Archive of SID

بررسی و انتخاب بهترین مدل محاسباتی برای مدلسازی تیرهای طولی سازه کشتی

مرتضی قصابزاده[1]، احمد رهبررنجی[2]

۱.دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی امیرکبیر

۲. استادیار دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی امیرکبیر

تهران ، خ ستارخان ، خ شادمان ، ک فعالی پ ۲۴

morteza_ghassab@yahoo.com

چکیده

برای مدل کردن یک قسمت از سازه کشتی یا کل آن نیاز به مدل کردن تیرها به همراه ورق متصل به آن می باشد. مدلهای محاسباتی مختلفی برای این ترکیب پیشنهاد می شود : مدل صفحه (ورق و تیر هر دو با المان صفحه) ، مدل بال تیر _ صفحه (بال تیر با المان تیر و جان و ورق متصل به آن با المان صفحه) ، مدل تیر _ صفحه (تیر با المان تیر و ورق متصل به تیر با المان صفحه مدل می گردد) ، مدل تیر(ورق و تیر هر دو با المان تیر) ، مدل صفحه با ضخامت معادل (ورق و تیر با المان صفحه با ضخامت اضافی بجای تیر مدل می گردد) می باشد. در این مقاله به بررسی دقت هریک از این مدلهای محاسباتی در ساختمان عرشه یک شناور لندینگ کرافت پرداخته شده است.نتایج محاسبات نشان می دهد که چهار مدل اول فوق در این شناور حداکثر ۵ درصد در محل ماکزیمم تنش با یکدیگر اختلاف دارند ولی مدل آخر دارای خطای زیاد است. بنابراین در کارهای دقیق پیشنهاد نمی شود.

کلمات کلیدی: مدل محاسباتی تیر و صفحه ، روش اجزا محدود

www.SID.ir

Archvie of SID

مقدمه

یکی از روشهای طراحی سازه ای کشتی ، طراحی به روش مستقیم می باشد.بدین صورت که کشتی یا بخشی از آن در نرم افزارهای المان محدود (FEM) مورد تحلیل قرار می گیرد. براساس سطح طراحی (اولیه ، جزئیات و...) دقتهای مورد نیاز جهت تحلیل متفاوت می باشد و به همین خاطر جزئیات طراحی شده هم متفاوت می باشد.

همیشه در مدلسازی و اعمال شرایط تکیه گاهی و بارگذاری ، ساده سازی هایی انجام می شود. این ساده سازی ها اولاً می بایست معتبر بوده ثانیاً مطابق با دقت مورد نیاز در آن مرحله طراحی باشند. بطور مثال در مرحله طراحی اولیه ، جزئیات سازه ای صرفنظر شده که این ساده سازی باعث سرعت بیشتر و هزینه کمتر محاسبات می شود. از طرفی در مرحله طراحی جزئیات سازه ای ، هر جزء جداگانه و با دقت بالا مدل و محاسبه می گردد.

بنابراین آشنایی طراحان کشتی با روشها و مدلهای مختلف محاسباتی و مزایا و معایب هر کدام امری ضروری است. بر این اساس ابتدا مدلهای محاسباتی مختلف در سازه کشتی شرح داده شده و سپس به تحلیل یک قسمت از عرشه کشتی با مدلهای مختلف توسط نرم افزار ANSYS پرداخته شده است.

مدلهای محاسباتی

برای تحلیل سازه یک کشتی ، بعلت هندسه ونوع المانهای خاص می توان تنشها را در چند مرحله جداگانه محاسبه نمود و سپس با یکدیگر جمع کرد. این مراحل تحلیل سازه عبارتند از :

۱. مرحله اول ، تحلیل سطح یک ، تحلیل کلی : در این مرحله کل کشتی بصورت یک تیر شناور مدل می گردد.

۲. مرحله دوم ، تحلیل سطح دو ، تحلیل منطقه ای : یک قسمت از کشتی تحلیل می شود. بسته به ابزار در دسترس و وقت و هزینه می توان از مدلهای زیر برای این تحلیل استفاده کرد :

الف . مدل انبار : کل المانهای سازه ای در طول یک یا چند انبار مدل می شود.

ب. مدلهای شبکه : المانهای تیر در قسمتی از سازه کشتی نظیر عرشه یا کف مدل می شوند.

پ. مدلهای قاب فریم : یک فریم عرضی کشتی جداگانه مدل می شود.

www.SID.ir

Archvie of SID

۳. مرحله سوم ، تحلیل سطح سه ، تحلیل محلی : یک قسمت شامل ورق و تیرچه ها مدل می شوند.

در تحلیل سطح دو با کمک مدل انبار ، ورقها ، تیرچه ها و شاه تیرها تماماً در طول یک یا چند انبار باید در نظر گرفته شوند. در این مورد برای مدل سازی از دو نوع المان تیر (Beam) و المان صفحه (Shell) می توان استفاده نمود که در حالتهای مختلف می توان این دو المان را باهم ترکیب کرد. نوع ترکیب این دو المان مدلهای مختلف محاسباتی را جهت تحلیل سازه ایجاد می نماید که بهترین حالت آن ، از نظر زمان مدلسازی و تحلیل بهینه شده است.

مهمترین عنصر در سازه مدل انبارها ، تیرهای طولی به همراه ورق چسبیده به آن می باشد که برای مدل کردن این عنصر ۵ مدل محاسباتی مختلف می توان درنظر گرفت :

۱. مدل صفحه : مدل کردن کل عنصر با المان صفحه ای
۲. مدل بال تیر _ صفحه : مدل کردن بال تیر طولی با المان تیر و جان و ورق متصل به آن با المان صفحه
۳. مدل تیر _ صفحه : مدل کردن تیر طولی با المان تیر و ورق متصل به تیر با المان صفحه
۴. مدل صفحه با ضخامت معادل : مدل کردن ورق با المان صفحه و اضافه کردن ضخامت آن به جای در نظر گرفتن تیر طولی . در شکل شماره ۱ نحوه ساده سازی در این مدل دیده می شود.
۵. مدل تیر : مدل کردن کل عنصر با المان تیر

مدلهای محاسباتی فوق بر اساس سادگی مدلسازی از مشکل به آسان مرتب شده اند. مدل اول کاملترین مدل با بیشترین دقت می باشد که نیاز به صرف زمان بیشتر برای مدل سازی دارد. البته این پیچیدگی می تواند منشاء اشتباه نیز باشد. مدل آخر از نظر مدل سازی ساده ترین حالت می باشد.

در ادامه به بررسی نتایج هریک از این مدلها می پردازیم.

تحلیل یک قسمت از سازه یک کشتی به کمک مدلهای محاسباتی

به منظور مقایسه مدلهای فوق ، دو نوع تیر طولی ، متقارن و نامتقارن ، در ساختمان عرشه یک فروند لندینگ کرافت ۲۰۰۰ تنی در نظر گرفته شده است. تیرهای طولی با ابعاد (mm) ۱۰×۱۰۰×۳۵۰

www.SID.ir

Archvie of SID

بصورت L و T با طول ۹ متر در فاصله بین دو بالک هد عرضی قرار دارند. عرض مؤثر ورق (mm) ۷۱۰ و ضخامت آن (mm) ۱۲ می باشد. شرایط تکیه گاهی در دو انتهای تیر کاملاً گیردار فرض شده و بار عمودی معادل (KN/m) ۱۰ بر طول تیر وارد می شود.

مدلهای محاسباتی در نرم افزار ANSYS مدلسازی شده و مورد بررسی قرار می گیرند. بدین منظور از زبان برنامه نویسی این نرم افزار (APDL) استفاده شده است. المانهای مورد استفاده برای مدلسازی ، Beam44 و Shell63 می باشد. خروجی تنشهای المان Beam44 شامل تنش محوری (SDIR) و تنشهای خمشی بالا و پایین هریک از محورهای مقطع المان (SBYTوSBYB وSBZT وSBZB) می باشد. خروجی های تنشهای گرهی در المان Shell63 شامل تنشها در جهات محورها (SZوSY وSX) و تنشهای برشی (SZYوSXY وSXZ) می باشد. خروجی های جابجایی گرهی در هر دو مورد شامل جابجایی های در جهات محورها و جابجایی های زاویه ای حول محورها می باشد.

مدلهای ساخته شده شرایط کاملاً مشابه دارند تا قابل قیاس باشند. برای مقایسه مدلها با یکدیگر تنش و جابجایی هریک از مدلها در وسط طول آنها بدست آمده است.

در شکلهای شماره ۲ تا ۶ مدلهای ساخته شده برای T Bar بصورت تمرکز روی المانها و گرههای نزدیک وسط طول آورده شده است. شماره المانها و گرهها در شکلها مشخص می باشد که در هنگام مقایسه نتایج باید به آن دقت کرد.

در ادامه تنش طولی ایجاد شده در نقاط نشان داده شده در شکل شماره ۷ برای دو نوع تیر در جداول شماره ۱ تا ۴ آورده شده است .

جدول ۱ . تنشهای طولی نقاط مختلف مدلهای محاسباتی تیر نوع T

مدل محاسباتی	صفحه	بال تیر- صفحه		تیر- صفحه		صفحه با ضخامت معادل		تیر	
نقطه	تنش طولی	تنش طولی	درصد خطا	تنش طولی	درصد خطا	تنش طولی	درصد خطا	تنش طولی	درصد خطا
1	-8920.00	-9080.00	1.79	-8470.00	5.04	-604000.00	6671.30	-9760.00	9.42
2	34100.00	33200.00	2.64	35000.00	2.64	601000.00	1662.46	34700.00	1.76
3	-8370.00	-8640.00	3.23	-9010.00	7.65				
4	32700.00	34700.00	6.12						

www.SID.ir

Archvie of SID

جدول ۲ . جابجاییهای عمودی نقاط مختلف مدلهای محاسباتی تیر نوع T

تیر		صفحه با ضخامت معادل		تیر- صفحه		بال تیر- صفحه		صفحه	مدل محاسباتی
درصد خطا	جابجایی عمودی	درصد خطا	جابجایی عمودی	درصد خطا	جابجایی عمودی	درصد خطا	جابجایی عمودی	جابجایی عمودی	نقطه
		38848.43	1.66E-03	1.25	4.20E-06	4.20	4.43E-06	4.25E-06	1
5.29	3.17E-06	49303.07	1.65E-03	1.59	3.29E-06	5.36	3.52E-06	3.34E-06	2

جدول ۳ . تنشهای طولی نقاط مختلف مدلهای محاسباتی تیر نوع L

	تیر	صفحه با ضخامت معادل		تیر- صفحه		بال تیر- صفحه		صفحه	مدل محاسباتی
درصد خطا	تنش طولی	درصد خطا	تنش طولی	درصد خطا	تنش طولی	درصد خطا	تنش طولی	تنش طولی	نقطه
14.11	3.47E+04	1387.62	6.01E+05	13.12	3.51E+04	5.82	3.81E+04	4.04E+04	1
20.00	-9.76E+03	4850.82	-6.04E+05	19.92	-9.77E+03	42.95	-6.96E+03	-1.22E+04	2
				12.25	-2.65E+03	2.65	-3.10E+03	-3.02E+03	3
				24.85	-8.24E+03	71.21	-1.13E+04	-6.60E+03	4
				17.04	-7.69E+03	3.56	-8.94E+03	-9.27E+03	5
				15.93	-9.24E+03	4.52	-8.33E+03	-7.97E+03	6
						50.67	2.26E+04	1.50E+04	7
						39.08	2.42E+04	1.74E+04	8

جدول ۴ . جابجاییهای عمودی نقاط مختلف مدلهای محاسباتی تیر نوع L

تیر		صفحه با ضخامت معادل		تیر- صفحه		بال تیر- صفحه		صفحه	مدل محاسباتی
درصد خطا	جابجایی عمودی	درصد خطا	جابجایی عمودی	درصد خطا	جابجایی عمودی	درصد خطا	جابجایی عمودی	جابجایی عمودی	نقطه
		68501.72	1.66E-03	274.44	4.23E-06	254.16	3.73E-06	-2.42E-06	4,5
18.88	3.17E-06	42212.03	1.65E-03	15.58	3.29E-06	130.36	8.99E-06	3.90E-06	3
		13645.02	1.66E-03	65.27	4.19E-06	68.95	3.74E-06	1.21E-05	2,6
						91.72	3.22E-07	3.89E-06	1
								5.94E-06	7,8

با توجه به اینکه مدل صفحه کاملترین نوع مدل محاسباتی می باشد نتایج بقیه مدلهای محاسباتی با این مدل مقایسه شده است.

نتیجه گیری

با توجه به جداول ۱ تا ۴ مشاهده می گردد که در حالت کلی مدل محاسباتی صفحه با ضخامت معادل دقت خوبی نداشته و به همین دلیل استفاده از این نوع مدل محاسباتی برای ساده سازی توصیه نمی شود.

www.SID.ir

Archvie of SID

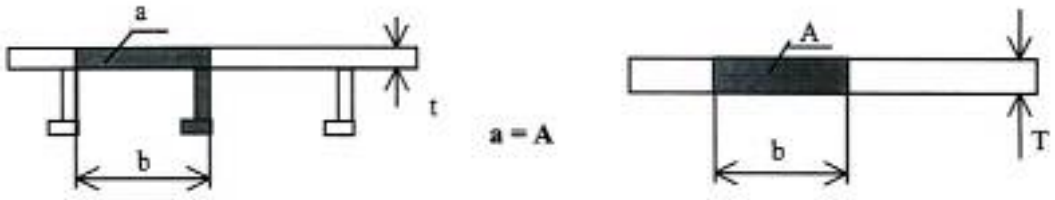
در مورد ۳ مدل محاسباتی دیگر (تیر- صفحه ، بال تیر – صفحه و تیر) هر ۳ دقت خوبی داشته و میتوان از این ساده سازی ها استفاده کرد. با توجه به سادگی مدل محاسباتی تیر در حالت ترکیبی در مدل انبار این مدل محاسباتی توصیه می شود. اما اگر جزیئات بیشتری نظیر تنشهای ثانویه و ... مورد نظر باشد مدل محاسباتی تیر- صفحه و سپس مدل محاسباتی بال تیر- صفحه پیشنهاد می شود.

در حالتی که مدل تقارن محوری نداشته باشد و جزئیات بیشتری از تنشها و جابجاییها مورد نظر باشد مدلهای محاسباتی تیر و تیر- صفحه بخاطر در نظر نگرفتن اعوجاجهای ناشی از نامتقارن بودن مدل مناسب نمی باشد.

به لحاظ پیچیدگی کار در ایجاد مدل یک قسمت یا کل کشتی ، به ترتیب مدل تیر ، مدل تیر- صفحه ، مدل بال تیر صفحه و مدل صفحه پیشنهاد می شود. در صورتیکه جزئیات نتایج اولویت بیشتری نسبت به سادگی مدل داشته باشد این ترتیب عکس می شود.

در مواردی که سرعت عمل برای انجام محاسبات مهم می باشد نظیر تعمیر قسمتی از کشتی ، استفاده از مدل محاسباتی تیر جهت تحلیل ، با صرف زمان کمتر و دقت مناسب توصیه می شود. اما در مواردی که دقت اهمیت بیشتری دارد نظیر کشتی های نظامی استفاده از مدل محاسباتی صفحه بخاطر در نظر گرفتن جزئیات بیشتر پیشنهاد می شود.

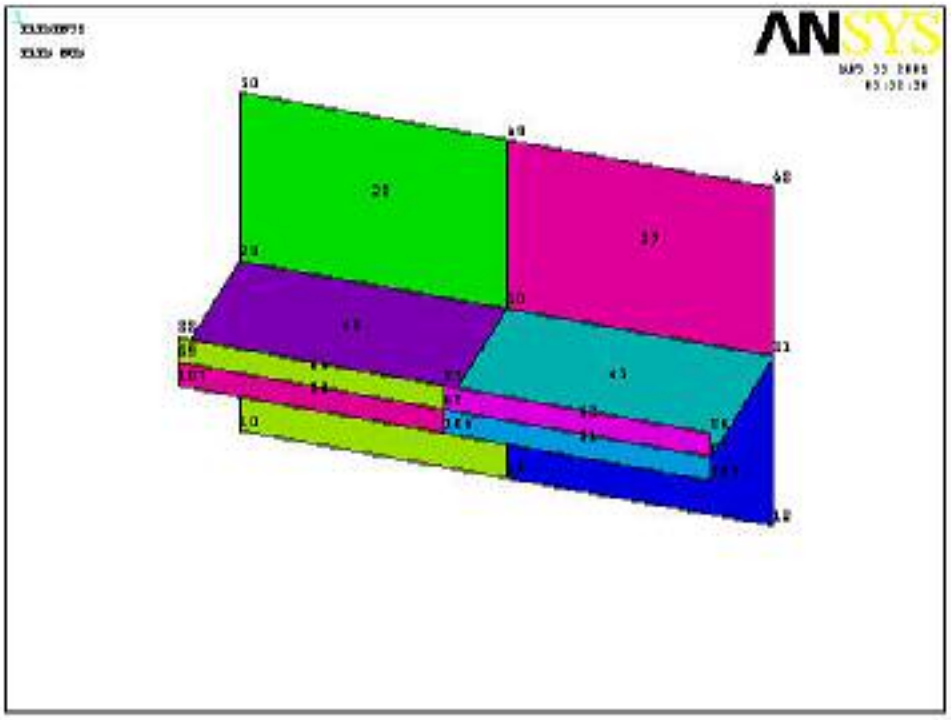
در ادامه کار می توان به بررسی این موضوع در مورد تیرهای عرضی و تعمیم این بررسی به حالتهای دیگر (کشتی های مختلف ، تیرهای با طول متفاوت و ...)پرداخت.



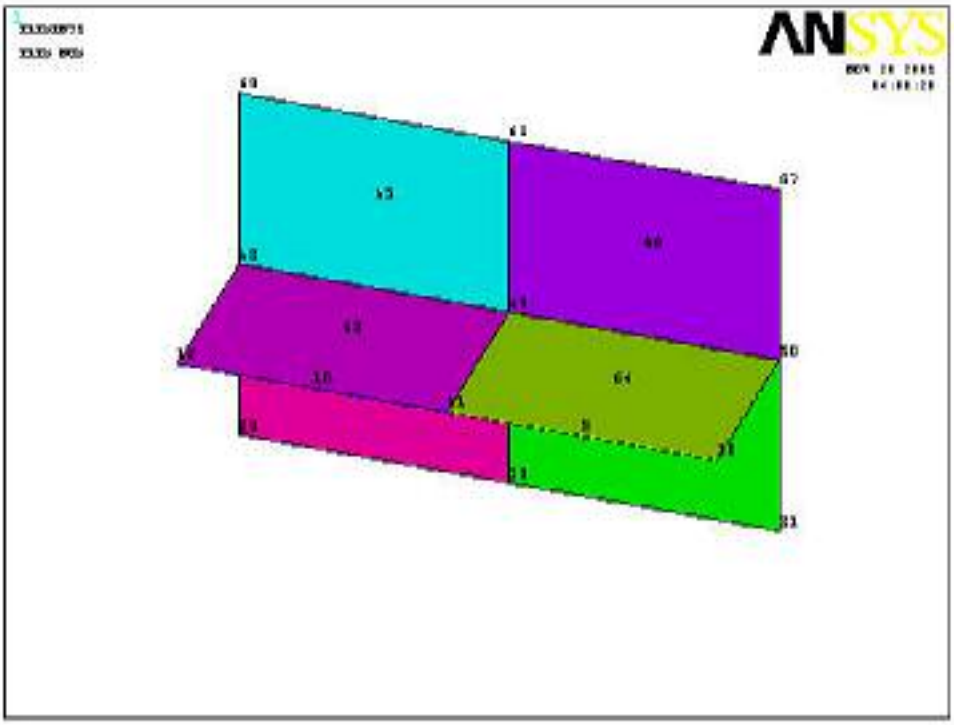
شکل ۱. مدل صفحه با ضخامت معادل

www.SID.ir

Archvie of SID



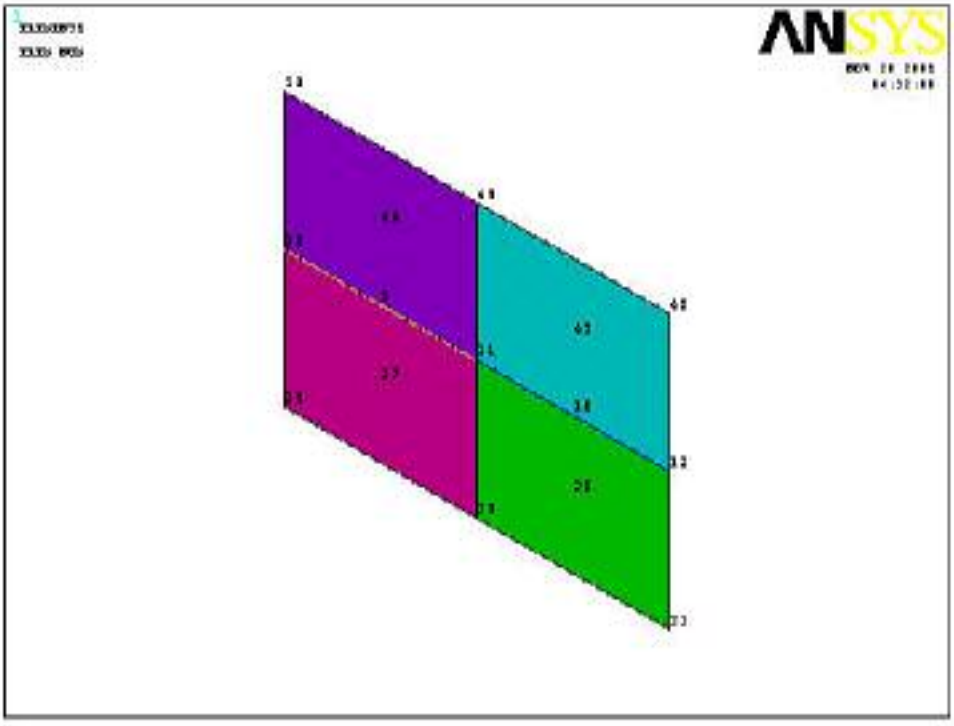
شکل ۲. مدل محاسباتی صفحه



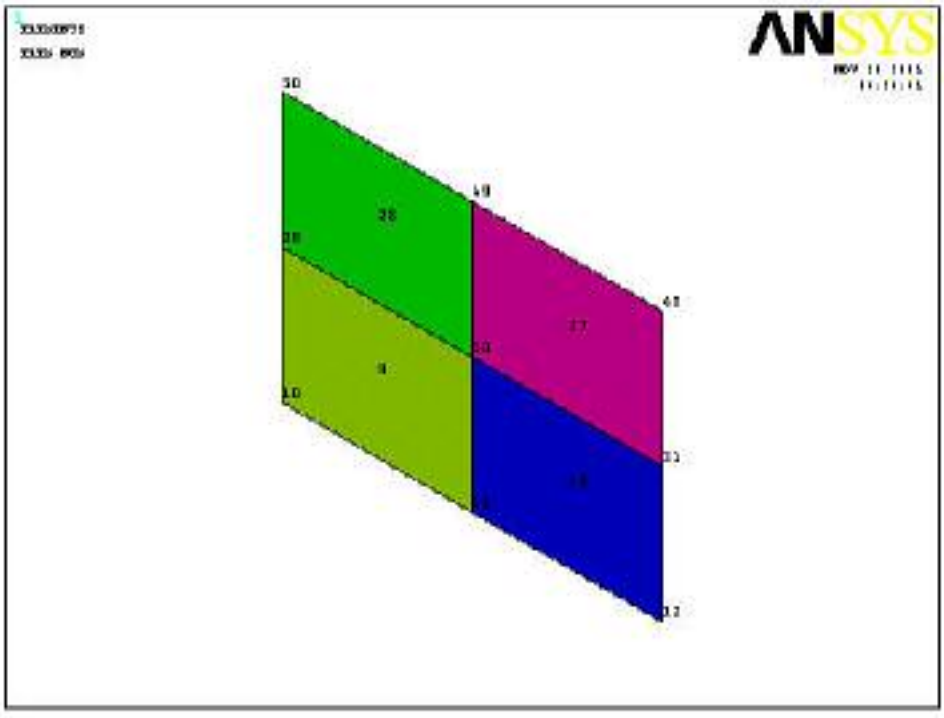
شکل ۳. مدل محاسباتی بال تیر _ صفحه

www.SID.ir

Archvie of SID



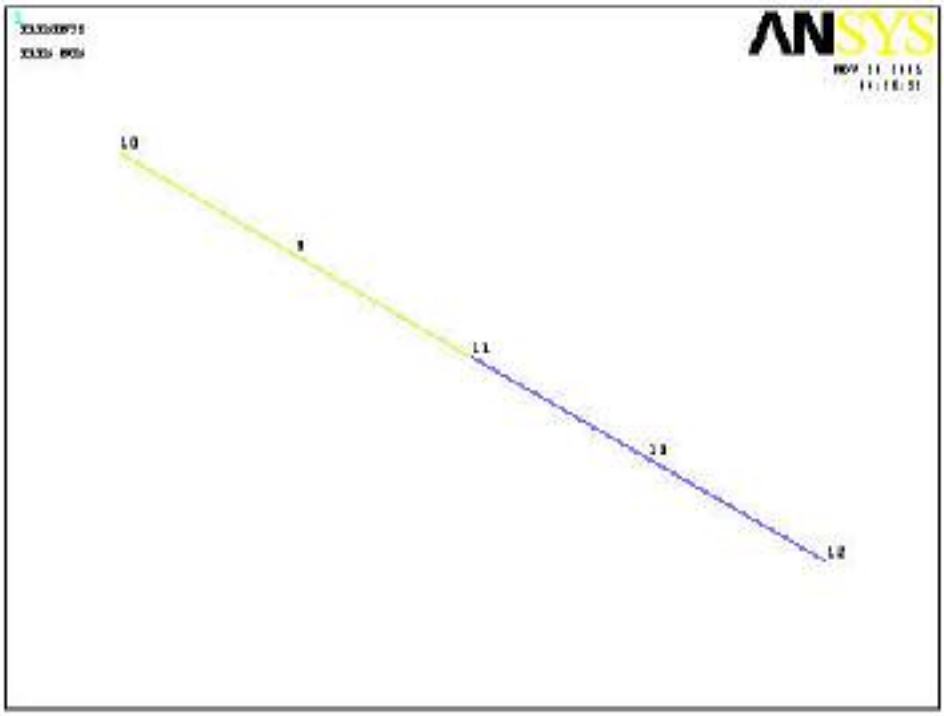
شکل ۴. مدل محاسباتی تیر _ صفحه



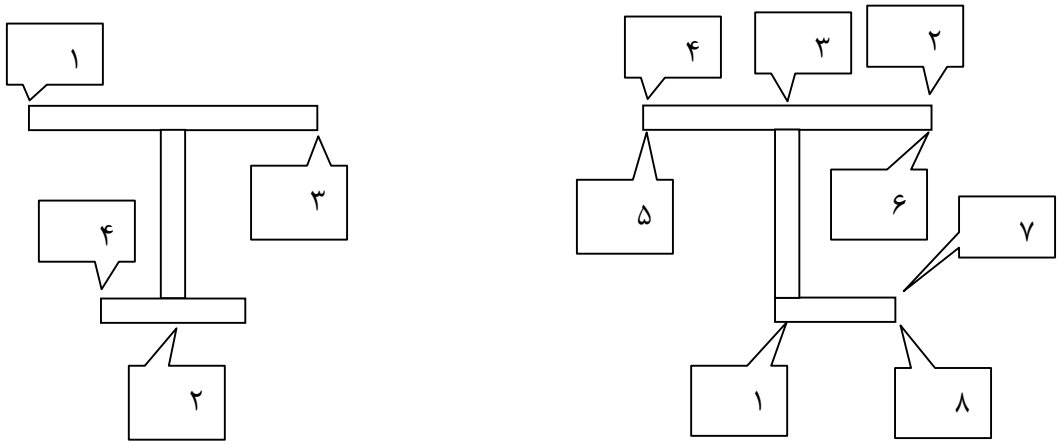
شکل ۵. مدل محاسباتی صفحه با ضخامت معادل

www.SID.ir

Archvie of SID



شکل ۶. مدل محاسباتی تیر



شکل ۷ . نقاط مورد بررسی در دو نوع تیر

مراجع

1. “ANSYS Help” , version :8
2. M. Rozbicki , “THE PRELIMINARY FINITE ELEMENT MODELLING OF A FULL SHIP”, Int. Shipbuild. Progr., **48**, no. 2 , 2001
3. G L PROGRAM RULE , “Modelling the Structure “ CH1/SEC2 , 2001

www.SID.ir