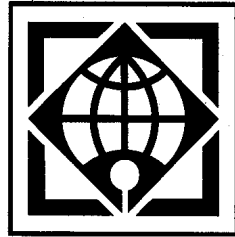




دانشگاه بین‌المللی امام خمینی



IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

تحلیل شمع بتنی توپر تحت بارگذاری افقی، قائم و لنگر خمشی در خاک‌های رسی

دانشجو:

آرش جوادی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران گرایش خاک و پی

استاد راهنما:

دکتر رضا ضیایی مؤید

بهمن ماه ۱۳۸۷

نقدیم به:

بهترین، پدرم که در طول زندگی همواره پشتوانه‌ام بوده

به پاس صبوریش که باورم بخشید

و

عزیزترین، وجود پر عطفیت مادرم که اگر دنیا را به پایش بریزم باز هم کم است

به او که هرگز پاسخگوی مهربانیش نخواهم بود

و به امید یار و همراه همیشگی‌ام ...

تشکر و قدردانی:

سپاسگزارم از خداوند بزرگ که در لحظه لحظه زندگی‌ام وجودش را در کنار خود احساس می‌کنم.

سپاسگزارم از تمامی آموزگارانم که طی سال‌های تحصیل، دانش و تجربه‌اشان را با سخاوت و مهر به من بخشیدند.

سپاسگزارم از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر رضا ضیایی مؤید که در تمامی مراحل پیشرفت این پایان‌نامه با نهایت درایت و دلسوزی نویسنده را مورد لطف و عنایت خویش قرار دادند.

و به پاس آموخته‌هایم از اساتید بزرگوار دوران کارشناسی ارشد، جناب آقای دکتر مهرباب جسمانی و جناب آقای دکتر سید ابوالحسن نائینی.

سپاسگزارم از جناب آقای دکتر مهران جوانمرد به جهت حضور در جلسه دفاعیه.

چکیده

در این پایان‌نامه نتایج یک سری تحلیل عددی صورت گرفته بر روی شمعی‌های بتنی توپر با مقطع دایروی در خاک‌های رسی تحت اثر بار جانبی، که یکی از پرکاربردترین موارد استفاده از شمع در پروژه‌های مهندسی می‌باشد، ارائه گردیده است. جهت انجام تحلیل دقیق‌تر رفتار شمع در داخل خاک با توجه به مقطع دایروی آن از نرم‌افزار عددی سه بعدی $FLAC^{3D}$ استفاده به عمل آمد. در این مطالعه رفتار شمعی‌های کوتاه و بلند مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به عملکرد متفاوت آن‌ها در داخل خاک تحت اثر بار جانبی، منحنی‌های رفتاری آن‌ها جهت محاسبه ظرفیت باربری نهایی جانبی شمع ارائه گردیده است. نتایج حاکی از تطبیق مناسب منحنی‌های پیشنهادی با رفتار شمعی‌های تمام مقیاس تحت بارگذاری قرار گرفته دارد. همچنین نتایج تحلیل‌های صورت گرفته در این تحقیق با منحنی‌های برامز مقایسه گردیده است. با توجه به عدم در نظر گرفتن اثر بار قائم بر روی بار جانبی نهایی قابل تحمل توسط شمع در روش برامز، به دلیل کاربرد عمده شمعی‌ها در استفاده ترکیبی جهت تحمل بار قائم و جانبی و لنگر خمشی، به بررسی اثر تغییرات ظرفیت باربری نهایی جانبی شمع تحت اثر بار محوری پرداخته و گراف‌های مربوطه ارائه گردیده است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ط	فصل ۱ مقدمه
۲	۱-۱. مقدمه.....
۳	۲-۱. بیان مسئله و ضرورت تحقیق.....
۶	فصل ۲ مروری بر تاریخچه
۷	۱-۲. مقدمه.....
۸	۲-۲. ظرفیت باربری محوری شمع در خاک‌های رسی.....
۸	۳-۲. شمع تحت اثر بار جانبی.....
۹	۴-۲. مکانیزم رفتار شمع و خاک اطراف آن تحت اثر بار جانبی.....
۱۱	۵-۲. مدل‌های موجود در بررسی رفتار شمع تحت اثر بار جانبی.....
۱۲	۲-۵-۲. تحلیل عکس‌العمل بستر.....
۲۱	۳-۵-۲. روش بار مشخصه.....
۲۲	۴-۵-۲. مقایسه روش بار مشخصه با آنالیز P-Y.....
۲۳	۵-۵-۲. فرض صلب بودن شمع و خاک پلاستیک.....
۳۰	۶-۵-۲. استفاده از روش‌های اجزای محدود و تفاضل محدود.....
۳۵	فصل ۳ مدل‌سازی عددی
۳۶	۱-۳. مقدمه.....
۳۷	۲-۳. معرفی نرم‌افزار $FLAC^{3D}$
۳۸	۱-۲-۳. مقایسه روش محاسباتی برنامه $FLAC^{3D}$ با سایر روش‌ها.....
۴۰	۳-۳. تعریف مدل.....

۴۱	مدل سازی خاک اطراف شمع.....	۲-۳-۳
۴۳	مدل سازی شمع.....	۳-۳-۳
۴۴	تعریف المان های تماسی بین خاک و شمع.....	۴-۳-۳
۵۱	قرارگیری شمع در داخل خاک.....	۵-۳-۳
۵۵	بارگذاری.....	۴-۳
۵۷	کالیبراسیون مدل.....	۵-۳
۵۸	آزمایش بارگذاری شمع در یونان.....	۱-۵-۳
۶۴	آزمایش بارگذاری شمع در هوستون.....	۲-۵-۳
۷۱	آزمایش بارگذاری شمع در لس آنجلس.....	۳-۵-۳

۷۶

فصل ۴

۷۶ نتایج بدست آمده از تحلیل های عددی توسط نرم افزار $FLAC^{3D}$

۷۷	مقدمه.....	۱-۴
۷۸	بررسی مقاومت نهایی جانبی خاک.....	۲-۴
۸۵	بررسی اثر طول شمع در رفتار آن تحت اثر بار جانبی.....	۳-۴
۸۷	بررسی عملکرد شمع های کوتاه در خاک های رسی.....	۴-۴
۱۰۲	تحلیل شمع کوتاه تحت اثر بار جانبی و لنگر خمشی.....	۲-۴-۴
۱۰۵	تحلیل شمع کوتاه تحت اثر ترکیب بار جانبی و قائم در خاک های رسی.....	۳-۴-۴
۱۱۱	تحلیل شمع کوتاه تحت اثر بارهای جانبی، قائم و لنگر خمشی در خاک های رسی.....	۴-۴-۴
۱۱۳	بررسی عملکرد شمع های بلند در خاک های رسی.....	۵-۴
۱۲۰	بررسی رفتار شمع بلند تحت اثر ترکیب بار جانبی و لنگر خمشی.....	۲-۵-۴
۱۲۴	تحلیل شمع بلند تحت اثر ترکیب بار جانبی و قائم در خاک های رسی.....	۳-۵-۴
۱۲۶	تحلیل شمع بلند تحت اثر ترکیب بار جانبی، قائم و لنگر خمشی در خاک های رسی.....	۴-۵-۴
۱۲۹	بررسی عملکرد شمع های با طول متوسط در خاک های رسی.....	۶-۴

۱۳۰

فصل ۵ جمع بندی و نتیجه گیری

۱۳۸

فصل ۶ پیشنهادات

۱۴۰

مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
ط	فصل ۱ مقدمه
۶	فصل ۲ مدوری بر تاریخچه
۱۵	شکل ۱-۲. نمودارهای ارائه شده در روش الاستیک.....
۱۷	شکل ۲-۲. بارگذاری جانبی و توزیع تنش در اطراف شمع.....
۱۸	شکل ۳-۲. شکل عمومی یک منحنی P-Y و تغییرات مدول عکس‌العمل خاک در اثر تغییر شکل شمع.....
۱۹	شکل ۴-۲. مدل‌سازی خاک در بارگذاری جانبی برای محاسبه P_{ult}
۲۰	شکل ۵-۲. حالت گسیختگی خاک در بارگذاری جانبی مقطع شمع.....
۲۵	شکل ۶-۲. توزیع عکس‌العمل خاک بر روی شمع در خاک‌های چسبنده.....
۲۶	شکل ۷-۲. نمودارهای جابجایی، مقاومت خاک، برش و ممان در شمع‌های کوتاه با سر آزاد تحت بار جانبی در خاک‌های چسبنده.....
۲۸	شکل ۸-۲. منحنی‌های طراحی شمع کوتاه تحت بار جانبی در خاک‌های چسبنده.....
۲۹	شکل ۹-۲. نمودارهای جابجایی، مقاومت خاک و ممان در شمع‌های بلند با سر آزاد تحت بار جانبی در خاک‌های چسبنده.....
۳۰	شکل ۱۰-۲. ظرفیت باربری شمع‌های بلند تحت بار جانبی در خاک‌های چسبنده.....
۳۵	فصل ۳ مدل‌سازی عددی
۴۰	شکل ۱-۳. المان‌های موجود در برنامه $FLAC^{3D}$
۴۱	شکل ۲-۳. المان استوانه شعاعی به کار رفته در مدل‌سازی خاک اطراف شمع.....
۴۲	شکل ۳-۳. مدل‌سازی خاک اطراف شمع.....
۴۳	شکل ۴-۳. شبکه بندی شمع مورد استفاده در مدل.....

- شکل ۳-۵. مدل سازی شمع به کمک المان استوانه ۴۴
- شکل ۳-۶. المان های تماسی بین خاک و شمع ۴۵
- شکل ۳-۷. نحوه قرارگیری المان های تماسی بین خاک و شمع ۴۵
- شکل ۳-۸. نحوه توزیع سطوح مشخصه بین گره های المان های تماسی ۴۷
- شکل ۳-۹. مولفه های تشکیل دهنده المان تماسی متصل به سطح هدف ۴۸
- شکل ۳-۱۰. بعد ناحیه به کار رفته در محاسبات سختی ۵۱
- شکل ۳-۱۱. نمودار تغییرات نیروی نامتعادل کننده در طی گام های تحلیل پس از تعریف هندسه شمع ۵۳
- شکل ۳-۱۲. نمودار تغییرات نیروی نامتعادل کننده در طی گام های تحلیل پس از تعریف مصالح شمع ۵۴
- شکل ۳-۱۳. نواحی پلاستیک در خاک اطراف شمع ۵۵
- شکل ۳-۱۴. منحنی تغییرات سرعت سر شمع تحت اثر بار جانبی بر حسب گام های محاسباتی ۵۶
- شکل ۳-۱۵. نمونه ای از منحنی های P-Y خاک رسی در اعماق مختلف ۵۷
- شکل ۳-۱۶. نحوه بارگذاری شمع و پارامترهای خاک مورد استفاده در طراحی شمع بارگذاری شده در یونان ۵۹
- شکل ۳-۱۷. آزمایش بارگذاری شمع در یونان ۶۰
- شکل ۳-۱۸. مدل سازی شمع در داخل خاک چهار لایه یونان ۶۱
- شکل ۳-۱۹. تغییرات پارامتر چسبندگی خاک در عمق در مدل سازی شمع یونان ۶۲
- شکل ۳-۲۰. مقایسه مقادیر جابجایی سر شمع بدست آمده از محاسبات کامپیوتری و آزمایش تمام مقیاس شمع تحت بار استاتیکی در یونان، ۱۹۹۵ ۶۳
- شکل ۳-۲۱. مدل سازی شمع در داخل خاک رس پیش تحکیم یافته هوستون ۶۶
- شکل ۳-۲۲. تحلیل مدل بارگذاری شمع هوستون تحت اثر نیروی ثقل ۶۷
- شکل ۳-۲۳. تغییرات نیروی نامتعادل کننده بر مبنای گام های محاسباتی در مدل بارگذاری شمع هوستون ۶۸
- شکل ۳-۲۴. نمودار تغییرات سرعت اعمال بار بر حسب گام های محاسباتی در آزمایش بارگذاری شمع هوستون ۶۹
- شکل ۳-۲۵. مقایسه مقادیر جابجایی سر شمع بدست آمده از محاسبات کامپیوتری و آزمایش تمام مقیاس شمع تحت بار استاتیکی در هوستون ۷۰
- شکل ۳-۲۶. مدل سازی شمع در داخل خاک پنج لایه لس آنجلس ۷۴
- شکل ۳-۲۷. مقایسه مقادیر جابجایی سر شمع بدست آمده از محاسبات کامپیوتری و آزمایش تمام مقیاس شمع تحت بار استاتیکی در لس آنجلس ۷۴

۷۶

فصل ۴

نتایج بدست آمده از تحلیل های عددی توسط نرم افزار $FLAC^{3D}$ ۷۶

- شکل ۴-۱. نیمی از مدل شمع کوتاه در خاک تک لایه رسی ۸۰
- شکل ۴-۲. تغییر مکان های شمع کوتاه در داخل خاک رس تک لایه ۸۱
- شکل ۴-۳. افزایش بیش از حد نیروی جانبی و حرکت شمع در داخل خاک رسی ۸۲
- شکل ۴-۴. منحنی های P-Y خاک در اعماق مختلف ۸۳
- شکل ۴-۵. نمودار نیروی اعمالی به سر شمع و جابجایی آن ۸۴
- شکل ۴-۶. منحنی های عمق-جابجایی شمع های با طول مختلف تحت اثر بار جانبی ۸۶
- شکل ۴-۷. مدل سازی شمع کوتاه در خاک رسی و اعمال بار جانبی به سر شمع ۸۹

- شکل ۴-۸. کانتورهای جابجایی تحت اثر بار جانبی نهایی در سر شمع کوتاه در خاک رسی..... ۹۰
- شکل ۴-۹. نواحی پلاستیک شده اطراف شمع کوتاه در داخل خاک رسی تحت اثر بار جانبی نهایی..... ۹۱
- شکل ۴-۱۰. منحنی بار جانبی- جابجایی شمع کوتاه در داخل خاک رسی..... ۹۲
- شکل ۴-۱۱. ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع بتنی دایروی کوتاه در خاکهای رسی..... ۹۲
- شکل ۴-۱۲. بررسی اثر قطر شمع در ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع کوتاه جانبی- جابجایی سر شمع..... ۹۴
- شکل ۴-۱۳. بررسی اثر سختی خاک در ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع کوتاه..... ۹۵
- شکل ۴-۱۴. بررسی رفتار شمع کوتاه در خاک رس نرم..... ۹۶
- شکل ۴-۱۵. منحنیهای جابجایی، شیب، ممان و برش شمع و عکس العمل خاک در نرمافزار ALLPILE..... ۹۸
- شکل ۴-۱۶. مقایسه منحنیهای ظرفیت باربری جانبی نهایی نرمافزارهای $FLAC^{3D}$ و ALLPILE با روش برامز در شمعهای کوتاه در خاکهای رسی..... ۹۹
- شکل ۴-۱۷. جابجایی شمع با طول متوسط در خاک رس تک لایه..... ۱۰۰
- شکل ۴-۱۸. نمودار تغییرات ممان خمشی ایجاد شده در شمع بر حسب عمق شمع..... ۱۰۱
- شکل ۴-۱۹. مدل سازی شمع بتنی کوتاه با بیرون زدگی از خاک..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲۰. منحنی ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع کوتاه در داخل خاک رسی..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۱. مقایسه منحنیهای ظرفیت باربری جانبی نهایی $FLAC^{3D}$ با روش برامز در شمعهای کوتاه تحت بار جانبی و لنگر خمشی در خاکهای رسی..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۲. مقایسه منحنیهای ظرفیت باربری جانبی نهایی نرمافزارهای $FLAC^{3D}$ و ALLPILE در شمعهای کوتاه تحت بار جانبی و لنگر خمشی در خاکهای رسی..... ۱۰۵
- شکل ۴-۲۳. کانتورهای جابجایی تحت اثر اعمال همزمان بار قائم و جانبی در شمع کوتاه در خاک رسی..... ۱۰۷
- شکل ۴-۲۴. ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع کوتاه در خاک رسی تحت اثر اعمال همزمان بار قائم مجاز و جانبی نهایی..... ۱۰۸
- شکل ۴-۲۵. مقایسه ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع کوتاه در خاک رسی در دو نرمافزار ALLPILE و $FLAC^{3D}$ ۱۰۹
- شکل ۴-۲۶. تغییرات درصد بهبود ظرفیت باربری جانبی نهایی بر حسب طول نرمالایز شده در شمعهای کوتاه در خاکهای رسی..... ۱۱۰
- شکل ۴-۲۷. بررسی اثر اعمال بار قائم و ممان خمشی بر روی ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع بتنی کوتاه در خاکهای رسی..... ۱۱۲
- شکل ۴-۲۸. بررسی اثر اعمال بار قائم در ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع کوتاه بتنی در خاکهای رسی در نرمافزار ALLPILE..... ۱۱۳
- شکل ۴-۲۹. مدل سازی شمع در داخل خاک به کمک المان سازه ای شمع..... ۱۱۵
- شکل ۴-۳۰. ممان خمشی ایجاد شده در المان سازه ای شمع تحت اثر بار جانبی..... ۱۱۶
- شکل ۴-۳۱. نمودار میزان ممان نهایی مقطع ستون دایروی تحت اثر اعمال بار قائم با برون محوری..... ۱۱۷
- شکل ۴-۳۲. نمودار نرمالایز شده تغییرات نیروی جانبی نهایی بر حسب ممان نهایی قابل تحمل مقطع در شمع بلند تحت اثر بار جانبی..... ۱۱۸
- شکل ۴-۳۳. مقایسه تغییرات نیروی جانبی نهایی بر حسب ممان نهایی قابل تحمل مقطع در شمع بلند تحت اثر بار جانبی..... ۱۱۹
- شکل ۴-۳۴. نمودار تغییرات نیروی جانبی نهایی بر حسب ممان نهایی قابل تحمل مقطع در شمعهای تحت اثر بار جانبی و لنگر خمشی..... ۱۲۰

شکل ۴-۳۵. مقایسه رفتار شمع تحت اثر بار جانبی و لنگر خمشی در نرم‌افزار $FLAC^{3D}$ با روش برآمز در شمع‌های بتنی بلند.....	۱۲۱
شکل ۴-۳۶. مقایسه نتایج ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع‌های بتنی بلند در خاک‌های رسی در دو نرم‌افزار ALLPILE و $FLAC^{3D}$	۱۲۳
شکل ۴-۳۷. نمودار تغییرات نیروی جانبی نهایی بر حسب ممان نهایی قابل تحمل مقطع در شمع‌های بلند تحت اثر اعمال بار قائم و جانبی.....	۱۲۴
شکل ۴-۳۸. تغییرات درصد بهبود ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع بلند بر حسب درصد آرمانتور طولی مقطع.....	۱۲۶
شکل ۴-۳۹. اثر اعمال بار قائم بر روی ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع‌های بتنی بلند.....	۱۲۷
شکل ۴-۴۰. بررسی اثر اعمال بار قائم در ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع بتنی بلند در خاک‌های رسی در نرم‌افزار ALLPILE.....	۱۲۸

۱۳۰ فصل ۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱۳۸ فصل ۶ پیشنهادات

۱۴۰ مراجع

فهرست جداول

۱	فصل ۱ مقدمه
۶	فصل ۲ مروری بر تاریخچه
۱۱	جدول ۱-۲. نیروهای جانبی مجاز پیشنهادی برای شمع‌های قائم بر حسب نیوتن.....
۱۶	جدول ۲-۲. روابط لنگر و نیروی جانبی اعمالی در شمع با سر آزاد.....
۳۵	فصل ۳ مدل‌سازی عددی
۶۰	جدول ۱-۳. مشخصات خاک مورد استفاده در مدل یونان.....
۶۱	جدول ۲-۳. مشخصات شمع مورد استفاده در مدل یونان.....
۶۵	جدول ۳-۳. مشخصات خاک در هوستون.....
۶۶	جدول ۴-۳. مشخصات خاک مورد استفاده در مدل هوستون.....
۶۶	جدول ۵-۳. مشخصات شمع مورد استفاده در مدل هوستون.....
۷۲	جدول ۶-۳. نوع و مشخصات خاک لس‌آنجلس.....
۷۳	جدول ۷-۳. مشخصات خاک مورد استفاده در مدل لس‌آنجلس.....
۷۳	جدول ۸-۳. مشخصات شمع مورد استفاده در مدل لس‌آنجلس.....
۷۶	فصل ۴
۷۶	نتایج بدست آمده از تحلیل‌های عددی توسط نرم‌افزار $FLAC^{3D}$
۷۹	جدول ۱-۴. پارامترهای خاک رس مورد استفاده در مدل.....
۷۹	جدول ۲-۴. پارامترهای شمع بتنی مورد استفاده در مدل.....

جدول ۳-۴. پارامترهای خاک رس مورد استفاده در مدل	۸۵
جدول ۴-۴. پارامترهای شمع بتنی مورد استفاده در مدل	۸۵
جدول ۵-۴. پارامترهای خاک رس مورد استفاده در مدل	۸۸
جدول ۶-۴. پارامترهای شمع بتنی مورد استفاده در مدل	۸۸
جدول ۷-۴. پارامترهای خاک رس سخت مورد استفاده در مدل	۹۴
جدول ۸-۴. مشخصات شمع بتنی مورد استفاده در مدل	۹۵
جدول ۹-۴. پارامترهای خاک رس نرم مورد استفاده در مدل	۹۶
جدول ۱۰-۴. افزایش ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع‌های کوتاه در داخل خاک رسی	۱۱۰
جدول ۱۱-۴. پارامترهای خاک رس مورد استفاده در مدل	۱۱۴
جدول ۱۲-۴. پارامترهای شمع بتنی مورد استفاده در مدل	۱۱۴
جدول ۱۳-۴. افزایش ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع‌های بلند در داخل خاک رسی	۱۲۵

۱۳۰

فصل ۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱۳۸

فصل ۶ پیشنهادات

۱۴۰

مراجع

فصل اول



مقدمه

۱-۱. مقدمه

شمع‌های بتنی نوع مرسوم و پرکاربردی از شمع‌ها می‌باشند که در صورت کافی نبودن ظرفیت باربری زمین برای استفاده از شالوده‌های سطحی، از آن‌ها برای انتقال بارهای سازه‌ای به سطوح پایین‌تر خاک استفاده می‌گردد.

اگر شمع‌ها تحت اثر نیروی جانبی قرار گیرند در حالیکه هنوز قابلیت حمل بارهای قائم را دارا هستند، می‌توانند به وسیله خمش یا مقاومت خاک مقابل شمع، نیروهای افقی را تحمل نمایند. این وضعیت بیشتر در شالوده‌های سازه‌های حائل خاک که وظیفه آنها مقاومت در برابر فشار جانبی خاک است و یا ساختمان‌های بلند که تحت تأثیر نیروهای باد یا زلزله قرار دارند پیش می‌آید.

از کاربردهای مختلف شمع‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شرایطی که لایه یا لایه‌های فوقانی خاک دارای قابلیت فشردگی و تراکم پذیری زیاد و یا خیلی ضعیف باشند، به نحوی که نتوان از شالوده سطحی برای توزیع بار منتقله از سازه به خاک زیرین استفاده کرد.

- شرایطی که خاک منطقه مورد نظر از نوع خاک‌های قابل تورم و یا فروریزی باشد، اگر در چنین خاک‌هایی از شالوده‌های سطحی استفاده گردد، ممکن است سازه با صدمات جدی روبرو شود، در این حالت شالوده‌های شمعی از لایه قابل تورم و یا فروریزی عبور کرده و وارد لایه پایدار زیر آن می‌گردد.

- مقابله با نیروهای جانبی و لنگرهای خمشی وارد بر سازه مانند اسکله‌ها و سازه‌های بنادر که نیروهای افقی موج در آنها وجود دارد و یا در سازه‌های دریایی که سازه تحت نیروی باد و اثر امواج قرار می‌گیرد. همچنین شمع‌های قرار گرفته در زیر سازه‌های حائل، شالوده برج‌ها و دکل‌های مخابرات

و سازه‌های ساخته شده در مناطق لرزه‌خیز نیز باید برای بارگذاری جانبی تحلیل و طراحی گردند که استفاده از شمع‌ها در این موارد نیز اجتناب ناپذیر می‌باشد.

به خاطر مشکلات موجود در خصوص کاربرد شمع‌های مایل جهت تحمل بارهای جانبی و همچنین ضرورت استفاده از سیستم اجرائی و اقتصادی، شمع‌های قائم از کاربرد زیادی در این زمینه برخوردارند و از این رو مطالعات بر روی رفتار شمع قائم تحت بار محوری و یا اندرکنش شمع قائم تحت بار محوری و جانبی متمرکز گردیده است.

۱-۲. بیان مسئله و ضرورت تحقیق

در دهه‌های گذشته به جهت ارائه روش‌های مناسب طراحی، مطالعات تحلیلی و تجربی گسترده‌ای بر روی شمع‌ها صورت گرفته است. مطالعات تحلیلی عموماً بر روی محاسبه ظرفیت باربری شمع‌ها تحت بارهای قائم، میزان جابجایی شمع‌ها تحت بار جانبی و رفتار دینامیکی شمع‌ها متمرکز گردیده است.

هدف از اجرای این مدل‌سازی بررسی دقیق‌تر رفتار تک شمع بتنی توپر در جاریز تحت اثر ترکیبی از بارهای قائم، جانبی و لنگر خمشی به صورت سه بعدی و مقایسه نتایج حاصله با نتایج روش‌های مرسوم طراحی که به طور مجزا به بررسی رفتار شمع تحت اثر بار قائم، ممان خمشی و یا بار جانبی که به صورت مدل وینکلر و روش برامز ارائه شده، می‌باشد. هم‌اینک این دو روش جزو روش‌های متعارف در تحلیل شمع‌ها تحت بار جانبی می‌باشد. از این رو ضروری است که به کمک مدل‌سازی عددی صحت و اعتبار این روش‌ها در حالات مختلف بررسی و سنجیده گردیده و با تمرکز بر روی نقاط ضعف روش‌های موجود، به روش مطمئن‌تری برای تحلیل دست یافت.

همچنین با انجام این مدل‌سازی می‌توان علاوه بر پوشش دادن ضعف‌های روش‌های مرسوم قبلی، به مدلی جامع و بدون محدودیت برای تحلیل شمع‌ها تحت اثر اعمال همزمان بار قائم، جانبی و لنگر

خمشی دست یافت، که دارای کاربردی گسترده در انواع سازه‌های مهندسی می‌باشد.

نحوه نگارش پایان‌نامه در فصول آتی به شرح زیر می‌باشد:

در فصل دوم پایان‌نامه که تحت عنوان "مروری بر تاریخچه" نامیده شده است، روش‌های تحلیلی موجود جهت محاسبه ظرفیت باربری شمع تحت بارهای قائم و جانبی بیان گردیده است. در انتهای این فصل برخی از مطالعات عددی صورت گرفته در گذشته در خصوص رفتار شمع‌ها به کمک نرم‌افزارهای مختلف اشاره گردیده است.

در فصل سوم تحت عنوان "مدل‌سازی عددی"، مدل‌سازی سه بعدی شمع بتنی توپر با مقطع دایروی در داخل خاک رسی توسط نرم‌افزار مهندسی $FLAC^{3D}$ انجام گردیده و مراحل مختلف این مدل‌سازی به تفصیل اشاره گردیده است. در انتهای این فصل جهت بررسی کارایی و عملکرد مدل‌سازی انجام شده، از سه آزمایش تمام مقیاس بارگذاری شمع بتنی در خاک‌های رسی با پارامترها و لایه‌بندی‌های مختلف جهت کالیبراسیون مدل استفاده گردید که نتایج تحلیل عددی بیانگر تطابق مناسب نتایج با آزمایشات انجام شده بود.

در فصل چهارم "نتایج بدست آمده از تحلیل عددی توسط نرم‌افزار $FLAC^{3D}$ "، به بررسی نحوه محاسبه مقاومت جانبی نهایی خاک در شمع‌های تحت بار جانبی پرداخته و نحوه عملکرد شمع‌های با طول‌های مختلف تحت بار جانبی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مکانیزم رفتاری مختلف شمع‌های با طول مختلف، بررسی‌ها بر روی دو گروه طول‌های کوتاه و بلند به طور مجزا متمرکز گردیده و با مدل‌سازی شمع‌های مختلف ظرفیت باربری جانبی نهایی شمع محاسبه گردیده و گراف‌های مربوطه بدست آمد. با توجه به این‌که در این زمینه روش پیشنهادی برامز (1964a) کاربرد عمده‌ای داشته و در اکثر مراجع به عنوان روشی ساده و پرکاربرد معرفی گردیده است، نتایج تحلیل‌های دقیق سه بعدی با روش تحلیلی برامز مقایسه گردیده و نتایج مربوطه استخراج گردید. در این بخش کارایی و صحت نتایج نرم‌افزار دو بعدی و تجاری ALLPILE نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

در انتها با توجه به عدم وجود روش تحلیلی مناسبی در خصوص تحلیل شمع‌ها تحت اثر اعمال همزمان بارهای قائم و جانبی، این ترکیب بارگذاری به همراه اعمال لنگر خمشی در سر شمع مدل‌سازی گردیده و تاثیر اعمال بار قائم بر روی ظرفیت باربری جانبی در شمع‌های با طول‌های کوتاه

و بلند مورد بررسی قرار گرفت و منحنی‌های مربوطه ارائه گردید.
فصل پنجم پایان‌نامه به جمع‌بندی مطالعات صورت گرفته اختصاص یافته و در فصل آخر
پیشنهادات در خصوص زمینه مطالعات آتی ارائه گردیده است.



مروری بر تاریخچه

۲-۱. مقدمه

در این فصل ابتدا به بررسی روش‌های ارائه شده در خصوص تعیین ظرفیت باربری محوری شمع در داخل خاک‌های رسی پرداخته و دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مختلف در خصوص شمع‌های تحت بار محوری مورد اشاره قرار می‌گیرد.

سپس مکانیزم رفتار شمع و خاک اطراف آن تحت بار جانبی مورد بررسی قرار گرفته و مدل‌های موجود در بررسی شمع تحت اثر بار جانبی در پنج بخش ارائه خواهد گردید.

بخش اول به بررسی روش تحلیل الاستیک (تحلیل خطی) پرداخته و رفتار شمع و خاک به صورت الاستیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش دوم روش P-Y (تحلیل غیرخطی) مورد اشاره قرار گرفته و رفتار غیرخطی خاک و حالت پلاستیک شونده آن را در طراحی شمع‌ها به همراه روابط مربوطه بیان می‌گردد. در قسمت بعد روش بار مشخصه که بر اساس روش آنالیز P-Y بنا نهاده شده است مورد بررسی قرار گرفته و با روش P-Y مقایسه گردیده است. بخش چهارم به بررسی روش ارائه شده توسط برامز با فرض صلب بودن شمع و رفتار پلاستیک خاک تحت بار نهایی پرداخته و نهایتاً در انتهای این فصل تحقیقات انجام گرفته توسط محققین مختلف به کمک روش‌های اجزا محدود و تفاضل محدود در بررسی رفتار شمع تحت اثر بار جانبی اشاره گردیده و نتایج بدست آمده مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.