

V-155 液体窒素によるマスコンクリートのプレクーリング工法

戸田建設備ダム技術室 正会員 野々目 洋
 戸田建設備東京支店 正会員 江頭 正基
 戸田建設備広島支店 宇田川公延

1. はじめに

ダムコンクリート等の温度応力によるひびわれ発生防止を目的とした液体窒素（以下 $L N_2$ とする）によるマスコンクリートのプレクーリング工法を開発したのでその概要について以下に述べる。

2. システム概要

図-1にプレクーリング装置システムを示す。

まず、液体窒素ローリーより冷水製造装置本体内の配管に $L N_2$ を送り、装置に供給された水を間接的に冷却し、冷却された水をバッチャープラントの冷水槽に貯水する。一方、配管内の $L N_2$ は水と熱交換しガス窒素（以下 $G N_2$ とする）になり断熱された配管によりバッチャープラントの粗骨材貯蔵ビン下部に送られる。この $G N_2$ は貯蔵ビン下部に取付けたノズルより貯蔵ビン内に放出され、粗骨材の冷却に

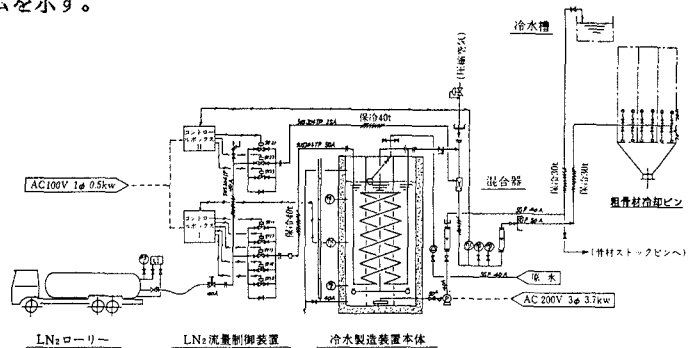


図-1 プレクーリング装置システム

用いられた後上部より大気中に放出される。なお、装置本体には配管周囲への氷の付着を防ぐため $L N_2$ もしくは生成された $G N_2$ を少量水中に直接投入しバブリングする装置も備えている。

また、本システムには冷却水温および $G N_2$ 温度を一定にするための制御装置を計装している。

3. 材料冷却実験

最も効率的な冷却方法を見いだすため、本装置を用いて各材料の冷却実験を行った。

3-1 混練水の冷却

表-1に示す条件で装置に貯水された混練水の冷却実験を行い、 $L N_2$ 使用量と水温低下の関係調べた。この実験により得られた水温の経時変化を図-2に示す。

図-2より29.5℃の原水は約100分で約3℃にまで冷却されたことがわかる。なお、 $G N_2$ のバブリングを行っていたので水と接した配管への氷の付着はほとんどなかった。また、水温が低下した後、50ℓ/分の給排水を行いながら冷却水の製造を続けたが17.5kg/分の $L N_2$ を使用すれば水温はほぼ安定した。

表-1

装置本体貯水量	5.5m ³
原水温度	29.5℃
目標冷却水温	3.0℃
平均 $L N_2$ 使用量	16.7kg/分

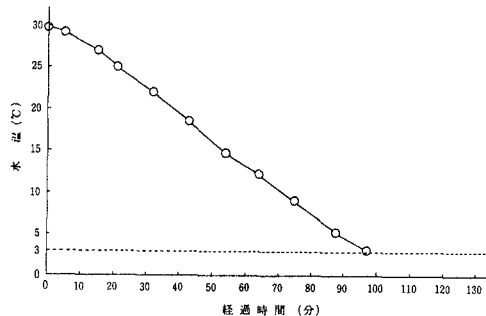


図-2 水温の経時変化

3-2 粗骨材の冷却

混練水の冷却実験と同時に表-2に示す条件で粗骨材の冷却実験を行った。

なお、骨材の温度は150、80、40mm骨材の中心部まで孔を開け熱電対を埋設して計測した。またビン内で骨材を移動させながら計測することは困難であるので骨材は静置している。

図-3にGN₂温度の経時変化、図-4に粗骨材温度の経時変化の一例を示す。

図-3、図-4よりバッチャープラント稼動時の貯蔵ビン内の状態とは異なるが、貯蔵ビン内の骨材平均滞留時間を20分と想定すると骨材の平均温度低下量は表-3のようになり、本装置により粗骨材の冷却が行えることが確められた。

3-3 コンクリートの冷却

以上の実験結果を踏まえて表-4のダムコンクリートの配合を例とし、1m³のコンクリートを1℃低下させるのに必要なLN₂使用量を試算すると、7～8kg/m³℃となった。

4. 打設後コンクリート温度

某ダム堤体のコンクリート打設において、LN₂により冷却した混練水を用いた場合と冷却しない混練水を用いた場合の堤体内温度経時変化を計測し、冷却の効果を確かめた。なお、打設したブロックの形状は等しく、体積は共に約250m³である。中庸熱高炉セメントを用い、配合は表-4に示す通りであった。

表-5に打設前各材料等の温度を、表-6に代表的な打設後コンクリート温度を示す。

これより、各材料の温度が異なるため明確な比較はできないが、冷却水を用いれば打設時コンクリート温度は低下し、打設後の中心部最高温度も打設時温度とほぼ同じ程度低下することがわかった。よって、内部拘束や外部拘束による温度応力も低下し、ひびわれ発生の危険性が低減される。

5. まとめ

液体窒素を用い混練水を間接冷却し、更に水との熱交換によって生成したガス窒素を用い粗骨材を冷却するマスコンクリートのブレーキング工法を開発した。本工法を用いれば、混練水温やGN₂温度を自動コントロールすることにより目標とした温度のコンクリートを製造することができ、温度応力によるひびわれ発生の危険性が低減できる。本工法により1m³のコンクリート温度を1℃低下させるのに必要なLN₂使用量は7～8kg/m³℃となった。

表-2

冷却骨材	150～80、80～40、40～20mm
骨材ビン容量	1.85m ³ （1ビン当り）
GN ₂ 流量	平均15kg/分
吹込みノズル位置、数量	下部より250mmに2個（1ビン当り）

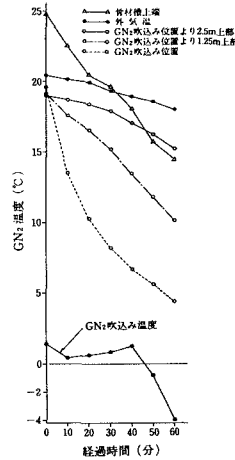


図-3 GN₂温度の経時変化

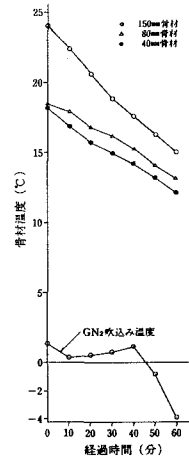


図-4 粗骨材温度の経時変化

表-3

骨材寸法 (mm)	骨材温度低下量 (°C) (20分経過時の各位置平均)
150	3.4
80	1.7
40	2.4

表-4

GNAX (mm)	Slap (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
					水			セメント		砂		混合剤
					W	C	S	G ₁ 120~80mm	G ₂ 80~40mm	G ₃ 40~20mm	G ₄ 20~5mm	
120	3±1	3±1	51.4	25	108	210	513	645	532	239	196	0.525

表-5

項目	A 冷却	B 非冷却
混練水	11.0	24.0
骨材	24.5	25.2
セメント	46.0	31.0
外気温	22.6	24.1

表-6

項目	打設時温度 (°C)	中心部温度 (°C)				中心部と型枠近傍の温度差 (°C)	
		最高温度 (材令2.7日)	材令14日			材令1.4日	材令2.4日
			最高温度 材令28.5日	最高温度 材令28.5日	最高温度 材令28.5日		
A 冷却	25.2	45.3	33.2	25.1	20.2	10.2	12.9
B 非冷却	26.3	46.7	33.0	25.1	21.6	13.1	16.3