

V-307 シリカフュームを混入したRC部材の 海水中疲労性状に及ぼす腐食鉄筋の影響

五洋建設株式会社 正会員 池田光伸
立命館大学 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章

1. まえがき 本研究は、シリカフューム(以下SF)を混入したRC部材の海水中疲労試験を実施し、SFおよび腐食鉄筋が疲労性状に及ぼす影響について実験検討したものである。

2. 実験概要 実験条件を表-1に示す。静的曲げ荷重による残留ひびわれ幅が約0.1mm(SWC1シ-ス*)、0.3mm(軸方向鉄筋降伏:SWC2シ-ス*)のはりを海水中へ浸漬6時間、気中乾燥6時間を1サイクルとした浸漬乾燥を繰返して一定の腐食度(約-400mV vs Ag/AgCl)に達したはり(腐食はり)の海水中疲労試験を行なった。比較のためにひびわれのないはり(非腐食はり)の水中および海水中疲労試験も実施した。疲労試験時のコンクリートの強度を表-2に、使用鉄筋の機械的性質を表-3に示す。上限荷重比75%、65%はりとし55%はりのコンクリートは同配合であるが、打設時期が異なるために強度は異なる。はりの配筋図と荷重条件を図-1に示す。供試体は打設翌日脱型し7日間散水養生した後に、6ヶ月以上屋外で気中養生を行なった。非腐食はりは疲労試験前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実施した。上限荷重ははりの降伏荷重の75%、65%、55%とし、下限荷重

は全て1.0tとした。正弦波による荷重繰返し速度は4.0Hzとした。
3. 実験結果および考察 非腐食はりの疲労寿命と破壊形式を表-4に示す。例外はあるものの、SFの混入により水中および海水中疲労寿命が改善された。この改善効果は、上限荷重比が小さいほど顕著であった。コンクリートの強度がほぼ同じ場合でも、SFの混入により疲労寿命は著しく増加し、その増加(75-20/50-0)は水中で6.48倍、

海水中で5.11倍であった。このことはSFの混入による疲労寿命の改善効果が圧縮強度の改善のみによるのではなく、コンクリートの緻密化に伴う耐水性能の向上によることを示している。海水中疲労寿命は、数例を除くと同配合の水中疲労寿命より6~53%低下した。また、海水中での破壊形式はせん断スパン内での鉄筋破断による破壊が多くみられ、種々の破壊形式が観察された水中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よりも劣るためと考えられる。

非腐食はりとし腐食はりの海水中疲労寿命と破壊形式を表-5に、S-N関係を図-2に示す。静的曲げ荷重による

表-1 実験条件

W/(C+SF)	(%)	42, 50, 60, 65, 75
SF量	(%)	0, 20
試験環境		水中, 海水中
上限荷重比	(%)	55, 65, 75
残留ひびわれ幅(mm)		0, 0.1, 0.3

注) 供試体の表示法

W/(C+SF) 0-75 上限荷重比

F-50-0 SF混入率

試験環境

F: 非腐食はり(水中)

S: 非腐食はり(海水中)

SWC1: 腐食はり(残留ひびわれ幅0.1mm)

SWC2: 腐食はり(軸方向鉄筋降伏

残留ひびわれ幅0.3mm)

表-2 コンクリートの諸強度

供試体名	圧縮強度	引張強度	曲げ強度	静ヤング係数
50-0-75, 65	493	38	58	3.68×10^5
50-0-55	382	27	59	3.45×10^5
42-20-75, 65	883	52	104	4.14×10^5
42-20-55	790	47	97	4.25×10^5
60-20-75, 65	583	36	53	3.99×10^5
65-20-55	425	33	70	3.40×10^5
75-20-55	380	33	56	3.19×10^5

(単位: kgf/cm²)

表-3 鉄筋の機械的性質

上限荷重比 (%)	鉄筋	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
75, 65	D19	3802	5703
	φ9	2720	3837
55	D19	3876	6141
	φ9	2903	4068

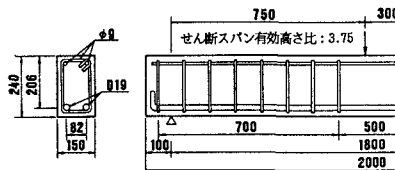


図-1 はりの配筋図と荷重条件

表-4 非腐食はりの疲労寿命と破壊形式

上限荷重比	水			中			海			水			中			疲労寿命比 (海水中/水中)
(%)	供試体名	疲労寿命	破壊形式	供試体名	疲労寿命	破壊形式	供試体名	疲労寿命	破壊形式	供試体名	疲労寿命	破壊形式	供試体名	疲労寿命	破壊形式	
75	F50-0-75	374250 (1.00)	S (S)	S50-0-75	325270 (1.00)	D (S)										0.87
	F42-20-75	17230 (0.05)	C (F)	S42-20-75	355470 (1.09)	S (S)										20.6
	F60-20-75	822400 (1.66)	S (S)	S60-20-75	291360 (0.90)	S (S)										0.47
65	F50-0-65	570450 (1.00)	D (S)	S50-0-65	534080 (1.00)	S (S)										0.94
	F42-20-65	1336480 (2.34)	S (F)	S42-20-65	778120 (1.46)	S (S)										0.58
	F60-20-65	771070 (1.35)	D (S)	S60-20-65	630700 (1.18)	S (S)										0.82
55	F50-0-55	123850 (1.00)	D (S)	S50-0-55	213790 (1.00)	D (S)										1.73
	F42-20-55	966860 (7.81)	S (S)	S42-20-55	635920 (2.97)	S (S)										0.66
	F65-20-55	768100 (6.20)	S (S)	S65-20-55	722080 (3.38)	D (S)										0.94
	F75-20-55	802710 (6.48)	S (S)	S75-20-55	1092420 (5.11)	S (S)										1.36

疲労寿命: () 内の数字はシリカフューム無混入時に対する疲労寿命比

破壊形式: 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

破壊位置: (F): 曲げスパン, (S): せん断スパン

損傷レベルの小さいSWC1シリーズ(腐食はり)の疲労寿命は上限荷重比により異なる傾向を示し、上限荷重比が高い65%では非腐食はりより8~63%低下した。しかし、上限荷重比の低い55%では腐食はりの疲労寿命は非腐食はりより必ずしも低下せず、むしろ増加する例も観察された。これは、上限荷重比が低いと一般に疲労寿命が増加し、コンクリートの性質が疲労寿命に及ぼす影響が大きくなるため、腐食鉄筋の与える影響が相対的に小さくなるためと考えられる。上限荷重比55%の腐食はりの破壊形式は、ほとんどのはり为非腐食はりと同じせん断スパン内での鉄筋破断かコンクリートのせん断圧縮破壊であり、腐食鉄筋による破壊形式の変化は観察されなかった。

表-5 海中疲労寿命と破壊形式

上限荷重比 (%)	非 腐 食 は り			腐 食 は り			疲労寿命比 (腐食/非腐食)
	供試体名	疲労寿命	破壊形式	供試体名	疲労寿命	破壊形式	
65	S50-0-65	534080 (1.00)	S (S)	SWC1-50-0-65	481170 (1.00)	D (S)	0.90
				SWC2-50-0-65	—	—	—
	S42-20-65	778120 (1.46)	S (S)	SWC1-42-20-65	718550 (1.49)	S (F)	0.92
				SWC2-42-20-65	25000 (—)	C (F)	0.03
55	S60-20-55	630700 (1.18)	S (S)	SWC1-60-20-55	234570 (0.49)	C (F)	0.37
				SWC2-60-20-55	234890 (—)	C (F)	0.37
	S50-0-55	213790 (1.00)	D (S)	SWC1-50-0-55	526170 (1.00)	S (S)	2.46
				SWC2-50-0-55	234890 (1.00)	C (F)	1.10
	S42-20-55	635920 (2.97)	S (S)	SWC1-42-20-55	640010 (1.21)	S (S)	1.01
				SWC2-42-20-55	879070 (1.87)	C (F)	1.38
	S65-20-55	722060 (3.38)	D (S)	SWC1-65-20-55	1279710 (2.43)	D (S)	1.77
				SWC2-65-20-55	754340 (3.21)	S (F)	1.04
	S75-20-55	1092420 (5.11)	S (S)	SWC1-75-20-55	994200 (1.87)	S (S)	0.91
				SWC2-75-20-55	687600 (2.93)	D (S)	0.63

静的曲げ載荷による損傷レベルの大きいSWC2シリーズの疲労寿命は、例外はあるもののほとんどのはりで損傷レベルの小さいSWC1シリーズより低下した。破壊形式は2例を除くとコンクリートの圧壊であった。これは、軸方向鉄筋が降伏するまで静的曲げ載荷しているために、曲げスパン内のコンクリートの損傷が大きいためであると考えられる。

静的曲げ載荷による損傷レベルの大きいSWC2シリーズの疲労寿命は、例外はあるもののほとんどのはりで損傷レベルの小さいSWC1シリーズより低下した。破壊形式は2例を除くとコンクリートの圧壊であった。これは、軸方向鉄筋が降伏するまで静的曲げ載荷しているために、曲げスパン内のコンクリートの損傷が大きいためであると考えられる。

上限荷重比55%時のひびわれ状況図の一例を図-3に示す。静的曲げ載荷時あるいは疲労試験時の曲げひびわれは、SF無混入はりではひびわれの発生領域が狭くひびわれ間隔が大きい、SF混入はりではひびわれが広範囲に発生しひびわれ間隔が小さい。これは、SFの混入により鉄筋とコンクリートの付着性状が改善されたことを示している。

SFの混入によりコンクリートが緻密になり耐水性能が向上するため、はりの斜めひびわれの傾斜は気中における一般のはり同様に緩やかになり、スターラップによるせん断補強効果が期待でき水中疲労寿命が改善された¹⁾。海中では上限荷重比の高い75%でSFの効果は観察されないが、上限荷重比の低い65%と55%では水中と同様にSFの混入により斜めひびわれの傾斜が緩やかであった。上限荷重比55%のSWC1シリーズでは、静的曲げ載荷時の曲げひびわれ先端から曲げあるいは斜めひびわれが多く発生し、ひびわれ状況は海中疲労試験した非腐食はりと同じ傾向を示し、疲労寿命の結果と一致している。

参考文献 1) 池田,児島,高木: SFを混入した鉄筋コンクリートはりの水中および海中における疲労性状について,土木学会第44回年次講演概要集, V, pp.530-531, 1989

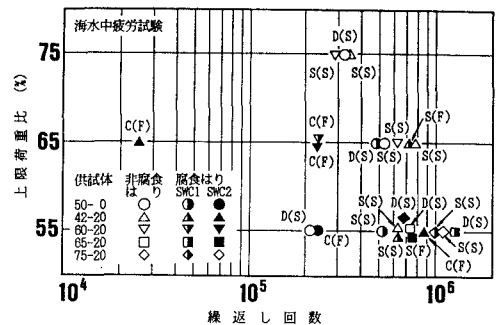


図-2 S-N関係と破壊形式

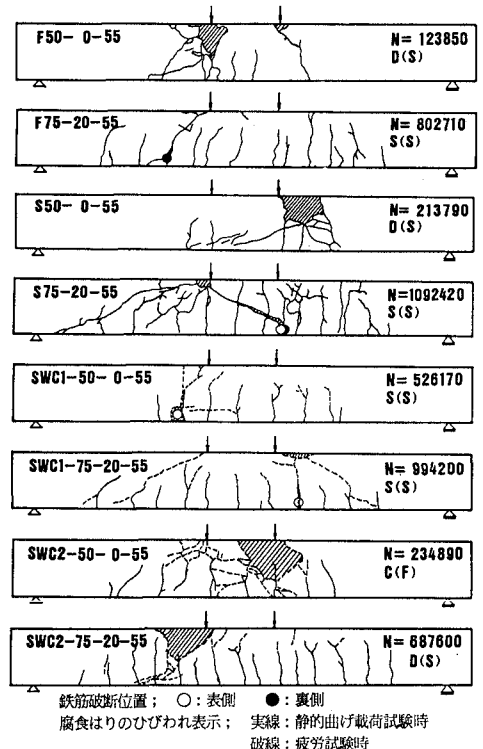


図-3 ひびわれ状況図 (上限荷重比55%時)