

(V-18) 鋼繊維混入コンクリートの鉄筋腐食の防止に関する考察

足利工業大学工学部 正会員 ○黒井登起雄

足利工業大学大学院 学生員 中根 政範

足利工業大学工学部 正会員 松村 仁夫

1. まえがき

直流電流が作用した鉄筋コンクリート中の鉄筋が腐食し、またペーストが軟化によって強度低下することはよく知られている。これらの劣化防止として一般的に電流の流入・流出を抑制する方法が取られている。また、コンクリート中に鋼繊維などの金属材料を混入して電流の流入・流出回路が形成される方法も、鉄筋コンクリートの電食による劣化抑制方法として有効であることが確かめられた。モルタル中の鉄筋の電食試験結果によれば¹⁾、鋼繊維混入 ($V_f=1.0\sim2.0\%$) モルタル中の鉄筋のさび量は、鋼繊維無混入のときより著しく少なくなる。すなわち、鉄筋のさび速度を表す“電食係数”は、無混入の場合、 $\eta=0.012$ であるのに対して、混入した場合、 $\eta=0.0000\sim0.0043$ で、約65~100%も小さくなる。このような鉄筋のさび量の抑制現象は、鉄筋と鋼繊維が電氣的に接続状態にあることが前提になり、大部分の電流がモルタル中の鋼繊維を電導路にするために起こると考えられる。そこで、本研究では、鋼繊維混入コンクリート中の鉄筋の電食抑制のメカニズムを電気化学的に考察するとともに、乾湿環境におけるコンクリートの電気抵抗率の測定を基に、鋼繊維混入コンクリートの各種環境における鉄筋防食の有利点および問題点を考察した。

2. 鋼繊維混入コンクリートの電食抑制のメカニズム¹⁾

電気伝導は金属と電解質中でメカニズムが異なる。①金属の中では、電荷は陽イオンの結晶格子中で自由電子が動くことで移動する。②電解質の中では、電荷はイオン結晶の物質が水溶液中で陽イオンと陰イオンとに分かれ、これが動くことで移動する。鉄筋コンクリートの電食は、図-1(a)に示すように、電流が鉄筋(金属)からコンクリート(電解質)、またはこの逆に流れることに起因する。したがって、電食の抑制は、コンクリートに金属を混入して金属-金属の電導回路を形成することが有効である(図-1(b))。

3. 各種環境における鋼繊維混入コンクリートの有利点及び問題点

3.1 鋼繊維混入コンクリートの電気抵抗試験

(1) 実験方法 鋼繊維は、N社製の長さ10mmと20mmの2種類を使用した。配合は、W/C=0.40、0.50および0.60(スランプ=10±2 cm)のコンクリートとした。混入率は、主に $V_f=0.1.0$ および2.0%とした。供試体は、図-2に示すように、相対する面に真鍮板(厚さ2cm)を接着した一辺10cmの立方体の形状とし、材齢1年まで標準養生とした。その後は空気中(20±3℃、60%RH)に84日間放置した。電気抵抗率試験は、材齢28~365日に、交流電流(100mA、5kHz)を接続し、電極間の電圧測定で行った。気中乾燥後の試験も湿潤状態の場合と同様の方法で行った。乾燥後の材齢は1、3、7、14、28、56、70、84日とした。

(2) 湿潤状態における電気抵抗率 材齢1年における鋼繊維混入コンクリートの水セメント比毎の電気抵抗率と混入率との関係は図-3に示す。

鋼繊維混入コンクリートの電気抵抗率は同一条件における無混入の場合の値より著しく小さくなり、無混入のときの4800~5800Ω・cmに対し、10mmの繊維を2.0%混入した場合、1560~2550Ω・cm、また、20mmの場

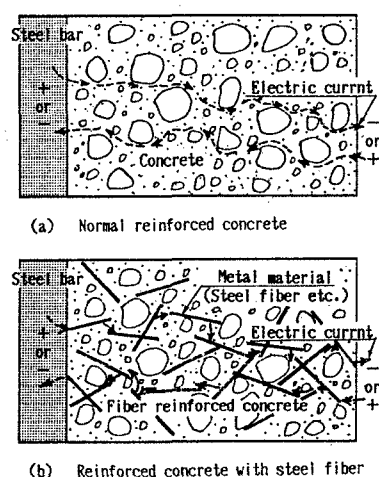


図1 コンクリートの電導回路

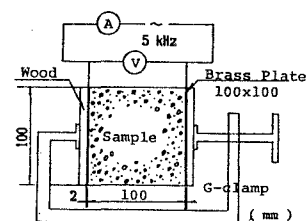


図2 電気抵抗率試験方法

合、 $720 \sim 1100 \Omega \cdot \text{cm}$ となる。このように、鋼繊維混入コンクリートの電気抵抗率は、無混入の場合の40% (10mm) および20% (20mm) で、鋼繊維混入の効果が著しい。

(3) 乾燥状態における電気抵抗率 材齢1年で気中乾燥したときの混入率毎の電気抵抗率と乾燥期間との関係の一例は図-4 (W/C=0.40) に示す。無混入コンクリートの電気抵抗率は、湿潤時の4700

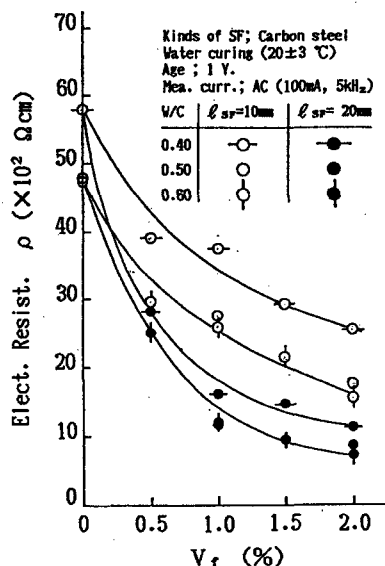


図3 鋼繊維コンクリートの電気抵抗率

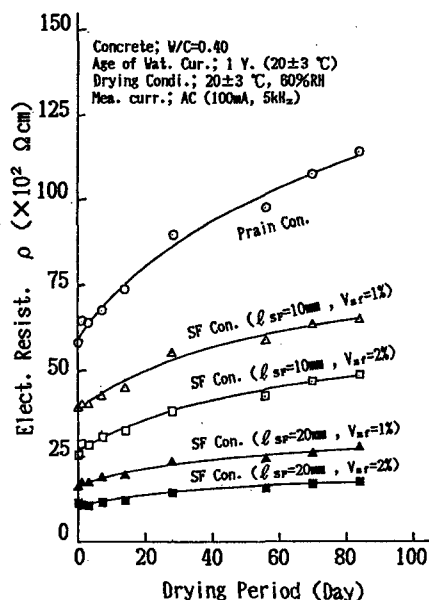


図4 気中乾燥後における鋼繊維コンクリートの電気抵抗率の変化

乾燥期間84日で 11300

～15700 $\Omega \cdot \text{cm}$ になり、著しく増加する。その増加は約5500～11000 $\Omega \cdot \text{cm}$ である。これに対して、鋼繊維混入の場合は、乾燥期間84日において1700～8800 $\Omega \cdot \text{cm}$ であり、乾燥に伴う電気抵抗率の増加は非常に小さく、580～6200 $\Omega \cdot \text{cm}$ である。とくに、20mmの場合、湿潤状態の電気抵抗率が 720～1130 $\Omega \cdot \text{cm}$ で、乾湿の差も 580～1400 $\Omega \cdot \text{cm}$ である。このように、鋼繊維混入コンクリートは乾燥しても電気抵抗率の増加が著しく小さく、電気抵抗率および乾湿による抵抗率の差ともに小さくなることが認められる。

3.2 鋼繊維混入コンクリートの利点および問題点

防食を目的とした繊維長10～20mmの鋼繊維混入コンクリートは、電導回路の形成による電気抵抗率の低下および乾燥に伴う電気抵抗率増加の抑制によって、以下のような有利点および問題点が考えられる。

(1) 海洋・海岸環境における鉄筋コンクリートの防食 鋼繊維混入コンクリートは、鉄筋-鋼繊維の電気的な導路の形成によって、鉄筋を起点としたマクロセルの形成とその維持が難しくなるため²⁾、海洋・海岸環境における防食にも効果的である。

(2) 鉄筋コンクリートの電気防食への応用 外部電源方式の電気防食（特に大気中の構造物）においては所要電圧の設定および陽極材の消耗や劣化が大きな問題となる。しかし、鋼繊維混入コンクリートでは、電気抵抗率および乾燥に伴う抵抗率の増加が小さいので、防食電流量を小さくできると同時に、乾湿に伴う所要電圧（電流）の変動幅が小さく、過防食の危険性を少なくできる等の優位性が期待できる。

(3) 鉄筋コンクリートの補修 腐食劣化した鉄筋コンクリートにおける吹付けによるかぶりの補修に鋼繊維混入コンクリートを用いれば、鉄筋の防食環境が作られることになり、効果的な補修が可能になる。

(4) 問題点 鋼繊維混入コンクリートは、鋼繊維 (Fe) よりもイオン化傾向の大きい塩化物イオン (K、Ca、Na) をコンクリート中に含む場合には、防食性能を損なったり、あるいは、コンクリート表面の鋼繊維がさびるなどの問題点がある。

〔参考文献〕 1) 黒井登起雄；電流作用を受ける鉄筋コンクリートの鋼繊維混入による劣化抑制機構、セメント・コンクリート論文集、No48, pp.654～659 (1994) 2) 小林、星野、辻；海洋環境下における鋼繊維補強コンクリートの鉄筋防食効果、土木学会論文集、No414/V-12, pp.195～203 (1990)