

(V-27) 鋼繊維補強した鉄筋コンクリートの電流作用による劣化について

足利工業大学大学院 学生員 ○上原 孝
足利工業大学工学部 正会員 黒井登起雄

1. 研究目的

一般に鉄筋コンクリートは直流電流の作用を受けると、鉄筋が電解腐食（電食）を生じ、同時に鉄筋が陰極となる部分のペースト中のアルカリ金属イオンの鉄筋周辺への集積により、コンクリート強度低下が起こり、劣化する。異形鉄筋を用いた鉄筋コンクリートであっても、電食および付着強度の低下などの現象は著しく起こる。そこで、本研究では、各種鉄筋コンクリートの劣化現象を把握すること、および劣化防止の対策を考える上の資料を得ることを目的に、鋼繊維をコンクリート中に混入して電気電導度を大きくした¹⁾鉄筋コンクリートを対象に、直流電流が作用したことによる埋設鉄筋および混入繊維の腐食状況および鉄筋とコンクリートの付着強度への影響を水中における実験供試体の電食試験で実験的に検討した。

2. 実験の概要

2.1 使用材料 鋼繊維は、K社製の普通鋼（ストレート型＜記号：NS＞； $0.5 \times 0.5 \times 30\text{mm}$ 、波付き型＜記号：NW＞； $0.5 \times 0.5 \times 25\text{mm}$ ）2種類とステンレス鋼（波付型＜記号：SW＞； $0.5 \times 0.5 \times 25\text{mm}$ ）1種類を使用した。鉄筋は、直径19mmのみが丸棒鋼および黒皮付異形棒鋼を用いた。セメントは普通ポルトランドセメント（C社製、比重；3.16）を、細、粗骨材は鬼怒川産の粒度の良い川砂（比重；2.57、吸水率；2.56%、F M；3.00）、および同産の良質の川砂利（最大寸法；15mm、比重；2.56、吸水率；2.57%、F M；6.35）を用いた。

2.2 実験方法 実験は、以下に示すように、シリーズⅠ、およびシリーズⅡに分けて実施した。

(Ⅰ) シリーズⅠは、各種鋼繊維で補強した鉄筋コンクリートの電食試験である。電解供試体は、一辺が10cmの鋼繊維補強したコンクリート中に直径が一辺に相当する亜鉛引き鉄板の円筒とその高さ方向の中心に鉄筋（みがき丸棒鋼）を埋設する形状とした（図1）。一部の供試体は、一辺が10cmの立方体、および一辺が15cmで、高さ10cmの角柱体に単純に鉄筋だけを埋設する形状にしたものも作成した。コンクリートの配合は $W/C=0.40, 0.50$ 、および 0.60 の3水準（スランプ $=10 \pm 2\text{ cm}$ ）と、鋼繊維混入率 $V_f = 0, 1.0$ および 2.0% の3水準を組合せた9種類とした（表1）。電食試験は、電解供試体を材令28日から37日の適当な材令まで水中養生（ $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ）した後に、鉄筋に陽極を、亜鉛引き鉄板に陰極を接続し、コンクリート部分の約9.5cmが水道水に浸漬するようにして実施した。電流は20mA（一定）の直流電流とした。試験時間は504および672時間とした。一部336時間にしたものもある。電食試験後の埋設鉄筋のさび状況の観察およびさび量の測定を行った。同時に混入鋼繊維の状態についても観察を行った。

(Ⅱ) シリーズⅡは、電流作用を受けた各種鋼繊維で補強した鉄筋コンクリートの付着強度に関する実験である。電解供試体は、内径10.5cm、高さ12cmの鋼管に鋼繊維補強したコンクリートを打込み、その中心高さ方

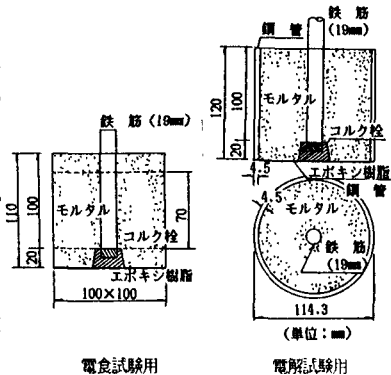


図1 供試体の形状・寸法

表1 鋼繊維補強コンクリートの配合

混入率 %	水セメント %	細骨材率 %	単位量 (kg/m ³)				
			SF	W	C	S	G
0	40	47		190	475	787	881
1.0	"	87	79	230	575	952	487
2.0	"	87	157	250	625	1102	184
0	50	49		190	380	837	808
1.0	"	69	79	211	422	1100	492
2.0	"	89	157	263	526	1202	148
0	60	51		191	318	896	857
1.0	"	71	79	228	380	1125	457
2.0	"	81	157	255	425	1323	130

最大寸法、15mm、スランプの範囲：10±2cm

向に鉄筋を埋設する形状とした(図1)。コンクリートの配合はシリーズIと同様にした。電解試験は、シリーズIと同様に、鋼管に陽極を、鉄筋に陰極を接続し、水道水に供試体を浸漬して実施した。電流は40mAの一定の直流電流とした。電解時間は、0、336、および672時間とした。電解試験後に引き抜きによる付着強度試験と、圧縮強度試験を行った。またシリーズIと同様、鋼繊維の状態の観察も行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 鉄筋および鋼繊維の腐食 鋼繊維を補強したコンクリート、およびブレンコンクリート中に埋設した鉄筋のさび量と積算電流量との関係の一例(W/C=40)を図2に示した。図2より、普通(NSおよびNW)およびステンレス鋼(SW)で補強したコンクリート、およびブレンコンクリートに埋設した鉄筋のさび量は、積算電流量が大きくなるに伴いともに増える傾向がある。また、電流作用による鋼繊維補強コンクリートとブレンコンクリートとの埋設鉄筋のさび速度の違いは、鋼繊維補強した場合、電解供試体の鉄筋の露出部分に生じた0.05~0.15gのさび量も含めて測定しているために、明確に認められない。しかし、電食試験終了後の埋設部分の鉄筋表面のさび状況の目視観察で、ブレンコンクリートの場合にはさびが明確に生じているのに対して、鋼繊維補強コンクリートの場合にはさびは認められなかった。このとき混入した鋼繊維のさびは観察されなかった。なお、電食試験中の電圧は、ブレンコンクリートより鋼繊維補強コンクリートの方が若干低く、経時変化も緩やかであった。

3.2 付着強度 電解試験後の鋼繊維補強コンクリート、およびブレンコンクリート中に埋設した異形棒鋼の初期付着強度比(表1に示した健全なコンクリートとの初期付着強度を1.0とした値)と積算電流量との関係の一例(W/C=0.40)を図2に示した。図2より、ブレンコンクリートと鉄筋の付着強度は電解時間とともに低下し、積算電流量13.44~26.88A・hのとき、25~35%の低下が認められる。これに対し、普通鋼(ストレート型)を用いた補強コンクリートの付着強度は、積算電流量13.44A・hのとき、混入率2.0%で5~25%の低下、また積算電流量26.88A・hのとき、5%程度以下であり、強度が若干改善される。ステンレス鋼の場合の付着強度も同様に若干改善される。しかし、波付型の普通鋼の場合の付着強度は、積算電流量26.88A・hのとき、

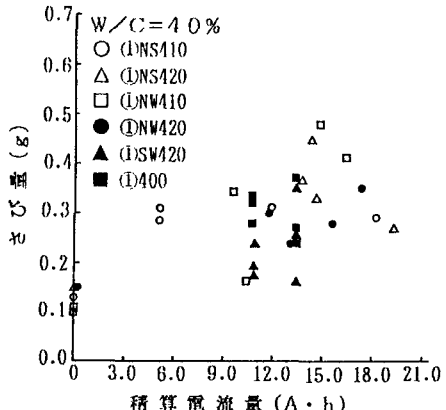


図2 鉄筋のさび量と積算電流量の関係

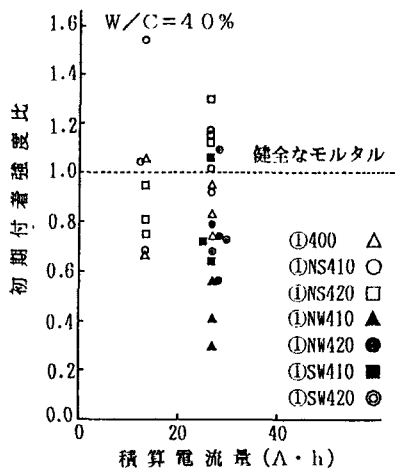


図3 初期付着強度比と積算電流量の関係

供試体 番号	鉄筋 径 (mm)	水セ ト比 (%)	付着強度 (kgf/cm ²)	
			(fbo)i	(fbo)max
①400	19	40	85.83	242.38
①NS410	"	"	71.22	258.83
①NS420	"	"	75.87	255.48
①NW410	"	"	101.30	251.30
①NW420	"	"	86.78	254.02
①SW410	"	"	109.95	257.78
①SW420	"	"	100.40	282.44

表2 付着強度試験結果
混入率1.0%で45~75%、混入率2.0%で25~35%であり、著しい低下が認められた。以上より、鋼繊維の補強は、鉄筋コンクリートの電解による付着強度の低下改善の可能性があると考えられるが、鋼繊維の分散の不十分の影響などにより、電解試験後の付着強度のバラツキがかなり大きいので、今後、アルカリ金属イオンおよび細孔組織などセメントペーストの特性変化を調べ、総合的に判断し、結論づける必要がある。

参考文献 1) 黒井、上原；鋼繊維補強コンクリートの電気抵抗およびその他の性質、第18回関東支部技術研究発表会講演概要集、PP.252~253、1991.3