

V-23

硫酸の影響を受けたコンクリートの凍害

東北大学 正員 ○板橋 洋房

東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

硫酸環境にある下水道関連施設等のコンクリートの劣化が深刻な問題となっている。また、これらの構造物は置かれている環境にも多大な影響を受け、例えば積雪寒冷地にある場合には化学的侵食作用と凍結融解作用を同時に受けることから、コンクリート部材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、本研究では硫酸による作用と凍結融解作用を同時に受けたコンクリートの劣化状況を調べ、比較検討した。

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、粗骨材には砕石（最大寸法： 25mm ，密度： 2.86g/cm^3 ，吸水率： 1.06% ）を使用した。

コンクリートの配合は $W/C=65, 55, 45, 35\%$ であり、単位セメント量はそれぞれ $254, 300, 367, 472\text{kg/m}^3$ ，単位水量は全て 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ものである。

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た。硫酸による劣化の促進試験である JIS 案の硫酸濃度は 5% 濃度となっているが、実験で使用した硫酸溶液の濃度はこの JIS 案の値を参考に、温泉地や下水道施設等の実環境に存在する範囲を考慮し、選定した値である。また、硫酸による実験と比較のため、真水による実験も同時に行った。

凍結融解試験には $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体を用い、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、30 サイクル毎の質量減少率および相対動弾性係数を求めた。測定終了後、直ちに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凍結融解試験を継続した。

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 $W/C=65, 55, 45, 35\%$ 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。

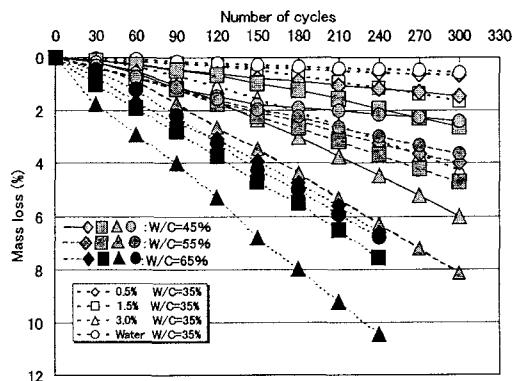


図-1 質量減少率の比較

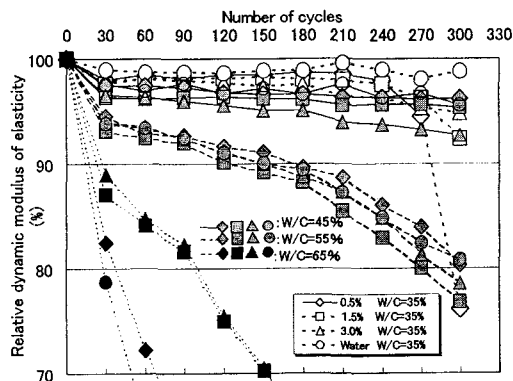


図-2 相対動弾性係数の比較

図-1 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、直線的変化の表面剥離を呈した劣化であり、 W/C が大きくなる程、また、硫酸溶液の濃度が高くなる程、質量減少も顕著に現れていることが分かる。真水による質量減少が最も小さくなる傾向を示していることから、凍結融解作用による劣化に加えて、硫酸の濃度の違いによる影響が重なりあったことによるものと思われる。 W/C の違いに関わらず、最も大きく現

れたのは 3%硫酸濃度のものであり、0.5%濃度では殆ど真水の結果と同様な傾向であった。劣化曲線の傾きは硫酸濃度が高くなる程大きく、逆に濃度が低いほど緩やかとなっている。通常の凍結融解作用による真水だけの場合と比較して、硫酸による作用がさらに加わった複合作用であっても、試験終了時点まで殆ど直線的な変化の質量減少であり、W/C が小さくなるにつれて、質量減少も同様に小さくなっている。

図-2 の相対動弾性係数においては、W/C=65%の場合は図-1 の結果とは逆に、硫酸濃度が高くなる程、相対動弾性係数の低下が抑えられるという興味深い結果となった。一方、W/C=55%, 45%では硫酸濃度の違いによって大きく変化する傾向は認められなかった。特筆すべきことは、更に W/C が小さい 35%において、真水のものは試験終了時まで横ばいの状態を呈したが、240 サイクル以降硫酸濃度が低い方が相対動弾性係数の急激な低下が確認されたことである。このことから、W/C を出来るだけ小さくすれば、凍結融解作用に対して十分耐久的であると言われているが、硫酸濃度が低い場合には耐久的な W/C のコンクリートであっても、ある期間を経過した段階で、急激に耐久性を損なうことが確認された。この現象は W/C=45%, 55%においては見られなかったものである。このように、W/C が小さい場合でも硫酸の濃度の違いによる影響を受けると、急激な劣化を呈する可能性もあることから、W/C をただ単に小さくすれば良いというのではなく、例えば単位セメント量等にも十分配慮しなければならぬ問題であると思われる。

特に、相対動弾性係数において、硫酸による影響が最も顕著に現れたのは凍結融解試験初期の W/C=65%のコンクリートで硫酸濃度が低い場合、また、試験途中経過で何ら問題が見られなかった W/C=35%でも、硫酸濃度の低い方が高いものよりも早期に劣化する傾向を示した。このことから、硫酸の侵食作用と凍結融解作用を同時に受けるような場合にはできるだけ W/C を小さくするのは当然であるが、硫酸濃度の違いによる影響や凍結融解の影響も考慮した W/C もしくは単位セメント量の的確な範囲が存在するものと思われる。

図-3 には、それぞれのコンクリートの劣化量を硫酸溶液の濃度の違いについて示した。それぞれの値は、真水に対する各硫酸濃度の質量減少の比で表した。W/C=65%のものが 240 サイクルで終了していることから、それ以外のものも 240 サイクル時の値で評価した。

この図より、W/C=65%と最も大きい場合には直線の傾きも緩やかになっており、硫酸濃度の違いによる影響はあまり見られないが、逆に W/C が小さくなるにしたがって、直線の傾きは徐々に大きくなる傾向を呈している。中でも W/C=35%の場合、0.5%濃度では他のものと殆ど同じで大きな違いは見られなかったが、硫酸濃度が 3%と高くなると劣化直線の傾きは急激に変化していることがわかる。このことから、質量減少から考えた場合、W/C が大きい場合には、硫酸濃度の影響よりも凍結融解作用の影響の方が大きく支配し、W/C が小さくなるにしたがって凍結融解作用よりも硫酸濃度の影響の方が大きく支配しているものと思われる。

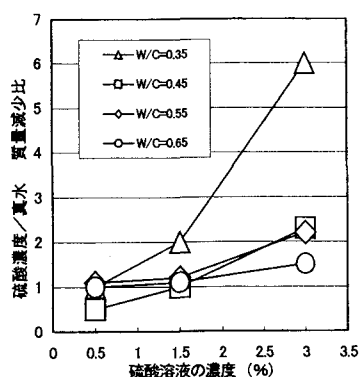


図-3 硫酸濃度の違いによる影響

4. まとめ

硫酸の作用と凍結融解作用を同時に受けた実験の結果、次のようなことがわかった。

1. 硫酸の作用と凍結融解作用が同時に作用した場合には、W/C が大きい程、また硫酸濃度が高い程、その劣化は大きくなる。質量減少から見た場合、W/C が大きい場合には硫酸濃度の影響よりも凍結融解作用の影響がより大きく支配し、W/C が小さくなるにつれて凍結融解作用よりも硫酸濃度の影響が大きく支配するものと思われる。
2. 硫酸濃度が高いほど質量減少も大きくなるがしかし、W/C が大きい場合には硫酸濃度が低いほど早期に劣化する。また、W/C が小さい 35%の場合には、十分耐久的であると判断される期間を経過した後に、急激な劣化を呈する可能性が示唆された。

謝辞:本研究は、平成 13 年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))の交付を受けて行った研究の一部である。