بسم الله الرحمن الرحيم

١٣٨٦١٨

دانشگاه ارومیه

بررسی بکارگیری میراگرهای غیرفعال در سکوهای دریایی

هیوا نعمانی

دانشکده فنی ــ دانشگاه ارومیه

گروه عمران

۱۳۸۸

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما: دکتر حبیب سعید منیر

۱۳۸۹/۴/۸

مرکز اطلاعات مدارک علمی ایران

تهیه مدارک

۱۳۸۶۱۸

پایان نامه حمیدرضا شعبانی به تاریخ ۸۸/۶/۲۵ شماره ۱۹۹-۲ت مورد پذیرش هیأت محترم

داوران با رتبه‌های و نمره ۱۸/۷۵ قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران:

۲- داور خارجی دکتر شیدایی

۳- داور داخلی دکتر شرکتی

٤- نماینده تحصیلات تکمیلی

حق طبع و نشر مطالب این پایان نامه
در انحصار دانشگاه ارومیه می باشد.

تقدیر و تشکر

حال آنکه با عنایت پروردگار متعال کار تحقیقاتی این پایان‌نامه با موفقیت به پایان رسیده است، وظیفه خود میدانم از زحمات و کوششهای فراوان استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر حبیب سعید منیر که در طی این مدت با راهنمایی‌ها و ارشادات حکیمانه خویش اینجانب را در انجام این تحقیق هدایت و یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم.

از اساتید محترم و عالی‌قدر دوره کارشناسی ارشد آقایان دکتر شوکتی، دکتر شیدایی و دکتر تاروردیلو که با زحمات خود موجبات رشد علمی اینجانب را فراهم آورده‌اند صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

از دوستان خود آقایان هەژار مدرسی، عارف خدرلو، محسن بوانی و کیوان زینالی و ... بخاطر کمک‌ها، نظرات و پیشنهادات ارزشمند در جهت بهبود و تکامل تحقیق حاضر قدردانی نموده و توفیقات روزافزون را برایشان از درگاه الهی خواستارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فرم داوران

تقدیر و تشکر

فهرست جداول

فهرست اشکال

فصل اول: مقدمه و اهداف

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- تاریخچه سازه‌های دریایی ۲

۱-۳- اهداف تحقیق صورت گرفته ٤

۱-٤- فعالیتهای صورت‌گرفته در این تحقیق ٥

فصل دوم: شرح مختصری در مورد سازه‌های دریایی

۲-۱- پیشگفتار ٦

۲-۲- انواع سازه‌های دریایی ٦

۲-۲-۱- سکوهای ثابت ۷

۲-۲-۱-۱- سکوی ثابت جاکتی ۷

۲-۲-۱-۲- سکوی وزنی ۷

۲-۲-۱-۳- سکوی برجی مهار شده ۹

۲-۲-۱-٤- سکوی پایه کششی ۱۰

۲-۲-۲- سکویهای حفاری متحرک ۱۰

۲-۲-۲-۱- سکوی خودبالابر ۱۰

۲-۲-۲-۲- سکوی نیمه شناور ۱۱

۲-۲-۲-۳- سکوی شناور ۱۱

۲-۲-۳- انتخاب نوع سکو ۱۲

۲-۳- نیروهای وارد بر سکوهای دریای ۱۳

۲-۳-۱- بارهای دائمی ۱٤

۲-۳-۲- نیروهای محیطی ۱٤

۲-۳-۲-۱- نیروی ناشی از باد بر سازه دریایی ۱٤

۲-۳-۲-۲- نیروی ناشی از امواج بر سازه دریایی..... ۱۵
۲-٤- تئوری‌های امواج منظم ۱۵
۲-٤-۱- تئوری موج خطی ایری(Airy) ۱٦
۲-٤-۲- تئوری تک موج..... ۱۷
۲-٤-۳- تئوری موج کنوئیدال..... ۱۷
۲-٤-٤- تئوری موج استوکس..... ۱۷
۲-٤-۵- تابع جریان..... ۱۸
۲-۵- محاسبه نیروی موج بر اعضاء سازه..... ۱۸
۲-٦- جزر و مد..... ۲۱
۲-۷- جریان دریایی..... ۲۲
۲-۸- نیروی یخ..... ۲۳
۲-۹- روئیدنیهای دریایی..... ۲۳
۲-۱۰- زلزله..... ۲۳
۲-۱۰-۱- تأثیر نوع خاک بر امواج زلزله..... ۲٤
۲-۱۰-۲- طبقه‌بندی امواج زلزله..... ۲٤
۲-۱۱- سایر بارگذاریها..... ۲٦

فصل سوم: شرح مختصری در مورد سیستم‌های اتلاف انرژی غیرفعال

۳-۱- پیشگفتار ۲۷
۳-۲- میراگرهای فلزی ۲۸
۳-۳- میراگرهای اصطکاکی..... ۳۱
۳-٤- میراگرهای ویسکوالاستیک ۳۳
۳-۵- میراگرهای سیال لزج ۳۵
۳-٦- میراگرهای جرمی تنظیم شده ۳۸
۳-۷- میراگرهای مایعی تنظیم شده ۳۹
۳-۸- جداگرهای ارتعاشی ٤۱
۳-۸-۱- مشخصات عمومی سازه‌های با جداگرهای ارتعاشی..... ٤۱
۳-۸-۲- اثرات کلی جداگرها بر رفتار لرزه‌ای سازه‌ها..... ٤۲
۳-۸-۳- پارامترهای سیستم‌های جداگر خطی و دو خطی..... ٤۳
۳-۸-٤- تکیه‌گاه‌های لاستیکی لایه‌ای ٤٦
۳-۸-٤-۱- جداسازی توسط تکیه‌گاه لاستیکی ٤۷

۳-۸-٤-۲- سختی افقی تکیه‌گاه ٤۸
۳-۸-٤-۳- میرائی تکیه‌گاه ٤۸
۳-۸-٤-٤- عوامل دیگر در طراحی تکیه‌گاههای لاستیکی ٤۸
۳-۸-۵- تکیه‌گاهای سربی ـ لاستیکی ٤۹
۳-۸-۵-۱- خصوصیات تکیه‌گاههای سربی ـ لاستیکی ۵۱
۳-۸-۵-۲- وابستگی به میزان تغییرات ۵۲
۳-۸-٦- تکیه‌گاه با لاستیک دارای اتلاف زیاد ۵٤
۳-۸-۷- تکیه‌گاههای لغزشی PTFE ۵٤

فصل چهارم: نحوه مدلسازی سکوی مورد مطالعه در نرم‌افزارABAQUS و ANSYS

٤-۱- پیشگفتار ۵٦
٤-۲- تحلیل مسائل توسط نرم‌افزار Abaqus ۵۷
٤-۲-۱- پیش‌پردازش (Abaqus/CAE) ۵۷
٤-۲-۲- شبیه‌سازی (Abaqus/Explicit یا Abaqus/Standard) ۵۸
٤-۲-۳- پس‌پردازش (Abaqus/CAE) ۵۸
٤-۳- المانهای محدود و اعضای صلب ۵۸
٤-۳-۱- المانهای محدود ۵۸
٤-۳-۱-۱- خانواده ۵۹
٤-۳-۱-۲- درجه آزادی ۵۹
٤-۳-۱-۳- تعداد گره‌ها ٦۰
٤-۳-۱-٤- فرمولاسیون ٦۱
٤-۳-۱-۵- انتگرال‌گیری ٦۱
٤-٤- المان Beam ٦۱
٤-٤-۱- درجات آزادی ٦۲
٤-٤-۲- مشخصات المان ٦۲
٤-٤-۳- فرمولاسیون و انتگرال‌گیری ٦۲
٤-۵- حل مسائل غیرخطی در Abaqus ٦۲
٤-۵-۱- حل Explicit و implicit ٦٤

٤-٦- شرح مراحل مختلف مدلسازی ٦٦
٤-٦-١- ایجاد مدل در نرم‌افزار ٦٦
٤-٦-٢- تعیین خواص مصالح ٦٧
٤-٦-٣- مونتاژ کردن قطعات ساخته شده ٦٨
٤-٦-٤- تعریف تماس ٦٨
٤-٦-٥- اعمال شرایط مرزی و بارگذاری ٦٩
٤-٦-٦- مش‌بندی ٦٩
٤-٧- بارگذاری سکو ٧١
٤-٨- داده های ورودی به نرم‌افزار ANSYS جهت بررسی اثر توأم امواج و نیروی زلزله..... ٧٢
٤-٨-١- داده‌های ورودی به نرم‌افزار..... ٧٣
٤-٨-١-١- خصوصیات هندسی موج..... ٧٣
٤-٨-١-٢- جهت موج..... ٧٤
٤-٨-١-٣- پروفیل جریان آب در اعماق مختلف..... ٧٤
٤-٨-١-٤- مبانی تئوریک مدل‌سازی امواج و جریان در نرم‌افزار ANSYS..... ٧٥
٤-٨-١-٥- تعیین ضرایب مربوط به جریان..... ٧٧
٤-٨-١-٦-اثرات اندرکنش موج و جریان..... ٧٧
٤-٨-٢- مدل‌سازی اثرات غیر خطی..... ٧٨
٤-٨-٢-١- غیر خطی مصالح..... ٧٨
٤-٨-٢-٢- غیر خطی هندسی..... ٧٨
٤-٨-٣- انتخاب نوع تحلیل در سکوی مدل‌سازی شده..... ٧٩
٤-٨-٣-١- روش گام به گام زمانی..... ٨٠
٤-٨-٣-٢- روش نیومارک..... ٨١
٤-٨-٣-٣- روش‌های حل آنالیز دینامیکی گذرا..... ٨٤
٤-٨-٤- تعیین گام زمانی..... ٨٥
٤-٨-٥- اعمال نیروی زلزله..... ٨٥
٤-٩- بررسی پاسخ سکو تحت اثر زلزله تنهاو زلزله و موج توأم..... ٨٦

فصل پنجم: اساس طراحی سازه‌ها با جداسازی لرزه‌ای

۵-۱- پیشگفتار ۸۸

۵-۲- انتخاب جداساز لرزه‌ای ۸۹

۵-۲-۱- جنبه اصلی جداساز ۸۹

۵-۲-۲- ضرایب انتخاب جداساز لرزه‌ای ۹۰

۵-۲-۳- زلزله‌های طراحی ۹۱

۵-۲-٤- توازنی بین کاهش برش پایه و افزایش تغییر مکانها ۹٤

۵-۲-۵-مکان هندسی نقاط تسلیم برای یک NL و K_B معین در جداسازهای دوخطی ساختار هندسی ..۹۵

فصل ششم: تحلیل واکنشهای دینامیکی شناور تحت اثر نیروی زلزله و نتایج حاصله

٦-۱- پیشگفتار ۹۷

٦-۲- نتایج آنالیز مودال ۹۸

٦-۳- عوامل تأثیرگذار بر رفتار سکوی مجهز به جداساز ۱۰۰

٦-٤- نتایج حاصل از زلزله Kobe با شتاب مقیاس شده $0.35g$ ۱۰۳

٦-۵- نتایج حاصل از زلزله Elcentro با شتاب مقیاس شده $0.35g$ ۱۱۳

٦-٦- نتایج حاصل از زلزله Tabas با شتاب مقیاس شده $0.35g$ ۱۲۳

٦-۷- مقایسه و آنالیز نتایج..... ۱۳۳

٦-۸-۱- بررسی بکارگیری میراگر ویسکوز در تراز جداسازی شده..... ۱٤۷

٦-۸-۲- بررسی رفتار سکو در مقابل ضربه..... ۱۵۲

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه گیری ۱۵۵

۷-۲- پیشنهادات ۱۵۷

مراجع..... ۱۵۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱ـ۱) : سیستم‌های حفاظت سازه‌ای..... ۲

جدول (۲-۱) اطلاعات مربوط به سکوهای بتنی..... ۸

جدول (٤ـ۱) مشخصات هندسی سازه مدل شده..... ٦۷

جدول (٤ـ۲) مشخصات مواد تعیین شده..... ٦۸

جدول (٤-۳) مشخصات جداساز را نشان می‌دهد..... ٦۹

جدول (٤-٤): مقادیر سرعت جریان نسبت به تغییرات ارتفاع..... ۷۵

جدول (٤-۵): مقادیر ضرایب مربوط به جریان..... ۷۷

جدول (٦-۱): مقادیر فرکانسهای طبیعی سکوی مفروض..... ۹۸

جدول (٦-۲): مقادیر انتخابی برای مشخصات جداساز سربی- لاستیکی..... ۱۰۲

جدول (٦-۳): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳۳

جدول (٦-٤): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳٤

جدول (٦-۵): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳۵

جدول (٦-٦): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳٦

جدول (٦-۷): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳۷

جدول (٦-۸): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳۸

جدول (٦-۹): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱۳۹

جدول (٦-۱۰): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱٤۰

جدول (٦-۱۱): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱٤۱

جدول (٦-۱۲): خلاصه نتایج آنالیزهای سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ جهت بدست آوردن مشخصات بهینه..... ۱٤۲

جدول (٦-۱۳): مقایسه میانگین درصد کاهش جابجایی روی عرشه برای سه رکورد زلزله به ازای مقادیر مختلف $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}$ و $\frac{Q_y}{W}$ ۱٤۳

جدول (٦-١٤): مقایسه میانگین درصد کاهش شتاب روی عرشه برای سه رکورد زلزله به ازای مقادیر مختلف $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}$ و $\frac{Q_y}{W}$ ١٤٤

جدول (٦-١٥): مقایسه میانگین درصد کاهش برش پایه برای سه رکورد زلزله به ازای مقادیر مختلف $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}$ و $\frac{Q_y}{W}$ ١٤٥

جدول (٦-١٦): مقایسه میانگین جابجایی نسبی جداساز برای سه رکورد زلزله به ازای مقادیر مختلف $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}$ و $\frac{Q_y}{W}$ ١٤٦

جدول(٦-١٧): مقایسه نتایج آنالیزهای انجام شده برای سازه جداسازی نشده و سازه جداسازی شده و سازه جداسازی شده با میراگر..... ١٥٠

فهرست تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱): رشد تدریجی سکوهای ثابت دریایی..... ٤
شکا (۲-۱): نمایی از یک سکوی ثابت شابلونی ۷
شکل (۲ـ۲): سکوی بتنی از نوع کندیپ..... ۹
شکل (۲ـ۳): نمایی از یک سکوی برجی مهار شده ۹
شکل (۲ـ٤) نمایی از یک سکوی پایه کششی ۱۰
شکل (۲ـ۵): نمایی از یک سکوی خودبالابر..... ..... ۱۱
شکل (۲ـ٦): تصویر یک سکوی نیمه شناور ۱۱
شکل (۲ـ۷): سکوی شناور متصل به ستون مفصلی..... ۱۲
شکل (۲ـ۸): تغییرات وزن سکو نسبت به عمق آب..... ۱۲
شکل(۲ـ۹): مقایسه هزینه‌ها برای ساخت سکوهای متفاوت..... ۱۳
شکل(۲ـ۱۰): جزئیات موج خطی ایری..... ۱٦
شکل (۲ـ۱۱) : نمودار محدوده کاربرد هریک از تئوریهای موج..... ۱۸
شکل (۲ـ۱۲): ضریب C_m در اعداد زینولدز مختلف..... ۲۰
شکل (۲ـ۱۳): ضریب C_D در اعداد رینولدر مختلف..... ۲۰
شکل (۲ـ۱٤) : ضریب C_M در حالات مختلف..... ۲۱
شکل (۲ـ۱۵): ضریب C_D در حالات مختلف..... ۲۱
شکل (۲ـ۱٦): محدوده‌های مختلف جذر و مد..... ۲۲
شکل (۲ـ۱۷): توزیع سرعت جریان در عمق..... ۲۲
شکل(۲ـ۱۸): تغییر مسیر و افزایش دامنه امواج زلزله بهنگام عبور از بستر سنگی به لایه نرم فوقانی..... ۲٤
شکل(۲ـ۱۹): زلزله‌های نوع تک‌ضربه و طولانی و بی‌قاعده..... ۲۵
شکل (۳ـ۱): هندسه میراگرهای فلزی..... ۲۹
شکل (۳-۲): میراگرهای فلزی..... ۲۹
شکل (۳-۳): شکل و نحوه جایگذاری المان ADAS..... ۳۰
شکل (۳ـ٤): نحوه عملکرد المان ADAS به هنگام بارگذاری جانبی..... ۳۰
شکل (۳ـ۵): میراگرهای اصطکاکی..... ۳۲
شکل (۳ـ٦) : نمونه پیکربندی میراگر ویسکوالاستیک..... ۳۳
شکل (۳ـ۷): تنش و کرنش تحت بارگذاری سینوسی..... ۳٤
شکل (۳ـ۸): نمودار تنش ـ کرنش..... ۳۵
شکل (۳ـ۹) : میراگرهای سیال لزج..... ۳٦
شکل (۳ـ۱۰) میراگرهای سیال لزج..... ۳۷
شکل (۳ـ۱۱) : چرخه‌های هیسترزیس نیرو ـ تغییر مکان میراگر GERB..... ۳۷
شکل (۳ـ۱۲): ضربه‌گیر نامیرا و جرم اصلی تحت اثر تحریک هارمونیکی..... ۳۸

شکل (۳-۱۳): جذب کننده ارتعاشات دینامیکی..... ۳۹
شکل (۳ـ۱٤): مخزنهای ضدغلطان Frahm برای استفاده در کشتی‌ها..... ٤۰
شکل (۳ـ۱۵): میراگر حلقوی برای کاربردهای فضایی..... ٤۰
شکل (۳ـ ۱٦): میراگرهای مایعی تنظیم شده برای کابردهای سازه‌ای..... ٤۱
شکل (۳-۱۷) اثر افزایش انعطاف پذیری بر سازه..... ٤۲
شکل (۳-۱۸): تغییرات ϕ_{rn} با ارتفاع h_r که شکل تقریبی n امین مود در r امین تراز سازه‌ی برشی پیوسته یکنواخت..... ٤۲
شکل (۳-۱۹): نمایش کلی سیستم جداساز خطی با میرایی..... ٤۳
شکل (۳-۲۰): نمایش کلی سیستم جداساز دو خطی ٤٤
شکل (۳ـ۲۱) نمایی از تکیه‌گاه الاستومری لایه‌ای با سطح A و محیط C..... ٤۷
شکل (۳ـ۲۲) ـ نمایی از لاستیک استوانه‌ای با قطر D، تغییر شکل برشی Xb و هم پوشانی A..... ٤۸
شکل (۳-۲۳) نمودار تنش-کرنش برای تکیه‌گاه لاستیکی لایه‌ای تقویت شده تحت اثر کشش و فشار..... ٤۹
شکل (۳-۲٤): تکیه‌گاه سربی لاستیکی که شامل یک هسته سربی است که در داخل تکیه‌گاه لاستیکی لایه‌ای تقویت شده قرار گرفته است..... ۵۱
شکل(۳ـ۲۵) ـ حلقه‌های هیسترسیس نیرو ـ تغییرمکان برای یک تکیه‌گاه سربی ـ لاستیکی..... ۵۲
شکل(۳ـ۲٦) ـ نیروی ناشی از سرب در هنگام خزش یک تکیه‌گاه ۳۵٦ میلیمتر..... ۵۳
شکل (۳-۲۷): وابستگی استوانه سربی مقطع سهمی به سرعت در برش که توسط نقاط دایره‌ای نشان داده شده است. علامت ضربدر وابستگی هسته‌ی سربی را به سرعت در تکیه‌گاه سربی-لاستیکی نشان می‌دهد..... ۵۳
شکل (٤-۱) نحوه ارتباط مراحل حل مسئله توسط فایلها..... ۵۷
شکل (٤-۲): المانهای مورد استفاده در ABAQUS..... ۵۹
شکل (٤-۳): a- المان مکعبی ۸ گرهی b- المان مکعبی با گره‌های میانی c- المانهای مثلثی یا چهار وجهی اصلاح شده..... ٦۰
شکل (٤-٤): منحنی نیرو- جابجایی غیرخطی برای یک سازه..... ٦۳
شکل (٤-۵): نیروهای داخلی و خارجی یک سازه..... ٦۳
شکل (٤-٦): پنجره انتخاب فضا، شکل و شکل‌پذیری قطعه..... ٦٦
شکل (٤-۷): نمایی از سکوی مدل شده..... ٦۷
شکل(٤-۸) نتایج نیروی زلزله با ٤ المان در هر عضو..... ۷۰
شکل(٤-۹) نتایج نیروی زلزله با ۱۰۰ المان در هر عضو..... ۷۰
شکل (٤-۱۰): مقایسه تعداد المانها با مدت آنالیز..... ۷۱
شکل(٤-۱۱): مقایسه تعداد المانها با حجم فایل خروجی..... ۷۱
شکل (٤-۱۲): نمودار شتاب-زمان برای مولفه طولی رکورد زلزله طبس..... ۷۱
شکل (٤-۱۳): نمودار شتاب-زمان برای مولفه طولی رکورد زلزله ال‌سنترو..... ۷۲
شکل (٤-۱٤): نمودار شتاب-زمان برای مولفه طولی رکورد زلزله کوبه..... ۷۲
شکل (٤-۱۵) مشخصات هندسی موج را نشان می‌دهد..... ۷۳

شکل(٤-١٦): نمایی از جدول Water table..... ٧٤
شکل(٤-١٧): نمایی از جهت‌های مختلف موج در نرم‌افزار..... ٧٤
شکل (٤-١٨): اثر اندرکنش موج و جریان..... ٧٨
شکل (٤-١٩): منوی اعمال تغییر شکل‌های بزرگ در نرم‌افزار..... ٧٩
شکل (٣-٢٠): نحوه تقسیم نیروی خارجی $P(t)$ در زمان..... ٨٠
شکل(٤-٢١): نحوه انتخاب روش آنالیز دینامیکی گذرا..... ٨٤
شکل(٤-٢٢): نحوه اعمال گام زمانی در نرم‌افزار..... ٨٥
شکل (٤-٢٣): برنامه نوشته شده برای رکوردهای شتاب نگاشت کوبه..... ٨٥
شکل(٤-٣١): مقایسه جابجایی روسازه سکو تحت اثر زلزله تنها و زلزله و موج توأم برای زلزله کوبه و موج با دوره بازگشت ١٠٠ ساله..... ٨٦
شکل(٤-٣١): مقایسه جابجایی روسازه سکو تحت اثر زلزله تنها و زلزله و موج توأم برای زلزله السنترو و موج با دوره بازگشت ١٠٠ ساله..... ٨٦
شکل(٥-١): طیف پاسخ خطی ساده شده..... ٩٣
شکل(٥-٢): جزئیات قسمتی از حلقه هیسترسیس دوخطی..... ٩٥
شکل (٦-١) : مود اول ارتعاش طبیعی سکو..... ٩٨
شکل (٦-٢) : مود دوم ارتعاش طبیعی سکو ٩٩
شکل (٦-٣) : مود سوم ارتعاش طبیعی سکو..... ٩٩
شکل (٦-٤) : مود چهارم ارتعاش طبیعی سکو ٩٩
شکل (٦-٥) : مود پنجم ارتعاش طبیعی سکو..... ١٠٠
شکل (٦-٦) : مود ششم ارتعاش طبیعی سکو..... ١٠٠
شکل(٦-٧): نمونه حلقه هیسترسیس تشکیل شده برای جداساز..... ١٠١
شکل(٦-٨): مدل ساده شده سکو بدون جداساز..... ١٠١
شکل (٦-٩): نیروهای وارده به جداساز..... ١٠٢

نتایج حاصل از زلزله Kobe

شکل (٦-١٠): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٣
شکل (٦-١١): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ ١٠٣
شکل (٦-١٢): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ ١٠٣

شکل (٦-١٣): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٤

شکل (٦-١٤): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ ١٠٤

شکل (٦-١٥): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ ١٠٤

شکل (٦-١٦): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٥

شکل (٦-١٧): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ ١٠٥

شکل (٦-١٨): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ ١٠٥

شکل (٦-١٩): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٦

شکل (٦-٢٠): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ ١٠٦

شکل (٦-٢١): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ ١٠٦

شکل (٦-٢٢): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٧

شکل (٦-٢٣): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ ١٠٧

شکل (٦-٢٤): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ ١٠٧

شکل (٦-٢٥): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٨

شکل (٦-٢٦): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ ١٠٨

شکل (٦-٢٧): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ ١٠٨

شکل (٦-٢٨): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٠٩

شکل (٦-٢٩): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ ١٠٩

شکل (٦-٣٠): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ ١٠٩

شکل (٦-٣١): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٠

شکل (٦-٣٢): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ ١١٠

شکل (٦-٣٣): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ ١١٠

شکل (٦-٣٤): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١١

شکل (٦-٣٥): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ ١١١

شکل (٦-٣٦): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ ١١١

شکل (٦-٣٧): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٢

شکل (٦-٣٨): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ ١١٢

شکل (٦-٣٩): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ ١١٢

نتایج حاصل از زلزله Elcentro با شتاب مقیاس شده $0.35g$

شکل (٦-٤٠): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٣

شکل (٦-٤١): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ ١١٣

شکل (٦-٤٢): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ ١١٣

شکل (٦-٤٣): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٤

شکل (٦-٤٤): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ ١١٤

شکل (٦-٤٥): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ ١١٤

شکل (٦-٤٦): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٥

شکل (٦-٤٧): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ ١١٥

شکل (٦-٤٨): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ ١١٥

شکل (٦-٤٩): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٦

شکل (٦-٥٠): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ ١١٦

شکل (٦-٥١): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ ١١٦

شکل (٦-٥٢): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٧

شکل (٦-٥٣): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ ١١٧

شکل (٦-٥٤): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ ١١٧

شکل (٦-٥٥): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٨

شکل (٦-٥٦): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ ١١٨

شکل (٦-٥٧): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ ١١٨

شکل (٦-٥٨): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١١٩

شکل (٦-٥٩): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ ١١٩

شکل (٦-٦٠): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ ١١٩

شکل (٦-٦١): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٠

شکل (٦-٦٢): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ ١٢٠

شکل (٦-٦٣): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ ١٢٠

شکل (٦-٦٤): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢١

شکل (٦-٦٥): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ ١٢١

شکل (٦-٦٦): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.38$ ١٢١

شکل (٦-٦٧): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٢

شکل (٦-٦٨): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ ١٢٢

شکل (٦-٦٩): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.54$ ١٢٢

نتایج حاصل از زلزله Tabas با شتاب مقیاس شده $0.35g$

شکل (٦-٧٠): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٣

شکل (٦-٧١): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ ١٢٣

شکل (٦-٧٢): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.15$ ١٢٣

شکل (٦-٧٣): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٤

شکل (٦-٧٤): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ ١٢٤

شکل (٦-٧٥): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.31$ ١٢٤

شکل (٦-٧٦): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٥

شکل (٦-٧٧): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ ١٢٥

شکل (٦-٧٨): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.46$ ١٢٥

شکل (٦-٧٩): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٦

شکل (٦-٨٠): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ ١٢٦

شکل (٦-٨١): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.61$ ١٢٦

شکل (٦-٨٢): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٧

شکل (٦-٨٣): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ ١٢٧

شکل (٦-٨٤): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.77$ ١٢٧

شکل (٦-٨٥): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٨

شکل (٦-٨٦): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ ١٢٨

شکل (٦-٨٧): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 0.92$ ١٢٨

شکل (٦-٨٨): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٢٩

شکل (٦-٨٩): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ ١٢٩

شکل (٦-٩٠): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.07$ ١٢٩

شکل (٦-٩١): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}} = 1.23$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y / W ١٣٠

شکل (٦-٩٢): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.23$ ١٣٠
شکل (٦-٩٣): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.23$ ١٣٠
شکل (٦-٩٤): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.38$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y/W ١٣١
شکل (٦-٩٥): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.38$ ١٣١
شکل (٦-٩٦): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.38$ ١٣١
شکل (٦-٩٧): درصد کاهش مقادیر جابجایی و شتاب روی عرشه و برش پایه سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.54$ نسبت به حالت بدون جداساز به ازای مقادیر مختلف Q_y/W ١٣٢
شکل (٦-٩٨): نمودار جابجایی نسبی زیر جداساز نسبت به پی سکو با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.54$ ١٣٢
شکل (٦-٩٩): نمودار جابجایی نسبی جداساز با $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}=1.54$ ١٣٢
شکل(٦-١٠٠): تراز جداسازی شده و نحوه قرارگیری جداسازها و میراگر ویسکوز در زیر عرشه..... ١٤٧
شکل(٦-١٠١): شکل سکو ساده شده با دو درجه آزادی..... ١٤٧
شکل(٤-١٠٢): نحوه تغییرات نسبت میرایی مود اول سازه به ازای تغییرات میرایی میراگر ویسکوز برای سختی ثابت جداساز..... ١٤٩
شکل(٤-١٠٣): تأثیر ζ و $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}$ در جابجایی روی عرشه برای زلزله کوبه..... ١٤٩
شکل(٤-١٠٤): تأثیر ζ و $\frac{K_{Isolation}}{K_{Offshore}}$ در جابجایی روی عرشه برای زلزله السنترو..... ١٥٠
شکل (٦-١٠٥): نمودار جابجایی- زمان روی عرشه‌ی سکو تحت زلزله کوبه برای سه حالت بدون جداسازی، جداساز سربی- لاستیکی و جداسازی لاستیکی با میراگر..... ١٥١
شکل (٦-١٠٦): نمودار شتاب- زمان روی عرشه‌ی سکو تحت زلزله کوبه برای سه حالت بدون جداسازی، جداساز سربی- لاستیکی و جداسازی لاستیکی با میراگر..... ١٥١
شکل (٦-١٠٧): نمودار جابجایی- زمان روی عرشه‌ی سکو تحت زلزله السنترو برای سه حالت بدون جداساز سربی- لاستیکی و جداسازی لاستیکی با میراگر..... ١٥٢
شکل (٦-١٠٨): نمودار شتاب- زمان روی عرشه‌ی سکو تحت زلزله السنترو برای سه حالت بدون جداساز سربی- لاستیکی و جداسازی لاستیکی با میراگر..... ١٥٢
شکل (٦-١٠٩): شکل تابع ضربه وارده به وسط سکو..... ١٥٣
شکل (٦-١١٠): نمودار جابجایی- زمان روی عرشه‌ی سکو تحت ضربه وارده برای سه حالت بدون جداسازی، جداساز سربی- لاستیکی و جداسازی لاستیکی با میراگر..... ١٥٣