



مرکز پژوهش‌های مطالعات دریایی

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



ICOPMAS

دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی ۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران-ایران)



ارزیابی سطح عملکرد اسکله دلفینی بندر خلیج فارس

فاطمه جعفری^۱، زینب تورنگ^۲

کلید واژه: اسکله دلفینی، آنالیز استاتیکی غیر خطی، طیف ظرفیت، ارزیابی لرزه ای، سطح عملکرد.

چکیده

در کشور ما ایران، گسترش بنادر و سازه های ساحلی جهت پایانه های بار، مسافر، تاسیسات زیربنایی و صنایع نفت و گاز در سالهای اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته است. از آنجا که زمین لرزه یکی از مهمترین عوامل ایجاد وقفه در عملکرد بنادر است و موجب کاهش ظرفیت سرویس دهی و خسارت های مالی مستقیم یا غیر مستقیم می شود، ارزیابی سطح عملکرد اسکله ها در زلزله از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مقاله عملکرد لرزه ای اسکله دلفینی موجود مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور اسکله دلفینی ۳۰۰۰ تنی بندر خلیج فارس، به صورت سه-بعدی با استفاده از نرم افزار sap ۲۰۰۰ مدل سازی و در سطوح خطر معین، تحلیل استاتیکی غیرخطی شده است. با توجه به نتایج تحلیل، طیف ظرفیت سازه و همچنین ضوابط دستورالعمل بهسازی، مشخص گردید اسکله مورد مطالعه در زلزله سطح بهره برداری هدف عملکردی استفاده بی وقفه و در زلزله طرح هدف عملکردی ایمنی جانی را تامین می کند.

مقدمه

امروزه تحلیل های لرزه ای سازه ها به منظور تأمین پایداری و امنیت سازه و کاربران به عنوان یکی از ارکان طراحی محسوب می شود از طرفی اهمیت و نوع سازه بر کیفیت ملاحظات تحلیل ها و طراحی ها می افزاید. اسکله ها نیز به عنوان یکی از مهمترین شریان های ترانزیت و حمل و نقل کالا از این امر مستثنی نیستند. [۱]

همچنین امروزه در روش های مدرن طراحی سازه های ساحلی و بندری، روش طراحی بر مبنای عملکرد مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. در این روش، عملکرد غیر خطی اجزای سازه مورد بررسی قرار گرفته و تغییر مکان به جای نیرو به عنوان مناسب ترین شاخص رفتار مطرح می شود. دستورالعمل های جدید که بر پایه طراحی بر اساس عملکرد قرار دارند مانند FEMA ۳۵۶ [۲] و دستورالعمل بهسازی لرزه ای [۳]، روش های تحلیل غیرخطی جایگاه خاصی را یافته اند بطوریکه روش های تحلیلی که در طراحی بر اساس عملکرد و بهسازی لرزه ای سازه ها مطرح می شوند، عمدتاً بر مبنای آنالیز استاتیکی غیر خطی می باشند. آنالیز پوش اور یک تحلیل استاتیکی غیر خطی تحت اثر بارهای جانبی فزاینده است. هدف از تحلیل استاتیکی غیر خطی فزاینده، برآورد رفتار مورد انتظار یک سیستم سازه ای به کمک تخمین مقاومت و تغییر شکل مورد نیاز، به وسیله انجام یک تحلیل استاتیکی غیر خطی با در نظر گرفتن زلزله های طراحی و پس از آن مقایسه مقادیر مورد نیاز با ظرفیت های موجود در سطح رفتاری یا عملکردی مورد نظر است. این برآورد بر اساس شناسایی پارامترهای مهم رفتاری شامل تغییر مکان جانبی، تغییر شکل های نسبی اعضاء و ... خواهد بود. همچنین دلیل ارجحیت استفاده از این نوع آنالیز، سرعت بالای انجام آن، سادگی تفسیر نتایج و دقت قابل قبول آن می باشد.

^۱ - کارشناس ارشد - مهندسین مشاور هندسه پارس - jafari.ftm@gmail.com

^۲ - کارشناس ارشد - مهندسین مشاور هندسه پارس - z.toorang@parsgc.com

در این مقاله رفتار لرزه‌ای اسکله موجود بررسی و ارزیابی شده است. اسکله مورد نظر از دو بخش پل دسترسی و دلفین‌ها تشکیل شده است که هر کدام بطور جداگانه با استفاده از نرم افزار sap2000 مدل‌سازی و مورد تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور) قرار گرفته و منحنی برش پایه در برابر تغییر مکان مرکز جرم و همچنین طیف ظرفیت سازه تعیین شده‌اند.

روش بدست آوردن تغییر مکان هدف

یکی از روش‌هایی که برای تعیین تغییر مکان هدف در دیافراگم‌های صلب به کار می‌رود روش FEMA-356 می‌باشد که به روش ضریب جابجایی مشهور است. قابل ذکر است این روش برای محاسبه تغییر مکان هدف عینا در دستورالعمل بهسازی آورده شده است و در این مورد تفاوتی بین FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی وجود ندارد. مزیت روش معرفی شده در FEMA-356 به روش معرفی شده در ATC-40 سادگی بکارگیری آن است. در این روش ابتدا یک تحلیل استاتیکی غیرخطی انجام شده و منحنی برش پایه در مقابل جابجایی جانبی نقطه کنترل ترسیم می‌شود. از روی منحنی پوش اور بدست آمده و یک سری ضرایب دیگر معرفی شده می‌توان تغییر مکان هدف را بدست آورد. ویرایش‌های جدید نرم افزار SAP2000 قابلیت محاسبه تغییر مکان هدف را دارند. [4] بر اساس FEMA-356 [2] و دستورالعمل بهسازی [3] تغییر مکان هدف برابر است با:

$$\delta_{e1} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot g \quad (1)$$

$$\delta_{e2} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot g \quad (2)$$

در روابط بالا:

Te: زمان تناوب اصلی موثر سازه در جهت مورد نظر

Ti: زمان تناوب اصلی سازه با فرض رفتار خطی

ki: سختی جانبی الاستیک سازه در جهت مورد نظر

Ke: سختی جانبی موثر سازه در جهت مورد نظر

C: ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییر مکان مرکز جرم سیستم چند درجه آزادی

C1: ضریب اصلاح برای تبدیل تغییر مکان‌های محاسبه شده از پاسخ خطی الاستیک به ماکزیمم تغییر مکان‌های غیر الاستیک مورد انتظار سازه

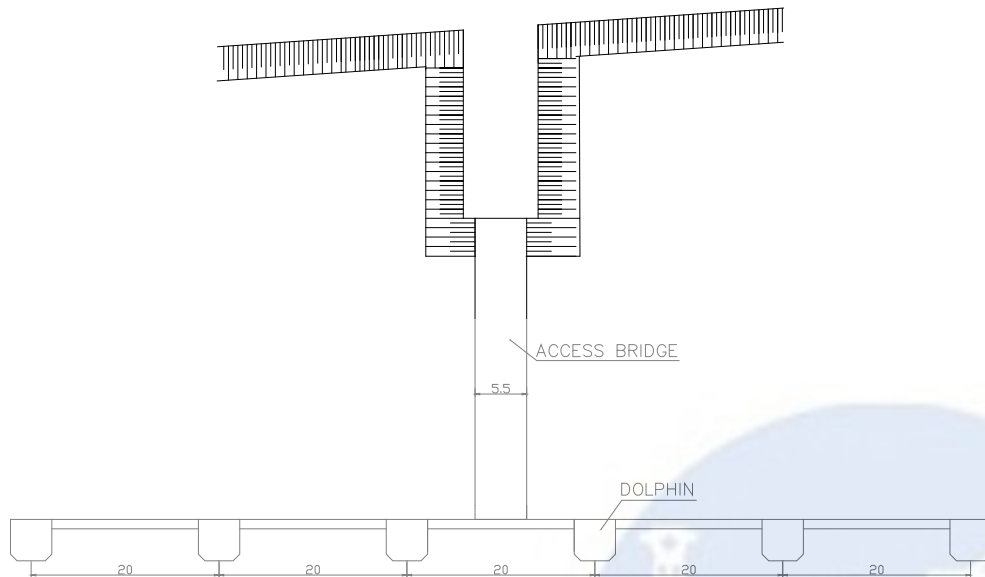
C2: ضریب اصلاحی برای در نظر گرفتن شکل منحنی هیستریزس، کاهش سختی و زوال مقاومت اعضای سازه‌ای بر ماکزیمم تغییر مکان‌ها

C3: ضریب اصلاح برای در نظر گرفتن افزایش تغییر مکان‌های ناشی از اثرات دینامیکی P-Delta

Sa: شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر

معرفی اسکله مورد مطالعه

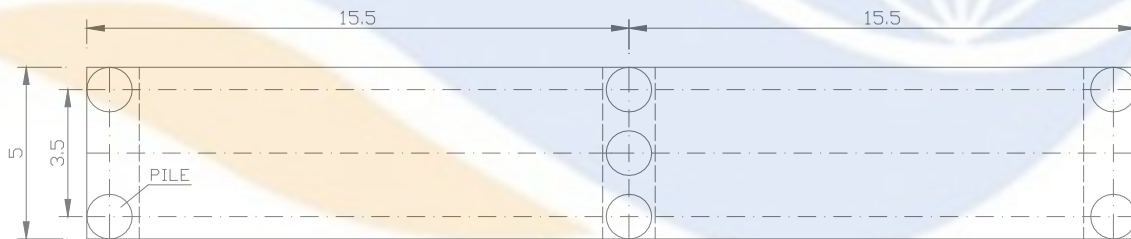
اسکله دلفینی بندر خلیج فارس جهت پهلوگیری شناورهای نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که شامل دو بخش اصلی پل دسترسی و دلفین‌های مهاری و پهلوگیری می‌باشد (شکل 1).



شکل ۱- نمای کلی اسکله

پل اصلی

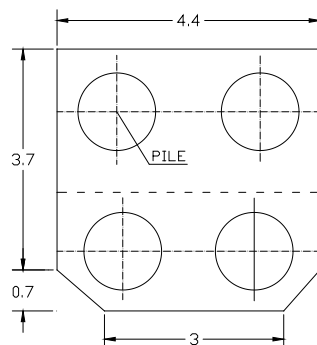
پل دسترسی اسکله دلفینی به ساحل دارای دو دهانه ساده به طول ۱۵ متر و عرض حدود ۵ متر می‌باشد (شکل ۲). عرشه پل متشکل از تیرهای فولادی با دال بتنی است. تکیه گاه های پل نیز از شمع های بتنی که توسط یک سر شمع بتنی به یکدیگر متصل شده اند تشکیل شده است. هر یک از دو تکیه گاه انتهایی، متشکل از دو شمع به قطر ۱/۳ متر و به فاصله محور تا محور ۳/۵ متر بوده، و تکیه گاه میانی از سه شمع به فاصله مرکز تا مرکز ۱/۷۵ متر تشکیل شده است. ارتفاع تیر سرشمع ۱ متر می‌باشد.



شکل ۲- نمایی از پل دسترسی اسکله دلفینی

دلفین های مهارى و پهلوگیرى

هر یک از دلفین ها از چهارشمع قائم توپر بتنی به قطر ۱/۳۰ متر تشکیل شده است و سرشمع بتنی مسلح به ابعاد ۴/۴×۴/۴ متری روی دلفین واقع شده است (شکل ۳).



شکل ۳- نمایی از سرشمع بتنی دلفین

مشخصات مصالح

آرماتورهای شمع ها را ۲۸ گروه دوتایی از آرماتورهای با قطر ۲۸ میلیمتر تشکیل می‌دهد. تمامی میلگردهای مورد استفاده در طراحی اسکله از نوع A۳ و با تنش تسلیم 4000 kg/cm^2 می‌باشد. همچنین مقاومت فشاری بتن مسلح بکاررفته در این اسکله 280 kg/cm^2 می‌باشد.

مبانی تحلیل و مدلسازی

شتاب مبنای طرح

از آنجائیکه مطالعات لرزه‌خیزی برای بندر شهید رجایی که در نزدیکی بندر خلیج فارس می‌باشد توسط مهندسین مشاور ساحل صورت گرفته است پارامترهای طراحی لرزه‌ای با استناد به این مطالعات مشخص شده و مقدار شتاب ماکزیمم طرح متناسب با زلزله سطح I (زلزله سطح بهره برداری) برابر $PGA = 0,25g$ و مقدار شتاب ماکزیمم طرح متناسب با زلزله سطح II (زلزله طرح) برابر $PGA = 0,37g$ در نظر گرفته شده است.

مدلسازی

برای بررسی وضعیت موجود اسکله و تعیین سطح عملکردی آن، هردو بخش اصلی سازه به طور جداگانه و در فایل‌های مجزا مدلسازی و تحلیل شده‌اند. به منظور مدلسازی و تحلیل استاتیکی غیرخطی سه‌بعدی از نرم‌افزار SAP 2000 استفاده شده است. شمع‌ها و سر شمع‌های پل با استفاده از المان Frame و عرشه بتنی پل دسترسی و سرشمع دلفین با استفاده از المان پوسته‌ای shell شبیه‌سازی شده است. همچنین جهت ارزیابی دقیق پاسخ سازه می‌بایست رفتار سازه و اندرکنش آن با خاک به طور همزمان بررسی گردد. با توجه به ماهیت این تحقیق از روش تحلیلی پای گیردار جهت مدلسازی شمع‌ها استفاده شده است. بر اساس نتایج مطالعات ژئوتکنیکی انجام شده در محدوده پروژه و با توجه به مشخصات شمع‌ها و با استفاده از روابط ارائه شده در آیین نامه OCDI [۵]، طول گیرداری شمع‌ها ۱۵ متر محاسبه شده است که با اضافه کردن این طول به طول آزاد شمع‌ها، طول مدل شده شمع در نرم‌افزار بدست می‌آید (اشکال ۴ و ۵).



شکل ۵- نمایشی از دلفین مدل شده در نرم افزار sap2000



شکل ۴- نمایشی از پل مدل شده در نرم افزار sap2000

نکات مهم در ارزیابی عملکردی

در مدلسازی، تحلیل و ارزیابی اسکله مورد مطالعه بر اساس دستورالعمل بهسازی [۳] باید نکاتی مدنظر قرار گیرد که در ادامه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

مبانی بارگذاری

روش کار در تحلیل استاتیکی غیر خطی بدین ترتیب است که ابتدا بارهای ثقلی به سازه اعمال می‌گردد، سپس بارهای جانبی به مجموعه بارها اضافه می‌شود.

بارگذاری ثقیلی

بر اساس ضوابط آیین نامه FEMA-۳۵۶ [۲] و دستورالعمل بهسازی [۳] برای بررسی اثر همزمان بارهای ثقیلی و زلزله باید در هنگام اعمال نیروهای جانبی مقداری از بار محتمل ثقیلی نیز روی سازه قرار داده شود. حد بالا و پایین اثر بارهای ثقیلی توسط روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شود.

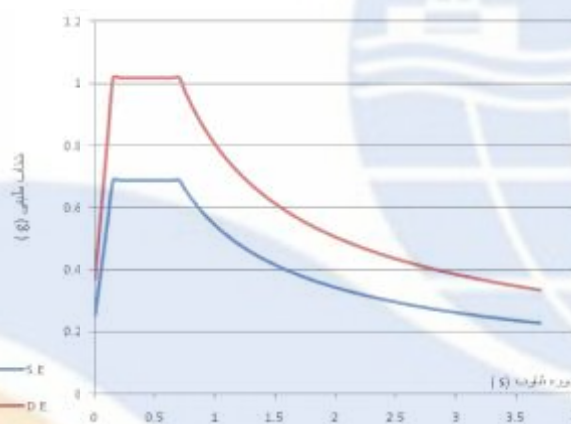
$$Q_G = 1,1(Q_D + Q_L) \quad (۱)$$

$$Q_G = 0,9Q_D \quad (۲)$$

در این تحقیق با مقایسه منحنی پوش آور حاصل از تحلیل سازه تحت هر دو رابطه می‌توان نتیجه گرفت ترکیب بار رابطه ۱ بحرانی‌تر بوده و لذا تمام مراحل بعدی تحلیل، با استفاده از آن انجام شده است.

بارگذاری لرزه ای

در این مقاله در کلیه تحلیل‌های غیر خطی به جهت عدم مطالعه ویژه ساختگاه از طیف‌های آیین نامه ۲۸۰۰ [۶] متناسب با شرایط ساختگاه استفاده شده است. طیف طرح (شکل ۶) از حاصل ضرب مقادیر طیف ضریب بازتاب (B) و شتاب مبنای طرح (A) بدست می‌آید. شهر بندر عباس از مناطق با لرزه خیزی زیاد بوده و نوع خاک آن از نوع III می‌باشد.



شکل ۶- نمودار طیف های پاسخ برای زلزله سطح بهره برداری (S.E) و زلزله طرح (D.E)

همچنین از دو نوع توزیع بار جانبی با الگوی ۱- توزیع یکنواخت (بار جانبی متناسب با وزن سازه) و ۲- توزیع متناسب با شکل مود اول استفاده شده است. با توجه به تقارن سازه در دو جهت که در نظر گرفتن اثر برگشتی زلزله را منتفی می‌سازد در مجموع دو تحلیل بار افزون انجام می‌گیرد. جدول زیر گویای این مطلب است.

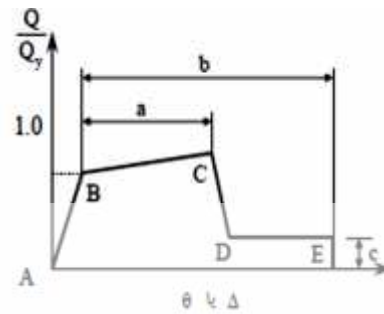
جدول ۱- حالات تحلیل

ردیف	نام حالت تحلیل	الگوی بار	راستای اعمال بار
۱	PUSH G	۱,۱Dead+۱,۱Live	ثقیلی
۲	PUSH-MX	Modal X	X
۳	PUSH-MY	Modal Y	Y
۴	PUSH-UX	توزیع یکنواخت	X
۵	PUSH-UY	توزیع یکنواخت	Y

مشخصات مفاصل غیر خطی

در مدل غیرخطی، مفاصل پلاستیک متناسب با نوع رفتار واقعی و مورد انتظار شمع‌ها و سرشمع‌ها که کنترل شونده توسط تغییر مکان می‌باشند تعریف شده است. بدین ترتیب در این تحقیق برای سرشمع‌ها مفاصل پلاستیک خمشی تعریف شده است و برای شمع‌ها با توجه به شباهت رفتار آنها به المان‌های تیر- ستون، مفاصل پلاستیک اندرکنشی نیروی محوری و لنگر خمشی در نظر گرفته شده است.

ویژگیهای غیرخطی اعضای اسکله با تعریف و اختصاص مفاصل پلاستیک اندرکنشی نیروی محوری- لنگر خمشی ($P-M^2-M^3$) براساس نشریه ۳۶۰ به شمع‌های بتنی، و با تعریف و اختصاص مفاصل پلاستیک لنگر خمشی (M^3) به سرشمع‌های بتنی به مدل معرفی شده‌اند.



شکل ۷- رابطه بار- تغییر شکل کلی برای اجزای بتنی

پارامترهای مدل‌سازی شمعه‌ها و سرشمع‌های بتنی برای روش‌های غیرخطی به نقل از دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای [۳] (نشریه ۳۶۰) ارائه شده است (جدول ۲).

جدول ۲- پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش اجزای پل اصلی و دلفین

معیارهای پذیرش (Rad)			پارامترهای مدل‌سازی			عضو
C.P.	L.S.	I.O.	c	b	a	
۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۲۵	سرشمع‌ها
۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۲	شمع‌ها

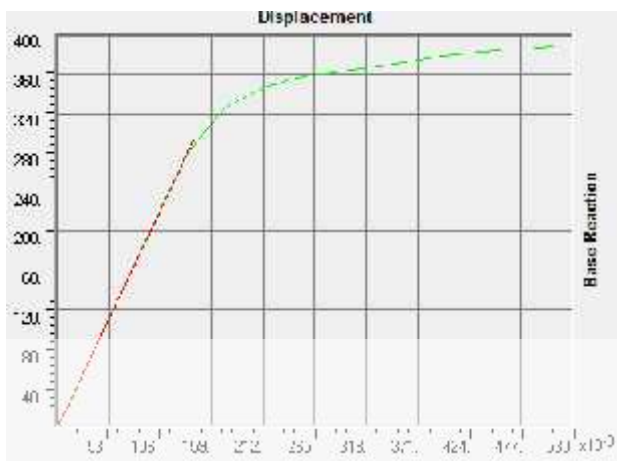
۱- نتایج تحلیل

خلاصه نتایج تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی سازه بصورت تغییر مکان هدف و برش پایه متناظر با آن در زلزله‌های طرح و بهره‌برداری ارائه شده است (جدول ۳).

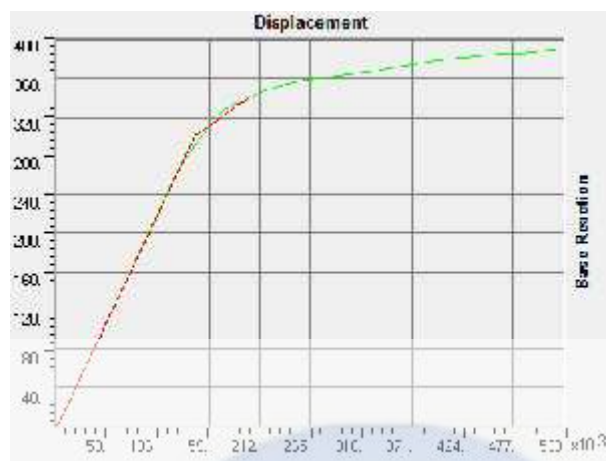
جدول ۳- نتایج تحلیل‌های استاتیکی غیر خطی در دو سطح زلزله

زلزله طرح		زلزله سطح بهره برداری		نام حالت تحلیل	ردیف	نوع سازه
تغییر مکان هدف (cm)	برش پایه (ton)	تغییر مکان هدف (cm)	برش پایه (ton)			
۱۸/۶	۱۹۶/۴	۱۳/۳	۱۵۷/۴	PUSH-MX	۱	رئیس
۲۳/۶	۳۳۲/۶	۱۵/۹	۲۶۶/۱	PUSH-MY	۲	
۲۰/۱	۳۴۱	۱۳/۲	۲۷۳/۳	PUSH-UX	۳	
۲۳/۴	۳۳۶	۱۵/۵	۲۶۹/۲	PUSH-UY	۴	
۲۸/۲	۱۵۷/۲	۱۸/۷	۱۳۰/۴	PUSH-MX	۵	دلفین
۲۸/۱	۱۶۵/۲	۱۸/۴	۱۳۳/۴	PUSH-MY	۶	
۲۸/۲	۱۵۷/۲	۱۸/۷	۱۳۰/۴	PUSH-UX	۷	
۲۸/۴	۱۶۵/۵	۱۸/۴	۱۳۳/۵	PUSH-UY	۸	

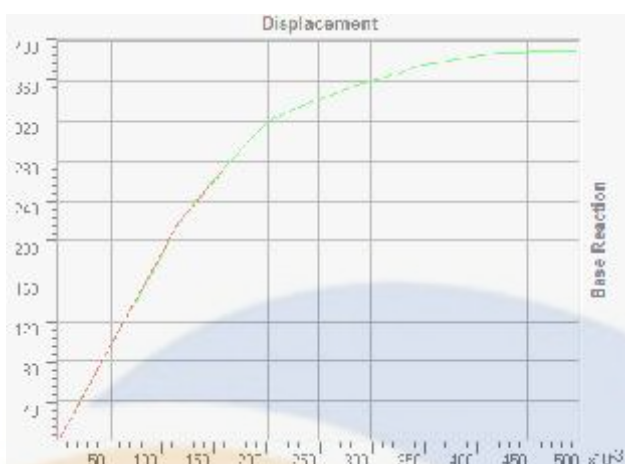
همچنین در ادامه منحنی پوش سازه پل اصلی و دلفین در هر دو سطح زلزله ارائه شده است (اشکال ۸ الی ۲۳).



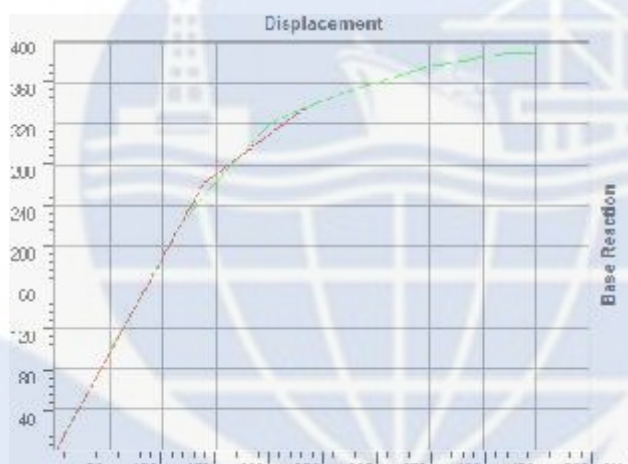
شکل ۹- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-UX در زلزله سطح بهره برداری



شکل ۸- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-UX در زلزله طرح



شکل ۱۱- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-UY در زلزله سطح بهره برداری



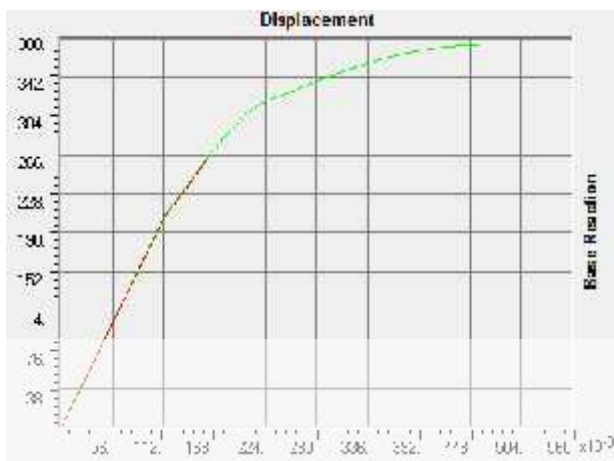
شکل ۱۰- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-UY در زلزله طرح



شکل ۱۳- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-MX در زلزله سطح بهره برداری



شکل ۱۲- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-MX در زلزله طرح



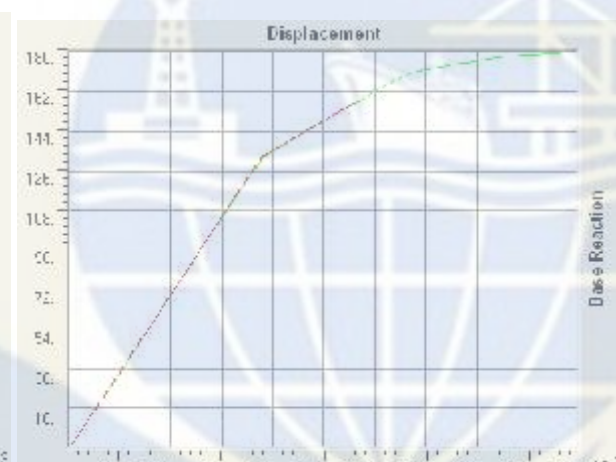
شکل ۱۵- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-MY در زلزله سطح بهره برداری



شکل ۱۴- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد پل تحت بارگذاری PUSH-MY در زلزله طرح



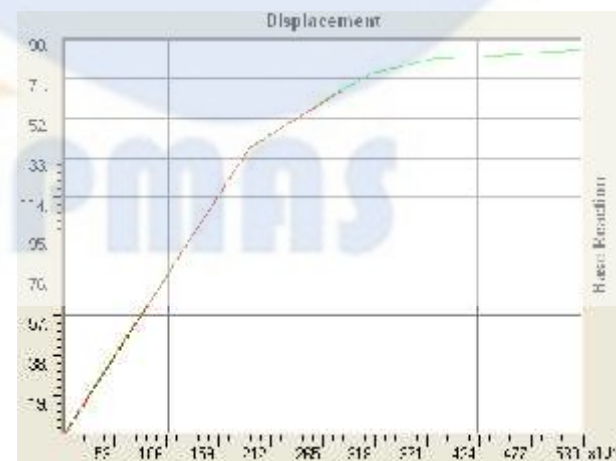
شکل ۱۷- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-UX در زلزله سطح بهره برداری



شکل ۱۶- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-UX در زلزله طرح



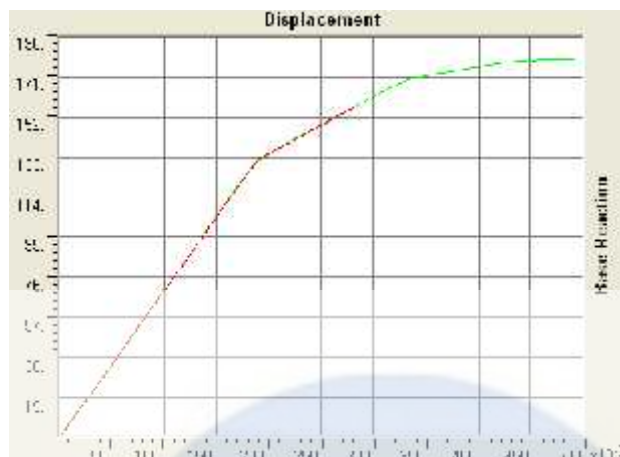
شکل ۱۹- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-UY در زلزله سطح بهره برداری



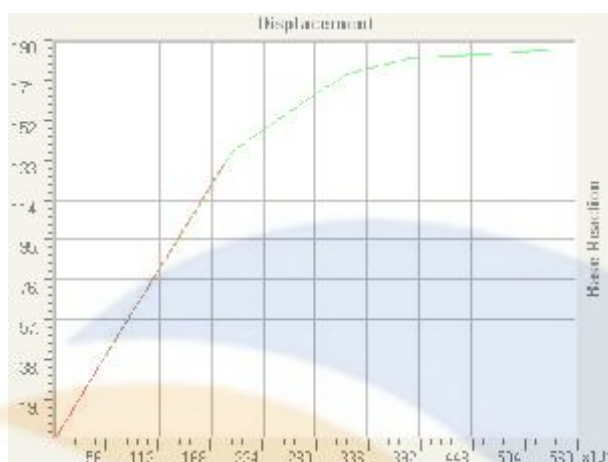
شکل ۱۸- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-UY در زلزله طرح



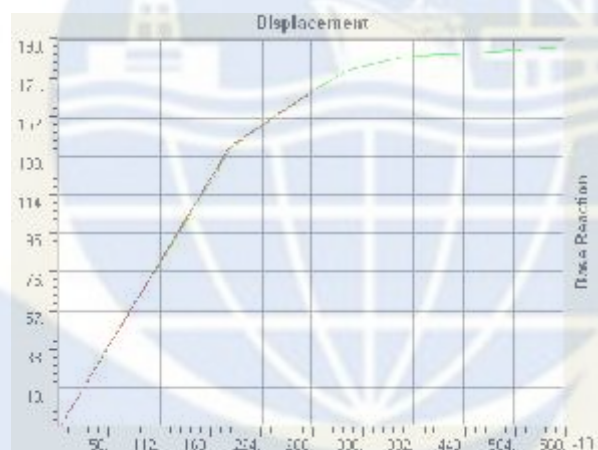
شکل ۲۱- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-MX در زلزله سطح بهره برداری



شکل ۲۰- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-MX در زلزله طرح



شکل ۲۳- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-MY در زلزله سطح بهره برداری



شکل ۲۲- منحنی پوش آور و نقطه عملکرد دلفین تحت بارگذاری PUSH-MY در زلزله طرح

ارزیابی سازه

روش ارزیابی در روش‌های غیرخطی با روش‌های خطی متفاوت می‌باشد. در روش‌های غیرخطی نیروها و تغییر شکل‌هایی که مستقیماً از تحلیل مدل سازه و با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی سازه محاسبه می‌شود نیروها و تغییر شکل‌های واقعی در حین زلزله فرض می‌شوند و نیازی به تصحیح مانند آنچه در روش‌های خطی انجام می‌گیرد ندارد.

در ارزیابی سازه برای تامین یک سطح عملکرد مشخص تمام اعضا برای آن سطح عملکرد کنترل می‌گردند و اعضای که دارای ضعف باشند مشخص می‌گردند.

در اعضای اصلی کنترل شونده توسط تغییر شکل که شمع‌ها و سر شمع‌های این پروژه نیز در این محدوده می‌باشند لازم است تغییر شکل هر عضو با تغییر شکل‌های معین برای سطوح عملکرد مختلف مقایسه شده تا سطح عملکرد یا محدوده‌ای که عضو در آن قرار دارد تعیین گردد. برای این منظور در هر عضو، میزان دوران پلاستیک که در دو انتهای شمع در محل مفاصل پلاستیک به وجود می‌آید بررسی می‌شود. این تغییر شکل‌های پلاستیک توسط تحلیل بار افزون در نقطه عملکرد سازه برای توزیع بارهای مختلف محاسبه شده است سپس با محاسبه مقادیر p/Agf_c و $V/bwd\sqrt{f_c}$ برای هر شمع، معیارهای پذیرش سطوح عملکرد متناظر در نشریه ۳۶۰ [۳] انتخاب و با دوران پلاستیک مفصل مقایسه شده و سطح عملکرد هر عضو تعیین می‌گردد.

شمع‌ها برای دو سطح زلزله کنترل شده‌اند و نتایج بدست‌آمده از این ارزیابی‌ها برای شمع‌های پل اصلی (جدول ۵ و ۴) و شمع‌های دلفین (جدول ۶ و ۷) در الگوی بارگذاری یکنواخت ارائه شده است.

جدول ۴- تعیین سطح عملکرد دو شمع از شمع های پل در نقطه عملکرد سازه تحت زلزله سطح بهره برداری

TABLE: Frame Hinge States									
Frame	OutputCase	P	M _y	R _y PI	M _z	R _z PI	Performance Levels		
Text	Text	Ton	Ton-m	Radians	Ton-m	Radians	I.O.	L.S.	C.P.
C16	PUSH-UX	۱۲۲,۷۲۷۴	۱۵,۶۳۸۵۸	۰,۰۰۰۲۵۱	۴۲۷,۱۲	۰,۰۰۱۲۶۳	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵	۰,۰۲
C16	PUSH-UY	-۲۳۱,۹۶۲	-۵۶۳,۴۰۹	-۰,۰۰۳۵۶	۱۱,۰۶۵۶	-۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵	۰,۰۲
C17	PUSH-UX	-۳۹۴,۴۹۵	۵۱,۱۳۰۷۹	۰	۴۸۵,۵۱۲	۰	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵	۰,۰۲
C17	PUSH-UY	-۲۰۶,۵۴۵	-۵۵۶,۱۶۶	-۰,۰۰۲۹۹	۳,۵۵۱۸۸	-۰,۰۰۰۲۹	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵	۰,۰۲

جدول ۵- تعیین سطح عملکرد دو شمع از شمع های پل در نقطه عملکرد سازه تحت زلزله طرح

TABLE: Frame Hinge States									
Frame	OutputCase	P	M _y	R _y PI	M _z	R _z PI	Performance Levels		
Text	Text	Ton	Ton-m	Radians	Ton-m	Radians	I.O.	L.S.	C.P.
C16	PUSH-UX	۱۶۰,۹۷۰ ۴	- ۳,۱۶۸۵۴	۰,۰۰۰۴۸ ۵	۴۲۸,۳۰۹ ۵	۰,۰۰۶۵۶ ۶	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C16	PUSH-UY	-۲۴۵,۴۰۹	- ۵۹۰,۳۸۶	-۰,۰۰۸۵۶	۴,۵۳۴۱۹	-۰,۰۰۰۴۶	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C17	PUSH-UX	-۴۸۲,۸۱۳	- ۰,۴۴۱۴۸	-۰,۰۰۰۶۱	۶۲۸,۶۱۲ ۷	۰,۰۰۳۱۰ ۴	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C17	PUSH-UY	-۲۲۴,۰۷۶	- ۵۸۳,۵۹۲	-۰,۰۰۸۵۸	-۹,۱۵۶۷۵	-۰,۰۰۰۳۴	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲

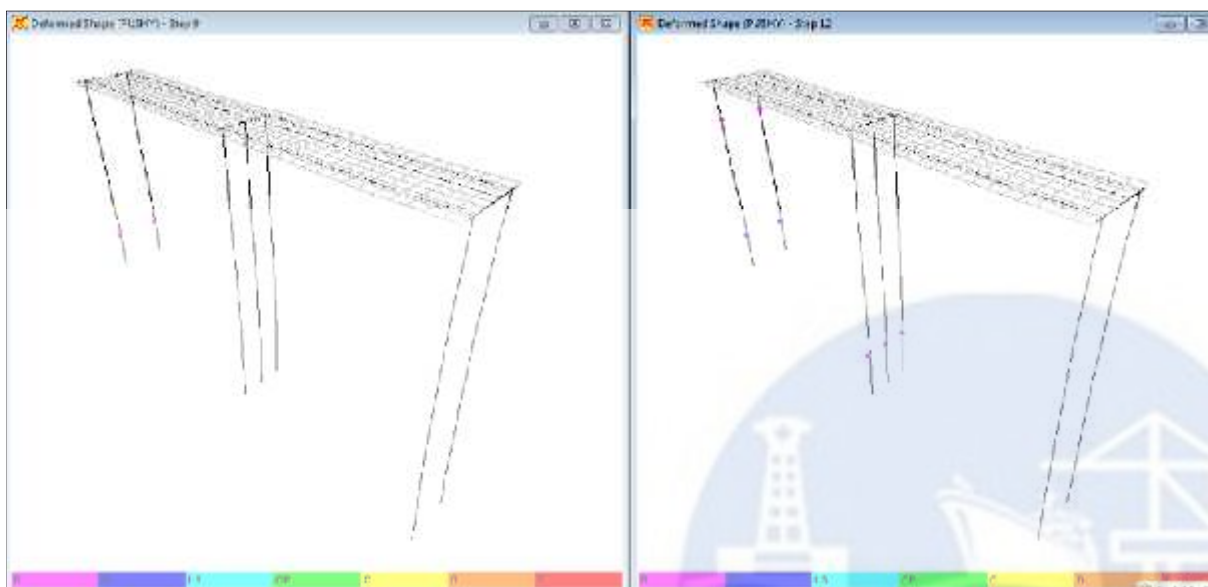
جدول ۶- تعیین سطوح عملکرد دو شمع از شمع های دلفین در نقطه عملکرد سازه تحت زلزله سطح بهره برداری

TABLE: Frame Hinge States									
Frame	OutputCase	P	M _y	R _y PI	M _z	R _z PI	Performance Levels		
Text	Text	Ton	Ton-m	Radians	Ton-m	Radians	I.O.	L.S.	C.P.
C13	PUSH-UX	۲۳۵,۹۶۶ ۷	- ۰,۱۴۳۵۸	۰,۰۰۰۰۴ ۸	۳۸۴,۴۶۵ ۸	۰,۰۰۰۴۰ ۴	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C13	PUSH-UY	-۳۳۵,۵۵۷	۳۵۰,۵۴۲ ۲	۰	۱,۷۶۲۵۶	۰	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C6	PUSH-UX	۲۱۳,۱۳۷ ۸	۲,۰۰۳۷۷	۰	۳۹۶,۴۹۶ ۱	۰	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C6	PUSH-UY	۲۴۹,۸۵۴ ۲	۳۵۴,۶۰۶ ۹	۰	-۱,۷۴۶۴۵	۰	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲

جدول ۷- تعیین سطوح عملکرد دو شمع از شمع های دلفین در نقطه عملکرد سازه تحت زلزله طرح

TABLE: Frame Hinge States									
Frame	OutputCase	P	M _y	R _y PI	M _z	R _z PI	Performance Levels		
Text	Text	Ton	Ton-m	Radians	Ton-m	Radians	I.O.	L.S.	C.P.
C13	PUSH-UX	۳۷۷,۲۰۵ ۹	۰,۸۴۴۸۵	۲,۱۵E-۱۰	-۳۲۶,۵۷۳	-۰,۰۰۲۸۲	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C13	PUSH-UY	-۴۸۲,۴۳۲	- ۵۷۳,۵۱۶	۰	۲,۴۰۹۷۵	۰	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C6	PUSH-UX	۲۷۷,۷۵۸ ۹	- ۱,۵۳۸۷۵	۰,۰۰۰۱۸ ۷	۳۸۶,۲۵۴ ۴	۰,۰۰۵۶۷ ۸	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲
C6	PUSH-UY	۲۳۷,۳۵۳ ۴	- ۳۹۳,۷۳۶	-۰,۰۰۰۵۳	-۱,۶۷۴۹۹	۰	۰,۰۰۵ ۵	۰,۰۱ ۵	۰,۰۲ ۲

در ادامه وضعیت تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد تحت حالت تحلیل PUSH-UY برای سازه پل اصلی (شکل ۲۴) و دلفین (شکل ۲۵) نشان داده شده است.



شکل ۲۴- وضعیت مفاصل شمع‌های پل تحت حالت تحلیل PUSH-UY در نقطه عملکرد تحت زلزله سطح بهره برداری (شکل سمت چپ) و زلزله طرح (شکل سمت راست)



شکل ۲۵- وضعیت مفاصل شمع‌های دلفین تحت حالت تحلیل PUSH-UY در نقطه عملکرد تحت زلزله سطح بهره برداری (شکل سمت چپ) و زلزله طرح (شکل سمت راست)

نتیجه گیری

باتوجه به وضعیت تشکیل مفاصل پلاستیک تحت هر یک از حالات تحلیل، تمامی مفصل‌های بوجود آمده در پل اصلی و دلفین تحت زلزله سطح بهره‌برداری و در نقطه عملکرد در محدوده (B-IO) قرار دارند، در زلزله طرح نیز تمام مفصل‌ها در نقطه عملکرد در محدوده (IO-LS) قرار می‌گیرند.

با توجه به مطالب گفته شده در بالا درمورد وضعیت مفاصل پلاستیک شمع‌ها در نقطه عملکرد می‌توان سطح عملکرد اسکله را در زلزله سطح بهره‌برداری، قابلیت استفاده بی‌وقفه و در زلزله طرح، ایمنی جانی در نظر گرفت.

با توجه به الگوی تشکیل مفاصل پلاستیک، شکل‌گیری مفاصل از محل فرورفتگی شمع‌ها در خاک صورت می‌گیرد و رفته رفته این رفتار غیر خطی به سمت قسمت‌های فوقانی شمع در محل اتصال شمع به عرشه انتقال می‌یابد.

همچنین براساس تحلیل‌های انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت که منحنی پوش در هر دو نوع بارگذاری یکنواخت و مودال در مورد دلفین‌ها تطابق زیادی با یکدیگر داشته در حالیکه در پل اصلی اسکله این تطابق دیده نمی‌شود. این مسئله با توجه به شباهت زیاد دلفین‌ها به یک سیستم با یک درجه آزادی و حاکم بودن مود اول در آن، قابل توجیه می‌باشد.

مراجع

[۱] محمد عبدالهی، تاثیر زلزله بر سازه‌های دریایی و تحلیل الاستیک و پلاستیک اسکله ۱۵۰ هزارتنی بندر امام خمینی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امیر کبیر، ۱۳۸۵

[۲] FEMA, "Pre standard and commentary for the seismic Rehabilitation of buildings ". Report FEMA-۳۵۶, Washington D.c.June, ۲۰۰۰.

[۳] دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، دفتر امور فنی تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشوری، ۱۳۸۱

[۴] رامین تقی‌نژاد، طراحی و بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها براساس سطح عملکرد با استفاده از تحلیل پوش‌آور، نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۸۷

[۵] Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan (OCDI۲۰۰۲), Japan, p.p ۶۰۰.

[۶] "آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله- استاندارد ۸۴-۲۸۰۰"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ویرایش سوم، ۱۳۸۴ نشریه شماره ض- ۲۵۳.

[۷] Chopra AK, Goal RK. A modal pushover analysis procedure to estimate seismic demands for Unsymmetrical-plan buildings. Earthquake Eng Structure Dynamic ۲۰۰۴;۳۳(۸): ۹۰۳_۲۷.

[۸] Applied Technology Council. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Report ATC-۴۰. Redwood City (CA); ۱۹۹۶.



ICOPMAS

Performance level Evaluation of Dolphin Berth in Persian Gulf Port

F. Jafari

MS, Hendese Pars Consulting Engineers

Jafari.ftm@gmail.com

Z. Toorang

MS, Hendese Pars Consulting Engineers

z.toorang@parsgc.com

Abstract:

In Iran, development of ports and coastal structures for cargo and passenger terminals, infrastructures, and oil and gas industries has been the center of attention during recent years. Since earthquake is one the most important factors which suspenses ports performance , decreases the capacity of services and cause in direct and indirect financial losses, evaluation of berth performance level at the earthquake time is of high importance. In the present article, seismic performance of dolphin berth is evaluated. For this purpose, the 3000 ton dolphin berth in Persian Gulf port is modeled in three dimensional format using SAP2000 software and the nonlinear static analysis is done on it in defined risk levels. Considering the analysis results, the structure capacity spectrum and criteria of improvement guideline, it was revealed that the study berth in earthquake time supplies the level of non-stop use performance purpose and life safety performance purpose.

Key Words: Dolphin berth, nonlinear static analysis (NSA), capacity range, seismic assessment, performance level, Persian Gulf

ICOPMAS