

砂防堰堤における3次元土工モデルの活用について

いであ株式会社 ○井上 晶帆, 鳥居 義仁, 上葛 健太, 川原 由香, 森 克味

1. はじめに

BIM/CIM (Construction Information Modeling/Management) は、調査・計画・設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工・維持管理の各段階においても「一貫したモデル」を連携・発展・共有することにより、設計者や施工者等の事業全体にわたる関係者間の業務効率化・高度化を図るものである。

国土交通省では、令和3年3月に「ICTの全面的活用」を実施する上での監督・検査要領や出来形管理要領等の技術基準類を大幅に更新し、ICT活用工事における新たな契約方式・積算方式の設定に着手する等、令和5年度における「BIM/CIM原則適用」に向けて、様々な取組みを積極的に推進している。

このような状況の中、砂防事業では、狭隘な施工スペースや法面の崩壊の危険性が高い等の現場条件から安全性の向上が求められており、そのための無人化施工に向けてCIMモデルの活用が期待されている。

昨年の上葛ら(2020)¹⁾の検証結果では、従来の2次元図面をベースにした3次元モデル化から脱却し、施工時の「現場合わせ」を考慮した砂防事業特有の3次元土工形状モデルを作成した。しかし、このモデルでも「設計から施工までの一貫したモデル」としては不十分であり、完全なモデルを作成するためには、施工時の現場条件によって生じる変更内容をあらかじめ考慮する必要がある。

そこで本論文では、現場条件の伴う対応について、従来の対応方法を行った場合の3次元土工形状モデルへの課題を整理し、その課題を踏まえたモデル案を作成した。また、モデル作成における留意点について取りまとめた。

2. 施工時に生じる変更内容と3次元土工形状モデルへの課題

砂防工事で頻繁に発生する変更内容としては、主に下記の2点が挙げられる。

- ①岩盤・砂礫等の土質区分の変更：砂防堰堤は左右岸が張り出した尾根地形に配置することが多く、袖部周辺の地層の推定が困難であるため、実際に掘削してみると設計時点での推定岩盤線通りにならないことが多い。
- ②地山の風化による切り直し：岩盤の性質によっては、切土法面の風化が非常に早く、安定勾配で掘削していても床掘り中に周辺が崩れて切土法面が自立しないことがある。

このように現場条件によって変更が生じた場合、切土勾配の見直しや吹付工・鉄筋挿入工等の法面对策工による切土法面の安定化等を行う必要がある。

ここで、用地に余裕があり、切土勾配を見直す場合は、床掘の計画線を全面的に修正することになるが、従来の変更協議では、見直した床掘の計画線を図面に朱書きし、変更前後の重ね図を作成する程度であるため比較的容易に対応できる。

しかし、詳細な3次元土工形状モデルを使用している場合は、切土勾配の見直し＝設計時のモデルを一から作り直すこととなるため、施工業者の負担が大きく効率的でない。

無人化施工に向けた「設計から施工までの一貫したモデル」を作成するためには、このような施工現場でその都度対処している変更内容を事前に考慮・反映したモデルとする必要がある。

3. 冗長性を考慮した3次元土工形状モデル

施工時の現場条件によって生じる変更内容を事前に考慮・反映する方法としては、変更となる可能性のある部分に冗長性をもたせておくことが重要である。その方法として、「方法①：切土勾配の緩勾配化」「方法②：余裕幅を考慮した小段幅」「方法③：切土法面安定化のための法面对策工」の3つが考えられる。

方法①：切土勾配の緩勾配化

通常、切土勾配は「岩盤」の場合1:0.3としているが、1ランク落とした「固結した土砂」の切土勾配である1:0.6にするなど、あらかじめ緩勾配に設定しておく。それにより、確実に切土法面を自立させる。

方法②：余裕幅を考慮した小段幅

通常、小段幅は1.0mとしているが、あらかじめ余裕幅を考慮して2.0mに設定しておく。それにより、切土勾配が変更になった際に小段で調整が可能となる。



写-1 1ヶ月の露頭期間で崩れ始めた事例



写-2 床掘り後に切土面端部から崩れた事例

方法③：切土法面安定化のための法面对策工

通常、床掘の切土勾配は、仮設法面として設定するが、切土法面を確実に安定化させるために、永久法面として法面对策工を考慮しておく。地質によっては法面对策工の工種が変更になる可能性はあるが、切土勾配の変更自体を防ぐ事ができる。

「方法①」及び「方法②」では、掘削のみで切土法面を安定化させるため、無人化施工が可能である。しかし、法面对策工は無人化施工が不可能であるため「方法③」は、人力での施工となる。

施工時の安全性を考慮すると、無人化施工が可能な「方法①」または「方法②」では掘削量が過大となり、現実的ではない。そのため、「方法②」と「方法③」を組み合わせるなど、施工時の安全性を確保でき、掘削量の軽減を考慮したモデル作成が必要となる。

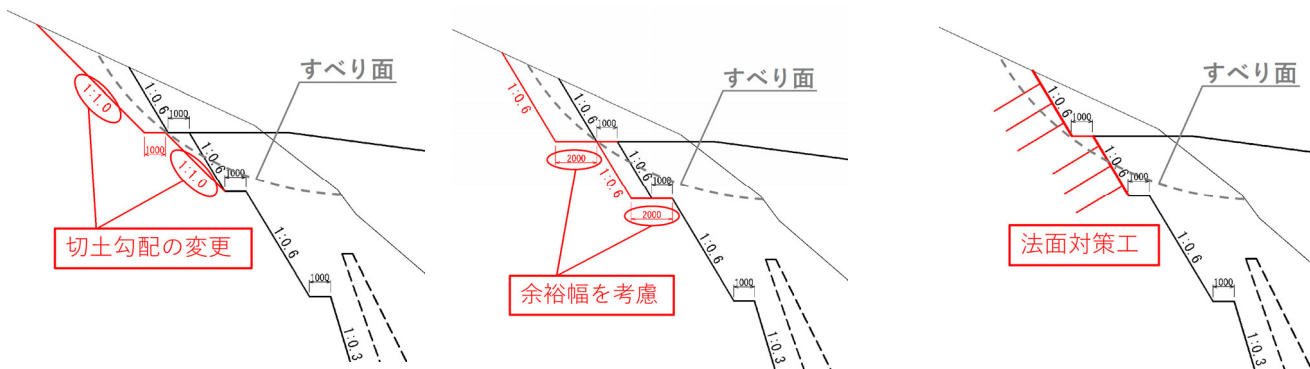


図-1 方法①：切土勾配の緩勾配化 図-2 方法②：余裕幅を考慮した小段階 図-3 方法③：切土法面安定化のための法面对策工

4. モデル作成における留意点

施工時の安全性を確保でき、掘削量の軽減を考慮したモデル作成における留意点は以下の通りである。

留意点①：最適な法面对策工範囲の設定

切土法面の範囲が広がる可能性が高く、崩れる可能性の高い上段は法面对策工により安定化を図り、下段は余裕幅を考慮した小段階で対応するなど、法面对策工が過大となりすぎない、最適な範囲を設定する必要がある。

留意点②：最適な小段階の設定

切土勾配が変更になった場合、切土法面への影響が少ない上段の小段階は最小幅に設定し、影響が大きくなる下段は余裕幅を設定するなど、切土勾配が変更になった場合でも調整可能であり、掘削量も軽減できる最適な小段階を設定する必要がある。

留意点③：詳細な地質情報の把握

留意点①及び②をより確実なものにするためには、詳細な地質情報を把握する必要がある。特に、地層の推定が難しい上流の左右斜面でボーリング調査を追加することが必要である。

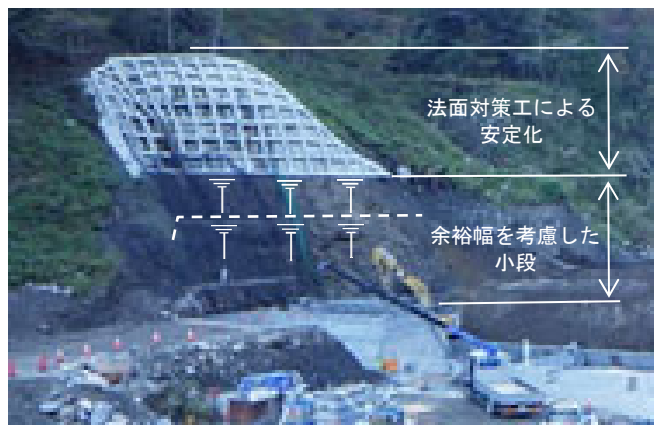


図-4 法面对策工範囲、小段階の設定

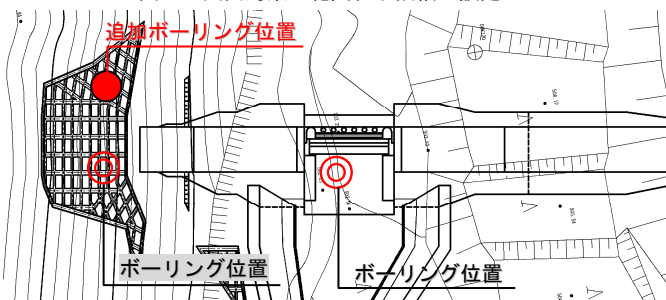


図-5 追加ボーリング位置

5. 今後の展望

本論文では、施工時の現場条件によって生じ得る変更内容とその対応方法について現状を把握した上で、3次元土工形状モデルへの影響を整理し、課題の抽出とその解決策となる冗長性を考慮したモデル案について取りまとめた。特に、無人化施工に向けた「設計から施工まで一貫したモデル」の完成に向けては、実際の施工現場で他にどのような課題があるかを把握し、解決策をモデルに反映していく必要がある。また、そのモデルを実際の施工現場に適用して事例及び実績を増やしていくことが重要である。その成果を基にして、契約方式や積算方式を改善していくことが必要である。今後も積極的に3次元モデルを利用していくことで、少しでも課題解決を図り、設計・施工段階における品質向上や生産性向上に向けた取り組みを推進していく。

【参考文献】

- 2) 上葛ら：砂防堰堤における3次元土工モデル，2020年度砂防学会研究発表会概要集，R6-031
- 3) 『CIM導入ガイドライン（案）第2編 土工編』，令和2年3月 国土交通省