

融雪剤の種類がコンクリートの耐凍結融解抵抗性に及ぼす影響

岩手大学 学生会員 ○浅野 慎吾
岩手大学 正会員 小山田 哲也
岩手大学 正会員 羽原 俊祐

1 はじめに

積雪寒冷地の道路の安全運行を目的に、融雪剤の散布が行なわれている。実際に融雪剤の使用が劇的に増加したのは1991年にスパイクタイヤの使用規制以来で、その後、融雪剤の使用量が年々大幅に増加している。東北地方だけでも年間約2万5千トン使用されている。融雪剤は、凝固点を低下させる効果の高い無機塩が使用され、塩化ナトリウムや塩化カルシウムの塩が主体である。塩化物の使用は、鉄筋コンクリート中の鉄筋の腐食を促進することが大きく懸念されている。融雪剤による凍結融解抵抗性の劣化は、動弾性係数の低下として現れる氷の生成による内部の組織の崩壊(コンクリート全体の劣化)よりも、表面からのコンクリートが剥離するスケールリングによる劣化が著しい¹⁾。酢酸カリウムなどの塩化物ではない融雪剤は、塩化物イオンによる塩害劣化を除外し、コンクリートには有用視されているが、塩化物の融雪剤に比べて、スケールリングによる劣化についての検討はされていない。本研究では、同程度の融雪剤使用量下でのコンクリートのスケールリングに対する抵抗性を評価検討した。また、塩化物イオンの浸透を低減させる効果のあるフライアッシュを混和した場合の抵抗性についても評価した。これらにより、融雪剤の使用によるコンクリートへの凍結融解抵抗性への影響を把握した。

2. 試料及び実験方法

2.1 試料

セメントは混合材を含まない研究用普通ポルトランドセメント(N)を使用した。フライアッシュは、コンクリート用混和材としてⅡ種灰を使用し、セメントに15%打ち内割りで混合し、フライアッシュB種セメント(F)を製造した。融雪剤は、工業試薬である塩化ナトリウム(Na)、塩化カルシウム(Ca)及び酢酸カリウム(K)を用いた。それぞれの陽イオンの記号をとり、Na, Ca, Kで表記した。

2.2 スケールリング試験

スケールリング試験については、文献¹⁾²⁾を参考に、モルタル供試体にて行なった。コンクリートでは打設した後のブリーディングにより水が上がりてくる。粗骨材などがあるとその下に水が溜まってしまう。その水は蒸発すると空隙になることを避けるためにモルタルを使用した。直径φ153mm深さL120mmの塩化ビニール管を切り出し、底面に、内径が対応する厚さ20mm片側がプラスチックの化粧版(木製)を底面とした。モルタルは細骨材(川砂):セメント比を3:1とし、フライアッシュセメントの場合と

普通セメントの場合の強度発現を考慮し、材齢28日の強度が等価となるように、フライアッシュセメント(F)の場合には水/セメント比を50%、普通ポルトランドセメントの場合には55%とした。いずれもAE剤による空気量の調整を行わないプレーンモルタルを使用した。同一モルタルを用いた材齢28日の圧縮強度は普通セメントモルタルで43.4MPa、フライアッシュセメントモルタルで43.1MPaとなり、ほぼ等価となった。容器へのモルタル投入は、2層にわけて行い、15回ずつ突固め、木槌で気泡を除去し、20℃恒温槽にて28日間水中養生を行った。28日後に、モルタル上面から5mm押し上げ、底面の化粧版を取り外した。モルタル打設底面はブリーディング等の影響が少ないため、試験には打設底面を使用することとした。底面モルタルの円周縁部は弱くなっていることを考慮して、シリコン樹脂にて被覆した。モルタルの上面15mm高さに、融雪剤溶液を満たし、冷凍庫に入れ-20℃に凍結させる。その後、室温により15℃にして融解させる。このサイクルを1日1サイクルとしてこれを50サイクル行なった。融雪剤の濃度は、3mass%の水溶液とした。この試験方法は、RILEM-CDF法に準拠する。融雪剤の影響を調べるため、融雪剤無添加の水道水を用いた水準も加えた。スケールリング量の計測は、5回のサイクル毎に、供試体は3本毎に表面から剥がれ落ちたモルタルの破片を水溶液ごと濾過し、洗浄後、別々に105℃の乾燥機によって1日乾燥させ、質量を測定した。質量(g)を断面積(cm²)で除してスケールリング量とした。

2.3 塩化物イオン量の定量

塩化ナトリウム(Na)、塩化カルシウム(Ca)の融雪剤を使用した50サイクル終了後のスケールリング試験供試体をダイヤモンドカッターで切断し、試験断面から厚さ1cm毎にドリルで試料採取し、各層における塩化物イオン量を、電量滴定法により定量し、塩化物イオンの浸透度の測定を行なった。

3 実験結果及び考察

3.1 融雪剤の種類の影響

図1に各種融雪剤を用いた普通ポルトランドセメントモルタルのスケールリング試験結果を示す。累積スケールリング量は5サイクル毎に測定した。融雪剤を使用しないもの、(N-non)は50サイクルおこなってもスケールリング量は0.01g/cm²以下であり、写真1の左で示すように、打設面はほぼ損傷はなく、スケールリングを起こしていない。融雪剤を用いたものは、すべての水準において、20サイクルぐらいから増加し、40サイクル以降では、写真1の右で示すように、酢酸カリウム(K)ではスケールリング量が顕著となる。続いて、塩化ナトリウムであり、35サイクル以上でスケールリングが進む。塩化カルシウムは50サイクルまではスケールリング率の増加はほぼ一定である。塩化物イオンの浸透がない酢酸系融雪剤は、道路用として適しているとの指摘があるが、凍結融解によるスケールリング劣化は、塩化物より著しい。

表1 試験供試体の配合条件

セメント	記号	W/(C+F) (%)	C:F	(C+F):S
普通ポルトランドセメント	N	55	—	1:3
フライアッシュセメント	F	50	85:15	1:3

3.2 セメントの種類の影響

フライアッシュセメントモルタルでの累積スケーリング量を図2に示す。普通ポルトランドセメントモルタルと等価の圧縮強度から凍結融解を開始したが、融雪剤の影響は、普通ポルトランドセメントモルタルの傾向と同じである。酢酸カリウムでは 20 サイクルからスケーリング量は急増し、50 サイクルでは普通セメントモルタルの 3 倍以上の約 1.3g/cm²となる。フライアッシュセメントモルタル

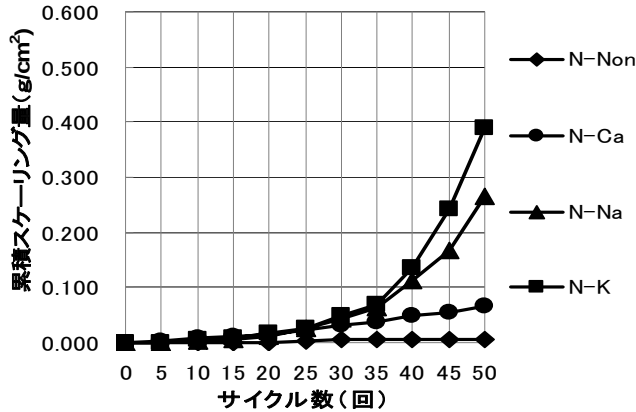


図1 累積スケーリング量の推移(普通セメント)

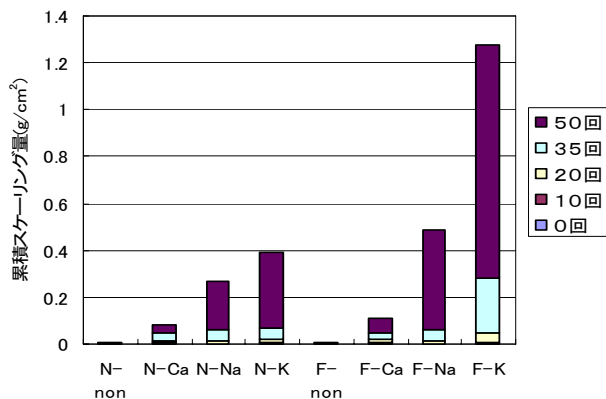


図2 セメントの種類とスケーリング量

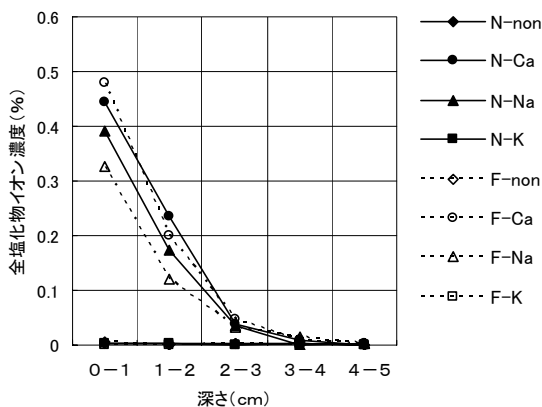


図3 塩化物イオン濃度と深さの関係



写真1 実験後の供試体(左N-non、右N-K)

でのスケーリングが大きいことがわかる。

3%の融雪剤濃度での各融雪剤の凝固点降下は、塩化ナトリウム-1.97℃、塩化カルシウム-1.56℃、酢酸カリウム-1.17℃の順であり、スケーリング量と対応するものではない。

3.2 塩化物の浸透深さ

塩化物イオンについては、スケーリング試験後の塩化ナトリウム及び塩化カルシウムを用いた硬化体について測定をおこなった。結果を図3に示す。モルタル中への塩化物の浸透は、普通セメント及びフライアッシュセメントとも塩化カルシウムのほうが大きい。フライアッシュセメントは酸化アルミニウム含有量が高いことから、塩分を表面に固定するといわれているが、材齢 28 日から試験を開始したこともあり、塩化物イオンの浸透における抑制効果は見られなかった。普通ポルトランドセメントとフライアッシュセメントではフライアッシュセメントのほうが塩素イオンの浸透度が幾分低い。

スケーリング量との比較を行うと、塩分の浸透度は塩化ナトリウムより塩化カルシウムのほうが大きい。しかし、スケーリング量は塩化ナトリウムの方が大きい。つまり、塩分の浸透度はスケーリング量とは直接関係があるとはいえない。

4. まとめ

塩化ナトリウム、塩化カルシウム、酢酸カリウムの融雪剤を使用し、スケーリング量(耐凍結融解抵抗性)に及ぼす影響を調べた。

- 1) 融雪剤の使用により、スケーリング劣化は顕著に増加する。とりわけ、酢酸カリウムの劣化は大きく、続いて塩化ナトリウム、塩化カルシウムの順であり、使用しなかったブランクではほとんどスケーリングは生じない。
- 2) フライアッシュセメントを用いた場合、モルタル強度を同一にしても、フライアッシュセメントモルタルのほうが、スケーリング劣化が生じやすい。
- 3) スケーリング試験後(50 サイクル後)の塩化物イオンの浸透を調べた結果、塩化カルシウムのほうが塩化ナトリウムに比べ、塩化物イオンは浸透しやすく、フライアッシュセメントモルタルもこの試験では普通セメントモルタルと同程度であった。塩化物イオンの浸透深さが直接スケーリング量の多寡に影響しない。

本研究に当っては、財団法人ソルト・サイエンス研究財団より、19 年度研究助成(助成番号 0708)を受けており、篤く謝意を表す。

参考文献

- 1) 融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会報告書・論文集：融雪剤の影響を受けたコンクリートの凍害, pp.24-31, (1991)
- 2) 原忠勝ら：凍結融雪剤によるコンクリートのスケーリング劣化の評価に関する基礎検討、セメントコンクリート論文集、No.54, pp.398-403, (2000)