

1. まえがき

表-1 実験計画

はりの 種類	コンクリート fc* Ec(10 ⁵)* (kgf/cm ²)		主鉄筋量 (鉄筋比)	せん断 スパン比 (a/d)	試験 条件	終局 耐力 Pu(tf)	荷重比 Ps (%)
A	546	3.71	2D19(2.8%)	3.03	気中	13.7	90~60
	515	3.36			水中	13.0	70~45
B	556	3.71	2D25(4.9%)	3.03	気中	21.7	80~60
C	503	3.59	2D19(2.8%)	3.64	水中	11.2	65~45
*A**	507	3.35	2D19(2.8%)	3.03	水中	13.7	64~45
D**	564	3.71	2D22(3.8%)	3.03	水中	17.2	67~57

※ ジャケットはりを示す。

2. 実験概要

3. 結果と考察

3.1 破壊様式と疲労強度

図-4は、荷重比ごとに4～5本の供試体を用いて行った疲労寿命の分布が対数正規分布に従うこと（一例は図-3参照）から、生存確率 $P(N)=50\%$ に相応する平均疲労寿命 $\bar{N}$ と荷重比(P_s)との関係を示したものである。200万回疲労強度は気中A、Bはりで $P_s=60, 50\%$ 、水中A、Cはりで $P_s=45, 46\%$ 、ジャケットAはりで $P_s=46\%$ となる。Aはりに注目すると、気中と水中における疲労強度の差異は水の存在と破壊様式の相違（前者は主鉄筋破壊型の曲げ破壊、後者はせん断破壊）によってもたらされたものと考えられる。一方、気中A、Bはり、ジャケットAはりの比較より、気中曲げ破壊の場合、コンクリート圧潰型のBはりの疲労強度は鉄筋破壊型よりも10%程度小さくなり、さらに水中曲げ破壊（コンクリート圧潰型）の疲労強度は気中Bはりよりもさらに4%程度小さくなる。また、水中環境下

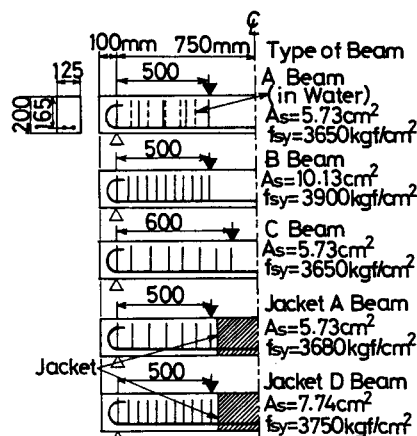


図-1 はりの詳細

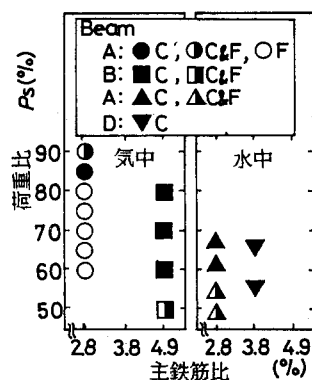


図-2 Psと破壊様式の関係
(C:コンクリート圧潰型,F:主鉄筋破断型)

においてせん断破壊をする場合のRCはりの疲労強度は a/d や鉄筋指数の大小によって変化するが、 $a/d \geq 3.5$ 程度に選んだせん断疲労強度はコンクリート圧潰型で破壊するジャケットはりの曲げ疲労強度と同程度の値を与えていたことが明らかになった。

3.2 疲労寿命に及ぼす応力勾配の影響に関する考察

標準示方書では、応力勾配が疲労に及ぼす有利な影響として、はり上縁応力を $1/\beta$ 倍に低減させる方法を採用している。すなわち、矩形はりに対しては $\beta=4/3$ で、弾性計算に基づいて算定される上・下限荷重作用時の上縁応力を σ_b 、 σ_{bmin} とすれば、はりの疲労寿命 N^* は次式より推定できるとしている。

$$\log N^* = K \cdot (1 - \sigma_b / (\beta \cdot f_c)) / (1 - \sigma_{bmin} / (\beta \cdot f_c)) \quad (1)$$

$$S_b = \sigma_b / f_c$$

ここに、 f_c はコンクリート強度、 K は定数で気中では17、水中では10、 S_b は上縁応力比である。

図-5は、曲げスパン内のコンクリートが圧潰したはりに対して、図-1および表-1に示す材料定数を用いて算定したはり上縁応力比 S_b とはりの疲労寿命の実験値 N との関係を示したもので、 $\beta = 4/3$ 、1とした場合の式(1)の結果も示している。図より、水中でのプロット点は、高荷重比では $\beta=4/3$ とした直線よりも上側にありますが、荷重比の低下に伴って下側に現れている。このことは、高サイクル疲労が問題となる海洋構造物などに対しては、土木学会の考え方は危険側の評価を与え、必ずしも適切でないことを示している。

つぎに、低減係数 β の値を検討する。コンクリート圧潰型で破壊したある j というはりに対する上・下限荷重作用時の上縁応力 σ_{bj} 、 σ_{bminj} 、および疲労寿命 N_j は実験より得られ既知である。各はりごとの β は、試験環境条件に対応する K 値を用い、疲労寿命の推定値 N^* を $N^*=N_j$ おき、既知の応力を式(2)に代入することによって次式より算定される。

$$\beta = (K(\sigma_{bj} - \sigma_{bminj} \cdot \log N_j)) / (f_c \cdot (K - \log N_j)) \quad (2)$$

図-6に各はりごとに算定した曲率ないしははり上縁応力比 S_b と β との関係を示す。図より、 β の値は一定(4/3)でなく、曲率やはり上縁コンクリート応力比の大きさに関係して変えてやる必要があることわかる。なお、プロット点の線形性は曲率よりも S_b の方がやや良好である。 β の値そのものは今後さらに検討する必要があるが、本研究の範囲では、水中でコンクリートが圧潰したはりに対して、コンクリート強度 $500 \sim 600 \text{ kgf/cm}^2$ の場合の β として次式が得られた。

$$\text{水中: } \beta = 0.143 + 1.938 \cdot S_b \geq 1, \quad S_b = \sigma_b / f_c$$

1) 西林, 井上, 中橋: 土木学会第42回年次講演回講演集, V-5

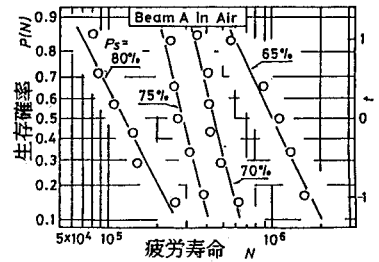


図-3 $P(N) \sim N$ 関係

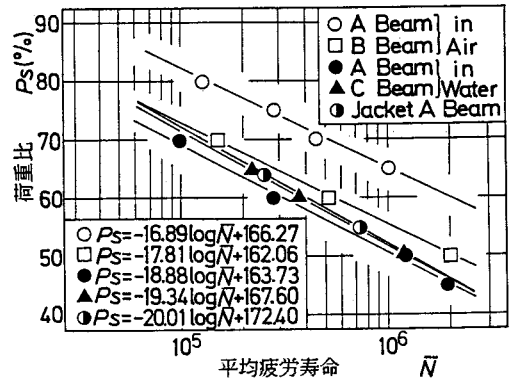


図-4 $P_s \sim N$ 関係

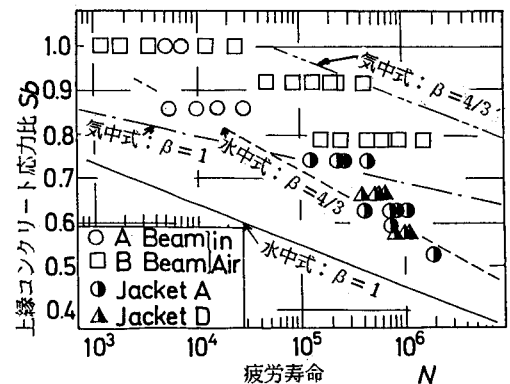


図-5 $S_b \sim N$ 関係

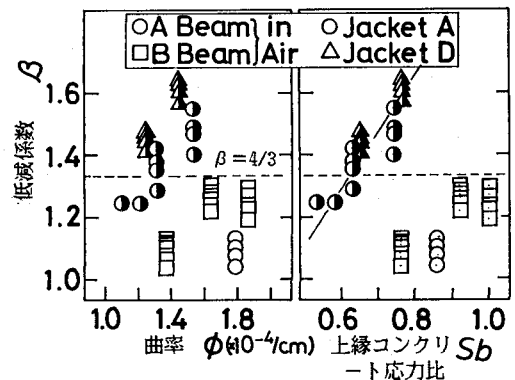


図-6 曲率および S_b と β との関係