

بررسی پایداری سازه‌های ساحلی در برابر امواج سونامی در منطقه خلیج چابهار

افشین محسنی آراسته*، کامران لاری و نادر هاشمی پور

گروه فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۱

چکیده

این تحقیق بر اساس تحلیل داده‌های میدانی و همچنین مدل‌های موجود از سونامی‌های فرضی ناشی از گسل مکران تحت سناریوهای مختلف، نیروهای وارد بر سازه‌های مسکونی ساحلی را با در نظر گرفتن عمق نفوذ و ارتفاع سیلاب ناشی از سونامی در منطقه چابهار مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین با توجه به جنس زمین در منطقه، پایداری سازه مسکونی نمونه با قاب یک طبقه با استفاده از نرم افزار SAP2000 مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل اینکه سازه در مقابل نیروهای وارد از سیلاب سونامی از حالت خطی خارج می‌شود از تحلیل استاتیکی غیر خطی استفاده شده است. در مطالعه حاضر، سازه‌های مسکونی موجود ساحلی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است تا پیشروی موج سونامی احتمالی پیش‌بینی شده و ایمن‌ترین سازه‌ها پیشنهاد شوند. همچنین آب گرفتگی احتمالی چابهار به عنوان بزرگترین مرکز جمعیت و تأسیسات ساحلی در شمال دریای عمان مورد توجه قرار گرفته است و اساس کار شبیه‌سازی و مدل‌سازی عددی سونامی‌های فرضی در این منطقه می‌باشد. در خصوص سازه یک طبقه نمونه سازه تا جابجایی ۰/۶ سانتی‌متر به‌ازای برش پایه حدود ۵۵ تن به صورت تقریباً خطی رفتار می‌کند و سازه بعد از جابجایی ۱/۵۵ سانتی‌متر وارد محدوده ویرانی می‌شود. در ساختمان با قاب دو طبقه با فرض عدم وجود دیوارهای مقاوم در برابر جریان نیروی هیدرودینامیک نیروی شکست موج بسیار کمتر خواهد بود، زیرا عرض ستون که در مقابل جریان قرار گرفته است بسیار کوچک‌تر از عرض دیوار که برابر با کل عرض قاب می‌باشد، خواهد بود و به همین دلیل مقدار این نیروها بسیار کاهش می‌یابند.

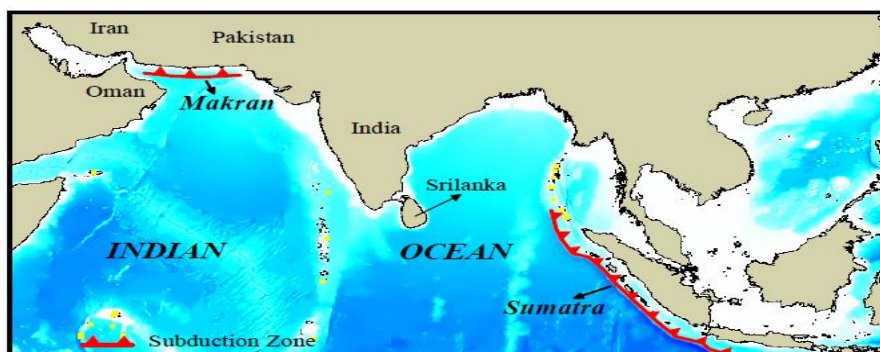
واژگان کلیدی: پایداری سازه، موج سونامی، نیرو، خلیج چابهار

*نگارنده پاسخگو: a_mohseni@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

در قسمت شمال باختری اقیانوس هند در اثر فرورانش صفحه اقیانوسی عمان به زیر صفحه قاره‌ای ایران ناحیه فرورانش مکران تشکیل شده است. ناحیه‌ی فرورانش مکران از نزدیکی تنگه هرمز تا حدود مرز هند با طولی حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد باختری گسترش یافته است. مطالعات نشان می‌دهد که کمترین سرعت فرورانش صفحه‌ی عمان به زیر صفحه‌ی ایران حدود ۱۹/۵ میلی متر در سال است. بیشترین این مقدار نیز حدود ۲۷ میلی متر در سال برآورد شده است. بررسی‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که به طور کلی دو منطقه سونامی خیز در اقیانوس هند وجود دارد که عبارتند از منطقه‌ی فرورانش اندونزی در خاور دور و ناحیه فرورانش مکران در قسمت شمال باختری اقیانوس هند. در میان حوزه‌های آبی پیرامون کشور احتمال وقوع سونامی در دریای عمان به علت قرارگیری گسل مکران در این ناحیه بیشتر است و به عوامل و شرایط واقعی ایجاد موج سونامی در دریای مکران بستگی دارد. با توجه به اینکه منشأ همه زمین‌لرزه‌های سونامی زا نواحی فرورانش هستند و شمال دریای عمان یکی از مناطق در معرض

هجوم امواج سونامی می‌باشد، (Heidarzadeh *et al.*, 2008). یکی از علت‌های اصلی آثار تخریبی انرژی سونامی در سواحل، کاهش بسیار اندک انرژی که در طول حرکت موج ایجاد می‌شود می‌باشد (Hebert *et al.*, 2007; Nistor *et al.*, 2008). در نتیجه چگونگی مقاوم سازی ساختمان‌ها و تاسیسات ساحلی برای کاهش تلفات جانی و خسارت‌های مالی و ارائه راهکار برای نحوه ساخت و ساز در سواحل با در نظر گرفتن حریم ساحلی از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. اگرچه آیین‌نامه‌های کمی طراحی سازه در نواحی مستعد سونامی را در نظر گرفته‌اند، اما تحقیقات میدانی بعد از سونامی اقیانوس هند حاکی از بارهای شدید تولید شده توسط سیل ناشی از سونامی بوده و نیاز به توسعه راهبردهای جدید طراحی را نشان می‌دهد. تحقیقات جدید نشان می‌دهند که بارهای ناشی از سونامی می‌توانند با نیروهای ناشی از زلزله قابل مقایسه و یا حتی متجاوز از آن باشند. در نتیجه تخمین این نیروها و همچنین نیروی برخورد اجسام شناور همراه با سیلاب سونامی به سازه حائز اهمیت فراوان است. هرچند که سطح عملکرد سازه با توجه به کارایی سازه در هنگام زلزله و سونامی مشخص می‌شوند (FEMA55, 2011).



شکل ۱ - نواحی فرورانش موجود در اقیانوس هند شامل ناحیه سوماترا در شرق و ناحیه مکران در شمال

نشان می‌دهند که ناحیه فرورانش مکران از نظر تکتونیکی، پتانسیل ایجاد زمین‌لرزه‌هایی را با بزرگی بیش از ۸ درجه را دارد که می‌توانند سونامی‌های مخربی را مشابه آنچه در سال ۱۹۴۵ اتفاق افتاد به وجود آورند. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی پایداری سازه‌های ساحلی در برابر امواج سونامی در منطقه خلیج چابهار می‌باشد.

داده‌های تاریخی نشان می‌دهد که آخرین سونامی بزرگ ثبت شده در منطقه مکران در ۲۸ نوامبر سال ۱۹۴۵ اتفاق افتاد که حداقل ۴۰۰۰ کشته در سواحل پاکستان، هند، ایران و عمان بر جای گذاشت. این سونامی بر اثر وقوع زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر به وجود آمده بود. سونامی دیگری را در اواخر دسامبر ۱۸۹۷ میلادی در سواحل مکران گزارش شده است که البته جزئیات چندانی را ارائه نکرده‌اند. همچنین سونامی ژوئن سال ۲۰۱۰ در منطقه مذکور و سونامی ثبت شده ناشی از زلزله ای در پاکستان در ۲۴ سپتامبر ۲۰۱۳ با بزرگای گشتاوری ۷/۷

مواد و روش ها

بررسی آب‌گرفتگی منطقه ساحلی چابهار در اثر سونامی ناحیه فرورو مکران

با استفاده از یک مدل بوسینسکی کاملاً غیرخطی، سونامی‌های احتمالی ناشی از وقوع زمین‌لرزه در ناحیه مکران شبیه‌سازی شد و تأثیر و بالاروی آن‌ها در سواحل خلیج چابهار، مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدیهی است تخمین موقعیت و شدت زمین‌لرزه‌ها امکان‌پذیر نیست؛ زمین‌لرزه‌های احتمالی می‌تواند

در هر نقطه‌ای از امتداد گسل مکران با بزرگی و ابعاد مختلف رخ دهد. از این رو ضروری است تا وقوع سناریوی گوناگون رخداد زمین‌لرزه تعریف شده و ارزیابی گردد. از سوی دیگر به‌منظور بررسی اثرات شدت‌های متفاوت زمین‌لرزه، بزرگی گشتاور زلزله (M_w) در سناریوهای مختلف در محدوده بین ۷/۵ تا ۹ تغییر می‌نماید. پس سناریوهای تعریف شده را می‌توان به‌طور کلی در جدول (۱) ارائه نمود (راست گفتار و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۱- مشخصات سناریوهای تعریف شده برای وقوع زمین‌لرزه

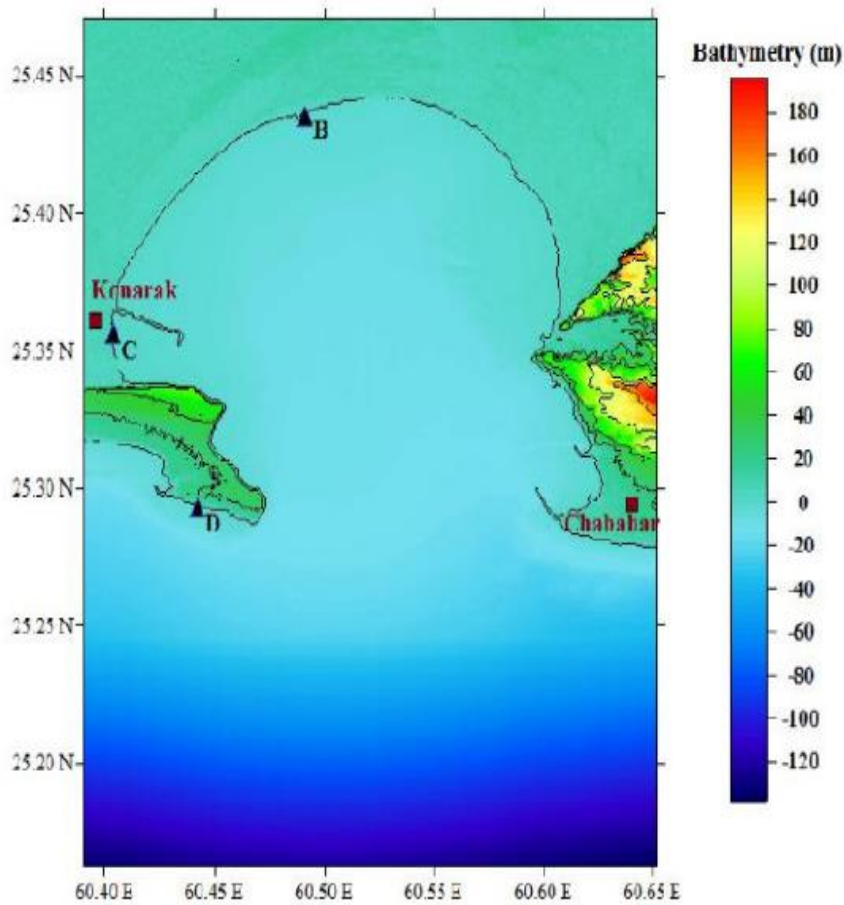
شماره‌های سناریو	بزرگی گشتاور زلزله (نیوتن - متر)	مختصات مرکز زمین‌لرزه	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۷/۵	۶۰/۷۱	۲۴/۴۱
۲	۸	۶۰/۴۱	۲۴/۴۷
۳	۸/۳	۶۰/۶۸	۲۴/۴۳
۴	۸/۵	۶۱/۱۴	۲۴/۴۳
۵	۸/۶	۶۰/۶۵	۲۴/۴۷
۶	۹	۶۰/۶۵	۲۴/۴۸

بررسی نقاط خروجی مدل عددی در شکل (۲) نشان می‌دهد افزایش بزرگی زلزله سبب می‌شود، مطابق انتظار، امواج مرتفع‌تری در سواحل خلیج چابهار ثبت شود. عملکرد گسل مکران به‌گونه‌ای است که فرورفتگی ایجاد شده در سطح آزاد دریا در اثر زلزله (حوضیض موج) در سمت سواحل ایران قرار می‌گیرد. بنابر این پس از انتشار سونامی در ابتدا حوضیض موج در سواحل ایران مشاهده و تراز سطح آب پایین می‌رود که سری زمانی موج‌های ثبت شده این را تأیید می‌نمایند. این کاهش تراز سطح آب سبب می‌شود در مناطقی که دریا عمق چندانی نداشته باشد (عمق آب از میزان این کاهش تراز سطح آزاد کمتر باشد) خشکی در دریا نفوذ یافته و دریا عقب نشیند. در نقاط خروجی مدل نیز، که در مجاورت خط ساحلی هستند و عمق چندانی ندارند، این پدیده مشاهده می‌شود و در هنگامی که کاهش تراز سطح آب از عمق بستر در نقطه خروجی تجاوز می‌کند، سری زمانی امواج منقطع می‌شود. با توجه به شکل‌های (۲ و ۳) ملاحظه می‌شود امواج سونامی از

از سوی دیگر برای قادر ساختن معادلات به ثبت بالاروی از روش مجراء (بستر قابل نفوذ) استفاده شده است. در این روش بجای ساحلی یا بستری یکپارچه، فرض می‌شود که ساحل متخلخل است و مجراهای باریکی دارد. لذا اصلاحاتی در معادلات پیوستگی اعمال شده و این امکان برای تراز آب به‌وجود می‌آید تا زیر تراز خشکی قرار گیرد. در نهایت با حل معادلات تکمیلی بالاروی امواج شبیه‌سازی می‌شود. با پایان یافتن شبیه‌سازی منتظر مرحله بالاروی، یعنی ارتفاع بالاروی و آب‌گرفتگی حاصل می‌گردد. منظور از ارتفاع بالاروی و آب‌گرفتگی به ترتیب ارتفاع امواج سونامی در مجاورت خط ساحلی و میزان پیشروی افقی سونامی در داخل سواحل می‌باشد. به‌منظور محاسبه دقیق موج سونامی و ارتفاع بالاروی چندین نقطه‌ی خروجی در مجاورت خط ساحلی و در مدل محلی تعریف شده است تا سری زمانی امواج را ثبت نمایند. موقعیت مکانی این نقاط به‌همراه توپوگرافی و هیدروگرافی خلیج چابهار در شکل (۲) و سری‌های زمانی ثبت شده توسط نقاط خروجی در شکل (۳) ارائه شده است.

وجود میزان آب‌گرفتگی در بندر چابهار نسبت به نواحی داخلی خلیج چابهار، که خالی از سکنه هستند، کمتر است (حدود ۵۰۰ و ۱۵۰۰ متر). دماغه‌ی غربی خلیج با توجه به تراز بالای ساحل در آن ناحیه به مانند دیوار مرتفعی در مقابل امواج سونامی عمل می‌کند. با این وجود میزان آب‌گرفتگی در این نواحی نیز با توجه به ارتفاع امواج چندان زیاد نیست (حدود ۵۰۰ متر). تغییرات مشاهده شده در میزان آب‌گرفتگی بین سواحل داخلی و سواحل خارجی (بندر چابهار و دماغه‌ی غربی) خلیج چابهار را می‌توان با توجه به صخره‌ای بودن ساحل در مجاورت بندر چابهار و کلاً تمامی سواحل بیرونی این خلیج و هم‌چنین توپوگرافی خلیج چابهار که بیانگر تراز بالای خشکی در بندر چابهار و دماغه‌ی غربی است، توجیه نمود. در حالی که در نواحی داخلی خلیج چابهار، سواحل بسیار پست و دارای شیب ملایم هستند و از این رو امواج سونامی آسان‌تر در آن‌ها پیشروی می‌نمایند (شکل ۲).

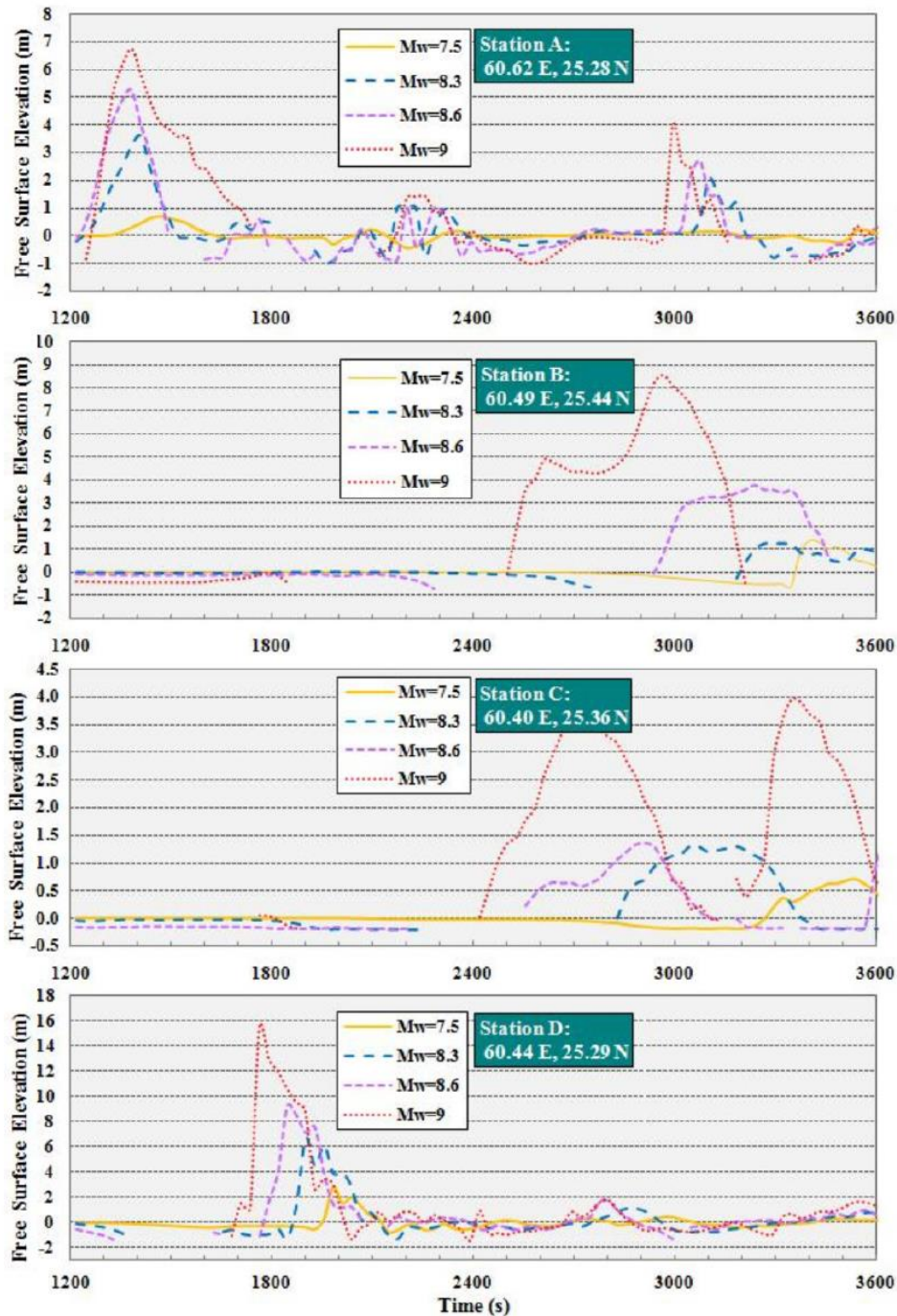
سمت دماغه شرقی در حال برخورد به خلیج چابهار هستند و از این رو همان‌گونه که سری‌های زمانی نشان می‌دهند نقطه A اولین نقطه‌ای است که موج سونامی را در گام‌های زمانی ابتدایی مدل محلی دریافت می‌نماید. امواج سونامی در سناریوهای یکسان تقریباً با همان ارتفاع ثبت شده در بندر چابهار (نقطه A، شکل ۲) در سواحل داخلی خلیج چابهار نیز (نقطه B، شکل ۲) مشاهده می‌شوند اما با ارتفاع خیلی کمتر (حدود نصف) به بندر کنارک می‌رسند. زمان رسیدن امواج سونامی به این نقطه خروجی که در مجاورت بندر چابهار قرار گرفته است، در حدود ۲۰ دقیقه پس از وقوع زمین‌لرزه است. حداکثر ارتفاع ثبت شده از موج سونامی ناشی از وقوع زمین‌لرزه‌ی با بزرگی گشتاور ۹ (سناریوی ۶) در شکل (۴) نمایش داده شده است. ضمن این که در این شکل می‌توان میزان آب‌گرفتگی یا همان نفوذ امواج به خشکی را مشاهده کرد. با بررسی شکل (۴) می‌توان دریافت سونامی ناشی از زمین‌لرزه با بزرگی ۹ می‌تواند امواجی در حدود ۱۰ متر را در بندر چابهار و سواحل داخلی خلیج چابهار ایجاد نماید. با این



شکل ۲- توپوگرافی و هیدروگرافی خلیج چابهار و موقعیت نقاط خروجی سری زمانی امواج

محدوده‌ی ناحیه آب‌گرفتگی کاهش می‌یابد. به‌دلیل این که طبق نتایج حاصله، در سناریوهای مربوط به زمین‌لرزه‌های با بزرگی کمتر از $8/3$ آب‌گرفتگی قابل توجهی در بندر چابهار پدید نمی‌آید، بنابراین برای این سناریوها (سناریوهای ۱ و ۲) در جدول ۱ در نقشه آب‌گرفتگی دیده نمی‌شود (شکل ۴). ضمن اینکه همانطور که بیان شد زمین‌لرزه با بزرگی ۹ تقریباً نمی‌تواند آب‌گرفتگی در بندر کنارک ایجاد کند. پس بدیهی است در سایر سناریوها نیز امواج سونامی قادر نیستند در بندر کنارک نفوذ کنند و از این‌رو برای این بندر نیز در نقشه آب‌گرفتگی نمایش داده نشده است.

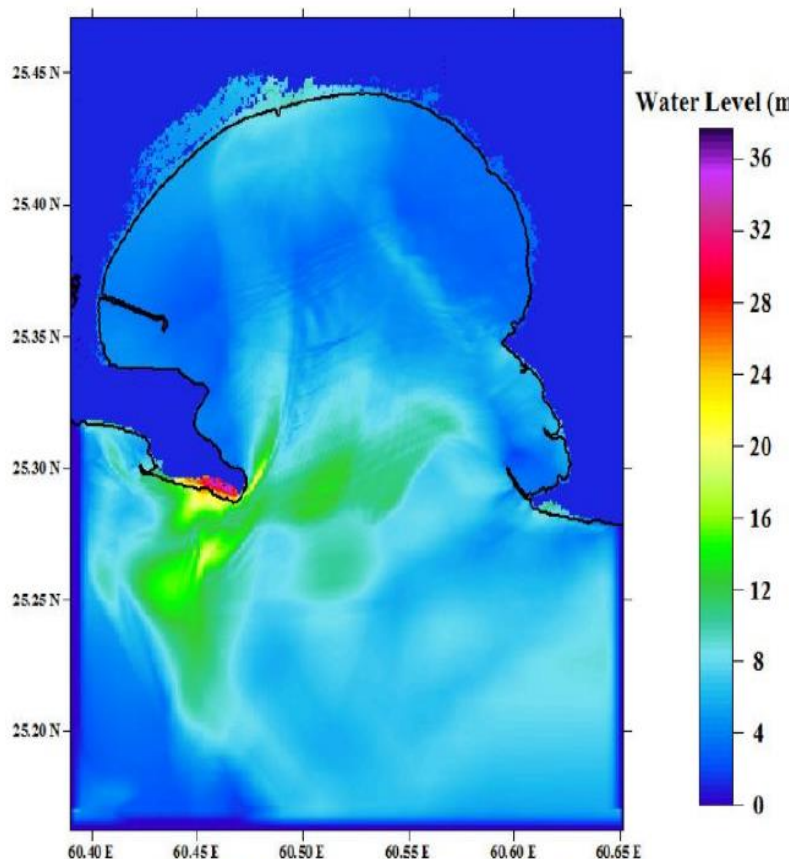
از سوی دیگر با دقت در شکل (۴) مشاهده می‌شود که در اثر سونامی زمین‌لرزه‌ی با بزرگی ۹ تقریباً هیچ آب‌گرفتگی در بندر کنارک رخ نمی‌دهد. البته در این ناحیه، برخلاف بندر چابهار، مرتفع بودن ساحل علت کم‌تر بودن آب‌گرفتگی نسبت به سواحل داخلی خلیج چابهار نیست؛ بلکه همان‌گونه که ذکر شد به‌دلیل اینکه بندر کنارک کاملاً در پشت دماغه‌ی غربی خلیج واقع شده، امواج سونامی با ارتفاع کم‌تری به آن برخورد می‌کنند (حدود ۴ متر) (راست گفتار و همکاران، ۱۳۹۱). آب‌گرفتگی‌های پدید آمده در بندر چابهار در صورت وقوع زمین‌لرزه‌های مطابق با سناریوهای تعریف شده همانطور که پیش‌بینی می‌شود با کاهش بزرگی زلزله در سناریوها،



شکل ۳- سری زمانی ارتفاع امواج در نقاط خروجی مدل عددی

متناسب خواهد بود $(C=(gh)^{1/2})$. بنابراین داخل خلیج چابهار به دلیل عمق کم آب، سرعت امواج سونامی کاهش می‌یابد و این امر فاصله‌ی زمانی زیاد مذکور را توجیه می‌نماید (راست گفتار و همکاران، ۱۳۹۱).

از سوی دیگر فاصله‌ی زمانی نسبتاً زیادی بین رسیدن امواج سونامی به نواحی خارجی خلیج و نقاط داخلی دیده می‌شود. با توجه به طول موج زیاد امواج سونامی این امواج در گروه امواج آب کم عمق (امواج بلند) شمرده می‌شوند. در نتیجه با فرض تئوری موج خطی، سرعت فازی این امواج با جذر عمق اقیانوس



شکل ۴- حداکثر تراز سطح آب در محدوده‌ی خلیج چابهار (سناریوی ۶)

ساختمان سبب ایجاد نیروی برشی در ساختمان می‌شود که میزان ممان محرک را افزایش می‌دهد (Wells & Coppersmith, 1994). پایداری سازه مسکونی نمونه با قاب یک طبقه با استفاده از نرم افزار SAP2000 مورد بررسی واقع می‌شود.

نیروهای وارد شده از موج سونامی به سازه

به‌طور کلی سه عامل برای تعریف بزرگی نیروهای اعمال شده توسط موج سونامی مورد نیاز است:

- (۱) عمق آب گرفتگی
- (۲) سرعت جریان آب
- (۳) جهت جریان آب

این عوامل به‌طور مؤثر تحت تأثیر طول موج سونامی و دوره تناوب آن همچنین زبری بستر دریا در نزدیکی ساحل و شکل بستر و عوارض زمینی آن می‌باشند که در مدلسازی مذکور تشریح شد. میزان عمق آب گرفتگی اعمال شده ناشی از موج سونامی همانطور که در مباحث گذشته بیان گردید، با توجه به

ارزیابی و تحلیل یک موج سونامی با توجه به وضع کنونی ساخت و سازها

در اثر بروز سونامی با در نظر گرفتن سناریوی ۶ و ارتفاع موج سونامی ۱۰ متر در این منطقه و همچنین توپوگرافی منطقه با متوسط ارتفاع ۷ تا ۹ متر از M.S.L در حالت عدم وجود خیزاب طوفان در آن زمان، سازه‌های ساحلی بسیار زیادی دچار تخریب می‌شوند و تعداد زیادی از خرابی‌ها ناشی از واژگونی سازه‌های سبک ساحلی می‌باشد. در اثر برخورد امواج سونامی به سازه نیرو هیدروستاتیک و هیدرودینامیک اعمال می‌گردد. با توجه به این مسئله که ممان مقاوم در برابر واژگونی ناشی از وزن سازه است، هرچه وزن سازه سبک‌تر باشد ممان مقاوم کمتر خواهد شد. در سازه‌های سبک کنار ساحل که در معرض امواج سونامی قرار می‌گیرند با افزایش ممان محرک و کاهش مقاومت، ضریب اطمینان در برابر واژگونی‌های کاهش یافته و سازه تمایل به واژگونی خواهد داشت. امواج سونامی با ارتفاع حدود ۳ متر در منطقه که حتی در برخی موارد ارتفاع آن به چند طبقه ساختمان می‌رسد که در اثر وارد شدن این ارتفاع از آب به

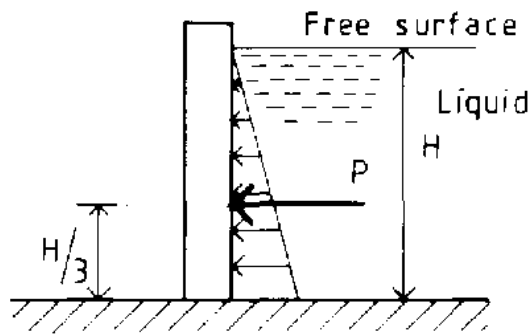
پیش از تشریح نیروها باید فرضیات موجود در باره سونامی را بیان کرد. جریان ناشی از سونامی ترکیبی از آب دریا و رسوب می‌باشد. رسوب همراه با جریان، بیش از ۱۰٪ نمی‌باشد که طبق فرض، حجم رسوب ۱۰٪ آب دریا است. دانسیته آب سونامی ۱/۲ برابر آب زلال می‌باشد که برابر $\rho_s = 1200 \text{ kg/m}^3$ است.

به دلیل غیر قطع‌ی بودن سیلاب ناشی از سونامی، پارامترهای طراحی (سرعت، عمق و مومنتوم) نباید کمتر از ۸۰٪ مقدار تحلیلی محاسبه شود. رابطه تحلیلی برای تعیین سرعت، به صورت رابطه (۱) می‌باشد:

$$u_{max} \sqrt{2gR \left(1 - \frac{z}{R}\right)} = u_{max} \sqrt{2gR \left(1 - \frac{z}{R}\right)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

شکل (۵) نیروی هیدرواستاتیک در واحد عرض را نشان می‌دهد. می‌توان با استفاده از معادله (۱) محاسبه نمود. FEMA55 در فرمول‌سازی خود از بار آبی سرعت استفاده نمی‌کند زیرا معتقد است مولفه سرعت در این معادله مولفه ناچیزی می‌باشد.

$$F_{hs} = P_c A_w = \frac{1}{2} \rho_g^b h_{man}^2$$



شکل ۵- توزیع نیروی هیدرواستاتیک و موقعیت برآیند (FEMA55).

حجم آب جابجا شده توسط جسم غوطه‌ور (شکل ۶). اثر نیروی شناوری تولید شده توسط سیل ناشی از سونامی بر اساس مشاهدات میدانی سونامی‌های گذشته به وضوح آشکار است که به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

سونامی‌های مختلف و به وسیله مدل‌سازی ریاضی قابل تخمین زده شد. سرعت جریان آب از نظر بزرگی متغیر می‌باشد. هر چند جهت جریان آب هم‌چنین تابعی از توپوگرافی ساحلی و عوارض زمین در محل وقوع سونامی و هم‌چنین جنس پوشش خاک می‌باشد. نیروهای ناشی از سونامی می‌بایست برای طراحی طبق موارد زیر قرار بگیرند:

- (۱) نیروی هیدرواستاتیک آب
- (۲) نیروی شناوری
- (۳) نیروی هیدرو دینامیک آب
- (۴) نیروی برخورد اجسام شناور

باید تأکید کرد که در رابطه (۱) از اثرات اصطکاک صرف‌نظر شده و ماکزیمم سرعت در بالاترین نقطه بالا آمدگی سطح آب رخ می‌دهد (FEMA55).

نیروی هیدرواستاتیک (F_{hs})
نیرویی است که توسط آب راکد یا آبی که حرکت آرامی دارد، تولید می‌شود و روی سطوح مسطح عمل می‌کند.

رابطه (۲)

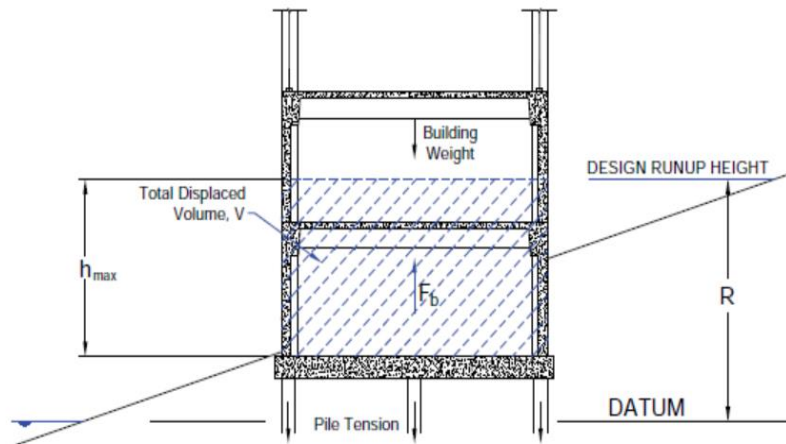
نیروی شناوری
نیروی شناوری نیرویی عمودی است که در مرکز جرم یک جسم غوطه‌ور در آب عمل می‌کند و بزرگی آن برابر است با

$$F_b = \rho g V$$

رابطه (۳)

دارد. برای سازه‌هایی که وزن آنها در برابر شناوری کافی نیست کشش شمع‌ها برای جلوگیری از شناوری به کار می‌رود. هرچند که می‌بایست کاهش ظرفیت اصطکاک اطراف شمع‌ها را به دلیل آبستگي اطراف آنها بررسی کرد (FEMA55).

نیروی شناوری می‌تواند اثر بسیار مخربی روی بعضی از المانهای سازه از قبیل دال کف داشته باشد و همچنین شناوری برای سازه‌های سبک چوبی و تانک‌های خالی اهمیت

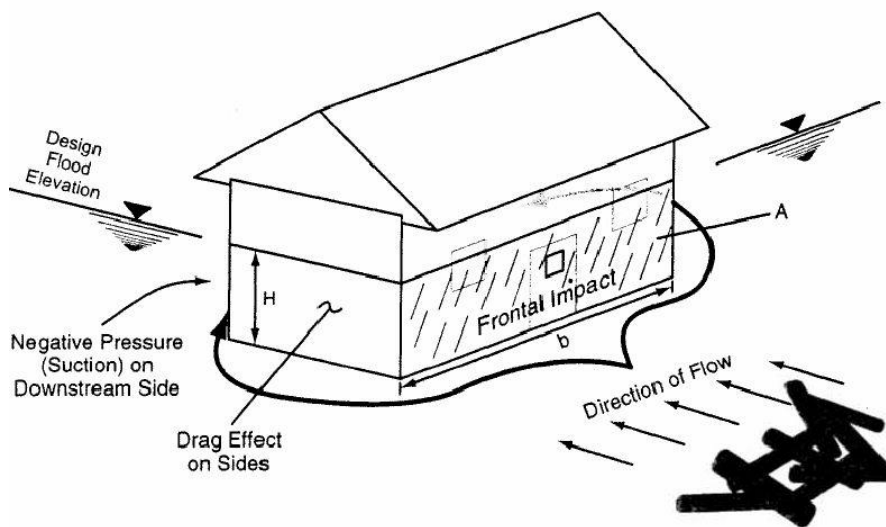


شکل ۶- نیروی شناوری وارد به سازه (FEMA55).

نیروی هیدرودینامیک

حجم جریان است. نیروی هیدرودینامیک در قسمت‌های مختلف سازه به صورت شکل (۵) وارد می‌شود.

هنگام مواجهه جریان با سازه، نیرویی بر سازه و اجزای آن وارد می‌شود. این نیروها ناشی از برخورد جریان با سرعت بالا بر سازه به وجود می‌آید و تابعی از ارتفاع و سرعت و توپوگرافی و



شکل ۷- نیروی هیدرودینامیک در قسمت‌های مختلف سازه

هم چنین نیروی دراگ یا سایر نیروهای جانبی ترکیب می شود. برای محاسبه نیروی هیدرودینامیک از رابطه (۴)

$$F_d = 1/2 \rho_s C_d B (hu^2)_{max} \quad \text{رابطه (۴)}$$

نمی دهد. $(hu^2)_{max}$ با توجه به مدل سازی عددی برای هر منطقه و هر سایت به دست می آید. حداکثر مقدار (hu^2) را می توان از رابطه (۵) محاسبه نمود.

ترکیب hu^2 ممنتوم شار جریان را برای واحد جرم نشان می دهد. لازم به ذکر است $(hu^2)_{max}$ برابر $h_{max} u^2$ نیست. عمدتاً در یک سایت هردوی آنها باهم در یک زمان رخ

$$(hu^2)_{max} = gR^2 \left(0.125 - 0.235 \frac{Z}{R} + 0.11 \left(\frac{Z}{R} \right)^2 \right) \quad \text{رابطه (۵)}$$

رابطه تفاوت های توپوگرافی و اصطکاک در نظر گرفته نشده است. معادله (۶) را می توان برای موارد زیر استفاده کرد.

- ۱- طراحی اولیه
- ۲- طراحی تقریبی در حالیکه اطلاعات مدل ها وجود نداشته باشد
- ۳- ارزیابی مقادیر ناشی از مدل های عددی (FEMA55).

R می بایست $1/3$ برابر تراز ارتفاع بالا آمدگی یعنی R^* در نظر گرفته شود که حداکثر ارتفاع آب گرفتگی سازه بوده و از مدل شبیه سازی به دست می آید و ارتفاع زمین در حداکثر مقدار است. این مقادیر با نقشه سیل گرفتگی مناطق به دست می آید. هر چند که حل تحلیلی این راه حل براساس رابطه یک بعدی غیر خطی آب کم عمق برای شیب یکنواخت است. در این

نیروی برخورد اجسام شناور

دیوار عمودی آب سونامی که سرعت بالایی دارد در هنگام پیشروی در خشکی با خود اجسامی مانند اتومبیل های شناور، قطعاتی از ساختمان ها، چوبها، قایق و کشتی های شناور را حمل می کند. برخورد این اجسام شناور به ساختمان ممکن است منجر به نیروی قابل ملاحظه ای شود. این نیرو به موقعیت سازه بسیار وابسته است:

- سازه در پایین دست سازه های دیگر است یا نه
 - سازه در پایین دست سازه های در حال شناوری مانند مخازن است یا نه
 - فاصله از سازه های اطراف
- FEMA 55 برای محاسبه این نیرو از رابطه زیر استفاده می کند:

$$F_i = wv/gt \quad \text{رابطه (۶)}$$

دست بالا است که سرعت حمل این مواد مخروبه را برابر با سرعت جریان فرض کرد. محل برخورد زباله های شناور نیز نزدیک به سطح آب است. عدم قطعیت زیادی در مورد مدت زمان برخورد وجود دارد. براساس متون فیزیکی و دینامیکی مختلف همچون خصوصیات مصالح، ارتفاع سازه از کف، ارتفاع وارد شدن نیرو و تعداد و شکل تکیه گاه است (FEMA55). در بحرانی ترین سناریو با بزرگی گشتاور ۹، ارتفاع امواج در بندر چابهار و برخی بخش های داخلی خلیج به حدود ۱۰ متر می رسد و میزان ارتفاع آب در سیلاب ناشی از سونامی در بندر چابهار به دلیل سواحل صخره ای و تراز بالای خشکی و اختلاف ارتفاع M.S.L. و CHART DATUM (۷ تا ۹ متر) حداکثر

رابطه فوق دارای عدم قطعیت بالایی است از جمله ابعاد، شکل، وزن اجزای شناور، سرعت جریان و زمان برخورد. در نقاط مختلف میزان w متفاوت بوده و توصیه می شود یک وزن ۳۰۰ کیلو گرم به کار رفته شود. این نیرو توسط اجزای تخریب شده چوپرا (۱۹۹۵) مدت زمان برخورد، ناشی از فرکانس طبیعی سازه است که تابعی از سختی سازه می باشد. این سختی تابعی از ساختمان ها، مخازن، تجهیزات وارد می شود. سرعت برخورد این اجسام، برای اجسام کوچک هم سرعت با حرکت جریان است ولی در مورد اجسام سنگین،

رو به ساحل که بزرگترین نیرو را به خود اختصاص می‌دهد و محاسبه سرعت موج و نیروهای وارد از سیلاب در بخش بعد توضیح داده شده است. برای اینکه بتوان بحث های تئوری بیان شده را به صورت عددی بررسی کرد، از مدل سازه ساختمانی راحمن استفاده شده است. این سازه یک ساختمان یک طبقه بوده که ارتفاع آن ۳ متر می باشد. در هر وجه دارای دو ستون است و که سطح مقطع ستون ها 50×50 سانتیمتر و به همراه ۸ عدد آرماتور $22 \Phi 22$ و سقف سازه نیز یک دال بتنی به ابعاد $2/5 \times 5$ متر و ضخامت ۲۵ سانتی متر می باشد.

۳ متر در نظر گرفته می شود. آب‌گرفتگی در همان بحرانی ترین سناریو در حدود ۵۰۰ متر است. در حالی که در سواحل ملایم و پست بخش داخلی خلیج میزان آب‌گرفتگی به ۱۵۰۰ متر نیز می‌رسد. در بندر کنارک به دلیل قرارگیری آن در پشت دماغه غربی خلیج، امواج سونامی با ارتفاع کمتری دریافت می‌شوند. از این رو حتی در بحرانی ترین سناریو با بزرگی ۹ که امواج سونامی با ارتفاع حدوداً ۴ متر به بندر کنارک می‌رسند، آب‌گرفتگی در این بندر رخ نمی‌دهد. محاسبه عددی نیروهای ناشی از سونامی براساس FEMA55 و فرض عمق آب‌گرفتگی ۳ متر که هم ارتفاع با سازه‌های مسکونی نزدیک ساحل در شهرهای چابهار و کنارک می‌باشد، انجام گرفته است. با در نظر گرفتن ضلع بزرگتر

نتایج

محاسبه نیروهای وارد بر سازه با قاب یک طبقه:
ماکزیمم مقدار سرعت سونامی:

$$V = 2 (g_{ds})^{0.5}$$

$$ds=3m, g = 9.8/m/s^2, \rho = 1200 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 2 \times (g_{ds})^{0.5} = (9.81 \times 3)^{0.5} = 10.85 \text{ m/s}$$

نیروی موج در حال شکست بر دیوار قائم:

$$C_p = 2.8 \rightarrow \text{برای سازه مقاوم ساحلی}$$

$$H_b = 0.78ds = 0.78 \times 3 = 2.34 \text{ m}$$

$$f_{brkw} = 1.1C_p \gamma ds^2 + 2.41\gamma ds^2 = 1.1 \times 2.8 \times 9.81 \times 1200 \times 3^2 + 2.41 \times 9.81 \times 1200 \times 3^2 =$$

$$581.65 \text{ KN/m}$$

نیروی موج در واحد عرض که روی سطح آب عمل می کند

نیروی هیدرودینامیک:

$$c_{db} = 1.25 \leftarrow \frac{w}{ds} = 1.67 \rightarrow \text{برای دیوار با نسبت عرض به عمق آب گرفتگی}$$

$$f_{dyn} = 1/2 c_{d} \rho v^2 = 1.25 \times 1200 \times 10.85^2 = 88.29 \text{ KN/M}^2$$

سهم هر ستون از نیروی هیدرودینامیک، از ضرب نیروی در واحد سطح در نصف طول دیوار به دست آمده است:

$$f_{dyn} = 88.29 \times \left(\frac{5}{2}\right) = 220.75 \text{ KN/M}$$

نیروی هیدرودینامیک در واحد طول که به صورت بار گسترده روی کل ارتفاع ستون آب عمل می‌کند.

نیروی اجسام شناور :

$$W = 1000 \text{ lb} = 453.5 \text{ K}$$

$$V = 0.5 (\text{gds})^{0.5} = 0.5 \times (9.81 \times 3)^{0.5} = 2.7 \text{ m/s}$$

$$t = 0.2$$

$$F_i = \frac{WV}{gt} = 453.5 \times 2.7 / 9.81 \times 0.2 = 0.627 \text{ KN}$$

برآورد نیروها و تغییر شکل ها

تقریبی می توان مقدار تغییر مکان هدف را از رابطه زیر محاسبه نمود:

تغییر مکان هدف برای سازه با دیراگم های صلب باید در نظر گرفتن رفتار غیر خطی سازه برآورد شود. به عنوان یک روش

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

ضریب C_1 از رابطه زیر به دست می آید

که در آن T_e زمان تناوب اصلی موثر ساختمان برای امتداد مورد نظر است. C_0 ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکانی طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییر مکان با سیستم چند درجه آزادی است که در ساختمان یک طبقه برابر ۱ می باشد.

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0.$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{[1 + [R - 1] \frac{T_s}{T_e}]}{R}$$

T_s زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان و پارامتری است که به نوع زمین و میزان لرزه خیزی منطقه وابسته است. در رابطه (۱) شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر T_e است .

$$R = \frac{S_a}{V_y/w} C_m$$

ارتجاعی آنها منظور می کند و مقدار آن با توجه به سطح عملکرد سازه با قابلیت استفاده بی وقفه ۱ می باشد.

ضریب C_3 برای سازه هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت هستند ($\alpha > 0$) برابر یک و برای سازه هایی که پس از تسلیم دارای سختی منفی هستند ($\alpha < 0$) از رابطه زیر بدست می آید.

C_m ضریب جرم موثر در مود اول است که در ساختمان یک یا دو طبقه برای قاب خمشی بتنی یا فولادی در ساختمان نمونه ۱ میباشد. در رابطه فوق، R نسبت مقاومت است که از رابطه (۱) محاسبه میشود. ضریب C_2 اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه ای را برای تغییر مکان ها به دلیل رفتار غیر

$$C_3 = 1.0 + \frac{|\alpha|[R-1]^{1.5}}{T_e}$$

از ترکیب بارها هنگام وقوع سونامی را بوجود آورد. این فرض صرفاً جهت مقایسه و داشتن مقداری برای تغییر مکان هدف بوده است. بنابر این برای محاسبه S_a از تقسیم برش پایه ناشی از سونامی بر جرم سازه استفاده می‌شود. در نتیجه برای محاسبه R خواهیم داشت:

$$R = C_m, C_m = 1 \rightarrow R = 1$$

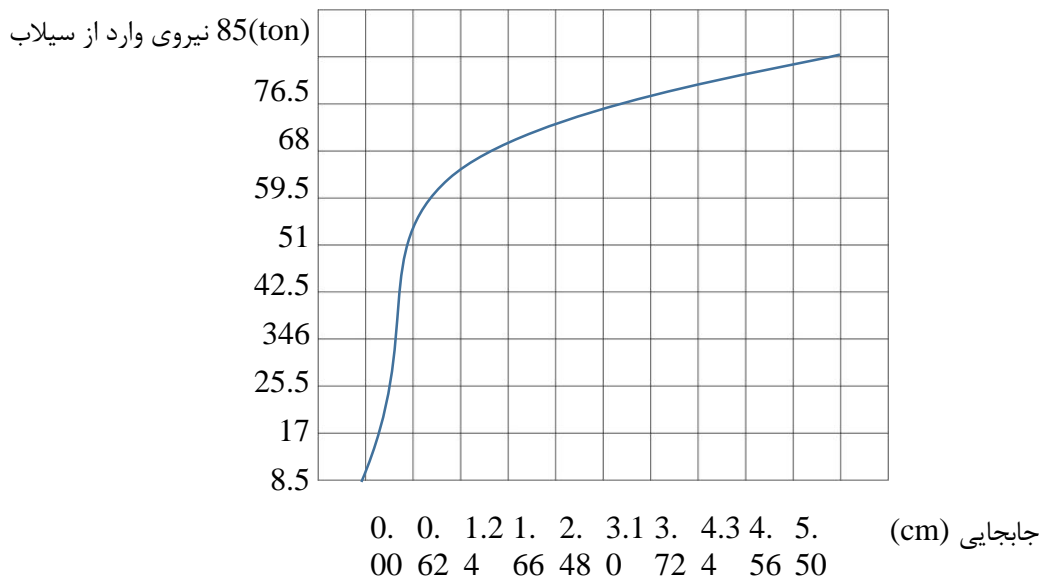
با توجه به اینکه تمام منابع موجود برای تعیین تغییر مکان هدف به نیروی زلزله اختصاص دارد و از آنجایی که در این روش به S_a وابسته است، لذا می‌بایست معادل این شتاب را به نحوی برای بار سونامی استخراج نمود. پس اینگونه فرض می‌گردد که نیروی سونامی ناشی از یک شتاب با الگوی مشخص بر جرم سازه وارد شده تا برش پایه ای معادل برش پایه ناشی

از آنجایی که خاک منطقه از نوع تیپ سه می‌باشد = T_s 0.7 و از روی مدل سازه نمونه T_e برابر 0.129 بدست می‌آید. در نتیجه خواهیم داشت:

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{[1 + [1 - 1] \frac{0.7}{0.129}]}{1} = 1$$

با توجه به فرضیات فوق مقدار C_3 یک به دست می‌آید و با توجه به مقادیر بدست آمده تغییر مکان هدف به صورت زیر به دست می‌آید

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1 * 1 * 1 * 1 * \left(\frac{431.68}{29.94}\right) * \left(\frac{0.129^2}{4\pi^2}\right) * 9.81 = 0.0596 \text{ m}$$



شکل ۸- منحنی نیرو- تغییر مکان ساختمان یک طبقه

جلویی، چپ به راست و طبقه اول شروع می‌شود (جدول ۲). با توجه به مقادیر بسیار بالای نیروهای وارد به سازه باید بررسی شود سازه مورد نظر در محدوده خطی باقی می‌ماند یا خیر. برای این کار باید نسبت نیروی وارده به ظرفیت مقطع محاسبه شده و یا در واقع نیاز شکل پذیری (DCR) کنترل شود. بر اساس دستور العمل بهسازی لرزه ای اگر این نسبت کوچکتر از ۲ باشد سازه در محدوده خطی باقی می‌ماند و اگر بزرگتر از ۲ باشد نشان دهنده ورود سازه به محدوده غیر خطی می‌باشد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵).

مدل سازی قاب دو طبقه با فرض وجود دیوارهای مقاوم در برابر جریان با توجه به اینکه ارتفاع آب گرفتگی ناشی از سونامی در این حالت تغییر نکرده و مشخصات سازه نیز ثابت مانده است و همچنین به دلیل وجود دیوار در طبقه اول - فرض شده است که دیوارها آسیب نمی‌بینند - مقادیر نیروها ناشی از سونامی تغییری نکرده است. تنها تفاوت این حالت با مرحله قبل، افزایش یک طبقه به سازه موجود می‌باشد. ترکیبات بارگذاری مشابه ترکیبات بارگذاری مورد استفاده در تحلیل ساختمان یک طبقه می‌باشد. شماره گذاری ستون‌ها نیز به ترتیب از ردیف

جدول ۲- نسبت نیروی وارده به ظرفیت مقطع جهت تعیین DCR تحت ترکیب بارهای مختلف

Column	P	V1			V2			
		DEMAND	CAPACITY	DCR	DEMAND	CAPACITY	DCR	
		Ton.f	Ton.f		Ton.f	Ton.f		Ton.f
1	COMB1	81.3291	127.4641	39.58345	3.220136	182.0975	10.86879	16.75416
1	COMB1	81.3291	93.6988	39.58345	2.367221	16.22528	10.86879	1.492832
1	COMB1	81.3291	59.9334	39.58345	1.5141	98.9989	10.86879	9.108548
1	COMB2	70.4869	74.8687	39.58345	1.89149	134.668	13.1048	10.27623
1	COMB2	70.4869	74.6887	39.58365	1.89149	22.36494	13.1048	1.706622
1	COMB2	70.4869	74.8687	39.58356	1.89149	89.9381	13.1048	6.862989
2	COMB1	78.0386	126.0062	39.58345	3.183305	179.0505	11.55581	15.49441
2	COMB1	87.0386	92.2409	39.58345	2.33029	15.36512	11.55581	1.329645
2	COMB1	87.0386	58.4755	39.58345	1.477271	97.6722	11.55581	8.452216
2	COMB2	67.1964	73.4108	39.58356	1.854587	131.621	13.76895	9.559262
2	COMB2	67.1964	73.4108	39.58356	1.854587	21.50477	11.55581	1.561831
2	COMB2	67.1964	73.4108	39.58356	1.854587	88.6114	11.55581	6.435596
3	COMB1	83.1949	88.3461	52.4447	1.854587	158.382	40.80283	3.881643
3	COMB1	83.1949	88.3461	52.4447	1.854587	25.86293	40.80283	0.633851
3	COMB1	83.1949	88.3461	52.4447	1.854587	106.656	40.80283	2.613936
3	COMB2	72.3527	73.4108	52.4447	1.399775	131.621	39.06537	3.36925
3	COMB2	72.3527	73.4108	52.4447	1.399775	21.50477	39.06537	0.550482
3	COMB2	72.3527	73.4108	52.4447	1.399775	88.6114	39.06537	2.268285
4	COMB1	86.4854	89.8039	52.4447	1.712354	158.382	41.32033	3.906769
4	COMB1	86.4854	89.8039	52.4447	1.712354	25.86293	41.32033	0.64673
4	COMB1	86.4854	89.8039	52.4447	1.712354	106.656	39.59777	2.613314
4	COMB2	75.6432	74.8637	52.4447	1.427574	131.621	39.59777	3.400899
4	COMB2	75.6432	74.8687	52.4447	1.427574	21.50477	39.59777	0.564803
4	COMB2	75.6432	74.8687	52.4447	1.427574	88.6114	23.63332	2.271292
5	COMB1	15.6576	1.9351	52.4447	0.048887	161.429	23.63332	0.860122
5	COMB1	15.6576	1.9351	52.4447	0.048887	26.7231	23.63332	0.7373
5	COMB1	15.6576	1.9351	52.4447	0.048887	107.983	23.99779	0.614479
5	COMB2	13.6837	0.6989	52.4447	0.017656	134.668	23.99779	0.725464
5	COMB2	13.6837	0.6989	52.4447	0.017656	22.36494	23.99779	0.68178
5	COMB2	13.6837	0.6989	52.4447	0.017656	69.9381	29.33195	0.638096
6	COMB1	15.6576	0.5373	52.4447	0.01025	20.32753	29.33195	0.662292
6	COMB1	15.6576	0.5373	52.4447	0.01025	17.42485	29.33195	0.689771

6	COMB1	15.6576	0.5373	52.4447	0.01025	14.52218	28.97816	0.717251
6	COMB2	13.6837	0.6989	52.4447	0.013326	17.40954	28.97816	0.600781
6	COMB2	13.6837	0.6989	52.4447	0.013326	16.36121	28.97816	0.564605
6	COMB2	13.6837	0.6989	52.4447	0.013326	15.31289	29.08785	0.528429
7	COMB1	14.2952	1.9352	52.4447	0.0369	19.42631	29.08785	0.588933
7	COMB1	14.2952	1.9351	39.58338	0.0369	20.2323	29.08785	0.688129
7	COMB1	14.2952	1.9351	39.58338	0.0369	21.03836	28.73352	0.787915
8	COMB2	12.3213	0.6989	39.58338	0.01333	17.40954	28.73352	0.5254005
8	COMB2	12.3213	0.6989	39.58338	0.01333	16.36121	28.73352	0.561889
8	COMB2	12.3213	0.6989	39.58338	0.01333	15.31289	23.88495	0.598374

بر اساس مشخصات قاب جدید محاسبه شده و در نقطه‌ای در مرکز جرم بام قرار داده می‌شود. البته قابل ذکر است که نحوه تعیین تغییر مکان هدف به همان صورتی است که در مورد ساختمان یک طبقه بیان شد.

با توجه به جدول (۲)، واضح است که سازه از حالت خطی خارج شده و نتایج تحلیل استاتیکی خطی در این بخش مورد تایید نخواهد بود و از تحلیل غیرخطی برای نشان دادن آسیب‌پذیر بودن اعضاء باید استفاده کنیم. مفاصل غیر خطی به همه اعضا اختصاص داده می‌شود و تغییر مکان نقطه هدف

محاسبه نیروهای وارد از سیلاب به مدل قاب دو طبقه با فرض عدم وجود دیوار در برابر جریان:

نیروی هیدرودینامیک:

قابل ذکر است که C_d برای ستون‌های مربع یا مستطیل برابر ۲ خواهد بود. (FEMA 55)

$$f_{dyn} = \frac{1}{2} c_d \rho v^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 1200 \times 10.85^2 = 141.26 \text{ KN/m}^2$$

نیروی شکست موج:

$$H_b = 0.78 d_s = 0.78 \times 3 = 2.34 \text{ m} \quad \square$$

$$F_{brk p} = \left(\frac{1}{2}\right) c_{ab} \gamma D H_b^2 = \frac{1}{2} \times 2.25 \times 1200 \times 9.81 \times 0.5 \times 0.78^2 = 36.25 \text{ KN/m}^2$$

که برابر با کل عرض قاب می‌باشد، خواهد بود و به همین دلیل مقدار این نیروها بسیار کاهش یافته است.

نمی‌باشد که دلیل اصلی آن وجود دیوار مقاوم در برابر جریان می‌باشد. در نتیجه ساختمان دو طبقه در نزدیکی خط ساحلی بدون وجود دیوار مقاوم تا ارتفاع برابر با تراز آب گرفتگی در برابر جریان ناشی از سونامی توانایی ایستادگی در برابر نیروهای جانبی را خواهد داشت. در چنین سازه‌هایی به دلیل عدم وجود دیوار نیروهای ناشی از سونامی به شدت کاهش یافته و سازه پایداری خود را حفظ خواهد کرد و هم‌چنین با در نظر گرفتن مقاومت سازه‌های موجود در منطقه چابهار برپایی ساختمان

در این حالت، نیروی هیدرودینامیک و نیروی شکست موج کاهش چشمگیری خواهند داشت. زیرا عرض ستون که در مقابل جریان قرار گرفته است بسیار کوچک‌تر از عرض دیوار

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق تلاش بر این است که بتوان پاسخی در باره چگونگی وضعیت سازه‌های ساحلی شمال دریای مکران در برابر موج سونامی داد. همانطور که در بالا ذکر شد، در صورت بروز سونامی ناشی از زلزله بیش از بزرگی گشتاوری ۹ ساختمان یک طبقه با دیوار مقاوم در نزدیکی خط ساحلی به شرط پایداری دیوارها توانایی ایستادگی در برابر جریان ناشی از سونامی را دارا

به خاطر وجود دیوار در اطراف سازه دانست. زیرا دیوارها نقش به‌سزایی در تخصیص نیرو به خود دارند.

۲- در ساختمان با قاب دو طبقه با فرض وجود دیوارهای مقاوم در برابر جریان نسبت نیروی وارده به ظرفیت مقطع محاسبه شده و در واقع نیاز شکل پذیری (DCR) کنترل شده است و چون مقدار آن بزرگتر از ۲ است نشان دهنده ورود سازه به محدوده غیر خطی می باشد.

۳- در ساختمان با قاب دو طبقه با فرض عدم وجود دیوارهای مقاوم در برابر جریان نیروی هیدرودینامیک و نیروی شکست موج بسیار کمتر خواهند بود. زیرا عرض ستون که در مقابل جریان قرار گرفته است بسیار کوچک‌تر از عرض دیوار که برابر با کل عرض قاب می‌باشد، خواهد بود و به همین دلیل مقدار این نیروها بسیار کاهش می یابند.

های دو طبقه بدون وجود دیوارهای مقاوم در برابر جریان جهت ساکنان منطقه از موارد ضروری می‌باشد زیرا بسیاری از سازه‌های مسکونی موجود با در نظر گرفتن کاهش نیروهای جانبی وارد از امواج سونامی احتمالی طراحی نشده‌اند.

همانگونه که در منحنی نیرو- تغییر مکان (شکل ۲) و جدول (۲) دیده می‌شود. می توان به نتایج زیر برای سازه های نمونه رسید:

۱- در خصوص سازه یک طبق نمونه سازه تا جابجایی ۰/۶ سانتی‌متر به‌ازای برش پایه حدود ۵۵ تن به‌صورت تقریباً خطی رفتار می‌کند سازه بعد از جابجایی ۱/۵۵ سانتی‌متر وارد محدودهٔ ویرانی می‌شود. همچنین سازه توانایی رسیدن به جابجایی هدف را ندارد که البته یکی از دلایل بزرگ بودن بسیار زیاد نیروهای ناشی از سونامی را می‌توان

منابع

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۵. دستورالعمل بهسازی لرزه ای سازه های موجود، نشریه ۳۶۰ سازمان برنامه و بودجه. معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله. ایران.

Heidarzadeh, M., Pirooz, M. D., Zaker, N. H., Yolciner, A.C., Mokhtari, M. & Esmaeily, A. 2008. Historical Tsunami in the Makran subduction zone off the southern coasts of Iran and Pakistan and result of numerical modeling. *Ocean Engineering*, 35 (8-9): 772-886.

Federal Emergency management agency. 2011. Coastal Construction manual (3Vol), 3rd ed. FEMA55.

Hebert, H., Sladen, A. & Schindele, F. 2007. Numerical modeling of the great 2004 Indian Ocean tsunami: focus on the Mascarene Islands. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97:208-222.

Intergovernmental Oceanographic Commission. 2008. Manuals and Guides 52 'Tsunami Risk Assessment mitigation for the Indian Ocean;

راست گفتار، ا، اکبرپور جنت، م،، چگینی، و. و سلیمی، م. ۱۳۹۱. بررسی آب گرفتگی خلیج چابهار در اثر سونامی ناحیه فرورو مکران. دهمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، سازمان بنادر و دریانوردی. تهران.

knowing your tsunami RISK and what to do about it. Guidelines for design of structures for vertical evacuation from Tsunami, FEMA P646.

Wells, D. & Coppersmith, J.K. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4): 974-1002.

Nistor, I., Palermo, D., Nouri Y., Murty, T. & Soatcioglu, M. 2008. Tsunami Forces on structures, chapter II in "Handbook of Coastal Ocean engineering" world scientific. Singapore.

FEMA. 2008. Federal Emergency Management agency guidelines for design of structures for vertical evacuation from Tsunami. (FEMA 646).

Assessment of Coastal Residential Structure Stability against Tsunami Waves in Chabahar Gulf area

Mohseni Araste*, A., Lari, K. & Hashemipour, N.

Dept. of Marine Physics, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Faculty of Marine Sciences and Technology, Tehran, Iran

Abstract

This research, is based on the analysis of field data as well as existing models of hypothetical tsunamis caused by the Makran fault under different scenarios, introduced forces on coastal residential structures, taking into account the depth of penetration and altitude of the tsunami flood in the Chabahar area. Also, considering the land cover of the area, the stability of the residential structure of the sample was examined with the frame of a floor using the SAP2000 software. Since a structure is exerted against linear forces from the forces flowing from a tsunami, a nonlinear static analysis was used. In this study, existing residential buildings in the region were examined in such a way that the possible advance of the expected tsunami was anticipated to propose the most secure structures. Also, the probable flooding of Chabahar, the largest population center and coastal facility in the north of the Oman Sea, was assessed which was based on the simulation and numerical modeling of pre-assumed tsunami in the area. The results indicated that, in the case of a single-story structure, according to the the sample, up to a displacement of 0.6 cm for a base cut, about 55 tons behaves almost linearly. The structure moves into the destruction area after moving 1.55 cm. In a building with a two-story frame, the absence of walls resistant to hydrodynamic forces and the wave fracture force will be much less because the width of the column in front of the flow is much smaller than the width of the wall, which is equal to the total width of the frame. That is why the amount of these forces is greatly reduced.

Key words: structure stability, tsunami wave, force, Chabahar Gulf

*Corresponding author: a_mohseni@iau-tnb.ac.ir