

液体窒素によるプレクーリングに関する施工実験

矢作建設工業(株) 正会員 ○桐山 和也 渡邊 義規
矢作建設工業(株) 正会員 長沼 明彦 児玉 佳大
名古屋工業大学大学院 フェロー会員 梅原 秀哲

1. はじめに

マスコンクリート構造物における温度ひび割れを制御する方法として、プレクーリングは効果的な方法とされている。その中でコンクリート打設前に、液体窒素を生コン車のドラム内に直接噴射する方法は、設備が簡略化されることから比較的小規模な工事で実施することができる有効な方法であると考えられる。

そこで本研究では、液体窒素を用いたプレクーリングがコンクリートの品質に及ぼす影響や構造物での温度低減効果を確認するために施工実験を行った。

2. 実験概要

実験では24-8-40BB(単位セメント量 $260\text{kg}/\text{m}^3$ 、水セメント比52.4%)のコンクリートを使用した。コンクリートの冷却は生コン車のドラム内にノズルを差し込み、ドラムを高速回転しながら液体窒素を直接噴射して行った。コンクリートの冷却状況を写真-1に示す。液体窒素の混入量は、噴射時間で管理されている。

実験1では、目標とするコンクリートの降下温度を4, 8, 12°C の3段階設定し、生コン車(4 m^3 積載)に液体窒素を段階的に3回混入してその使用量とコンクリート温度低下量の関係を算定した。実験2では液体窒素による冷却がコンクリートの品質に及ぼす影響を確認するため、コンクリートの降下温度を 5°C に設定して液体窒素を混入した。

測定項目は、フレッシュではコンクリート温度の測定、スランプ試験、空気量試験とし、測定時期はコンクリートの冷却前ならびに冷却後の2回とした。硬化後は冷却前後での材齢7日および材齢28日の圧縮強度試験、ならびに材齢28日の静弾性係数試験を行った。

コンクリートを打ち込んだ構造物(堰堤)を写真-2に示す。プレクーリングは延長10.8m、高さ1.6m、幅2.0m(約 35m^3)の区画②に対して行った。また、同日にコンクリートを打ち込んだプレクーリングを行わなかった区画⑤(延長14.4m、高さ1.6m、幅2.0m、約 46m^3)を温度計測の比較対象とした。温度計測は、熱電対とデータロガーを用いて図-1の位置(区画②No.1, 2, 3, 7, 区画⑤No.4, 5, 6, 8)で行った。データの測定間隔は1時間とし、測定は材齢21日で終了した。

3. 実験結果

実験1の結果であるコンクリート温度低下量と液体窒素使用量の関係を図-2に示す。図より、 1m^3 のコンクリートを 1°C 低下させるのに必要な液体窒素量は約 $9.7\text{kg}/\text{m}^3\cdot^\circ\text{C}$ となった。ちなみに、文献^{1)~4)}より確認した液体窒素の必要量は $9\sim 14\text{kg}/\text{m}^3\cdot^\circ\text{C}$ の範囲にあり、施工条件が冷却効率に影響を及ぼすようである。

フレッシュの結果であるコンクリート温度低下量と液体窒素使用量の関係を図-3に、冷却前後のスランプを比較したものを図-4に、冷却前後の空気量を比較したものを図-5に示す。



写真-1 液体窒素の混入状況



写真-2 構造物(堰堤)の外観

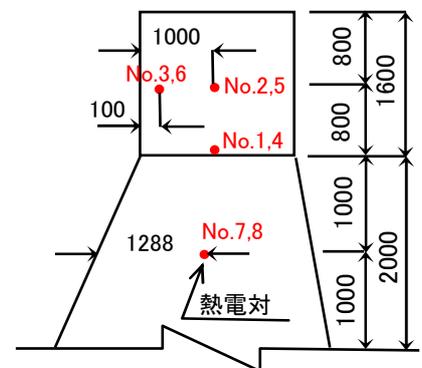


図-1 熱電対の設置位置

実験1で決定した噴射時間（液体窒素混入量）で9台の生コン車を管理した結果、温度低下量は目標の5°Cをほぼ確保することができた。

生コンの性状をみると、混入後にスランプ、空気量とも若干低下する傾向がみられたが、液体窒素の混入により問題となる変化は認められず、混入後のコンクリートの品質は安定していた。

圧縮試験結果を表-1に示す。結果より、圧縮強度は全測定値で液体窒素による冷却後の値が冷却前の値より大きくなった。

圧縮強度と静弾性係数の関係を図-6に示す。図より、静弾性係数は土木学会コンクリート標準示方書に示されている値の±10%程度の範囲にあり、液体窒素の冷却影響は認められなかった。

構造物での温度履歴の計測結果を図-7に示す。図より、打込み完了後2日程度経過した時点でいずれの中心部も最高温度を示し、冷却を行わなかった区画に比べ、液体窒素で冷却した区画の温度が低下していた。また、冷却を行ったコンクリートは温度の上昇速度も緩やかとなった。

4. まとめ

液体窒素により生コン車内のコンクリートを直接冷却する方法は、コンクリートのフレッシュ性状や圧縮強度・静弾性係数に代表される硬化後の物性に与える影響が極めて小さく、コンクリート構造物内の温度を低減することができるため、温度ひび割れ抑制対策として有効であることが確認できた。

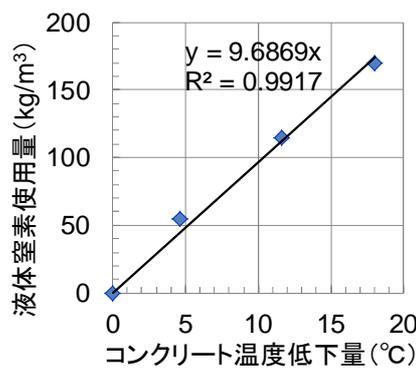


図-2 温度低下量と液体窒素混入量の関係(実験1)

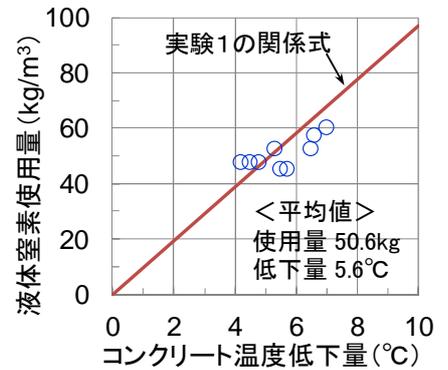


図-3 温度低下量と液体窒素混入量の関係(実験2)

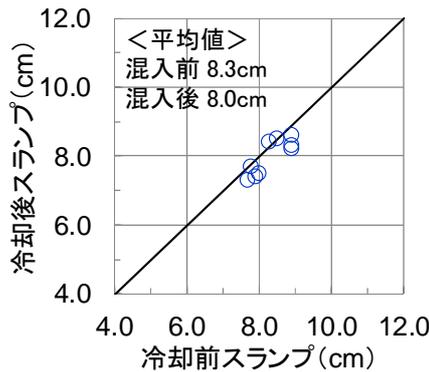


図-4 スランプの比較(実験2)

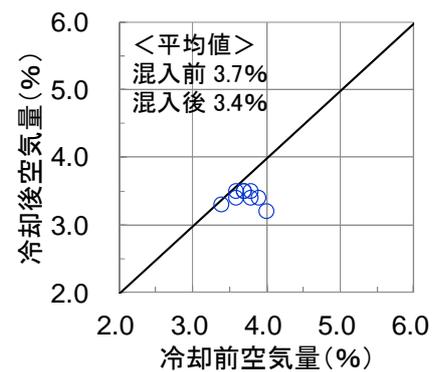


図-5 空気量比較(実験2)

表-1 圧縮強度試験結果

台目	冷却	温度(°C)	圧縮強度(N/mm²)	
			4週*	強度比
1	前	25.3	27.9	1.00
	1	20.7	29.0	1.04
	2	13.7	28.8	1.03
	3	7.3	30.1	1.08
2	前	25.2	27.3	1.00
	後	19.7	30.8	1.12
5	前	25.8	27.8	1.00
	後	18.8	28.8	1.03
8	前	25.2	26.6	1.00
	後	21.0	30.3	1.14

*材齢1週は省略(同様の傾向)

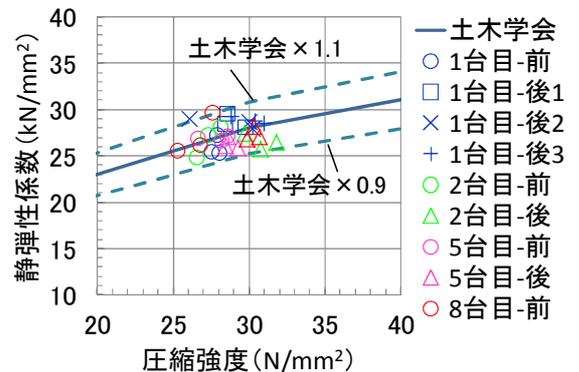


図-6 圧縮強度と静弾性係数の関係

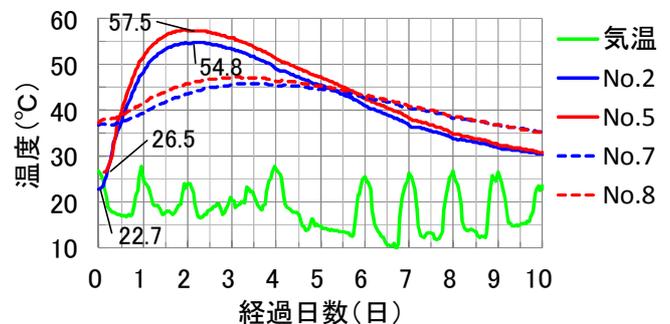


図-7 構造物中心部の温度履歴

(参考文献) 1)丸屋剛・大友健・松岡康訓:液体窒素によるコンクリートのプレクーリングに関する研究,コンクリート工学年次論文報告集,12-1,pp.907~912,1990 2)西脇敬一・川又篤・唐沢智之:液体窒素によるプレクーリング方法に関する基礎的研究,土木学会第65回年次学術講演会,V-667,pp.1333~1334,2010.9 3)祖父江修一・内藤敏朗・野々目洋・稲葉臣哉:液体窒素によるダムコンクリートプレクーリングについて,5-457,pp.911~912,2004.9 4)十河茂幸・中根淳・浅井邦茂・直井彰秀:液体窒素により冷却されたコンクリートの基礎的性質,第8回コンクリート工学年次講演会論文集,pp.329~332,1986