

V-19

凍結融解作用を受けるコンクリート構造物の鉄筋腐食に関する研究

八戸工業大学 ○学生員 山田 真也

八戸工業大学 正会員 阿波 稔

八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

1. はじめに

積雪寒冷地におけるコンクリート構造物はその気候的な条件から、凍害劣化を受けやすい環境にある。一般にコンクリート構造物の凍結融解作用による劣化は、コンクリート表層部におけるひび割れの発生や、スケーリングに代表されるような、有効なコンクリート断面厚さ（かぶり）の減少として特徴づけられる。一方、これまで凍害劣化に関わる影響因子ごとの個々の現象についてはある程度明らかにされてきているが、それらを統合した有用な劣化の進行モデルを確立するまでにはいたっておらず、凍結融解作用が主要因となるような複合劣化（鉄筋腐食）の機構について十分に解明されているとは言い難い。

そこで本研究では、塩化物作用下での凍害劣化であるスケーリングに着目し、鉄筋コンクリート供試体を用いたスケーリング試験を実施し、凍結融解作用と鉄筋腐食との関わりについて基礎的な検討を行うことを目的としたものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

実験に用いたセメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16 g/cm^3 ）である。細骨材として石灰岩砕砂（密度 2.64 g/cm^3 , F.M. 2.73, 吸水率 1.01%）、粗骨材として石灰岩碎石（密度 2.68 g/cm^3 , F.M. 6.94, 吸水率 0.32%）を使用した。本実験に用いたコンクリートの配合は、水セメント比 55%、空気量 5%である。

2. 2 実験方法

(1) スケーリング試験 (ASTM C 672)

供試体は、図-1に示されるように $210 \times 210 \times 100 \text{ mm}$ の平板供試体とし、試験対象面を底面とするため、木製型枠を用いて平打ち方式とした。14日間水中養生後、14日間気中養生を行い、ブリキ板で塩化物溶液を注ぐための堤を設けた。また、鉄筋腐食試験用の供試体には $\phi 13 \text{ mm}$ の丸鋼を設置しかぶり厚さは、30mm および 50mm の 2 ケースとした。

スケーリング試験は ASTM C 672 に準拠して行った。試験は温度条件を自動制御とし、試験水は NaCl 3% 水溶液を使用した。スケーリング量の評価は、7 サイクル毎にスケーリング片を採取して、イオン交換水で塩分を洗い流した後、 105°C で 24 時間乾燥させた質量を測定した。塩化物の供給条件は図-2に示すように、凍結融解環境下において、継続的に塩化物が供給されるケース（ケース A）と、3 サイクル乾燥（NaCl 供給無し）、4 サイクル湿潤（NaCl 供給有り）を繰り返す行うケース（ケース B）、および上述ケース B と同様に断続的に塩化物が供給される条件下で凍結融解作用を与えないケース（ケース C）の 3 ケースとした。

(2) 鉄筋の腐食状況の観察

鉄筋の腐食状況の観察は、JSC-E 601「コンクリート構造物における自然電位測定方法」に準拠して実施した。凍結融解 7 サイクル毎に供試体の裏面より、1 つの供試体について 30 点の測定点を設け測定を行った。なお、照

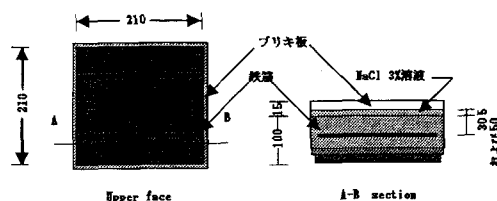


図-1 供試体概要

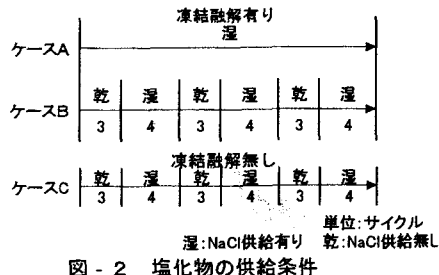


図-2 塩化物の供給条件

合電極は硫酸銅飽和溶液を使用した。また、凍結融解 77 サイクル時において供試体を解体し、鉄筋を取り出し、JCI - SC 1「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法」に準じて、鉄筋の腐食状況をクリアシートに複写し、腐食面積を鉄筋の表面積で除して腐食面積率を算出した。

3. 実験結果

3. 1 スケーリング試験結果

図 - 3 はスケール量と凍結融解サイクル数との関係を示したものである。スケール量は全体的に 0.3kg/m^2 以下と極軽微なスケールを示す結果となり、鉄筋の有無および塩化物の供給条件による大きな差は確認されなかった。

3. 2 鉄筋の腐食状況観察結果

図 - 4 は自然電位測定結果の一例を示したものである。これらの図は全て凍結融解 77 サイクル時におけるコンクリート表面での電位を表したものである。継続的に塩化物が供給されるケース A および断続的に供給されるケース B は、ASTM の腐食判定基準何れにおいても、腐食確率が 90 % 以上となる電位を示した。凍結融解 77 サイクル時におけるスケール量は全体的に極軽微なものであったことから、凍結融解作用による劣化が大きく顕在化していない初期の時点においても、コンクリート表層部では塩化物イオン等の鉄筋腐食に関わる物質が拡散しやすく、その結果鉄筋表面の不動態皮膜を破壊する可能性があるものと思われる。

図 - 5 は鉄筋の腐食面積率と塩化物の供給条件との関係を示したものである。凍結融解作用を受けていないケース C は、凍結融解作用を受けているケース A およびケース B と比較して、腐食面積率は約 2～3 倍程度増加しており、自然電位の測定結果とは異なる傾向が見られた。これは、凍結融解を受けない環境下において、断続的に塩化物が供給される場合、コンクリート表面は著しい乾湿の繰り返しを受け、微細ひび割れの発生などにより組織が脆弱化し塩化物イオンなどの浸透を促進させたためであると考えられる。このことから、自然電位測定により得られた電位値は、鉄筋腐食の状態をある確率で予測するものであり、腐食の進行速度や腐食面積率を精度よく推測することは困難であるものと考えられる。

4. まとめ

塩分環境下における凍結融解作用とコンクリート鉄筋腐食との関わりについて基礎的な検討を行った。実験の範囲内で以下のことが言える。凍結融解作用による劣化が顕在化していない初期の時点においても、コンクリート表層部では塩化物イオン等の鉄筋腐食に関わる物質が拡散しやすく、その結果鉄筋表面の不動態皮膜を破壊する可能性があることが分かった。また、自然電位測定により得られた電位値は、鉄筋腐食の状態をある確率で予測するものであり、腐食の進行速度や腐食面積率を精度よく推測することは困難であることが確認された。

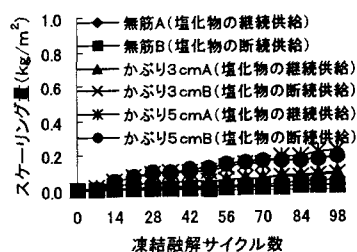


図 - 3 スケール量と凍結融解サイクル数との関係

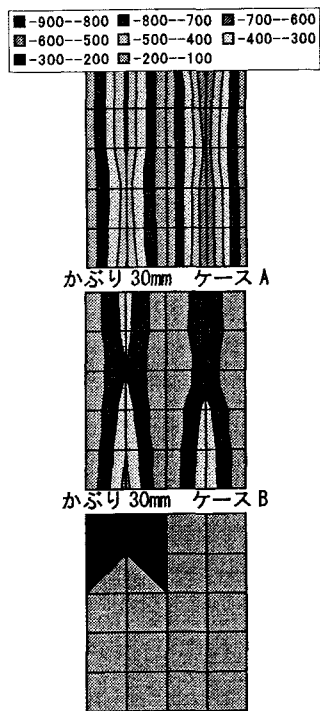


図 - 4 自然電位測定結果 (凍結融解 77 サイクル時)

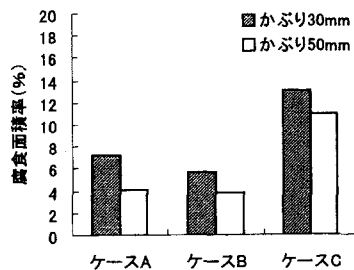


図 - 5 腐食面積率と試験条件との関係