

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は、塩化ナトリウム等の凍結防止剤散布によってコンクリート部材の劣化が起こる可能性がある。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。

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碎石を使用した。混和剤には空気連行性減水剤を用いた。水セメント比W/Cは55%で、空気量は $4 \pm 0.5\%$ の範囲である。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及びその日数を図-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水溶液に変えた食塩水での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の測定は30サイクル毎に行ない、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。ブロック供試体においては、試験30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、今回は、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-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、

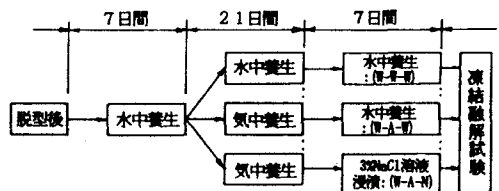


図-1 供試体の種類と養生方法及び日数

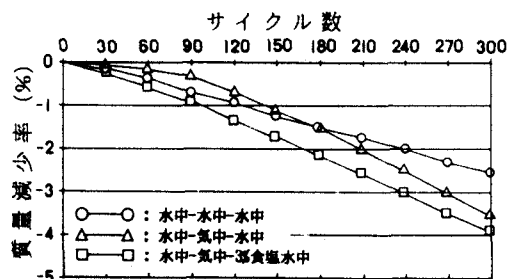


図-2 サイクル数と質量減少率との関係(水中)

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、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、ゴムスリーブ内から水溶液を抽出し、Cl<sup>-</sup>イオン量からNaCl量を換算したものである。この図から分かるように、各サイクル試験開始前の新鮮な3% NaCl水溶液に比べて、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、底部では塩化物濃度が高くなり凍結温度も低くなってコンクリートの表面劣化が少なくなったものと思われる。

図-7には、コンクリートブロック供試体中の塩化物の浸透深さを測定した結果を示す。この時の供試体においては、凍結融解試験を行わずに、同一期間ゴムスリーブ内の供試体と同じ状態で別の容器に入れ、3%NaCl水溶液に浸漬を継続したものである。この図から、塩化物の浸透する深さは、深くなるにしたがって増加する傾向がみられる。また、養生の段階で、途中で乾燥させたり、3%NaCl水溶液に浸漬させた供試体では、水中養生を継続したものより塩化物の浸透深さは小さくなっている。

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や塩化物の浸透深さをある程度抑制することができる。更に、このような試験方法ではゴムスリーブ内で、塩化物の濃度に大きな差が生じる。

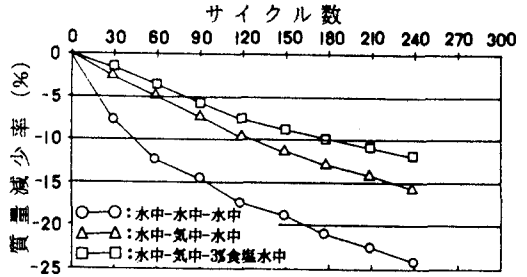


図-3 サイクル数と質量減少率との関係(3%食塩水中)

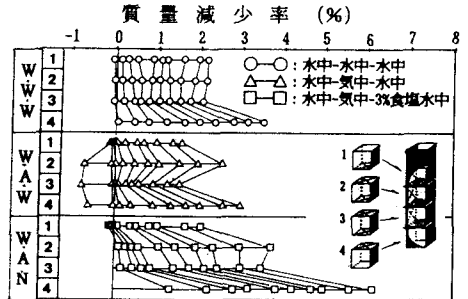


図-4 各養生のブロック供試体の質量減少率(水中)

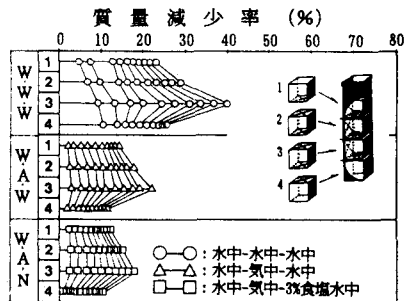


図-5 各養生のブロック供試体の質量減少率(3%食塩水中)

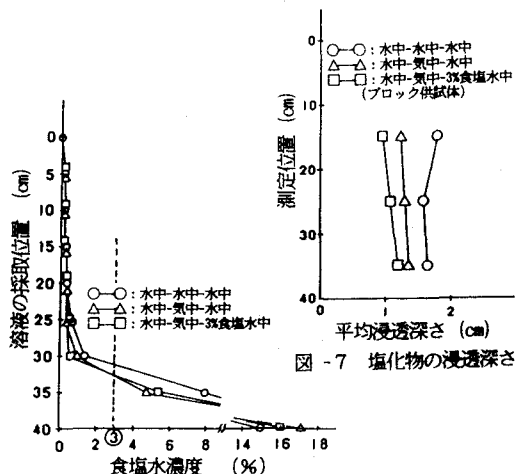


図-6 供試体の深さ方向の食塩水濃度

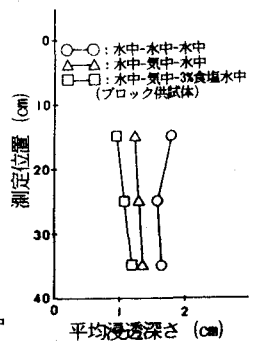


図-7 塩化物の浸透深さ