

砂防堰堤工事の生産性向上の取り組みについて ～コンクリートスランプの違いに伴う 施工性の考察～

笹川 優希¹・下窪 和洋¹

¹九州地方整備局 阿蘇砂防事務所 工務課 (〒861-8019 熊本県熊本市東区下南部1丁目4-73)

従来、砂防堰堤のコンクリート打設についてはコンクリートホッパーを用いたクレーン打設を標準としてきたが、今回、現場の省力化、生産性の向上を目的としてコンクリートポンプを用いた砂防堰堤打設を試行したのでその検証結果を発表する。

キーワード 働き方改革・業務改善・新技術・創意工夫

1. はじめに

阿蘇カルデラは、中央に標高1,500m級の阿蘇五岳を擁し、南北約25km、東西約18km、面積約380km²の広大なカルデラ地形を有している。2016年度の熊本地震によって、阿蘇カルデラ内では多数の斜面崩壊や亀裂が発生し現在も多くの災害リスクを抱えている。

それらの土砂災害対策を推進していくため2018年より砂防事業に着手し、2021年4月には阿蘇砂防事務所を設置して、砂防堰堤等の工事・整備を行っている。

2. 調査目的

コンクリートは安全性や耐久性の観点から砂防分野で広く活用されている。これまでも多くのコンクリート建造物が作られ、より安全かつ品質の良いコンクリートの施工技術についても発展してきている。その一方で、近年建設業に従事する就労者の減少が続いており、品質の確保とともに生産性の向上が求められている。

これまで砂防分野における砂防設備のコンクリート打設ではマスコンクリートのため、コンクリート標準示方書施工編¹⁾の第14章に基づいてスランプ5のクレーン車によるホッパー打設が標準とされていた。一方で、2021年4月に「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」事務連絡が国土交通省砂防部より発出され、スランプ8以上のポンプ打設で施工された砂防堰堤で、コンクリートの品質に大きな影響がないことが示された。

これをもとに、阿蘇砂防事務所ではスランプ8のポンプ車による打設(以下ポンプ打設とする)と、従来のクレーンとホッパーによる打設(以下クレーン打設とする)による施工の比較を行った。

本稿では、阿蘇カルデラ内の砂防堰堤において、施工性の観点を中心にスランプ・打設方法の違いが生産性向上につながっているか確認し、今後の課題等についてまとめることを目的とする。

なお、今回の調査は筆者が独自に調査し、とりまとめを行ったものである。

3. 調査の概要

(1) 調査地

今回の調査は阿蘇砂防事務所管内の山王谷1と山王谷2の2か所で行った。各々の場所は図1、図2の通りである。事務連絡が発出された時点で山王谷1は工事着手前であったため、スランプ8のポンプ打設で施工することとした。またその隣の溪流の山王谷2では、事務連絡の発出前からクレーン打設が施工中であった(表-1)。

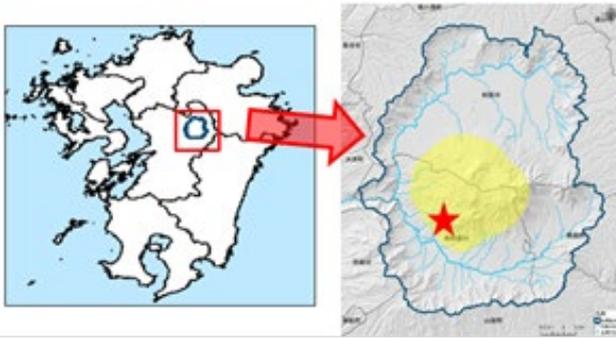


図-1 調査地の位置図



図-2 調査地堰堤の位置図

表-1 調査地諸元

| | 山王谷川1 (スランプ8) | 山王谷川2 (スランプ5) |
|-----------------|--|---|
| 延長長 | 58.5m | 118m |
| 高さ(袖天端まで) | 18.8m | 15.9m |
| コンクリートの 総打設量 | 2804m ³ (うちポンプ打設 2792m ³) | 5046.5m ³ (うちクレーン打設 4934.5m ³) |

(2) 調査方法

調査方法については、関係者への聞き取りとコンクリートの品質と施工性の確認を主として実施した(図-3)。聞き取り調査の対象は、施工業者や生コン業者、コンクリート圧送業者、設計業者とした。



図-3 施工業者への聞き取りの様子

(3) 調査内容

調査はクレーン打設とポンプ打設で比較し、施工性の観点を中心にいくつかの項目に分けて現場の意見を収集し、課題等を整理した(表-2)。また、コンクリートの強度、出来栄などについても確認を行った。

表-2 調査内容の項目

| | 施工性 | | | | | 打設量 | 金額 |
|-------------------|--------------------|---------|-----|----|------|-----|----|
| | コンクリートの打設場所までの移動時間 | 作業のしやすさ | 締固め | 足場 | 作業人数 | | |
| スランプ5 (クレーン打設) | | | | | | | |
| スランプ8 (ポンプ打設) | | | | | | | |

4. スランプの違いに伴うコンクリート打設の比較

(1) コンクリートの配合について

山王谷1ではスランプ8のポンプ打設を行った。ポンプ打設にはコンクリートの流動性が必要であり、流動性は主に水分の量によって決まる。一方でコンクリートの水セメント比は強度を確保するために共通仕様書で60パーセント以下としていることから、スランプ8で単位水量が増加すると、単位セメント量も増加する(表-3)。単位セメント量が増加することで発熱反応によるコンクリートのひび割れが懸念される。

表-3 コンクリートの配合表

| | 単位 | 山王谷川2 スランプ5 (クレーン打設) | 山王谷川1 スランプ8 (ポンプ打設) |
|--------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| セメント | (kg/m ³) | 263 | 274 |
| 水 | (kg/m ³) | 146 | 152 |
| 水セメント比 | (%) | 55.5 | 55.5 |
| 細骨材(海砂) | (kg/m ³) | 416 | 411 |
| 細骨材(砕砂) | (kg/m ³) | 416 | 411 |
| 粗骨材 (粒径5~20mm) | (kg/m ³) | 626 | 617 |
| 粗骨材 (粒径20~40mm) | (kg/m ³) | 626 | 617 |
| 混和剤 | (kg/m ³) | 2.63 | 2.74 |

(2) スランプについて

スランプとは水平な板の上で高さ30cmのコーンの中にコンクリートを詰め、引き抜いた時のコンクリートの落ち幅のことを指す。また、スランプの値は主に水量によって決まり、コンクリートのワーカビリティを表している。図4よりスランプ5よりもスランプ8の方が落ち幅が大きいことから、ワーカビリティが高いといえる。



図4 スランプ試験の様子

(3) スランプ5の打設方法とその特徴について

a) 打設方法

スランプ5ではコンクリートの流動性の観点から主にクレーン打設を採用している。クレーン打設とは生コン車からコンクリートをホッパー(容量1m³)に移し、クレーンで吊り上げて打設場所に運んで、人力でホッパーから打設場所に落とし込む方法である(図-5)。

b) 特徴

クレーン車は本体堰堤工の型枠の施工にも使用するなど汎用性が高く、現場に常駐しているため、生コンの予約を行えばいつでも打設が可能で、日打設量は最大で140m³/日程度である。



図5 クレーン打設の様子

(4) スランプ8の打設方法とその特徴について

a) 打設方法

ポンプ打設とはポンプ車に生コン車からコンクリートを入れ、配管(直径約11cm)で圧送して打設場所にコンクリートを落とし込む方法である(図-6)。

b) 特徴

ポンプ車は日打設量は多いが、使用する場合には1週間から1ヶ月程度前にポンプ車の事前予約が必要であり、スケジュール調整に時間を要する。また雨で打設ができなかった場合には予約を取り直す必要があり、さらにスケジュール調整に手間がかかる。一方で、スランプ8ではクレーン打設を行うことも可能であり、ポンプ車が確保できなかった場合にクレーン打設に切り替えるなど、状況に応じて打設方法を変更し、対応することができる。



図6 ポンプ打設の様子

5. 施工結果

スランプの異なる施工について、調査項目ごとに調査を行った結果をまとめた。

(1) 施工性の違い

a) コンクリートの現場内の移動時間について

クレーン打設では生コン車と打設場所へホッパーで何度も往復してコンクリートを運ばなければならない。またホッパーの開閉作業も人力作業で手間がかかる。一方、ポンプ打設では打設箇所まで配管されており作業員が配管を移動させながら連続して打設できる。生コン車1台(4m³)分のコンクリートを打設場所まで運ぶのに要する時間はクレーン打設約15分、ポンプ打設6~10分と減少した(表-4)。

表-4 打設時間・量の比較

| | 調査日の 日打設量 | 調査日の 打設作業時間 | 生コン1台の 打設時間 |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------|
| スランプ8 (ポンプ打設) | 約120m ³ | 4~5時間 | 6~10分 |
| スランプ5 (クレーン打設) | 約60m ³ | 4.5~5時間 | 約15分 |

b) 現場の作業のしやすさについて

現場においてクレーン打設時にホッパー開閉作業の際、レバーを引くのに力が必要で時間と手間を要し、苦勞しているという声があった(図-7)。また、夏の気温が高い時にはコンクリートが固まりやすく、手早く作業を行わなければならないため、特に体力を消費しているということが分かった。



図-7 ホッパーの開閉作業の様子

c) コンクリートの締固めについて

締固めはどちらも、バイブレーターで実施した。スランプ5は流動性が低く締固めに時間がかかる一方で、スランプ8は流動性があるため、スランプ5よりも1か所あたり5～10秒短い時間で締固めできた。

d) 足場について

スランプ5は生コン投入直後でも比較的硬さがあるため、直接生コンに乗って締固めを行うことができた。一方、スランプ8は柔らかく生コンに足が沈み込むため、現場によっては生コン上に板を敷き足場を確保する手間が発生し、スランプ5より施工性が悪い結果となった(図-8)。



図-8 ポンプ打設の足場の様子

e) 作業人数について

クレーン打設はクレーンへの合図1人、ホッパーの開閉2人、締固め2人の計5人、ポンプ打設は圧送管の接続移動3人締固め2人の計5人とどちらも同程度であったがポンプ車は現場条件により配管が長くなればさらに数人の作業員が必要となる。

(2) 1回当たりの打設量の違い

土木工事標準積算基準書³⁾における日打設量の上限は

砂防工のクレーン打設が140m³、コンクリート工のポンプ打設が300～500 m³である。今回の施工場所の日打設量はクレーン打設が平均70m³、ポンプ打設が平均107m³であった(表-5)。

ポンプ打設は標準作業量に対してかなり日打設量が少ない結果であり、日打設量を増やすことにより、さらに生産性向上をはかる余地があることが分かった。

表-5 1回当たりの打設量の比較

| | 土木工事 標準積算基準書 | 実際の現場の 平均日打設量 |
|-------------------|-----------------------|--------------------|
| スランプ5 (クレーン打設) | 140m ³ | 約70m ³ |
| スランプ8 (ポンプ打設) | 300～500m ³ | 約107m ³ |

(3) 施工単価について

施工単価は、スランプ5よりスランプ8の方が材料費、機械経費がかかるため割高となる。

(4) 強度について

以下にスランプ8の一軸圧縮強度試験の結果を示す。この結果より、スランプ8のコンクリートに十分な強度が発現している結果となった(図-9)。

| 三王谷川1砂防堰堤新設工事 | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|-----------|---------------------------|------------------|------------------|------------|-------------------------|---------------------------|--------|------|
| 打ち込み箇所 A-10 B-17、18 D-16 E-5 右岸置換13 | | | | | | | | | | |
| 呼び方 | コンクリートの種類 による記号 | 呼び強度 | スランプ又は スランプフロー (cm) | 粗骨材の最大寸法 (mm) | セメントの 種類による記号 | | | | | |
| | 普通 | 21 | 8 | 40 | BB | | | | | |
| 指定事項 | | | | | | | | | | |
| 採取 月日 | 試験 月日 | 材齢 (日) | スランプ (cm) | 空気量 (%) | 質量 (kg) | 荷重 (kN) | 強度 N/mm ² | 平均強度 N/mm ² | CT(°C) | 備考 |
| 5/20 | 5/27 | 7 | 7.0 | 4.2 | 7.79 | 220 | 17.9 | 17.7 | 22 | 標準養生 |
| | | | | | 7.85 | 214 | 17.4 | | | |
| | | | | | 7.82 | 218 | 17.8 | | | |
| 5/20 | 6/17 | 28 | 7.0 | 4.2 | 7.78 | 347 | 28.3 | 28.6 | 22 | 標準養生 |
| | | | | | 7.81 | 350 | 28.5 | | | |
| | | | | | 7.82 | 355 | 28.9 | | | |

図-9 スランプ8一軸圧縮試験の結果

(5) 出来栄えについて

スランプ8で施工したコンクリートについて、砂防堰堤の天端で出来栄えの確認を行った。ひび割れ等は発生しておらず、きちんとした施工と養生を行えばスランプの違いによってコンクリートに品質に影響がないことが分かった(図-10)。



図-10 スランプ8(ポンプ打設)の出来栄

(6) 調査の総合結果

各項目ごとに行った調査について、表-6にまとめた。総合的にスランプ8のポンプ打設の方が施工しやすいという結果となった。

表-6 各項目ごとの調査結果

| | 施工性 | | | | | 打設量 | 金額 |
|-------------------|--------------------|---------|-----|----|------|-----|----|
| | コンクリートの打設場所までの移動時間 | 作業のしやすさ | 締固め | 足場 | 作業人数 | | |
| スランプ5 (クレーン打設) | △ | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ |
| スランプ8 (ポンプ打設) | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ |

6. 今後の課題

(1) 日打設量について

ポンプ打設は標準的な日打設量に対し現場の日作業量が少ない結果となり、さらに生産性を向上させるためには日打設量を増やす工夫が必要である。砂防工事では型枠として打設・養生後に取り外す必要がない残存型枠が用いられおり、組み立ては鉄筋で溶接、固定して行う。しかし、支保工を設置しないため、打設高を上げすぎると残存型枠が倒壊する恐れがある。

コンクリートの1回の打設高さは共通仕様書²⁾より上限が2mと決まっている。現場では通常、打設高は1～1.5mで行っているが、ポンプ打設により日打設量を増やすためには、残存型枠の補強・改良を行うなど打設高を上限の2mに近づける工夫が課題となる。

また、打設面積を増やすことも生産性の向上につながる。養生期間やパネルの組み立ての工程を考慮しながら、左岸と右岸を交互に打設するなどの打設計画の工夫も必要となる。

(2) ポンプ車の確保について

ポンプ車は現場に常駐しておらず、確保が難しいという課題が挙げられた。また、ポンプ車の借用には専門の作業員が含まれており、圧送会社からはポンプ車はあるが、現場条件により作業員の配置人数が異なるため、作

業員の確保が難しいとの声が上がった。

仮設進入路や仮設ヤードを整備し、ポンプ配管の延長を短くするなど、作業員の数を減らす工夫が必要と思われる。また、今後砂防工事の現場でのポンプ打設が普及していけばポンプ車の台数増加も期待できるのではないかと。

7. まとめ

ポンプ打設は生コンの締固め時に足場の確保が必要となるなどのデメリットはあるが、全体的には施工時間の短縮、日施工量の増大が図られ、作業効率が向上することが分かった。また、実際の現場でも施工性や生産性が向上したという意見を聞くことができた。生産性向上とは、同じ期間でより多くのものを生産する(工事を完成すること)であり、コンクリートの日打設量を増やすことは工期の短縮、生産性の向上につながる。

クレーン打設におけるホッパーの開閉作業のような受注者が敬遠する作業を減らすことで建設業者の減少に対応し、より施工業者にとって優しい工事を実現することができる。またコンクリートの日打設量が増え、工期を短縮できることによって全体的なコスト縮減とともに、次の工事に早く着手できることから地域の安全対策をより進めることができ、災害リスクの軽減につながると考える。

今後は、本稿で述べたようなスランプ・打設方法の特徴を生かしつつ課題を解決していくことで、さらに現場の施工性と生産性の向上を目指していきたい。

8. 謝辞

さいごに、論文作成にあたりご協力をいただいた(株)肥後建設社、(株)八方建設をはじめ関係者の皆様方に厚くお礼を申し上げます。

9. 参考文献

- 1)コンクリート標準示方書 施工編 第14章
- 2)土木共通仕様書 第8編 砂防編
- 3)土木工事標準積算基準書

