Méthode de calcul à la fatigue

Autor(en): **Ciolina, F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **10 (1976)**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-10534

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Méthode de calcul à la fatigue

Methode zur Bemessung auf Ermüdung

Fatigue Design Method

F. CIOLINA
Professeur, Chef du Département Etudes
Compagnie Française d'Entreprises Métalliques
Paris, France

1 - INTRODUCTION

Deux communications du rapport préliminaire faites par nos confrères japonais donnent des résultats très intéressants sur la tenue à la fatigue des assemblages tubulaires en milieu marin.
Les développements présentés concernent des études expérimentales sur des noeuds types.
Cette communication a pour but de montrer les problèmes particuliers posés pour le dimensionnement des structures off-shore par l'utilisation des éléments précédents, à la fois sur le plan de la note de calcul et sur le plan pratique de la conception de la charpente.

2 - METHODES DE CALCUL

Le principe de l'étude à la fatigue consiste à déterminer les variations σ de contraintes élastiques en un point donné pour différents états de mer classés suivant la hauteur H des vagues mesurées de crête à creux. Il est possible de déterminer la fonction :

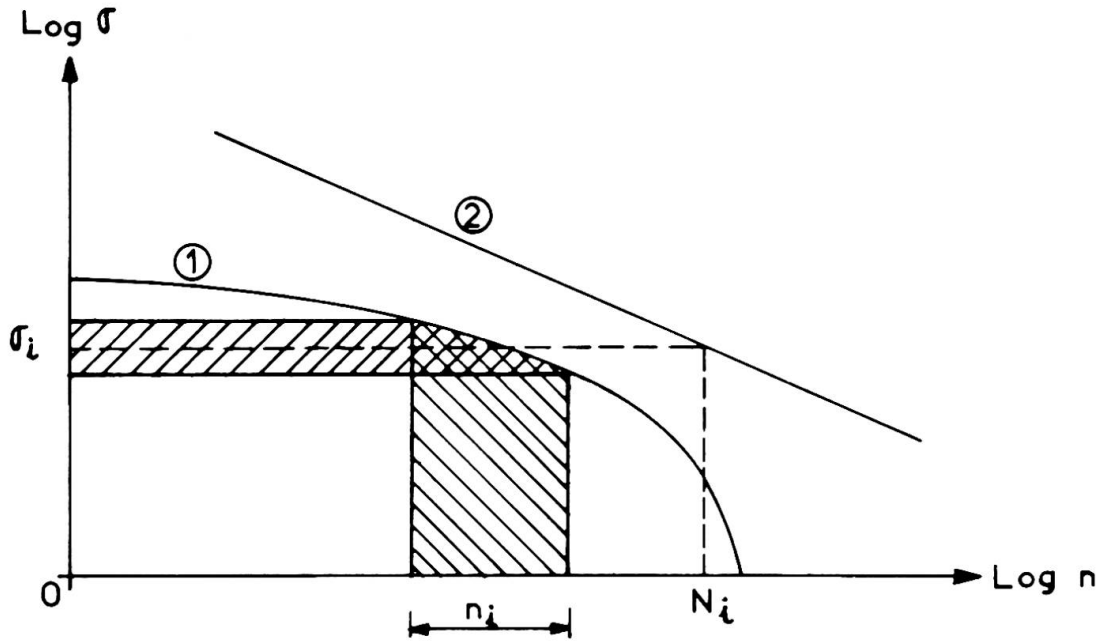
$$\sigma = f(N) \qquad N \text{ nombre de cycles}$$

En divisant les contraintes en q classes, de valeur moyenne σ i, le critère de PALM GREEN MINER s'écrit :

$$\sum_{i=I}^{q} \frac{ni}{Ni} \leq I$$

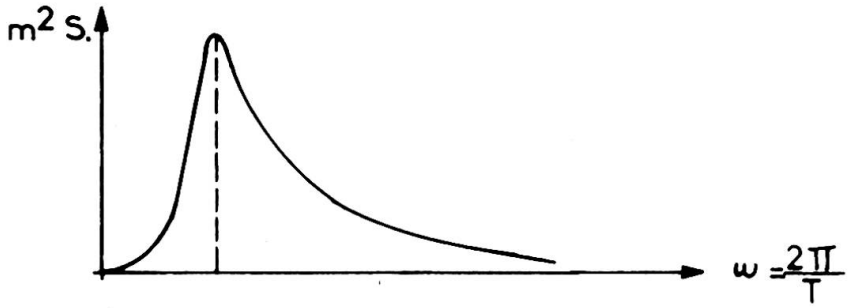
N_i correspondant au nombre de cycles maximum que peut supporter la structure pour des variations σ i de contraintes.

L'utilisation du critère décrit ci-dessus pose quelques problèmes d'application pratique que nous détaillons.

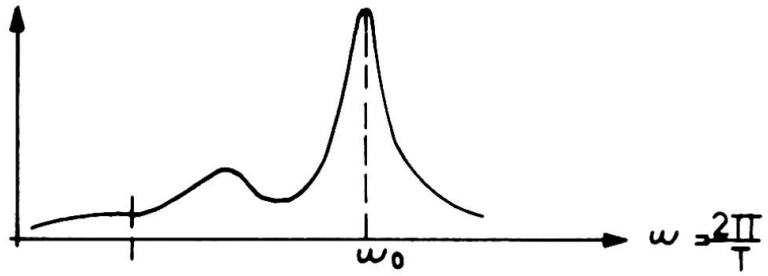


① Distribution des variations de contraintes

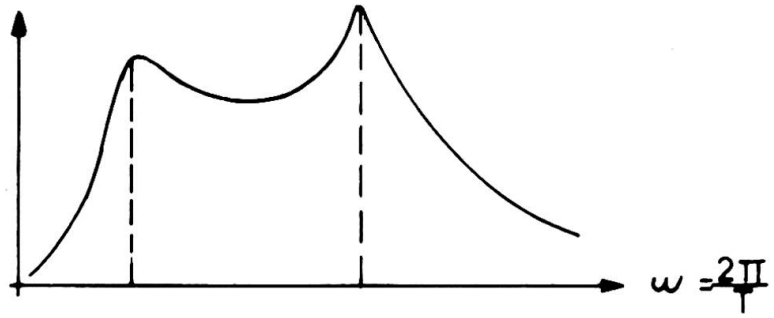
② Courbe de fatigue



Spectre d'énergie
(S)



Fonction transfert
(F)



Spectre de réponse
(S_r)

2.1 - Parmi les classes de vagues, celles correspondant aux hauteurs les plus faibles (1 à 3 mètres) contribuent pour une part très importante au dommage. En effet, la contrainte dynamique qui en résulte est très importante par rapport à l'effort statique. Ce phénomène résulte de la période qui est en général voisine du mode propre de vibration de la structure. Une telle analyse conduit à une estimation trop pessimiste du dommage.

Pour remédier à cette difficulté on peut faire une analyse spectrale des hauteurs de vagues (utilisation de spectres comme ceux de JONSAP ou de PIERSON MOSKOWITZ).
L'étude du comportement dynamique de la structure pour une direction de vague donne une fonction transfert F.
On obtient le spectre de réponse au niveau des contraintes grâce à l'équation :

$$(S_r) = (F^2) \; S$$

A chaque spectre S_i on peut associer la valeur :

$$mo_i \text{ moyenne} = \int_0^{+\infty} S_r^i (\omega) \, d\omega$$ et la probabilité P_i

de dépassement de σ est égale à : $P_i = \exp. \left(- \frac{\sigma^2}{mo_i}\right)$

Il en résulte que si l'on tient compte de tous les spectres, chacun ayant une probabilité P_i , on arrive à :

$$P = \sum_i p_i \; P_i$$

Cette fonction permet la détermination de $\sigma = f(N)$

Une telle démarche conduit à une évaluation plus optimiste (dommage cumulé de 30 % inférieur environ).
L'effet dynamique d'amplification diminue dans la mesure où les pointes du spectre et de la fonction transfert sont très éloignées.

2.2 - Un autre problème est celui de l'analyse des différentes phases de la vie de la structure. Celle-ci peut être remorquée (voir figure 1) puis basculée et mise en position.

Deux dommages peuvent être évalués :

- celui en cours de remorquage, lié à la route maritime choisie et à l'époque de l'année (été ou hiver)
- celui pendant la vie de l'ouvrage

Le cumul de ces deux valeurs est très discutable car les schémas hydrostatiques d'étude sont très différents. Actuellement, il n'existe pas de théorie valable sur l'accumulation des dommages dans des conditions très variables de temps.

Heureusement, les zones affectées par les efforts maxima sont très différentes suivant les périodes considérées.
Dans un "Jacket" (figure 2), les efforts en cours de basculement dépendent en grande partie des zones ballastables et affectent peu les parties hautes et basses, très sensibles en phase définitive.

Figure 1 - Colonne articulée en cours de remorquage

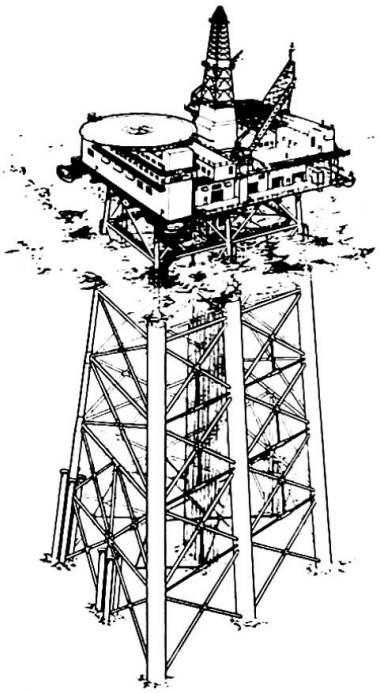


Figure 2 - Plateforme BRENT A

3 - MODIFICATIONS PERMETTANT DE REDUIRE LES DOMMAGES DUS A LA FATIGUE

Les calculs de fatigue nécessitent une bonne connaissance des conditions météorologiques et de la structure. Une telle coïncidence ne se produit qu'en fin de chantier d'assemblage. Il est donc utile de procéder à des modifications ne mettant pas en cause l'ensemble de la construction sous peine de retards inadmissibles.

Ces modifications possibles sont d'ordre très différent :

3.1 - Les efforts en cours de remorquage proviennent d'une statistique de houle liée à la période pendant laquelle se fait l'opération et au choix de l'itinéraire.

Il est possible de réduire le dommage en étudiant des itinéraires longeant les côtes avec des abris préalablement aménagés (coffres d'amarrage et signalisation, préinstallés). Un risque important réside dans les prévisions météorologiques à plus de 24 Heures en cas d'opération en pleine mer.

Une colonne articulée (voir figure 1) a pu être mise en place en Mer du nord, notamment sur le champ de BRENT grâce à une telle étude.

La position de remorquage peut constituer également un facteur important pour diminuer le dommage ; En restant dans le cas particulier des colonnes articulées, le basculement préalable en site abrité et un remorquage en position verticale, donnent une solution intéressante. Dans un tel cas, la colonne pilonne très peu même sous l'action de vagues de 3 à 4 m. Il est donc possible d'effectuer un remorquage pendant l'hiver en Mer du Nord.

Rappelons qu'une telle possibilité a été utilisée pour la mise en place de la colonne articulée sur le champ de FRIGG et pour celle installée sur le champ exploité par MOBIL.

L'étude des risques de fatigue est remplacée par une reconnaissance très soignée des hauts fonds sur l'itinéraire de remorquage.

3.2 - Les structures marines off-shore peuvent appartenir :

- soit à des ensembles composés de tubes (voir figure 3)
- soit à des ensembles composés de poutres en caisson (Pont de plate-forme fixe - voir figure 4)

Dans le premier cas, les risques de fissuration de fatigue sont concentrés dans les régions voisines des noeuds. Pour réduire les pointes de contraintes génératrices de fatigue, il est possible de mettre en place des diaphragmes internes lorsque le diamètre des pièces le permet. Ces diaphragmes doivent avoir des tracés très soignés pour obtenir une bonne égalisation des efforts.

L'étude peut être faite grâce à une modélisation convenable du noeud et à l'emploi d'un programme aux éléments finis. Les dissymétries du noeud et des barres adjacentes ainsi que les cas de charges à envisager, limitent les analyses. Bien souvent, les diagrammes obtenus permettent des conclusions qualitatives et non quantitatives.

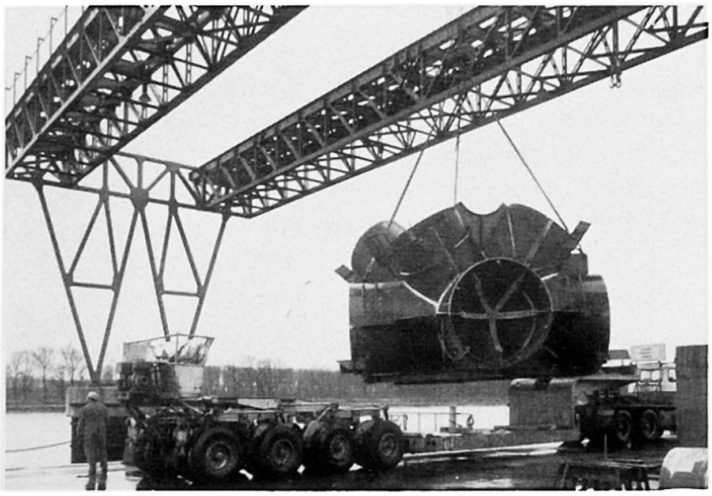


figure 3 - Noeud de plate-forme Penta 87

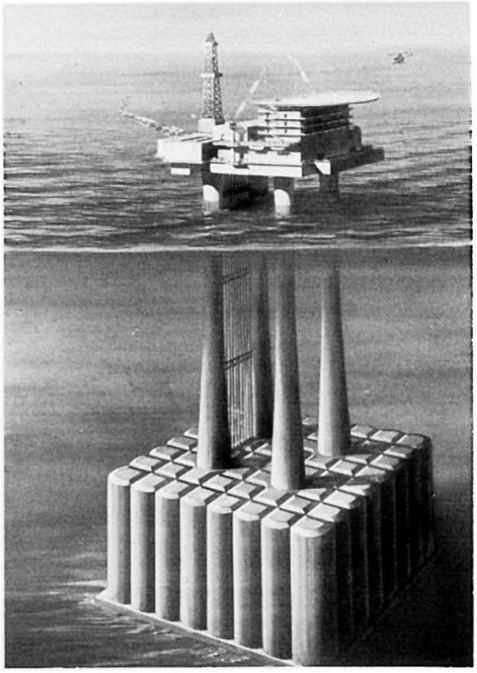


figure 4 - Cormorant
Pont en acier

Pour des barres de petit diamètre (Ø < 1 mètre), les aménagements sont très limités si le noeud est complètement réalisé. Dans le cas où les barres composées de tubes sont libres aux extrêmités, on peut limiter les risques d'arrachement grâce à des recouvrements (over lapping). Sinon, la solution "gousset" ou "anneau de renfort" peut réduire légèrement les efforts longitudinaux, mais n'apportent pas de réduction à la contrainte d'arrachement (hot spot stress).

Dans le deuxième cas (poutres caissons), les efforts de fatigue sont sensibles au droit des ouvertures (diaphragmes ou passages de canalisation au droit des âmes de caissons). Celles-ci sont à border par des goussets suffisants.

La complexité des efforts transmis, nécessite une étude très poussée en éléments finis et il convient d'éviter des sections horizontales de tôles trop sollicitées dans les calculs de prédimensionnement. Enfin, les efforts dynamiques dus à la houle peuvent entraîner des renforts localisés sous les supports des modules.

RESUME

Le comportement en fatigue des structures marines nécessite une étude difficile qui doit tenir compte des spectres de houle et du comportement dynamique du système. Les risques de dommage à prendre en compte en service ou en phase de remorquage peuvent être diminués grâce à un certain nombre de dispositions constructives ou d'aménagements des itinéraires de remorquage.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ermüdungsverhalten von Bauwerken im Meer erfordert aufwendige Untersuchungen, welche das Wellenspektrum und das dynamische Verhalten des Systems berücksichtigen müssen. Die in Betracht zu ziehenden Risiken einer Beschädigung im Betrieb und beim Abschleppen können dank einer Anzahl von baulichen Massnahmen oder durch sachgemässe Auswahl der Schleppwege vermindert werden.

SUMMARY

Fatigue behaviour of off-shore constructions requires complex investigations which must allow for both swell spectra and overall dynamic behaviour. The damage risks to be reckoned with under service conditions and during towing can be reduced by resorting to a number of engineering solutions or by determining suitable tow routes.