

## بررسی نحوه سبک سازی سازه سوپرستراکچر شناور لندینگ کرافت

مسلم زبردست<sup>۱</sup>، عبدالحسین محمد رحیمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی مهندسی کشتی سازی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار mosb.zebardast@gmail.com  
<sup>۲</sup>عضو هیئت علمی گروه مهندسی کشتی سازی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار rahimi@cmu.ac.ir

### چکیده

عامل موثر و قابل توجه در هر شناور که بر پارامترهای سازه کشتی تاثیرگذار است، وزن سازه می باشد. با کاهش وزن شناور می توان، پارامترهای شناور را تغییر داده و به میزان مطلوب هر پارامتر دست یافت، همچنین کارایی و ظرفیت حمل و نقل شناور افزایش یافته که در نهایت صرفه اقتصادی را به همراه دارد.

در این تحقیق، استحکام سازه سوپرستراکچر و سبک سازی<sup>۱</sup> آن، مورد تحلیل و بررسی قرار می گیرد. و هدف از انجام این تحقیق دستیابی به روش مناسبی می باشد، که بتوان در ساخت شناور دارای سازه سبک با حفظ استحکام به کاربرد.

این تحقیق بر اساس نقشه اجرا شده یک شناور لندینگ کرافت ۲۰۰۰ تنی انجام شده است. سازه تحت نیروهای استاتیکی حاصل از وزن روسازه قرار داده شده، و تحلیل های انجام شده به روش المان محدود بر روی دو نمونه ورق تقویت شده و ورق کنگره دار<sup>۲</sup> توسط نرم افزار انسیس<sup>۳</sup> ۱۱ صورت گرفته است.

نتایجی که از این تحقیق بدست آمده، میزان وزن سازه ساخته شده با ورق کنگره دار، ۴/۶ درصد کمتر از وزن سازه ساخته شده با ورق تقویت شده می باشد، و استحکام تحمل تنش آن به میزان ۳/۲۸ درصد بیشتر می باشد. که موجب برتری سازه ساخته شده با ورق کنگره دار نسبت به سازه ساخته شده با ورق تقویت شده می باشد.

**کلمات کلیدی:** سوپرستراکچر، سبک سازی، ورق تقویت شده، ورق کنگره دار، انسیس ۱۱

### مقدمه

عامل موثر و قابل توجه در هر شناور که بر پارامترهای سازه کشتی تاثیرگذار است، وزن سازه می باشد. با کاهش وزن شناور می توان پارامترهای شناور را تغییر داده و به میزان مطلوب هر پارامتر دست یافت، همچنین کارایی و ظرفیت حمل و نقل شناور افزایش یافته که در نهایت صرفه اقتصادی را به همراه دارد.

قسمت مهم و موثر روسازه کشتی سوپرستراکچر می باشد، و با کاهش وزن سازه سوپرستراکچر می توان وزن شناور را به میزان درصد قابل توجهی کاهش داد.

در این تحقیق، استحکام سازه سوپرستراکچر و سبک سازی<sup>۱</sup> آن، مورد تحلیل و بررسی قرار می گیرد. استحکام سازه سوپرستراکچر که جزئی از سازه کلی کشتی می باشد، همانند پایداری کشتی مستقیماً در ایمنی کشتی موثر می باشد، چرا که یک گسیختگی در سازه می تواند ضررهای جانی و مالی فراوانی را به همراه داشته باشد، به همین دلیل در این تحقیق سبک سازی بر اساس اصول اساسی در مورد سازه کشتی در قالب موضوعاتی نظیر مقاوت مصالح، مکانیک مهندسی و مهندسی سازه و فراهم نمودن استحکام لازم در برابر نیروهای وارده بر سازه مطرح می گردد.

هدف از انجام این تحقیق دستیابی به روش مناسبی می باشد، که بتوان در ساخت شناور دارای سازه سبک با حفظ استحکام به کار برد. شناورهای موجود دارای وزن بالایی بوده و هزینه بالایی جهت ساخت و نیز کارایی آنها، صرف می شود. لذا با اجرای این تحقیق، با بررسی سبک سازی در سازه شناور می توان به شناوری، مطلوب از لحاظ عملکرد، کارایی و صرف هزینه اقتصادی دست یافت.

این تحقیق بر اساس قوانین و استانداردهای موسسات رده بندی و همکاری شرکت هایی که در این زمینه فعالیت نموده اند بر اساس نقشه اجرا شده یک کشتی لندینگ کرافت ۲۰۰۰ تنی انجام شده است. در این تحقیق سازه تحت نیروهای استاتیکی حاصل از وزن روسازه قرار گرفته و همچنین جهت مدل نمودن سازه از ورق های فولادی، بدون در نظر گرفتن مارجین استفاده شده، و تحلیل های انجام شده به روش المان محدود توسط نرم افزار انسیس ۱۱ صورت گرفته است.

<sup>1</sup> - lightning

<sup>2</sup> -corrugate

<sup>3</sup> -ANSYS

## تحلیل المان محدود

یکی از روشهای بررسی رفتار خطی و غیر خطی مواد تحت تاثیر نیروی وارد بر آن روش المان محدود می باشد، در این تحقیق بر اساس شرایط تعیین شده در موسسات رده بندی از روش تحلیل خطی استفاده شده است.

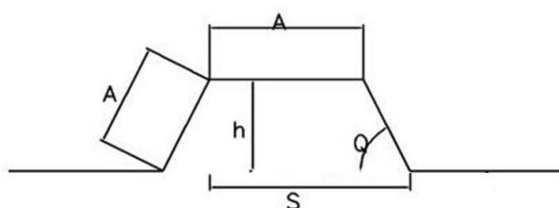
جهت مدل سازی ورق تقویت شده، از المان ۴ گره ای Shell181 در نرم افزار انسیس ۱۱ که شرایط ۶ درجه آزادی را برای هر ند فراهم می نماید، و جهت تحلیل صفحات نازک و مواد الاستیک مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده شده است. قابلیت این نرم افزار در مدل سازی و تحلیل الاستیک، الاستو پلاستیک ورق های تقویت شده فولادی و آلومینیومی در تحقیق های گذشته بخوبی نشان داده شده است. [4]

## خواص مواد مورد استفاده

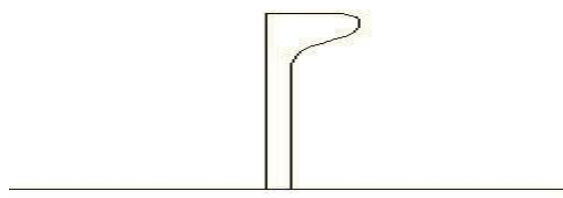
در این قسمت به دلیل استفاده یک نوع فولاد برای ورق تقویت شده، و ورق کنگره دار خواص هر دو مورد با هم مشابه و یکسان می باشد. مدول الاستیسیته  $E = 206 \text{ GPa}$  ( و ضریب پواسون  $\nu = 0.3$  ) می باشد.

## هندسه مدل

به دلیل استفاده از دو نوع ورق و مقایسه آنها با یکدیگر دو نمونه مدل مورد تحلیل قرار گرفته است. نمونه اول یک ورق تقویت شده، با تقویت کننده های  $hp^2$  می باشد (شکل ۱) و در جدول (۱) مشخصات هندسی ورق تقویت شده آمده است، و نمونه دوم ورق کنگره دار می باشد (شکل ۲) که این نوع مدل از مقایسه میان ۵ نوع ورق کنگره دار انتخاب شده است. جدول (۲) مشخصات هندسی، جدول (۳) مقایسه وزنی و نمودار (۱) مقایسه تنش وارد بر ورق کنگره دار انتخاب شده را نشان می دهد.



شکل ۲: هندسه ورق کنگره دار



شکل ۱: هندسه ورق تقویت شده توسط تقویت کننده hp

جدول ۱: مشخصات هندسی ورق تقویت شده

تقویت کننده از نوع hp	ورق از جنس فولاد نرم با مدول الاستیسیته $E=206 \text{ GPa}$	
2 m	2 m	طول
100 mm	2.4 m	عرض
8 mm	8 m	ضخامت
$7850 \text{ kg/m}^3$	$7850 \text{ kg/m}^3$	چگالی

جدول ۲: مشخصات هندسی ورق کنگره دار

	Q	S	A	h
1	30°	100 <sub>mm</sub>	53.58 <sub>mm</sub>	26.79 <sub>mm</sub>
2	45°	100 <sub>mm</sub>	58.57 <sub>mm</sub>	41.41 <sub>mm</sub>
3	60°	100 <sub>mm</sub>	66.65 <sub>mm</sub>	57.72 <sub>mm</sub>
4	65°	100 <sub>mm</sub>	70.29 <sub>mm</sub>	63.7 <sub>mm</sub>
5	75°	100 <sub>mm</sub>	79.44 <sub>mm</sub>	76.73 <sub>mm</sub>

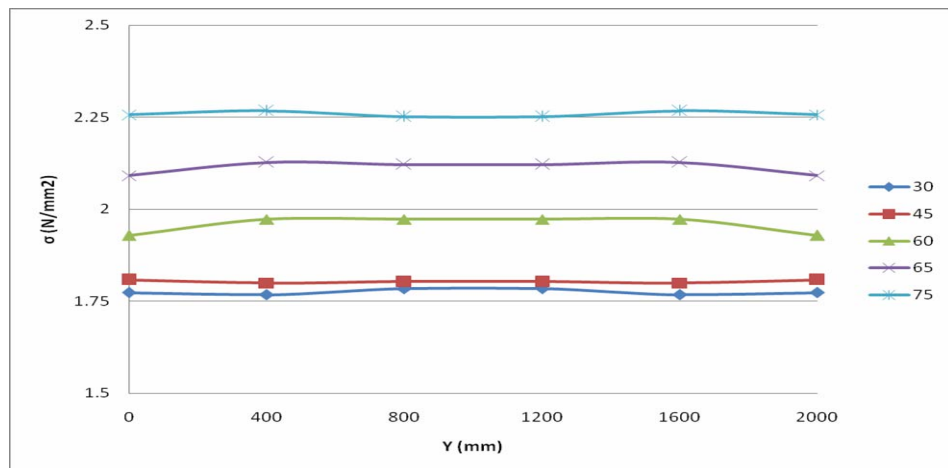
جدول ۳: مقایسه وزنی میان ۵ نمونه ورق کنگره دار، ورق در زاویه ۳۰ درجه کمترین وزن را دارد، طول ارائه شده در این جدول برای هر نمونه معادل ۲ متر طول ورق تقویت شده می باشد.

Q	L (m)	H (m)	T (m)	Volume (m)	$\rho$ (kg/m)	g (N/kg)	Weight (N)
---	-------	-------	-------	------------	---------------	----------	------------

<sup>1</sup> -nod

<sup>2</sup> - Holland profile

1	30	2.067708	2.4	0.008	0.0397	7856	9.806	3058.327
2	45	2.166667	2.4	0.008	0.0416	7856	9.806	3204.695
3	60	2.332813	2.4	0.008	0.04479	7856	9.806	3450.44
4	65	2.40625	2.4	0.008	0.0462	7856	9.806	3559.06
5	75	2.5875	2.4	0.008	0.04968	7856	9.806	3827.145

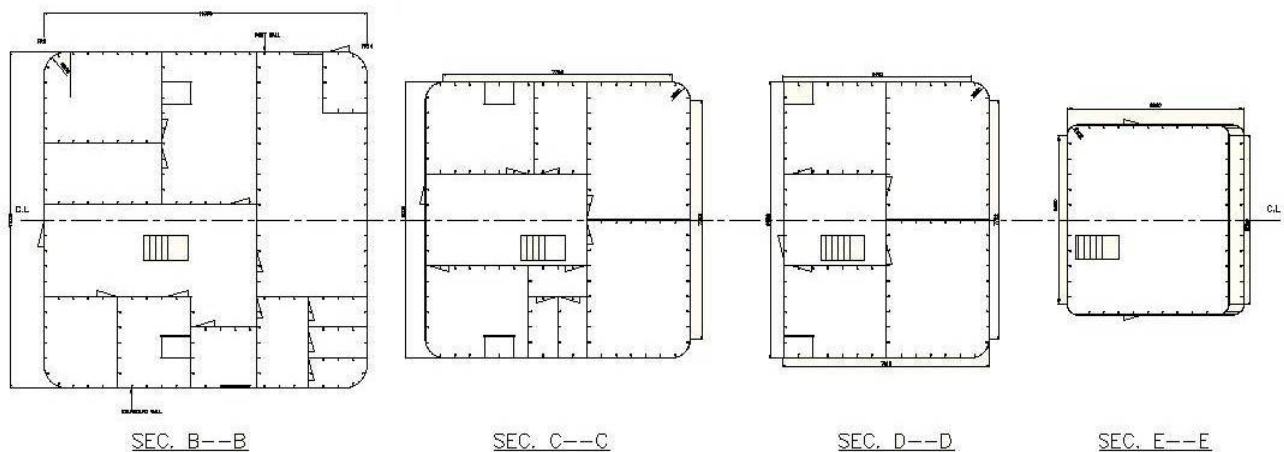


نمودار ۱: میزان تحمل تنش ورق کنگره‌دار در زوایای مختلف، در ۳۰ درجه کمترین تنش را متحمل می‌شود. میزان تنش وارده بر هر ند که با مختصات نشان داده شده است، بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع می‌باشد.

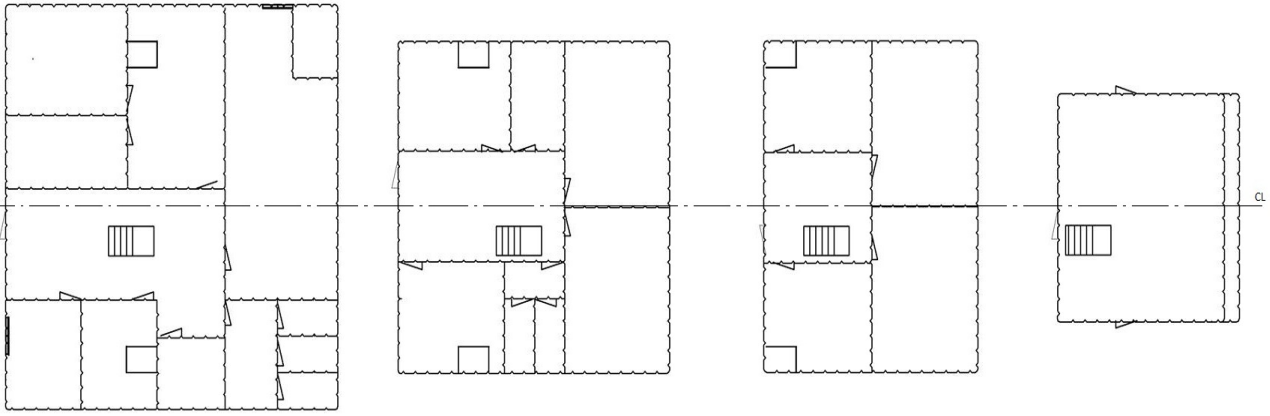
بر اساس جدول (۳) و نمودار (۱) ورق کنگره‌دار با زاویه ۳۰ درجه، جهت مقایسه انتخاب شده، و مورد بررسی قرار گرفته است.

### محاسبات وزنی مدل

محاسبه وزن یک سازه فولادی بر اساس نقشه سازه، میزان حجم سازه، محاسبه شده و سپس در چگالی فولاد ضرب شده و وزن کل سازه حاصل شده است. همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است، تعداد المان‌ها و وزن مربوط به هر المان، مشخص شده و در نهایت وزن نهایی سازه با توجه به جدول (۴) مشخص شده است.



الف- سازه ساخته شده با ورق تقویت شده



ب- سازه ساخته شده با ورق کنگره‌دار

شکل ۳: نقشه طبقات مختلف شناور لندینگ کرافت ۲۰۰۰ تنی، تعداد المان‌های بکار رفته مشخص شده است.

جدول ۴: وزن نهایی سازه سوپر استراکچر ساخته شده با ورق تقویت شده بر حسب تن

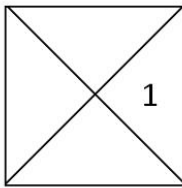
وزن نهایی سوپر استراکچر	15٪ مجموع وزن سازه و جوش (وزن تجهیزات)	وزن جوش	وزن سازه
73.059	9.529434	0.416886	63.11268

جدول ۵: وزن نهایی سازه سوپر استراکچر ساخته شده با ورق کنگره‌دار بر حسب تن

وزن نهایی سوپر استراکچر	15٪ مجموع وزن سازه و جوش (وزن تجهیزات)	وزن جوش	وزن سازه
69.69886	9.52943	0.232415	60.16943

### توزیع وزن بر سازه سوپر استراکچر

نیروی حاصل از وزن بر پایه دیواره های طبقه اول، محل اتصال سوپر استراکچر به بدنه، که بیشترین محل تاثیر پذیر نیرو می باشد وارد می شود. در این قسمت نحوه توزیع وزن بر روی قسمتی از دیواره جلویی طبقه اول توسط روابط ارائه شده تشریح می شود.



بر اساس محاسبات انجام شده وزن سه طبقه بالایی، در سازه تقویت شده برابر با ۴۷۲۷۳۳ نیوتن می باشد.

- نیروی حاصل از وزن سه طبقه
- مساحت سطح طبقه دوم که در شکل (۳) نشان داده شده است.
- فشار وارد بر سطح طبقه دوم
- فشار وارد بر مثلث حاصل از اقطار
- نیروی وارد بر ( $l$ ) طول دیواره جلویی
- نیروی متمرکز وارد بر دیواره مدل شده
- ( $l_m$ ) طول قسمتی از دیواره جلویی که معادل طول مدل می باشد.)
- $$f = 472733 \quad N$$
- $$As = 70.42566 \quad m^2$$
- $$\frac{f}{As} = \frac{472733}{70.42566} = 6712.51 \quad \frac{N}{m^2} \quad (1)$$
- $$\frac{f}{As} \div 4 = 1678.13 \quad \frac{N}{m^2} \quad (2)$$
- $$\left(\frac{f}{As} \div 4\right) \times l = 1678.13 \times 8.392 = 14082.84 \quad \frac{N}{m} \quad (3)$$
- $$\left(\left(\frac{f}{As} \div 4\right) \times l\right) \times l_m = 1678.13 \times 8.392 \times 2 = 28165.69 \quad N \quad (4)$$

## شبکه بندی مدل

در نرم افزار المان محدود هدف از ساختن یک مدل تحلیل آن می باشد، که اساس حل، روش تقسیم مدل به المانهای کوچک می باشد. پس از ساخته شدن مدل، مدل به تعدادی گره و المان تقسیم می شود. اندازه المان که به شکل چهارضلعی می باشد، ۲۰ میلیمتر انتخاب شده است.

## شرایط مرزی و بارگذاری

بارهای استاتیکی حاصل از وزن به صورت محوری در راستای صفحه به دیواره وارد می شود. در تحلیل الاستیک، فشار استاتیکی بصورت ثابت در راستای صفحه بر دیواره وارد می شود.

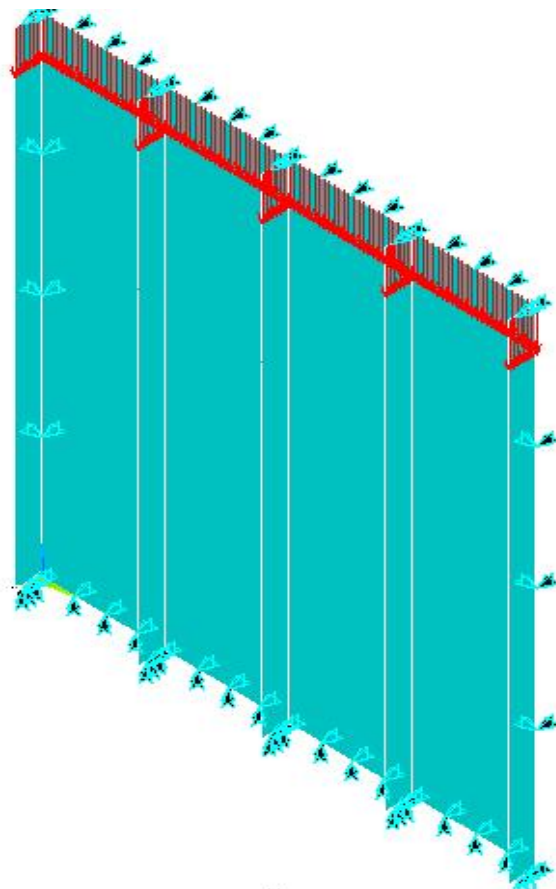
دیواره های سوپراستراکچر در شناورهای مختلف در واقع بر روی عرشه قرار گرفته اند، در تحلیل حاضر ورق عرشه مدلسازی نشده است، بلکه اثر این ورق ها در محل تکیه گاه ورق بصورت تکیه گاه ساده مدلسازی شده است، و لبه هایی دیگر ورق نیز به صورت تکیه گاه ساده می باشد، لبه های اطراف ورق به امتداد دیواره جلویی متصل می باشد و لبه بالایی ورق به سقف متصل شده است. شرایط مرزی اعمال شده در پایین ورق، در ۳ جهت X و Y و Z میزان درجات آزادی آن صفر می باشد، همچنین در لبه های اطراف ورق در ۲ جهت X و Y میزان درجات آزادی، صفر شده و لبه بالایی ورق فقط در جهت X میزان درجه آزادی، صفر شده است. این شرایط در شکل (۴) نشان داده شده است.

بارگذاری همانطور که در بالا اشاره گردید به صورت محوری در راستای صفحه می باشد، این بارگذاری به شکل نیرو وارد بر ند می باشد، بدین شکل می باشد که نیروی متمرکز محاسبه شده در رابطه ۴ بر تعداد ندهای بالایی ورق تقسیم شده، و نیروی وارد بر هر ند بدست می آید.

$$\frac{F_m}{n} = \frac{28165.69}{131} = 215 \quad N \quad (5)$$

$F_m$  = نیروی متمرکز وارد بر ورق

$n$  = تعداد ندهای بالایی ورق



شکل ۴: شرایط مرزی و بارگذاری اعمال شده بر ورق تقویت شده

با توجه به رابطه (۵) نیروی وارده بر هر ند برابر با ۲۱۵ نیوتن می‌باشد. برای مدل کنگره‌دار نیز شرایط مرزی و بارگذاری نیز به همین صورت می‌باشد، و نیروی وارد بر هر ند ۲۶۱ نیوتن که بر ۱۰۷ ند وارد می‌شود، می‌باشد. به دلیل ثابت بودن نیروی وارد بر تمامی ندها، هر کدام از ندهای بالایی نسبت به ند مجاور خود گشتاوری ایجاد نموده و در نتیجه کمناش موضعی در محدوده الاستیک رخ نخواهد داد، بدین صورت بارگذاری و نتایج حاصله تحلیل صورت گرفته بر اساس واقعیت شکل می‌گیرد.

### نتایج تحلیل مدل به صورت المان محدود

به علت رخ دادن کمناش الاستیک در قسمت‌های میانی ورق و تاثیرات ندها بر یکدیگر و حاصل نشدن نتایج صحیح، مقطع مورد نظر تحلیل در قسمت لبه پایینی ورق انتخاب شده، به دلیل اینکه ندهای پایینی ورق با توجه به شرایط مرزی اعمال شده دچار کمناش نشده و نتایج صحیح حاصل می‌شود. میزان تنش به صورت تنش میانگین در چندین ند انتخاب شده در پایین ورق مشخص شده است. ندهای انتخاب شده و میزان تنش وارده بر آنها در جدول (۶) مشخص شده است.

جدول ۶: نتایج تحلیل المان محدود، تنشهای وارد بر دو مدل

	مختصات در راستای محور $y$ (mm)	$\sigma_z$ (N/mm <sup>2</sup> )
1max	0	-1.3272
1min	0	-1.3219
2min	400	-1.3017
2max	400	-1.34
3max	800	-1.3508
3min	800	-1.3144
4min	1200	-1.3144
4max	1200	-1.3508
5max	1600	-1.34
5min	1600	-1.3017
6min	2000	-1.3219
6max	2000	-1.3272
average		-1.326

	مختصات در راستای محور $y$ (mm)	$\sigma_z$ (N/mm <sup>2</sup> )
1max	0	-1.3885
1min	0	-1.3829
2min	400	-1.3617
2max	400	-1.4018
3max	800	-1.4131
3min	800	-1.3751
4min	1200	-1.3751
4max	1200	-1.4131
5max	1600	-1.4018
5min	1600	-1.3617
6min	2000	-1.3829
6max	2000	-1.3885
average		-1.38718

	مختصات در راستای محور $y$ (mm)	$\sigma_z$ (N/mm <sup>2</sup> )
1max	0	-1.3181
1min	0	-1.2817
2min	400	-1.409
2max	400	-1.4069
3max	800	-1.412
3min	800	-1.4099
4min	1200	-1.4095
4max	1200	-1.41
5max	1600	-1.3181
5min	1600	-1.2817
6min	2000	-1.398
6max	2000	-1.3981
average		-1.37108

ج- ورق کنگره‌دار، بارگذاری شده تحت وزن خود

ب- ورق کنگره‌دار، بارگذاری شده تحت وزن ورق تقویت شده

الف- ورق تقویت شده، بارگذاری شده تحت وزن خود

### مقایسه و نتیجه‌گیری

#### مقایسه وزن

بر اساس جدول (۴) وزن سازه ساخته شده با ورق تقویت شده برابر با ۷۳/۰۵۹ تن می‌باشد، و با توجه به جدول (۵) وزن سازه ساخته شده با ورق کنگره‌دار برابر با ۶۹/۶۹۸۸۶ تن می‌باشد.

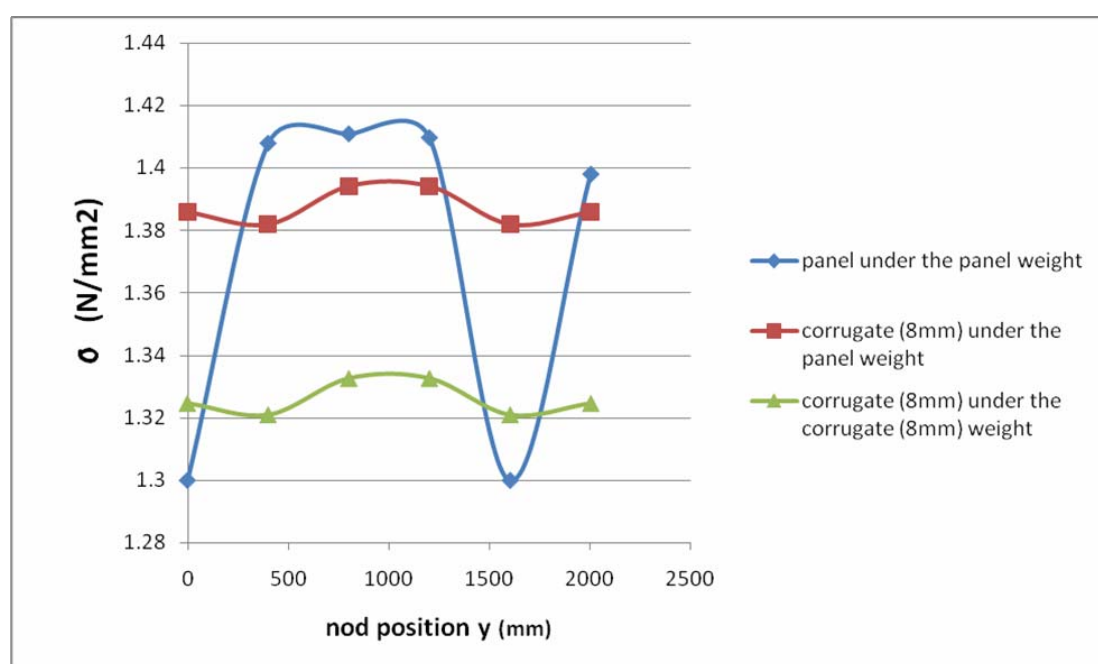
محاسبات وزنی ارائه شده در بالا بیانگر این می‌باشد که سازه ساخته شده با ورق کنگره‌دار سبک‌تر از سازه ساخته شده با ورق تقویت شده می‌باشد. میزان کاهش وزن سازه به مقدار ۳/۶۰۱۴۳ تن، برابر با ۴/۶ درصد از وزن سازه تقویت شده می‌باشد. این میزان کاهش وزن، قابل توجه بوده و موجب صرفه جویی و همچنین کاهش هزینه ساخت شده، و صرفه اقتصادی را به همراه دارد.

## مقایسه استحکام تنشی

هدف از انجام این تحقیق بدست آوردن سازه سبک با حفظ استحکام می‌باشد. در این قسمت بر اساس نتایج حاصل از تحلیل‌های صورت گرفته در نرم افزار انسیس ۱۱ استحکام دو نوع سازه مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

با توجه به جداول (۶-الف) و (۶-ب) مشاهده می‌گردد که میانگین تنش وارده بر هر دو سازه، ورق تقویت شده و ورق کنگره‌دار، تقریباً دارای استحکامی یکسان می‌باشند، و می‌توان از ورق کنگره‌دار به جای ورق تقویت شده استفاده نمود.

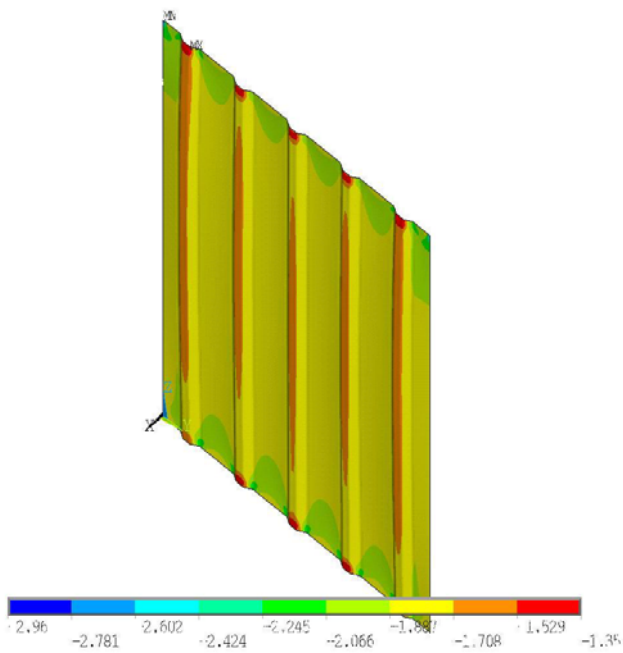
این نتایج حاصل شده بر این اساس می‌باشد که هر دو نوع ورق تحت یک بارگذاری مشخص حاصل از وزن سازه تقویت شده قرار گرفته‌اند، اما در واقع سازه ساخته شده با ورق کنگره‌دار تحت بارگذاری حاصل از نیروی وزن خود و تجهیزات مورد کاربرد قرار دارد، و با توجه به محاسبات وزنی صورت گرفته مشاهده می‌شود که سازه ساخته شده با ورق کنگره‌دار دارای وزن سبک‌تری نسبت به سازه ورق تقویت شده می‌باشد، و در نتیجه سازه تحت نیروی کمتری قرار می‌گیرد. نتایج تحلیل سازه ورق کنگره‌دار تحت بارگذاری حاصله از وزن خود سازه بر اساس جدول (۶-ج) می‌باشد. با توجه به جدول (۶-ج) مشاهده می‌شود که میانگین تنش وارده بر سازه کنگره‌دار تحت بارگذاری حاصل از وزن خود سازه کمتر از تنش‌های وارد بر سازه تقویت شده می‌باشد. نتایج حاصل از دو نوع بارگذاری بر سازه کنگره‌دار و مقایسه آن با سازه تقویت شده در نمودار (۲) نشان داده شده است.



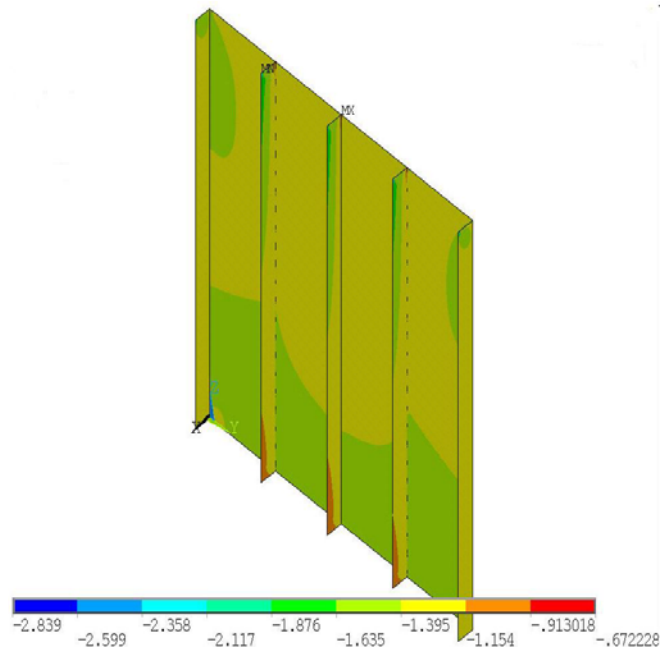
نمودار ۲: نتایج تنش وارد بر سازه کنگره‌دار تحت دو نوع بارگذاری و سازه تقویت شده تحت بارگذاری وزن خود.

نمودار (۲) نتایج تنشی وارده بر دو نوع سازه را نشان می‌دهد، ورق تقویت شده تحت بارگذاری حاصل از وزن خود دارای میانگین تنش، برابر با  $1/37108 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  بوده، و دارای توزیع غیر یکنواختی بر روی مقطع سازه می‌باشد، ورق کنگره‌دار تحت بارگذاری حاصل از وزن ورق تقویت شده دارای میانگین تنش، برابر با  $1/38718 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  بوده، و میانگین تنش حاصل از بارگذاری سازه کنگره‌دار تحت وزن خود، برابر با  $1/326 \text{ (N/mm}^2\text{)}$  می‌باشد، منحنی ترسیم شده در نمودار برای سازه کنگره‌دار توزیع یکنواخت تنش را بر روی مقطع سازه مشخص می‌نماید. در شکل (۵) توزیع تنش بر روی دو سازه نشان داده شده است.

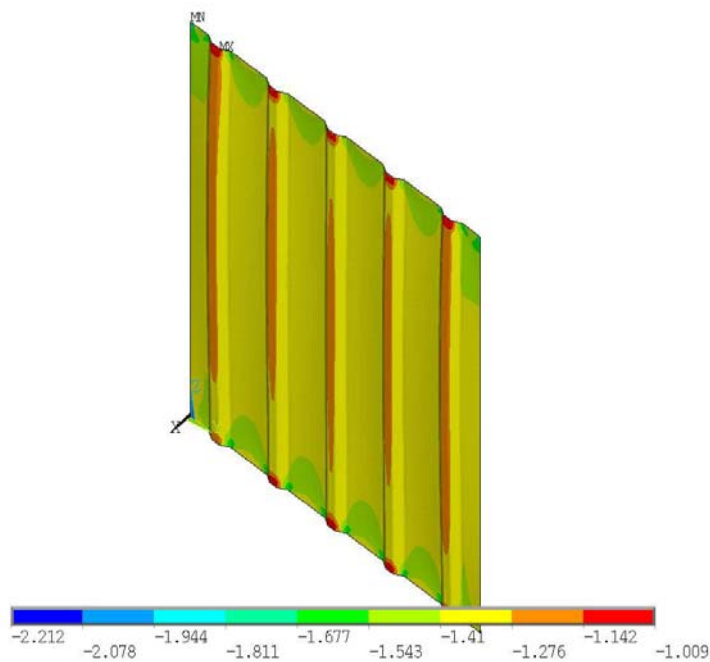
بر اساس نتایج حاصله می‌توان مشخص نمود که ورق کنگره‌دار دارای استحکام لازم بوده و می‌توان آن را جایگزین ورق تقویت شده نمود.



ب- توزیع تنش در ورق کنگره‌دار تحت بارگذاری وزن ورق تقویت شده



الف- توزیع تنش در ورق تقویت شده



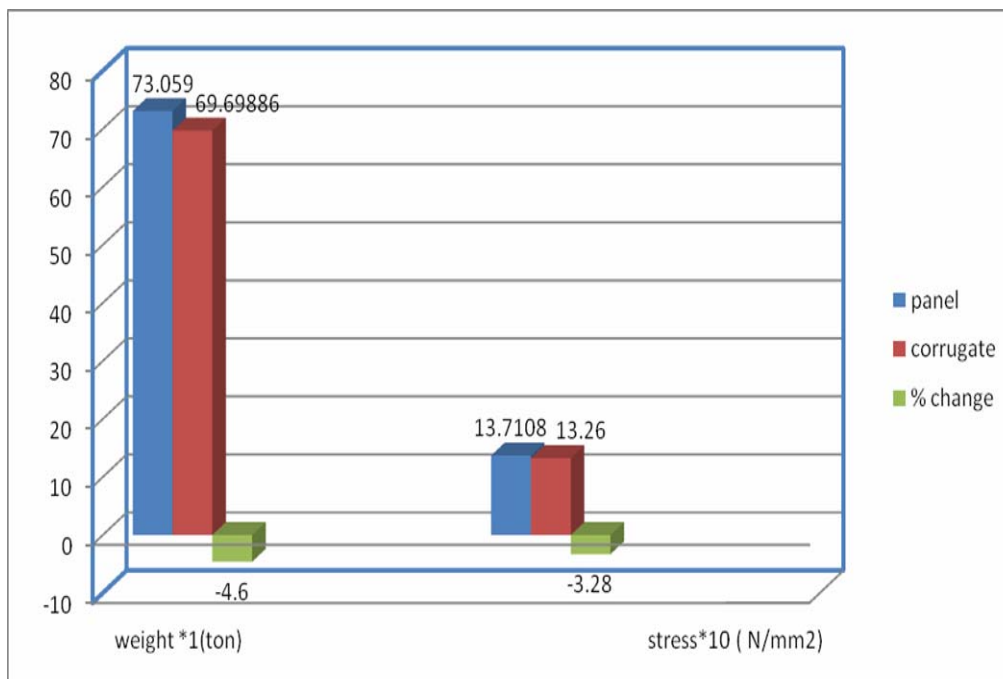
ج- توزیع تنش در ورق کنگره‌دار تحت بارگذاری وزن خود ورق کنگره‌دار

شکل ۵: نتایج تحلیل المان محدود، به صورت کانتور رنگ بر روی دو مدل

### نتیجه‌گیری

محاسبات صورت گرفته در بخش‌های قبل و نتایج حاصل شده از این محاسبات در نمودار (۳)، نشان دهنده برتری سازه ساخته شده با ورق کنگره‌دار نسبت به سازه ساخته شده با ورق تقویت شده می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که علاوه بر کاهش وزن سازه، سازه‌ای مستحکم‌تر حاصل شده و موجب افزایش کارایی شناور شده است، همچنین با توجه به نتایج حاصل شده مشاهده می‌شود که از لحاظ اقتصادی نیز سازه حاصل شده دارای شرایط مطلوب‌تر نسبت به سازه اولیه می‌باشد.





نمودار ۳: پارامترهای مورد مقایسه دو سازه به صورت درصد کاهش یافته در هر پارامتر مورد مقایسه قرار گرفته است.

## منابع

- ۱- جمشیدی، نیما، ۱۳۸۶، آموزش طراحی اجزا و مقاومت مصالح به کمک نرم افزار انسیس، جلد اول، چاپ اول، تهران: آفرنگ
- ۲- شناپدر، مارتا، ۱۳۸۴، جداول اشتال، ترجمه علی کلسورت پهلویانی، نوبت سوم، نشر اصلح
- ۳- خدمتی، محمد رضا، ۱۳۸۴، تاثیر جوشکاری بر روی استحکام نهایی ورقهای تقویت شده آلومینیومی تحت فشار درون صفحه‌ای تک محوری، هفتمین همایش صنایع دریایی، انجمن مهندسی دریایی ایران
- ۴- زارعی، محمد رضا، ۱۳۸۸، تحلیل استحکام نهایی ورقهای تقویت شده فولادی با تقویت کننده دندانه دار ال شکل، یازدهمین همایش صنایع دریایی، انجمن مهندسی دریایی ایران
- ۵- زاروکیان، آروین، ۱۳۸۶، مروری بر یافته‌های اخیر پیرامون استحکام نهایی ورقها و ورقهای تقویت شده، نهمین همایش صنایع دریایی، انجمن مهندسی دریایی ایران
- 6- Okomoto, yasuhisa, 2008, design of ship hull structures. A practical guide for engineers , japan, Tokyo: kinki university
- 7- B.V- Bureau Veritas, 2004, Rule for the classification of steel ship's, france: paris
- 8- L.R, Lloyd's Register, 2000, Rule and Regulation's for the classification of ships, London
- 9- GL – Germanischer Lloyd's, 2004, welding term's and definition s ,German
- 10- A.C.Gilchrist, 1999, nonlinear finite Element modeling of corrugated Board, Auburn university
- 11- H.D.Ji, 2001, ultimate strength analysis of corrugated bulkheads considering influence of shear force and adjoining structures, Elsevier, Journal of constructional steel research