

国内初の砂防堰堤自動化施工（コンクリートブロック設置）

鹿島建設(株) 正会員 ○渡辺大貴 江口健治 森田真幸 松本健太郎

1. はじめに

2011年9月に発生した台風12号の影響により奈良県五條市大塔町赤谷地区では、大規模な深層崩壊（崩壊土砂量：約1,138万 m^3 ）が発生した。その結果、崩壊土砂により赤谷川が堰き止められ、河道閉塞が発生し、湛水池（湛水容量：約100万 m^3 ）が形成された。

赤谷地区では、緊急対策工事として、排水路の施工から着手し、その後、抜本対策工事として、砂防堰堤や床固工群、

溪流保全工群などの砂防設備を整備し、2019年2月より3号砂防堰堤の施工に着手している（図-1参照）。

赤谷地区は発災以降、大規模な再崩壊を繰り返し、現在も斜面に不安定な土砂が堆積していることから、施工中の安全性を確保するため、出水期間中（6月15日～10月31日）は3号砂防堰堤施工箇所を立入規制区域に設定し、遠隔操作で施工する必要がある。しかし、遠隔操作は、通常の有人施工と比較して、60～70%に施工効率が低下することから、堰堤の構築が遅延し、出水時の被災リスクが増大することが懸念されたため、本工事では、堰堤の通年施工を実現するとともに、出水期間中の作業の効率化を図り、被災リスクを低減する必要があった。そこで、遠隔操作では作業に時間を要し、かつ精度の確保が困難である出水期の堰堤構築におけるコンクリートブロックの設置、ソイルセメントの敷均し・転圧作業に自動化施工を導入した。本稿では、安全性確保と施工の効率化を両立させるために実施した砂防堰堤の遠隔操作・自動化施工（ブロック設置）の実績について報告する。

2. 工事概要

本工事は、遠隔操作および自動化施工に対応した構造設計を完成させるため、技術提案・交渉方式の技術協力・施工タイプとして工事を進めている。3号砂防堰堤は、下流側に外部保護材（ブロック）を設置後、その内部にソイルセメントを打設する構造で、水通し部および袖部はコンクリートの現場打ち構造となっている（図-2、3参照）。施工は、掘削後、非出水期に地盤改良工および堰堤の下部を構築し、出水期に堰堤の水通し部まで遠隔操作・自動化施工にて構築する計画である。

3. 施工計画

3.1 ブロック設置の自動化施工

砂防堰堤の下流側に設置する外部保護材は、厚さ15cm程度のコンクリートの壁面材で、人が鋼材等で固定する方法が一般的な施工方法である。この外部保護材の設置作業を人力の助けなく、機械のみで設置するため、ブロック自体が自立し、ソイ



図-1 赤谷地区対策工事全体概要図

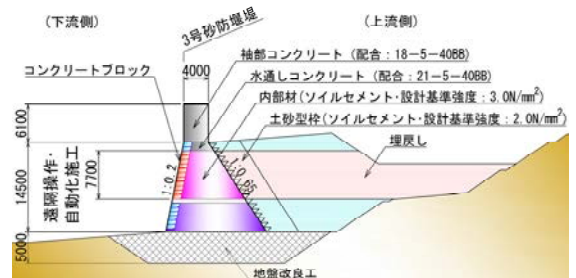


図-2 計画縦断面図

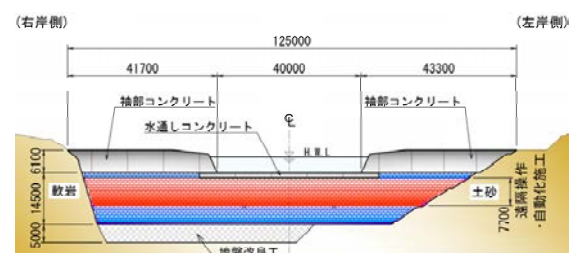


図-3 計画横断面図

キーワード 深層崩壊、湛水池、河道閉塞、砂防堰堤、遠隔操作、自動化施工、コンクリートブロック

連絡先 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 2-2-22 鹿島建設(株)関西支店土木部 TEL06-6946-3311

ルセメント転圧時の側圧に抵抗できる形状で、かつ機械のみで揚重・設置可能なようにブロックを開発し、その形状に合わせた専用把持装置も併行して開発した(図-4 参照)。

ブロックの形状は、寸法 1,250mm×1,360mm、高さ 700mm、重量 2,550kg で、重心位置に上部φ270mm～下部φ400mm の把持孔が開いている。ブロック底面の凹部は、下段のブロック上面の凸部と嵌合するため半円状となっており、ブロックの微調整が難しい自動化施工においても精度よく設置可能な構造とした。

把持装置は、ブロック中央に設けた把持孔に装置先端部を挿入することで容易に把持することが可能である。

図-5 にブロック設置の自動化施工で使用するバックホウの概要を示す。今回、新たに開発したブロック設置の自動化施工技術は、高価な自動化専用の建設機械を準備する必要がなく、汎用の 1.4m³ バックホウの運転席に人工筋肉ロボット(コーワテック社製:アクティブロボット SAM)を搭載することで対応している。バックホウに装備した傾斜計、旋回角度計、距離計等の計測用センサで重機姿勢を高精度に計測し、キャビン上部に搭載した AR カメラ(4K カメラ)でブロックに貼付した A1 サイズの AR マーカを画像認識し、自動運転のために必要な相対座標を GNSS 位置情報に頼らず瞬時に計算可能である。

3.2 ブロックの遠隔操作出来形測定方法の確立

本工事では、遠隔操作でのブロックの出来形測定を実現するために、ブロック設置に使用している 1.4 m³バックホウに GNSS 装置を取り付け、把持装置の先端部にて X・Y・Z 座標の測定が可能な設定とした。ブロック設置時は、3次元設計データにて位置を確認し、さらにブロック設置完了後は、ニコン・トリンプル社製の画像計測ソリューション(Nivo-i)でブロックの出来形を遠隔操作にて測定する一連の管理方法を確立した(図-6 参照)。

4. 施工実績・まとめ

ブロック設置の自動化施工では、今回開発した自動運転システムにより操作指令データを作成し、このデータに従ってバックホウに搭載した人工筋肉ロボットを操作し、ブロックの把持から設置までの作業の自動化が可能となった(図-7 参照)。また、遠隔操作室からブロックの出来形を安全に測定し、高い出来形精度を確保することができた(ブロック設置数量:824個)。遠隔操作室のオペレータは、マウス操作および作業状況を監視するだけでよく、自動運転によりブロック設置の作業効率を約 25%向上させ、安全性の確保と施工の効率化を図ることができた(図-8 参照)。



図-4 ブロック形状と把持装置



図-5 自動化施工仕様バックホウ概要図



図-6 ブロック出来形測定状況(遠隔操作室)



図-7 ブロック設置の自動化施工状況

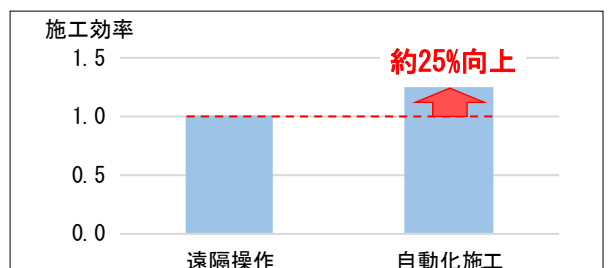


図-8 ブロック設置の自動化施工実績