

V-230

小規模ダムにおけるRCDコンクリートによる温度ひびわれの制御

株式会社 鴻池組 正会員 鈴木 研二
 同上 正会員 木村 政敏
 同上 田代 博正

1. まえがき

小規模ダムでは暑中コンクリート打設となる場合、経済的な理由等によって大規模ダムのように液体窒素を用いたブレーキング工法¹⁾等の積極的な温度ひびわれ対策を行えない場合が多い。

本報告は、暑中コンクリートの温度ひびわれ制御方法として、単位セメント量を減らし水和熱を低減させることによって温度ひびわれを制御する対策を考え、その妥当性に対する検討を行った。以下にその詳細を述べる。

2. 温度ひびわれ対策の検討

ダムコンクリートの単位セメント量の現状から判断すると、単位セメント量を大きく減少させるためにはRCDコンクリートを用いなければならない。RCDコンクリートの単位結合材量は、現状では最低限 120~130kg/m³が必要²⁾とされている。本研究の目的から、単位結合材量として120及び110kg/m³を選び、それぞれセメントだけの場合及びセメントにフライアッシュを20%混入した場合の計4種類について、粗骨材最大寸法80mmのRCDコンクリートを用いた断熱温度上昇試験を行った。結合材には市販の高炉セメントB種及び国内産フライアッシュを用いた。なお、強度条件を満足するために、新しい超硬練り用混和剤(商品名; RD-100)を用いた。

断熱温度上昇曲線を図-1に、断熱温度上昇式を表-1にそれぞれ示す。最終断熱温度上昇量はC+F=110kg/m³の場合が16.8°Cと最も低く、C=120kg/m³の場合より約5°Cも低い値を示した。この結果を利用して JCI のパソコンプログラムの FEMによる温度解析を、またC+F=110及び120kg/m³については、同プログラムの FEM応力解析を行った。解析モデルは適用を考えるダムを対象としており、図-2に示すとおりである。温度解析結果においてもC+F=110kg/m³が最も温度上昇量が少なく、温度降下も緩やかであった。また図-3にリフト中心における温度応力を示すように、発生する引張応力は極めて小さく、またひびわれ指数についてもひびわれ発生に対して十分安全な結果を示した。なお解析条件は、岩盤及びコンクリートの熱伝導率はそれぞれ1.8及び2.3kcal/mhr°C、熱伝達率は10kcal/m²hr°C、初期温度は岩盤26°C、コンクリート30

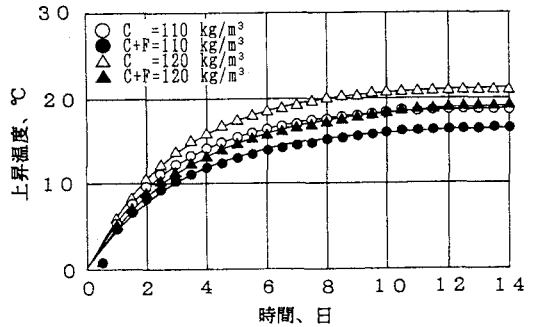


図-1 断熱温度上昇曲線

表-1 断熱温度上昇式

単位結合材量	断熱温度上昇式		
	T=K[1-exp(-αt)]		
	K	α	相関係数
C+F=120kg/m ³	19.6	0.282	0.997
C+F=110kg/m ³	16.8	0.311	0.996
C=120kg/m ³	21.5	0.322	0.996
C=110kg/m ³	19.1	0.399	0.995

C:高炉セメントB種 F:フライアッシュ

表-2 解析条件

種類	岩盤	岩着コンクリート	RCDコンクリート			
			C+F=120	C+F=110	C=120	C=110
結合材量	kg/m ³	-----	C=220	C+F=110	C=120	C=110
比熱	kcal/kg°C	0.220	0.308	0.298	0.299	0.297
比重	kg/m ³	2.400	2.323	2.399	2.394	2.407
発熱量	断熱温度上昇式	-----	K=25.2 α=0.696	表-1の値	表-1の値	表-1の値
ポア率		0.200	0.167	0.167	0.167	
圧縮強度 ⁽⁴⁾	kgf/cm ²	567	σ ₇ =181 σ ₂₈ =336 σ ₉₁ =394	σ ₇ =136 σ ₂₈ =287 σ ₉₁ =373	σ ₇ =98 σ ₂₈ =206 σ ₉₁ =282	
引張強度	kgf/cm ²	-----	コンクリート標準示方書の式			
弾性係数	kgf/cm ²	1.89x10 ⁸	コンクリート標準示方書の式			

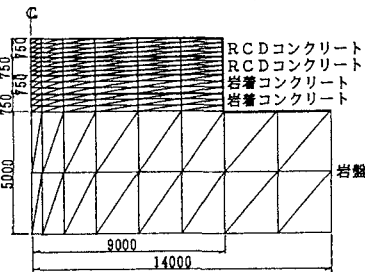


図-2 解析モデル

℃、外気温26℃、線膨張係数は $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり、その他の条件は表-2に示してある。

試験施工において、 $C+F=110\text{kg}/\text{m}^3$ のRCDコンクリートの温度履歴、コア外觀、強度ならびに透水係数について調べた結果も良好な値を示した。よって、水和熱を大きく低減するためには、 $C+F=110\text{kg}/\text{m}^3$ のRCDコンクリートが有効であることがわかった。なお、この貧配合RCDコンクリートの流動特性ならびに強度特性については参考文献3)及び4)をそれぞれ参照されたい。

3. 小規模ダムでの適用結果

表-3 施工に用いたダムコンクリートの示方配合

コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	VC値 スラップ* (s, cm)	空気量の範囲 (%)	水結合材比 W/(C+F) (%)	フライアッシュ比 F/(C+F) (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
							水 W	セメント C	フライアッシュ F	砕砂	海砂	粗骨材 S	G	8040	混和剤
RCD	80	20±10	1.5±1	80.0	20	32.0	88	88	22	480	206	449	494	554	2.200
内部		4±1	3.5±1	72.5	20	29.0	116	128	32	117	467	391	478	579	1.120
外部・岩着		4±1	3.5±1	54.1	--	28.0	119	220	0	110	441	572	472	386	1.540

小規模ダム(櫃坂下池ダム、重力式、 $H=23\text{m}$ 、 $L=150\text{m}$ 、 $V=22000\text{m}^3$)において貧配合RCDコンクリートを実際に適用し、暑中打設となるブロックを選んでダムコンクリートの温度ならびにひずみの計測を行った。計測ブロックならびに熱電対及びひずみ計設置位置は図-4に示すとおりであり、外部、在来工法の内部およびRCDコンクリートを打設した。コンクリートの打設温度は26℃であった。

図-5に3種類のダムコンクリートに対する温度とひずみの関係を示す。RCDコンクリートの場合、温度上昇量及びひずみの変化量は小さく、昇温・降温過程何れの場合も温度とひずみの関係は線形関係にあった。また、外部及び内部コンクリートについてもその関係は線形関係にあった。したがって、ダムコンクリートには温度ひびわれは発生しなかったと推論されよう⁵⁾。また、暑中コンクリート打設となった他のリフトについても目視観察を行った結果、温度ひびわれは全く認められなかった。

4. 結論

本研究の結果を要約すると次のようになる。

- (1) 高炉セメントB種にフライアッシュを混入した単位結合材量 $110\text{kg}/\text{m}^3$ のRCDコンクリートの発熱量は大きく減少する。
- (2) 内部コンクリートに上述の貧配合RCDコンクリートを適用することによって、ブロック内の温度上昇が低減され、温度ひびわれを制御することが可能である。

<参考文献>1)大澤, 他4名, コンクリート工学, Vol. 26 No.5 pp.21-29, 1988.5 2)(財)国土開発技術研究センター編集, RCD工法技術指針(案), 平成元年8月 3)安部, 川上, 中村, RCDコンクリートの流動性に及ぼす砂の微粒分の影響, 土木学会第46回年次学術講演会概要集V, 1991 4)櫻村, 堀川, 高津, 貧配合RCDコンクリートの品質確保対策について, 土木学会第46回年次学術講演会概要集V, 1991 5)塚山, セメントコンクリート, No.370, pp.11-17, 1977.12

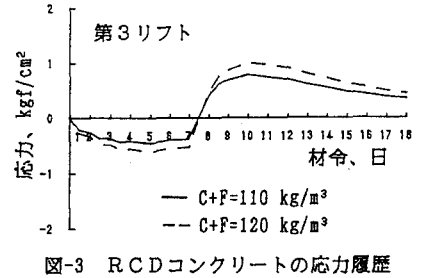


図-3 RCDコンクリートの応力履歴

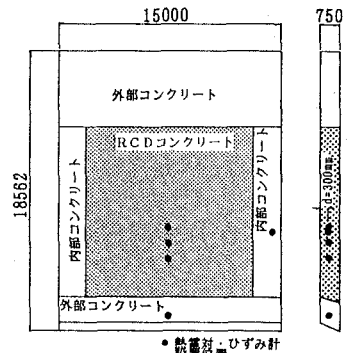
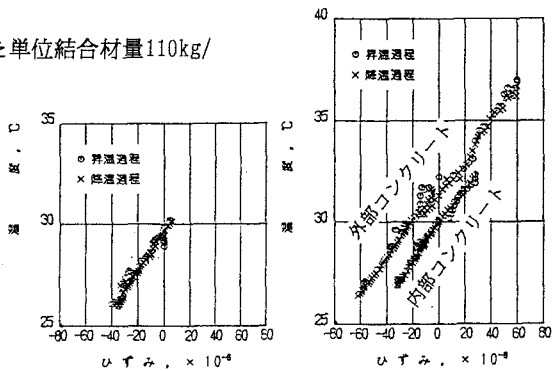


図-4 計測ブロックならびに熱電対及びひずみ計設置位置



(a) RCDコンクリート (b) 外部及び内部コンクリート

図-5 ダムコンクリートの温度とひずみの関係