

# 砂防えん堤のコンクリート打設時における温度応力解析とその検証について

香川県西讃土木事務所

有信裕司、宮岡宏明、角原徹

大日本コンサルタント株式会社

○清野耕史、坂本浩一、川田積、太原晶、清水新太郎

## 1. はじめに

香川県観音寺市豊浜町に位置する大西川（流域面積0.23km<sup>2</sup>）では、平成16年9月に通過した台風21号により土石流が発生して下流に大量の土砂が流下し、JR予讃線が32時間にわたり不通になる等の被害を受けた。

流域内には、その時の発生土砂が大量に堆積し、二次災害の恐れが生じたため、砂防激甚災害対策特別緊急事業に基づき砂防えん堤1基を計画した。

しかし、えん堤計画地点へ向かう既存道路がなく、緊急性を要する事業であることから、当砂防えん堤施工に際しては、工事用道路を設けずに下流河道沿いに配管を施し、ポンプ打設によりコンクリート築造を行うこととした。

本研究は、実施事例の少ない砂防えん堤のポンプ打設としたことから、打設に先立ち温度応力解析を行い、ひび割れ発生を極力抑制するためのコンクリート配合やリフト割りを決定し、さらに施工中におけるコンクリート内部の温度計測を実施し、解析結果の検証を行ったものである。



図.1 大西川の位置

表.1 平成16年 台風21号による大西川の被害状況

項目	状況	備考	
降雨状況	最大日雨量	234mm/day 9/29 0時~24時	
	最大時間雨量	65mm/h 9/29 18時~19時	
土砂流入 及び 冠水状況	建物被害	工場及び倉庫 8社	
	道路被害	国道11号	500m 通行止め13時間
		町道	1600m ガートレール消失30m
	鉄道被害	JR予讃線	100m 運休32時間

表.2 大西川砂防えん堤 設計諸元

項目	単位	諸元	備考	
流域諸元	対象流域面積	km <sup>2</sup>	0.215 0.23km <sup>2</sup>	
	現溪床勾配		1/7.4 (基準点)	
	計画堆砂勾配		1/11.1	
計画流量	計画対象流量	m <sup>3</sup> /s	6.00	
	土石流ピーク流量	m <sup>3</sup> /s	8.00	
施設諸元	堤高	m	12.0	重力式 コンクリート ・ 土石流 対策
	堤長	m	118.0	
	天端幅	m	3.0	
	下流法勾配		1:0.20	
	上流法勾配		1:0.45	

## 2. 砂防えん堤コンクリート打設の条件

夏場におけるポンプによる安定圧送を考慮し、コンクリート打設条件を以下の通り設定した。

- ・ コンクリートスランプ 12cm (標準値) or 18cm (閉塞等、緊急時を想定)
- ・ 粗骨材最大寸法 40mm ( " ) or 20mm ( " )
- ・ 打設リフト厚 1.0m ( " ) or 2.0m (ひび割れの問題がなければ、日打設量増加を考慮する)
- ・ 打設速度 8日/1リフト (養生期間; 中7日、「コンクリート標準示方書」より)

## 3. コンクリート打設時における温度解析の実施

### 3.1 解析条件・解析モデル

表.3 解析条件一覧(ケース2が標準)

項目	単位	解析ケース					適用
		1	2	3	4	5	
コンクリート配合		21-12-40BB		21-18-20BB			
熱伝導率	コンクリート	2.70					コンクリート 標準示方書 (施工編・構 造性能照査 編)等による
	基礎地盤	3.45					
単位体積 重量	コンクリート	2,261		2,229			
	基礎地盤	2,164					
ポアソン比		0.2					
弾性係数	コンクリート	コンクリート材齢との関係式による					
	基礎地盤	136,000					
打設リフト厚	m	1.00	2.00	1.00			
コンクリート打設温度設定曲線式		包括値	平均値	包括値	平均値		

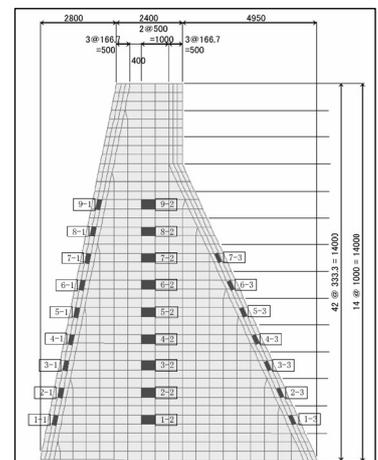


図.2 解析モデル(えん堤)

### 3.2 解析結果

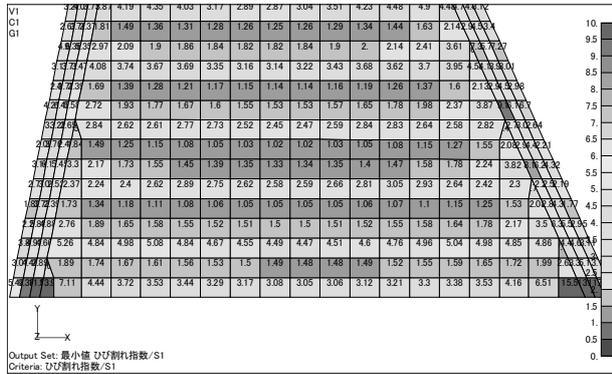
温度解析結果は、各計算ブロックの最大温度と最大主応力としてまとめ、打設に際しては、ひび割れの目安となるひび割れ指数を用いた。

「コンクリート標準示方書（施工編）」に準じ、「ひび割れ発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないよう制限する」ことを目安とし、ひび割れ指数  $I_{cr}(t) = 1.0$  以上とした。

表4 解析結果と、それにより得られた打設の方針

コンクリート配合	解析結果	備考
21-12-40BB	コンクリート打設温度に関係なく、全リフトでひび割れ指数1.0以上を満足した。	CASE1, CASE2
	打設リフト厚2.0mの場合、基部～中央部でひび割れ指数が1.0未満となった。	CASE3
21-18-20BB	コンクリート打設温度に関係なく、基部リフトでひび割れ指数が1.0未満となった。	CASE4, CASE5
打設方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート配合は21-12-40BBを基本とし、夏場における管閉塞等の緊急時には21-18-20BBの採用も検討する。</li> <li>・打設リフト厚は1.0mとし、2.0mは採用しない。</li> </ul>	

i) 打設リフト厚 1.0mの場合 (CASE2)



ii) 打設リフト厚 2.0mの場合 (CASE3)

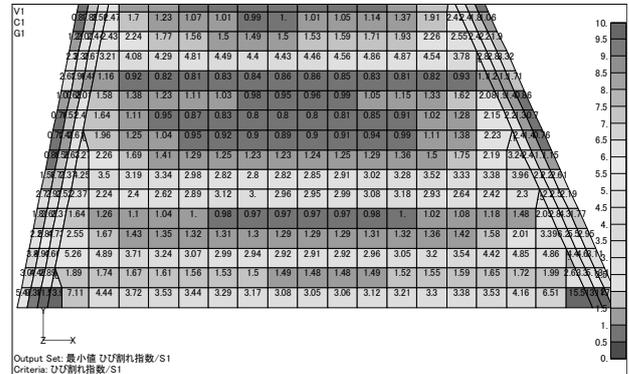


図.3 温度解析結果 (数字はひび割れ指数)

## 4. 温度解析結果の検証

### 4.1 温度計測機器の配置

砂防えん堤コンクリート打設に合わせ、図.4に示す位置に熱電対、データローガーを配置し、えん堤内部における温度変化を計測した。

### 4.2 解析値と実測値の比較

#### (1) 初期温度とピーク温度の比較

図.5に示す通り、解析値と実測値とでは初期温度とピークの温度差、温度下降曲線ともほぼ同じとなった。

#### (2) 次リフト打設の影響による温度変化

打設間隔を解析の中7日に対し、中4日とした。そのため、リフト間の温度差が解析より小さく、ひび割れ指数が解析値1.02を下回ることは無いものと推察された。

## 5. コンクリートの品質調査結果

温度解析の結果、最小ひび割れ指数となったブロック ( $I_{cr} = 1.02$ ) においてコア採取を行い、目視調査および孔内ファイバースコープ確認、さらにコンクリート圧縮強度試験を実施した。その結果、特にひび割れの発生は見られず、所定の圧縮強度が得られた。

したがって、上記の検証・確認結果より、当砂防えん堤コンクリートの健全性を確認することができた。

## 6. 今後の展望

これまで砂防えん堤のコンクリート打設は、JIS規格に準じた規定(スランプ5cm、W/C ≤ 60%)のために、一般的にバケット打設が行われてきた。しかし、今回のようにバケット打設が困難な現場やポンプ打設が有効となる場合は数多くあると思われる。当検証の結果、所定の条件を満足すれば、ポンプ打設により十分健全なコンクリートを築造できることが確認された。そこで、今後の砂防えん堤ポンプ打設施工の標準化に向け、解析データや計測データを蓄積し、最適なコンクリート配合や打設手順の検討を推し進めていきたい。

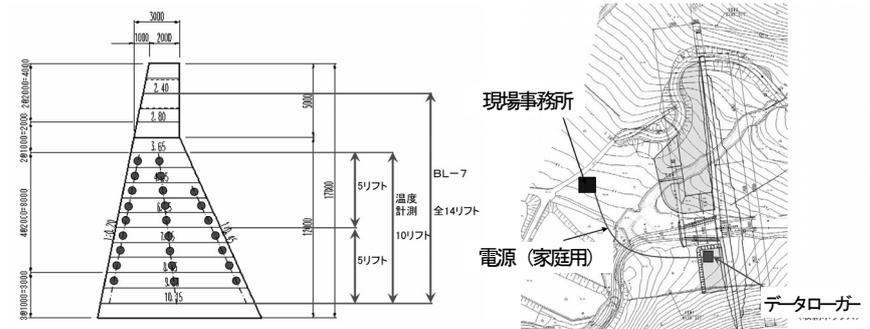


図.4 温度計測機器の配置

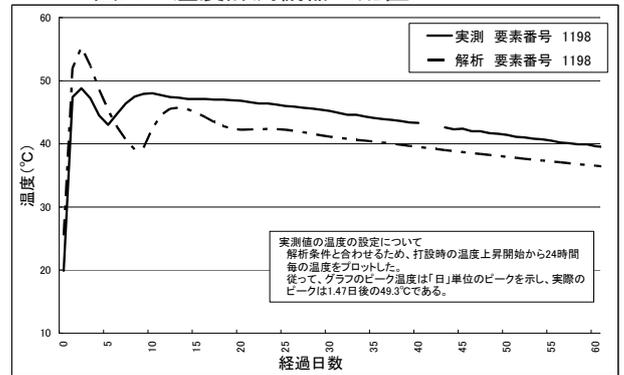


図.5 コンクリート温度の比較(解析値と実測値)