

V-49

硫酸の影響を受けたコンクリートの凍害に関する基礎的研究

東北大学 正員 ○板橋 洋房

東北大学 Alexandru Lechkun

東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

近年、硫酸環境にある下水管等のコンクリートの劣化が深刻な問題となっている。これらのコンクリート構造物には化学的侵食作用に加えて、その部材が積雪寒冷地に存在する場合には凍結融解作用も同時に受けることになり、双方の影響を受けてコンクリートに発生する劣化はより複雑になるものと思われる。

そこで、本研究では硫酸の影響による侵食作用と凍結融解作用を同時に受けた場合のコンクリート部材の劣化状況を調べた。

2. 実験概要

使用したセメントは、市販の普通ポルトランドセメントで、細骨材には山砂(密度 2.60g/cm^3 、吸水率: 2.05%)を、粗骨材には碎石(最大寸法: 25mm 、密度: 2.86g/cm^3 、吸水率: 1.06%)を使用した。水セメント比は 65、55、および 45 で、単位セメント量はそれぞれ 254 、 300 、 367kg/m^3 である。単位水量は 165kg/m^3 と一定とし、5%程度の空気量を有する普通コンクリートを対象とした配合である。

また、硫酸の環境として、0.5、1.5、3.0%濃度の硫酸溶液を使用し、同時に真水や海水、3%NaCl 溶液による比較の実験も行った。試験液に関する実験条件と凍結融解試験開始材齢 14 日における各水セメント比のコンクリートの圧縮強度 (MPa) を表-1 に示す。

表-1 試験液と材齢 14 日におけるコンクリートの圧縮強度 (MPa)

	W/C=0.65	W/C=0.55	W/C=0.45
硫酸溶液 0.5、1.5、3.0%、真水	25.0	29.5	39.2
海水、3%NaCl溶液、真水	26.5	34.2	39.2

凍結融解試験に用いた供試体は $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱体で、打設した翌日に脱型し、凍結融解試験の材齢 14 日まで $21\pm 2^\circ\text{C}$ の恒温水槽で養生した後、試験に供した。凍結融解試験は JIS の凍結融解試験 (A) 法により行い、30 サイクル毎に質量減少率および相対動弾性係数を求めた。各測定終了後は供試体を入れたゴム容器にそれぞれ新しい試験液を入れ替えて、試験を継続した。

3. 実験結果および考察

図-1 および図-2 には、それぞれの濃度の硫酸溶液と真水で試験した水セメント比 65、55、45%コンクリートの質量減少率および相対動弾性係数の結果を示す。縦軸にはそれぞれ質量減少率および相対動弾性係数を、横軸には凍結融解サイクル数を示す。

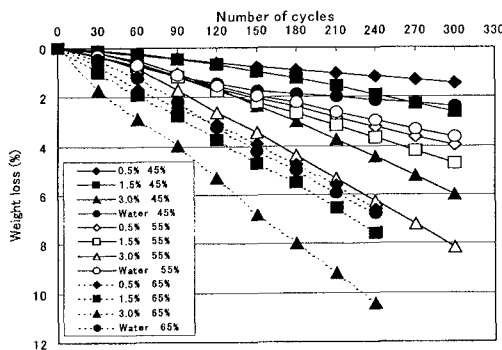


図-1 質量減少率の比較

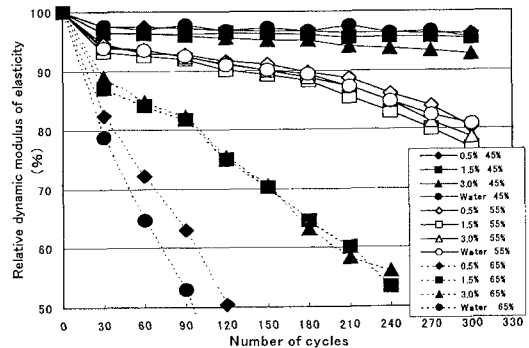


図-2 相対動弾性係数の比較

図からもわかるように、硫酸による侵食作用と凍結融解作用を同時に受けた場合でも、質量減少は直線的变化となる表面剥離によるもので、W/C が大きくなるにしたがって質量減少も増加しており、また硫酸濃度が大きくなるにしたがって、質量減少率が顕著に現れる結果となった。この理由としてはセメント水和物と硫酸が反応して石膏が生成し、これが供試体表面から剥離した結果であると思われる。

W/C65、55%のものでは、0.5%濃度の方は殆ど真水の場合と同程度の質量減少であったが、W/C45%の場合には真水のものよりも0.5、1.5%濃度の方が小さくなっているものも見られた。これは、W/Cが小さくなることにより、コンクリート自体がより密な状態になっているためと思われる。

相対動弾性係数においては、W/C による違いがはっきりと現れていることがわかる。W/C45%のものでは、試験サイクル数が増加してもその劣化曲線は殆ど横ばいの状態で、210 サイクル付近から 3.0%濃度のものは若干大きくなっているが、300 サイクルの時点でも相対動弾性係数は90%を下回っていない。W/C55%のものでも徐々に劣化する傾向は示したが、300 サイクル時点でも相対動弾性係数は80%程度であった。これに比べ、W/C65%のものではばらつきが大きく、質量減少率の傾向とは異なり、水と硫酸濃度 0.5%のものが濃度の大きい1.5、3.0%濃度のものよりも早期に劣化する傾向を示した。このことから、硫酸の作用と凍結融解作用を同時に受けた場合でも、コンクリートに生じる質量減少は表面剥離によるものであり、硫酸濃度が大きくなるにしたがって、表面剥離する量および硫酸との反応で生成する石膏の量も増加する。今回の実験で、硫酸による影響が最も顕著に現れたのはW/C65%の場合であり、硫酸濃度が大きくなるとその供試体表面には生成した石膏の膜が張り付いている状態であった。さらに、W/C が小さくなるにつれて、コンクリート自体がより密な状態となるため、硫酸による影響はコンクリート表面だけの反応に留まり、また濃度の違いによる影響も小さくなっている。

次に、図-3および図-4には、同時に凍結融解試験で比較した海水および3%NaCl 溶液によるものと水による質量減少率と相対動弾性係数の結果を示す。縦軸および横軸は前述した通りである。

この図からも分かるように、質量減少においてはどの W/C のものでも、水による質量減少は最も小さく、次に海水、3%NaCl 溶液の順で大きくなっている。水によるものは W/C が小さい程、質量減少も小さくなっているが、W/C が大きくなるにつれて海水および3%NaCl 溶液のものと水によるものの差はかなり大きくなっていることがわかる。このことから、海水および3%NaCl 溶液による劣化は、真水に比べ、質量減少率、相対動弾性係数ともに著しく低下し、硫酸溶液による劣化とは異なる傾向を示した。

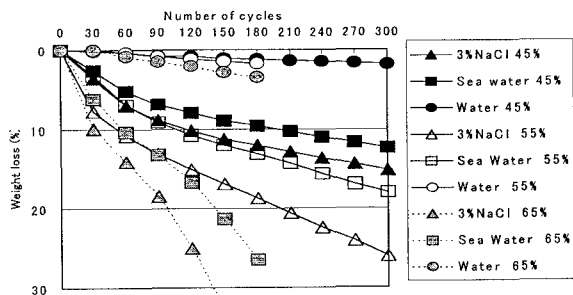


図-3 質量減少率の比較

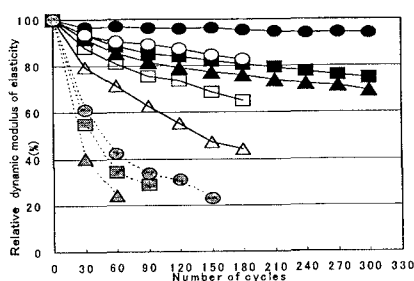


図-4 相対動弾性係数の比較

5. まとめ

今回、硫酸による作用と凍結融解作用を同時に受けた場合の実験で、次のようなことがわかった。

1. どの水セメント比のコンクリートも表面剥離による劣化であり、水セメント比が大きくなる程、また硫酸濃度が大きい程、質量減少率は大きくなる。但し、W/C65%の場合、相対動弾性係数は逆に硫酸濃度が大きい程高い値を示し、W/C55、45%では濃度による違いはあまり見られない結果となった。
2. 硫酸によるものに比べて、海水や3%NaCl 溶液による劣化はより大きくなっていることから、積雪寒冷地において、凍結防止剤等の影響が加わった場合には、その劣化はさらに大きくなる可能性が考えられる。