

تحلیل برخورد کشتی با سازه های فراساحل

محمدرضا بهاری

دانشیار گروه مهندسی عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

بابک شکراللهی

دانشجوی دکتری مهندسی سازه - دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی شریف

(تاریخ دریافت ۷۹/۸/۱۰، تاریخ تصویب ۸۱/۲/۲۸)

چکیده

در این مقاله برخورد کشتی با یک سکوی نمونه حفاری واقع در منطقه گازی - نفتی پارس جنوبی بررسی شده است. سازه مورد تصادم و کشتی به طور همزمان مدل شده اند و اندرکنش دینامیکی شمع و خاک لحاظ شده است. کشتی به صورت جرم متمرکز متصل به یک فنر غیرخطی مدل شده است. یک فنر غیرخطی دیگر فرورفتگی در بدنه عضو مورد تصادم را مدل می کند. در حداقل کشتی و سازه مورد تصادم یعنی بین دو فنر غیرخطی، از المان تماس استفاده شده است، اثرات هیدرودینامیکی به صورت جرم افزوده لحاظ شده است. برخورد کشتی با پایه و نیز عضو باندندی به ازاء سرعت های مختلف برخورد بررسی شده است. اثر سخت شدگی کرنشی و غیرخطی هندسی نیز مورد توجه قرار گرفته است. ضمن آنکه مطابق تحلیل های انجام شده اثرات غیرخطی هندسه و مصالح بایستی در پدیده برخورد لحاظ شوند. باتوجه به تحلیل های انجام شده در این مطالعه نتیجه می شود که پاسخ سازه در پدیده برخورد به سرعت برخورد و محل برخورد بستگی دارد. از تحلیل های انجام شده نمودار بار ضربه برحسب زمان بدست آمده است که میتواند جهت بررسی رفتار دینامیکی اعضای لوله ای استفاده شود.

واژه های کلیدی: برخورد، فرورفتگی، تماس، سخت شدگی کرنشی، تغییر مکانهای بزرگ، سازه فراساحل، کشتی،

سکو

مقدمه

سازه های دریایی به هنگام نصب و طی مدت بهره برداری در معرض خطر برخورد با شناورهای تدارکاتی قرار دارند لذا بررسی و تحلیل برخورد کشتی با سازه های فراساحل الزامی است. در برخورد با سرعت پایین انرژی جنبشی عمدتاً به صورت ارتعاش الاستیک سازه مورد تصادم جذب می شود لیکن در تصادمات شدید، انرژی جذب شده بر اثر ارتعاش الاستیک کافی نیست. در اینحالت انرژی وارده می تواند به صورت تغییر شکلهای خمیری در اعضای کشتی و سازه مورد تصادم و سیستم جاذب انرژی (فنر) جذب شود [۲۰]. لذا در این گونه موارد اثر نیروی دینامیکی قابل توجه است و معادله حرکت کشتی و سازه مورد تصادم بایستی به صورت همزمان و دینامیکی حل شود.

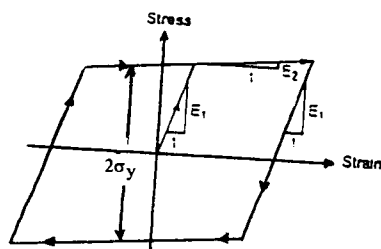
در پدیده برخورد، سازه فراساحل انرژی برخورد را

به شکل های زیر جذب می کند:

- ۱ - فرورفتگی بدنه عضو مورد تصادم
- ۲ - خمش الاستوپلاستیک عضو مورد تصادم
- ۳ - تغییر شکل محوری الاستوپلاستیک
- ۴ - ابزار جاذب انرژی (فنرها)، در صورت استفاده
- ۵ - تغییر شکل کلی سازه که به صورت جانبی است.
- ۶ - فرورفتگی در بدنه کشتی

در شیوه معمول جهت بدست آوردن پاسخ سازه مورد تصادم و بررسی کفایت آن در برابر ضربه صرفاً انرژی جذب شده در بخش فرورفته عضو مورد تصادم لحاظ می گردد و مابقی سازه تحت اثر نیروهای انتهایی عضو مورد تصادم به صورت خطی تحلیل می شود. از معایب عمده این روش در نظر نگرفتن رفتار غیرخطی اعضاء مجاور عضو مورد تصادم و لحاظ نکردن سایر تغییر شکلهایی

شمع و سکو به یکدیگر کاملاً جوش می شوند لذا در گره های تراز فوقانی سکو درجات آزادی شمع و سکو یکسان می باشند. گره های بالایی شمع ها که به قسمت فوقانی سکو متصل است در یک صفحه صلب به یکدیگر بسته شده اند. شکل (۲) شمای کلی سازه سکو را نشان می دهد. برای مدل کردن فرورفتگی در بدنه عضو مورد تصادم از المان **Combin39** استفاده شده است. این المان فنر غیرخطی با قابلیت استهلاک هیستریزیک است. رفتار غیرخطی فنر به صورت نمودار چندخطی بیان می شود. مسیر بار برداری بر مسیر بارگذاری منطبق نیست و باربرداری به موازات شیب منحنی در مبدأ انجام می شود.



شکل ۱: مدل رفتاری مصالح جاکت.

رفتار بار - تغییر مکان فنر غیرخطی با استفاده از روابط موجود بار- فرورفتگی عضو مورد تصادم بدست آمده است. نتیجه کاربرد رابطه بار فرورفتگی پایه مورد تصادم با استفاده از روابط ذکر شده در مرجع [۸] با مشخصات $D = 1.544m$ $t = 0.03m$ بدینصورت خواهد بود.

$$P = 2.023 \times 10^6 \sqrt{d} + 8.685 \times 10^6 d - 8.501 \times 10^6 d^2 \quad (1)$$

که در آن P نیروی ضربه و d فرورفتگی در عضو مورد تصادم می باشد.

کشتی به صورت یک جرم متمرکز متصل به یک فنر غیرخطی مدل شده است. فنر غیرخطی فرورفتگی در بدنه کشتی را مدل کرده و جرم کشتی و اثرات هیدرودینامیکی آب با جرم متمرکز مدل می شود. برای این منظور، از المان جرم متمرکز سه بعدی **MAS21** نرم افزار **ANSYS5.4** استفاده شده است. در برخورد از پهلو برای در نظر گرفتن اثرات هیدرودینامیکی آبی که به همراه کشتی جابجا می شود جرم کشتی به میزان ۴۰

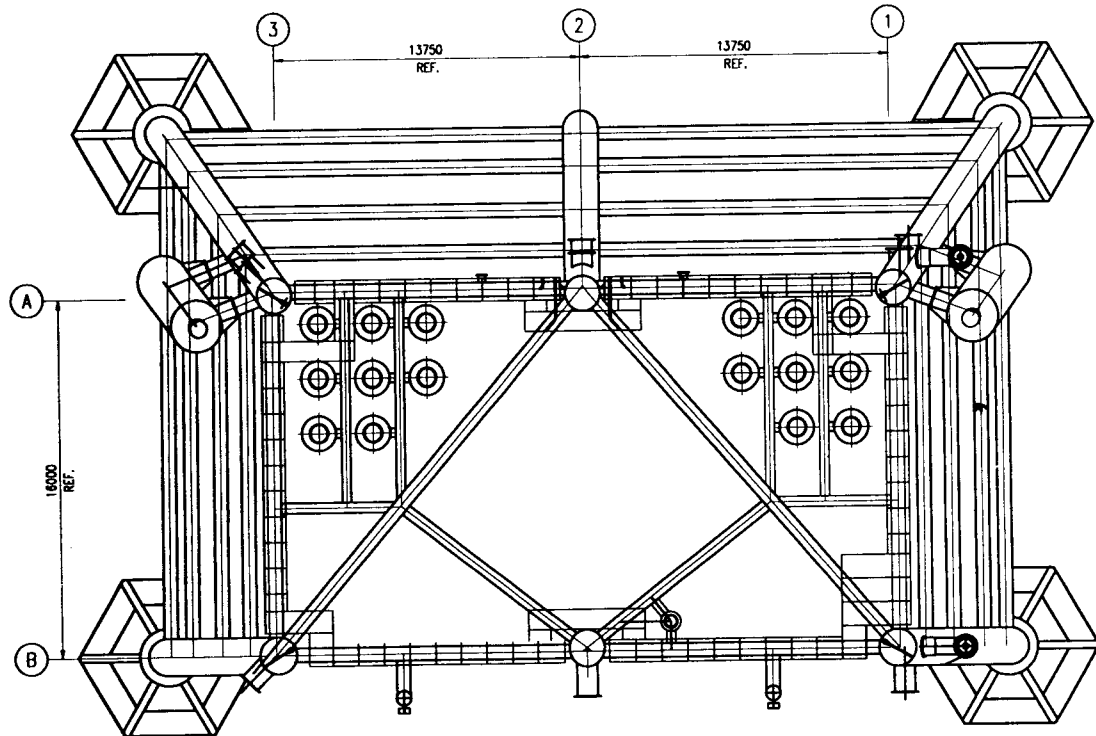
می باشد که در جذب انرژی مشارکت دارند.

عمده مطالعات انجام شده در این زمینه بررسی رفتار موضعی عضو مورد تصادم در اثر نیروی ناشی از برخورد است. در این راستا مطالعات فراوانی به صورت آزمایش و تحلیل اجزاء محدود و روش های حل بسته انجام شده است. بررسی رفتار عمومی سازه مورد تصادم عمدتاً به صورت معادل استاتیکی بوده [۴،۳] و مطالعات دینامیکی انجام شده انگشت شمار است [۵،۶].

در این مقاله کشتی و سازه مورد تصادم را با استفاده از نرم افزار **ANSYS5.4** [۷] اجزاء محدود، مدل کرده و با انجام تحلیل دینامیکی به بررسی پدیده برخورد کشتی با سازه های فراساحل پرداخته می شود.

شرح مدل مورد استفاده

سازه سکو با استفاده از المان **PIPE20** نرم افزار فوق الذکر مدل شده است. المان **PIPE20** یک المان دو گرهی سه بعدی است که در هر انتها ۶ درجه آزادی، شامل ۳ درجه آزادی انتقال و ۳ درجه آزادی دورانی دارد. از قابلیت های این المان مدل کردن رفتار غیرخطی مصالح و غیر خطی هندسی با امکان تغییر شکل های بزرگ است. در گره های ابتدا و انتهای المان **PIPE20**، ۸ نقطه انتگرال گیری موجود است که در نقاط ۴۵ درجه قرار گرفته اند. رفتار مصالح سازه سکو با استفاده از مدل دو خطی با سخت شدگی سینماتیکی^۱ بیان شده است. شکل (۱) نمودار تنش کرنش مصالح سازه سکو را نشان می دهد. در این نمودار سخت شدگی کرنشی با شیب $\frac{E_1}{50}$ نشان داده شده است و اثر بوشینگر در رفتار مصالح نیز لحاظ شده است. در نرم افزار **ANSYS5.4** برای تحلیل غیرخطی مصالح از معیار خمیری فون میسز^۲ با سخت شدگی کرنشی استفاده شده است. مشخصات هندسی مقاطع و هندسه سازه مطابق نقشه های سکوی **SPD1** پارس جنوبی داده شده است. باتوجه به نحوه اجرای سکوهای ثابت دریایی، شمع و سکو باهم مدل شده اند و گره ها در تراز مهاربندی های افقی پایه های سکو و شمع های نظیر که درون پایه ها قرار دارند صرفاً در راستای موازی با شمع قابلیت جابجایی دارند؛ در تراز فوقانی سکو،

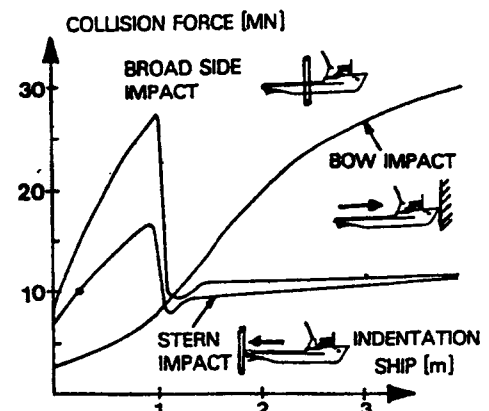


شکل ۲: شمای کلی سازه جاکت.

کشتی در پدیده برخورد نشان می دهد [۹]. باتوجه به این نمودارها نتیجه می شود که در برخورد کشتی از پهلو، سازه مقدار نیروی بیشتری جذب می کند و احتمال خرابی آن بیشتر است. لذا در بررسی پدیده برخورد کشتی برخورد از پهلو مدنظر قرار گرفته است. اندرکنش دینامیکی شمع و خاک با استفاده از مدل پیشنهاد شده توسط Konagai و Nogami [۱۰] انجام شده است. این مدل مبتنی بر تحلیل کرنش مسطح ارتعاش یک استوانه بدون وزن در یک محیط بینهایت است و مساله انتشار امواج و میرایی تشعشعی در اندرکنش دینامیکی شمع خاک لحاظ شده است. در این مدل خاک اطراف شمع با استفاده از یکسری جرم، فنر و کمک فنر مدل شده و از تاثیر گذاری شمعها با یکدیگر صرفنظر می شود. برتری این روش نسبت به روشهای مشابه مستقل بودن ضرایب فنر و کمک فنر از فرکانس بارگذاری است.

شکل (۴- a) مدل خاک برای ارتعاشات در صفحه عمود بر شمع را نمایش می دهد. در این مدل خاک

درصد افزایش می یابد [۱]. بنابراین جرم متمرکز مورد استفاده در تحلیل برخورد کشتی ۱/۴۰ برابر جرم واقعی کشتی است.



شکل ۳: نمودار بار فرورفتگی بدنه کشتی [۹].

فرورفتگی در بدنه کشتی نیز مشابه آنچه در مورد فرورفتگی عضو گفته شد با استفاده از المان فنر غیرخطی Combin39 مدل شده است. شکل (۳) رفتار بار فرورفتگی - بدنه کشتی را برای موقعیت های مختلف

$$\begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{Bmatrix} = \frac{G_s \Gamma}{V_s} \zeta_k(v) \begin{Bmatrix} 113.097 \\ 25.133 \\ 9.362 \end{Bmatrix} \quad (5)$$

$$m = \pi \rho_{\text{Soil}} \Gamma \zeta_m(v)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G_s}{\rho}}$$

(۶)

در این روابط G_s مدول برشی خاک Γ شعاع شمع، V_s سرعت موج برشی، ρ_{Soil} جرم حجمی خاک و v ضریب پواسون خاک می باشند.

$\zeta_k(v)$ و $\zeta_m(v)$ از جدول (۱) بدست می آید :

جدول ۱: توابع $\zeta_k(v)$ و $\zeta_m(v)$.

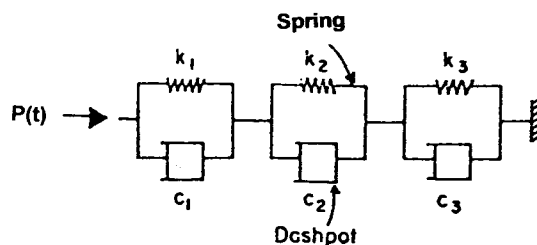
v	$\zeta_k(v)$	$\zeta_m(v)$
۰/۵۰	۲/۰۰۰	۱/۰۰۰۰
۰/۴۹	۱/۹۴۰	۰/۷۸۲۸
۰/۴۸	۱/۸۸۳	۰/۶۴۲۰
۰/۴۷	۱/۸۳۱	۰/۵۳۳۶
۰/۴۶	۱/۷۸۴	۰/۴۴۶۴
۰/۴۵	۱/۷۴۱	۰/۳۷۴۰
۰/۴۳	۱/۶۶۹	۰/۲۶۲۸
۰/۴۰	۱/۵۸۰	۰/۱۴۲۸
۰/۳۵	۱/۴۷۶	۰/۰۳۵۲
۰/۲۵	۱/۳۵۱	.
۰/۲۰	۱/۳۱۱	.
۰/۱۰	۱/۲۵۲	.
۰/۰۰	۱/۲۱۳	.

با استفاده از گزارش مکانیک خاک موجود در محل [۱۱] ضرایب G و v و ثابت فنر کمک فنر محاسبه شده است. برای مدل کردن خاک اطراف شمع از المان **Combin40** که قابلیت مدل کردن توأم جرم متمرکز، فنر و کمک فنر را دارد استفاده گردیده است.

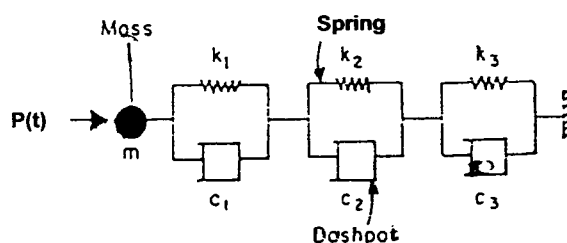
بحث در نتایج

برخورد کشتی به سازه در دو موقعیت مطالعه شده

اطراف شمع به کمک جرم متمرکز و رفتار ارتجاعی خاک میرایی تشعشعی خاک به ترتیب توسط فنر و کمک فنر مدل می شوند. برای ارتعاشات به موازات شمع از مدل نشان داده شده در شکل (۴-ب) استفاده می شود.



شکل (۴- a) : مدل خاک در صفحه عمود بر شمع.



شکل (۴- b) : مدل خاک در موازات شمع.

برای بدست آوردن جرم m ، ثابت فنر k_i و کمک فنر c_i از روابط ذیل استفاده می شود [۴] :

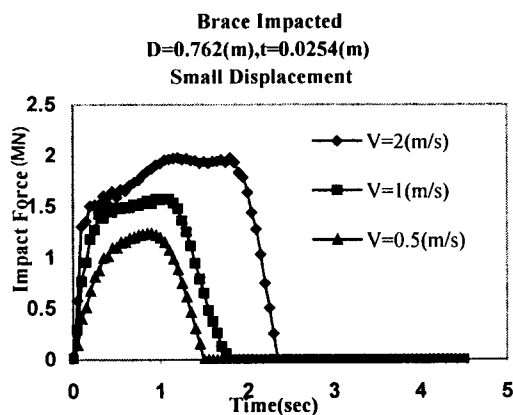
$$\begin{Bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{Bmatrix} = G_s \begin{Bmatrix} 3.518 \\ 3.581 \\ 5.529 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{Bmatrix} = \frac{G_s \Gamma}{V_s} \begin{Bmatrix} 113.097 \\ 25.133 \\ 9.362 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

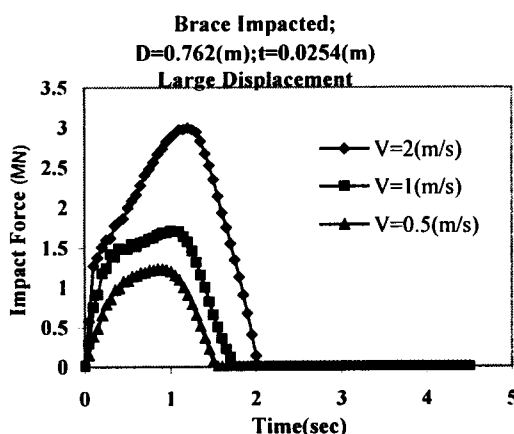
حرکت افقی

$$\begin{Bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{Bmatrix} = G_s \zeta_k(v) \begin{Bmatrix} 3.518 \\ 3.581 \\ 5.529 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

به عضو بادبندی برای سرعت برخورد 2 m/sec نشان می دهد. در هریک از این شکلها دو نمودار یکی با درنظر گرفتن اثر سخت شدگی کرنشی و دیگری بدون درنظر گرفتن اثر سخت شدگی کرنشی بدست آمده است. اثر تغییرمکانهای بزرگ در شکل (۷) لحاظ شده است در حالیکه شکل (۸) بدون درنظر گرفتن آن بدست آمده است. درنظر گرفتن سخت شدگی کرنشی، سازه مورد تصادم را سخت تر کرده و جابجایی های کمتری نتیجه می دهد. لذا به ازاء انرژی برخورد معلوم نیروی برخورد افزایش می یابد.



شکل ۵: نمودار نیروی برخورد بدون درنظر گرفتن اثر تغییر مکانهای بزرگ.



شکل ۶: نمودار نیروی برخورد با درنظر گرفتن تغییر مکانهای بزرگ.

در حالتی که اثر تغییر شکلهای بزرگ لحاظ نشده

است: ۱ - برخورد به پایه ۲ - برخورد به بادبند. در برخورد با پایه، تحلیل ها برای کشتی ۵۰۰۰ تنی که با لحاظ جرم افزوده، جرم آن برابر ۷۰۰۰ تن می گردد انجام می شود. برخورد با عضو بادبندی با کشتی ۱۰۰۰ تنی که با لحاظ جرم افزوده جرمی معادل ۱۴۰۰ تن دارد مدل شده است. سرعت های برخورد 0.5 m/s ، 1 m/s و 2 m/s انتخاب شده اند. جرم کشتی و سرعتهای برخورد با استفاده از مطالعات آماری انجام شده انتخاب شده اند [۶،۱۲]. کلیه تحلیل ها برای دو نوع مصالح با سخت شدگی کرنشی و بدون سخت شدگی کرنشی انجام شده است. در برخورد با بادبند تحلیل در دو حالت با لحاظ تغییر مکانهای بزرگ و بدون درنظر گرفتن تغییر مکانهای بزرگ انجام شده است.

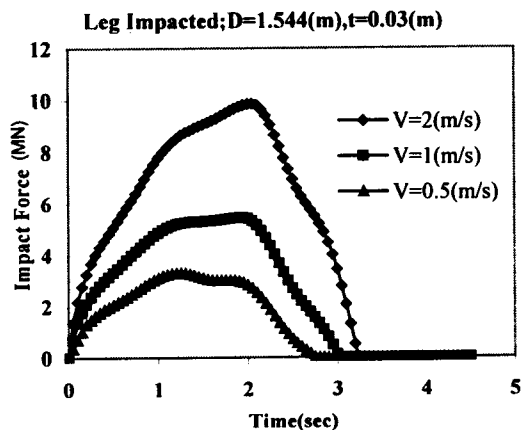
اثر تغییر مکانهای بزرگ

شکل های (۵) و (۶) بار ضربه ناشی از برخورد کشتی با سرعتهای مختلف برخورد را به عضو بادبندی نشان می دهند. در شکل (۵) تغییرمکانهای بزرگ لحاظ نشده است در حالیکه شکل (۶) با درنظر گرفتن تغییرمکانهای بزرگ به دست آمده است. در حالتی که تغییرمکانهای بزرگ لحاظ نشده است عضو مورد تصادم نیروی برخورد را صرفاً از طریق خمش تحمل می کند لذا تنش های ایجاد شده در مقطع به میزان زیادی افزایش یافته و مصالح به شدت وارد محدوده سخت شدگی کرنشی می شود. در حالتیکه تغییر مکانهای بزرگ لحاظ می شود، با مکانیزم سه مفصل و عملکرد خرابایی عضو مورد تصادم، نیروی برخورد از طریق عملکرد توأم خمشی و محوری تحمل می شود و مقدار تنش ها کاهش می یابد. با افزایش انرژی ضربه، تغییرمکانهای بزرگ در سازه نیز افزایش می یابد و باتوجه به مطالب فوق الذکر منظور کردن اثر غیرخطی هندسی (تغییر شکلهای بزرگ) در تحلیل برخورد کشتی با سازه فراساحل می تواند مکانیزم واقعی تری را نشان دهد.

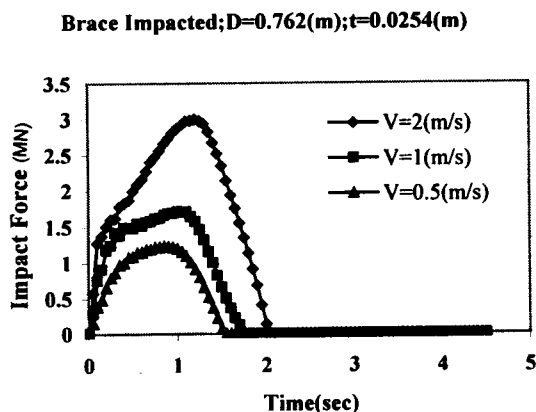
تأثیر سخت شدگی کرنشی

شکل های (۷) و (۸) نمودار نیروی برخورد کشتی را

برخورد با پایه مدت زمان برخورد بین ۲/۷۵ تا ۳/۷۵ ثانیه طول می کشد. حداکثر نیروی برخورد بین ۳/۳ مگانیوتن تا ۹/۹ مگانیوتن متغیر است (شکل ۹). قطر و ضخامت پایه مورد تصادم به ترتیب (m) ۱/۵۴۴ و (cm) ۳ و برای بادبند مورد تصادم (m) ۰/۷۶۲ و (cm) ۲/۵۴ می باشند.



شکل ۹: نمودار نیروی برخورد به پایه به ازای سرعت‌های مختلف برخورد.



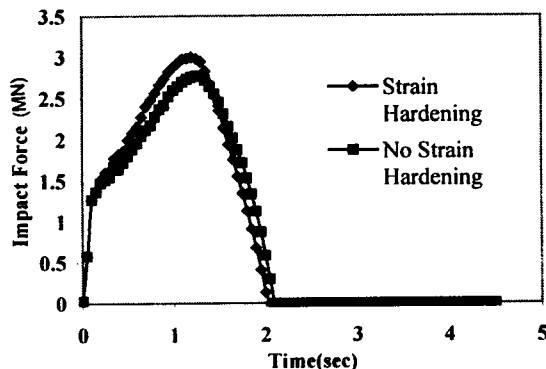
شکل ۱۰: نمودار نیروی برخورد به بادبند به ازای سرعت‌های مختلف برخورد.

در برخورد با عضو بادبندی مدت زمان برخورد بین ۱/۵ ثانیه تا ۲/۱ ثانیه طول می کشد. حداکثر نیروی برخورد بین ۱/۲۱ مگانیوتن تا ۳ مگانیوتن متغیر است (شکل ۱۰).

است باتوجه به عملکرد صرفاً خمشی عضو مورد تصادم تأثیر سخت شدگی کرنشی افزایش می یابد.

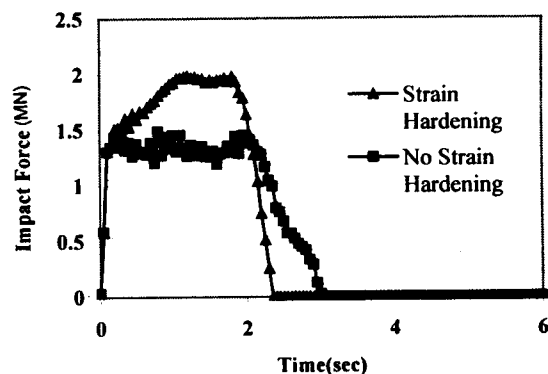
باتوجه به مباحث بند پیشین و بند اخیر در نظر گرفتن اثرات غیرخطی هندسی (تغییر مکانهای بزرگ) و سخت شدگی کرنشی در بررسی پدیده برخورد کشتی با سازه فراساحل مهم است.

Brace Impacted:
Large Displacement; V= 2(m/s)



شکل ۷: نمودار نیروی برخورد با در نظر گرفتن تغییر مکانهای بزرگ.

Brace Impacted:
Small Displacement; V=2(m/s)

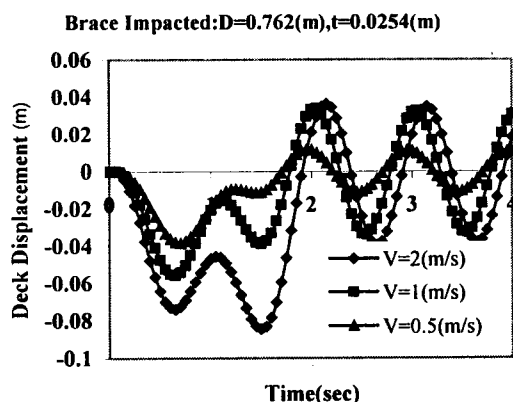


شکل ۸: نمودار نیروی برخورد بدون در نظر گرفتن تغییر مکانهای بزرگ.

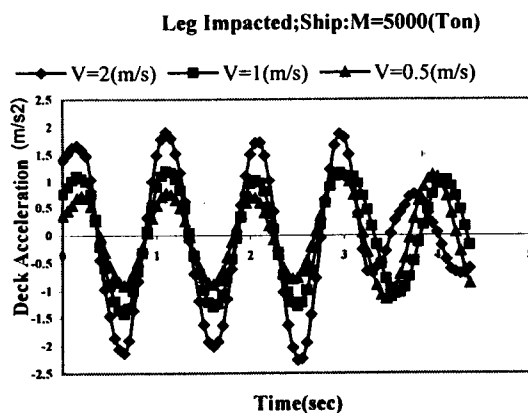
بار ضربه ناشی از برخورد کشتی

شکل های (۹) و (۱۰) بار ضربه برحسب زمان به ازای سرعت‌های مختلف برخورد به پایه و بادبند را نشان می دهد. با افزایش انرژی برخورد مقدار نیروی برخورد افزایش یافته و مدت زمان برخورد طولانی تر می شود. در

به ازای سرعت‌های مختلف برخورد به پایه نشان می‌دهد. حداکثر جابجایی عرشه در برخورد با پایه بین ۸ تا ۲۵ سانتی متر متغیر است. شتاب حداکثر بین ۰/۸ تا ۲/۲۵ متر بر مجذور ثانیه متغیر است؛ جابجایی عرشه در برخورد با پایه قابل ملاحظه بوده و می‌تواند به لوله کشی و تجهیزات موجود در قسمت فوقانی سازه آسیب برساند. شتاب حداکثر بین ۰/۰۸ g تا ۰/۲۲ g متغیر است و توسط ساکنین سکو برخورد با پایه احساس می‌شود.



شکل ۱۲: نمودار جابجایی عرشه در برخورد با عضو بادبندی به ازای سرعت‌های مختلف.



شکل ۱۳: نمودار شتاب عرشه در برخورد با پایه به ازای سرعت‌های مختلف.

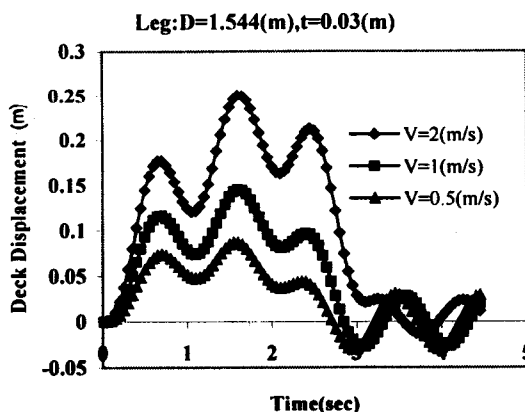
شکل‌های (۱۲ و ۱۴) جابجایی و شتاب عرشه را به ازای سرعت‌های مختلف برخورد با عضو بادبندی نشان می‌دهد. جابجایی حداکثر بین ۳ تا ۸ سانتی متر متغیر است؛ شتاب حداکثر بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر به مجذور ثانیه

نمودارهای بارضربه که در این بخش آمده است می‌تواند جهت بررسی رفتار دینامیکی اعضاء لوله ای استفاده شود، هرچند که برای نیل به نمودارهای پایه به مطالعات مبسوط تر نیاز است.

فرورفتگی در دیواره عضو مورد تصادم و بدنه کشتی

در برخورد با بادبند رفتار کشتی خطی می‌ماند و فرورفتگی خمیری در دیواره عضو مورد تصادم به وجود می‌آید. در این حالت فرورفتگی در دیواره عضو مورد تصادم برای سرعت‌های ۰/۵ و ۲ (m/s) کشتی به ترتیب بین ۲/۳۳ تا ۲۴/۳ سانتی متر متغیر است.

در سرعت‌های برخورد بالا با پایه، کشتی و سازه مورد تصادم هر دو وارد ناحیه غیرخطی می‌شوند. در برخورد کشتی با پایه فرورفتگی در بدنه عضو مورد تصادم بین ۱۵ تا ۷۴ سانتیمتر متغیر است. فرورفتگی خمیری در بدنه کشتی بین ۲ تا ۸ سانتی متر متغیر است. باتوجه به تحلیل‌های انجام شده [۱۳، ۱۴] نمودار بار- فرورفتگی در دیواره عضو مورد تصادم و فرورفتگی در بدنه کشتی حاصل از تحلیل با رفتار واقعی بار- فرورفتگی عضو مورد تصادم و بدنه کشتی منطبق است که این خود دلیلی بر صحت تحلیل انجام شده است.



شکل ۱۱: نمودار جابجایی عرشه در برخورد با پایه به ازای سرعت‌های مختلف.

جابجایی و شتاب عرشه

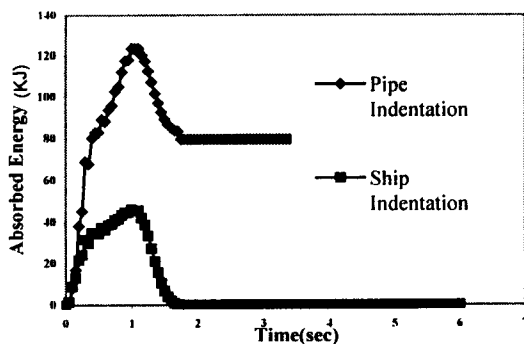
شکل‌های (۱۱) و (۱۳) جابجایی و شتاب عرشه را

برخورد از طریق استهلاک هیسترتیک در فرورفتگی عضو مورد تصادم هدر می رود.

در برخورد به پایه انرژی کل جذب شده در اثر فرورفتگی دیواره عضو مورد تصادم بین ۶۲ تا ۷۳ درصد انرژی برخورد متغیر است که بین ۴۴ تا ۶۱ درصد از این انرژی برخورد از طریق استهلاک هیسترتیک عضو مورد تصادم در (محدوده غیرخطی) هدر می رود. انرژی جذب شده در فرورفتگی بدنه کشتی بین ۱۹ تا ۲۳ درصد انرژی برخورد متغیر است. انرژی مستهلاک شده در بدنه کشتی بین ۳/۶ تا ۴/۸ درصد انرژی برخورد تغییر می کند.

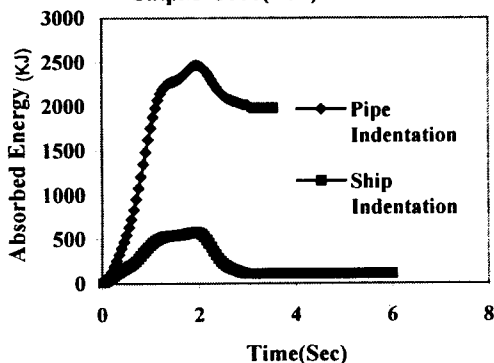
باتوجه به مطالب فوق الذکر استفاده از ابزار جاذب انرژی در مجاورت پایه های سازه سکو مفیدتر از استفاده از فندر در مجاورت اعضای بادبندی می باشد.

Brace Impacted; V=0.5(m/s);
Ship M=1000(TON)



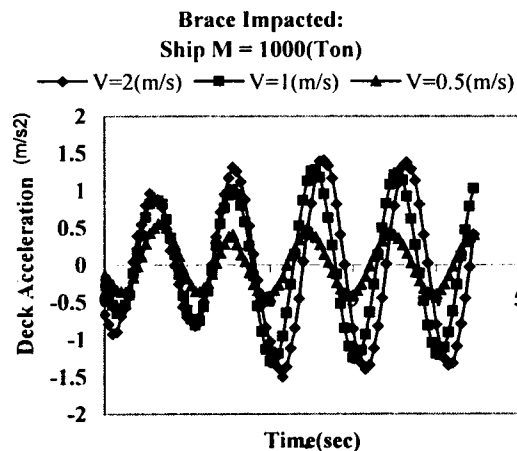
شکل ۱۵: انرژی جذب شده در دیواره عضو مورد تصادم و بدنه کشتی - برخورد با عضو بادبندی - سرعت برخورد ۵ (m/s).

Leg Impacted; V=2(m/s);
Ship M=5000(Ton)



شکل ۱۶: انرژی جذب شده در دیواره عضو مورد تصادم و بدنه کشتی - برخورد با پایه - سرعت برخورد ۲ (m/s).

تغییر می کند. شتاب و جابجایی در برخورد با عضو بادبندی کمتر از حالت برخورد با پایه است که این خود ناشی از رفتار موضعی عضو بادبندی در پدیده برخورد می باشد.



شکل ۱۴: نمودار شتاب عرشه در برخورد به بادبند به ازای سرعت های مختلف.

انرژی جذب شده در بدنه کشتی و فرورفتگی در دیواره عضو مورد تصادم

شکل های (۱۵) و (۱۶) نمودار انرژی جذب شده بر اثر فرورفتگی در عضو مورد تصادم و فرورفتگی در بدنه کشتی را که با انتگرال گیری از منحنی های نیروی فتری - تغییر مکان حاصل از تحلیل برای زمان های مختلف بدست آمده اند نشان می دهد.

در رفتار خطی سازه مورد تصادم و کشتی انرژی جذب شده به طور کامل بازگشت پذیر است. لیکن در محدوده غیرخطی مقداری از انرژی جذب شده از طریق استهلاک هیسترتیک هدر می رود. نمودار انرژی جذب شده برحسب زمان در برخورد با عضو بادبندی بیانگر آن است که رفتار کشتی در برخورد با عضو بادبندی ارتجاعی است. در برخورد با عضو بادبندی انرژی جذب شده در فرورفتگی دیواره عضو مورد تصادم بین ۱۷ درصد تا ۲۵ درصد انرژی برخورد متغیر است. انرژی جذب شده در بدنه کشتی بین ۵ تا ۱۳ درصد انرژی برخورد تغییر می کند. در برخورد به بادبند ۱۱ تا ۱۹ درصد از انرژی

نتیجه گیری

سکوهای موجود یا جدید تعیین گردند.
۲- روش ارائه شده میتواند در ارزیابی مجدد سکوهای موجود و قدیمی از نظر ایمنی و ظرفیت جذب انرژی آنها بکار رود.

۱- مکانیزمهای شکست، ترتیب خمیری شدن، بارهای شکست و مقادیر انرژی های جذب شده تا این مرحله همگی، می توانند طی تحلیل ارائه شده در این مقاله برای

مراجع

- 1 – Peterson, M. J. and Pedersen, P. T. (1981). "Collisions between ships and offshore platforms." *Proc. 13th Annual Offshore Tech. Conf.*, OTC 4134, USA.
- 2 – Pedersen, P. T. and Jensen, J. (1991). "Ship impact analysis for bottom supported offshore structures." *Second Int. Conf. on Advances in Marine Structures*, Dun Fenmline Scotland (Edited by Smith and Dow), PP. 276-295.
- 3 – Ronalds, B. F. (1990). "Vessel impact design for steel jackets." *Proc. 22nd Annual Offshore Tech. Conf.*, OTC 6384, USA.
- 4 – Gidwani, J. M. and Renault, J. P. (1990). "Boat impact ultimate capacity analysis of jacket structures." *Proc. 22nd Annual Offshore Tech. Conf.*, OTC 6484, USA.
- 5 – Yang Bai and Pedersen, P. T. (1993). "Elastic – plastic behavior of offshore steel structures under impact loads." *Int. J. Impact Energy*, Vol. 13, No. 1, PP. 99-115.
- 6 – Elinas, C. P. (1995). "Mechanics of ship / jack-up collisions." *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 33, PP. 283-305.
- 7 – ANSYS User's Manual (1998). Rev. 5.4.
- 8 – Padula, J. A. and Ostapenko, A. (1991). "A load – indentation relationship for tubular members." *Proc. 23rd Annual Offshore Tech. Conf.*, OTC 6651, USA.
- 9 – Foss, G. and Edvardsen, G. (1982). "Energy absorption during ship impact on offshore steel structure." *Offshore Tech. Conf.*, OTC 4217, USA.
- 10 – Konagai, K. and Nogami, T. (1994). "Subgrade model for transient response analysis of multiple embedded." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 23, PP. 1097-1114.
- 11 – *Furgo Geotechnical Report*, PEDEC-South Pars Field-Persian Gulf.
- 12 – "API recommended practice for planning, design and constructing fixed offshore platform." *API RP, 19th Ed.*, American Petrole. Inst., Washington, D. C. (1993).
- 13 – Taby, J. and Rashed S. M. H. (1980). "Experimental investigation of the behavior of damaged tubular members." *Tech. Report MK/R 92*, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, the Norwegian Institute of Technology.

۱۴- شکراللهی، ب. "تحلیل برخورد کشتی با سازه های فراساحل." پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران،

دانشکده فنی دانشگاه تهران، (۱۳۷۹).

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1 – Bilinear Kinematicaly Hardening

2 – Von Mises

