

海洋飛沫帯に 3 年間暴露した鉄筋コンクリート梁の性状 (II)

——鋼繊維補強コンクリートの防食効果——

Behavior of Reinforced Concrete Beams exposed in Marine Splash Zone for three years

——Corrosion Protection Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete——

小 林 一 輔*・星 野 富 夫*

Kazusuke KOBAYASHI and Tomio HOSHINO

1. は し が き

前報¹⁾において鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 中では鉄筋の腐食が極めて少ないことを示したが本文ではこの結果についてより詳細に報告する。

2. 使用材料, 配合および供試体

鋼繊維は $\phi 0.5\text{mm} \times 30\text{mm}$ のカットワイヤーならびに $0.5 \times 0.5 \times 30\text{mm}$ のせん断ファイバーを使用した。SFRCの配合はいずれの鋼繊維を用いた場合にも, Vf=1.5%, 水セメント比 50%, s/a: 69%, 単位セメント量: 460kgとした。なお, 比較に用いた普通コンクリートの配合は水セメント比が50%および40%, s/aが45%と43%であって単位セメント量はそれぞれ392kgおよび490kgとした。鉄筋をはじめとする使用材料や配合その他の条件および供試体に関しては前報²⁾に示したとおりである。

3. 腐食面積率, 塩化物の浸透およびひびわれの進展

図-1は2本一組の鉄筋コンクリート梁中の4本の鉄筋の腐食面積率 (●印) と平均値 (○印) を示したものであるが, SFRC中の鉄筋の腐食面積率が極めて小さいことがわかる。このことは暴露3年間における供試体のひびわれの進展状況を示した図-2 (a), (b)からも明らかである。なお, 図-2 (b)ではSFRCの供試体中で腐食面積率の値が最も大きかったもの (2.4%) について示している。一方, 図-3は鉄筋コンクリート供試体内部への塩分の浸透状態を示したものである。塩分含有率の測定はJCI規準案「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に規定されている電位差滴定法を用いて, 全塩分を測定した。

試料は $\phi 30\text{mm}$ のコンクリート用ドリルを用いて表面から4か所の深さまで順に穿孔してその粉末を採取し, 分析試料とした。ひびわれのない部分について示した図

-3 (a)の結果をみると, 表面から2cm程度の表層部分では普通コンクリートに比べてSFRCに対する塩分の浸透が少ないが, これ以上深部では普通コンクリートに対する塩分の浸透状態と大きな差がないことがわかる。

すなわち, SFRCは塩化物の浸透を阻止することによって鉄筋の防食を図る機能を有していないことが明らかである。

4. SFRC自体の海洋飛沫帯における耐久性

(a) 概要

SFRCの海洋環境下における耐久性に関してはすでにいくつかの報告^{3)~5)}があり, いずれもこのような環境下において鋼繊維の腐食がコンクリート表層部にとどまっており, 3年程度の暴露では強度も上昇していることを確かめている。今回の暴露試験でも鉄筋コンクリート梁供試体とともにSFRCのみの梁供試体 ($10 \times 10 \times 40\text{cm}$) を作製し, 鉄筋コンクリート梁と同じ場所に暴露してその曲げ強度やタフネスを調べた。このさい, 同時に製作し, 実験室で水中養生を行った供試体の結果と比較した。なお, これらの試験はJCI規準 SF4「繊維補強コン

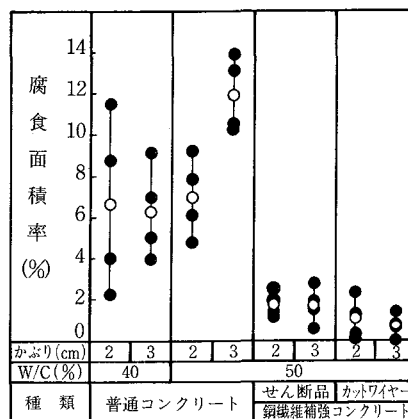


図-1 鉄筋の腐食面積率

*東京大学生産技術研究所 第5部

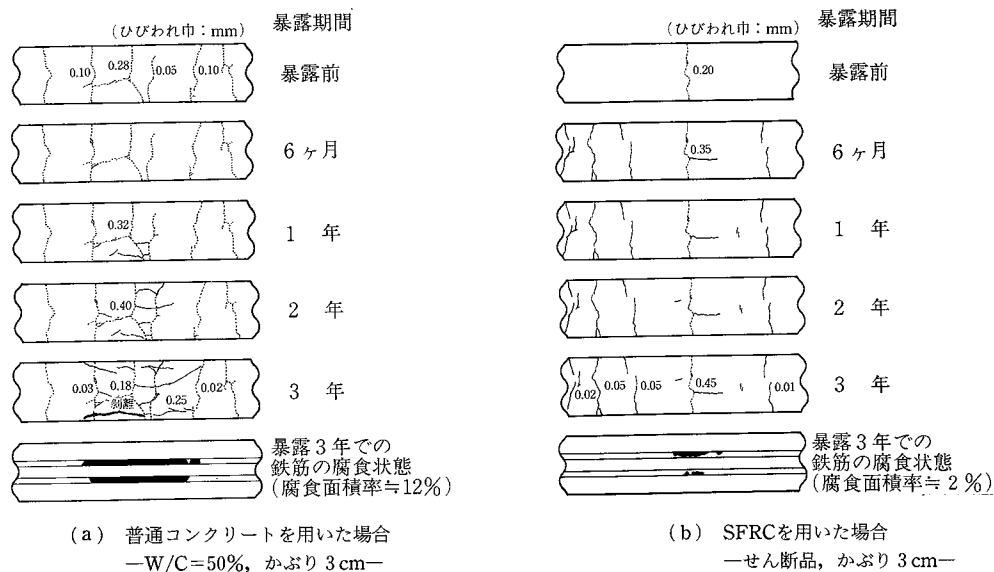


図-2 供試体のひびわれの進展状況

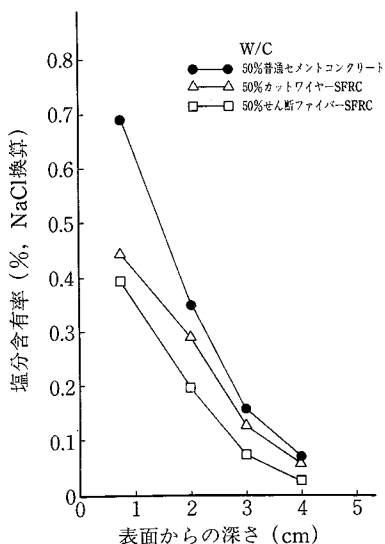
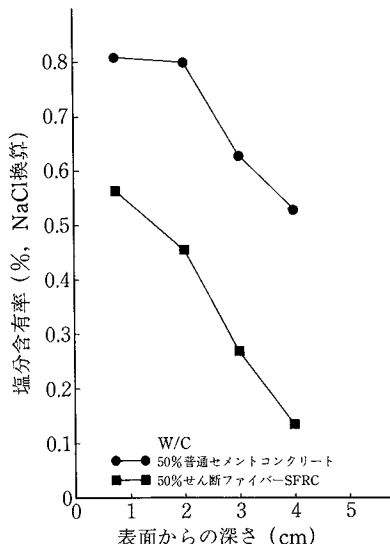


図-3 (a) コンクリート中の塩分含有率

図-3 (b) コンクリート中の塩分含有率
—ひびわれ部分—

リートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法」によって行った。

(b) 曲げ強度および曲げタフネスの変化

図-4はSFRCの曲げ強度の暴露期間にともなう変化を示したものであるが、2種の鋼繊維を用いたいずれのSFRCも同期間水中養生を行ったものとはほぼ同等かもしくはそれ以上の強度を示しており、3年間の海洋飛沫帯暴露がSFRCの強度に全く影響を及ぼしていないことを

示している。一方、図-5および図-6はいずれも曲げ荷重—たわみ曲線を示したものであるが、タフネスも暴露によってほとんど変化していないことがわかる。

(c) SFRC中における鋼繊維の発錆状況

今回の暴露試験では鉄筋コンクリート梁とSFRC梁のいずれも、SFRC中の鋼繊維の腐食は暴露期間3年を経過しても表面から1mm以内にとどまっていた(写真-1)。

研究速報

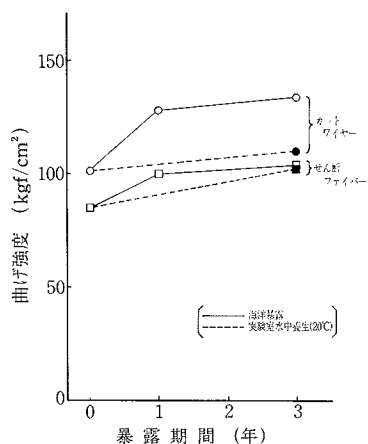


図-4 海洋飛沫帯に暴露したSFRC供試体の曲げ強度の経時変化
(暴露開始時の材令は約2か月)

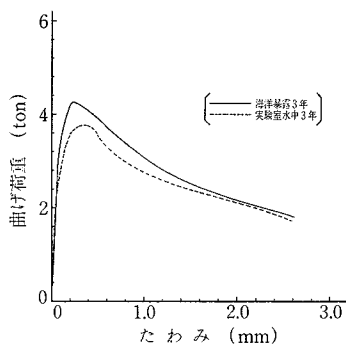


図-5 カットワイヤーを用いたSFRCの曲げ荷重-たわみ曲線

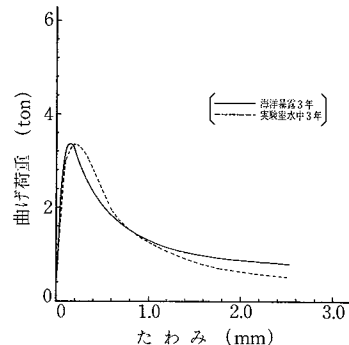


図-6 せん断ファイバーを用いたSFRCの曲げ荷重-たわみ曲線

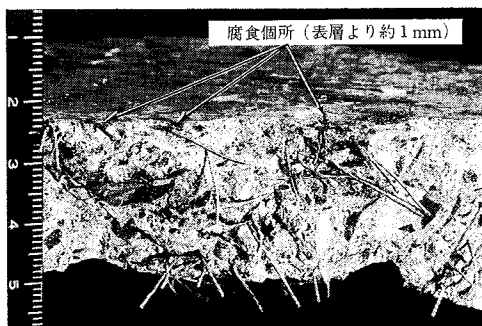


写真-1 暴露供試体中の鋼繊維の腐食状態
(暴露期間3年, C種)
撮影: 生研映像技術室

このようにSFRC中の鋼繊維が海水飛沫下においても腐食しにくい1つの原因は、鋼繊維の周囲が $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の層によって密に埋められているためと考えられる。

5. SFRCによって被覆された鉄筋の腐食が抑制される理由について

SFRC中において鉄筋がほとんど腐食しない理由について以下のような仮説を立ててみることにする。

- 1) SFRCが塩化物の浸透を阻止する
- 2) SFRCは一般に単位セメント量が多いので、より多くの塩化物をフリーデル氏塩として固定する
- 3) SFRCはマイクロクラックを拘束するので酸素の拡散係数が小さい

4) 鋼繊維の混入によって生ずるほう大な鋼の表面積が腐食反応を制御する

以上のうち、1)は成立せず、また2)も図-1における水セメント比が40%の普通コンクリート(単位セメント量: 490kg)の腐食面積率より明らかなように成立しないとみてよい。前節で示したようにSFRC中の鋼繊維の腐食自体がごく表面部分にとどまっていることを考慮に入れると、残る理由は3)と4)になるが、その検証は今後の課題としたい。

6. む す び

SFRCは海洋飛沫帯においてすぐれた耐久性を有すること、またSFRCがこのような環境下に設置されるコンクリート構造物中の補強用鋼材を効果的に防食することが明らかになった。

今回のSFRCの暴露試験では鋼材倶楽部のSFRC特別委員会より協力を頂いた。ここに記して謝意を表する次第である。

(1987年7月24日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林・星野: 生産研究, 39 (1987), 339~342
- 2) 小林・魚本・辻・星野・西村: 生産研究, 37 (1985), 547~549
- 3) 西・大塩・曾根: 鋼繊維補強コンクリート, 小野田研究報告, Vol 30, No 100 (1978)
- 4) 鋼材倶楽部: スチールファイバーコンクリートの手引, 昭和61年6月
- 5) P.S. Mangat and Kribanandan Gurusamy: Cement and Concrete Research, Vol. 17, No. 2, pp. 385~396, 1987