

(V-28) 導電性を高めたコンクリートの電気分解抑制効果について

足利工業大学工学部 学 生 ○池田 誠  
足利工業大学工学部 正会員 黒井登起雄  
足利工業大学工学部 正会員 松村 仁夫

1. まえがき

鉄筋コンクリートに直流電流が作用したとき、鉄筋の腐食およびペーストの軟化による鉄筋との附着強度の低下が起こることはよく知られている。このような劣化防止には、電流の流入および流出を抑制する方法が考えられ、また、効果も期待できる。一方、鋼繊維補強した鉄筋コンクリートの海洋曝露実験の結果によれば、コンクリート中の鋼繊維は表面部分の数mm程度腐食するが、鉄筋の腐食は生じないとの報告もあり、本研究では、このような鋼繊維などを混入して導電性を高めた鉄筋コンクリートの電気分解による劣化抑制メカニズムを電気化学的に検討するとともに、実験によって確かめた。

2. 電気分解抑制のメカニズム

導体や電解質溶液を『電荷』が移動することを一般に電流と云い、その流れる向きは、『正の電荷』の移動する向きで表される。鉄筋コンクリートの電気分解は、鉄筋からコンクリート、またはコンクリートから鉄筋に電流が流れるからであり(図 1-a)、電気伝導のメカニズムが金属(鉄筋)と電解質溶液(コンクリート)中とで異なることによって起こる。すなわち、導体である金属は、金属元素の原子が規則正しく集合したものであり、この中を『電荷』が移動すると云うのは、陽イオンの結晶格子中を自由電子が移動することを指している。

これに対して、電解質中では、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、このイオンの移動が電流となるのである。したがって、鉄筋コンクリートの電気分解を抑制(または防止)するためには、『電荷』の移動を抑制する方法が有効であるが、コンクリート中に導体(鋼繊維など)を混入して、鉄筋(導体)に流入させるか、または鉄筋から流出する電流をコンクリート中の導体を通して流出させる方法も有効な方法となる(図 1-b)。

3. 実験の概要

3.1 使用材料及び配合 鋼繊維は、N社製の繊維長10mmおよび20mm(0.5×0.5mm)のものを使用した。鉄筋は、直径19mmのみが丸棒鋼を用いた。セメントは、普通ポルトランドセメント(比重;3.16)を、細骨材は、鬼怒川産の川砂および同産の川砂利(最大寸法15mm)を用いた。

配合は、表 1に示すように、W/C=0.40,0.45,0.50および0.60(スランプ= 10±2 cm)の鋼繊維を混入したコンクリートを基本とした。鋼繊維混入率 $V_f$ は、0, 1.0 および2.0 %を主にし、一部で 0.5および1.5%も行った。電食試験の供試体の配合は、コンクリートの配

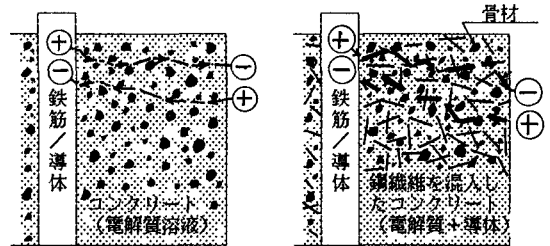


図 1-a 鉄筋コンクリート中の電流回路の概念図 図 1-b 導体(金属材料)を混入した鉄筋コンクリート中の電流回路の概念図

表 1 コンクリートの配合及びスランプ値

最大寸法: 15mm、スランプの範囲: 10±2 cm

| 鋼繊維の種類 <sup>*)</sup><br>繊維長<br>(mm) | 繊維長<br>の割合<br>(%) | 繊維混<br>入率<br>(%) | 水比<br>の割合<br>(%) | 細骨<br>材率<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |      | スランプ<br>(cm) |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------------|-----|-----|------|------|--------------|
|                                     |                   |                  |                  |                 | SF                         | W   | C   | S    | G    |              |
| ----                                | ----              | 40               | 47               | --              | 199                        | 497 | 753 | 823  | 861  | 10.0         |
| ----                                | ----              | 50               | 49               | --              | 185                        | 370 | 854 | 861  | 861  | 8.1          |
| ----                                | ----              | 60               | 50               | --              | 196                        | 327 | 892 | 831  | 831  | 9.0          |
| 10                                  | 20                | 0.5              | 40               | 34              | 39                         | 215 | 536 | 518  | 961  | 10.3         |
|                                     |                   | 1.0              | "                | 52              | 79                         | 221 | 553 | 763  | 682  | 10.3         |
|                                     |                   | 1.5              | "                | 54              | 118                        | 232 | 580 | 761  | 621  | 12.0         |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 64              | 157                        | 252 | 630 | 834  | 449  | 10.3         |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 66              | 157                        | 227 | 454 | 998  | 492  | 10.3         |
|                                     | 40                | 0.5              | 60               | 38              | 39                         | 187 | 312 | 676  | 1055 | 10.8         |
|                                     |                   | 1.0              | "                | 48              | 79                         | 194 | 323 | 834  | 864  | 8.0          |
|                                     |                   | 1.5              | "                | 58              | 118                        | 212 | 353 | 956  | 663  | 12.0         |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 68              | 157                        | 214 | 357 | 1106 | 497  | 9.2          |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 72              | 157                        | 235 | 470 | 1060 | 399  | 8.0          |
| 20                                  | 40                | 0.5              | 40               | 40              | 39                         | 221 | 553 | 596  | 855  | 9.0          |
|                                     |                   | 1.0              | "                | 50              | 79                         | 257 | 643 | 650  | 830  | 11.8         |
|                                     |                   | 1.5              | "                | 60              | 118                        | 223 | 558 | 866  | 560  | 8.0          |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 70              | 157                        | 242 | 605 | 944  | 390  | 9.0          |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 72              | 157                        | 235 | 470 | 1060 | 399  | 8.0          |
|                                     | 60                | 0.5              | 60               | 44              | 39                         | 203 | 338 | 749  | 923  | 8.0          |
|                                     |                   | 1.0              | "                | 54              | 79                         | 220 | 367 | 875  | 823  | 8.3          |
|                                     |                   | 1.5              | "                | 64              | 118                        | 230 | 383 | 1003 | 547  | 10.0         |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 64              | 157                        | 228 | 380 | 1001 | 546  | 8.8          |
|                                     |                   | 2.0              | "                | 64              | 157                        | 228 | 380 | 1001 | 546  | 8.8          |

<sup>\*)</sup> 普通鋼 (丸棒型) 《日鐵建材工業株式会社、0.5×0.5mm》  
セメント (比重: 3.16)、細骨材 (比重: 2.59)、粗骨材 (比重: 2.51)

合を参考にしたモルタル ( $W/C=0.40$ および $0.60$ ) を用いた。

**3.2 実験方法** 実験は、以下に示す2つのシリーズに分けて行った。

(1) 鋼繊維を混入したコンクリートの電気抵抗率試験；供試体の形状寸法は、相対する面に真鍮板を接着した一辺が10cmの立方体形状のコンクリートとした。試験は、相対する面の真鍮板（電極）を介して交流電流（100mA, 5kHz）を接続し、電極間の電圧を測る方法で行った。

(2) 電食試験；供試体は、一辺が15cm、高さ10cmの角柱状モルタルに、中心高さ方向に鉄筋を埋設する形状とした。試験は、材齢28日に水道水中で、鉄筋を陽極に接続して行った。電流は、40, 20および5mA（電流密度が0.90, 0.45, 0.11mA/cm<sup>2</sup>）のそれぞれ一定の直流とした。各供試体は、試験後に鉄筋のさび量の測定および鋼繊維のさび状況の観察を行った。圧縮強度試験は、材齢28日にJIS A 1108に従って行った。

#### 4. 実験結果及び考察

**4.1 電気抵抗率および力学的性質** (1) 電気抵抗率；鋼繊維を混入したコンクリートの材齢28日および90日における電気抵抗率と繊維混入率との関係は図3（材齢90日）に示す。繊維長10mmおよび20mmを用いた場合にも、湿潤状態におけるコンクリートの電気抵抗率は、同一条件におけるプレーンコンクリートより著しく小さくなり、プレーンコンクリートの値が材齢90日で $5600 \sim 7100 \Omega \cdot \text{cm}$ （材齢28日で $4500 \sim 5600 \Omega \cdot \text{cm}$ ）であるのに対して、長さ10mmの鋼繊維を2.0%混入した場合、 $2200 \sim 3200 \Omega \cdot \text{cm}$ で、約  $1/2 \sim 1/2.5$ ，20mmの鋼繊維の場合、 $780 \sim 1200 \Omega \cdot \text{cm}$ で、約  $1/6 \sim 1/7$  になる。繊維混入コンクリートの電気抵抗率は、繊維長および混入率の影響をかなり受け、繊維長10mmの場合、混入率0.5%から2.0%までほぼ直線的に低下する。また、繊維長20mmの場合は、 $V_f=1.0\%$ 程度まで電気抵抗率の低下が特に著しいが、それ以上は低下が緩やかになり、 $V_f=2.0\%$ までほぼ直線的に低下する。なお、電気抵抗率の測定は、材齢1年まで継続する予定である。

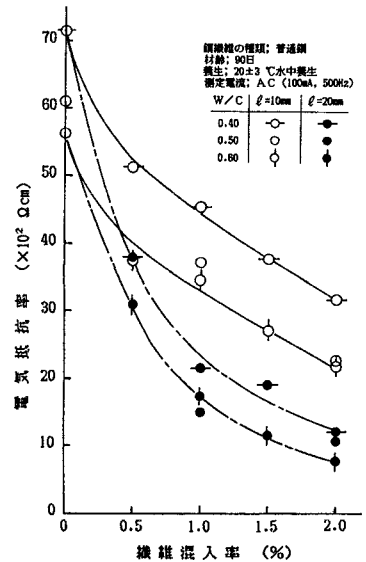


図3 コンクリートの電気抵抗率

(2) 強度及び弾性係数；鋼繊維を混入したコンクリートの材齢28日における圧縮強度および弾性係数を調べた結果は、図4および図5に示す。図4より、圧縮強度は、繊維長20mmの場合にプレーンコンクリートより約10~60%増加する。 $W/C=0.40$ , 0.50, 0.60の順に強度の増加率は、大きくなる傾向にある。10mmの鋼繊維の場合は、長さが短くなるために、強度増加はほとんど期待できないようである。 $W/C=50\%$ 以上の場合、 $V_f=1.5\%$ 以上になると、逆に強度低下の傾向もみうけられる。弾性係数も圧縮強度とほぼ同じであるが、 $V_f=1.5\%$ 以上になると、弾性係数が若干低下する傾向がある。

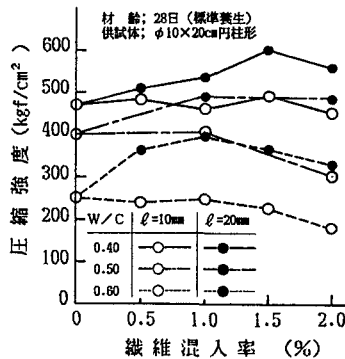


図4 コンクリートの圧縮強度

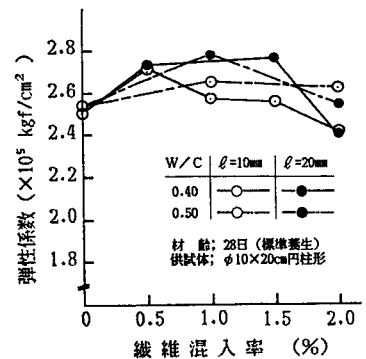


図5 コンクリートの弾性係数

**4.2 鉄筋のさび量** 繊維長30mmとしたときのモルタル中の鉄筋の電食係数 $\eta$ は、約54~67%も小さくなる（電流密度1.79mA/cm<sup>2</sup>）<sup>1)</sup>。しかし、10mmおよび20mmの鋼繊維を混入したモルタル中の鉄筋の電食によるさび量の測定は、電食試験を現在実施中であり、発表当日報告する。

参考文献；1)黒井，原澤；導電性を高めたコンクリートの電流作用による諸特性，コンクリート論文集，No47, 1993