



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی





نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی  
**ICOPMAS 2010**  
 10-8 آذر ماه ( تهران )



## بررسی تاثیر سخت کننده‌ها بر رفتار خستگی اتصالات جوشی سکوی ثابت شابلونی تحت اثر امواج و جریان های دریایی

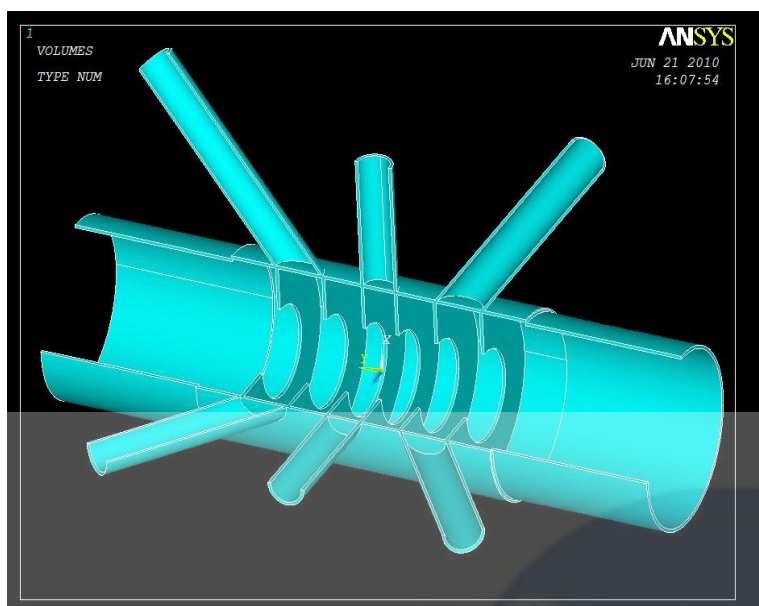
محمد یوردخانی ، دانشجوی کارشناس ارشد ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، [mohammad\\_yurdkhani@yahoo.com](mailto:mohammad_yurdkhani@yahoo.com)

مهدی ایرانمنش ، دانشیار ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، [imehdi@aut.ac.ir](mailto:imehdi@aut.ac.ir)

کلید واژه: سکوهای ثابت شابلونی، اتصالات لوله‌ای، سخت کننده‌های داخلی، المان محدود

### 1- مقدمه

پدیده خستگی در سکوهای دریایی از جمله مهمترین مسائل این سازه‌ها می‌باشد که حدودا 35 درصد هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سکو را به خود اختصاص می‌دهد [1]. سازه‌های فلزی جکت که برای استخراج نفت و گاز بکار می‌روند معمولا از اعضای فلزی لوله‌ای شکل تشکیل شده‌اند که توسط جوش به هم متصل می‌شوند. اتصالات جوشی ممکن است باعث افزایش تمرکز تنش شده که به شدت بر روی عمر خستگی اتصال اثر می‌گذارد. برای سازه‌های فراساحل که در معرض بارهای دینامیکی قابل ملاحظه موج می‌باشند، خستگی در بسیاری از موارد ملاک طراحی است. امروزه با توجه به گسترش نیازهای بشر به منابع انرژی، مخصوصا منابع نفتی، استفاده از انواع سکوهای دریایی برای کشورها بسیار حائز اهمیت است. سازه‌های لوله‌ای جوش شده، بصورت متداول در سکوهای ثابت شابلونی استفاده می‌شوند. این سازه‌ها به شدت مستعد شکست حاصل از خستگی (fatigue) بدلیل تمرکز تنش در اتصالات جوش شده و بارگذاری سیکلی هستند. بکاربردن حلقه‌های داخلی سخت کننده (stiffener) در اعضای اصلی می‌تواند بطور موثری موجب کاهش تمرکز تنش در اتصالات سازه‌های فلزی جکت و در نهایت افزایش عمر خستگی سازه شود. تحقیقات نسبتا کمی روی رینگ‌های تقویت کننده اتصالات صورت گرفته است و نتایج معمولا محدود به بررسی‌های آزمایشگاهی است که به سالهای پیش بر می‌گردد. در این تحقیق، از نرم افزار ANSYS جهت تحلیل سازه استفاده شده است و سکوی مورد نظر همراه با تمام اتصالاتش به دو صورت همراه با سخت کننده و بدون سخت کننده مورد بررسی قرار گرفته است. در طراحی‌های امروزی از این عمل اجتناب می‌گردد، چون شناسایی آسیب حاصل از خستگی در هر سخت کننده مشکل است. با اینحال، هنوز اتصالات فراوانی از سکوهای دریایی در سراسر جهان همراه با سخت کننده اجرا می‌شوند. در شکل 1 نحوه بکار بردن این رینگ‌ها در مدل آورده شده است.



شکل 1) طرز قرار گیری سخت کننده‌ها

توصیه شده نسبت ضخامت سخت کننده به ضخامت عضو اصلی حدود  $0/75$  و همچنین نسبت عمق سخت کننده به قطر عضو اصلی حدود  $0/2$  باشد. [1]

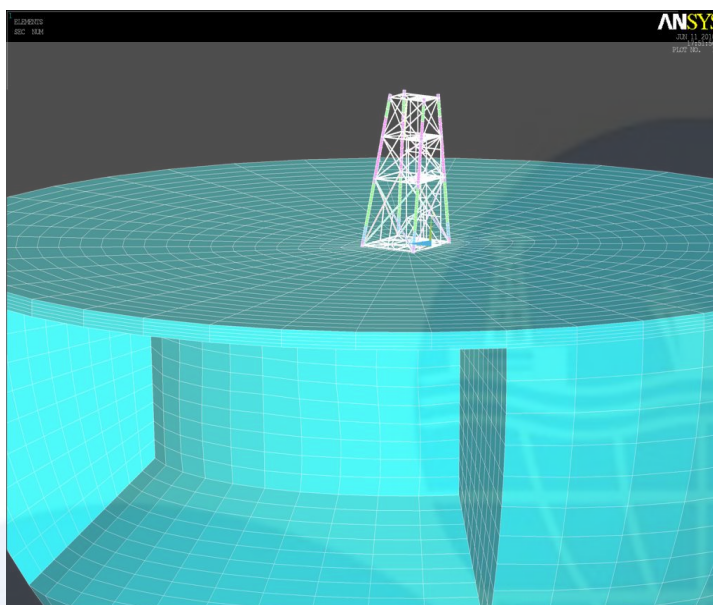
## 2- مشخصات سکوی مدل شده

در این مقاله سکوی ثابت شابلونی SPD16 که در میدان نفتی پارس جنوبی در خلیج فارس قرار دارد مورد مطالعه قرار گرفته است. عمق آب در محل مورد نظر  $64/680$  متر می‌باشد. اعضا در سازه جاکت لوله‌ای بوده و بگونه‌ای طراحی شده‌اند که تحت بارهای با دوره بازگشت  $100$  سال تنش کمیتر از حد مجاز  $34.5\text{MPa}$  داشته باشند. اعضای افقی و بادبندها بطور کلی قطری کوچکتر از  $90$  سانتیمتر دارند. وزن مخصوص کلیه اعضا برابر با وزن مخصوص فولاد  $7850\text{ kg/m}^3$  در نظر گرفته شده است. وزن مخصوص، مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری گروت بکار رفته بین پایه و شمع‌ها بترتیب برابر  $1980\text{ kg/m}^3$ ,  $19000\text{ N/mm}^2$ ,  $17.25\text{ N/mm}^2$  می‌باشد. سکوی مورد نظر در محیطی با ماسه متراکم قرار گرفته است. بنابراین از وزن مخصوص متراکم  $2000 - 2100$  کیلوگرم در هر متر مکعب استفاده شد. از آنجا که جنس لایه‌های خاک، ماسه‌ای می‌باشد لذا ضریب چسبندگی خاک نزدیک به صفر بوده و در این پروژه نیز مقدار ایده‌آل آن یعنی صفر منظور شده است. ضریب اصطکاک  $\phi$ ،  $35$  در نظر گرفته شده است. ضریب الاستیسیته خاک‌های ماسه‌ای متراکم در حدود  $6/1 \times 10^6$  کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. ضریب پواسون در حالت کلی و حد نهایی یعنی  $0/5$  می‌باشد. پارامتر دیگر ضریب استهلاک می‌باشد که در محیط خاک مقدار  $0/03$  لحاظ شده است. جهت مدل‌سازی مطابق با واقعیت، داده‌های محیطی از مشخصات سکوی داده شده در مناطق نفتی پارس جنوبی استفاده شده است. ارتفاع موج ماکزیمم به همراه دوره تناوب مربوطه، سرعت باد و مشخصات جریان با دوره بازگشت های  $1$  و  $100$  ساله در جدول 1 داده شده است.

جدول 1) شرایط محیطی دریای در محل سکو

متغیر	واحد	دوره بازگشت (یک ساله)	دوره بازگشت (صد ساله)
سرعت جریان در سطح آب	متر بر ثانیه	0.9	1.28
سرعت جریان در بستر دریا	متر بر ثانیه	0.62	0.71
ارتفاع موج حداکثر	متر	6.7	12.2
پریود موج حداکثر	ثانیه	8.6	11

از المان‌های Solid95 جهت مدلسازی محیط خاک استفاده شده است، چون مدل خاک در این پروژه به فرم نیم کره می‌باشد و المان 95 solid بسیار مناسب برای مش‌بندی اشکال انحنا دار و نامنظم است. از المان‌های pipe59 و pipe20 به ترتیب جهت مدلسازی عناصر لوله‌ای پایه‌های سکو در داخل آب (به حالت مستغرق) و در بیرون آب مورد استفاده قرار گرفته است. برای در نظر گرفتن عملکرد شمعی درون بستر دریا، رفتار شمعی بصورت یک عضو خمشی مدل شده است، که یک انتهای آن در کف دریا و انتهای دیگر آن در عمقی برابر 2/5 الی 10 برابر قطر شمعیها در زیر خط گل‌گیردار شده است. [6] این رفتار توسط المان beam4 مدل شده است. جرم عرشه سکو نیز با استفاده از المان Mass21 مدلسازی شده است. در شکل 2 نمایی از مدل سکو spd16 نشان داده شده است.



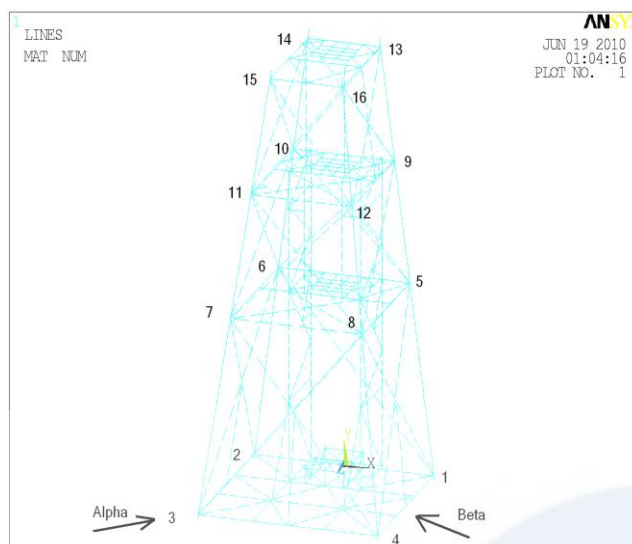
شکل 2) مدل سکوی SPD16

#### 4- مطالعات پارامتری رفتار دینامیکی سکو

نیروی افقی که امواج بر یک عضو استوانه‌ای وارد می‌کنند شامل دو قسمت است. یک بخش شامل نیروی درگ حاصل از انرژی جنبشی ذرات آب و بخش دیگر نیروی اینرسی حاصل از شتاب ذرات آب است. این نیروها در واحد طول عضو با استفاده از رابطه موریسون محاسبه شده است. سرعت و شتاب ذرات آب تابعی از ارتفاع موج  $H$ ، فرکانس موج  $f$ ، عمق آب  $d$  و ارتفاع ذره از کف دریا  $Z$  و زمان  $t$  می‌باشد. از تئوری غیرخطی مرتبه پنجم استوکس در حل معادله دیفرانسیل حاکم بر رفتار ذرات آب استفاده شده است.

#### 5- جهت‌های برخورد موج و جریان با سکو

موج همراه با جریان در 4 جهت  $\alpha$  و  $\beta$  و  $X$  و  $Z$  مطابق شکل 3 به سازه برخورد می‌کند.



شکل 3) جهت‌های برخورد موج و جریان با سکو

برای طراحی خستگی اتصالات لوله‌ای، روش تنش نقطه حاد، روشی کارآمد و معمول است. در این روش مقدار تنش اسمی (Nominal Stress) در اعضای منتهی به اتصال را در ضریبی مناسب که به آن ضریب تمرکز تنش (Stress Concentration Factor : SCF) گفته می‌شود ضرب می‌کنند که در نتیجه تنش نقطه حاد (Hot Spot Stress)، بدست می‌آید. در نهایت تنش نقطه حاد بدست آمده در منحنی S-N مناسب منظور شده و عمر خرابی مربوط بدست می‌آید. پس هر چه ضریب تمرکز تنش کمتر باشد، تنش نقطه حاد کمتر خواهد بود و نتیجتاً با توجه به منحنی S-N، عمر خستگی اتصال بیشتر می‌شود. در این تحقیق ضرایب تمرکز تنش در اتصالات در دو حالت همراه سخت کننده و بدون سخت وقتی که موج به همراه جریان در جهت آلفا به سکو برخورد می‌کند مقایسه شده است. ضرایب تمرکز تنش در اتصالات بصورت جدول 2 می‌باشد.

جدول 2) ضرایب تمرکز تنش در اتصالات سکو

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SCF با سخت کننده	4.991	1.115	4.776	4.763	4.618	4.626	2.474	3.394	4.642	4.854	2.234	2.674	4.749	4.834	3.415	3.334
SCF بدون سخت کننده	8.431	3.102	8.845	6.821	8.534	7.618	4.014	5.513	7.677	8.359	4.111	4.938	8.732	8.377	6.166	6.014

### 6- ارزیابی صحت مدل‌سازی عناصر محدود

به منظور ارزیابی روش بکار گرفته شده و ابزاری که برای تحلیل اجزای محدود استفاده شده است، باید نتایج حاصل از تحلیل با این ابزار را با نتایج آزمایشگاهی معتبر مقایسه کنیم.

جدول 3) ضرایب تمرکز تنش در اتصالات (آزمایشگاهی)

	عضو اصلی		عضو فرعی		سخت کننده		زاویه	تنش ماکزیمم MPa	SCF
	قطر (mm)	ضخامت (mm)	قطر (mm)	ضخامت (mm)	ضخامت (mm)	عرض (mm)			
YS1	324	12	219	8/18	75	12	60	204	3/21
YUS1	324	12	219	8/18	-	-	60	175	6/36

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان می دهد که نه تنها استفاده از سخت کننده های حلقوی باعث کاهش تمرکز تنش و در نتیجه افزایش عمر خستگی اتصالات سازه می شود، بلکه مقاومت اتصال را نیز افزایش می دهد و مد غالب تغییر شکل اتصال را از برش پانچ به خمش تغییر می دهد.

8- مراجع

- [1]- P.Gandhi, D.S. Ramachandra Murthy, G. Raghava, A.G. Madhava Rao, (2000), "Fatigue crack growth in stiffened steel tubular joints in seawater environment", Engineering Structures 22 1390-1400.
- [2]- Marcus M.K.Lee, Arwel Llewelyn-Parry, (2005) "Strength prediction for ring-stiffened DT-joint in offshore jacket structure", Engineering Structures 27 421-430
- [3]- T.S. Thandavamoorthy, (2003), "Experimental Investigation on Internally Ring-stiffened joints of Offshore Platforms", IE (I) Journal-CV 86-90.
- [4]-K.Rama Raju, M.N.Keshava Rao, "Elastoplastic behaviour of unstiffened and stiffened steel tubular T-joints, 2000.
- [5]- Marcus M.K.Lee, Arwel Llewelyn-Parry, "Strength of ring-stiffened tubular T-joint in offshore structures", Journal of Construction Steel Research 51 . 239-264,1999.
- [6]- Zienkiewicz, O.C., Lewis, R.W ., Stagg, K.G., Numerical Methods in Offshore Engineering, John Wily, Ltd., London, 1978.
- [7]- Fricke, W,"Fatigue analysis of welded joints: State of development, J. Marine Structures, P.P.185-200,2007.

