

札内川ダムにおけるRCD工法の低温期対策について

— 高炉セメントを用いたRCD工法 —

開発局	開発土研	正員	井出 康郎
(株) 間	組	正員	古川 康孝
(株) 地崎工業		正員	高林 博
(株) 間	組	正員	荒川 真
(株) 間	組	正員	藤田 司

1. はじめに

札内川ダムは、十勝川水系札内川の上流、中札内村に建設中の重力式コンクリートダムである。

堤体の打設方法としては、地形、堤体の形状、経済性から合理化施工の一環であるRCD工法を採用している。また、堤体に使用しているダム用混合セメントには、従来数多く使用されてきたフライアッシュセメントに代って、セメントに混和材として高炉スラグ微粉末（以下高炉スラグ）を高い比率で混合した高炉セメントを使用している。

本報文は、高炉セメント、RCD工法の両者の特性が絡み合って生ずる諸課題について、室内試験、現場試験を実施し、その結果をもとに検討立案した対策について報告するものである。

2. 工事概要

- (1) 工 事 名 : 札内川ダム堤体建設工事
- (2) 工 事 場 所 : 北海道河西郡中札内村
- (3) 工 期 : 自 昭和63年11月30日
至 平成10年 3月31日
- (4) 事 業 目 的
 - ① 洪水調整
 - ② 流水の正常な機能の維持
 - ③ かんがい用水
 - ④ 水道用水
 - ⑤ 発 電

- (5) ダム諸元及び貯水池諸元

形 式	重力式コンクリートダム
堤 高	114.0m
堤 頂 長	300.0m
堤 体 積	770,000m ³



図-1 位置図

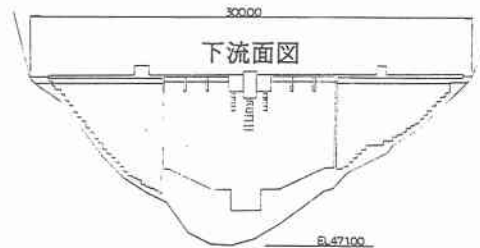


図-2 ダム形状

CONSTRUCTION OF SATUNAIGAWA DAM IN COLD REGION. RCD Concrete Using Blast-Furnace Slag Cement by Yasuroh IDE, Yasutaka FURUKAWA, Hiroshi TAKABAYASHI, Makoto ARAKAWA, Tsukasa FUJITA

3. 高炉セメントを用いたコンクリートの特性

札内川ダムの堤体に使用したダム用混合セメントは、中庸熱ポルトランドセメントに高炉スラグを用途に応じた置換率で混合したものを使用しており、RCDコンクリートには置換率65%を、外部コンクリートおよび構造物コンクリートには置換率55%の混合セメントを使用している。

一般に高炉スラグを高い比率で混合したセメントは、以下のような特性があるとされている。

- ① 水和熱による温度上昇の抑制
- ② アルカリ骨材反応の抑制
- ③ 化学的低抗性の向上
- ④ スラグの潜在水硬性による長期強度の増進
- ⑤ 他のセメントに比べて、初期養生の影響を受けやすい。

また、図-3 養生温度別圧縮強度試験結果や、図-5 モルタル一軸圧縮強度結果から以下のようなことがわかった。

- ① 養生温度が低くなるにつれて強度発現が遅くなる。(図-3、図-5)
- ② モルタル一軸圧縮強度において、養生温度20℃での高炉セメントの強度発現勾配は、フライアッシュセメントに比べると60%程度である。

4. 施工上の問題点

RCD工法によるコンクリート打設の標準打設サイクル(図-4)から分るように、グリーンカット作業、上下流面スライド型枠脱型作業工程は、打設サイクルのクリティカルパス作業となっている。また、札内川ダムは合理化施工法の観点から打設スケジュールは、32ヶ月で完了させる必要があり、この打設スケジュールから割り出したクリティカルパス作業の目標作業開始時間は表-1に示すとおりとなる。

さて、これらのクリティカルパス作業の特徴としては、作業開始時に適切な強度の発現が必要なことである。したがって、目標作業開始時間を確保するためには若材齢時の強度発現が重要なポイントとなり、特に高炉セメントの低温期における強度発現の遅れについて何らかの対策が必要となった。

5. 低温期対策

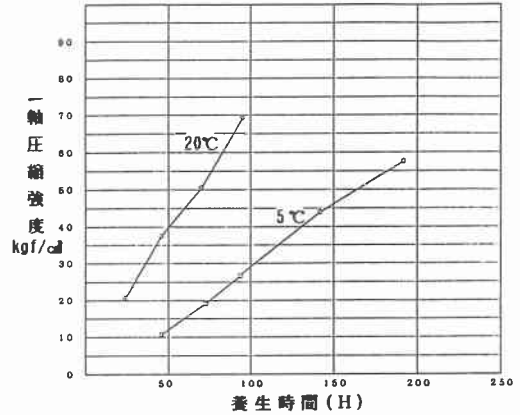


図-3 RCDコンクリート 養生温度別標準圧縮強度試験

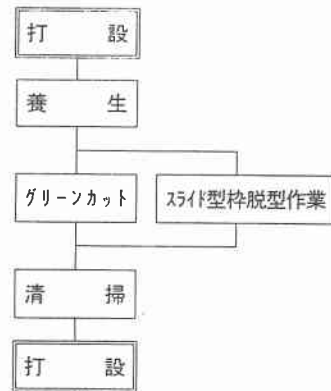


図-4 標準打設サイクル

表-1 目標作業開始時間

種別	通常期	低温期
外部コンクリート グリーンカット作業	24時間	48時間
RCD用コンクリート グリーンカット作業	48時間	72時間
上下流面型枠脱型作業	60時間	72時間

低温期対策の検討にあたっては、高炉セメントの特性、打設工法など総合的に判断し、特に養生条件について検討を行った。

1) グリーンカット作業

グリーンカット作業は打継面のレイタンスを除去する作業で、開始時期が早すぎるとコンクリートを傷め、遅すぎると除去作業が充分に行えないので、適切な強度発現を待って開始する必要がある。

ところで札内川ダムにおける低温期のRCDコンクリートのグリーンカットは、平成3年度低温期の実績で、108時間もの養生時間を必要とした。この時の養生温度(5.2°C)から積算温度を算出すると1100°C・hとなっている。

さて、筆者らはグリーンカット作業に必要な強度は、コンクリート中のモルタル分の強度で判断することが良いと考え、予備試験として養生温度別モルタル軸圧縮強度試験を実施した。(図-5参照)この結果と平成3年度の実績から、グリーンカットに必要なモルタル強度は14~15kgf/cm²であり、様々な養生温度下においてもグリーンカットは、積算温度1100°C・h程度で開始できると判断した。

図-6は積算温度1100°C・hで必要養生温度と養生時間を表したグラフである。これによるとグリーンカット作業目標開始時間(72時間)を満足するためには養生温度を10°Cに保つ必要がある。そこで、札内川ダムでは、コンクリート打込み温度を上昇させ、打設後、保温マット(t=10mm, 熱伝導率K=0.03kcal/m・h・°C)によって打設天端を覆い、養生温度を10°C以上に保つようにした。

2) 上下流面スライド型枠脱型作業

鉛直面の脱型に必要なコンクリート圧縮強度は35kgf/cm²とコンクリート標準示方書に規定されている。札内川ダムの外部コンクリート(単位セメント量220kg/m³, スラグ置換率5.5%)の養生温度別圧縮強度と養生時間の関係を図-7に示す。これによると、一般にマスコンクリートに用いられている遅延型混和剤を使用した場合、圧縮強度が35kgf/cm²に達して脱型を開始できる時間が、目標脱型開始時間(72時間)を満足するためには、養生温度を10°C以上に保つ必要がある。その方策についてはグリーンカット作

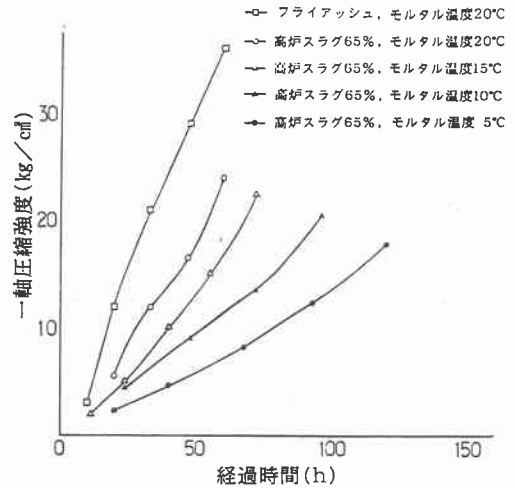


図-5 モルタル軸圧縮強度 (RCD)

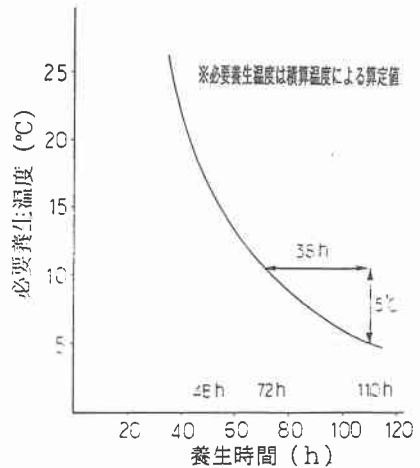


図-6 必要養生温度-養生時間 (RCD)

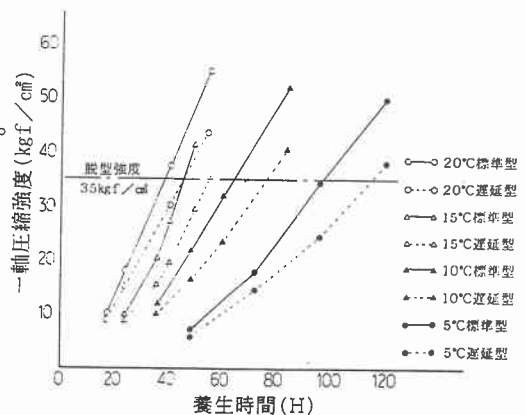


図-7 外部コンクリート標準圧縮強度試験

業と同様であるが、堤体の上下流面にもマットによる保温養生を行った。

また、図-7を見てわかるとおり外部コンクリートは、混和剤の変更（遅延型ポゾリスNO8→標準型NO70）による影響が大きいことから、気温が高く養生温度が高い通常期は、通常の遅延型NO8を使用し、気温が低く養生温度が低下する低温期は、標準型NO70を使用して、より一層の強度発現の促進をねらった。

3) 対策期間の設定

当ダムの打設可能期間は、4月末より10月末までであり、現地での観測結果よりダムサイトの気温変化は、図-8に示すとおりとなる。

対策実施期間は、この気温を参考に6月11日～9月20日を通常期、打設開始～6月10日、9月21日～打設終了を低温期として、低温期には対策を行った。

6. 対策の効果・実績

1) グリーンカット作業

グリーンカット開始時間の実績を図-9に示す。また外気温は打設日の日平均気温である。グリーンカット開始時間は外気温が低くなるほど遅くなっているが、保温養生などの対策を実施していない平成3年度と比較すると、外気温5℃付近で50時間程度早くなっており十分な効果が上がっていることがわかる。

2) 上下流面スライド型枠脱型作業

上下流面スライド型枠脱型作業開始時間の実績を図-10に示す。型枠脱型作業開始時間は、低温期対策を実施していない平成3年度の実績と平成7年度を比較すると、相対的に15時間程度早くなっており、低温期対策の効果が上がっていることがわかる。

7. おわりに

現在、札内川ダムは767,400㎡の打設を完了し、来年5月末には打設完了、平成9年3月には試験湛水を開始する予定である。我国で初めて高炉セメントをRCDコンクリートに用いたことから、特に低温期の対策に苦慮したが、RCD工法の材料の多様化を図る点で有意義な実績が得られたと考えている。

最後に本報告にご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

参考文献：1) 国土開発技術研究センター：RCD工法技術指針(案)平成元年8月

2) 馬場、塚：RCDコンクリートのグリーンカット開始時期，開発土木研究所月報NO490, 1994

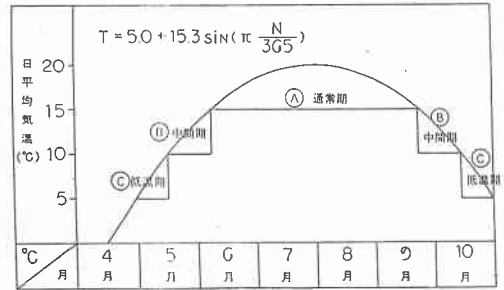


図-8 低温期対策期間

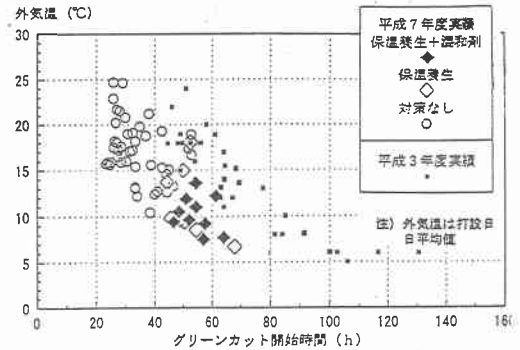


図-9 グリーンカット開始時間

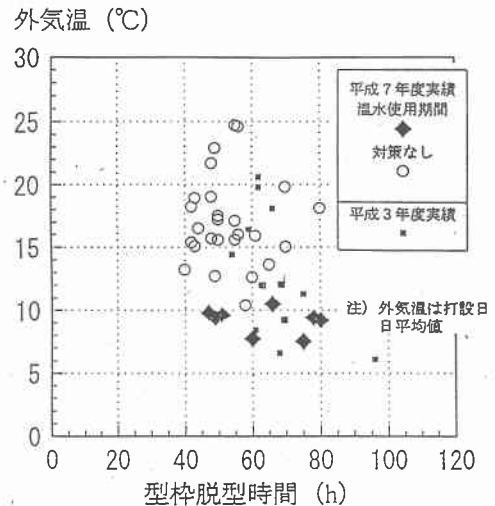


図-10 上下流面スライド型枠脱型時間