

[142] 小氷塊を用いて冷却したコンクリートの諸性状

住友大阪セメント（株）セメント・コンクリート研究所

○羽生 賢一

小林 哲夫

鈴木 康範

伊藤 司

東京エスオーシー（株）芝浦工場

1. はじめに

コンクリートを冷却させることは、①マスコンクリートの温度ひび割れ防止対策、②暑中コンクリートにおける所要水量増加・輸送中のスランプ低下・打込み時の急激な凝結等への対策、として効果的である。

本稿では、氷径 2.5mm～15mm 程度の小氷塊を用いて冷却したコンクリートの諸特性を定量的に評価した。さらに、高強度（高流動タイプ）コンクリートへの適用性を実機製造レベルで検証した。

2. 実験の概要

検討因子と評価項目を表1に示す。今回の実験では、①環境温度、②コンクリートの種類（表2の配合表参照）、③氷塊の形状とその使用量を主なパラメータとした。なお、コンクリートの練り混ぜ方法は図1に、評価方法の詳細に関しては以下に示すとおりである。

（1）練り混ぜ特性：練り混ぜ時の負荷電力値を測定した。

（2）フレッシュ特性：コンクリート温度とスランプ（スランプフロー）値及びその経時変化を測定した。

（3）強度特性：圧縮強度（材齢 28 日）を測定した。

（4）ブロック供試体評価：柱部材を想定した 1×1×1 m のブロック供試体（上端・下端は断熱状態）を作製し、中心部の温度を打設直後から連続的に計測した。さらに、コア供試体を抜き出し圧縮強度（材齢 91 日）を測定した。

表1 検討因子と評価項目

製造 条件	コンクリート 種別	環境 温度 ℃	氷径 mm	使用 氷塊量 kg/m ³	評価項目			
					練り混ぜ 特性	フレッシュ 特性	強度 特性	ブロック 供試体
室内	プレーン	20	2.5	200	○		○	
			5.0	200	○	○	○	
			10.0	200	○	○	○	
	AEコン	20	5.0	178	○	○	○	
				1130	○			
		30	5.0	183	○	○	○	
			10.0	183	○	○	○	
			高強度	30	5.0		○	○
実機	高強度	—	15.0	135.6		○	○	○

*1), 2) は、表面水分を差し引いた氷塊量、その他はすべて単位水量に対し全量置換（骨材は表乾状態）

表2 示方配合表

実験 条件	コンクリート 種別	室温 ℃	目標配合 or 示方配合 or 25℃ 20℃	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 %
					C	W	S	G	
室内	プレーン	20	15cm	55	346	200	784	947	
		30			324	178	794	961	0.25
	AEコン	20	15cm	55	333	183	785	950	0.25
		30			333	183	785	950	0.25
実機	高強度	30	70cm	30	565	170	805	785	1.30
		—	70cm	30	534	160	896	842	1.44

*混和剤は、AEコンには AE 減水剤、高強度には高性能 AE 減水剤を使用

*使用セメントは、プレーン、AEコンには普通セメント、高強度には低熱セメントを使用

3. 実験結果

3. 1 練り混ぜ特性

図2には、練り混ぜ負荷電力値測定時において、電力値

が安定域に到達し氷が完全に溶解した時間と氷塊径との関係を示す。図より、氷塊量が多いほど、氷塊径が大きいほど、環境温度が低いほど到達時間は長くなる傾向にある。ここで、現実的な利用法として、①練り混ぜ時間 120 秒以内、②氷塊を練り混ぜ中に完全に溶解させて製造すること、を前提とした場合、環境温度 20℃では 5mm 以下、30℃では 10mm 以下の氷塊を使用することが望ましいと判断できる。但し、使用氷塊量を低減させれば、氷径をさらに大きくして使用することも可能である。

(室内) S, G, C 投入	—	氷塊 (水) 投入	—	排出
		空練り		120 秒
(実機: 高強度) S, C, 氷塊 (水) 投入	—	G 投入	—	排出
				120 秒

図1 練り混ぜ方法

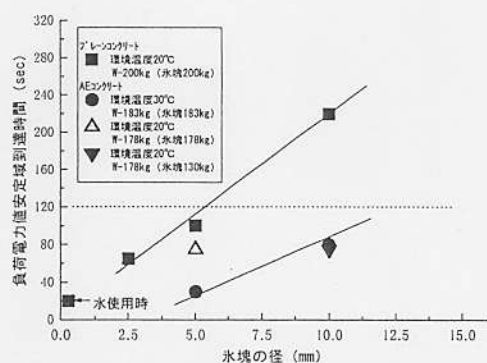


図2 安定域到達時間と氷径の関係

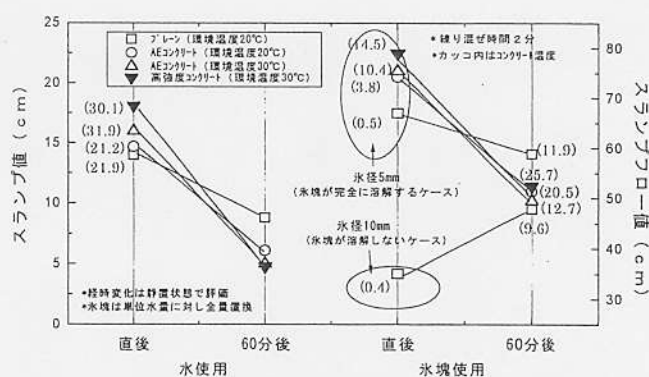


図3 氷塊を使用したコンクリートのスランプ及びスランプフロー値

3. 2 フレッシュ・強度特性

図3には、氷塊を使用した各種コンクリートのスランプ（スランプフロー）値、コンクリート温度とその経時変化を、水使用時と比較して示す。図より、氷塊が練り混ぜ中（2分間）に溶解するケース（図2参照）では、スランプ（スランプフロー）値は増大し流動性が改善される傾向にあるが、溶解しないケースでは流動性は著しく低下し、経時60分後でも溶解するケースと比較して値は低下傾向にある。また、冷却効果としては使用氷塊量が多いほどその効果は大きい、いずれも練り上がり時で15～20℃程度低下させることが可能である。

一方、図4には氷塊使用時の圧縮強度を水使用時と比較して示す。図より、環境温度・氷径・コンクリートの種類によらず、水使用時と同等の強度特性が得られることが確認された。

3. 3 実機製造試験結果

高強度コンクリートを対象に、外気温28～30℃程度の条件下で実機製造した（氷塊径は15mm程度）。表3には、試験結果の一覧を示す。表より、実機製造においても冷却効果・流動性改善効果が認められることが明らかである。また、アジテーティング状態であれば、製造後の温度上昇や流動性の低下も比較的小さい。

図5には、ブロック供試体の中心部における温度履歴を示す。図より、氷塊を使用することで打ち込み温度が低下させた分だけ、最高到達温度も低減できていることがわかる。

4. 結論

以上の検討より、状況に応じて適切な氷径の氷塊を使用すれば、冷却効果及び流動性改善効果を兼ね備えたコンクリートが製造可能であること、さらに、マスコンクリート部材の温度上昇を抑制できる可能性のあることが明らかとなった。今後は、合理的な製造システムの開発が課題であると考えられる。

【謝辞】本研究に際し、廣瀬啓介氏（北陸セメント販売（株））には多大なる協力を頂いた。ここに記して感謝を表す。

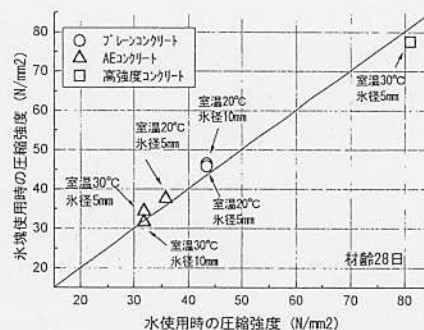


図4 圧縮強度特性

表3 実機製造結果一覧

評価項目	氷塊 or 水		小氷塊		水	
	直後	60分後	直後	60分後	直後	60分後
コンクリート温度 (°C)	16.0	19.0	29.5	31.0		
スランプフロー値 (cm)	78.5	73.5	62.0	48.0		
空気量 (%)	0.5	1.1	1.9	2.9		
圧縮強度	標準養生 90.8N/mm²		91.0N/mm²			
91D	コア 75.8N/mm²		75.2N/mm²			

*経時変化はアジテーティング状態で評価した

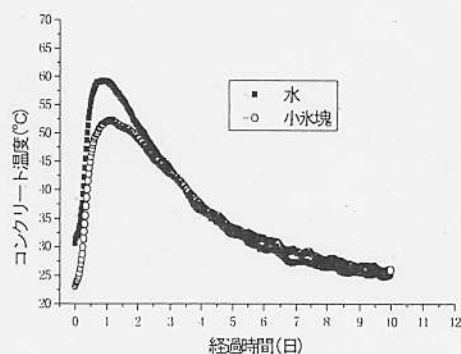


図5 ブロック供試体の温度履歴（中心部）