

V-32

凍結防止剤の影響を受けたコンクリートの劣化に関する実験的研究

東北大学 正会員○板橋 洋房

東北大学 正会員 三浦 尚

1. まえがき

東北地方などの積雪寒冷地におけるコンクリート構造物の劣化は、近年さらに深刻化しつつある。その代表的な例としては、塩化ナトリウム等の凍結防止剤散布によるコンクリート部材の表面劣化である。今年度から、粉塵公害等によりスパイクタイヤの使用禁止が法制化され、冬場の積雪地における走行路面の安全性確保の目的で、凍結防止剤の使用量が年々増加し、今後はその使用量が今まで以上に激増することが予想され、コンクリートの劣化に対する危険性がますます増大するものと考えられる。

そこで、本研究では、凍結防止剤の影響を受けるコンクリート部材の劣化の程度や塩化物の浸透状況を実験的に明らかにすることを目的として、ASTM C-666の「水中における急速凍結に対するコンクリート供試体の抵抗試験方法」を修正して凍結融解試験を行なったものである。

2. 使用材料および実験方法

セメントは、市販の普通ポルトランドセメントを用い、細骨材として宮城県黒川郡大和町産の山砂、粗骨材として宮城県丸森産の砕石を使用した。混和剤には空気連行性減水剤を用いた。

実験に用いた供試体は $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱体で、打設後約24時間で脱型し、 $21 \pm 3^\circ\text{C}$ の恒温水槽で養生した。打設後から凍結融解試験開始までの供試体の種類と養生方法およびその日数を図-1に示す。

これらの養生方法と日数は、RILEMの「凍結防止剤の影響を受けるコンクリートの凍害試験方法」の検討案から参考にしたものである。また、表面劣化の状況を調べる目的で、凍結融解試験開始前に角柱供試体を $10 \times 10 \times 10$ cm程度に切断したブロック供試体も使用した。

凍結融解試験は、ASTM C-666の(A)法を修正したもので、水中での繰り返し試験と供試体の回りの水を真水から3%NaCl水溶液に変えて繰り返し試験を行なった。供試体のたわみ一次共振周波数と質量を30サイクル毎に測定し、それぞれのサイクルにおける相対動弾性係数および質量減少率を求めた。

測定は、それぞれの供試体のたわみ一次共振周波数が測定不能になるか、300サイクルに達するまで行なった。また、ブロック供試体においては、試験サイクル毎に質量の測定だけを行なった。

3. 結果および考察

この実験においては、動弾性係数も測定しているが、この結果は、主に質量減少率についてのみ述べる。

図-2、図-3は、角柱供試体における水中および3%NaCl水溶液中でのサイクル数と質量減少率の関係を示したものである。これらの図において、水中での繰り返し試験による質量減少率は、3%NaCl水溶液中でのものに比べてかなりオーダーが小さくなっている。

また、図からも明らかのように、試験開始前に供試体を乾燥させて、3%NaCl水溶液に浸漬したり、3%NaCl水溶液中で凍結融解の繰り返しを行なった場合には、外部から浸入する塩化物がコンクリートの劣化に大きく影響しているということが分かる。

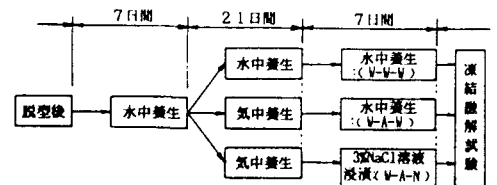


図-1 供試体の種類と養生方法および日数
サイクル数

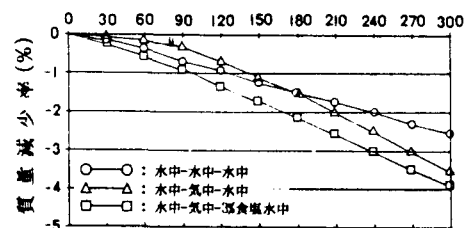


図-2 サイクル数と質量減少率との関係（水中）

図-4、図-5には、ブロック供試体での水中および 3% NaCl水溶液中における繰り返し試験の結果を示す。

図中の1~4は、ゴムスリーブ内のブロック供試体の番号で、その位置は、試験開始時から終了時まで同一である。

図-4において、水中での繰り返しによる供試体の質量減少率のオーダーは角柱供試体の場合と同様に小さく、コンクリート表面の劣化もそれほど見られなかった。

全体的に、最下部に位置する供試体ほど質量減少が顕著に現れており、その中でも、養生方法で最後の7日間 3% NaCl水溶液に浸漬した供試体ほど質量減少が大きくなっている。

これに対して、図-5の3%NaCl水溶液中では、試験開始前まで水中養生を継続した供試体の方が、他のものに比べて質量減少が大きくなっている。全体的に、上部から3番目にある供試体の質量減少が大きい。これらの図からも分かるように、コンクリートの劣化は外部から浸入する塩化物がより大きく影響しているものと思われる。

図-6は、3%NaCl水溶液中での試験の際に、ゴムスリーブ内の深さ方向のNaCl濃度を測定した結果である。この値は、試験機内においてゴムスリーブと供試体の間から管を入れ、供試体上端部から深さ方向に 5cm間隔で水溶液を抽出し、Cl⁻イオン量からNaCl量を換算したものである。

この図からも分かるように、各サイクルでの試験開始前に新鮮な 3%NaCl水溶液を入れるが、30 サイクル経過後では、供試体上部から 10cm 程度までは殆ど真水に近い状態であるのに対して、深さ 30cm 辺りから急激に濃度が高くなり、底部付近では試験液の濃度の 5~6 倍程度になっていた。このことから、食塩水溶液を用いて凍結融解試験を行なった場合、塩化物が容器の底部により多く蓄積して溶液の濃度が高くなり、供試体に対する深さ方向での濃度分布が一定でなくなるものと思われる。

4. 結論

以上のことから、今回の実験では次のようなことが分かった。水中で凍結融解試験を行なった場合よりも、3% NaCl水溶液中での試験の方がコンクリートの質量減少率が極めて大きく、コンクリートの劣化はかなり塩化物に影響される。また、試験開始まで水中養生を継続した場合よりも、途中で一度乾燥させることによってコンクリートの劣化を抑制することができる。更に、ゴムスリーブ内では、塩化物の濃度に大きな差が生じる。

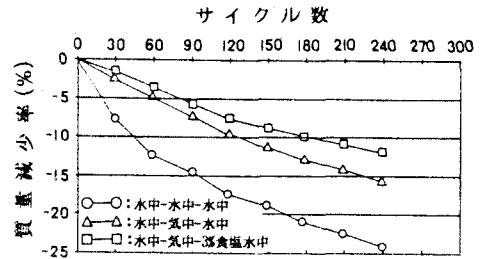


図-3 サイクル数と質量減少率との関係 (3%食塩水中)

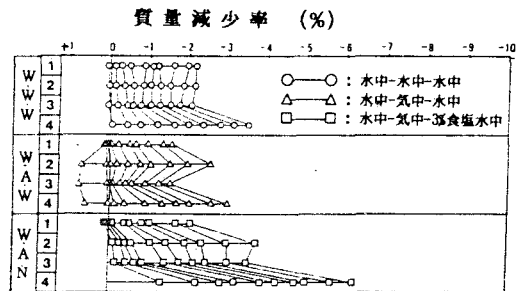


図-4 各養生のブロック供試体の質量減少率 (水中)

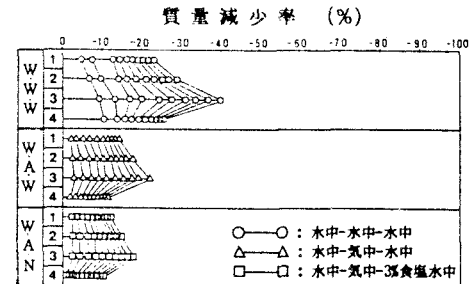


図-5 各養生のブロック供試体の質量減少率 (3%食塩水中)

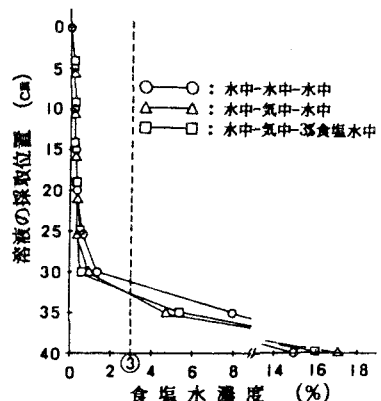


図-6 供試体の深さ方向の食塩水濃度