

コンクリート中の鋼繊維の耐食性に関する実験的検討

大成建設（株） 土木技術研究所 正会員 ○松元 淳一
大成建設（株） 土木技術研究所 正会員 堀口 賢一
大成建設（株） 土木技術研究所 フェロー会員 丸屋 剛

1. はじめに

鋼繊維を用いた鉄筋コンクリートは、混入した鋼繊維の腐食範囲ならびに内部鉄筋の腐食メカニズムについては定量的に明らかにされておらず、鋼繊維使用コンクリートの耐久性照査の規準化まで至っていない。そこで、鋼繊維自体の耐食性およびコンクリート中の鉄筋の腐食に及ぼす影響を明らかにするため、電気化学的手法を用いて評価を行った。

2. 実験概要

モルタル供試体の配合および使用材料を表-1、表-2 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材としては 6 号ケイ砂を使用した。ここで、細骨材に 6 号ケイ砂を用いた理由として、極表層部（2mm）に鋼繊維を埋設すると、モルタル表面との距離が僅かとなり、通常細骨材では、表面と鋼繊維の間がペースト分のみになる可能性があることを防ぐためである。

本実験では、鋼繊維の耐食性に関する基礎的な評価を行うため、自然電位測定用の鋼繊維を 1 本ないし 2 本、鉄筋を 0 ないし 1 本埋設した供試体にて検討を行った。鋼繊維および鉄筋の埋設位置を図-1 に示す。鋼繊維はコンクリート表面の極表層部（2mm）と所定の位置に埋設することとし、鉄筋のかぶり高は 25mm とした。これにより、鋼繊維同士の距離の関係や鉄筋と鋼繊維の距離の関係が耐食性に及ぼす影響を評価した。一方、供試体②については、鉄筋のかぶり高を 10mm としている。これは、供試体①の比較用であり、鋼繊維・鉄筋の材質の違いを明らかにすることを目的としたためである。製作にあたっては、10×10×40cm の型枠への横方向による打込みとし、型枠脱型後、水温 20℃ の恒温水槽にて 28 日間の初期水中養生を行った。

写真-1 に供試体と塩化物イオンの供給方法を示す。供試体中央の側面には、鉛照合電極を 1 本配置した。塩化物イオンの供給は、供試体上面の幅 36cm×奥行き 8cm の範囲に中空の角型プラスチック容器を固定し、これに濃度 10% の塩水を満たして行った。また、供試体側面からの水の散逸を防ぐため、供試体 4 面にはエポキシ樹脂を塗布し、上下面のみを開放面とした。本実験では、予め測定用コードを取り付けて埋設した鋼繊維

キーワード 鋼繊維補強コンクリート、鋼繊維、耐食、鉄筋腐食、塩害

表-1 モルタル供試体の配合

水セメント比 %	単位量 (kg/m ³)			
	水	セメント	細骨材	混和剤
60	270	450	1528	1.13

表-2 使用材料

水	上水道水
セメント	普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm ³)
鋼繊維	鋼繊維(密度:7.85g/cm ³) (繊維長:43mm, 繊維径:φ0.75mm)
細骨材	6号ケイ砂(密度:2.60g/cm ³ , 最大粒径:0.85mm)
混和剤	リグニンスルホン酸系AE減水剤 (密度:2.34g/cm ³)

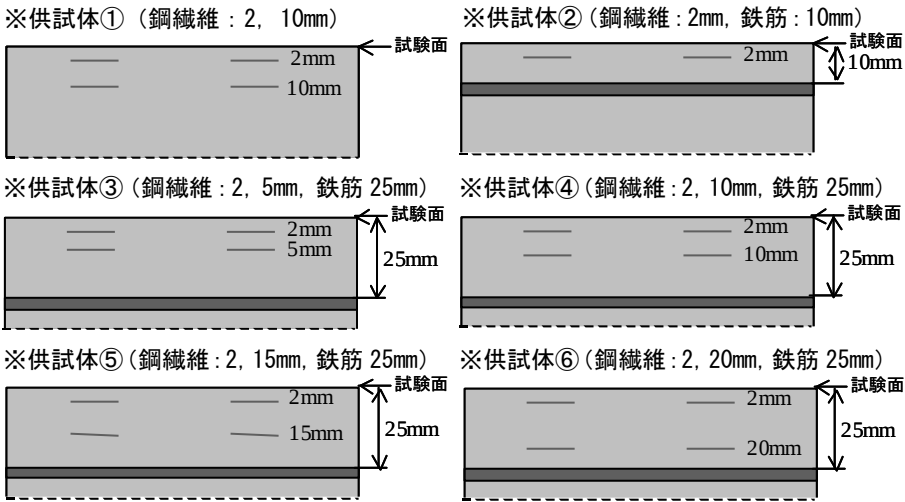


図-1 鋼繊維および鉄筋の埋設位置

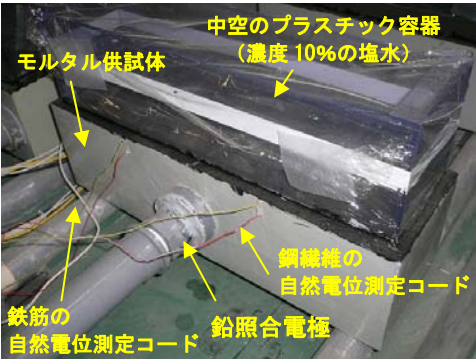


写真-1 供試体と塩化物イオンの供給方法

維および鉄筋の自然電位を 10 分間隔で連続的にモニタリングを行った。ここでは、試験開始から 300 日までの結果について報告する。

3. 試験結果および考察

図-2 に供試体①および②のモルタル中に埋設した鋼繊維および鉄筋の自然電位の経時変化を示す。鋼繊維の自然電位は、試験開始直後の段階から、卑な値で推移しており、この傾向は既往の著者らの研究結果¹⁾と一致している。また、モルタル表層の全塩化物イオン量は、供試体深さ 0~5mm, 5~10mm でそれぞれ 8.8, 4.8kg/m³であり、腐食発生限界塩化物イオン量を大幅に上回っているにも拘らず、鋼繊維は腐食を開始している状況は認められなかった。これに対して、深さ 10mm に埋設した鉄筋の自然電位は、試験開始 60 日後に卑変しており、腐食が開始している。このことから、コンクリート中の鋼繊維の耐食性は極めて高いと考えられる。

図-3 には、供試体③~⑥のモルタル極表層(深さ 2mm)における鋼繊維の自然電位の経時変化を示した。なお、図中の凡例内の()の値は、深さ 2mm と併せて埋設した鋼繊維のコンクリート表面からの深さである。鋼繊維間の距離が大きくなるにしたがって、深さ 2mm の鋼繊維の腐食開始が早まる傾向が認められており、鋼繊維間の距離が関係していると示唆される。

図-4 に供試体③~⑥の鉄筋(かぶり 25mm)自然電位の経時変化を示す。なお、図中の凡例内の()の値は、併せて混入した鋼繊維のコンクリート表面から深さである。同様の手法において鉄筋コンクリート中の鉄筋自然電位の計測を行った著者らの研究結果²⁾では、かぶり 25mm の場合、鉄筋自然電位の卑変は、水セメント比 65%, 55%でそれぞれ試験開始から 63 日, 100 日経過後であった。一方、本実験は水セメント比 60%のモルタル供試体であるが、自然電位の卑変が確認されたのは、試験開始から 150 日経過後であり、鋼繊維混入により鉄筋腐食の開始を遅らせることが可能であることを改めて確認した。また、通常の鉄筋コンクリートでは、腐食開始時の自然電位の卑変は 200mV 以上であり、卑変後も自然電位は緩やかに卑へと推移し、マクロセル腐食が進行している状況が認められている³⁾。これに対し、本実験における鉄筋の自然電位の卑変は 150~200mV であり、卑変後はほぼ横ばいとなっていることから、鋼繊維使用コンクリート中の鉄筋の腐食速度は、通常の鉄筋コンクリートに比べて小さくなるものと推察される。

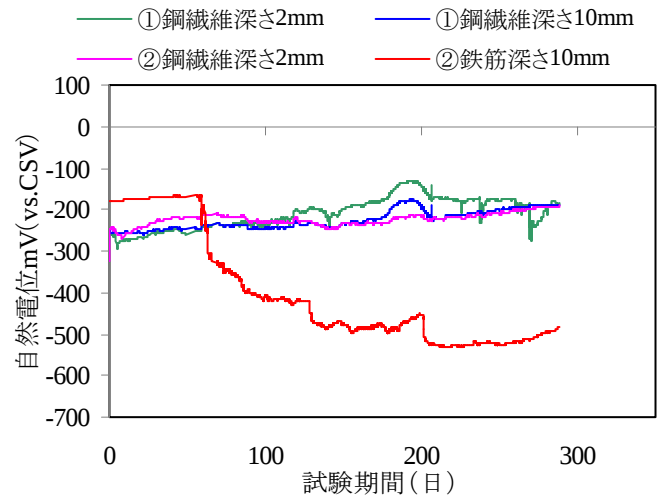


図-2 自然電位の経時変化(供試体①, ②)

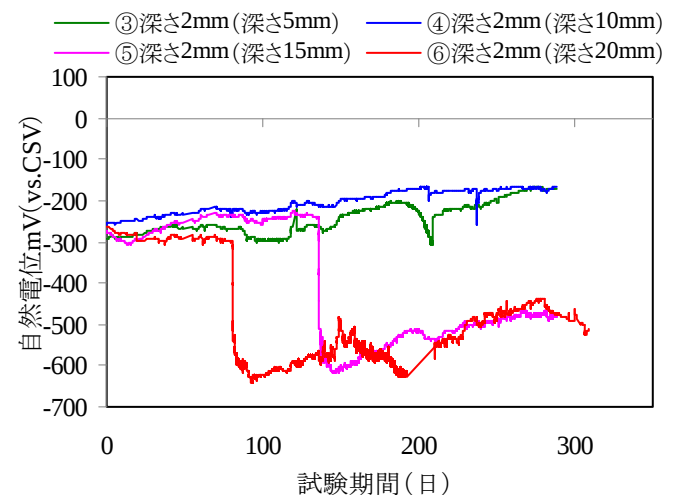


図-3 表層 2mm 位置における鋼繊維の自然電位の経時変化(供試体③~⑥)

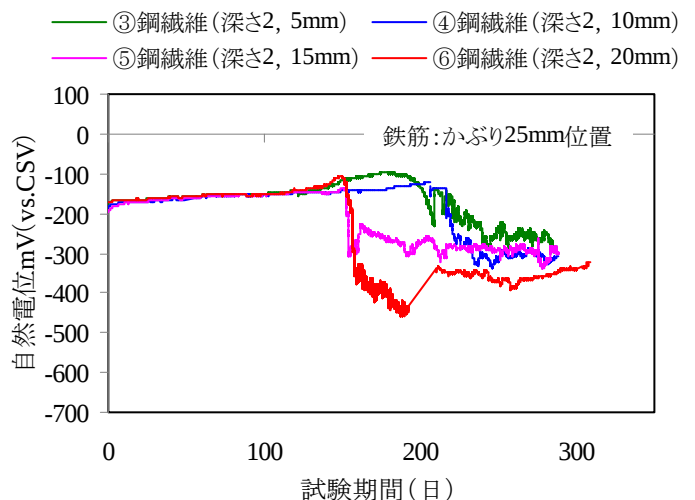


図-4 鉄筋自然電位の経時変化(供試体③~⑥)

参考文献: 1) 松元淳一, 丸屋剛: 鋼繊維を用いた鉄筋コンクリートの塩害環境における耐久性に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1013-1018, 2010.7 2) 堀口賢一, 丸屋剛, 武若耕司: 腐食発生限界塩化物イオン濃度に及ぼすコンクリート配合の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.1077-1082, 2007.7 3) 丸屋剛, 武田均, 堀口賢一, 小山哲: コンクリート中の鋼材のマクロセル腐食に関する再現実験と数値解析, 土木学会論文集 E, Vol.61, No.4, pp.500-514, 2008.10