

鋼繊維補強コンクリートの防食機構

Mechanism of Corrosion Protection of Reinforcing Bars in Steel Fiber Reinforced Concrete

辻 恒 平*・星 野 富 夫*・小 林 一 輔*

Kohei TSUJI, Tomio HOSHINO and Kazusuke KOBAYASHI

1. は し が き

鋼繊維補強コンクリートは、鋼材に対して極めて厳しい腐食環境下である海洋飛沫帯においても大変優れた耐久性を示し、コンクリートマトリックス中の鋼繊維の腐食は表面部分に認められるだけであり、コンクリート内部においては全く腐食しないことが指摘されている^{1),2),3)}。さらに著者は、鋼繊維補強コンクリートが上記のような環境において、その内部の鉄筋を完全に防食することを確かめている⁴⁾。これまで、この原因としては、(1)鋼繊維が微小なひびわれを拘束するため、塩化物の浸透を阻止する。(2)鋼繊維補強コンクリートは一般に単位セメント量が多いので、多くの塩化物をフリーデル氏塩として固定する。(3)鋼繊維の混入によって生じた膨大な鋼の表面積の存在が腐食反応を制御する、などが考えられてきた。しかし、既に、著者らが確かめたように上記の(1)および(2)は本質的な要因ではなく、残された原因は(3)の電気化学的機構であると考えられる。そこで、本文はこのような観点から鋼繊維補強コンクリートの防食機構について考察を行ったものである。

2. 鋼繊維補強コンクリートによる防食機構

2.1 概要

鋼繊維による鉄筋の防食効果の内容としては、鋼繊維補強コンクリート中における鋼繊維自体の耐食性と内部鋼材の防食性能から成ると考えられる。Mangatら³⁾は無筋コンクリート供試体の1200日間暴露試験の結果、①鋼繊維自身の再不動態化、②鋼繊維のランダムな配向、および③小さいカソード/アノード面積比、を鋼繊維の耐食性の理由に挙げているが、鉄筋コンクリート複合体としての鋼繊維の位置づけを行ってはいない。したがって、彼らはコンクリート内部の鉄筋の防食機構に対しては言及していない。

ここでは複合体としての鋼繊維補強コンクリートの防

食性を論ずることとする。すなわち、上述の鋼繊維自体の耐食性と鉄筋の防食性を表裏一体のものとして取り扱うことにし、次の2つの機構によって説明することにする。

2.2 鋼繊維の腐食による防食効果

5年間海洋飛沫帯に暴露された供試体の表面には鋼繊維の腐食による錆が全面にわたって観察されたが(写真-1)、供試体の破断面の観察により鋼繊維の腐食は約1mm以内の表層部分に限定されていることがわかった(写真-2)。供試体にひびわれの入っていない場合、内部の鉄筋は健全であることはもちろん、ひびわれが入って

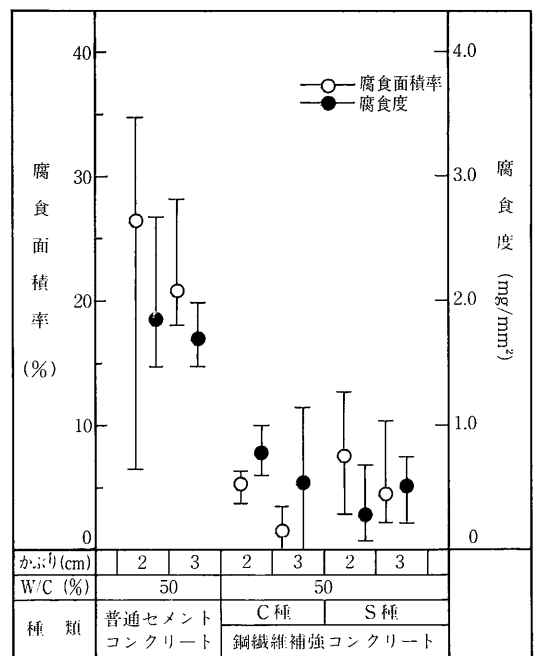


図-1 コンクリート中の鉄筋の腐食面積率と腐食度 (暴露5年)

*東京大学生産技術研究所 第5部

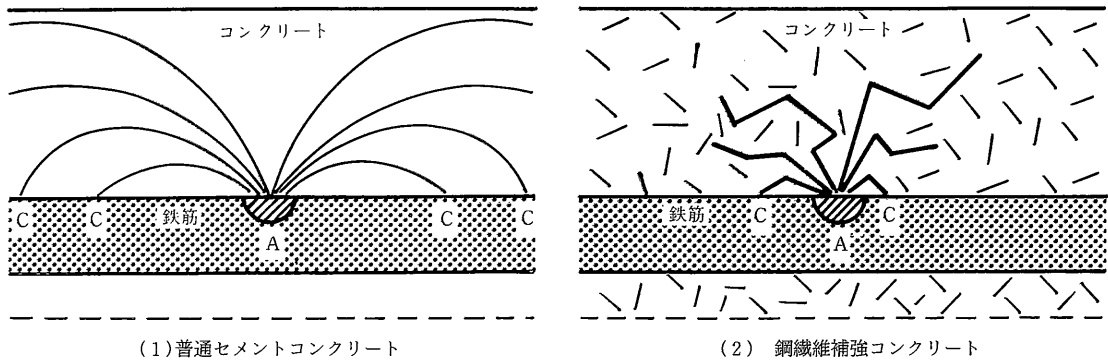


図-2 鉄筋腐食電流の流れ (A: アノード, C: カソード)

いる場所においてもその腐食の程度は、図-1に示されるとおり、同じ水セメント比 ($W/C=50\%$) の普通コンクリート供試体に較べて、たかだか1/5程度である。

この結果より、表層部に存在する鋼繊維が犠牲アノードとして働き、それ自身が腐食してしまうために、外部環境より侵入した塩素イオンや酸素は表層部で捕捉され、消費されてしまうことが考えられる。すなわち、この仮説は鋼繊維自体が外部からの腐食要因を表面層でシールドするという考え方に立つものである。したがって、中心部にある鉄筋の位置では腐食に必要な塩素イオン、酸素濃度の条件が満足されなくなる。特に、鋼繊維は比表面積が大であるためその効果は無視できないと思われる。この塩素イオンの分布はEPMAによる面分析の測定結果からも確認されている。

さらに、この考えを支持するものとして、つぎの結果が観察された。

①鋼繊維の代わりに還元鉄粉を外割りで4.5%混入した供試体においても鉄筋の腐食度は小さな値を示すとともに、鉄粉の腐食はコンクリートの表層部から約1mm程度の深さまでに認められただけであった(写真-3)。

②ステンレス鋼の繊維を混入した供試体の鉄筋の腐食度は普通鋼の繊維を混入した供試体のそれに比較して大きいことが測定された⁹⁾。これはステンレス鋼が腐食されにくく、それ自身が犠牲アノードになり難いため鉄筋の防食効果が減少したためと考えられる。

2.3 コンクリートに分散した鋼繊維による鉄筋のマクロセル腐食の抑制

鉄筋の観察によれば、暴露開始時に導入したコンクリート梁のひびわれ部分を中心に腐食は発生しているものの腐食度は比較用の普通コンクリートに較べて小さく、鉄筋表面上に点錆が寄り集まった程度の軽微な腐食形態であった。コンクリート中の鉄筋の腐食は酸素の拡散律

速によるカソード支配であると考えられるが、腐食反応速度を増大させるにはアノードに較べ十分大きなカソード面積が必要とされる。鋼繊維補強コンクリートの場合、ひびわれ部の鉄筋上にアノードとなるべき起点が生じて、カソード・アノード間に流れる電流の流束がランダムに配向された鋼繊維により妨げられることが予想される。このことは、鋼繊維補強コンクリート供試体の表面に接触させた照合電極と、内部の鉄筋との間で測定される自然電位が非常に不安定であることから裏づけられる。図-2に示すように腐食電流の流束が鋼繊維により乱されると鉄筋上のカソード面積が限定されてしまい、マクロセルの形成や、その維持が行われにくくなり、腐食反応が抑制されるものと考えられる。換言すれば、鋼繊維の空間分布が鉄筋の腐食速度を支配すると言える。

3. む す び

冒頭に述べたように、従来の鋼繊維だけに着目した耐食性の議論にとどまらず、ここでは鋼繊維補強コンクリートを鉄筋の防食材料として位置づけ、複合体としての鋼繊維補強コンクリートの防食機構について論じたものである。(1989年7月21日受理)

参 考 文 献

- 1) D.J. Hannant and J. Edgington: Rilem Symposium on fibre reinforced cement and concrete, Construction Press, Lancaster, 1, 159 (1975)
- 2) 西, 大塩, 曾根: 小野田研究報告, Vol. 30, No. 100 (1978)
- 3) P. S. Mangat and Kribanandan Gurusamy: Cement and Concrete Research, Vol. 18 (1988), pp. 44
- 4) 小林, 星野: 生産研究, 39 (1987), 432
- 5) 小林, 星野, 辻: 生産研究, 41 (1989), 883



写真-1 鋼繊維補強コンクリートの外観(暴露5年)



写真-2 鋼繊維補強コンクリート中の鋼繊維の腐食状態(暴露5年)



写真-3 鉄粉混入コンクリートの外観(暴露4年)