

地すべり CIM の概要と活用事例

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター斜面保全部技術課技師 宮城 昭博

1. はじめに

近年、建設分野において、計画・調査・設計段階から、その後の施工および維持管理段階を含めた一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的としてBIM (Building Information Modeling) /CIM (Construction Information Modeling/Management) の導入が検討されつつある。事業全体にわたって3次元モデルを活用することにより、関係者間において各段階で得られた情報を随時共有することが可能となると考える。

このような流れの中で地すべり分野では、「CIM 導入ガイドライン (案) 第9編地すべり編¹⁾」が令和元年度5月に策定された。「CIM 導入ガイドライン (案)」は、令和2年5月現在において、「共通編」に加え、「土工編」・「河川編」・「ダム編」・「橋梁編」・「トンネル編」・「機械設備編」・

「下水道編」・「地すべり編」・「砂防編」・「港湾編」の10分野で構成されている。

本稿では、「CIM 導入ガイドライン (案) 第9編地すべり編」の概要と地すべり分野における CIM 導入の取り組み、活用事例について紹介する。

2. 地すべりCIMの概要

(1) 地すべり対策の流れ

地すべりの対策を実施するためには、調査や観測データからすべり面深度や地下水位等の地中の情報を評価・検討する地すべり機構解析が必要となる。はじめに、図-1, 2のような平面図や断面図を用いて地すべり機構解析を実施する必要がある。そのため、複雑な地すべり機構を有する、または地すべりの運動ブロックが大きくなる等、地すべり対策の対象となる地すべり運動ブロックによっては、地すべり機構解析に必要な解析図やグラフ等の情報は増加する。

次に、地すべり機構解析により対策の対象とされたすべり面や地下水位に対して、対策工の配置計画や設計を行い、対策工を施工する段階へと移行する。

そして、対策工を施工した後、施工した対策工の効果評価および維持管理を実施する。その際、効果評価や維持管理の検討の結果に応じて、対策工の追加等が必要な場合 (例えば、対策計画時に想定した地下水位の低下や地すべりの滑動状況の沈静化がみられない場合など) は、再度地すべり機構解析や配置計画等の検討を実施する必要がある。

以上のように、地すべり対策では、図-3に示すような各段階の検討PDCAサイクル (調査や観測から地すべり機構解析、対策計画、設計、施工、効果評価、維持管理) を考慮し、効果的・効率的な対策の実施を図る必要がある。

(2) 地すべりCIMの概要

「CIM 導入ガイドライン (案) 第9編地すべり編」では、地すべり分野における CIM モデルの活用対象を、次のような各検討段階 (前述の地すべり対策の流れの各段階) としている。

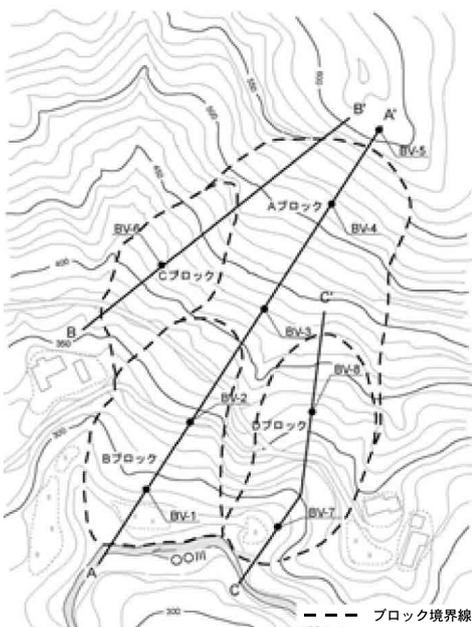


図-1 地すべり機構解析平面図²⁾

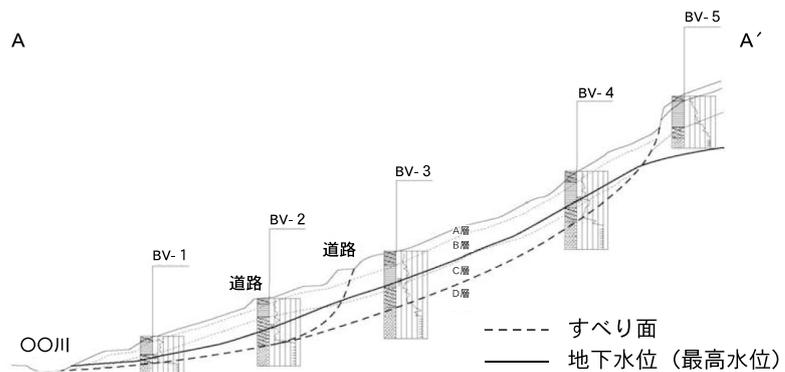


図-2 地すべり機構解析断面図²⁾

- 「地すべり機構解析」
- 「対策計画（地すべり防止施設配置計画）」
- 「地すべり防止施設的设计・施工」
- 「地すべり防止施設の効果評価」
- 「地すべり防止施設の維持管理」

なお、「地すべり CIM」とは、地すべり分野で活用される CIM モデルの総称であり、他分野で用いられている「地形モデル」や「地質・土質モデル」の他に、地すべり機構解析の検討に資するために調査・観測結果を CIM モデル化した「地すべり機構解析の CIM モデル」と、他分野の「構造物モデル」と同様の考え方で地すべり防止施設を CIM モデル化した「地すべり防止施設の CIM モデル」からなる。「地すべり CIM」は、上記の5つの検討段階において、作成・更新・活用を順次行い、検討の効率化・迅速化を後押しする「見守り CIM」としての特長を有している。

CIM 導入ガイドライン（案）では、CIM モデルに対する関係者間の成果物のイメージ共有を明確にするために、CIM モデル毎に詳細度を設定している。そのため、「地すべり CIM」においては、「地すべり機構解析の CIM モデル」と「地すべり防止施設の CIM モデル」それぞれに対して詳細度が設定されている。他分野の「構造物モデル」における詳細度の設定は、LOD (Level of Detail) として考えられており、モデル化する構造物に付加する構造の詳細さを基に設定されている。そのため、「地すべり防止施設の CIM モデル」については、同様に予備設計～詳細設計の検討段階から施工段階に至る中で実施される調査や設計の検討等の結果に従い CIM モデルに付加する情報量が変

化する。つまり、付加される「地すべり防止施設の CIM モデル」の詳細さに応じて、順次見直されるものとされている。

一方、「地すべり機構解析の CIM モデル」の詳細度は、地すべり機構解析や対策計画検討に資するようなモデル化を念頭に詳細度 100、200、300 を設定している。「地すべり機構解析の CIM モデル」の詳細度は、地すべり機構の複雑さや地すべり運動ブロックの規模などで変化する地すべり機構解析に必要な情報（調査・観測結果のグラフや解析図など）量に応じて、個別の地すべり運動ブロックごとに一定の詳細度が設定されている。そのため、原則として、調査の追加による地すべり CIM モデルの更新によって詳細度が変更されるものではなく、機構解析の結果として、地すべり運動ブロックの規

模や範囲が変更となった場合に変更される。地中の情報を含めた「地すべり機構解析の CIM モデル」は、詳細度 200 と詳細度 300 に分類され、詳細度 200 では、主測線における調査・観測結果を用い、モデル化されている（図-4）。詳細度 300 では、複数測線の調査・観測結果を用い、3次元的な地すべり機構の解釈を加え、モデル化されている（図-5）。

「地すべり CIM」では、「地形モデル」や「地質・土質モデル」、「地すべり機構解析の CIM モデル」、「地すべり防止施設の CIM モデル」を各検討段階の目的に応じて適宜内容を選択し、重ね合わせ「統合モデル（図-6）」とすることができる。統合モデルは、主に「対策計画（地すべり防止施設配置計画）」や「地すべり防止施設の効果評価」等に活用することに

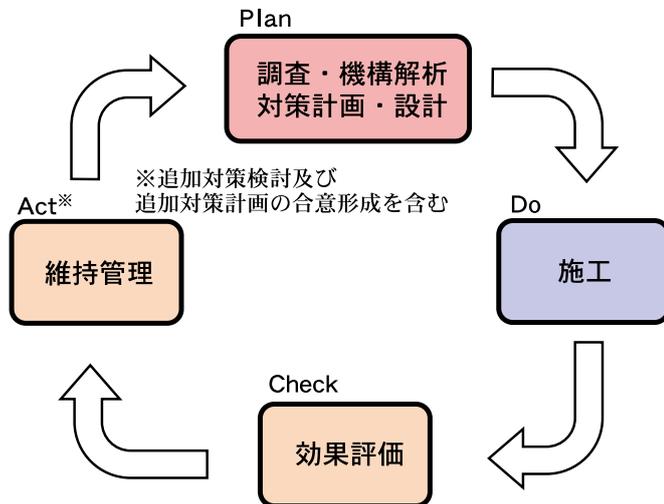


図-3 地すべり対策の流れ¹⁾

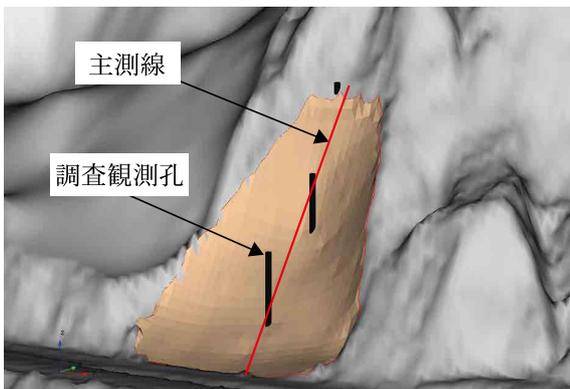


図-4 地すべり機構解析のCIMモデル（すべり面）
（詳細度200）

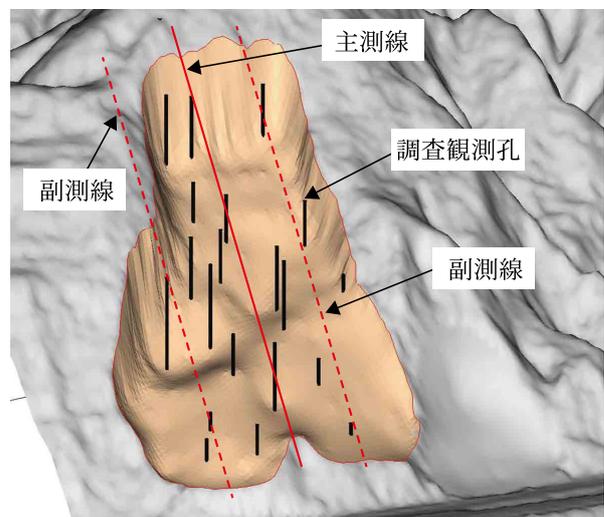


図-5 地すべり機構解析のCIMモデル（すべり面）
（詳細度300）

より効果的な検討が可能となる。

3. 地すべりCIMの活用

(1) 地すべり機構解析検討における活用

地すべり機構解析では、これまで図-1や図-2のように、2次元図面で表現された解析図や調査・観測を実施した地点における結果のグラフを基に、地すべり運動ブロックの形状や滑動方向等を3次的に捉えるの必要があり、経験的な判断が必要となる。そのため、技術者の経験値の差によって、イメージする地すべり機構が異なり、その検討内容や成果が異なる場合があると考えられる。そのため、すべり面の検討に用いる縦横断的な地質の整合性の検証が必要であり、地すべりCIMを用いることにより3次的な地質の堆積傾向や傾斜方向等の把握が容

易になる。図-7に示すように、多数の地質調査ボーリングの結果を基に各地質構造の「地質・土質モデル」を構築する事により、3次的な地質構造を視覚的に捉えることが可能となる。また、地すべり滑動の誘因となる地下水の分布についても、地下水観測結果を基にした地下水面のCIMモデルとすべり面のCIMモデルとを重ね合わせることにより3次的な把握が可能となる。その上で、降雨条件や融雪状況との関係性を時系列的に地下水変化とともに把握することにより効果的な対策計画が可能となると考えられる。

(2) 対策計画（地すべり防止施設配置計画）検討における活用

地すべり対策では、地すべり防止施設を効果的かつ効率的に配置する必要がある。

対策計画検討では、統合したモデルを用いることにより、すべり面や地下水面に対して効率的に地すべり防止施設が配置されているかのチェックや既存の地すべり防止施設と新設する地すべり防止施設との干渉の確認等が可能となると考える。

地すべり防止施設配置のチェックは、具体的には、すべり面と地下水面に対して、地下水排除工の配置を3次的に把握することができ、地下水排除工の効率的な配置が可能となる。

また、地すべり防止施設の配置計画段階での位置を3次的に表現することにより、各地すべり防止施設間の干渉の有無を早い段階で確認することが可能となり、例えば、横ボーリング工の配置の変更や集水管の延長の変更等、地すべり防止施設の効率的な配置を設計の早い段階で修正することにより、施工段階での生産性の向上に寄与すると考えられる。

(3) 地すべり防止施設の設計・施工における活用

地すべりCIMの活用により、設計段階において、地すべり機構解析や対策計画（地すべり防止施設配置計画）において検討された地すべり防止施設とすべり面や地下水面との3次的な位置関係による規格変更や部材の数量の変更を設計の早い段階で検討できる。

また、施工段階においても、設計の担当者との3次元設計データの受け渡しや、施工ヤード等を3次元化することによる安全管理の省人化や工事日数の削減を含め生産性の向上への活用が期待される。

(4) 地すべり防止施設の効果評価検討における活用

地すべり防止施設の効果評価では、施工された地すべり防止施設によって、地すべり滑動の原因となる地下水を適切に排除できているか。もしくは、抑止工による地すべり滑動の鎮静化を図れているかについて評価する必要がある。そのために、地すべりCIMでは、無施設時に調査・観測によって把握した地下水面や変動状況をCIMモデル化するとともに、現況施設時の地下水面等をCIMモデル化するなど、多時期の地すべり機構解析のCIMモデルを構築する。地すべり防止施設のCIMモデルと多時期の地すべり機構解析のCIMモデルとを統合モデルとして重ね合わせることにより、地下水の低下

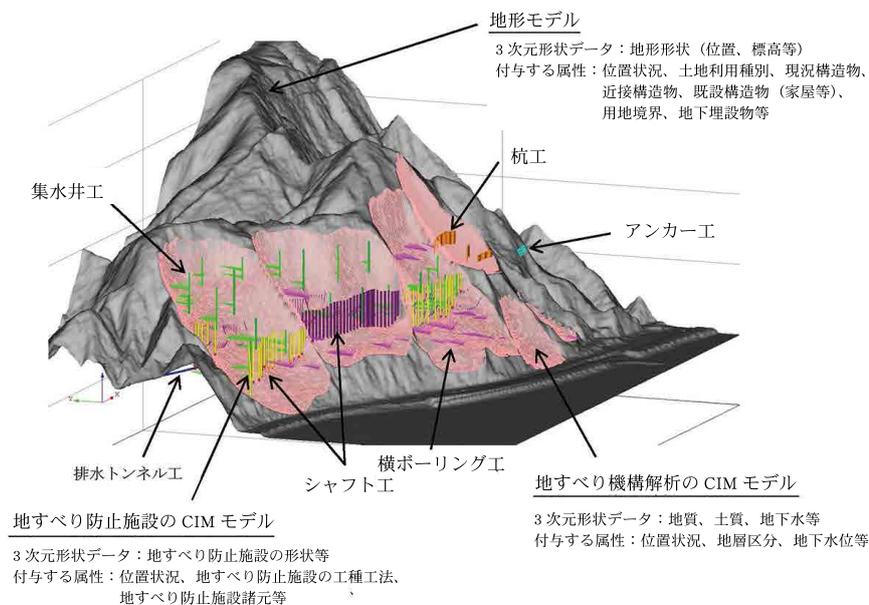


図-6 地すべりCIM統合モデル 例¹⁾

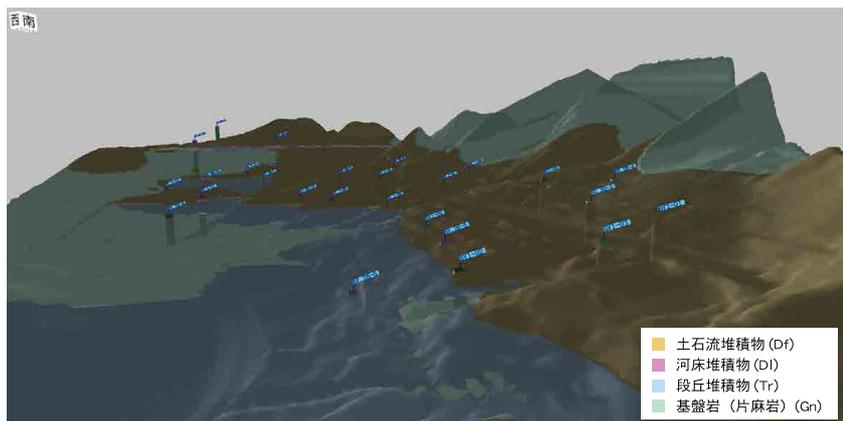


図-7 地質調査結果を基にした地質・土質モデル

【参考文献】

- 1) 国土交通省 (2019) : CIM導入ガイドライン (案) 第9編 地すべり編, <http://www.mlit.go.jp/common/001289037.pdf>
- 2) 国土交通省砂防部・土木研究所 (2008) : 地すべり防止技術指針及び同解説, 社団法人全国治水砂防協会, pp. 48-49
- 3) 国土交通省砂防部保全課 (2019) : 砂防関係施設点検要領 (案)
- 4) 国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所 (2019) : ふじあざみ, No. 111

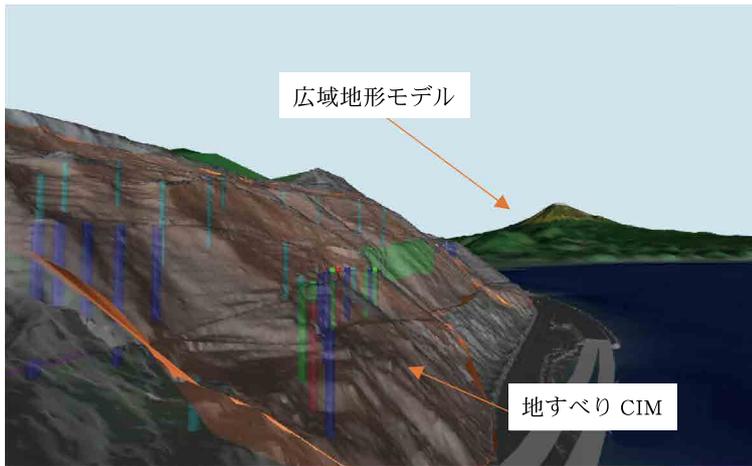


図-8 広域地形モデルと地すべりCIMの統合モデル 例⁴⁾

量等を3次的に把握できるようになり、地すべり防止施設の効果を視覚的に把握・評価できる。

(5) 地すべり防止施設の維持管理検討における活用

地すべり防止施設の維持管理段階においての地すべりCIMの活用は、CIMモデルの整備や活用事例が未だ十分に行われていない。しかしながら、対策計画（地すべり防止施設配置計画）～地すべり防止施設の効果評価までの地すべり対策の流れの検討の中で構築・更新されてきた地すべり防止施設のCIMモデルに対し、砂防関係施設点検要領（案）³⁾に記載されているような施設点検項目をCIMモデルの属性情報として付加することにより維持管理情報のデータベース化が可能となると考える。

また、維持管理のためには、設計・施工段階で構築・更新されたCIMモデルだけでなく、施工後の出来形についても、施工後すぐの段階で、3次的な形状把握を実施しておく必要がある。形状把握を実施し、正確な3次元形状をCIMモデル化しておく、定期的な点検結果との差分解析による修繕の必要性の把握と視覚化が可能となると考える。

(6) その他の活用

「地すべりCIM」のその他の活用事例として、視覚的な資料が容易に作成可能である特長を活かして住民説明資料や防災教育に用いる資料など対外的な資料（地すべり対策に関わる技術者や専門家以外に提供する資料）の作成が考えられる。

その際には、図-8に示すような広域地形モデル（数値地図等の対象地区を含む広域な範囲の地形モデル）と地すべりCIMとを統合したモデルを用いることにより、実際には地中に施工されている地すべり防止施設を現地において想像が容易になる資料の作成が可能となる。

4. 地すべりCIMの今後の展望

今後、地すべりCIMを発展させていくためには、地すべりCIMの作成・更新を様々な地すべりを対象に実施していく必要があると考える。また、各検討段階の地すべりCIMを活用していくために必要な3次元データの取得等（設計段階での3次元設計の実施やレーザースキャナー等を用いた地すべり防止施設の出来形管理の実施など）を積極的に実施し、取得したデータを順次CIMモデルへ適用する必要がある。地すべり対策の検討サイクルの中で、3次的なデータの取得や3次的な解析手法の検討が進むことにより、地すべりCIMを活用した検討手法の確立が可能となると考える。併せて、地すべりCIMの作成・更新が容易となり普及が促進されるような活用支援ツール（ソフトウェア等）の開発が活発に行われることが期待される。