بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی عمران

ارائه منحنی شکست برای ارزیابی احتمالاتی آسیب پذیری لرزه ای دیوارهای ساحلی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی

دانشجو:

سید محسن میرایی

اساتید راهنما:

دکتر یاسر جعفریان

دکتر رضا وهدانی

اسفند ماه ۱۳۹۲

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

ارائه منحنی شکست برای ارزیابی احتمالاتی آسیب پذیری لرزه ای دیوارهای ساحلی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی

دانشجو:

سید محسن میرایی

اساتید راهنما:

دکتر یاسر جعفریان

دکتر رضا وهدانی

اسفند ماه ۱۳۹۲

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه‌ی آقای سید محسن میرایی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش مکانیک خاک و پی تحت عنوان " ارائه منحنی شکست برای ارزیابی احتمالاتی آسیب پذیری لرزه ای دیوارهای ساحلی " در جلسه مورخ / / بررسی و با نمره

عدد	
حروف	

مورد تایید قرار گرفت.

اعضای هیئت داوران:

استاد راهنمای اول: امضاء:

استاد راهنمای دوم: امضاء:

استاد مشاور اول: امضاء:

استاد مشاور دوم: امضاء:

استاد داور: امضاء:

استاد داور: امضاء:

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده: ..... امضاء .....

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

اینجانب سید محسن میرایی متعهد می‌شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان " ارائه منحنی شکست برای ارزیابی احتمالاتی آسیب پذیری لرزه ای دیوارهای ساحلی " که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی به دانشگاه ارائه شده است، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت‌های علمی اینجانب می‌باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: سید محسن میرایی

شماره دانشجویی: ۹۰۱۱۱۴۶۰۰۹

امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

دکتر یاسر جعفریان، دکتر رضا وهدانی

تاریخ:

امضاء:

تقدیم به:

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان

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 پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به **پدر و مادر عزیزم** تقدیم می کنم

تشکر و قدردانی:

با این حال که زبانم توانایی قدردانی از استادانم را ندارد و دستانم یاری ام نمی کند تا از الطاف آنها بنویسم، اما با سکوتی به وسعت جهان هستی می گویم:

از استاد با کمالات و شایسته، **جناب دکتر جعفریان**، که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و باتقوا، **جناب دکتر وهدانی**، که زحمت راهنمایی این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛

و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ **جناب پروفسور بازیار و جناب دکتر حداد** که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛

کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

بنادر و سازه های دریایی نقش مهمی را در فعالیت های اقتصادی و حمل و نقل جهانی ایفا می کنند. ارزیابی بررسی احتمالاتی در پاسخ سیتم های سازه ای و ژئوتکنیکی امروزه جزو متداول ترین مسائلی است که در حال تحقیق و بررسی می باشد. امروزه آسیب پذیری سازه های دریایی بر اساس روش های احتمال پذیری انجام می گیرد تا بتوان عدم قطعیت در ظرفیت سازه ها و تقاضای لرزه ای در هر یک از پروژه ها را لحاظ کرد. از جمله مهم ترین روش های بررسی آسیب پذیری احتمالاتی سازه ها ارائه منحنی شکست در رسیدن به احتمال شکست سیستم می باشد. با توجه به اینکه بنادر و سازه های دریایی نقش مهمی در حمل و نقل جهانی دارند و تاثیر بسزایی را در اقتصاد کشورها ایفا می کنند در این مطالعه هدف اصلی بررسی احتمالاتی آسیب پذیری سازه های دریایی با استفاده از منحنی شکست می باشد.

در تحقیقات دیگر محققین روش های ارائه منحنی شکست بر اساس یک پارامتر شدت به دو تکنیک آنالیز دینامیکی افزایشی و آنالیز تقاضای لرزه ای احتمالاتی تقسیم بندی می شوند. این روش ها با آنکه روش های مناسبی می باشند ولی معایبی همچون در نظر گرفتن رگرسیون در بررسی های احتمالاتی و در نظر نگرفتن همبستگی بین داده ها می باشد. از مهم ترین مسائل مرتبط با این دو روش انتخاب یک پارامتر شدت به عنوان خطر لرزه ای که عامل ایجاد خسارت در سیستم می گردد و کاربرد این موضوع در مطالعاتی که در سال های اخیر بوده است بسیار به چشم می خورد. در بسیاری از مطالعات از پارامتر شدت بیشینه شتاب به عنوان خطر لرزه ای استفاده شده است در حالی که زمین لرزه که خود باعث بروز خسارت های مختلف در سیستم سازه ای می گردد تحت تاثیر پارامتر های زیادی می باشد که با تغییر آنها میزان قدرت زمین لرزه تغییر می کند. مهمترین این پارامتر ها شامل پارامتر های شدت و نیز پارامتر های محتوای فرکانسی مانند PGA و PGV و Ia و Sa و ... می باشند. با وجود اثر پارامتر های لرزه ای بر میزان احتمال شکست سیستم نیاز است تا ارزیابی احتمالاتی بر اساس پارامتر های مختلف شدتی محاسبه شوند و قطعا احتمال خرابی به ازای هر یک از آنها یکسان نخواهد بود همچنین با ذکر این مسئله توجه به اثر چند گانه پارامتر ها بر یکدیگر نیز می بایست در محاسبه احتمال شکست لحاظ شوند چرا که در نظر گرفتن اثر دو پارامتر شدت بر احتمال شکست سیستم در سال های اخیر به ندرت دیده شده است.

روش کار انجام گرفته در این پایان نامه به این صورت است که از دو سازه دریایی معتبر که در ساختار

اسکله های بسته به صورت دیوار صندوقه ای اسکله ای می باشند استفاده شده است. این دو اسکله که یکی مدل آزمایشگاهی در پروژه VELACS و دیگری دیوار صندوقه ای واقعی که در بندر کوبه ژاپن تحت زمین لرزه Hyogoken-Nanbo 1995 خسارت شدیدی در آن ایجاد شده است می باشند. برای دقت در آنالیز احتمالاتی مدل های آنالیز عددی دیوار های صندوقه ای با استفاده از نرم افزار تفاضل محدود مدل سازی شده است و پاسخ بدست آمده بر پاسخ های حاصل از لرزش در واقعیت منطبق داده شده است. در آنالیز عددی به دلیل وجود خاک ماسه ای سست در هر دو مدل انتخاب شده و استعداد وقوع روانگرایی از دو مدل رفتاری Finn و UBCSAND برای بررسی تغییرات فشار آب حفره ای در آنالیز دینامیکی در حالت تاریخچه- زمان استفاده شده است. برای کاهش عدم قطعیت لرزه ای از بیش از ۱۵۰ آنالیز عددی با شتاب نگاشت های مختلف در ارائه منحنی شکست استفاده شده است. پس از بررسی روش های متداول ارائه منحنی شکست بر مبنای یک پارامتر شدت، در جهت توسعه منحنی شکت دو روش پیشنهادی بر مبنای یک پارامتر شدت و دو پارامتر شدت بیان شده است.

در بررسی های انجام شده و نتایج بدست آمده می توان به این نکته اشاره کرد که پارامترهای مختلف احتمال خسارت مختلفی دارند و منحنی شکست بر اساس یک پارامتر خاص به تنهایی نمی تواند معرف احتمال شکست سیستم سازه ای باشد. ارائه منحنی شکست بر اساس دو پارامتر شدت در بررسی احتمالاتی نسبت به روش های تک پارامتری نتایج کافی و کارآمدی را بدست می دهد و کمک می کند تا در طرح سازه مورد بررسی، طرح نهایی به صورت کاملا محافظ کارانه انجام گیرد. پیشنهاد می شود تا از روش های ارائه منحنی شکست تک پارامتری بیشتر برای بررسی احتمال شکست سیستم در سطوح خسارت I و II استفاده شود اما در سطوح بالاتر برای رسیدن به دقت بالا در بررسی های احتمالاتی بهتر است از روش ارائه رویه شکست که اثر دو پارامتر را لحاظ می کند استفاده شود چون هم اثر پارامتر دوم را در بررسی احتمال لحاظ می کند و اینکه می توان احتمال شکست سیستم را به ازای جزء پارامتر های شدت مورد بررسی قرار داد.

واژه‌های کلیدی: دیوار نگهبان صندوقه ای، منحنی شکست، طراحی براساس سطح عملکرد

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیان مسئله تحقیق ۲

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-۴- نوآوری تحقیق ۴

۱-۵- اهداف تحقیق ۴

۱-۶- فرضیات تحقیق و محدودیت‌ها ۵

۱-۷- روش شناسی تحقیق (methodology) ۵

۱-۸- ساختار فصول پایان نامه ۵

فصل ۲: مروری بر منابع ٦

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- معرفی ساختاری اسکله‌ها ۷

۲-۲-۱- اسکله‌های بسته ۷

۲-۲-۲- اسکله‌های باز ۱۰

۲-۳- آسیب‌های واقعی در بنادر جهان ۱۲

۲-۳-۱- خسارت‌های وارده به دیوار نگهبان وزنی ۱۲

۲-۳-۲- خسارت‌های وارده به دیوار نگهبان بلوکی ۱۳

۲-۳-۳- خسارت‌های وارده به دیوار نگهبان از نوع سپر فولادی ۱۴

۲-۳-۴- خسارت‌های وارده به اسکله‌های متکی بر شمع ۱۵

۲-۴- روش‌های تحلیل و طرح لرزه ای سازه‌ها ۱۵

۲-۴-۱- روش‌های تحلیل ۱۶

۲-۴-۲- روش‌های الاستیک خطی ۱۷

۲-۴-۳- روش‌های غیرخطی ۱۸

۲-۵- طراحی بر اساس سطح عملکرد طبق آیین نامه PIANC ۱۹

۲-۵-۱- روش‌هایی براساس عملکرد ۱۹

۲-۵-۲- سطوح مرجع حرکات زمین لرزه ۲۳

۲-۵-۳- تخمین عملکرد ۲۳

۲-۶- آنالیز سازه‌های دریایی بر اساس آیین نامه PIANC ۲۴

۲-۶-۱- روش‌هایی براساس عملکرد ۲۵

۲-۷- کمّی کردن معیارها در روش طراحی بر اساس عملکرد ۲۸
۲-۷-۱- عدم قطعیت در تقاضا و ظرفیت ۲۹
۲-۸- توسعه منحنی شکست ۳۲
۲-۸-۱- منحنی شکست ۳۳
۲-۹- مروری بر مطالعات آزمایشگاهی و عددی ۳۸
۲-۹-۱- زنگ (۱۹۹۸) ۳۸
۲-۹-۲- زنگ و ماداب هوشی (۱۹۹۸) ۴۰
۲-۹-۳- لی (۲۰۰۴) ۴۲
۲-۹-۴- کیم و همکاران (۲۰۰۵) ۴۳
۲-۹-۵- داکولاس و گزتاس (۲۰۰۶) ۴۴
۲-۹-۶- داکولاس و گزتاس (۲۰۰۸) ۴۴
۲-۹-۷- آلیامی و همکاران (۲۰۰۸) ۴۵
۲-۹-۸- مقدم و همکاران (۲۰۰۹) ۴۶
۲-۹-۹- سدر کریمی (۲۰۱۱) ۴۸
۲-۱۰- مروری بر مطالعات احتمالاتی ۴۹
۲-۱۰-۱- نا و همکاران (۲۰۰۷) ۴۹
۲-۱۰-۲- نا و همکاران (۲۰۰۸) ۵۰
۲-۱۰-۳- رازجه و سیگلی (۲۰۰۸) ۵۱
۲-۱۰-۴- چیو و همکاران (۲۰۱۱) ۵۲
۲-۱۰-۵- شفیع زاده (۲۰۱۱) ۵۲
۲-۱۰-۶- یانگ و رینالد (۲۰۱۲) ۵۳
۲-۱۰-۷- کالابرس و لای (۲۰۱۳) ۵۴
۲-۱۰-۸- گهل و همکاران (۲۰۱۳) ۵۵
۲-۱۱- نتیجه گیری ۵۷

فصل ۳: بررسی تحلیل اولیه ۵۸

۳-۱- مقدمه ۵۹
۳-۲- روش‌های پیش بینی عددی ۵۹
۳-۲-۱- مدل سازی پیوسته ۶۰
۳-۲-۲- مدل سازی ناپیوسته ۶۱
۳-۲-۳- مدل سازی هایبردی ۶۱
۳-۳- معرفی نرم افزار FLAC ۶۲

۳-۴- معرفی برخی مدل‌های رفتاری مورد استفاده ۶۲
۳-۴-۱- مدل رفتاری Finn & Byrne ۶۳
۳-۴-۲- مدل رفتاری UBCSAND ۶۴
۳-۵- معرفی موارد مورد مطالعه ۶۸
۳-۵-۱- مدل آزمایشگاهی ۶۸
۳-۵-۲- مدل واقعی در بندر کوبه ژاپن ۷۳
۳-۵-۲-۱- بررسی مدل آنالیز عددی در بندرRokko Island ۷۴
۳-۵-۲-۲- بررسی مدل آنالیز عددی در بندر Port Island ۷۹

فصل ٤: ارائه منحنی شکست تک متغیره ۸۲
۴-۱- مقدمه ۸۳
۴-۲- منحنی شکست ۸۳
۴-۲-۱- آنالیز شکست ۸۳
۴-۲-۲- شتاب نگاشت‌های ورودی ۸۴
۴-۲-۳- روش‌های ارائه منحنی شکست بر اساس یک پارامتر شدت (Scalar) ۸۶
۴-۲-۳-۱- آنالیز تقاضای لرزه ای احتمالاتی (PSDA) ۸۷
۴-۲-۳-۲- آنالیز دینامیکی افزایشی(IDA) ۸۸
۴-۳- تفسیر نتایج در ارائه منحنی شکست بر اساس یک پارامتر شدت ۹۰
۴-۳-۱- آنالیز دینامیکی افزایشی (IDA) ۹۱
۴-۴- آنالیز تقاضای لرزه ای احتمالاتی(PSDA) ۹۳
۴-۵- نتیجه گیری از دو روش آنالیز دینامیکی افزایشی و آنالیز تقاضای لرزه ای احتمالاتی... ۹۶

فصل ٥: ارائه سطوح شکست بر اساس روش های پیشنهادی ۹۷
۵-۱- مقدمه ۹۸
۵-۲-روش پیشنهادی(ارائه منحنی شکست براساس روش نرمال تک متغیره) ۹۸
۵-۳- روش پیشنهادی(ارائه رویه شکست با روش IDA بر اساس دو متغیر) ۱۰۱
۵-۴- تفسیر نتایج در ارائه منحنی شکست بر اساس روش نرمال تک متغیره ۱۰۲
۵-۵- تفسیر نتایج در ارائه رویه شکست با روش IDA بر اساس دو متغیر ۱۰۶

فصل ٦: جمع‌بندی و پیشنهادها ۱۱۳
۶-۱- مقدمه ۱۱۴
۶-۲- جمع‌بندی ۱۱۴

مراجع **۱۱۷**

پیوست ۱ **۱۲۲**

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) شکل شماتیک a) شمع صفحه ای b) شمع صلب c) شمع صفحه ای به همراه سکو (Shafieezadeh 2011)..... ۸
شکل (۲-۲) انواع مختلف دیوارهای وزنی a) دیوارهای نگهبان صندوقه ای b) دیوارهای وزنی حجیم c)دیوارهای نگهبان طره ای d) دیوارهای نگهبان بلوکی e) دیوارهای نگهبان بلوکی سلولی (Shafieezadeh 2011)..... ۱۰
شکل (۲-۳) شکل شماتیک a) شمع‌های با قطر حجیم نگهدارنده اسکله b) شمع‌های با قطر کوچک نگهدارنده اسکله (Shafieezadeh 2011)..... ۱۱
شکل (۲-۴) ساختار یک ستون نگهدارنده اسکله (Shafieezadeh 2011)..... ۱۲
شکل (۲-۵) آسیب بوجود آمده در دیوار نگهبان صندوقه ای در بندر کوبه ژاپن در زمین لرزه Hyogoken Nanbo در۱۹۹۵..... ۱۳
شکل (۲-۶) شکل شماتیک از دیوار صندوقه ای بندر Taichang در تایوان (PIANC 2001)..... ۱۳
شکل (۲-۷) شکل شماتیک دیوار بلوکی بندر Kalamata در یونان (PIANC 2001)..... ۱۴
شکل (۲-۸) شکل شماتیک دیوار نگهبان در بندر Akita در ژاپن (PIANC 2001)..... ۱۴
شکل (۲-۹) شکل شماتیک اسکله متکی بر شمع در بندر Okland در آمریکا (PIANC 2001)..... ۱۵
شکل (۲-۱۰) فلوچارت در ارزیابی عملکرد لرزه ای (آیین نامه PIANC)..... ۲۲
شکل (۲-۱۱) شکل شماتیک از سطوح عملکرد S,A,B,C در مقابل سطوح خسارت (آیین نامه PIANC)۲۴
شکل (۲-۱۲) منحنی شکست برای درک بهتر..... ۳۷
شکل (۲-۱۳) شکل هندسی دیوارهای صندوقه ای در مدل‌های آزمایشگاهی Zeng a) XZ6 b) XZ7 c) XZ9..... ۳۹
شکل (۲-۱۴) دیوارهای صندوقه ای در مدل‌های آزمایشگاهی Zeng پس از لرزش a) XZ6 b) XZ7 c) XZ9..... ۴۰
شکل (۲-۱۵) مشخصات سه آزمایش مدل سنتریفیوژ..... ۴۰
شکل (۲-۱۶) مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی در مدل سنتریفیوژ شماره XZ7..... ۴۲
شکل (۲-۱۷) مدل سنتریفیوز ساخته شده در مقیاس واقعی بر حسب منر و ابعاد مدل بر حسب سانتی متر... ۴۳
شکل (۲-۱۸) مقطع عرضی و شتاب نگاشت ورودی برای آزمایش میزلرزه..... ۴۳
شکل (۲-۱۹) مقایسه جابجایی دیوار در حالت پیش بینی شده و محاسبه شده..... ۴۴

شکل (۲-۲۰) بندر Port Island: مقایسه تغییرات فشار آب حفره ای اضافی در نفوذپذیری‌های مختلف a) در فاصله ۱۵متری از پشت دیوار b) در فاصله ۴۰ متری از پشت دیوار ۴۶
شکل (۲-۲۱) تصاویر مدل با و بدون کاهش دهنده: a) قبل از لرزش b) پس از لرزش ۴۷
شکل (۲-۲۲) تاریخچه-زمان پاسخ در جابجایی افقی a) آنالیز عددی b) آزمایش میز لرزه..... ۴۷
شکل (۲-۲۳) بررسی نتایج دیوار WQ8 پس از لرزش..... ۴۸
شکل (۲-۲۴) در نظر گرفتن عدم قطعیت در پارامترهای خاک a) دیاگرام تورنادو b) آنالیز FOSM..... ۴۹
شکل (۲-۲۵) مقایسه نتایج در حالت رندوم و واحد(زمین لرزه کوبه) ۵۰
شکل (۲-۲۶) جابجایی‌های افقی پسماند برای ۱۳۰مورد آنالیز..... ۵۱
شکل (۲-۲۷) منحنی شکست a) لوگ نرمال ساده شده b) لوگ نرمال جا به جا شده..... ۵۲
شکل (۲-۲۸) منحنی‌های شکست لرزه ای a) مقطع شمع b) اتصال شمع و عرشه..... ۵۳
شکل (۲-۲۹) منحنی‌های شکست برای اسکله با جرثقیل در زمین لرزه‌های LA..... ۵۴
شکل (۲-۳۰) منحنی‌های شکست در حالت روانگرایی a) $W/H = 0.64$ b) $W/H = 0.88$ ۵۵
شکل (۲-۳۱) رویه شکست برای حالت واژگونی بر اساس دو پارامتر PGV و PGA/PGV..... ۵۷
شکل (۳-۱) سطح تسلیم در UBCSAND (Park 2005)..... ۶۶
شکل (۳-۲) رشد کرنش پلاستیک و مدول پلاستیک (Park 2005)..... ۶۷
شکل (۳-۳) جهت کرنش پلاستیک به همراه موقعیت سطح تسلیم(Park 2005)..... ۶۷
شکل (۳-۴) تاریخچه زمان شتاب نگاشت ورودی برای آزمایش سنتریفیوژ..... ۷۰
شکل (۳-۵) ساختار مدل آزمایشگاهی دیوار صندوقه ای VELACS (پایگاه دانشگاه پرینستون) ۷۱
شکل (۳-۶) کانتور جابجایی افقی در آنالیز عددی ۷۱
شکل (۳-۷) مقایسه نتایج تاریخچه-زمان آزمایشگاهی و آنالیز عددی a) جابجایی افقی در تاج دیوار صندوقی ای b) تغییرات فشار آب حفره ای در PPT5..... ۷۲
شکل (۳-۸) مقایسه تاریخچه-زمان جابجایی افقی در تاج دیوار با نتایج بدست آمده توسط دیگر محققان (پایگاه دانشگاه پرینستون)..... ۷۲
شکل (۳-۹) موقعیت Rokko Island و Port Island در بندر کوبه ژاپن..... ۷۴
شکل (۳-۱۰) شکل هندسی و مدل ساخته شده دیوار صندوقه ای در بندر Rokko Island با مدل عددی. ۷۵
شکل (۳-۱۱) تنش موثر قائم در حالت استاتیکی در مدل عددی دیوار صندوقه ای Rokko Island..... ۷۶
شکل (۳-۱۲) تاریخچه زمان شتاب نگاشت ورودی در عمق ۳۲ متری a) شتاب نگاشت افقی b) شتاب نگاشت قائم (پایگاه PEER)..... ۷۷

شکل (۳-۱۳) تاریخچه زمانی جابجایی افقی و قائم بدست آمده a) مدل Finn و UBCSAND b) مدل UBCSAND با نتایج Dakoulas & Gazetas ۷۷
شکل (۳-۱۴) مقایسه تاریخچه-زمان فشار آب حفره ای با مدل رفتاری Finn و UBCSAND: a) نقطه A در زیر دیوار b) نقطه B در پشت دیوار ۷۸
شکل (۳-۱۵) مقطع عرضی اسکله صندوقه ایPC1 در بندر کوبه (Na et al. 2007)..... ۷۹
شکل (۳-۱۶)a) مدل عددی ساخته شده درFLAC ، b) تنش‌های برشی استاتیکی..... ۸۰
شکل (۳-۱۷)a) جابجایی تاج اسکله صندوقه ای b) تاریخچه فشار آب حفره ای در ارتفاع ۱۱/۵ متری زیر دیوار..... ۸۱
شکل (۴-۱) منحنی‌های شدت برای هر سه پارامتر شدت در دیوار Rokko Island بر اساس مدل Finn بر اساس a) روش PSDA b) روش IDA..... ۹۰
شکل (۴-۲) منحنی شکست دیوار VELACS بر اساس روش آنالیز دینامیکی افزایشی..... ۹۱
شکل (۴-۳) منحنی شکست دیوار Rokko Island بر اساس روش آنالیز دینامیکی افزایشی برای هر سه پارامتر شدت PGA، PGV و I_a..... ۹۲
شکل (۴-۴) منحنی شکست دیوار VELACS بر اساس روش آنالیز تقاضای لرزه ای احتمالاتی..... ۹۴
شکل (۴-۵) منحنی شکست دیوار Rokko Island بر اساس روش آنالیز تقاضای لرزه ای احتمالاتی برای هر سه پارامتر شدت PGA، PGV و I_a..... ۹۵
شکل (۵-۱) مقایسه روش نرمال تک متغیر با دو روش دیگر برای دیوار VELACS برای سطوح خسارت a) سرویس پذیری b) تعمیر پذیری c) نزدیک به واژگونی..... ۱۰۳
شکل (۵-۲) مقایسه روش نرمال تک متغیر با دو روش دیگر بر اساس PGA برای دیوار Rokko Island برای سطوح خسارت a) سرویس پذیری b) تعمیر پذیری c) نزدیک به واژگونی d) خسارت مشاهده شده ۱۰۴
شکل (۵-۳) مقایسه روش نرمال تک متغیر با دو روش دیگر بر اساس PGV برای دیوار Rokko Island برای سطوح خسارت a) سرویس پذیری b) تعمیر پذیری c) نزدیک به واژگونی d) خسارت مشاهده شده ۱۰۵
شکل (۵-۴) مقایسه روش نرمال تک متغیر با دو روش دیگر بر اساس I_a برای دیوار Rokko Island برای سطوح خسارت a) سرویس پذیری b) تعمیر پذیری c) نزدیک به واژگونی d) خسارت مشاهده شده..... ۱۰۶
شکل (۵-۵) رویه شکست بر اساس روش IDA برای دو متغیر PGV و Ia برای دیوار Rokko Island برای سطوح خسارت a) سرویس پذیری b) تعمیر پذیری c) نزدیک به واژگونی d) خسارت مشاهده شده..... ۱۰۸

شکل (۵-۶) رویه شکست بر اساس روش IDA برای دو متغیر PGV و PGA برای دیوار Rokko Island برای سطح خسارت مشاهده شده..... ۱۰۹
شکل (۵-۷) منحنی‌های شکست بر اساس دو پارامتر شدت در سطح چهارم خسارت a) (PGA, PGV) و (PGA, PGV) b) (PGA, I_a) و (PGA, I_a) ۱۱۱
شکل (۵-۸) منحنی‌های شکست بر اساس دو متغیر PGV و Ia برای دیوار Rokko Island برای سطوح خسارت a) سرویس پذیری b) تعمیر پذیری c) نزدیک به واژگونی d) خسارت مشاهده شده..... ۱۱۲

فهرست جداول

جدول (۲-۱) سطوح مورد قبول خسارت در طراحی بر اساس عملکرد (آیین نامه PIANC) ۲۰
جدول (۲-۲) تقسیم بندی سازه‌های دریایی بر اساس اهمیت آن‌ها (آیین نامه PIANC)..... ۲۱
جدول (۲-۳) سطوح عملکرد S,A,B,C (آیین نامه PIANC)..... ۲۱
جدول (۲-۴) روش های آنالیز برای سازه های دریایی(آیین نامه PIANC)..... ۲۵
جدول (۲-۵) مزایا و معایب انواع روش‌های منحنی شکست..... ۳۶
جدول (۲-۶(احتمال خسارت در سطوح خسارتی با جرثقیل برای زمین لرزه‌های LA..... ۵۴
جدول (۳-۱) مقایسه روش‌های تحلیل عددی ۶۰
جدول (۳-۲) مشخصات مصالح در مدل VELACS..... ۷۰
جدول (۳-۴) مشخصات مصالح در مدل بندر Rokko Island..... ۷۵
جدول (۳-۵) مشخصات مصالح در مدل بندر Port Island ۸۰
جدول (۴-۱) شتاب نگاشت‌های مورد استفاده (پایگاه PEER)..... ۸۵
جدول (۴-۲) ضوابط خسارت برای دیوارهای نگهبان وزنی بر اساس آیین نامه PIANC ۸۶
جدول (۵-۱) مدل‌های رگرسیون بکار رفته برای رویه‌های شکست..... ۱۰۷

فصل ۱:

مقدمه