

5. 阿蘇大橋地区斜面对策工事にて実施した 斜面对策工に特化した「のり面 CIM」

株式会社熊谷組 ○ 石濱 茂崇
九州地方整備局 江口 秀典, 山上直人

1. はじめに

現在、建設業界では、生産システムの業務効率化や高度化を目指して CIM (Construction Information Modeling/Management) の導入が活発化している。その中で、斜面对策工事においてもトンネル工事や道路工事、橋梁工事等と同様に CIM を導入し、安全性を確保するために適切な施工管理を行い、維持管理段階へ引き継ぐことが求められているものの、他工事と比較すると適用されている事例は少ない。例えば、日本建設業連合会による「2018 施工 CIM 事例集」では、トンネル 11 件、道路 5 件、橋梁 7 件に対して、斜面对策工事は 0 件となっており、2019 年版においても本工事の 1 件のみとなっている。また、国土交通省による CIM 導入ガイドライン(案)においても斜面对策工は示されていない。斜面对策工事において CIM の適用事例が少ない理由としては、トンネルやダムと比較すると、1 工事あたりの施工規模が小さいために CIM を導入する効果が得られづらいこと、および斜面对策工事は地質と密接に関わっているものの、施工中の三次元的な地質評価が難しいことが挙げられる。

このような状況の中、阿蘇大橋地区斜面对策工事では、大規模斜面崩落であることから施工数量が多いこと、および災害直後であることから地質情報が少ない中で、施工中に得られた地質情報を整理しながら斜面对策工を進める必要があったことから、CIM を活用しながら工を進めることとした。

前述したように、斜面对策工事における CIM の実施の事例が乏しいことから、適応するソフトウェアは存在しない。そこで本工事では、斜面对策工に特化した CIM のシステムを開発し、実施工に適用することとした。

2. 阿蘇大橋地区斜面对策工事の概要

阿蘇大橋地区では、平成 28 年 4 月 16 日の熊本地震(本震)により大規模な斜面崩壊が発生した。崩壊の規模は、長さ約 700m、幅約 200m、崩壊土砂量は約 500,000m³(推定)にも及び、斜面の下部に位置する国道 57 号や JR 豊肥本線が押し流され、

国道 325 号の阿蘇大橋が落橋する大災害となった(図-1)。これらの寸断された交通網は、熊本都市圏と大分・宮崎を結ぶ、生活、経済、観光を支える重要交通であることから、早期復旧を目指し、国が高度な技術力をもって崩壊斜面对策に取り組むこととなった。崩壊斜面の周辺には、開口亀裂や段差がみられ、余震や降雨の影響により崩落が拡大する恐れがあったことから、本工事に先立ち緊急対策として、「監視装置の整備」、「工事用道路の整備」、「土留盛土工の設置」、「頭部排土工」が実施された(図-2)。これらの工事では、崩壊斜面上部の不安定土塊が崩落することによる二次災害の恐れがあることから、対策前の崩壊地内は立入禁止とし、作業は無人化施工や遠隔操作にて実施された¹⁾。

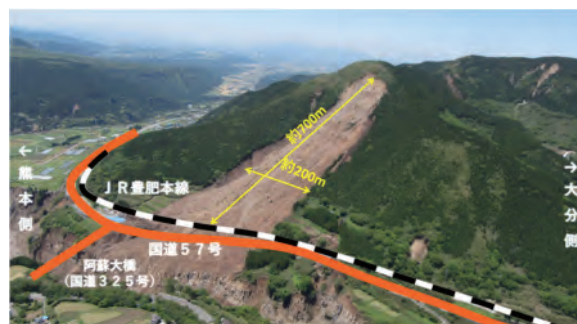


図-1 阿蘇大橋地区の被災状況

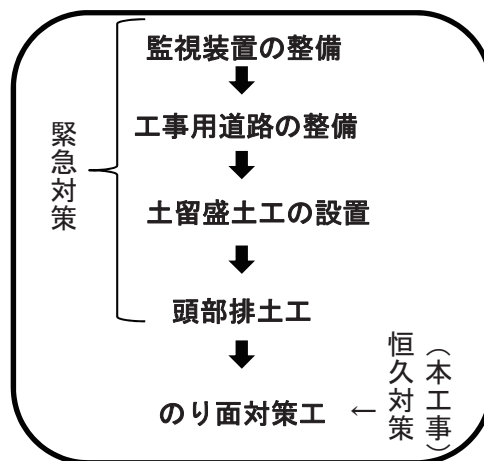


図-2 阿蘇大橋地区斜面对策の流れ

このような無人化施工による緊急対策工事の完成を受け、阿蘇大橋地区斜面对策工事として、恒久対策となる「のり面对策工」を開始し、有人作業による植生マット・ネット工等の施工を実施した。本工事の工事概要は、以下に示すとおりである。

工事名称：阿蘇大橋地区斜面对策工事
 工事場所：熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字立野
 発注者：国土交通省九州地方整備局
 受注者：株式会社熊谷組
 工期：2017年9月7日～2019年9月30日
 工事内容（主要工事，数量は当初）

- ・植生マット工 約 71,300m²
- ・密着型安定ネット工 約 51,100m²
- ・高強度ネット工 約 17,200m²
- ・鉄筋挿入工 約 8,300本

なお、前述したように崩壊地内が立入禁止であったことから、ボーリング調査等が実施されていないため、土岩境界等の地山状況が把握されていない状況で施工を進めなければならなかった。一方、密着型安定ネット工では、アンカー工の確実な施工のために、土岩境界等の地山状況の把握したうえで地山に応じた適切なアンカータイプの選定を行う必要がある。このため、本工事では、施工中に地山状況を把握する調査を全箇所で行い、その結果に基づいてアンカータイプを決定することとした。このため、得られた大量の地質データを整理し、迅速かつ効率的に施工管理を行う必要が生じた。このような状況から、本工事において CIM を導入し、効率的に斜面对策工を実施する体制を整えることとした。なお、既存のソフトウェアでは、適応するものが存在しないため、本工事において斜面对策工事に特化した専用の CIM のシステム（のり面 CIM）を開発した。

3. のり面 CIM の開発

3.1 開発したのり面 CIM の概要

のり面 CIM は、斜面对策工の施工データを集約・三次元モデル化（可視化）し、一元管理した情報を次ブロックの施工へフィードバックすることにより、施工の効率化を図るシステムである。

本システムは、斜面对策工事で実施するグラウンドアンカー工や鉄筋挿入工などに対し、設置位置やアンカー諸元、当該箇所の地質情報、施工日、試験結果などの属性情報を各アンカーに付与し、三次元空間に配置する（図-3）。配置したアンカーには、施工状況写真や試験結果のデータシート等もリンクさせて直接ファイルを閲覧できる（図-4）。

3.2 開発したのり面 CIM の特徴

本システムでは、Excel[®]等の表計算ソフトにて整理した施工実績のデータベースを読み取る仕様であり（図-5）、現場での入力作業の負担が少なくなる工夫をしている。

なお、本システムは、三次元地質解析ソフトウェア（五大開発株式会社製「Make Jiban[®]」）を基本としていることから（Make Jiban[®]のアドオン機能）、調査ボーリングの三次元空間への配置や地質構造の三次元的な解析も可能であり、すべり面の形状や定着層の位置も三次元表示できる（図-6）。特にグラウンドアンカーにおいてこの機能は有効であり、すべり面と定着層の広がりとの関係を三次元的に把握することが可能なことから、施工中に確認する定着層の異常値の発見が容易となる。さらに、斜面安定計算ソフトウェアへの連係が可能なことから、地質状況が想定と異なった場合には、早急に再計算ができる仕組みとなっている。その一方で、三次元地質解析ソフトウェアを使用したことから、グラフィックボードを搭載したある程度ハイスペックなパソコンを準備することが望ましい。

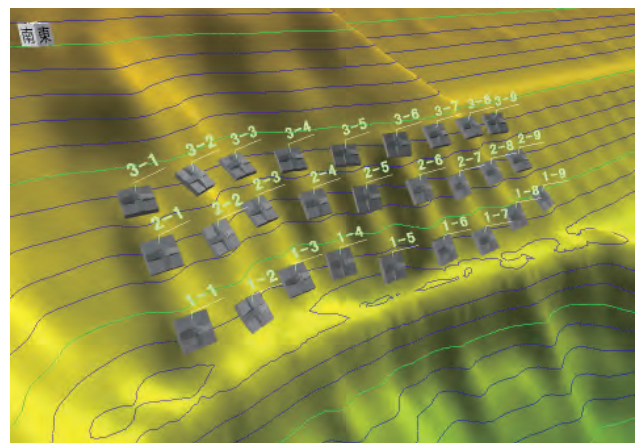


図-3 のり面 CIM 三次元空間配置表示例



図-4 属性情報および施工写真表示例

4.2 グラウンドアンカー工での事例

地山状況が不明確という地質的な課題があったことから、当初、のり面 CIM の適用は崩壊地内の密着型アンカーネット工のみとした。また、時間的な制約があったことから、密着型アンカーネット工専用の CIM として開発した。このため、汎用性が低く、他工種への転用が困難であったため、グラウンドアンカー工や鉄筋挿入工等の他工種への対応可能とする改良を行った。改良したシステムについて、阿蘇大橋地区斜面対策工事で実施されたグラウンドアンカー工において、施工後であるものの試験的に CIM を適用した。

グラウンドアンカーで実施したのり面 CIM は、密着型安定ネット工にて適用したものと同様に表計算ソフトにて作成した施工実績やアンカー諸元を読み取り、アンカー（反力体およびテンドン）を三次元空間上に配置する（図-10）。データベースに定着層出現深度が入力されている場合には、自動的に地層境界（表層部と定着層との境界）を三次元で作成して表現することが可能となっている。作成した地質境界は、地表面やアンカー体、すべり面等と同じ三次元空間内で表示することが可能で（図-10）、直感的に定着層の形状やすべり面との関係を捉えることができる。また、任意の場所の断面図を表示することが可能となっている（図-11）。

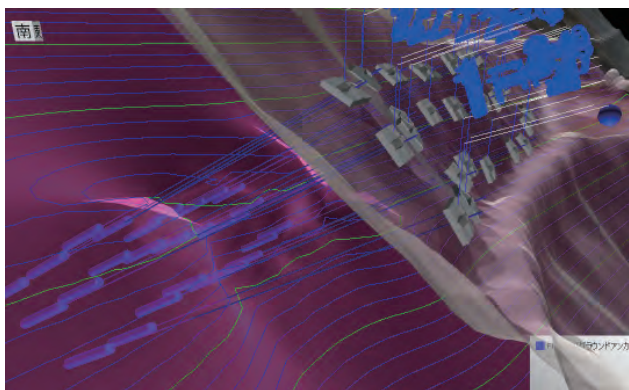


図-10 グラウンドアンカー工のり面 CIM 適用状況

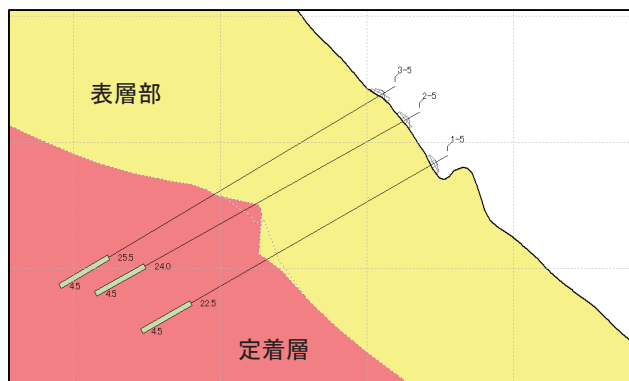


図-11 グラウンドアンカー工適用事例任意断面表示

5. のり面 CIM の効果

のり面 CIM は、施工中の調査データや施工実績を集約・三次元モデル化（可視化）し、一元管理した情報を次ブロックの施工へフィードバックすることで、施工の効率化を図った（図-12）。仮に、のり面 CIM を導入しなかった場合、未着型アンカーネット工では地盤条件が定かでない状況であったことから、少なくとも施工当初は抽象的な感覚でアンカー諸元を判断していたと考えられ、ある程度の規模の手戻りが発生していた可能性がある。施工前に想定した密着型安定ネット工の数量では、土砂部用もしくは土被り用アンカーが主体とされていたものの、実際には岩部用アンカーが主体となり、数量的には約 12,000 本の差異がみられた。このうち、1 割が手戻りとなったと仮定した場合、1,200 本のやり直しが発生したことになる。密着型安定ネット工のアンカーは、40 本/日程度が施工できることから、30 日程度の工程短縮効果があったと想定される。



図-12 のり面 CIM 実施概念図

6. 今後の課題

のり面 CIM は、地質解析ソフトウェアをベースに開発したことから、維持・管理に引き渡す場合、専用のソフトウェアが必要となり、かつ操作に専門の知識が必要となる。このため、現在はビューワーを用いる簡便なシステムを考案中である。

参考文献

- 1) 中出 剛・北原 成郎・光武 孝弘・野村 真一：無人化施工技術を核とした i-Construction による緊急災害対応—阿蘇大橋地区斜面防災対策工事—，地盤工学会誌，Vol.66，1，pp.20-23，2018年