

بسمه تعالی



دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه های دریایی

عنوان پایان نامه:

آنالیز دینامیکی برخورد کشتی با پایه های پل

استاد راهنما:

دکتر بابک شکرالهی

استاد مشاور:

دکتر مسعود مفید

دانشجو:

بهروز آتش روز

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم بہ

مادر مہربان و

پدر گرامیم

چکیده

پدیده برخورد یک وسیله منحرف شده از مسیر با یک مانع چه در روی خشکی و چه در دریا پدیده خطرناکی است که می تواند خسارات جبران ناپذیری را در بر داشته باشد. این پدیده در سازه های دریایی ابعاد وسیعتری خواهد داشت که نمونه آن در سال ۱۹۸۰، ۳۵ نفر در اثر برخورد کشتی Summit Venture حامل مواد فله ای به پل Sunshine Skyway در تامپا فلوریدا جان خود را از دست دادند. یا در سپتامبر سال ۲۰۰۱، ۸ نفر در اثر برخورد تعدادی بارج یدک کش شده با گذرگاه Queen Isabella در تکزاس جان خود را از دست دادند و یا در می سال ۲۰۰۲ در اثر برخورد دو بارج و یدک کش آنها با پلی روی رودخانه Arkansas در Oklahoma، ۱۴ نفر کشته شدند. که این تصادفات باعث شد که تغییرات اساسی در طراحی و ساخت این پلها داده شود و پلهایی که اخیراً بر روی کانالهای قابل کشتیرانی ساخته می شوند شامل فندر و سایر المان های طراحی می باشند که بتوانند در برابر برخورد وسایل مقاومت کنند.

سازه پلها در کانالهای کشتیرانی در معرض خطر آسیب دیدن موقع برخورد با وسایل دریایی می باشند. سیستم های فندرینگ که به عنوان یک دیواره صلب در اطراف پایه ها نصب می شوند، بعنوان محافظ عمل می کنند. هر چند که، در هر برخوردی، این موانع خودشان آسیب دیده یا تخریب می شوند و نیاز به تعمیر دارند. اینچنین بنظر می رسد که، سیستم های فندر پل باید هر گونه برخوردی را منحرف کرده و جذب کند بدون اینکه آسیبی به سیستم برسد و نیاز به تعمیر زیاد داشته باشد.

سیستم های فنדר پل برای هدایت وسایل از طریق کانالهای کشتیرانی در زیر پلها استفاده می شوند. آنها بعنوان بهترین و اقتصادی ترین راه حل برای محافظت کل سیستم پایه های پل می باشد. این پایان نامه ایده ای را برای نوع معین از فنדר پل های موجود برای محافظت سازه ها در مقابل چنین ضربه هایی را ارائه کرده است. تا کنون فنדרها برای تحمل کردن نیروی طرح جانبی مخصوصی طراحی نشده اند. بنابراین حد توانایی باربری ضربه ای آنها نامعین می باشد. این پایان نامه نتایج تحقیقات در مورد ارزیابی ضربه پذیری سیستم فنדר پلها و توسعه پیشنهادات ترمیمی ممکن را ارائه داده است. نگرش های پایان نامه روی آنالیز محاسباتی برخورد یک بارج JUMBO-HOPPER با یک فنדר ساخته شده معمولی می باشد. نرم افزار المان محدود آنالیز دینامیکی غیر خطی LS-DYNA برای انجام آنالیز استفاده شده و زوایای برخورد و سرعت های داخلی متفاوتی برای نشان دادن شرایط ممکن برخورد استفاده گردیده است. در ضمن، آنالیزهای محاسباتی برای ارزیابی روند ضربه پذیری سیستم فنדר ساخته شده و تعیین مولفه های ضعیف برای ترمیم ممکن اتخاذ شده است. نتایج بدست آمده در این پایان نامه، نشان می دهد که چنین ترمیم هایی می تواند توانایی جذب انرژی فنדר پلهای موجود را بهبود ببخشد.

بنام خدا

در حریم عشق نتوان زودوم از کف دست و شنید
گرچه آنجا جمله اعضا چشم باید بود و گوش
بادل خونین لب خندان یاور، همچو جام
نی کرت زخمی رسد چون چنگ آبی در خروش
در ساط نکتہ دانان خود فروشی شرط نیست
یا سخن دانسته کوی ای مرد بخرد یا خموش

(ماظ)

در ابتدا بر خود لازم می دانم که از زحمات دلسوزانه استاد محترم جناب آقای دکتر شکرالهی که در گرد آوری مطالب این پایان نامه از هیچگونه راهنمایی و مساعدتی دریغ ننموده اند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از عوامل دست اندرکار پروژه اسکله های C1 و C5، سرپرست محترم دستگاه نظارت جناب آقای مهندس قادرپور که با تجربیات فراوان ایشان در زمینه اسکله و بندرسازی اینجانب را راهنمایی فرمودند، مدیریت محترم پروژه جناب آقای مهندس زینل زاده، سرپرست محترم کارگاه اسکله های C1 و C5 جناب آقای مهندس روجائی و سرپرست محترم دفتر فنی آقای مهندس حقیقی منش که در طی این مدت با وجود مشکلات فراوان کاری و کمبود نیرو در کارگاه از کوچکترین همکاری با اینجانب جهت ادامه تحصیل دریغ ننمودند کمال تشکر و قدر دانی را دارم. از همکار گرامیم آقای مهندس بابایی که زحمت صفحه آرایی و تنظیم اشکال را کشیده اند قدر دانی می کنم. ضمناً از دوستان خوبم در انیستیتو مصالح ساختمان دانشگاه تهران آقایان مهندس فرید مرادی، مهندس فرنام و مهندس بنیامین قربانی کمال تشکر را دارم. همچنین از اساتید محترم هیئت داوران که زحمت مطالعه این پایان نامه را قبول فرموده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بهر روز آتش روز

فهرست مطالب

فصل اول – آشنایی با ابزارهای جاذب انرژی در سازه های دریایی.....صفحه

۱-۱-۱	مقدمه.....	۱
۲-۱-۱	ظرایب موثر.....	۲
۳-۱-۱	فندرینگ.....	۲
۴-۱-۱	نوع Cone Fender (Hyper Cell Fender).....	۳
۵-۱-۱	نوع Corner Fender.....	۴
۶-۱-۱	نوع Cubic Fender.....	۵
۷-۱-۱	نوع Cylindrical Fender.....	۵
۸-۱-۱	نوع D_Fender.....	۶
۹-۱-۱	نوع Element Fender.....	۷
۱۰-۱-۱	نوع Super Cell Fender.....	۸
۱۱-۱-۱	نوع Super M Fender.....	۱۰
۱۲-۱-۱	نوع Super V Fender.....	۱۱

فصل دوم – آشنایی با طراحی فندر در اسکله ها.....صفحه

۱-۲-۱	مقدمه.....	۱۲
۲-۲-۱	روشهای مورد نیاز برای محاسبه انرژی پهلوگیری.....	۱۳
۳-۲-۱	فلوچارت طراحی فندر.....	۱۴
۴-۲-۱	محاسبه انرژی وارده از طرف شناور نوع.....	۱۵
۵-۲-۱	مشخصات فنی ضربه گیر (fender).....	۲۰
۶-۲-۱	صفحه توزیع بار جلو فندر (fender facing panel).....	۲۱
۷-۲-۱	صفحه کاهنده اصطکاک (low friction facing pads).....	۲۲
۸-۲-۱	انکر بولت، U بولت و سیستم زنجیر.....	۲۳
۹-۲-۱	محافظت در برابر خوردگی (Anti-corrosion treatment).....	۲۴
۱۰-۲-۱	منحنی عملکرد (performance curve).....	۲۴
۱۱-۲-۱	عملکرد مناسب فندر تولیدی.....	۲۵

فصل سوم - آشنایی با پدیده برخورد و ابزارهای جاذب انرژی در پلها.....صفحه

۱-۳	مقدمه.....	۲۶
۲-۳	هدف.....	۲۶
۳-۳	بررسی برخوردهای پایه پل.....	۳۳
۴-۳	محافظت پایه ها.....	۳۶
۵-۳	روشهای طراحی.....	۳۹
۶-۳	طراحی نیروهای برخورد وسایل.....	۳۹
۷-۳	نیروهای برخورد وسایل.....	۴۱
۸-۳	ضریب مدلسازی.....	۴۴
۹-۳	ارزیابی برخوردها.....	۴۵
۱-۹-۳	احتمال انحراف از مسیر PA.....	۴۷
۲-۹-۳	احتمال هندسی PG_i	۵۰
۳-۹-۳	احتمال توزیع نیروی ضربه پیش بینی شده، P_B	۵۱
۱۰-۳	خلاصه.....	۵۲

فصل چهارم - شرح مدل مورد استفاده.....صفحه

۱-۴	آشنایی با مساله.....	۵۵
۲-۴	هدف تحقیق.....	۵۶
۳-۴	روش تحقیق.....	۶۰
۴-۴	برخورد کشتی.....	۶۱
۵-۴	مدلهای المان محدود بارج.....	۶۳
۱-۵-۴	بارج.....	۶۳
۲-۵-۴	فندر پل.....	۶۴
۳-۵-۴	شمع های بتنی پیش تنیده.....	۶۵
۴-۵-۴	تیرهای چوبی.....	۶۷
۵-۵-۴	اتصالات بولتی.....	۶۸
۶-۵-۴	اتصال کابلی شمع ها.....	۶۹
۷-۵-۴	اندر کنش خاک - شمع.....	۷۰
۶-۴	ارزیابی سیستم فندر موجود.....	۷۲
۱-۶-۴	حالات برخورد.....	۷۲

۷۲	۴-۶-۲- ارزیابی ضربه پذیری
۷۳	۴-۶-۳- نیروی استاتیکی معادل
۷۵	۴-۶-۴- آنالیز انرژی جنبشی باقی مانده
۷۶	۴-۶-۵- مطالعه برخورد با زاویه 90°
۷۸	۴-۶-۶- ارزیابی برخورد با زاویه 30° و 45°
۸۰	۴-۶-۷- ارزیابی فنر در طول برخورد 15°
۸۱	۴-۷- مشکلات طراحی در آنالیز کلی مدل
۸۲	۴-۸- آنالیز ترمیمی فنر
۸۲	۴-۸-۱- شمع های با سطح مقطع های بزرگ
۸۳	۴-۸-۲- الوار پلاستیکی
۸۵	۴-۸-۳- اتصالات قوی شمعها
۸۵	۴-۸-۳-۱- تشریح تغییرات و مدل LS-DYNA
۸۹	۴-۸-۴- ترمیم با گوه های بتنی
۸۹	۴-۸-۴-۱- تشریح تغییرات و مدل LS-DYNA
۹۳	۴-۹- خلاصه نتایج مدل کامل برخورد 90°
۹۳	۴-۱۰- برخوردهای 30° و 45°

فصل پنجم - نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات.....صفحه

۹۵	۵-۱- نتیجه گیری
۹۶	۵-۲- بررسی حالات مختلف برخورد
۹۷	۵-۲-۱- حالت ۱
۹۷	۵-۲-۱-۱- بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنر
۹۸	۵-۲-۱-۲- بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی
۹۹	۵-۲-۱-۲- بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی
۹۹	۵-۲-۲- حالت دوم
۹۹	۵-۲-۲-۱- حالت $\theta = 90^\circ$ و $v1=0.98 \text{ m/s}$ ، $v2=1.95 \text{ m/s}$ و $v3=3.91 \text{ m/s}$
۱۰۰	۵-۲-۲-۱- بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی
۱۰۰	۵-۲-۲-۲- بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنر
۱۰۱	۵-۲-۲-۳- بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی
۱۰۱	۵-۲-۲-۲- حالت $\theta = 45^\circ$ و $v1=0.98 \text{ m/s}$ ، $v2=1.95 \text{ m/s}$ و $v3=3.91 \text{ m/s}$

- ۱۰۱.....۱-۲-۲-۲-۵ بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی
- ۱۰۲.....۲-۲-۲-۲-۵ بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنדר.....
- ۱۰۲.....۳-۲-۲-۲-۵ بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۳.....۳-۲-۲-۵ حالت $\theta = 30^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$
- ۱۰۳.....۱-۳-۲-۲-۵ بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۳.....۲-۳-۲-۲-۵ بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنדר.....
- ۱۰۴.....۳-۳-۲-۲-۵ بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۴.....۴-۲-۲-۵ حالت $\theta = 15^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$
- ۱۰۴.....۱-۴-۲-۲-۵ بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۵.....۲-۴-۲-۲-۵ بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنדר.....
- ۱۰۵.....۳-۴-۲-۲-۵ بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۶.....۵-۲-۲-۵ حالت برخورد بارج از پشت و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$
- ۱۰۶.....۱-۵-۲-۲-۵ بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۶.....۲-۵-۲-۲-۵ بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنדר.....
- ۱۰۷.....۳-۵-۲-۲-۵ بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۷.....۶-۲-۲-۵ حالت برخورد بارج از پهلو و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$
- ۱۰۷.....۱-۶-۲-۲-۵ بررسی تغییرات جابجایی در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۸.....۲-۶-۲-۲-۵ بررسی انرژی جنبشی جذب شده توسط سیستم فنדר.....
- ۱۰۸.....۳-۶-۲-۲-۵ بررسی تغییرات تنش در نقاط بحرانی.....
- ۱۰۹.....۳-۵ مدل پیشنهادی.....

فهرست اشکال

فصل اول - آشنایی با ابزارهای جاذب انرژی در سازه های دریایی.....صفحه

- شکل (۱-۱): انواع فنדרها در اسکله ها..... ۳
- شکل (۲-۱): تصویر cone fender ها..... ۳
- شکل (۳-۱): تصویر corner fender ها..... ۴
- شکل (۴-۱): تصویر cubic fender ها..... ۵
- شکل (۵-۱): تصویر cylindrical fender ها..... ۶
- شکل (۶-۱): تصویر d_fender ها..... ۶
- شکل (۷-۱): تصویر element fender ها..... ۷

- شکل (۸-۱) : تصویر **super cell fender** ها ۸
- شکل (۹-۱) : نمایی از فنדרهای لاستیکی ۹
- شکل (۱۰-۱) : نمای کلی **super cell fender** ها ۹
- شکل (۱۱-۱) : نمایی از فرانتال فریم ها ۹
- شکل (۱۲-۱) : نمایی از فنדר با زنجیرهای ثقلی و برشی آن ۹
- شکل (۱۳-۱) : تصویر **super M fender** ها ۱۰
- شکل (۱۴-۱) : تصویر **super V fender** ها ۱۱

فصل دوم- آشنایی با طراحی فنדר در اسکله ها.....صفحه

- شکل (۱-۲) : نحوه پهلوگیری کشتی ۱۶
- شکل (۲-۲) : منحنی عملکرد فنדר (نیرو-تغییر مکان) ۲۵

فصل سوم- آشنایی با پدیده برخورد و ابزارهای جاذب انرژی در پلها.....صفحه

- شکل (۱-۳) : نمونه ای از سیستم های فندرینگ ۲۷
- شکل (۲-۳) : نمونه ای از دلفینهای محافظ ۲۸
- شکل (۳-۳) : نمونه ای از جزایر مصنوعی در اطراف پایه ها ۲۸
- شکل (۴-۳) : نمونه ای از سیستم های نیمه مستقل و بسته شده به پایه ها ۲۹
- شکل (۵-۳) : پل I-4 رودخانه **Arkansas** ۳۴
- شکل (۶-۳) : برخورد کشتی **Sunshine skyway** با پل **Summit Venture** ۳۵
- شکل (۷-۳) : تابع توزیع برای نیروهای برخورد وسایل ۴۹
- شکل (۸-۳) : مدل احتمالاتی برخورد وسیله ۵۲
- شکل (۹-۳) : تابع توزیع تجمعی برای برخورد ۵۴

فصل چهارم- شرح مدل مورد استفاده.....صفحه

- شکل (۱-۴) : برخورد کشتی **Sunshine skyway** با پل **Summit Venture** ۵۵
- شکل (۲-۴) : نمونه ای از سیستم فنדר موجود ۵۸
- شکل (۳-۴) : مدل المان محدود استفاده شده در آنالیز، موقعیت برخورد 30° ۵۹
- شکل (۴-۴) : ابعاد **Jumbo-Hopper** (AASHTO1991) ۶۲
- شکل (۵-۴) : مدل المان محدود بارج ۶۳
- شکل (۶-۴) : مدل المان محدود سه مقطع از فنדר پل ۶۵

- شکل (۷-۴) : مدل اتصالات بولتی ۶۸
- شکل (۸-۴) : دیاگرام (a): آرایه ای از فنرهای متصل شده به پایلها؛ (b) مدول بستر k_h (subgrade modulus) تغییرات جابجایی شمع ها y در برابر تغییرات عمق z ۷۱
- شکل (۹-۴) : تعریف زاویه اولیه برخورد ۷۲
- شکل (۱۰-۴) : برآیند نیروهای نودال بر روی تیرهای فنر در حالت برخورد با زاویه 90° ۷۵
- شکل (۱۱-۴) : پایلها بصورت مستقیم عمل می کنند؛ برخورد 90° ۷۷
- شکل (۱۲-۴) : گسیختگی اتصالات کابلی پایلها - دید از بالا؛ برخورد 90° ۷۷
- شکل (۱۳-۴) : (a) آسیب وارده به سازه فنر بعد از ۱.۵ ثانیه از برخورد 30° ؛ (b) تخریب فنر بعد از ۱.۵ ثانیه از برخورد 45° ۷۹
- شکل (۱۴-۴) : تغییر جهت بارچ توسط فنر بعد از ۳ ثانیه از برخورد 15° ۸۰
- شکل (۱۵-۴) : انرژی جنبشی جذب شده توسط گزینه های مختلف طراحی فنر، برخورد 90° ۸۵
- شکل (۱۶-۴) : طرح جزئیات آنالیز ترمیمی ۸۶
- شکل (۱۷-۴) : گسیختگی سازه ای بعد از $t=600 \text{ m.s}$ ، کرنش پلاستیک در پایلهای بتنی، برخورد 90° (سطوح روشن بالاترین تراز حدی را نشان می دهد) ۸۷
- شکل (۱۸-۴) : تغییر مسیر بارچ - ترمیم با صفحات فولادی، برخورد 30° ۸۸
- شکل (۱۹-۴) : آسیب وارده به فنر اصلاح شده با صفحات فولادی، برخورد 30° ۸۹
- شکل (۲۰-۴) : طرح جزئیات ترمیم با گوه های بتنی ۹۰
- شکل (۲۱-۴) : تغییر مسیر بارچ - گوه های بتنی، برخورد 30° ۹۲
- شکل (۲۲-۴) : آسیب وارده به فنر - گوه های بتنی، برخورد 45° ۹۳

فصل پنجم - نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات..... صفحه

- شکل (۱-۵) : به ترتیب از راست به چپ، برخورد بارچ از پهلو و پشت ۹۶
- شکل (۲-۵) : تغییرات انرژی جنبشی در حالات مختلف برخوردی ۹۷
- شکل (۳-۵) : تغییرات ماکزیمم تنش فون میزز نقاط بحرانی در حالات مختلف برخوردی ۹۸
- شکل (۴-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی در حالات مختلف برخوردی ۹۹
- شکل (۵-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی حالت $\theta = 90^\circ$ و $v1=0.98 \text{ m/s}$ ، $v2=1.95 \text{ m/s}$ و ۱۰۰
- $v3=3.91$
- شکل (۶-۵) : تغییرات انرژی جنبشی جذب شده حالت $\theta = 90^\circ$ و $v1=0.98 \text{ m/s}$ ، $v2=1.95 \text{ m/s}$ و ۱۰۰
- $v3=3.91$

- شکل (۷-۵) : تغییرات تنش در نقاط بحرانی حالت $\theta = 90^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۱
- شکل (۸-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی حالت $\theta = 45^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۱
- شکل (۹-۵) : تغییرات انرژی جنبشی جذب شده حالت $\theta = 45^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۲
- شکل (۱۰-۵) : تغییرات تنش در نقاط بحرانی حالت $\theta = 45^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۲
- شکل (۱۱-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی حالت $\theta = 30^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۳
- شکل (۱۲-۵) : تغییرات انرژی جنبشی جذب شده حالت $\theta = 30^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۳
- شکل (۱۳-۵) : تغییرات تنش در نقاط بحرانی حالت $\theta = 30^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۴
- شکل (۱۴-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی حالت $\theta = 15^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۴
- شکل (۱۵-۵) : تغییرات انرژی جنبشی جذب شده حالت $\theta = 15^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۵
- شکل (۱۶-۵) : تغییرات تنش در نقاط بحرانی حالت $\theta = 15^\circ$ و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91$ ۱۰۵
- شکل (۱۷-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی حالت برخورد بارج از پشت و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$ ۱۰۶
- شکل (۱۸-۵) : تغییرات انرژی جنبشی جذب شده حالت برخورد بارج از پشت و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$ ۱۰۶
- شکل (۱۹-۵) : تغییرات تنش در نقاط بحرانی حالت برخورد بارج از پشت و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$ ۱۰۷
- شکل (۲۰-۵) : تغییرات جابجایی نقاط بحرانی حالت برخورد بارج از پهلو و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$ ۱۰۷
- شکل (۲۱-۵) : تغییرات انرژی جنبشی جذب شده حالت برخورد بارج از پهلو و $v_1 = 0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2 = 1.95 \text{ m/s}$ و $v_3 = 3.91 \text{ m/s}$ ۱۰۸

- شکل (۵-۲۲): تغییرات تنش در نقاط بحرانی حالت برخورد بارچ از پهلو $v_1=0.98 \text{ m/s}$ ، $v_2=1.95 \text{ m/s}$ و $v_3=3.91$ ۱۰۸
- شکل (۵-۲۳): طرح جزئیات مدل پیشنهادی..... ۱۰۹
- شکل (۵-۲۴): مقایسه انرژی جنبشی جذب شده، برخورد 90° ۱۱۰
- شکل (۵-۲۵): آسیب وارده به بارچ، برخورد 90° ۱۱۱

فهرست جداول

فصل دوم – آشنایی با طراحی فندر در اسکله ها..... صفحه

- جدول (۲-۱): مشخصات فنی ضربه گیر..... ۲۱
- جدول (۲-۲): مشخصات فنی صفحه توزیع بار جلو فندر..... ۲۲
- جدول (۲-۳): مشخصات فنی صفحه کاهنده اصطکاک..... ۲۳
- جدول (۲-۴): مشخصات فنی انکربولت، U بولت و سیستم زنجیر..... ۲۴

فصل سوم – آشنایی با پدیده برخورد و ابزارهای جاذب انرژی در پلها..... صفحه

- جدول (۳-۱): برخوردهای مهم با پلها..... ۳۶

فصل چهارم – شرح مدل مورد استفاده..... صفحه

- جدول (۴-۱): مشخصات بارچ مورد نظر در آنالیز (AASHTO1991)..... ۶۲
- جدول (۴-۲): مشخصات بتن مدل..... ۶۶
- جدول (۴-۳): مشخصات Seaward Wales..... ۸۴
- جدول (۴-۴): مدل‌های مختلف برخوردی با زاویه 30° ۹۴
- جدول (۴-۵): مدل‌های مختلف برخوردی با زاویه 45° ۹۴

مراجع..... ۱۱۲

پیوست..... ۱۱۵

فصل اول

آشنایی با ابزارهای جاذب انرژی در

سازه های دریایی



۱- ابزارهای جاذب انرژی در اسکله ها

۱-۱- مقدمه

اسکله ها ساختمانهایی هستند که برای ایجاد تکیه گاهی جهت پهلوگیری کشتیها در بنادر برای انجام عملیات باراندازی یا بارگیری کالاها و یا سوار و پیاده کردن مسافران و تدارک نیازهای کشتی و اجرای تعمیرات کوچک که احتیاج به حوض تعمیر ندارد بنا می شوند. در طول پهلوگیری یک وسیله، بارها از لحظه ای که اولین تماس بوجود می آید تا وقتی که کاملاً پهلو می گیرد، بین وسیله و سازه پهلوگیر پخش می شود. مقدار بارها فقط به اندازه و سرعت وسیله بستگی ندارد، بلکه به طبیعت سازه، شامل هر نوع فندرینگ، و درجه برجهنگی آنهاست که تحت ضربه می باشند بستگی دارد.

در حالت دیوارهای ساحلی، بارهای پهلوگیری معمولاً بوسیله فشار خاک ایجاد شده پشت دیواره با کوچکترین تاثیر روی خود سازه مقاومت می شود و بنابراین برای اینکه کوچکترین آسیبی به کشتی نرسد نیاز به ملاحظات کمی می باشد.

جابجایی آب زمانیکه کشتی نزدیک دیواره می باشد تاثیر کاهنده ای دارد و باعث می شود که سرعت پهلوگیری کاهش یابد.

۱-۲- ضرایب موثر

سرعت عرضی پهلوگیری وسیله یک فاکتور موثر در تعیین انرژی جنبشی پهلوگیری می باشد.

همیشه برخوردهای فاجعه انگیز می تواند نتیجه از کنترل خارج شدن کشتی ها باشد. برای مقابله با چنین برخوردهایی باید تمهیداتی در نظر گرفته شود، بویژه برای خطوط گاز و فراورده های نفتی آسیب پذیر. در رابطه با نتایج چنین برخوردهایی، همچنین باید به خطرات جانی و محیطی علاوه بر هزینه های تعمیرات آن نیز دقت کرد.

احتمالات و نتایج غیر معمول بارهای پهلوگیری که در اثر از کار افتادگی، خرابی و کمبود منابع اتفاق می افتد نیز باید در نظر گرفته شود.

۱-۳- فندرینگ

فندرها ابزارهای جاذب انرژی هستند که وظیفه اصلی آنها تبدیل بارگذاری ضربه ای از یک وسیله متحرک به عکس العمل هایی می باشد که هم وسیله و هم سازه بتوانند براحتی تحمل کنند. سیستم های فندرینگ باید توانایی تحمل کردن برآیند بارهای عمود به صفحات فندر و هر مولفه ای که موازی با صفحه فندر باشد را داشته باشند، حال این بار چه بصورت افقی باشد و چه عمودی، که می تواند ناشی از حرکات کشتی باشد.

بار اصطکاکی طراحی موازی با سطح پهلوگیری باید برابر با μ ضربدر ماکزیمم بار طراحی ضربه ای که در هر دو جهت افقی و عمودی، عمل می کند در نظر گرفته شود، که μ ضریب اصطکاک بین دو سطح در حال تماس می باشد.



Cone Fender



Corner Fender



Cubic Fender



Cylindrical Fender



D Fender



Element Fender



M Fender



Super Cell Fender



Super V Fender



V Fender

شکل (۱-۱): انواع فنדרها در اسکله ها [31]

۱-۴- نوع Cone Fender (Hyper Cell Fender)



شکل (۲-۱): تصویر cone fender ها [31]

فندر های Super Cone آخرین مدل فندر های "cell" می باشند که با ترکیبی از ظرفیت جذب انرژی بالا و نیروی عکس العمل کم بهترین نوع فندر را بوجود آورده اند. هندسه منحصر به فرد Super Cone ها باعث شده که مقاومت، پایداری و عملکرد زاویه ای آن مشابه سایر فندر ها نباشد. استوپ های (Stop) با ظرفیت باربری بالا گزینه ای است که آسیب پذیری Super Cone ها را حتی در شرایط خیلی سخت غیرممکن می سازد. با ابعاد ۳۰۰ mm الی ۲۰۰۰ mm و تنوع وسیعی از انواع ضربه گیر ها، تقریباً برای همه کاربری های فندر ها مناسب می باشند.

انواع مختلف Cone Fenders (Hyper Cell Fenders) ها همراه با مشخصات فنی آنها در پیوست A آمده است.

۱-۵- نوع Corner Fender :



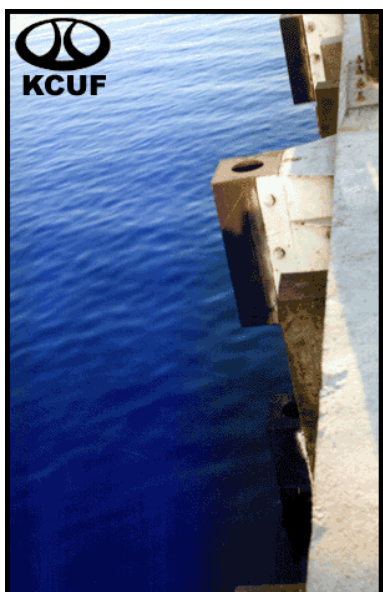
شکل (۱-۳) : تصویر corner fender ها [31]

Corner Fender ها برای محافظت گوشه Jetty ها و پانتون ها (Pantoon) مناسب می باشند.

[KCOF 100 H](#)
[KCOF 130 H](#)
[KCOF 150 H](#)
[KCOF 200 H](#)
[KCOF 280 H](#)

سایزهای مختلف این نوع از فندر ها به شرح ذیل می باشند :

۶-۱- نوع Cubic Fender :



شکل (۱-۴) : تصویر cubic fender ها [31]

Cubic Fender ها (Rectangular Fender) اغلب در جاهایی که یک پایه صلب نیاز است، مثلاً برای یدک کش ها و یا در جاهایی که شرایط جزر و مدی آن مشخص نیست استفاده می شود. این نوع از فندرها بصورت ترکیبی از چوب یا پوششی از UHMWPE (پلی اتیلن با جرم ملکولی بسیار زیاد) روی سازه های بتنی سبک در جاهایی که بار وارده کم می باشد بکار می روند. سایزهای مختلف این نوع از فندرها که شامل مشخصات فنی آنها نیز می باشد در پیوست A ذکر شده است.