

Pcaブロックを活用した無人化施工による砂防工事の生産性向上検討について

古澤 洸樹¹・宮島 邦康²・森 茂¹・澁別 光³

¹松本砂防事務所 工務課 (〒390-0803 住所 長野県松本市元町1丁目8-28)

²松本砂防事務所 (〒390-0803 住所 長野県松本市元町1丁目8-28)

³松本砂防事務所 調査課 (〒390-0803 住所 長野県松本市元町1丁目8-28)

北陸地整管内の砂防工事は、冬期の積雪による施工不可能期間を伴う場合が多く、早期施設効果を発現させるため、少ない工期で生産性を向上させる技術開発が必要とされている。本発表では無人化施工におけるPcaブロックをした生産性向上検討について試験施工を行い検証した結果を報告する。

キーワード Pca活用、無人化施工、生産性向上、試験施工

1. はじめに

建設産業の取り巻く環境は、日本の人口と相まって慢性的な人手不足が課題となっており、構造物のPca化など生産性向上に繋がる取り組みが必要とされている。本論文では、松本砂防事務所において、Pcaブロックを活用した砂防工事の生産性向上(省人化)の取り組みとして、砂防工事に適応可能な施工技術、技術開発等による生産性向上を目的とした試験施工を実施した結果を報告する。

2. Pcaブロックの活用事例と試験施工の目的

砂防堰堤工事において、従前からPcaブロックを活用した施工がされており、主にブロック積堰堤や残存型枠兼用として使用されている事例が確認されている。全国の直轄砂防事業を実施している事務所を対象にブロック積砂防堰堤の採用目的について確認したところ、砂防堰堤の構造として一般的に採用されているマスコンクリート構造では地形地質条件等から整備が困難であったことが主な理由としてあげられている。

また、土砂災害発生箇所や火山災害対応を目的とした砂防堰堤では、早期整備が求められる背景から施工効率化を期待して採用(計画)されている。

ブロック積砂防堰堤は、ブロックさえあればコンクリートの養生期間が不要であるなど早期整備効果発現にメリットがある反面、使用する資材運搬やクレーン等の施工条件を満足することなど検討が必要となる。また、構

造物のPca化の背景には、人手不足解消も一つにあるためコストを含めた総合的な工法選定が必要となる。

松本砂防事務所では、Pcaブロックを一般的に採用されているマスコンクリート構造に使用する試験施工を施工効率が著しく低下する無人化施工の条件で行い施工効率化の実現性について検討を実施した。

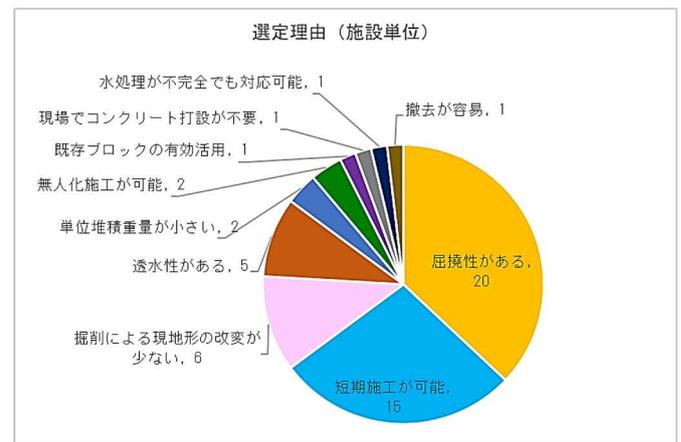


図-1 アンケート結果

3. 施工効率化を目的とした試験施工

施工効率化を目的にPcaブロックを活用することについて、次の観点で試験施工を行い検討することとした。

- ① コンクリートブロックを用いて、現場打ちのコンク

リートを低減し施工期間などの短縮を図る。

- ② ブロック製作を通して、年間通した工事の平準化を図る。

当該試験施工では、Pcaブロックをコンクリート打設時に中詰め材として使用し、コンクリート打設量を低減することで施工効率向上について評価することとした。

4. 試験施工の概要

Pcaブロックを活用し、施工効率化目的の観点から以降の形状で施工を実施した。

(1) 中詰めブロック形状

コンクリートブロックの形状は、無人化施工機械のバックホウでの取りまわしが可能であること、コンクリート打設時の充填性を考慮した結果、L900mm×W900mm×H900mmを現地製作することとした。

コンクリートブロック型式について打設時のひび割れの発生、品質の劣化等が懸念されたため、下記の2種類で実施する。

- ・角型：普通型枠による製作が容易で保存等が行いやすい形状としたタイプ
- ・円柱型：配置方向に囚われることなく配置が可能な形状としたタイプ

■中詰めブロック (約2t/個)

- ・角型ブロック：L900mm×W900mm×H900mm・・・25個
- ・円柱型ブロック：φ900mm×H900mm・・・25個



※上部には吊下げ用フックを2か所設置

図-2 中詰めブロック

(2) 配置計画

中詰めブロックは、生コンクリート充填・締固作業を考慮し50cm以上の間隔を確保することとし、1断面中(横断上)に5個とした。また、中詰めブロックと生コンクリートの打継目で水平方向のせん断抵抗が減少することが懸念されたことから、打設リフト高をブロック高の半分である45cmとし、上下方向に千鳥配置とした。

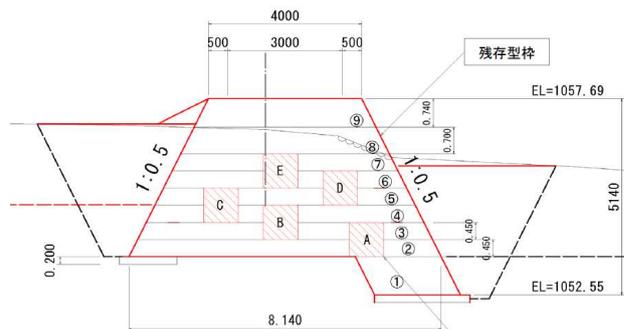


図-3 ブロック配置計画

(3) 無人化施工に用いた機器

試験施工に用いた機器を以下に整理した。本試験施工の範囲は、コンクリートブロックの据付、コンクリートの打設・締固めの3項目である。

作業内容	ベースマシン	使用する無人化施工用アタッチメントと規格
ブロック据付	無人バックホウ	全回転式把持装置 (約2t)
コンクリート打設	無人バックホウ	遠隔操作コンクリートバケット (1.5m ³)
コンクリート締固め	無人バックホウ	遠隔操作油圧バイブレーター (φ150mm)



図-4 無人化施工機器

(4) 無線機器等の配置位置

試験施工区間は、丸山砂防堰堤右岸側の導流堤 (L=78.7m) のうち、上流側から20.0mを選定した。この施工区間は丸山砂防堰堤の堆砂敷きに位置し、幅広いヤードの確保と、導流堤の堤内外から施工機械が進入可能な条件にある。また、平常時における流水の影響はなく、ブロック製作ヤードや施工箇所にも容易に侵入することも可能な現場状況にある。

試験施工のオペレーターは、無線操作室に配置し、施工現場映像を無線で伝送したモニター画面を見ながら遠隔操作を行うこととし、中詰めブロックの据付やコンクリートの打設等、施工状況を把握するため、固定カメラと車載カメラを採用した。

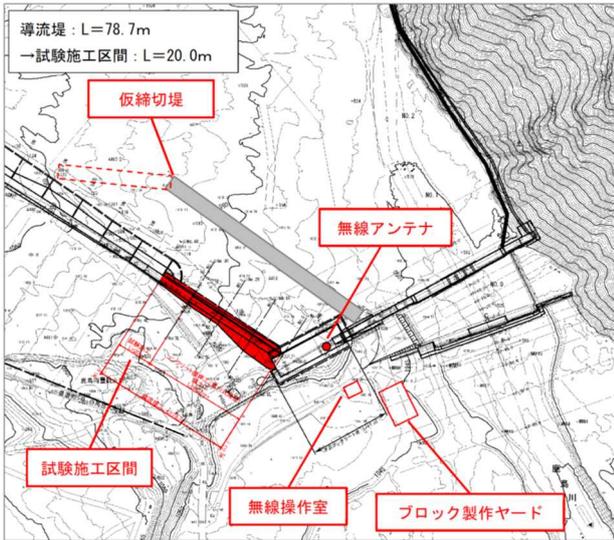


図-5 試験施工区間とブロック製作ヤードの位置



図-6 無線操作室及び固定カメラと車載カメラ

5. 試験施工の施工手順

(1) 試験施工の施工手順

本節では、導流堤（試験施工区間）の施工方法や施工期間について整理した。

導流堤の施工は、①中詰めブロック製作、②床掘り、③均しコンクリート打設、④残存型枠組立、⑤中詰めブロック据付、⑥コンクリート打設、⑦打設面清掃などの作業工程で実施し、本試験施工では⑤と⑥の施工において無人化施工を実施した。

以下には、主な施工に関する流れを示した。



図-8 試験施工における主な作業フロー

(5) ブロック製作の施工ヤード

ブロック製作の施工ヤードは、丸山堰堤下流右岸側に設置された。施工ヤードは、長さ約25m×幅約13m＝面積325m²で、このスペースに、ラフテレーンクレーン1台と型枠5個分を4か所配置した。

なお、施工は5個を1工程（7日）とし、角型と円柱型を交互に作成している。



図-7 施工ヤード状況

(2) 中詰めブロック製作

角型ブロックと円柱型ブロックの型枠は、敷き鉄板を底板型枠とし、角型は普通型枠で、円柱型は紙製円柱型枠を用いた。また、ブロックの躯体は、本堤の生コン配合と同一の「18-8-40BB W/C≤60%」を利用した。

ブロックの製作は、角型25個、円柱型25個を予定し、角型から順に5個を一組として5サイクル（25個÷5個）を2列で作成した。角型の普通型枠と円筒形の紙製型枠の設置には、約3日の作業期間を要した。

円柱型は、φ900の市場製品を利用したため、高さを合わせて切断する作業のみとなっている。ただし、無人化施工によりブロックを配置するために、把持装置が入る穴を空ける必要があり、この穴の設置に工夫と時間が必要であったとの報告を受けた。

コンクリートの養生は、材令日数を7日として実施された。型枠は概ね打設から4日程度で取外しされた。なお、施工人数を増やすことで日数については短縮が可能

である。

以降に作業の流れ等の整理した。

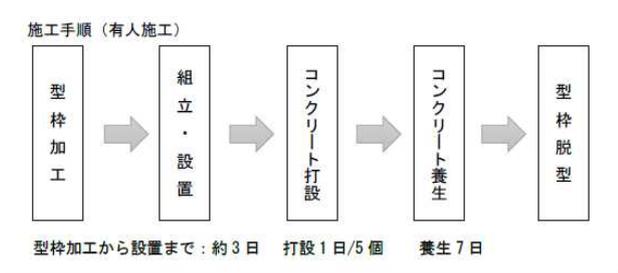


図-9 中詰ブロック施工手順

日数	1月	2火	3水	4木	5金	6土	7日	1月	2火	3水	4木	5金	6土	7日
中詰ブロック	角5：丸5=10個		型枠加工・組立		打設		型枠加工・組立		打設		養生		設置	

図-10 中詰ブロック施工工程



図-11 製作中詰ブロック

(3) 本体施工

本体工に関する無人化施工部分の手順等を以下に整理した。

①中詰めブロック据付

ブロック制作ヤードからトラック等で小運搬と及びブロックの据付位置は有人作業により実施を行った。その後、把持装置を取付けた無人バックホウで中詰めブロックを把持し所定の位置に据え付ける。



図-12 中詰めブロック据付け状況

②無人バックホウによるバケット打設

コンクリート打設及び締めを2台の無人化バックホウで施工を実施した。コンクリート打設時に遠隔操作コンクリートバケット、締め時に遠隔操作油圧バイブレーターのアタッチメントを使用した。

③コンクリートポンプ車からバケットへの投入

無人化施工によりポンプ筒先作業員は配置しないで実施した。

また、コンクリートポンプ車は、遠隔操作室からの操作は行わなかった。

④バイブレーターバックホウ（バイバック）によるコンクリート締め

無人バックホウの運転員は、遠隔操作室の遠隔カメラモニターを見ながら操作した。



図-13 コンクリート打設及びバケット投入状況

(4) 無線操作室からの作業

無線操作室から現場の4方向からの固定カメラ及び、2台の車載カメラの映像を表示し、無人化での施工を行った。作業にあたり視認性が確保され、滞りなく施工を実施することができた。



図-14 オペレーターの操作画面

6. 試験施工に関する課題の整理

試験施工状況等を元に以下の課題が抽出された。

①中詰めブロック据付あたり、位置出しの手法及び正確に据付けをするために時間を要した。

②無人化施工による従来施工に対して、試験施工では中詰めブロックを上下千鳥配置としたことでコンクリート

リフト割が増加し、施工効率とはならなかった。

7. 対応案

課題を整理した中で対応案を検討した。

(1) 据付位置

今回のように無人化施工で行う場合は、ブロックの据付位置出しする必要があり、作業工程が増加し非効率化の要因となっている。

そのため、操作画面内に据付位置が表示される技術の開発やレーザー照射などにより設置位置を可視化する技術、ARマーカーによる位置把握技術などを用いて測量工程を省いた効率化を図る事が期待できる。



図-15 ARマーカー

(2) 中詰めブロック使用量を増加し効率化

今回試験施工で施工効率化ができなかった理由として、全体のコンクリート量に対して、中詰めブロックとした量が3.5%程度であったこと。

全体コンクリート量と中詰めブロックの使用量（割合）には、施工効率化に対する損益分岐点が存在すると思われる。

よって、施工効率化に向けては、打設計画から中詰めブロックの使用量を検討する必要がある。

図-16のような中詰めブロックの割合を20%で施工が可能であった場合、打設1回分の工期短縮となり、施工効率化が期待できる。

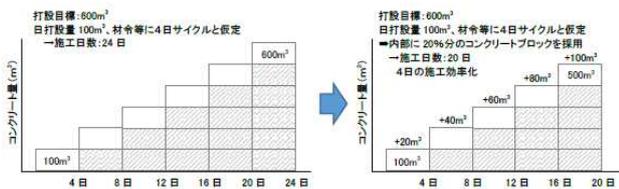


図-16 ブロックを用いた施工効率化イメージ図

表-1 中詰めブロック割合による損益分岐点表

日	中詰めブロック割合							
	0%	3%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
4.0	100	103.0	105.0	110.0	115.0	120.0	125.0	130.0
8.0	200	206.0	210.0	220.0	230.0	240.0	250.0	260.0
12.0	300	309.0	315.0	330.0	345.0	360.0	375.0	390.0
16.0	400	412.0	420.0	440.0	460.0	480.0	500.0	520.0
20.0	500	515.0	525.0	550.0	575.0	600.0	625.0	650.0
24.0	600	618.0	630.0	660.0	690.0			
作業日数	24日	24日	24日	24日	24日	20日	20日	20日

(3) ブロック配置の改善によるリフト割低減

リフト数の増加が施工日数に直結しているため、リフト割を減らす工夫が必要である。

図-17のように、ブロック数量・形状は変えずに、据付け高さを統一することで、リフト割を減らすことは可能である。中詰めブロックが無い場合の施工日数に近づけられると考えられる。

ただしこの場合、中詰めブロックと生コンクリートとの水平打継目における構造物の一体性確保や、せん断抵抗力の確保について別途考慮する必要がある。

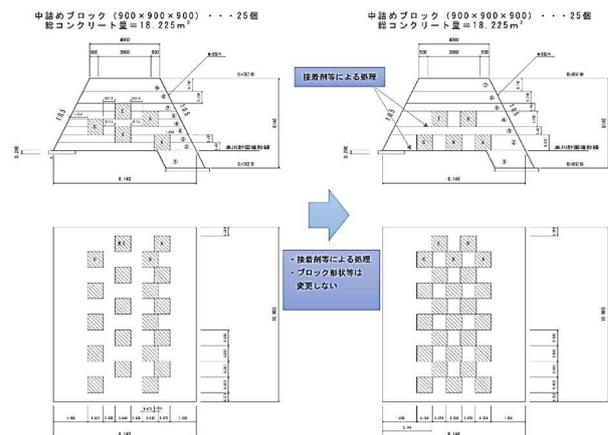


図-17 ブロック配置の改善案

8. まとめ

今回の試験施工を通して、Pcaブロックを中詰め材として運用していくにあたり、中詰めブロックの規格、比率、配置や施工方法など様々な観点での検討が必要である事が判明した。

また、中詰めブロックと生コンクリートは同一配合としたが、砂防構造物としての一体性については今後追加で整理が必要である。