

由比地すべり対策事業における CIMの取り組みについて

村野幸宏¹・大西竜太²・川瀬将之¹・小松良行¹

¹富士砂防事務所 地すべり対策課（〒418-0004 富士宮市三園平1100）

²富士砂防事務所 由比出張所（〒424-0922 静岡市清水区日の出町9-1）

由比地区地すべり対策事業では、CIMによる調査・計画・設計・施工を試行するとともに、そのほかにも、情報共有システム、WEB会議、複合現実などの新技術を積極的に導入しており、これにより生産性向上、品質の確保、維持管理の効率化を進めている。本稿では、由比地すべり対策事業におけるCIMの取り組みについて報告する。

キーワード：生産性向上、品質確保、CIM、複合現実（MR）、WEB会議

1. はじめに

国土交通省では、ICTの全面的な活用等を建設現場に導入することによって建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場となるよう

「i-Construction」の取り組みを進めている。また、「i-Construction」の一環として、調査・計画・設計・施工・維持管理の各段階において3次元モデルを活用することで、事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、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たCIM（Construction Information Modeling / Management）の導入を進めている。

富士砂防事務所でも、由比地すべり対策事業において各工事現場の状況に合わせながら、積極的にICT、CIMの活用を図っている。由比地すべりにおけるICTやCIMの活用については、当初、施工段階から導入を開始したが、順次、調査・計画・管理段階への活用拡大を図っているところである。本稿では、それらの取り組みについて報告する。

2. 由比地すべり対策の概要及び懸案事項

由比地すべりは、静岡市清水区由比地区に位置し、地すべり斜面の末端にJR東海道本線、国道1号、東名高速道路といった重要交通網が並走しており、仮に地すべりが発生した場合の人的被害と社会的影響は甚大である

（図-1）。そのため、豪雨や東海地震等による大規模地すべり災害の発生を未然に防ぐため、平成17年度より

富士砂防事務所にて地すべり対策事業を行っている。

実施している地すべり対策事業としては、地すべりが発生する大きな要因である地下水の水位を下げ、地すべりの動きを停止もしくは緩和させる抑制工、構造物の持つ抵抗力を利用して、地すべりの動きの一部もしくは全部を直接止める抑止工を実施している。抑制工としては、



図-1 由比地すべり防止地域

横ボーリング、集水井、排水トンネルを実施しており、抑止工としては深礎杭を実施している。現在は横ボーリング及び集水井の整備が完了し、排水トンネル及び深礎杭の整備を進めている。

当地区にて地すべり対策事業を進めていく際の懸案事項として、調査・計画段階では、地すべり地形、すべり面形状、地質構造、地下水分布、移動ベクトル等の多数のデータを総合的に分析し判断する必要がある点が挙げられる。多数の図面を基に地すべりのイメージを組み立てていくのは、経験の深い技術者以外には困難な作業である。

設計・施工段階での懸案としては、施工ヤードの確保すら難しい急峻な地形、また抑止工として施工する深礎杭の複雑な配筋が挙げられる。測量データを作成する際も足場の悪い場所での作業となり、重い測量機器を人力で運びながら測量を行うことは滑落等の危険も想定される。また、深礎杭については坑内の作業スペースが狭く、加えて数十メートルの深さ（最大約80m）の中で足場を設置し、複雑な鉄筋を組み立て、コンクリートを打設する必要があり、危険性が高い作業環境となっている。

これらの懸案事項に対処するため富士砂防事務所ではCIMを活用した取り組みを進めている。

3. CIMを活用した取り組み

(1) 調査・計画段階での取り組み¹⁾

調査・計画段階における取り組みとして、CIMを用いた地すべり機構解析を実施している。地すべり対策施設の計画には多数のデータを総合的に分析し、地すべりの発生・移動機構を解析することが必要である。従来は、多数の図面を基に頭の中で地すべりのイメージを組み立てていたが、CIMによって各データを3次元的に統合して表示（いわゆる「見える化」）することにより、理解が容易になる。更にこれらを活用することで、適切な対策工の選定、施設配置、施工優先度の設定に資することも期待される。当事務所では下記のデータを統合して、地すべり機構解析に用いている（図-2）。

- ・地表面形状（ドローンレーザー測量）
- ・想定すべり面（コア性状より設定）
- ・地下水面（地下水観測データより設定）
- ・地質・土質性状（ボーリングコアより設定）
- ・地すべりブロック・遷緩線（地形判読より設定）

加えて、3次元モデルは有識者委員会における討議の際にも説明ツールとして活用しており、以下のメリットが得られている。

- ・地表面形状、想定すべり面、地下水面等を3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、すべり面の位置・形状の設定の妥当性を確認することが容易であった。

- ・想定すべり面に対する地下水の影響、流入メカニズム等を3次元的に把握しやすかった。
- ・想定すべり面と地質・土質性状の関係が3次元的に把握しやすかった。
- ・複数の技術者や有識者間で議論する場において、従来の2次元図面よりも認識の齟齬が生じ難いため議論が円滑であった。

(2) 設計・施工段階での取り組み

a) CIMによる設計モデルの修正

深礎杭の配筋は、複雑に鉄筋が密集しているため平面2次元の図面を頭の中で3次元に変化する作業は、熟練の作業員でも難しく間違いを起こしやすい。そこで、鉄筋の組上がりを容易に把握することができるよう、組み上がる順序等をアニメーション化し、作業打合せ等で活用することにより、作業過程について、作業員全員で共通認識を持つことが可能となる（図-3）。平面2次元の図面だけでは伝わりにくいことも、3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、作業の効率化などにつながっている。

また、鉄筋の干渉やかぶり等を施工計画の立案段階で確認することも容易になる。今回は施工計画の段階で施工会社に3次元モデルの確認を依頼したところ、施工性の観点から鉄筋の分割を少なくすることや、中間帯鉄筋を機械定着工法への変更が行われた。これにより、鉄筋加工や組立手間、配筋作業の単純化がされ、より作業がしやすく簡単な方法へと改善された。（図-4）

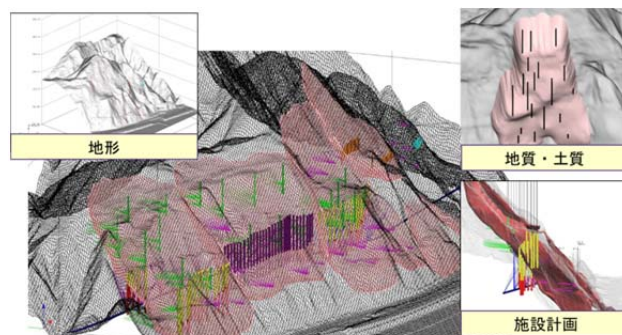


図-2 3次元モデルによる解析

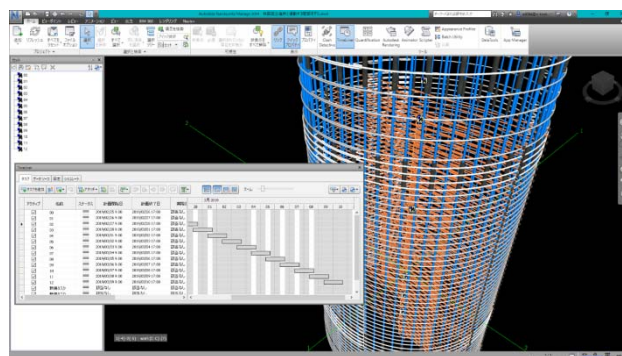


図-3 鉄筋組立て数量と連動させた配筋アニメーション

施工ヤードの設計についても3次元モデルで確認することにより、設計では地形との不整合を事前に把握することができた（図－5）。

安全対策の利用としては、工事着手前に施工ヤードの3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を運転するオペレータの視野の死角確認を行った。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、重機が歩行者通路まで旋回できないような措置を講じた。また、これらの3次元データを、新規に現場に入場する作業員への教育等にも活用している。

b) 情報共有システムとWEB会議の実施

深礎杭のCIMモデルを用いて設計段階から建設プロセス改善の検討として、発注者、設計者、施工者を合わせた情報共有システムの活用とWEB会議を行った（図－6）。一般的な工事の流れは、設計、施工、維持管理の順に各段階で打合せを行うが、CIMモデルを用いた情報共有システムとWEB会議を用いることでそういった業務プロセスをまたいだ情報共有を試みた。

情報共有システムでは、モデルを共有し各自で確認を行い、設計の可視化により意見交換、合意形成が促進され、WEB会議ではモデルの形状確認、チェック等を参加者全員がリアルタイムで閲覧しながら合意を得ることができた。

これまで情報共有システムでは参加者のモデル、ソフトに対する習熟度・理解の差異が把握できなかったが、今回WEB会議を導入することによって理解度に対する支援が可能になり、個人の習熟度・理解の平準化をすることができた。

c) UAV（ドローン）の活用

由比地すべりにおける工事箇所は急峻であることが多く、足場の悪い場所においては滑落等の危険を伴う。そのため、従来のトータルステーション等による起工測量の代わりに、UAV（ドローン）による空中写真測量やレーザースキャナーによる測量を活用する取り組みを行っている。その結果、危険な作業の軽減や現場作業時間の短縮などの効果が得られた²⁾。

また、土量計算において、従来は図面から平均断面法で施工土量を算出しているが、UAV（ドローン）によって取得した現況地形の点群データと3次元設計データの差分から土量計算することにより、精度の向上を図ることができた。

d) 複合現実(MR)³⁾技術の活用

施設管理におけるCIMデータの利活用の検討としてHoloLensによる現地検補助効果の現地検証を行った（図－7）。MR技術を使うことで、図面で確認していた深礎杭を現実世界に投影し、実際の現場でどのように

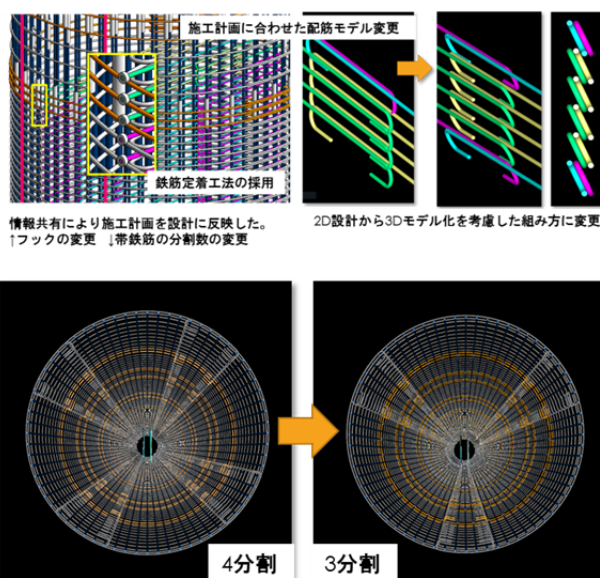


図-4 配筋モデルの変更



図-5 地形との不整合の確認

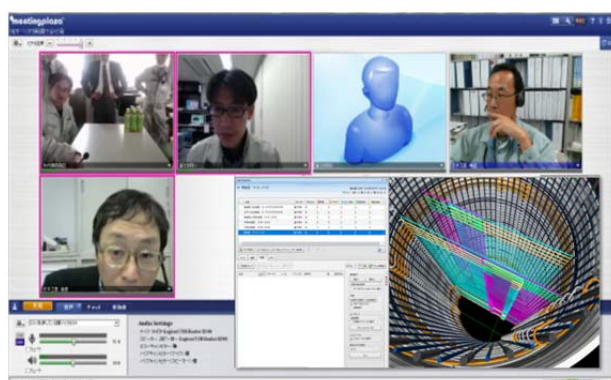


図-6 WEB会議の様子

配置されているかの確認を行った。深礎杭等の地下構造物は、完成後は目視による確認は行えないため災害時に斜面崩壊した場合、崩壊と位置関係は図面より間接的に確認できるだけである。そこでMR技術を用いて現地に投影することで崩壊箇所における杭の配置を把握することができると考えられる。現時点では改良点が多く見られるが、今後の開発により改善される可能性があるため、将来性のある情報機器だといえる。

4. 受注者等からの意見

(1) 設計コンサルタント

ソフトウェア作業においては技術者のスキルと環境による作業量の差が大きく、その操作に習熟するほど効率化が図られるが、その一方で熟練者を育成する環境に厳しい現状がある。高度な作業になるにつれてハード・ソフト導入費が増大し、要員に対する不足に悩まされているうえに、設計業務発注件数が減少している状況で作業員の経験を積む機会が不足していると考えられる。また、2次元から3次元への過渡期のためソフトウェアの機能が仕様に追いついていない。現時点では、2次元図面を作成して3次元モデルを作成しているのが現状である。

このことからオペレータの習熟度だけでは大幅な効率化が難しいため、ソフトの改良とCIM技術に精通した設計者による3次元設計ワークフローの確立を行い、オペレータのスキルアップを支援する環境作りが必要である。

(2) 施工会社

施工会社から多く挙げられた意見が、3次元モデル作成によってデータ量が増え作業が思ったように進まない、ということである。例えば、モデルデータに関して、配筋モデルの可視化、干渉チェックについて配筋のかぶり・組み方等の確認結果はわかりやすく、モデルを安全管理・教育訓練等で活用したいという意見はあったが、ソフトウェア上でモデルがスムーズに表示されない事がある。具体的には、以下のとおりである。

- ソフト・モデルが重いと普段使うのには適さない
- 全体モデルは軽くないと使えない。部分的に詳細なモデルが必要
- 配筋モデルを軽くできれば作業性が向上する
- WEB会議でモデルがスムーズに表示されない

モデルの利活用について、施工会社側で考えている利活用に必要な詳細度・範囲は、設計段階での詳細度と必ずしも一致しない。情報共有での確認から、施工者側で必要とする内容をモデルの作成に反映した。例えば深礎杭全体モデルは、モデル形状としてもファイル容量にしても利用するには大きすぎるため、過密配筋部分のモデルを作成し、干渉チェックや組み立ての確認に利用した。

(3) 発注者

WEB会議等で3次元モデルを見ながら内容を把握することはできるが、ソフトウェアの利用に関しては経験が少ないため、詳細を理解できないこともある。モデルが意図されたものとして作られているか、必要な情報が付与されているか確認する技術を身につけることが重要である。今後、発注者においてもCIM技術者を含めた講習会に積極的に参加し担当者の理解を深める必要がある。



図-7 MR技術による深礎杭の可視化

5. まとめ

由比地すべり対策事業は、調査・計画・設計・施工・維持管理の各段階においてCIMの活用を試みた。

CIMモデルの利用に情報共有を活用することで、設計・施工の段階で関係者間の相互理解が深まり合意が円滑に進んだことから、一定の効率化が図れたといえる。

CIMモデル単体でも、2次元の平面的な図面から3次元のモデルによって設計が可視化され、施工上の問題点や不整合な点を事前に修正することはできる。

情報共有システム・WEB会議は、CIMの取り組みと親和性が高くその有用性を促進する効果がある。リアルタイムかつシームレスな会議、デスクトップ共有によるモデルの共有は、相互理解を深め関係者間での理解度のギャップを埋めることに効果がある。

CIMに新技術を活用することは、関係者間の理解や合意形成に大きな効果があるが、技術者の経験不足やハード、ソフトの整備が進んでいない現状も課題としてある。

今後は新技術の試行、導入に積極的に取り組み、経験やスキルを身に付けながら、必要なハード・ソフトを整備して、生産性の向上、品質の確保、維持管理の効率化につなげていきたい。

参考文献

- 1) 杉本宏之・白木久也・荒木孝宏・奥山剛：由比地すべり対策事業におけるICTの活用，地盤工学会誌 Vol.66, No.9, pp.20-23, 2018.
- 2) 川嶋浩一：由比地すべり対策事業におけるi-Constructionの取り組み，砂防と治水，Vol.49, No.4, pp.18～21, 2016.
- 3) 複合現実(Mixed Reality; MR)とは、グラス型のデバイス(HoloLens等)越しに目の前に見える現実の風景の中に、仮想のAR (Augmented Reality、拡張現実) オブジェクトを重ねて表示し、デバイスを掛けた人に現実空間と仮想空間を融合した世界を見せる技術である。これにより実際の建設現場において、設計予定の土木構造物を実物大のARで表示し、構造物の配置を現地で確認できるため、設計成果の妥当性を示すことに役立てることができる。