

地すべりCIMの活用による 調査・対策の迅速化・効率化に向けた取組

竹下 航・杉本宏之・和田佳記

1. はじめに

国土交通省ではi-Constructionの取組の一環としてCIM（Construction Information Modeling / Management）の普及が進められている。地すべり分野においても令和元年5月にCIM導入ガイドライン（案）地すべり編（以下「ガイドライン」という。）が公表され、「地すべりCIM」として導入が進められているところである。

地すべりチームでは、地すべりCIMの導入・普及について地すべり対策事業を担当する直轄事務所を中心に技術的な支援を行うとともに、地すべりCIMの活用による調査・対策の迅速化・効率化に向けた研究を行っている。本報文では、地すべり分野におけるCIMの導入効果及び活用事例について紹介する。

2. 地すべり対策事業の流れ

地すべり災害は豪雨や融雪、地震等によって全国各地で毎年発生しており、地すべりの恐れのある箇所や発生した箇所において、国や都道府県による調査・対策工事が進められている。

通常、地すべり対策では、地すべり地形や地質、移動量、地下水等の調査を行い、地すべりの発生・移動機構を明らかにし、その結果を基に効果的な対策計画の立案、対策施設の設計が行われる。対策施設が施工された後、地すべりの観測データに基づいて対策効果を評価し、それによって対策の完了が判断され、その後の維持管理を行う流れになる。ガイドラインでは、このような事業の流れに対応して段階的にCIMモデルを作成するようになっている。

一方で、地すべりが急激に移動を始めた場合やその恐れがある場合は、通常、事業の流れとは別に緊急的な対応が求められる。緊急時の調査では、地すべりの範囲や移動方向、移動量等について速やかに把握し、警戒避難体制を検討する必要がある。

あわせて、地すべりの動きを緩和させるための応急対策が講じられる。その後、災害関連緊急事業等による対策といった流れになることが多い。災害対応では、時間的余裕がないことが多いため、ガイドラインに基づいてCIMを活用することは難しいと考えられ、「地すべり災害対策CIM」として別途検討を進めているところである。

3. 通常事業におけるCIMの活用

3.1 活用目的と導入効果

ガイドラインでは、調査段階で地形モデル、地質・土質モデルを作成し、機構解析段階で地すべり機構解析のモデル、対策計画、設計・施工段階で地すべり防止施設のモデルを作成し、効果評価、維持管理段階でそれらを統合するという流れになっている（図-1）。通常の地すべり対策におけるCIMの活用については、以前から直轄地すべり担当事務所が取組が行われてきている。これら事例を調査し、まとめたCIM導入効果について段階ごとに述べる。

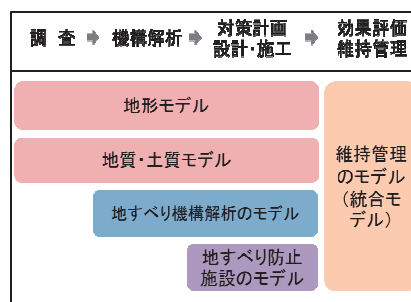


図-1 地すべり対策におけるCIMモデルの流れ

3.1.1 調査・機構解析等

調査、機構解析、対策計画、設計、効果評価の段階におけるCIMのメリットとしては、「位置関係と相互関係の可視化」、いわゆる「見える化」が特に重要と考えられる。

その中でも地すべり機構解析は、効果的・効率的な地すべり対策を立案するために、地形、地質、移動量、地下水等といった多種多様な調査データを基に地すべりの発生・移動機構を三次元的に理解するという重要なプロセスである。従来はそれぞれの調査データが二次元の紙図面としてまとめ

られていたため、それらを頭の中で三次元的な地すべりのイメージとして組み立てるしかなく、経験豊富な技術者以外には難しいという課題があった。しかし、CIMによって調査データを統合して三次元表示できるようになることで、経験豊富な技術者でなくても理解しやすくなることが期待される。ただし、調査データの種類・量が相当多くなるため最適な表示方法等について引き続き検討していくことが必要と考えられる。

設計段階においては、部材の干渉などの不具合防止等の効果が大きいと考えられる。さらに、関係者が共通の認識を持つことにより、判断や協議、合意形成の迅速化も図られると期待される。

表-1 調査・機構解析等段階におけるCIM導入効果

メリット	導入効果	活用例
位置関係と相互関係の可視化	●理解が向上することによる精度向上	○地形・地質・移動状況を踏まえたブロック形状やすべり面形状の検討 ○地形・地質・地下水・移動状況を踏まえた素因・誘因の検討 ○地形や地下水分布を踏まえた対策施設の工種や配置の検討
	●不具合が発見しやすいことによるミス防止・成果品質向上	○現地地形や土地利用を踏まえた施設の設計 ○部材同士の干渉確認
	●共通認識を持ちやすいことによる迅速化	○有識者委員会等での機構解析や対策方針の合意形成の円滑化 ○打合せ・協議での判断の迅速化、合意形成の円滑化
三次元仮想空間の可視化	●仮想体験による学習	○防災教育
三次元データの活用	●三次元データを用いた調査・解析等の高度化	○三次元浸透流解析 ○三次元安定解析 ○三次元地震応答解析

3.1.2 施工

地すべり地における工事は、急斜面や狭いヤードでの作業となることが少なくなく、墜落、重機との接触等の事故の危険がある。そのため、現場作業に着手する前の段階で、三次元仮想空間での資機材配置検討や作業員目線での死角の検討により、必要な対策を講じておくことは有効である。

また、見える化メリットを生かした工法変更案の比較検討や打合せ・協議への活用や、三次元データを活用した監督・検査等の効率化なども効果的と考えられる。

表-2 施工段階におけるCIM導入効果

メリット	導入効果	活用例
位置関係と相互関係の可視化	●理解が向上することによる精度向上	○工法変更案の比較検討
	●図面の三次化による現場教育	○現場の作業手順確認
	●共通認識を持ちやすいことによる迅速化	○打合せ・協議での判断の迅速化、合意形成の円滑化
三次元仮想空間の可視化	●仮想体験による学習	○現場の安全教育
三次元データの活用	●事前検討による効率化	○現場の安全対策の検討
三次元データの活用	●三次元データを用いた監督・検査等の効率化	○出来形管理 ○面積・土量計算

3.1.3 維持管理

維持管理段階では、調査・設計～施工～効果評価段階に蓄積された大量のデータを参照しながら、施設の損傷状態や影響を評価し、維持管理を効率的に実施していくことが重要である。CIMはそのための有効なツールとなると考えられる。

表-3 維持管理段階におけるCIM導入効果

メリット	導入効果	活用例
位置関係と相互関係の可視化	●理解が向上することによる精度向上	○点検結果の可視化、不可視部分の把握 ○損傷分布を踏まえた原因と対策の検討
	●共通認識を持ちやすいことによる迅速化	○打合せ・協議での判断の迅速化、合意形成の円滑化
三次元仮想空間の可視化	●仮想体験による学習	○防災教育
データの一元管理	●資料検索の効率化	○各種データの集約・一元管理

3.2 地すべり対策事業における活用事例

地すべり対策事業でのCIMの活用事例として、由比地すべり対策事業（国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所）におけるCIMの導入事例²⁾について紹介する。

3.2.1 機構解析段階

機構解析のモデルでは、ドローンレーザー測量で取得した高精度の地形データをベースとし、地質、地下水、すべり面等の情報を統合してCIMモデルが作成されている（図-2）。

受注者の機構解析の作業や受発注者間の打合せ、有識者委員会での議論の際にCIMモデルが活用されている。その結果、地形・地質・地下水分布等を三次元モデル化し、視点を自由に動かしながら相互の関係をチェックすることで、調査結果の妥当性を確認することが容易になっている。また、すべり面に対する地下水の影響、流入メカニズムの検討なども、より分かりやすくなっている。更に、複数の技術者や有識者間で議論する場において議論が円滑に進むという効果が生じている。

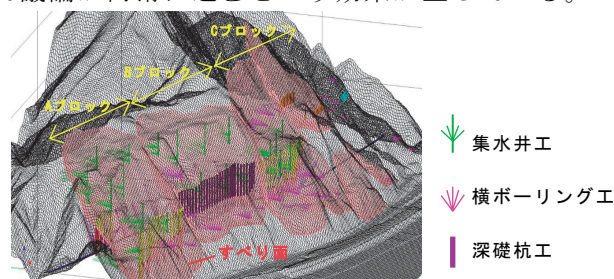


図-2 施設配置計画のためのCIMモデル

3.2.2 施工段階

由比地すべりで施工中の深礎杭工の施工ヤードは、急峻な斜面に最小限の面積を確保していることから、安全性と作業性の確保が重要な課題と

なっている。そのため、深礎杭工の施工においてCIMを活用し、安全性や作業性の向上に向けた取組が行われている。

安全管理への活用として、工事着手前に施工ヤードの三次元モデルによる施設配置計画を行い、バックホウやダンプトラック等の重機オペレータの死角確認が行われた(図-3)。重機の旋回範囲と歩行通路が交錯し、オペレータの死角になる箇所が確認できたため、重機が歩行通路まで旋回できないような措置を講じられた。また、これらの三次元データが、新規に現場に入場する作業員への教育等にも活用されている。

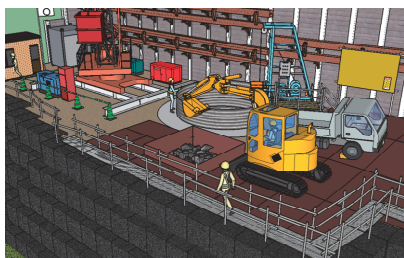


図-3 施工ヤードのCIMモデルによる施設配置

深礎杭の配筋は複雑かつ密集しているため、平面二次元の図面だけで鉄筋の組み上がりを三次元的に理解する作業は熟練の作業員でも難しく、間違いを起ししやすい。図-4のように、三次元モデル化して鉄筋の種類等で色分け表示することで、鉄筋の組み上がりを容易に把握することができる。また、鉄筋が組み上がる順序等をアニメーション化し、作業打ち合わせ等で活用することにより、

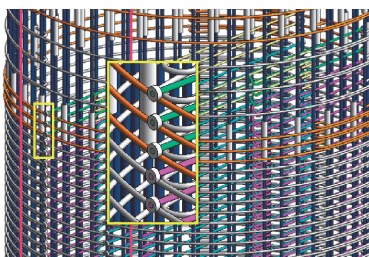


図-4 深礎杭の配筋のCIMモデル

鉄筋を組み上げる過程について、作業員全員で共通認識を持つことが可能である。平面二次元の図面だけでは伝わりにくいことも、三次元モデルを利用することで、関係者全体で共通の認識を持つことができ、作業性の向上などにつながっている。

4. 災害対応におけるCIM活用の取組み

4.1 活用目的と導入効果

地すべり災害時における活用については、現時点では事例がほとんど無いため、通常事業における活用事例を踏まえながら、災害時に地すべりチームが行った技術支援を通じて「地すべり災害対策CIM」について検討を行っている。災害対応におけるCIM活用イメージを図-5に示す。

発災後～2日の間における対応においては、地すべりの範囲や被災範囲などの災害発生前後の変化を三次元データとして、いかに早く取得できるかが災害対応の迅速化に大きく影響する。現状、発災直後では地すべりの範囲や被災範囲を手書きで紙の地図に記入しているが、今後、災害発生前後の三次元地表面モデルの比較が簡易的であっても可能になれば、地すべりの範囲や移動方向を三次元的に確認でき、警戒避難体制の検討や関係者間の認識共有化に有効と考えられる。

発災後3日～2週間の間には、UAV等を活用した詳細な地形データの取得により、地形モデルの精度が向上し、CIMモデルも更新される。これにより、応急対策工としての大型土嚢や横ボーリング工等の効果的な配置の検討や、工事用道路や仮設工の検討が精度良くでき、施工の効率性・安全性の向上が期待される。

発災後2週間～2カ月程度では、地質ボーリングや地下水調査が開始される。これらの調査結果を追加してCIMモデルを更新し、災害関連緊急

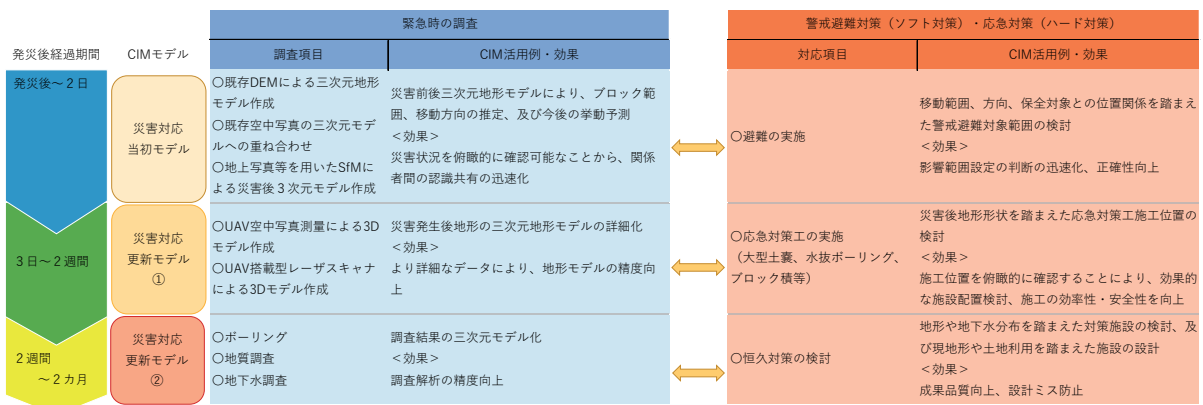


図-5 災害対応におけるCIM活用イメージ

事業等による恒久対策の検討が実施されていく。

このように、詳細な調査データの段階的取得に伴って、その都度CIMモデルを更新していくことで順次精度の向上を図り、「CIM導入ガイドライン（案）地すべり編」に沿ったCIMモデルとしていき、恒久対策の対策計画・設計等に引き継がれていく流れになると考えている。

4.2 災害対策における活用事例

災害発生後の現場で三次元モデルを活用した事例として、令和元年8月28日に発生が確認された佐賀県杵島郡大町町における土砂災害への対応について紹介する。地すべりチームでは、佐賀県からの派遣要請を受けて、9月1日～2日にかけて、警戒避難の考え方や応急・恒久対策の考え方について技術的助言を行うための現地調査を実施した。

大町町の災害事例では、災害発生確認後5日後には、UAV搭載型レーザスキャナによる測量が実施され、測量された直後のレーザ計測データから、現地の作業端末に三次元モデルを表示し、関係者間で協議を実施した（図-6）。

これにより、現地にて崩壊範囲や移動方向を踏まえた警戒避難範囲の検討等について、立体的な地形形状も確認しながら迅速に判断を行うことができた。また、計測翌日には、UAVレーザ計測データから処理された三次元地形モデルが作成され、崩壊箇所の正確な位置・範囲や周辺地形について確認でき、応急対策工における大型土嚢の設置位置の検討等に役立てることができた（図-7）。



図-6 UAVレーザ計測をふまえた現地での協議の様子



図-7 UAVレーザ測量成果を用いた三次元モデル

5. おわりに

本報文では、地すべり分野におけるCIMの導入効果及び活用事例について紹介するとともに、地すべりCIMの活用による調査・対策の迅速化・効率化に向けた活用事例を紹介した。今後、更にCIMの導入・普及を進め、地すべり対策事業の効率化・高度化を更に図っていくことが重要である。特に、災害対応への活用においては、UAVや三次元スキャナなどの最新の技術を活用することにより、従来よりも迅速に三次元モデルを取得できる環境が整いつつあることから、早期の実用化に向けて研究を進めてまいりたい。

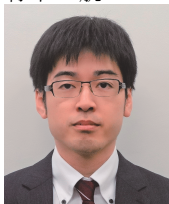
謝 辞

国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所、佐賀県、大町町には、資料の提供等にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：CIM導入ガイドライン（案）第9編 地すべり編、2019、
<http://www.mlit.go.jp/common/001289037.pdf>
- 2) 杉本宏之、竹下航、岩男忠明、石川一栄、倉本洋平、荒木孝宏、奥山剛、加藤仁志：地すべり対策におけるCIMの活用、第58回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.237～238、2019

竹下 航



土木研究所土砂管理研究グループ
地すべりチーム 主任研究員
Wataru TAKESHITA

杉本宏之



土木研究所土砂管理研究グループ
地すべりチーム 上席研究員
Hiroyuki SUGIMOTO

和田佳記



土木研究所土砂管理研究グループ
地すべりチーム 交流研究員
Yoshiki WADA