Archive OF SID

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

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی رفتار خستگی اتصالات لوله‌ای سکوی ثابت شابلونی تحت اثر امواج و جریانات دریائی

محمود رضا اکبرپورجنت
دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های دریائی
دانشگاه صنعتی سهند تبریز

احمدرضا مصطفی قره باغی
استادیاردانشکده مهندسی عمران
دانشگاه صنعتی سهندتبریز

محمدرضا امامی آزادی
استادیاردانشکده مهندسی عمران
دانشگاه صنعتی سهند تبریز

۱- مقدمه :

امروزه مقاطع لوله‌ای فلزی توخالی ، بصورت گسترده‌ای در سازه‌های فراساحلی همانند سکوهای جاکت ، بکارگرفته می‌شوند . دراین نوع سازه‌ها ، مقاطع لوله‌ای توسط جوش در یک یا دو طرف اعضای فرعی (brace) به عضو اصلی (chord) متصل می‌شوند . بررسی رفتار اینچنین اتصالات جوشی ، علی رغم شکل‌ساده آنها ، مشکل و پیچیده است . آنالیز وطراحی اتصالات لوله‌ای در چند دهه اخیر مورد توجه فراوان محققان قرارگرفته است بطوریکه مطالعات فراوانی توسط افرادی از قبیل van der Valk [۱۹۹۱] ، Healy [۱۹۹۴] ، van der Vegte [۱۹۹۵] ، Lee and Wilmshurst [۱۹۹۶] ، Lee et al [۱۹۹۵] ، Dexter et al [۱۹۹۶] ، انجام گرفته است ، چرا که طراحی مطمئن یک سکوی فولادی ، نهایتا به استحکام‌کافی اتصالات بین المانهای لوله‌ای آن بستگی خواهد داشت . با توجه به اینکه این اتصالات تحت بارهای نوسانی قرار دارند با استفاده از روشهای مختلفی میتوان استحکام المانها را از نظر خستگی بررسی کرد و نهایتا طرح مناسبی را در نظر گرفت . اما برای طراحی خستگی اتصالات ، معیارهای زیادی را بایستی مد نظر قرار داد ، چرا که این قسمتها تحت تمرکز تنش قراوان قرار داشته بطوریکه این تنشها گاهی در حدود ۲۰ برابر تنش محلی شده است ، همچنین وجود نواقص احتمالی در جوشکاری و یا دیگر روشهای اتصال ، باعث تسریع در این امر میگردد . همچنین آنها می توانند منشا بوجود آمدن ترک نیز باشند . در حال حاضر، مهمترین عامل بوجود آمدن گسیختگی در سازه های دریائی ، بوجود آمدن خستگی همراه با خوردگی در اتصالات فوق است . عامل بوجود آمدن خستگی ، توسعه تدریجی نواقص موجود در فلز بر اثر بارهای نوسانی وارد بر آن از جمله بارهای ناشی از امواج دریا میباشند . البته نیروهای دیگری نیز باعث خستگی سازه می شوند از جمله نیروهای وارده در طول انتقال ونصب و .... ، ولی خستگی ناشی از امواج وارده از اهمیت فراوانی برخوردار است .

در این مقاله ، برای بررسی مساله خستگی در اتصالات لوله‌ای سکوی شابلونی ، نیروهای امواج بر روی سکوی مورد نظر اعمال شده ، سپس آنالیزهای دینامیکی بر روی سازه انجام گردیده است . با آنالیز دینامیکی سازه و تعیین اتصال بحرانی ، الگوی بارگذاری در اتصال بدست آمده ، سپس آنالیز خستگی بر روی اتصال مذکور انجام گرفته و ضریب کاربری (usage factor) مربوط به این اتصال بحرانی بدست می آید . در ادامه کار گرافهای S-N مربوط به اتصالات بحرانی سکو ارائه خواهد گردید.

۲-رفتار سکوهای ثابت در محیط دریا :

همچنانکه گفته شد ، سکوهای دریائی تحت تاثیر عوامل محیطی زیادی از قبیل باد ، امواج، جریانها ، زلزله قرار دارند . در این میان ، امواج از جمله نیروهای تناوبی مهم می باشند که بر سازه اثر کرده و در نتیجه یک تنش تناوبی در سازه ایجاد میگردد . این تنش تناوبی در سازه میتواند منجربه مسا له خستگی در سازه گردد . با وقوع خستگی در سازه ، ترکهای ریزی در سازه ایجاد می شود که بتدریج این ترکها گسترش یافته و باعث کاهش باربری سازه می گردد . این کاهش باربری سازه میتواند تا حّدی پیش رود که سازه دیگر نتواند باری را تحمل کند و در این مرحله است که خرابی سازه اتفاق می افتد . در سکوهای دریائی شابلونی ، خستگی اغلب در نقاط حساسی از جمله اتصالات لوله ای اتفاق می افتد . در این مناطق ، به علت ایجاد تمرکز تنش ، مساله خستگی از اهمیت زیادی برخوردار است . بنابراین هر اتصال سکو و در نتیجه هر سازه سکو ، دارای یک عمر خستگی چندین ساله است که می بایست بزرگتر یا مساوی عمر مفید طراحی باشد . مسا له خستگی در اتصالات سکو های دریائی به پارامترهای مختلفی همچون بارگذاری محیطی مخصوصا بار موج ، ضرائب تمرکز تنش ، منحنی S-N و روشهای جوشکاری و ساخت بستگی دارد . برای بررسی هر یک از پارامترهای ذکر شده و در نهایت بررسی خستگی اتصال ، بایستی یکسری آنالیزهائی بر روی اتصال انجام گیرد . آنالیزهای خستگی عمدتا به دو روش ۱) روش مشخصه ، ۲) روش طیفی ، امکان پذیر است. معمولا روش مشخصه کاربردی تر از روش طیفی است .با این حال آئین نامه API [۷] فقط در موارد خاصی از قبیل عمق آب کمتر از ۱۲۲ متر ، پریود طبیعی سازه کمتر از ۳ ثانیه و .. ، روش مشخصه را برای طراحی خستگی مجاز می داند . در مطالعه صورت گرفته در این مقاله ، با توجه به مشخصات سازه و شرایط محل احداث آن ، از روش مشخصه برای آنالیزهای خستگی استفاده گردیده است . این روش ، یک روش نسبتا ساده برای محاسبه عمر خستگی می باشد . در این روش امواج با ارتفاعهای مختلف که دارای

www.SID.ir

Archive of SID

دفعات وقوع مختلف می باشد بر سازه وارد می شوند . تغییرات تنش حاصله از این ارتفاعات مختلف امواج همراه با تعداد وقوع آنها بر روی منحنی S-N برده می شود . در نهایت نسبت تعداد سیکلهائی که موج با ارتفاع خاص وارد می شود (n) به تعداد دفعات وقوع خوانده شده از روی منحنی S-N ، (N) حساب می شود . این نسبت بنام فرمول " اصل قانون تجمعی" (Palmgren-Miner) معروف است . عمر خستگی سازه ، نسبت معکوس با نسبت فوق خواهد داشت .

۲-۱-مشخصات سکوی انتخابی و شرایط محیطی برای آنالیز :

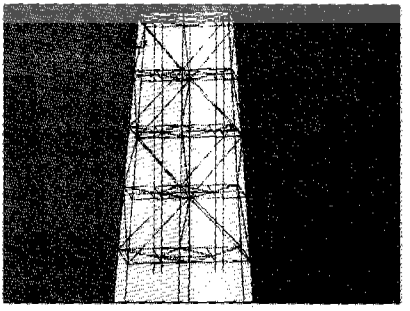
این سکو ، یک سکوی حفاری ثابت از نوع جاکت (Jacket platform) واقع در آبهای خلیج فارس می باشد . سکو دارای ۶ پایه اصلی می باشد. ارتفاع سکو تا کف دریا در حدود ۷۸/۱ متر میباشد . عمق آب دریا در محل احداث سکو نیز ۷۰/۲ متر است . ابعاد سکو در قسمت فوقانی ۱۶/۳۵ × ۲۷/۹ متر و در قسمت تحتانی ۲۳/۷۵ × ۳۸/۲ متر می باشد . حداکثر قطر لوله های بکار گرفته شده در این سازه ۱/۵۲۴ متر بوده و جرم کل سکو برابر ۴۳۳۹/۸۸۴ تن می باشد . این جرمها شامل سازه اصلی عرشه زیرین ، قسمتهای سازه ای درجه ۲ عرشه زیرین ، جرم سایر عرشه ها به غیر از عرشه زیرین ، جرم گروت (grout) ، جرم پهلوگیرها ، جرم آندها ، جرم ضربه گیرها ، جرم حلقه های هادی لوله ها (CPS guides) و سایر متعلقات می باشد که به عنوان بارهای مرده محسوب می شود . حداکثر ارتفاع موج با دوره بازگشت صد ساله ، ۱۲/۲ متر با پریود ۱۱ ثانیه می باشد در حالی که حداکثر ارتفاع امواج مشخصه بین ۳- ۰/۵ متر میبا شد . سرعت جریان آب نیز از ۰/۴ متر در ثانیه در کف دریا تا ۱/۱ متر در ثانیه در سطح آب تغییر می کند .

۲-۲- آنالیز سکو و تعیین الگوهای بارگذاری در اتصالات:

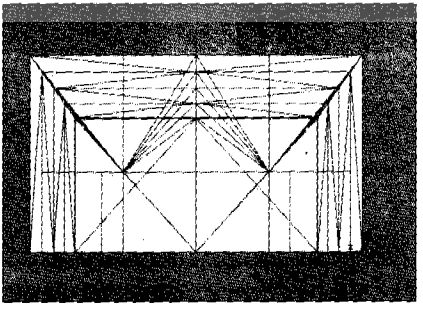
در این مرحله ، سکوی مدلسازی شده تحت اثر امواج با ارتفاعهای مختلف قرار گرفته و آنالیز می شود. در این آنالیزها ، برای محاسبه نیروهای امواج از تئوری استوکس مرتبه پنجم که در داخل بسته نرم افزاری ANSYS موجود می باشد ، استفاده گردیده است . با انجام دادن آنالیزهای دینامیکی ذکر شده ، الگوهای تنش و نیروها بدست آمده ،که در ادامه کار ، اتصال بحرانی بصورت مجزا مدلسازی شده و آنالیز خستگی بر روی آن انجام گردیده است . لازم به ذکر است که در این آنالیز ، جریانهای دریائی نیز همراه با امواج بر روی سازه اعمال شده است .

۲-۲-۱ -مدلسازی سکو:

در مدلسازی سکوی مورد نظر ، از نرم افزار ANSYS 5.5 استفاده گردیده است . به علت عظیم بودن سازه و تعدد المانها ، از یک برنامه ورودی جانبی (Batch file) و سپس فراخوان آن توسط نرم افزار ، در مدلسازی سکو، استفاده گردیده است . در این مدلسازی از المانهای لوله‌ای مختلفی همچون PIPE 59 ، PIPE 20 ، استفاده گردیده و برای جرمهای متمرکز از المان Mass 21 استفاده گردیده است . اتصالات بین المانهای لوله ای صلب در نظر گرفته شده است . همچنین از شمعهای معادل با پای گیردار در مدلسازی این سکو استفاده گردیده است . تصاویر زیر سکوی مدلسازی شده را نشان می دهد .



شکل ۱ - مدل المان محدود سکوی جاکت

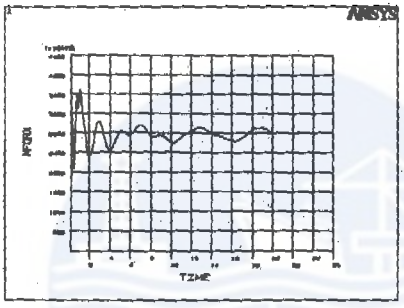


شکل ۲ - تصویر سکو در حالت دید از بالا

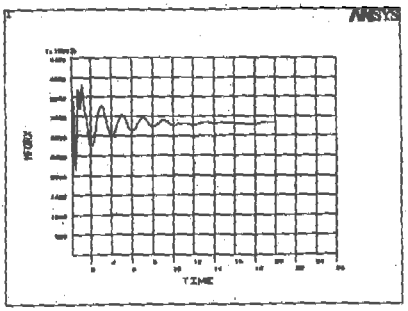
www.SID.ir

Archive of SID

همچنین برای تعیین برخی از پارامترهای مربوط به آنالیز دینامیکی ، یک آنالیز ارتعاش آزاد بر روی سازه انجام گرفته است که در نهایت ، پریود طبیعی سکوی مدلسازی شده ، ۱/۹۸۲۴ ثانیه بدست آمده است . دو نمونه از تاریخچه زمانی نیروهای محوری حاصله ، ناشی از موج با ارتفاع ۳ متر و پریود ۶ ثانیه در اعضای شماره ۳۱ و ۴۶ سکو که در قاب افقی تراز چهارم سکو بترتیب بر روی پایه های سمت راست و میانی سکوی شکل(۱) قرار دارند ، در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده‌اند :



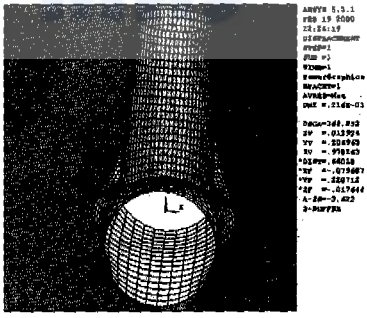
شکل ۳ : تغییرات زمانی نیروی محوری عضو شماره ۳۱



شکل ٤ : تغییرات زمانی نیروی محوری عضو شماره٤٦

۱-۲-۲-مدلسازی اتصال بحرانی :

در این بخش از مطالعات نیز ، از نرم افزار ANSYS استفاده شده و برای این منظور اتصال مورد نظر با استفاده از المـانهای پوسته ای ۴ گرهی با شش درجه آزادی در هر گره ، مدل گردیده است . برای دستیابی به یک الگوی شبکه بندی مناسب نیز که نتایج نزدیک به واقعیت را حاصل دهد ، از یک نمونه آزمایشگاهی به عنوان الگو استفاده گردید و با تغییر در شبکه بندی اتصال و کنترل تنشهای حاصله ، یک مش بندی مناسب در مقایسه با نتا یج آزمایشگاهی حاصل گردید . در کلیه تحلیلها از تنش Von mises استفاده شده است. اشکال زیر نوع مناسب مش بندی و همچنین اشکال تغییر شکل یافته و تنشها را بر روی اتصال نشان می دهد . شکل (۹) نتا یج مربوط به مش بندیهای مختلف صورت گرفته بر روی اتصال را نشان میدهد که مشاهده می گردد با افزایش تعداد المانها در محل تقاطع اعضا ، تنشها در نهایت به یک مقدار همگرا می گردد . در مراحل بعدی کار ، آنالیزهای خستگی روی اتصال بحرانی و سایر اتصالات مهم سازه ای صورت گرفته و مقدار ضریب کاربری (usage factor) مربوط به این اتصالات تعیین گردیده است .

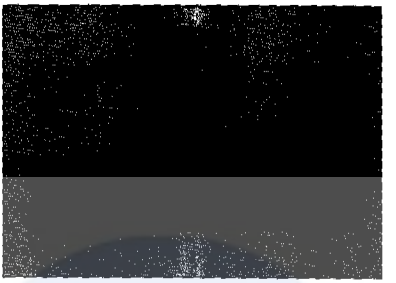


شکل ۵ : فرم تغییر شکل یافته اتصال

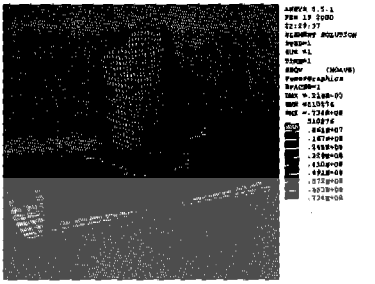
شکل ٦ : مش بندی دستی (mapped mesh)

www.SID.ir

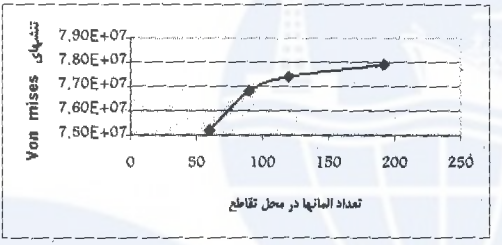
Archive of SID



شکل ۷ : مش بندی refine شده با درجه ۲



شکل ۸ : تنشهای Von mises در اتصال بصورت گرافیکی



شکل ۹ : نتایج آنالیز های صورت گرفته برای بدست آوردن مش مناسب

۳- نتیجه گیری :

در این مقاله ، با آنالیز اجزامحدودی سکوی ثابت از نوع جاکت ، الگوهای نیروهای وارده بر اتصالات مختلف سازه بدست آمده و در نهایت با اعمال این الگوهای بارگذاری بر روی اتصال بحرانی سازه ، آنالیزهای خستگی مربوطه انجام گرفته است که نتایج مربوط به گراف S-N و ضریب کاربری (usage factor) این اتصال بحرانی در مقاله تکمیلی نهائی ارائه خواهد شد . همچنین در این مطالعه ، نوع مناسب مش بندی المان محدود اتصالات برای دستیابی به ضرائب تمرکز تنش نزدیک به واقعیت ، ارائه گردیده است .

٤-مراجع:

[1] van der Valk CAC. New aspects related to the ultimate strength of tubular K-and X joints In: Proceeding of the 10th offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference ,1991, .p.417-22

[2] Healy BE. A numerical investigation in to the capacity of overlapped circular K-joints. In : Proceding of the 6 th International Symposium on tubular structures,Melborn,1994.p.563-571

[3] van der Vegte GJ. The static strength of uniplanar and multiplanar tubular T- and X joints. PhD thesis, Delft university ,1995.

[4] Lee MMK,Wilmshurst SR. A parametric study of strength of tubular multiplanar KK-joints. Journal of structural Engineering, ASCE 1996;122(8):893-904

[5] Lee MMK,Dexter EM , Kirkwood MG . Strength of moment loaded tubular T/Y joints in offshore platforms . Journal of Institution of structural Eng.1995;73(15) :239-46

[6] Dexter EM , Lee MMK , Kirkwood MG . Overlapped K joints in circular hallow sections under axial loading.Journal of offshore Mechanics and Arctic Eng,Transaction of ASME 1996;118(1):53-61

[7] Recommendation of Planning , Design and Construction of fixed offshore platforms.API-RP-2A-1989

www.SID.ir

Archive of SID

Fatigue Behavior of Pipe Connections in Fixed Jacket Platforms under Waves and Currents

Mahmoodreza Akbarpoor Jannat[1], Ahmadreza Mostafa Gharabaghi[2], Mohammadreza Emami Azadi[3]

1. MSc in Marine Structures, Tabriz Sahand Industrial University

2. Assistant Professor, Civil Engineering Faculty, Tabriz Sahand Industrial University

3. Assistant Professor, Civil Engineering Faculty, Tabriz Sahand Industrial University

Abstract

Hollow metallic pipes are popular in constructing offshore structures today, such as steel jacket platforms, and they are connected to the chords by being welded on one or both sides of the brace. Despite the simple configuration of these welded connections, analyzing their behavior is a relatively difficult and complex task, since satisfactory design of a steel platform finally depends on the sufficient strength of the connections between its pipe elements. In this research, wave forces were exerted on the target platform and dynamic analyses were then conducted on its structure in order to analyze the fatigue behavior of pipe connections on fixed jacket platforms. The dynamic analysis and determining critical connections helped achieve a loading model for the connection that was later used for a fatigue analysis and determining the usage factor. S-N graphs were also employed with regard to platform critical connections.

Keywords: steel jacket platforms, fatigue behavior, pipe connections, usage factor

www.SID.ir