

波力を受ける有脚式海洋構造物の疲労に関する考察

京都大学大学院 学生員 ○富永 知徳
京都大学工学部 正 員 杉浦 邦征
京都大学工学部 正 員 渡邊 英一

京都大学工学部 正 員 酒井 哲郎
京都大学工学部 正 員 古田 均

1. 研究目的

本研究では、水深100m程度の沖合いに建設された有脚式海洋構造物を想定して、波力の年間変動を考慮した動的振動解析を行い、継ぎ手部の応力集中部の局所応力解析を行うことにより、構造物の疲労に関する基礎的な考察を行った。

2. 研究の流れ

本研究は、Fig. 1に示すように、3ステップからなっている。

Step.1 波力の年間変動を考慮して、Fig. 2に示すモデル構造物の全体解析を、梁要素を用いた有限要素法によって行い、部材格子点の断面力を求める。ここで波力の算定は、Pierson-Moskowitzのスペクトル(Fig. 3参照)によるものとし、風速データは、1時間平均風速を使用する。(Fig. 4参照)

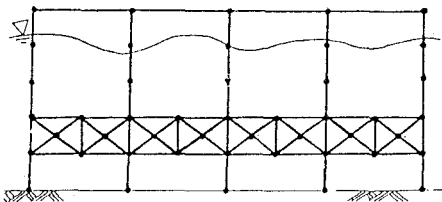


Fig. 2 構造物の全体解析モデルの一例

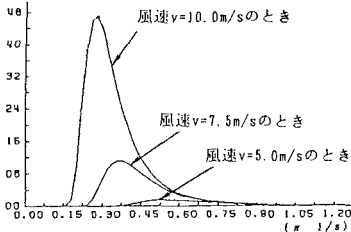


Fig. 3 Pierson-Moskowitzのスペクトル



Fig. 1 本研究のフローチャート

Step. 2 部材格子点での断面力を想定し、継手構造の応力集中部を予想して、汎用有限要素プログラム MSC/NASTRAN による局所応力解析を行うことにより、種々のフレーム格子構造に対して応力集中係数を求める。
Step. 3 step. 2で得られた応力集中係数および、step. 1での波力の年間変動を考慮して、継手部の応力変動を明らかにし、構造物の基礎的な疲労解析を行う。疲労解析は、マイナ-則およびRMS法により行い、その結果を比較する。また、S-N曲線は、いずれも ESSC規準に従うものとする。¹⁾

3. 解析結果及び考察

入力波力として日常的な風速範囲 $v=1.0 \sim 17.0 \text{ m/s}$ を考え (Fig. 4)、 1.0 m/s ごとに解析モデルの応答変動を求めた結果を Fig. 5に示す。解析結果を見ると非常に顕著な特徴を有することがわかる。 $v=1.0 \sim 10.0 \text{ m/s}$ の範囲においては緩やかな増加を示し、 $v=11.0 \sim 12.0 \text{ m/s}$ において急激な増加を、またその後、再び緩やかな増加に

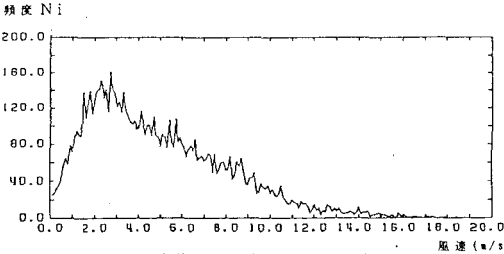


Fig. 4 大阪府樽井における海上風、1時間平均風速の頻度

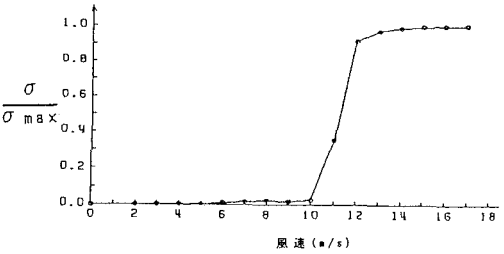


Fig. 5 全体解析モデルの応答変動

戻っている。この結果をもとに、モデル構造物の応答特性を、step-2, 3においては $v=5.0, 10.0, 15.0\text{m/s}$ の代表値を用いる。また、MSC/NASTRAN による局部応力解析の一例をFig. 6に示す。ここでは、コナ部にモーメントのみ、ブレース部は軸力のみを載荷し応力集中の度合いを求めた。(応力集中係数: $K=4.8$)

つぎに、マイナー-則、RMS法により寿命推定を行った。応力集中係数が、3, 4, 5の場合について、応力範囲(σ_{ei})とその応力範囲に対応する再現頻度(N_i)をFig. 7に示す。このとき、10.0m N_i はFig. 4のデータを $v=1.0\text{m/s}$ ごとに分けてそれぞれ合計したものである。マイナー-則において、一定でない疲労限界を越えた応力範囲は、次式によって等価な定応力範囲に換算する。

$$\sigma_{ei} = K \cdot \sigma_v \quad \sigma_v : \text{Step. 1で求めた格点部材力より求めた応力}$$

$$N = \sum_i N_i$$

$$\sigma_e = \left\{ \sum_i \frac{N_i}{N} (\sigma_{ei})^3 \right\}^{1/3} \quad K : \text{応力集中係数}$$

$$\sigma_{ei} : \text{応力集中度を考慮した応力振幅}$$

また、RMS法においては次のように換算できる。

$$\sigma_e = \sqrt{2 (\sigma_{peak})_{rms}} \quad \sigma_{peak} : \text{応力の最大値}$$

応力集中係数が3, 4, 5のときのそれぞれのマイナー-則とRMS法の場合をS-N曲線上にプロットしたのが、Fig. 8である。また、Fig. 4の年間変動を考慮にいれて寿命予測をした結果をTable. 1に示す。その際、RMS法の方は、 $v=12.0 \sim 17.0\text{m/s}$ の範囲で応答値が一定であり、それ以外のときは疲労限界を越えないとした。Table. 1をみると、本来なら $v=12.0 \sim 17.0\text{m/s}$ の範囲でのピーク値を取っているRMS法の方が危険側に位置するはずだが、マイナー-則による推定寿命の方が短くなっている。これは、Fig. 7の $v=11.0 \sim 12.0\text{m/s}$ の範囲の N_i が σ_e の値及び寿命を求めるとき、大きな影響を持っていることによる。これは、寿命予測に年間変動を取り入れることの有効性を示唆しているものと思われる。

4. 結論

- 1) 波力を受ける有脚式海洋構造物の応答は、ある特定値以上の入力に対し急激に増大することがある。
- 2) 海洋構造物の疲労解析に波の年間変動を導入することは、十分有効であると思われる。

謝辞 日本気象協会の西田寿夫氏には貴重な観測データを頂戴した。ここに深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) Recommendation for the Fatigue Design of Steel Structures, European Convention for Constructional Steelwork, 1st Edition 1985
- 2) 伊藤弘之: 波力・地震力を受ける海洋構造物の動的相互作用に関する研究、京都大学修士論文、1989年

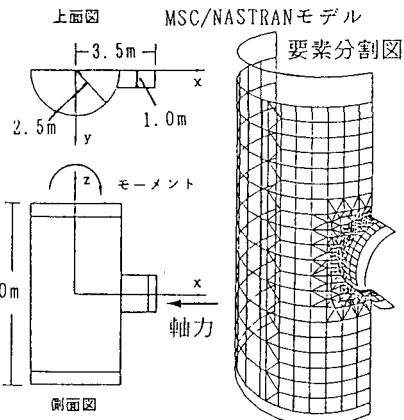


Fig. 6 局部応力解析モデルの一例

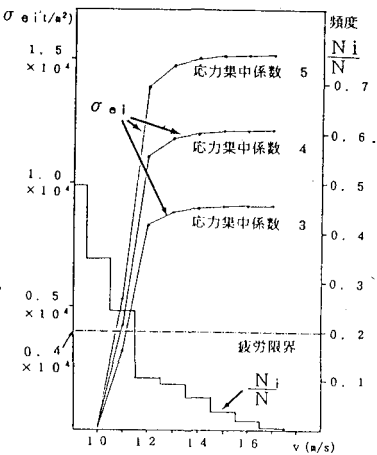


Fig. 7 疲労限界を越えている応力範囲とそれに対応する頻度の一例

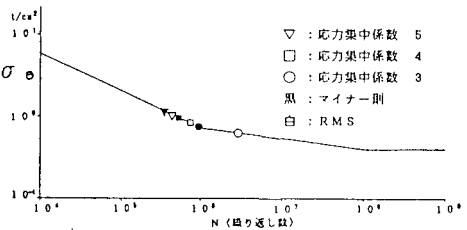


Fig. 8 S-N曲線上にみる応力集中係数と繰返し数の関係の一例

Table. 1 マイナー-則とRMS法による疲労寿命予測結果

	マイナー-則	RMS
3	21.9 year	45.7 year
4	9.6 year	15.2 year
5	4.9 year	7.8 year