

液体窒素（ $L N_2$ ）による 打込み温度の抑制について

甲賀 政啓*
Masahiro Kouga

荻田 淳*
Atsushi Ogita

久野 建史*
Takeshi Kuno

1. はじめに

一般にダムコンクリートの打設では、夏期における打込み温度は $25^{\circ}C$ 以下と規定されている。温井ダムにおいても平成7年までの夏期打設においては、

- ・夜間の施工
- ・練混ぜ水に冷却水を使用
- ・骨材のストックヤード及びパイルに日除けを設ける等の対策を講じてきた。

しかしながら、図-1に示すように、当ダムサイトにおける7月～8月の平均気温は $25^{\circ}C$ を越えており、これらの対策を講じて打込み温度を $25^{\circ}C$ 以下にすることが難しく、コンクリートの打設可能時間を十分に確保することが出来なかった。さらに、平成8年以降に施工する特殊な条件のリフト（放流管リフト等）については、夏期における通常の打込み温度（ $25^{\circ}C$ ）では、温度応力によるひび割れの発生が懸念されるため、コンクリートの打込み温度を $20^{\circ}C$ 程度まで下げる必要が生じた。

これらの理由から、コンクリートの打込み温度を下げるための効果的なプレクーリング方法として、平成8年の夏期打設において、コンクリート練混ぜ中のミキサ内に $-196^{\circ}C$ の液体窒素（ $L N_2$ ）を噴射し、その気化熱によってコンクリートの練上がり温度を下げる工法の試験的な施工を行った。その結果をもとに平成9年の夏期打設においては、その全数量を対象に、液体窒素による打込み温度の抑制を行った。

本報告は、平成9年夏期打設における、液体窒素によるコンクリート打込み温度抑制方法の概要と、その結果について述べるものである。

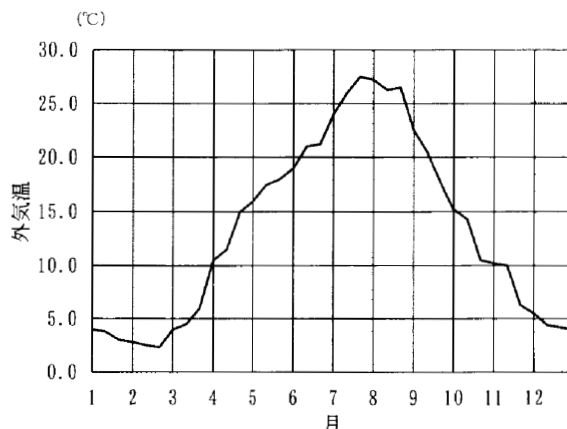


図-1 日平均気温の推移（平成4年～平成7年）

2. 工法選定

コンクリートの打込み温度を抑制するプレクーリング工法として、下記の3工法について比較検討を行った。

- ①液体窒素によるコンクリートの冷却工法
- ②液体窒素による骨材の冷却工法（サンドプレクーリング工法）
- ③練混ぜ水の一部に氷を用いる工法

その結果、イニシャルコストが小さく、少量の施工に有利な、①液体窒素によるコンクリートの冷却工法を採用し、平成8年の夏期打設において試験施工を行った。

この工法は、コンクリート打設の最盛期を迎える平成9年、10年を見据え、設備の一部改善によって本施工に対応できるという事も工法決定理由の一つにあげられた。

3. 施工要領および設備

(1) 液体窒素の搬入および貯蔵

液体窒素は、製造工場よりローリー車にて運搬を行い、現場バッチャープラント横に設置されたCEタンクに貯蔵した。試験施工時は少量施工であったために、ローリー車からミキサー内に直接投入を行ったが、液体窒素のロスが多いため、本施工ではCEタンクを設けて貯蔵した（写真-1参照）。

貯蔵に際しては、外界からの進入熱によって液体窒素が気化し、タンク内槽圧力が上昇してしまうために、定期的（1回/日）にタンク内の液体窒素をブローして一定圧力 $294kPa$ を保った。又、数日間施工が行われない場合は、液温の上昇を避けるためにタンク内の液体窒素をブローして、 $98kPa$ まで圧力を下げた。

* 中国(支)温井ダム(出)



写真-1 液体窒素貯蔵設備

(2) コンクリート製造

コンクリートの製造に先立ち、バッチャープラント受材ビンにおける、打設開始前の各材料（骨材、砂、セメント、水）の温度を測定し、試験施工より得た次式によってコンクリートの打込み温度を推定した。

$$\text{打込み温度} = \frac{0.2 \times (\sum TaWa + TcWc) + TwWw + 550}{0.2 \times (\sum Wa + Wc) + Ww} + 3.0$$

ここに、 Ta, Wa ：各骨材の温度および重量
 Tc, Wc ：セメントの温度および重量
 Tw, Ww ：練混ぜ水の温度および重量

打込み温度の推定値からプレクーリングの必要性を判断し、必要と認められた場合には次式により液体窒素の所要量を求め、初期使用量を設定した。

$$\text{液体窒素投入量} = A \times \Delta T \times Vc$$

ここに、 A ：液体窒素冷却原単位
 ΔT ：目標温度と推定温度との差
 Vc ：1バッチの練混ぜ量

打設開始後は、現場での測定温度に応じて、温度管理範囲（目標温度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ）を外れた場合は、液体窒素投入量を調整して打込み温度を確保した。

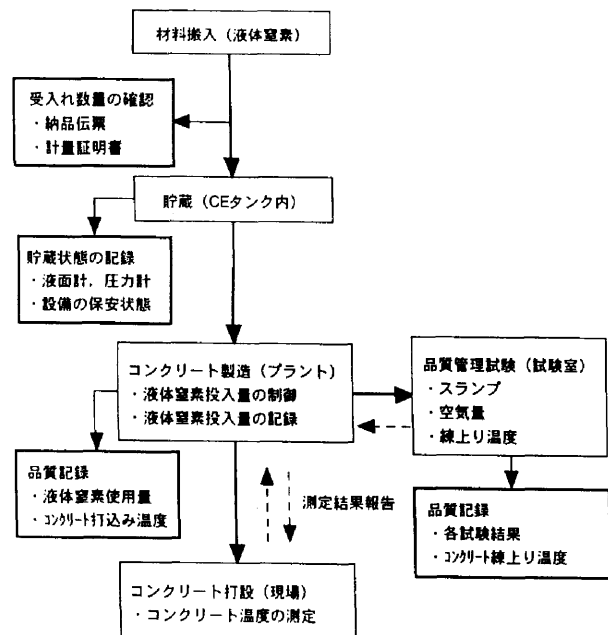


図-2 プレクーリング施工フロー

4. 導入効果

当ダムにおける液体窒素を用いたコンクリートの冷却工法では、コンクリート 1 m^3 当たり 1°C 温度を低減するために、概ね 8.5 kg の液体窒素を要した。

しかし、今回液体窒素によるプレクーリングを導入したことによって、夏期における打設可能時間帯を拡大（平成8年と平成9年を比較すると1日当たり約5時間）し、それによって2ブロック/日の打設を行うことが出来た。

又、特殊条件のリフトにおいては、打込み温度を 20°C 以下まで下げることによって、ひび割れを抑制することができ、当初の導入目的を達成することができた。

5. おわりに

当温井ダムのコンクリート打設量も、平成9年末の時点で全体の75%を越え、残り 20 万 m^3 程度となった。平成10年の夏期においても約 2 万 m^3 の打設が予定されており、液体窒素によるプレクーリングを実施する予定である。

最後になりましたが、本報告文作成に御協力頂いた品質管理担当者の方に感謝致します。