دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک- ساخت و تولید

بررسی و تحلیل یکنواختی بارگذاری انفجاری با در نظر گرفتن موج تخلیه

نام دانشجو: ابوالفضل شجاع صنوبری

استاد راهنما: دکتر جمال زمانی اشنی

شهریور ۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم،

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی،

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان، که در این سردترین روزگاران، بهترین پشتیبان است،

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناه شان به شجاعت می گراید،

و به پاس محبت های بی دریغ شان که هرگز فروکش نمی کند.

	تاییدیه هیات داوران	**شماره:** **تاریخ:**

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:

بررسی و تحلیل یکنواختی بارگذاری انفجاری با در نظر گرفتن موج تخلیه توسط آقای **ابوالفضل شجاع صنوبری**، صحت و کفایت تحقیق انجام‌شده را برای اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **ساخت و تولید** در تاریخ **۱۳۹۰/۰۲/۲۸** مورد تایید قرار می‌دهند.

۱- استاد راهنمای اول	جناب آقای دکتر جمال زمانی اشنی	امضاء
۲- ممتحن داخلی	جناب آقای دکتر فرهنگ هنرور	امضاء
۳- ممتحن داخلی	جناب آقای دکتر مجید قریشی	امضاء
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر فرهنگ هنرور	امضاء

	اظهار نامه دانشجو	شماره: تاریخ:

اینجانب **ابوالفضل شجاع صنوبری** دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **ساخت و تولید** دانشکده **مهندسی مکانیک** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان:

بررسی و تحلیل یکنواختی بارگذاری انفجاری با در نظر گرفتن موج تخلیه

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای **دکتر جمال زمانی اشنی**، توسط اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تایید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ کجا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا دانشجو:

تاریخ:

	حق طبع و نشر و مالکیت نتایج	**شماره:** **تاریخ:**

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی‌برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث دیگری قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

***توجه:**

این فرم بایستی پس از تکمیل در نسخ تکثر شده قرار داده شود.

چکیده:

زمانی که موج انفجار به سمت بیرون از مرکز انفجار حرکت می‌کند، با فاصله‌گرفتن از خرج، به علت افـزایش شعاع می‌توان آن را بصورت صفحه‌ای در نظر گرفت. این واقعیت باعث شده‌است تا بیشتر محققین، آزمایش‌های خود را در فواصل نسبتا دور انجام داده تا بتوانند بارگذاری را یکنواخت فرض کنند.

در این پایان‌نامه سعی شده تا شرایط کروی‌بودن موج انفجار و موج تخلیه مدلسازی شـده و از سـاده‌سـازی-هایی که دیگر محققین برای بدست‌آوردن پروفیل فشار انفجـار انجـام داده‌انـد، اجتنـاب شـود. بـر اسـاس ایـن مدلسازی‌ها برنامه‌ای در نرم‌افزار MATLAB نوشته شده تا بتواند حجم زیاد محاسبات را انجام دهد.

در ادامه روند تحقیقات، برای صحت‌سنجی نتایج برنامه سعی شد تا نتـایج آن را بـا آزمـایش مقایسـه شـود. روش‌های اندازه‌گیری ایمپالس مختلفی بررسی گردیده و در نهایت روش پاندولی به عنوان مناسـب‌تـرین و کـم خطاترین روش برای صحت‌سنجی برگزیده و انتخاب گردید. انطباق خوبی بین نتایج آزمایش با نتـایج حاصـل از برنامه دیده شد و بنابراین برای تحلیل‌ها از برنامه استفاده شد.

تحلیل‌ها نشان داد که افزایش فاصله گرچه باعث صفحه‌ای شدن موج شده اما بدلیل تخلیه بیشتر در فواصل دور، شرایط بارگذاری به سمت عدم یکنواختی میل می‌کند. همچنین افزایش جرم خرج اگر چه زیاد بر شـرایط عدم یکنواختی کروی تاثیرگذار نیست اما به شدت می‌تواند یکنواختی با توجه به موج تخلیه ایجاد کند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و مروری بر کارهای گذشته ۲

۱-۱- مروری برتحقیقات گذشته پیرامون بارگذاری انفجاری ۳

۱-۲- هدف تحقیق و رئوس مطالب ۶

فصل دوم: معرفی انفجار و نحوه اعمال بارگذاری آن بر روی سازه ۹

۲-۱- انبساط گاز فشار بالا در هوا و نحوه تشکیل موج شوک ۹

۲-۲- انواع فشار ۱۱

۲-۲-۱- بیش فشار ۱۲

۲-۲-۲- فشار دینامیک ۱۴

۲-۳- فشار بازتابیده ۱۹

۲-۳-۱- برهم کنش امواج برخورد، بازتابیده و ماخ استم ۲۲

۲-۴- ایمپالس ۲۶

۲-۴-۱- ایمپالس برخورد ۲۷

۲-۴-۲- ایمپالس بازتابیده ۲۸

۲-۵- بررسی نحوه اعمال نیرو بر سازه و پارامترهای تاثیرگذار بر آن ۲۸

۲-۵-۱- برهم کنش موج بلاست با سازه ۲۹

۲-۵-۱-۱- بارگذاری دیفراکشن ۲۹

۲-۵-۱-۲- بارگذاری دراگ (فشار دینامیک) ۳۲

۲-۵-۲- برهم کنش سازه با موج بلاست ۳۴

۲-۵-۳- اثر اندازه بر پیشرفت بار ۳۷

۲-۵-۴- اثر شکل بر پیشرفت بارگذاری ۳۸

۲-۵-۵- منحنی فشار بلاست- زمان ۳۹

فصل سوم: روند و چگونگی محاسبات ۴۷

۳-۱- اثر کروی بودن ۵۰

۳-۲- برازش منحنی ۵۲

۳-۳- موج تخلیه ۶۰

فصل چهارم: صحت سنجی روند محاسبات و تحلیل یکنواختی بارگذاری ۷۰

۴-۱- روش‌های اندازه گیری ایمپالس به روش مکانیکی ۷۰

۴-۲- نتایج تست و صحت سنجی برنامه ۷۲

۴-۳- تحلیل شرایط یکنواختی بارگذاری انفجاری ۷۷

۴-۳-۱- تحلیل و بررسی کروی‌بودن موج بلاست بر یکنواختی ایمپالس ۷۷

۴-۳-۲- تحلیل و بررسی اثر موج تخلیه بر یکنواختی ایمپالس ۸۰

۴-۳-۳- تعیین مقادیر بهینه برای تحلیل بارگذاری یکنواخت ۸۵

فصل پـنجم: نتیجـه گیـری و پیشـنهادات ۹۰

۵-۱- نتیجه‌گیری ۹۱

۵-۲- پیشنهادات ۹۳

مراجع ۹۵

فهرست جداول

جدول ۲-۱: پیک بیش فشار و فشار دینامیک و ماکزیمم سرعت باد در هوا در سطح دریا..... ۱۸
جدول ۲-۲: مشخصات موج انفجار به همراه نمادهایشان..... ۳۹
جدول ۳-۱: معرفی پارامترهای بی بعد موج بلاست با روش مقیاس بندی ساچز..... ۵۴
جدول ۳-۲: معرفی مقادیر پارامترهای ثابت استفاده شده در مقیاس بندی ساچز ۵۴
جدول ۳-۳: پارامترهای بی بعدشده جبهه شوک برای موج برخورد..... ۵۵
جدول ۳-۴: پارامترهای بی بعدشده جبهه شوک برای موج بازتابیده ۵۶
جدول ۳-۵: ایمپالس و مدت دوام بی بعدشده بیش فشار برخورد و بازتابیده..... ۵۶
جدول ۴-۱: مقادیر ایمپالس حاصل از آزمایشهای تجربی و برنامه..... ۷۵
جدول ۴-۲: شرایط بررسی شده برای تحلیل اثر جرم بر ایمپالس واردشده بر صفحه..... ۷۸
جدول ۴-۳: شرایط بررسی شده برای تحلیل اثر فاصله..... ۸۳
جدول ۴-۴: شرایط بررسی شده برای تحلیل اثر اندازه ی صفحه بر مقدار موج تخلیه..... ۸۵
جدول ۴-۵: تحلیل یکنواختی، زمانی که فشار خاصی بر روی سازه مدنظر است.....۸۷
جدول ۴-۶: تحلیل یکنواختی، زمانی که ایمپالس خاصی روی سازه مدنظر است.....۸۹

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: دیاگرام مکان-زمان برای موج بلاست کروی ۱۰
شکل ۲-۲: تغییرات فشار با مسافت در منطقه آتش ۱۱
شکل ۲-۳: تغییرات فشار-زمان بیش فشار..... ۱۳
شکل ۲-۴: کاهش پیک فشار بر اثر فاصله گرفتن از مرکز انفجار ۱۴
شکل ۲-۵: ایجاد تغییر در جهت باد در اثر تغییر فشار..... ۱۷
شکل ۲-۶: رابطه پارامترهای موج بلاست در جبهه شوک به پیک بیش فشار..... ۱۹
شکل ۲-۷: تغییرات فشار-زمان برای انفجار در میدان آزاد..... ۲۱
شکل ۲-۸: ضریب فشار بازتابیده در برابر زاویه برخورد..... ۲۲
شکل ۲-۹: بازتاب موج بلاست از سطح زمین بر اثر انفجار در هوا..... ۲۳
شکل ۲-۱۰: تغییرات بیش فشار با زمان در نقطه ی بر سطح در منطقه بازتاب..... ۲۴
شکل ۲-۱۱: تغییر بیش فشار با زمان در نقطه ی بالای سطح در منطقه بازتاب..... ۲۴
شکل ۲-۱۲: متحدشدن موج برخورد با موج بازتابیده و تشکیل شکل **Y** ماخ..... ۲۵
شکل ۲-۱۳: حرکت رو به بیرون موج بلاست نزدیک سطح در منطقه ماخ ۲۶
شکل ۲-۱۴: حالت قرارگیری سطح حساس سنسور برای اندازه گیری فشار برخورد و بازتابیده..... ۲۷
شکل ۲-۱۵: مراحل دیفراکشن موج بلاست با سازه..... ۳۱
شکل ۲-۱۶: نزدیک شدن موج بلاست به مکعب صلب متصل شده به زمین..... ۳۵
شکل ۲-۱۷: موج بلاست در حال حرکت رو به پایین به پشت مکعب ۳۶
شکل ۲-۱۸: مکعب مورد آنالیز..... ۴۰
شکل ۲-۱۹: منحنی فشار-زمان برای سطح جلویی مکعب..... ۴۲
شکل ۲-۲۰: فشار میانگین بر سطوح جانبی و بالای مکعب..... ۴۳
شکل ۲-۲۱: فشار میانگین برای سطح پشتی مکعب..... ۴۴
شکل ۲-۲۲: بار افقی خالص وارد بر مکعب..... ۴۵

شکل ۳-۱: نمودار فشار بازتابیده توسط نرم افزار Conwep و نمودار فشار ثبت شده با گیج در سازه و کاهش ناگهانی فشار به علت ورود موج تخلیه..... ۴۹
شکل ۳-۲: برخورد موج بلاست ایده آل با سطح صاف..... ۵۱
شکل ۳-۳: تغییر R در نقاط مختلف صفحه..... ۵۸
شکل ۳-۴: نمونه ی از موج بلاست پیش بینی شده توسط برنامه..... ۵۹
شکل ۳-۵: مقادیر ایمپالس وارد بر هریک از مربعات ۱ اینچی حاصل از کروی درنظرگرفتن موج بلاست..... ۶۰
شکل ۳-۶: موج فشار بازتابیده و موج بلاست های پیش بینی شده ConWep..... ۶۲
شکل ۳-۷: صفحه مورد بارگذاری..... ۶۳
شکل ۳-۸: نمودار بار وارد بر سطح جلویی سازه..... ۶۴
شکل ۳-۹: نمودار برازش شده برای ضرایب معادله ریکمن..... ۶۶
شکل ۳-۱۰: سرعت های موج تخلیه میانگین برای فاصله از خرج های متفاوت بر حسب فاصله از لبه سازه. ۶۷
شکل ۳-۱۱: پیش بینی موج بلاست در حالت ایده آل و همچنین به همراه موج تخلیه..... ۶۸
شکل ۴-۱: پاندول و متعلقات آن ۷۳
شکل ۴-۲: ابعاد صفحات و محور چرخش پاندول..... ۷۴
شکل ۴-۳: مقایسه ایمپالس محاسبه شده با دو روش برنامه و آزمایش واقعی..... ۷۵
شکل ۴-۴: بررسی تاثیر جرم خرج بر یکنواختی کروی بدون در نظرگرفتن موج تخلیه..... ۷۹
شکل ۴-۵: بررسی افزایش **Z** بر روی غیریکنواختی کروی به دو شیوه کاهش جرم خرج و افزایش فاصله.... ۸۰
شکل ۴-۶: بررسی اثر جرم خرج بر روی ایمپالس واقعی..... ۸۱
شکل ۴-۷: اثر افزایش فاصله بر روی یکنواختی ایمپالس واقعی..... ۸۲
شکل ۴-۸: بررسی تاثیر اندازه های سطح بر مقدار موج تخلیه..... ۸۴
شکل ۴-۹: بررسی افزایش فاصله بر روی یکنواختی پارامترهای موج بلاست. مقدار فشار بازتابیده وارد بر مرکز صفحه در مقدار ۲۴۵psi ثابت نگه داشته شده است..... ۸۷
شکل ۴-۱۰: تغییرات یکنواختی I_{sph} و I_{model} با افزایش Z..... ۸۸

فصل اول

مقدمه

و مروری بر کارهای گذشته

مقدمه

در عصر اخیر نیروی آنی انفجار در بسیاری از فعالیت‌های بشر مورد توجه قرار گرفته است. حوزه‌های استفاده از این نیرو معمولا به دو شاخه کلی تقسیم می‌شود: الف) استفاده از این نیرو برای کاربری خاص همچون شکل-دهی فلزات یا تخریب سازه‌ها و معادن. ب) تحلیل پاسخ سازه‌ها یا حتی اندام بدن موجودات زنده در برابر این نیرو. اولین قدم برای انجام کار تحقیقاتی علمی بر روی هر کدام از این شاخه‌ها، فهم دقیق این پدیده و چگونگی واردشدن فشار آن است. بدون شک بدون دانستن و شناختن پدیده‌هایی که در اثر انفجار و برخورد آن با سازه‌ها رخ می‌دهد، انجام کار تحقیقاتی امکان پذیر نمی‌باشد.

پدیده انفجار یک فرایند ناگهانی با فیزیکی بسیار پیچیده است که در طی آن مقدار زیادی انرژی آزاد می‌گردد، مسلماً شناخت فعل و انفعالاتی که در طی این فرایند رخ می‌دهد چندان ساده نیست ولی از طرفی آنچه که بیش از خود این فرایند برای ما اهمیت دارد نتایج و یا محصولات حاصل از این فرایند است. این محصولات شامل گرمای تولیدشده در اثر انفجار، محصولات شیمیایی تولیدشده پس از انفجار، انرژی آزادشده در فرایند، سرعت ترکش‌های ناشی از انفجار یک قطعه و مهم‌تر از همه رفتار سازه‌ها تحت بارگذاری انفجاری می‌باشد.

قبل از اینکه به درک رفتار سازه تحت این بارگذاری بپردازیم بایستی چگونگی واردآمدن فشار انفجار بر سازه فهمیده شود. رفتار فشار انفجار به سان موجی به شکل نمایی بوده که از پیک فشار خود در ابتدا تا مقدار فشار اتمسفر و کمتر از آن کاهش یافته و دوباره به فشار محیط بر می‌گردد. این مدل نمایی معمولا برای تحلیل‌ها استفاده می‌شود که البته بایستی مقادیر پیک فشار[۱]، زمان دوام[۲]، نرخ کاهش[۳] و زمان رسیدن[۴] موج به نقطه مورد نظر را، به مدل افزود. این مقادیر معمولا از سه طریق روش‌های تحلیلی، نرم‌افزارهای المان محدود و همچنین از طریق نتایج تجربی به مدل افزوده می‌شود. روش‌های تحلیلی و نرم‌افزارهای المان محدود دارای درصد خطایی برای برآورد این مقادیر بوده و حتی گاهی به خاطر عدم درک صحیح از رفتار دقیق موج مقادیر اشتباهی را ارائه می‌دهند، بنابراین برای انجام کارهای دقیق معمولا از معادلات و نتایج تجربی به همراه روش-های مقیاس‌بندی[۵] استفاده می‌شود.

۱-۱- مروری برکارهای گذشته پیرامون بارگذاری بلاست

فهم دینامیک بارگذاری بلاست و توسعه مدل‌های بارگذاری ساده‌شده هدف تحقیقات زیادی است که به وسیله دولت‌ها و دانشگاه‌ها پیگیری می‌شود. کارهای محرمانه زیادی توسط دولت‌ها انجام شده که در دسترس نیستند اما آنچه در ادامه می‌آید مروری بر کارهایی است که در دسترس عموم وجود دارند.

---

[۱] Peak Overpressure
[۲] Duration time
[۳] Decay constant
[۴] Arrival time
[۵] Scaling

کتاب‌های معدودی هستند که به طور تخصصی به مسئله بارگذاری انفجار پرداخته‌اند. کینی و گراهام کتابی جامع را تدوین نموده [۱] که جنبه‌ها و ویژگی‌های مختلف بارگذاری انفجار را توضیح داده‌است. علاوه بر این جداول تجربی ارایه‌شده آن، برای مقادیر پارامترهای موج برخورد یکی از معتبرترین منابع می‌باشد. کتاب مبسوط دیگری پیرامون انفجار، کتاب نوشته‌شده توسط بیکر [۲] است. در این کتاب جدا از بررسی کامل بارگذاری انفجاری، گردآوری اطلاعات و تجهیزات تجربی، روش‌های عددی نیز بصورت مروری آورده‌شده است. کتاب نسبتا جدیدتر با بررسی خوب پیرامون بارگذاری انفجاری، کتاب "بارگذاری بلاست و بالستیک بر سازه‌ها" نوشته اسمیت و هاترگینتون[۳] است. "دینامیک انفجار و استفاده‌های آن" نوشته هنریخ [۴] کتاب جامع دیگری پیرامون این عنوان می‌باشد.

علاوه بر کتاب‌ها، تعدادی مقالات مروری[۱] نیز بر این موضوع وجود دارد. فلورک و بناریو[۵] مقاله مروری مبسوطی بر اثرات بارگذاری بر سازه تهیه کردند. آنها شکل‌های پالس مختلف و اثراتشان بر خمش سازه‌ها را مطالعه کرده‌است. همچنین، آنها راه حل‌هایی برای کاهش یا حذف این اثرات که در هندسه‌های صلب با بارگذاری یکنواخت می‌تواند استفاده شود را خلاصه نمودند. رمینیکوو[۶] مرور کوتاهی بر تکنیک‌های عددی و تحلیلی، موجود در حال حاضر، برای پیش‌بینی بار انفجار بر سازه انجام داده‌است. او پیرامون استانداردهای TM 5-1300 [۷] و TM 5-855-1 [۸] که به طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرند بحث می‌کند. نگو[۲] و

[۱] Review paper
[۲] Ngo

همکارانش [۹] نیز بر این استانداردها بحث کرده و مقاله مروری مبسوطی بر اثرات بلاست بر سازه انجام داده-است. باشارا [۱۰] مطالعه وسیعی بر تحلیل بارگذاری بلاست از چند نقطه برای سازه‌های صلب انجام داد. او همچنین استفاده از تی‌ان‌تی معادل و قوانین مقیاس‌بندی بلاست به همراه تفاوت‌های بیش‌فشار، فشار بازتابیده و فشار دینامیک را بحث کرده‌است. از بررسی کارهای موجود، باشارا نتیجه می‌گیرد که بدست‌آوردن اطلاعات دقیق بارگذاری سخت بوده و این بخاطر عدم قطعیت‌های زیاد از جمله برهم‌کنش موج بلاست با سازه و فرض گاز ایده‌آل گرفتن در استخراج معادلات می‌باشد. علاوه بر این، باشارا می‌افزاید که بارگذاری بلاست بر سازه فقط به دامنه بار وابسته نبوده، بلکه به مدت دوام، زمان خیز و شکل کلی موج مرتبط می‌باشد.

چوک و کاپانیا [۱۱] مروری بر مقیاس‌بندی‌های بلاست بصورت اخص بر دو روش مقیاس‌بندی ساچز و هاپکینسون انجام داده‌اند. سپس آنها دو روش را برای محاسبه پارامترهای بلاست در هوا مقایسه کردند. آنها قادر به تعیین روش دقیق‌تر نبودند چون هر دو روش براساس نتایج تجربی بوده که بدون تکرار یا با تکرار کم انجام شده‌اند.

اسپرزا [۱۲] آزمایشاتی را بر روی تی‌ان‌تی و مواد منفجره قوی دیگری در فاصله‌ی مقیاس‌بندی‌های کوچک انجام داد و به این نتیجه رسید که ممکن است استفاده از یک نسبت وزن معادل، مناسب نباشد. او بیان می‌کند که سیستم معادل با تنها یک پارامتر بلاست دقیق نیست زیرا معادل TNT می‌تواند با توجه به فاصله مقیاس-

بندی به شدت تغییر کند. همچنین او نشان داد که تی‌ان‌تی معادل برای بعضی پارامترها موج بلاست ممکن است به مقدار زیادی متفاوت از مقدار آن برای گرمای دتونیشن باشد.

یکی از معتبرترین و جامع‌ترین گزارش نظامی که به بارگذاری انفجاری و جزییات آن پرداخته است، توسط گلیستون و دولان [۱۳] نوشته شده‌است.

۱-۲- هدف تحقیق و رئوس مطالب

موج انفجار معمولا بصورت کروی انتشار می‌یابد که این اثر باعث پیچیدگی تحلیل‌ها می‌شود، بنابراین بیشتر محققین سعی می‌کنند تا شرایط یکنواختی بارگذاری را برای تحلیل‌های خود برگزینند. تعیین این شرایط معمولا تخمینی و تقریبی بوده و هیچ ادعای دقیقی روی آنها وجود ندارد. علاوه بر این، اثر موج تخلیه در تعیین این شرایط در نظر نگرفته شده است. در این تحقیق سعی شده تا هم کروی بودن موج بلاست و هم اثر موج تخلیه در نظرگرفته شود و شرایط یکنواختی و پارامترهای تاثیرگذار بر روی این شرایط تحلیل شوند. این تحلیل‌ها می‌تواند راهگشایی برای تعیین یکنواختی برای دیگر محققین باشد.

بدون شک اولین قدم برای نیل به هدف این پایان‌نامه، شناخت موج انفجار و پدیده‌های پیرامون برخورد این موج با سازه است. در فصل دوم سعی شده است تا به معرفی جامعی از موج انفجار پرداخته شود و همچنین تئوری برهم کنش موج با سازه نیز تشریح شود. در فصل ۳، روند محاسبات، کارها و تحقیقات جدید که از آنها

در این پایان‌نامه استفاده شده است نیز توضیح داده می‌شوند تا خواننده از چگونگی نحوه استفاده از آنها در روند محاسبات نیز آگاه شود. این روند مبنای برنامه‌ای است که در نرم‌افزار MATLAB توسط نویسنده نوشته شده‌است و از آن برای تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از آن، بایستی صحت محاسبات با نتایج تجربی امتحان گردیده بنابراین در فصل ۴، ابتدا بهترین روش اندازه‌گیری برای صحت‌سنجی برنامه انتخاب شد و سپس آزمایش‌هایی توسط این وسیله انجام و نتایج آن با نتایج حاصل از برنامه مقایسه گشت. در ادامه این فصل، شرایط مختلف بارگذاری با استفاده از برنامه انجام شد و تاثیر پارامترهای مختلف بر شرایط یکنواختی تحلیل و بررسی گردید. فصل ۵ نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای کارهای آتی اختصاص یافته است.

فصل دوم

معرفی انفجار

و نحوه اعمال بارگذاری بر روی سازه‌ها