

アルカリ反応性骨材を用いた鉄筋コンクリート供試体の海洋環境暴露実験

東亜建設工業（株） 正会員 羽瀨 貴士
 東亜建設工業（株） 正会員 宮坂 尚樹
 金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

アルカリ反応性骨材の使用されたコンクリート構造物が海洋環境に暴露される場合、海水から供給されるアルカリの影響によってアルカリ骨材反応(ASR)が促進される。これに関しては、海洋環境に暴露したコンクリートの膨張特性に関する報告はあるが、鉄筋コンクリートにおける膨張特性、鉄筋の電気化学的特性に関する検討事例はない。筆者らは、港湾構造物を想定して、棧橋下側における海水中および飛沫帯において鉄筋コンクリート供試体を暴露し、膨張量、鉄筋の自然電位および分極抵抗を継続的に測定している。本報では、暴露開始から8ヶ月経過時点までの測定結果について示す。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は、図-1に示すように鉄筋をかぶり20mmとなるようにコンクリートに埋め込んだものである。上面からのみアルカリや塩化物イオンなどが浸透するように、上面以外は塩ビ板または弾性型エポキシ樹脂で被覆した。また、膨張量測定用ゲージプラグを6ヶ所固定した。

供試体の種類を表-1に示す。供試体は、粗骨材の反応性、セメントの種類、等価アルカリ量の違いによって7種類の供試体を作成した。ここで、等価アルカリ量の調整は、練混ぜ時に塩化ナトリウムを所定量混入することによって行った。

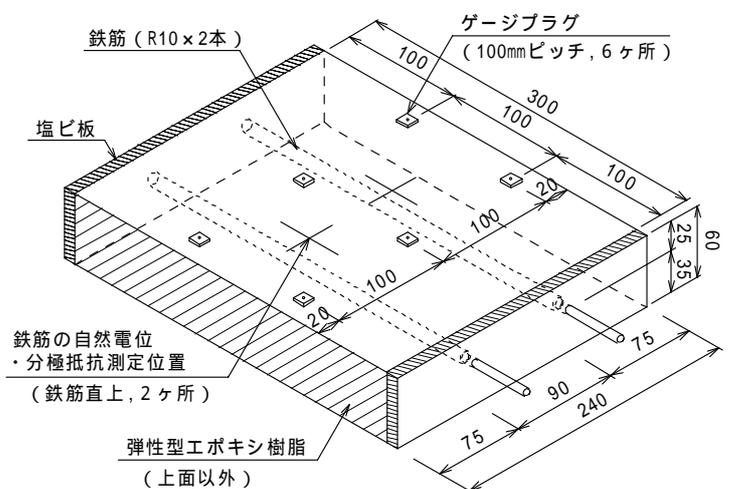


図-1 供試体の形状

海洋環境での暴露は、東京湾内に位置する棧橋下側の海水中および飛沫帯（海水中：L.W.L.より1.0m下方、飛沫帯：H.W.L.より0.1m上方）に材齢10日から開始した。飛沫帯では供試体の暴露面を海面に向けて設置した。また、測定は図-1に示す位置において定期的に膨張量、鉄筋の自然電位および分極抵抗（二重対極センサーを用いた交流インピーダンス法）について行った。暴露は6月から開始し、翌年2月まで計測した。

3. 実験結果および考察

膨張量、鉄筋の自然電位および分極抵抗の各測定結果を図-2～図-4に示す。

図-2に示すように、海水中に暴露した供試体のうち等価アルカリ量 10kg/m^3 において、暴露開始から4～6ヶ月後に鉄筋軸方向にひび割れが確認された。これらのひび割れ幅は $0.05\sim 0.1\text{mm}$ 程度であり、 $0.1\sim 0.15\%$ 程度の膨張率において発生したものであると思われる。なお、このようなひび割れは飛沫帯に暴露した供試体には見られていないことから、ひび割れは鉄筋腐

表-1 供試体の種類

供試体名	粗骨材	セメント種類	等価アルカリ量(kg/m^3)	塩化物イオン量(kg/m^3)
R-OPC-2	反応性(R)と非反応性(NR)の粗骨材を1:1混合(膨張を考慮)	普通ポルトランドセメント(OPC)	2.0	0.00
R-OPC-5			5.0	3.48
R-OPC-10			10.0	9.21
R-BB-1.2	高炉セメントB種(BB)	高炉セメントB種(BB)	1.2	0.00
R-BB-5			5.0	4.36
R-BB-10			10.0	10.09
NR-OPC-5	非反応性(NR)	OPC	5.0	3.48

使用コンクリート：W/C=50%、C=350 kg/m^3 、G_{max}=15mm
 反応性粗骨材(R)：能登産輝石安山岩砕石（JIS A 5308 附属書7の化学法で無害でない(R_c=233mmol/L、S_c=609mmol/L)、火山ガラス・クリスタライト等の反応性鉱物を含む)
 非反応性骨材(NR)：鳥羽産カワラ岩砕石（化学法で無害）

キーワード ASR, 反応性骨材, 海洋環境, 膨張率, 自然電位

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3 東亜建設工業（株）技術研究所 TEL045-503-3741

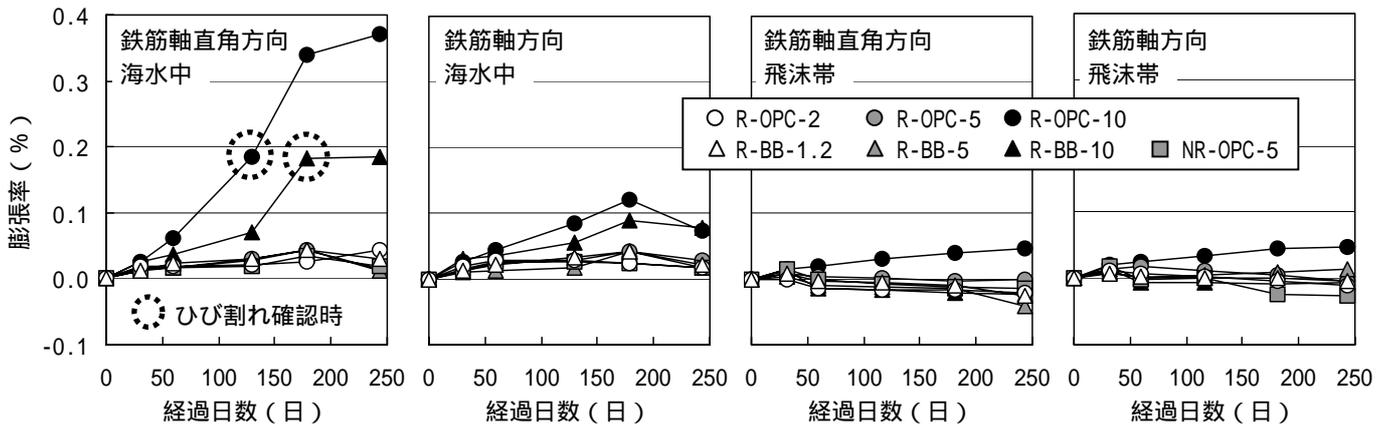


図 - 2 膨張量測定結果

食が原因ではなく、ASR 膨張によるものと思われる。従って、アルカリが常時供給される海水中において、飛沫帯よりもASR による膨張が顕著であると考えられる。

また、海水中、飛沫帯ともに、OPC よりもBB を用いた方が膨張率は小さくなり、ASR の反応抑制効果を示した。しかし、BB においてもアルカリ量が多い場合にはひび割れが生じたことから、反応性骨材や暴露環境などの条件によってはBB によってもASR による劣化損傷を防止できない場合があることがわかった。

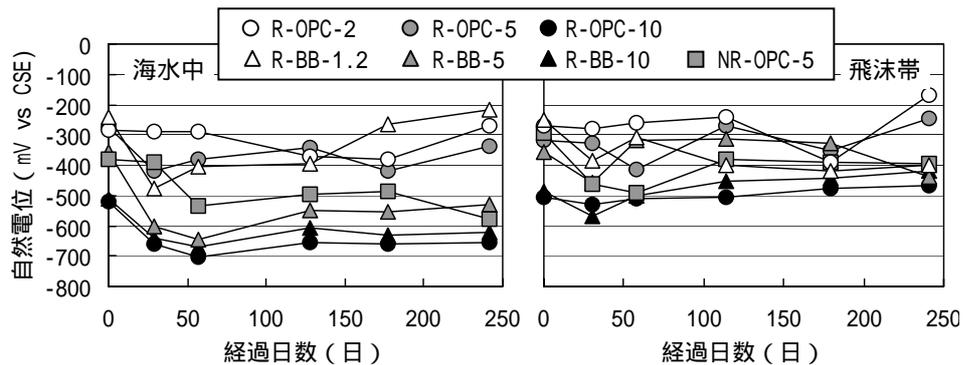


図 - 3 鉄筋の自然電位測定結果

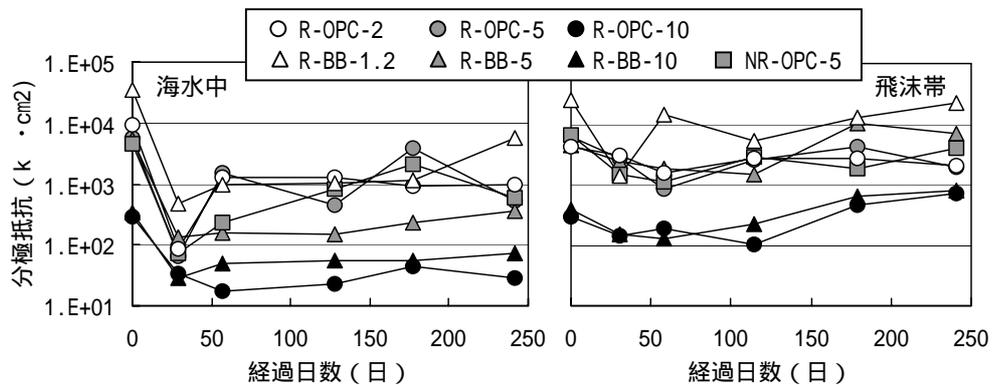


図 - 4 鉄筋の分極抵抗測定結果

一方、図 - 3、4 によると、飛沫帯よりも海水中において、また等価アルカリ量(混

入した塩化物イオン量)が多いほど、自然電位は卑な値を示し、分極抵抗は小さくなっている。これは、酸素の供給の違いや塩化物イオン量の影響によるものと考えられる¹⁾。

また、塩化物イオン量を 5kg/m³ 混入した供試体に関して、海水中、飛沫帯ともに、暴露開始 1~2 ヶ月以降では、非反応性骨材を用いた供試体(NR-OPC-5)よりも反応性骨材を用いた供試体(R-OPC-5)において自然電位が 100~150mV 貴な値を示した。これは、高いアルカリ性をもつ ASR ゲルによって不動態被膜が再生された可能性を示唆するものと考えられる²⁾。ただし、分極抵抗においてはこの傾向は明確には確認できなかった。

参考文献

- 1) 宮川豊章：コンクリート構造物の耐久性上の問題とその対策 塩害(その1.原因と腐食機構)，コンクリート工学，Vol.32，No.6，pp.66-71，1994.6
- 2) M.Kawamura et al., Effects of ASR on Corrosion of Reinforcement in Concrete under Saline Environments, Proc. of East-Asia Alkali-Aggregate Reaction Seminar, Tottori, pp.179-190, 1997