Archive of SID
فصلنامه آنالیز سازه- زلزله دوره ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

تعیین طیف غالب موج در طراحی جکت‌ها از نظر برش پایه

آرش دلیلی اسکویی
دانشجوی دکتری سازه، گروه عمران، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران
رامین وفائی‌پور سرخابی*
گروه عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
احمد ملکی
گروه عمران، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران
raminvafaei@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۰۷/۰۳

چکیده:

تعیین نیروی غالب در طراحی جکت‌ها، اغلب یکی از دغدغه‌های اصلی مهندسین می‌باشد. در تحقیق حاضر، جکت دریایی به ارتفاع ۵۰ متر، با ارتفاع موج موثر ۶ متر، ارتفاع عرشه‌ی ۱۰ متر به صورت فرضی در نظر گرفته شده است. این ابعاد متناسب با شرایط عمومی خلیج فارس می‌باشد. به جکت موردنظر بارِ باد، موج منظم و بار امواج تصادفی تحت طیف‌های پیرسون–موسکوویچ، برتشنایدر، میتسویاسو و جانسوآپ اعمال گردیده و برای تمامی مراحل، برش پایه‌ی جکت، با استفاده از نرم‌افزار STRUCAD به دست آمده‌اند. بر پایه‌ی نتایج به دست آمده از نظر برش پایه، موج تصادفی با طیف جانسوآپ بیشترین برش پایه را نتیجه داده و نسبت به طیف پیرسون – موسکوویچ، ۱۱ درصد، برتشنایدر ۱۷ ، میتسویاسو ۱۹، موج منظم ۲۷ و بارباد ۳۸ درصد، برش پایه‌ی بیشتری را نتیجه می‌دهد. از این‌رو در نبود اطّلاعات کافی میدانی در طراحی جکت‌ها از نظر برش پایه، پیشنهاد می‌شود از طیف جانسوآپ استفاده گردد.

کلید واژگان: جکت دریایی، امواج تصادفی، طیف موج، برش پایه

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

با استفاده از نرم افزارهای مهندسی، امروزه تحلیل جکت‌های دریایی، که برای بارهای موردنظر طراحی می‌گردند کار پیچیده‌ای می‌باشد، میسّر گردیده است. یکی از این نرم افزارها که قادر به مدل‌سازی انواع بارها و ترکیب آن‌ها می‌باشد نرم‌افزار STRUCAD می‌باشد[۱]. ساحل خلیج-فارس، که قسمت اعظم آن در سواحل جنوبی کشور ایران واقع شده است، دارای جکت‌های کوچک و بزرگ می‌باشد. در بسیاری از این جکت‌ها، به دلیل نبود اطّلاعات کافی و میدانی، میزان برآوردِ بار طراحی، پیچیده بوده و چه بسا، مهندسین مجبور به استفاده از یک بار طراحی جانبی فرضی باشند که یا بسیار بزرگ و غیراقتصادی باشد و یا ممکن است به صورت تقریبی بوده و منجر به بروز فاجعه گردد [۲]. معمولاً در طراحی جکت‌ها در نواحی سواحل نفت‌خیزِ آمریکا و نروژ، قبل از طراحی، داده‌های میدانی، سرعت موج، جریان، باد وجریان‌های اقیانوسی اندازه-گیری می‌گردد؛ ولی در نبود اطلاعات میدانی دقیق، بایستی یک دید منطقی از بارها وجود داشته باشد تا بتوان مقایسه‌ای منطقی از بین بارها را انجام داد [۳]. دید اولیه در برآورد نیروی برش پایه معادله‌ی موریسون می‌باشد که این معادله همراه با فرضیات بسیار ساده کننده بود و فقط یک دید کلی از میزان نیرو را ارائه می‌دهد که چه بسا با واقعیت بسیار متفاوت باشد [۴]. از این رو تحلیل نرم‌افزاری STRUCAD که بر پایه-ی المان‌هایِ محدود استوار است، می‌تواند میزان واقعی از برش پایه را ارائه دهد و در قضاوت مهندسی، استفاده‌ی بیشتری را داشته باشد [۵].

۲- روش تحقیق

برای تعیین نیروهای وارد جانبی، علاوه از وزن سازه، نیروهای موج، جریان، باد، زلزله بایستی بر سازه‌ی جکت اعمال گردد و از بین آن‌ها، بیشترین نیروی وارد بر سازه تعیین شود. نیرو، شامل نیروهای داخلی بوجود آمده در اعضای جکت، لنگر خمشی در پای جکت، برش پایه، تنش و جابجایی اعضا می‌باشد که بایستی تک‌تکِ آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرند. اصولاً تمامی نیروهای داخلی بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند، لیکن برش پایه می‌تواند یک دید کلّی از نیروی اعضا را ارائه دهد [۶]. بارهای وارد بر سازه در تحقیق حاضر، شامل نیروی باد وارد بر عرشه که منجر به برش پایه می‌گردد، بار موج منظم، بار موج تصادفی که شامل طیف‌های مختلف شامل طیف پیرسون- موسکوویچ، برتشنایدر، میتسویاسو و جانسوآپ می‌باشند که در تحقیق حاضر ابتدا به معرفی آن‌ها پرداخته شده و سپس تحت نرم افزار STRUCAD مورد تحلیل قرار گرفته و با هم مقایسه گردیده‌اند.

۲-۱- نیروی جریان

نیروی جریان واقع در دریا بر جکت دریایی توسط معادله‌ی موریسون به دست می‌آید [۶].

$$F= \frac{1}{2}\ \rho\ |U||U|\ C_d\ .\ D\ +\ \rho\ C_m\ (\frac{\pi D^2}{4})\ \dot{U} \quad (۱)$$

در معادله (۱)، ρ چگالی آب دریا، U ، سرعت جریان، C_m ، ضریب اینوسی هیدرودینامیکی، C_d ، ضریب اینرسی Drag ، D قطر پایه‌ی جکت و $\dot{U}$ شتاب جریان می‌باشد.

۲-۲- نیروی باد

نیروی باد بر اساس سرعت باد پایه در ارتفاع ۱۰ متری از سطح آب بدست خواهد آمد. براساس داده‌های موجود در سایت هواشناسی ماگزیمم سرعت باد طرح در خلیج فارس براساس باد ۱۰۰ ساله، ۵۵ متر بر ثانیه یا همان ۱۹۸ کیلومتر در ساعت در تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است. نیروی باد از معادلات (۲) و (۳) بدست می‌آید[۷].

$$F= q(\frac{h}{10})^{0.22}\ C.A.sin\ \alpha \quad (۲)$$

$$F= 0.613\ V_b^2\ (\frac{h}{10})^{0.22} \quad (۳)$$

در معادلات (۲) و (۳)، q نیروی باد وارد بر واحد سطح، C ، ضریب شکل، A مساحت رو به باد عرشه، α، زاویه تابش باد، V_b سرعت باد طرح و h، ارتفاع عرشه خواهد بود.

۲-۳- موج منظم

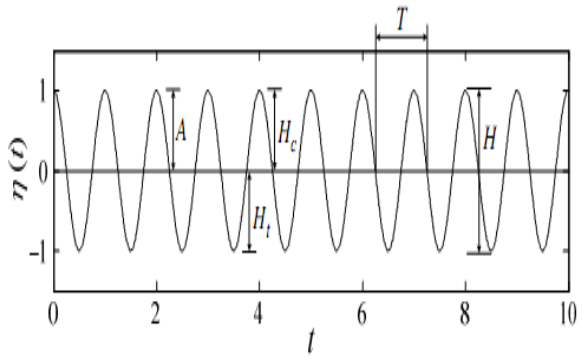
معادله‌ی موج منظم به صورت معادله‌ی مکانی- زمانی، معادله (۴) و مطابق شکل (۱) الف و ب، بیان می‌گردد.

$$\eta(t)= \frac{H}{2} \text{Cos}\ (kx- wt) \quad (۴)$$

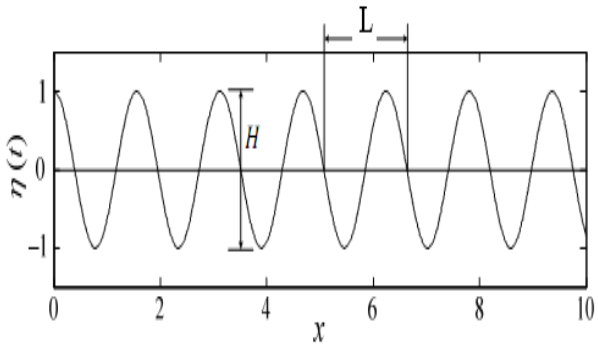
که در معادله فوق، K، عدد موج، x، مکان، w، فرکانس زاویه‌ای موج، H، ارتفاع موج و η تراز سطح آب می‌باشد. به موج منظم، موج سینوسی نیز اطلاق می‌گردد [۸].

www.SID.ir

Archive of SID



(الف)



(ب)

شکل ۱- الف: موج سینوسی در x=۰ و ب: موج سینوسی در t=۰

۴-۲- طیف‌های موج

طیف موجِ پیرسون- موسکوویچ مطابق با معادله‌ی (۵) و شکل (۲)، طیف برتشنایدر مطابق معادله (۶) و شکل (۳)، طیف میتسویاسو مطابق معادله (۷)، طیف جانسوآپ مطابق معادله‌ی (۸) و شکل (۴)، بیان می‌گردد [۹].

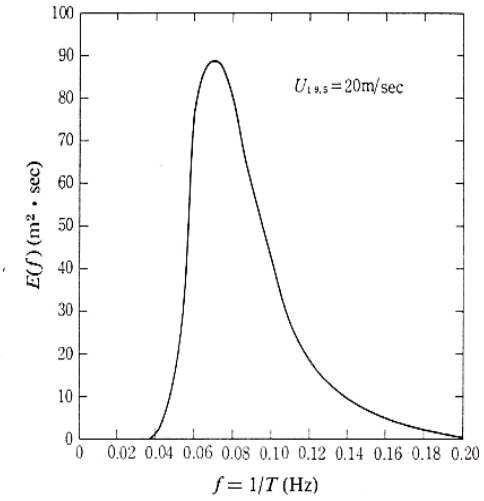
$$E(f)=\frac{8.1\times10^{-3}\,g^2}{(2\pi)^4 f^{-5}}\exp\left(-0.74\left(\frac{g}{2\pi\,U_{19.5}^{f}}\right)^4\right) \quad (۵)$$

$$E(f)=0.43\left(\frac{H_{av}}{gT_{av}^2}\right)^2\frac{g^2}{f^5}\exp\left(-0.675\left(\frac{1}{T_{av}\,f}\right)^4\right) \quad (۶)$$

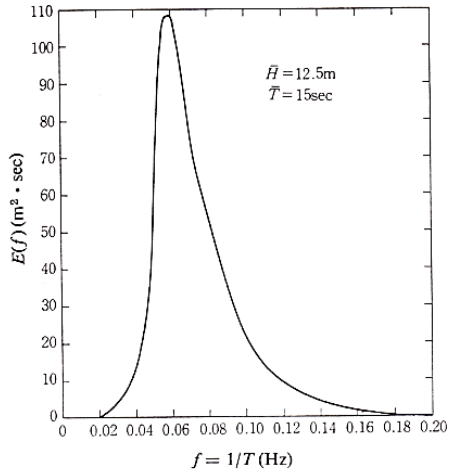
$$E(f)=1.15\times10^{-4}\left(\frac{gF}{U_{10}^2}\right)^{-0.312} g^2\,f^{-5}\exp\left(-99.6\left(\frac{gF}{U_{10}^2}\right)^{-1.32}\times\left(\frac{U_{10}f}{g}\right)^{-4}\right) \quad (۷)$$

$$E(f)=\alpha g^2\,(2\pi)^{-4}\,f^{-5}\exp\left(-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_m}\right)^{-4}\right)\gamma^{\beta} \quad (۸)$$

در معادله (۵) تا (۸)، $E(f)$ ، انرژی طیف بر حسب مترمکعب در ثانیه به ازای هر متر، g، شتاب ثقل، f، فرکانس موج بر حسب هرتز، $U_{19.5}$، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۹/۵ متر، U_{10} ، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر، H_{av}، ارتفاع موج متوسط بر حسب متر، T_{av}، پریود متوسط بر حسب ثانیه، F، طول فچ (طول موج‌گاه) بر حسب کیلومتر، f_m ، فرکانس اوج بر حسب هرتز، α ، ثابت فیلیپس که معمولاً ۰/۰۰۸ در نظر گرفته می‌شود، $\beta=\exp\left(\frac{-(f-f_m)^2}{2\lambda^2 f_m^2}\right)$ ، γ=۰/۰۸ ، λ، نسبت حداکثر طیف انرژی که معمولاً ۳/۱ می‌باشد، در نظر گرفته شده است [۱۰].



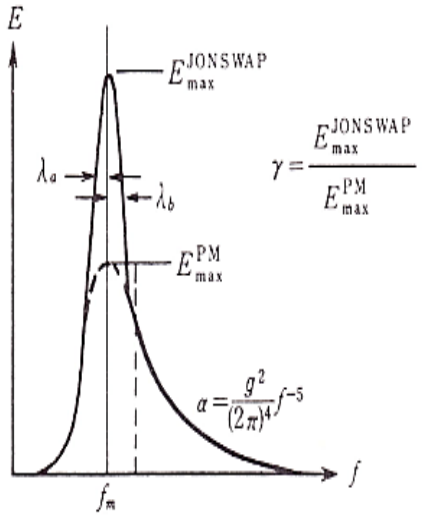
شکل ۲- طیف پیرسون- موسکوویچ



شکل ۳- طیف برتشنایدر

www.SID.ir

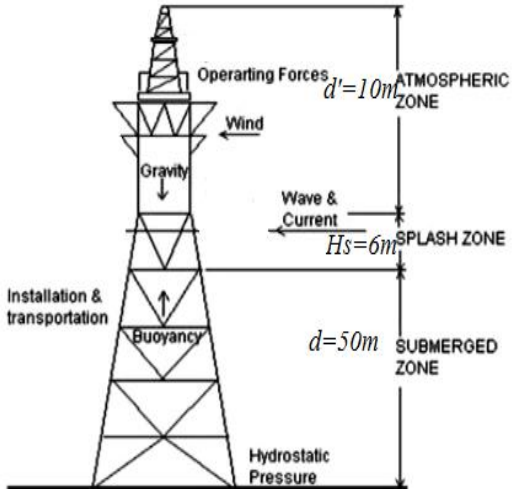
Archive of SID



شکل ۴- طیف جانسو آپ

۳- مدل‌سازی عددی

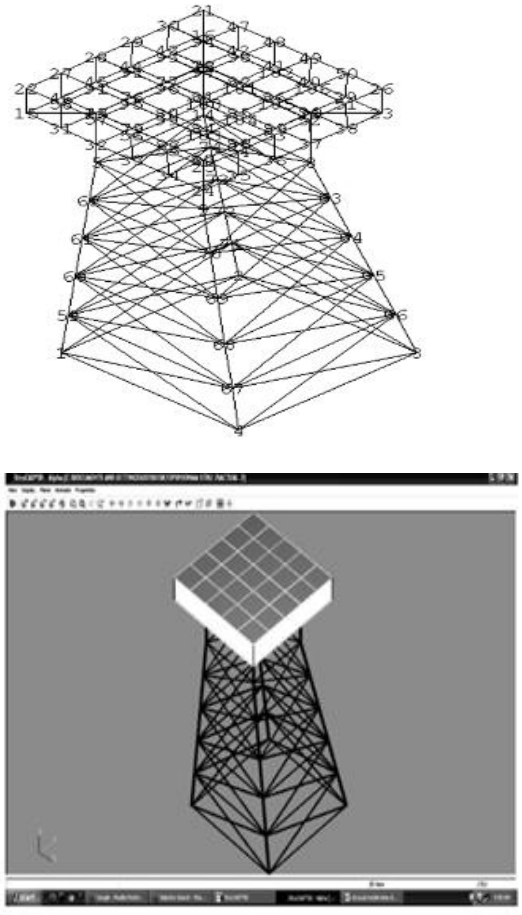
مدل جکت در نظر گرفته شده مطابق شکل (۵) و مشخصات جدول (۱) می‌باشد همچنین شکل (۶)، مدل جکت در نرم افزار STRUCAD را که بر مبنای روش المان‌های محدود عمل می‌کند، نشان می‌دهد.



شکل ۵- مدل جکت در نظر گرفته شده

جدول ۱- مشخصات جدول جکت

ارتفاع جکت	۵۰ متر
ارتفاع عرشه	۱۰ متر
سرعت باد مبنای طرح ($U_{19.5}$)	۷۰ m/s
سرعت باد مبنای طرح (U_{10})	۵۵ m/s
ارتفاع موج متوسط	۴/۳۳ m
ارتفاع موج موثر	۶ m
پارامتر γ در طیف جانسوآپ	۳/۱
طول مدت تابش موج	۲۰۰ ثانیه



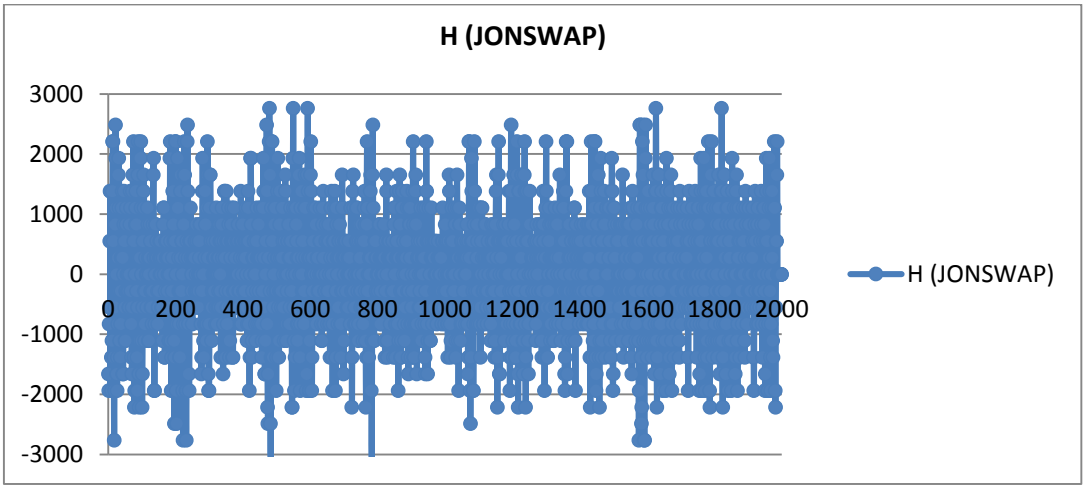
شکل ۶- مدل جکت در نرم‌افزار STRUCAD

www.SID.ir

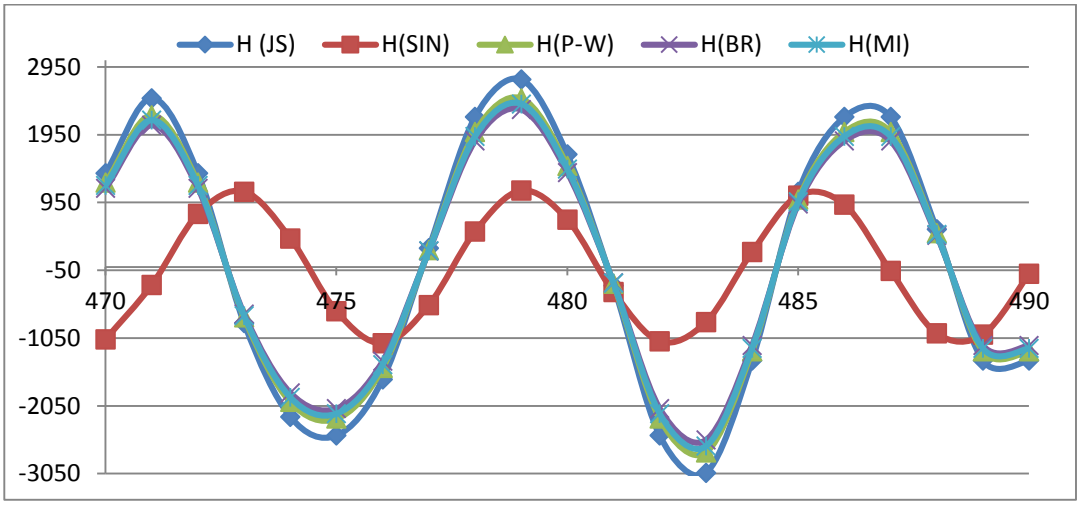
Archive of SID

۴- نتایج و بحث

مبنای مدل‌سازی انجام گرفته در تحقیق حاضر، صرفاً، خروجی برش پایه مد نظر گرفته است. بر این مبنا، شکل (۷)، تراز خروجی سطح آب را برای موج و انواع طیف‌های گفته شده در قسمت‌های قبل نشان داده است. اگر برای خلاصه‌سازی، باد را **(wi)** ، موج منظم را با **sin** ، موج پیرسون- موسکوویچ را با **(p-w)**، موج برتشنایدر **(Br)** ، موج میستویاسو **(Mi)** و طیف جانسوآپ را با **(Js)** نشان داده شود، برای زمان تحلیل ۲۰۰ ثانیه، ارتفاع موج موثرها مطابق جدول (۲) حاصل گردیده است. نظر به اینکه تعداد داده‌ها با توجه به ۲۰۰ ثانیه‌ای بودن، با گام ۰/۱ ثانیه، ۲۰۰۰ عدد خواهد شد، لذا این تعداد داده‌ها قابل رویت نبوده، فلذا قسمت ماگزیمم برای بازه‌ی زمانی ۲ ثانیه که در آن موج ماگزیمم اتفاق افتاده است در شکل (۸) برای کلیه‌ی امواج ترسیم گردیده است. خاطر نشان می‌سازد که این امر صرفاً برای رویت بهتر شکل انجام گرفته است.



شکل ۷- تراز خروجی سطح آب در تحلیل عددی برای ۲۰۰ ثانیه با گام ۰/۱ ثانیه برای طیف جانسوآپ



شکل ۸- تراز خروجی سطح آب برای کلیه‌ی طیف ها در قسمت ۲ ثانیه‌ای حداکثر تراز سطح آب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- ارتفاع موج‌های بدست آمده در تحلیل عددی

ارتفاع موج (mm)	روش
۲۲۵۴	موج سینوسی
۵۲۲۳	طیف p-w
۴۸۷۵	طیف BR
۵۰۴۸	طیف MI
۵۸۰۲	طیف JS

ملاحظه می‌گردد طیف JS ، ۶۱ درصد از موج سینوسی، ۹/۹ درصد از P-W ، ۱۵/۹ درصد از BR ، ۱۲/۹۸ درصد از MI ، ارتفاع موج بیشتری را حاصل می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل نیز مقادیر برش پایه را در جدول (۳)، ارائه می‌دهد. خاطرنشان می‌گردد که برش پایه نیز همانند ارتفاع موج دارای سری زمانی مشابه بوده و برای جلوگیری از تکرار، نتایج نهایی در جدول (۳) قرار داده شده‌اند.

جدول ۳- مقادیر برش پایه به روش‌های مختلف حاصل از تحلیل عددی

برش پایه (KN.m) × ۱۰^۹	نام اختصاری	نیروی وارده
۲/۸۱	**wi**	باد
۳/۳۱	**Sin**	موج سینوسی
۴/۰۳	**p-w**	طیف پیرسون- موسکوویچ
۳/۷۶	**BR**	طیف برتشنایدر
۳/۶۷	**MI**	طیف میتسایوسو
۴/۵۳	**JS**	طیف جانسوآپ

جدول (۳)، اطلاعات ارزشمندی را از لحاظ تصمیم‌گیری درباره‌ی نیروی غالب ارائه می‌دهد.

به‌نحوی که، برش پایه‌ی حاصل از طیف جانسوآپ ۱۱٪ بیشتر از طیف پیرسون- ماسکوویچ، ۱۷٪ بیشتر از طیف برتشنایدر، ۱۹٪ بیشتر از موج منظم و ۳۸٪ بیشتر از بار باد می‌باشد به عبارت بهتر بار باد در پلت فورم‌های عادی تاثیرگذار نبوده و نیروی موج تاثیرگذار است. و طیف جانسوآپ بیشترین برش پایه را نتیجه می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری کلی

- نیروی غالب از لحاظ برش پایه، در طراحی جکت‌های دریایی بر اساس طیف جانسو آپ محاسبه می‌گردد.
- امواج تصادفی دریا بر اساس طیف JS ، ۳۸٪ بیشتر از نیروی باد در برش پایه تاثیرگذار است.
-امواج تصادفی دریا بر اساس طیف JS، ۱۹٪ بیشتر از موج منظم، ۱۱٪ بیشتر از طیف p-m ، ۱۷٪ بیشتر از طیف BR ، نیروی برش پایه در جکت را نتیجه می‌دهد.

۶- تشکر و قدردانی

از زحمات جناب آقای مهندس علی اکبری، آزمایشگاه ملی شهدای خلیج فارس(دانشگاه امام حسین)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، نهایت تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

۷- منابع

1- strucad- software manual, 2018, offshore companies.

۲- مظاهری‌زاده، س.، عرب‌زاده، آ.، ۱۳۹۴، اصلاح پارامترهای طیفی موج خلیج فارس با در نظر گرفتن برداشت‌های میدانی، نشریه‌ی مهندسی دریا، سال یازدهم، شماره ۲۲، پاییز و زمستان ۹۴، صفحات ۱۱۹ الی ۲۲۵

3-Dowson, T.H., offshore Structural Engineering, Jon wiley, pp:195-202

4- American Petroleum Institue [API], 1996, pp:218-220.

5- Rupum, M., 2014, pile Design and Fixed platform in Indian offshores, Ocean Engineering, No 32, pp: 132- 142.

6- Niroumond, B, Kamalian, K., A., 2008, Study the wave spectra, in the Persian Gulf, Journal of Gasta Engineering, vol: 35, pp: 261-276.

7- och., M.K., Hubble, H.K., 1996, one six parameters wave spectra, measurment and Analysis, ASCE, pp:374-387.

۸- چگینی.، ۱۳۷۷، نظریه‌های موج، جلد اول، انتشارات شرکت جهاد تحقیقات آب و آب خیزداری، صفحات ۱۷۷ الی ۱۹۶.

9- ISSC, 1979, Report of cammite, I.1, 7th, International ship structures congress paris.

10- pierson, w.J., Moskowitz, L., 1964, A proposaled form forfully developed sea based on the similarity theory, Geophysical Research, Vol: 69, pp:5181-5191.

www.SID.ir

Archive of SID

Determine the Load and Dominant Wave Spectrum in the Design of the Jackets in Terms of Base Shear

Arash Dalili
Department of civil engineering, Maragheh Branch, Islamic azad University, Maragheh, Iran
Ramin Vafaeipoor sorkhabi*
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
Ahmad Maleki
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran
raminvafaei@yahoo.com

Abstract:

Determining the dominant force in Jacket design is often one of the main concerns of engineers. In the current study, a marine jacket with a height of 50 meters, with an effective 6 m wave height and a deck height of 10 meters is considered hypothetically. These dimensions is in accordance with the general conditions of the Persian Gulf. The wind load, the regular wave and the random wave load have been applied under the Pierson-Moskowitz, Bretschneider, Mitsuyasu and JONSWAP spectra to the considered jacket and for all stages the jacket base shear has been obtained by using the STRUCAD software. Based on the results obtained in terms of base shear, the random wave with the JONSWAP spectrum yielded the highest base shear and compared to the Pierson-Moskowitz spectrum, 11%, Bretschneider 17%, Mitsuyasu 19%, Regular wave 27%, and wind load 38%, provides more base shear. Thus, due to the lack of sufficient field information in the design of Jackets in terms of base shear, it is recommended to use the JONSWAP spectrum.

Keywords: Offshore Jacket, Random Waves, Wave Spectrum, Base Shear

www.SID.ir