

ダムコンクリートの液体窒素プレクーリングの管理方法について

荻本 晃弘* 属 康高** 岩川 真一*
Ogimoto Akihiro Yasutaka Sakka Shinichi Iwakawa

1. はじめに

横瀬川ダムは、高知県宿毛市に位置する堤体積 165,000 m³ の重力式コンクリートダムである。本ダムサイトは、過去3年間の7、8月平均最高気温が約34℃と高いため、コンクリート打設温度規制計画により打設日の制限を受け、工程の確保が困難となることが懸念された。そこで、コンクリート打込み温度低減対策と液体窒素（以下LN2）によるプレクーリングを組み合わせたコンクリート打込み温度管理を実施した。本報告は、この概要と施工結果をとりまとめたものである。

2. 工事概要

工事名 平成28-31年度 横瀬川ダム本体建設工事
発注者 国土交通省 四国地方整備局
工事場所 高知県宿毛市山奈町山田地先
工期 平成28年6月21日～令和2年3月31日
工事内容 重力式コンクリートダム
堤体積 165,000 m³、堤高 72.1 m、堤体長 188.5 m
基礎処理工一式 他

3. ダムコンクリート打込み温度に係わる課題

横瀬川ダムでは、夏期のコンクリートの打込み温度を25℃以下とする事が特記仕様書に規定されている。このため当ダムでは下記のコンクリート打込み温度低減対策を計画した。

- ①夜間を主体とするコンクリート打設時間の変更
- ②セメントクーラ使用によるセメント納入温度の制限
- ③材貯蔵ビンの日よけ設置による骨材温度上昇抑制

(写真-1 左)

- ④練り混ぜ水に冷水（5～7℃）を使用
- ⑤粗骨材への散水（冷水）による冷却（写真-1 右）

上述の対策の中で、⑤は最も効果が大きいと考えられたが、骨材の表面水率が過大にならないように打設の4時間前に散水を停止する必要があった。そのため、打設

* 西日本（支）横瀬川ダム（出）

** 西日本（支）横瀬川ダム（出）

（現：西日本（支）JR六地蔵（出））

日が連続する場合は骨材の冷却時間が短くなり、十分な冷却効果が得られないことが明らかになった。

上記の対策のみでは、夏期（7月～9月）の打設可能日数が打込み温度規制により数日に限られることが予想されたため、より確実にコンクリート打込み温度を低減させるための追加対策を検討した。

4. 追加対策工の検討

追加対策は、イニシャルコストや現地条件等を総合的に検討した結果、LN2をバッチャープラントミキサに直接投入し、フレッシュコンクリートを直接冷却する工法を採用した。同工法を採用した理由を以下に示す。

- ①既存設備の一部改良で対応可能であり、イニシャルコストが安い。
- ②-196℃の極低温で急速冷却が可能であり、練り混ぜ時間に影響を与えない。
- ③LN2タンクローリーから直接投入できるため、新たに高圧ガスタンクの設置やヤード確保が不要である（写真-2）。
- ④添加量の調整により細かい温度設定が容易となり、確実にコンクリート温度の低減効果が得られる。



写真-1 打込み温度低減対策
（左：寒冷紗による日よけ、右：冷水の散水）



写真-2 LN2供給設備（タンクローリー）

5. コンクリート打込み温度の施工管理方法

(1) LN2供給設備の概要

LN2は、LN2供給設備（タンクローリー）から簡易断熱配管（写真-3）を経由し、気液分離ノズルを用いてバッチャープラントミキサへ導入した（図-1）。LN2の使用においては、「高圧ガス保安法」に基づき「第二種貯蔵所設置届書」を高知県に提出した。今回設置したLN2供給設備に対する法定保安距離は6.1 m必要であった。既設仮設備等は保安物件に該当しないが、LN2供給設備から周囲2 m以内は、火気使用禁止の看板設置を行った。またLN2使用中および供給時は、特定高圧ガス取扱主任



写真-3 簡易断熱配管

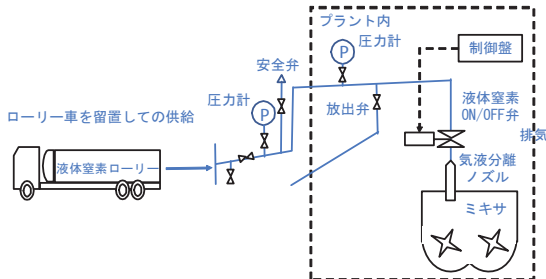


図-1 LN2 コンクリートクーリングシステム概要



写真-4 窒素ガス充満による白煙



写真-5 バッチャープラント排気式換気対策

者を配置した。

(2) LN2 の投入時の留意点

LN2 投入時にバッチャープラント内部が冷気による白煙(写真-4)で充満した。酸素濃度を測定したところ、ミキサ周辺で 17.4%程度まで低下していることが確認された。これは、ミキサ内で気化した窒素ガスがバッチャープラント内部に充満し、酸素を含む空気を外に追い出すためと考えられる。そのため、LN2 使用時は常時プラント室内のプロアにより排気式換気(写真-5)を行った。また、酸素濃度計を設置して計測を行い、酸素濃度が低下した場合は警告音を鳴らしてプラント作業員を退避させるようにした。

(3) LN2 のコンクリート打込み温度管理方法

LN2 は非常に高価なものであることから、施工時は適正量を管理することが重要である。その管理方法は以下の通りである。

表-1 LN2 添加による冷却設定温度

ヒートバランス計算によるコンクリート推定温度			液体窒素LN2添加による冷却設定温度
(°C)			(°C)
24.0	~	25.0	1.0
24.5	~	25.5	1.5
25.0	~	26.0	2.0
25.5	~	26.5	2.5

表-2 冷却設定温度とLN2 添加量

コンクリート量	冷却温度	窒素量	吐出時間 (0.9MPa)
1.00m ³	1.0°C	13.5kg	8sec
	1.5°C	20.3kg	12sec
	2.0°C	27.0kg	16sec
1.50m ³	1.0°C	20.3kg	12sec
	1.5°C	30.4kg	18sec
	2.0°C	40.5kg	24sec
2.00m ³	1.0°C	27.0kg	16sec
	1.5°C	40.5kg	24sec
	2.0°C	54.0kg	32sec

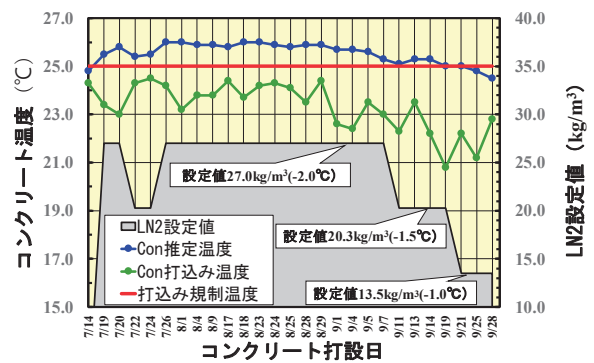


図-2 コンクリート温度とLN2 設定値の関係

- ① 粗骨材への散水を打設 4 時間前に停止し、コンクリート材料温度を計測する。
- ② 計測した各材料温度から推定練り混ぜ温度を算定する(ヒートバランスの計算)。
- ③ 冷却温度を 0.5°C 単位で設定し、LN2 添加量を決定する(表-1, 表-2)。
- ④ 練り混ぜ温度を計測し、運搬打設時の温度上昇 1°C (実測値) を考慮して出荷時の温度を 24°C 以下で管理する。

6. 施工管理結果

コンクリート打込み温度低減対策と LN2 によるプレクーリングを組み合わせ、緻密な打込み温度管理を行った結果、打込み時のコンクリート温度は、すべて 25°C 以下で管理することができた(図-2)。

また、当該施工管理によって、夏期の温度規制による打設休止日は、原設計 25 日間に対して 0 日間になり、打設工程を大幅に短縮することができた。

謝辞. 横瀬川ダムは令和元年 10 月に試験湛水を開始し、順調に令和 2 年 3 月に竣工を迎えました。本工事にあたりご指導いただいた西松建設(株)技術研究所はじめ関係各部署の皆様には深く感謝いたします。