

水中および海水中における鉄筋コンクリートはりの疲労寿命に関する一実験

立命館大学 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章
立命館大学大学院 ○学生員 池田光伸

1. まえがき 海洋構造物は、陸上構造物とは比較とにならないほど過酷な環境下であり、塩害、波力による疲労損傷、および塩害により腐食した鉄筋の疲労損傷問題など多くの問題を抱えている。シリカフューム（以下SF）を用いたコンクリートは、水密性に富み、海洋環境下における構造物に適している言われている。本研究ではSFを用いた鉄筋コンクリートはりの水中および海水中における疲労試験を実施し、SFの疲労性状に及ぼす効果について検討するものである。

表-1 実験要因

要 因	本実験	前岡等の実験
W/(C+SF): (%)	42, 50, 60	50, 65
S F: (%)	0, 20	0
環 境	水中, 海水中	水中
上限荷重比: (%)	75, 65	75, 70, 65

*: シリカフューム

2. 実験概要 実験要因を表-1に、シリーズの表示法を図-1に示す。コンクリートの諸強度を表-2に、使用鉄筋の機械的性質を表-3に示す。はり寸法および配筋図を図-2に示す。SF混入によるワーカビリティの低下は、高性能減水剤で調整した。供試体は打設翌日脱型し、7日間散水養生した後、6ヶ月以上屋外で気中養生を行った。載荷方法は、曲げスパン:30cm、せん断スパン有効高さ比(a/d):3.75の対称2点載荷とした。試験前、供試体を7日間以上水中あるいは海水中に浸漬し、十分吸水させた後に疲労試験を開始した。上限荷重は、静的載荷試験で得られた供試体の主鉄筋降伏荷重の75%と65%とし、下限荷重は全て1.0tとした。載荷繰り返し速度は4Hzとし、正弦波による繰り返し載荷とした。

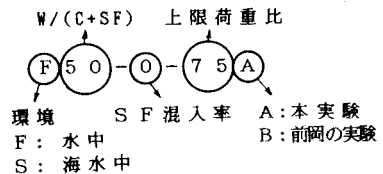


図-1 シリーズの表示法

表-2 コンクリートの諸強度

シリーズ	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^{-5}$ kgf/cm ²)
50-0A	493	4.00
60-20A	582	3.99
42-20A	883	4.43
65-0B	357	3.68
50-0B	509	3.68

表-3 使用鉄筋の機械的性質

	鉄筋	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び率 (%)
50-0A 42-20A 60-20A	D19	3802	5703	23.6
	φ9	2720	3837	32.1
65-0B 50-0B	D19	3890	6130	24.5
	φ9	3390	4640	32.8

3. 実験結果 本実験結果との比較のために、普通コンクリートについて本実験とほぼ同じ条件で行った前岡等の実験¹⁾の結果も合わせて示す。本実験および前岡等の実験の疲労寿命および破壊形式を表-4、5に示す。本実験の水中疲労試験では、前岡等の実験より大きな疲労寿命を示した。コンクリート強度がほぼ同じ時(50-0A, 60-20A)には、SFの混入により疲労寿命が増加した。SF無混入はりに対する疲労寿命比(60-20A/50-0A)は、S60-20-75Aを除くと、水中で1.66(上限荷重比75%)、1.35(上限荷重比65%)、海水中で1.19(上限荷重比65%)であった。また、SFを混入した高強度コンクリートはり(42-20A)はF42-20-75Aを除くと、50-0A, 60-20Aに比較して水中、海水中とも疲労寿命が改善された。特に水中疲労寿命の改善が顕著であった。海水中疲労実験では、42-20-75Aを除くと同配合の水中疲労実験より7~53%小さい疲労寿命を示した。S50-0-75A以外は、せん断スパン内での鉄筋破断により破壊し、種々の破壊形式がみられる水中疲労実験とは対照的な結果となった。これは海水中での鉄筋自体の疲労性状が水中におけるものよりはかなり劣っているという従来の実験結果を参考にするものと容易に説明できる。

破壊形式は、鉄筋の疲労破断、せん断圧縮破壊、コンクリート

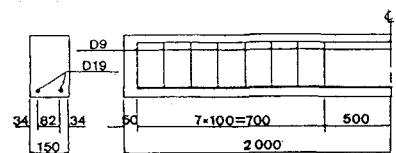


図-2 はり寸法および配筋図

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Mitsunobu IKEDA

の圧壊の3つの形式に分けられた。前岡

等的水中疲労実験では、曲げスパン内のコンクリート部の圧壊で破壊した一例(F65-0-75B)を除くと、全てせん断スパン内のコンクリートがせん断圧縮破壊したのに対して、同条件の本実験はりでは、破壊がせん断スパン内で起こっているものの、上限荷重比が高いと鉄筋の疲労破断、上

限荷重比が低いとコンクリートのせん断圧縮破壊で破壊した。海水中疲労では、せん断スパン内でコンクリート部がせん断圧縮破壊した一例(S50-0-75A)を除くとすべてせん断スパン内で鉄筋が破断することにより破壊した。すべてのはりでスターラップの疲労破断は観察されなかった。SFを混入した高強度コンクリートはり(42-20A)は、水中では破壊はすべて曲げスパン内で起こり、上限荷重比が高いとコンクリート部の圧壊、上限荷重比が低いと鉄筋破断であるのに対して、海水中では、S-60-20Aより疲労寿命は大きくなっているものの、すべてせん断スパン内での鉄筋破断により破壊が生じて、SFの混入による破壊形式および破壊位置の変化は観測されなかった。

S-N関係と破壊形式を図-3に示す。破壊形式を、主鉄筋の疲労破断、コンクリートのせん断圧縮破壊、圧壊と区別すると、明らかに3つの領域が存在する。主鉄筋量が同じであれば、コンクリート強度が高く、上限荷重比が小さいほど、すなわち疲労寿命が大きいほど鉄筋破断により破壊が生じ、疲労寿命が小さくなるに従って斜め圧縮破壊領域、コンクリートの圧壊領域となった。コンクリートの斜め圧縮破壊と鉄筋の疲労破断の領域が重なる領域が存在し、上限荷重比が小さいとき海水中では鉄筋の疲労破断、水中ではコンクリートの斜め圧縮破壊を生じた。

ひび割れ状況図の一例を図-4に示す。水中でせん断圧縮破壊したはり(F50-0-65A)の斜めひび割れは、気中における一般の斜めひび割れとは異なり傾斜が急であり、スターラップの効果があまり期待できない。一方、SFを混入したはりでせん断圧縮破壊したF60-20-65Aと鉄筋破断により破壊したF60-20-75Aの斜めひび割れの傾

斜は、気中における一般の斜めひび割れと同様に緩やかであるためにスターラップによるせん断補強効果が期待でき、SFコンクリートはりの水中疲労寿命が改善されたと考えられる。海水中では、SFを混入した高強度コンクリートはり(S42-20A)で斜めひび割れの傾斜が緩やかになるものの、強度が低いSFコンクリートはりではSF無混入はりと同様に斜めひび割れの傾斜に大きな相違はみられなかった。

参考文献 1) 前岡, 今井, 児島: 鉄筋コンクリートはりの疲労寿命に関する研究, 土木学会第38回年次講演概要集, 1983.

表-4 疲労寿命および破壊形式(本実験)

環境条件	供試体名	疲労寿命	破壊形式	環境条件	供試体名	疲労寿命	破壊形式
水中	F50-0-75A	374250	S(S)	海水中	S50-0-75A	325270	D(S)
	F50-0-65A	570450	D(S)		S50-0-65A	532080	S(S)
	F60-20-75A	622400	S(S)		S60-20-75A	291360	S(S)
	F60-20-65A	771070	D(S)		S60-20-65A	630700	S(S)
	F42-20-75A	17230	C(F)		S42-20-75A	355470	S(S)
	F42-20-65A	1336480	S(F)		S42-20-65A	778120	S(S)

C: コンクリート圧壊型 D: せん断圧縮破壊型 S: 鉄筋疲労破断型
(F): 曲げスパン (S): せん断スパン

表-5 疲労寿命および破壊形式(前岡等の実験)

環境条件	供試体名	疲労寿命	破壊形式
水中	F65-0-75B	19700	D(S)
		3400	C(F)
	F65-0-70B	47700	D(S)
		46400	D(S)
	F65-0-65B	103100	D(S)
		155700	D(S)
	F50-0-75B	75600	D(S)
		82500	D(S)
	F50-0-70B	180200	D(S)
		135100	D(S)
	F50-0-65B	206500	D(S)
		353200	D(S)

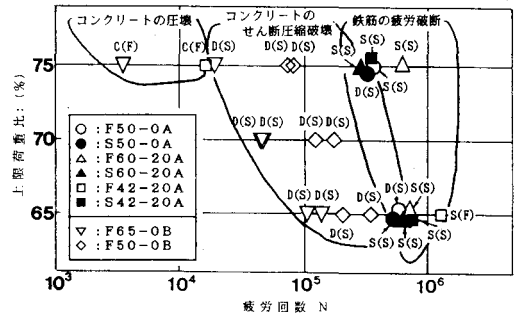


図-3 S-N関係と疲労破壊形式

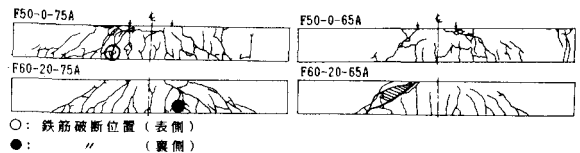


図-4 ひび割れ状況図