاسبه ظرفیت باربری این پی‌ها برای طراحی و ساختشان مورد نیاز است[۳]. البته تحقیقاتی نیز در خصوص نشست و ظرفیت باربری پی حلقوی تاکنون انجام شده که از جمله آنها می‌توان به مطالعات Egorov(۱۹۶۵) [۶]و Ohri(۱۹۹۷)

[۴]که منجر به پیشنهاد روابطی جدید در این خصوص شده است، اشاره کرد.آقایان حاتف و بوشهریان(۲۰۰۲) با در نظر گرفتن n که برابر نسبت شعاع داخلی به خارجی پی حلقوی است با مطالعه ظرفیت باربری روی خاک ماسه‌ای در شرایط آزمایشگاه، به این نتیجه رسیدند که در n=۰,۴ ظرفیت باربری به بیشترین مقدار خود می‌رسد[۲]. Zhao & Wang(۲۰۰۷) با استفاده از نرم‌افزار FLAC و به کمک کدنویسی به مطالعه ضریب N_γ بر روی ظرفیت باربری پی حلقوی قرار گرفته روی خاک غیر چسبنده پرداخته‌اند، نتایج آنها نشان داد با افزایش نسبت n ضریب N_γ نیز افزایش می‌یابد[۹].

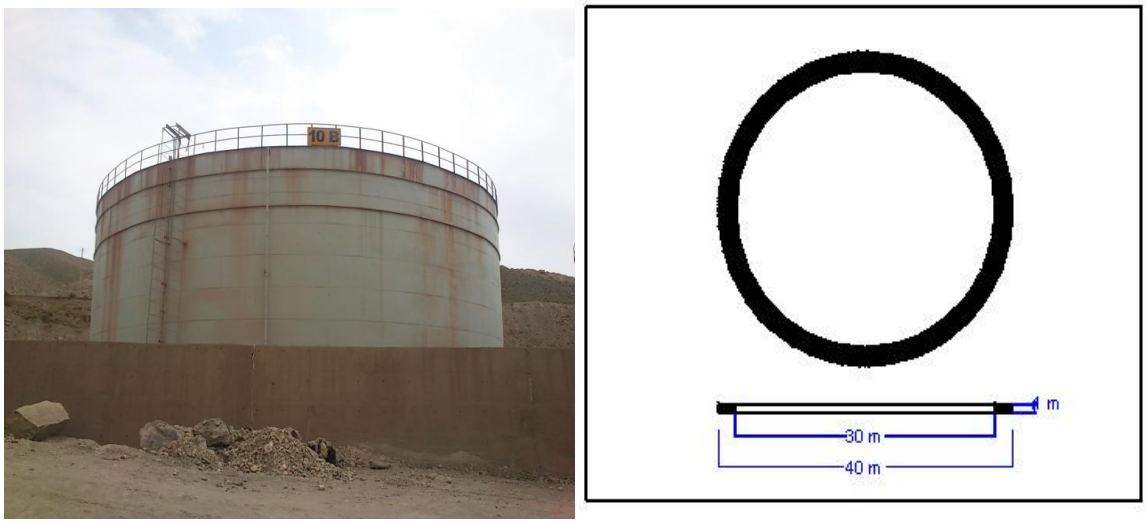
۲. تعریف مسئله

خاک‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش با معیار گسیختگی مور-کلمب شامل: رس، ماسه و خاک دستی می‌باشدکه در اعماق مختلف در زیر پی به کار برده شده است. خصوصیات مورد نظر برای انواع خاک‌ها در جدول ۱. قابل مشاهده است. در حالت وجود ۲ لایه خاک، ضخامت‌های۲، ۵ و ۱۰متر برای خاک فوقانی، در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱- مشخصات مکانیکی خاک

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

نمونه مورد بررسی مخزن۱۰هزار متر مکعبی نگهداری مازوت شرکت سیمان مشهد است، که پی زیر این مخزن از نوع حلقوی، به قطر خارجی ۳۴ و قطر داخلی ۳۰ متر است، ضخامت پی نیز ۱ متر می‌باشد.



شکل۱- نمایی از مخزن۱۰هزارمتر مکعبی مازوت شرکت سیمان مشهد

زمانی که خاک، زیر فشار یکنواخت q می‌باشد، براساس روابط ترزاقی می‌توان ظرفیت باربری پی سطحی دایره‌ای را از رابطه زیر بدست آورد.

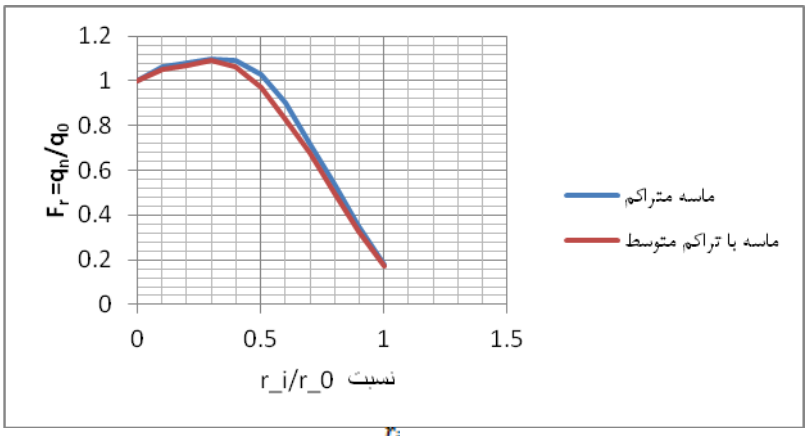
$$q_. = ۱.۳\,CN_c + qNq + ۰.۳\gamma BN\gamma \qquad (۱)$$

که در آن C برابر چسبندگی، q نشان دهنده سربار معادل، γ وزن مخصوص خاک، B عرض یا قطر پی و N_C، N_q، N_γ ضرایب ظرفیت باربری وابسته به زاویه اصطکاک(φ) می‌باشند.

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

$$F_r = \frac{q_n}{q_\circ} \qquad (۲)$$

در آن q_n برابر ظرفیت باربری نهایی پی رینگی و $q_\circ$ 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 می‌توان با داشتن n که برابر نسبت شعاع داخلی به شعاع خارجی است، از شکل۲. همانطور که در زیر مشاهده می‌شود، بدست آورد.



شکل۲- منحنی ضریب بازدهی رینگی (Fr) نسبت به $\frac{r_i}{r_0}$ (برای سطوح متغیر ولی با قطر خارجی یکسان)[٤]

در این پژوهش نیز نسبت قطر داخلی به قطر خارجی پی با n نشان داده می‌شود که در اینجا n برابر ۰٫۸۸ می‌باشد. بیشتر تحقیقات انجام شده روی پی حلقوی نشان می‌دهد، در حالتی که $n\geq$۰٫۷ است، گسیختگی در زیر پی از حالت کلی به موضعی تغییر می‌کند[۵]، در این صورت به جای استفاده C و φ باید از $\acute{C}$ و $\acute{\varphi}$ که به صورت زیر تصحیح می‌شوند، بهره برد[۱]:

$$\acute{C}=\frac{۲}{۳}C \qquad (۳)$$

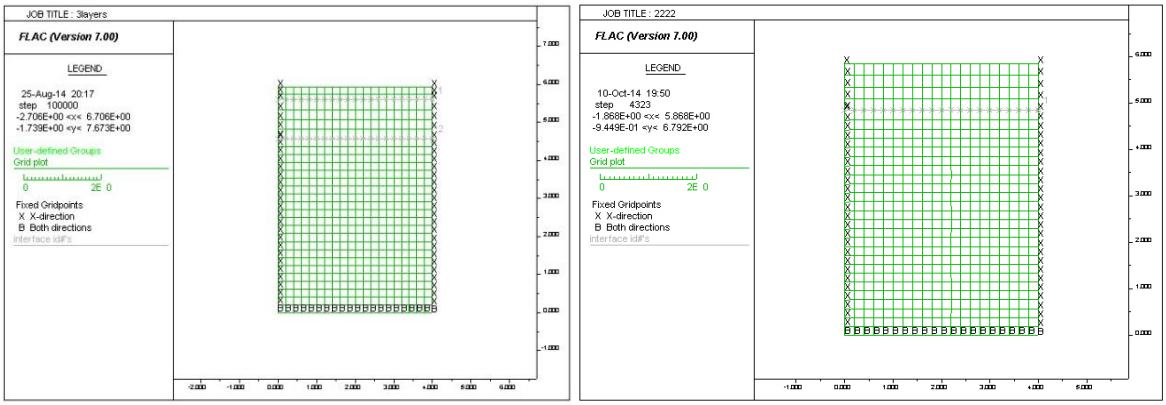
$$\acute{\varphi}=\tan^{-۱}(\frac{۲}{۳}\tan\varphi) \qquad (۴)$$

باید توجه داشت در حالتی که مخزن پر است، فشار حاصل از وزن مازوت داخل مخزن به تمامی سطح دایره وارد می‌شود، به همین دلیل ابتدا در حالت n=۰ و بعد برای n=۰٫۸۸ که معادل شرایط واقعی مدل می‌باشد، ظرفیت باربری محاسبه می‌شود، تا در نهایت مشخص شود کدام خاک تحمل فشار وارده از طرف مخزن را خواهد داشت. البته این فشار با توجه به وزن مخصوص مازوت (γ=۰٫۹ $\frac{gr}{cm^۳}$)و حجم ۱۰ هزار متر مکعبی مخزن برابر KN ۹۰۰۰۰ خواهد بود.

۳. شبیه‌سازی عددی

با توجه به قطر خارجی و توزیع نشست و تنش در زیر پی، بارگذاری در نظر گرفته شده برای این مدل به صورت انعطاف‌پذیر می‌باشد. مدل سازی به کمک نرم‌افزار FLAC که بر مبنای روش تفاضل محدود می‌باشد، انجام می‌گیرد. از آنجا که تحلیل تحت تقارن محوری قابلیت مدل‌سازی مسائلی را دارد که دارای یک محور تقارن بوده و کل مدل مورد مطالعه از دوران یک صفحه شعاعی حول محور تقارن قابل مدل‌سازی می‌باشد[۱۰]، برای تحلیل پی حلقوی مورد نظر شرایط تقارن محوری در حالی که محورy، محور تقارن کل است، شکل هندسی تمامی مدل (شامل بستر خاکی و بارگذاری) با دوران یک صفحه شعاعی حول محور y مدل می‌شود. با این شرایط فقط سمت راست مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

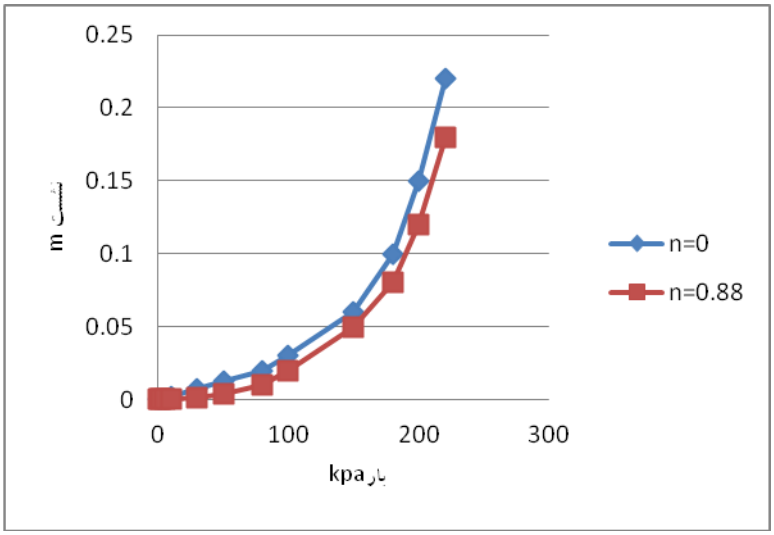
برای محاسبه ظرفیت باربری پی از روش مماس‌های متقاطع بر روی نمودار بار- نشست، استفاده می‌شود. لازم به یادآوری است که در حالت وجود ۲ یا ۳ لایه خاک سطح مشترکی بین لایه‌های خاک برای ایجاد پیوستگی کامل و یکنواختی بین دو منطقه با زون بندی مختلف باید در نظر گرفت، که این کار در نرم‌افزار FLAC با اختصاص دادن سختی قائم و برشی زون‌های مجاور(واحد: تنش بر جابجایی) انجام می‌شود[۱۰]. شکل۳. زون‌های در نظر گرفته شده برای ۲ و ۳ لایه خاک با اعمال شرایط سطح مشترک را نشان می‌دهد.



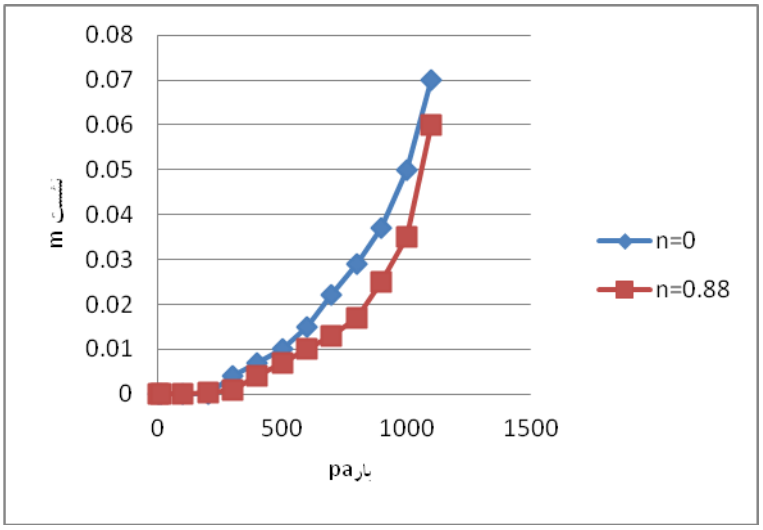
شکل۳-زون در نظر گرفته شده برای ۲ و ۳ لایه خاک

۴. آنالیز و بررسی

ظرفیت باربری پی حلقوی روی خاک ماسه‌ای و رسی در حالت‌های n=۰ , ۰٫۸۸ بررسی شد، که نمودار بار- نشست مربوط به آن در شکل ۴. قابل رویت است، همانطور که مشاهده می‌شود ظرفیت باربری پی روی خاک ماسه‌ای بسیار بیشتر از زمانی است که خاک زیر پی از نوع رس است.



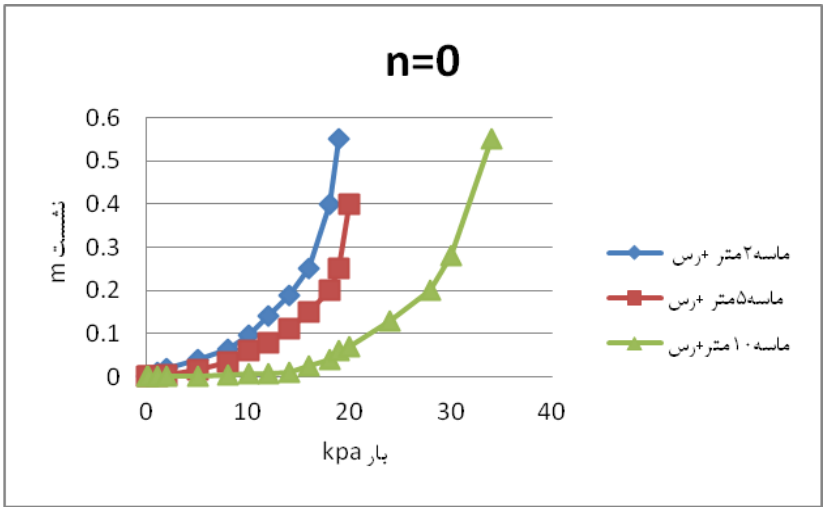
الف) خاک ماسه‌ای



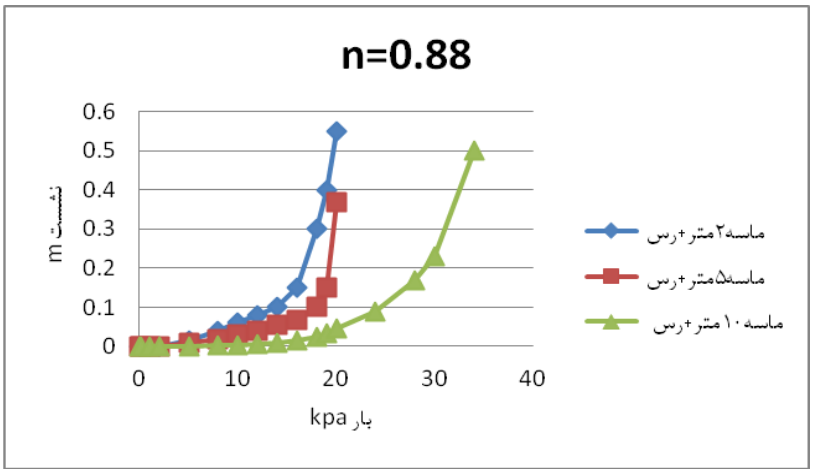
ب) خاک رسی

شکل٤- نمودار بار- نشست برای خاک رس و ماسه

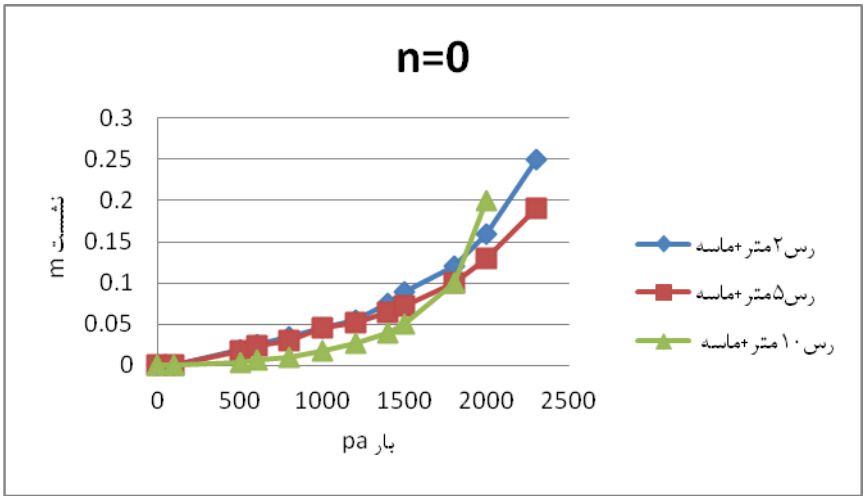
در حالت استفاده از ۲ لایه خاک، با در نظر گرفتن ضخامت‌های مختلف برای لایه فوقانی نمودار بار- نشست در شکل۵. آورده شده است.



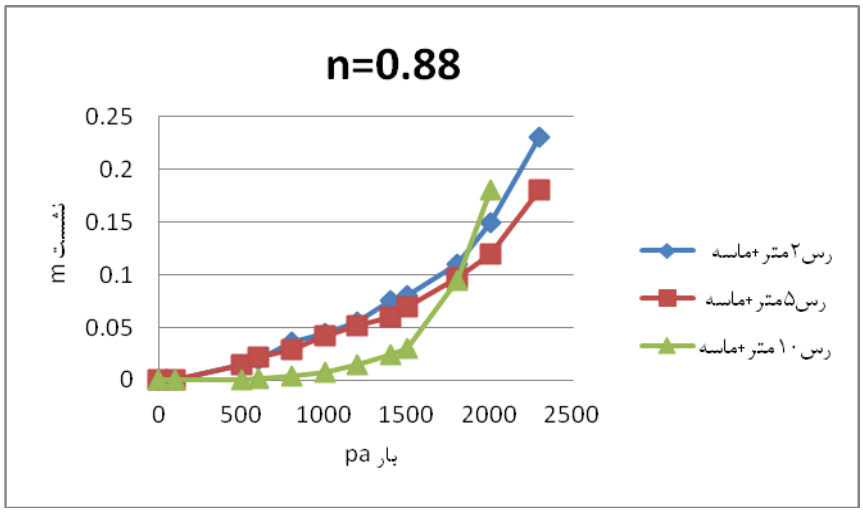
الف)خاک ماسه بر روی خاک رس n=۰



ب) خاک ماسه بر روی خاک رس n=۰,۸۸



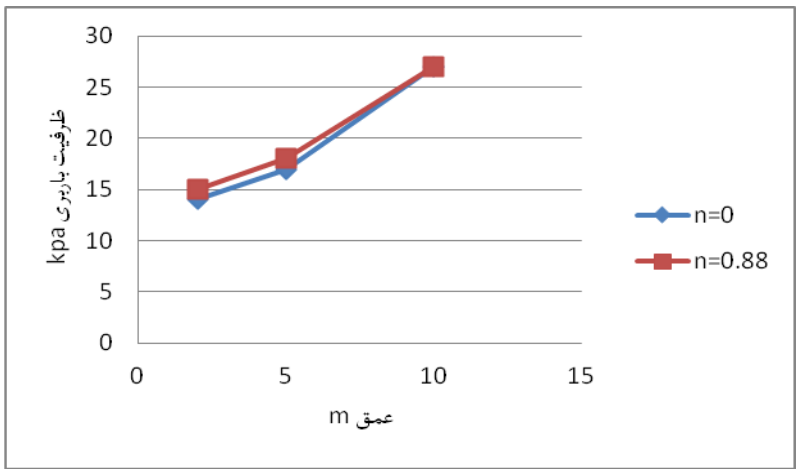
ت)خاک رس بر روی خاک ماسه n=۰



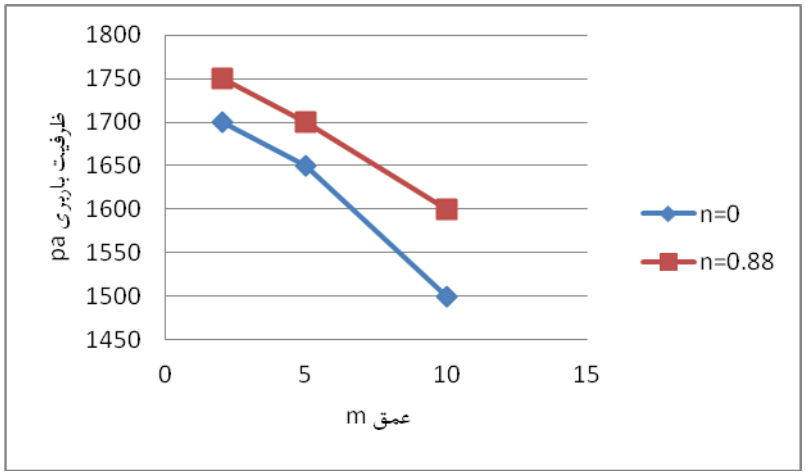
د) خاک رس بر روی خاک ماسه n=۰,۸۸

شکل۵- نمودار بار- نشست در حالت وجود۲ لایه خاک

شکل ۶. نمودار ظرفیت باربری بر حسب عمق لایه خاک را نشان می‌دهد.



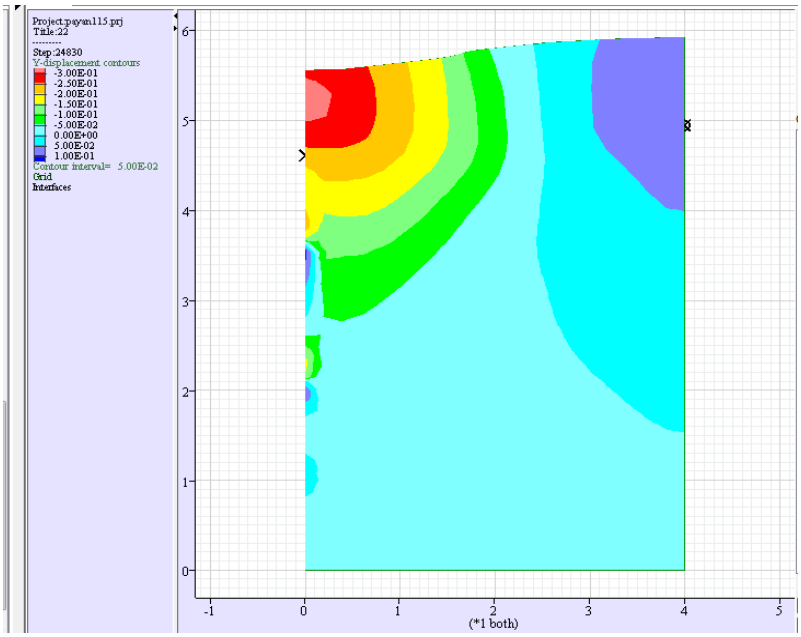
الف) لایه فوقانی خاک ماسه‌ای



ب) لایه فوقانی خاک رسی

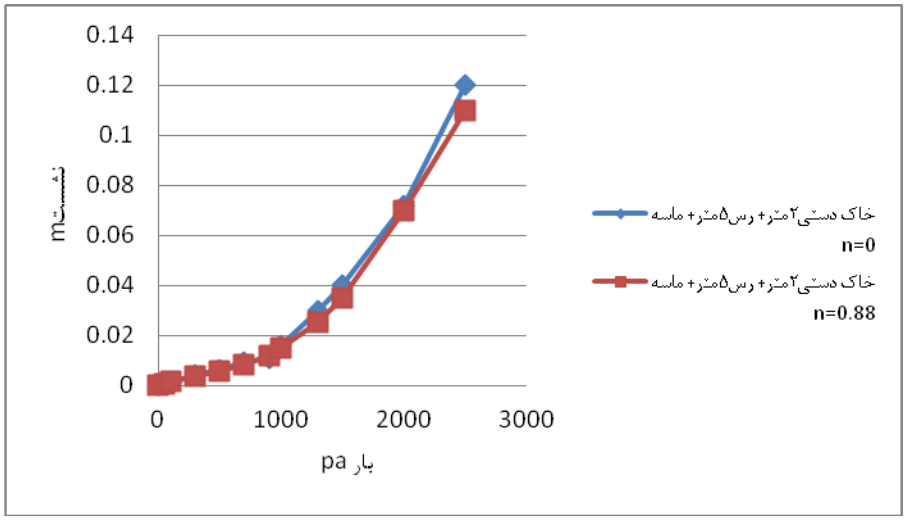
شکل٦- نمودار ظرفیت باربری بر حسب عمق

از نمودار ظرفیت باربری بر حسب عمق قابل رویت است، زمانی که عمق لایه ماسه افزایش می‌یابد ظرفیت باربری نیز زیاد می‌شود، این در حالی ست که با زیاد شدن عمق لایه رس، ظرفیت باربری کاهش می‌یابد. محدوده نشست و تغییرمکان‌های خاک در حالت ۲ لایه خاک در شکل ۷. قابل مشاهده است.

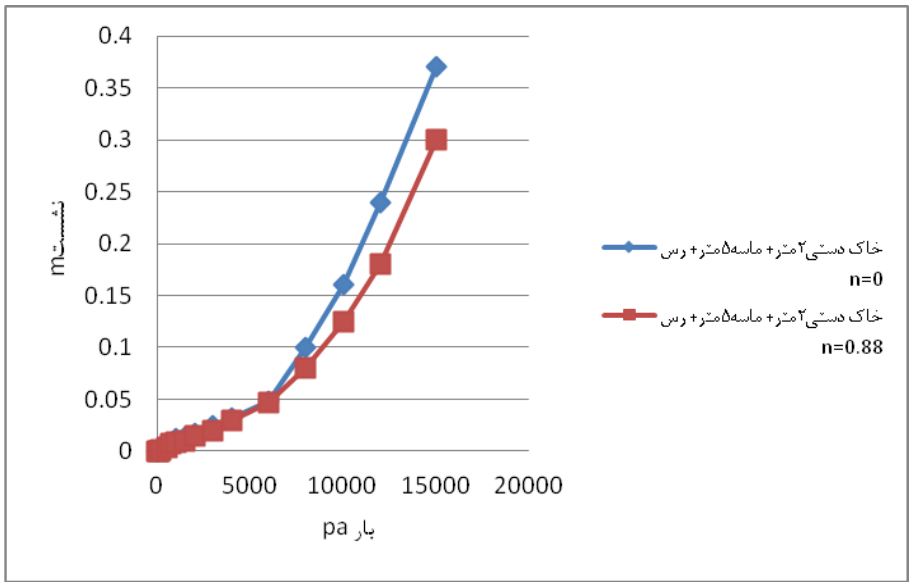


شکل۷- نشست در حالت وجود۲ لایه خاک

نمودار بار- نشست حاصل از وجود ۳ لایه خاک در زیر پی حلقوی، در حالتی که عمق خاک دستی ۲ متر و در لایه فوقانی قرار دارد، در شکل۸ آورده شده است.



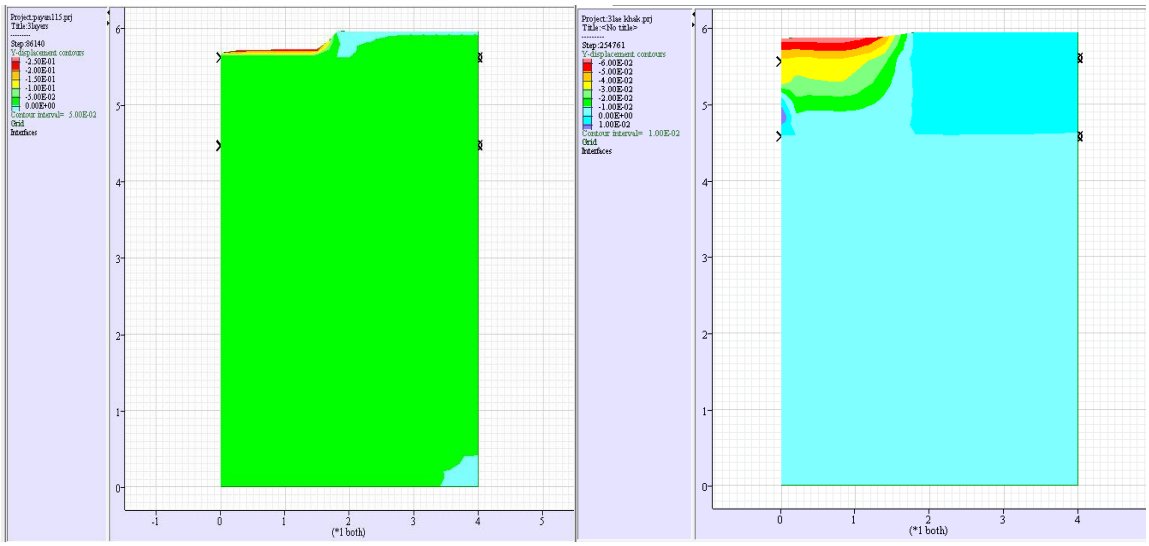
الف) خاک دستی روی خاک ریز دانه



ب) خاک دستی روی خاک درشت دانه

شکل۸- نمودار بار- نشست در حالت وجود۳ لایه خاک

شکل گسیختگی صورت گرفته خاک نیز در اشکال زیر قابل رویت است. همانطور که در شکل ۹. مشاهده می‌شود، وجود خاک درشت‌دانه در زیر خاک دستی باعث محدود شدن نشست‌ها و در نهایت باعث افزایش ظرفیت باربری می‌شود. همچنین، نشست در خاک دستی در زمانی که زیر آن خاک رس قرار دارد، بسیار سریع بر خاک رس تأثیر می‌گذارد و وارد زون خاک رس می‌شود، این در حالی است که، نشست روی خاک درشت‌دانه ماسه‌ای بسیار ناچیز می‌باشد.



الف) خاک دستی روی خاک رسی **ب) خاک دستی روی خاک ماسه‌ای**

شکل۹- گسیختگی خاک در حالت اعمال بار

۵. نتیجه گیری

شبیه‌سازی عددی برای محاسبه ظرفیت باربری پی حلقوی روی ۱، ۲ و ۳ لایه خاک در اعماق مختلف موجود است. خاک دستی، رسی و ماسه‌ای با رفتار الاستو- پلاستیک و بر اساس معیار تسلیم مور-کلمب مدل شد و ظرفیت باربری به کمک نرم‌افزار FLAC در شرایط تقارن محوری محاسبه گردید. محاسبات نشان می‌دهد، ظرفیت باربری با درشت‌تر شدن دانه‌بندی افزایش یافته است. دلیل این امر می‌تواند افزایش سطح تماس دانه‌ها با هم و در نتیجه افزایش اصطکاک و پایداری اسکلت خاک باشد. در مورد ۲ لایه خاک، ظرفیت باربری پی در دو حالت n=۰ , ۰٫۸۸ روی خاک ماسه‌ای بسیار بیشتر از زمانی می‌باشد که خاک زیر پی از نوع رس است. همچنین با زیاد شدن عمق لایه رس، نشست‌ها بیشتر شده و ظرفیت باربری کاهش می‌یابد. در حالت وجود ۳ لایه خاک نتایج نشان می‌دهد، با کم شدن عمق لایه ضعیف‌تر(از نظر دانه‌بندی)، نشست‌ها محدود شده و تحمل خاک در زیر فشار بیشتر خواهد بود.

۶. 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 ۳٥ (۲۰۰۹) ۲۹۲-۳۰٤.

[۱۰] کتاب مدل‌سازی و تحلیل سازه‌های خاکی و سنگی در FLAC ، سیاوش ضمیران.

بدینوسیله گواهی می شود که مقاله زیر با عنوان :

بررسی تأثیر عمق و نوع دانه بندی خاک بر روی ظرفیت باربری پی حلقوی؛ مطالعه روی مخزن ۱۰ هزار متر مکعبی مازوت

نویسندگان:

سعید آزموده، ناصر عرفاتی

توسط جناب آقای سعید آزموده

در همایش ملی عمران و توسعه پایدار زیرمجموعه نهمین سمپوزیوم پیشرفتهای علوم و تکنولوژی (9thSASTech) ارائه شده است.

دکتر ماشاالله سعیدیان
دبیر همایش

دکتر محمد رضا ماشری
رئیس شورای عالی SASTech

وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

موسسه آموزش عالی خاوران

9thSASTech
Symposium on Advances in Science & Technology

نهمین سمپوزیوم پیشرفت های علوم و تکنولوژی

کمیسیون سوم:

همایش ملی عمران و توسعه پایدار

با محوریت استفاده از روش های نوین در مهندسی عمران

۲۷ آذرماه ۱۳۹۳ - موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد مقدس