مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

Determine the design parameters for the stability of fixed offshore platforms (Jacket) in the Syrian coast by using computer modeling

Dr. Adnan Ibrahim[*]
Mahar Alhassan[**]

(Received 21 / 1 / 2018. Accepted 22 / 4 / 2018)

□ ABSTRACT □

The efficiency of offshore platforms and their safe design depend on a complex structure of mutual influence between these installations on the one hand and the surrounding environment and on the degree of resistance to different loading patterns during the entire investment period. The fixed platform of the Jacket is a large metal frame facility used to explore and extract oil and gas. The main function of the marine platform is to ensure the stability of the upper section above it, with all the facilities included in operating conditions, normal and unusual (weather conditions). In addition, the platform must be designed to be fully capable of resisting various environmental loads. Many studies have shown that the rise of sea wind waves plays a major role in the design of marine platforms compared to other environmental factors.

The statistical analysis of the Jacket marine platform was carried out using the SACS program after building the model and applying the environmental loads according to three loading cases (45,90,135) according to the trends of the wind waves on the Syrian coast (southwest, west, north west). After comparing the values of the base shear and overturning moments according to three loading cases, the maximum value of each of them occurs in the direction of the south-west loading. The stress ratio applied to all elements compared with the stress allowed under storm conditions (Unity Check) (UC <1) is verified according to the design code (API) and thus It is in normal operating conditions, and even in the marine platform storm conditions will be able to withstand and Achieving safety .

Keywords: fixed offshore platform, wave and wind forces, Environmental parameters, computer program SACS, Linear statistical analysis, Unity Check.

[*] **Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

تحديد البارامترات التصميمية لاستقرار المنصات البحرية الثابتة (Jacket) في الساحل السوري باستخدام النمذجة الحاسوبية

د. عدنان إبراهيم*
محار الحسن**

(تاريخ الإيداع 21 / 1 / 2018. قُبِل للنشر في 22/ 4 / 2018)

□ ملخّص □

تعتمد كفاءة المنصات البحرية وتصميمها الآمن على تركيب معقد من التأثير المتبادل بين هذه المنشآت من جهة، والبيئة المحيطة بها، وعلى درجة مقاومتها لأنماط التحميل المختلفة خلال كامل فترة استثمارها. المنصة الثابتة من نوع (Jacket) هي منشأة إطارية معدنية ضخمة تستخدم لاستكشاف واستخراج النفط والغاز. تتمثل المهمة الرئيسية للمنصة البحرية في تأمين استقرار القسم العلوي المحمول فوقها، بكل ما يتضمنه من منشآت في ظروف التشغيل، العادية وغير العادية (ظروف الطقس العاصف). بالإضافة إلى ذلك يجب أن تصمم المنصة بحيث تكون قادرة تماماً على مقاومة مختلف الحمولات البيئية. وقد أثبتت العديد من الدراسات أن لارتفاع أمواج الرياح البحرية الدور الأساسي والمسيطر في تصميم المنصات البحرية مقارنة مع باقي العوامل البيئية الأخرى.

تم إجراء التحليل الستاتيكي للمنصة البحرية من نوع (jacket) بأربع قوائم على عمق (79.5m) باستخدام برنامج (SACS) وذلك بعد بناء النموذج وتطبيق الحمولات البيئية (الأمواج، الرياح) وفقاً لثلاث حالات تحميل وفق الزوايا ($45^0,90^0,135^0$) مع خط الاتجاه (جنوب – شمال)، تبعاً للاتجاهات المسيطرة لأمواج الرياح المؤثرة على الساحل السوري (الجنوب الغربي، الغرب، الشمال الغربي). بالمقارنة بين قيم قوى القص وعزوم الانعطاف الناتجة عن حالات التحميل الثلاث يتبين أن القيمة العظمى لكل منهما تحدث وفق الاتجاه الجنوبي الغربي. وأن Unity Check (نسبة الإجهاد المطبق على العنصر مقارنة مع الإجهاد المسموح والمعروف اختصاراً بالرمز UC) لجميع العناصر في ظروف العاصفة (UC<1) وهي قيم محققة وفقاً لكود التصميم (API). وبالتالي فإنه في ظروف التشغيل العادية وحتى في ظروف العاصفة فإن المنصة البحرية المفترضة ستكون قادرة على الصمود وتحقيق الأمان المطلوب.

الكلمات المفتاحية: المنصات البحرية الثابتة ، قوى الأمواج والرياح ، البارامترات البيئية ، SACS ، التحليل الستاتيكي الخطي ،Unity Check.

*مدرس – قسم الهندسة المائية والري_ كلية الهندسة المدنية_ جامعة تشرين _ اللاذقية_ سورية
**طالبة دراسات عليا – قسم الهندسة المائية والري _كلية الهندسة المدنية _جامعة تشرين _اللاذقية_سورية

مقدمة

المنصات البحرية عبارة عن منشآت ضخمة هيكلية أو كتلية، معدنية أو بيتونية مسلحة أو مزيج من الاثنين معاً، مصممة للعمل ضمن الشروط القاسية للبحار المفتوحة أو الخلجان أو غيرها، تتوضع على مسافات تتراوح بين بضعة كيلومترات إلى عشرات الكيلومترات عن الشواطئ، وتتعدد مجالات استخدمها بشكل عام بين مجموعة متنوعة من المهام، تتراوح بين استكشاف مكامن النفط والغاز وإنتاجها، إلى تقديم خدمات ملاحية، مثل تحميل وتفريغ السفن، دعم الجسور والطرق فوق البحرية [10]. منذ بداية استخدامها في خمسينيات القرن العشرين تزايد العدد الكلي للمنصات البحرية المستخدمة في استخراج النفط و الغاز من الجرف القاري في مختلف خلجان ومحيطات العالم بشكل مضطرد. أغلب المنصات المستخدمة لهذه المهمة من النوع الثابت المسمى (Jacket)، وتستخدم لأعماق تتراوح ضمن المجال [30-300 m]، حيث يعتمد النظام الأساسي لعمل المنصة على عمق الطبقة المائية في منطقة توضعها [16]. النوع الآخر من المنصات البحرية المسماة (jackup) يصلح لظروف مشابهة إلى حد ما، ولكن في المياه التي يصل عمقها إلى (150m). المنصات شبه الغاطسة يمكن أن تستخدم حتى عمق (1800m)، أما المنصات من نوع (spar) فتستخدم من أجل مناطق المياه العميقة جداً.

المنصات البحرية الثابتة من نوع (Jacket)، الشكل(1)، عبارة عن هياكل إطارية معدنية ضخمة يتم تثبيتها بالقاع بوساطة عناصر أنبوبية متباينة الأقطار والسماكات ممتدة داخل القوائم. الوظيفة الرئيسة للعناصر الشبكية تتمثل في تأمين استقرار القسم العلوي للمنشأة عن طريق نقل الحمولات والأوزان إلى الأساسات. تتجلى الميزة الرئيسية لهذه المنشآت في ارتفاع درجة استقرارها، حيث أن اتصالها مع القاع يحد إلى درجة كبيرة من الأخطار الناجمة عن قوى الرياح والتيارات والأمواج. عملياً قلما يجري استخدام هذه المنصات في المناطق العميقة جداً، لأنه من غير الاقتصادي تشييد قوائم الارتكاز الحاملة على أعماق كبيرة ولفترة زمنية طويلة [16].

القسم العلوي للمنصة المتوضع عالياً فوق سطح ماء البحر يتضمن العديد من التجهيزات مثل: السطح المخصص للطائرات المروحية، قسم المعيشة والسكن الخاص بطاقم العمل، المرافق والتجهيزات العلوية كالمستودعات والرافعات والطرق المخصصة للسير بالإضافة للقوارب، وحدة حفر الآبار، الخ...) [5].

تصنف الحمولات الناتجة عن تأثير الأمواج على المنصات البحرية كحمولات ديناميكية، ولكن رغم ذلك يمكن التعامل معها كحمولات ستاتيكية أثناء تصميم منصات المياه الضحلة. غير أنه مع ازدياد عمق الطبقة المائية تصبح المنصات لدنة ويتزايد التأثير الديناميكي لدرجة يشكل معها خطورة يتوجب أخذها بعين الاعتبار. وكذلك الأمر مع حمولات الرياح المؤثرة على أي منشأة، والتي تعتبر كحمولات ديناميكية، ولكن لأغراض التصميم يتم التعامل معها كضغط ستاتيكي مكافئ [4,17].

الشكل (1): منصة نموذجية من نوع (jacket)

أدى تزايد الطلب العالمي على الطاقة، وبخاصة الأحفورية منها إلى تطوير هندسة المنصات البحرية، حيث نجحت العديد من شركات النفط والغاز العملاقة بتحقيق استكشافات واسعة في مناطق نائية عند أعماق تتجاوز 3000m الأمر الذي تطلب تعزيز وتطوير التقانات المستخدمة في مثل هذه الظروف لمواجهة خطر انهيار المنشأة تحت تأثير ضغط الإجهادات المتكررة. يتطلب تصميم المنصات البحرية الأخذ بعين الاعتبار الظروف القاسية التي تتعرض لها خلال فترة استثمارها، ومتطلبات مقاومة الاجهادات الكبيرة الناجمة عن ظروف العمل في المحيطات والبحار، كما أنه من الضروري تحديد الإجهادات الناجمة عن التأثيرات الهيدروديناميكية ومدى استجابة المنشأة لها، وتكون هذه التأثيرات حمولات رئيسية في التصميم [10]، حيث تتعرض المنصات البحرية لنمط تحميل مركب ومعقد خلال عمرها التصميمي الكامل. تظهر دراسة التأثيرات المختلفة لنماذج الأمواج على المنصات البحرية أن متطلبات التصميم الهيكلي لها تحت تأثير الأمواج، والتي تتسبب بقوى وعزوم عنيفة على المنشأة تلعب دوراً أساسياً في التصميم، الأمر الذي يتطلب حساباً دقيقاً لحمولات الأمواج عليها بغية الوصول إلى تصميم اقتصادي وآمن [12,20].

إن الحاجة الملحة والمتواصلة لبناء المنصات في أعماق متفاوتة ضمن شروط بيئية متباينة، وما يترتب على ذلك من شروط تصميم غير موحدة يستلزم تطبيق النمذجة الحديثة بهدف فهم سلوكية ومنهجية أداء هذه المنشآت الضخمة تحت تأثير الحمولات المختلفة على أرض الواقع [2]. تصمم المنصات البحرية الثابتة من نوع (Jacket) عادةً باستخدام نظم وقواعد التصميم (APIRBP2AWSD,APIRP2ALRFD,ISO1990). بنمذجة حمولات

الأمواج والتيارات التي تتعرض لها المنصات البحرية، وبعد إجراء التحليل والمقارنة مع عدد من النماذج المخبرية يتبين أن البرامج الحاسوبية المطورة قادرة على إعطاء نتائج مرضية وعالية الدقة [6,15].

يسمح برنامج (SACS- Structural Analysis Computer System) بالتحقق من التعليمات البرمجية لعناصر الجوائز والعقد بشكل موثوق، لذلك فهو مناسب جداً للمنصات البحرية التي يتألف القسم العلوي فيها من صفائح وأعمدة ودعائم أنبوبية، حيث تمت نمذجة عدة منصات ثابتة في بحر الشمال وبحر النرويج وفق ثمانية اتجاهات تحميل باستخدام برنامج (SACS) وبعد إجراء التحليل الستاتيكي تبين أن نسبة الإجهادات المطبقة مقارنةً مع الإجهادات المسموحة محققة من أجل جميع العناصر دون استثناء [8,11,18].

قام معهد "Kaspmornii proekt" التابع لبعثة الاتحاد السوفييتي المكلفة بوضع الدراسات اللازمة لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية بين عامي (1975-1974)، بتحديد الشروط الطبيعية لمنطقة مرفأ اللاذقية، وأجرى أعمال المسح الطبوغرافي والجيوديزي والهيدروغرافي في المنطقة، كما أجرى سبوراً في مواقع مختلفة على امتداد الشاطئ المقابل لمنطقة مرفأ اللاذقية مكنته من تحديد البنية الجيولوجية للمنطقة، كما قام بتحديد مواصفات أمواج المياه العميقة والمياه الضحلة، وذلك بالاعتماد على وردة الرياح التي وضعها استناداً إلى البيانات المناخية المتوفرة، وتم اعتماد القيم العظمى لمواصفات الامواج في المياه العميقة، واستناداً اليها تم حساب مواصفات أمواج المياه الضحلة من أجل وضع المقترحات اللازمة والحلول لتوسيع المرفأ وتطوير منشأة الحماية الخاصة به (المكسر الركامي) [21] .

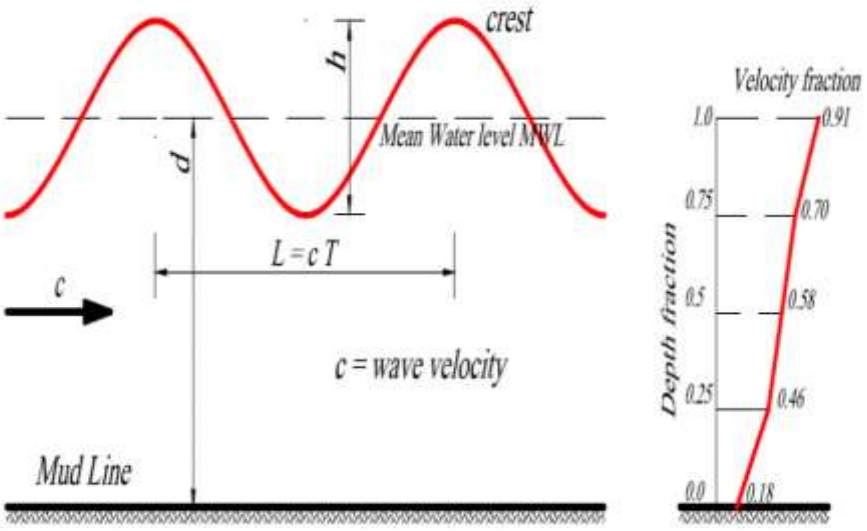
تتناول هذه المقالة عملية التحليل الستاتيكي الكامل لمنصة بحرية ثابتة من نوع (Jacket) بأربعة قوائم ضمن الشروط البيئية للساحل السوري، بهدف تحديد البارامترات التصميمية اللازمة لاستقرار منصة نموذجية عند عمق محدد باستخدام البرنامج الحاسوبي SACS .

الحمولات

يتم تصميم المنصات البحرية بحيث تقاوم القوى المختلفة ، كالحمولات الثقالية (الحمولات الميتة – الحية – قوة الطفو – الضغط الهيدروستاتيكي وحمولات أخرى مفترضة)، والحمولات البيئية المختلفة، حيث تتعرض خلال عملها الاعتيادي لحمولات الأمواج والتيار وتدفقات المد والجزر، كما يتعرض القسم العلوي من المنشأة الواقع فوق مستوى الماء لحمولات الرياح التي تساهم بدورها بزيادة سرعة التيار. بالإضافة إلى قوى الزلازل، حمولات الثلوج والجليد، تغير درجات الحرارة، حركة رسوبيات القاع وحمولات أخرى. وبشكل عام تعتبر الحمولات البيئية الناجمة عن الأمواج والرياح والتيارات هي الحمولات المسيطرة عند تصميم المنصات البحرية، وأهمها حمولات الأمواج.

حمولات الأمواج

تعتمد نظريات الموجة العادية المستخدمة في حساب قوى الأمواج المؤثرة على المنصات البحرية على ثلاث بارامترات رئيسية وهي عمق المياه (d) وارتفاع الموجة (h) والدور الموجي (T) التي يتم الحصول عليها من القياسات الموجية كما يبين الشكل (2). الطاقة الحركية للتيار والأمواج (حقول السرعة والتسارع) يتم حسابها باستخدام نظريات ستوكس من الدرجة الخامسة، القوى المؤثرة على العناصر الإنشائية المفردة يتم حسابها باستخدام معادلات موريسون بالاعتماد على المعاملات الهيدروديناميكية معامل العطالة CM (inertia coefficient) ومعامل الاحتكاكdrag CD (coefficient). وباستخدام معادلة ستوكس من الدرجة الخامسة يتم حساب السرعة الجزيئية والتسارع [17] .



الشكل (2): بروفايل الموجة

حمولات الرياح

عندما تتوضع المنشأة في مسار حركة الهواء يتم حرف الرياح عن مسارها أو إيقافها، وكامل الطاقة الحركية أو جزء منها تتحول إلى طاقة ضغط على المنشأة ، لذلك فإن قوى الرياح المؤثرة على المنصة ناتجة عن فرق الضغط نتيجة عرقلة التدفق الحر للرياح ودرجة تأثير هذه القوى يتعلق بعدد من العوامل (سرعة واتجاه الرياح، منطقة الاستثمار، وشكل العناصر الإنشائية) وهذه القوى تصنف كقوى ديناميكية ولكن لأغراض التصميم يمكن اعتبارها بمثابة ضغط ثابت مكافئ [17] .

طرق تصميم المنشآت المعدنية

التصميم بطريقة الإجهادات المسموحة Allowable stress state

تعتبر العناصر الإنشائية المصممة بطريقة الإجهادات المسموحة خاضعة في حالة التشغيل إلى تأثير الأحمال المسموح بها في التشغيل العادي أي أحمال التشغيل، ومن أجل تأمين المقاومة الكافية للعناصر الإنشائية يجب ألا تزيد قيمة الإجهادات التي يخضع لها العنصر والناتجة عن أحمال التشغيل عن قيمة الإجهادات المسموح بها والمساوية لجزء من الإجهادات الحدية للمادة والتي تؤخذ مساوية لإجهاد الخضوع بالنسبة للفولاذ $\mathbf{F_y}$.

التصميم بطريقة الحالات الحدّية Limit State

الحالة الحدية هي حالة يصبح المنشأ عندها غير محقق لأحد متطلبات الاستثمار أو المقاومة. في تصميم الحالة الحدّية، يجب التحقق من تصميم المنشآت من أجل المجموعات الخاصة بالحالة الحدية، للتأكد أن حدود الأمان بين الحمولات الأعظمية المحتملة والمقاومة الأصغرية للمنشأة كبير بشكل كافي. تدخل في طريقة الحالات الحدية عوامل أمان جزئية ضمن الصيغ الحسابية بحيث تحدث تغيرات وتأثيرات احتمالية.

الحالات الحدّية

تقسم الحالات الحدّية إلى أربع تصنيفات رئيسية الحالة الحدّية الأعظمية ULS (Ultimate limit state) التي تتوافق بشكل عام مع المقاومة المطلوبة لمقاومة الأفعال الأعظمية المطبقة، الحالة الحدّية لصلاحية الخدمة SLS (Serviceability limit state) التي تتوافق مع المعايير التي تحكم الاستخدام الوظيفي العادي، الحالة الحدّية للتعب FLS (Fatigue limit state) التي تتوافق مع التأثير الناتج عن تكرار التحميل والحالة الحدّية العرضيَّة ALS (Accidental Limit State) التي تتوافق مع حالات الأحداث العرضيَّة أو غير العادية. مراعاةً للسلامة التشغيلية والفنية، يجب أن يتم التحقق من تصميم المنشآت من أجل الحالات الحدَّية الأربعة. نظراً لأن هذه الرسالة تركز فقط على الحالة الحدّية الأعظمية ULS، لن تتم مناقشة الحالات الحدّية الباقية أكثر من ذلك.

التحليل الستاتيكي الخطي

التحليل الستاتيكي هو التحليل الإنشائي المستخدم لمحاكاة سلوك المنشأة قدر الإمكان للحصول على الاستجابة الهيكلية خلال فترة الخدمة. يتم ذلك للتحقق من السلامة الشاملة للمنشأة ضد الفشل الأولي. في التحليل الخطي الإنشائي فيما يتعلق بتصميم الحالة الحدية الأعظمية (ULS) عادة ما يتم اعتبار قيمة الخضوع الأولي (first yield) مساوية لقيمة المقاومة المميزة. بحيث أنه في حال كون العناصر الأنبوبية للمنصة غير محققة لمتطلبات المقاومة الأعظمية مما أدى إلى حدوث التحنيب أو الخضوع، من المفترض عندها أنَّ هذه العناصر غير مناسبة للغرض المطلوب. معايير المقاومة الحدّية التي تم تحديدها في الكودات المختلفة حدّدت المقاومة الإنشائية ومتطلبات الاستقرار لعناصر المنصة لمنع حدوث التحنيب أو الخضوع. تحنيب العنصر يمكن أن يكون إما تشوهاً جانبياً بالاتجاه الطولي للعمود أو تحنيب قوسي. تخضع العناصر الأنبوبية للانعطاف و لضغط محوري مركب مما يؤدي إلى حدوث تحنيب جانبي. من المهم تحديد قوى القص الأعظمية الناتجة عن تأثير الحمولات البيئية بغية تحديد أبعاد دعائم هيكل المنصة. بالإضافة إلى ذلك، يتم حساب عزم الانقلاب الأعظمي من أجل تحديد أبعاد قوائم المنصة. يحسب التحليل الستاتيكي الإزاحات، الضغوط، الإجهادات وقوى التفاعل تحت تأثير الأحمال المطبقة.

أهمية البحث وأهدافه

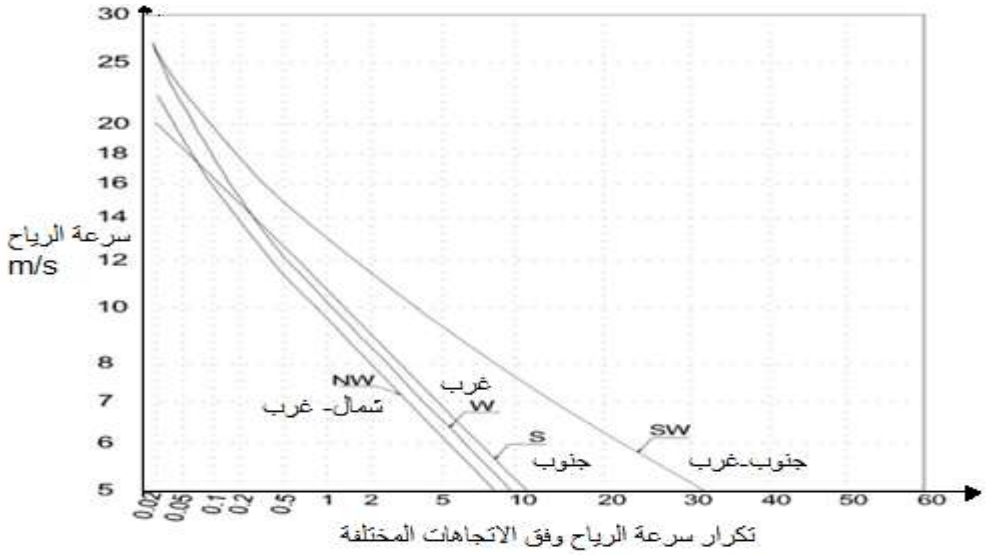
تنبع أهمية البحث من الدور المتعاظم لمصادر الطاقة غير المتجددة (النفط والغاز الطبيعي) في عملية التنمية البشرية والتطور التكنولوجي والتزايد المطرد على طلب الطاقة الأحفورية في ظل عدم التوصل حتى الآن إلى مصادر طاقة بديلة نظيفة متجددة ورخيصة، وخصوصاً مع تزايد الاهتمام العالمي بمكامن الطاقة الأحفورية في مناطق الجرف القاري في مختلف بحار ومحيطات العالم ومنها منطقة الجرف القاري لشرق المتوسط بعد ظهور مؤشرات مشجعة جداً عن توافر مكامن غنية في هذه المنطقة [16].عام 2010 قدّر المسح الجيولوجي الأميريكي (usgs) أن حوض الشام يملك مصادر نفط غير مكتشفة تقدر ب 1.7 مليار برميل والأهم من ذلك موارد الغاز الطبيعي غير المكتشفة المقدرة ب122 تريليون قدم مكعب، حيث تشمل منطقة حوض الشام على حوالي83,000 كيلومتر مربع من منطقة شرق المتوسط الشكل (3). عام2013 تبين أن أكبر احتياطيات النفط في منطقة شرق البحر المتوسط تعود لسورية. ومن هنا تنبع أهمية المنصات البحرية لاتصالها الوثيق باستخراج النفط والغاز[22].

الشكل (3): امتداد حوض الشام في منطقة شرق المتوسط

يهدف البحث إلى إجراء دراسة تحليلية لتوازن واستقرار المنصات الثابتة (الشبكية–jacket) تحت تأثير مختلف الحمولات التي تخضع لها ضمن بيئة الساحل السوري التي ستعمل فيها باستخدام البرنامج الحاسوبي SACS لرصد التغيرات في ردود الأفعال الرئيسية مع عوامل بيئية متفاوتة للوصول إلى البارامترات التصميمية للمنشأة الملائمة للظروف السائدة في المنطقة، حيث تتباين ظروف عمل هذه المنشآت من منطقة لأخرى بالعلاقة مع الشروط المناخية والبيئية السائدة في منطقة نصب المنشأة، وكذلك بالعلاقة مع الأعماق المطلوبة لنصب المنصة فوق المكمن المطلوب استخراج النفط أو الغاز منه. يقع الساحل السوري في الجزء الشمالي الغربي من الأراضي السورية حيث يمتد من محافظة طرطوس جنوباً حتى رأس البسيط شمالاً في محافظتين رئيسيتين هما اللاذقية وطرطوس وبطول يبلغ 183km على طول خط النظر ضمن الحوض الشمالي الشرقي للبحر المتوسط وتبين الصورة الجوية التالية باستخدام برنامج الـ Google Earth موقع منطقة البحث الشكل (4).

الشكل (4): موقع الساحل السوري على شاطئ البحر الأبيض المتوسط

تخضع منطقة مرفأ اللاذقية لتأثير الرياح القادمة وفق الاتجاهات التالية :جنوب، جنوب_غرب، غرب_جنوب_غرب، غرب، شمال، شمال_غرب. واستناداً إلى الدارسة التي أجراها معهد Kaspmornii proekt، التابع لبعثة الاتحاد السوفييتي لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية بين عامي (1975 – 1974)، فقد تم رسم مخططات سرعة الرياح وفق الاتجاهات السائدة في المنطقة الساحلية لمرفأ اللاذقية، والناتجة عن العواصف التي تحدث مرة كل 50 سنة، وبالنظر إلى هذه المخططات الشكل (5)، نستنتج أن سرعة الرياح يمكن أن تصل إلى القيم التالية: جنوب 20 م/ثا، جنوب–غرب 27 م/ثا، شمال–غرب 23 م/ثا [21].



الشكل (5): مخطط سرعة الرياح وفق الاتجاهات السائدة في منطقة مرفأ اللاذقية.

أن الأمواج الأعظم في المياه العميقة تحدث تحت تأثير العواصف الجنوبية الغربية. وباستخدام منظومة التكرار مرة واحدة كل 50 سنة يكون للأمواج المواصفات التالية: $h1\% = 9.4\ m\ ,\ T = 9.5\ sec\ ,\ L = 140\ m$

بينما يكون للأمواج الأعظمية تحت تأثير العواصف الجنوبية والعواصف الغربية المواصفات التالية:

$h1\% = (8.2 - 8.5)\ m\ ,\ T = (8.2 - 7)\ sec\ ,\ L = (105 - 125)\ m$

ويكون للأمواج الأعظمية تحت تأثير العواصف الشمالية الغربية المواصفات التالية:

$h1\% = 5.8\ m\ ,\ T = 7.0\ sec\ ,\ L = 76$

طرائق البحث ومواده

عند تصميم وحساب المنشآت البحرية الثابتة من الضروري تحديد خصائص التحميل الهيدروديناميكية تحت شروط التأثير المتبادل (ماء، منشأة)، وذلك لتحديد مدى استجابة المنشاة لهذا التحميل، الأمر الذي يشغل حيزاً هاماً من التصميم يتوجب معالجته وحله. وغالباً ما يتطلب ذلك استخدام النمذجة العددية وفق برمجيات متخصصة قادرة على القيام بذلك [1]. لإجراء التحليل الإنشائي للمنصة البحرية سيتم تطوير نموذج هيكلي باستخدام واحدة من حزم البرامج الحاسوبية الشائعة الخاصة بهندسة المنصات البحرية نذكر منهم:

- البرامج الخاصة بالتحليلات الإنشائية (الهيكلية)

1. SACS: Structural Analysis Computer System (USA).
2. FASTRUDL, MARCS, OSCAR, StudCAD and SESAM

تقوم هذه البرمجيات بتحليل المنشأة وإعطاء النتائج المرغوبة التي تساعد على تصميم المنشأة. نموذج المنشأة ينبغي أن يحتوي على كل العناصر الأساسية للمنصة البحرية بالإضافة إلى التجهيزات الرئيسية والثانوية المرفقة بها. وكل جزء في المنصة يتم نمذجته بعد الأخذ بين الاعتبار الحمولات المطبقة عليها [16]. ضمن الدراسة الحالية سيتم تطبيق نموذج حاسوبي مفترض باستخدام برنامج(SACS) وإجراء التحليل الستاتيكي للمنصة التي يمكن أن تستخدم في الساحل السوري انطلاقاً من المعطيات البيئية المتوافرة للوصول للبارامترات التصميمية اللازمة لاستقرار المنشأة.

التحليل البرمجي

(SACS) برنامج تحليل وتصميم المنصات البحرية ، يستخدم لنمذجة وتحليل المنشأة المعدنية (Jacket)، من إنتاج شركة Bentley (وهي شركة عالمية رائدة في مجال توفير حلول برمجية شاملة لتطوير البنية التحتية). يعمل هذه البرنامج تحت بيئة مايكروسوفت مكتوب بلغة (Fortran). تم التحقق من صحته ضمن مجموعة تجارية قياسية تسمى النظام الحاسوبي للتحليل الإنشائي (SACS,Version5.1m2001) [15].

هو نظام حاسوبي يعتمد على طريقة العناصر المنتهية يدعم التحليل والتصميم والتصنيع وتركيب المنصات البحرية بما في ذلك (منصات استخراج النفط والغاز، منصات الرياح وتصميم القسم العلوي من المنصات) وهو قادر ديناميكياً على إعادة التصميم ويتيح للمستخدمين إجراء تحاليل متقدمة والامتثال لمعايير التصميم وتوقع النتائج المعقدة المحتمل حدوثها، كما يوفر التحقق من التعليمات البرمجية لعناصر الجوائز والعقد بشكل موثوق. ويملك نماذج تطبيقية جاهزة لكل أنواع المنصات البحرية ويستطيع أيضاً القيام بالحسابات التفصيلية للإجهاد خلال فترة الاستثمار[8].

الخطوات الرئيسية في تحليل المنشأة

1. إعداد النموذج الإنشائي وتعريف الخصائص الهندسية والمادية لعناصر المنشأة.
2. تطبيق الحمولات التي تتعرض لها المنشأة.
3. إجراء التحليل.
4. معالجة وتحليل النتائج.

يتقن برنامج SACS التحليلات المتخصصة الهامة التي تشمل على:

التحليلات الهيكلية غير الخطية ، تحليل الاستجابة الديناميكية الناتجة عن حمولات الرياح ،التيار، الأمواج، الجليد وحمولات الزلازل تحليل تأثير الحمولات الكبيرة والتحليلات الخاصة بالحمولات العرضية كالتيارات الهوائية الديناميكية ،حمولات السفن وحمولات الانهيار .

الإدخالات الرئيسية في البرنامج

بيانات النموذج الهيكلي في برنامج SACS مؤلفة من مجموعة من المعطيات الرئيسة [16]

- نوع المنصة البحرية (نوع البدن ، نوع القوائم).
- هندسة الهيكل: هندسة القسم العلوي فوق سطح الماء (الأبعاد الكلية) ، مواصفات العناصر (قياسات العناصر الكلية والتباعدات فيما بينها ومواقعها بالإضافة إلى تحديد ارتفاع فتحة الهواء)
- عمق المياه والزيادة في الارتفاع عند حدوث العاصفة .
- تصميم الرياح (السرعة على ارتفاع m10 فوق مستوى سطح البحر ،اختيار البارامترات التجريبية المستخدمة في المعادلات الأساسية لحساب سرعة الرياح).
- تصميم التيار (سرعة التيار ،اتجاهه، مناسيب أعلى القاع).

- تصميم الموجة (نوع الموجة، ارتفاعها، عمق الماء الثابت، دور الموجة، تحديد قمة الموجة، مناسيب القاع).
- بيانات التربة .
- الحمولات الكلية الميتة والحية بالإضافة إلى أوزان المعدات والتجهيزات الملحقة ومواقعها.
- بيانات النمو البحري ويعرف بأنه المنسوب فوق قاع البحر (المسافة بين القمة والقاع ، سماكة النمو البحري، منسوب القاع ، معاملات الكتلة والاحتكاك ، خشونة السطح).

الأسس الرياضية المعتمدة في البرنامج

1. مركبات حمولة الرياح المطبقة على المنصة البحرية (والتي تعتبر من الحمولات الأساسية في التصميم) تحسب وفق العلاقتين التاليتين:

$$F_x = F_w . A_x . C_s \qquad (1)$$

$$F_y = F_w . A_y . C_s \qquad (2)$$

A_x,A_y - مساحات الأجزاء المعرضة للرياح وفق الاتجاهين X,Y. Cs - معامل الشكل، والذي يتم اختياره وفقاً لتوصيات الكود، والذي يتم اختياره أثناء إجراء عملية التحليل. F_w - ضغط الرياح المؤثر على واحدة المساحة

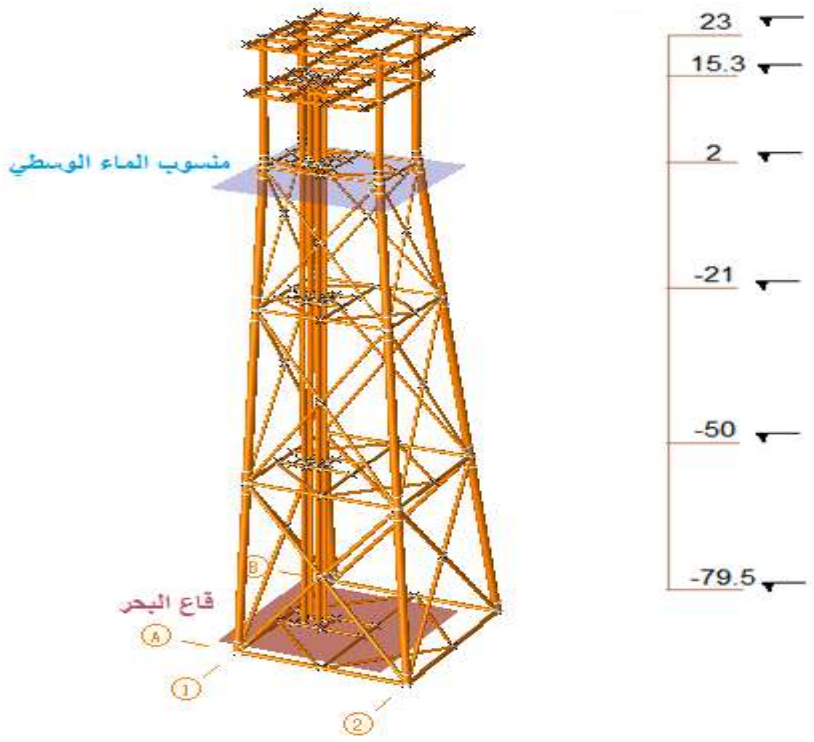
2. يقوم البرنامج بتحديد الحالة الحركية للجسيمات المائية (السرعة والتسارع) في المنطقة المدروسة بعد أن يقوم المستخدم بتحديد نظرية الأمواج التي يتم اختيارها بالاعتماد على ثلاثة بارامترات رئيسية هي: عمق المياه (d)، ارتفاع الموجة (h) والدور الموجي (T). ثم يتم حساب قوى الأمواج المطبقة على عناصر المنصة وفقاً لمعادلة "موريسون"

$$F = \frac{1}{2} * CD * \rho w * Dv|V| + \frac{\pi * D^2}{4} * Cm * \rho w * a \qquad (3)$$

F– قوى الأمواج والتيار المؤثرة على كل شريحة مترية من العناصر الاسطوانية. V,a – السرعة (m/s) والتسارع (m/s^2). C_d,C_m – معاملا العطالة والاحتكاك على التوالي، وتعطى حسب الكود المعمول به والذي يتم اختياره أثناء إجراء عملية التحليل. ρ – كثافة ماء البحر (kg/m^3). D – قطر العنصر (m).

النموذج المدروس

المنصة البحرية التي تم اعتمادها كمثال للدراسة هي عبارة عن منشأة معدنية من نوع (Jacket) بأربعة قوائم تتألف من(409 عُنصر ، 204 عقدة) . سيتم تطبيقها ضمن شروط الساحل السوري على عمق مياه (79.5m) وارتفاع (23m) فوق سطح الماء، الارتفاع الكلي للمنصة البحرية (102.5m) الغرض منها دعم حمولات القسم العلوي (الرئيسي، الثانوي). أبعاد المنصة السفلية في قاع البحر(22.112m X 25.46m) عند المنسوب (79.5−) والأبعاد العلوية (13.96m X 9.16m)عند المنسوب(+2) . وأبعاد القسم العلوي الرئيسي (20mX18m) عند المنسوب (23) والقسم الثانوي(15mX18m) عند المنسوب (15.3+).يوجد دعائم قطرية في كل المستويات الشاقولية والأفقية لتعزيز صلابة المنشأة. جميع عناصر المنصة أنبوبية بقطر خارجي يتراوح بين mm320 حتى mm1230 وسماكة تتراوح بين mm12.5 حتى mm44.5. تم تعريف جميع العناصر الإنشائية والعقد حسب متطلبات الإدخال في البرنامج. النموذج الحاسوبي للمنصة المدروسة يظهر في الشكل (6) .



الشكل (6): النموذج ثلاثي الأبعاد في برنامج SACS

نمذجة الحمولات

الحمولات المطبقة على المنصة التي تم أخذها بعين الاعتبار في التحليل الحمولات الميتة والحية والحمولات البيئية (الأمواج ، الرياح). الحمولات الميتة تتضمن كل العناصر الثابتة في هيكل المنصة والقسم العلوي للمنصة . الأوزان المطبقة على المنصة المدروسة مبينة في الجدول (1). الحمولات البيئية موضحة في الجدول(2,3) تم اعتمادها استناداً إلى الدارسة التي أجراها معهد Kaspmorniiproekt، التابع لبعثة الاتحاد السوفييتي لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية بين عامي (1975 – 1974). القوى الهدروديناميكية يتم حسابها بالاعتماد على نظرية ستوكس، قوى الرياح يتم تطبيقها كقوى موزعة على سطح القسم العلوي.

الجدول(1): الحمولات المطبقة على المنصة

الحمولات المطبقة	الوزن الإجمالي KN
الحمولات الميتة	405
الحمولات الحيّة	2474.99
وزن المعدّات	2379.69
الحمولات المختلفة	557.91
وزن العقد (node)	1000
وزن الممرات	405

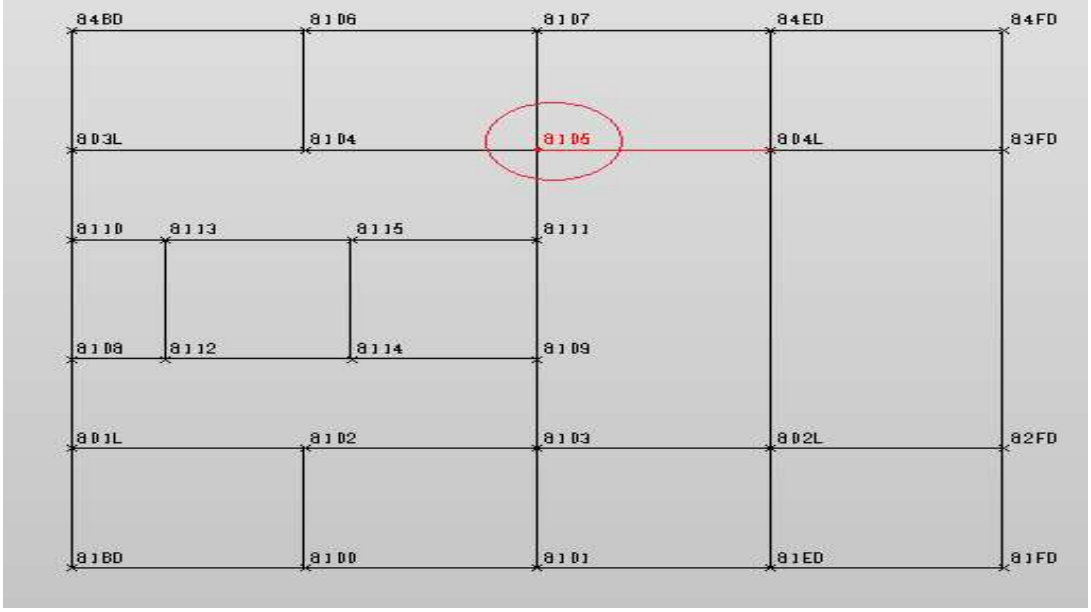
الجدول (2): منظومة بارامترات الأمواج		
اتجاه التحميل (deg)	الأمواج	
	H (m)	T (s)
الشمال الغربي (45)–STM3	5.8	7
الغرب (90)– STM2	8.5	9
الجنوب الغربي (135)–STM1	9.4	9.5

الجدول (3): سرعة الرياح على ارتفاع 10m فوق سطح البحر	
اتجاه التحميل (deg)	سرعة الرياح(m/s)
الشمال الغربي (45)	23
الغرب (90)	27
الجنوب الغربي (135)	27

النتائج والمناقشة

1. تم إجراء التحليل الستاتيكي للمنصة البحرية باستخدام برنامج (SACS) بطريقة العناصر المنتهية، بعد بناء نموذج المنصة البحرية من نوع (jacket) بأربع قوائم(LG) على عمق (79.5m) وارتفاع (23m) فوق سطح الماء وتعريف جميع العناصر الإنشائية وفقاً لمتطلبات الإدخال في البرنامج بالإضافة إلى تعريف الحمولات الحية والميتة وتطبيق الحمولات البيئية (الأمواج،الرياح) وفقاً لثلاث حالات تحميل (45,90,135) تبعاً لاتجاهات أمواج الرياح المؤثرة على الساحل السوري(الجنوب الغربي، الغرب، الشمال الغربي).
2. تم حساب الانحراف الذي تتعرض له كل عقدة في المنشأة وتحديد الانحرافات الأعظمية الجدول (4)، وتبين أن أكبر قيمة للانحراف تحدث في العقدة (8105) عند المنسوب (+23) الشكل (7) .

الجدول (4): الانحرافات الأعظمية للعقد وفق المحاور الإحداثية						
اتجاه التحميل	الانحراف الأعظمي للعقد					
	رقم العقدة	الانحراف بالاتجاه X (cm)	رقم العقدة	الانحراف بالاتجاه Y (cm)	رقم العقدة	الانحراف بالاتجاه Z (cm)
الشمال الغربي	8105	-3. 4121	82FD	5.1353	8111	-6.0119
الغرب	7105	-0.5207	81FD	2.2519	8111	-5.8983
الجنوب الغربي	8105	-8.6828	301X	3.9714	8111	-6.1869



الشكل (7): المسقط الأفقي للمنصة عند المنسوب (23m)

3. تم حساب قيم قوى القص وعزوم الانعطاف التي يتعرض لها كل عنصر من المنصة وفق حالات التحميل الثلاث، تبين أن أكبر قيمة لقوى القص (580 kn−) وعزم الانعطاف (1715 kn.m) يتعرض لها العنصر (W01) الواصل بين العقدتين (804L−8105) وفق حالة التحميل (الشمال الغربي). مخطط العزم للعنصر W01(8106−804L) عند المنسوب (23) موضح وفق الشكل (8).

4. قوى القص وعزوم الانعطاف الأعظمية الناتجة عن الظروف غير العادية (العاصفة) وفق حالات التحميل الثلاث مبينة في الجدول (5). بالمقارنة بين القيم الناتجة وجدنا أن القيمة العظمى لكلٍ منهما تحدث باتجاه التحميل (135)، أي أن حالة التحميل الأسوأ تحدث عند تطبيق الحمولات البيئية في الاتجاه الجنوبي الغربي.

5. مكونات المنصة كالقوائم، الدعائم والعقد يتم تصميمها لتلبية متطلبات القوة والاستقرار وفقاً لكود التصميم (APIRP2A-WSD-2007). حسب هذا الكود إذا كانت قيمة نسبة الإجهاد المطبق على العنصر مقارنة بالإجهاد المسموح (Unity checks) أكبر من (1)، هذا يعني أن العناصر تتعرض لحمولة زائدة ولا تستوفي المعايير المطلوبة. تم حساب إجهادات العناصر ومقارنتها بالإجهاد المسموح والحصول على قيم (UC) لجميع عناصر المنصة باستخدام برنامج (SACS) وفق حالات التحميل الثلاث (الجنوب الغربي، الغرب ، الشمال الغربي)، والتوصل أن نسبة الإجهاد المطبق مقارنة مع الإجهاد المسموح في ظروف العاصفة لجميع عناصر المنصة (UC<1) وهذه نسبة محققة وفقاً لكود التصميم (API). الشكلان (10,9) يوضح قسم من العناصر التي تراوحت فيها قيم التحقيق بين(0.5<UC<1) وقيم التحقيق بين (0<UC< 0.5) على التوالي.

الجدول (5): قوى القص وعزوم الانعطاف الأعظمية الناتجة في حالة العاصفة

عزم الانعطاف KN.M	قوى القصKN	اتجاه التحميل (deg)
29339.061	460.659	الشمال الغربي (45)−STM3
58647.516	856.624	الغرب (90)− STM2
66143.852	975.180	الجنوب الغربي (135)−STM1

الشكل (8): مخطط العزم والقص للعنصر W01

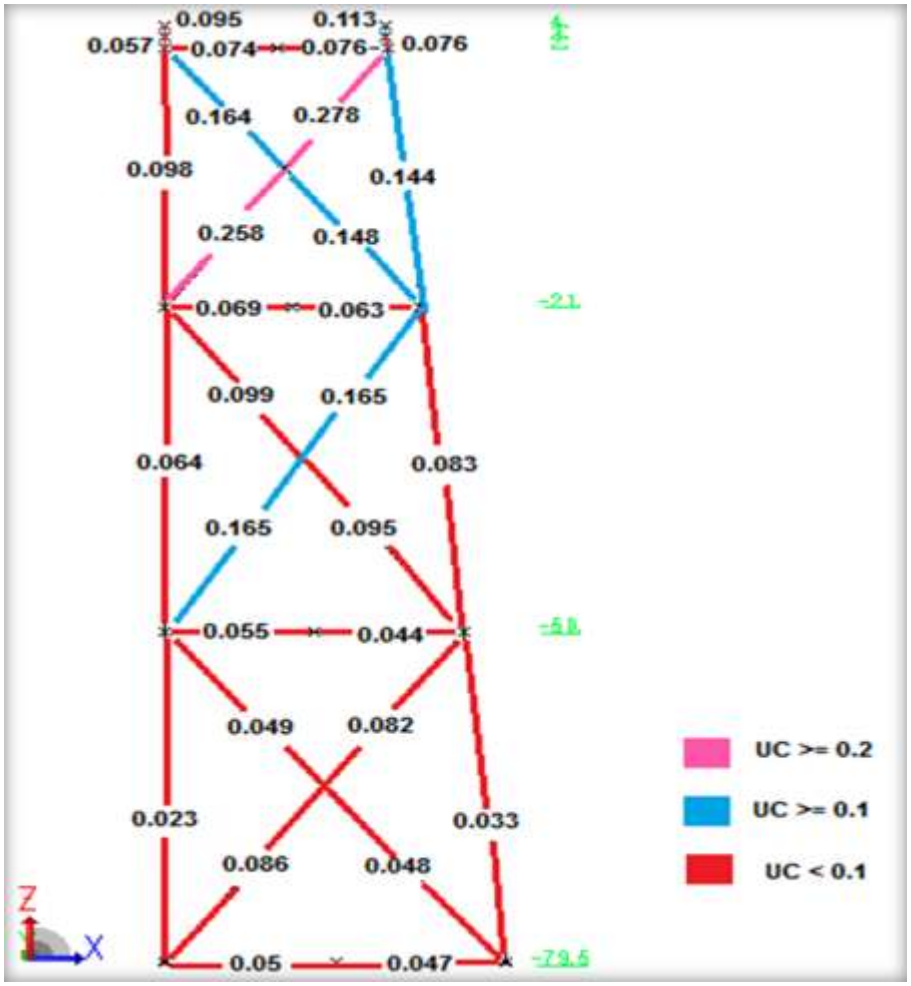
الجدول (6): قيم تحقيقات العناصر التي تتراوح قيمها بين (0.5<UC<1)

العنصر	تعريف مجموعة العنصر	قيم التحقيق الأعظمي UC	حالة التحميل	الإجهاد المحوري Axial stess N/mm2	إجهادالانحناء Bending stess		قوى القص Shear force	
					Y N/mm^2	Z N/mm^2	FY KN	FZ KN
702L-704L	W02	0.532	STM3	-0.13	-73.43	-3.41	-0.61	-174
81BD-801L	W02	0.828	STM1	-0.11	-232.6	5.12	3.19	-506
804L-83FD	W01	0.581	STM1	-0.10	-160.8	6.89	-3.04	231
801L-8102	W01	0.685	STM1	-6.84	-178.8	9.05	-4.09	346
8102-8103	W01	0.586	STM1	-6.7	152.82	-2.83	-0.18	103
8103-802L	W01	0.906	STM2	-6.88	-246.7	-2.53	-0.26	-549
803L-8104	W01	0.569	STM1	-5.42	-146	10.75	-4.26	251

الجدول (7): قيم تحقيقات العناصر التي تتراوح قيمها بين (0 <UC<0.5)

العنصر	تعريف مجموعة العنصر	قيم التحقيق الأعظمي UC	حالة التحميل	الإجهاد المحوري Axial stess N/mm2	إجهادالانحناء Bending stess		قوى القص Shear force	
					Y N/mm^2	Z N/mm^2	FY KN	FZ KN
8105-8107	W02	0.261	STM3	-0.03	-70.93	3.05	-1.30	149
8102-8100	W02	0.118	STM1	-0.02	-0.22	-9.28	4.35	216
8101-8103	W02	0.432	STM1	0.04	-119.38	-5.45	-2.37	-215
801L-8108	W01	0.243	STM1	2.65	-66.56	-4.72	4.55	178
8108-8110	W01	0.072	STM1	2.62	17.22	-0.70	0.82	22.2
8110-803L	W01	0.101	STM2	2.42	17.24	-9.26	6.36	-29
8109-8103	W02	0.425	STM1	-0.04	-119.63	12.52	6.99	-400

يظهر الشكل (9) عناصر الصف (A) من هيكل المنصة وقيم تحقيقات العناصر لكل منها التي تتراوح قيمها بين 0.1<UC<0.2. حيث لا يكون المعيار الاقتصادي هو الأهم عند تصميم هذا النوع من المنصات، كونها تعمل في شروط بيئية قاسية جداً وتتعرض لحمولات قد تكون غير متوقعة.



الشكل (9): قيم التحقيق لعناصر المنصة في الصف A

الاستنتاجات والتوصيات

1. تسمح نمذجة المنصات الثابتة من نوع (JACKET) باستخدام برنامج *SACS* بإجراء التحليل الستاتيكي ضمن شروط الساحل السوري، بالحصول على قيم قوى القص وعزوم الانعطاف الأعظمية والانحراف في مختلف عناصر المنصة.

2. تتعرض المنشأة لأكبر قيمة لقوى القص وعزوم الانعطاف وفقاً للأمواج القادمة من الاتجاه الجنوبي الغربي مقارنة مع باقي الاتجاهات.

3. التحقق من الإجهادات التي تخضع لها مختلف العناصر الشبكية للمنصة ومقارنتها مع الإجهاد المسموح وفق الكود (API) بين أن الإجهادات المطبقة على جميع عناصر المنشأة محققة.

4. في ظروف التشغيل العادية وحتى في ظروف العاصفة المنصة البحرية ستكون قادرة على الصمود وتحقيق الأمان المطلوب.

5. إن الشروط البيئية للساحل السوري ملائمة لبناء المنصات البحرية واستثمار الثروات الباطنية المتوافرة في المنطقة ولذلك أهمية كبيرة في دعم الاقتصاد الوطني السوري.

6. إن دراسة استقرار المنصات في المناطق ذات الأعماق الكبيرة يختلف وبدرجة كبيرة عن استقرار المنصات في المناطق الضحلة العمق من حيث اختيار نوع المنصة المستخدمة والتقنيات اللازم لنصبها وشروط استقرارها وكذلك الحمولات المطبقة عليها وشروط استقرارها، وهذا موضوع هام يمكن البحث فيه.

المراجع

1. ABEELE, V. D, VOORDE, V. *Stability Of Offshore Structures In Shallow Water Depth.* Sustainable Construction and Design, Belgium, 2011, 320-333.

2. ADREZIN, R, BENAROYA, H. *Dynamic Response Of Coompliant Offshore Structures-Review.* Journal of Aerospace Enginneering, Vol. 9, 4, 1996, 114-131.

3. BORTHWICK, A. G, HERBEERT, D. M. *Loading And Response Of Small Diameter Flexibley Mounted Cylinder In Wave.*Journal Of Fluids And Structres 2, U.K, 1988, 479-501.

4. BARLTROP, N. D, ADAM, A. J. *Dynamics Of Fixed Marine Structures,* Third Edition- The Marine Technology Directorate Ltd, Scotland, 1991, 784.

5. BEA, R. G, STEAR, J, RAMOS, R. *Wave Forces On Decks Of Offshore Platforms.* Journal Of Waterway, Port, Coastal, And Ocean Engineering, California, Berkeley, Vol. 125, No. 3, 1999, 136-144.

6. BERLIAN, A, ELYANTO, R.Y. *Structure Strength Analysis Conventional Pile Fixed Jacket Platform Natuna Sae Using Finite Element Method.* Kapal, Indonesia, Vol. 8, No. 3, 2011, 151-160.

7. EICHER, J. A, Guan. H, Jeng, D. S. *Stress And Deformation Of Offshore Piles Under Structural And Wave Loading.* School of Engineering, Griffith University, Gold Coast Campus, PMB 50 Gold, 1-42.

8.FASEELA, A, Jayalekshmi, R. *In-Place Strength Evaluation Of Jacket Platforms And Optimization Of Bracing Configurations*. International Journal of Research in Advent Technology (E-ISSN: 2321-9637) Special Issue, Palakkad, 2015,1-5.

9.GOMATHINAYAGAM, S, VENDHAN, C. P, SHANMUGASUNDARAM, J. *Dynamic Efects Of Efects Of Wind Loads On Offshore Deck Strucctures_ Acritical Evaluation Of Provisions And Practices,* Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics 84, Chennai, India, 2000, 345-367.

10.HARITOS, N.*Introduction To The Analysis And Design Of Offshore Structures – An Overview.* EJSE SPECIAL ISSUE, The University of Melbourne, Australia, 2007, 55-65.

11. IDRUS,B.A, POTTY,S.N, NIZAMANI,Z.*Tubular Strength Comparison Of Offshore Jacket Structures Under Api Rp2a And Iso 19902*. Journal - The Institution of Engineers, Malaysia (Vol. 72, No.3, September 2011), 41-51.

12.MOULE, G, ZHU, S. *Numerical Calculation Of Forces Induced By Short-Crested Waves On Avertical Cylinder Of Arbitarary Cross-Section.* Ocean Engng, Britain, Vol. 21, No7, Pp, 1994, 645-662.

13. MOSTAFAA, Y. E, NAGGAR, H. *Response Of Fixed Offshore Platforms To Wave And Current Loading Including Soil-Structure Interaction.*Soil Dynamics And Earthquake Engineering, London, Ontario, Canda, N6a 5b9, 2004,357-368.

14. MENDES, A. C, KOLODZIEJ, J. A, CORREIA, H. J. D. *Numerical Modelling Of Wave-Current Loading On Offshore Jacket Structures.*Transactions On Built Environment, Portugal And Poland, Vol71, 2004, 85-96.

15. NOORZAEIL, J, BAHROML, S. I, JAAFARL, M. S, THANOONL, W. A, MOHAMMAD, S.*Simulation Of Wave And Current Forces On Template Offshore Structures***.** Suranareej.Sci.Technol, Malaysia, Vol. 13 No. 3, 2005, 193-210.

16. SADEGHI, K. *An Overview Of Design, Analysis, Constraction And Installation Of Offshore Petroleum Platform Suitable For Cyprus Oil/Gas Fields* . Girne American University, Department of Industrial Engineering, Mersin 10, Turkey, 2007, 1-16.

17. SHEHATA, A. E. *Nonlinear Response Of Fixed Jacket Offshore Platform Under Structural And Wave Loads***.** Coupled Systems Mechanics, Egybt, Vol. 2, No.1, 2013, 111-126.

18. SAIEDI, S, AGHDAMY, S. *Parametric Study Of Environmental Load Impacts On A Jack-Up Structure***.** Iccbt, Malaysia, D-43, 2008, 471-486.

19. TRAVANC, J, HONG, H. *Dynamics Of Steel Offshore Platforms Under Ship Impact.* Ocean Research 47, Australia, 2014, 352–372.

20. ZHU, S. *Diffraction Of Short-Crested Waves Around A Circular Cylinder***.** Ocean Engng, Britain, Vol. 20, No4, Pp, 1993, 389-407.

21 – المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية، المجلد رقم (2)، أعمال المسح والتنقيب، الكتاب رقم (6)، الاختبارات الفنية واختبارات النماذج، معهد Kaspmornii proekt الروسي التابع لبعثة الاتحاد السوفيتي لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية خلال العامين (1975 – 1974).

22.u.s.energy information administration. *Overview Of Oil And Natural Gas In The Eastern Mediterranean Region***.** August 15, 2013.

23. حيدر، آمال؛ إبراهيم، عدنان. ***الهندسة البحرية***. مطبوعات جامعة تشرين. 2003.