

津波によるコンクリート構造物内部の塩化物イオン濃度に関する研究

東北学院大学 学生会員 ○高橋 尚己
東北学院大学 正会員 武田 三弘
東北学院大学 非会員 武田 知訓
東北学院大学 非会員 佐藤 陽介

1.はじめに

東北地方太平洋沖地震では地震動そのものによる被害は軽微であったが、その後到来した津波による被害は大きい物であった。地震動により発生したひび割れや津波によってもたらされた塩分が、今後鉄筋コンクリート構造物に与える影響はわかっていない。昨年度の研究で、ひび割れ周辺に多数の微細なひび割れが発生している事、ひび割れが見られない箇所でも微細なひび割れを有している事およびひび割れの有無や構造物の違いにより塩化物イオン濃度に大きな差あることが確認された。そこで、今年度は実際にコンクリートに浸透した塩化物イオンの濃度の推定、高圧洗浄による除塩効果の確認、津波を受けた土壌に含まれる塩分の既設コンクリート構造物への影響を考慮した乾湿繰り返し実験および津波塩分による鉄筋コンクリートの塩害を防ぐための表面塗布材の腐食抑制効果の確認実験を行っているが、今回は海水浸せき実験結果および高圧洗浄によるコンクリートの塩分除去実験の結果についてのみ記す。

2.実験概要

実験室内における海水浸せき実験では、海水浸せき深さを0.1m, 1m, 2m及び3mまでの4種類、海水浸せき時間を0.5h, 1h, 12h及び24hの4種類、コンクリートの強度(早強ポルトランドセメント使用)を21 N/mm², 40N/mm²及び67N/mm²の3種類、コンクリートの乾燥温度を20℃, 40℃, 60℃及び湿潤状態の4種類に設定した。これらの条件を組み合わせたコンクリート供試体に対し24時間海水浸せきを行い、供試体から骨材を取り除いたモルタル部分のみを粉末にした。その後蛍光 X線解析装置を用いて採取したモルタル粉末の塩化物イオン濃度の測定と比較を行うことで塩化物イオン濃度に差が出る要因を調べた。コンクリートの乾燥温度の条件については、各温度を設定した恒温恒湿機に24時間保管した後に海水に24時間浸せきするものとした。また湿潤状態の条件については水温約20℃の水道水に24時間水中保管した後に他のものと同様に24時間海水に浸せきしたものを使用した。

高圧洗浄実験では、塩分が含まれているコンクリート供試体に対し高圧洗浄機(吐出圧力8.8Mpa, 吐出水量6.0l/min)を用いてコンクリート中の塩化物イオン濃度を除去する実験の効果確認を行った。高圧洗浄は供試体面(φ100mm)に対して8日毎に1回30秒を1サイクルとし、5サイクルまで繰り返し行った。連続して洗浄を行わず乾燥期間を入れたのは、乾燥による塩分の移動を期待したためである。

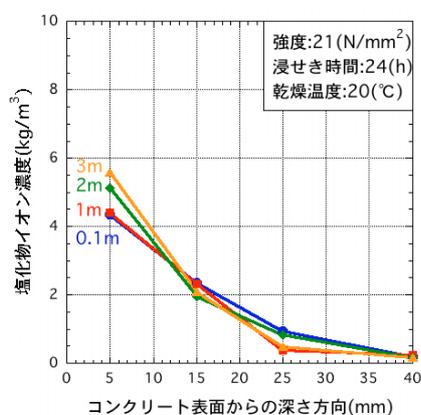


図-1 浸せき深さによる比較

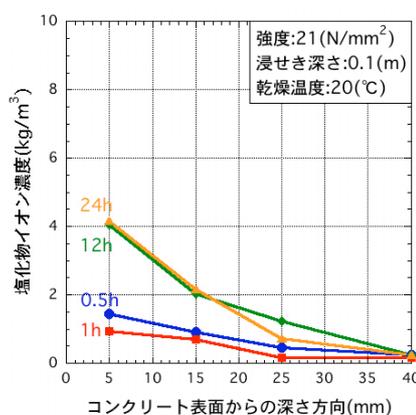


図-2 浸せき時間の比較

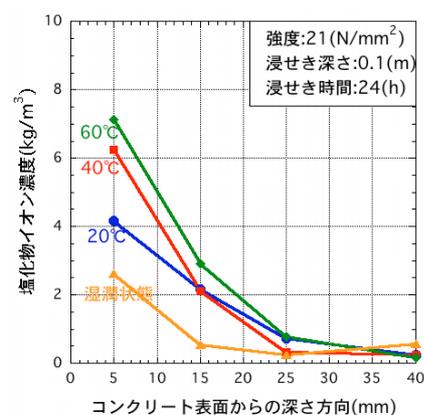


図-3 コンクリートの乾燥温度による比較

キーワード：津波塩分, 塩化物イオン濃度分布

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央1-13-1 TEL 022-368-7479

3. 実験結果及び考察

図-1, 図-2 図-3 及び図-4 はそれぞれ、浸せき深さを変えた条件、浸せき時間を変えた条件、コンクリートの乾燥温度を変えた条件、コンクリートの強度を変えた条件の、深さ方向に対する塩化物イオン濃度分布を示している。図-1 より、浸せき深さが深くなるごとに若干塩化物イオン濃度が高くなる傾向があり、浸せき深さ 3m のものは 0.1m に比べ約 1.2 倍の塩化物イオン濃度となっていることが確認できた。図-2 より、ばらつきは有るものの、概ね海水への浸せき時間が長くなるごとに塩化物イオン濃度が高くなる傾向が見られた。図-3 より、コンクリートの乾燥温度が高い条件のものはコンクリートの湿潤状態の条件に比べ塩化物イオン濃度が高く、乾燥温度 60℃ と湿潤状態の塩化物イオン濃度を比較した場合 2.8 倍程度の差が確認できた。図-4 では、コンクリートの強度が低いものほど塩化物イオン量が高い傾向が見られ、67N/mm² に比べ 21N/mm² での表層の塩化物イオン濃度は約 3.2 倍も高い事が確認された。これらの結果から、コンクリート中に浸透した塩化物イオン濃度を決定する要因として、コンクリートの乾燥温度の影響、コンクリートの強度、海水への浸せき深さ及び海水への浸せき時間の影響が複合して決定されるという事が挙げられた。

また、これらの実験値から各要因についての近似式を求め、そこからコンクリート表層に付着した塩化物イオン濃度 C (kg/m³) を推定する式を導いた。

$$C = 5 \times T \times S \times D \times H \quad \dots(1)$$

$$T = (-0.002t^2 + 0.260t + 0.664)/4.968 \quad \dots(2)$$

$$S = (-0.060s + 6.147)/4.845 \quad \dots(3)$$

$$D = (0.700d + 4.849)/4.919 \quad \dots(4)$$

$$H = (0.130h + 1.900)/4.982 \quad \dots(5)$$

ここで C : 塩化物イオン量の推定値 (kg/m³) , t : 乾燥温度 (°C) , s : コンクリート強度 (N/mm²) , d : 浸せき深さ (m) , h : 浸せき時間 (hr) とする。図-5 は縦軸に式(1)で得られた推定値、横軸に実験値をとった相関図である。この図でプロットされている点が 45 度の傾きと概ね同等であるため、式 (1) は津波によるコンクリート表層部(10mm)の塩化物イオン濃度の推定式として使用可能と思われる。

図-6 は高圧洗浄実験での洗浄前と洗浄後の塩化物イオン濃度分布を段階的に示したものである。鈴木ら¹⁾による報告と同様に本研究でも高圧洗浄を行う事で表層付近の塩化物イオン濃度が減少していることが確認できた。また、洗浄前に比べて洗浄後の塩化物イオン濃度は約 0.7 倍となったが、1回の洗浄と5回の洗浄の結果を比較した際は0.9倍程度と大きな塩化物イオン濃度の減少は見られなかった。

4. まとめ

- (1) 海水による浸せきを受けたコンクリート構造物の塩化物イオン濃度に影響を与える要因として、コンクリートの乾燥温度の影響が最も大きく、次いでコンクリートの強度、浸せき深さ及び浸せき時間の影響の順となった。
- (2) 津波を受けたコンクリート構造物表層部の塩化物イオン濃度の推定式を提案した。
- (3) 津波塩分を含むコンクリートに対し、1回高圧洗浄する事で表層部の塩分濃度が3割程度減少する効果が認められた。

謝辞 : 本研究は社団法人東北建設協会、平成 24 年度 (第 18 回) 建設事業に関する技術開発支援を受け行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

¹⁾ 鈴木佑助, 太田晃博, 渡辺浩平, 迫井裕樹, 阿波稔: 津波により塩化物イオンが付着したコンクリート構造物の洗浄効果, 土木学会東北支部技術研究発表会, V-36, 2012.

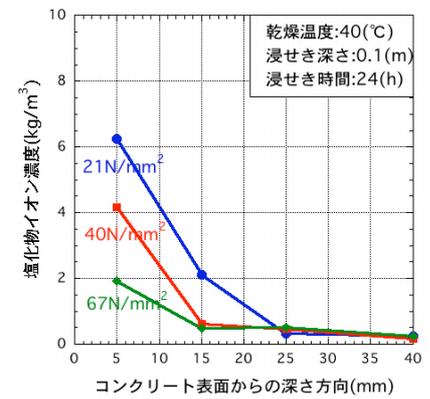


図-4 コンクリート強度による比較

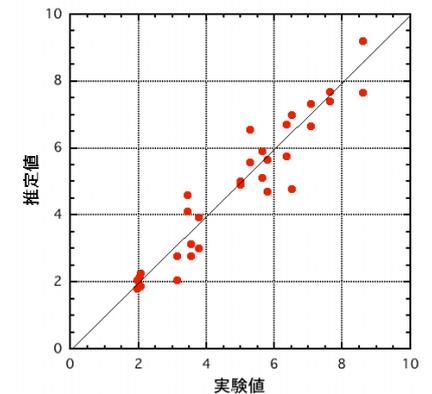


図-5 実験値と推定値の相関図

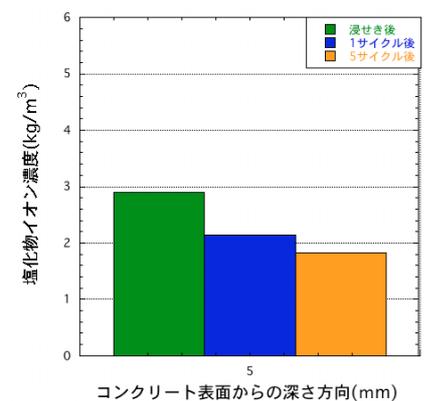


図-6 高圧洗浄によるコンクリート中の塩分除去結果