

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 （その2：プレクーリングによるコンクリート温度規制および温度計測結果）

戸田建設株式会社広島支店

正会員 ○ 祖父江 修一

東洋建設株式会社中国支店

正会員 内藤 敏郎

戸田建設株式会社本社ダム営業室

正会員 野々目 洋

岩谷産業株式会社本社ガス技術部

稲葉 臣哉

1. はじめに

山田川ダムでは購入コンクリートによる打設を行っているが暑中コンクリート対策として、液体窒素によるダムコンクリートのプレクーリング工法（以下「 LN_2 直接冷却工法」と称する）を採用することとなった。本稿では施工に先立ち行った試験施工の結果およびコンクリート温度低下によるひび割れ発生防止効果について述べる。

2. プレクーリングシステムの概要

このシステムは市中の既設バッチャープラントにおいてコンクリートをトラックミキサに投入後、ノズルによりドラム内に液体窒素を吹き込み所定の温度まで冷却するものである。液体窒素の供給は液体窒素ローリーから直接行い、自動開閉バルブ、タイマーにより液体窒素の供給圧力、供給時間を制御することでコンクリート温度を調整する。

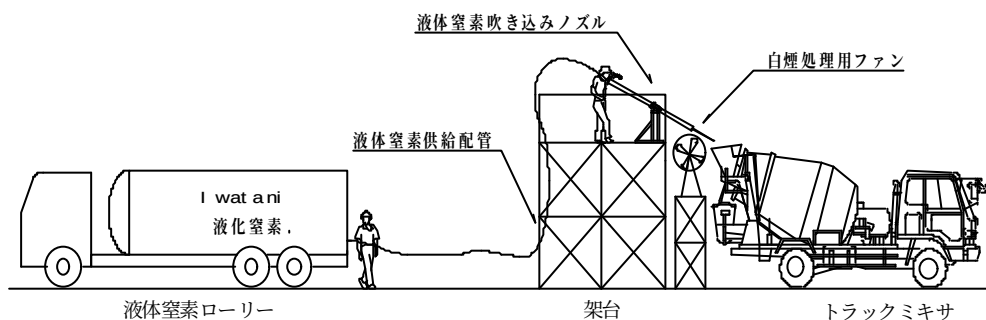


図-1 LN_2 直接冷却工法システム

3. 液体窒素供給量とコンクリート温度降下量の関係

実証実験の結果をふまえて、実施工に先立ち試験施工を行った。その結果、 4.5m^3 （トラックミキサ容量）のコンクリートを 1°C 下げるために必要な液体窒素の量は約 41kg で、 1m^3 当たりでは $9.1\text{kg}/\text{m}^3\cdot^\circ\text{C}$ となる。

実証実験時の値は $8.8\text{kg}/\text{m}^3\cdot^\circ\text{C}$ （理論値 $11.4\text{kg}/\text{m}^3\cdot^\circ\text{C}$ ）であり、ほぼ同等の結果となった。液体窒素供給量とコンクリート温度降下量の関係を図-2 に示す。



写真-1 コンクリート冷却状況

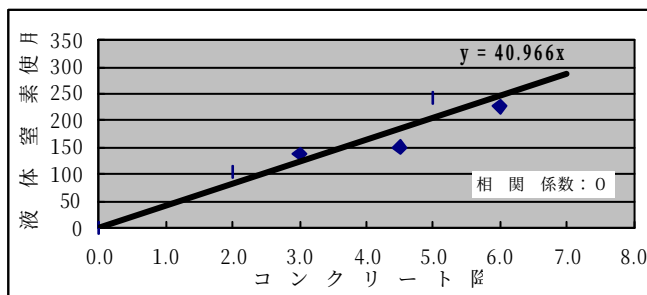


図-2 コンクリート温度-液体窒素使用量（ 4.5m^3 当たり）

キーワード：ダムコンクリート、温度ひび割れ、プレクーリング、液体窒素、生コンクリート

連絡先：戸田建設(株) 広島支店 〒730-0843 広島県広島市中区舟入本町1-9

PHONE：082-231-4185 FAX：082-233-1796 e-mail：shuuichi.sofue@toda.co.jp

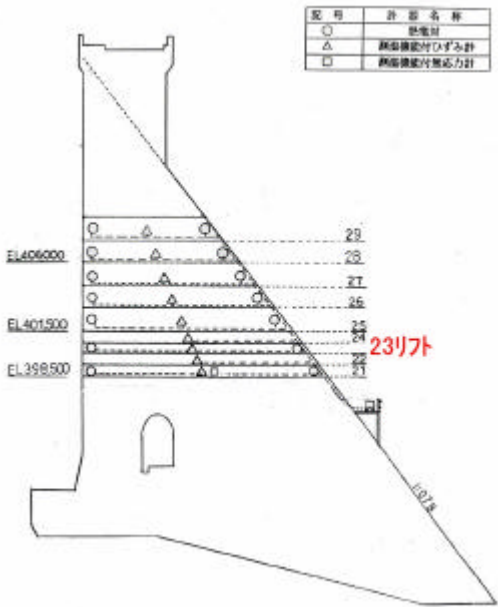
4. プレクーリング管理基準値と管理方法

コンクリート温度の管理基準値は温度応力解析の結果および各リフトの施工時期を考慮して、ひび割れ指数が 1.75 を下回らないよう 0.75m リフトは 29℃、1.5m リフトは 25℃とした。管理方法は当日の予想最高気温よりコンクリートの必要冷却温度を設定し、所要の液体窒素を時間管理で投入した。ダムサイトにおいて毎バッチ打設直前のコンクリート温度を非接触式表面温度計で計測し、管理基準値をもとに液体窒素投入量を微調整した。ダムサイトから既設バッチャープラントへのコンクリート温度の連絡は無線を使用してリアルタイムに行った。

また、液体窒素の使用量の確認は液体窒素ローリーの液面計により行った。

表－1 クーリング仕様

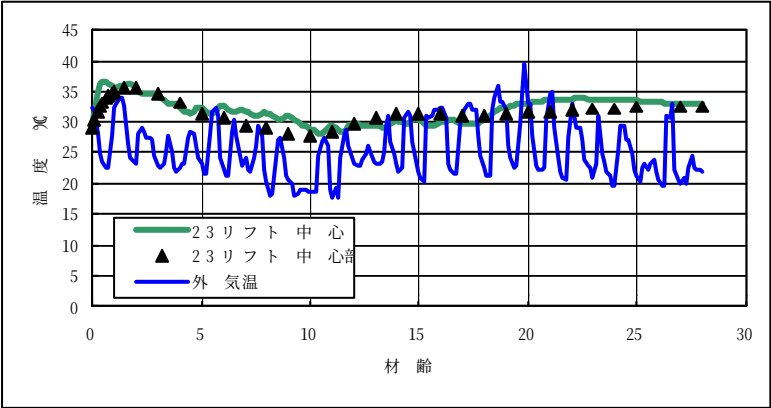
液体窒素供給圧力	0.3MPa
液体窒素供給量	9.1kg/m ³ ・℃
ノズル噴射量	0.9kg/sec



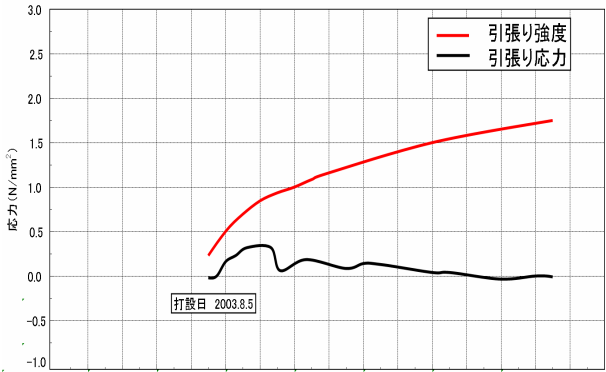
図－3 計測機器設置位置図

5. 堤体温度計測結果と事前解析結果との比較

事前に行った温度応力解析の結果と実際に発生した温度応力との差を検証するため、ダム堤体内にひずみ計、無応力計、熱電対を設置した。計測は3時間毎に行いデータは自動測定器により定期的に回収した。クーリングを行った代表的な 23 リフトの温度履歴実測値と事前解析値を図－4 に示す。実績値と解析値はよく一致しており、解析結果を用いたプレクーリング管理基準値の設定は妥当であったと考える。また、図－5 にテストピースより求めた引張り強度と 23 リフト引張り応力の実測値を示す。引張り応力は引張り強度を下回っており、ひび割れの発生に対して安全であると考えられる。また、目視による観察でもひび割れの発生は確認されなかった。



図－4 温度履歴実測値と事前解析値（23 リフト）



図－5 引張り強度と引張り応力（23 リフト）

6. まとめ

今回の施工では事前の解析結果と施工時の結果が概ね一致しており、ひび割れの発生もなく LN₂ 直接冷却工法によるクーリングは効果があったものとする。今後、小規模ダムでは購入コンクリートが採用されるケースが多くなると思われるが、既設バッチャープラントでは大規模なクーリング設備の設置は困難である。今回行った LN₂ 直接冷却工法は今後の同種工事においても十分有効な工法であると考えている。