

京都大学工学部 正員 川柳 浩  
京都大学工学部 正員 〇宮川 豊章

## 1. まえがき

第三次国連海洋法会議にも象徴されるように、海洋に対する人間の位置は、今また、10の紀元を画きようとしている。このように、海洋新時代の課題の1つとして、コンクリート海洋構造物における、鋼材の腐食問題が存在する。しかし、コンクリート中における鋼材腐食研究は、長期尚を必要とするためにもより、体系的に取り扱われた例は非常に少ない。本研究における塩分環境とは、海洋、あるいは海水を意味し、コンクリート中における、鋼材腐食問題の、基礎的課題として、モルタル中の腐蝕問題を、取り扱ったものである。

## 2. 実験概要

腐食現象において重要な問題点は、次のようにあげることができる。まず、モルタル中において進行していると考えられる、電気化学的腐食反応のカソード反応に直接必要とされる、モルタル中への侵入、鉄筋位置までの拡散。また、腐食度を上昇させる要因となる、中性化を促進するものとしての、 $\text{CO}_2$ の侵入・拡散。さらに、乳食を発生させるものとしての、塩分の存在。以上の3点である。空气中に、酸素と $\text{CO}_2$ が共存することを考慮すれば、主要な問題点は、空気の侵入・拡散と、塩分の存在の2点となる。

供試体は、 $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ 角柱とした。セメントは、普通ポルトランドセメントを用い、鉄筋のかぶり厚さを任意にするために、モルタル中に埋入する鉄球(のZ<sup>2</sup>, ねずみ鉄)と細鋼材(野州川産川砂, FM = 297)との重量比を1:1とし、水道水と練り混ぜ水として用いて求めたフロー値が、19515となるように配合を決定した。(表-1)

表-1 配合重量比

| 略称   | W/C  | C | W    | Sa   | St   |
|------|------|---|------|------|------|
| 1    | 0.40 | 1 | 0.40 | 1.56 | 1.56 |
| 2(C) | 0.50 | 1 | 0.50 | 2.00 | 2.00 |
| 3    | 0.60 | 1 | 0.60 | 2.42 | 2.42 |
| 4    | 0.70 | 1 | 0.70 | 2.71 | 2.71 |

(配合Cは、高炉スラグを大量に含んだセメントを用いたもの) さらに上記2種の問題点を考慮して、(表-2)に示すように要因を変化させ、供試体は、水セメント比、練り混ぜ水、環境条件のそれぞれ3つの番号を用いて、 $\alpha-\beta-\gamma$ の形式で表わされる。

表-2 要因

| 要 因    | 1    | 2                         | 3                                               | 4    |
|--------|------|---------------------------|-------------------------------------------------|------|
| 水セメント比 | 0.40 | 0.50                      | 0.60                                            | 0.70 |
| 練り混ぜ水  | 水道水  | $\text{NaCl} 3.13\%$ 水溶液  | $\text{NaCl} 3.13\%, \text{MgSO}_4 0.55\%$ 水溶液  |      |
| 環境条件   | 恒温室中 | $\text{NaCl} 3.13\%$ 水溶液中 | $\text{NaCl} 3.13\%, \text{MgSO}_4 0.33\%$ 水溶液中 | 室外   |

供試体は、所定供試期間の後、曲げ強度、さらにその断面において、発錆深さ( $D_c$ )、フェノール・フタレイ

ン、4モール・フタレイン両方法による中性化深さ( $D_p, D_r$ )を測定した。

## 3. 実験結果、および考察

供試期間1年までの結果の1部を、(図-1~12)に示す。供試1年後における発錆深さを、水セメント比との関係で、(図-1~4)に、同様に曲げ強度を(図-5~6)に示す。モルタル中を空気が、侵入・拡散し、モルタル中の酸素、 $\text{CO}_2$ がある濃度に達した時に、中性化、および発錆が生ずるものと考え、発錆深さ、あるいは中性化深さと時間とは2次関数を与えるものと考えられる。この考えから、発錆深さと時間とを、両対数の関係で示したものが、(図-7~8)である。また、4モール・フタレイン、フェノール・フタレイン両法による中性化深さをもあわせて、(図-9~10)に示す。さらに、高炉スラグを大量に含んだセメントを用いたものとの発錆深さの比較を(図-11~12)に示す。

これらより得られた結論を、以下に示す。(1) 発錆問題において重要な問題点は、塩分あり、むしろ酸素や

Z酸化炭素の供給である。(2)低いセメント化(50%以下)のモルタルは、塩分が含まれていても、発錆は抑制される。(3)温度変化、湿度変化、凍結は、発錆を促進する。(4)繰り返し水中の塩分による、モルタル曲げ強度への有害な影響はない。(5)4-モール・フタレイシは、フェノール・フタレイシを用いるよりも、安全側で、中性化深さの測定が可能である。(6)高炉スラグの大量使用は、気中においては、発錆深さを増大させる可能性がある。

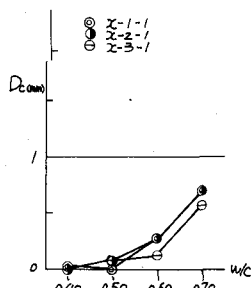


図-1  $D_c \sim w/c$  (1年)  
繰り返し水比較・低塩室内環境

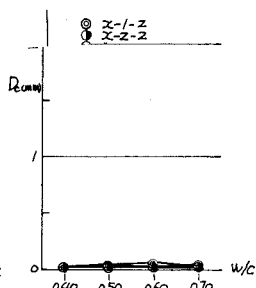


図-2  $D_c \sim w/c$  (1年)  
繰り返し水比較・低塩室内環境

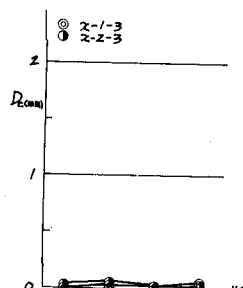


図-3  $D_c \sim w/c$  (1年)  
繰り返し水比較・低塩室内環境

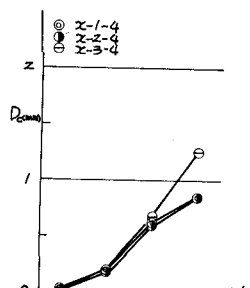


図-4  $D_c \sim w/c$  (1年)  
繰り返し水比較・室外環境

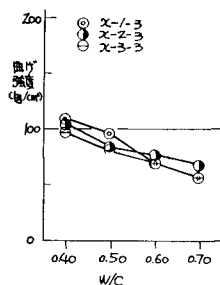


図-5  $D_c \sim w/c$  (1年)  
繰り返し水比較・低塩室内環境

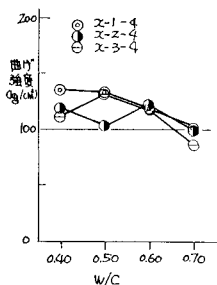


図-6  $D_c \sim w/c$  (1年)  
繰り返し水比較・室外環境

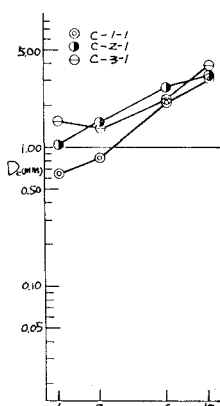


図-7  $D_c \sim T$

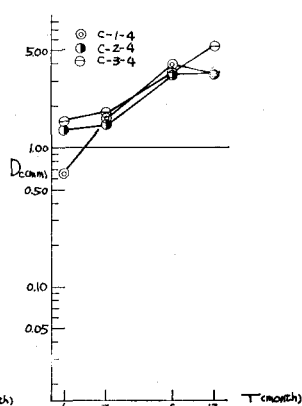


図-8  $D_c \sim T$

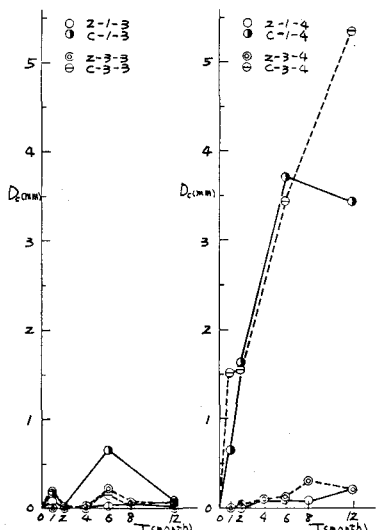


図-9  $D_c \sim T$   
セメント比較

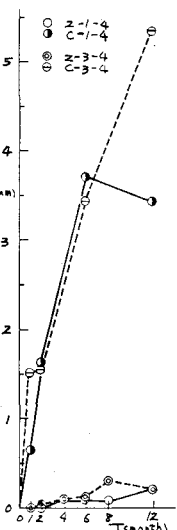


図-10  $D_c \sim T$   
セメント比較

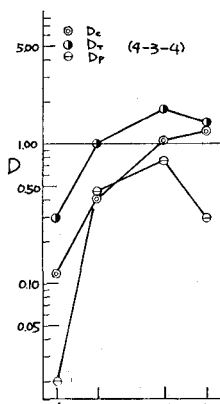


図-11  $D_c \sim T$   
(4-3-4)

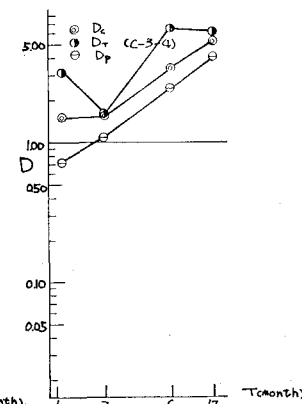


図-12  $D_c \sim T$   
(C-3-4)