

## シリカフェームを混入したRC部材の海・水中疲労性状に関する研究

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

1. まえがき 本研究はシリカフェーム（以下SF）を混入し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を行ったものである。

2. 実験概要 実験要因を表-1に示す。疲労試験時の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-1に示す。上限荷重比

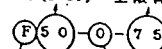
表-1 実験要因

|          |                           |
|----------|---------------------------|
| W/(C+SF) | 42%, 50%, 60%<br>65%, 75% |
| SF量      | 0%, 20%                   |
| 環境       | 水中、海水中                    |
| 上限荷重比    | 75%, 65%, 55%             |

SF: シリカフェーム

注: シリーズの表示法

W/(C+SF) 上限荷重比



環境 SF混入率

F: 水中

S: 海水中

75, 65%はりと55%はりのコンクリートは、同配合であるが、打設日が異なるためコンクリート強度は異なる。SFの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カ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:75cm、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実施した。上限荷重は、静的載荷試験で得られた供試体の降伏荷重の75%, 65%, 55%とし、下限荷重は全て1.0tとした。載荷繰返し速度は4.0Hzとし、正弦波による繰返し載荷とした。

3. 実験結果および考察 疲労寿命と破壊形式を表-4に示す。一般に上限荷重比が低くなるに従い疲労寿命は増大するが、本実験では同配合のはりであっても、上限荷重比が低くなるにもかかわらず疲労寿命が低下するシリーズがみられた。これは上限荷重比55%のはりのコンクリートの圧縮強度が上限荷重比75%, 65%のはりより小さく、コンクリート強度がはりの疲労寿命に影響を及ぼしたものと考えられる。

SFの混入により水中・海水中疲労寿命は数例を除き増加し、SFの混入による疲労寿命の改善効果が観察された。しかし、上限荷重比の高い75%の場合には、SFの混入により海水中疲労寿命は必ずしも増加せず、SF無混入はりに対する疲労寿命比(42-20, 60-20/50-0)は1.09, 0.90であった。コンクリート強度がほぼ同じ時には、SFの混入により疲労寿命

は大幅に増加し、その疲労寿命比(75-20/50-0)は、水中で6.48、海水中で5.11であった。このことはSFの

表-3 鉄筋の機械的性質

| 上限荷重比   | 鉄筋  | 降伏強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 引張強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----|--------------------------------|--------------------------------|
| 75, 65% | D19 | 3802                           | 5703                           |
|         | φ9  | 2720                           | 3837                           |
| 55%     | D19 | 3676                           | 6141                           |
|         | φ9  | 2903                           | 4068                           |

表-2 コンクリートの諸強度

| 供試体名         | 圧縮強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 引張強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 曲げ強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 50-0-75, 65  | 493                            | 38                             | 58                             | 3.68×10 <sup>4</sup>            |
| 50-0-55      | 382                            | 27                             | 59                             | 3.45×10 <sup>4</sup>            |
| 42-20-75, 65 | 883                            | 52                             | 104                            | 4.14×10 <sup>4</sup>            |
| 42-20-55     | 790                            | 47                             | 97                             | 4.23×10 <sup>4</sup>            |
| 60-20-75, 65 | 583                            | 36                             | 53                             | 3.99×10 <sup>4</sup>            |
| 65-20-55     | 425                            | 33                             | 70                             | 3.40×10 <sup>4</sup>            |
| 75-20-55     | 380                            | 33                             | 56                             | 3.19×10 <sup>4</sup>            |

図-1 はり寸法および配筋図

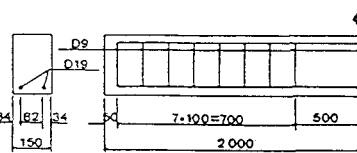


表-4 疲労寿命と破壊形式

| 上限荷重比 | 水 中       |                |       | 海 水 中     |                |       | 疲労寿命比<br>(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  |                   |
| 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 | 622400 (1.66)  | S (S) | S60-20-75 | 291360 (0.90)  | S (S) | 0.47              |
|       | F50-0-65  | 570450 (1.00)  | D (S) | S50-0-65  | 534080 (1.00)  | S (S) | 0.94              |
| 65%   | 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              |
|       | 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              |
| 55%   | F65-20-55 | 768100 (6.20)  | S (S) | S65-20-55 | 722060 (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: ( ) 内の数字はシリカ無混入はり (50-0) に対するシリカ混入はりの疲労寿命比  
破壊形式: C: コンクリート圧壊型 D: せん断圧壊型 S: 鉄筋疲労破壊型  
(F): 曲げスパン (S): せん断スパン

混入による疲労寿命改善効果が圧縮強度によるものだけでないことを示している。またSFの混入による疲労寿命改善効果は上限荷重比が低いほど顕著であった。これは、上限荷重比が低いと一般に疲労寿命が増大し、水中・海水中においては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と考えられる。

海水中疲労実験では、数例を除くと同配合の水中疲労実験よりも6~53%小さい疲労寿命を示した。また海水中では、上限荷重比が同じであれば、SFの混入によりコンクリートの性状が変化しても水中ほど疲労寿命に差はみられない。水中および海水中におけるはりの破壊形式を比較すると、水中疲労試験では、上限荷重比が高い時(75, 65%)には、SF混入の有無による差はみられずコンクリートのせん断圧縮破壊あるいは圧壊による破壊と鉄筋破断による破壊が同数観察されたが、上限荷重比が低い時(55%)には、SF無混入(50-0)ではせん断スパンでコンクリートのせん断圧縮破壊が、SF混入はりではすべてせん断スパンで鉄筋破断が生じており、SF混入の有無、上限荷重比による破壊形式の変化が観察された。一方海水中では、すべてのはりがせん断スパンで破壊し、SF無混入はり(50-0)の2例とSF混入はりの1例を除くとすべて鉄筋破断が生じており、上限荷重比による破壊形式の変化は観察されず、また様々な破壊形式を示した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るかに劣っているという従来の結果を参考にすると容易に説明できる。

ひび割れ幅と繰返し回数の関係の一例を図-2の示す。ひび割れ幅の進展状況は水中・海水中とも、破壊形式、斜めひび割れの進展状況と鉄筋の破断位置により明確な相違が観察された。せん断スパンでコンクリートがせん断圧縮破壊したはりや斜めひび割れ延長上で鉄筋破断したはりでは、破壊近傍でせん断スパンのひび割れ幅が急激に増加している。これに対して、曲げスパンで鉄筋破断したはりでは破壊近傍においてもひび割れ幅の急激な増加は観察されなかった。

ひび割れ状況図の一例を図-3に示す。水中では、SF無混入はり(50-0)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異なり急であり、スターラップの効果は期待できない。一方SFを混入したはりの斜めひび割れの傾斜は緩やかであり、このことはスターラップによるせん断補強効果が期待でき、SFの混入による疲労寿命改善効果の裏付けとなっている。海水中では上限荷重比が低い時(65%, 55%)には、水中同様斜めひび割れの傾斜は緩やかになり、スターラップのせん断補強効果が期待できるが、上限荷重比が高い時(75%)にはSFの混入の有無に関係なく斜めひび割れの傾斜は急であり、SF混入の効果がみられず海水中疲労寿命の結果と一致している。

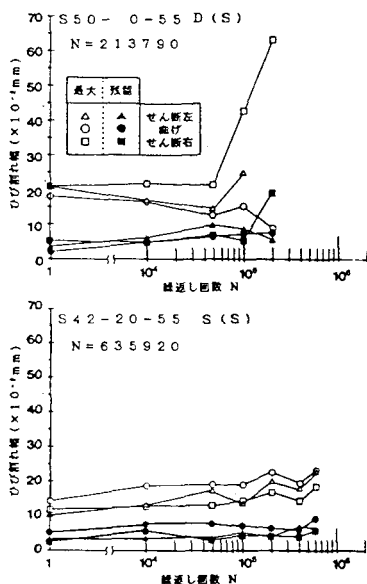


図-2 ひび割れ幅と繰返し回数の関係

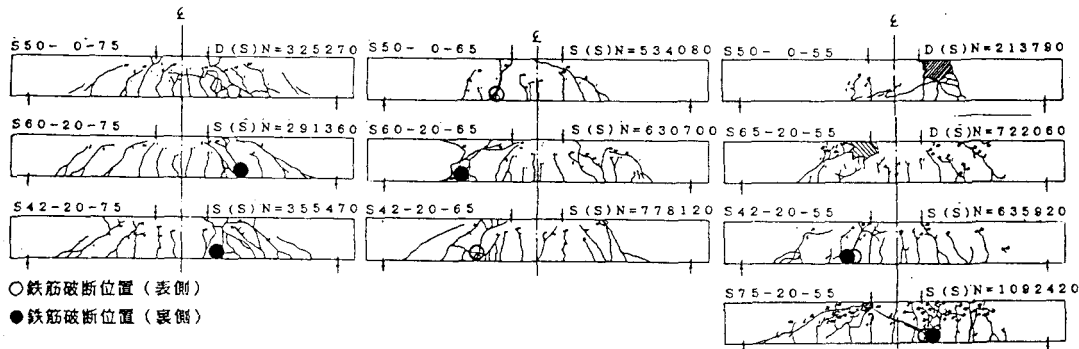


図-3 ひび割れ状況図