

## 凍結防止剤によるコンクリートの凍害に及ぼす乾燥の影響

東北大学 正 員 ○板橋 洋房  
東北大学 正 員 三浦 尚

## 1. はじめに

東北以北の積雪寒冷地においては、冬場の走行路面の安全性を確保する目的で塩化ナトリウム等の凍結防止剤が散布されるようになって数年が経過している。一般の凍結融解作用を受けた場合の養生条件や空気量等を変えた普通コンクリート<sup>1) 2)</sup>の凍結防止剤の作用を受けた凍害による劣化については、今までの研究で報告してきた。しかし、実際の環境にあるコンクリート部材においては、冬場には凍結融解作用を受けて凍害による表面劣化が発生し、夏場には乾燥するという凍結融解-乾燥の繰返しを受けているものと考えられる。そこで、本研究ではこのような凍結融解および乾燥の繰返しを受けた場合を考慮し、凍結融解試験途中の測定サイクル毎に供試体を乾燥させるという繰返しを行って、その乾燥の影響について調べた。また、凍結防止剤として塩化ナトリウムが供給された場合のコンクリート部材の凍害については、コンクリートが硬化した後に、塩化ナトリウムが供給される前までのコンクリートの養生方法、水セメント比および空気量等を変化させて比較検討した。

## 2. 実験概要

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(比重: 2.53、吸水率: 2.64%)、粗骨材として宮城県丸森産の砕石(最大寸法: 25mm、比重: 2.86、吸水率: 0.98%)を使用した。混和剤にはAE剤(Y社製)および高性能減水剤(K社製)を用いた。

また、凍結防止剤として使用した塩化物は、市販の塩化ナトリウム(NaCl 99%以上)である。

水セメント比  $W/C$  は、65、55、45%の3種類とし、AEコンクリート( $4 \pm 0.5\%$ の範囲の空気量)およびNon-AEコンクリートとした。単位水量は、全て  $165 \text{ kg/m}^3$  と一定とし、単位セメント量は、それぞれ254、300、367  $\text{kg/m}^3$  である。実験に用いた試験供試体は  $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$  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。脱型後からASTMの凍結融解試験を開始するまでの供試体の種類と養生方法およびその養生日数を図1に示す。

試験供試体は、脱型後、全て材齢7日まで水中養生を行い、その後、

①WWWは、材齢35日までの28日間、水中養生を継続したもの。

②WAWは、材齢28日まで気中養生した後、材齢35日までの7日間、水中養生したもの。

③WANは、材齢28日まで気中養生した後、材齢35日までの7日間、3%NaCl溶液に浸漬したもの。

である。これらの3種類の試験供試体について、材齢35日で凍結融解試験を行った。

本実験で行った凍結融解試験は、ASTM C-666の(A)法であるが、供試体の上下方向は常に一定とし、ゴム容器内のコンクリート供試体の回りの水は真水から3%NaCl溶液に変えている。

試験供試体の質量とたわみ一次共振周波数の測定は30サイクル毎に行い、それぞれの測定サイクルにおける質量減少率および相対動弾性係数を求めた。30サイクル毎の測定終了後、試験供試体は初期の養生で気中養生を行った同一の恒温室内で凍結融解30サイクル分に要する期間と同じ期間(約5日間)乾燥させ、その後、また凍結融解試験に供するという方法で試験供試体に凍結融解-乾燥の繰返しを与えた。

## 3. 結果および考察

図2には、 $W/C=65\%$ のAEコンクリートの3%NaCl溶液による凍結融解試験の質量減少率を乾燥の有無について比較した結果を示す。縦軸には質量減少率を、横軸には試験サイクル数を示し、白抜きは凍結融解途中で乾燥させたものであり、黒塗りは途中で乾燥させないものである。それぞれのデータは、凍結融解後に測定した値である。

この図から、凍結融解の途中で乾燥させなかったWWWの供試体とWAWの供試体では、試験終了時に約35%の質量減少率の差があったにもかかわらず、凍結融解の途中で乾燥させた場合には、その差が殆どなくなる傾向であった。途中で乾燥させないものに比べて、全体的に質量減少は抑制されている。

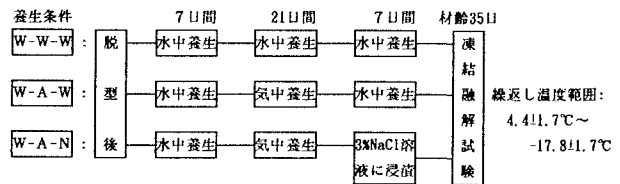


図-1 供試体の種類、養生方法および養生日数

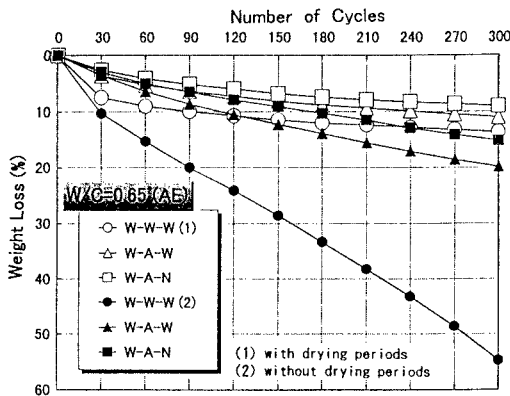


図-2 W/C=0.65(AE)の質量減少率の比較

その中でも、WWWの供試体でそれぞれ比較してみると、途中で乾燥させたものは試験終了時に約40%も質量減少が抑制されている。その途中乾燥させた WWW供試体においては途中乾燥なしで初期に気中養生した WAW, WAN供試体の劣化曲線と同程度になる位まで上へ移行してくる。これらのことから、実環境に同じW/C=65%のコンクリート部材があった場合、実際には強くなっている可能性がある。さらに、W/Cが55、45%と小さくなるにつれて、同様に質量減少も少なくなり、その劣化曲線の勾配は緩やかとなり、途中乾燥なしの劣化曲線の上へと移行する傾向を示した。また、参考として、これらの傾向は相対動弾性係数の結果においても同様に見られた。

次に、図3、図4には、W/C=65および45%のNon-AEコンクリートの質量減少率を比較した結果を示す。

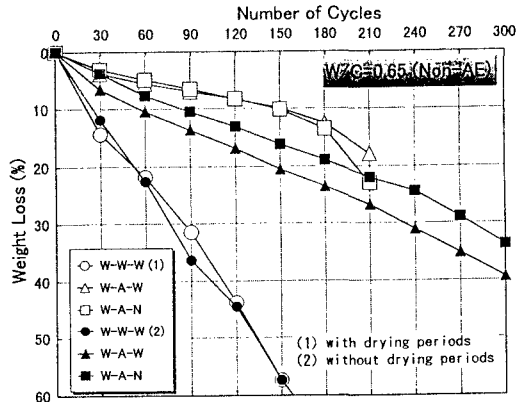


図-3 W/C=0.65(Non-AE)の質量減少率の比較

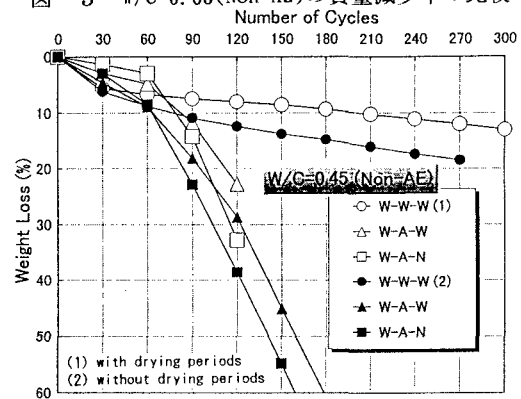


図-4 W/C=0.45(Non-AE)の質量減少率の比較

これらの図からもわかるように、Non-AEコンクリートの場合には、凍結融解の途中で乾燥させても、させなくても、同一の養生条件のものはそれぞれ同様な勾配の劣化曲線を呈した。また、この傾向はW/C=55%においても同様であった。しかし、凍結融解途中で乾燥させた WWW供試体と途中乾燥なしで初期の気中養生で乾燥させた WAW, WAN供試体を比較すると、AEコンクリートの場合とは異なる傾向であり、凍結融解途中で乾燥させることは、その劣化に大きな影響を与えるものと思われる。また、W/C=45%でも、途中乾燥の有無によらず劣化の傾向は同様であるが、W/C=45%以下になると、水中養生を継続したWWW供試体の質量減少は他のものと違ってかなり抑制される傾向がある。この傾向は、W/Cが大きい65、55%のものには見られなかった。

#### 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。

- (1) AEコンクリートの場合、凍結融解の途中で乾燥させることにより、質量減少は小さくなることから、凍害の劣化に対して、その影響はかなり大きい。また、W/C=65%で水中養生継続のものの劣化はかなり抑制される傾向にある。このことから、実環境にある構造物において、W/Cが同じ65%のものであっても、実際の場合は強くなっている可能性があると思われる。さらに、初期に気中養生して乾燥させた場合と凍結融解途中で乾燥させた場合、同様な劣化傾向になることから、途中乾燥せずに初期の気中養生で乾燥させて実験することにより、凍害による劣化をよりの確に判断できるものと思われる。
- (2) Non-AEコンクリートの場合、途中乾燥の有無によらず、同一の養生条件のものにおいては同様な劣化の傾向を示した。また、途中で乾燥させたとしても、水中養生を継続したもので水セメント比が大きい場合には、初期に気中養生したものよりも質量減少は大きくなっている。このことから、AEコンクリートと比べてもわかるように、途中乾燥させることにより、その劣化は大きくなる傾向が見られる。但し、W/C=45%以下になると、途中乾燥の有無によらず水中養生を継続したものの質量減少は抑制される傾向が見られる。[参考文献]：1)板橋洋房・三浦 尚：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

第47回セメント技術大会講演集 pp. 478-483, 1993

2)板橋洋房・三浦 尚：コンクリートの凍害に及ぼす凍結防止剤の影響

コンクリート工学年次論文報告集 pp. 555-560, 1994