

(420) Miner則によらないランダム荷重下の疲労強度予測法

大阪大学 工学部 造船学科 八木順吉 ○富田康光

1. 緒言 ランダム荷重を受ける船舶、海洋構造物の疲労設計では、Miner 則に基づいた各種の規格を適用する。しかしこれらの規格で与えられる結果の信頼性をランダム荷重疲労試験のような他の方法で確かめた例はなく、事実各種規格による結果も一般に一致しない。そこで本研究では、Miner 則を用いないランダム荷重下の疲労強度予測法を提案した。

2. 提案する疲労強度解析法 構造物の疲労設計は荷重条件(応力密度分布、最小応力値)及び設計寿命(生涯の累積繰返し数)に対し、応力 $S_a(Q)$ (超過確率 Q での応力振幅)を許容応力(通常は最大値)として定め、それに基づいて寸法、形状を決めることである。これはFig.1に示す $p-S_a(Q)-N$ 線図(p :非破壊確率, N :き裂発生又は破断繰返し数)を作成することで、設計寿命 N_D に対する応力 $S_{a,D}(Q)$ で与えられる。この線図は基本的には実験により作図すべきであるが実験に長期間を要するため前述のように規格に基づいて求めている。これは例えば海洋構造物では繰返し数 5×10^8 程度までの実験を要し、10Hzの繰返し速度で数年の期間を要する。Fig.1の線図を求めるために新しく提案する予測法は次のようで、平均応力(応力比)が一定のランダム荷重を対象とする。
 ①任意に最大応力振幅 $S_{a,max}$ を定める。
 ②最小応力振幅 $S_{a,min}$ を $S_{a,min} \leq S_{a,max}$ のもとで大きい値から1つ定め $S_{a,max}(Q)$ と $S_{a,min}$ の荷重条件でランダム荷重疲労試験を行う。¹⁾
 ③ $S_{a,min}$ を順次下げて試験を行い、試験結果からFig.2に示す実線の $S_{a,min}-N$ 線図を描く。
 ④ランダム荷重下での疲労限 S_{FR} を定める。¹⁾
 ⑤ $S_{a,min} < S_{FR}$ の領域での $S_{a,min}-N$ 線図(Fig.2の破線)は計算¹⁾で求める。
 ⑥種々の $S_{a,max}$ に対し上記の①~⑤を繰返す。
 ⑦設計条件である $S_{a,min}$ に対応する $p-S_a(Q)-N$ 線図を描く。本提案の $S_{a,min}-N$ 線図と $p-S_a(Q)-N$ 線図の関係は次のようである。ある密度分布で $S_{a,max}=A, S_{a,min}=B$ の場合の寿命を考える。 $S_{a,max}=B$ で $S_{a,max}$ を変える通常のランダム試験で求まるFig.1の $S_{a,max}-N$ 線図で寿命は $S_{a,max}=A$ の図中○印で与えられる N である。一方提案法によれば $S_{a,max}=A$ で $S_{a,min}$ を変えたランダム試験と計算(前項の②と⑤)で得られるFig.2の $S_{a,min}=B$ の図中●印で与えられる寿命 N が先の N に対応する。本法では、Fig.2の破線部分の疲労試験が不要のためワイブル分布形のランダム荷重では先の試験期間を1/20~1/100に短縮できる。

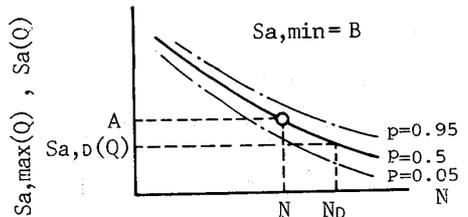


Fig.1 $p-S_a(Q)-N$ diagram for random loading fatigue test

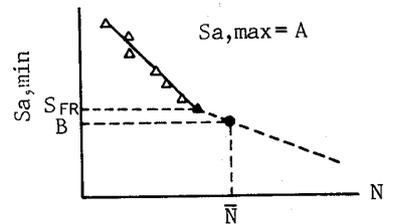


Fig.2 $S_{a,min}-N$ diagram for random loading fatigue test ($S_{a,min}$: minimum stress amplitude, N : number of cycle)

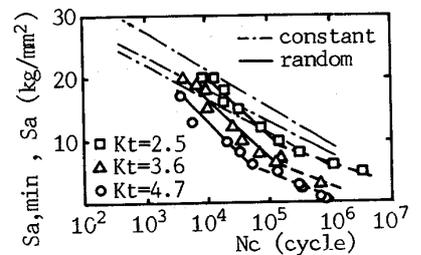


Fig.3 $S_{a,min}-N_c$ diagram for random loading fatigue test of notched specimen (N_c : crack initiation life, K_t : stress concentration factor)

3. 提案法の有用性の実験的検証 本法ではFig.2の破線部分を計算で求めている。計算法の信頼性を確かめるため軟鋼丸棒、切欠平板、溶接継手について指数分布ランダム疲労試験を行った。¹⁾²⁾一例として切欠平板の結果をFig.3に示す。実験結果は計算で予測する破線上にあり、十分な精度で寿命を求められる。き裂伝播にも同様な方法でランダム荷重下のき裂伝播速度線図を求められる。³⁾

参考文献 1)八木,富田 他 日本造船学会論文集第158号(1985)
 2)上田,米井 阪大 造船 卒論(1986)
 3)酒井 阪大 造船 修論(1986)