

和歌山工業高等専門学校 正会員 戸川一夫
清水建設株式会社 正会員 〇岐山賢三
フジタ工業株式会社 正会員 広畑雅敏

1. まえがき; 海砂を用いた鉄筋コンクリートにおける主たる問題の一つは、塩化物による鉄筋の発錆である。本研究は、海砂を用いたコンクリートの鉄筋の発錆性状について、海砂の塩分含有量、コンクリートの配合、使用鉄筋のかぶり厚さ、防錆剤等の面から究明することを目的としている。配合に関しては、セメントが硬化する際に塩化物の一部がセメント水和物と化学反応して固定化され、残りの塩化物のみがイオン化され、鉄筋の腐食作用が軽減されるのではないかと報告されているが、このことを実験的に確かめるため、単位セメント量を変化させた。また、使用するスランプと鉄筋の発錆性状との関係を確認するために単位水量を変化させた。なお、本報告は、供試体の材令が2年経過した時点での中間結果の考察である。

2. 実験概要; セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は徳島県吉野川河口産の海砂(比重2.63, 吸水量0.59%, FM.1.70), 粗骨材は和歌山県由良産の硬質砂岩砕石(最大寸法25mm, 比重2.63, 吸水量1.65%, FM.6.92), 水は水道水(塩分含有量0.001%), 防錆剤はN(単位水量に対し1.5%)を使用した。鉄筋は $\phi 13$ mmのSR24を用い、その表面は黒皮

表-1 海砂の塩分含有量重量百分率

海砂粒径(mm)	0.15以下	0.15~0.3	0.3~0.6	0.6~1.2	1.2~2.5	2.5~5.0
各粒径範囲間にとまる砂の重量百分率(%)	9	35	40	10	4	2
塩分含有量重量百分率(%)	0.120	0.078	0.056	0.042	0.051	0.039

つきで少量の錆が見られた場合、サンドペーパーで錆をきれいに落した。海砂は購入時には塩分含有量が0.066%(海砂の絶乾重量に対する塩分量の重量百分率)であった。その粒径別の塩分含有量は表-1に示す

とおりである。なお、海砂は使用時までには水洗いして塩分量を0.009%まで下げたものを用意した。海砂塩分含有量の測定方法は、クロム酸カリウムを指示薬として硝酸銀で滴定するモール法によった。海砂コンクリートの配合計画を表-2に示す。供試体は $10 \times 10 \times 40$ cmであり、打込み後室温 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{deg}$ のところで材令7日まで濡れむしる養生し、その後、屋外(海岸より270mのところの高専土木館3階屋上)に放置した。鉄筋の発錆状況は肉眼で観察し、その程度を表-3に示すようにグレーディングづけをした。中性化深さについてはフェノールフタレイン溶液を用いて調べた。

表-2 配合計画 (kg/m^3)

水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
160	350	658	1222
190	350	630	1169
220	350	602	1186
190	250	645	1198
190	450	600	1115

3. 実験結果とその考察; 1)セメント量と鉄筋の発錆との関係: 単位水量、かぶり厚さ(4.35cm)を一定とし、単位セメント量を変化させた場合の海砂コンクリートの鉄筋の発錆状況を図-1に示す。セメント量が変化しても、海砂の塩分含有量が0.1%を越え

表-3 鉄筋のグレーディング

グレーディング	鉄筋の状態
I	全くさびがない。
II	全体に薄い緻密なさびでありコンクリート面にさびが付着していることはない。
III	部分的には浮きさびであるが小面積の斑点である。
IV	部分的にひどい浮きさびがある。
V	半周又は全長にわたって浮きさびが生じている。

ると鉄筋に発錆が見られた。鉄筋の発錆の程度はセメント量の多少によって異なっているが一定の傾向は見つけにくい。2)単位水量と鉄筋の発錆との関係: 単位セメント量を一定とし、単位水量を変化させた海砂コンクリートの発錆状況を図-2に示す。単位水量が変化しても鉄筋の発錆状況には影響なく、塩分含有量が0.1%以下のコンクリートは、鉄筋の発錆が認められなかった。塩分含有量が0.1%を越えれば、塩分含有量の多いコンクリートほど鉄筋の発錆量は多くなることわかった。3)かぶり厚さと鉄筋の発錆との関係: 鉄筋位置を図-3に示し、鉄筋のかぶり厚さと鉄筋の発錆状況との関係を図-4(a)(b)に示す。かぶり厚が1あるいは2cmでは、塩分含有量が0.025%以上のすべてのコンクリートに鉄筋の発錆が見られた。かぶり厚が4.35cmになると塩分含有量が0.1%以下のコンクリートで

は発錆が見られなかった。すなわち、鉄筋の発錆はかぶりになりに影響されることが明らかになった。また、図-4(b)より、防錆剤を使用してもかぶりの小さい鉄筋に防錆効果を発揮するまでに至っていない。鉄筋の発錆は、鉄筋の下半円（打込み時の底部側）に多く分布しており、

図-1 セメント量と鉄筋の発錆との関係

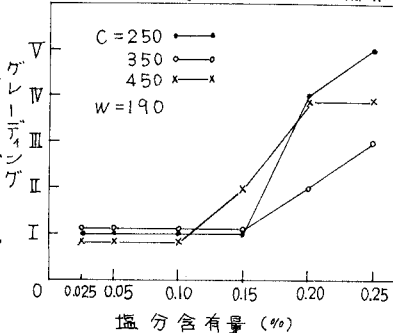
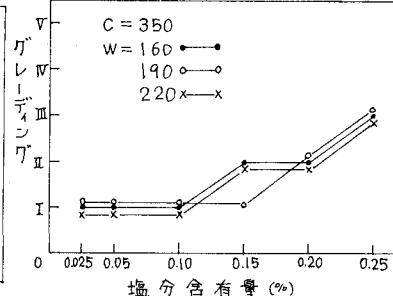


図-2 単位水量と鉄筋の発錆との関係



また、上部鉄筋は下部鉄筋よりも錆の発生割合は少なかった。これは、コンクリート打込み後ブリージング水が鉄筋下側に溜り鉄筋の下半分付近の塩分濃度が高まり、たまため、コンクリート乾燥中に塩分がコンクリート仕上げ表面部に移動すること等によるためと考えられる。4) 防錆剤と鉄筋の発錆との関係： 図-5に示すように、本実験に用いた防錆剤の

図-3 鉄筋位置と錆の発生状況

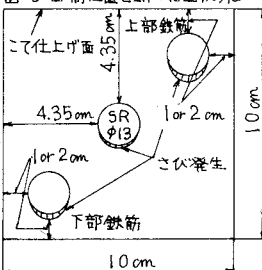
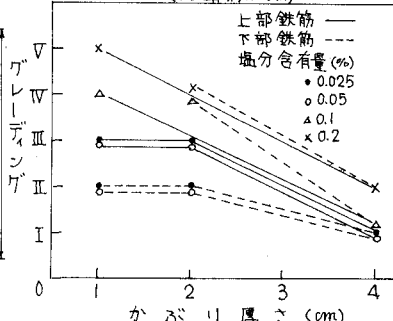


図-4(a) かぶり厚さと鉄筋の発錆との関係 (防錆剤未使用)

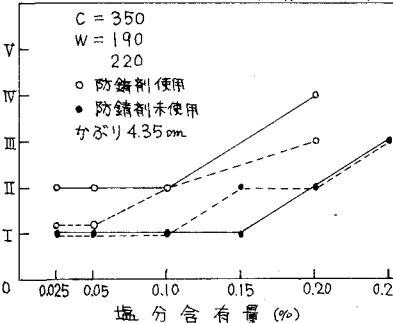


防錆効果は殆どないと考えら

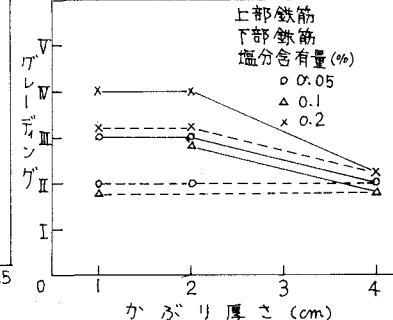
れる。したがって、防錆剤は使用量等の面からさらに再検討する必要があると思われる。

5) 海砂コンクリートの各種強度および中性化深さ： 図は省略するが、海砂の塩分含有量はコンクリートの曲げおよび圧縮強度には殆ど影響し

図-5 防錆剤と鉄筋の発錆との関係



(b) (防錆剤使用)



ないことが認められた。また、中性化深さは材令が2年なので0.1~35mmの範囲であり、直接発錆には関係ないと思われるが、%の小さいものはほぼ中性化深さは小さいことが明らかになっている。

4. あとがき： 材令2年経たし時点で、海砂コンクリート中の鉄筋の発錆について要約するとつぎのとおりである。1) かぶり厚さが4.35cmの場合、海砂の塩分含有量が0.1%以下であれば鉄筋に発錆は見られない。また塩分含有量が0.1%を越えると、セメント量の多少にかかわらず鉄筋は発錆し、発錆の程度はセメント量と一定の関係をもっていない。2) 単位水量は鉄筋の発錆性状にはほとんど影響していない。3) かぶり厚さは鉄筋の発錆性状にかなり影響し、同一の塩分含有量と比較するとかぶりの方が大きいもののほど鉄筋の発錆量は少ない。また、かぶりがあるいは2cmのときは塩分含有量が0.025%以上ですべて鉄筋は発錆している。4) 鉄筋の発錆は、下側半円（打込み底部側）に多く分布している。また、打込み時に上部側（表面側）に位置している鉄筋は、打込み時下部側（底部側）の鉄筋より発錆量は多くなる傾向が認められる。

参考文献； 大島久次（他）； 鉄筋コンクリートにおける塩化物の影響に関するミニポジウム，日本コンクリート会議，PPI-4，S. 50. 3

本研究を行なうにあたり、御指導下さいました建設省柳田地質化学部長、実験に御協力下さいました和歌山高専中本助手、平野技官、佐々木講師に感謝いたします。