

بررسی تاثیر عيوب اوليه، خوردگی و ترک بر استحکام نهایی یک فروند شناور فله‌بر

نجمه سالمی‌زاده^۱، محمدرضا خدمتی^۲

khedmati@aut.ac.ir

۱- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- استاد، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

سازه ی کشتی در حال بهره‌برداری، عمدتاً تحت تأثیر عواملی همچون خوردگی در محیط‌های دریایی و همچنین خرابی‌های خستگی، دچار تضعیف شده و از این‌رو، بررسی استحکام نهایی آن در دوره‌های گوناگون از دیدگاه کنترل ایمنی سازه‌ای امری ضروری محسوب می‌گردد. در سال‌های اخیر، بررسی استحکام نهایی سازه کشتی‌های سال‌خورده مورد توجه محققین متعددی قرار گرفته است. از سویی دیگر، روش‌های عددی و همچنین نرم‌افزارهای کاربردی متعددی بدین‌منظور در دسترس قرار دارند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی تاثیر عيوب اوليه، خوردگی عمومی، خوردگی حفره‌ای و ترک بر استحکام نهایی یک فروند شناور فله‌بر می‌باشد.

واژگان کلیدی: کشتی سال‌خورده، عيوب اوليه، خوردگی، ترک، استحکام نهایی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۵/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۶/۰۱/۲۵

۱- مقدمه

در پی بالا رفتن سن کشتی‌ها، عیوب متعددی در آنها پدیدار می‌شود که استحکام نهایی‌شان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از یک سو حضور مداوم کشتی در محیط خورنده، خوردگی را برای اجزای سازه‌ای ورقه‌ای آن در پی دارد. از سویی دیگر وارد شدن نیروهای ثابت و متناوب به کشتی، موجب جوانه‌زدن ترک در سازه می‌شود. دو پدیده خوردگی و خستگی که از مهم‌ترین عوامل تنزل سازه‌ای کشتی‌های سال‌خورده هستند، باعث بوجود آمدن سوانحی همچون خرابی^۱ و فروپاشی^۲ سازه کشتی می‌شوند. سوانحی که خسارات فراوانی را تا به امروز به بشر و محیط زیست تحمیل کرده اند. بر اساس مطالعات انجام شده توسط اتحادیه بین‌المللی بیمه دریایی^۳، خسارت بدنه کشتی، جزء پنج علت برتر بوجود آمدن سوانح دریایی است. **Error! Reference source not found.** از این رو بررسی استحکام نهایی کشتی‌های دارای عیوب ذکر شده از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد.

۲- مدل مورد مطالعه

در این مطالعه، شناور فله‌بر به طول ۲۸۵ متر در سنین مختلف و با در نظر گرفتن حضور انواع عیوب، از جمله تغییر شکل اولیه، خوردگی حفره‌ای، خوردگی عمومی و ترک مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱- مشخصات شناور فله‌بر

مقطع عرضی شناور فله‌بر در شکل (۱) نشان داده شده و اطلاعات ابعادی آن نیز در جدول (۱) جمع‌آوری گردیده است.

۲-۲- حالت‌های مختلف بررسی شده

استحکام نهایی شناور فله‌بر مذکور، با استفاده از روش‌های مختلف از جمله چن، چو، ماسائوکا، اسمیت، پیک-منصور، سوارس و یائودر مرجع **Error! Reference source not found.** مورد ارزیابی قرار گرفته‌است.

جدول (۱) ابعاد شناور فله‌بر مورد مطالعه **Error! Reference source not found.**

کمیت	اندازه (میلی‌متر)
طول	285

¹Failures

²Collapse

³International Union of Marine Insurance (IUMI)

عرض 50
ارتفاع 26.7
ابعاد تقویت‌کننده 0.390×0.027

در این مطالعه استحکام نهایی کشتی مذکور در شرایط زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

I. تغییر شکل اولیه و تنش باقی‌مانده کوچک
II. تغییر شکل اولیه و تنش باقی‌مانده متوسط
III. تغییر شکل اولیه و تنش باقی‌مانده بزرگ

نتایج بدست‌آمده برای گشتاور خمشی نهایی این شناور در حالت‌های سگینگ (Mus) و هاگینگ (Muh) در جدول (۲) گردآوری شده است.

جدول (۲) گشتاور خمشی نهایی شناور در حالت‌های سگینگ و هاگینگ تنها با احتساب عیوب اولیه تشریح شده

حالت	Muh (GN.m)	Mus (GN.m)
I	16.63	14.44
II	15.46	13.56
III	13.98	12.16

با افزایش سن شناورها، خوردگی عمومی در اجزای سازه-ای ورقه‌ای آنها پدیدار می‌گردد. خوردگی عمومی موجب کاهش ضخامت ورق‌ها شده و در نتیجه ظرفیت سازه‌ای شناور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در شناورهای مختلف، میزان عمق خوردگی عمومی در اجزای سازه‌ای متفاوت می‌باشد. در شناور فله‌بر، به دلیل تماس بارهای خورنده همچون زغال‌سنگ با ورق‌های کف داخلی، سرعت رشد خوردگی عمومی نسبت به سایر ورق‌های سازنده کشتی بیشتر است [3]. این کاهش ضخامت به‌وجودآمده در اثر خوردگی، موجب می‌شود تا گشتاور خمشی نهایی در حالت هاگینگ نیز افت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. به منظور بررسی گشتاور خمشی نهایی شناور، شرایط زیر در نظر گرفته شده‌است:

IV. شناور در سن ۱۰ سال با عیوب اولیه متوسط

V. شناور در سن ۲۰ سال با عیوب اولیه متوسط

VI. شناور در سن ۳۰ سال با عیوب اولیه متوسط

نتایج بدست‌آمده در جدول (۳) ارائه شده‌است.

جدول (۴) گشتاور خمشی نهایی شناور در حالت‌های سگینگ و هاگینگ با عیوب اولیه متوسط و DOP‌های مختلف در سنین ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سال

Mus (GN.m)	Muh (GN.m)	حالت
12.9	14.96	VII
11.94	14.43	VIII
10.97	13.96	IX

جهت بررسی میزان تاثیر ترک بر روی گشتاور خمشی نهایی شناور، طول‌های مختلفی برای آن در نظر گرفته شد. نحوه اثر ترک در حضور توأم سایر عیوب بر سازه در جدول (۵) درج شده‌است.

X. شناور در سن ۱۰ سال با عیوب اولیه متوسط و $C=0.4b$ و ترک با طول $DOP=30\%$

XI. شناور در سن ۲۰ سال با عیوب اولیه متوسط و $C=0.5b$ و ترک با طول $DOP=40\%$

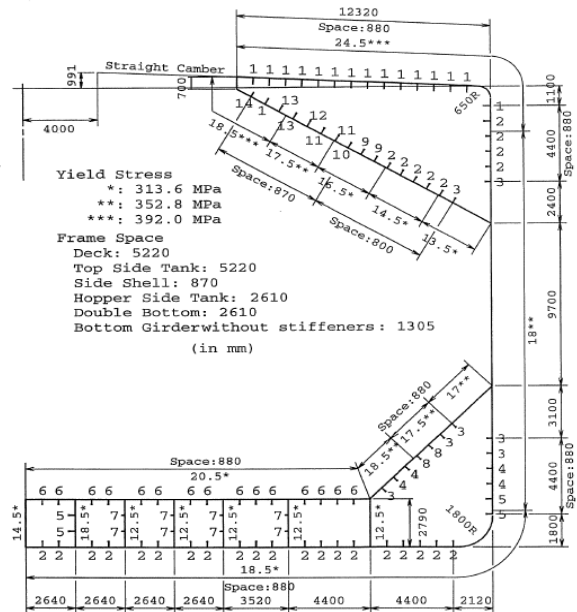
XII. شناور در سن ۳۰ سال با عیوب اولیه متوسط و $C=0.6b$ و ترک با طول $DOP=50\%$

جدول (۵) گشتاور خمشی نهایی شناور در حالت‌های سگینگ و هاگینگ با احتساب عیوب اولیه متوسط، ترک و DOP‌های مختلف در سنین ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سال

Mus (GN.m)	Muh (GN.m)	حالت
10.62	14.96	X
9.4	14.42	XI
8.31	13.96	XII

۲-۳- نرم‌افزار مورد استفاده

در این مطالعه، از برنامه "تخمین استحکام نهایی کشتی-های سالخورده" استفاده شده است. این برنامه در محیط نرم‌افزار مطلب نوشته گردیده است. فلوجارت آن نیز در شکل (۲) نشان داده شده است. در این برنامه جهت محاسبه استحکام نهایی از رابطه اوزگاک استفاده شده است [4]. همچنین جهت تخمین استحکام نهایی کشتی روش پیک و همکاران مورد استفاده قرار گرفته است [5]. از آنجایی که هیچگونه آزمایشی جهت ارزیابی مدل با انواع عیوب انجام نگرفته است، اعتبارسنجی برنامه به صورت مجزا برای هر کدام از عیوب مذکور انجام گرفته است. بدین منظور نتایج بدست آمده از برنامه با نتایج آزمایشات انجام شده توسط نیشیهارا بر روی مدل دارای عیوب اولیه،



شکل (۱) کشتی فله بر مورد ارزیابی قرار گرفته

جدول (۳) گشتاور خمشی نهایی شناور در حالت‌های سگینگ و هاگینگ با احتساب عیوب اولیه در سنین ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سال

Mus (GN.m)	Muh (GN.m)	حالت
13.14	15.01	IV
12.3	14.51	V
11.45	14.07	VI

به منظور بررسی خوردگی حفره‌ای در اجزای سازه‌ای ورقه-ای شناور، شدت‌های مختلف خوردگی حفره‌ای (DOP)، در نظر گرفته شده است.

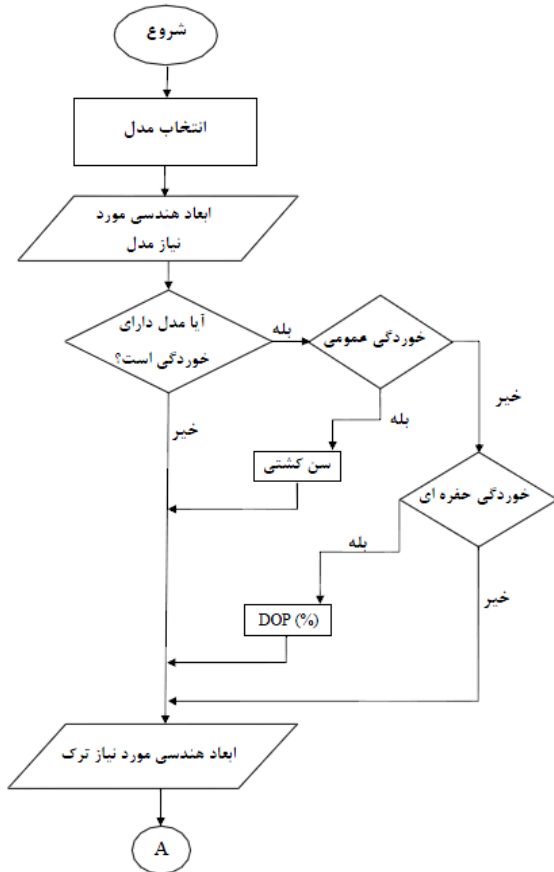
VII. شناور در سن ۱۰ سال با عیوب اولیه متوسط و $DOP=30\%$

VIII. شناور در سن ۲۰ سال با عیوب اولیه متوسط و $DOP=40\%$

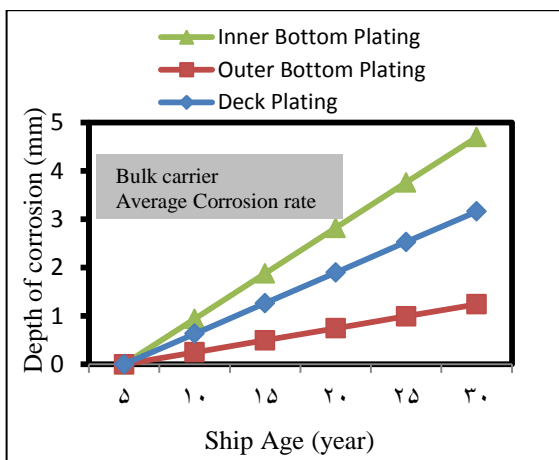
IX. شناور در سن ۳۰ سال با عیوب اولیه متوسط و $DOP=50\%$

تاثیر خوردگی حفره‌ای و خوردگی عمومی بر روی گشتاور خمشی نهایی شناور در جدول (۴) جمع‌آوری گردیده است.

هیچ‌گونه خوردگی و ترکی در این شناور تا سن ۵ سالگی یافت نمی‌شود. بنابراین تا این سن، شیب نمودار افقی بوده و مقدار گشتاور خمشی نهایی نرمالایز شده برابر ۱ می‌باشد. به عبارتی دیگر، حضور خوردگی و ترک باهم، موجب کاهش شدیدتر ظرفیت سازه‌های شناور می‌شود.

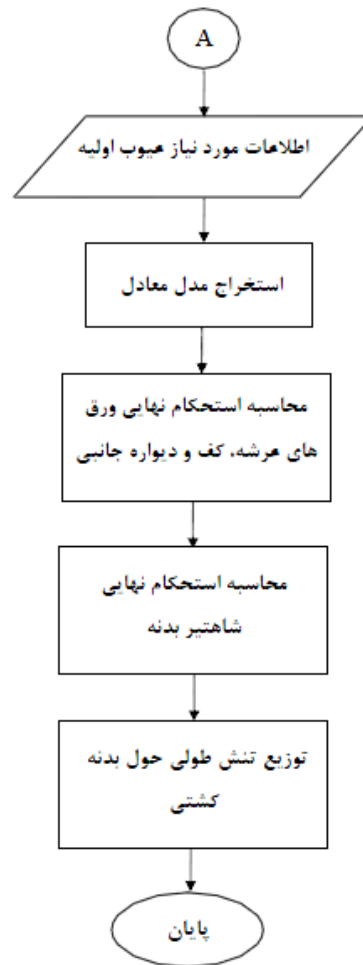


شکل (۳) فلوجارت برنامه تخمین استحکام نهایی کشتی‌های سالخورده (ادامه)



شکل (۴) پیشرفت عمق خوردگی نسبت به سن شناور فله‌بر

سعدالدین و همکاران بر روی مدل دارای خوردگی عمومی و پیک بر روی مدل ترک انتخاب شده‌اند.



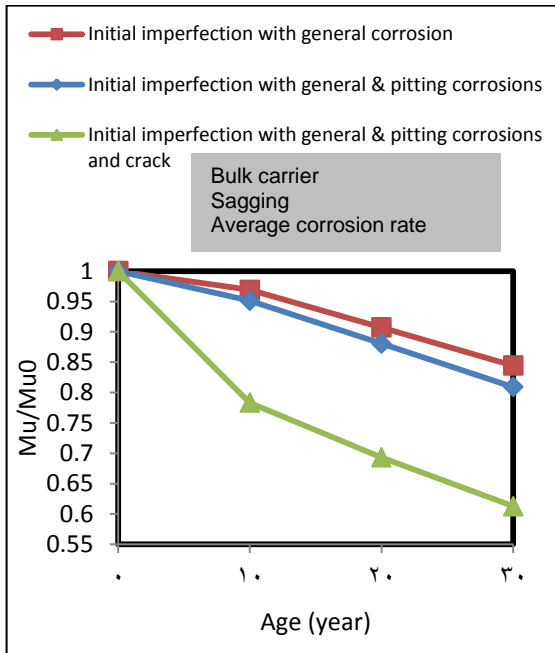
شکل (۲) فلوجارت برنامه تخمین استحکام نهایی کشتی‌های سالخورده

۳- نتایج، بحث و بررسی آنها

در این بخش به بررسی نتایج بدست آمده برای استحکام نهایی شناور فله‌بر مورد مطالعه و تاثیر هر کدام از عیوب بر روی ظرفیت سازه‌های آن پرداخته می‌شود.

همانطور که در بخش پیشین گفته شد، در شناورهای فله‌بر بیشترین عمق خوردگی عمومی در ورق کف داخلی قرار دارد. پس از آن نیز ورق‌های عرشه و کف بیرونی قرار دارند. شکل (۳) نیز این واقعیت را نمایش می‌دهد. این نمودار با نتایج بدست‌آمده از تحقیقات انجام شده توسط پیک و همکاران بر روی شناور فله‌بر کاملاً مطابقت دارد [۶].

تاثیر خوردگی حفره‌ای بر روی گشتاور خمشی نهایی نرمالایز شده در شکل (۴) مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل (۶) نمودار تغییرات گشتاور خمشی نرمالایز شده نسبت به سن شناور در حالت سگینگ

منابع

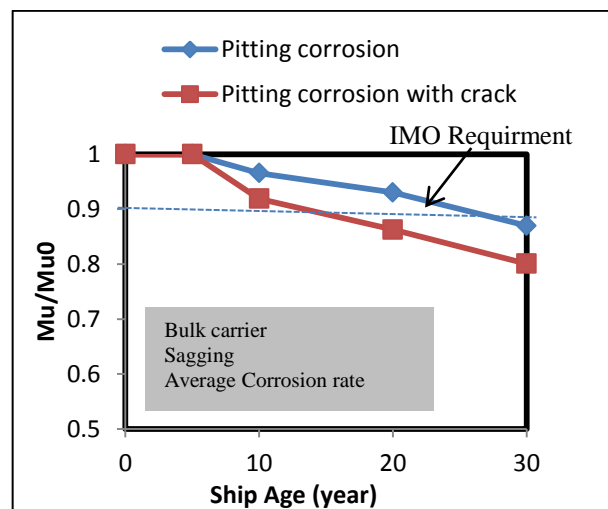
- [1] 17th International Ship and Offshore Structures Congress; Condition Assessment of Aged Ships and Offshore Structures; 2009.
- [2] 14th International Ship and Offshore Structures Congress; Ultimate Hull Girder Strength; 2000.
- [3] Nikolaidis, Efstratios; Engineering Design Reliability Applications for the Aerospace automotive and ship industries; 1st edition; crc press; 2007.
- [4] Ozguc O., Das K.; "the new simple design equations for the ultimate compressive strength of imperfect stiffened plates"; Ocean Engineering 34, 2007.
- [5] Paik, JK, Hughes O., "Advanced closed form ultimate strength formulation for ships" Journal of ship research, vol.45, june 2001.

در این نمودار الزام IMO در خصوص حداقل میزان گشتاور خمشی نهایی نرمالایز شده با خط چین نمایش داده شده است. این مقدار برابر ۰٫۹ می‌باشد [۳]. حضور همزمان کلیه عیوب مذکور نیز مورد بررسی قرار گرفته شده است. همانطور که در شکل (۵) قابل مشاهده می‌باشد، حالت خوردگی عمومی با عیوب اولیه کمترین شیب را دارد. درحالی که وجود ترک در سازه موجب کاهش بسیار شدید گشتاور خمشی نهایی نرمالایز شده می‌گردد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تاثیر عیوب مختلف همچون تغییر شکل اولیه، تنش باقی‌مانده، خوردگی عمومی، خوردگی حفره‌ای و ترک بر روی استحکام نهایی شناور فله‌بر مورد بررسی قرار گرفت.

در کشتی‌های فله‌بر خوردگی عمومی در کف داخلی بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. بنابراین گشتاور خمشی نهایی شناور در حالت هاگینگ به نسبت حالت سگینگ افت چشم‌گیری دارد. این بدان علت است که کف شناور در حالت هاگینگ تحت فشار قرار می‌گیرد و کاهش ضخامت اجزای پایین‌تر از تار خنثی موجب کاهش شدیدتر گشتاور نهایی خمشی در حالت هاگینگ می‌گردد. حضور ترک در اجزای سازه‌ای ورقه‌ای شناور موجب می‌شود تا گشتاور خمشی نهایی با شدت قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به سایر حالت‌ها کاهش یابد.



شکل (۵) نمودار تغییرات گشتاور خمشی نرمالایز شده نسبت به سن شناور در حالت سگینگ