

鳥取大学 正員 西林新蔵
 鳥取大学 正員 ○井上正一
 鳥取大学 学員 中橋一寿

1. まえがき

近年、コンクリート海洋構造物の建造機会が増えているが、この種構造物は、その機能上長期にわたっての耐久性が要求される反面、極めて劣化し易い環境条件下にあるといえる。ここでは、海洋コンクリート構造物に要求される耐久性の1つとして疲労の問題を取り上げ、気中と水中における鉄筋コンクリート(以下RCと称す)はりの疲労性状の相違を明らかにし、

併せて水の存在がはりの破壊様式や疲労強度に及ぼす影響を検討した結果について述べる。

2. 実験概要

実験計画を表-1に、はりの種類、載荷方法、材料強度の詳細を図-1に示す。疲労試験は、繰返し速度5Hz、荷重~時間波形は正弦波形とし、上限荷重比(Ps)を各はりの静的終局耐力(Pu)に対する百分率で数水準選び、一方、下限荷重比はPuの10%に固定して行った。なお、水中で試験するはりには計算上必要とされるよりもかなり多量のスターラップを配置した。

3. 結果と考察

静的試験におけるRCはり、水中、気中の試験環境にかかわらず、スターラップを配置した場合には全て曲げ引張り破壊をした。一方、疲労試験における破壊様式は、気中Aはりが曲げスパン内の主鉄筋破断によって破壊したのに対し、水中ではDはりの1本を除き、スターラップのないEはりと同様のせん断破壊をした。このせん断破壊は、ほとんどの場合がスターラップの破断を伴わない破壊で、表-2に示すように、①せん断圧縮、②斜めひびわれとの交差位置の主鉄筋破断、③斜め引張の各タイプに分れる。この破壊の一般的な傾向として、 $a/d \leq 4$ の範囲においては、荷重比が高い場合には①タイプの、荷重比が小さくなるに伴って②タイプの破壊になり易い。さらにコンクリート強度に関しては、強度が低いと③タイプ、これより強度が高くなるに伴って①から②タイプの破壊になり易くなるといえる。

図-2はCはりに対し、各荷重比ごとの疲労寿命(N)と次式より算定される生存確率P(N)との関係を耐数正規確率紙上にプロットしたものである。

$$P(N) = 1 - r / (L+1) \quad (1)$$

ここに、rは供試体総数Lの疲労寿命Nを小さい順に並べたときの序数である。

同様の検討を他のはりについても行った結果、プロット

表-1 実験計画

はりの種類	コンクリート圧縮強度		主鉄筋量 (鉄筋比)	せん断スパン比 a/d	せん断補強	試験条件	荷重比 Ps (%)
	目標強度	疲労試験時					
A	400	546	2D19 (2.8%)	3.03	有	気中	80~60
		515				水中	70~45
B	400	503	2D19(2.8%)	3.64	有	水中	65~45
C	250	268	2D16(1.9%)	3.03	有	水中	60~35
D	180 300 500	237	2D19 (2.8%)	3.03 3.5 4.0	有	水中	55
		451					
		592					
E	400	544	2D19(2.8%)	3.03	無	水中	51

圧縮強度の単位: kgf/cm²

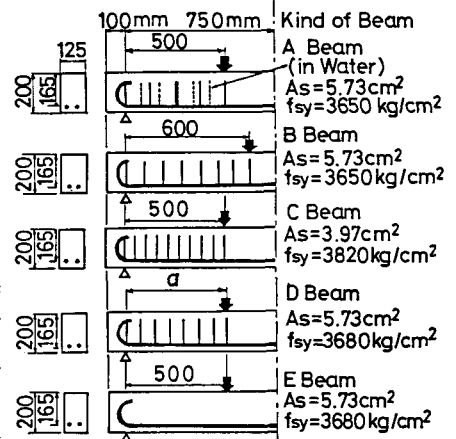


図-1 はりの詳細

表-2 疲労試験における破壊様式

はりの種類	荷重比 Ps (%) or a/d	破壊様式 (供試体数)	はりの種類	せん断スパン比 a/d	破壊様式 (供試体数)
気中A	80~60%	BF (20)	水中D	3.03 3.5 4.0	SC (2) SC (2)
水中A	70~60% 50% 45%	SC(9), SF(1) SC(3), SF(2) SF (5)	水中D	3.03 3.5 4.0	DT(1), SC(1) SF (2) SF (2)
水中D	3.03 3.5 4.0	DT(1), SC(1) DT (2) SC(1), BC(1)	水中E	3.03	SC (4)

破壊様式: BFは曲げスパンの主鉄筋破断, BCは曲げスパンのコンクリート圧潰, DTは斜め引張り, SCはせん断圧縮, SFはせん断スパンの主鉄筋破断
180*は用いたコンクリートの目標強度を示す。

点はいずれの場合もほぼ直線上にあり、RCはりの疲労寿命の分布は対数正規分布に従うことが明らかになった。

図-3は、図-2に示したような統計的な処理に基づいた平均疲労寿命(\bar{N} : $P(N)=0.5$ に対応する N の値)と荷重比との関係を示したもので、 $P_s \sim \bar{N}$ 線式も併記している。いま、 $P_s \sim \bar{N}$ 線式に $\bar{N}=200$ 万回を代入して求めた疲労強度は、Aはりの気中で $P_s=60\%$ 、水中で $P_s=45\%$ 、さらに水中B、Cはりでは $P_s=46, 37\%$ となり、水中における200万回疲労強度は気中のそれよりも15~25%程度低下することがわかる。

つぎに、せん断耐力式(V_{cu})¹⁾を規準とした場合の疲労強度について考える。図-4はせん断破壊したはりの疲労寿命と式(2)より算定される荷重比(P_s')との関係を示したもので、最小二乗法によって求めた各はりの $P_s' \sim \bar{N}$ 直線およびせん断補強筋のない疲労強度推定式(式(3))²⁾をAはりの試験条件に適用した結果も併記している。

$$V_{cu} = 0.2fc' \sqrt[3]{(0.75 + 1.4a/d)(1 + \sqrt{100P_w - 1} + \sqrt[4]{1000/d - 1})}$$

$$P_s' = 100 \cdot V_{max} / V_{cu} = P_u \cdot P_s / 2V_{cu} (\%) \quad (2)$$

$$\log P_s' = -0.0036(1 - (V_{min} / V_{max})^2) \log N \quad (3)$$

ここに、 a はせん断スパン長(mm)、 d は有効高さ(mm)、 b ははり幅(mm)、 fc' には疲労試験時のコンクリート圧縮強度(Mpa)を採用している。また、 V_{max} 、 V_{min} は上・下限荷重比作用時のせん断力である。

図より、スターラップの配置はこれを配置しない場合(Eはり)よりも疲労寿命のばらつきを小さくし、さらに同一荷重比における疲労寿命を2オーダー程度長くすることもわかる。しかし、一方においては、水中下にあるRCはりの疲労寿命は、低荷重比になるに伴って気中におけるせん断疲労強度式(式(3))から推定されるよりもさらに短くなる傾向にあることがわかる。

図-5は荷重比 $P_s=55\%$ における平均疲労寿命(\bar{N})と a/d との関係を、図-6には \bar{N} と鉄筋指数(q)との関係を示す。これらの図における \bar{N} は、Dはりでは $\log N$ の平均値を、他のはりでは $P_s \sim \bar{N}$ 線式より算定した値を採用している。また、 q はコンクリートには28日目標強度($f_{c,28}$: kgf/cm^2)を、鉄筋の降伏点強度は $f_{sy}=3500 \text{kgf/cm}^2$ として算定している。図より、コンクリート強度が同一の場合、はりの \bar{N} は a/d の増加に伴って長くなり、 a/d が同一の場合はコンクリート強度が高くなるに伴って長くなる。また、 q が小さくなるに伴って、さらに同一 q の場合にはコンクリート強度が高くなるに伴って、疲労寿命は長くなるなどのことが明らかになった。

最後に、本研究は文部省化学研究費で行ったことを明記し、ここに謝意を表す。

参考文献 1) H.Okamura, T.Higai: Proc. of JSCE, No.300, pp.131-141, 1980.

2) 上田、岡村他: コンクリート工学、Vol.20, No.9, pp.89-98, 1982.

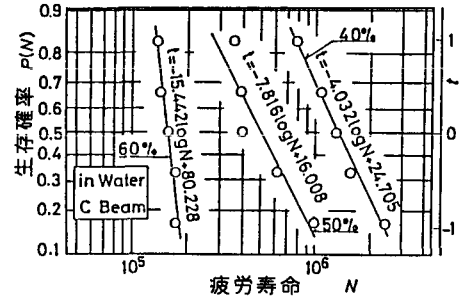


図-2 P(N) - N関係

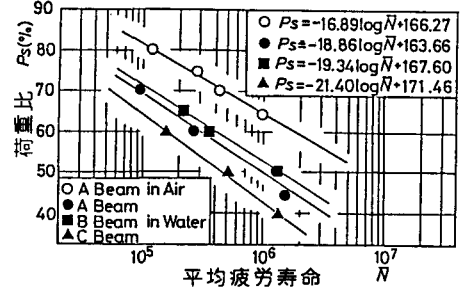


図-3 $P_s - \bar{N}$ 関係

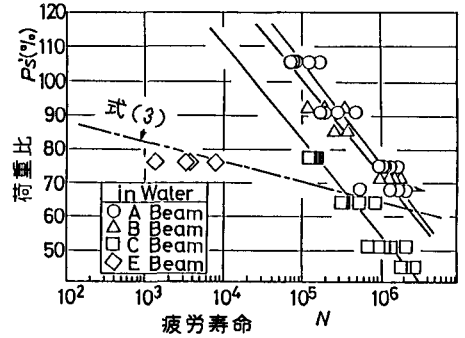


図-4 $P_s' - N$ 関係

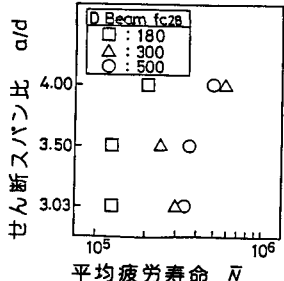


図-5 $a/d - \bar{N}$ 関係

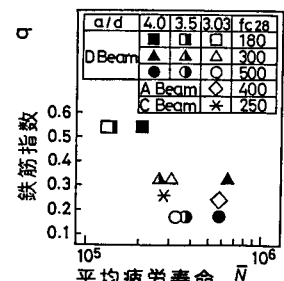


図-6 $q - \bar{N}$ 関係