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 ظرفیت باربری نهایی سکوهای ثابت دریایی به روش Pushover

دکتر محمدرضا بهاری
دانشیار گروه مهندسی عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تهران
bahaari@ioec.com

مهندس آرش مجیدی
فارغ ا لتحصیل کارشنا سی ارشد سازه‌های دریایی - دانشکده فنی - دانشگاه تهران
arashmajidi@hotmail.com

۱- مقدمه

با توجه به اینکه تحلیل غیر خطی سکوهای دریایی جزئی از برنامهٔ گستردهٔ بازرسی، نگهداری وتعمیر موسوم به IMR (Inspection;Maintenance; Repair) می باشد، هدف از این مقاله تعیین ضریب بار و منحنی بارـتغییرمکان سکوهای شابلونی (خصوصاً سکوهای تولید قدیم و جدیدمنطقهٔ نفتی ابوذر موسوم به AB)، با بهره گیری از رفتار غیر خطی سازه بر اساس تحلیل Pushover می باشد.

به منظور بررسی اعتبار و صحت نتایج از دو نرم افزار اجزاء محدود SAP2000 و ANSYS5.4 استفاده می شود. ابتدا مثالهای ساده ای برای این منظور تحلیل و با نتایج موجود در مقالات مختلف مقایسه شده است. پس از اطمینان از صحت جواب ها مدلسازی سکوهای AB قدیم و جدید با نرم افزارهای فوق الذکر صورت گرفته و سپس تحلیل Pushover سکوها در حالات مختلف زیر انجام گرفته است: سکوها در حالت سالم، وضعیت آسیب دیدهٔ سکوی AB قدیم، اعمال آسیبهای متفاوت بر روی سکوی قدیمی، تاثیرچگونگی توزیع بارگذاری و اعمال اندرکنش شمع و خاک بر ضریب بارسکو.

۲- تحلیل Pushover سکوهای دریایی

تحلیل Pushover از یکسری تحلیل ارتجاعی پی در پی تشکیل شده است، در هر مرحله مدل سازی برای در نظر گرفتن اثر کاهش سختی ناشی از جاری شدن اعضا اصلاح می شود و بار جانبی افزایش می یابد تا المانهای بیشتری جاری شوند. این روند تا جائیکه سازه ناپایدار شود یا به حد از پیش تعیین شده ای برسد، ادامه پیدا می کند.

در این روش ابتدا بارهای عملیاتی (Operating Loads) نظیر بارهای مرده و زنده به سازه اعمال می شوند. سپس بارهای محیطی (E) به صورت افزایش یابنده به سازه اعمال می شود تا جائیکه سازه واژگون شود. ضریب افزایش بار را ضریب بار (Load Factor) می نامند:

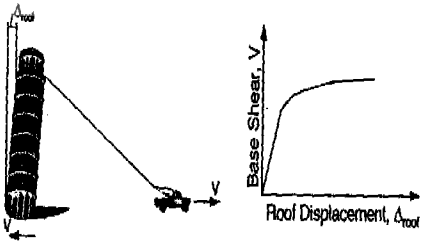
$$R = \lambda E \qquad (۱)$$

R = مقاومت نهایی حاصل از تحلیل Pushover یا برش پایه

λ = ضریب بار

E = بارهای محیطی که در سازه های دریایی عبارتند از موج، باد و جریانات دریایی

تاریخچهٔ بارـتغییرمکان حاصل از تحلیل Pushover نمودار Pushover نامیده می شود، که نمونه ای از آن در شکل ۱ ملاحظه می گردد.[۳]



شکل ۱- نمودار Pushover

www.SID.ir

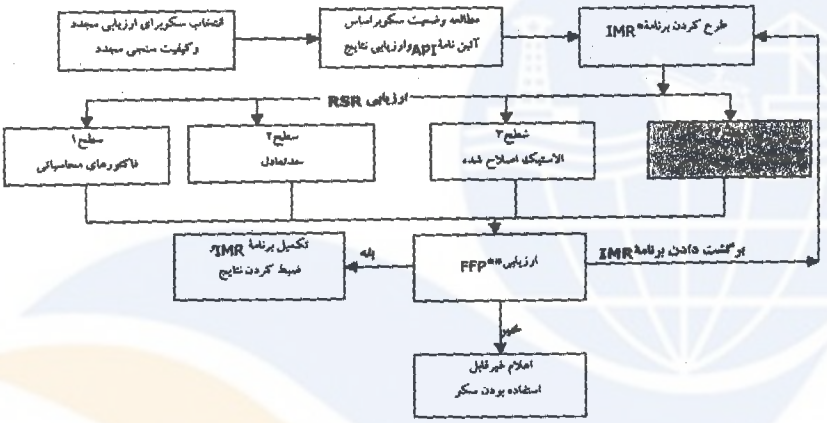
Archive of SID

۳- جایگاه تحلیل Pushover در ارزیابی مجدد سکوهای دریایی

در حال حاضر بیش از ۶۰۰۰ سکو در فلات های قارهٔ مختلف زمین وجود دارند و از بیش از ۱/۳ این سکوها انتظار سرویس دهی بیشتر از دورهٔ طرح و یا استفادهٔ مجدد می رود. [۴]

در فلات قارهٔ ایران هم سکوهایی از این قبیل وجود دارند که در زمان جنگ آسیب دیده اند یا دچار آسیب های دیگری شده اند. در شکل ۲ روند ارزیابی مجدد و کیفیت سنجی مجدد سکوهای دریایی خلاصه شده است. [۴] همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود یکی ازمراحل ارزیابی مجدد، تعیین ضریب مقاومت ذخیرهٔ سکو (RSR) یا همان ضریب بار می باشد.

مقالهٔ حاضر به تعیین ضریب بار سکوهای دریایی در گام تحلیل غیر خطی(سطح ۴) می پردازد. تحلیل غیر خطی به روش Pushover انجام می گیرد، که در مراجع[۳] و [۵] بعنوان روشی پذیرفته شده در ارزیابی مجدد سازه ها به آن اشاره شده است.



شکل ۲ : روش ارزیابی مجدد سازه ها بر پایهٔ تعیین ضریب مقاومت ذخیره (RSR)

٤- آشنایی با نواقص و پارامترهای خرابی در یک سکو

مسئلهٔ نواقص و خرابی های موجود در یک سکو را از دو جهت می توان بررسی کرد:

۴-۱) نواقصی که در هنگام ساخت سکو و قبل از آن وجود دارند:

این نواقص شامل نواقص هندسی و تنشهای پس ماند می باشند که می توانند در کارخانهٔ تولید پروفیل یا در حین ساخت سکو بر روی مقاطع وارد شوند.

۴-۲) خرابیهایی که در حین نصب سکو یا در طول دوران بهره برداری رخ می دهند، نظیر:

برخورد کشتی و پهلوگیر، سقوط اجسام از عرشه، خوردگی، روئیدنیهای دریایی، آب شستگی، آتش سوزی و انفجار، کوبیده نشدن شمع در محل و راستای صحیح در حین نصب سکو، آسیبهای زمان جنگ، برخورد توده های یخ و آسیب به پایداری سکو به لحاظ قرار گرفتن سکوی موقت حفاری(مثلا از نوع Jack Up) در کنار سکوی ثابت.

۵- بررسی درستی و دقت مدلسازی

تا آنجایی که نویسندگان اطلاع دارند، تحلیل Pushover به ترتیب موجود در این مقاله با نرم افزارهای موجود در کشور انجام نشده است. لذا سعی شده است با لحاظ کردن موارد زیر بر روی درستی و دقت تحلیل تاکید بیشتری شود:

۵-۱) مدلسازی و تحلیل با استفاده از دو نرم افزار اجزاء محدود SAP2000 V.7.12 (غیر خطی) و ANSYS 5.4 [۶و۲]

www.SID.ir

Archive of SID

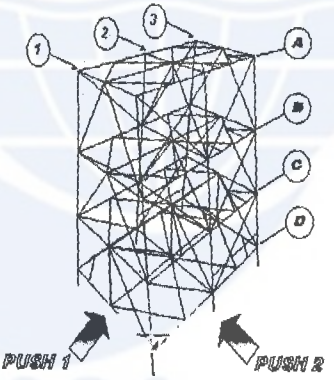
۵-۲) استفاده از مدل های ساده به همراه سیستمهای متنوع و تحت بارگذاریهای مختلف و مقایسهٔ نتایج. مدلهای زیر طوری انتخاب شده اند که از مثالهای ساده شروع و به مدلهای پیچیده تر ختم می شوند:
(الف) تیر لوله ای دو سر مفصل، (ب) قاب پرتال، (ت) بادبندی K شکل، (ث) قاب چند طبقه و (ج) سکوی شابلونی آب عمیق
مثالهای فوق در طول مقاله تحلیل و با نتایج موجود در مقالات مختلف مقایسه شده است.

۶- سکوهای AB (ابوذر) قدیم و جدید

سکوهای AB قدیم و جدید در منطقهٔ نفتی ابوذر واقع در فلات قارهٔ ایران (خلیج فارس) و در عمق آب ۳۸ متر قرار دارند. سکوی قدیمی در سال ۱۹۷۵ طراحی و ساخته شده است، و درطول ۲۵ سال گذشته دچار آسیب دیدگی های جدی شده، خصوصا در زمان جنگ در اثر برخورد موشک تعدادی از بادبندها و همچنین پایهٔ این سکو در زیر آب آسیب دیده است. شکل ۳ نمای سه بعدی سکوها را نشان می دهد. محاسبات مشخصات موج توسط تئوری استوکس مرتبهٔ ۵ انجام شده است، و جدول ۱ مقادیر برش و ممان پایهٔ ناشی از بارگذاری موج ماکزیمم، جریان و باد ماکزیمم را نشان می دهد. بارگذاری در دو جهت۱(push1) و جهت۲ (push2) انجام شده است، و بارجانبی بصورت گستردهٔ یکنواخت بین ترازهای A~C بطور مساوی بین پایه ها پخش می گردد. شدت بارگذاری طوری تعیین می شود که مجموع ممانهای ذکر شده در جدول ۱ را ایجاد کند. مشخصات مقاطع سکوها به همراه روش مدلسازی در مرجع ۷ ارائه شده است.

جدول ۱ : مقادیر بار طرح سکو

حالت بارگذاری	مجموع برش پایه (تن)	مجموع ممان پایه (تن -متر)
موج + جریان	۵۵۱	۱۶۵۶۸
باد	۶۸	۳۷۴۱



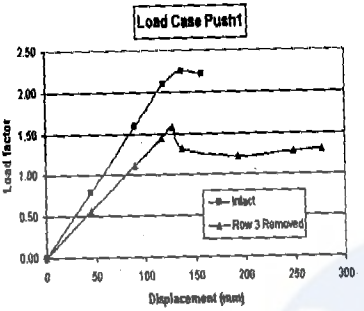
شکل ۳ : نمای سکوی AB قدیم و جدید

۷- ارائهٔ نتایج

در این قسمت نتایج تحلیلPushover سکوهای ابوذر بصورت منحنی های ضریب بار- تغییر مکان ارائه شده است. ضریب بار در معادلهٔ (۱) شرح داده شده است.
ابتدا وضعیت سکوها درحالت سالم مورد بررسی قرار گرفته وسپسAB قدیم در حالت آسیب دیده تحلیل شده است. در ادامه خرابیهای متفاوتی بر روی سکوی قدیم اعمال شده و همچنین تاثیر انواع بارگذاری بر روی دیاگرام pushover بررسی شده است. درانتها نیز اندرکنش شمع و خاک، و تاثیر آن بر ضریب بار مورد توجه قرار گرفته است. در این خلاصه مقاله نمونه ای از منحنیpushover در حالت آسیب دیده ارائه می شود (شکل۴) و سایر نتایج در اصل مقاله موجود است. خلاصهٔ نتایج به شرح زیر می باشد:
۷-۱) استخراج ضرایب بار در دو جهت اصلی برای سکوهای AB قدیم و جدید. با استفاده از این ضرایب بار برنامهٔ IMR به طور مناسب طراحی میشود.
۷-۲) مسئلهٔخوردگی پایه های سکو به تنهایی تاثیر قابل ملاحظه ای بر روی ضریب بار نمی گذارد، ولی باعث افزایش تغییر مکانِ نظیر برش پایهٔ حداکثر میشود. (در سکوی AB این تغییر مکان حدود ۱۲٪ افزایش یافت.)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤ : نتایج سکوی آسیب دیده در جهت ۱

۷-۳) مهاربندیهای قائم تراز فوقانی در صورت آسیب دیدن (برخورد کشتی) تاثیر قابل توجهی بر روی ضریب بار نمی گذارند. (حداکثر ۵٪ کاهش) اما باعث افزایش تغییر مکان ماکزیمم (حدود۱۰٪)شده اند. (بدلیل نحوهٔ توزیع بارطوفان ماکزیمم)

۷-۴) رفتار سازه در جهت ۲ تحت تاثیر مهاربندی قائم فشاری در تراز دوم می باشد. بدین ترتیب که اولین گسیختگی در سیستم سازه ای ناشی از کمانش این المان فشاری است. مطالعاتی که توسط دکتر Bea و همکارانش بر روی سکوهای شابلونی خلیج مکزیک (که تحت طوفانAndrew قرار گرفته اند)، صورت گرفته است، [۴] نشان دهندهٔ همین نتیجه برای سیستمهای مشابه با سکوی AB است.

۷-۵) حذف مهار بندیهای قائم تراز دوم که می تواند ناشی از انفجار یا حادثه ای دیگر باشد، کاهش ۳۹ درصدی ضریب بار را به دنبال داشته و همچنین تغییر مکانِ حداکثر ۱۸٪ افزایش یافت.

۷-۶)نحوهٔ توزیع بارجانبی تاثیر قابل توجهی برروی دیاگرام Pushover می گذارد. مشاهده می شود که ضریب بارجهت ۱ از ۲،۶۶ به ۱،۸۱ می رسد و در جهت دیگر از ۲،۷۵ به ۱،۲۷ کاهش می یابد.

۷-۷) مدل کردن شمع ها و لحاظ کردن اندرکنشِ شمع و خاک باعث میشود که سکو رفتار نرم تری از خود نشان دهد. ضریب بار کاهش می یابد و تغییرمکان حداکثر به میزان ۲ برابر افزایش می یابد. پس برای دست یافتن به رفتار صحیح سکو، مسئلهٔ اندرکنشِ شمع و خاک باید در نظر گرفته شود.

۸- مراجع اصلی

[1] American Petroleum Institute , Recommended Practice for Planning,Designing,and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design , API RP 2A-WSD, 1st Edition , API , July 1993.

[2] ANSYS USER MANUAL Rel. 5.4

[3] ATC ,(1997), Seismic Evaluation and Retrofit of Concret Buildings ,Volume 1, ATC-40 Report, Applied Technology Council,Redwood City,California.

[4] Bea,R.G., Craig,M.J.K., "Developments in the Assessment and Requalification of OffshorePlatforms." Proceeding of the Offshore Technology Conference , OTC 7138, Houston , Texas , May 1993.

[5] FEMA,1997,NEHRP Guidelines for the seismic Rehabilitation of Buildings,Developed by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency(Report No. FEMA 273),Washington,D.C.

[6] SAP2000(Nonlinear) USER MANUAL VER. 7.12

[۷] مجیدی، ا.' تحلیل ظرفیت باربری نهایی سکوهای ثابت دریایی به روش Pushover'

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه‌های دریایی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، بهمن، (۱۳۸۰)

www.SID.ir

Archive of SID

Analysis of Bearing Capacity in Fixed Offshore Platforms Using Pushover Method

Dr. M Bahari

Associate Professor, Technical Faculty, Tehran University

bahaari@ioec.com

A Majidi

MSc in Marine Structures, Technical Faculty, Tehran University

arashmajidi@hotmail.com

Abstract:

Nonlinear analysis of platforms is part of Inspecting, maintenance and repair (IMR) program. the purpose of the present research is defining the load factor, load curve, and displacement of jacket platforms, especially the previously and recently constructed platforms in Abouzar oil field (called AB), using the nonlinear behavior of platforms and based on pushover analysis. To investigate the reliability and validity of results, the SAP2000 and ANSYS5.4 were applied. For this purpose, first, simple examples were analysed and compared with the results of other researches. After verifying the accuracy of results, the above mentioned software was applied for modeling the old and new AB platforms and later the pushover analysis was done in various states including: platforms in healthy state, the damaged state of old AB platforms, applying various damages in old platform, the effect of loading method and applying the candle and soil interactions in platform load factor.

Key words: fixed platforms, bearing capacity, Pushover analysis method

www.SID.ir