

異なる気象条件における長期塩害暴露試験結果について

金沢大学 学生会員 ○中井 美里 金沢大学 学生会員 菊池 創太
金沢大学 正会員 久保 善司

1. はじめに

海洋に囲まれた地理的特徴から塩害劣化の影響を受けるコンクリート構造物は膨大な数となる。塩害による腐食の発生条件について、コンクリート中の塩化物イオン(Cl⁻)、温度、含水状態については室内試験を中心として多くの知見が蓄積されている¹⁾²⁾。他方、実環境下において気象作用によってコンクリート温度および含水状態は大きく変化することが予想される³⁾。

本研究では沿岸地域の塩害において、その気象条件(気候区分)がコンクリート中の腐食発生・進行に与える影響について長期暴露試験結果に基づき検討を行った。

2. 塩害暴露試験の概要

(1)対象地域 太平洋岸気候(静岡県御前崎地区)、日本海側気候(新潟県親不知地区)、瀬戸内海式気候(岡山県水島地区)を暴露地区として選定した。なお親不知地区においては、高架橋下に暴露したため、降雨や直射日光を直接受けにくい環境下にある。各地区の暴露・気象条件(平年値：2006-2016年)を表-1に示す。

(2)供試体 大型供試体(322×322×302mm)および、質量確認用の小型供試体(100×100×200mm)を用意した。いずれも暴露面を海側に向け、それ以外の面からの塩分浸透及び吸水逸散が生じないように防水処理を施した。かぶりは3cmとし、鉄筋には腐食測定用コードを取り付けた。初期Cl⁻を含まない0kg/m³(無混入)と、腐食発生限界Cl⁻近傍の2.2kg/m³(Cl⁻混入)の2種類を用意した。また、表面含浸処理による塩害抑制効果を検討するため、シランシロキサン系含浸剤(適用量200g/m²)を施す要因を用意した暴露試験は2006年1月から用意した。

(3)測定項目 コンクリート中の鉄筋の自然電位を測定し、交流インピーダンス法により分極抵抗を測定した。小型供試体の質量変化は電子はかりで質量を測定し、暴露開始時の質量で除し質量変化率を求めた。な

お、質量増加を正とした。暴露6年後において小型供試体から試料を採取しCl⁻分布を求めた。

3. 結果および考察

(1)塩化物イオン浸透 各地域のCl⁻分布を図-1に示す。親不知地区は他の地区と比較し多量のCl⁻が浸透し、かぶり位置におけるCl⁻も大きく増加した。御前崎・水島地区においては、Cl⁻の浸透は小さく、かぶり近傍のCl⁻量はほとんど変化していなかった。以降の考察においては、御前崎・水島地区において初期Cl⁻量にかかわらず、Cl⁻の変化はほとんどないものとした。なお、含浸処理のものではいずれの地区も、Cl⁻は深さ3cm以降では0.1kg/m³以下であった。

(2)質量変化 各地域の小型供試体の質量変化率の経時変化を図-2に示す。同一暴露地区では、含浸処理のもの質量減少が大きく、いずれの地域においても含浸処理による水分逸散効果が発揮されていた。同一処理間で比較すると、水島地区は質量減少速度が大きく、親不知地区は質量減少が緩慢であった。

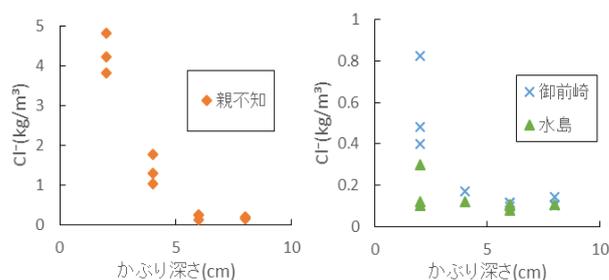
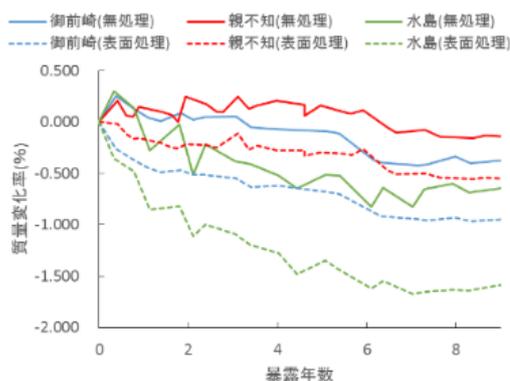
図-1 暴露6年目のCl⁻量

図-2 小型質量変化

表-1 暴露・気象条件(平年値)

暴露地区	海岸からの距離(m)	年平均気温(°C)	年間降水量(mm)	年間日照時間(h)
御前崎	100	16.7	2134.4	2271.3
親不知	30	14.5	2882.5	1558.2
水島	40	15.9	1060.1	2000.9

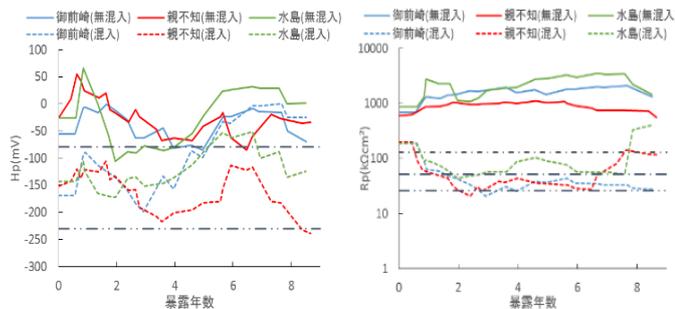


図-3 自然電位(無処理)

図-4 分極抵抗(無処理)

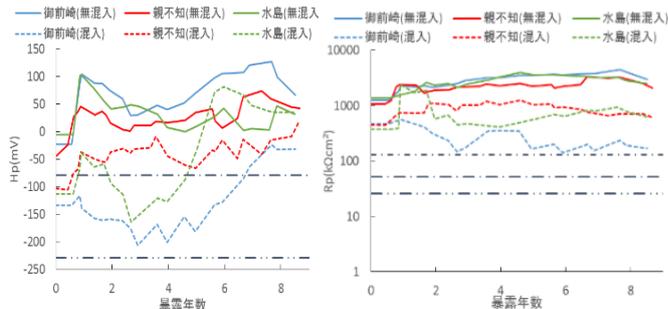


図-5 自然電位(含浸処理)

図-6 分極抵抗(含浸処理)

(3) 気象条件が鉄筋腐食に与える影響(無処理)

無処理のものの自然電位および分極抵抗の経時変化(移動平均)を図-3 および図-4 にそれぞれ示す。CI 0kg/m³のものは暴露3年以降から暴露地区による相違が認められ、親不知地区のものはより卑な電位に推移し、水島・御前崎地区では貴側に推移した。

CI混入のものでは、親不知地区ではより卑側に推移し、暴露3年以降では腐食領域の電位を示した。他の地区では、乾燥に伴い貴側に推移した。親不知地区では他の地区より高い含水状態に保たれ、さらには飛来塩分の浸透によってより腐食しやすい状態に推移したと考えられる。他の地区では飛来塩分の影響は小さく、乾燥が進行することで腐食しにくい状態へと推移したものと考えられる。

分極抵抗の結果については、CI 0kg/m³のものでは、いずれの地区においても非腐食領域の分極抵抗を示した。親不知地区では分極抵抗は若干低下傾向を示し、他の地区のものでは増加傾向を示した。親不知地区では分極抵抗の低下が最も顕著であり、早期に激しい腐食を示す分極抵抗にまで低下した。御前崎地区と水島地区を比較すると、御前崎地区のものの方が分極抵抗は若干小さく、最も乾燥しやすい水島地区の分極抵抗は若干大きかった。すなわち同程度のCI量を含む場合にも、乾燥しやすい気象条件の方が腐食速度は緩和されるものと考えられる。

(4) 気象条件が含浸処理効果に与える影響

含浸処理の自然電位及び分極抵抗の経時変化(移動平均)を図-5 および図-6 に示す。自然電位についてはCI 0kg/m³のものは、いずれも地区のものも概ね非腐食領域の自然電位を示した。CI混入のものは、暴露地区による相違が認められ、水島・御前崎地区では暴露初期の2年程度は不確定領域の自然電位を示し、3年以降貴側に推移した。水島地区では、暴露4年以降は非腐食領域の電位を示した。御前崎地区では、暴露6年

以降は非腐食領域の電位を示した。親不知地区では暴露初期から概ね非腐食領域を推移し、徐々に貴側に推移する傾向を示した。親不知地区では他の地区よりも高い含水状態に保たれ、腐食しやすい状態にあると考えられるものの、直射日光を受けない環境で、他の地区よりもコンクリート温度の上昇が抑制され、腐食が生じにくい状態となった可能性が高い。しかし、長期においては、他の地区では表面近傍の乾燥が進行し、御前崎地区では同程度、水島地区では若干貴な電位となったものと考えられる。

分極抵抗は、CIの混入の有無および暴露地区にかかわらず、いずれも非腐食領域の分極抵抗を示した。いずれの地区においても長期間にわたり含浸剤による腐食発生・進行が抑制されているものと考えられる。分極抵抗値については、自然電位で考察した暴露・気象条件の相違が同様に認められた。

5. まとめ

長期塩害暴露の結果、飛来塩分以外の暴露・気象条件がコンクリート中の鉄筋腐食に影響を与えることが明らかとなった。含浸材の抑制効果はいずれの暴露地区においても発揮されていたが、気象・暴露条件の影響を受けることが明らかとなった。

謝辞 本研究にあたり、旭化成ジオテック(株)、日本塗料検査協会、NEXCO 東日本新潟支社(株)の方々には、本研究において多大な尽力を賜り、ここに記し深く謝意を表す。

参考文献

- 1) 飯島亨, 工藤輝大, 玉井謙: コンクリート中の鉄筋の腐食速度に及ぼす気温の影響, 鉄道総研報
- 2) 川上英男, 脇敬一: コンクリートへの塩分浸透と塩害環境, 福井大学工学部研究報告第42巻第1号1994年3月
- 3) 周志云, 三橋博三, 岩上真也: コンクリート内の温度・湿度状態に及ぼす環境因子の影響に関する実験的研究, 日本雪工学会誌, 17巻(2001)4号 pp. 325-336