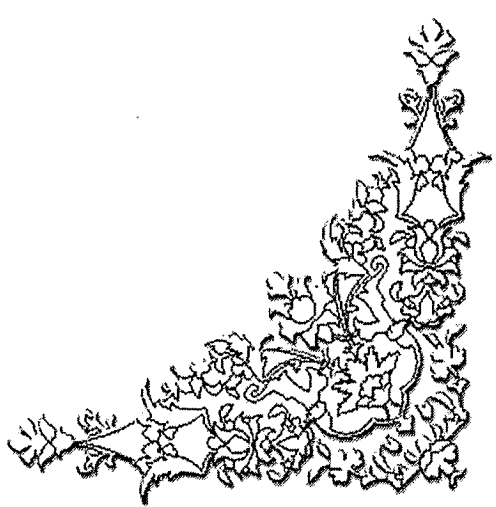
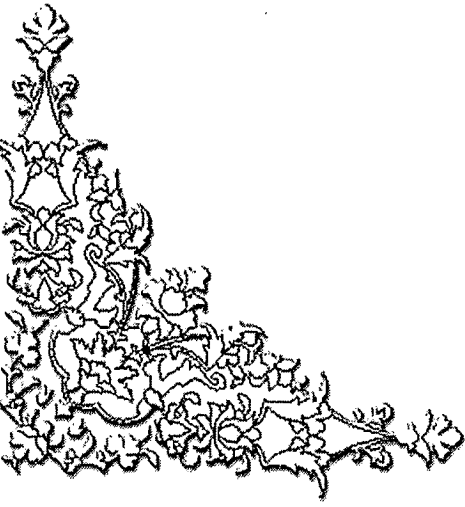
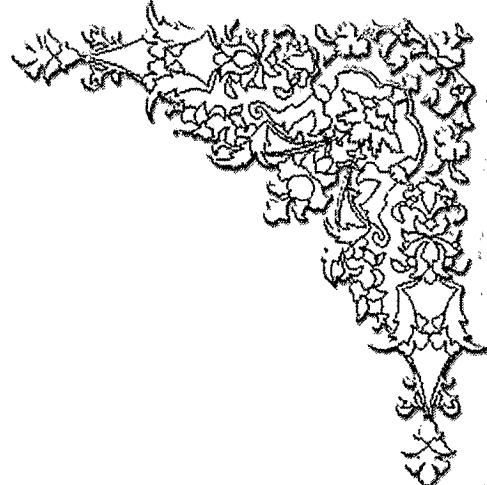
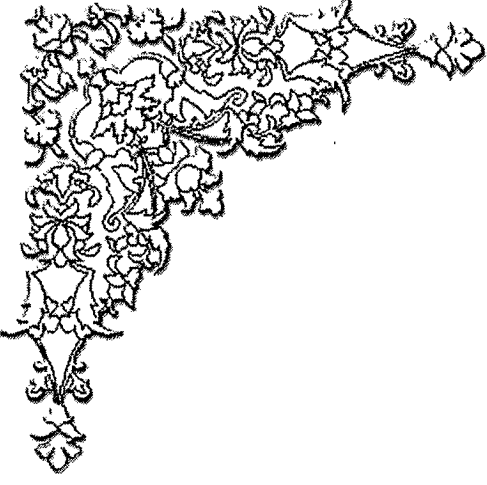


صلى الله عليه وسلم

١٤١٢٢٣



حیدر

دانشکده فنی

گروه عمران

(گرایش مکانیک خاک و پی)

بررسی اثر ابعاد پی بر تعیین ضریب عکس العمل بستر، K_s

از:

صدراله تورانی سما

اساتید راهنما:

دکتر فرزین کلانتری

دکتر مهیار عربانی

۱۳۸۸ / ۷ / ۳

بجز اطلاعات درج شده می باشد
تسبیح درازک

تیر ۱۳۸۸



۱۴۱۶۲۳

تقدیم به:

پدر و مادرم

که چون شمع می سوزند تا

روشنی بخش زندگی فرزندانمان باشند.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از زحمات اساتید ارجمند جناب آقایان دکتر فرزین کلانتری و دکتر مهیار عربانی که راهنمای اینجانب در انجام پروژه و همینطور تهیه و ارائه این پایان نامه بوده اند سپاسگذاری و قدردانی می نمایم. همچنین از اعضای هیئت داور، آقایان دکتر اسلامی و دکتر جمشیدی بخاطر حضور در جلسه دفاعیه صمیمانه تشکر می کنم.

در پایان از کلیه عزیزانی که مرا در انجام این پروژه یاری کرده اند بخصوص آقایان دکتر مهران اصفهانی زاده و مهندس عبدالمتین ستایش کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

امیدوارم پایان نامه حاضر مورد توجه کلیه علاقمندان واقع گردد.

تیر ۱۳۸۸

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
س	چکیده فارسی
ش	چکیده انگلیسی
۱	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- بیان مسئله
۳	۳-۱- اهداف
۴	۴-۱- معرفی فصول پایان نامه
۴	۵-۱- کاربرد عملی از نتایج پایان نامه
۵	فصل دوم: مدل‌های مختلف اندرکنش خاک - سازه
۶	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- مدل وینکلر
۷	۲-۲-۱- فرضیات اساسی تئوری عکس العمل بستر و تصحیح خطاهای ناشی از آن
۱۰	۲-۲-۲- نکاتی در مورد تیر بر بستر الاستیک
۱۴	۳-۲- مدل الاستیک پیوسته
۱۴	۴-۲- مدل‌های دو پارامتری الاستیک (مدل‌های بهبود یافته)
۱۵	۲-۴-۱- مدل‌های اصلاح شده از نوع مدل وینکلر
۲۰	۲-۴-۲- مدل‌های اصلاح شده از نوع مدل محیط الاستیک پیوسته
۲۲	۵-۲- مدل‌های پیشنهادی Horvath
۲۲	۱-۵-۲- مدل محیط پیوسته ساده شده Reissner یا RSC
۲۳	۲-۵-۲- مدل محیط پیوسته ساده شده از نوع Pasternak یا PTSC
۲۵	۳-۵-۲- مدل محیط پیوسته ساده شده از نوع وینکلر یا WTSC
۲۸	۶-۲- روش فنرهای مزدوج مجازی
۳۰	۷-۲- روش پیشنهادی آئین نامه FEMA
۳۱	فصل سوم: روش‌های تعیین ضریب عکس العمل بستر
۳۲	۱-۳- مقدمه
۳۳	۲-۳- تخمین k_s بوسیله آزمایش بارگذاری صفحه
۳۵	۱-۲-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر برای صفحه به قطر یک فوت (k_{s1})
۳۶	۲-۲-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر برای فنداسیون‌هایی با ابعاد واقعی

۴۱	.....	۳-۲-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر برای دال ها و صفحات
۴۸	.....	۴-۲-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر برای تیرها و شالوده های نواری
۵۱	.....	۳-۳- رابطه k_s و نتایج آزمایش نفوذ استاندارد
۵۳	.....	۴-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر با استفاده از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد و بارگذاری صفحه
۵۴	.....	۵-۳- رابطه بدست آمده از نتایج آزمایش تحکیم
۵۴	.....	۱-۵-۳- تاثیر عوامل زمانی بر ضریب عکس العمل بستر
۵۴	.....	۲-۵-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر با استفاده از نتایج تحکیم
۵۵	.....	۶-۳- تعیین k_s با استفاده از نتایج CBR
۵۹	.....	۷-۳- رابطه k_s با ظرفیت باربری خاک
۶۰	.....	۸-۳- تعیین ضریب عکس العمل بستر براساس تخمین نشست
۶۰	.....	۹-۳- استفاده از پارامترهای الاستیک خاک در تعیین ضریب عکس العمل بستر
۶۰	.....	۱-۹-۳- رابطه Biot
۶۱	.....	۲-۹-۳- رابطه Lenczner - Scheidig & Kogler
۶۱	.....	۳-۹-۳- رابطه Galin
۶۲	.....	۴-۹-۳- رابطه Vesic
۶۳	.....	۵-۹-۳- رابطه Woinowky - Kriger
۶۳	.....	۶-۹-۳- رابطه Gibson
۶۴	.....	۷-۹-۳- رابطه Horvath
۶۵	.....	۸-۹-۳- روش Vallabhan & Daloglu
۷۳	.....	۹-۹-۳- روش (MBEF) S. S. C. Liao
۷۷	.....	فصل چهارم : مدل سازی و بررسی صحت عملکرد نرم افزار
۷۸	.....	۱-۴- مقدمه
۷۸	.....	۲-۴- هندسه و شرایط مرزی مورد استفاده در مدل اجزا محدود
۷۹	.....	۳-۴- نحوه استخراج $k_s(x)$ از نتایج تحلیل اجزا محدود
۸۰	.....	۴-۴- نیم فضای الاستیک همگن
۸۰	.....	۱-۴-۴- مطالعه پارامتری و مقایسه نتایج
۸۴	.....	۵-۴- نیم فضای الاستیک ناهمگن
۸۴	.....	۱-۵-۴- معرفی نیم فضای الاستیک ناهمگن (گیبسون)
۸۵	.....	۲-۵-۴- تنش و نشست در نیم فضای الاستیک ناهمگن
۹۰	.....	فصل پنجم : بررسی تاثیر عرض ناحیه بارگذاری شده بر ضریب عکس العمل بستر
۹۱	.....	۱-۵- مقدمه
۹۳	.....	۲-۵- روش بررسی
۹۳	.....	۳-۵- مطالعات پارامتری و نتایج

۹۳	.....	۱-۳-۵- حالت کرنش صفحه ای
۹۸	.....	۲-۳-۵- حالت متقارن محوری
۱۰۰	.....	۴-۵- تعیین ضریب عکس العمل بستر در نیم فضای الاستیک ناهمگن
۱۰۴	.....	فصل ششم: بررسی تاثیر سختی شالوده بر مقدار و نحوه توزیع ضریب عکس العمل بستر
۱۰۵	.....	۱-۶- مقدمه
۱۰۵	.....	۲-۶- بررسی شعاع تاثیر بار منفرد
۱۱۰	.....	۳-۶- تاثیر فواصل بارهای منفرد بر نحوه توزیع ضریب عکس العمل بستر در زیر فنداسیون
۱۲۴	.....	۴-۶- نحوه محاسبه ضریب عکس العمل بستر جهت استفاده در مدل وینکلر
۱۲۵	.....	فصل هفتم: بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده با روابط موجود
۱۲۶	.....	۱-۷- مقدمه
۱۲۶	.....	۲-۷- نیم فضای الاستیک همگن
۱۲۶	.....	۱-۲-۷- مقایسه مقدار عددی و نحوه توزیع k_s در زیر شالوده بارگذاری شده
۱۳۰	.....	۳-۷- نیم فضای الاستیک ناهمگن
۱۳۲	.....	۱-۳-۷- مقایسه روند تغییرات k_s همراه با افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده
۱۴۴	.....	۲-۳-۷- مقایسه مقدار عددی ضریب عکس العمل بستر k_s
۱۴۸	.....	فصل هشتم: نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهادات
۱۵۲	.....	منابع و مراجع
۱۵۶	.....	پیوست

فهرست جدول ها

عنوان

صفحه

- جدول (۱-۳): مقادیر میانگین ضریب تجربی μ (D. Bond, 1961) ۳۷
- جدول (۲-۳): مقادیر \bar{k}_{s1} در واحد ton/ft^3 برای صفحه مربع ای به عرض ۱ فوت یا تیر به عرض ۱ فوت مستقر بر خاک های دانه ای (Terzaghi 1955) ۴۲
- جدول (۳-۳): حدود مقادیر \bar{k}_{s1} در واحد $(\text{KN/m}^3 * 10^{-3})$ برای صفحه ای به عرض ۱ فوت مستقر بر خاک های دانه ای (Miner and Seastone, 1955) ۴۳
- جدول (۴-۳): حدود مقادیر \bar{k}_{s1} در واحد ton/ft^3 برای صفحه ای مربع ای به عرض ۱ فوت و یا تیر با عرض ۱ فوت مستقر بر رس پیش فشرده (Terzaghi, 1955) ۴۳
- جدول (۵-۳): مقادیر $(N_1)^{60}$ و k_{s1} بدست آمده از خاک های شنی، متوسط تا متراکم در آبرفت تهران (نائینی و ضیایی موید، ۱۳۸۵) ۵۲
- جدول (۶-۳): مقادیر پیشنهادی بولز برای k_s ۵۹
- جدول (۷-۳): مقادیر $k'_s(x)$ به ازای نسبت پواسون و نسبت سختی های متفاوت (Liao, 1995) ۷۳
- جدول (۱-۷): لیست روابط ارائه شده جهت تخمین k_s در نیم فضای الاستیک همگن جهت مقایسه با نتایج حاصل از FEM ۱۲۶
- جدول (۲-۷): لیست روابط بازنویسی شده مربوط به نیم فضای الاستیک همگن، جهت مقایسه روند تغییرات k_s همراه با افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده در نیم فضای الاستیک ناهمگن با نتایج حاصل از تحلیل اجزا محدود ۱۳۱
- جدول (۳-۷): لیست روابط مربوط به نیم فضای الاستیک ناهمگن، مورد استفاده جهت مقایسه روند تغییرات k_s همراه با افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده در نیم فضای الاستیک ناهمگن با نتایج حاصل از تحلیل اجزا محدود ۱۳۱

فهرست شکل ها

عنوان

صفحه

- شکل (۱-۲): ارتباط بین فشار اعمالی برشالوده و نشست متناظرش w -خط OA ارتباط فرض شده و منحنی OC ارتباط واقعی
 ۸ (Terzaghi, 1955)
- شکل (۲-۲): اختلاف بین توزیع تنش تماسی و نشست حاصل از تئوری عکس العمل بستر بر روی بستر تیرهای صلب (الف) و (ج)، و دال
 های صلب (ب) و (د)، ارائه شده بوسیله خط چین و توزیع واقعی (خط پر). (Terzaghi, 1955) ۹
- شکل (۳-۲): مدل وینکلر (Selvadurai, 1979) ۱۱
- شکل (۴-۲): تیر انعطاف پذیر که در وسط آن بار Q اعمال شده است (Terzaghi, 1955) ۱۲
- شکل (۵-۲): مدل Filonenko – Borodich ۱۶
- شکل (۶-۲): مدل Hetenyi ۱۷
- شکل (۷-۲): مدل Pasternak ۱۷
- شکل (۸-۲): مدل kerr ۱۸
- شکل (۹-۲): مدل قیاسی تیر- ستون برای مسئله کلاسیک تیر بر بستر الاستیک ۱۹
- شکل (۱۰-۲): مدل فنرهای درهم تنیده وینکلر ۲۰
- شکل (۱۱-۲): مدل Horvath (1993), PTSC ۲۴
- شکل (۱۲-۲): یک پی گسترده که براساس روش فنرهای مزدوج مجازی مدل سازی شده است. در این روش مقدار k_s از بخش های
 داخلی به خارجی رفته رفته افزایش می یابد. (Donald P. Coduto, 2001) ۲۹
- شکل (۱۳-۲): مدل توزیع سختی فنر براساس حالت پیشنهادی آیین نامه FEMA ۳۰
- شکل (۱-۳): آزمایش بارگذاری صفحه (Bowles, 1996) ۳۴
- شکل (۲-۳): تغییرات ضریب عکس العمل بستر خاک نسبت به قطر صفحه (Scott, 1980) ۳۴
- شکل (۳-۳): روش های مختلف تعیین \bar{k}_{s1} از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه (R. w. Brown, 2004) ۳۵
- شکل (۴-۳): الف) تیر انعطاف پذیر که روی آن بارهای Q_1 تا Q_n اعمال شده است. (ب) و (ج) تاثیر عرض تیر بر عمق حباب فشار
 (Terzaghi, 1955) ۳۹
- شکل (۵-۳): مقادیر w/w_1 در مقایسه با B در ماسه برای مقادیر بخصوص P . (D. Bond, 1961) ۴۰
- شکل (۶-۳): الف) دال بتنی تکیه گاه بار متمرکز Q - (ب) رابطه بین η_0 و η که متناسب با خیز w و فشار تماسی P است (Terzaghi, 1955)
 ۴۴
- شکل (۷-۳): الف) و (ب) حبابهای فشار زیر بارهای متمرکز Q ، در فاصله های برابر در دو طرف اعمال شده بر روی دال بتنی مستطیلی
 (ج) بارهای منفرد و (د) بارهای خطی عمل کننده روی پی گسترده (Terzaghi, 1955) ۴۷
- شکل (۸-۳): ارتباط بین نتایج آزمایش بارگذاری صفحه و آزمایش نفوذ استاندارد (نائینی و ضیایی موبد، ۱۳۸۵) ۵۱
- شکل (۹-۳): منحنی بار بدست آمده از تست های بارگذاری بر روی صفحات با اندازه مختلف، از داده های گردآوری شده در مقاله
 Mcleod (1947) ۵۸
- شکل (۱۰-۳): دیاگرام نشان دهنده منحنی بارگذاری استاندارد برای آزمایش CBR، برای دو نوع مصالح، اولی نرم و دیگری سخت
 Nascimento and Simoes (1957) ۵۸

- شکل (۳-۱۱): ضریب عکس العمل بستر بدون بعد برای مدل وینکлер (Daloglu & Vallabhan, 2000) ۶۶
- شکل (۳-۱۲): تغییرات ضریب عکس العمل بستر بدون بعد K_{nv} در امتداد: الف) خط مرکزی دال، ب) لبه دال، ج) یک چهارم طول دال ۶۶
- شکل (۳-۱۳): کنتورهای نشان دهنده توزیع K_{nv} روی یک چهارم دال برای نسبت های مختلف H/r : الف) $H/r=4$ ، ب) $H/r=6$ ، ج) $H/r=9$ ، د) $H/r=11$ (Daloglu & Vallabhan, 2000) ۶۷
- شکل (۳-۱۴): مقایسه نتایج در امتداد خط مرکزی دال برای حالت بار متمرکز در مرکز ($H=1.524m$): الف) جابجایی، ب) لنگر خمشی ۷۰
- شکل (۳-۱۵): هندسه و شرایط بارگذاری شالوده (مثال عددی) ۶۹
- شکل (۳-۱۶): مقایسه نتایج در امتداد خط مرکزی دال برای حالت بار متمرکز در مرکز ($H=6.098m$): الف) جابجایی، ب) لنگر خمشی ۷۱
- شکل (۳-۱۸): مقایسه نتایج در امتداد خط مرکزی دال برای حالت بارگذاری یکنواخت: الف) جابجایی، ب) لنگر خمشی ۷۲
- شکل (۴-۱): هندسه و شرایط مرزی مدل اجزا محدود ۷۹
- شکل (۴-۲): الگوریتم استخراج k_s از نتایج تحلیل اجزا محدود ۸۰
- شکل (۴-۳): مقایسه: الف) نتایج (Liao (1995) و ب) نتایج حاصل از تحلیل اجزا محدود ($SR=1, v_s=0$) ۸۱
- شکل (۴-۴): مقایسه: الف) نتایج (Liao (1995) و ب) نتایج حاصل از تحلیل اجزا محدود ($SR=1, H/b=10$) ۸۲
- شکل (۴-۵): مقایسه: الف) نتایج (Liao (1995) و ب) نتایج حاصل از تحلیل اجزا محدود ($v_s=0, H/b=10$) ۸۳
- شکل (۴-۶): هندسه و نحوه تغییرات مدول الاستیسیته همراه با عمق در نیم فضای الاستیک ناهمگن (Gibson, 1967) ۸۴
- شکل (۴-۷): نشست نوار بارگذاری شده بر روی نیم فضای الاستیک ناهمگن همراه با افزایش خط مدول الاستیسیته ($v_s=0.5, E_0=0$) ۸۶
- الف) (Gibson (1967) ب) روش اجزا محدود ۸۶
- شکل (۴-۸): نیمرخ نشست قائم سطح دایره ای برای $v_s=0.5$ - الف) (Brown & Gibson (1972) ب) روش اجزا محدود ۸۷
- شکل (۴-۹): نیمرخ نشست قائم سطح دایره ای برای $v_s=0.33$ - الف) (Brown & Gibson (1972) ب) روش اجزا محدود ۸۸
- شکل (۴-۱۰): نیمرخ نشست قائم سطح دایره ای برای $v_s=0$ - الف) (Brown & Gibson (1972) ب) روش اجزا محدود ۸۹
- شکل (۵-۱): روند تغییرات نشست همراه با افزایش ابعاد ناحیه بارگذاری شده (Bjerrum & Eggestad, 1963) ۹۲
- شکل (۵-۲): تاثیر مقدار β (متر) بر روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش اندازه شالوده. الف) $v_s=0.3$ ، ب) $v_s=0.4$ ۹۴
- ج) $v_s=0.5$ ۹۴
- شکل (۵-۳): تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش اندازه شالوده در نیم فضای الاستیک ناهمگن ۹۶
- الف) $\beta=10m$ ، ب) $\beta=1m$ ، ج) $\beta=0.5m$ ، د) $\beta=0.1m$ ۹۶
- شکل (۵-۴): تاثیر شکل سطح بارگذاری شده بر روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش اندازه شالوده ($v_s=0.4$) ۹۹
- الف) $\beta=10m$ ، ب) $\beta=0.1m$ ۹۹
- شکل (۵-۵): تعیین پارامتر بدون بعد (α) جهت تخمین ضریب عکس العمل بستر در نیم فضای الاستیک ناهمگن. الف) کرنش صفحه ای، ب) متقارن محوری ۱۰۲
- شکل (۵-۶): نحوه توزیع پارامتر بدون بعد $k_s(x)/k_s(ave)$ در زیر شالوده به ازای مقادیر مختلف $E_0/m.B$ ۱۰۳
- شکل (۶-۱): کاهش نشست یک پی صلب تحت بار منفرد ثابت اعمال شده در مرکز آن همراه با افزایش ابعاد ۱۰۶
- شکل (۶-۲): تغییرات نشست در زیر بار همراه با افزایش شعاع شالوده ۱۰۸
- شکل (۶-۳): روند تغییرات $[w(R/r_0)/w(R/r_0=10)]$ همراه با افزایش شعاع شالوده ۱۰۸

- شکل (۴-۶): مش تغییر شکل یافته ۱۰۹
- شکل (۵-۶): توزیع تنش قائم ۱۰۹
- شکل (۶-۶): نحوه قرارگیری بارهای منفرد بر روی شالوده ۱۱۱
- شکل (۷-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری یکنواخت و $(b=5r_0) - S/b=0.2$ ۱۱۲
- شکل (۸-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=5r_0) - S/b=0.5$ ۱۱۲
- شکل (۹-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=5r_0) - S/b=1$ ۱۱۳
- شکل (۱۰-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری بار منفرد در مرکز- $(b=5r_0)$ ۱۱۳
- شکل (۱۱-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری یکنواخت و $(b=4r_0) - S/b=0.2$ ۱۱۴
- شکل (۱۲-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=4r_0) - S/b=0.5$ ۱۱۴
- شکل (۱۳-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=4r_0) - S/b=1$ ۱۱۵
- شکل (۱۴-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری بار منفرد در مرکز- $(b=4r_0)$ ۱۱۵
- شکل (۱۵-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری یکنواخت و $(b=3r_0) - S/b=0.2$ ۱۱۶
- شکل (۱۶-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=3r_0) - S/b=0.5$ ۱۱۶
- شکل (۱۷-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=3r_0) - S/b=1$ ۱۱۷
- شکل (۱۸-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری بار منفرد در مرکز- $(b=3r_0)$ ۱۱۷
- شکل (۱۹-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری یکنواخت و $(b=2r_0) - S/b=0.2$ ۱۱۸
- شکل (۲۰-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=2r_0) - S/b=0.5$ ۱۱۸
- شکل (۲۱-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری $(b=2r_0) - S/b=1$ ۱۱۹
- شکل (۲۲-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت بارگذاری بار منفرد در مرکز- $(b=2r_0)$ ۱۱۹
- شکل (۲۳-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری یکنواخت و $(b=r_0) - S/b=0.2$ ۱۲۰
- شکل (۲۴-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری $S/b=0.5, 1$ و بار منفرد در مرکز- $(b=r_0)$ ۱۲۰
- شکل (۲۵-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده، برای حالت های بارگذاری یکنواخت و بار منفرد در مرکز- $(b=0.5r_0)$ ۱۲۰
- شکل (۲۶-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده هایی با $b=5r_0, 3r_0, r_0$ در حالت بارگذاری $S/b=0.2$ ۱۲۲
- شکل (۲۷-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده هایی با $b=5r_0, 4r_0, 3r_0, r_0$ در حالت بارگذاری $S/b=0.5$ ۱۲۲
- شکل (۲۸-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده هایی با $b=5r_0, 3r_0, r_0$ در حالت بارگذاری $S/b=1$ ۱۲۳
- شکل (۲۹-۶): نحوه توزیع k'_s در زیر شالوده هایی با $b=5r_0, 4r_0, 3r_0, 2r_0, r_0, 0.5r_0$ در حالت بارگذاری بار منفرد در مرکز ۱۲۳

شکل (۱-۷): مقایسه روشهای مختلف تعیین ضریب عکس العمل بستر برای حالت بارگذاری یکنواخت و نسبت پواسون $\nu=0.3$ - الف) $b=r_0$,

ب) $b=2r_0$ (ج) $b=3r_0$ (د) $b=4r_0$ (ه) $b=5r_0$ ۱۲۷

شکل (۲-۷): مقایسه روند تغییرات k_s به ازای افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده بین نتایج حاصل از تحلیل به روش اجزا محدود و رابطه

(Vesic (1961) - الف) $\beta=10m$ (ب) $\beta=1m$ (ج) $\beta=0.5m$ (د) $\beta=0.1m$ ۱۳۳

شکل (۳-۷): مقایسه روند تغییرات k_s به ازای افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده بین نتایج حاصل از تحلیل به روش اجزا محدود و رابطه

(Kogler & Scheidig (1938) - الف) $\beta=10m$ (ب) $\beta=1m$ (ج) $\beta=0.5m$ (د) $\beta=0.1m$ ۱۳۵

شکل (۴-۷): مقایسه روند تغییرات k_s به ازای افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده بین نتایج حاصل از تحلیل به روش اجزا محدود و رابطه

(Horvath (1983) - الف) $\beta=10m$ (ب) $\beta=1m$ (ج) $\beta=0.5m$ (د) $\beta=0.1m$ ۱۳۷

- شکل (۵-۷): مقایسه روند تغییرات k_s به ازای افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده بین نتایج حاصل از تحلیل به روش اجزا محدود و رابطه
 ۱۴۰ $\beta=0.1m$ (الف - Terzaghi (1955) (ب $\beta=1m$ (ج $\beta=0.5m$ (د $\beta=0.1m$)
- شکل (۶-۷): مقایسه روند تغییرات k_s به ازای افزایش عرض ناحیه بارگذاری شده بین نتایج حاصل از تحلیل به روش اجزا محدود و رابطه
 ۱۴۲ $\beta=0.1m$ (الف - Bjerrum & Eggstad (1963) (ب $\beta=1m$ (ج $\beta=0.5m$ (د $\beta=0.1m$)
- شکل (۷-۷): مقایسه مقدار عددی k_s حاصل از تحلیل الاستیک خطی به روش اجزای محدود و رابطه Horvath (1983) ۱۴۵
- شکل (۸-۷): مقایسه مقدار عددی k_s حاصل از تحلیل الاستیک خطی به روش اجزای محدود و رابطه Vesic (1983) ۱۴۶
- شکل (۹-۷): مقایسه مقدار عددی k_s حاصل از تحلیل الاستیک خطی به روش اجزای محدود و رابطه Kogler & Scheidig(1938) ۱۴۷

فهرست علائم اختصاری

A	..... مساحت
B	..... عرض شالوده (تیر یا دال)
b	..... نصف عرض شالوده (تیر یا دال)
C	..... ضرائب ثابت
D	..... سختی موجی دال
D_1	..... عمق تاثیر شالوده
d	..... قطر
E	..... مدول الاستیسیته شالوده (در حالت کلی)
E_b	..... مدول الاستیسیته تیر
E_e	..... مدول الاستیسیته معادل خاک
E_s	..... مدول الاستیسیته خاک
E_{st}	..... مدول الاستیسیته برای منحنی استاندارد آزمایش CBR
E_0	..... مدول الاستیسیته خاک درست در زیر ناحیه بارگذاری شده
e	..... نسبت تخلخل
G	..... مدول برشی شالوده (در حالت کلی)
G_s	..... مدول برشی خاک
$g(z)$	..... تابع نحوه تغییرات جابجایی قائم در لایه الاستیک
H	..... ضخامت لایه خاک
H_0	..... ضخامت نمونه در آزمایش تحکیم
h	..... ضخامت شالوده
I	..... ممان اینرسی (حالت کلی)
I_b	..... ممان اینرسی تیر
I_F	..... ضریب عمق
I_s	..... ضریب تاثیر
i	..... جهت در هر نقطه در صفحه شالوده
j	..... تعداد گوشه های سهیم در نشست
k	..... ثابت فنر
k_{nv}	..... ضریب عکس العمل بستر بی بعد بدست آمده از مدل Vlasov
k_s	..... ضریب عکس العمل بستر قائم
k_{sc}	..... ضریب عکس العمل بستر بدست آمده از مدل WTSC
k_{s1}	..... ضریب عکس العمل بستر تیری با عرض ۱ فوت
k'_s	..... ضریب عکس العمل بستر بی بعد بدست آمده از نیم فضای الاستیک همگن
\bar{k}_{s1}	..... ضریب عکس العمل بستر صفحه ای مربع ای با عرض ۱ فوت
L	..... طول
M_{max}	..... حداکثر ممان خمشی در تیر یا دال
m	..... آهنگ تغییرات مدول الاستیسیته خاک نسبت به عمق

m_i	.....	ممان خمشی در جهت A
m_v	.....	ضریب قابلیت تراکم حجمی
N_m	.....	میانگین عدد SPT در محدوده زیر شالوده تا عمق $2B$
$(N_i)^{60}$	.....	عدد SPT اصلاح شده برای ۶۰ در صد انرژی
P	.....	فشار در سطح مشترک بین بستر و شالوده مستقر بر آن
Q	.....	بار متمرکز
Q_T	.....	مجموع بارهای وارده بر شالوده
q	.....	فشار قائم اعمال شده بر شالوده
q_a	.....	ظرفیت باربری مجاز شالوده
q_u	.....	ظرفیت باربری نهائی شالوده
R	.....	شعاع
r	.....	فاصله شعاعی از مرکز
r_0	.....	شعاع سختی یا طول مشخصه
S	.....	فاصله بین بارهای متمرکز
SF	.....	ضریب اطمینان
SR	.....	سختی نسبی
T	.....	مقاومت کششی
u	.....	جابجایی افقی
V	.....	نیروی برشی
w	.....	نشست قائم
x	.....	محور مختصات در راستای افقی
z	.....	محور مختصات در راستای قائم
Z	.....	عمق
β	.....	نسبت بین E_0 به m
ε	.....	کرنش
ϕ	.....	نسبت نشست بین یک ناحیه مستطیلی با عرض B به یک ناحیه با عرض 1 فوت، در فشار یکسان در خاک ماسه ای
λ	.....	معکوس ضریب طول مشخصه سیستم خاک-تیر
σ	.....	تنش نرمال
τ	.....	تنش برشی
U	.....	نسبت پواسون شالوده (تیر یا دال)
U_s	.....	نسبت پواسون خاک
∇^2	.....	عملگر لاپلاس
∇^4	.....	عملگر بای هارمونیک

بررسی اثر ابعاد پی بر تعیین ضریب عکس العمل بستر K_s

صدراله تورانی سما

عکس العمل مابین شالوده و خاک زیر آن یکی از مسائل مهم در مهندسی عمران می باشد و این مسئله از اواخر قرن نوزدهم توجه مهندسان را به خود جلب کرده است. بدلیل چند فازی بودن محیط خاک و همچنین وجود متغیرهای وابسته به هم، برآورد واقعی و دقیق فشار تماسی و نشست شالوده حتی با دانش امروزی کاری دشوار است. از اینرو سالهاست که مهندسان برای تحلیل شالوده های مستقر بر خاک از مدل ریاضی کلاسیکی تحت عنوان مدل وینکلر استفاده می کنند که در آن رفتار خاک بوسیله یک سری فنرهای الاستیک مستقل که در زیر شالوده قرار می گیرند ساده سازی شده است. بنابراین در این روش برای مدل سازی رفتار خاک تنها از یک پارامتر استفاده می شود که به آن ضریب عکس العمل بستر (K_s) می گویند. که بصورت نسبت تنش تماسی در هر نقطه از زیر شالوده به نشست متناظرش در همان نقطه تعریف می شود. ضریب عکس العمل بستر ثابت خاک نمی باشد بلکه یک رابطه مفهومی بین فشار و تغییر شکل است که به عوامل گوناگونی نظیر نوع خاک و خصوصیات آن، نوع بار، ابعاد شالوده و عمق استقرار شالوده بستگی دارد. بنابراین برای تعیین مقدار دقیق ضریب عکس العمل بستر باید تاثیر عوامل فوق بر این ضریب مشخص شود. از اینرو روشهای مختلف جهت تعیین ضریب عکس العمل بستر پیشنهاد شده است که در میان آنها روش مستقیم و آئین نامه ای برای تعیین ضریب عکس العمل بستر، انجام آزمایش بارگذاری صفحه است. از آنجایی که در این روش ضخامت بسیار محدودتری از خاک در مقایسه با یک پی گسترده واقعی تحت تاثیر قرار می گیرد بنابراین بعد از تعیین ضریب عکس العمل بستر برای صفحه، بایستی مقدار آن برای شالوده ای با ابعاد واقعی تعمیم داده شود، که این امر خود مستلزم آگاهی از روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش ابعاد ناحیه بارگذاری شده و عوامل موثر بر آن می باشد. بنابراین در تحقیق حاضر سعی شده که جنبه های مختلف تاثیر ابعاد بر ضریب عکس العمل بستر مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور، در نیم فضای الاستیک ناهمگن، مسئله چگونگی نرخ کاهش ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش ابعاد ناحیه بارگذاری شده، با توجه به شکل سطح ناحیه بارگذاری شده، نسبت پواسون و نرخ افزایش مدول الاستیسیته با عمق، مورد ملاحظه قرار گرفت و در نیم فضای الاستیک همگن مسئله تاثیر سختی شالوده به عنوان یکی دیگر از جنبه های تاثیر ابعاد شالوده به همراه نحوه قرارگیری بارهای منفرد نسبت به هم بر مقدار و نحوه توزیع ضریب عکس العمل بستر در زیر شالوده بارگذاری شده مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژه: مدل وینکلر، ضریب عکس العمل بستر، نیم فضای الاستیک ناهمگن، عرض شالوده، شعاع سختی

Abstract

Evaluation of Influence of Foundation Dimensions on Coefficient of Subgrade Reaction, k_s

Sadrollah Tourani Sama

Foundation-ground interaction has been one of the challenging problems in geotechnical engineering since late nineteenth century. Because of the complexity of soil behavior, for analysis of beams and slabs resting on a soil medium, engineers have been using a classical mathematical model called the Winkler model, where the behavior of the soil is simplified by means of fictitious spring placed continuously underneath the structure. The corresponding spring constant k_s is called "the coefficient of subgrade reaction and is defined as a ratio of contact pressure in each point under the foundation to its corresponding settlement in that point. Coefficient of subgrade reaction is a conceptual relationship between soil pressure and deflection and its value is not unique for a given type of soil but depends on different variable such as: soil type, dimensions of loaded area, type of loading and embedded depth of foundation. So many efforts have been made by researchers to determine proper value of coefficient of subgrade reaction that among presented methods, direct method for determination of K_s is use of plate load test. But the main weakness of this method is that more limited thickness of soil in comparison to one real spacious foundation is under influence. So, obtained result of plate load test should always be modified by the use of some formulas for exact size of foundation, that this matter requires awareness of variation of coefficient of subgrade reaction with the increase of dimensions of loaded area. That itself is under influence of components such as shape of a loaded area and type of soil. Thus, in this present research, effort was made to evaluate different aspects of influence of foundation dimensions on coefficient of subgrade reaction by finite element method. To this end, in a non-homogeneous elastic half-space, the matter of how decrease rate of coefficient of subgrade with increase of dimensions of loaded area, according to the shape of loaded area, with regard to Poisson's ratio and distribution of modulus of elasticity with depth were considered and in the homogeneous elastic half-space effect of stiffness of foundation as one of the other aspects of foundation dimensions with type of placing single load relative to each other on value and distribution of coefficient of subgrade reaction under the loaded foundation were examined.

Key words: Winkler model, Coefficient of subgrade reaction, Non-homogeneous elastic half-space, Width of foundation, Radius of stiffness

فصل اول :

کلیات

سالهاست که مهندسان برای تحلیل و طراحی تیرها و دال های مستقر بر خاک از مدل ریاضی کلاسیکی تحت عنوان مدل وینکلر استفاده می کنند که در آن رفتار خاک بوسیله یک سری فنرهای مستقل که بصورت پراکنده در زیر شالوده قرار می گیرد، ساده سازی شده است. ثابت این فنرها k_s ، ضریب عکس العمل بستر نامیده می شود. براساس این مفهوم برنامه های کامپیوتری زیادی جهت تحلیل تیرها و دالهای مستقر بر بستر الاستیک تهیه شده است که تنها کافی است کاربران، یک مقدار مناسب k_s بعنوان تنها پارامتر ورودی این مدل انتخاب نمایند. اما این، کار چندان آسانی نیست زیرا ضریب عکس العمل بستر یک رابطه مفهومی بین فشار و تغییر شکل خاک است که ثابت خاک نمی باشد و تحت تاثیر نوع خاک، عرض ناحیه بارگذاری، شکل سطح بارگذاری، متفاوت می باشد. بنابراین تلاشهای زیادی از سوی محققان جهت تعیین مقدار صحیحی از ضریب عکس العمل بستر صورت گرفته است.

در میان روش های ارائه شده توسط محققان برای تعیین ضریب عکس العمل بستر، روش مستقیم و آیین نامه ای جهت تعیین k_s استفاده از آزمایش بارگذاری صفحه می باشد. در این آزمایش براساس رسم دیاگرام بار-نشست ناشی از بارگذاری یک صفحه مربعی به بعد تقریبی ۳۰ تا ۷۵ سانتیمتر بر روی خاک، میزان عکس العمل بستر خاک را تخمین می زنند. ضعف اصلی استفاده از این روش این است که ضخامت بسیار محدودتری از خاک در مقایسه با یک پی گسترده واقعی، تحت تاثیر قرار می گیرد. لذا همواره باید با استفاده از فرمول هایی نتایج حاصل از آزمایش بارگذاری صفحه برای شکل پی گسترده اصلاح گردد. یکی از اولین روابط تعیین ضریب عکس العمل بستر با استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه توسط Terzaghi (1955) پیشنهاد گردیده است، اما تجربه نشان داد که نتایج حاصل از روابط Terzaghi (1955) بخاطر کلی بودن آن برای تمام خاک ها با عدم قطعیت هایی رو به رو است بطوری که مطالعات Bjerrum and Eggstad (1963) نشان داد که روند تغییرات نشست و در نتیجه آن ضریب عکس العمل بستر، همراه با افزایش ابعاد ناحیه بارگذاری شده را نمی توان تنها با یک منحنی نشان داد و برای تراکم های مختلف منحنی های مختلفی بدست می آید.

بنابراین در تحقیق حاضر سعی شده است که روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر بصورت تابع ای از عرض ناحیه بارگذاری شده برای نیم فضای الاستیک ناهمگن (گیبسون) که معرف تراکم های مختلف لایه خاک می باشد مورد بررسی قرار گیرد، نتایج حاصل از این بخش نشان می دهد که آهنگ تغییرات ضریب عکس العمل بستر در نیم فضای الاستیک ناهمگن علاوه بر تراکم لایه خاک به شکل سطح بارگذاری شده و همچنین نسبت پواسون نیز وابسته می باشد و با کاهش تراکم، اثرات شکل و ابعاد ناحیه بارگذاری شده بر مقدار عددی ضریب عکس العمل بستر کاهش می یابد. همچنین در ادامه سعی شده که به جنبه

دیگر تاثیر ابعاد شالوده بر ضریب عکس العمل بستر که همان تاثیر در صلبیت شالوده و در نتیجه مقدار و نحوه توزیع k_s در زیر شالوده است پرداخته شود، البته در این بررسی تاثیر فواصل بارهای منفرد نیز مدنظر قرار گرفت.

۱-۲- بیان مسئله

به طور کلی این امر پذیرفته شده است که مقدار ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش ابعاد ناحیه بارگذاری شده کاهش می یابد، اما مسئله اصلی نرخ کاهش k_s همراه با افزایش ابعاد شالوده می باشد زیرا روند تغییرات، روند ثابتی نمی باشد و بسته به نوع خاک و شکل سطح ناحیه بارگذاری می تواند متفاوت باشد. تاکنون مطالعات کثیری در این زمینه توسط محققان پیشین و فعلی صورت گرفته است که از جمله آنها می توان به کارهای (Terzaghi (1955)، (Bjerrum & Eggestad(1963) اشاره نمود.

مسئله بعدی، نحوه توزیع ضریب عکس العمل بستر در زیر شالوده می باشد که به سختی نسبی بین خاک و سازه و شرایط بارگذاری بستگی دارد، بنابراین توجه به تاثیر ابعاد شالوده بعنوان عامل تاثیر گذار در سختی شالوده به همراه فواصل بارهای منفرد وارد شده بر شالوده بر نحوه توزیع ضریب عکس العمل بستر در زیر شالوده ضروری بنظر می رسد. در این زمینه نیز می توان به کارهای (Bowles (1988)، (Coduto (1994)، (Liao(1995) و (Daloglu and Vallabhan(2000) اشاره نمود.

۱-۳- اهداف

در حالت کلی هدف از تحقیق حاضر بررسی جنبه های متفاوت تاثیر ابعاد ناحیه بارگذاری شده بر ضریب عکس العمل بستر، همچون تعیین روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر همراه با افزایش ابعاد شالوده به ازای توزیع های مختلف مدول الاستیسیته خاک با عمق، بررسی شعاع تاثیر بار منفرد و تاثیر فواصل بارگذاری توأم با سختی شالوده بصورت افزایش ابعاد شالوده بر نحوه توزیع ضریب عکس العمل بستر در زیر شالوده می باشد که می تواند در تحلیل و طراحی شالوده ها کاربرد داشته باشد.

۴-۱- معرفی فصول پایان نامه

پایان نامه حاضر تحت عنوان " بررسی اثر ابعاد پی بر تعیین ضریب عکس العمل بستر " مشتمل بر هشت فصل می باشد. فصل اول شامل کلیات می باشد. در فصل دوم شرح مختصری از انواع مدل های اندرکنش خاک - سازه و فرضیات مبتنی بر آن ارائه شده است. فصل سوم به بیان روشهای مختلف ارائه شده توسط محققان جهت تعیین ضریب عکس العمل بستر بعنوان تنها پارامتر ورودی مدل وینکلر می پردازد. از آنجایی قسمت اعظم تحقیقات بوسیله تحلیل الاستیک خطی به روش اجزا محدود انجام گرفته است، در فصل چهارم به مسئله بررسی صحت عملکرد نرم افزار مورد استفاده و انتخاب بهترین شرایط هندسی و مرزی جهت مدل سازی پرداخته شد. در فصل پنجم به بررسی روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر به ازای افزایش ابعاد شالوده در شرایط متفاوت از لحاظ توزیع مدول الاستیسیته خاک با عمق و شکل شالوده و ارائه روشی جهت تعیین k_s در نیم فضای الاستیک ناهمگن پرداخته می شود. در فصل ششم، مسئله تعیین شعاع تاثیر بار منفرد و تاثیر فواصل بارهای منفرد اعمال شده بر شالوده توام با سختی شالوده مورد توجه قرار می گیرد. در فصل هفتم، نتایج بدست آمده با روابط و پیشنهادات موجود مقایسه می شود و نهایتاً در فصل هشتم و آخر نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات ارائه شده است. همچنین فلوجارتی از روشهای مختلف تعیین ضریب عکس العمل از روابط موجود و نتایج حاصل از تحقیق حاضر تهیه و در پیوست ارائه شده است.

۵-۱- کاربرد عملی از نتایج پایان نامه

از نتایج تحقیق حاضر می توان جهت تعمیم نتایج آزمایش بارگذاری صفحه جهت تخمین k_s برای شالوده با ابعاد واقعی مستقر بر خاک های ماسه ای و همچنین تعیین مقدار و نحوه توزیع k_s با توجه به مشخصات خاک، شالوده و نوع بارگذاری استفاده نمود.