

国内初の砂防堰堤自動化施工（ソイルセメント敷均し・転圧）

鹿島建設(株) 正会員 ○松本健太郎 江口健治 森田真幸 渡辺大貴

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（湛水量：約100万 m^3 ）が形成された（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、安全性の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（ソイルセメント敷均し・転圧）の実績について報告する。

2. 工事概要

本工事の計画図を図-2, 3に示す。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。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 遠隔操作・自動化施工設備配置

遠隔操作室は、立入規制区域より下流側の安全な場所に設置した（図-4参照）。また、オペレータが、操作室から施工箇所全域を確認できるように100m間隔に固定カメラを設置した。

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、ソイルセメント

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



図-1 赤谷地区対策工事全体概要図

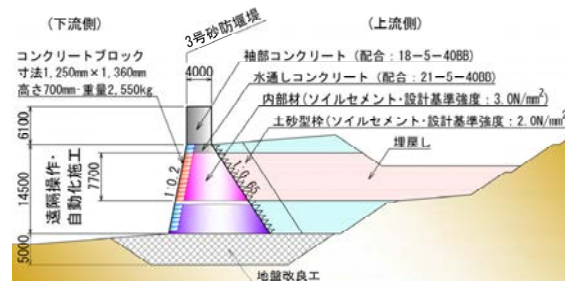


図-2 計画縦断面図

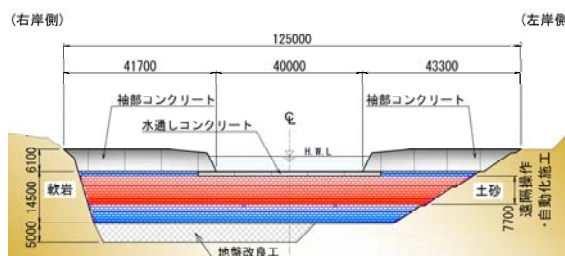


図-3 計画横断面図



図-4 遠隔操作・自動化施工設備配置図

重機操作の指令データや固定カメラの映像データの通信には、デジタル無線を採用した。遠隔操作の通信には、移動体通信に特化した 5GHz 帯無線アクセスシステムを採用し、100m 間隔に無線 LAN 基地局を設けることで、広範囲に移動する複数の重機が円滑に操作可能な設定とした。自動化施工の通信には、2.4GHz 帯無線を採用し、遠隔操作の無線と区別することで、電波干渉しない設定とした。また、固定カメラの通信には、大容量かつ高速通信が可能な 25GHz 帯対向性無線を採用し、映像データが遅延なく通信可能な設定とした。

3.2 ソイルセメント敷均し・転圧の自動化施工

本工事では、ソイルセメント敷均し・転圧の自動化施工に建設機械の自動運転を核とした次世代の建設生産システム「A⁴CSEL[®]」(クワッドアクセル)を導入した。自動化施工では、21t ブルドーザ(敷均し)と 10t 振動ローラ(転圧)を使用した。ソイルセメントの運搬は、11t 不整地運搬車を使用し、遠隔操作にて実施した。

自動化施工では、最適な敷均し・転圧区画の設定、各作業の作業順序、それぞれの重機の走行経路パターンの作成が重要である。そこで、事前にソイルセメントに対応した計画策定のシミュレーションと実機での試験施工を繰り返すことで最適な重機の走行経路と施工スケジュールを決定した。自動化施工の敷均し作業は、ブルドーザのブレード幅を基準に、最小敷均し幅を 4.5m とし、敷均し幅に合わせて、不整地運搬車の荷下ろし台数を変更した(図-5 参照)。また、積込重量計測機能を搭載したバックホウにてソイルセメントの積載量を一定に保ち、不整地運搬車の荷下ろし位置は、ブルドーザ前方に設置した車載カメラにて確認した。自動化施工の転圧作業は、ローラの隣接レーンへの最小移動距離を考慮し、延長 15m を一つの転圧区画に設定し、ソイルセメントの製造から転圧完了までを 120 分以内となるように施工スケジュールを作成した。

3.3 ソイルセメントの遠隔操作現場密度測定方法の確立

本工事では、遠隔操作での現場密度測定を実現するために、散乱型 RI 計測器を使用し、遠隔操作にて揚重、運搬、測定できる方法を検討した。RI 計測器の遠隔操作は、本工事にて開発した遠隔制御用ソフトを使用し、遠隔操作室に設置した測定用パソコンにて行った。遠隔操作に必要なデータ通信は、RI 計測器に無線 LAN コンバータを取り付け、遠隔操作で使用している 5GHz 帯無線アクセスシステムを使用した。測定箇所までの RI 計測器の揚重および運搬は、本工事にて製作した専用の吊治具を使用し、移動式クレーン仕様の 0.45 m³ バックホウにて行った。また、RI 計測器は精密機械であるため、外側を鋼材で堅固に防護し、設置時の衝撃を緩和するために、RI 計測器の四隅に衝撃吸収用のダンパーを装着することで、耐衝撃性を向上させた(図-6 参照)。

4. 施工実績・まとめ

ソイルセメント敷均し・転圧の自動化施工では、事前に計画した施工スケジュールに従い、作業を進めることができたため、狭隘な中での重機輻輳による遅延を防止でき、かつ所定の精度、設計上必要な現場密度を十分確保した施工が可能となった(ソイルセメント打設量: 8,900m³)。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、自動運転によりソイルセメントの敷均し・転圧の作業効率を約 40% 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-7 参照)。

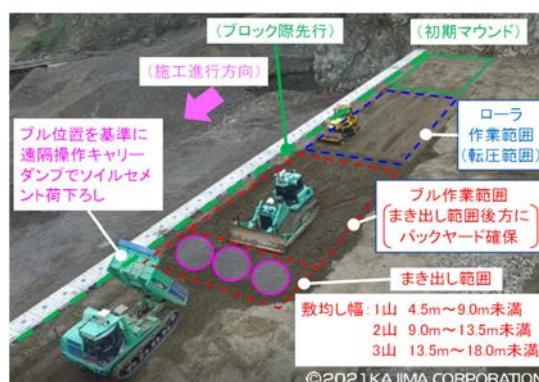


図-5 敷均し・転圧の自動化施工状況



図-6 現場密度測定状況(遠隔操作室)

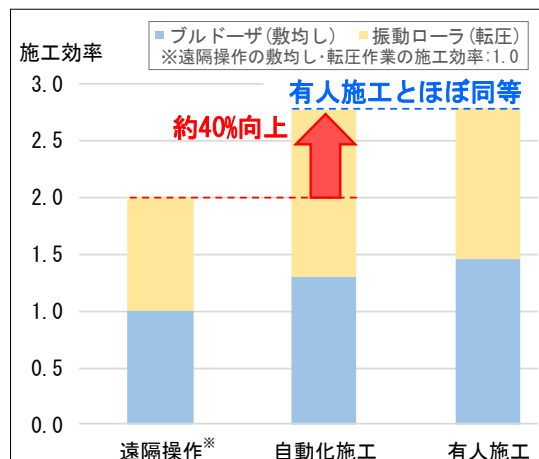


図-7 敷均し・転圧の自動化施工実績