界面活性剤と塩分との複合作用がコンクリートのスケーリングに及ぼす影響

東北学院大学大学院　学　生　員　○菅井　貴洋
東北学院大学工学部　フェロー会員　大塚　浩司
東北学院大学工学部　正　会　員　武田　三弘

1.　はじめに

近年では、アスファルト舗装下のコンクリート床版上層部においてコンクリートが劣化する土砂化現象が問題となってきている。この土砂化したコンクリートからは、界面活性剤が検出[1)]され、界面活性剤によるコンクリートの劣化現象に関する研究成果が報告[2)]されている。また、本研究室における過去の研究結果[3)]から，凍結融解作用下において界面活性剤と塩分とが複合して作用した場合には，コンクリートの劣化が増大する結果が得られているが、その原因については、未だ明らかにされておらず、詳細な研究が望まれる。

そこで本研究は、界面活性剤がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響について調べるために、RELEM CDF 法を参考に独自に考案した方法による試験を行い、洗剤濃度毎にスケーリング量および毛管浸透深さを求め、それらの比較を行うことを目的としたものである。

2.　実験概要

表-1 は、実験に用いた界面活性剤を含む洗剤を示したものである。実験には、この洗剤を水および NaCl3%水溶液用いてそれぞれ 11 種類の濃度に調整したもの（洗剤水溶液および洗剤塩水溶液）を使用した。（**表-2** 参照）

表-1　使用した洗剤

洗剤名	含まれる界面活性剤	イオン系
自動車窓用洗浄液	ポリオキシエチレンラウリル硫酸エステルポリエタノールアミン塩	陰イオン系

表-2　実験条件

洗剤濃度（%）					
溶媒のみ	0.005	0.01	0.1	0.3	0.5
1	3	5	25	50	洗剤のみ

表-3 は、本研究におけるコンクリートの配合を示したものである。供試体作製方法は、配合強度 30N/mm^2 の配合で練り混ぜられたコンクリートをφ100×50mm の円柱型枠に打設し、翌日に脱型、その後２週間 20℃±2℃で水中養生を行い作製した。実験に用いた供試体は、試験面を打設底面としたφ100×50mm の円柱型のもので、側面からの試験溶液の浸透を防止するために供試体側面をエポキシ樹脂でコーティングしたものである。試験は、供試体を高さ 5mm のスペーサー上に設置し、試験面から 5mm の深さまで試験溶液に浸漬させた状態で行った。（**図-1** 参照）試験条件として、凍結融解作用を与えない場合および与えた場合の二つの条件で試験を行った。凍結融解作用を与えない場合の試験方法は、**図-1** に示すように供試体を配置し、それを各濃度に調整した洗剤水溶液および洗剤塩水溶液に 7 日間浸漬させ、その後供試体を取り出し、割裂によって毛管浸透深さを測定した。また、凍結融解作用を与えた場合の試験方法は、凍結融解試験に先立って、毛管浸透により供試体を試験溶液に 7 日間浸漬させ、その後試験溶液に浸漬した状態で凍結融解試験を開始した。凍結融解サイクルは、大型冷凍庫による凍結を 19.5 時間および恒温恒湿室（室温=20℃、R.H.=60%）による融解を 4.5 時間とし、これを 1 サイクルとして計 15 サイクル行った。毛管浸透深さは、凍結融解 15 サイクル終了時に供試体を割裂し、測定した。毛管浸透試験おけるスケーリング量は、凍結融解 3 サイクルごとに供試体から剥離したものを濾過紙に採取し、24 時間 105℃で乾燥させ、その乾燥した試料の質量のことである。

表-3　コンクリート配合

Gmax (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	Air content (%)	s/a (%)	Unit Weigt (kg/m^3)				
					W	*C*	*S*	*G*	*A*
20	8	60	4	41	179	298	727	1028	0.090

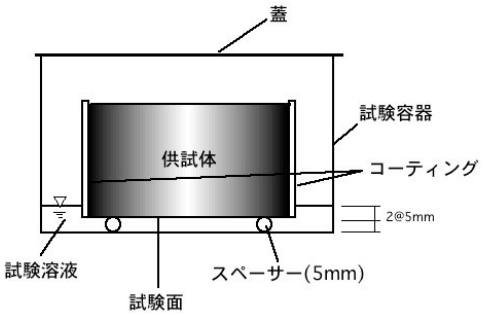

図-1　毛管浸透試験状況

3.　実験結果

図-2 は、水を溶媒とした濃度別の自動車窓用洗浄液における毛管浸透深さと洗剤水溶液濃度との関係を表

したものである。実験の結果、凍結融解試験前では顕著な傾向は見られなかったが、凍結融解 15 サイクル時には洗剤濃度 3%付近で毛管浸透深さが最大となる山形の傾向がみられた。

図-3 は、NaCl3％水溶液を溶媒とした濃度別の自動車窓用洗浄液における凍結融解試験前および凍結融解 15 サイクル時の毛管浸透深さと洗剤水溶液濃度との関係を同じ図中に表したものである。実験の結果、凍結融解試験前では、NaCl3%水溶液に洗剤が加わることによって毛管浸透深さは減少傾向にあったが、凍結融解試験後では、NaCl3%水溶液単独の場合と比べて増加傾向にあった。特に毛管浸透深さが大きかった洗剤濃度は、0.3%のものであった。

図-4 は、水を溶媒とした濃度別の自動車窓用洗浄液における毛管浸透深さと洗剤水溶液濃度との関係および凍結融解 15 サイクル終了時の総スケーリング量と洗剤水溶液濃度との関係を表したものである。実験の結果、毛管浸透深さおよび総スケーリング量は、いずれも濃度3%付近を頂点とする山形の傾向が得られた。

図-5 は、NaCl3％水溶液を溶媒とした濃度別の自動車窓用洗浄液における毛管浸透深さと洗剤塩水溶液濃度および凍結融解 15 サイクル終了時総スケーリング量と洗剤塩水溶液濃度との関係を同じ図中に表したものである。実験の結果、毛管浸透深さとスケーリング量は、いずれも 0.3%付近に最も増大する山形の傾向が得られた。

4. まとめ

本実験の範囲内で以下のことが言える。

(1) 水を溶媒とし濃度を 11 種類にかえた洗剤水溶液を用いて毛管浸透試験を行った結果、洗剤水溶液を用いた場合の毛管浸透深さは、水単独の毛管浸透深さと比べ、大きくなる場合もあることが明らかとなった。このことから、界面活性剤は、液体の表面張力を低下させる作用を有しているため、洗剤水溶液のコンクリート内部への浸透性を助長させているのではないかと考えられる。

(2) 毛管浸透による凍結融解試験を行った結果、希薄な濃度の界面活性剤に塩分が加わることによって、毛管浸透深さおよびスケーリング量は、いずれも洗剤濃度 3%付近で最も増大する山形の傾向にあり、両者に良い関係が得られた。これは、塩分の存在による浸透圧および膨張圧に加えて、界面活性剤による液体の表面張力を低下させる作用が生じ、これらが複合的に作用してコンクリートの劣化を増大させているためではないかと考えられる。

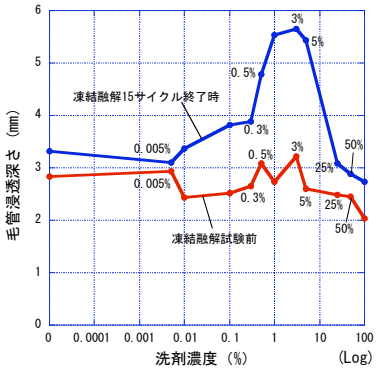

図-2 毛管浸透深さと洗剤濃度との関係（溶媒：水）

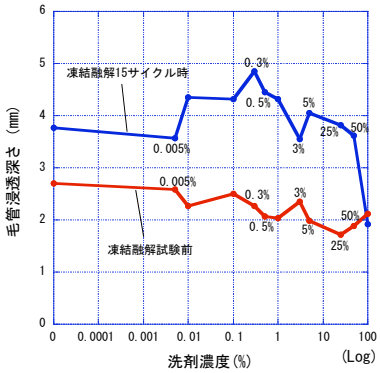

図-3 毛管浸透深さと洗剤濃度との関係（溶媒：NaCl3%水溶液）

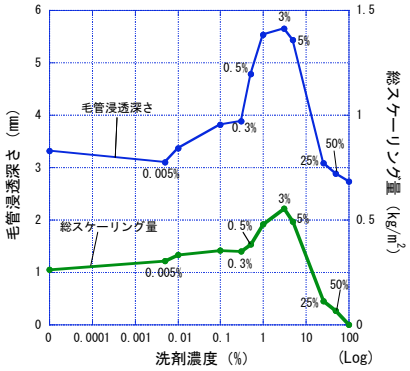

図-4 毛管浸透深さおよび総スケーリング量と洗剤濃度との関係（溶媒：水）

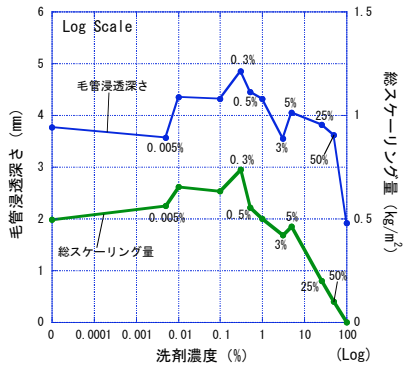

図-5 毛管浸透深さおよび総スケーリング量と洗剤濃度との関係（溶媒：NaCl3%水溶液）

参考文献

1) 森吉昭博、田端昌祥、徳光克也：Materials Life、8[1]pp.41－44、(Jan.1996)
2) 武田三弘、大塚浩司、森吉昭博：コンクリートの劣化に及ぼす界面活性剤の影響、応用力学論文集、 Vol. 6、 pp. 1189-1196、 2003.8
3) 菅井貴洋、大塚浩司、武田三弘：界面活性剤と塩分との複合作用がコンクリートの凍結融解による劣化に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、No.1、pp.1155-1160、2007.7