

## پودمان ۲

# اصول بررسی ساختمان کشتی



## واحد یادگیری ۲

### اصول بررسی ساختمان کشتی

#### آیا تاکنون پی برده‌اید

- چه نیروهای متفاوتی بر ساختمان کشتی در حال حرکت و بدون حرکت وارد می‌شود؟
- نیروهای وارد بر ساختمان کشتی چه تأثیری بر کشتی می‌گذارند؟
- چگونه اجزای داخلی کشتی را تقویت می‌کنند؟
- اجزای ساختمان کشتی چگونه کنار هم قرار می‌گیرند؟
- آدرس‌دهی در کشتی چگونه انجام می‌گیرد؟

#### استاندارد عملکرد

در این پودمان هنرجویان با نیروهای وارد بر ساختمان کشتی آشنا می‌شوند و به تأثیر آنها بر بدنه و ساختمان کشتی پی می‌برند؛ سپس با مقاطع فلزی پرکاربرد در ساخت کشتی، انواع اتصالات و اجزای داخلی ساختمان کشتی آشنا شده و کاربرد و محل قرارگیری هر جزء ساختمان کشتی را بررسی می‌نمایند و تأثیر آنها بر استحکام ساختمان کشتی را فرا می‌گیرند. همچنین با سازه سینه و پاشنه کشتی، کف دو جداره، بالچه تعادل و انواع شاه‌تیر اصلی آشنا شده و کاربرد و تأثیر هریک را بر تعادل و استحکام سازه کشتی بررسی می‌کنند.

## نیروهای وارد بر ساختمان کشتی

اگر کشتی در حال حرکت باشد تحت تأثیر نیروهای مختلفی قرار می‌گیرد، این نیروها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود:

جدول ۱- نیروهای وارد بر کشتی		
انواع نیروها	اصطلاح فارسی	اصطلاح انگلیسی
نیروهای ساختمانی	تحدّب و تقعر	Hogging and sagging
	فشار ناشی از پیچش عرضی	Racking
	فشار آب بر بدنه کشتی	Effect of water pressure
نیروهای موضعی	تپش سینه	Panting
	ضربه سینه	pounding
	بارهای محلی	Local weight
	فشار ناشی از حوضچه خشک	Drydocking
	فشار ناشی از لرزش	Vibration

البته باید توجه کرد که نیروها را می‌توان به دو دسته دیگر نیز تقسیم‌بندی نمود:

– **نیروهای پایا (استاتیکی):** نیروهایی که تابع زمان نبوده و به سازه کشتی وارد می‌شوند. نیروهایی مانند وزن کشتی، نیروی شناوری و نیروی ناشی از حوضچه خشک.

– **نیروهای پویا (دینامیک):** نیروهایی که تابع زمان بوده و به سازه کشتی وارد می‌شود. نیروهایی از قبیل نیروی کوبش (Slamming)، تپش سینه (Panting) و نیروی حاصل از امواج و ضربات آب در مخازن (Sloshing) که در هنگام حرکت کشتی به آن وارد می‌شوند. در ادامه به توضیح این نیروها و فشارها می‌پردازیم.

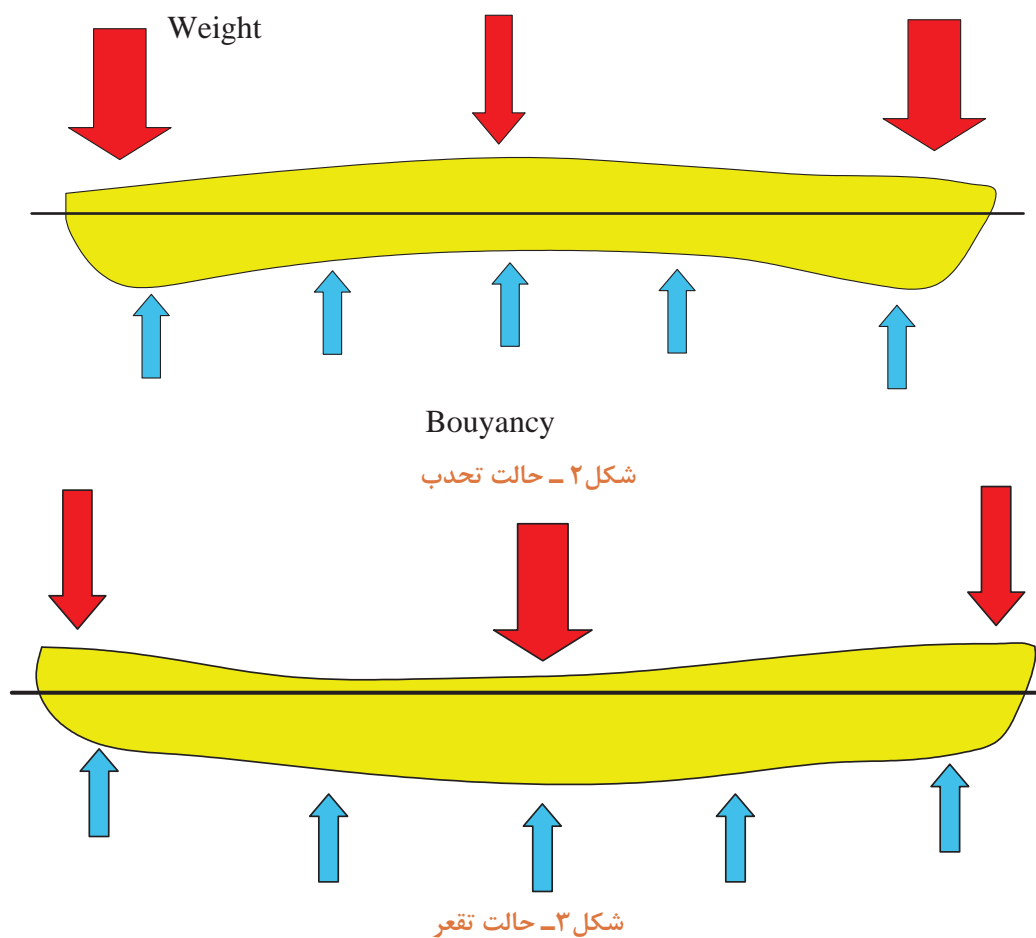
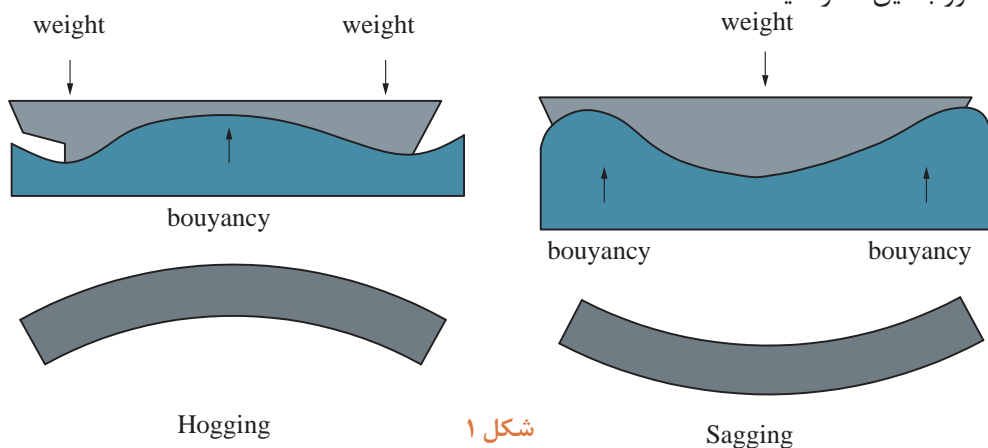
## تحدّب و تقعر (Hogging and sagging)

کشتی‌ها در هنگام دریانوردی به راحتی تحت تأثیر امواج قرار می‌گیرند. به بالاترین قسمت موج، قله موج و به پایین‌ترین قسمت آن، قعر موج می‌گویند. همچنین فاصله بین دو قله یا دو قعر متوالی موج را طول موج می‌نامند.

حالت تشکیل تحدّب (Hogging) زمانی به وجود می‌آید که میان کشتی روی فراز موجی به طول موجی برابر با طول کشتی قرار گرفته باشد. در این صورت فشار آب از میان کشتی به طرف بالا وارد شده و در نتیجه، وزن کشتی از سینه و پاشنه آن به طرف پایین وارد می‌شود (شکل ۱).

حالت تشکیل تقعر (Sagging) زمانی که سینه و پاشنه کشتی روی فراز موجی به طول موج برابر با طول

کشتی قرار گرفته، و وسط کشتی در فرود موج باشد، بوجود می‌آید. در این حالت فشار آب از سینه و پاشنه به طرف بالا و وزن کشتی از قسمت میان کشتی به طرف پایین وارد می‌آید (شکل ۱). باید توجه داشت حالت تحدب و تقعر در زمانی که توزیع بار بر روی کشتی نامناسب باشد هم به وجود می‌آیند (شکل ۲ و ۳). در نظر داشته باشید که تغییر شکل‌ها به صورت اغراق آمیز نشان داده شده است و تغییر فرم بدنه شناور به این اندازه نیست.





با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ درباره علت ایجاد شکست بدنه کشتی‌ها در کلاس بحث و گفتگو کنید.



شکل ۴



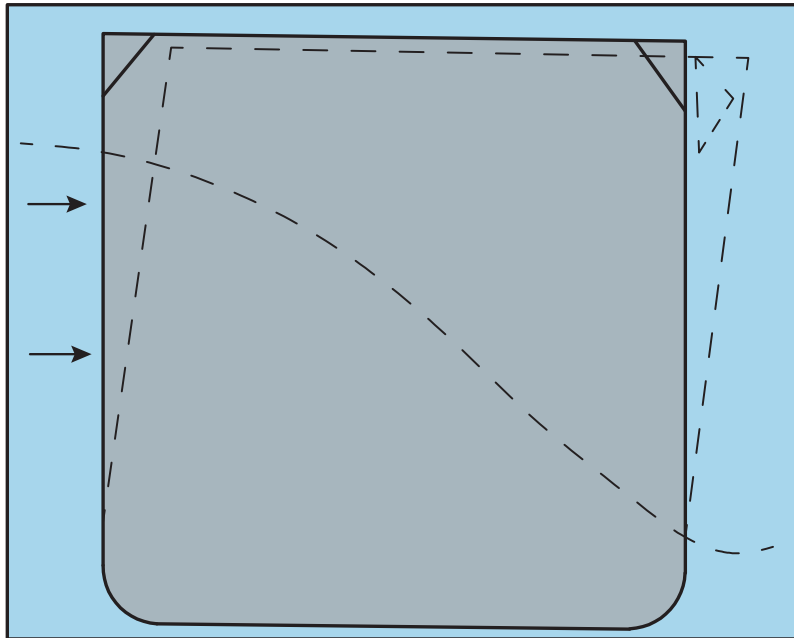
شکل ۵

تحدب و تقعر بر کشتی چه اثراتی می‌گذارد؟



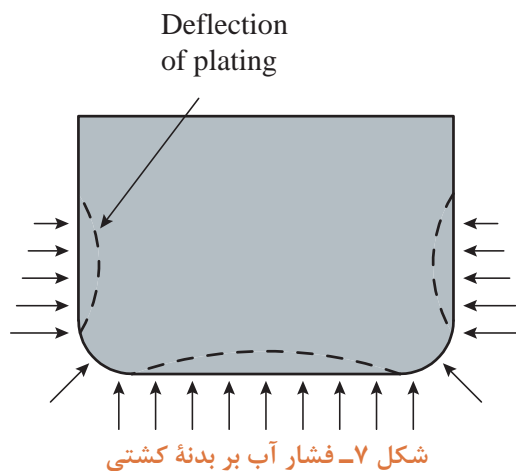
## فشار ناشی از پیچش عرضی (Racking)

وقتی کشتی در حال پیچش عرضی است فشارهایی به بدنه آن وارد می‌گردد که باعث کج شدن بدنه آن می‌شود. این حالت را Racking می‌گویند (شکل ۶). برای جلوگیری از این حالت می‌توان از تیغه‌های عرضی و نبشی‌های محکم در اطراف لبه‌های فوقانی و از فریم‌های خاصی در روی بدنه استفاده نمود تا بتواند در برابر این فشارها مقاومت نماید.



شکل ۶- Racking (کج شدن بدنه کشتی که با خط چین نمایش داده شده برای درک بهتر، اغراق آمیز رسم شده است).

## فشار آب بر بدنه کشتی (Effect of water pressure)



فشار آب از دو طرف و کف کشتی به بدنه آن وارد می‌شود که در صورت عدم استحکام لازم در ساختمان کشتی، باعث تورفتگی در بدنه آن می‌گردد. این فشار توسط دیواره‌ها، فریم‌ها و صفحات عرضی خنثی می‌گردد (شکل ۷).

### تپش سینه (Panting)

هنگام عبور کشتی از میان امواج بزرگ که قسمت اعظم سینه کشتی را در بر می گیرد، اختلاف فشاری که به علت برخورد سیال به سینه کشتی به وجود می آید باعث حرکت رو به داخل و خارج ورقه فلزی سینه می شود. این حالت را تپش سینه کشتی می گویند.

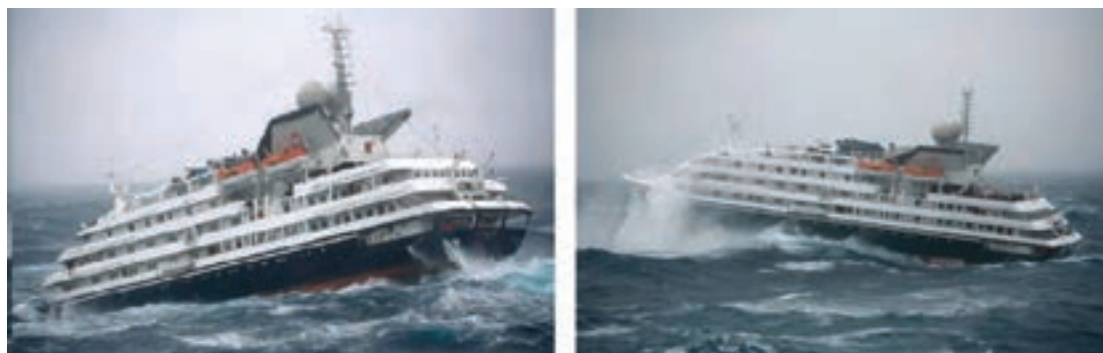
طرحی از چگونگی ایجاد تپش سینه رسم کنید و در کلاس ارائه نمایید.

فعالیت  
کارگاهی



### کوبش سینه (Slamming) و ضربه سینه (Pounding):

وقتی کشتی دارای نوسانات طولی (Pitching) است، اگر ارتفاع موج زیاد باشد در اثر حرکت ممکن است پاشنه کشتی، بیشتر در آب فرو رفته و سینه آن کاملاً از آب خارج شود، در نتیجه سینه آن به آب ضربه می زند که این حالت را کوبش سینه (Slamming) می گویند. تحلیل اثرات کوبش سینه در سازه کشتی را ضربه سینه (Pounding) می گویند. این مهم در فاصله طول کشتی از سینه مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل ۸- شناوری که حالت Slamming برای آن اتفاق افتاده

تأثیر موج بر ایجاد شش در جه آزادی کشتی چگونه است؟

تحقیق کنید



### فشار ناشی از حوضچه خشک (Drydocking)

گاهی اوقات به علل مختلف از جمله تعمیرات دوره ای، تعمیر خسارت های زیرآبی و خزه زدایی، لازم است کشتی به داخل حوضچه خشک برده شود. وقتی کشتی داخل حوضچه می شود آب زیر آن تخلیه شده و کشتی بر روی یک سری بلوک ها قرار داده می شود. در این هنگام کلیه وزن کشتی به بلوک های زیر آن منتقل می گردد. لذا سازه کف شناور باید استحکام کافی برای تحمل بارهای وارد شده از طرف بلوک ها را داشته باشد.





در کشتی‌های دو جداره برای جلوگیری از آسیب دیدن بدنه کشتی از فشار ناشی از فشار داک چه فکری شده است؟



شکل ۹- تصویر شناور بر روی بلوک‌های چوبی در داخل حوضچه خشک

در صورت وجود حوضچه خشک در محل اقامت خود، از آنجا بازدید کنید و از محل تماس بلوک‌ها با بدنه کشتی بر روی داک، عکس گرفته و در کلاس ارائه نمایید.



## فشارهای ناشی از لرزش (Vibration)

لرزش ناشی از موتور کشتی، سامانه انتقال قدرت، پروانه و دیگر ماشین‌آلات موجب ایجاد ارتعاش در سازه کشتی می‌شود و برای جلوگیری از این وضعیت، لازم است سازه قسمت تحت تأثیر تقویت شود همچنین برای کاهش انتقال ارتعاشات ناشی از دستگاه‌های ذکر شده، لازم است از قطعات جاذب ارتعاش (Vibration damper) استفاده شود.



## بارهای محلی (Local weight)

وزن تجهیزات روی کشتی و کالای بارگیری شده، فشار زیادی به محل نصب تجهیزات و محل نگهداری کالا وارد می‌آورد. با طراحی نشیمنگاه مناسب و تقویت کردن محل نصب تجهیزات و محل نگهداری کالا می‌توان از بروز آسیب دیدگی و خسارت به بدنه کشتی جلوگیری کرد.




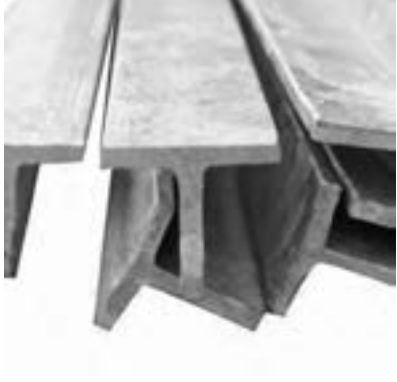
## اجزای ساختمان کشتی

برای اینکه ساختمان کشتی در مقابل نیروهای وارد بر آن مقاومت کافی و یکپارچگی سازه‌ای مناسبی داشته باشد، از یک ترکیب و چیدمان سازه‌ای از ورق و انواع مقاطع فلزی بهره برده می‌شود. متناسب با مقدار نیروها در اماکن مختلف کشتی، نوع سازه کشتی در اماکن مختلف متفاوت می‌باشد.

### - مقاطع فلزی پر کاربرد در ساختمان کشتی

در ساخت کشتی از قطعات مختلف بسیار زیادی استفاده می‌شود که نوع و شکل آنها معمولاً استاندارد بوده ولی اندازه آنها متناسب با اندازه ساختمان کشتی است.

جدول ۲- مقاطع پر کاربرد در ساختمان کشتی		
نام	شکل	توضیحات
ورقه‌های فلزی (Plates)		یکی از قسمت‌های اصلی و مهم برای ساختن کشتی، ورقه‌های فلزی بدنه آن است.
تسمه (Flat Bars)		نوارهای باریکی که از ورقه‌های فلزی ساخته می‌شوند.

<p>ورقه‌های فلزی باریکی هستند که یک لبه آنها به شکل گرد یا حبابی در آمده باشد.</p>		<p>مقاطع حبابی (Bulb bar) یا (Holland Bar(HP))</p>
<p>این نوع نبشی‌ها برای اتصال قسمت‌های مختلف به یکدیگر و یا برای استحکام ورقه‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.</p>		<p>نبشی‌ها (Angle Bars) یا (L Bar)</p>
<p>محکم‌تر از نبشی‌های معمولی بوده و در جایی که استحکام زیادی مورد نیاز باشد از آن استفاده می‌شود.</p>		<p>نبشی‌های کانالی (Channel Bars)</p>
<p>به عنوان یکی از پر کاربردترین اجزا در ساختمان کشتی استفاده می‌شود.</p>		<p>سپری (Bar-T)</p>

چه مقاطع فلزی دیگری ممکن است در ساخت کشتی استفاده شود؟

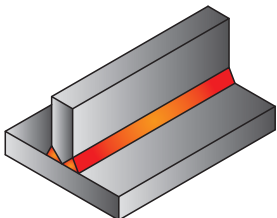
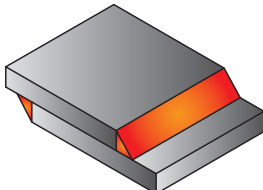
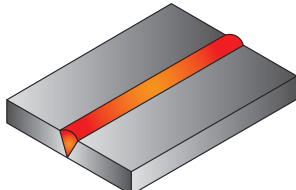
تحقیق کنید



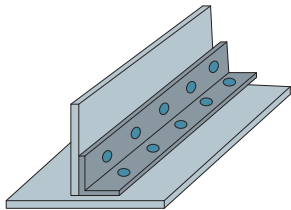
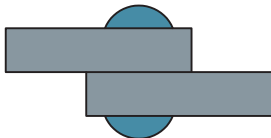
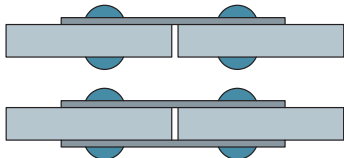
## ۱- اتصالات

اگر بخواهیم که کشتی استحکام کافی داشته باشد، لازم است اجزا و قسمت‌های مختلف آن به‌طور صحیح به همدیگر متصل شوند. بدین منظور از اتصالات مختلفی استفاده می‌شود که در ادامه به چند روش از آنها اشاره می‌شود.

**۱ اتصالات جوشی:** مهم‌ترین انواع اتصالات جوشی که در ساخت کشتی به کار می‌روند، در جدول ۳ ارائه شده‌اند. این اتصالات قبلاً در کتاب جوشکاری برق و گاز توضیح داده شده‌اند.

جدول ۳- اتصالات جوشی پر کاربرد در ساخت کشتی		
		
اتصال T شکل	اتصال روی هم (Lapped Joints)	اتصال لب به لب (Butt joints)

**۲ اتصالات پرچی:** برای اتصال فلزهای غیرهمجنس به یکدیگر در کشتی‌ها معمولاً از اتصالات پرچی استفاده می‌گردد. در مواردی چون معماری داخل کشتی، عایق کاری و کانال کشی از پرچ برای ایجاد اتصال استفاده می‌شود.

جدول ۴- اتصالات پرچی پر کاربرد در ساخت کشتی		
		
اتصال قائم یا T شکل	اتصال روی هم (Lapped Joints)	اتصال لب به لب (Butt joints)

با هماهنگی مدیر هنرستان از یک کشتی بازدید کرده (ترجیحاً از موتورخانه) و با کسب اجازه از فرمانده کشتی، از اتصالات ذکر شده در بالا عکس تهیه کرده و توسط پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.

## – تقویت ورق‌ها و اجزای سازه‌ای در کشتی

کشتی، سازه‌ای است فولادی که به صورت یکپارچه ساخته می‌شود. این سازه، از پوسته‌ای غیرقابل نفوذ آب تشکیل شده است که برای تحمل نیروها و فشارهای ذکر شده نیاز به تقویت دارد. به دلیل ابعاد بزرگ ورق‌ها و قابل انعطاف بودن آنها، در سازه کشتی از ورق‌های صاف به صورت خام استفاده نمی‌شود. برای اینکه این ورق‌ها بتوانند در مقابل نیروهای وارده استحکام کافی داشته باشند، لازم است به گونه‌ای آنها را تقویت نمود. یکی از روش‌های تقویت ورق‌ها کنگره‌ای کردن آنها (corrugate) و روش دیگر اتصال تقویتی‌ها به ورق‌های صاف (Stiffened plate) می‌باشد. همچنین برای حفظ یکپارچگی تقویتی‌های ورق، نیاز به استفاده از یک سری اجزای تقویتی می‌باشد. در جدول زیر برخی از روش‌های تقویت ورق‌های فلزی نشان داده شده است.

جدول ۵- روش‌های تقویت کردن ورق‌های فلزی

روش تقویت ورق فلزی	شکل	کاربرد
تقویتی‌ها (Stiffeners)		ورق‌های فلزی مورد استفاده در سازه کشتی معمولاً توسط یک سری تقویتی‌ها از قبیل تسمه، نبشی، سپری و HP با استفاده از فرآیند جوشکاری تقویت می‌شوند.
لچکی (Bracket)		معمولاً در اتصال فریم‌ها و ایجاد قاب در کشتی و همچنین نصب ستون‌ها از یک سری سازه‌های مثلثی شکل استفاده می‌گردد که به آنها لچکی می‌گویند.
لچکی ضد پیچش (Tripping Brackets)		برخی از سازه‌های کشتی همچون شاه‌تیر بدنه اصلی و نشیمنگاه موتورها تحت گشتاورهای پیچشی قرار می‌گیرند برای مقابله با این پیچش از یک نوع لچکی استفاده می‌شود که به آنها لچکی ضد پیچش می‌گویند.
تقویت لبه‌های آزاد ورق (Stiffeners of Free Edges)		وقتی لبه سطوح فلزی آزاد تحت فشار قرار گیرد، امکان تاب برداشتن یا کج شدن آن بخصوص وقتی که قسمتی از تیرحامل را تشکیل می‌دهد، وجود دارد و در نتیجه قدرت آن کاهش می‌یابد. در این صورت به روش‌های زیر می‌توان آن را تقویت کرد: ۱- با خم کردن قسمتی از لبه آن؛ ۲- با جوش دادن یک تسمه روی لبه ورق.

<p>وقتی تیرهای نگهدارنده همدیگر را قطع می‌کنند، گاهی ضرورت ایجاب می‌نماید که محل اتصال آنها به صورت اتصال سطوح فلزی به وسیله بندهای صفحه‌ای محکم شود. بهترین روش‌های شناخته شده استفاده از صفحات لوزی شکل یا نیمه لوزی است.</p>		<p>پابندهای صفحه‌ای (Face Straps)</p>
<p>صفحات مثلث شکلی هستند که برای مقاصد مشابه بندهای صفحه‌ای، یا برای محکم کردن اتصال گوشه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.</p>		<p>پشت بند (Gussets)</p>
<p>وقتی قسمتی از سطوح فلزی بریده می‌شود برای تقویت قسمت بریده شده می‌توان از صفحات باریک، یا تسمه استفاده نمود. استفاده از صفحات باریک گاهی اوقات در اطراف لبه‌های بزرگ و یا استفاده از آن درست در قسمت گوشه‌ها مناسب‌تر است.</p>		<p>تقویت بازشوها Reinforcement Of (Openings)</p>
<p>معمولاً در گوشه‌های دهانه‌های بزرگ و گاهی اوقات در اطراف دهانه به کار می‌رود. در کارهای جوشکاری معمولاً به جای دوبله کردن سطوح، از ورقه‌های ضخیم‌تر استفاده می‌شود.</p>		<p>دوبله کردن صفحات</p>

<p>ورق های فلزی صاف را به صورت کنگره ای خمکاری می کنند تا مقاومت آنها در برابر نیروهای وارده بیشتر شود.</p>		<p>کنگره ای کردن ورق (corrugate)</p>
---	---	--

بررسی کنید چه نمونه های دیگری از لچکی ها وجود دارد؟

تحقیق کنید

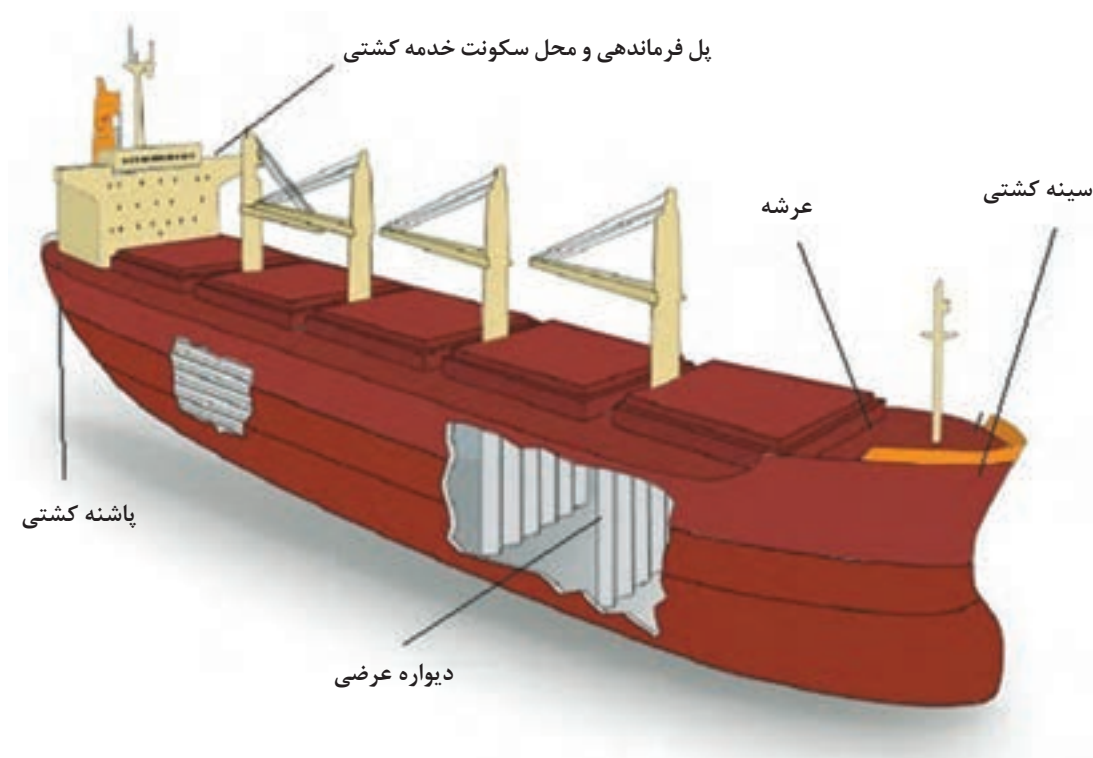


با هماهنگی مدیر از یک کشتی بازدید کنید و با کسب اجازه از فرمانده کشتی، از تقویت کننده های آن عکس تهیه کرده و توسط پرده نگار در کلاس ارائه نمایید.

فعالیت  
کارگاهی



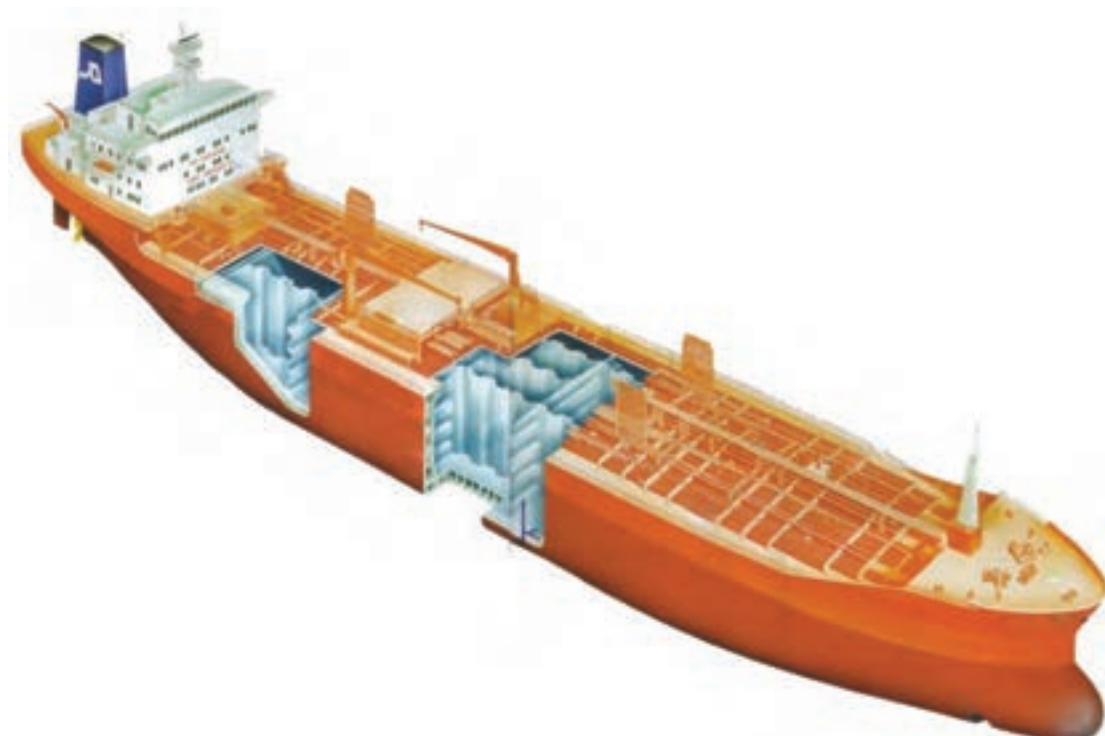
کشتی از بخش های مختلفی مانند سینه، پاشنه، عرشه، محل سکونت، دیواره ها و قسمت های دیگر تشکیل شده است در زیر به شرح سازه برخی از این قسمت ها می پردازیم.



شکل ۱۰-۱- قسمت های اصلی یک کشتی

## دیواره جداکننده (Bulk head)

دیواره‌ها به منظور جداسازی قسمت‌های داخلی کشتی به‌طور عمودی هم در عرض (transverse Bulk head) و هم در طول (Longitudinal Bulk head) به کار گرفته می‌شوند. تقسیم‌بندی داخل کشتی به وسیله این دیواره‌ها به چندین منظور انجام می‌گیرد از جمله بخش‌بندی بدنه به محفظه‌های جداگانه (Compartments)، مقابله با نفوذ آب به سایر قسمت‌های دیگر در صورت پارگی بدنه و ایجاد یکپارچگی سازه‌ای.



شکل ۱۱- دیواره‌های طولی و عرضی کشتی

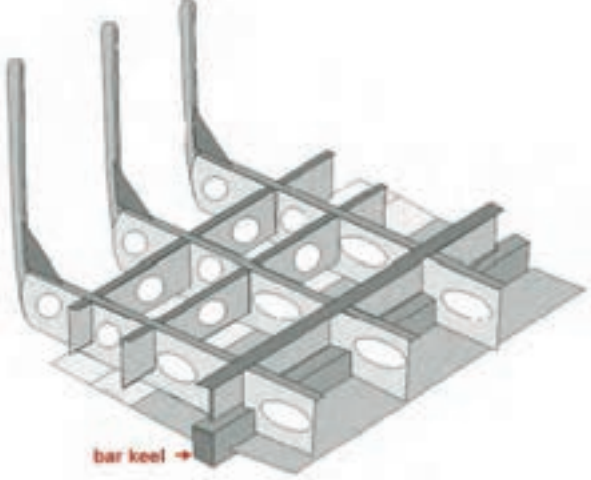
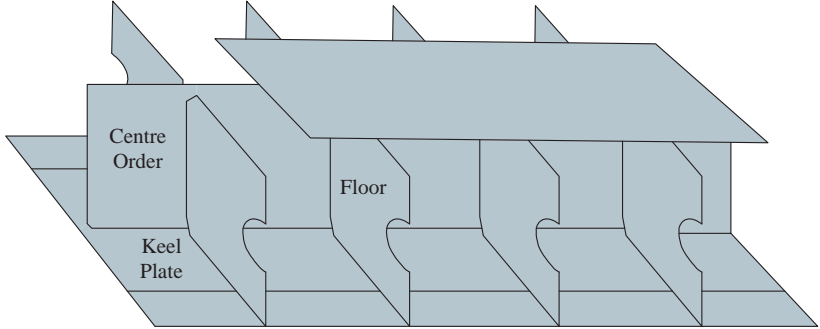
## قسمت تحتانی کشتی

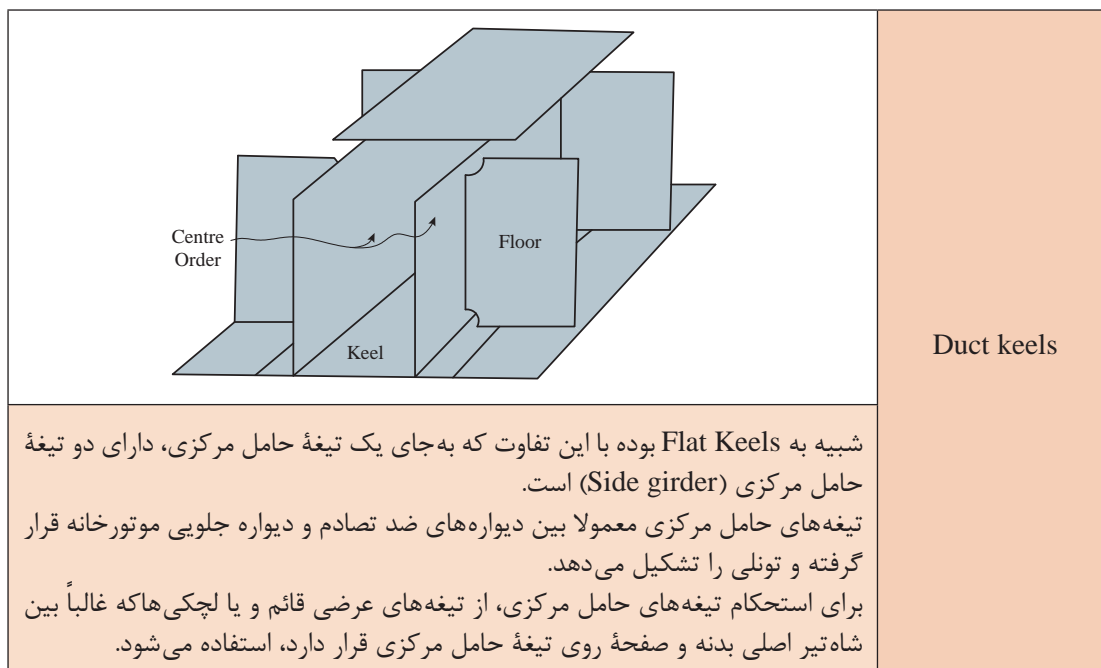
### شاه تیر اصلی بدنه (Keel)

مهم‌ترین سازه در کف کشتی‌ها، شاه تیر بدنه اصلی می‌باشد که به عنوان ستون فقرات کشتی شناخته می‌شود. کلیه قسمت‌های اصلی سازه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم با شاه تیر اصلی بدنه ارتباط دارند. انواع شاه تیرهای اصلی مورد استفاده در کشتی در جدول صفحه بعد آمده است:



جدول ۶- انواع شاه تیر (Keel)

توضیحات	نوع شاه تیر (Keel)
	Barkeel
<p>در این نوع شاه تیر اصلی بدنه، ارتفاع تیر آهن بین ۳ تا ۶ برابر عرض آن است. طول آن بستگی به طول کشتی دارد که به وسیله صفحات قائم به همدیگر متصل می شوند. این نوع شاه تیر اصلی بدنه بیشتر در لنج ها و قایق ها استفاده می شود.</p>	
	Flat Keels
<p>عرض ورقه های فلزی این نوع شاه تیرها می تواند ۱ تا ۲ متر باشد. ضخامت آن تا طول کشتی باید یکنواخت حفظ شود ولی مقدار ضخامت می تواند به تدریج به طرف دو انتهای کشتی کاهش پیدا کند.</p> <p>تیغه حامل مرکزی به شاه تیر اصلی بدنه متصل بوده و تقریباً روی تیغه حامل مرکزی سطحی موازی با سطح شاه تیر اصلی بدنه به طور یکنواخت در سرتاسر آن جوش داده می شود و در این نوع اتصال هرگز نباید جوش دادن به شکل دالبر یا کنگره ای انجام شود.</p>	



فضای بین Duct keels چه کاربردی دارد؟

فیلم مربوط به Duct Keels نمایش گذاشته شود.

بحث کلاسی



نمایش فیلم



## فریم (Frames)

ساختمان کشتی به گونه‌ای است که برای ایجاد استحکام سازه‌ای نیاز به یک اسکلت‌بندی دارد. این مهم توسط یک سری اجزای سازه‌ای به نام فریم و شاه‌تیر اصلی کشتی صورت می‌گیرد. که به صورت کلی انواع آنها توضیح داده شده است.

### فریم‌های معمولی:

تیغه‌های حاملی هستند که به صورت نوارهایی از قسمت داخل به صفحات فلزی بدنه کشتی متصل بوده و از قسمت کیل کشتی تا بالاترین عرشه فوقانی امتداد می‌یابند. فریم‌ها از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده‌اند و به منظور استحکام بدنه و نگهداری ورقه‌های خارجی به کار می‌روند. در واقع شکل عرضی مقاطع مختلف بدنه را تشکیل می‌دهند. فریم‌ها به صورت طولی نیز به ورقه‌های بدنه متصل می‌شوند. اتصال این فریم‌ها به بدنه کشتی به روش جوشکاری انجام می‌شود.

### فریم‌های قوی (Web frame):

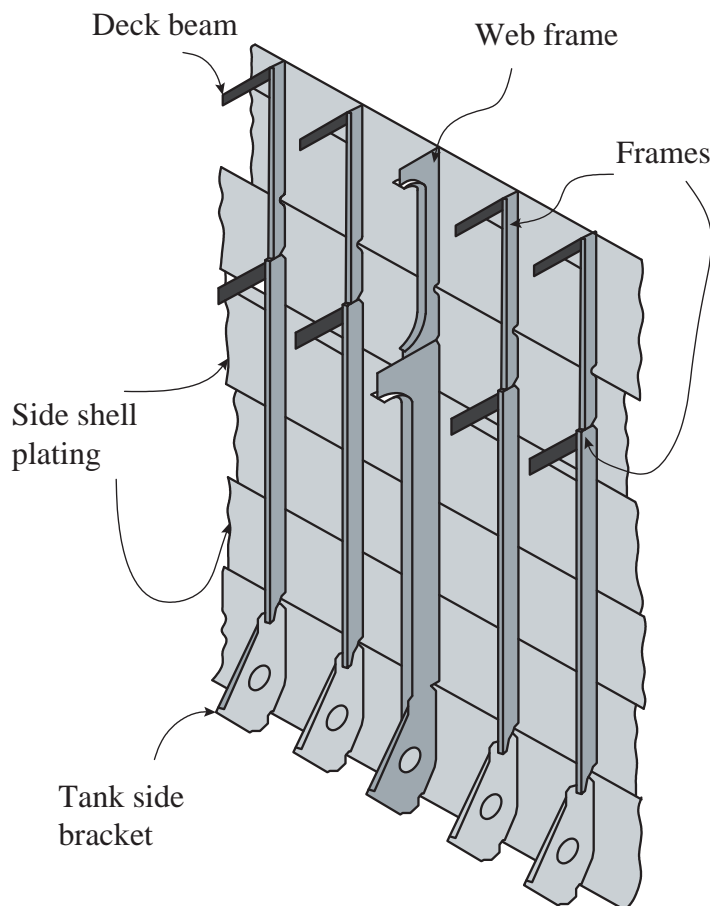
فریم‌های تخت و سنگینی هستند که در سیستم فریم‌های عرضی به کار نمی‌روند بلکه در محل‌های خاصی از کشتی برای استحکام قسمت‌های مورد نیاز استفاده می‌شوند. معمولاً در اتاق موتورخانه و در قسمت‌های دیواره انتهایی به فاصله هر چهار فریم، یکی از آنها روی طبقاتی غیر از طبقات فوقانی و تحتانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### فاصله بین فریم‌ها (Frame Spacing):

اسکلت‌بندی کشتی توسط یک سری فریم و دیواره جدا کننده صورت می‌پذیرد. فریم‌بندی کشتی‌ها می‌تواند به صورت طولی، عرضی و یا ترکیبی صورت پذیرد. فاصله فریم‌ها در کشتی‌ها (Frame Spacing) متناسب با نوع کشتی، اندازه کشتی و نوع فریم‌بندی بر اساس محاسبات سازه‌ای استخراج می‌گردد. فاصله فریم‌ها در سینه، وسط و پاشنه کشتی معمولاً متفاوت می‌باشد.

### شماره گذاری فریم‌ها:

شماره گذاری فریم‌ها معمولاً از عمود پاشنه کشتی شروع می‌شود؛ لذا فریم شماره ۱ اولین فریم بعد از قائم پاشنه است.



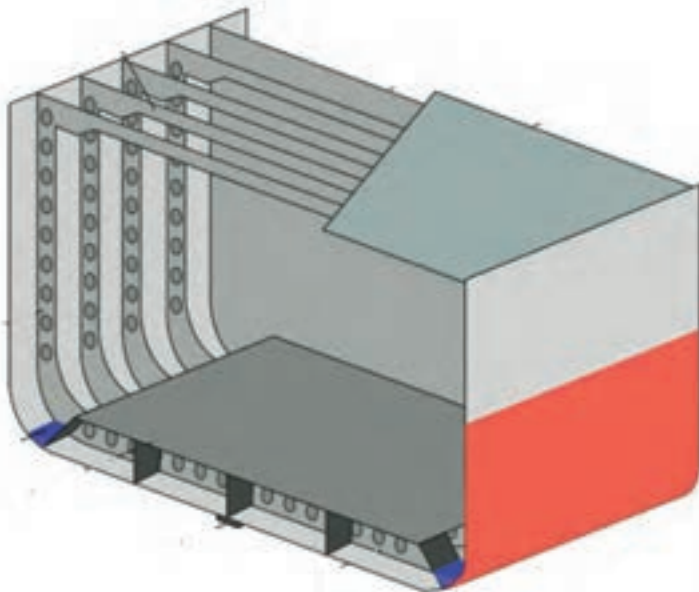
شکل ۱۲- انواع فریم‌ها

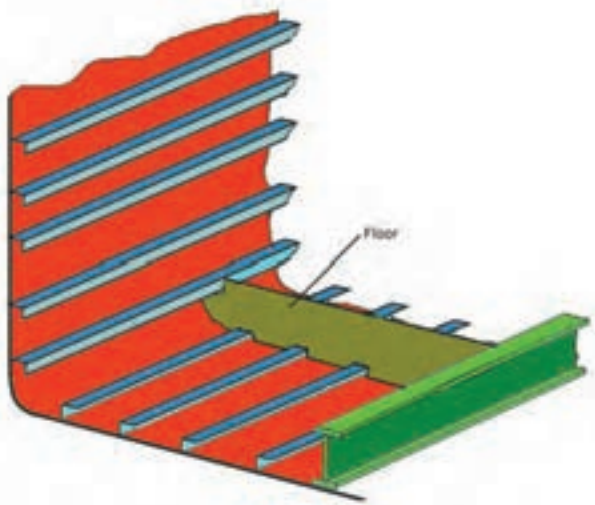


در حوضچه خشک، بلوک‌های چوبی در چه قسمت‌هایی از بدنه خارجی کشتی قرار می‌گیرند؟

برای اسکلت‌بندی کشتی طرز قرارگیری فریم‌ها، مقاطع و اتصالات بسیار مهم است. چهار روش مختلف برای اسکلت‌بندی کشتی وجود دارد که در جدول زیر به آنها می‌پردازیم:

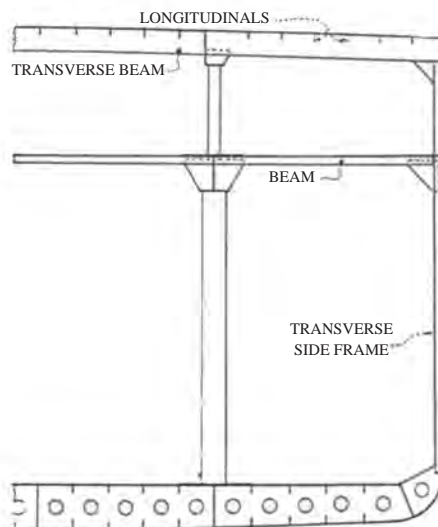
### جدول - روش‌های مختلف اسکلت‌بندی کشتی

نام روش	شکل و توضیحات
اسکلت‌بندی با فریم‌های عرضی	 <p>در این روش از فریم‌های عرضی با فواصل کم استفاده می‌شود. کاربرد بیشتر این روش در کشتی‌های چوبی و بادبانی است.</p> <p>در این سیستم استحکام طولی کشتی اهمیت کمتری دارد؛ چون از نظر اندازه طولی نسبتاً کوچک هستند و فشارهای تحدب (Hogging) و تقعر (Sagging) روی آن کمتر اثر می‌گذارد.</p>



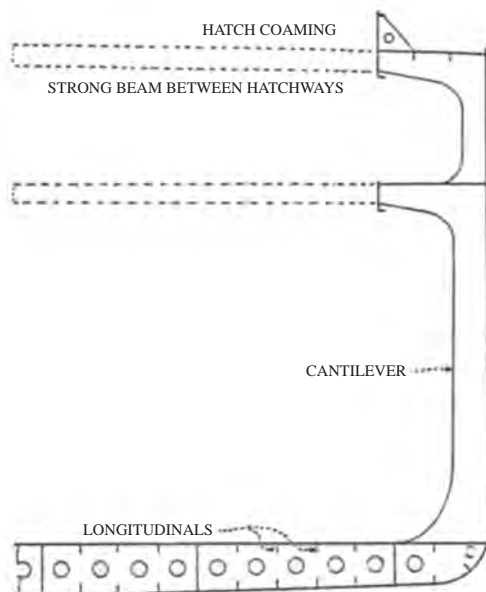
اسکلت‌بندی با فریم‌های طولی

با افزایش طول کشتی، تأثیر تحدب و تقعر افزایش یافت و طراحان و سازندگان خیلی زود متوجه این نکته شدند که برای استحکام طولی بیشتر کشتی، به استفاده از فریم‌های طولی نیاز است به این شرط که تعداد مناسبی از فریم‌های عرضی نیز به کار گرفته شود. این روش اسکلت‌بندی دارای معایبی بود؛ تا اینکه سیستم فریم‌بندی رضایت‌بخشی اختراع گردید. در این روش، از فریم‌های طولی در قسمت‌های مختلف از جمله، قسمت تحتانی، اطراف بدنه و طبقات و از فریم‌های عرضی نیز برای نگهداری فریم‌های طولی استفاده شد.



اسکلت‌بندی ترکیبی یا ادغامی

در این روش به علت اینکه استحکام طولی زیادی مورد نیاز است، در قسمت تحتانی و طبقات کشتی از فریم‌های طولی و در اطراف بدنه آن، از فریم‌های عرضی استفاده می‌شود. همچنین استفاده از این نوع اسکلت‌بندی برای حمایت و تقویت فریم‌های طولی مناسب است.



اسکلت بندی چهارچوب حفاظ  
(Cantilever Framing)

این روش برای کشتی های مدرن پیشنهاد می شود که دارای دریچه یا درهای بزرگ انبار با طول و عرض زیادی هستند که در این صورت، دارای عرشه و ستون های عرضی کمی خواهند بود. در نتیجه برای حفظ مقاومت طولی و فشارهای عرضی دارای استحکام لازم نیستند. بنابراین، قدرت و استحکام اصلی کشتی به صورت دیگری پیش بینی شده است. استحکام عرضی آن حتی الامکان با استفاده از فریم های سنگین تر تأمین می شود که آنها را در طرف راست و چپ در انبار قرار می دهند. برای استحکام طولی آن از تیغه های مخصوصی و ورقه هایی به صورت طولی که در زیر طبقات قرار می گیرد استفاده می شود.

با جست و جو در اینترنت عکس هایی از اسکلت بندی کشتی های مختلف تهیه و آنها را با هم مقایسه کنید.

فعالیت  
کارگاهی

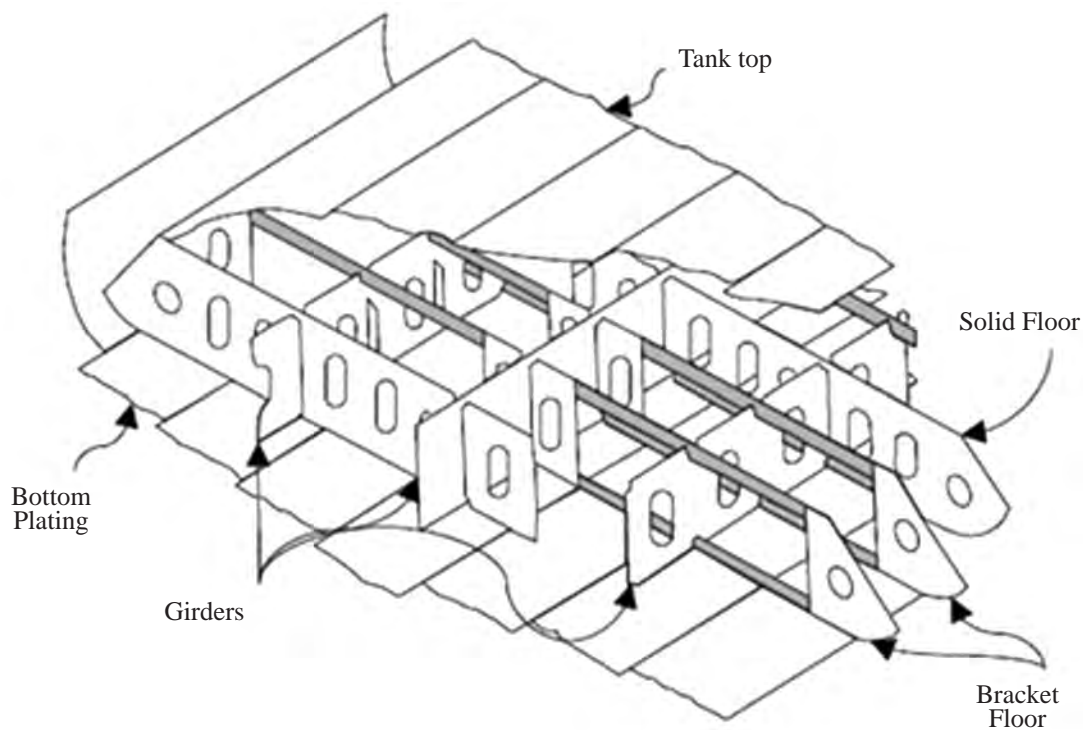


در ادامه، ساختار سازه ای برخی از بخش های کشتی شامل عرشه، کف کشتی، کناره کشتی، بخش سازه سینه و بخش سازه پاشنه توضیح داده می شود.

## کف دو جداره (Double Bottom)

به فضای ضد نفوذ آب که بین کف کشتی و کف انبارها قرار دارد، کف دو جداره می گویند. کف دو جداره به وسیله صفحات عمودی به قسمت های مختلف تقسیم شده و مخازن را تشکیل می دهد. در این مخازن در

صورت لزوم می‌توان آب تعادل، سوخت، آب خنک‌کننده و یا آب شیرین را جای داد. تقسیم‌بندی کف دو جداره می‌تواند با تیغه‌های عرضی یا طولی انجام گیرد. روی تیغه‌های حامل کناری و یا سایر قسمت‌های مورد لزوم سوراخ‌هایی ایجاد می‌کنند که تهویه مناسبی ایجاد شود. ساختمان کف دو جداره در شکل‌های (۱۳ و ۱۴) مشاهده می‌شود.



شکل ۱۳- کف دو جداره



شکل ۱۴- کف دو جداره یک کشتی در حال ساخت

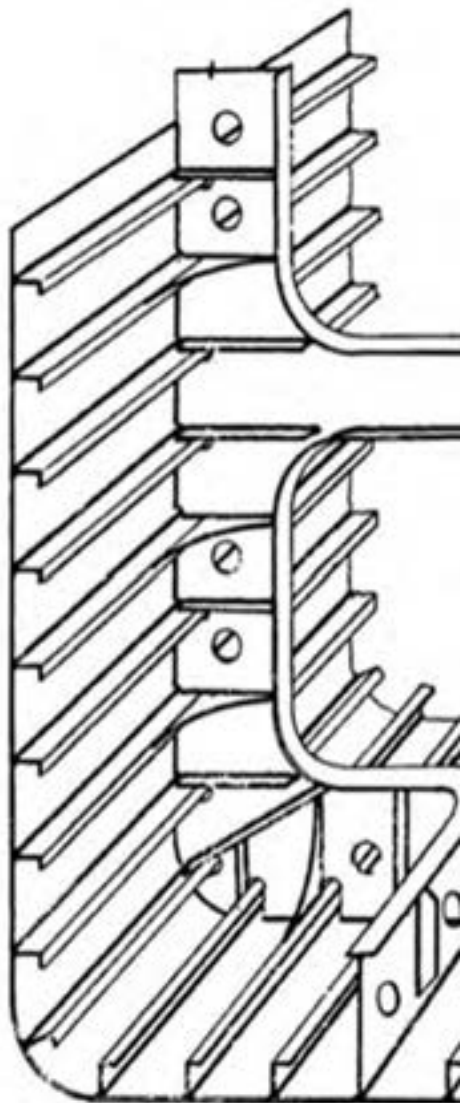
دلیل دو جداره بودن کف کشتی چیست؟

بحث کلاسی





## سازه کناره کشتی



ساختمان سازه کناری کشتی همان‌طور که در شکل زیر نمایش داده شده است از ورق‌های بدنه کشتی، فریم‌های عرضی و تقویتی‌های طولی تشکیل شده است. ورق‌های بدنه کشتی با توجه به ناحیه استفاده شده (سینه، پاشنه و میان کشتی) دارای ضخامت‌های متفاوتی می‌باشد. فریم‌های کار شده در عرض کشتی به ورق‌های بدنه کشتی جوش می‌شوند.

شکل ۱۵- سازه کناره کشتی

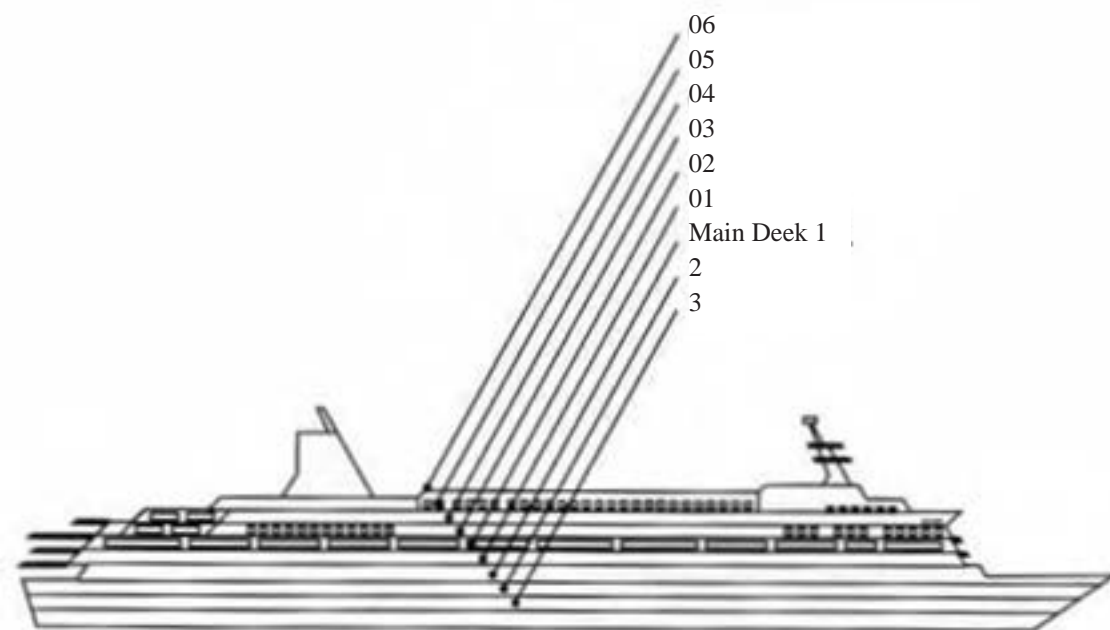
## عرشه (Deck)

جداسازی هر طبقه از کشتی به‌طور افقی توسط عرشه صورت می‌گیرد. سطح عرشه به‌وسیله ورق‌های فلزی که بر روی تیرهای سقفی قرار گرفته و در انتها به دو لبه پوسته کشتی متصل می‌گردند، پوشیده شده است. ضخامت ورق عرشه و تیرهای تقویتی آن باید به گونه‌ای طراحی گردد که عرشه در مقابل نیروهای وارده استحکام کافی داشته باشد.

### شماره‌گذاری عرشه‌ها:

کشتی‌ها معمولاً دارای چندین عرشه می‌باشند. برای موقعیت‌یابی و آدرس‌دهی راحت‌تر بر روی کشتی، عرشه‌ها را شماره‌گذاری می‌کنند. عرشه اصلی (Main Deck) به‌عنوان عرشه ۱ و عرشه‌های پایین‌تر به

ترتیب ۲ و ۳ و... شماره گذاری می شوند. عرشه بالای سر مخازن به نام Tank Top شناخته می شود. عرشه روسازه با شماره ۱ و بالای آن ۲، ۳ و... شماره گذاری می شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- روش شماره گذاری عرشه ها

## تیرهای سقفی (Beams)

تیرهای سقفی عبارت اند از تیرهای فولادی عرضی یا طولی که ورق عرشه روی آنها قرار می گیرد. تیرهای عرضی دارای دو وظیفه عمده هستند:

۱ اتصال دو کناره بدنه به یکدیگر.

۲ حفاظت از عرشه ها در برابر فشار آب از یک سو و فشار کالا از سوی دیگر.

تیرهای طولی نیز در استحکام طولی عرشه مورد استفاده قرار می گیرند. از انواع پروفیل های نبشی، حبابی و سپری به عنوان تیرهای طولی و عرضی استفاده می شود.

تیرهای طولی و عرضی به وسیله جوش به همدیگر متصل می شوند و در محلهایی که به دیواره های عرضی می رسند، بریده شده و در آن قسمت، تیرها به وسیله لچکی به دیواره ها متصل می شوند (شکل ۱۷ و ۱۸).

معمولاً در اتاق موتورخانه و ژنراتور، از تیرهای قدرتمند به صورت طولی در زیر طبقات و یا زیر دریچه انبارها استفاده می شود.



با هماهنگی مدیر هنرستان از یک کشتی بازدید کرده و با کسب اجازه از فرمانده کشتی از تیرهای سقفی عکس تهیه کرده و توسط پرده‌نگار در کلاس ارائه نمایید.



شکل ۱۷- تیرهای سقفی عرضی یک کشتی در حال ساخت



شکل ۱۸- تیرهای سقفی طولی یک کشتی در حال ساخت

## ستون‌ها (Pillars)

برای انتقال نیروهای عمودی از عرشه‌های فوقانی به عرشه‌های زیرین و کف کشتی، نیاز به استفاده از یک سری ستون می‌باشد.

### ستون معمولی:

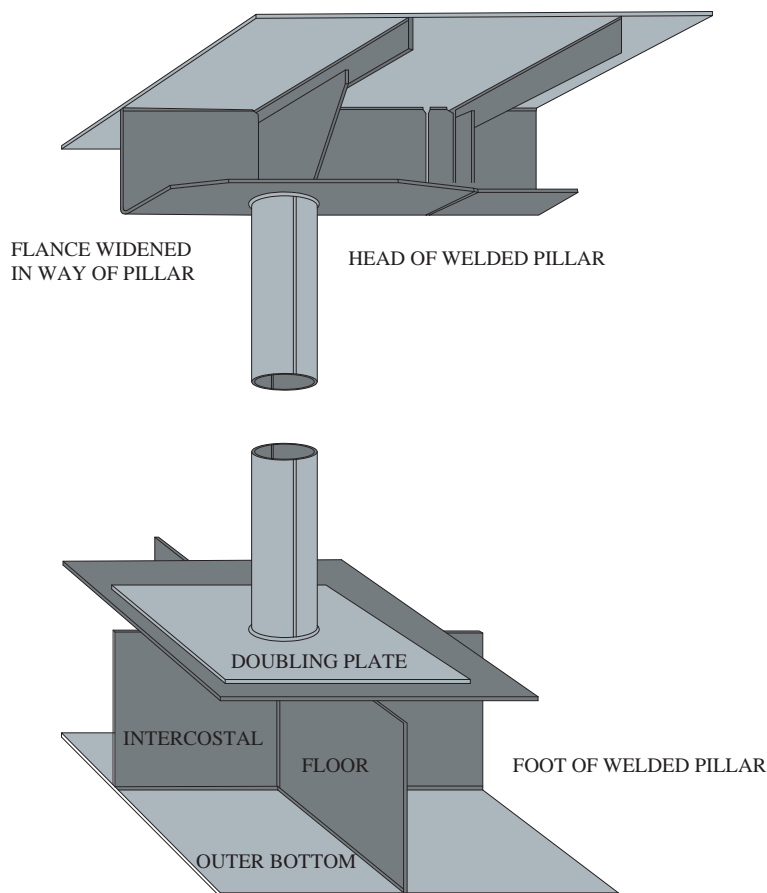
این ستون‌ها از پرفیل‌ها یا لوله‌های فلزی ساخته شده‌اند. هر کشتی معمولاً دارای یک ردیف پایه است که در امتداد خط سرتاسری کشتی، کار گذاشته می‌شود. هرچه کشتی بزرگ‌تر ساخته می‌شوند پایه‌ها نیز بزرگ‌تر و یا تعداد ردیف‌های آنها بیشتر می‌شود (شکل ۱۹). در بعضی از قسمت‌های از دیواره‌ها به جای ستون استفاده می‌شود، که این دیواره‌ها نیازی به غیر قابل نفوذ بودن در برابر آب ندارند.

### ستون‌های ترکیبی:

این ستون‌ها عبارت‌اند از ورقه‌هایی فلزی که به صورت استوانه شکل می‌باشند و گاهی اوقات به صورت مکعب‌های توخالی و یا به صورت نبشی‌های کانالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تیغه‌های نگهدارنده معمولاً به صورت متقاطع به کار برده می‌شوند که با برگرداندن لبه‌های پایینی می‌توان به آن استحکام بیشتری داد. این تیغه‌ها به وسیله نبشی‌های حالت‌دار به زیر طبقه مورد نظر جوش داده می‌شوند. اندازه و قدرت پایه‌ها و صفحات نگهدارنده، به موارد استفاده و محل آنها بستگی دارد. ستون‌های طبقات میانی را در صورت امکان روی ستون‌های طبقات زیرین قرار می‌دهند تا تقریباً پایه واحدی را تشکیل داده و که از نظر استحکام، کارایی بیشتری را داشته باشند.

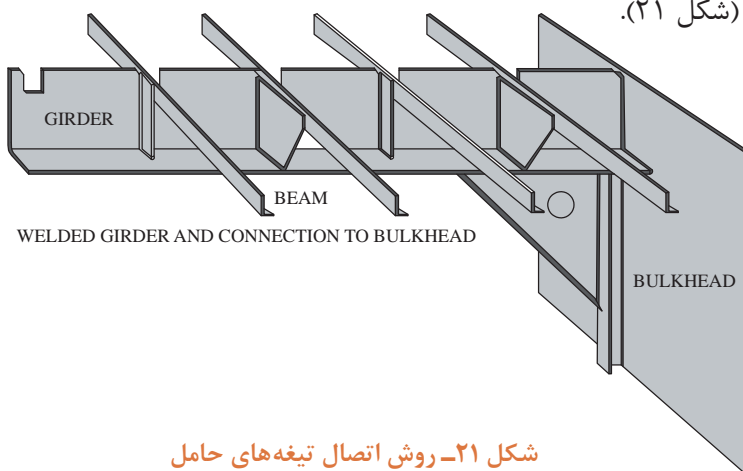


شکل ۱۹- ستون معمولی در کشتی



شکل ۲۰- قسمت‌های مختلف ستون‌های ترکیبی

در صورتی که در ساختمان طبقات از تیرهای سقفی عرضی استفاده شده باشد، در محل اتصال نگهدارنده شکافی روی آنها ایجاد شده تا تیرهای سقفی درون آن شکاف قرار گرفته و سپس جوش داده شوند. اگر تیغه‌ها یا صفحات، حامل یک لبه، یعنی به شکل L باشند به وسیله یک لچکی به دومین تیر متصل می‌شود و اگر تیغه‌های حامل، دو لبه یعنی به شکل T باشند، از هر دو طرف به وسیله لچکی و به چهارمین تیر سقفی متصل می‌شوند (شکل ۲۱).

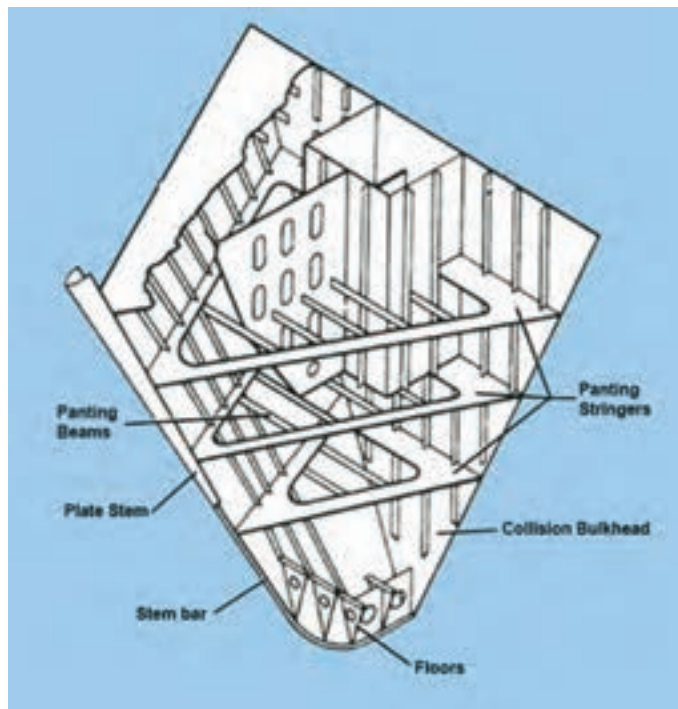


شکل ۲۱- روش اتصال تیغه‌های حامل



برای غلبه بر تحذب و تقعر چه تمهیداتی در ساختمان کشتی باید اندیشید؟

## سازه سینه کشتی (Forend structure)



ساختمان سینه کشتی در برخورد با موج‌های بزرگ دچار تپش سینه می‌شود و نیاز به تقویت دارد. این قسمت شامل تیری محکم در جلوی کشتی است که به صورت عمودی قرار گرفته، یک سری تقویتی‌های عمودی و افقی (stringer) به آن متصل هستند.

شکل ۲۲- ساختمان سازه سینه کشتی



شکل ۲۳- سازه سینه یک شناور در حال ساخت





کلمات انگلیسی در شکل ۲۲ را ترجمه کنید.

## سازه پاشنه کشتی (Forend structure)

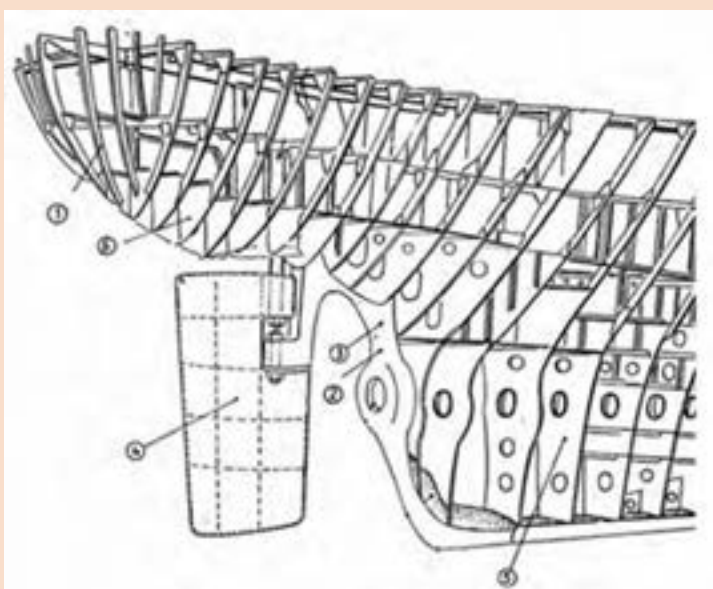


شکل ۲۴- پاشنه کشتی

پاشنه کشتی به دلیل اینکه در معرض کوبش (Slamming) است نیاز به تقویت دارد. در این ناحیه، ورق بدنه توسط یک سری فریم‌های خاص (Cant frame) و عرشه این قسمت، توسط تیرهایی (Cant beam) تقویت می‌شوند. همچنین تقویتی‌های افقی (stringer) از انتهای پاشنه تا اولین فریم عرضی امتداد دارند. بخش زیر آبی پاشنه نیز برای تقویت، توسط یک سری لچکی خاص (Deep floor) به شاه‌تیر اصلی متصل می‌شود.



با توجه به شکل ۲۵، اسامی اجزای شماره‌گذاری شده را بنویسید.



شکل ۲۵



## بالچه تعادل (Bilge keel)

بالچه تعادل برای کاهش دوره تناوب نوسانات عرضی کشتی (Rolling) به کار می‌رود (شکل ۲۶). این بالچه معمولاً در محدوده  $\frac{1}{3}$  طول کشتی در ناحیه میانی کشتی نصب می‌شود. در هنگام نصب بالچه بر روی بدنه باید دقت شود که بالچه در راستای خطوط جریان بر روی بدنه نصب شود. بالچه تعادل روی بدنه کشتی جوش داده می‌شود. اتصال آن به بدنه کشتی باید با دقت انجام شود تا در صورت به گل نشستن کشتی، صدمه‌ای به آن و به بدنه کشتی وارد نیاید. در کشتی‌های بزرگ، به علت اینکه بالچه تعادل در عمق زیادتری قرار می‌گیرد، به صورت مثلث ساخته می‌شود (شکل ۲۷).

بالچه تعادل باید در چه ارتفاعی از کشتی نصب گردد.

بحث کلاسی



## متعادل کننده فعال (Stabilizer)

امروزه در شناورهای نظامی و مسافربری علاوه بر استفاده از بالچه تعادل از متعادل کننده فعال نیز استفاده می‌شود.



شکل ۲۶- بالچه تعادل



شکل ۲۷- بالچه تعادل مثلثی شکل

با جست و جو در اینترنت، عکس هایی از بالچه تعادل کشتی و متعادل کننده فعال پیدا کرده و توسط پرده نگار در کلاس ارائه نمایید.

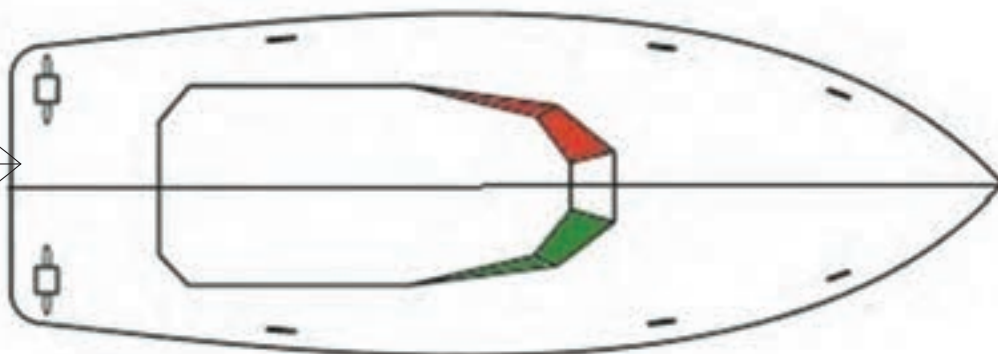
فعالیت  
کارگاهی



## آدرس دهی در کشتی

برای آدرس دهی در کشتی باید سمت چپ و راست آن را بدانیم. مانند شکل (۲۸) اگر رو به سینه کشتی بر روی خط سراسری (Center Line) بایستیم، دست راست ما سمت راست کشتی (StarBoard Side) و دست چپ ما سمت چپ کشتی (Port Side) خواهد بود. سمت راست کشتی را با STB و سمت چپ کشتی را با PS نمایش می دهند.

Port



Starboard

شکل ۲۸

## آدرس دهی تجهیزات

هر تجهیز در کشتی را با توجه به اینکه در چه فاصله ای از نزدیک ترین فریم، در چه ارتفاعی از شاه تیر اصلی بدنه کشتی و در چه فاصله ای از خط سراسری در سمت چپ یا راست کشتی قرار دارد، آدرس دهی می شود. اگر از تجهیز چند دستگاه وجود داشته باشد از پاشنه به طرف سینه با توجه به اینکه سمت راست یا چپ

کشتی باشد به ترتیب شماره گذاری می شوند. عدد زوج برای تجهیزات سمت چپ و عدد فرد برای تجهیزات سمت راست استفاده می شود. جهت نمایش فریم (Frame) و ارتفاع تجهیز (el.elevation) استفاده می شود. به عنوان مثال اگر از تجهیز چهار دستگاه وجود داشته باشد و دو دستگاه آن سمت چپ کشتی نزدیک فریم های ۲۰ و ۳۰ باشند، دستگاهی را که ۴۰ سانتی متر مانده به فریم ۳۰، در ارتفاع ۳ متری از شاه تیر اصلی و ۲ متری از خط سراسری قرار داشته باشد را به صورت زیر نمایش می دهند.

NO: 4

40 mm to fr 30

2000 mm of CL (PS)

EL: 3000 mm

### آدرس دهی کمپارتمنت ها (Compartment) و مخازن در کشتی (Tanks)

برای آدرس دهی کمپارتمنت ها در کشتی باید بدانیم در بین کدام فریم ها، در کدام عرشه و در کدام سمت کشتی قرار دارد.

به صورت کلی همه ساختمان کشتی به دو بخش سازه اصلی (Structure) و روسازه (Superstructure) تقسیم بندی می شود. سازه اصلی تا عرشه اصلی (Main Deck) بوده و بالای آن روسازه می باشد.

کشتی ها به طور معمول به کمپارتمنت های مختلفی تقسیم می شوند. کمپارتمنت های سمت راست کشتی با شماره فرد و کمپارتمنت های سمت چپ کشتی با اعداد زوج نمایش داده می شوند. از طرفی کشتی ها به یک سری بخش های نفوذناپذیر آب تقسیم می شوند (Section). این بخش ها به ترتیب با حروف انگلیسی بزرگ A, B, C ... مشخص می گردند. بنابراین برای آدرس دهی یک کمپارتمنت در کشتی که در عرشه ۲ و در بخش B و دومین اتاق در سمت راست کشتی نسبت به خط مرکزی کشتی می باشد، آدرس زیر به آن اختصاص داده می شود:

2 - B - 5

از طرفی در برخی از کشتی ها به جای بخش های نفوذناپذیر از شماره فریم استفاده می شود. برای مثال اگر محفظه ای بین فریم های ۲۰ تا ۴۵، یک عرشه زیر عرشه اصلی و در سمت راست کشتی واقع شده باشد، به روش زیر آدرس دهی می کنیم:

Fr 20 - 45

Deck: D2

SIDE: STB

### ارزشیابی

- ۱ انواع مقاطع پر کاربرد فلزی را بررسی کنید.
- ۲ روش های جلوگیری از تاب برداشتن لبه های آزاد تیغه های فلزی را بیان کنید.
- ۳ کاربرد فریم در سازه کشتی را بررسی و تحلیل کنید.
- ۴ کاربرد تیرهای سقفی را بررسی کنید.
- ۵ انواع کیل و کاربرد آن را بررسی و تحلیل کنید.

- ۶ ساختمان کف دو جداره را تشریح و کاربرد آن را تحلیل کنید.
- ۷ کاربرد بالچه تعادل را بررسی کنید.
- ۸ انواع فریم‌بندی و کاربرد هریک را در سازه کشتی تحلیل کنید.
- ۹ سمت چپ و راست کشتی چگونه مشخص می‌شود؟
- ۱۰ روش‌های آدرس‌دهی مخازن و کمپارتمنت‌های کشتی را بررسی کنید.

### جدول ارزشیابی پودمان

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
اصول بررسی ساختمان کشتی	شناخت نیروهای وارد بر ساختمان کشتی، شناخت اجزای سازه کشتی و بررسی تأثیر آنها بر سازه کشتی	آشنایی با نیروهای وارد بر ساختمان کشتی و تأثیر آنها بر بدنه کشتی، شناخت مقاطع پر کاربرد، اتصالات و اجزای داخلی کشتی، کاربرد و محل قرارگیری هر جزء ساختمان کشتی و بررسی تأثیر آنها بر استحکام ساختمان کشتی، آشنایی با سازه سینه و پاشنه کشتی، کف دو جداره، بالچه تعادل و انواع شاه‌تیر اصلی و تحلیل تأثیر هریک بر استحکام بدنه کشتی	بالاتر از حد انتظار	۱- بررسی نیروهای وارد بر ساختمان کشتی ۲- بررسی اجزای ساختمان کشتی و تأثیرشان در استحکام سازه آن؛ ۳- بررسی تأثیر نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف کشتی؛ هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
	شناخت قسمت‌های مختلف کشتی و بررسی تأثیر نیروهای وارد بر آنها		در حد انتظار	۱- بررسی نیروهای وارد بر ساختمان کشتی ۲- بررسی اجزای ساختمان کشتی و تأثیرشان در استحکام سازه آن؛ ۳- بررسی تأثیر نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف کشتی؛ هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- بررسی نیروهای وارد بر ساختمان کشتی ۲- بررسی اجزای ساختمان کشتی و تأثیرشان در استحکام سازه آن؛ ۳- بررسی تأثیر نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف کشتی؛ هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره شایستگی پودمان از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

## ارزشیابی شایستگی اصول بررسی ساختمان کشتی

<p><b>شرح کار:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● شناخت نیروهای وارد بر ساختمان کشتی</li> <li>● شناخت اجزای سازه کشتی و بررسی تأثیر آنها بر سازه کشتی</li> <li>● شناخت قسمت‌های مختلف کشتی و بررسی تأثیر نیروهای وارد بر آنها</li> </ul>
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>آشنایی با نیروهای وارد بر ساختمان کشتی و تأثیر آنها بر بدنه کشتی، شناخت مقاطع پرکاربرد، اتصالات و اجزای داخلی کشتی، کاربرد و محل قرارگیری هر جزء ساختمان کشتی و بررسی تأثیر آنها بر استحکام ساختمان کشتی، آشنایی با سازه سینه و پاشنه کشتی، کف دو جداره، بالچه تعادل و انواع شاه‌تیر اصلی و تحلیل تأثیر هریک بر استحکام بدنه کشتی.</p> <p><b>شاخص‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بررسی نیروهای وارد بر ساختمان کشتی</li> <li>- بررسی اجزای ساختمان کشتی و تأثیرشان در استحکام سازه آن؛</li> <li>- بررسی تأثیر نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف کشتی؛</li> </ul>
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b></p> <p><b>شرایط:</b> کلاس مجهز به پرده نگار.</p> <p><b>ابزار و تجهیزات:</b> یک دستگاه رایانه و یک دستگاه پرده نگار</p>

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بررسی نیروهای وارد بر ساختمان کشتی	۲	
۲	بررسی اجزای ساختمان کشتی و تأثیرشان در استحکام سازه آن	۱	
۳	بررسی تأثیر نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف کشتی	۱	
	<p><b>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها</li> <li>۲- دقت و تمرکز در اجرای کار</li> <li>۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر</li> <li>۴- اخلاق حرفه‌ای</li> </ol>	۲	
<b>میانگین نمرات</b>			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.