

## 温度応力解析による砂防堰堤のコンクリート打設間隔短縮に向けた取組み —砂防工事の生産性向上—

○ 国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所 伊藤 誠記  
 国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所 片桐 知治  
 国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所 山村 真司  
 国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所 角 清正  
 大日コンサルタント（株） 町 勉  
 大日コンサルタント（株） 白上 裕樹

### 1.はじめに

現在、日本全体で生産年齢人口の減少が深刻化しつつあり、このため単位あたりの付加価値を増大させる、「生産性の向上」が、建設業をはじめ、あらゆる産業で試みられている。

本研究では、砂防工事の生産性を向上させるため、砂防工事で大きな要素を占める、生コンクリート打設間隔（次のリフトの生コンクリートを打ち継ぐまでの最低日数）の短縮の可能性について検討した。

生コンクリート打設間隔を規定する基準として、土木工事共通仕様書第8編（砂防編）<sup>1)</sup>（以下、共通仕様書）には、「受注者は、旧コンクリートの材齢が（前略）、1.0m以上～1.5m未満のリフトの場合は4日（中3日）（中略）に達した後に新コンクリートを打継がなければならない。（後略）」との記載があり、季節による温度条件やセメントの種別等に関する区別を行わない運用がなされている。この規定は、昭和31年制定のコンクリート標準示方書<sup>2)</sup>に同様の記述が見られ、成立から少なくとも半世紀以上が経過している状況である。

一方、この規定の成立当時と比較し、コンクリートの強度発現や温度応力の解析技術が大きく発達し、またセメントの性質にも新たな知見が得られている。このため、本研究では、季節による温度条件やセメントの種別等を区別せず打設間隔を規制している現状に対し、打設間隔を短縮しても現状と同等の品質となる施工時期とセメント種別を検討することとした。

### 2.検討方法

#### 2.1 検討対象

本検討は、当事務所管内にて計画中の坂内白谷第一砂防堰堤を対象とした。砂防堰堤のリフト割を図-1に示す。検討は、温度ひび割れに着目する観点から、リフトの高さと幅の比が大きいEブロック（図中の着色部）を対象とした。

#### 2.2 検討パターン

検討パターンを表-1に示す。打設間隔が標準のパターンとして、高炉セメントB種（以下、BB）を使用した夏期（8月）と冬期（2月）を設定した。これに対し、打設間隔の短縮を図る検討パターンとして、BBを使用した夏期と春期（5月）、普通セメント（以下、N）を使用した夏期と冬期を設定した。

#### 2.3 解析条件

本検討にあたっては、工事現場へ納入するプラントの配合、図-2に示す工事現場近傍（岐阜県揖斐川町）の気象庁気温データ（2012～2015年の旬平均気温データ）を考慮して、土木学会「2012年制定 コンクリート標準示方書」<sup>3)</sup>に示されたコンクリートの基本的な物性等を与えて、3次元FEM 温度応力解析プログラム「ASTEA-MACS」により温度解析と応力解析を行った。

上記条件の下、共通仕様書で規定されている打設間隔で打設した場合の最小の圧縮強度とひび割れ指数

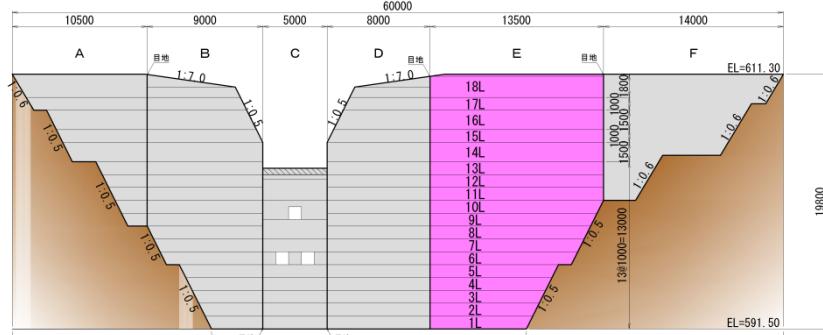


図-1 砂防堰堤のリフト割図（正面図）

表-1 検討パターン

	配合	打設間隔	打設時期
夏季 標準パターン	BB	中3日	8月
冬季 標準パターン	BB	中3日	2月
検討パターン①	BB	中2日	8月
検討パターン②	BB	中2日	5月
検討パターン③	N	中2日	8月
検討パターン④	N	中2日	2月

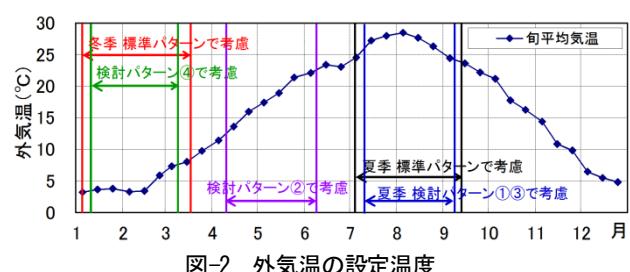


図-2 外気温の設定温度

(発現している引張強度を、発生している引張応力度で除した値) を本堰堤における判断基準とし、打設間隔を 1 日短縮しても、強度が高く、ひび割れ指数が高くなる施工時期とセメント種別を探った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 圧縮強度発現の対比

パターン別の圧縮強度発現の解析結果を表-2に示す。冬季標準パターン

(BB 中 3 日) の 3 日強度を打継ぎに必要な最低基準強度とすると、夏季及び春季においては BB のままで、冬季においてはセメント種別を N に変えることで、打設間隔を 1 日短縮しても最低基準強度を得ることがわかった。

#### 3.2 表面部のひび割れ指数の対比

表面部(図-3 参照)におけるパターン別のひび割れ指数最小値(経験値最小)を表-3 に示す。堰堤表面部のひび割れ指数は、夏季標準パターン(BB 中 3 日)が最も厳しく、打設間隔を 1 日短縮した検討パターンは、いずれも標準より改善される結果となった。

夏季標準パターンのひび割れ指数コンターを図-3 に示す。表面部は、各リフトの材齢初期にひび割れ指数最小値が生じていることから、各リフトで既設リフトの外部拘束による温度応力が生じていると考えられる。

BB で打設間隔を短縮することでひび割れ指数が増加したのは、既設リフトとの温度差及びヤング係数差が小さくなつたためと考える。N にした場合にさらに改善されたのは、N は BB に比べて熱膨張係数が小さいこと、加えて自己収縮ひずみが小さいことが主な要因であると考える。

#### 3.3 内部のひび割れ指数の対比

堤体内部におけるパターン別のひび割れ指数最小値(経験値最小)を表-4 に示す。堰堤内部のひび割れ指数は、冬季標準パターン(BB 中 3 日)が最も厳しく、この指数を最低条件とした場合、打設間隔を 1 日短縮した検討パターンは、いずれも冬季標準パターンより改善される結果となった。

冬季標準パターンのひび割れ指数最小時のひび割れ指数コンターを図-4 に示す。また、各検討パターンの 1L 目を打設してから 700 日間のひび割れ指数と温度の履歴を図-5 に示す。温度履歴より、内部の温度のピークと外気温のピークは約 2 カ月のズレがあり、表面部と内部との温度差が最大になるときに、内部拘束応力が大きくなり、ひび割れ指数が最小値になることがわかった。なお、内部の最小のひび割れ指数 0.8 度程は、それほど小さな値ではなく許容できる範囲であると考えること、また、内部から表面部にいくにつれて、引張応力から圧縮応力に転じることから、構造的な問題は生じにくいと考える。

### 4. 結論

施工時期とセメント種別に関係なく適用される現行基準の打設間隔で施工した場合のひび割れ指数を最低の条件とすると、高炉セメント B 種または普通セメントを使用して打設間隔を中 1 日短縮しても、ひび割れ指数が改善されることが示された。特に、夏季に普通セメントで中 1 日短縮した場合、表面部、内部ともに指数が 1 を超え、安全性が高いことが示された。

**謝辞** 本検討結果の考察に際し、岐阜大学森本博昭名誉教授に貴重な御意見・御助言を賜った。ここに感謝の意を表す。

[参考文献] 1) 土木工事共通仕様書第 8 編(砂防編) 第 1 章第 8 節 8-1-8-1 一般事項 5. 新コンクリートの打継 2) 昭和 31 年制定「コンクリート標準示方書」ダムコンクリート標準示方書 44 条 3) 土木学会「2012 年制定 コンクリート標準示方書」

表-2 圧縮強度発現の解析結果

表面部(図-3参照) 要素 8リフト目の 打設日	圧縮強度 材齢(日)	単位:N/mm <sup>2</sup>	
		BB 中3日	BB 中2日
2月初旬	2日	3.75	左記強度が 出ないため不可 8.36
	3日	6.64	13.26
5月初旬	2日	—	9.87
	3日	—	14.34
8月初旬	2日	15.42	15.56
	3日	20.16	20.44
			28.03

表-3 表面部のひび割れ指数

(6~10L 経験値最小値)

表面部(図-3参照) 要素 8リフト目の 打設日	表面部(図-3参照) 要素		
	BB 中3日	BB 中2日	N 中2日
2月初旬	1.23 (7L,材齢20日)	強度条件で不可 1.34 (7L,材齢17日)	—
	—	1.23 (7L,材齢12日)	—
5月初旬	—	—	—
	0.99 (6L,材齢6日)	1.06 (7L,材齢12日)	1.12 (7L,材齢5日)

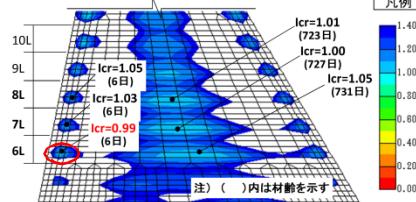


図-3 ひび割れ指数コンター  
(夏季標準パターン)

表-4 内部のひび割れ指数  
(6~10L 経験値最小値)

内部(図-4参照) 要素 8リフト目の 打設日	内部(図-4参照) 要素		
	BB 中3日	BB 中2日	N 中2日
2月初旬	0.79 (7L,材齢544日)	強度条件で不可 0.85 (7L,材齢544日)	—
	—	0.85 (7L,材齢814日)	—
5月初旬	—	—	—
	1.00 (7L,材齢727日)	0.89 (7L,材齢724日)	1.18 (7L,材齢724日)

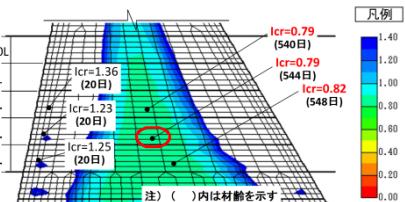


図-4 ひび割れ指数コンター  
(冬季標準パターン)

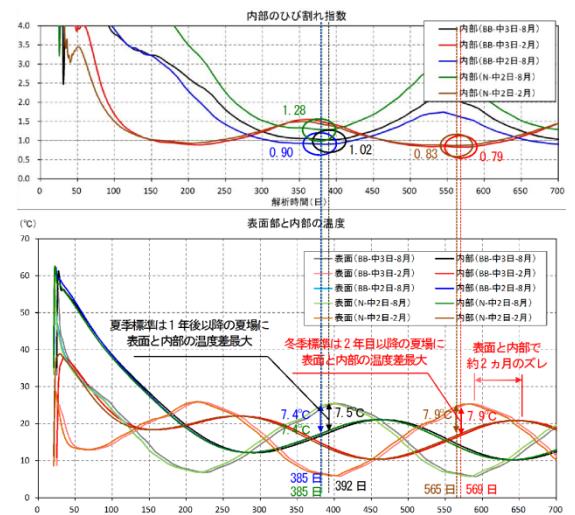


図-5 7L のひび割れ指数と温度の履歴