

V-402 凍結防止剤によるコンクリートのスケーリング劣化に関する基礎的研究

北海道開発局開発土木研究所 正会員 阿部 勝彦
北海道開発局開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき 最近、コンクリート構造物の凍結防止剤による劣化が大きな問題となっている。北米においては、コンクリートのスケーリングおよび鉄筋の腐食などの凍結防止剤による被害が報告されている。わが国における凍結防止剤の使用量はこれまで北米に比べて少なかったが、近年のスタッドレスタイヤの普及に伴い、その使用量は急激に増加しており、近い将来コンクリート構造物に大きな被害が発生することが予想される。本研究では、コンクリート表面部の品質に着目し、コンクリートの細孔構造がスケーリング劣化に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要 セメントには、普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントB種を使用した。細骨材には、苫小牧樽前産海砂（比重2.71、吸水率0.89%）、粗骨材には、小樽見晴産砕石（比重2.68、吸水率1.42%）を使用した。混和剤は、水セメント比35%では高性能AE減水剤および空気連行剤、45、55%ではAE減水剤および空気連行剤を使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合

配合名	セメント種類	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				水	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
N35	普通 ポルト ランド	35	41	133	380	780	1,111
N45		45	43	140	311	835	1,095
N55		55	45	143	260	890	1,076
BB35	高炉 B種	35	41	143	409	753	1,072
BB45		45	43	144	320	823	1,078
BB55		55	45	145	264	882	1,065

目標空気量は $4.5 \pm 1\%$ 、目標スランプは $8 \pm 2.5\text{cm}$ とした。また、粗骨材の最大寸法は25mmとした。

供試体には、図-1に示すような大型供試体（ $22 \times 22 \times 150\text{cm}$ ）を用いた。図-2に、養生条件を示す。試験面として上部、中部、下部の各部位から $22 \times 22 \times 10\text{cm}$ の寸法で切り出したものの表面部を用いた。

凍結融解試験は、ASTM C672-91に準じて行った。試験水には、 $\text{CaCl}_2 3\%$ 溶液を用いた。供試体は、図-3に示すように、何れも試験面に幅25mm、高さ20mmのモルタル製の土手を築き、材令21日で供試体の試験面以外の部分をエポキシ樹脂でコーティングした。試験は、材令28日で供試体上面に深さ6mm程度の試験水を張り、 -18°C で16時間、 23°C で8時間の24時間1サイクルで凍結融解試験を行い、スケーリング量の測定を行った。スケーリング量は、試験面から剥離したコンクリートを採取し、 110°C で24時間乾燥させて質量を測定した。

細孔構造は、供試体の各部位において、表面部（表面より深さ0～5mm）から材令28日で試料を採取し、水銀圧入法により調べた。

3. 実験結果および考察 図-4に、凍結融解試験によるスケーリング量を示す。普通ポルトランドセメントを用いた場合、水セメント比が35、45%では、スケーリング量は非常に少なく部位による差もほとんど見られなかった。水セメント比が55%においては、125サイクルの時点で中部および上部のスケーリング量が比較的多くなった。高炉セメントB種を用いた場合、普通ポルトランドセメントを用いた場合に比べて全体にスケーリング量が多くなった。また、水セメント比が大きいほどスケーリング量が多くなった。部位別に見ると、上部のスケーリング量が最も多く、中部、下部については同程度か、もしくは中部のほう

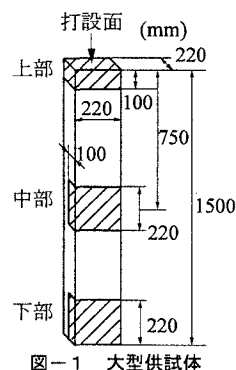


図-1 大型供試体

【材齢】	0h	3日	28日
大型供試体	湿気養生	脱型	気中放置*

*温度 20°C 、湿度60%

図-2 養生条件

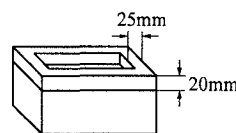


図-3 凍結融解試験用供試体

コンクリート；スケーリング劣化；細孔構造；凍結融解；凍結防止剤

〒062 札幌市豊平区平岸1条3丁目 TEL 011-841-1111 FAX 011-824-1226

が多くなった。

図-5に、各々の細孔分布を示す。細孔径がおよそ数十～数千nmの領域において分布が異なっているのがわかる。普通ポルトランドセメントを用いた場合、水セメント比が35、45%では、上部の細孔容積が最も大きく、次いで中部、下部となっている。これはブリーディングの影響によると考えられる。しかしながら、細孔容積の絶対量が小さいため、スケーリング量も少なくなったと考えられる。水セメント比が55%では、35、45%に比べて全体に細孔容積が大きく、細孔分布に他の部位より突出した領域が見られる。これは、型枠側面に沿って上昇するブリーディング水により中部の表面組織が粗くなったと考えられる。また、この結果はスケーリング量と対応している。

高炉セメントB種を用いた場合、水セメント比が35、45%では、細孔径がおよそ100～数千nmの領域において、上部の細孔容積が他の部位よりも大きくなっており、中部および下部は同様の分布となっている。水セメント比55%では、上部の細孔容積が最も大きく、次いで中部、下部となっている。これらの結果はスケーリング量と対応している。

このように、細孔径が比較的大きな領域における細孔量がスケーリング劣化に大きな影響を及ぼすことがわかった。そこで、図-6に、細孔径が100～3000nmの範囲の細孔量と凍結融解100サイクルにおけるスケーリング量の関係を示す。全体に細孔量が大きいほどスケーリング量が多くなる傾向が見られる。このことは、この領域の細孔量をスケーリング劣化の指標として用いることができることを示している。また、図に示す直線はセメント種類別の傾向線であるが、高炉セメントB種を用いた場合のほうが、同じ細孔量に対して普通ポルトランドセメントを用いた場合より大きなスケーリングが発生することを明瞭に示している。

以上の結果から、用いるセメントの種類、水セメント比および供試体の部位によってコンクリートの品質を表す細孔構造が異なり、コンクリートのスケーリング劣化に密接に関係することが明らかとなった。

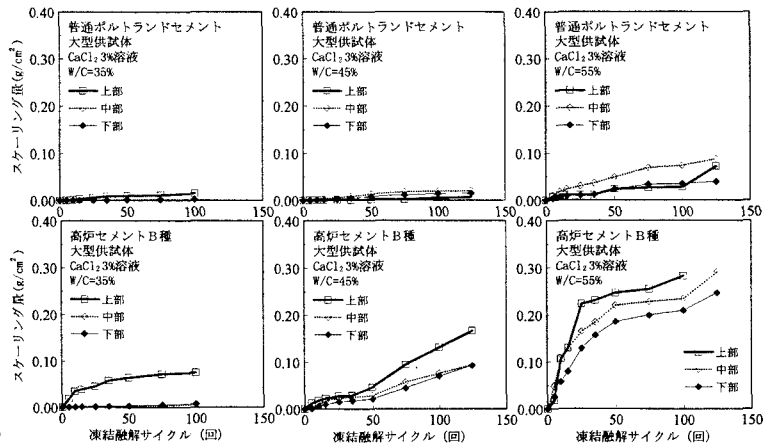


図-4 凍結融解試験によるスケーリング量

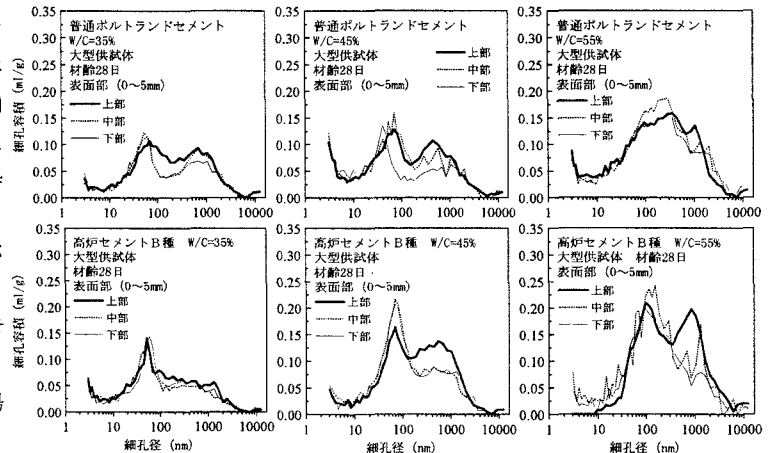


図-5 細孔分布

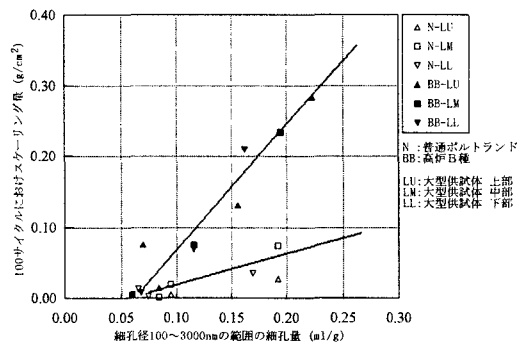


図-6 細孔量とスケーリング量の関係