

液体窒素を用いた粗骨材冷却方法によるダムコンクリートのプレクーリング工法

篠竹中土木 正員○布谷 一夫 兵庫県企業庁 三木 自行
 篠竹中工務店 正員 吉岡 保彦 大陽酸素㈱ 片山富次郎
 三菱重工業㈱ 加納 良和

1. はじめに

コンクリート構造物の大型化や急速施工法の普及にともなう、マスコンクリートの温度応力によるひびわれが、耐久性などの点から重要な検討課題となっている。コンクリート温度の制御は、低発熱性セメントの使用やパイプクーリングなどの様々な方法によって実施されてきたが、近年、冷却能力やコスト等の点から、液体窒素による冷却方法が注目されている。本報では、液体窒素により粗骨材を冷却する、コンクリートのプレクーリング工法の実用性および製造されたコンクリートの性質について検討を行った。

2. 実験概要

実験は建設中のダムサイトのバッチャープラントを使用して行った。粗骨材の冷却は、粗骨材貯蔵槽の排出口付近に液体窒素供給ノズルを設置し、計量前の粗骨材に液体窒素を直接噴射して行った。コンクリート製造設備における粗骨材冷却システムの一例を図-1に示す。冷却する対象としては、表-1に示す外部配合の20~40mmの粗骨材とした。液体窒素の供給量は、コンクリートの練り上がり温度が5℃および10℃低下するように、供給時間と供給バルブの開度調整により制御した。練り上がったコンクリートは10バッチ毎にスランプ、空気量試験を実施した。コンクリート温度は、全バッチに対して練り上がり直後と打設時にそれぞれ計測した。またダム堤体に打設したコンクリート温度を熱電対により計測し、冷却効果の確認を行った。

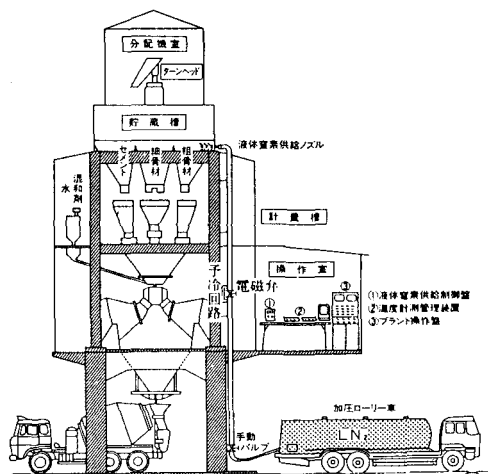


図-1 粗骨材冷却システムと
コンクリート製造設備の一例

3. 実験結果および考察

図-2、3に打設時におけるコンクリート温度を示す。供給バルブの開度を57%とし、液体窒素を30秒間供給することにより、コンクリート温度を約5℃低下させる事ができる。同様に、バルブの開度を100%とし、液体窒素を60秒間供給することにより、コンクリート温度を約10℃低下させる事ができる。5℃冷却、10℃冷却とも冷却開始当初は粗骨材貯蔵槽やミキサー等に冷熱が吸収され、コンクリート温度が多少

表-1 ダムコンクリートの配合

配合 種別	骨材 最大 寸法 (mm)	スランプ の 範囲 (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
						W	C	S	8040	4020	2005
A内層	8.0	3~5	3.5±1	80	26	120	150	534	616	459	458
B外層	8.0	3~5	3.5±1	60	26	120	200	528	449	599	450
C鉄筋	4.0	6~10	4±1	54.8	37	159	290	679	—	577	577
合計				60	100	238	496	1309	—	—	—

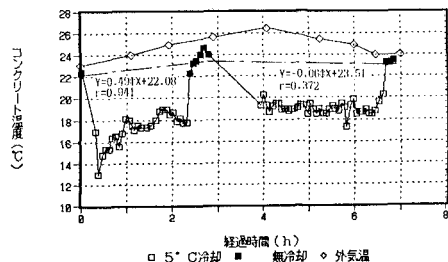


図-2 コンクリート温度計測結果（5℃冷却）

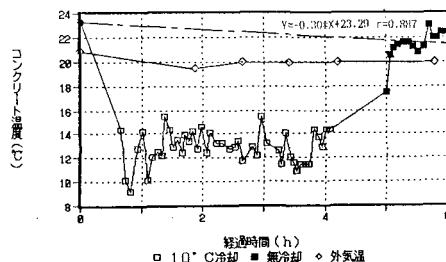


図-3 コンクリート温度計測結果（10℃冷却）

Kazuo NUNOYA, Noriyuki MIKI, Yasuhiko YOSHIOKA, Tomijiro KATAYAMA, Yoshikazu KANO

ばらつくが、数バッチ後には安定してくる傾向を示している。

図-4, 5に練り上がり直後と打設時のコンクリート温度の相違を示す。5℃冷却の場合、冷却開始当初の数バッチを除くと、練り上がり時と打設時の温度は概ね等しいが、10℃冷却の場合は、打設時に平均1.2℃低下しており、冷却量によってはコンクリート温度の測定時期を考慮する必要があることを示している。

また、1m³のコンクリートを1℃低下させるのに要した液体窒素量は7~9kg/m³であり、液体窒素の利用効率としては約70%程度であった。

図-6に空気量試験およびスランプ試験結果の一例を示す。また、図-7に圧縮強度試験結果を示す。粗骨材を冷却することによりコンクリート温度を低下させても、コンクリートの性質や品質に与える影響はない。筆者らの室内実験では、コンクリート温度を低下させることにより、スランプが増大する傾向が得られているが、本実験ではその傾向は明瞭でない。これは粗骨材表面水のばらつきや付着微粒分などの影響によるものと思われる。

図-8に打設した堤体コンクリートの温度履歴の一例を示す。練り上がり温度を低下させることにより、ピーク温度が低下し、それに至る材令も遅くなっている。これは温度応力によるひびわれ防止に極めて有効であると考えられる。

4. まとめ

粗骨材を冷却するブレーキング工法の実用性等について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

1. 液体窒素供給量を制御して粗骨材を冷却することにより、所要の練り上がり温度のコンクリートが連続的に得られる。
2. 液体窒素の使用量は7~9kg/m³であった。
3. コンクリートの性質や品質にあたる影響は少ない。
4. コンクリートのピーク温度が低下し、それに至る材令も遅延されることによって、温度応力によるひびわれ防止に有効となる。

最後に、本実験は熊本尾殿の協力により実施したものであり、関係各位に謝意を表します。

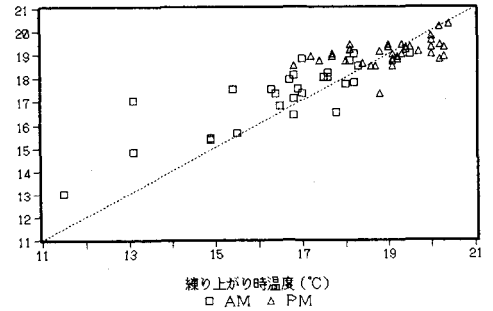


図-4 コンクリート温度の相違 (5℃冷却)

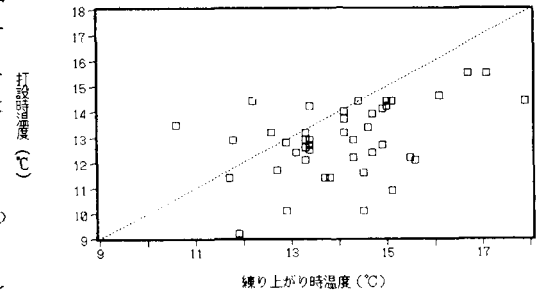


図-5 コンクリート温度の相違 (10℃冷却)

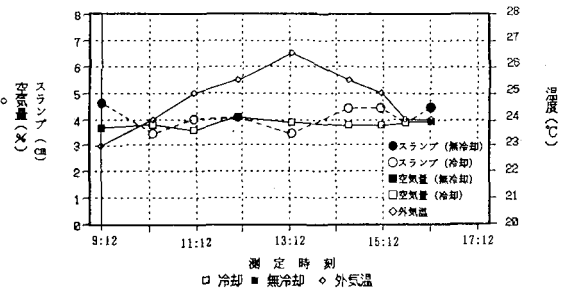


図-6 品質管理試験結果の一例 (5℃冷却)

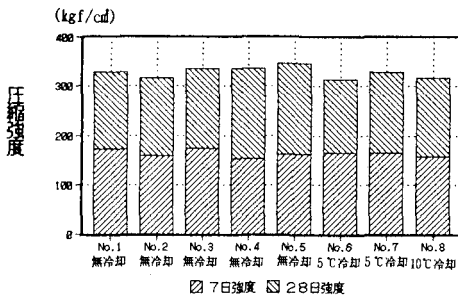


図-7 圧縮強度試験結果

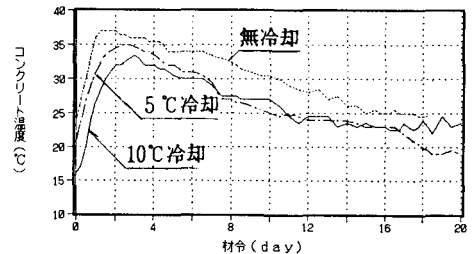


図-8 堤体コンクリート温度計測結果