

# 玉川ダムにおける堤体温度規制計画について

建設省 東北地方建設局 玉川ダム工事事務局 正員 稲田修一〇  
同 上 正員 原田謙二  
同 上 山本民堂

## 1 はじめに

コンクリートダムが施工においてコンクリートの温度変化に起因する温度応力(ひび割れ)の制御は重要な問題であり、そのために種々の温度規制手段が講じられている。とすわす、パイプクーリングは温度規制の有力な手段として広く採用されており、その合理的運用方法についても検討されている。しかし、玉川ダムではRCD工法の採用によりパイプクーリングは実施できず、従来の規制手段の見直しが必要になった。当ダムでは必要な温度規制の程度、施工性等を勘案し、RCD工法に対応するものとして新にリフト表面冷却を検討した。本論ではこのリフト表面冷却の解析的検討を中心に玉川ダムの温度規制計画の概要を報告する。

## 2. 温度規制計画の検討

2-1. 温度規制面からの玉川ダムの特徴 RCD工法に伴う温度規制上の特徴は①コンクリート貧配合化による総発熱量の低減、②低リフト化による最高温度の低減、③全面レーマー施工による縦継目の露出機会の消滅、④露出日数の短縮及びリフト面の露出機会の平準化等であり、いずれも温度応力上、有利であるが、縦継目なしの長大レーマー施工のため外部拘束及び内部拘束とも従来工法よりも増大すると考えられる。

2-2 温度規制の指標 従来、クーリングは最終安定温度までの長期温度低下過程における外部(基礎)拘束に起因するひび割れの制御を目的とし、最高温度(最高温度低下量)を規制の指標としている。しかし、許容最高温度は一般に十分硬化後のコンクリート強度に対して設定されるため、初期段階時に内外温度差に起因して初期微細ひび割れの発生した場合、外部拘束による応力が許容引張応力以下でも微細ひび割れがブロックを分断するようなクラックに発展する可能性がある。このことは概由によっても指摘されている。玉川ダムでは温度規制の指標に従来の(a)最高温度 $T_{max}$ (最高温度低下量 $\Delta T$ )の他に初期段階時の温度規制として(b)リフト露出期間中の温度低下量 $\Delta t$ をとらあげ、その目標レベルは解析的検討及び既設ダムの実績の両面より設定した。

2-3 目標レベルの設定 コンクリートの引張ひずみ能 $E_s$ を $100 \times 10^{-6}$ とすれば、 $\Delta T$ は次式で与えられる。  
 $\Delta T < E_s / (R \cdot \alpha) \dots (1)$  ここに  $R$ : 外部拘束度、 $\alpha$ : コンクリート線膨張係数( $9 \sim 10 \times 10^{-6}$ )である。一般に $R$ は図-1に示すようにブロック長さ $L$ と打上り高 $H$ との比 $H/L$ の関数であるが、長期拘束を問題とする、ダム完成後では $R$ は(2)式に示すZanger-Brahtz式で近似できる。

$R = (1 + 0.4 \cdot E_c/E_r)^{-1} \dots (2)$  ここに、 $E_c$ 及び $E_r$ はコンクリート及び岩盤の弾性係数である。(1)、(2)式より $\Delta T < 20 \sim 25$ と設定される。既設ダムにおける $L$ と $\Delta T$ との関係を示す図-2によれば、 $\Delta T = 20$ ℃は従来より厳しい規制となる。年平均気温は約9℃より $T_{max} = 29$ ℃と設定される。

また $\Delta t$ については明治ダム<sup>(4)</sup>、Dworshakダム<sup>(5)</sup>及びUSB Rでのパイプクーリングの運用事例を参考にして0.5℃/日程度の規制を設けることとし、標準的な打設サイクル(4日)

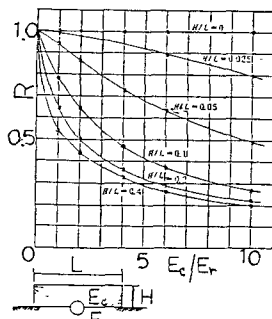


図-1 種々のH/Lに対する $E_c/E_r$ と外部拘束度の関係

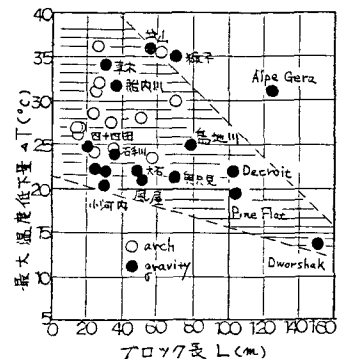


図-2 ブロック長と温度低下量の関係

より2°C程度とした。

2-4 温度規制対策の検討； 以上、設定した目標レベルを満足する規制手段を決定するため温度履歴シミュレーション解析を行った。解析モデルは鉛直一次元問題とし、主なパラメータとしては打込み温度( $T_p$ )、大気温度( $T_A$ )、打設厚( $V$ )、セメントの種類をとりあげた。

i) クーリング以外の規制手段の検討 何ら規制手段を講じない場合、目標に達しなかったため、まず岩着部リフト厚の制限を検討した。図-3のように、打上小速度が一定ならばリフト厚の小さい程、(露出日数が小さいほど)、 $T_{max}$ 、 $\Delta t$ とも小さくでき、2-1で述べたRCD工法の有利性が明確にうかがえる。これと中層熱セメント(フライアッシュ混合率30%)の使用を合わせて規制効果をみると図-4のように月平均気温の最大値 $T_p = 22.5^\circ\text{C}$ までは一応目標レベルを満足することがわかる。しかし、RCD工法のような長大レヤー施工の場合では同じ温度変化量でもマスとしての体積変化は従来工法よりも増大するため、より高いレベルの規制が必要と考えられ、簡便かつ経済的な範囲内でのクーリングの併用を検討した。

ii) クーリングの併用の検討 低リフト・全面レヤー施工では薄層さき出しによる打設中の温度上昇は避けられず、アレクーリングの効率は低下し費用の割に効果は小さいため、アレクーリングは混合水の冷却を除いては実施しないこととし、これに代り、ポストクーリングの一種で、設備の簡便かつ広い打設ブロックに対応し易いリフト表面冷却<sup>7)</sup>を検討した。アレクーリング効果との比較からその実施可能性を図-5でみると、アレクーリングと同等あるいはそれ以上の効果を期待できることがわかった。リフト表面冷却はパイプクーリングと同様に、冷却温度によらず内外温度差による内部拘束と助長する恐れがあるが、解析では図-6のように、リフト露出期間中の大気温度をくコンクリート打込み温度 $-2.5^\circ\text{C}$ 程度に冷却すれば、日平均気温の最大値 $T_p = 25^\circ\text{C}$ の場合でも $T_{max}$ 、 $\Delta t$ とも目標レベル内に抑えられることがわかった。

#### 4. おわりに

温度ひび割れの制御には長期温度低下過程におけるひび割れ規制だけでなく、リフト露出期間中の初期ひび割れの制御が重要であり、今回は露出期間中の温度低下量も規制指標とした。解析結果からはリフト厚の制限、中層熱セメントの使用等により、一応、規制目標を満足し得るが、リフト表面冷却の併用によりさらに高いレベルまで温度規制を行うことができたことがわかった。リフト表面冷却については実績がなく、具体的な方法については打設現場での設備的な対応等も含め、現在、検討中であり、その結果については後日、別の機会に報告することとしたい。

<参考文献> 1)飯田隆一;コンクリートダムの設計施工の合理に、土木技術資料 20-10 1978 2)3)土木研究所資料第1559号、1658号 4)56年度建設省技術研究報告 C-2, 20 5) DL Houghton; Concrete Volume Change For Dworshak Dam. 6) USBR: Design of Gravity Dam 7)末山功;コンクリートダムの温度ひび割れ温度規制;ダム技術 1-2, 1983

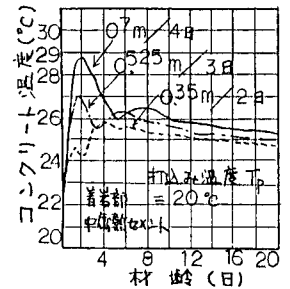


図-3 リフト厚の効果

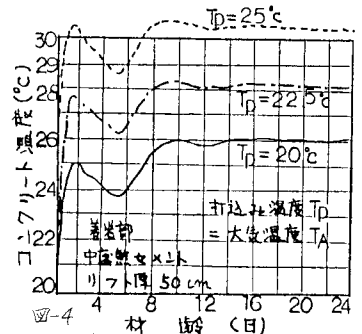


図-4 中層熱セメントとの併用効果

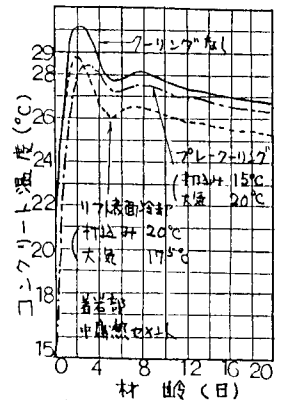


図-5 アレクーリングと比較

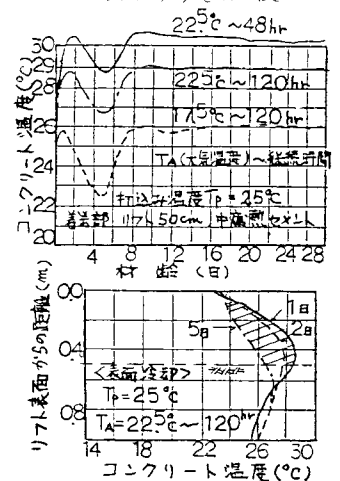


図-6 表面冷却の効果