

V-18 振動締固め時間がコンクリート製品の凍結融解に伴う表面劣化に及ぼす影響

北里大学 正会員 ○細川吉晴

北里大学 米川智子

青森前コンクリート工業㈱ 高橋 秀

【目的】積雪寒冷地におけるコンクリート製品の凍害初期症状である表面劣化は、凍結融解作用のみならず、路上散布の融雪剤との複合作用によって促進される。気温などの外的要因が同様の路上に設置された製品でも、ポップアウトを始め表面劣化の形状や進行具合は様々である。実験的には、製品底面における表面と内部に分布する粗骨材とのモルタル厚みが薄いものほどポップアウトが多数発生する知見を得ている。

そこで、本実験では、振動締固め時間の違いがコンクリート製品の凍結融解に伴う表面劣化に及ぼす影響について検討した。

【方法】1. 製品コンクリートの配合：コンクリート配合は表 1 に示すもので、一般的な振動締固め製品の配合範囲に入る。製品は JIS A 5345 に準拠する、鉄筋を入れない「道路用鉄筋コンクリート側溝蓋 1 種 300」とし、振動締固め時間は 10・20・30 秒の 3 種類とした。養生方法は蒸気養生とした（蒸気の通気開始 1 時間目が 40℃、2 時間目が 55℃、3 時間目から最後まで 63℃保持、4 時間 30 分で蒸気停止）。2. 凍結融解試験：供試体の採り方を図 1 に示す。水道水、融雪剤（表 2 に示す成分だが、表示は NaCl とする）3%溶液に 24 時間浸漬吸水させる、あるいは、吸水させない供試体（95×100×400mm）で 5 サイクルごとに浸漬吸水および凍結融解試験（供試体中心温度：-18℃～5℃）を 150 サイクルまで行った。また、製品底面の凍結融解試験は、図 1 のように製品底面をシリコンで 3 つに区切り、溶液なし、水道水および NaCl 3%溶液を 5ml 測り入れ、5 サイクルごとに溶液交換およびポップアウト数を測定し、300 サイクルまで行った。この時の温度変化は図 2 に示すとおりである。3. 硬化コンクリートの試験：製品から、図 1 に示すように、上、中、下で材齢 14 日に抜いたコアについて、それらの質量測定および圧縮強度試験をおこなった。また、同様の部位における粗骨材（短径 5mm 以上）の面積、コンクリート中の空隙などを計測した。

【結果および考察】1. 圧縮強度：圧縮強度（表 3）は、振動時間が長いほど高い傾向を示した。また、測定部位別では下方ほど強度が高めであった。これは、振動締固めにより骨材が沈降しコンクリートの詰りが良くなったためと考えられる。2. 凍結融解抵抗性：強度減少率と振動時間の関係において、水道水と NaCl 3%溶液に浸漬させたものは、振動時間が長くなるほど強度減少率が低下する傾向がみられたが、強い相関性はなかった（図 3）。これは、振動時間 30 秒の気泡間隔係数が上、中、下の平均で 189μm と小さく耐凍害性が高かったためだと思われる。3. 製品底面のポップアウト発生：300 サイクル終了時、ポップアウト個数は 10、20、30 秒の順に溶液なし：全て 0 個、水道水：7、6、7 個、NaCl 3%溶液：8、7、9 個で、NaCl 3%溶液が多かったが水道水とは大差なかった（図 4）。ポップアウトの総面積は、水道水よりも NaCl 3%溶液、振動時間の長いものほど大きかった（図 5）。

以上のことから、水道水、NaCl 3%では振動時間が長いほど強度減少量は低いにも関わらず、表面劣化が顕著となった。長期的には、表面劣化が早期に現れると、製品全体の大きな破損に進展すると考えられる。

【まとめ】コンクリート製品の製造時に、振動締固め時間を長くするほど表面仕上げがよくなるが、逆に骨材沈降を招き、凍結融解作用や融雪剤などの影響によって、コンクリート表面に凍害の初期症状であるポップアウトが発生しやすくなることが判明した。今後の課題として、①振動機製品の製造にあたっては、製品の質量や大きさ、形状に合わせた適切な振動締固め方法を確立する必要がある。②示方書に塩害環境では W/C=45%以下が望ましいとされているが、その製品であっても現場ではポップアウトが発生するケースがある。製品表面からの水分や塩水の侵入を防止する防水剤や表面改質剤の塗布によって表面劣化を防止できるかの検証が必要である。

表1 示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	スランプ (%)	単位量 (kg/m ³)					
					W	C	S	G	混和剤	
10	44.5	55.3	5.0±1.5	5.0±1.5	160	360	1074	876	*	

*高性能減水剤、空気量調整剤はC量に対して0.5%、0.06%とした。

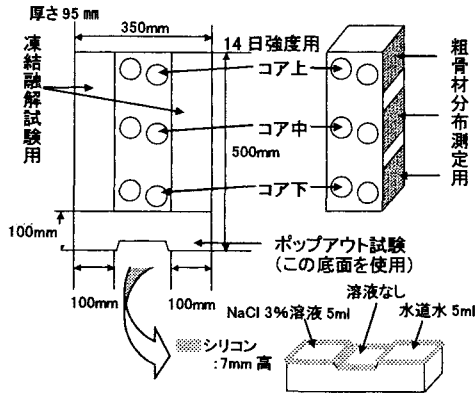


図1 製品からの供試体の採り方

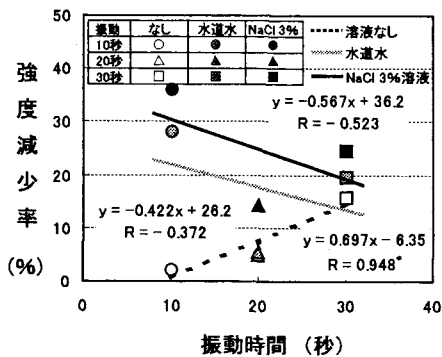


図3 振動時間と強度減少率の関係

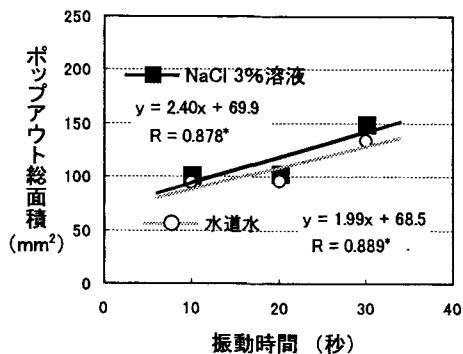


図5 振動時間とポップアウト総面積の関係

表2 融雪剤の成分

測定項目	成分 (%)
塩化ナトリウム (NaCl)	57.0
塩化マグネシウム (MgCl ₂)	40.4 *
カルシウム (Ca)	0.03 *
カリウム (K)	0.16 *

*ナトリウムからの換算値

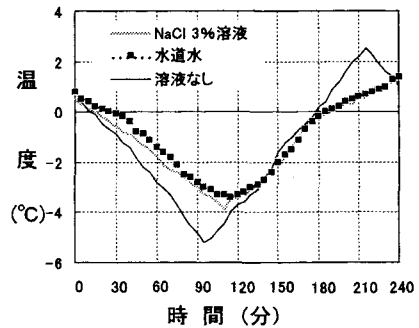


図2 凍結融解温度 (1サイクル)

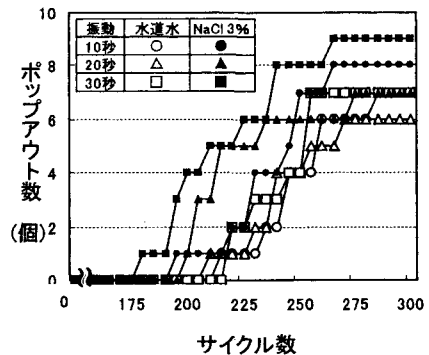


図4 ポップアウト発生数 (個)

表3 硬化コンクリートの諸性質の相関係数

	振動時間 (秒)	単位容積質量 (kg/L)	14日強度 (N/mm ²)	空気量 (%)
単位容積質量*	10			
	20			
	30			
14日強度	10	+ 0.147		
	20	+ 0.714		
	30	+ 0.614		
空気量**	10	+ 0.490	+ 0.934*	
	20	- 0.007	- 0.706	
	30	- 0.674	+ 0.170	
骨材分布割合***	10	- 0.220	+ 0.933*	+ 0.743
	20	- 0.629	+ 0.155	- 0.711
	30	+ 0.999***	+ 0.614	- 0.674

*: 硬化後、14日強度用コア上、中、下において測定。

単位容積質量=コンクリートコアの質量/コアの体積

** : 硬化後に測定。

気泡の円相当径が18μm~1110μmまでが測定対象。

***: 硬化後、14日強度と同様に上、中、下において測定。

骨材分布割合

=各断面における粗骨材総面積/各断面積