

液体窒素を用いたコンクリートのプレクーリングの実験的研究

りんかい日産建設(株) 正会員 ○中出 睦
同上 山田浩司

1. まえがき

マスコンクリートにおける温度ひび割れ対策として、コンクリート打設温度を低減させるプレクーリングは有効な対策の1つに挙げられる。プレクーリング技術の1つとして、液体窒素を用いた方法があるが、本実験で用いた方法(トラックアジテータのドラム内にノズルで液体窒素を噴入し、打設直前のコンクリートを所定の温度まで冷却する方法)は、施設や設備が簡略化できることから、プラントで行う従来の液体窒素を用いたプレクーリングより経済的となる。そこで、上記に示す液体窒素を用いたプレクーリング技術の施工実験を行い、冷却されたフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの品質への影響を確認した。本報は、その実験結果の一部を取りまとめたものである。



写真-1 液体窒素噴入状況

2. 実験概要

2.1 配合

表-1 コンクリートの配合

実験では、表-1 に示すスランプの異なる 27-8-20BB と 27-15-20BB の 2 種類のコンクリートを使用した。

セメント種類	呼び強度 (N/mm^2)	スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m^3)				
					水量	セメント量	細骨材量	粗骨材量	混和剤量
BB	27	8	52.3	45.1	157	300	819	1037	3.9
		15	52.3	44.7	173	331	783	1004	4.3

2.2 施工方法

冷却は、写真-1 に示すようにトラックアジテータのドラム内にノズルを差込み、ドラムを 150 秒間高速攪拌しながら液体窒素を噴入する方法で行った。

2.3 実験方法

実験は、 4m^3 のコンクリートを積載した 4 台のトラックアジテータを使用した。4 台のコンクリートは、各々 2 台ずつ 27-8-20BB と 27-15-20BB からなり、各種コンクリートごとに液体窒素を噴入し、冷却したものとしなものから構成される。なお、液体窒素使用量とコンクリート降下温度量の関係を求めるため、目標冷却温度となるまで液体窒素を噴入した。目標冷却温度は、現着温度に対して、1 回目 3°C 、2 回目 6°C 、3 回目 9°C とした。

試験は、トラックアジテータ 1 台ごとのコンクリートの温度、スランプ、空気量、材齢 3, 7, 28, 91 日の圧縮強度(ただし、材齢 3, 7, 14 日は、27-8-20-BB のみ)、材齢 28 日の弾性係数を求めた。このほか、長さ変化試験(JIS A 1129)と凍結融解試験(JIS A 1148(A 法))も実施した。また、 $180\text{cm} \times 180\text{cm} \times 100\text{cm}$ の試験体をトラックアジテータ 1 台ごとに作製し、試験体中心部に設置した熱電対でコンクリート温度の経時変化を計測した。

3. 実験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を図-2 に、液体窒素使用量とコンクリート降下温度の関係を図-3 に示す。冷却の有無によるコンクリート温度を比較すると、ほぼ目標冷却温度に達していることが確認できた。

また、液体窒素使用量とコンクリート降下温度の関係から、本実験においては 1m^3 のコンクリートを 1 度降下させるために必要な液体窒素使用量は、約 14.3kg であることが確認された。なお、スランプや空気量については、冷却の有無による大幅な変動は認められなかった。

これらの結果より、本コンクリート実験の範囲では、液体窒素を用いた冷却がフレッシュコンクリートの品
キーワード 液体窒素、プレクーリング、温度ひび割れ

連絡先 〒105-0014 東京都港区芝 2 丁目 3 番 8 号 りんかい日産建設株式会社 TEL 03-5476-1721

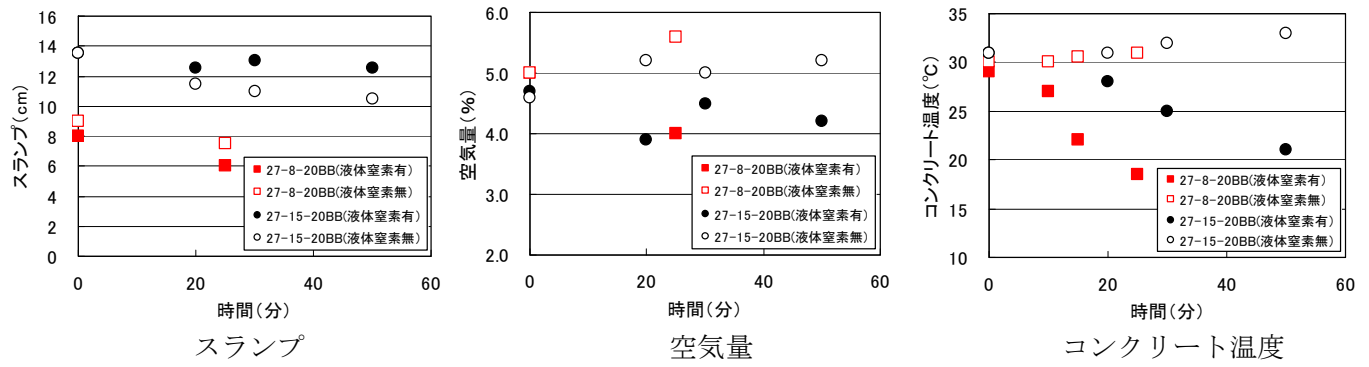


図-2 フレッシュコンクリートの試験結果

質に影響を及ぼさないことが確認できた。

圧縮強度, 弾性係数, 長さ変化率および凍結融解試験結果を表-2, 図-4 および図-5 に示す。圧縮強度および弾性係数は, 冷却しない場合より大きな値が得られた。長さ変化については, 冷却の有無による大きな影響はみられなかった。一方, 凍結融解試験結果においては, 27-8-20BB では, 相対動弾性係数が増加する傾向がみられたものの, 27-15-20BB では, やや低下する傾向が見られた。

試験体中心部の温度履歴を図-6 に示す。冷却した試験体の最高温度は, 27-8-20BB で 55.2°C, 27-15-20BB で 62.2°C となり, 冷却しなかった試験体に比べ, 27-8-20BB で 7.6°C, 27-15-20BB で 7.8°C 低下することが確認された。また, 冷却した試験体は, 冷却しない試験体よりも温度降下が緩やかに外気温に近づくこともわかった。

このことから, 液体窒素を用いたプレクーリングは, 有効な温度ひび割れ対策であることが確認された。

4. あとがき

今回の実験により, 液体窒素を用いたプレクーリングによる冷却がフレッシュコンクリートの品質や圧縮強度, 弾性係数, 耐凍害性および乾燥収縮などの硬化コンクリートの品質に与える影響が小さいことがわかった。

また, 液体窒素使用量によって, 部材内の温度を制御することが可能であることから, 有効な温度ひび割れ低減対策であることがわかった。

謝辞

最後に, 本実験の実施に当たって, 多大なご協力を頂きました岩谷産業株式会社に深く感謝の意を表します。

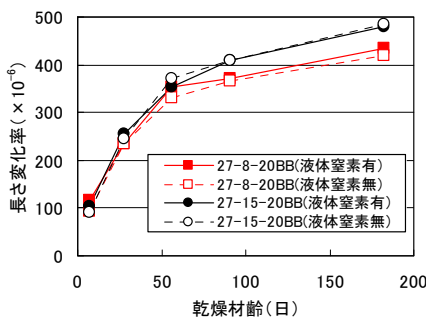


図-4 長さ変化率試験結果

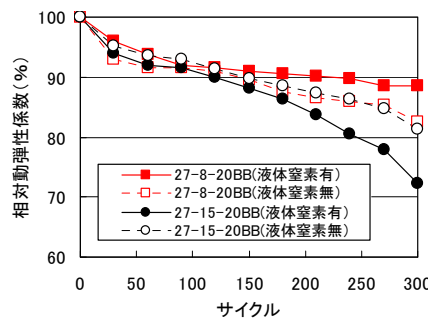


図-5 凍結融解試験結果

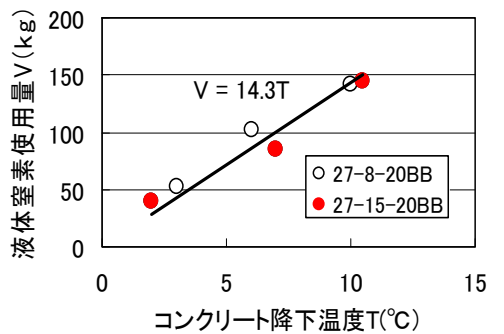


図-3 液体窒素使用量とコンクリート降下温度の関係

表-2 圧縮強度・弾性係数

材齢	27-8-20BB		27-15-20BB	
	液体窒素有	液体窒素無	液体窒素有	液体窒素無
$\sigma 3$	16.9	15.3	-	-
$\sigma 7$	26.1	23.7	-	-
$\sigma 28$	36.7	33.4	32.6	31.0
$\sigma 91$	38.0	36.7	41.8	38.3

(単位: N/mm²)

E28	34.8	33.6	33.2	31.6
-----	------	------	------	------

(単位: kN/mm²)

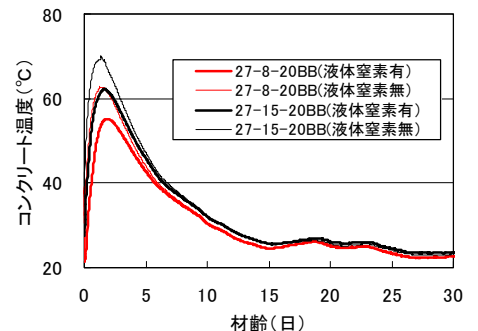


図-6 試験体中心部の温度履歴