دانشکده فنی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر قطر شمع بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر تحت بار استاتیکی جانبی

از:

یاسر پروایی لات‌لیلی

استاد راهنما:

دکتر علی قربانی

اسفند 90

دانشکده فنی

گروه عمران

(گرایش مکانیک خاک و پی)

بررسی اثر قطر شمع بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر تحت بار استاتیکی جانبی

از:

یاسر پروایی لات‌لیلی

استاد راهنما:

دکتر علی قربانی

اساتید مشاور:

دکتر سید امیرالدین صدر نژاد

دکتر رضا صالح جلالی

اسفند 90

تقدیم به

پدر و مادرم

که چون شمع می‌سوزند

تا روشنی بخش زندگی فرزندانشان باشند.

تشکر و قدردانی:

در ابتدا بر خود لازم می‌دانم از زحمات فراوان استاد گرانقدر راهنما جناب آقای دکتر علی قربانی و اساتید مشاور که با راهنمایی‌ها و کمک‌های خویش موجبات به سرانجام رسیدن این پژوهش را فراهم نمودند تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از راهنمایی‌های دوستان عزیزم آقایان مهندس عارف گل محله، سید رضا اعلائی، حسن ردائی، امیر قنبری، حسین نعمتی و سرکار خانم مهندس مرضیه پروایی نیز کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها.....ح

فهرست شکل‌ها .....خ

چکیده فارسی ..... ش

چکیده انگلیسی.....ص

فصل اول: مقدمه

1-1- مقدمه.....2

1-2- بیان مسئله.....3

1-3- روش انجام تحقیق 4

1-4- اهداف 4

1-5- معرفی فصول پایان‌نامه 4

فصل دوم: مروری بر ادبیات فنی

2-1- مقدمه.....6

2-2- مدل وینکلر.....8

2-2- 1- فرضیات اساسی تئوری عکس‌العمل بستر (تئوری ترزاقی).....9

2-3- منحنی p-y 13

2-3-1- منحنی p-y برای رس نرم.....15

2-3-2- منحنی p-y برای رس سفت زیر سطح ایستابی 16

2-3-3- منحنی p-y برای رس سفت بالای سطح ایستابی 19

2-3-4- منحنی p-y برای ماسه 20

2-3-5- منحنی p-y ماسه API.....25

2-3-6- منحنی p-y برای خاک چسبنده- دانه‌ای 27

2-3-7- مدل خاک هذلولوی 29
2-4- روش برامز 31
2-4-1- مقاومت نهایی جانبی شمع‌ها در خاک‌های چسبنده اشباع 35
2-4-2- مقاومت نهایی جانبی شمع در خاک‌های دانه‌ای 36
2-5- مدل والب‌هن برای ستون‌های صلب 38
2-6- مدل هتنی 39
2-7- مدل الاستیک پیوسته 40
2-8- مدل الاستیک پیوسته با استفاده ازالمان مرزی 41
2-9- روش المان مرزی اصلاح شده 47
2-10- مدل گوه کرنش 48
2-11- مدل تیر طره معادل 50
2-12- روش اجزاء محدود 53
2-13- مدل منحنی‌های بدون بعد 55
2-14- روش بار مشخصه (CLM) 62
2-15- روش‌های تعیین ضریب عکس‌العمل افقی بستر 65
2-15-1- آزمایش بارگذاری صفحه (PLT) 65
2-15-2- تعیین K_h از طریق مرتبط کردن آن با پارامترهای الاستیک خاک (v_s و E_s) 68
2-15-2-1- روش وسیک 68
2-15-2-2- معادله برامز 69
2-15-2-3- روش پایک و بی ایکی 69
2-15-3- تعیین K_h با استفاده از نتایج PMT 69
2-15-4- تعیین K_h با استفاده از نتایج CPT 71
2-16- نتیجه‌گیری 72

فصل سوم: مدل‌سازی و بررسی صحت عملکرد نرم‌افزار

3-1- مقدمه 74

3-2- انتخاب نرم‌افزار 75

3-3- نرم‌افزار FLAC3D 75

3-4- حوزه کاربرد برنامه 76

3-5- تفاضل محدود (FDM) 77

3-6- مروری بر نحوه محاسبات در نرم‌افزار FLAC3D 79

3-7- روش مدل‌سازی 80

3-7-1- ساخت مدل خاک و شمع 81

3-7-2- المان‌های سطح مشترک 82

3-7-3- مدل‌سازی رفتار خاک 85

3-7-4- شرایط اولیه و برقراری تعادل اولیه 87

3-7-5- شرایط مرزی 88

3-7-6- اعمال نیرو افقی 89

3-8- صحت سنجی 90

فصل چهارم: تحلیل عددی و نتایج مطالعات پارامتریک

4-1- مقدمه 93

4-2- مطالعه پارامتری و نتایج 94

4-3- اثر قطر شمع بر رفتار جانبی سیستم خاک- شمع 95

4-4- اثر قطر شمع بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر 106

4-5- اثر نسبت پواسون بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر همراه با افزایش قطر شمع 116

4-6- بررسی روند تغییرات ضریب عکس العمل افقی بستر در نیم فضای الاستیک ناهمگن 120

4-7- اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر 123

فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و ارائه پیشنهادات

5-1- نتیجه گیری گلی 132

5-2- ارائه پیشنهادات جهت ادامه مطالعات 133

منابع و مراجع 135

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول 2-1: مقادیر مختلف k_h در مقابل میانگین مقاومت زهشکی نشده (ریز و همکاران، 1975).....18

جدول 2-2: مقادیر مختلف k_h 22

جدول 2-3: طول پلاستیک شدگی نسبت به ارتفاع سر شمع از سطح زمین (چای و هاچنسن، 1999).....51

جدول 2-4: کمترین طول شمع در روش بار مشخصه (دانکن و همکاران، 1994) 62

جدول 2-5: مقادیر ε_{50} (مت لاک، 1970).....64

جدول 2-6: مقادیر ثابت‌های m و r (دانکن و همکاران، 1994).....64

جدول 2-7: مقادیر ثابت‌های a و b (برت من و دانکن، 1996) 65

جدول 2-8: مقادیر $\overline{k_{s1}}$ برای صفحه به عرض 1 فوت مستقر بر رس بیش تحکیم یافته (ترزاقی، 1955) 66

جدول 2-9: مقادیر n_h برای خاک‌های چسبنده (پولوس و دیویس، 1980).....67

جدول 3-1: رابطه زاویه اصطکاک بین شمع و خاک با زاویه اصطکاک خاک (انجمن مهندسی ارتش آمریکا، 1991) 84

جدول 3-2: مشخصات خاک (ریز و ولچ، 1975).....90

جدول 3-3: مشخصات شمع (ریز و ولچ، 1975) 90

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 2-1: تیر عمودی در خاک‌های الف) رسی، ب) ماسه، پ و ت) اثر پهنای شمع بر حباب فشار (ترزاقی، 1955) 11

شکل 2-2: تیر بارگذاری شده بر بستر الاستیک.....11

شکل 2-3: مفهوم سیستم خاک- شمع تحت بار جانبی 11

شکل 2-4: مفهوم منحنی p-y الف) قبل از بارگذاری، ب) بعد از اعمال بار جانبی (ریز و آلن، 1977) 14

شکل2-5: نمونه‌ای از منحنی‌های p-y در شمع تحت بار گذاری جانبی (دانوانت، 1989).....14

شکل2-6: منحنی مشخصه نمودار p-y برای رس نرم (مت لاک، 1970).....16

شکل 2-7: مقدار ثابت A_s (ریز و همکاران، 1975) 18

شکل 2-8: منحنی مشخصه نمودار p-y برای رس سفت پائین سطح ایستابی (ریز و همکاران، 1975).....18

شکل 2-9: منحنی مشخصه نمودار p-y برای رس سخت بالای سطح ایستابی (ولچ و ریز، 1972) 19

شکل 2-10: ضریب تجربی A برای توسعه منحنی p-y بر ای خاک‌های ماسه‌ای (ریز و همکاران، 1974).....22

شکل 2-11: ضریب تجربی B برای توسعه منحنی p-y بر ای خاک‌های ماسه‌ای (ریز و همکاران، 1974).....22

شکل 2-12: منحنی مشخصه نمودارهای p-y برای ماسه (ریز و همکاران، 1974).....23

شکل 2-13: مدل گسیختگی شمع تحت بارجانبی خاک ماسه‌ای از نوع گسیختگی گوه مقاوم (ریز و همکاران، 1974).....24

شکل 2-14: مدل گسیختگی شمع تحت بارجانبی در خاک ماسه‌ای از نوع جاری شدن (ریز و همکاران، 1974).....25

شکل 2-15: ضرایب C_1، C_2 و C_3 وابسته به زاویه اصطکاک (اونیل و مارچسن، 1983) 26

شکل 2-16: مدول عکس‌العمل اولیه بستر (اونیل و مارچسن، 1983).....26

شکل 2-17: منحنی مشخصه نمودار p-y برای ماسه سیمانی (اسماعیل، 1990).....28

شکل 2-18: مدل هذلولوی خاک (کارتر، 1984) 30

شکل 2-19: مدل‌های گسیختگی برای الف) شمع‌های کوتاه، ب) شمع‌های بلند (برامز، 1964) 32

شکل2-20: توزیع عکس‌العمل خاک و گشتاور خمشی برای شمع‌های کوتاه (برامز، 1964).....32

شکل 2-21: توزیع عکس‌العمل خاک و گشتاور خمشی برای شمع‌های بلند (برامز، 1964) 33

شکل 2-22: محاسبه تغییر شکل جانبی سر شمع برای شمع‌های تحت بار جانبی در خاک‌های چسبنده (برامز، 1964) 34
شکل 2-23: محاسبه تغییر شکل جانبی در سطح زمین برای شمع‌های تحت بار جانبی در خاک‌های دانه‌ای (برامز، 1964) 35
شکل 2-24: مقاومت نهایی جانبی شمع کوتاه وابسته به طول شمع در خاک‌های چسبنده (برامز، 1964) 36
شکل 2-25: مقاومت نهایی جانبی شمع بلند وابسته به طول شمع در خاک‌های چسبنده (برامز، 1964) 36
شکل 2-26: مقاومت نهایی جانبی شمع کوتاه وابسته به طول شمع در خاک‌های دانه‌ای (برامز، 1964) 37
شکل 2-27: مقاومت نهایی جانبی شمع بلند وابسته به طول شمع در خاک‌های دانه‌ای (برامز، 1964) 37
شکل 2-28: مدل والب هن برای ستون‌های تحت بار جانبی (والب هن، 1982).....39
شکل 2-29: ضریب تاثیر برای تعیین پاسخ شمع در خاک‌های با مدول الاستیسیته ثابت نسبت به عمق (پولوس، 1971).....42
شکل 2-30: ضریب تاثیر برای تعیین پاسخ شمع در خاک‌های با مدول الاستیسیته ثابت نسبت به عمق (پولوس، 1971).....43
شکل 2-31: ضریب تاثیر برای تعیین پاسخ شمع در خاک‌های با مدول الاستیسیته ثابت نسبت به عمق (پولوس، 1971).....43
شکل 2-32: میزان گشتاور ماگزیمم برای شمع با سر آزاد (پولوس، 1971) 44
شکل 2-33: گشتاور گیرداری برای شمع با سر ثابت (پولوس، 1971) 44
شکل 2-34: مفهوم مدل گوه کرنش (آشور و نوریس، 2000) 49
شکل 2-35: توزیع عکس العمل خاک- شمع در شمع تغییرشکل یافته (آشور و نوریس، 2000).....49
شکل 2-36: مفهوم روش تیر طره معادل (چای و هاچنسن، 1999).....52
شکل 2-37: نمودار طراحی برای تعیین عمق گیرداری (بودک، 1997) 52
شکل 2- 38: مقایسه مقدار تغییر شکل سر شمع و گشتاور ماگزیمم بدست آمده از نتایج کامپیوتری با روش منحنی‌های بدون بعد (ریز و همکاران، 2006).....57
شکل 2-39: مقدار ضریب تغییر شکل در برابر ضریب عمق.....57
شکل 2-40: مقدار ضریب شیب در برابر ضریب عمق 58
شکل 2-41: مقدار ضریب گشتاور در برابر ضریب عمق.....58
شکل 2-42: مقدار ضریب برش در برابر ضریب عمق 59
شکل 2-43: مقدار ضریب شیب در برابر ضریب عمق 59

شکل 2-44: مقدار ضریب تغییر شکل در برابر ضریب عمق.....60
شکل 2-45: مقدار ضریب گشتاور در برابر ضریب عمق.....60
شکل 2-46: مقدار ضریب برش در برابر ضریب عمق.....61
شکل 2-47: مقدار ضریب عکس‌العمل در برابر ضریب عمق (ریز و مت لاک، 1956).....61
شکل 2-48: آزمایش بارگذاری صفحه (جیل، 1964).....66
شکل 2-49: نتایج PMT در عمق‌های مختلف (بوسدر، 2009).....71
شکل 2-50: نتایج CPT در عمق‌های مختلف (بوسدر، 2009).....71
شکل 3-1: چرخه محاسباتی FLAC (راهنمای FLAC، 2005).....79
شکل 3-2: المان استوانه شعاعی جهت مدل کردن محیط خاک (راهنمای FLAC، 2005).....81
شکل 3-3: المان استوانه توپر جهت مدل کردن محیط شمع (راهنمای FLAC، 2005).....82
شکل 3-4: المان‌های سطح مشترک به کار رفته در FLAC3D (راهنمای FLAC، 2005).....84
شکل 3-5: مولفه‌های مدل رفتاری سطح مشترک (راهنمای FLAC، 2005).....84
شکل 3-6: المان‌های سطح مشترک بین سطح تماس خاک و شمع (راهنمای FLAC، 2005).....85
شکل 3-7: هندسه و شرایط مدول الاستیسیته در نیم فضای الاستیک ناهمگن (گیبسون، 1967).....87
شکل 3-8: تغییرات خطی مدول الاستیسیته نسبت به عمق.....87
شکل 3-9: هندسه مدل خاک و شمع.....89
شکل 3-10: اعمال سرعت به سر شمع الف) به یک نقطه و ب) به تمامی نقاط (راهنمای FLAC، 2005).....90
شکل 3-11: مقایسه نتایج حاصل از مدل‌سازی به کمک نرم‌افزارFLAC3D با آزمایش انجام شده توسط (ریز و ولچ، 1975)...91
شکل 4-1: تاثیر قطر شمع بر نیروی وارده به سر شمع در شمع‌های بلند برای حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$.....96
شکل 4-2: تاثیر قطر شمع بر نیروی وارده به سر شمع در شمع‌های کوتاه برای حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$.....96
شکل 4-3: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع بلند با قطر 0/5 متر.....97
شکل 4-4: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع بلند با قطر 0/6 متر.....97
شکل 4-5: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع بلند با قطر 0/8 متر.....98
شکل 4-6: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع بلند با قطر 1 متر.....98

شکل 4-7: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع بلند با قطر 1/5 متر 99
شکل 4-8: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع بلند با قطر 2 متر 99
شکل 4-9: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع کوتاه با قطر 0/6 متر 100
شکل 4-10: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع کوتاه با قطر 0/8 متر 100
شکل 4-11: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع کوتاه با قطر 1 متر 101
شکل 4-12: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع کوتاه با قطر 1/5 متر 101
شکل 4-13: اثر ناهمگنی بر توزیع گشتاور در عمق برای شمع کوتاه با قطر 2 متر 102
شکل 4-14: نواحی پلاستیک شدگی در اطراف شمع بلند تحت بار جانبی با قطر 0/5 متر.....102
شکل 4-15: نواحی پلاستیک شدگی در اطراف شمع بلند تحت بار جانبی با قطر 2 متر 103
شکل 4-16: نواحی پلاستیک شدگی در اطراف شمع کوتاه تحت بار جانبی با قطر 0/6 متر.....103
شکل 4- 17: نواحی پلاستیک شدگی در اطراف شمع کوتاه تحت بار جانبی با قطر 2 متر.....104
شکل 4-18: اثر ناهمگنی بر الگوی تغییرشکل در شمع بلند برای قطر 0/5 متر.....104
شکل 4-19: اثر ناهمگنی بر الگوی تغییرشکل در شمع بلند برای قطر 2 متر 105
شکل 4-20: اثر ناهمگنی بر الگوی تغییرشکل در شمع کوتاه برای قطر 0/6 متر.....105
شکل 4-21: اثر ناهمگنی بر الگوی تغییرشکل در شمع کوتاه برای قطر 2 متر 106
شکل 4-22: تعریف مدول عکس‌العمل بستر (ریز و وان امپ، 2001).....108
شکل 4-23: تغییرات مدول عکس‌العمل بستر (ریز و وان امپ، 2001).....108
شکل 4-24: مقایسه نسبت تغییرشکل پیش‌بینی شده به تغییرشکل واقعی سر شمع (لینگ، 1988).....109
شکل 4-25: اثر قطر شمع بر مقاومت نهایی خاک در سر شمع برای شمع‌های بلند در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$.....109
شکل 4-26: اثر قطر شمع بر مقاومت نهایی خاک در سر شمع برای شمع‌های کوتاه در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 110
شکل 4-27: تاثیر قطر شمع بر مدول عکس‌العمل افقی بستر و مقایسه آن با روابط ارائه شده در شمع‌های بلند.....110
شکل 4-28: تاثیر قطر شمع بر مدول عکس‌العمل افقی بستر و مقایسه آن با روابط ارائه شده در شمع‌های کوتاه.....111
شکل 4-29: تغییرات مدول عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های کمتر از مقاومت نهایی خاک در

شمع‌های بلند در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 111

شکل 4-30: تغییرات مدول عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های کمتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های کوتاه در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 112

شکل 4-31: تغییرات مدول عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های بیشتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های بلند در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 112

شکل 4-32: تغییرات مدول عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های بیشتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های کوتاه در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 113

شکل 4-33: تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های کمتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های بلند در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 113

شکل 4-34: تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های بیشتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های بلند در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 114

شکل 4-35: تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های کمتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های کوتاه در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 114

شکل 4-36: تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر در سطح تغییر مکان‌های بیشتر از مقاومت نهایی خاک در شمع‌های کوتاه در حالت‌های $\beta = \infty, 100, 10, 1$ 115

شکل 4-37: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع بلند در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = \infty$ 116

شکل 4-38: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع بلند در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = 100$ 116

شکل 4-39: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع بلند در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = 10$ 117

شکل 4-40: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع بلند در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = 1$ 117

شکل 4-41: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع کوتاه در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = \infty$ 118
شکل 4-42: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع کوتاه در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = 100$ 118
شکل 4-43: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع کوتاه در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = 10$ 119
شکل 4-44: تاثیر نسبت پواسون بر روند تغییرات ضریب عکس‌العمل بستر همراه با افزایش قطر شمع کوتاه در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک در حالت $\beta = 1$ 119
شکل 4-45: مقایسه روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر با افزایش قطر شمع برای حالت $\beta = 100$ با روابط تحلیلی 121
شکل 4-46: مقایسه روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر با افزایش قطر شمع برای حالت $\beta = 10$ با روابط تحلیلی 122
شکل 4-47: مقایسه روند تغییرات ضریب عکس العمل بستر با افزایش قطر شمع برای حالت $\beta = 1$ با روابط تحلیلی 122
شکل 4-48: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = \infty$ (تغییرشکل 3 سانتیمتر) 124
شکل 4-49: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 100$ (تغییرشکل 3 سانتیمتر) 125
شکل 4-50: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 10$ (تغییرشکل 3 سانتیمتر) 125
شکل 4-51: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 1$ (تغییرشکل 3 سانتیمتر) 126
شکل 4-52: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = \infty$ (تغییرشکل 4 سانتیمتر) 126
شکل 4-53: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 100$ (تغییرشکل 4 سانتیمتر) 127
شکل 4-54: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 10$ (تغییرشکل 4 سانتیمتر) 127
شکل 4-55: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 1$ (تغییرشکل 4 سانتیمتر) 128
شکل 4-56: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = \infty$ (تغییرشکل 6 سانتیمتر) 128
شکل 4-57: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 100$ (تغییرشکل 6 سانتیمتر) 129
شکل 4-58: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 10$ (تغییرشکل 6 سانتیمتر) 129
شکل 4-59: اثر بار محوری بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر برای حالت $\beta = 1$ (تغییرشکل 6 سانتیمتر) 130

چکیده

بررسی اثر قطر شمع بر ضریب عکس‌العمل افقی بستر تحت بار استاتیکی جانبی

یاسر پروایی لات‌لیلی

در مسائل مهندسی پی، پذیرفتن این واقعیت که عکس‌العمل خاک به تغییر مکان شمع و به عبارت دیگر تغییر مکان شمع به پاسخ خاک بستگی دارد، تحلیل شمع تحت بار جانبی را با مشکلاتی مواجه کرده است. رایج‌ترین روش طراحی شمع تحت بار جانبی استفاده از مفهوم فنرهای وینکلر با منحنی‌های غیرخطی p-y می‌باشد. به هر حال استفاده از این منحنی‌ها برای شمع های با قطر زیاد سوال برانگیز است زیرا آنها بر اساس قطرهای نسبتاً کوچک توسعه یافته‌اند. ضریب عکس‌العمل بستر، ثابت خاک نمی‌باشد بلکه یک رابطه مفهومی بین فشار خاک و تغییرشکل است که به عوامل گوناگونی نظیر قطر شمع، نوع بارگذاری، تغییرات خطی مدول الاستیسیته نسبت به عمق و نسبت پواسون بستگی دارد. در تحقیق حاضر سعی شده که جنبه-های مختلف تاثیر قطر شمع بر ضریب عکس‌العمل بستر با استفاده از روش عددی و به کمک نرم‌افزار FLAC3D مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه مشخص شد که اثر افزایش قطر شمع بر نرخ کاهش ضریب عکس‌العمل بستر در سطح تغییر مکانهای کمتر از مقاومت نهایی خاک، کمتر از مقدار مشابه آن در سطح تغییر مکانهای بیشتر از مقاومت نهایی خاک می‌باشد. همچنین مشخص شد که تغییرات خطی مدول الاستیسیته نسبت به عمق در قطرهای کوچک تاثیر کمی بر پاسخ خاک تحت بار جانبی دارد ولی با افزایش قطر شمع اثر آن نیز بیشتر می‌شود.

کلید واژه: فنرهای وینکلر، ضریب عکس‌العمل افقی بستر، منحنی p-y، مقاومت نهایی خاک

Abstract

Evaluation of Influence of Pile Diameter on Horizontal Coefficient of subgrade Reaction under Static Lateral Loading

Yaser Parvaei Latleili

As a foundation problem, the analysis of a pile under lateral loading is complicated by the fact that the soil reaction is dependent on the pile movement, and the pile movement, on the other hand, is dependent on the soil response. The current design method of piles against lateral loading involves the use of Winkler's spring concept with the standard nonlinear p-y curves. However, the accuracy of using these p-y curves for large pile diameters is questionable because they were developed based on relatively small pile diameters. 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: pile diameter, type of loading, distribution of modulus of elasticity with depth and Poisson's ratio. In this present research effort was made to evaluate different aspect of influence of pile diameter on coefficient of subgrade reaction through numerical method using FLAC3D software. In this study, it was found that the effect of pile diameter on decrease rate of coefficient of subgrade reaction at the displacement level below the ultimate soil resistance smaller than similar value Beyond this range. And in small pile diameter linear distribution of modulus of elasticity with depth has some effect on pile response and its influence increase as the pile diameter increases.

Key word: Winkler Spring, Horizontal coefficient of subgrade reaction, P-y curve, Ultimate soil resistance

فصل اول:

مقدمه

1-1- مقدمه

رفتار خاک تابع عوامل بسیاری است به همین دلیل ارائه مدلی که دربرگیرنده تاثیر تمامی عوامل باشد، بسیار پیچیده و دشوار است. از اینرو در حل مسائل مربوط به اندرکنش خاک و شالوده، استفاده از الگوهای ساده شده بسیار متداول شده است. گرچه این مدل‌ها تعبیر دقیقی از خصوصیات فیزیکی و واقعی توده خاک ارائه نمی‌دهند، اما برخی از مشکلات و پیچیدگی-های مسائل مکانیک خاک و پی را مرتفع می‌سازند.

شمع‌ها اغلب در شرایطی با خاک‌های سطحی ضعیف و یا پی‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند و عموماً به صورت گروهی استفاده می‌شوند ولی در بعضی موارد با توجه به نوع خاک، فاصله شمع‌ها از یکدیگر، صلبیت و ضخامت سر شمع، عملکرد آنها به صورت شمع منفرد می‌باشد. بررسی رفتار شمع تحت بارهای جانبی در دهه‌های اخیر به دلیل گسترش استفاده از سکوهای دریایی، ساختمانهای بلند و پلهای بزرگ دارای اهمیت ویژه‌ای بوده است. در مسائل مربوط به پی، تحلیل شمع تحت بار جانبی دارای پیچیدگی‌هایی است، زیرا در واقع پاسخ خاک وابسته به جابجایی شمع و از طرفی دیگر جابجایی شمع به پاسخ خاک بستگی دارد، بنابراین موضوع در اندرکنش خاک – سازه مطرح می‌شود. از اینرو شناخت ویژگی‌های اندرکنش خاک- سازه علی الخصوص برای پاسخ شمع تحت بارهای جانبی یک موضوع اصلی در طراحی شمع‌های با قطر زیاد می-باشد.

در طراحی شمع برای مقاومت در برابر بارهای جانبی معیار اصلی طراحی، ماگزیمم تغییر شکل شمع می‌باشد، لذا در این مورد ظرفیت جانبی نهایی مدنظر نمی‌باشد. روش‌های گوناگونی نظیر عکس‌العمل بستر، الاستیک پیوسته و.... برای تحلیل شمع تحت بار جانبی ارائه شده‌اند، اما نتایج آزمایشگاهی موجود بیانگر این مسئله است که تغییر مکان صحرایی اطراف یک شمع تحت بار جانبی با مقدار مشابه آن در اطراف یک محیط الاستیک متفاوت می‌باشد. بنابراین مدل‌های متفاوتی برای تیرها و شمع‌های تحت بارجانبی باید اتخاذ شود تا دیدی درست نسبت به مکانیزم گسیختگی در خاک اطراف این سازه‌ها ارائه دهند. مکانیزم گسیختگی خاک اطراف شمع تحت بار جانبی به قطر، طول، نسبت پهنا و نوع خاک بستگی دارد.