

コンクリートポンプ打設で計画する砂防堰堤の温度応力解析事例

近畿地方整備局六甲砂防事務所 光永健男, 玄海彰則, 有村良一, 菊森誠
日本工営株式会社 ○亀田尚志, 長山孝彦, 大橋広治, 伊藤元洋, 長澤知範, 難波昭男

1 はじめに

砂防堰堤工事における資機材運搬方法として,工事用道路を建設し,コンクリート打設はバケット打設(スランプ 5cm)で施工することが一般的である。しかし,六甲山系南側では斜面勾配が急であるうえ,斜面裾部又は溪流谷出口まで人家が密集し,用地上の問題から工事用道路の建設が困難となる場合が多い。

その様な事業環境の中で,2021年4月に【事務連絡:砂防堰堤工事の生産性向上にむけたコンクリート配合について】が国土交通省砂防部より発出され,スランプ 8cm 以上のコンクリート配合を利用したポンプ打設が行われるようになった。

そこで,当検討では施工性向上を目的とした,ポンプ打設(スランプ 8cm)による砂防堰堤の施工計画検討,及びコンクリート配合変化による温度ひび割れの発生について温度応力解析を行い,ポンプ打設の適用性について考察を行った。

2 対象堰堤概要

検討の対象は神戸市兵庫区にある宇治川上流域の土石流対策堰堤である「弁天第三堰堤(堤高:11.0m,堤頂長:61.0m,天端幅:3m)」である。



図1 対象堰堤_弁天第三堰堤

3 ポンプ打設による施工計画検討

土木工事共通仕様書(以下,仕様書とする)のバケット打設をポンプ打設と読み替えて,仕様書に準拠しリフト割等を計画した。

リフト割計画は,ポンプ打設のメリットであるコンクリート日打設量の増加を生かす方針とし,仕様書上の最大値である 2.0m リフトを採用し,リフトスケジュールを作成した。その結果,バケット打設と比較して,ポンプ打設では 136 日(856 日→720 日)の工期短縮がで

きる計画となった(表 2)。

4 温度応力解析

4.1 温度応力解析概要

温度応力解析は,堤体コンクリートの温度変化により生じるひずみを求め,弾性係数を用いて主応力度を算出する解析方法である。

ポンプ打設の課題として,スランプ値の変更(5cm→8cm)に伴うセメント量の増加によって,水和熱が増大しひずみ(温度ひび割れ)が増加することが懸念される。そこで,FEM を用いた 3 次元温度応力解析を行い,スランプの違いによるひび割れ指数(発生確率)の確認を実施した。

ひび割れ指数は「有効材齢におけるコンクリートの引張強度と引張応力度の比率」で示され,指数=1.0 の場合のひび割れ発生確率は 50%,指数が大きいくほどひび割れに対しては安全で,小さいほどひび割れが発生しやすくなることを示す。

4.2 温度応力解析検討ケース

表 1 に示す検討ケースで解析を実施した。コンクリート強度については,水セメント比(W/C)を満足する市場のコンクリート強度実績(24N/mm²)を採用した。解析検討ケースは,打設方法(スランプ 5cm,8cm)の他に,施工時期の違いによる外気温の影響を加味した。

4.3 温度応力解析結果

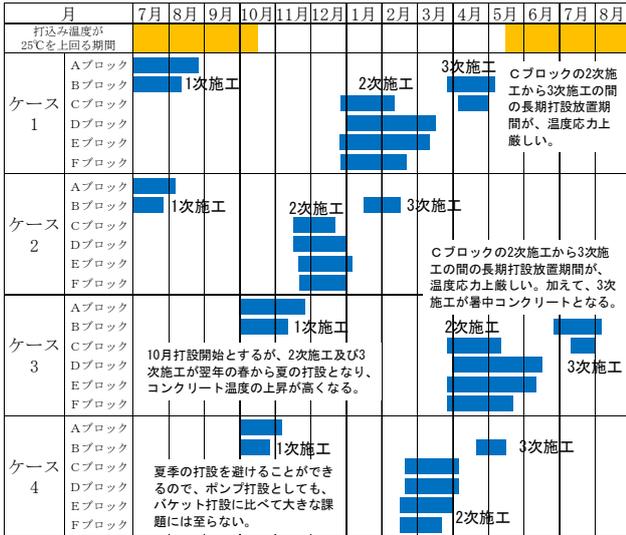
解析結果図を図 2~図 7 に示す。

- いずれの検討ケースにおいてもひび割れ指数が 1.0 を下回る打設ブロックが多く確認された。
- 1 次施工,2 次施工,3 次施工の境界面では,発現強度の違いにより,外部拘束力が働き,ひび割れ指数が小さくなる傾向にある。
- コンクリート配合(スランプ 5cm→8cm)の違いによるひび割れ指数分布への影響は少ない(同じ時期に打設となる図 2 と図 3 の 1 次施工,図 4 と図 5 の 1 次施工部分で比較)。
- バケット打設では堤体内部でひび割れ指数が小さくなる傾向にあり,ポンプ打設では堤体表面でひび割れ指数が小さくなる傾向にある。
- 外気温の高い夏場にコンクリート打設を行う場合はひび割れ指数が小さくなる。

表1 解析ケース一覧表

ケース	施工時期	打設方法	コンクリート配合	打設リフト高さ
1	7月1日	バケツ打設	24-5-40	1.0m
2	打設開始	ポンプ打設	24-8-40	2.0m
3	10月1日	バケツ打設	24-5-40	1.0m
4	打設開始	ポンプ打設	24-8-40	2.0m

表2 各検討ケースの打設工程



4.4 考察

- ・ケース3の堤冠コンクリート部では夏場の施工となる事、打設厚が薄く2次施工と3次施工の境界部であることから外部拘束力の影響を受けやすいため、ひび割れ指数が低下した理由と想定される。
- ・ポンプ打設では、リフト高を2.0mとしたため保温されやすく、内部及び表面の温度が上昇し、外気温との差から表面にひずみが生じるものと想定される。

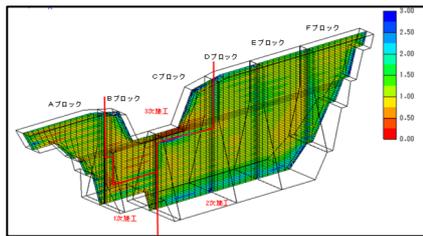


図2 最小ひび割れ指数分布図
ケース1 (堤体中央部)

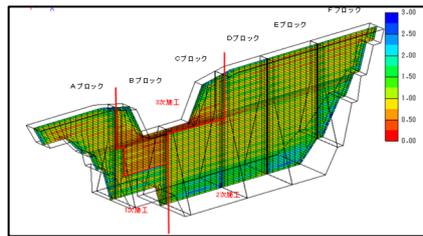


図4 最小ひび割れ指数分布図
ケース3 (堤体中央部)

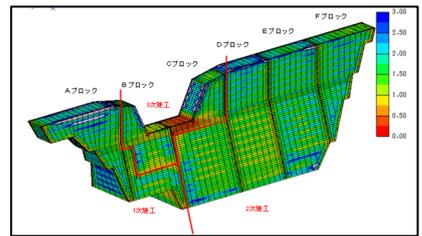


図6 最小ひび割れ指数分布図
ケース3 (下流側表面部)

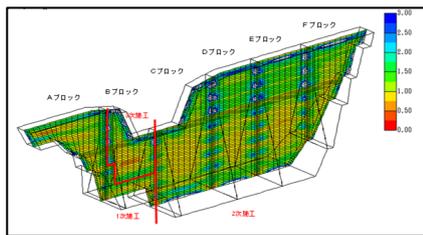


図3 最小ひび割れ指数分布図
ケース2 (堤体中央部)

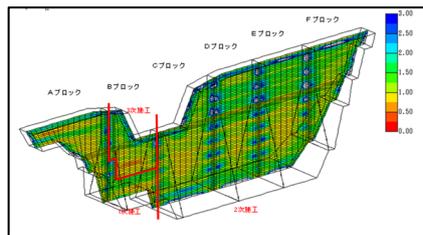


図5 最小ひび割れ指数分布図
ケース4 (堤体中央部)

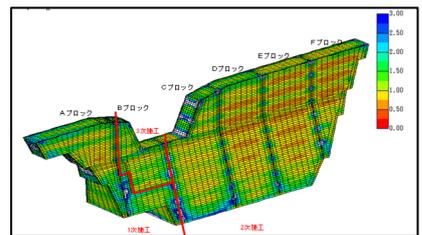


図7 最小ひび割れ指数分布図
ケース4 (下流側表面部)

- ・ひび割れ指数の低下を抑制する方策としては、a. 施工工程の工夫により夏場のコンクリート打設を避ける、b. (強度が同じであれば) 堤冠コンクリートも下部ブロックと同時打設を検討する、c. スプリンクラー等の設置により常時の散水養生(気化熱による冷却)を確実に、d. ポンプ打設の最大のメリットである日打設量を変えずリフト高を小さくする等のリフト割の工夫で、温度上昇を抑える、等の方策が有効である。

5 おわりに

本検討においてコンクリートのポンプ打設は施工期間の短縮が可能となる事、スランプの違い(5cm→8cm)が温度ひび割れ発生に与える影響は少ない事が判明した。これは、ポンプ打設が砂防堰堤工事における施工性向上に有効であることを示している。

貯水ダムと異なり砂防堰堤ではひび割れ指数が1.0を下回らないように厳密に管理していないのが実情である。今後は、ひび割れ指数低下が堰堤の機能に与える長期的な影響評価が課題となる。

また、実際にポンプ打設での砂防堰堤の施工に当たって、以下の施工上の課題が想定される。

- ・流動性の高いスランプ8cm、かつリフト高2mのコンクリート打設では、締固め時の作業員の沈下を防ぐ施工足場設置が必要になると想定される。
 - ・コンクリートの流動性が高くなる分、型枠にかかる力も大きくなり、補強が必要になると想定される。
- 今後は、これら課題に対する対応を検討・解決することにより施工性向上、ひいては働き方改革に資することが可能になると思われる。

最後に、本検討を行うにあたりご協力を頂いた関係各位に御礼申し上げます。