



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی



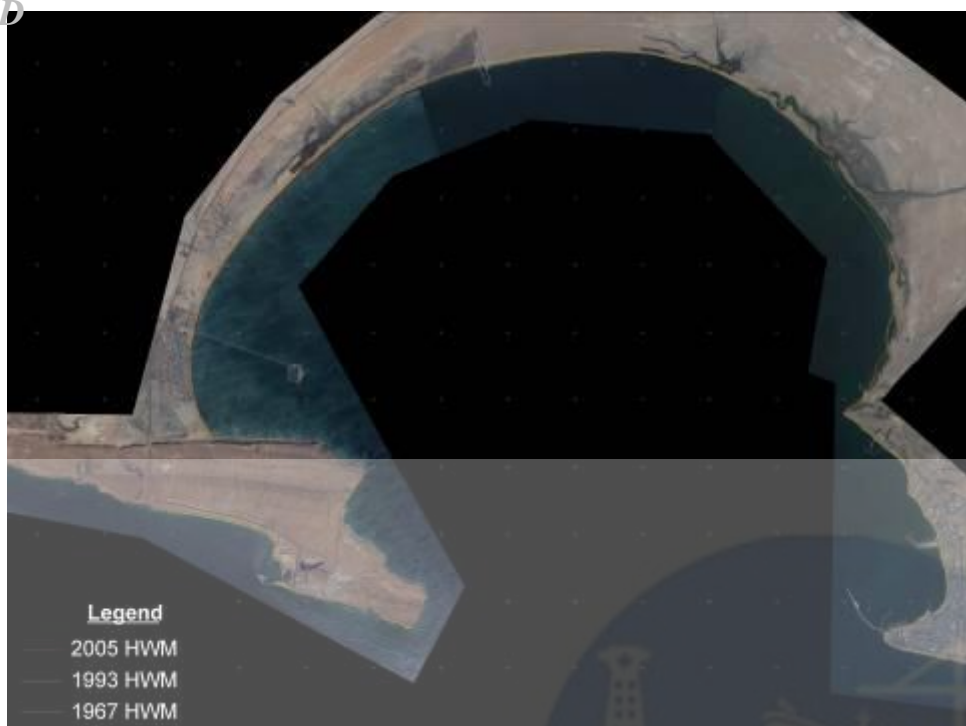
کهن می‌باشند و اطلاعات ارزشمندی از زلزله‌های تاریخی و ماقبل تاریخ را در خود جای داده‌اند. چالش اصلی پیش‌رو در ارتباط با نهشته‌های برجای‌مانده از سونامی تمایز نهشته‌های ناشی از این پدیده با رسوبات برجای‌مانده از سایر پدیده‌های دریایی، به خصوص توفات‌های استوایی می‌باشد.

در تحقیق حاضر طی یک بازدید میدانی، خط ساحلی خلیج چابهار با هدف یافتن نهشته‌های رسوبی مربوط به سونامی‌های تاریخی و بالخصوص سونامی سال 1945 ناشی از گسل مکران مورد بررسی قرار گرفت و در مواردی لایه‌های رسوبی با رخنمون متفاوت از بقیه لایه‌های رسوبی یافت شد. با نمونه برداری از بستر، مطالعات آزمایشگاهی بر روی رسوبات انجام گرفت که ظن ناشی از انتقال آن لایه‌های خاص از پدیده سونامی را تقویت کرد. برای حصول دید جامع‌تری از تاثیر سونامی احتمالی در منطقه و صحت انتساب نهشته‌های مورد نظر به سونامی سال 1945 شبیه‌سازی عددی به کمک مدول FM نرم افزار Mike-21 انجام پذیرفته است. شبیه‌سازی عددی ایجاد و انتشار امواج ناشی از سونامی‌های احتمالی تولید شده توسط گسل مکران می‌تواند در درک بهتر از خطر پذیری نواحی مختلف سواحل ایران نقش بسزایی داشته باشد. از سوی دیگر گسترش مکانی ارتفاع آب گرفتگی و مقایسه آن با گسترش مکانی نهشته‌های رسوبی می‌تواند ابزار مفیدی در تشخیص نهشته‌های ناشی از سونامی با رسوبات برجای‌مانده از دیگر پدیده‌های دریایی باشد. به عنوان نیروی محرکه سونامی از مدل GEOWAVE برای شبیه‌سازی زلزله مورد نظر در گسل مکران استفاده شده است. پس از شبیه‌سازی نوسان اولیه، پیشروی و انتشار امواج با استفاده از مدول FM نرم افزار Mike 21 انجام پذیرفته است. در انتها بر اساس یافته‌های حاصل از کاوش‌های محلی و شبیه‌سازی عددی توصیه‌هایی برای ایجاد یک سیستم هشدار در منطقه ارائه شده است.

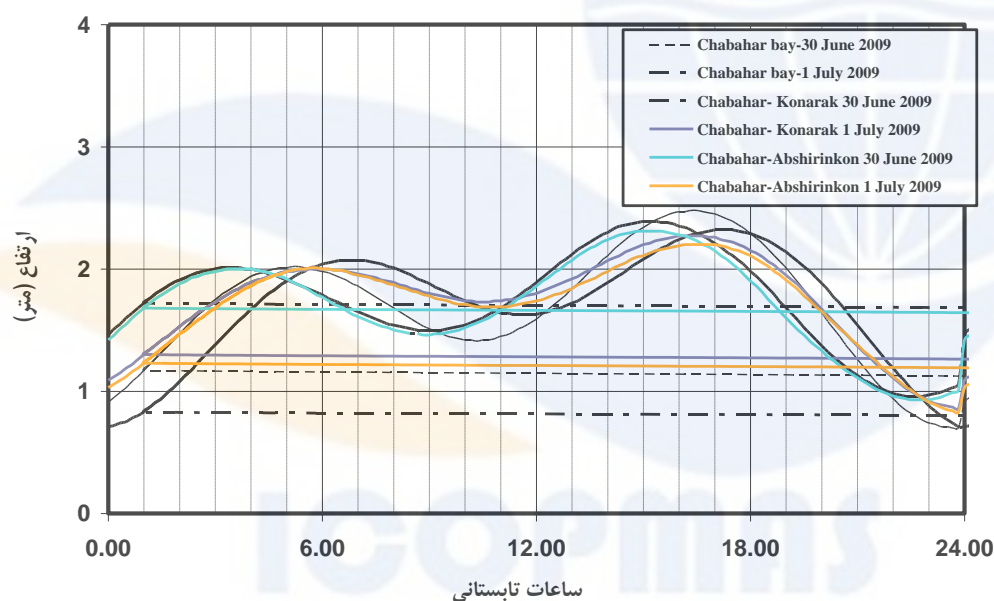
کاوش‌های محلی و مطالعات آزمایشگاهی بر روی نهشته‌های رسوبی سونامی 1945 مکران

کاوش‌های گسترده‌ای به منظور تدوین معیارهای تشخیص نهشته‌های ناشی از سونامی‌های تاریخی از دیگر نهشته‌ها صورت پذیرفته است (چاگ و گوف [4]، نانایاما و همکاران [5] و توتل و همکاران [6]). جهت ردیابی رسوبات سونامی 1945 - که آخرین سونامی بزرگ روی داده در سواحل دریای عمان می‌باشد - یک طرح کاوش محلی توسط تیم مطالعاتی مشترکی از دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و سازمان بنادر و دریانوردی در روزهای سه‌شنبه و چهارشنبه مورخ 9 و 10 تیرماه 1388 برابر با 30 ماه ژوئن و 1 ژوئیه سال 2009 میلادی از منطقه خلیج چابهار انجام شد. طی این کاوش محلی، در چندین منطقه در طول خط ساحلی و مناطقی حوالی دهانه‌های خورهای شرقی و غربی گمانه‌هایی دستی در نوار ساحلی خلیج چابهار حفر گردید. عمق متوسط ترانشه‌ها در حدود 0/5 متر و طول آنها در حدود 1 متر بوده و در بیش از نیمی از نقاط مورد بررسی لایه‌هایی که به ظن قوی ناشی از یک رویداد غیر طبیعی مانند سونامی می‌باشد یافت شد. در طی این عملیات مسیرهای پیموده شده و موقعیت گمانه‌های حفر شده توسط یک دستگاه GPS ثبت گردیده و در مناطقی که رسوبات مورد نظر یافت شد نمونه‌گیری قائم از چینه‌بندی بستر نیز صورت پذیرفت.

انتخاب محل‌های حفر ترانشه و تهیه نمونه بر اساس نتایج مطالعات تغییر خط ساحل در خلیج چابهار انجام گرفته است. مطالعات مذکور بخشی از فاز نخست طرح مونیتورینگ و مطالعات مدلینگ سواحل کشور است که در خلیج چابهار انجام پذیرفته است [7]. بر این اساس محل حفر ترانشه‌ها در نقاطی انتخاب شده است که طی بازه‌های زمانی تغییرات چندانی نداشته است؛ یا به بیان دیگر فاقد استعداد فرسایش و رسوب‌گذاری بوده است. برخی از گمانه‌ها نیز در درون خورها و در نزدیکی دهانه بر اساس خط ساحل سال 1967 حفر گردید. شناسایی سایت‌های فوق‌الذکر از طریق اطلاعات حاصل از مقایسه خط ساحل در بازه سالهای 1967، 1993 و 2005 انجام پذیرفته است (شکل 2). شکل 3 تغییرات تراز جزر ومدی ارائه شده توسط مرکز ملی نقشه‌نگاری ایران - موسسه آب‌نگاری را در سه ناحیه درون خلیج چابهار در روزهای بازدید محلی نشان می‌دهد. این سه ناحیه عبارتند از منطقه چابهار، کنارک و آب‌شیرین‌کن؛ که به ترتیب در شرق، غرب و میانه بالای خلیج واقع شده‌اند.



شکل 2) خطوط ساحلی خلیج چابهار در سالهای 1967، 1993 و 2005



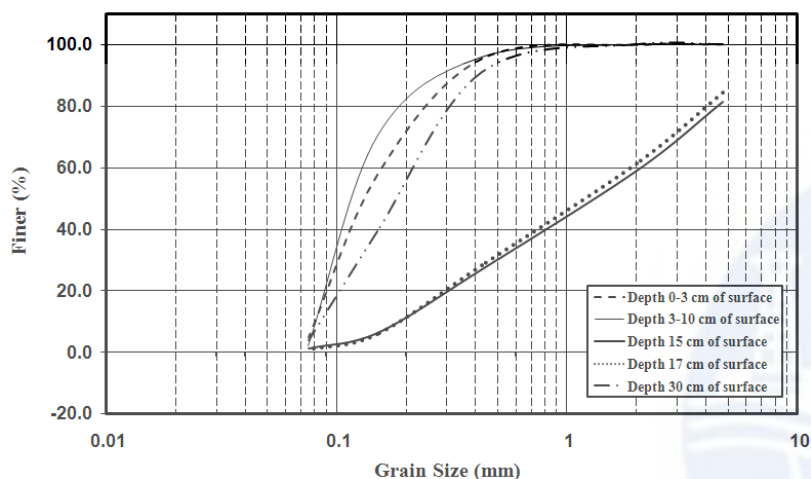
شکل 3) تراز جزر ومدی در خلیج چابهار، روزهای 30 ژوئیه و 1 جولای

نقاط کاوش شده در طول خط ساحلی و نواحی حوالی دهانه خورهای شرقی و غربی در شکل 4 نشان داده شده است. از بین 11 گمانه حفر شده گمانه های T1، T3 و T6 نشانه های هویداتری از نهشته های رسوبی متفاوت را به دست داده اند که خلاصه مشاهدات حاصل از آنها در ادامه ارائه شده است.

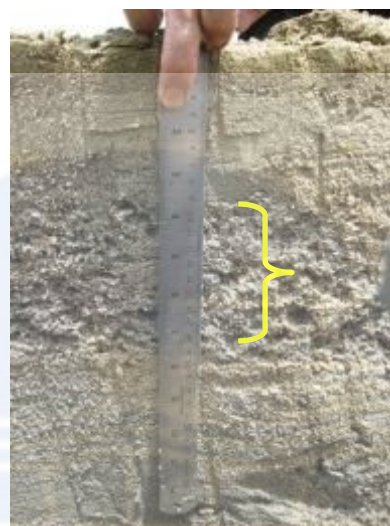
1- گمانه T1، سمت غربی کارخانه آب شیرین کن

این گمانه در روز 30 ژوئن ساعت 11:30 صبح در موقعیت (0245875, 2815543) در مختصات UPS در سمت غربی کارخانه آب شیرین کن حفر گردید. در هنگام کاوش، دریا در آستانه شروع مد قرار داشته و بر اساس نمودار شکل 3 تراز جزر و مدی 1/76 متر بوده است. ارتفاع سطح گمانه از تراز آب دریا تقریباً 1 متر ثبت شده است. در این گمانه چهار لایه قابل تشخیص مشاهده گردید. نخست یک لایه به ضخامت 3

سانتی متر متشکل از لایه ماسه‌ای بسیار ریز با رنگ تیره در سطحی‌ترین تراز و آنگاه لایه دوم به ضخامت تقریبی 7 سانتی متر در عمق 3-10 سانتی متری از سطح گمانه حفر شده متشکل از لایه ماسه‌ای بسیار ریز با رنگ روشن‌تر از لایه نخست که حاکی از وجود مقدار قابل توجهی از خرده صدف‌های ریز می‌باشد. لایه سوم که احتمال می‌رود لایه برجای مانده از سونامی باشد از لحاظ سایز ذرات درشت‌دانه‌تر بوده و از لحاظ جنس نیز با سایر لایه‌ها متفاوت است. این لایه ضخامتی در حدود 10 سانتی متر داشته و در عمق 20-10 سانتی متری از سطح گمانه واقع شده است. در زیر این لایه نیز لایه رسوبی دیگری با مشخصات کمابیش مشابهی با لایه اول و دوم مشاهده شد. شکل 4 برشی از چینه‌بندی رسوبات و شکل 5 منحنی دانه‌بندی لایه‌ها را در این ترانشه نشان می‌دهد. شایان ذکر اینکه است که با توجه به مطالعات تغییرات خط ساحل در فاصله سه دوره زمانی سالهای 1967، 1993 و 2005، فرسایش و رسوب‌گذاری در این منطقه کم بوده و خط ساحل در طی سه دوره مذکور از شرایط نسبتاً پایداری برخوردار بوده است.



شکل 5) منحنی دانه‌بندی لایه های ترانشه T1

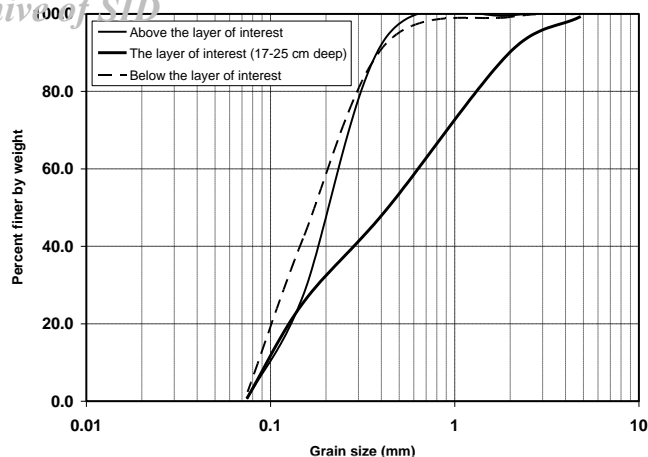


شکل 4) نمای چینه‌بندی بستر در ترانشه T1، 30 ژوئن 2009 ساعت 11:30 صبح

علاوه بر رخنمون ظاهری لایه مورد علاقه، جنس و اندازه ذرات این لایه نیز با دیگر لایه‌ها متفاوت است (اشکال 4 و 5). در حالیکه قطر متوسط ذرات لایه‌های مجاور بین 0/11 تا 0/19 میلیمتر متغیر است، D_{50} لایه مورد نظر 1/35 میلیمتر برآورد می‌شود. چنانچه ملاحظه می‌شود، لایه‌های مجاور لایه مورد بررسی دانه بندی نسبتاً یکنواختی دارند اما لایه مورد نظر به خوبی دانه بندی شده است و محدوده دانه بندی آن بازه گسترده‌تری از ذرات را در بر می‌گیرد.

2- گمانه T3، شمال کنارک، ساحل شمالی لنج‌سازی

این گمانه در روز 30 ژوئن سال 2009 ساعت 16:45 در منطقه ساحل غربی خلیج چابهار و منطقه شمال کنارک در محلی با مختصات (2811354, 0240473) تقریباً در شرایط مد کامل حفر گردید. بر اساس نمودار شکل 3 تراز آب در حدود 3/08 متر بوده است. در این ترانشه سه لایه کاملاً متمایز قابل رؤیت بود که لایه‌های اول و سوم کمابیش به یکدیگر شباهت داشتند؛ در حالیکه لایه میانی هم به لحاظ رخنمون ظاهری و هم به لحاظ اندازه ذرات به نحو آشکاری با دیگر لایه‌ها متفاوت است. لایه مذکور در عمق 17 تا 25 سانتیمتری از سطح بستر واقع است. از آنجایی که این منطقه تحت تأثیر مستقیم امواج دریا قرار دارد احتمالاً توفان‌های دریایی نیز قادر به رسوب‌گذاری می‌باشند. این نکته خود می‌تواند دلیل یافتن لایه اصلی در عمق بیشتر نسبت به نقاط دیگر باشد. لایه میانی مورد علاقه، آشکارا از لایه‌های دیگر متمایز است. این تمایز به خاطر درشت‌دانه‌تر بودن رسوبات این لایه است که به راحتی به چشم می‌آیند. در حین حفر ترانشه در این محل یک صدف درشت کفه‌ای در عمق 25 سانتی متری از سطح گمانه نیز مشاهده گردید. همچنین قطعه سنگی با سایز متفاوت و قطعاتی از مصالح آلی همچون یک تکه استخوان یافت شد که می‌تواند حاکی از قدرت محیط هیدرودینامیکی مولد این لایه باشد؛ نکته‌ای که فرضیه ایجاد این لایه توسط سونامی را قوت می‌بخشد. در زیر این لایه رسوبات ریزدانه‌تر نسبت به لایه‌های فوقانی ولی با رنگی متمایز تا عمق بیش از 35 سانتی متری از سطح گمانه قرار دارد.



شکل 7) منحنی دانه بندی لایه های ترانشه T3



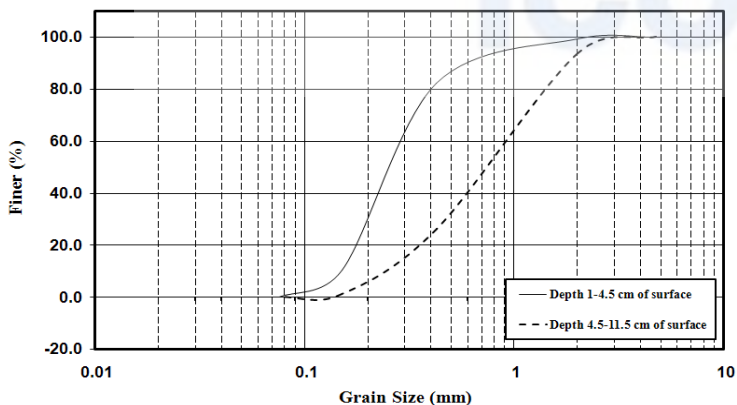
شکل 6) نمایی از چینه بندی ترانشه T3- لایه مورد نظر در عمق 17-25 سانتیمتر دیده می شود

علاوه بر رخنمون ظاهری، جنس و اندازه ذرات این لایه نیز با دیگر لایه ها متفاوت است (اشکال 6 و 7). در حالیکه قطر متوسط ذرات لایه های مجاور بین 0/08 تا 0/1 میلیمتر متغیر است، D_{50} لایه مورد نظر 0/45 میلیمتر است. همچنین اگرچه لایه های مجاور دانه بندی نسبتاً یکنواختی دارند، لایه مورد نظر به خوبی دانه بندی شده است و محدوده دانه بندی آن نیز مشابه لایه مشاهده شده در گمانه T1 بازه گسترده تری از ذرات را در بر می گیرد.

3- گمانه T6، داخل خور شرقی، حوالی دهانه قدیمی سال 1967

در حدود ساعت 10:45 صبح روز 1 ژوئیه و در مختصات (2815835, 0254050) ترانشه T6 حفر شد. این ناحیه بسیار به دهانه قدیمی خور در سال 1967 (شکل 2) نزدیک می باشد. شرایط دریا در این زمان رو به جزر بوده و براساس نمودار شکل 3 تراز آب در حدود 1/67 متر بوده است. چنانچه در شکل 8 دیده می شود، در این ترانشه یک لایه درشت دانه با خرده صدف های درشت و متفاوت با لایه های دیگر در عمق 4/5 تا 11/5 سانتیمتری از سطح بستر مشاهده شد. علت قرار گیری این رسوبات در عمق کمتری نسبت به گمانه های پیشین را می توان به این واقعیت منتسب کرد که دهانه خور در این محل تغییر مکان داده و به دلیل عدم جریان خور از این ناحیه در سال های متمادی رسوبی برجای نمانده است. از سوی دیگر این حقیقت که محیط آرام درون خور استعداد رسوب گذاری کمتری دارد نیز می تواند دلیل دیگری بر این امر باشد. همان طور که در شکل 8 مشاهده می گردد در بستر گمانه نیز خرده های ریز صدف در سطح پراکنده می باشند که در مقایسه با لایه اصلی ریزتر هستند.

نتایج آزمایش های دانه بندی لایه های بستر بر این امر دلالت دارد که در شرایطی که قطر متوسط ذرات لایه های مجاور لایه میانی بین 0/2 تا 0/3 میلیمتر متغیر است و لایه ها از دانه بندی نسبتاً یکنواختی برخوردارند، D_{50} لایه مورد نظر 0/77 میلیمتر بوده و این لایه در رده خوب دانه بندی شده قرار دارد.



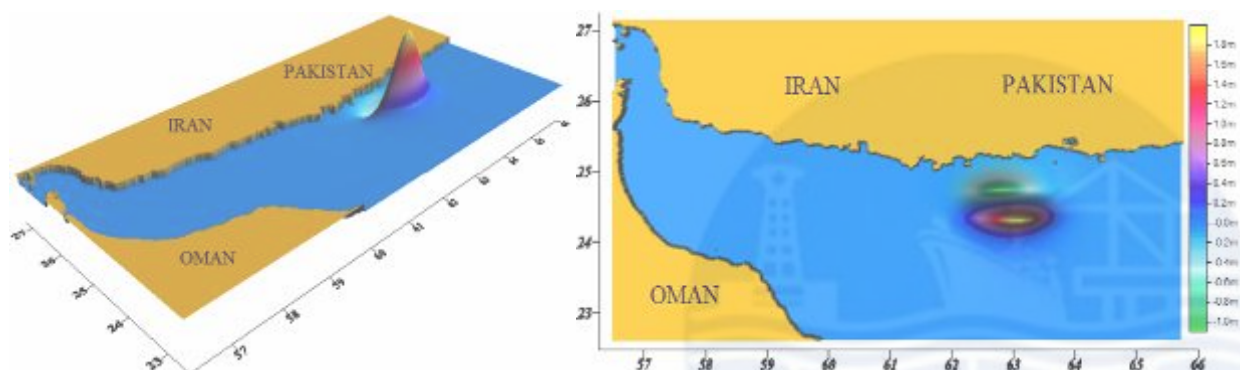
شکل 9) منحنی دانه بندی لایه های ترانشه T6



شکل 8) چینه بندی بستر در ترانشه T6؛ و نمای نزدیک از رسوبات مورد علاقه، 1 ژوئیه 2009

مدلسازی سونامیهای مکران

مدلسازی انتشار و آبگرفتگی سونامی در سواحل دریای عمان با فرض روی دادن زلزله‌ای با قدرت 8/25 ریشتر در نقطه‌ای در امتداد گسل مکران و وقوع سونامی مشابه سال 1945 با استفاده از نرم افزارهای GEOWAVE و Mike 21 انجام شده است. انتشار امواج ناشی از سونامی شبیه سازی شده بر روی دامنه نشان داده شده در شکل 10 توسط مدول FM نرم افزار Mike 21 انجام شده است. شرایط اولیه مدل که اختلاف ترازهای ایجاد شده در سطح آب بر روی دامنه مدل را در بر می گیرد توسط مدول TOPICS نرم افزار GEOWAVE محاسبه شده و بدین منظور فرض شده است که زمین لرزه ای با قدرت 8/25 ریشتر و با مرکزی به مختصات 24/5 درجه عرض شمالی و 63 درجه طول شرقی روی داده است. زاویه شیب گسل، زاویه گسل با شمال جغرافیایی و زاویه لغزش به ترتیب 10، 270 و 100 درجه فرض شده اند. مابقی فرضیات مدل GEOWAVE و نتایج خروجی در جدول 1 ارائه شده است. شکل 10 توزیع تغییرات سطح آب در اثر زمین لرزه را که به عنوان شرایط اولیه مدل FM مورد استفاده قرار گرفته است نشان می دهد.



شکل 10 دامنه مدلسازی (راست) و شرایط اولیه تغییرات سطح آب (چپ) حاصل از مدول TOPICS نرم افزار GEOWAVE برای سونامی سال 1945 مکران

جدول 1) فرضیات و نتایج مدل GEOWAVE

نتایج مدل			فرضیات مدل			
پریود (ثانیه)	پایین رفتگی حداکثر (متر)	بالا آمدگی حداکثر (متر)	عرض گسل (کیلومتر)	طول گسل (کیلومتر)	میزان لغزش (متر)	بزرگای زمین لرزه
300	-1/1	2/0	41	274	7/2	8/2

نتایج مدلسازی ها زمان رسیدن امواج به سواحل دریای عمان را در محدوده 13 تا 32 دقیقه با حداکثر بالا روی آب حدود 1/4 متر در نواحی درونی خور شرقی خلیج چابهار نشان می دهد. میزان بالا آمدن سطح آب در محل گمانه های T1، T3 و T6 به ترتیب 1/14، 1/35 و محاسبه شده است.

سیستم هشدار

در این تحقیق با انجام مجموعه ای از مدلسازی های عددی سعی شده است تا راهکاری برای ایجاد یک سیستم هشدار اندیشیده شود. نتایج مدلسازی ها نشان می دهد که استفاده از سیستمهای معمول هشدار سونامی برای مقابله با سونامی احتمالی ناشی از گسل مکران بدلیل نزدیکی زیاد این گسل به سواحل کشور موثر و عملی نمی باشد. به عنوان نمونه ای از عدم کارایی سیستمهای هشدار می توان به سونامی ناشی از زلزله 7/7 ریشتری 12 ژوئای سال 1993 جزیره اکوشیری در هوکایدو ژاپن اشاره کرد. در این زلزله اگرچه هشدار سونامی تنها 5 دقیقه پس از وقوع زلزله اعلام گردید ولی بدلیل نزدیکی کانون زلزله و خط ساحلی عملا تاثیری در کاهش تعداد تلفات و خسارات وارده نداشت. از طرف دیگر آگاهی عمومی مردم نسبت به خطر سونامی و تخلیه سریع ساکنین نواحی پست ساحلی در زلزله اخیر شیلی (زلزله 8/8 ریشتری 27 فوریه سال 2010) به کاهش قابل ملاحظه تلفات این سونامی منجر گردید. در وضعیت فعلی بنظر می رسد تنها راه حل مقابله با خطر سونامی مکران نیز افزایش سطح آگاهی ساکنین محلی نسبت به شواهد طبیعی این سونامی می باشد. در صورت وقوع زلزله شدید در منطقه، حرکت

سریع ساکنین نواحی پست ساحلی دریای عمان به نقاط مرتفع پس از احساس تکانهای زلزله بسیار مهم می‌باشد. علاوه بر این نوع بدلیلی نوع حرکت گسل مکران، نتایج مدلسازیها پایین رفت اولیه تراز آب در سواحل ایران را نشان می‌دهند که نشانه ای آشکار از رسیدن امواج بلند سونامی می‌باشد.

جمع بندی و نتیجه گیری

شواهد بر این امر دلالت دارد که سونامی سال 1945 مکران سواحل ایران در دریای عمان را تحت تاثیر قرار داده است. با توجه به نوع گسل شیب-لغز (dip-slip) مکران، احتمال وقوع سونامی در صورت وقوع هر زلزله ای در طول این گسل بسیار بالا می‌باشد. با توجه به اهمیت بالای خلیج چابهار به لحاظ تراکم مناطق مسکونی و همچنین از لحاظ موقعیت اقتصادی و ژئوپلیتیکی آن در منطقه، در این مطالعه اثرات زلزله سال 1945 مکران بر سواحل این ناحیه بررسی شده است. در این راستا مجموعه ای از مطالعات میدانی در امتداد خط ساحلی خلیج چابهار انجام شده و با حفر گمانه‌هایی نهشته‌های رسوبی در 11 نقطه مورد بازدید و ارزیابی قزاز گرفتند.

اصولاً تجربیات قبلی نشان داده است که در مناطقی که به لحاظ رسوبی فعال نمی‌باشند رسوبات با قدمت 100 ساله در اعماق تا 50 سانتی‌متر از سطح یافت می‌شوند. از سوی دیگر خورها از جمله مکان‌هایی بسیار متحمل برای بررسی اثرات زمین‌شناسی برجای مانده از پدیده‌های دریایی با توجه به سرعت کمتر امواج مهاجم در آنها می‌باشند. در مطالعه حاضر گمانه‌هایی در حوالی دهانه پیشین خور شرقی خلیج چابهار (مربوط به سال 1967) حفر گردیده و نتایج آن با سایر گمانه‌ها مقایسه شد. نتایج مشاهدات در کنار تحلیل نهشته‌های رسوبی و نتایج دانه‌بندی وجود لایه‌های متفاوتی را در 5 گمانه T1، T3، T6، T8، T11 و T8 (گمانه‌های T8 و T11 به ترتیب مشابه گمانه‌های T6 و T1 بوده‌اند) نشان می‌دهد که به لحاظ رخنمون ظاهری و دانه‌بندی با لایه‌های مجاور خود متفاوت هستند. همچنین نتایج آزمایشات دانه بندی قطر متوسط ذرات رسوبی در لایه‌های مورد علاقه را 2/6 تا 12/3 برابر بزرگتر از قطر متوسط ذرات لایه‌های مجاور آنها نشان می‌دهد. علاوه بر این لایه‌های مورد نظر در تمام گمانه‌ها در دسته رسوبات خوب دانه بندی شده قرار دارند در حالیکه لایه‌های مجاور آن‌ها در تمامی موارد از دانه بندی یکنواختی برخوردار هستند. توزیع دانه بندی این لایه‌ها بر کوتاه بودن زمان رسوبگذاری آنها دلالت دارد. مجموعه نکات فوق نشان می‌دهد که این نهشته‌های رسوبی حاصل پدیده ای با هیدرودینامیک قویتر در قیاس با پدیده‌های معمول بوده و در اثر رویداد فوق‌العاده‌ای به ساحل منتقل شده‌اند.

موضوع شناسایی سونامی‌های تاریخی بر اساس آثار زمین‌شناسی برجای مانده از آنها بسیار نوپا بوده و هنوز مجموعه معیارهای مشخص و دقیقی برای آن در دست نیست. به شکل خاص تفکیک رسوبات ناشی از طوفانهای شدید و سونامی همچنان مورد مناقشه محققین می‌باشد. بر اساس یافته‌های (Morton et al. (2007 ضخامت رسوبات برجای مانده از سونامی معمولاً کمتر از 25 سانتی‌متر بوده و این رسوبات بر خلاف نهشته‌های ناشی از طوفانها می‌توانند در فواصل دورتر از ساحل (صدها متر داخل خشکی) نیز یافت شوند [3]. در حالی که رسوبات ناشی از توفان معمولاً ضخیم هستند و در مجاورت ساحل (شعاع نفوذ به داخل خشکی کمتر از 300 متر) یافت می‌شوند. در تحقیق حاضر ضخامت نهشته‌های رسوبی در بازه نخست ذکر شده قرار دارد و فرضیه ارتباط این رسوبات به سونامی را تقویت می‌کند. با بررسی رکورد توفان‌های به وقوع پیوسته در دریای عمان در طی سال‌های 1945 تا 2009 مشخص می‌شود توفان سال 2007 کتو تنها توفان شدید روی داده در این منطقه در این دوره زمانی است. لذا رسوبات ناشی از این توفان بدلیل فاصله زمانی کم اصولاً باید در اعماق کمتر از 10 سانتیمتری سطح بستر یافت شود که این مقدار کمتر از عمق لایه متفاوت مورد علاقه در گمانه‌های حفر شده در این مطالعات است. علاوه بر این گمانه T6 در ناحیه ای قرار گرفته است که در حال حاضر به خاطر تغییرات ژئومورفولوژیکی در ناحیه دسترسی امواج ناشی از توفان قرار ندارد. تمامی شواهد فوق الذکر فرضیه نشأت گرفتن نهشته‌های مورد بحث از سونامی را در نبود آزمایش‌های دقیق تعیین عمر رسوبات تقویت می‌کند.

در ارتباط با شبیه سازی عددی سونامی سال 1945 مکران، نتایج مدل نشان می‌دهد که سونامی مذکور سبب رسیدن امواجی با ارتفاع تا 1/4 متر در زمانی کمتر از 32 دقیقه به سواحل خلیج چابهار می‌شود. با توجه به زمان بسیار کوتاه رسیدن امواج سونامی تنها راه حل مقابله با خطر سونامی مکران افزایش سطح آگاهی ساکنین محلی نسبت به شواهد طبیعی این رویداد است. حرکت سریع ساکنین نواحی پست ساحلی به نقاط ایمن مرتفع پس از احساس تکانهای زلزله بسیار مهم است. علاوه بر این، بدلیل نوع حرکت گسل مکران، همواره ابتدا و قبل از رسیدن امواج بلند سونامی سطح آب در سمت سواحل ایرانی دریای عمان پایین می‌رود که هشدار قطعی برای رسیدن امواج بلند سونامی بشمار می‌آید. در صورت وسعت ناحیه پست منطقه ساحلی و دور بودن نقاط مرتفع ساخت سازه‌های بلند مرتبه مقاوم در برابر زلزله و امواج سونامی در مناطق در معرض خطر به منظور تخلیه قائم سکنه نواحی پست ضروری می‌باشد.

مراجع

- [1] Soltanpour M., Haghshenas S. A. (2006): Tsunami attacks on Iranian coastlines; history and prediction, 7th International Conference on Coasts, Ports & Marine Structures, ICOPMAS, Tehran, Iran, CD
- [2] Murty T. S. (1999). Tsunamis on the Coastlines of India, Science of Tsunami Hazards, Vol. 17, No. 3, pp. 167-172.
- [3] Morton, Robert A., Gelfenbaum, Guy, Jaffe, Bruce E., (2007): Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples, Sedimentary Geology (2007), doi: 10.1016/j.sedgeo.2007.01.003
- [4] Chagué-Goff, C., and Goff, J.R., 1999, Geochemical and sedimentological signature of catastrophic saltwater inundations (tsunami), New Zealand: Quaternary Australasia, v. 17, p. 38-48.
- [5] Nanayama, F., Shigeno, K., Satake, K., Shimokawa, K., Koitabashi, S., Miyasaka, S., and Ishii, M., 2000, Sedimentary differences between the 1993 Hokkaido-nansei-oki tsunami and the 1959 Miyakojima typhoon at Taisei, southwestern Hokkaido, northern Japan: Sedimentary Geology, v. 135, p. 255-264.
- [6] Tuttle, M.P., Ruffman, A., Anderson, T., and Jeter, H., 2004, Distinguishing tsunami from storm deposits in eastern North America: the 1929 Grand Banks tsunami versus the 1991 Halloween storm: Seismological Research Letters.
- [7] Baird and Associates/Jahad Water and Energy Research Company, (2008): Study reports of "Monitoring and Modeling Study of Some Coastal Parts of Sistan and Baluchestan and Bushehr Provinces - Phase 1 Chabahar Bay.