بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده عمران و محیط زیست

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران

گرایش سازه‌های دریایی

مدل‌سازی عددی نیروی‌های وارد بر سازه‌های ساحلی بر اثر امواج سونامی

نگارنده

بهاءالدین دشتی

استاد راهنما

دکتر مهدی شفیعی‌فر

استاد مشاور

دکتر محمد حیدرزاده

بهمن‌ماه ۱۳۹۲

باسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهایی پایان آقای **بهاءالدین دشتی**

تحت عنـوان: **مدل‌سازی عددی نیروی‌های وارد بر سازه‌های ساحلی بر اثر امواج سونامی** را

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد تائید می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	**دکتر مهدی شفیعی‌فر**	**استاد**	
۲- استاد مشاور	**دکتر محمد حیدرزاده**	**استادیار**	
۳- استاد ناظر (داخلی)	**دکتر محمدتقی احمدی**	**استاد**	
۴- استاد ناظر (داخلی)	**دکتر روزبه پناهی**	**استادیار**	
۵- استاد ناظر (خارجی)	**دکتر محمدجواد کتابداری**	**دانشیار**	
۶- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	**دکتر روزبه پناهی**	**استادیار**	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده **بهاءالدین دشتی** در رشته مهندسی عمران گرایش سازه‌های دریایی است که در سال ۱۳۹۲ در دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **مهدی شفیعی‌فر** و مشاوره جناب آقای دکتر **محمد حیدرزاده** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **بهاءالدین دشتی** دانشجوی رشته مهندسی عمران گرایش سازه‌های دریایی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم به مقدس ترین واژه ها در لغت نامه دلم

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم

و عاشقانه با صبرشان در تمامی لحظات همراهمان بودند

پدر

مادر

و همسرم

سپاس بیکران پروردگار عالمیان راست که شوق آموختن در گستره‌ی لایتناهی هستی را عطایم نمود. سلام‌های بی پایان تقدیم روح ملکوتی آخرین پیک امین، محمد بن عبدالله باد که ترانه‌های یکتاپرستی و انسان دوستی را در دجامع انسانی طنین انداز ساخت و چشم نیمه خواب بشری را به مدد نسیمی لطیف‌تر از نسیم سحری گشود و بذر عشق را در گلشن دل‌های سالکان راه حق و حقیقت افشاند.

زبان واژه قاصر است از سپاس سخاوت بی منتهای مادر، پدر و همسر عزیزم که هر چند نثار آن‌ها به وجود حقیرم تا همیشه مهر است و مهر، پیشکش حقیر به پای ایشان همه شرم است و شرم.

بر اینجانب فرض است پیشانی تواضع بر ساحت شریف اساتید والامقامی بسایم که همواره با بزرگواری و متانت خویش، یاور بنده‌ی کمترین در طی طریق این تحقیق و پژوهش بودند؛ استادان محترمی همچون جناب آقای دکتر مهدی شفیعی فرکه تا ابد مرهون راهنمایی‌های بی دریغشان خواهم بود و جناب آقای دکتر محمد حیدرزاده که مشاوره‌های ارزشمندشان، چراغی بود در طی مسیر این پژوهش.

از صمیم دل، صمیمانه‌ترین درودها را تقدیم دست اندرکاران محترم گروه سازه‌های دریایی و هیدرولیکی دانشگاه تربیت مدرس می‌نمایم و از درگاه لایزال الهی، ارتقاء سطح علمی و فنی آن گروه را خواهانم.

در فرجام سخن، خالصانه اذعان میدارم که همواره، مدیون دلگرمی‌ها و الطاف بی‌ریای دوستان گرانقدری چون برادران عزیز و ارجمندم سید محمد کاظم حسینی، سیاوش کریمی، عباس عالی‌زاده، حسین نصیرایی، هاتف الرحمن صالحی، حامد دشت‌پیما، حامد صابری، رضا علیخانی، محمد کشاورز و صادق رئیسی خواهم بود که در طول این تحقیق حمایت و محبّت خویش را نثار وجود کمترینم نمودند.

بهاء الدین دشتی

چکیده

در این تحقیق نیروهای وارده از طرف امواج سونامی بر سازه های ساحلی مورد مطالعه قرار گرفته است. پس از مروری بر ادبیات فنی، به معرفی نرم‌افزار و معادله‌ها حاکم در شبیه‌سازی عددی پرداخته و نیروهای وارده از طرف امواج سونامی بر سازه‌های ساحلی با استفاده از مدل‌سازی عددی بررسی شده است. پس از شبیه‌سازی عددی با استفاده از نرم‌افزار FLOW-3D، نتایج حساسیت‌سنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد که این نرم‌افزار از دقت خوبی برای مدل‌سازی نیروهای وارده بر سازه‌های ساحلی از طرف امواج سونامی و همچنین شبیه‌سازی سطح آزاد آب برخوردار است و مدل آشفتگی مناسب برای شبیه‌سازی نیروها مدل آشفتگی RNG است. مطالعه پارامتری نشان می‌دهد که نیروهای فشار، برش و گردابه وارد بر سازه علاوه بر ارتفاع موج، با ارتفاع سازه و سرعت موج نیز مرتبط است. همچنین بررسی‌های انجام شده بر روی سازه مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهند که با تغییر شکل سازه از مکعبی به استوانه‌ای نیروی وارد بر سازه تا ۲ برابر کاهش می‌یابد و در حالت شکست موج بر روی سازه، نیروی حاصل از فشار موج تا حدود ۳ برابر نیروی فشار امواج ناشکنا وارد بر سازه می‌باشد و بحرانی‌ترین مکان برای ایجاد سازه از خط ساحلی تقریباً در فاصله‌ای به اندازه‌ی نصف طول موج تعریف شده در شبیه‌سازی انجام شده در این پژوهش است و از این فاصله به بعد نیروی وارد بر سازه کاهش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: امواج سونامی، سازه‌های ساحلی، نیرو، شبیه‌سازی عددی، نرم‌افزار FLOW-3D

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د
فهرست شکل‌ها ..... ه
فصل ۱ - کلیات و تعریف مسأله ۲
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- سازه‌های ساحلی ۳
۱-۳- سونامی ۶
۱-۳-۱- ویژگی‌های سونامی ۶
۱-۴- ضرورت و اهمیت تحقیق ۸
۱-۵- روش انجام تحقیق ۹
۱-۶- ساختار پایان‌نامه ۹
فصل ۲ - مرور ادبیات فنی در زمینه نیروی‌های وارد بر سازه‌های ساحلی ۱۱
۲-۱- مقدمه ۱۱
۲-۲- استانداردها، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها ۱۱
۲-۲-۱- راهنمای ساخت و ساز ساحلی ۱۱
۲-۲-۲- روش طراحی سازه ساختمانی برای مقاومت در برابر سونامی ۱۲
۲-۲-۳- آیین‌نامه ساختمان سازی هونولولو (آمریکا) ۱۳
۲-۲-۴- آیین‌نامه بین المللی ساختمان ۱۳
۲-۳- بورهای هیدرولیکی سونامی ۱۳
۲-۴- نیروهای ناشی از سونامی بر روی سازه‌ها ۱۶
۲-۵- اثر بازشدگی سازه در برابر امواج سونامی ۲۰
۲-۶- بررسی نیروی موج سونامی برسازه مکعبی ۲۱
۲-۷- بررسی تاثیر شکست موج تنها در مقادیر نیروی وارده بر سازه ۲۲
۲-۸- شبیه‌سازی نیرو سونامی ۲۰۱۱ ژاپن بر سازه ۲۴

۲-۹- جمع‌بندی ۲۴
فصل ۳ - دسته‌بندی انواع نیروهای وارد بر سازه‌های ساحلی بر اثر امواج سونامی ۲۶
۳-۱- مقدمه ۲۶
۳-۲- نیروهای هیدرواستاتیک ۲۶
۳-۳- نیروهای شناوری ۲۸
۳-۴- نیروهای هیدرودینامیکی ۲۹
۳-۵- نیروهای ضربه موج ۳۱
۳-۶- نیروهای برخورد آوار با سازه ۳۱
۳-۷- تشکیل سد از آوار حمل شده توسط آب ۳۴
۳-۸- نیروهای بالابرنده وارد بر طبقات بالا ۳۴
۳-۹- بارهای گرانش اضافی بر روی طبقات بالا ۳۶
۳-۱۰- جمع‌بندی ۳۸
فصل ۴ - معرفی نرم‌افزار و معادله‌ها حاکم در شبیه‌سازی عددی ۴۰
۴-۱- مقدمه ۴۰
۴-۲- روش حل ۴۰
۴-۳- انتخاب نرم‌افزار ۴۲
۴-۴- معرفی نرم‌افزار FLOW-3D ۴۲
۴-۵- معادله‌های حاکم ۴۵
۴-۵-۱- معادله پیوستگی ۴۵
۴-۵-۲- معادله‌ها مومنتم یا اندازه حرکت (معادله‌ها ناویر-استوکس) ۴۵
۴-۵-۳- مدل آشفتگی ۴۶
۴-۵-۴- مدل‌سازی پروفیل سطح آزاد ۴۷
۴-۵-۵- سیستم‌های مختصات ۴۷
فصل ۵ - حساسیت‌سنجی و اعتبارسنجی مدل عددی ۴۹
۵-۱- مقدمه ۴۹
۵-۱- حساسیت‌سنجی مدل عددی ۴۹
۵-۱-۱- حساسیت مدل عددی نسبت به شبکه‌بندی ۴۹
۵-۱-۲- حساسیت مدل به طول فلوم ۵۲

۵-۱-۳- حساسیت مدل عددی نسبت به مدل‌های آشفتگی ۵۵
۵-۲- مقایسه موج ناشکنای سونامی ۵۸
۵-۲-۱- معرفی مدل آزمایشگاهی ۵۸
۵-۲-۲- نحوه مدل‌سازی عددی و مقایسه نتایج ۵۹
۵-۳- مقایسه موج شکنای سونامی ۶۴
۵-۳-۱- معرفی مدل آزمایشگاهی ۶۴
۵-۳-۲- نحوه مدل‌سازی عددی و مقایسه نتایج ۶۵
۵-۴- مقایسه نتایج مدل عددی با روابط آیین‌نامه ۷۰
۵-۵- جمع‌بندی ۷۱
فصل ۶ - بررسی پارامتری مدل عددی اثر موج سونامی بر سازه ساحلی ۷۳
۶-۱- مقدمه ۷۳
۶-۲- شرایط استاندارد در مدل‌سازی ۷۳
۶-۳- بررسی اثر مشخصات موج سونامی بر سازه‌های ساحلی ۷۵
۶-۳-۱- اثر تغییر ارتفاع موج ۷۵
۶-۳-۲- اثر تغییر سرعت موج ۷۸
۶-۳-۳- اثر تغییر ارتفاع سازه ۸۰
۶-۴- مقایسه محل و نوع سازه و حالت موج در مدل عددی ۸۳
۶-۴-۱- مقایسه اثر تغییر محل سازه نسب به ساحل ۸۳
۶-۴-۲- مقایسه مدل سازه استوانه‌ای و مکعبی شکل ۸۵
۶-۴-۳- مقایسه اثر موج شکنا و ناشکنا درمدل عددی ۸۸
فصل ۷ - جمع‌بندی و پیشنهادها ۹۲
۷-۱- مقدمه ۹۲
۷-۲- جمع‌بندی ۹۲
۷-۳- پیشنهادها ۹۴
مراجع ۹۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: نیروی سونامی (نیوتن) وارد به مدل مکعبی با بازشدگی‌های مختلف ۲۱
جدول ۴-۱: مقایسه توانایی‌های نرم‌افزارهای مختلف جهت مدل‌سازی مسائل سازه‌های دریایی ۴۲
جدول ۵-۱: نیروی فشار وارد بر سازه بر اساس شبکه‌بندی‌های مختلف ۵۰
جدول ۵-۲: مقایسه نتایج مدل آزمایشگاهی و عددی برآورد ماکزیمم فشار بر روی سازه ۶۳
جدول ۵-۳: مقایسه نتایج مدل آزمایشگاهی و عددی برآورد ماکزیمم نیروی فشار وارد بر سازه.....۶۹
جدول ۵-۴: میانگین خطا در صحت سنجی ۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: تقسیم‌بندی اجزای مناطق ساحلی ۵

شکل ۱-۲: نحوه ایجاد سونامی بر اثر زمین لغزش ۶

شکل ۲-۱: موج سونامی در خاولک، تایلند؛ a) فروکش کردن آب، b) نزدیک شدن امواج به ساحل، c) شکستن امواج سونامی نزدیک به ساحل، d) امواج سونامی سیل زده ساحلی ۱۴

شکل ۲-۲: مقایسه؛ a) پروفیل موج، b) بالاروی موج، c) هد فشار، d) نیروی ناشی بورهای آشفته قوی و امواج ایجاد شده در بستر خشک ۱۷

شکل ۲-۳: تاریخچه نیروی اندازه‌گیری شده و بی‌بعد شده برای یک ستون مربعی شکل ۱۸

شکل ۲-۴: تاریخچه زمانی از نیروهای وارد بر یک سازه دایره‌ای شکل، h0 عمق آبگیری پشت دریچه سد ۱۹

شکل ۲-۵: تغییر توزیع فشار بر روی سطح مقابل یک سازه دایره ای شکل، t=0 زمان اثر بور بر سازه ۲۰

شکل ۲-۶: توزیع فشار بر حسب ارتفاع؛ a) سازه بارتفاع ۰/۱ متر، b) سازه با ارتفاع ۰/۳۶ متر ۲۲

شکل ۲-۷: مقایسه توزیع فشار بر روی سازه در حالت استاتیکی، موج ناشکنا و موج شکنا ۲۳

شکل ۲-۸: تاریخچه زمانی نیروی امواج سونامی ۲۴

شکل ۳-۱: توزیع نیروی هیدروستاتیک و محل برآیند ۲۸

شکل ۳-۲: نیروهای شناوری وارد بر یک ساختمان سرتاسری ۲۹

شکل ۳-۳: نیروی برآیند هیدرودینامیکی ۳۰

شکل ۳-۴: نیروی برخورد از آوار باقی‌مانده ۳۲

شکل ۳-۵: تخمین حداکثر سرعت جریان ۳۳

شکل ۳-۶: نیروهای بالابرنده ۳۵

شکل ۳-۷: بارهای گرانشی اضافی ۳۷
شکل ۴-۱: شکل شماتیک مقدار کسر F ۴۳
شکل ۴-۲: گردابه‌های اطراف سازه در اثر عبور سیال از آن ۴۶
شکل ۵-۱: شکل شماتیک شبکه‌بندی یکنواخت بلوکی مدل عددی ۵۱
شکل ۵-۲: شکل شماتیک شبکه‌بندی به صورت غیریکنواخت بلوکی مدل عددی ۵۱
شکل ۵-۳: سطح آزاد جریان در فلوم کوتاه ۵۲
شکل ۵-۴: سطح آزاد جریان در فلوم بلند ۵۳
شکل ۵-۵: مقایسه نیروی وارد بر سازه براساس مدل‌های آشفتگی ۵۷
شکل ۵-۶: شکل شماتیک مدل آزمایشگاهی ۵۸
شکل ۵-۷: ابعاد سازه و محل قرارگیری سنسورها در مدل آزمایشگاهی ۵۹
شکل ۵-۸: شرایط مرزی مدل عددی ۶۰
شکل ۵-۹: مقایسه کیفی جریان؛ الف) شکل مدل آزمایشگاهی ب) شکل مدل عددی ۶۱
شکل ۵-۱۰: مقایسه فشار ثبت شده در طول مخزن؛ الف) نمودار فشار آزمایشگاهی ب) نمودار فشار عددی ۶۲
شکل ۵-۱۱: مقایسه ماکزیمم فشار وارد بر سازه در چهار نقطه روی سازه آزمایشگاهی و عددی ۶۳
شکل ۵-۱۲: شکل شماتیک مدل آزمایشگاهی ۶۴
شکل ۵-۱۳: شرایط مرزی مدل عددی ۶۵
شکل ۵-۱۴: مقایسه کیفی سطح آزاد موج؛ الف) شکل مدل آزمایشگاهی ب) شکل مدل عددی ۶۶
شکل ۵-۱۵: ماکزیمم سرعت بر حسب ماکزیمم ارتفاع موج در مدل آزمایشگاهی ۶۷
شکل ۵-۱۶: سرعت موج بر حسب زمان برای ارتفاع موج ۴، ۶ و ۸ سانتی‌متر در مطالعه عددی ۶۷
شکل ۵-۱۷: نیروی وارد بر کل سازه بر حسب ارتفاع موج پای سازه در مدل آزمایشگاهی ۶۸
شکل ۵-۱۸: نیروی وارد بر کل سازه بر حسب ارتفاع موج پای سازه در مدل عددی ۶۸
شکل ۵-۱۹: نیروی وارد بر کل سازه بر حسب زمان در ارتفاع‌های ۴، ۶ و ۸ سانتی‌متر در مطالعه عددی ۶۹
شکل ۶-۱: شرایط مرزی مدل عددی در فلوم ۷۴

شکل ۶-۲: مقایسه عمق جریان در پای سازه با ارتفاع تولید موج مختلف ۷۶
شکل ۶-۳: مقایسه سرعت متوسط جریان در پای سازه با ارتفاع تولید موج مختلف ۷۶
شکل ۶-۴: مقایسه نیروی فشار وارد بر سازه با ارتفاع تولید موج مختلف ۷۷
شکل ۶-۵: مقایسه عمق جریان در پای سازه با سرعت اولیه تولید موج مختلف ۷۸
شکل ۶-۶: مقایسه سرعت جریان در پای سازه با سرعت اولیه تولید موج مختلف ۷۹
شکل ۶-۷: مقایسه فشار وارد بر سازه با سرعت اولیه تولید موج مختلف ۷۹
شکل ۶-۸: مقایسه نیروی فشار وارد بر سازه با ارتفاع‌های مختلف ۸۱
شکل ۶-۹: مقایسه نیروی برش وارد بر سازه با ارتفاع‌های مختلف ۸۱
شکل ۶-۱۰: مقایسه نیروی گردابه جریان وارد بر سازه با ارتفاع‌های مختلف ۸۲
شکل ۶-۱۱: مقایسه عمق جریان در پای سازه در محل‌های مختلف ۸۳
شکل ۶-۱۲: مقایسه سرعت جریان در پای سازه در محل‌های مختلف ۸۴
شکل ۶-۱۳: مقایسه نیروی فشار جریان وارد بر سازه در محل‌های مختلف ۸۴
شکل ۶-۱۴: مقایسه نیروی فشار وارد بر دو سازه‌ی مکعبی و استوانه‌ای ۸۶
شکل ۶-۱۵: مقایسه نیروی برش وارد بر دو سازه‌ی مکعبی و استوانه‌ای ۸۶
شکل ۶-۱۶: مقایسه نیروی گردابه جریان وارد بر دو سازه‌ی مکعبی و استوانه‌ای ۸۷
شکل ۶-۱۷: مقایسه نیروی فشار موج ناشکنا و شکنا وارد بر سازه ۸۸
شکل ۶-۱۸: مقایسه نیروی برش موج ناشکنا و شکنا وارد بر سازه ۸۹
شکل ۶-۱۹: مقایسه نیروی گردابه جریان موج ناشکنا و شکنا وارد بر سازه ۸۹

فصل ۱

کلیات و تعریف مسأله

فصل ۱- کلیات و تعریف مسأله

۱-۱- مقدمه

یکی از مسائل مهم در سازه‌های ساحلی و دریایی که در چند دهه‌ی اخیر بسیار مورد توجه است، تحلیل این نوع سازه‌ها در مقابل بارهای وارده است. مسئله‌ی عمده‌ای که این سازه‌ها را از سازه‌های متعارف جدا می‌سازد، وجود امواج در برخورد با سازه است. وجود امواج نه تنها در ارتعاشات اثر می‌گذارد، بلکه عاملی مهم برای ایجاد نیروهای خارجی است. این مسئله هم بر قسمت‌های بالایی سازه و هم بر فونداسیون سازه که اکثراً به صورت شمع است، اثر می‌گذارد.

امواج بلند ممکن است در برخی شرایط نیروی بیشتری نسبت به امواج کوتاه و متوسط بر سازه‌های ساحلی وارد کنند. از این رو، مخاطرات بیشتری برای ایمنی و دوام دراز مدت آن‌ها به وجود می‌آورند. امواج سونامی منشاءهای مختلفی دارند که مهم‌ترین آن‌ها شامل زمین لرزه‌های زیردریایی و زمین لغزش‌ها هستند. گاهی طوفان‌های بزرگ نیز قادر به تولید امواج سونامی هستند که به آن‌ها سونامی‌های با منشاء هواشناسی می‌گویند.

با توجه به اهمیت موضوع ضرورت دارد که اثر امواج سونامی بر روی سازه های ساحلی مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به مطالعه کمی که در این زمینه انجام شده است، در این پایان‌نامه سعی شده است به سوال‌هایی در این زمینه، به صورت کمی پاسخ داده شود. مجموعه‌ای از سوال‌ها به شرح زیر هستند:

۱- حداکثر نیروی وارده بر سازه، چه نسبتی با ارتفاع و سرعت موج در پای سازه و ارتفاع و سرعت موج در محل پیدایش دارد؟

۲- حداکثر نیروی وارده بر سازه، با تغییر شکل هندسی سازه چه تغییری می‌کند؟

۳- نوع فرم موج تا چه اندازه بر مقدار نیروی وارده بر سازه تاثیر گذار است؟

۱-۲- سازه‌های ساحلی

قبل از تعریف سازه‌های ساحلی باید به تعریف جامع و کاملی از ساحل پرداخت. تعریف واحدی از منطقه ساحلی وجود ندارد، بعضی از نویسنده‌ها به آن به صورت "بخشی از خشکی که عمدتاً بوسیله دریا تحت تأثیر قرار می‌گیرد و بخشی از دریا که عمدتاً بوسیله خشکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد" اشاره کرده‌اند. در مطالعه‌هایی که توسط سازمان ملل صورت گرفته است، نواحی ساحلی به صورت "نواحی جزر و مدی و زیر جزری در بالای فلات قاره (تا عمق ۲۰۰ متری دریا)؛ نواحی که به طور منظم به وسیله آب شور دریا مغروق می‌گردند؛ و اراضی خشکی مجاور آن" تعریف شده است. سواحل از ابعاد مختلفی بررسی می‌شوند. از نظرجغرافیایی، ساحل منطقه وسیعی از خشکی و دریا است که در آن، عوامل مختلف خشکی و دریا با یکدیگر در تعامل بوده و شرایطی را ایجاد می‌کنند که با هر یک از مناطق خشکی و دریایی متمایز است. از نظر مهندسی سواحل، منطقه‌ی ساحلی از پشت تلماسه‌ها (در سواحل ماسه‌ای) و یا پرتگاه (در سواحل صخره‌ای) شروع شده و تا منطقه شکست امواج ادامه می‌یابد. از دیدگاه حقوقی، اراضی ساحلی منطقه‌ای است که به عرض ۲ کیلومتر از بالاترین مد دریا در طول ساحل شروع شده و تا عمق ۶ متر از پایین‌ترین تراز جزر در داخل دریا ادامه دارد [۱].

مناطق ساحلی گستره‌ای هستند که مجموعه نیروهای محیط‌های خشکی و دریایی با یکدیگر در تعامل بوده و متحمل تغییر کوتاه و دراز مدت می‌شوند. برآیند این نیروها و وقوع پدیده‌های زمین‌شناسی، هیدرودینامیکی و اقلیمی سبب تغییر در موقعیت خطوط ساحلی شده و رژیم‌های سواحل پیش‌رونده و پس‌رونده نسبت به دریا را پدید می‌آورند. خط ساحل موقعی در موقعیت خود ثابت می‌ماند که نیروهای خشکی و دریا با هم در تعادل باشند. عدم تعادل در این نیروها و فرآیندها

باعث خواهد شد که خط ساحل بالاتر و پایین‌تر از موقعیت قبلی قرار گیرد. تعاریف استفاده شده برای مناطق ساحلی نسبتا گسترده و عمومی بوده و باید متناسب با نیازهای زمانی و مکانی موجود بازنگری شوند. بر این اساس، اصطلاحات و تعاریف مورد نیاز در منطقه ساحلی کـه در شـکل ۱-۱ نشـان داده شده است به صورت زیر هستند [۲]:

الف- ژرفای بسته شدن پروفیل[۱] ژرفایی اسـت کـه فـرای آن تغییـر محسوسـی در تـراز پروفیـل ساحلی (بستر دریا) ناشی از انتقال رسوب رخ نمی‌دهد. این ژرفا مـرز بـین ناحیـه نزدیـک سـاحل[۲] و ناحیه فراساحل[۳] در نظر گرفته می‌شود.

ب- نقطهٔ شکست[۴] نقطه‌ای است که موج در آنجا پایـداری خـود را از دسـت داده و بـه اصـطلاح می‌شکند. امواج در طبیعت بصورت نامنظم بوده و هریک نقطه شکست متفـاوتی دارنـد و در مجمـوع محدوده شکست موج[۵] را تشکیل می‌دهند.

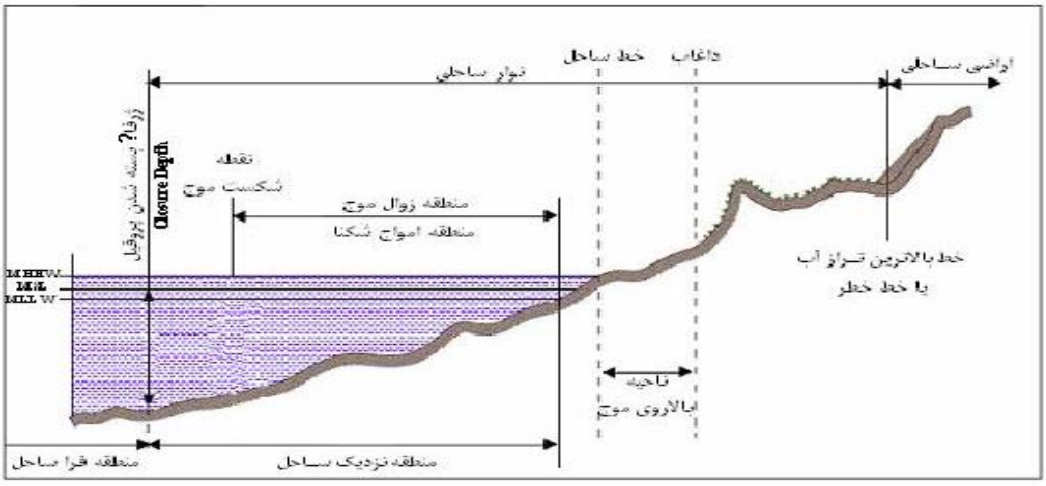
پ- منطقه زوال موج[۶] از نقطه شکست شروع شده و تا خط ساحل ادامه می‌یابـد. در عـین حـال موقعیت خط ساحل با جزر و مد تغییر می‌کند. امواج در منطقه زوال موج را امواج شکنا[۷] مـی‌نامنـد و لذا به منطقه زوال موج، منطقه امواج شکنا نیز گفته می‌شود. جریان‌های موازی ساحل[۸] و نیـز بخـش عمده انتقال رسوب ساحلی در منطقه زوال موج اتفاق می‌افتد.

ت- ناحیه بالاروی موج[۹] به حد فاصل بین خط ساحل و خط داغـاب گفتـه مـی‌شـود و دائمـا در معرض یورش و بالاروی امواج قرار دارد. خط داغاب[۱۰] بالاترین حد بالاروی موج است و بسته به بزرگی امواج با زمان تغییر می‌کند.

---

[1] Depth of Closure
[2] Nearshore Zone
[3] Offshore Zone
[4] Breaking Point
[5] Breaking Zone
[6] Surf Zone
[7] Breakers
[8] Longshore Currents
[9] Runup Zone
[10] Runup Limit or High Water Mark

ث- خط بالاترین تراز آب نشان دهنده بالاترین ترازی است که آب به هنگام وقوع برکشند طوفان به آن می‌رسد و لذا به آن خط خطر[1] نیز می‌توان گفت. به زمین‌های ماورای این خط، اراضی مشرف بر ساحل گفته می‌شود. مرز خشکی اراضی مشرف بر ساحل تا ماورای زمین‌هایی که نحوه استفاده از آن‌ها بر کیفیت منابع ساحلی اثر چشمگیر دارد ادامه می‌یابد. بغیر از آلاینده‌های نقطه‌ای، رودخانه‌ها و حوزه‌های آب‌ریز آن‌ها مهم‌ترین سامانه‌ای هستند که از طریق آن‌ها فعالیت‌های صورت گرفته در اراضی مشرف بر ساحل بر منابع ساحلی اثر می‌گذارند. به این ترتیب اراضی مشرف بر ساحل تا مرز حوزه آبریز ادامه دارند. همچنین حد فاصل مابین خط خطر و خط تراز ژرفای بسته شدن پروفیل به عنوان نوار ساحلی شناخته می‌شود.



شکل ۱-۱: تقسیم‌بندی اجزای مناطق ساحلی [۲]

سازه‌های موجود در مناطق ساحلی به طور کلی به دو دسته: ۱- سازه‌ها و تجهیزات بندری ۲- ابنیه و ساختمان‌های موجود در اراضی ساحلی تقسیم می‌شوند. سازه‌های بندری شامل سازه‌های حفاظتی (موج‌شکن، آب‌شکن، دیوارهای ساحلی و پوشش‌های حفاظتی)، اسکله‌ها، تجهیزات دریایی، سازه ها و تجهیزات نگهداری و تعمیر شناورها است.

[1] Hazard Line