

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران – گرایش مکانیک خاک و پی

عنوان پایان نامه (فارسی و انگلیسی)

مطالعات پارامتری و آزمایشات در محل برای بسط یک فرمول بهینه کوبش شمع

(Parametric studies and field testing for the development of an improved pile driving formula)

استاد / اساتید راهنما

دکتر قاسم زاده

استاد مشاور

Dr. Julian Seidel

نام دانشجو: هادی احمدیان

شماره دانشجویی: ۸۶۰۲۹۰۴

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی تأیید می‌کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
			۱- استاد راهنما
			۲- استاد مشاور
			۳- استاد مشاور
			۴- استاد ممتحن
			۵- استاد ممتحن
			۶- نماینده گروه

تقديم

تشکر و قدردانی

چکیده

یکی از روشهای اندازه‌گیری ظرفیت باربری شمع‌های کوبشی استفاده از فرمول‌های دینامیکی می‌باشد. تمامی این روابط بر اساس انرژی رسیده به شمع پایه‌ریزی شده‌اند و نیز این روابط فرض می‌کنند که انرژی رسیده به شمع برای کلیه شمع‌های کوبیده شده با یک چکش، ثابت می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از آنالیز معادله موج و داده‌های تجربی رابطه بین سرعت ضربه چکش و حداکثر سرعت حرکت سر شمع و نیز رابطه بین انرژی ضربه چکش و میزان انرژی وارد شده به شمع تخمین زده می‌شود و سپس مطالعات پارامتری برای تعیین اثر طول چکش، وزن چکش، سختی بالشتک شمع و چکش، وزن کلاهک، امپدانس شمع، طول شمع و مقاومت خاک بر روی سرعت نسبی و انتقال انرژی صورت می‌گیرد. در نهایت با توجه به داده‌های تجربی فرمول جدیدی برای تخمین ظرفیت باربری شمع با استفاده از اندازه‌گیری‌های سرعت و میزان فرورفت دائمی و تغییر مکان الاستیک ارائه می‌شود. در آخر به معرفی دستگاه PDM در زمینه اندازه‌گیری دقیق میزان فرو رفت شمع به ازای هر ضربه و نیز میزان تغییر شکل الاستیک سیستم پرداخته می‌شود و نیز به نحوه اندازه‌گیری ظرفیت باربری شمع با استفاده از این دستگاه و روابط بدست آمده در این مطالعه اشاره می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فرمول‌های دینامیکی، ظرفیت باربری، آزمایش دینامیکی، GRLWEAP،

PDM

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست علائم و نشانه‌ها.....	۵
فهرست جدول‌ها.....	و
فهرست شکل‌ها.....	ز
فصل ۱- مقدمه... ۲	۲
۱-۱- پیشگفتار.....	۲
۱-۲- فرمول‌های دینامیکی.....	۲
۱-۳- نیازها و اهداف تحقیق.....	۶
فصل ۲- مروری بر ادبیات موضوع ۸	۸
۲-۱- مقدمه.....	۸
۲-۲- چکش‌ها با احتراق داخلی.....	۹
۲-۳- چکش‌های با احتراق خارجی.....	۱۱
۲-۳-۱- انواع چکش‌های با احتراق خارجی.....	۱۲
۲-۳-۱-۱- چکش‌های هوا/بخار با عملکرد تکی.....	۱۳
۲-۳-۱-۲- چکش‌های هوا/بخار با عملکرد دوگانه.....	۱۳
۲-۳-۱-۳- چکش‌های هیدرولیک با عملکرد دوگانه.....	۱۳
۲-۴- اهم پارامترهای مدل چکش با احتراق داخلی و خارجی.....	۱۴
۲-۵- چکش‌های ویبره ای.....	۱۵
۲-۵-۱- اهم پارامترهای مدل چکش ویبره‌ای.....	۱۷
۲-۶- انواع شمع‌ها.....	۱۹
۲-۶-۱- شمع‌های با تغییر مکان زیاد.....	۱۹
۲-۶-۱-۱- شمع‌های بتنی مسلح پیش ساخته.....	۱۹

- ۲-۶-۱-۲- شمع‌های بتنی پیش‌تنیده پیش‌ساخته ۱۹
- ۲-۶-۱-۳- شمع‌های لوله‌ای فولادی ته بسته ۲۰
- ۲-۶-۱-۴- شمع‌های بتنی درجاریز کوبشی ۲۰
- ۲-۶-۲- شمع‌های با تغییر مکان کم ۲۰
- ۲-۶-۲-۱- شمع‌های فولادی H شکل ۲۰
- ۲-۶-۲-۲- شمع‌های لوله‌ای فولادی ته باز ۲۰
- ۲-۶-۳- شمع‌های حفاری شده ۲۱
- ۲-۶-۳-۱- شمع‌های حفر ماشینی ۲۱
- ۲-۶-۳-۲- ریز شمع‌ها ۲۱
- ۲-۶-۳-۳- شمع‌های فرورونده در سنگ ۲۱
- ۲-۶-۳-۴- شمع‌های CFA ۲۲
- ۲-۶-۳-۵- شمع‌های حفاری شده با قطر زیاد ۲۲
- ۲-۶-۳-۶- barrette ها ۲۳
- ۲-۶-۴- شمع‌های خاص ۲۳
- ۲-۶-۴-۱- شمع‌های ریختنی جداری و اتکایی ۲۳
- ۲-۶-۴-۲- شمع‌های کامپوزیت ۲۳
- ۲-۷- کلاhek شمع و انواع بالشتک شمع و چکش ۲۳
- ۲-۷-۱- بالشتک شمع... ۲۴
- ۲-۷-۲- بالشتک چکش ۲۴
- ۲-۸- شرایط زمین ۲۵
- ۲-۹- اندازه‌گیری ظرفیت باربری شمع‌ها ۲۶
- ۲-۹-۱- فرمول‌های دینامیکی کوبش شمع ۲۷
- ۲-۹-۱-۱- فرمول‌های اصلی انرژی ۳۲
- ۲-۹-۲- آزمایش استاتیکی شمع ۴۱
- ۲-۹-۳- آزمایش دینامیکی PDA و تحلیل انطباق سیگنال CAPWAP ۴۲

۲-۱۰- تخمین ظرفیت باربری، معیار توقف کوبش و انتخاب چکش قبل از کوبش شمع ۴۳

۲-۱۰-۱- فرمول‌های دینامیکی کوبش شمع ۴۳

۲-۱۰-۲- استفاده از برنامه GRLWEAP ۴۴

فصل ۳- روش‌های تحلیلی ۴۶

۳-۱- مقدمه ۴۶

۳-۲- تخمین سرعت و انرژی با استفاده از فرمول‌های دینامیکی ۴۶

۳-۲-۱- برخورد الاستیک ۴۶

۳-۲-۲- برخورد غیر الاستیک: ۴۷

۳-۳- روش Fairhurst در تعیین حداکثر سرعت بعد از برخورد ۴۹

۳-۴- روش Fischer در تعیین حداکثر سرعت و انرژی ۵۱

۳-۵- مدل امیدانس ۵۳

3-6- صحت سنجی برنامه GRLWEAP ۵۴

3-6-1- معرفی برنامه GRLWEAP ۵۵

۳-۶-۲- صحت سنجی GRLWEAP با نتایج تحلیلی ۵۶

فصل ۴- مطالعات پارامتری ۵۸

4-1- مقدمه ۵۸

۴-۲- اثر طول شمع ۵۸

۴-۲-۱- اثر طول شمع بر روی میزان انرژی رسیده به شمع ۵۸

۴-۲-۲- اثر طول شمع بر روی سرعت سر شمع ۶۱

۴-۳- اثر طول چکش ۶۲

۴-۳-۱- اثر طول چکش بر روی انرژی و سرعت ۶۲

۴-۴- اثر بالشتک چکش بر روی سرعت و انرژی ۶۴

۴-۵- اثر مقاومت جداره بر روی میزان انرژی و سرعت ۶۶

۴-۵-۱- اثر مقاومت بر روی انرژی ۶۶

۶۷-۴-۵-۲ اثر مقاومت جداره بر روی سرعت

۶۸-4-6 اثر کلاهک بر روی انرژی

فصل ۵- نتایج آزمایشات در محل و فرمول جدید دینامیکی ۷۱

۷۱-۵-۱ مقدمه..... ۷۱

۷۱-۵-۲ فرمول‌های دینامیکی ۷۱

۷۳-۵-۲-۱ نقائص فرمول‌های دینامیکی ۷۳

۷۴-5-2-2 نقش اساسی فرمول‌های دینامیکی کوبش شمع

۷۴-۵-۲-۳ بهبود قابلیت اطمینان فرمول‌های دینامیکی..... ۷۴

۷۸-۵-۳ قابلیت اطمینان نسبی روش انرژی و آنالیز CAPWAP..... ۷۸

۷۹-۵-۴ پیاده‌سازی روش‌های فرمول انرژی در سایت

۸۱-۵-۴-۱ تغییرات انرژی چکش و نتایج آن..... ۸۱

۸۵-۵-۵ گراف باربری..... ۸۵

۸۷-۵-۶ محاسبه ظرفیت بر اساس انرژی اندازه‌گیری شده چکش

۸۸-۵-۷ محاسبه ظرفیت بر اساس انرژی استخراج شده از DMX..... ۸۸

۹۴-۵-۸ محاسبه ظرفیت بر اساس انرژی استخراج شده از حداکثر سرعت سر شمع..... ۹۴

۹۹-۵-۹ معرفی دستگاه PDM..... ۹۹

۱۰۰-۵-۱۰ کاربردهای دستگاه PDM..... ۱۰۰

۱۰۰-۵-۱۰-۱ تعیین ظرفیت باربری..... ۱۰۰

۱۰۲-۲-۱۰-۵ طول و آسیب دیدگی شمع..... ۱۰۲

۱۰۲-۳-۱۰-۵ نصب لرزه‌ای شمع‌ها..... ۱۰۲

فصل ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۵

۱۰۶-۶-۱ پیمایش پیوسته

۱۰۷-۶-۲ پیشنهادات برای کارهای آتی

فهرست علائم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
امپدانس شمع	Z
مدول یانگ	E
سطح مقطع	A
سرعت موج	c
سرعت حرکت شمع	v
وزن چکش	W_r
ارتفاع سقوط	h
فرورفت دائمی شمع	s
فشردگی الاستیک	TC
ظرفیت باربری	R_u
بازدهی	e_h
ضریب بازگشت	e
سرعت چکش	v_h
نسبت امپدانس	α_h
سختی	k
حداکثر انرژی ثبت شده با PDA	EMX
حداکثر سرعت ثبت شده با PDA	VMX
فاکتور تصحیح سایت	λ_s
فاکتور تصحیح کلی	λ_g
حداکثر تغییر مکان شمع	DMX

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: مشخصات بالشتک‌های چکش.....	۲۴
جدول ۲-۲: فرمول‌های دینامیکی رایج.....	۳۹
جدول ۱-۳: مقایسه روش Fairhurst و GRLWEAP برای چکش ۲۰ تن.....	۵۶
جدول ۲-۳: مقایسه روش Fairhurst و GRLWEAP برای چکش ۵ تن.....	۵۶
جدول ۱-۵: مقادیر ظرفیت بر اساس شکل ۵-۱۲.....	۹۲
جدول ۲-۵: مقادیر ظرفیت بر اساس شکل ۵-۱۳.....	۹۲
جدول ۳-۵: مقایسه نتایج PDM با CAPWAP و روش CASE.....	۱۰۱

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: فرورفت دائمی در مقابل انرژی برای رسیدن به یک ظرفیت یکسان	۵
شکل ۲-۱: چکش با احتراق داخلی، دیزل با عملکرد تکی	۱۰
شکل ۲-۲: چکش با احتراق خارجی، عملکرد تکی	۱۲
شکل ۲-۳: چکش ویبره ای	۱۶
شکل ۲-۴: انواع چکش‌های کوبش.	۱۸
شکل ۲-۵: مشخصات سیستم کوبش	۲۶
شکل ۲-۶: نمودار مقاومت - تغییرمکان شمع برای یک ضربه چکش	۲۸
شکل ۲-۷: کار انجام شده برای یک ضربه چکش	۲۹
شکل ۲-۸: شمع و مقاومت در برابر نفوذ: (a) حالت ایده آل، (b) rigid/plastic (c) elastoplastic	[۱۵].
شکل ۲-۹: پارامترهای دخیل در انرژی انتقال یافته به شمع.	۳۷
شکل ۳-۱: نمودار تغییرات فاکتور انرژی و سرعت در مقابل وزن چکش	۴۸
شکل ۳-۲: نمودار فاکتور انرژی و سرعت در مقابل ضریب بازگشت	۴۹
شکل ۳-۳: تغییرات فاکتور انرژی و سرعت در مقابل نسبت امیدانس	۵۰
شکل ۳-۴: تغییرات سرعت در زمان برای چکش‌های مختلف	۵۲
شکل ۳-۵: تغییرات سرعت با زمان برای امیدانس‌های مختلف شمع	۵۳
شکل ۴-۱: اثر طول شمع بر روی فاکتور انرژی	۶۰
شکل ۴-۲: رابطه انرژی و سرعت بر حسب زمان برای طول‌های مختلف	۶۰
شکل ۴-۳: نیروی ایجاد شده در سر شمع برای امیدانس‌های مختلف	۶۱
شکل ۴-۴: اثر طول شمع بر روی فاکتور سرعت	۶۲
شکل ۴-۵: نمودار انرژی منتقل شده به شمع بر حسب زمان برای طول‌های مختلف چکش	۶۳

- شکل ۴-۶: نمودار سرعت بر حسب زمان برای طول‌های مختلف چکش ۶۳
- شکل ۴-۷: تغییرات سرعت سر شمع در مقابل طول شمع برای شمع و چکش‌های مختلف ۶۴
- شکل ۴-۸: تغییرات سرعت سر شمع در مقابل نسبت سختی شمع به بالشتک ۶۵
- شکل ۴-۹: نمودار تغییرات مقاومت جداره در مقابل انرژی ۶۷
- شکل ۴-۱۰: نمودار تغییرات مقاومت جداره در مقابل فاکتور سرعت ۶۸
- شکل ۴-۱۱: نسبت وزن کلاهک به وزن چکش در مقابل فاکتور انرژی ۶۹
- شکل ۴-۱۲: نسبت وزن کلاهک به وزن چکش در مقابل فاکتور سرعت ۶۹
- شکل ۵-۱: اندازه‌گیری فرورفت دائمی و فشردگی الاستیک (قلم و کاغذ) ۷۲
- شکل ۵-۲: ثبت فرورفت دائمی و فشردگی الاستیک با استفاده از قلم و کاغذ ۷۳
- شکل ۵-۳: مشکلات قرائت فرورفت دائمی و فشردگی الاستیک در روش سنتی ۸۰
- شکل ۵-۴: تغییرات انرژی وارد شده به شمع شماره ۱ ۸۲
- شکل ۵-۵: تغییرات انرژی وارد شده به شمع شماره ۲ ۸۲
- شکل ۵-۶: تغییرات انرژی در ضربه‌های مختلف برای یک شمع ۸۳
- شکل ۵-۷: تغییرات انرژی چکش برای چکش هیدرولیک با قابلیت کنترل ارتفاع سقوط ۸۴
- شکل ۵-۸: گراف باربری ۸۵
- شکل ۵-۹: پاسخ‌های انرژی - زمان و تغییر مکان - زمان در PDA ۸۸
- شکل ۵-۱۰: نمودار انرژی و سرعت در زمان ۸۸
- شکل ۵-۱۱: تخمین ظرفیت باربری بر اساس روش DMX ۹۱
- شکل ۵-۱۲: گراف پذیرش شمع بر اساس فرمول انرژی رایج ۹۳
- شکل ۵-۱۳: گراف پذیرش شمع بر اساس روش DMX ۹۴
- شکل ۵-۱۴: رابطه بین حداکثر سرعت و حداکثر انرژی ۹۵
- شکل ۵-۱۵: میزان انرژی منتقل شده در مقابل هر ضربه برای شمع P25.5A ۹۶
- شکل ۵-۱۶: رابطه انرژی در مقابل حداکثر تغییر مکان ۹۶
- شکل ۵-۱۷: رابطه انرژی در مقابل حداکثر سرعت شمع ۹۶

- شکل ۵-۱۸: میزان انرژی منتقل شده در مقابل هر ضربه برای شمع P21B ۹۷
- شکل ۵-۱۹: رابطه انرژی در مقابل حداکثر سرعت شمع ۹۷
- شکل ۵-۲۰: رابطه انرژی در مقابل حداکثر تغییر مکان ۹۷
- شکل ۵-۲۱: میزان انرژی منتقل شده در مقابل هر ضربه برای شمع P25.5A ۹۸
- شکل ۵-۲۲: رابطه انرژی در مقابل حداکثر تغییر مکان ۹۸
- شکل ۵-۲۳: رابطه انرژی در مقابل حداکثر سرعت شمع ۹۹
- شکل ۵-۲۴: شماتیک اندازه‌گیری بوسیله دستگاه PDM ۱۰۰
- شکل ۵-۲۵: داده‌برداری بوسیله دستگاه PDM ۱۰۱
- شکل ۵-۲۶: اندازه‌گیری حداکثر شتاب زمین و حداکثر سرعت ذرات ۱۰۳

فصل اول

مقدمه

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

رفتار خاک‌ها تحت بارهای دینامیکی از گستردگی و پیچیدگی بسیار زیادی برخوردار است که علی‌رغم مطالعات، تحقیقات و کارهای مختلفی که تا به حال صورت گرفته هنوز زمینه‌های بسط مطالعات و گسترش تحقیقات در زمینه‌های مختلف وجود دارد. شمع از جمله سازه‌هایی است که به طور کامل دارای اندرکنش با خاک است و همچنین نقش بسیار مهمی در پایداری سازه‌های مستقر بر آن ایفا می‌کند. در واقع بارهای ناشی از سازه ابتدا به پی وارد می‌شود و پی این بارها را به خاک زیر خود انتقال می‌دهد، بنابراین پی نقش انتقال بار از روسازه به خاک زیرین خود را ایفا می‌کند. در این میان شمع‌ها که جز پی‌های عمیق محسوب می‌شوند وقتی مورد استفاده قرار می‌گیرند که لایه‌های سطحی خاک مقاومت کافی برای تحمل بارهای سازه نداشته باشند. از طرفی تخمین نسبتاً دقیق ظرفیت باربری شمع‌ها همواره مورد سوال مهندسان بوده است. در این راستا معادلات تجربی زیادی توسط محققان مختلف پیشنهاد شده است که تقریباً همگی آنها دارای این نقص عمده می‌باشند که نمی‌توانند ظرفیت باربری استاتیکی شمع را بطور مستقیم تخمین زنند.

۱-۲- فرمول‌های دینامیکی

اگر چه شمع‌ها از سالیان خیلی دور در مهندسی عمران مطرح بوده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی مشخص کردن ظرفیت باربری آنها بطور دقیق و بدون نیاز به آزمایش بارگذاری استاتیکی همواره مطلوب مهندسین و پژوهشگران در این زمینه بوده است.

بعنوان مثال تحقیقاتی در زمینه شناخت عملیات کوبش شمع به منظور پیش‌بینی ظرفیت باربری شمع صورت گرفته است.

در نخستین گام‌های استفاده از نتایج شمع‌کوبی به منظور پیش‌بینی ظرفیت باربری، قوانین نیوتن با فرض آنکه انرژی چکش به بخش فوقانی شمع منتقل می‌شود، بکار گرفته شد. در این روش شمع به عنوان یک جسم صلب در نظر گرفته شد [۱]. روابط زیادی نیز بر این اساس تحت

عنوان روابط ENR استخراج شده که از دقت بسیار پایینی برخوردار بوده‌اند. این روابط که از سال ۱۸۵۰ به بعد منتشر شده‌اند، به دلیل سادگی علیرغم دقت پایین، بسیار مورد استفاده قرار گرفته‌اند و به طور کلی روابط مذکور دارای شکل کلی معادله زیر بوده‌اند [۱].

$$R_u = \frac{W_r h}{S.F} \quad (1-1)$$

که در آن R_u : ظرفیت باربری مجاز، W_r : وزن چکش، h : ارتفاع سقوط چکش، S : میزان نشست شمع در اثر آخرین ضربه، F : ضریب اطمینان است.

در این زمینه مهمترین روابطی که معرفی شده‌اند رابطه ENR که در بالا اشاره شد، روابط Eytelwein (1850)، Weisbach (1850)، PCUBC، Janbu (1951)، Hiley (1930)، Danish (1967)، Navy-Mckay (1820)، Gates (1957)، WSDOT و AASHTO می‌باشند [۱].

همانطور که اشاره شد روابط تجربی زیادی برای تخمین ظرفیت باربری شمع ارائه شده است و تا جایی که دانش نگارنده اجازه می‌دهد، تمامی این روابط بر اساس انرژی رسیده به شمع و میزان فرورفت شمع می‌باشد. اما مشکل کلی که این روابط دارند، این است که قادر نیستند ظرفیت استاتیکی را از ظرفیت دینامیکی جدا کنند. همچنین نمی‌توانند میزان انرژی رسیده به شمع را بطور دقیقی تخمین بزنند. لذا معمولاً این روابط با نتایج آزمایشات استاتیکی یا دینامیکی همسان سازی می‌شوند.

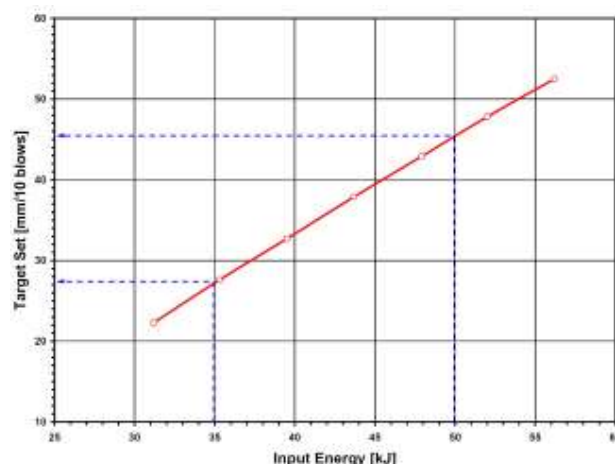
در راستای دستیابی به این نیاز مهندسین مطالعات زیادی در زمینه آنالیز دینامیکی کوبش شمع‌ها انجام داده‌اند. پرداختن به جزئیات بیشتر در این زمینه، نهایتاً منجر به ایجاد روش معادله موج شد. این روش رفتار خاک و شمع را به طور دقیق‌تری در نظر می‌گیرد، اولین ایده جهت آنالیز عملیات کوبش شمع به کمک امواج تنشی حاصل از ضربه چکش، در حدود صد سال پیش توسط بوسینسک و وانانت در مورد بررسی تأثیر ضربه در انتهای یک میله ارائه شد. و بعد از آن محققان زیادی بر روی آن مطالعه کرده‌اند و مدل‌های مختلفی در این راستا ارائه داده‌اند از جمله ای محققان می‌توان به Smith (1970)، Hirsch et.al (1976)، Coyle & Gibson (1976)، Rauche et.al (1975)، Dayal & Allen (1975)، Rausche (1970)، Goble (1976)، Heerma 1979 و Litkouhi &

Poskit (1980)، Meynard & corte (1984)، Simons & Randolp (1985) و بسیاری دیگر که در این زمینه کار کرده اند و مدل‌های مختلفی را برای اندرکنش خاک و شمع و کاربرد معادله موج استخراج نموده اند.

PDA (Pile Driving Analyzer) ابزاری است که مزایای بسیاری در ۳۰ سال اخیر در زمینه کوبش شمع در سرتاسر جهان فراهم نموده است. اما به دلیل هزینه‌بر بودن این آزمایش و نیز تخصصی بودن آنالیزها معمولاً ۵٪ از کل شمع‌ها در یک پروژه آزمایش می‌شوند و این بدان معنی است که ۹۵٪ شمع‌ها تست PDA نمی‌شوند. بنابراین ظرفیت اکثر شمع‌ها باید به روشهای دیگر تخمین زده شوند نظیر اندازه‌گیری تعداد ضربات یا با استفاده از فرمول‌های دینامیکی که نیازمند انرژی رسیده به شمع و نیز میزان فرورفت دائمی^۱ شمع به ازای هر ضربه می‌باشند.

اما همانطور که ذکر شد فرمول‌های دینامیکی فرض می‌کنند که انرژی رسیده از چکش به شمع معلوم و ثابت می‌باشد اما در حقیقت، عملکرد چکش‌های کوبش می‌تواند تا ۳۰٪ و حتی بیشتر تغییر نماید. لذا اندازه‌گیری انرژی بوسیله PDA نمی‌تواند تضمین کند که همان انرژی به شمع‌های تست نشده رسیده است و بنابراین اگر انرژی رسیده به شمع را نتوان چک نمود در نتیجه اندازه‌گیری فرورفت دائمی و تعداد ضربات نمی‌تواند ظرفیت باربری مورد نظر را تضمین نماید. همانطور که در شکل ۱-۱ دیده می‌شود، ۳۰٪ کاهش در انرژی رسیده به شمع (از ۵۰ kJ تا ۳۵ kJ)، مقدار فرورفت دائمی از ۴۵/۵ به ۲۷/۵ میلیمتر یعنی ۴۰٪ کاهش در فرورفت دائمی رخ می‌دهد.

¹ -Set



شکل ۱-۱: فرورفت دائمی در مقابل انرژی برای رسیدن به یک ظرفیت یکسان

PDM دستگاه جدیدی است که با استفاده از یک سیستم پیشرفته نوری قادر است تا ارزیابی دقیق و پیوسته و مستقیم از عملکرد چکش - ارتفاع سقوط، سرعت ضربه، بازدهی چکش، اندازه گیری ریباند چکش و ... را فراهم نماید. در این شیوه با نصب برچسب‌های کاغذی با ابعاد 10×2 سانتیمتر با فواصل ۵۰ سانتیمتری روی شمع، PDM را در فاصله ۵-۲۰ متری (ترجیحاً ۱۰ متری نصب می‌شود تا لرزشهای زمین در اثر کوبش روی آن تأثیر نگذارد) نصب می‌شود. در این حالت دستگاه با ارسال دو اشعه لیزری قادر است فروفت دائمی و فشردگی الاستیک^۱ را با دقت ۱/ میلیمتر و سرعت حرکت سر شمع را با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه اندازه گیری کند [۲]. به دلیل اندازه‌گیری غیر تماسی این دستگاه هیچگونه مزاحمتی در رابطه با کوبش شمع ایجاد نمی‌شود. از دیگر مزایای این دستگاه می‌توان به قابلیت استفاده در هر شرایط آب و هوایی اشاره نمود. این دستگاه همچنین می‌تواند با دریافت فرمول‌های دینامیکی و همسان‌سازی آنها با آزمایش دینامیکی یا استاتیکی ظرفیت باربری شمع‌ها را نیز در هر مرحله از کوبش تخمین بزند هر چند که به نظر می‌رسد نیاز به یک رابطه دقیق‌تر با توجه به پارامترهایی که این دستگاه اندازه‌گیری می‌کند احساس می‌شود که در این مطالعه سعی بر رفع این نقیصه خواهد شد. در نهایت این دستگاه این

^۱ -Temporary Compression

امکان را فراهم می‌سازد تا از عملکرد بهینه چکش مطمئن شد و همچنین این تضمین حاصل می‌شود که شمع‌ها تا ظرفیت مورد نظر کوبیده و به درستی نصب شده‌اند.

۱-۳- نیازها و اهداف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق تخمین رابطه بین سرعت ضربه و سرعت حرکت سر شمع و نیز رابطه بین انرژی چکش و انرژی منتقل شده به شمع در کنار بررسی اثرات پارامترهای مختلف دخیل در روابط بالا می‌باشد تا بتوان در نهایت به یک رابطه بهینه برای تخمین ظرفیت باربری شمع‌ها دست یابد.

در فصل دوم این تحقیق مروری بر انواع شمع‌ها و چکش‌ها و نیز شرایط مختلف زمین‌شناسی اشاره می‌شود و نیز به روشهای مختلف تعیین ظرفیت باربری شمع‌ها از جمله فرمول‌های دینامیکی اشاره می‌شود. همچنین به نحوه عملکرد برنامه GRLWEAP که بر اساس معادله موج کار می‌کند و نیز دستگاه PDM اشاره می‌شود.

در فصل بعد روش‌های تحلیلی در زمینه برآورد سرعت و انرژی وارده به شمع مورد بررسی قرار می‌گیرند و محدودیت‌های این روش‌ها در زمینه شمع‌کوبی واقعی اشاره می‌شود. در فصل چهارم مطالعات پارامتری برای تعیین اثر طول شمع، امپدانس شمع و چکش، سختی بالشتک چکش و شمع، وزن کلاهک، طول شمع و مقاومت خاک بر روی انرژی رسیده به شمع و نیز سرعت حرکت شمع انجام می‌شود و در نهایت ضرایب اصلاحی برای هر کدام از موارد بالا معرفی می‌شوند. در فصل پنجم به نتایج در محل با استفاده از دستگاه PDA و PDM اشاره می‌شود و رابطه جدیدی در زمینه برآورد ظرفیت باربری شمع‌ها ارائه خواهد شد. در فصل آخر نیز نتیجه گیری و پیشنهاداتی در زمینه ارتقاء این روش ارائه می‌شود.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

فصل ۲- مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱- مقدمه

آنالیز معادله موج تبدیل به یک ابزار حیاتی برای حرفه کوبش شمع شده است. پیمانکاران از معادله موج برای بهینه کردن انتخاب تجهیزات در فرآیند مناقصات استفاده می‌کنند مهندسان پی سازی طرح های پی خود را برای قابلیت کوبش شمع، چک می‌کنند و سازندگان چکش توصیه‌های ابزاری خود را برای مشتریان خود بر اساس معادله موج ارائه می‌دهند.

آنالیز یک ضربه یا کوبش وایبره‌ای چکش مستلزم اطلاعات تفصیلی از سایت می‌باشد تا بتوان سیستم کوبش و چکش و شمع و خاک را برای شبیه‌سازی فرآیند کوبش مدل نمود. چکش و سیستم کوبش یک بخش مهم از مدل بوده و در واقع اولین جزء در معادله دینامیکی کوبش می‌باشند. برنامه‌های اولیه کامپیوتری که بر اساس مدل عددی اسمیت کار می‌کردند تنها برای چکش‌های دیزلی ارائه شده بودند که از ساده‌سازی‌های زیادی در مدل استفاده می‌کردند و به موضوعاتی نظیر احتراق چکش نمی‌پرداختند. این برنامه‌ها چکش‌های وایبره‌ای را در نظر نمی‌گرفتند. از زمان نشر اولین نسخه GRLWEAP در سال ۱۹۷۶ که در ابتدا WEAP نامیده می‌شد مدل‌های مختلف چکش‌ها در آن اضافه شده است. امروزه نسخه 2005 GRLWEAP شامل ۷۱۳ چکش مختلف می‌باشد. این برنامه همچنین قابلیت این را دارد که خود کاربر به تعریف چکش مورد نظر خود بپردازد. در این فصل هدف این است تا درک بهتری از چگونگی عملکرد چکش‌های مختلف و اینکه چطور پارامترهای مدل بر روی عملکرد برنامه تأثیر می‌گذارند، پیدا کنیم.

در اینجا سه گروه از چکش‌های شمع بر طبق مدل مناسب برنامه طبقه‌بندی می‌شوند: چکش با

احتراق داخلی ۲- چکش با احتراق خارجی ۳- چکش وایبره‌ای

۲-۲- چکش‌ها با احتراق داخلی

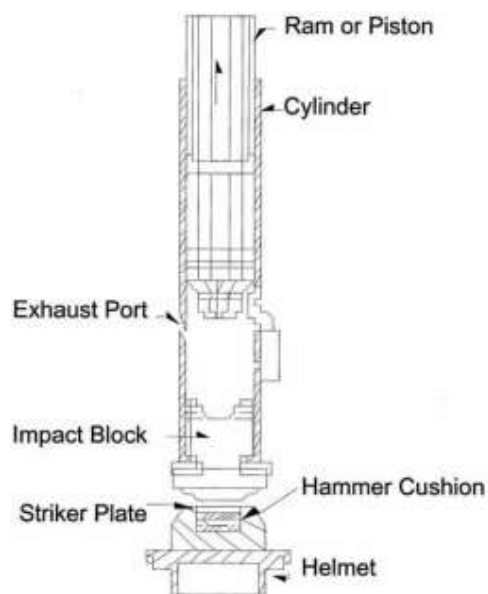
یک گروه شامل چکش‌های دیزلی با عملکرد تکی یا دو تایی (یعنی ته باز یا ته بسته) می‌باشند. چکش‌های با احتراق داخلی رایجترین نوع چکش در ایالت متحده می‌باشند. شکل ۱-۲ نموداری از یک چکش دیزلی با عملکرد تکی را نشان می‌دهد. از آنجایی که چکش با عملکرد دو تایی دیگر ساخته نمی‌شوند و به ندرت استفاده می‌شوند لذا در اینجا تنها به چکش‌های با عملکرد تکی پرداخته می‌شود.

به طور کلی چکش با احتراق داخلی شامل یک سلیندر با یک سری خروجی گاز می‌باشد که در پایین سلیندر بوسیله بلوک ضربه یا همان Anvil بسته می‌شوند. در داخل سلیندر پیستون یا وزنه تحت عمل فشارهای احتراق که در مخزن احتراق در طول یا بعد از ضربه ایجاد می‌شوند به سمت بالا حرکت می‌کند. همچنین ریباند خود شمع نیز به حرکت روبه بالای پیستون کمک می‌کند. در طول سقوط وزنه، این وزنه خروجی‌های گاز را می‌بندد و باعث می‌شود که حجمی از هوا که حجم اولیه نامیده می‌شود و برابر است با حاصل ضرب مسافت بین خروجی‌های گاز و بلوک ضربه و مساحت سلیندر داخلی به علاوه حجم نهایی محفظه احتراق می‌باشد را نگه دارد.

مدل چکش‌های دیزل مستلزم اطلاعاتی راجع به انرژی اسمی چکش و فشارهای احتراق و حجم آنها می‌باشد. انرژی اسمی چکش برابر است با حاصل ضرب وزن پیستون در ارتفاع سقوط اسمی یا یک ارتفاع سقوط معادل برای چکش‌های با عملکرد دو تایی. انرژی اسمی معمولاً بوسیله کارخانه سازنده داده می‌شود. این ارتفاع سقوط باید بر اساس ارتفاع سقوطی تعیین شود که از یک آزمایش استاندارد که در آن از یک شمع دراز و سخت تشکیل شده است و تا حد عدم نفوذ شمع^۱ در خاک کوبیده می‌شود، شامل می‌شود. علاوه بر ارتفاع سقوط اسمی، این چکش دارای حداکثر ارتفاع سقوط نیز می‌باشد. به عبارت دیگر تحت شرایط خاصی برای مثال در کوبش شمع‌های با سطح مقطع متفاوت یا زمانی که شمع دارای یک ریباند خیلی زیاد باشد این ارتفاع سقوط می‌تواند از مقدار اسمی آن تجاوز نماید.

¹ - Refusal

مدل پیستون یا وزنه شامل چندین بخش می‌باشد که هر بخش تقریباً ۱ متر طول دارد. برای اکثر چکش‌های دیزلی این وزنه‌ها یکنواخت بوده و لذا این بخش‌ها دارای جرم ثابت، طول و قطر یکسانی می‌باشند. بلوک ضربه بوسیله یک جرم مجزا و سختی فتر نشان داده می‌شود. محاسبه فشار در محفظه احتراق به سه فاز تقسیم می‌شود: پیش فشار (با زمان بستن خروجی گاز شروع و با شروع احتراق خاتمه می‌یابد)، احتراق و انبساط. فازهای احتراق و انبساط برای دو نوع تزریق سوختی که در زیر اشاره می‌شود متفاوت می‌باشند: تزریق مایع و تزریق Atomized. در طول فاز احتراق، فشار مخزن به حداکثر فشار احتراق افزایش می‌یابد و این مقدار برای عملکرد مدل چکش بسیار ضروری می‌باشد. حداکثر مقدار فشار بوسیله سعی و خطا، آنالیز معکوس می‌شود بطوری که ارتفاع سقوط محاسبه شده چکش دیزل با ارتفاع سقوط اسمی برابر شود. بنابراین حتی اگر همه مشخصات چکش یکسان باشند، عملکرد یک مدل چکش در صورتی که انرژی اسمی متفاوت باشد، فرق خواهد کرد [۳].



شکل ۱-۲: چکش با احتراق داخلی، دیزل با عملکرد تکی