

## 塩害による鉄筋腐食に及ぼす施工要因の影響

大成建設土木技術研究所 正会員 武田 均  
 大成建設土木技術研究所 正会員 Ahmet GOKCE  
 大成建設土木技術研究所 正会員 丸屋 剛

## 1. はじめに

コンクリート中の鋼材の腐食による構造物の劣化を考える時、鋼材におけるマクロセルの形成が腐食を促進させる要因の一つになっている。マクロセルの形成に及ぼす要因としては、塩化物イオンの存在や pH の低下による不動態被膜の破壊や、ひび割れの有無などが挙げられるが、これらに影響を及ぼす定量的な検討は不十分であると考えられる。本報告では、コンクリート打設の際の振動締固めによる材料分離がマクロセル腐食の形成に及ぼす影響について自然電位分布から検討した。

## 2. 実験概要

図-1 に試験体の形状および自然電位の測定方法の概要を示す。また、表-1 および表-2 に使用材料と配合をそれぞれ示す。コンクリートは、振動締固めによる材料分離を模擬するために縦方向に、突き棒およびハンマリングにより打設した後、高周波バイブレータによって 30 秒の締固めを行った。締固め 30 秒によって、上下方向に材料の不均一な試験体を製作した。すなわち、スランプ 12cm の普通コンクリート(W/C=50%, 60%), 最も材料分離抵抗性が良好で振動締固め不要であり、本実験においても締固めを行なわなかった自己充填コンクリート、単位量は自己充填コンクリートと同じであるが、混和剤の使用量を減らし、バイブレータによって締固める必要のある高流動/スランプの 3 つの区分、4 種の配合を設定した。製作した試験体は、材齢 28 日まで水中養生し、図-1 (下) に示した配置において 4 側面を樹脂被覆材料によってコーティングし、物質移動方向を上下部の 1 次元に限定した。その後、材齢 2 ヶ月で自然海洋環境の飛沫帯に暴露した。暴露期間は 12 ヶ月および 19 ヶ月で自然電位分布の測定を行った。

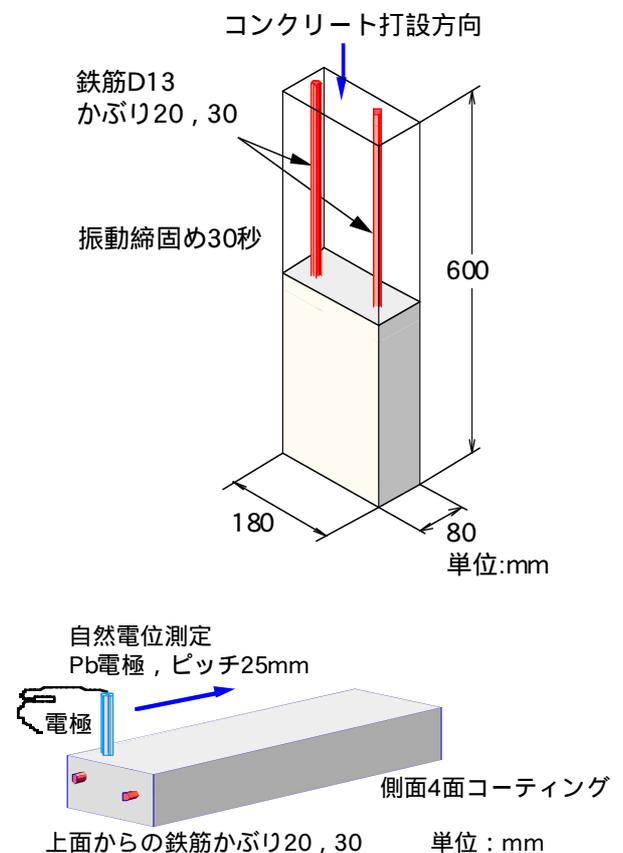


図-1 試験体および測定方法の概要

表-1 使用材料

| 材料   | 仕様                   |
|------|----------------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント, 密度3.16 |
| 混和材  | 石灰石微粉末, 密度2.70       |
| 細骨材  | 山砂, 密度2.65, 吸水率2.25  |
| 粗骨材  | 碎石, 密度2.67, 吸水率0.79  |
| 増粘剤  | 水不溶性ポリマ-( -1.3グルカン)  |
| 混和剤  | 普通コン用: AE減水剤標準形      |
|      | 自己充填コン用: 高性能AE減水剤標準形 |

表-2 配合

| 記号 | 区分           | Gmax<br>mm | スラブ<br>(70-)/cm | 空気量<br>% | W/C<br>% | s/a<br>% | 単位量/kg/m <sup>3</sup> |      |     |     |      |     |       |
|----|--------------|------------|-----------------|----------|----------|----------|-----------------------|------|-----|-----|------|-----|-------|
|    |              |            |                 |          |          |          | 水                     | セメント | 混和材 | 細骨材 | 粗骨材  | 増粘剤 | 混和剤   |
| 16 | 普通           | 20         | 12              | 4.5      | 50       | 46.0     | 159                   | 318  | -   | 676 | 1002 | -   | 1.272 |
| 18 | 普通           | 20         | 12              | 4.5      | 60       | 46.7     | 164                   | 274  | -   | 869 | 1002 | -   | 0.493 |
| 12 | 自己充填         | 20         | (65)            | 4.5      | 50       | 45.9     | 160                   | 320  | 167 | 851 | 828  | 0.5 | 8.766 |
| 14 | 自己充填<br>/スラブ | 20         | 12              | 4.5      | 50       | 46.2     | 160                   | 320  | 167 | 851 | 828  | 0.5 | 4.870 |

キーワード : 腐食, マクロセル, 自然電位, モニタリング, 施工, 締固め, 材料分離  
 連絡先 : 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7228

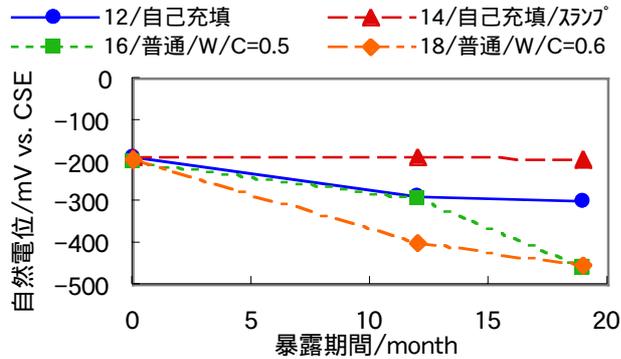


図-2 自然電位の経時変化（かぶり 20mm）

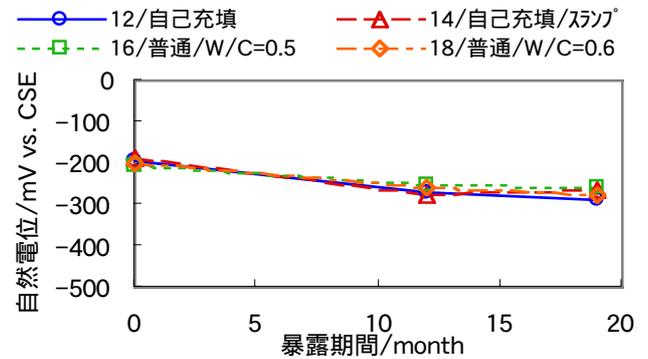


図-3 自然電位の経時変化（かぶり 30mm）

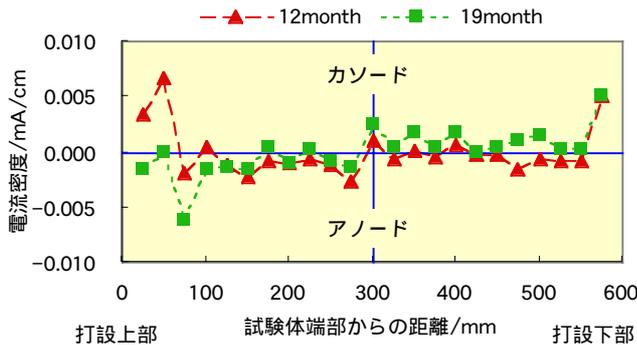


図-4 電流密度分布 No.16(普通コン W/C=0.5)

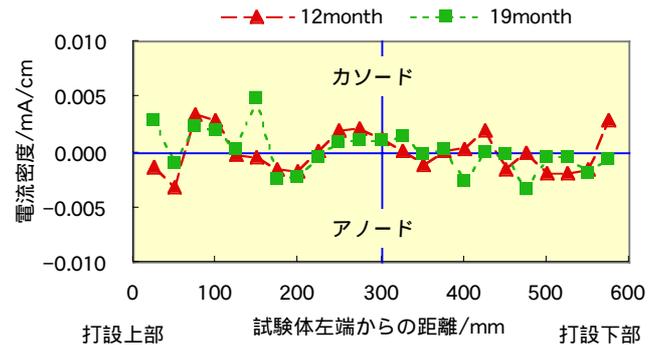


図-5 電流密度分布 No.18(普通コン W/C=0.6)

### 3. 実験結果および考察

図-2 および図-3 に、かぶり 20mm およびかぶり 30mm の鉄筋の端部から 225mm の位置の自然電位の経時変化を示した。かぶり 20mm の鉄筋の自然電位は、12 ヶ月および 19 ヶ月では、配合毎に異なった傾向を示しており、高流動の配合である No.12 と No.14 では、19 ヶ月まであまり変化していないが、普通コンクリートである No.16 と No.18 では 12 ヶ月および 19 ヶ月で -400mV および -500mV まで電位が下がっており、12 ヶ月以降腐食傾向を示していると考えられる。一方、かぶり 30mm の場合には、各配合間の違いはほとんどなく腐食傾向は示していないと判断される。このことから、材料分離抵抗性の大きい配合では、マクロセル腐食の発生が抑制されている。図-4 および図-5 には、自然電位が低下していた No.16 および No.18 の 12 ヶ月経過時および 19 ヶ月経過時の自然電位分布から求めた電流密度の分布<sup>1),2)</sup>を示した。図では、端部 0mm の位置が打設時の試験体最上部を示しており、図の左側ほど材料分離の影響が大きいと考えられる。普通コン W/C=0.5 の場合には、図-4 に示した 12 ヶ月および 19 ヶ月の電流密度の分布から、19 ヶ月経過時（ ）には、概ね試験体端部からの距離 0~300mm の範囲がアノード、300~600mm の範囲がカソードになっていると考えられる。一方、W/C=0.6 の場合には、12 ヶ月以降電流密度分布はあまり変化していないと考えられ、0~300mm の範囲では、アノード部とカソード部に比較的明確に分離しており、300~600mm の範囲では、アノードおよびカソードの区分が明確になっていない傾向であった。

### 4. まとめ

振動締固めを過剰に行い材料分離傾向が大きい場合には、比較的貧配合となる試験体上部が早期にアノード傾向となるマクロセルを形成し、材料分離抵抗性が大きい場合には、マクロセルの形成が抑制されることが明らかになった。今後、本実験を継続しさらに長期間のモニタリングを継続するとともに、配合や養生、施工条件がマクロセル腐食に及ぼす影響を定量的に明らかにしていく予定である。

### 参考文献

- 1) 小山他, 自然電位を用いた鉄筋腐食状態の推定手法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 No.550/V-33, 13-22, 1996.11
- 2) Kai-Lin HSU, Hitoshi TAKEDA, Tsuyoshi MARUYA: Numerical simulation on corrosion of steel in concrete structures under chloride attack, J. Materials, Conc. Struct., Pavements, JSCE, No.655/V-48, pp.143-157, 2000.8