

表面改質材によるコンクリートの透気性状と凍結融解抵抗性の変化

正会員 ○鈴木 好幸\*  
同 新 大軌\*\*  
同 濱 幸雄\*\*\*

表面改質材 透気試験 吸水率  
スケーリング 凍結融解 耐凍害性

1. はじめに

近年、コンクリートの補修および劣化抑制対策として、既設構造物へ適用可能で施工が容易且つ比較的安価である表面改質材が注目されている。中でもケイ酸質系の表面改質材は、コンクリート表面の組織を緻密化することにより、塩害や凍害防止、中性化抑制など総合的な劣化対策を行える材料として期待されており、ひび割れ抑制、止水性に関しては、劣化抑制効果が報告されている<sup>1)</sup>。しかし、表面改質技術へのニーズに対し、ケイ酸質系の表面改質材の反応メカニズムには未だ不明な点が多く、また分類、性能、効果の評価方法などの基準は十分に整備されているとはいえないのが現状である<sup>2)</sup>。

また北海道などの寒冷地では、凍結融解の繰り返しに対する劣化対策が求められており、表面改質材は凍害劣化抑制への効果が期待されている。本研究では、表面改質材を施工したコンクリート供試体を用いた凍結融解試験、透気試験を行い、その凍害劣化抑制効果及び表面改質材によるコンクリートの表面組織の変化について比較検討した。

2. 実験計画および方法

使用したコンクリートは水セメント比 55%の non-AE コンクリートとした。セメントは、JIS R 5210 に規定される普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm<sup>3</sup>) を使用した。骨材は陸砂 (表乾密度 2.69 g/cm<sup>3</sup>、吸収率 1.52%) および碎石 (表乾密度 2.67g/cm<sup>3</sup>、吸収率 1.83%) を用いた。表 1 にコンクリートの調合表および練上がり性状を示す。また、普通コンクリート N を下地として表 2 に示す 3 種類の表面改質材を施工し、表面改質材を施工していないコンクリートを比較用として用いた。

凍結融解試験は、一面凍結融解試験 (RILEM CIF 試験および RILEM CDF 試験) により行った。一面凍結融解試験 (RILEM CIF 試験および RILEM CDF 試験) は RILEM に規定されており、限界飽水度による凍害を評価するものである。RILEM CIF 試験は吸水に真水を用いるのに対し、CDF 試験は 3%の塩化ナトリウム溶液を用いることが特徴である。本試験ではφ100×200 mmの試験体を作成し、それをコンクリートカッターで切断して作成されたφ100×100mm の試験体の切断面に表面改質材を施工したものを使用した。

養生および表面改質材の施工、凍結融解試験の行程を

図 1 に示す。

透気試験はφ100×100mm の試験体に表面改質材を塗布し、塗布面から深さ 10 mm に切断した試験片を用いる。含水率を一定にするため一日水中養生を行い、乾燥させた後塩化ビニルで密封する。その後、透気試験装置により 3N/cm<sup>2</sup> の圧力をかけて透気量を測定し、式(1)により透気係数を算出した。

$$K_A = [2LP_2 / (P_1^2 - P_2^2)] \cdot (Q_A / A_A) \quad (1)$$

K<sub>A</sub>:透気係数(cm<sup>4</sup>/SN) L:供試体厚さ(cm)  
Q<sub>A</sub>:透気量(cm<sup>3</sup>/s) A<sub>A</sub>:透気面積(cm<sup>2</sup>)  
P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>:載加圧、大気圧(N/cm<sup>2</sup>)

3. 実験結果

1) RILEM CDF 試験

図 2 に CDF 試験における剥離量の変化を示す。CDF 試験を 56 サイクル行った結果では、表面改質材の種類によって剥離量に大きな差が見られる。しかし、どの表面改質材を塗布したコンクリートにおいてもベースコンク

表 1 コンクリートの調合表および練上がり性状

試験体記号	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				練上がり性状		
			W	OPC	S	G	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
N	55	46.8	190	344	879	998	18	3.3	24.8

表 2 表面改質材の種類

試験体記号	系統	試験体記号	系統
N	—	S	シラン系
KR	ケイ酸リチウム系	KN	ケイ酸ナトリウム系

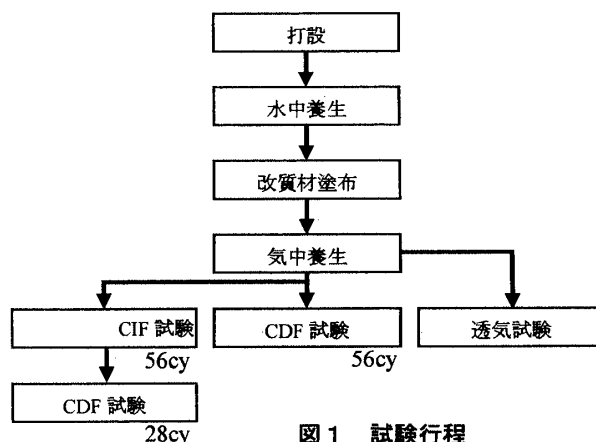


図 1 試験行程

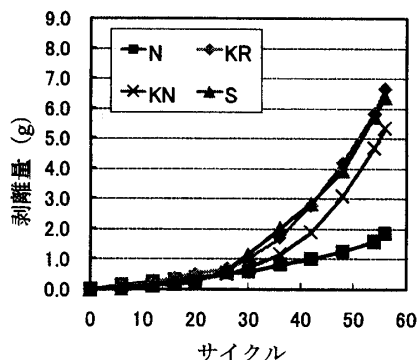


図2 CDF 試験 (剥離量)

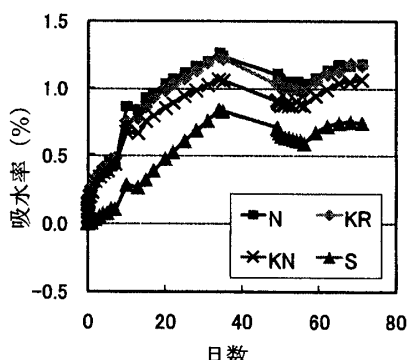


図3 CIF-CDF 試験 (吸水率)

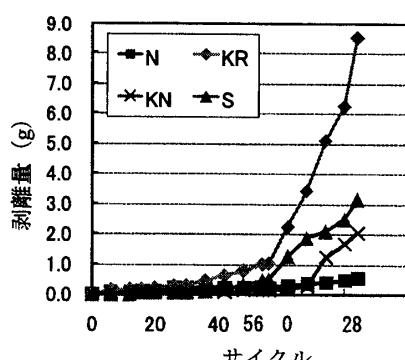


図4 CIF-CDF 試験 (剥離量)

リートと比較して剥離量が上回っており、塩水での凍結融解に対する表面改質材の剥離抵抗性向上効果は認められなかった。

## 2) RILEM CIF-CDF 試験

図3に CIF&CDF 試験中の吸水率の変化を示す。いずれの表面改質材を塗布した試験体もベースコンクリートよりも吸水率が低くなっており、表面改質材による吸水抑制効果が確認された。

図4に CIF-CDF 試験での剥離量の変化を示す。CIF 試験ではいずれの供試体でもほとんど剥離が見られなかったが、CDF 試験開始直後から KR、S、KN、ベースコンクリートの順に著しい剥離が見られた。しかし、KR においては表面に脆弱な骨材があったため、そこから剥離が進んだと考えられる。

ベースコンクリートに比べ吸水が抑制され、表層を緻密化させたと思われる表面改質材において、一部剥離を促進させているものがあることは、表面改質材による緻密化がごく表層のみであると推測した場合、吸水を抑える効果は期待できるが、過剰な水圧が作用するような厳しい環境下では結果的に水分がコンクリート内に圧入されるため、緻密な表層が下層の凍結水圧の影響を受けやすくなり剥離が促進すると考えられる<sup>3)</sup>。

## 3) 透気試験

図5に透気係数の数値を示す。乾湿で比較すると、ベースコンクリート、KR、KN は湿潤状態にすることでコンクリート内部の空隙に水分が浸透し透気量が減少したと考えられる。S はシラン系改質材特有の撥水作用により乾湿での差が表れなかった。また、乾燥状態においてベースコンクリートと比較してケイ酸質系は2種とも透気係数が半分以下の値となっており、表面改質材により表層部が緻密になっていると考えられる。一方、シラン系の吸水抑制効果は撥水作用によるもので、表面組織は緻密化していないことが確認された。

## 4. まとめ

本研究の結果を以下に要約する。

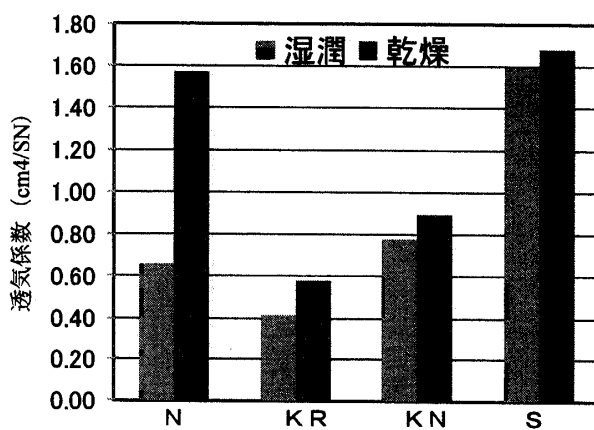


図5 透気試験結果

1) CIF 試験時では、すべての試験体で凍害劣化は見られなかったが、表面改質材による吸水抑制効果を確認した。

2) CDF 試験では、塩分が作用する凍結融解では表面改質材による凍結融解抵抗性向上効果はほとんど期待できず、劣化(剥離)を促進させた。原因としては、表面改質材による表層の緻密化が、ごく表層のみの改質であるためと考えられる。

3) 透気試験時では、ケイ酸質系改質材によって表層が緻密になっているということが明らかになった。また、シラン系は撥水作用により乾湿での差が表れず、表面組織の変化はないと考えられる。

### 【謝辞】

本研究の実施にあたり、東北電力(株)・成田健氏、小山慎一郎氏、室蘭工業大学卒業生・谷野勇介氏の協力を得た。記して、謝意を表す。

### 【参考文献】

- 1) 審良善和ほか：表面改質材を用いたコンクリート構造物の劣化抑制に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、vol.26、No.1、pp.1719-1724、2004
- 2) 井田佳世子：ケイ酸質系コンクリート表面改質材に関する現状調査、室蘭工業大学建設システム工学科、卒業論文、2006
- 3) 日本コンクリート工学協会：塩化物によるスケール促進のメカニズム、コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会 報告書、pp.143-155、2008.8

\*室蘭工業大学大学院

\*\*室蘭工業大学大学院助教・博士(工学)

\*\*\*室蘭工業大学大学院准教授・博士(工学)

\*Graduate School, Muroran Institute of Technology

\*\*Assistant.Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng

\*\*\*Assoc.Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng