

電流作用下における鋼繊維混入コンクリートの防食特性

足利工業大学工学部 正会員 黒井 登起雄

同 上 学生員 ○中 根 政 範

同 上 正会員 松 村 仁 夫

1. まえがき

コンクリート中への鋼繊維混入は、電流の流入・流出回路が形成されるため、鉄筋コンクリートの電食による劣化抑制方法として効果的である¹⁾。そこで、本研究では、鋼繊維混入コンクリート（以下SFコンクリートと呼称）中の鉄筋の電食による腐食抑制の必要条件（シリーズ1 鉄筋と鋼繊維の接触本数の影響）および適用範囲（シリーズ2 塩化物イオン環境の影響）を明らかにするため簡単な電食試験によって検討し、考察した。

2. 実験の概要

2.1 使用材料及び配合 鉄筋は呼び径19mmのみがき丸棒鋼を用いた。鋼繊維は、N社製の $0.5 \times 0.5 \times 20$ mm（波付型）のものを用いた。配合は、表1に示すように、 $W/C=40$ および60%（スランプ $=10 \pm 2$ cm）のコンクリートを参考にしたモルタルとした。鋼繊維混入率は、主に $V_f=0$ および2.0%（容積百分率）とした。繊維混入量は、コンクリートの配合からモルタルの容積割合を算出し、鋼繊維の容積濃度がコンクリートの場合と同一になるように調節した。

表1 コンクリートの配合

鋼繊維の公称 寸法 (mm)	V_{sf} %	W/C %	s/a %	単 位 量 (kg/m ³)*1				
				SF	W	C	S	G
-----	---	40	47	--	199	497	753	823
-----	---	60	50	--	196	327	892	831
0.5x0.5x20*2	2.0	40	70	157	242	605	944	390
"	60	64	"	228	380	1001	546	

*1 最大寸法: 15mm, スランプ: 10±2cm

*2 波付きタイプの鋼繊維

2.2 供試体の形状及び電食試験方法 電食試験用供試体は、図1に示すように、一辺が15cm、高さ10cmの角柱モルタルに、高さ方向の中心に鉄筋を埋設する形状とした。鉄筋は、酸洗い処理した後、質量をあらかじめ10mgまで正確に測定した。シリーズ1では、鉄筋の7.5cmの長さ当たり0、2、4、6および8本の鋼繊維を接触させた。その接触処理は、供試体作成前に約5mmのモルタル層（ $W/C=0.40$ ）によって鋼繊維を鉄筋に固定して行った（養生期間3～7日）。供試体は試験まで $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の水中で養生した。電食試験は、材齢28日に水道水中で、埋設鉄筋を陽極に、水道水中の円筒銅板電極を陰極に接続して行った。なお、シリーズ2の場合、電解液として海水を模した $\text{Cl}^- = 20000\text{ppm}$ の塩化ナトリウム溶液を使用した。電流は、主に40mA（鉄筋表面の電流密度 $0.90\text{mA}/\text{cm}^2$ ）の一定にした直流電流とした。一部20mA（電流密度 $0.45\text{mA}/\text{cm}^2$ ）および5mA（電流密度 $0.11\text{mA}/\text{cm}^2$ ）も用いた。試験時間は336時間および672時間とした。鉄筋のさび量は、モルタルから鉄筋を取り出して酸洗い処理し、質量測定によって求めた。

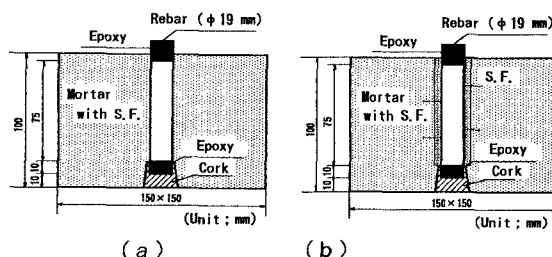


図1 電食試験用供試体の形状および試験方法

3. 電食時におけるSFコンクリートの防食性能

3.1 鉄筋と鋼繊維の接触本数との関係 モルタル中の埋設鉄筋のさび量と鋼繊維の接触本数との関係は鉄筋の電食係数によって表示した結果を図2に示す。図より、Non-SFモルタル中の鉄筋のさび量が約0.16g（電解時間336時間）および約0.31g（同672時間）である（電食係数*1 $\eta = 0.012$ ）¹⁾のに対して、SFモルタル中の鉄筋のさび量は、 $W/C=0.40$ （ $V_f=2\%$ ）のとき、鋼繊維の接触数が0本においても少なくなり、2本程度まで接触数の増加に伴って30～70%も少なくなる傾向が認められる（ $\eta = 0.0036 \sim 0.0084$ ）。さびの

*1 電食係数 η は、鉄筋のさび速度を表す係数であり、 $\eta = W/W_0$ 、 $W_0 = 1.042 \text{ i t}$ によって算定される。

低減量は、接触数2本以上では、ほとんど同じである。また、 $W/C=0.60$ ($V_f=2\%$) のときも同様の傾向が認められるが、モルタルが粗になるため、さび量のばらつきも大きい。

3.2 塩分環境におけるSFコンクリートの防食性能

SFモルタル ($\ell_{SF}=20\text{mm}$, $V_f=2.0\%$) 中に埋設した鉄筋の塩分環境における電食試験結果を図3 ($W/C=0.40$) および図4 ($W/C=0.60$) に示す。図3より、塩分環境（電解液； Cl^- =20000 ppm塩水）における鉄筋のさび量は、Non-SFモルタル（電解液；水道水）のときより著しく増加する。すなわち、Non-SFモルタルで、かつ水道水中の場合、電食係数は、 $\eta=0.012$ であるのに対して、SFモルタルで、かつ塩水中の場合は、 $\eta=0.099 \sim 0.200$ の範囲にあり、約10～20倍にも大きくなることが認められた。この傾向は、電流が40、20および5 mA（電流密度 0.11～

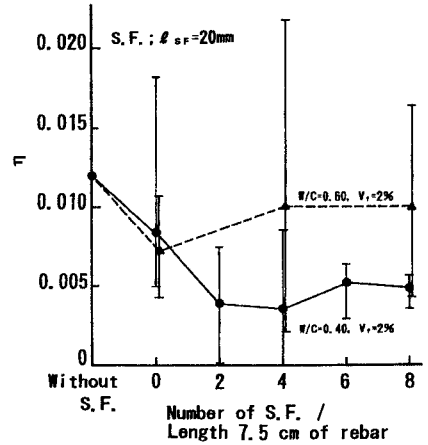


図2 接触本数と電食係数との関係

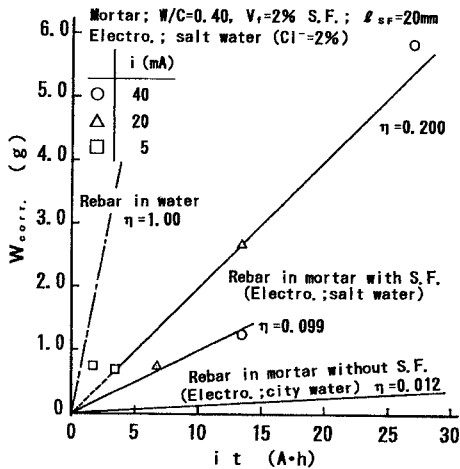


図3 積算電流量とさび量との関係($W/C=0.40$)

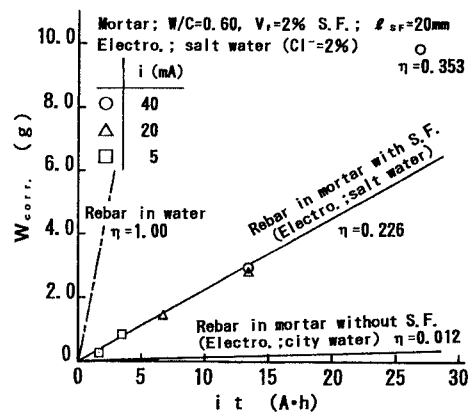


図4 積算電流量とさび量との関係($W/C=0.60$)

0.90mA/cm²)と変化しても、また、図4に示したように、水セメント比が0.60と大きくなってもほとんど同じである。これは、電解電流および時間とモルタルの品質（水セメント比）の関係によって塩化物イオン浸透量の違いが生じるが、モルタル中に鋼繊維よりもイオン化傾向の大きい塩化物（NaCl、KCl）が含まれるためと考えられる。なお、モルタル中の鋼繊維の腐食は、内部および表面付近とも目視で確認されなかった。

4. まとめ

短い鋼繊維によって導電性を高めたコンクリート中の鉄筋の電食試験から、次の各点が明かになった。

- (1) SFコンクリート中の鉄筋の電食は、鉄筋と鋼繊維が全く接触していなくとも、電気的に接続状態になっていれば抑制される。しかし、より確実にするためには、鉄筋と数本の鋼繊維が接触していることが重要である。
- (2) SFコンクリートは、鋼繊維（Fe）よりもイオン化傾向の大きい塩化物イオンが含まれる場合には、防食性能を著しく損なうと云う問題点がある。

〔謝辞〕 本研究を実施するに当たり、鋼繊維およびエポキシ樹脂塗料は、それぞれ日鐵建材工業㈱およびショーボンド建設㈱よりご提供頂いたものである。ここに謹んで感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 野・樹・龍：金属材料を混入した鉄筋コンクリートの電食による劣化の抑制機構、土木学会第49回大会論文集、V-282（1994）