

## 浸透性吸水防止剤を塗布したコンクリートの塩分環境下における耐凍害性とその評価方法

岩手大学大学院工学研究科	学生会員	遠藤 尚宏
岩手大学工学部	正会員	小山田哲也
岩手大学工学部	正会員	藤原 忠司
岩手大学工学部		小笠原霧子

### 1. まえがき

凍結防止剤の散布により、塩分が浸透した状態で凍結融解作用を受けるコンクリートの凍害が懸念されている。この対策のひとつとして、浸透性吸水防止剤（以下、吸水防止剤と略記）の塗布が挙げられ、本研究では、その効果について検討した。また、吸水防止剤の評価方法が定まっていないと考えられるため、この点についても検討の対象とした。

### 2. 実験概要

吸水防止剤の評価方法としては、2つを取り上げた。ひとつは、供試体容器に塩水を張った状態で、JIS A 1148 の水中凍結・水中融解試験方法（A法）に従い、凍結融解試験を行うもので、塩水は3%の塩化ナトリウム溶液とした。以下、これをA法と称する。ふたつめは、塩分環境下における耐凍害性を調べる方法として提案されているRILEM-CDF法を参考に、独自に考案したものであり、これをRILEM類似法と呼び、試験の流れを図-1に示す。供試体下面に張る塩水は、同じく3%の塩化ナトリウム溶液とした。

コンクリートの配合を表-1に示す。A法では、寒冷地で使用されるコンクリートを想定し、水セメント比を49.0%、設定空気量を4.5%とした配合を用いた。また、RILEM類似法では、比較的緩い試験条件であるため、劣化しやすいと予想される水セメント比60.0%のプレーンコンクリートである配合を用いた。供試体には、10×10×40cmの角柱を使用した。

吸水防止剤には、シラン系およびシラン・シロキサン系のものを用いた。塗布の効果を検証するため、無塗布についても凍結融解試験を行っている。

A法で使用した配合の供試体は、材齢1日で脱型を行い、20%RH.60%で14日間気中養生を行った後、吸水防止剤を全面（6面）に塗布した。塗布量はメーカーの推奨量である。その後、14日間同一条件で気中にて養生し、凍結融解試験を開始した。この試験では、質量変化率を耐凍害性の指標とした。

RILEM類似法での養生条件や塗布方法は、図-1に示してある。凍結融解試験の温度管理は、同一寸法のダミー供試体の上部から穴をあけ、供試体の水に接している部分に熱電対を埋設して行った。凍結融解切換温度は、+7℃～-15℃であり、切換えまでに要する時間は凍結側で18時間、融解側で6時間である。耐凍害性は、スケール量で評価した。供試体をブラシで洗浄してスケール部を剥離させて、0.074mmのふるいに留まるものを乾燥させ、この乾燥試料の質量をスケール量とした。測定は、5サイクル毎に行った。

キーワード 浸透性吸水防止剤、凍結融解抵抗性、塩分浸透、凍結融解試験方法、スケール劣化

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5 岩手大学工学部建設環境工学科 TEL 019-621-6443

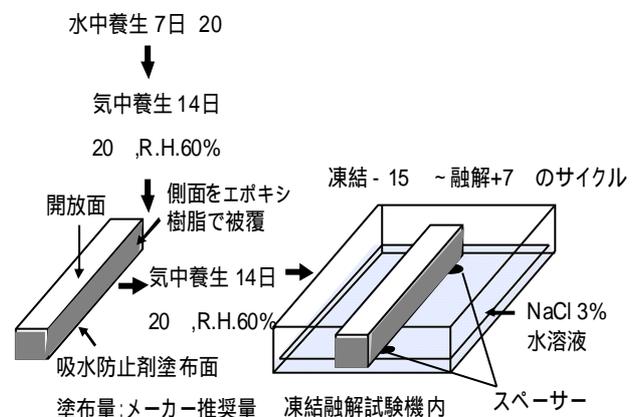


図-1 RILEM類似法

表-1 コンクリートの配合

配合	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
				W	C	S	G
	49.0	4.5	42.0	165	337	821	1168
	60.0	1.0	44.2	175	292	901	1171

凍結融解試験の開始と同材齢で、別途に作製した供試体を用い、JSCE-K571 に準拠して撥水深さも調べている。

### 3. 実験結果および考察

吸水防止剤の撥水深さを表-2 に示す。シラン・シロキサン系の場合に、撥水深さが大きく、より深部まで吸水防止剤が浸透している。従来からシラン・シロキサン系の場合には、浸透深さが大きいと言われており、本実験でもこれが確認された結果となった。配合別に見ると、配合 に比べ 配合 で浸透深さが大きい 配合 の場合、水セメント比が大きく、組織が粗いと考えられるが、これが浸透深さに関連しているものと考えられる。

A 法で行った凍結融解試験の質量変化率を図-2 に示す。試験開始後に無塗布のコンクリートの質量が増加し、その後ほとんど変化が見られないのに対し、シラン系およびシラン・シロキサン系塗布では、試験後半で質量減少が著しく、激しいスケールングが生じていた。後半での質量減少率は、シラン・シロキサン系で大きく、A 法で評価した場合には、シラン系よりも、その効果が薄いと判断せざるを得ない。無塗布と比較した場合、吸水防止剤の塗布そのものが、塩分環境下での耐凍害性にとって、逆効果であると評価されることになる。

RILEM 類似法による凍結融解試験の結果が図-3 である。無塗布の場合に、20 サイクル程度でスケールングが顕在化し、その後スケールング量が急激に増大する。吸水防止剤を塗布した場合も、ほぼ同様の劣化過程を辿るが、スケールングの顕在化は遅れ、シラン系で 40 サイクル程度、シラン・シロキサン系で 60 サイクル程度となっている。この結果は、A 法の場合とまったく逆であり、用いた供試体の配合が異なるため、断定はできないものの、試験方法によって、評価が分かれる恐れは強い。RILEM 類似法では、シラン・シロキサン系吸水防止剤の効果が、きわめて高いと評価される。

### 4. まとめ

吸水防止剤を塗布したコンクリートの塩分環境下での耐凍害性を、2つの方法によって評価してみたところ、得られた結果は、方法によって大きく異なった。そもそも、吸水防止剤の基本的な役割は、接触角の大きな撥水層を形成して、水分の浸透を防ぐことにある。RILEM 類似法では、供試体下面のみを水に接触させることから、供試体への水分浸透は、毛細管現象による。この際、吸水防止剤によって形成された撥水層は有効に働き、吸水を抑制する。一方、A 法の場合には供試体を水中に浸漬させるため、毛細管現象のほかに、水圧による水分浸透が加わるが、これに対し、撥水層の抑制効果は薄いと考えられる。

實際上、たとえば凍結防止剤によって凍害の促進が懸念されるコンクリートが、水中で凍結融解作用を受けるとは考え難く、状況としては、RILEM 類似法の条件に近いといえる。そのため、吸水防止剤の効果についても、RILEM 類似法によって評価するのが、相対的に妥当であり、この方法で得られた結果によれば、吸水防止剤は塩分環境下での耐凍害性確保に有効であると評価できる。効果は、吸水防止剤の種類によって異なるようであり、コスト等を勘案しながら、適切な種類を選定する必要がある。

終わりに、本研究は、東北コンクリート保全技術検討会（座長：大塚浩司東北学院大学副学長）の調査研究の一環として行われたことを付記する。

表-2 撥水深さ(単位:mm)

配合	シラン系	シラン・シロキサン系
	0.6	2.3
	2.3	2.8

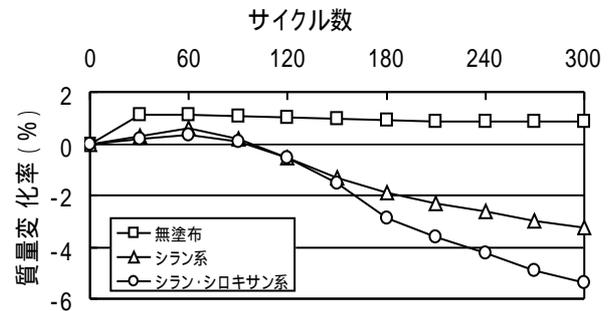


図-2 質量変化率(A法)

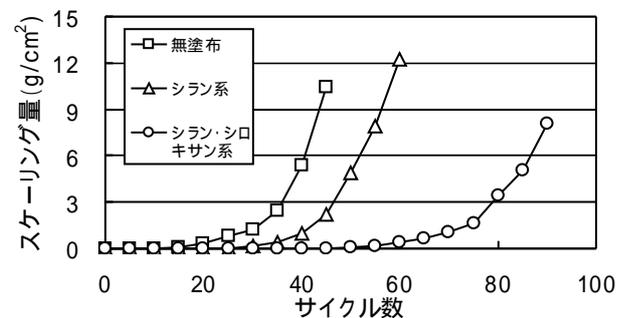


図-3 スケールング量(RILEM類似法)