

京都大学   学生員○浪江   雅幸      正会員   小林孝一      正会員   服部篤史  
フェロー会員   宮川豊章

1 はじめに    近年コンクリート構造物の早期劣化問題が顕在化し、その耐久性が大きな問題とされている。コンクリート構造物の劣化により耐荷力の低下が生じ補修・補強を行う際には、劣化に対する正しい理解が必要であり、それらを踏まえた上での補修・補強に至るまでの維持管理が極めて重要である。本研究では、補修による2種類のコンクリートの打継部で形成されるマクロセル腐食に着目し、高炉スラグ微粉末およびその他の混和材(珪灰: RHA)がコンクリート中の鉄筋の不動態被膜に与える影響と、マクロセル腐食の発生機構やその後の腐食速度などについて、電気化学的手法を用いて調査・検討を行うことを目的とした。

2 実験概要

2.1 要因      供試体は、図1に示すように長さ12.5cmの鉄筋(D10)を4本、かぶり2cmとして配筋した10×10×40cmの角柱供試体とした。要因を表1に示す。コンクリートは「普通」「スラグ」「RHA」の3種類とした。配合「普通」は結合材として普通ポルトランドセメントのみを用い、配合「スラグ」は配合「普通」のセメントの約38%(重量比)を高炉スラグ微粉末に置換し、配合「RHA」は配合「普通」のセメントの約10%(重量比)を珪灰で置換したものである。コンクリートの示方配合を表2に示す。また供試体名の例としてS-N(S)は「スラグ」、「普通」による打継供試体のスラグ側を表す。

2.2 測定項目    矩形波法(1mA、0.8kHz・0.1Hz)で自然電位、分極抵抗、コンクリート抵抗を、無抵抗電流計で図1の1-2間および3-4間に流れるマクロセル電流量を測定した。またリード線を結合した状態から離し、0、1、5、

30、60分経ったときのマクロセル電流量も無抵抗電流計で測定した。

3 実験結果および考察    材令63日までの供試体の自然電位、腐食速度指標の経時変化を図2～3に示す。すべての供試体について時間経過

とともに自然電位は貴変している。Sは常に腐食領域だが、S-N(S)は不確定領域と大きく貴変している。これは、貴なN中の鉄筋と結合された際、両者の自然電位が近づいたためと思われる。腐食速度指標については、S-N(S)とS-N(N)中の鉄筋の自然電位は、既に述べたようにほぼ同じ値となった。しかし、それぞれの腐食速度指標の間には大きな差があるため、両者間でマクロセル電流が流れ、マクロセル腐食が生じている

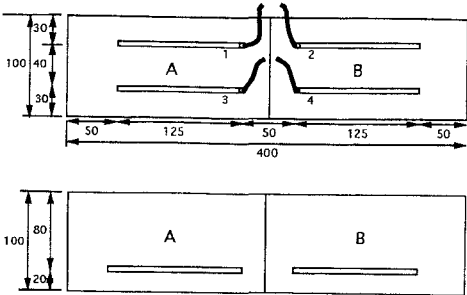


図1 供試体概略図

表1 実験要因

| 供試体 | A   | B   | 打継 | 環境                              |
|-----|-----|-----|----|---------------------------------|
| N   | 普通  | 普通  | なし | 材令 28 日まで標準水中養生、その後は鉄筋位置まで水中に浸漬 |
| S   | スラグ | スラグ |    |                                 |
| R   | RHA | RHA |    |                                 |
| N-N | 普通  | 普通  | あり |                                 |
| S-N | スラグ | 普通  |    |                                 |
| R-N | RHA | 普通  |    |                                 |

表2 示方配合

| 種類  | W/B | F/B  | s/a  | Air | 単位量(kg/m³) |     |     |     |     | AE<br>減水剤*1 | AE<br>助剤*2 |
|-----|-----|------|------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-------------|------------|
|     |     |      |      |     | W          | C   | F   | S   | G   |             |            |
|     | (%) | (%)  | (%)  | (%) |            |     |     |     |     | (C+F)×%     | (C+F)×%    |
| 普通  | 40  | 0.0  | 49.7 | 4.0 | 185        | 457 | 0   | 812 | 822 | 0.25        | 0.6        |
| スラグ | 40  | 37.9 | 49.3 | 4.0 | 185        | 284 | 173 | 800 | 822 | 0.25        | 0.6        |
| RHA | 40  | 10.1 | 49.2 | 4.0 | 185        | 411 | 46  | 795 | 822 | 1.0         | 0.6        |

\*1 AE 減水剤を普通とスラグに、高性能 AE 減水剤を RHA に使用  
\*2 AE 助剤は普通とスラグに 303A を、RHA には 775S を使用

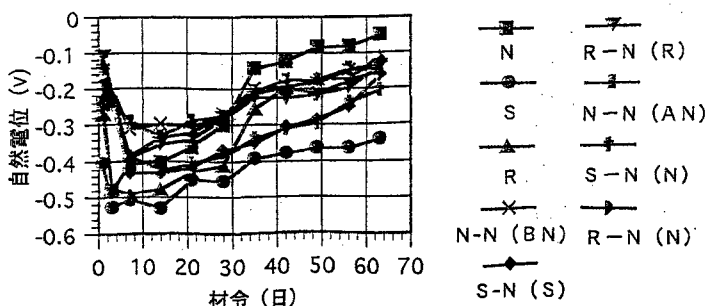


図2 自然電位経時変化

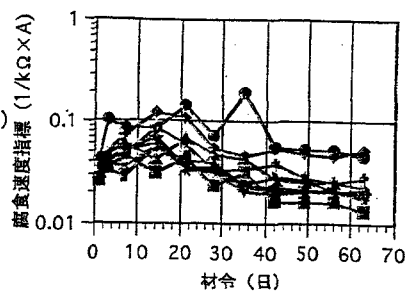


図3 腐食速度指標経時変化

可能性がある。図4にマクロセル電流量の経時変化を示す。NとR中の鉄筋間に流れるマクロセル電流量は材令14日後には、ほぼ0に落ちつく傾向にあるが、S中のそれは材令63日を経ても絶対値が大きくなお不安定である。打継供試体についてみると、N-N、R-Nは収束方向にあるが、S-N中の鉄筋間のマクロセル電流量は大きな値を示す。図5にリード線分断後の経過時間とマクロセル電流量の関係を示すが、これからもSの起電力の大きさがわかる。材令63日での腐食速度指標と電流量の関係を図6に示す。ここで腐食速度を求めるため、定数K値を設定する必要がある。原理的にはアノード、カソード両分極曲線のターフェル勾配を測定すれば得られるが、コンクリート中の鉄筋では正確な分極曲線の決定は困難なことからK値は分極抵抗値と腐食電流量の関係から実験的に求めることが多い。ここで両者の関係からK値を求めるとアノード部でおよそ $K=0.02(\text{V})$ 程度となった。しかし、ここではN-N、S-N、R-Nすべての供試体から得られた結果からK値を得たが、配合によりK値が異なる可能性もあり、今後さらに検討を行う必要があるものと考えられる。

4 まとめ 今回の自然電位-腐食速度指数のモニタリングでは、スラグ>RHA>普通の順で腐食しやすいという結果を得た。打継供試体の場合、貴な鉄筋と卑な鉄筋が結合すると自然電位はその影響を大きく受けるので、自然電位による腐食判定は困難である。併せて、腐食速度指数などを考慮にいれて判定する必要がある。マクロセル電流は、スラグが最も流れやすい。これは、スラグ-普通間の起電力の大きさによるものと思われる。アノード部のK値はおよそ0.02と得られたが、配合が異なれば、K値も異なる可能性もある。また、カソード部に相当する打継供試体の打継部では、さらに大きな傾きとなった。

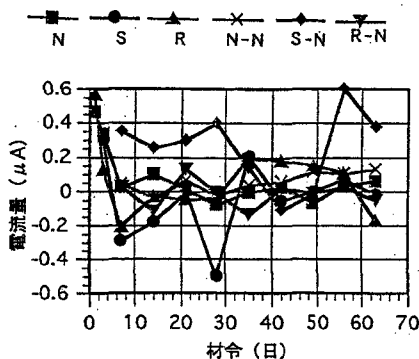


図4 電流量経時変化

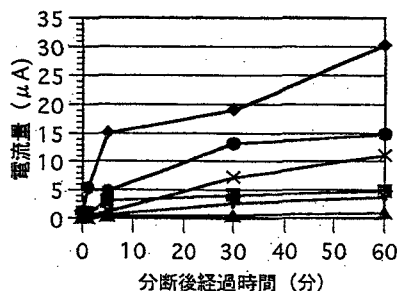


図5 分断後の経過時間と電流量の関係

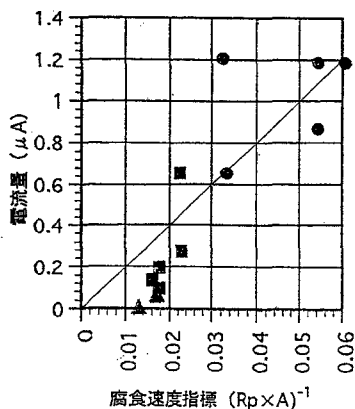


図6 腐食速度指標と電流量の関係