



دانشکده فنی و مهندسی عمران  
گروه مهندسی آب

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته سازه‌های دریایی

عنوان

## **کنترل غیر فعال پاسخ سکوه‌های ثابت دریایی تحت اثر زلزله**

اساتید راهنما

دکتر محمدعلی لطف‌اللهی یقین – دکتر محمدحسین امین‌فر

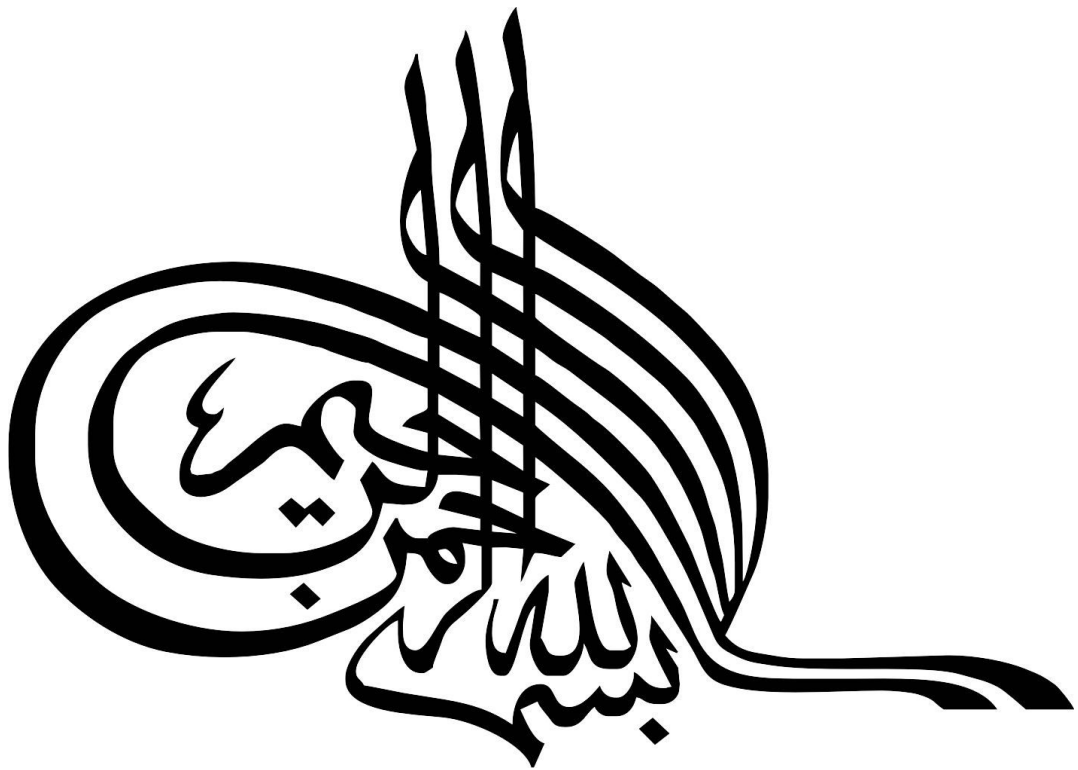
استاد مشاور

دکتر رضا تارینژاد

پژوهشگر

مرتضی حسین پورفاضل

شهریور ۱۳۹۰



## تقدیر و تشکر

در ابتدا از آقای دکتر لطف الهی یقین به خاطر این که مجال مطالعه پیرامون این موضوع را در اختیار اینجانب قرار دادند و به خاطر راهنمایی ایشان

کمال تشکر را دارم. همچنین از اساتید گران قدر، آقایان دکتر امین فرو و دکتر تارمی نژاد که در مراحل مختلف تحصیل در خدمت آن ها کسب علم

نمودم تشکر می کنم. از آقای دکتر غفارزاده نیز که زحمات داور این پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر را دارم.

در انتها از شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران (IOEC) به خاطر همکاری و در اختیار گذاشتن اطلاعات ارزشمند در مورد سکوی

سرچاهی میدان نفتی بهرگان سرمایه تشکر می کنم.

مرتضی حسین پورفاضل

نام خانوادگی دانشجو: حسین پورفاضل		نام: مرتضی
عنوان پایان نامه: کنترل غیرفعال پاسخ سکوه‌های ثابت دریایی تحت اثر زلزله		
اساتید راهنما: دکتر محمدعلی لطف‌اللهی یقین، دکتر محمدحسین امین‌فر استاد مشاور: دکتر رضا تارینژاد		
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی عمران	گرایش: سازه‌های دریایی
دانشگاه: تبریز	دانشکده: فنی و مهندسی عمران	
تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۰/۶/۱۹	تعداد صفحه: ۱۶۳	
کلید واژه‌ها: سکوی ثابت شابلونی، بارهای محیطی، سیستم کنترل غیرفعال، سیستم کنترل فعال، سیستم جداساز لرزه‌ای، تکیه‌گاه الاستومریک، میراگر ویسکوز.		
<p><b>چکیده:</b></p> <p>سکوه‌های دریایی به منظور استحصال نفت و گاز احداث می‌شوند. اکثر سکوه‌های نفتی از نوع سکوه‌های ثابت با جاکت فولادی می‌باشند. این سکوها تحت اثر بارهای محیطی مختلفی از قبیل باد، موج و زلزله و غیره قرار می‌گیرند. این بارهای دینامیکی نه تنها روند عملیات سکو مانند حفاری و تولید را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند بلکه بر ایمنی و خدمت‌پذیری سازه نیز تأثیر می‌گذارند. به منظور افزایش ایمنی این سکوها در برابر بارهای دینامیکی مذکور می‌توان سختی سازه را افزایش داد. افزودن سختی سازه، که با افزودن عناصر سازه‌ای جدید صورت می‌گیرد، می‌تواند باعث تغییر در فرکانس سازه و فاصله گرفتن آن از فرکانس تشدید شود، اما این روش هزینه‌بر بوده و در بعضی موارد ملاحظات خاص دیگری را طلب می‌کند. یکی از مناسب‌ترین و به‌روزترین روش‌ها جهت کاهش پاسخ‌های سازه، استفاده از سیستم‌های کنترل غیرفعال و یا فعال می‌باشد. سیستم‌های کنترل غیرفعال برای عمل کردن نیاز به انرژی خارجی ندارند و به وسیله حرکت خود سازه نیروهای کنترلی را ایجاد می‌کنند. از طرفی، وسایل کنترل فعال به انرژی خارجی قابل ملاحظه‌ای، برای</p>		

راه‌اندازی تحریک‌کننده‌ها، که نیروی کنترل لازم را تأمین می‌کنند، نیاز دارند و به دلیل امکان موجود نبودن انرژی خارجی لازم در زلزله‌ها قابلیت اعتماد این سیستم‌ها کم می‌باشد. در این مطالعه از یک سیستم جداساز لرزه‌ای به عنوان یکی از وسایل کنترل غیرفعال، به منظور کاهش پاسخ‌های دینامیکی سکوی سرچاهی بهرگانسر واقع در آب‌های خلیج فارس استفاده شده است. سیستم جداساز لرزه‌ای مذکور بین عرشه و زیرسازه سکو قرار می‌گیرد و متشکل از تکیه‌گاه‌های الاستومریک و میراگرهای ویسکوز می‌باشد. مفاهیم این پایان‌نامه اساساً شامل ارزیابی میزان تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای در کنترل لرزه‌ای سکوی شابلونی مورد مطالعه تحت اثر زلزله می‌باشد. نتایج این مطالعه، نشان می‌دهد استفاده از سیستم جداساز لرزه‌ای پیشنهادی، باعث بهبود رفتار سکوی مورد مطالعه و کاهش قابل ملاحظه پاسخ‌های دینامیکی آن تحت اثر زلزله می‌شود.

ا. چکیده.....

ج. فهرست مطالب.....

ی. فهرست جداول.....

ک. فهرست اشکال.....

**۱- مقدمه و کلیات.....**

۱-۱- مقدمه.....

۱-۲- بیان مسئله، هدف.....

۱-۳- مواد، روش‌ها و فنون اجرایی تحقیق.....

۱-۴- بررسی منابع و پیشینه تحقیق.....

۱-۵- ساختار پایان‌نامه.....

**۲- آشنایی با سکوهای دریایی و بارهای مربوطه.....**

۲-۱- مقدمه.....

۲-۲- معرفی کلی سکوهای دریایی.....

۲-۲-۱- سکوهای خودبالابر.....

۲-۲-۲- سکوهای وزنی.....

۲-۲-۳- سکوهای برجی مهارشده.....

۲-۲-۴- سکوهای نیمه‌غوطه‌ور.....

۲-۲-۵- سکوهای پایه‌کششی.....

۲-۲-۶- سکوهای شناور ستونی.....

۲-۲-۷- سکوهای کشتی‌سان.....

۱۸	..... سکوهای ثابت شابلونی	۸-۲-۲
۲۰	..... معرفی بارهای وارده بر سکوهای دریایی	۳-۲
۲۱	..... بارهای دائمی	۱-۳-۲
۲۱	..... بارهای زنده	۲-۳-۲
۲۲	..... بارهای حین ساخت	۳-۳-۲
۲۲	..... بارهای حین حمل و نصب	۴-۳-۲
۲۳	..... بارهای تصادفی	۵-۳-۲
۲۴	..... بارهای محیطی	۶-۳-۲
۲۵	..... بار باد	۱-۶-۳-۲
۲۶	..... بار امواج	۲-۶-۳-۲
۲۸	..... بار جریان	۳-۶-۳-۲
۲۹	..... جزر و مد	۴-۶-۳-۲
۳۰	..... بار یخ	۵-۶-۳-۲
۳۰	..... تغییرات دمایی	۶-۶-۳-۲
۳۱	..... رویدنی‌های دریایی	۷-۶-۳-۲
۳۱	..... جابجایی بستر دریا	۸-۶-۳-۲
۳۲	..... بار زمین‌لرزه	۹-۶-۳-۲
۳۳	..... معرفی آنالیزهای مربوط به سکوهای دریایی	۴-۲
۳۴	..... آنالیز استاتیکی سکوی نصب شده در محل	۱-۴-۲

۳۴	..... ۲-۴-۲- آنالیز دینامیکی سکوی نصب شده در محل
۳۴	..... ۲-۴-۳- آنالیز خستگی
۳۵	..... ۲-۴-۴- آنالیز حمل
۳۵	..... ۲-۴-۵- آنالیز بلند کردن
۳۵	..... ۲-۴-۶- آنالیز به آب انداختن
۳۵	..... ۲-۴-۷- آنالیز شناوری
۳۸	..... ۲-۴-۸- آنالیز خرابی ناشی از فشار هیدرواستاتیکی
۳۶	..... ۲-۴-۹- آنالیز پاسخ سازه به موج
۳۶	..... ۲-۴-۱۰- آنالیز رانش شمع
۳۶	..... ۲-۴-۱۱- آنالیز گرداب فرافکنی
۳۷	..... ۲-۴-۱۲- آنالیز زلزله
۳۷	..... ۲-۵- جمع بندی
۳۸	<b>۳- مبانی زلزله و رفتار سکوهای دریایی در برابر زلزله</b>
۳۹	..... ۳-۱- مقدمه
۳۹	..... ۳-۲- منشاء زلزله
۴۱	..... ۳-۳- پدیده‌های ناشی از زلزله
۴۱	..... ۳-۴- معرفی امواج حاصل از زلزله
۴۱	..... ۳-۴-۱- امواج حجمی
۴۳	..... ۳-۴-۲- امواج سطحی



۴۵	۳-۵- مقیاس‌های سنجش زلزله.....
۴۵	۳-۵-۱- شدت زلزله.....
۴۶	۳-۵-۲- بزرگی زلزله.....
۴۷	۳-۶- تقسیم‌بندی زمین‌لرزه‌ها از لحاظ محتوای فرکانسی.....
۴۷	۳-۶-۱- زلزله‌های باند پهن.....
۴۷	۳-۶-۲- زلزله‌های باند باریک.....
۴۸	۳-۷- خصوصیات ارتعاشی زمین‌لرزه.....
۴۹	۳-۷-۱- مدت‌زمان تداوم زلزله.....
۵۰	۳-۷-۲- حداکثر حرکات ارتعاشی زمین.....
۵۰	۳-۷-۳- محتوای فرکانسی و پی‌یود غالب زلزله.....
۵۱	۳-۸- لرزه‌خیزی حوزه‌های دور از ساحل.....
۵۳	۳-۸-۱- ارزیابی حوزه‌های فراساحل با فعالیت‌های لرزه‌ای زیاد.....
۵۴	۳-۸-۲- ارزیابی حوزه‌های فراساحل با فعالیت‌های لرزه‌ای کم.....
۵۵	۳-۹- ملاحظات ای‌پی‌آی برای طراحی سکوه‌های دریایی در قبال زلزله.....
۵۵	۳-۹-۱- نیازمندی‌های مقاومت برای سکوه‌های دریایی.....
۵۸	۳-۹-۲- نیازمندی‌های شکل‌پذیری.....
۶۱	۳-۹-۳- اتصالات لوله‌ای.....
۶۱	۳-۹-۴- تجهیزات و تخمین‌های الحاقی عرشه.....
۶۲	۳-۱۰- معادلات دینامیکی حاکم بر سکوه‌های دریایی تحت اثر زلزله.....

۶۴	..... جمع‌بندی ۱۱-۳
۶۵	..... <b>کنترل لرزه‌ای سکوه‌ای ثابت شابلونی</b> ۴-۴
۶۶	..... ۱-۴ مقدمه
۶۶	..... ۲-۴ لزوم کنترل لرزه‌ای سکوه‌ای شابلونی
۶۸	..... ۳-۴ معرفی انواع سیستم‌های کنترل سازه
۷۰	..... ۱-۳-۴ میراگر جرمی میزان‌شده
۷۰	..... ۲-۳-۴ میراگر فلزی جاری‌شونده
۷۱	..... ۳-۳-۴ میراگر ویسکوز
۷۲	..... ۴-۳-۴ میراگر ویسکوالاستیک جامد
۷۳	..... ۵-۳-۴ میراگر اصطکاکی
۷۴	..... ۶-۳-۴ سیستم جداساز لرزه‌ای
۷۶	..... ۴-۴ انواع جداسازهای لرزه‌ای
۷۶	..... ۱-۴-۴ جداسازهای لاستیکی
۷۹	..... ۲-۴-۴ جداسازهای اصطکاکی
۸۰	..... ۵-۴ جداسازی لرزه‌ای سکوه‌ای شابلونی
۸۲	..... ۱-۵-۴ تفاوت کاربرد جداسازی لرزه‌ای در سکوها با ساختمان‌ها
۸۲	..... ۲-۵-۴ شرایط عدم تجهیز سکوها به سیستم‌های جداساز لرزه‌ای
۸۳	..... ۶-۴ مشخصات سیستم جداساز لرزه‌ای مورد استفاده در این مطالعه
۸۵	..... ۷-۴ سیستم‌های کنترل غیرفعال و بارهای وارده به سازه

۸۶	۸-۴- جمع‌بندی
۸۷	۵- مدلسازی
۸۸	۵-۱- مقدمه
۸۸	۵-۲- مشخصات و موقعیت سکوی مورد مطالعه
۹۰	۵-۳- ملاحظات آیین‌نامه ای‌پی‌آی
۹۱	۵-۴- مدلسازی سکوی مورد مطالعه
۹۲	۵-۴-۱- وجوه کلی نرم‌افزار استفاده شده
۹۳	۵-۴-۲- مدلسازی جاکت سکو
۹۴	۵-۴-۳- مدلسازی شمع‌های سکو
۹۶	۵-۴-۴- مدلسازی عرشه سکو
۹۶	۵-۴-۵- مدلسازی جرم‌های مربوط به عرشه و سایر متعلقات آن
۹۷	۵-۴-۶- مدلسازی سیستم جداساز لرزه‌ای
۹۸	۵-۴-۷- مدلسازی مصالح سکو
۹۸	۵-۴-۸- بارگذاری
۹۹	۵-۴-۹- روش انتخابی برای آنالیز دینامیکی سکوی مورد مطالعه
۱۰۰	۵-۴-۱۰- تعیین مشخصات دینامیکی سکوی مورد مطالعه
۱۰۲	۵-۵- جمع‌بندی
۱۰۳	۶- بررسی و مقایسه نتایج
۱۰۴	۶-۱- مقدمه
۱۰۴	۶-۲- مشخصات سیستم جداساز لرزه‌ای مورد استفاده

- ۳-۶- عملکرد سکوی مجهز به سیستم جداساز لرزه‌ای ..... ۱۰۵
- ۱-۳-۶- مقایسه جابجایی بالاترین سطح زیرسازه سکو ..... ۱۰۶
- ۲-۳-۶- مقایسه برش پایه سکو ..... ۱۰۹
- ۳-۳-۶- مقایسه شتاب عرشه اصلی سکو ..... ۱۱۱
- ۴-۳-۶- مقایسه جابجایی نسبی بین ترازهای عرشه سکو ..... ۱۱۳
- ۵-۳-۶- بررسی لزوم تجهیز سطح جداسازی به میراگرهای ویسکوز ..... ۱۱۶
- ۶-۳-۶- مقایسه انرژی ورودی زلزله و نحوه کاهش و اتلاف آن ..... ۱۱۸
- ۷-۳-۶- مقایسه بیشینه تنش معادل فون میسز در زیرسازه سکو ..... ۱۲۴
- ۸-۳-۶- مقایسه خصوصیات دینامیکی سکو ..... ۱۲۷
- ۴-۶- جمع‌بندی ..... ۱۲۸
- ۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ..... ۱۳۰**
- ۱-۷- مقدمه ..... ۱۳۱
- ۲-۷- نتیجه‌گیری کلی ..... ۱۳۱
- ۳-۷- پیشنهادات برای کارهای آینده ..... ۱۳۳
- مراجع ..... ۱۳۵**
- پیوست (الف): المان‌های استفاده شده در مدلسازی ..... ۱۳۹
- پیوست (ب): راهنمای آنالیز تاریخچه‌زمانی زلزله در آنسیس ..... ۱۴۵
- پیوست (ج): روش‌های آنالیز دینامیکی موجود در آنسیس ..... ۱۵۳
- پیوست (د): جزئیات سازه‌ای سکوی سرچاهی میدان نفتی بهرگانسر ..... ۱۵۸

- جدول ۵-۱- جرم بخش‌های مختلف سکوی مورد مطالعه..... ۹۰
- جدول ۵-۲- مشخصات مصالح فولادی استفاده‌شده در سکوی مورد مطالعه..... ۹۸
- جدول ۵-۳- مشخصات رکوردهای استفاده‌شده در این مطالعه..... ۹۹
- جدول ۵-۴- خصوصیات دینامیکی سکوی سرچاهی بهرگانسر..... ۱۰۰
- جدول ۶-۱- میزان تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای بر روی پارامتر جابجایی بالاترین سطح زیرسازه  
سکو..... ۱۰۷
- جدول ۶-۲- میزان تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای بر روی پارامتر برش پایه سکو..... ۱۰۹
- جدول ۶-۳- میزان تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای بر روی پارامتر شتاب عرشه اصلی سکو..... ۱۱۲
- جدول ۶-۴- میزان تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای بر روی پارامتر جابجایی نسبی بین ترازهای عرشه  
سکو..... ۱۱۴
- جدول ۶-۵- میزان تأثیرگذاری میراگرهای ویسکوز بر روی پارامتر جابجایی نسبی در تراز  
جداسازی..... ۱۱۷
- جدول ۶-۶- میزان تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای بر روی بیشینه تنش فون میسز در زیرسازه  
سکو..... ۱۲۴
- جدول ۶-۷- تأثیرگذاری سیستم جداساز لرزه‌ای بر روی خصوصیات دینامیکی سکو..... ۱۲۸

- شکل ۲-۱- نمای سه بعدی از یک سکوی خودبالابر..... ۱۰
- شکل ۲-۲- نمایی از یک سکوی وزنی..... ۱۱
- شکل ۲-۳- نمای سه بعدی از یک سکوی برجی مهارشده..... ۱۲
- شکل ۲-۴- نمای سه بعدی از یک سکوی نیمه غوطه‌ور..... ۱۳
- شکل ۲-۵- نمای سه بعدی از یک سکوی پایه کششی..... ۱۴
- شکل ۲-۶- نمای سه بعدی از یک سکوی کششی ستاره دریایی..... ۱۵
- شکل ۲-۷- نمای سه بعدی از یک سکوی شناور ستونی..... ۱۶
- شکل ۲-۸- نمای سه بعدی از یک سکوی کشتی‌سان..... ۱۷
- شکل ۲-۹- نمایی کلی از سکوهای ثابت شابلونی میدان نفتی بهرگانسر..... ۱۸
- شکل ۲-۱۰- بخش‌های اصلی یک سکوی شابلونی..... ۲۰
- شکل ۲-۱۱- پروفیل نمونه جریان ناشی از باد و جزر و مد در خلیج مکزیک [۱۸]..... ۲۸
- شکل ۲-۱۲- مشخص نمودن سطح تراز هر کدام از جزر و مدها از سطح تراز آب میانگین [۱۸]..... ۲۹
- شکل ۲-۱۳- آنالیزهای مطرح در ساخت سکوهای شابلونی [۱۹]..... ۳۷
- شکل ۳-۱- موقعیت تکتونیک ایران در نقشه تکتونیکي خاورمیانه [۲۰]..... ۴۰
- شکل ۳-۲- مکانیزم انتشار امواج اولیه طولی [۲۰]..... ۴۲
- شکل ۳-۳- مکانیزم انتشار امواج ثانویه عرضی [۲۰]..... ۴۳
- شکل ۳-۴- مکانیزم انتشار امواج رایی [۲۰]..... ۴۴
- شکل ۳-۵- مکانیزم انتشار امواج لای [۲۰]..... ۴۵
- شکل ۳-۶- منحنی تاریخچه‌زمانی و چگالی طیفی نمونه‌ای از فرآیند باند پهن [۲۰]..... ۴۷

- شکل ۳-۷- منحنی تاریخچه‌زمانی و چگالی طیفی نمونه‌ای از فرآیند باند باریک [۲۰]..... ۴۸
- شکل ۳-۸- لرزه‌خیزی حوزه‌های فراساحل: (الف) آمریکای جنوبی، (ب) آمریکای شمالی، (ج) اروپا، (د) آمریکای مرکزی، (ه) آفریقا، (و) خاورمیانه، (ز) اقیانوس اطلس جنوبی، (ح) شرق آسیا، (ط) جنوب آسیا، (ی) ژاپن، (ک) اندونزی [۲۲]..... ۵۲
- شکل ۳-۹- منحنی طیف بازده طراحی توصیه‌شده توسط آیین‌نامه ای‌پی‌آی [۱۷]..... ۵۶
- شکل ۳-۱۰- قاب‌هایی که ضوابط شکل‌پذیری آیین‌نامه ای‌پی‌آی را اقناع نمی‌کنند [۱۷]..... ۶۰
- شکل ۳-۱۱- قاب‌هایی که ضوابط شکل‌پذیری آیین‌نامه ای‌پی‌آی را اقناع می‌کنند [۱۷]..... ۶۰
- شکل ۴-۱- نمونه‌هایی از مودهای خرابی سکوه‌های شابلونی: (الف) تخریب پایه‌های عرشه، (ب) تخریب مهاربندهای جانبی، (ج) تخریب شمع‌ها، (د) تخریب اجزای غیرسازه‌ای روی عرشه..... ۶۷
- شکل ۴-۲- نمونه‌ای از میراگر جرمی میزان‌شده و نصب آن روی سکوه‌های شابلونی [۲۷]..... ۷۰
- شکل ۴-۳- میراگر فلزی جاری‌شونده با ورق X شکل..... ۷۱
- شکل ۴-۴- نمونه‌ای از میراگر ویسکوز و نصب آن روی سکوه‌های شابلونی [۱۲]..... ۷۲
- شکل ۴-۵- نمونه‌ای از میراگر ویسکوالاستیک جامد و نصب آن روی سکوه‌های شابلونی [۱۲]..... ۷۳
- شکل ۴-۶- نمونه‌ای از میراگر اصطکاکی و نصب آن روی سکوه‌های شابلونی [۲۸]..... ۷۳
- شکل ۴-۷- مقایسه رفتار هیستریزیس چند نوع میراگر..... ۷۴
- شکل ۴-۸- رفتار سازه: (الف) بدون جداساز لرزه‌ای و (ب) با جداساز لرزه‌ای..... ۷۵
- شکل ۴-۹- تکیه‌گاه الاستومریک و رفتار هیستریزیس آن..... ۷۷
- شکل ۴-۱۰- تکیه‌گاه لاستیکی با هسته سربی و رفتار هیستریزیس آن..... ۷۸
- شکل ۴-۱۱- تکیه‌گاه اصطکاکی پاندولی و رفتار هیستریزیس آن..... ۷۹

- شکل ۴-۱۲- تکیه‌گاه الاستیک اصطکاکی و رفتار هیستریزیس آن ..... ۸۰
- شکل ۴-۱۳- موقعیت نصب جداسازهای لرزه‌ای در سکوه‌های شابلونی [۱] ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۴- سیستم جداساز لرزه‌ای مورد استفاده و اجزای تشکیل دهنده آن ..... ۸۴
- شکل ۵-۱- موقعیت میدان نفتی بهرگانسر در خلیج فارس ..... ۸۹
- شکل ۵-۲- نمایی از مدل المان محدود سکوی مورد مطالعه با المان‌های سه‌بعدی ..... ۹۲
- شکل ۵-۳- نمایی از المان PIPE59 [۳۲] ..... ۹۴
- شکل ۵-۴- نمایی از المان PIPE16 [۳۲] ..... ۹۵
- شکل ۵-۵- نمایی از المان BEAM188 [۳۲] ..... ۹۶
- شکل ۵-۶- نمایی از المان MASS21 [۳۲] ..... ۹۷
- شکل ۵-۷- المان COMBIN14 و مدل‌سازی آن به عنوان جداساز لرزه‌ای [۳۲] ..... ۹۸
- شکل ۵-۸- مود شکل‌های ارتعاشی سکوی بهرگانسر: (الف) مود اول جانبی در جهت محور X، (ب) مود دوم جانبی در جهت محور Y، (ج) مود سوم پیچشی حول محور Z ..... ۱۰۰
- شکل ۶-۱- تاریخچه‌زمانی جابجایی بالاترین سطح زیرسازه سکو برای حالت‌های کنترل‌نشده و کنترل‌شده تحت زلزله: (الف) Tabas، (ب) Kobe و (ج) Northridge ..... ۱۰۸
- شکل ۶-۲- تاریخچه‌زمانی برش پایه سکو برای حالت‌های کنترل‌نشده و کنترل‌شده تحت زلزله: (الف) Tabas، (ب) Kobe و (ج) Northridge ..... ۱۱۱
- شکل ۶-۳- تاریخچه‌زمانی شتاب عرشه اصلی سکو برای حالت‌های کنترل‌نشده و کنترل‌شده تحت زلزله: (الف) Tabas، (ب) Kobe و (ج) Northridge ..... ۱۱۳



- شکل ۴-۶- تاریخچه زمانی جابجایی نسبی بین ترازهای عرشه سکو برای حالت‌های کنترل نشده و کنترل شده تحت زلزله: (الف) Tabas، (ب) Kobe و (ج) Northridge ..... ۱۱۵
- شکل ۵-۶- تاریخچه زمانی جابجایی نسبی در تراز جداسازی برای حالت‌های بدون میراگر ویسکوز و با میراگر ویسکوز تحت زلزله: (الف) Tabas، (ب) Kobe و (ج) Northridge ..... ۱۱۸
- شکل ۶-۶- منحنی هیستریزس سیستم جداساز لرزه‌ای تحت زلزله: (الف) Tabas، (ب) Kobe و (ج) Northridge ..... ۱۲۰
- شکل ۷-۶- تاریخچه زمانی انرژی تجمعی تحت رکورد زلزله Tabas: (الف) انرژی ورودی کنترل نشده و (ب) انرژی ورودی کنترل شده و نحوه اتلاف آن ..... ۱۲۱
- شکل ۸-۶- تاریخچه زمانی انرژی تجمعی تحت زلزله Kobe: (الف) انرژی ورودی کنترل نشده و (ب) انرژی ورودی کنترل شده و نحوه اتلاف آن ..... ۱۲۲
- شکل ۹-۶- تاریخچه زمانی انرژی تجمعی تحت زلزله Northridge: (الف) انرژی ورودی کنترل نشده و (ب) انرژی ورودی کنترل شده و نحوه اتلاف آن ..... ۱۲۳
- شکل ۱۰-۶- توزیع تنش فون میسز در زیرسازه سکو تحت زلزله Tabas: (الف) حالت کنترل نشده و (ب) حالت کنترل شده ..... ۱۲۵
- شکل ۱۱-۶- توزیع تنش فون میسز در زیرسازه سکو تحت زلزله Kobe: (الف) حالت کنترل نشده و (ب) حالت کنترل شده ..... ۱۲۶
- شکل ۱۲-۶- توزیع تنش فون میسز در زیرسازه سکو تحت زلزله Northridge: (الف) حالت کنترل نشده و (ب) حالت کنترل شده ..... ۱۲۷

# فصل اول

## مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

سکوهای دریایی از نوع شابلونی، که دارای پتانسیل خرابی بالایی می‌باشند، در دهه‌های گذشته به منظور فعالیت‌های مختلف مانند استخراج و تولید گاز یا نفت، حفاری و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند. طول عمر متوسط این سازه‌ها حدود ۲۵ سال می‌باشد. بسیاری از سکوهای شابلونی در حوزه‌های با پتانسیل لرزه‌خیزی بالا قرار گرفته‌اند و سکوهای جدیدی نیز در این حوزه‌ها در حال توسعه می‌باشند. سکوهای قدیمی در حوزه‌های لرزه‌خیز ممکن است دارای سه کمبود زیر باشند:

- حرکات لرزه‌ای ناکافی برای طراحی اولیه؛
- قاب سازه‌ای که برای رفتار شکل‌پذیر طراحی نشده باشد؛
- کاهش ظرفیت در اثر خرابی، خوردگی یا افت در اثر خستگی.

بعلاوه اینکه بسیاری از این سکوها از عمر طراحی خود (۲۰ تا ۲۵ سال) عبور کرده‌اند. امروزه با توجه به ملاحظات اقتصادی، در کاهش مصالح فولادی مصرفی به منظور ساخت و نصب سکوهای جدید از طرفی و توسعه روزافزون روش‌های افزایش عمر سکوهای موجود در حوزه‌های نفتی از طرف دیگر، مناسب است که سکوهای دریایی به سیستم‌های کنترل لرزه‌ای مجهز شوند. از دیدگاه اقتصادی، تجهیز یک سکوی قدیمی موجود، به سیستم‌های کنترل لرزه‌ای و ادامه فعالیت آن در بسیاری از موارد بر نصب یک سکوی جدید ارجح می‌باشد. سامانه جداساز لرزه‌ای یکی از سیستم‌های کنترل غیرفعال می‌باشد که به نحو مؤثری می‌توان از آن در مقاوم‌سازی سکوهای موجود و یا طراحی سکوهای جدید واقع در حوزه‌های لرزه‌خیز بهره برد.

در این مطالعه، روش‌های کنترل لرزه‌ای سکوهای شابلونی، به خصوص سیستم جداساز لرزه‌ای تشریح گردیده است. سیستم جداساز لرزه‌ای جزو سیستم‌های کنترل غیرفعال می‌باشد و به منظور حفظ ایمنی و افزایش کارایی سکو معمولاً در فاصله بین عرشه و زیرسازه سکو قرار می‌گیرد. این سیستم به عنوان سیستمی ساده و ارزان، با استفاده از مکانیزم توأم افزایش پریود طبیعی سازه و القای

میرایی به سازه، به طور مؤثری می‌تواند موجب کاهش پاسخ‌های دینامیکی سازه، به خصوص در بارگذاری‌های شدید مانند زلزله، شود.

## ۱-۲- بیان مسئله، هدف

سکوهای دریایی دارای پتانسیل خرابی بالایی می‌باشند. طبق آمار موجود، بسیاری از این سازه‌ها از عمر طراحی خود عبور کرده‌اند و نیازمند بهسازی لرزه‌ای می‌باشند. از طرفی به منظور کاهش مصالح مصرفی در سازه سکوهای با طراحی جدید و همچنین اطمینان از ایمنی و حفظ کارایی آن‌ها، کنترل لرزه‌ای این سازه‌ها از جهات گوناگونی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. یکی از مسائلی که کمتر به آن توجه شده است بحث کنترل لرزه‌ای این سازه‌ها در مقابل بارهای ناشی از زلزله است. امید است که در آینده بتوان اصلاحاتی اساسی در بحث کنترل لرزه‌ای سکوهای دریایی انجام داد. این اصلاحات علاوه بر بحث زلزله به موضوعات دیگری نیز از جمله موج، باد و غیره قابل تعمیم است. بحث پایان‌نامه حاضر، کنترل لرزه‌ای سکوهای شابلونی با استفاده از سیستم جداساز لرزه‌ای می‌باشد. روش جداسازی لرزه‌ای در حال حاضر به شکل وسیعی در سازه‌هایی از قبیل ساختمان‌ها، پل‌ها و نیروگاه‌های اتمی مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی تا به حال از این سامانه در سکوهای دریایی استفاده نشده است. سیستم‌های جداساز لرزه‌ای می‌توانند در فاصله بین عرشه و زیرسازه سکو نصب گردند و با استفاده از قابلیت جذب انرژی و نرمی خود، بخشی از انرژی ورودی زلزله را منعکس و بخش دیگر را قبل از آن که این انرژی به زیرسازه سکو منتقل شود جذب نمایند. اثر نهایی، کاهش تقاضای اتلاف انرژی بر روی سیستم سازه‌ای است، که باعث ادامه بقای بیش‌تر آن می‌شود. در این پایان‌نامه سعی شده است که به بحث کنترل لرزه‌ای این سازه‌ها به وسیله سیستم‌های جداساز لرزه‌ای پرداخته و میزان تأثیرگذاری این سیستم بر روی پاسخ‌های دینامیکی سازه، مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.