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

# تحلیل غیرخطی سکوهای ثابت فلزی دریایی با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش آب، سازه و خاک

مرتضی تقی پور
استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران
غلامحسین تقی پور
بخش سازه شرکت پتروپارس
محمد حسن هدایتی
دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران

## ۱- مقدمه

آنالیزهای متداول سکوها در برابر امواج وجریان به صورت خطی می باشد که تحقیقات و نتایج کار محققان وجود خطاها و تقریب های بزرگی را بعضا در این نوع آنالیزها نشان می دهد. لذا در نظر گرفتن رفتارهای غیر خطی ضروری است. اساساً مسائل غیرخطی به دودسته غیرخطی مصالح (Material Nonlinearities) و غیرخطی هندسی (Geometric Nonlinearities) قابل تقسیم است. مسائل دسته اول معمولاً جهت محاسبه خواص غیرخطی مصالح بوده و به روابط تنش و کرنش ماده در محدوده غیر ارتجاعی مرتبط می باشد. در سکوهای دریایی معمولاً رفتار غیر خطی ناشی از خواص ماده در نظر گرفته نمی شود و در مقایسه با موضوعات دیگر از اهمیت کمتری برخوردار است[1]. وحال آن که، مسائل دسته دوم ( غیر خطی هندسی ) به طور معمول جهت محاسبه تغییر مکانهای بزرگ به کارمی رود. عموماً هنگامی که تغییر مکانها به سوی مقادیر بزرگ میل نمایند، پاسخ مصالح نیز غیر خطی می گردد.از نمونه های مسائل غیر خطی هندسی. مسائل پایداری و ترکیب خمش و تغییر شکلهای محوری در تیر های لاغر، همچنین اعضای ستونها و تیر ستونها می باشند، که ممکن است نیروی محوری بزرگ را در ترکیب با بارهای جانبی تحمل نمایند در چنین حالتهایی ماده در محدودهٔ ارتجاعی باقی مانده و رفتار غیر خطی، ناشی از تغییر در هندسه سازه تغییر شکل یافته خواهد بود.

تحلیل غیر خطی هندسی در سازه های دریایی که تحت اثر بارهای ثقلی توأم با بارهای جانبی همچون امواج، زلزله و طوفان قرار می گیرند بسیار حائز اهمیت است. زیرا در اثر اعمال بارهای جانبی ، سازه دچار تغییر شکل شده و بارهای اعمالی نیز به موقعیت جدید تغییر شکل یافته منتقل می گردند، اثر توأم بارهای قائم در تغییر مکانهای اولیه، سبب تولید گشتاور و نیروها و تغییر مکانهای اضافی مرتبهٔ دوم می گردد ($P-\Delta$) و این مطلبی است که در تحلیل خطی ( مرتبه اول ) قابها که معادلات تعادل بر پایهٔ حالت تغییر شکل نیافته سازه بدست می آید، هیچگاه در نظر گرفته نمی شود. از این رو به تحلیل غیر خطی هندسی، « تحلیل مرتبه دوم » یا « تحلیل ثانویه دقیق» نیز می گویند. تحلیل غیر خطی هندسی سازه های قابی در دههٔ اخیر با توجه به پیشرفتهای وسیعی که توسط کامپیوترهای دیجیتالی بدست آمده، به نکات قابل توجهی دست یافته است.

## ۲- مدلهای سازه ای سکوها و شرایط محیطی آنان

در مقاله حاضر سه مدل سازه ای A ، B و C با مشخصات هندسی مختلف مدل شده است که در جدول ۲ خصوصیات هندسی المانهای به کار رفته آورده شده است و نیز جدول ۳ ابعاد و فرم کلی سکوها را با توجه به شکل ۲ به صورت پارامتریک نشان می دهد قابل ذکراست، در حالت بدون در نظرگرفتن اندرکنش خاک، پایه سکوها در 6D زیر کف دریا (mud line) گیردار در نظر گرفته شده اند. انتخاب این مدلها بر این مبناست که اثرات تحلیل با در نظر گرفتن اندرکنش آب،خاک وسازه برروی سکوهای با سختی و پریود طبیعی متفاوت مورد بررسی قرار گیرند علاوه براین حالات مختلف بارگذاری که بیانگر شرایط محیطی مختلف سکوهاست درنظرگرفته شده است. این حالات مختلف شامل سه موج مشخصه می باشدکه محاسبه سینماتیک ذرات آب ناشی از این امواج از تئوری موج استوکس مرتبه پنج صورت گرفته است. قابل ذکر است که انتخاب موج طراحی تأثیر بسزایی در پاسخ سازه داشته و دارای اهمیت زیادی است و با روشهای آماری و احتمالاتی تعیین می گردد. در سه حالات بارگذاری، عمق آب (S.W.L) برای هر مدل ثابت می باشد. ولی ارتفاع موجH و پریود موجT متغییر است. انواع حالات بارگذاری مطابق جدول ۱ می باشد.همچنین برای مدل کردن خاک ازمنحنی های نیرو- تغییر مکان، فنرهای غیرخطی( p-y , t-z) استفاده شده است.

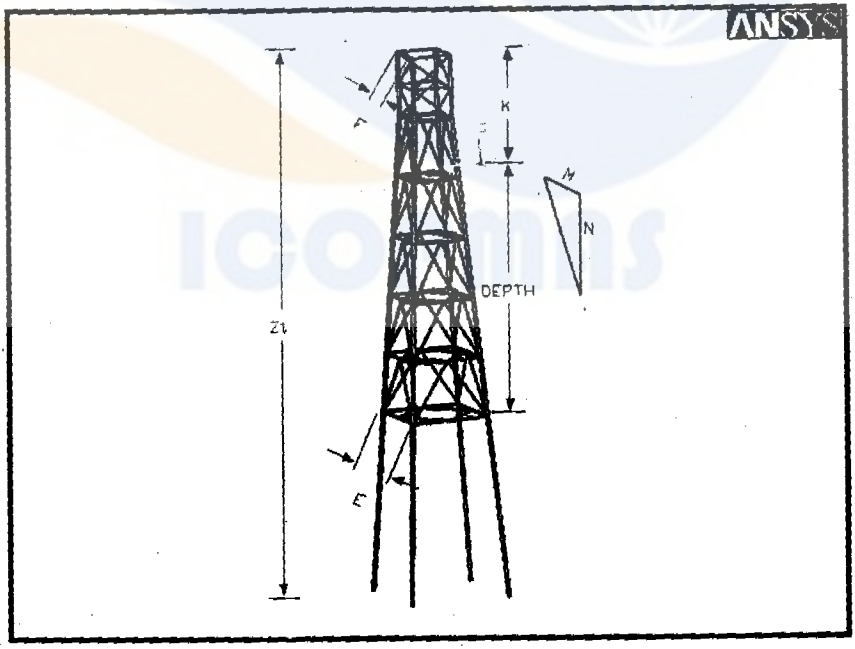


www.SID.ir

Archive of SID

### ۳- مشخصات المانهای بکاررفته از برنامه ANSYS

در مدلها از چهار نوع المان PIPE59، PIPE16، MASS21 وCOMBINE39 استفاده شده است. المان PIPE59 یک المان محوری با ظرفیتهای فشاری، کششی، خمشی و پیچشی با توانایی شبیه سازی و اعمال شرایط موج و جریان دریا بر روی المان می باشد. این المان دارای شش درجه آزادی در هر گره، سه درجه انتقال در جهات Z,Y,X و سه درجه دوران حول محورهای Z,Y,X می باشد. مهمترین ویژگیهای این المان امکان محاسبه و در نظر گرفتن شرایط محیطی دریا نظیر نیروی امواج، نیروی جریان، نیروی شناوری، اثرات جرم افزوده، نیروی باد، نیروی زلزله، اثرات اندرکنش آب و سازه و همچنین امکان در نظر گرفتن فشار داخلی لوله ناشی از وجود سیال می باشد. همچنین از این المان می توان برای مدلسازی کابلهای مغروق در آب (که در سکوهای برجی مهار شده استفاده می شود ) بهره جست. همچنین این المان دارای توانایی در نظر گرفتن اثرات تغییر شکلهای بزرگ ( غیر خطی هندسی، اثرات $P-\Delta$ ) و سختت شوندگی می باشد.المان PIPE16 نیز یک المان محوری با ظرفیت های فشاری، کششی، خمشی و پیچشی می باشد. ازاین المان برای مدل کردن اعضایی که در خارج از آب هستند و اثرات هیدرودینامیکی بر روی آنها اعمال نمی شود مانند شمعها، اعضای عرشه و غیره می توان استفاده کرد. این المان نیز یک المان سه بعدی دارای شش درجه آزادی در هر گره مانند المان فوق می باشد. المان دیگری که در مدلها مورد استفاده قرار گرفته است نوع Mass21 می باشد که یک المان سه بعدی نقطه ای با شش درجه آزادی ( UX, UY, UZ , ROTX, ROTY, ROTZ ) در هر گره می باشد. از این المان همانطوری که از نام آن پیداست، برای مدل کردن جرم انتقالی و اینرسی دورانی مختلف در جهات مختصات می توان استفاده نمود. ونیز از این المان می توان برای مدل کردن عرشه و تجهیزات آن استفاده نمود. المان مورد استفاده دیگر COMBINE39 می باشد که برای مدل کردن رفتار غیر خطی خاک اطراف شمع ها بکار می رود . یک المان محوری با قابلیت غیر خطی (نیرو – تغییر مکان ) دارای قابلیتهای محوری و پیچشی در دو بعد یا سه بعد است. همچنین دارای شش درجه آزادی( UX,UY,UZ, ROTX, ROTY, ROTZ ) و قابلیت تغییر مکانهای بزرگ می باشد.




شکل ۲ : نمای کلی سکوها با مشخصات پارامتریک



www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۱): معرفی موج های مشخصه اعمال شده به سکو ها با دوره های بازگشت متفاوت

| زاویه برخورد θ | پریود موج T(s) | ارتفاع موج H(m) | دوره بازگشت | حالت بارگذاری |
|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 8.5 | 10.6 | 50 | LC1 |
| 0.0 | 8.33 | 12.5 | 100 | LC2 |
| 0.0 | 7.9 | 14.1 | 150 | LC3 |

جدول (۲) : مشخصات سکوها، شامل قطروضخامت اعضای استوانه ای برحسب mm وجرم قسمتهای مختلف آنها

| مورد | سکوی A | سکوی B | سکوی C |
|---|---|---|---|
| پایه های اصلی در آب | 1400*15 | 1500*15 | 1600*15 |
| المانهای افقی در آب | 1000*10 | 1100*10 | 1200*10 |
| المانهای مورب در آب | 600*6 | 650*6 | 700*9 |
| پایه های اصلی درخارج آب | 800*8 | 1000*10 | 1200*10 |
| المانهای افقی درخارج آب | 750*7 | 800*8 | 850*9 |
| المانهای مورب درخارج آب | 550*6 | 550*6 | 550*6 |
| المانهای شمع | 1400*15 | 1500*15 | 1600*15 |
| جرم عرشه وتجهیزات | 600 (ton) | 800 (ton) | 1000 (ton) |
| جرم زیر عرشه وتجهیزات | 300 (ton) | 400 (ton) | 500 (ton) |
| جرم پهلوگیرها | 100 (ton) | 125 (ton) | 150 (ton) |
| جرم ضربه گیرها | 50 (ton) | 60 (ton) | 70 (ton) |
| سایر متعلقات | 100 (ton) | 150 (ton) | 200 (ton) |

جدول (۳) : مشخصات جریان برای سکوها (تغییرات سرعت نسبت به عمق)

| سکوی C | | سکوی B | | سکوی A | |
|---|---|---|---|---|---|
| جریان (m /s) | عمق(m) | جریان (m /s) | عمق(m) | جریان (m /s) | عمق(m) |
| .3 | -128 | .4 | -98 | .5 | -64 |
| .6 | -105 | .6 | -80 | .8 | -56 |
| .9 | -90 | .8 | -70 | 1 | -48 |
| 1.1 | -75 | 1 | -60 | 1.2 | -40 |
| 1.4 | -60 | 1.1 | -45 | 1.3 | -32 |
| 1.6 | -40 | 1.3 | -30 | 1.4 | -24 |
| 1.7 | -20 | 1.4 | -15 | 1.4 | -16 |
| 1.8 | 0.0 | 1.6 | 0.0 | 1.5 | 0.0 |

جدول (۴) :مشخصات رستنیهای سکوها

| وزن مخصوص | ضخامت رستنیها | تراز |
|---|---|---|
| – | ۰ mm | تراز بالای ۰/۵+ متر |
| ۱۲۰۰ kg/m$^3$ | ۷۵ mm | تراز بین ۰/۵+ تا ۰/۱۰- متر |
| ۱۲۰۰ kg/m$^3$ | ۷۵ – ۵۰ mm | تراز زیر ۰/۱۰- متر |



www.SID.ir

Archive of SID

## ٤- خلاصه نتایج

۱- نتایج بدست آمده از تحلیل های مختلف نشان می دهد که رفتار غیرخطی هندسی نسبت به رفتارخطی دراثر عبور امواج و جریان برای سکوهای جاکت کاملا تعیین کننده است.

۲- رفتار غیرخطی(هندسی) در بسیاری از موارد نیروهای کوچکتر نسبت به رفتار خطی از خود نشان می دهد که این مطلب مبین غیراقتصادی بودن طرح درمقایسه با رفتار خطی می باشد.

۳- درنظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک در سکوها باعث ایجاد یک طرح اقتصادی تر خواهد شد.

۴- طول گیرداری معادل برای شمع ها در بعضی از آنالیزهای سکو، همچون آنالیزخستگی (Fatigue) از اهمیت زیادی برخوردار می باشد،اگرچه بعضی از آئین نامه های کشورهای مختلف روابطی را ارائه نموده اند، لیکن از دقت کافی برخوردار نمی باشد. در تعیین طول گیرداری، اثرات وزن سکو، نیروهای محیطی، قطر وضخامت شمع، مدول بستردریا، مشخصات خاک اطراف شمع وعواملی از این قبیل باید مد نظر قرار گیرند.

۵- از آنجائی که سکوها جز سازه های پیچیده تلقی می شوند ودارای درجات نامعینی زیاد و همچنین اثرات اندرکنش مختلف (موج، جریان، سازه، خاک وغیره) می باشد، قضاوت در موردساده سازی رفتار این گونه سازه ها، باعث عدم اطمینان و یا غیراقتصادی شدن درطرح می شود و درطراحی مطلوب باید، تمامی اثرات فوق الذکر شود.

## ۹- مراجع اصلی


[1]. Graff, W. J.. (1981). " Introduction to Offshore Structures." Gulf Pub. Co.

[2]. Livesly. R. K. M, (1956). "The Application of an Electronic Digital." London, England VOL. 134, No. ST1, pp. 1-12

[3]. Saafan, S. A. (1963). "Nonlinear Behavior of Structural Plane Frames." Journal of the Structure Division, ASCE, VOL. 89, No. ST4, Proc. Paper 3615, pp. 451-469.

[4]. Argyris. J.H. (1964). "Recent Advance in Matrix Methods of Structural Analysis." Pergamon Press London, pp. 115-145.

[5]. Livesly. R. K.(1964). "Matrix Methods of Structural Analysis." Pergamon Press, London, England, pp. 241-252.

[6]. Conner, J.J., J: Logcher. R.D, and chan, S.C. (1968)," Non linear Analysis of Elastic Frame Structures." Journal of the Structural Division, ASCE 94, No. ST6, pp. 1525-1547.

[7]. Bathe, K.J. & Ramm, E. & Wilson, E. L. (1975). " Finite Element Formulation for Large Deformation Dynamic Analysis." International Journal for Numerical Methods in Engineering, VOL. 9, pp. 353-386.

[8]. Shu-Ming & Macgregor. J.G. (1983). "Geometric Nonlinearities in Unbraced Multistory Frames." Journal of the Structural Engineering, ASCE. VOL. 108, No. 11, pp. 2528-2545.

[9]. Ram, Chandra D.N., Trikha & Krisha. (1990). "Nonlinear Analysis of Steel Space Frame." Journal of the Structural Engineering, ASCE, Vol. 116, No. 4, pp. 898-909.

[10]. Chanjes A. & Churchill. (1987). "Nonlinear Frame Analysis by Finite Element Methods." Journal of the Structural Engineering, ASCE, Vol. 113, No. 6, pp. 1221-1235.

[11]. Liew & Chen W.F (1994). "Trends Toward Advance Analysis, Advanced Analysis of Steel Frames". W.F. Chen and S.Toma, eds, CRC Press, Inc, Boca Raton, Fla, 1-45.

[12]. Torkamani, Sonmez, Jianhua (1997). "Cao. second order Plane-Frame Analysis using Finite Element Method." J. Struct. Eng. ASCE.VOL.123, No. 9 pp. 1225-1234

[13]. Barltrop, N.D.P.. Adams, A.J., 1991."Dynamics of Fixed Marine Structure, Third Edition" , Butterworth-Heinemann Ltd




www.SID.ir

Archive of SID

# Nonlinear Analysis of Metal Fixed Offshore Platforms Considering the Water, Structure and Soil Interaction Impacts

**M Naghipour**

Assistant Professor, Mazandaran University

**G H Taghipour**

Petro Pars Company

**M H Hedayati**

Mazandaran University

**Abstract:**

The common analyses of platforms against current and waves are linear and the results of researches done by researchers reveal huge errors and approximations in this type of analysis. Thus, considering the nonlinear behaviors is of high importance. Basically, nonlinear problems can be divided to two categories of material nonlinearities and geometric nonlinearities. In marine structures which are influenced by gravity loads together with side loads such as earthquake and storm, the geometric nonlinearities are of high importance. Since, in effect of applying side loads, the structure gets deformed and the applied loads are transferred to the new deformed position. In the present research, three structure models of A, B and C with various geometric characteristics have been modeled. Also, four elements of PIPE59, PIPE16, MASS21 and COMBINE39 were applied in the models. The results of various analyses reveal that in effect of current and waves passing and compared with linear behaviors geometric, nonlinearities are completely defining.

**Key words:** Nonlinear analysis, metal fixed offshore platforms, geometric nonlinearities, material nonlinearities

www.SID.ir