

融雪剤によるコンクリートのスケーリング劣化に及ぼす表層状態の影響

日本大学工学部 学生会員 ○佐藤 真人
日本大学大学院工学研究科 学生会員 高山 徳仁
日本大学工学部 正 会 員 子田 康弘

1. はじめに

近年、冬期間の車両通行の安全性確保のため融雪剤の使用量が年々増加している。それに伴い、融雪剤（主に NaCl）と凍結融解の複合作用によるコンクリートのスケーリング劣化が顕在化している。この種の劣化は、コンクリートの表層状態の影響を強く受けると思われるが、この点に着目した研究例¹⁾は少なく、その機構解明も十分になされていないのが現状である。そこで、本研究では、コンクリート部材の打込み面や型枠面などの部位による表層状態の違いに着目し、柱部材を模擬した供試体における上面、側面、底面を試験対象面にして、RILEM-CDF 法（1998）²⁾に準じた毛管浸透法による凍結融解試験を行った。そして、各表層におけるペースト組織、粗骨材分布、および気泡組織がスケーリング劣化性状に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

本実験では、普通ポルトランドセメントを用いた W/C=60%のAEコンクリートを使用した。示方配合を表-1

表-1 示方配合

	Gmax (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	Unit Content (kg/m ³)				
						W	C	S	G	AE
OPC60	20	10±2.5	60	5.0±1.0	45	170	283	826	1067	0.991

に示す。コンクリートのフレッシュ性状は、スランプ=11.5cm、空気量=3.9%であった。実験には、φ143×100mmの供試体を用いた。この供試体は、まず、図-1に示すように200×200×600mmの鋼製型枠（底面はコンパネ）にコンクリートを2層に分け打ち込み、各層の4箇所を10秒間（計40秒間）バイブレータで締固めを行い、矩形ブロックを作製し、このブロックの上面（T）、底面（B）、側面（S）をコア抜きしたものである。なお、コア抜きは、矩形ブロックを翌日脱型し、水中養生を7日間、気中養生を14日間行った後に実施した。また、供試体の水中養生、気中養生及び前浸漬は、恒温恒湿室（室温20℃、R.H.=60%）にて行っている。凍結融解試験は、試験面を供試体の表面とし、図-2に示すように、3%NaCl水溶液を試験面より5mmの位置まで注ぎ入れた状態で行なっている。また、凍結融解試験に先立つ試験溶液の浸漬期間は、7日間であり、供試体の周囲は、試験溶液の浸透を防ぐためエポキシ樹脂でコーティングしている。凍結融解サイクルは、+20℃～-20℃の範囲で1日2サイクルとしている。スケーリング採取は、6サイクル毎ごとに行い、本実験では、これを120サイクルまで行った。なお、スケーリング量は採取量を供試体断面積で除して求めた。また、6サイクル毎の粗骨材露出面積を画像解析により測定すると共に、120サイクル終了時の表層の気泡性状をリニアトラバース法により測定した。

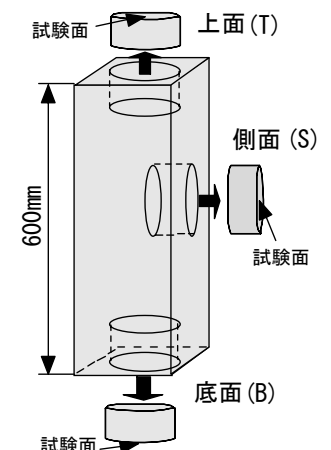


図-1 供試体イメージ図

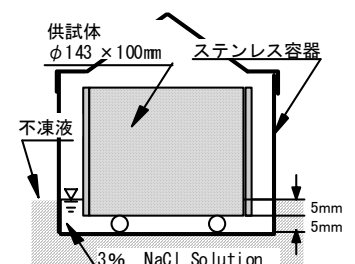


図-2 浸漬状況

3. 実験結果および考察

図-3に、スケーリング量の測定結果を示す。初期の6サイクルでは、T、Sのスケーリング増加量は同程度で、Bは他よりスケーリングが著しく少ない傾向にある。その後Sに比べTのスケーリング速度が明らかに低下し、一方、Bは徐々にスケーリング速度が増し、次第にTに近づくという傾向を示した。その結果、試験終了時のスケーリング量は、Sが最も多く、次いでT、Bの順となった。これより、同じコンクリートであっても部位によって明らかにスケーリング劣化の進行過程が異なる結果を得た。

図-4に、粗骨材露出面積率とスケーリング量の関係を示す。図より、Bでは振動締固めに伴う粗骨材の沈降

により、同一スケーリング量で比較すると、Sに比べやや粗骨材露出面積率がやや大きくなる傾向を示すものの、両者に大きな差異はないと考えられる。一方、Tに関しては、コンクリート中の骨材の沈降により粗骨材の割合が極端に少なく、粗骨材露出面積率3パーセント付近でスケーリングのみが進行するという、S、Bとは全く異なる性状を示した。

表-2は、各供試体の表面から3mmの位置における気泡間隔係数（以下 $\bar{L}$ ）と硬化コンクリート中の空気量（Air），気泡数，平均気泡径，粗骨材露出面積率を示したものである。 $\bar{L}$ は、示方配合より、ペースト量を一定（26%）と仮定して算出している。 $\bar{L}$ は、粗骨材露出面積率が大きい程、その値も大きく、一般に言われている $\bar{L}$ が小さいほどスケーリング量が小さくなるという傾向が認められない（図-3参照）。このことは、 $\bar{L}$ を耐久性の判断指標とする場合、部位による粗骨材の分布とペースト量を適切に評価する必要があると思われる。次に、硬化コンクリート中の気泡数の多少は、B、S、Tの順で、平均気泡径は、Bが大きく、T、Sは概略同程度である。また、空気量は、Tが約2.7%、SとBは1.1%程度である。このように、部位によって、気泡数やその径、気泡の分布も異なる結果を得た。これは、バイブレータによる締固めが要因と考えられる。すなわち、振動に伴い底面から打込み面に向かってエントレインドエアを含む気泡が上昇する過程で各部位に気泡組織が形成され、特にTの表層部には、多くの気泡が蓄積したと思われる。

本実験より、部位によるスケーリング劣化の違いは、まず、初期段階では極表層部のペーストの脆弱性が関係していると思われる。すなわち、Tはブリーディングによるもの、Sは型枠に沿った自由水の上昇によるもの、一方、Bは逆に組織が緻密化したことがスケーリングの差として現れたと考える。次に、これ以降のスケーリング劣化傾向には、気泡組織の構成も影響したと考えられる。すなわち、空気量が同程度で、劣化傾向が同じSとBでは、Bの方が緻密なため、また、Tは、脆弱でモルタル分が多い部位だが、エントレインドエアを含む空気量が多いため、Sよりもスケーリング抵抗性があったものと思われる。このことから、Bは緻密化により、Tは気泡が多いことがスケーリングの抑制に影響したのに対して、Sの場合、空気量が少なく、組織も緻密であるとは言えない影響が作用し、スケーリング抵抗性を低下させたと思われる。

4. まとめ

バイブレータによる締固めによって、各部位の表層状態に違いが生じ、その結果、スケーリングの進行過程に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。本実験の範囲内では、型枠側面が打設面や底面よりもブリーディングによるペーストの脆弱化と空気量の低下の影響を受け易い部位となる結果を得た。これより、スケーリング抵抗性の評価には、表層部の気泡組織、粗骨材分布、及びペーストの脆弱性を総合的に評価する必要があると思われる。

【参考文献】

1)月永他：コンクリート工学論文集，Vol.8，No.1，pp.121-133，(1997)
2)Setzer,M.J.etal.(1998):Capillary Suction-Internal damage and Freeze thaw test, Betonwerk+Fertigteil Technik,BFT4,pp.94-105 1998

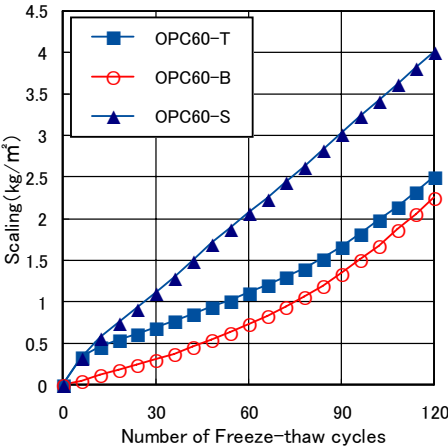


図-3 サイクル数とスケーリング量

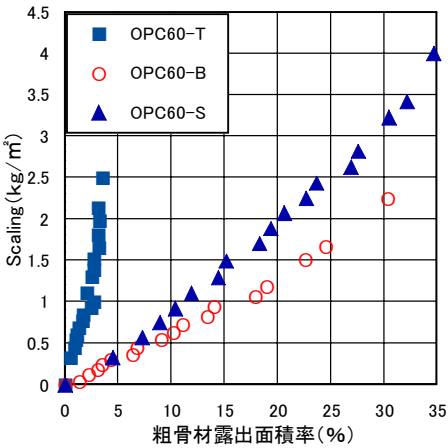


図-4 スケーリング量と粗骨材露出面積率

表-2 気泡の分布状態

	気泡数 (個)	平均気泡径 (μ m)	Air (%)	$\bar{L}$ (μ m)	粗骨材露出 面積率 (%)
T	483	225	2.68	234	5.80
S	209	208	1.08	323	26.1
B	134	325	1.08	504	49.1