

砂防堰堤コンクリート打設における 生産性向上の取組

杉山 生成

中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 工務課 (〒399-4114 長野県駒ヶ根市上穂南7-10)

砂防堰堤はマスコンクリートであることから、ひび割れを抑制するため単位セメント量の小さいスランプ5cmのコンクリートを用い、従来、コンクリートバケットを用いたクレーン打設を行っている。今回は、コンクリート配合を変更しポンプ打設とすることで生産性向上を図る取組を報告するものである。

キーワード 働き方改革・生産性向上・マスコンクリート・温度応力解析

1. はじめに

天竜川流域は、「中央構造線」や「糸魚川ー静岡構造線」の影響を受けた脆弱な地質が、中央アルプス、南アルプスの急峻な地形と相まって、古来より幾多の土砂災害に見舞われてきた。

このため、昭和12(1937)年に天竜川水系の直轄砂防事業に着手し、現在、小渋川、三峰川、竜西、遠山川の4つの流域で事業を進めている。(図-1)

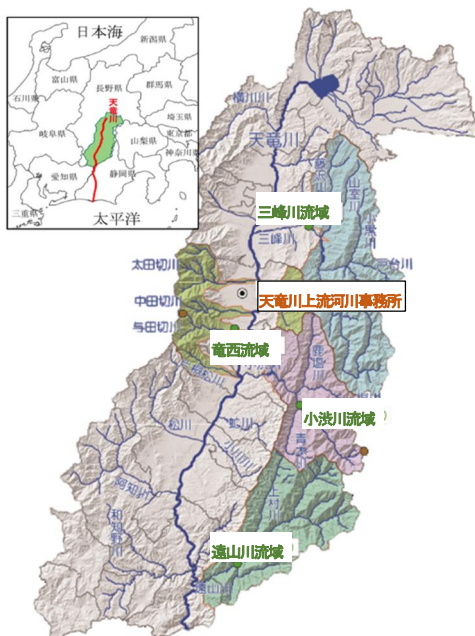


図-1 天竜川上流域図

今回は、駒ヶ根市中沢地先における流出土砂抑制を目的とした砂防堰堤工についての取組を紹介するものである。砂防堰堤工の諸元は以下の通りである。(図-2)



図-2 古屋敷沢第2砂防堰堤
砂防堰堤の高さ：9.5m 堤長：66m
コンクリート打設量：2,050m³

2. 調査目的

砂防堰堤はマスコンクリートであることから、ひび割れを抑制するため単位セメント量の小さいスランプ5cmのコンクリートを用い、従来、コンクリートバケットを用いたクレーン打設を行っている。砂防堰堤の施工において、コンクリートバケットを用いた打設方法は、手間と時間を要し、1回あたりの打設量に制約が発生するなど、工事の全体工程に大きな影響を及ぼす。なぜならば、使用するコンクリート量が膨大で、打設ブロック数が多くなり、養生日数が長期にわたるためである。

このような事業環境の中で、平成29年3月に「流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン」がまとめられ、流動性を高めたコンクリートの活

用がされるようになり、砂防堰堤工事のコンクリート打設においても生産性向上のために、スランブ8cm以上のコンクリート配合を利用したポンプ打設の検討が行われるようになってきた。

ポンプ打設により、砂防堰堤を築造することができる場合、施工性が飛躍的に高まり生産性が向上し、大幅な工程短縮・作業員の負担軽減につながることを期待できる。一方、ポンプ打設には、ポンプ圧送時の閉塞や材料分離等を防止するため、スランブを8cm以上にする必要があり、スランブ5cmのコンクリートに比べて単位セメント量が多くなる。砂防堰堤はマスコンクリートであることから、単位セメント量が多くなれば、ひび割れ発生リスクが増加するため、ポンプ打設における課題といえる。

そこで、本工事においては、スランブ12cmを使用し、コンクリート打設に先立ち温度応力解析を行い打設計画を見直した。今回は、「施工性」・「品質」の観点において、コンクリート打設方法の違いによる効果及び課題等について、とりまとめを行ったものである。

3. 砂防堰堤の施工におけるコンクリート打設の実態と課題

「施工性」・「品質」の観点において、コンクリート打設方法の違いによる影響を把握するため、(1)従来の施工方法における施工上の課題を整理し、(2)温度応力解析による事前品質確認を行った。(図-3, 4, 5)

(1)従来の施工方法における施工上の課題

a) 施工上の規定

コンクリート堰堤工において、打設高さによって打継間隔を共通仕様書にて規定しているため、型枠が組みあがっているのにコンクリート打設が出来ない場合がある。そのため、工程を圧迫してしまう。

b) コンクリート配合の規定

スランブ5cm、粗骨材80mmと規定されており、本地域では21-5-80BBが長年使用されてきた。



図-3 25tクレーンによる施工（従来施工）

c) 施工におけるクレーンの課題

クレーン作業半径とバケット容量のバランスが非常に

重要なため、仮設ヤード位置、クレーン規格の選定が重要となる。また、日打設量はクレーンオペレーターの技量によって大きく変わる。

d) コンクリート施工方法の課題

スランブ:5cm と固く、骨材が 80mm と大きいため、足元が悪い中、大型バイブレーターを使用する必要があり作業員が重労働となる。また、コンクリートバケットが頭上を旋回する事になるため、危険作業となる。打設リフトが高くなるとクレーンオペレーターからコンクリートバケットが直接目視できない。

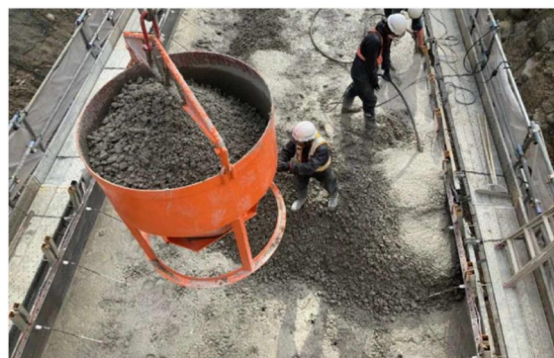


図-4 バケットによるコンクリート打設（従来施工）

e) 作業時間の課題

クレーン打設のため、打設時間が長く、コンクリート打設の際、打設量が多いと長時間の労働となる。また、クレーン打設では1日あたりのコンクリート打設量に制限がかかるため、打設ブロックを細かく設定する必要があり、長期の施工となる。しかし、建設業従事者が減少しており、2025年問題といわれる残業規制が開始された状況の中、生産性向上を図り長時間労働を減少させる取り組みは非常に重要であると考ええる。

(2) 温度応力解析による事前品質確認

a) 温度応力解析の概要

砂防堰堤のコンクリート打設時には、躯体の内部と外

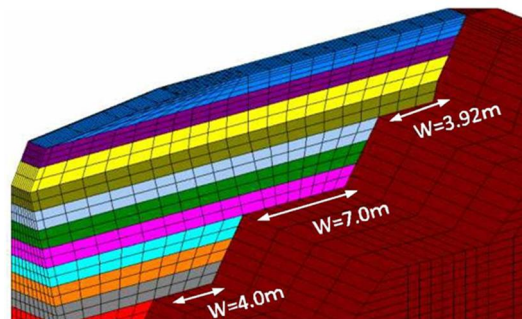


図-5 解析モデル

部の温度差に起因する引張応力が発生し、内部拘束によるひび割れが生じる可能性がある。これら初期のひび割れが施工段階で発生する可能性について、コンクリート打設計画に従い、3次元有限要素法解析を用いて、コンクリートの温度解析及び温度応力解析を行ってひび割れ指数を算出し、施工時に発生するひび割れを発生確率で評価した。

b) 解析結果

温度応力解析の結果、コンクリート打設を中7日に行うことによって、コンクリートのひび割れ発生確率は低く、品質を確保できるものと評価する。(図-6)

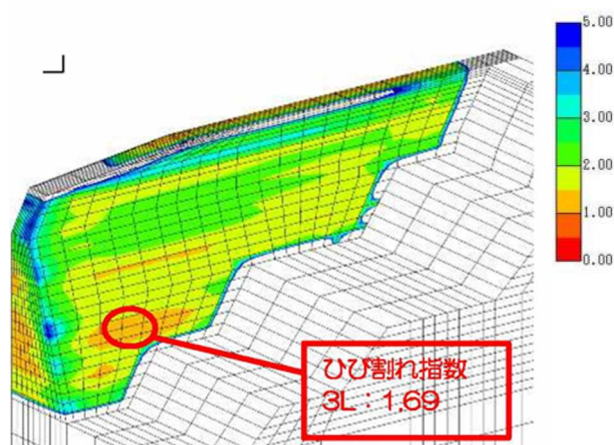


図-6 温度応力解析結果

4. 実証試験

前項に対する施工時の影響を把握するための検測項目は以下の通りとした。

(1) 施工性について

a) 打設時間、打設速度

本堰堤における 100m³ を超えるコンクリート打設量の代表リフトをもとに、従来方法とポンプ打設の打設時間を比較すると、下グラフに示すように同時期に施工した他現場でのクレーン打設と比較すると、ポンプ打設の方が約 2.3 倍の打設速度で打設が可能であった。(図-7)

スランプの増加・打設速度の増加などに伴う型枠のはらみなどは確認されない。

b) 作業員への安全性及び疲労感についてのアンケート

作業員へのアンケートについては、従来のクレーン打設の経験がある作業員に対し、施工方法の違いに着目したアンケートを行い、以下の意見が得られた。

- ・作業時間が短く済み、残業もほとんどなく定時で帰れてよい。
- ・通常サイズのバイブレーターを使用できるので、作業が簡単で、かつ作業時間が短く疲労感が非常に少ない。(図-8)
- ・午前中に 100m³ 超えのコンクリート打設が終わるので午後には別の作業ができて、全体の工程に対する余

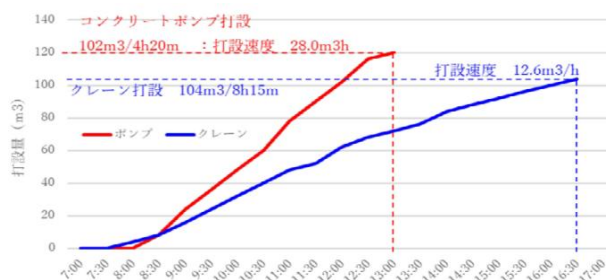


図-7 従来施工とポンプ打設の打設速度



図-8 通常サイズのバイブレーターの活用状況



図-9 ポンプ打設状況

裕が生まれて、焦らなくて済む。

- ・足場なしでは、締固め作業が困難なため、打設足場が必要(80mm骨材では必要ない)(図-9)
- ・スランプが緩いため、バイブレーターを長時間かけることなく充填できており、全体的な締固めがしっかりできていると感じる。
- ・コンクリートバケットが頭上を旋回することがないので、安全。
- ・ポンプマンがバイブレーターのすぐ横にいるので、指示もしやすいし、連携がとりやすい。
- ・短時間で打設が終わるので、集中力がきれにくい。
- ・コンクリートバケット打設の場合、クレーンオペレーターが休憩、昼休みもなく朝から夕方までクレーンを操作し続けなくてはならないが、それがこの現場ではない、というだけで気持ちのゆとりができる。

(2) 品質について

a) コンクリート内部温度及び外部温度

「温度応力解析結果」と「計測したコンクリート温度」について、どの程度乖離が生じるのか、施工したコンクリートの内部、表面温度の計測を行い確認を行った。

計測箇所は温度応力解析から、ひび割れ発生確率が高い箇所において、温度計測を実施した。(図-10, 11)

結果として、解析条件の気温と実際の気温の差があるため、最高到達温度等に差は生じるものの、コンクリート温度の推移は概ね解析結果と同様の温度推移となっている。また、解析結果に比べて、実際の内部温度と表面温度の差が同等、もしくは小さい結果となった。内部温度と表面温度の差が大きければ大きいほど、引張応力が大きくなり、ひび割れの原因となる(内部拘束)ことから、温度応力解析と同等以上のひび割れの発生確率の低い、高品質なコンクリートが築造できたと考える。



図-10 温度計設置状況

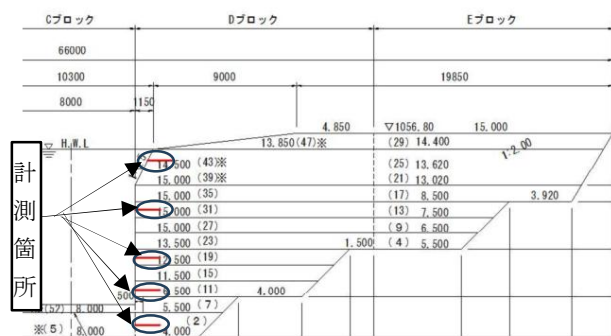


図-11 温度計設置位置

b) コア抜き検査（目視確認、圧縮強度、密度、中性化深さ）

コンクリートの最終打設が完了し、1 カ月が経過した段階で堰堤全体の目視点検を実施した。上下流面については、残存型枠となり詳細なコンクリート状態が確認できないことから、天端面、水通し面(スリット設置面)について点検を行った。(表-1)

表-1 外観目視点検の結果

ひび割れ	天端、水通し面ともにクラックは発生していない。なお、残存型枠面においてもクラックは発生していない(過大なクラックが発生すると、残存型枠ごとクラックが発生する場合もある)
表面状態	しっかりと締固めがなされており、コールドジョイント、豆板、空洞などは確認されない
漏水	確認されない

以上の結果から、コンクリートの配合変更による変状は確認されない。良質なコンクリートが打設されていると評価する。

今回、コア抜き試験を天端から鉛直方向に 4m と 3 リフトと 4 リフトの打継ぎ面にて上下流方向 4mで行った。(図-12)

圧縮強度及び密度を確認し、確実な打継ぎ処理がなされ、コンクリート配合による変状は確認されなかった。



図 12 コア採取状況

5. まとめ

本堰堤におけるコンクリート打設において、コンクリートの配合を変更することで生産性が大幅に向上するこ

とが確認できた。また、単位セメント量が増大したことによる温度ひび割れのリスクについては、事前に温度応力解析を行い適切な打設計画を立案することで最小限とし、十分に健全なコンクリートを築造することができた。砂防堰堤における生産性向上のこの取組みを続け、データの蓄積により標準化及び高度化に寄与するよう推進していきたい。

謝辞：論文作成にあたり、ご協力をいただいた(株)ヤマウラをはじめ関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。