

# BIM/CIM モデルへの解析結果の集約

エンジニアリング本部 国土創生情報部

佐々木 朋子  
畝原 聡子

## 1. BIM/CIM の動向

令和5年度より BIM/CIM 原則適用となった現在、国土交通省の方針として発注者が活用目的を明確にし、受注者が3次元モデルの作成と活用を行うことを推進している。(図 1 参照)

令和4年度では3次元モデルの詳細度が基準・要領類に明示されており、形状や属性情報はそれに準拠した作り込みを行う方針であった。しかし令和5年度になり3次元モデルの精度は活用目的を達成できる程度の作り込みとし、費用対効果を踏まえ、3次元モデルを2次元図面の参考資料として位置づけている。

また、発注者によるデータ共有として DS (Data-Sharing) の実施を掲げており、発注者と受注者間で速やかで確実なデータ共有を目指している。

令和6年度以降はBIM/CIM原則適用による適用数の拡大と、より高度なデータ活用に向けた検討を行い、事業全体における効率化を図るとしている。

令和5年度の方針としてはBIM/CIM原則適応のなかでも裾野を広げるという観点から、基礎的な3次元形状の整理と納品に注力し、BIM/CIM利用の普及と拡大を目指しており、今後はBIM/CIMの利活用が重要な視点となると考える。



図 1 令和5年度 BIM/CIM 原則適用

## 2. BIM/CIM モデル活用の試み

OGI Technical Reports vol.29で報告した土木構造解析とBIM/CIMの連携<sup>(注1)</sup>に続き、地盤解析結果のBIM/CIMモデルへの集約を行う。地盤解析はあくまで解析専用ソフトで行い、BIM/CIMモデルでは、その結果の集約のみを行う。

BIM/CIM モデルとは3次元形状と属性情報を組み合わせたものである。属性情報とは3次元形状に対して文字情報として付与した部材情報、または補足資料として外部参照させた設計図面や計算結果である。

本稿では解析結果である2次元情報を3次元的に配置し、解析結果を紐解くのに必要な要素について更に情報を付加する。付加する情報は構造を決定するに至った根拠、設計に用いた思想や条件、検討断面の位置など土木構造解析技術者が解析をするにあたり求める要素とする。それにより BIM/CIM モデルが有益なツールとなり、BIM/CIM モデルの活用場を広げることにつながると期待する。

## 3. 集約する解析結果群

対象工種は河川とし、河川堤防とそこに位置する樋門を対象構造物とする。付加する情報は耐震照査のため行った地震時の樋門底面地盤変位を求めた解析結果とする。

### (1) 使用するソフトウェア

解析結果の集約は Autodesk 社の Civil3D<sup>®</sup>と Navisworks<sup>®</sup>を使用する。Civil3D<sup>®</sup>では解析結果である2次元情報の3次元的配置を行い、Navisworks<sup>®</sup>でそれらに付随する設計条件などの情報を付加する。

### (2) 地盤解析 (ALID/Win)

地盤解析は地盤ソフト工房社の ALID/Win を使用し、2次元断面解析を行う。地震時の液状化に伴う地盤変形量を予測する「ALID」という理論に基づいた解析を行うソフトであり、地盤の断面形状と地盤物性値を入力することで比較的容易に地盤の変形量が予測できることから、広く使用されている。設定した着目点ごとの変位量により津波等の外水位と比較を行い、外水位に対して堤防が安全かどうかを照査する。また、液状化の度合いを確認するため、FL 値(どれだけ液状化しやすいかを表す値)をコンター図で出力することができる(図 3)。ここでは赤やオレンジの暖色で表現された部分が液状化しやすい範囲であり、堤体端部で地盤が液状化しやすい様子がわかる。

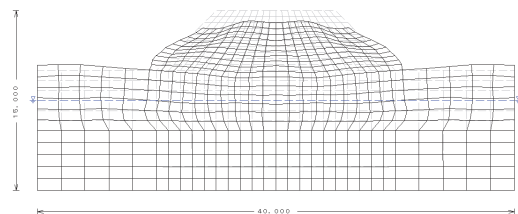


図 2 地盤変形図(イメージ)

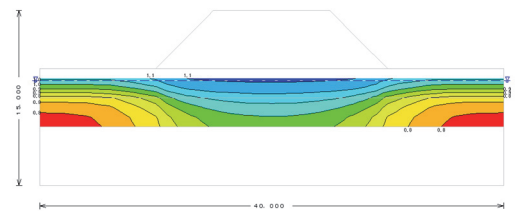


図 3 FL 値コンター図(イメージ)

本稿では、ALID/Win から出力される解析結果のうち地盤変形図、FL 値コンター図、着目点変位の3点および、解析条件として解析断面位置、地盤物性値、地下水位の3点を BIM/CIM モデルに集約する。

## 4. 解析結果の集約

解析断面位置の設定と表示をし、その位置に2次元情報である解析結果の3次元的配置を行う。検討対象とした横断位置の表記及び各種検討した情報をこの横断上に配置することで、2次元情報が検討対象を代表する情報として表現が可能となる。

### 4.1 設計条件

解析結果の集約のみでは、設計者の意図を読み取るための情報が不十分である。そのため解析時に設定した設計条件についても集約を行う。

#### (1) 解析断面位置

集約する解析結果が検討対象とした横断位置を明確にするため、解析断面位置を示すオブジェクトを作成し、表示する。

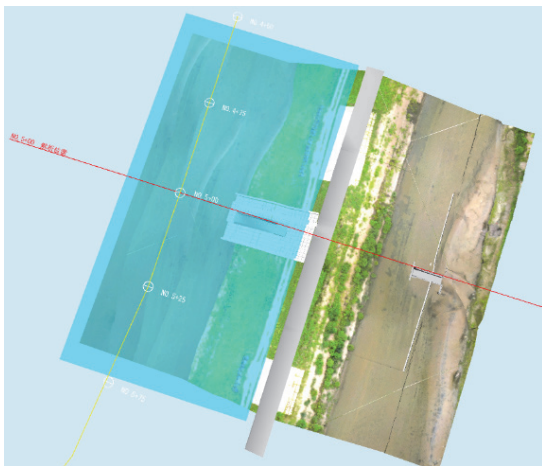


図 4 解析断面位置

#### (2) 地盤物性値

地盤物性値とはボーリング調査により得られた、土の強度や圧密特性、締め固めた土の特性などさまざまな土質特性や物性値のことである。地層モデルに対して文字情報として情報を付加する。

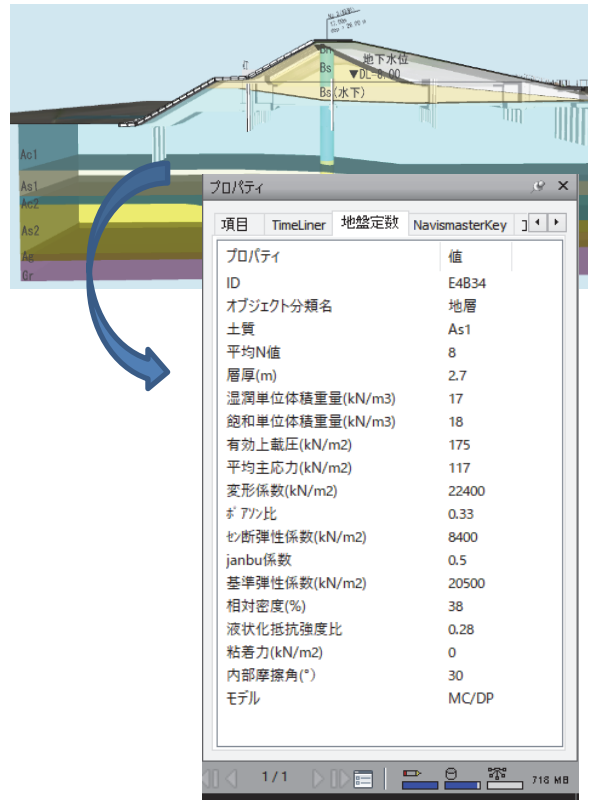


図 5 地盤物性値

#### (3) 地下水位

ボーリング調査により測定された地下水位も解析条件の一つである。測定された地下水位の標高値に面状のオブジェクトとして表現する。

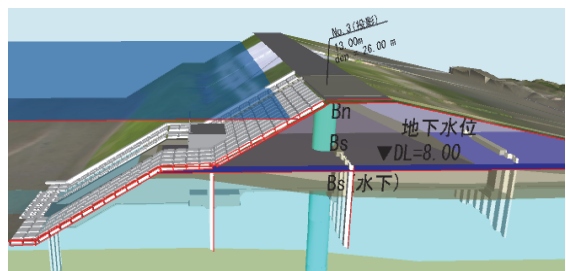


図 6 地下水位

## 4.2 解析結果

ALID/Win から出力される3つの解析結果の集約を行う。地盤変形図、FL 値コンター図は地盤の変形や液状化の傾向を読み取り、対策工を検討するための手がかりとする。着目点変位は堤防の安全性を判断する材料の一つとなる。

### (1) 地盤変形図

地盤変形図とは外力によって変位する地盤の位置や形状をメッシュで表現したものである。また変位

前後の比較が出来るように、メッシュの色分けをして表現している。Civil3D®に地盤変形図の2次元情報を読み込み、解析断面位置に3次元的配置を行う。

### (2) FL 値コンター図

FL 値とは液状化の安全率を示す。値が小さいほど液状化の危険性が高い指標となる。その値をコンター図として分布状況を視覚的にとらえやすく図化したものが、FL 値コンター図である。地盤変形図と同様に3次元的に配置する。

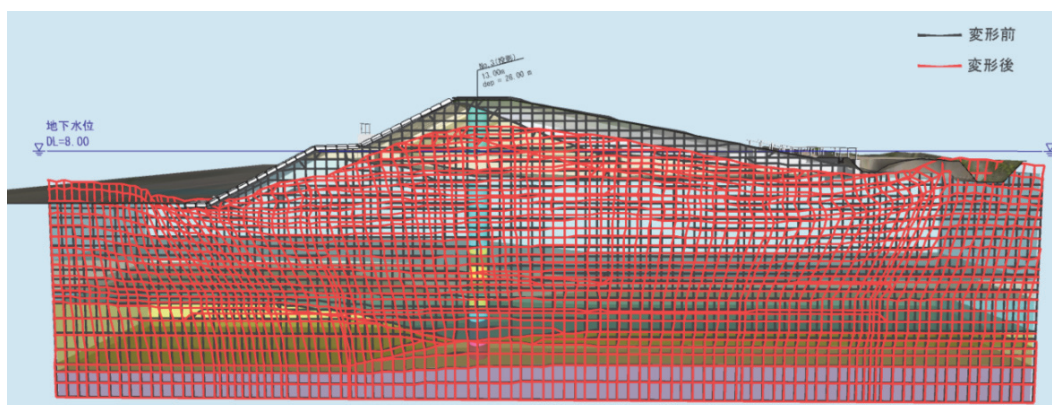


図 7 地盤変形図(現況)

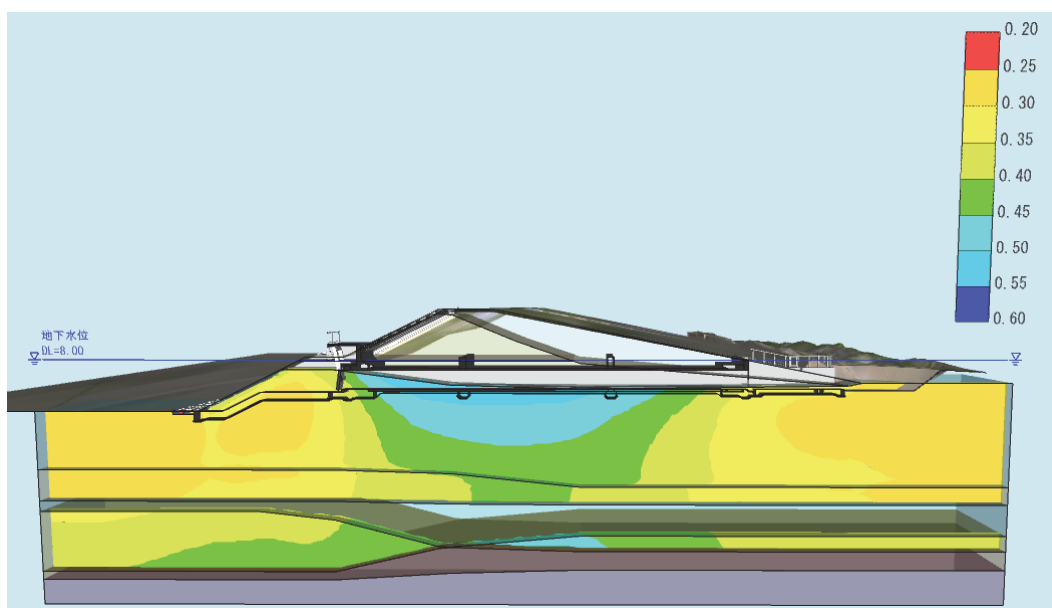


図 8 FL 値コンター図(現況)

### (3) 着目点変位

土木構造解析技術者は堤防の耐震照査を行うために重要となるポイントを着目点として設定する。その着目点を示すオブジェクトを作成する。

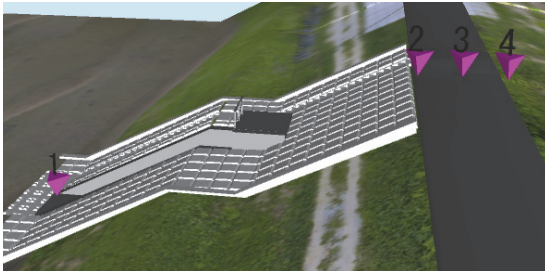
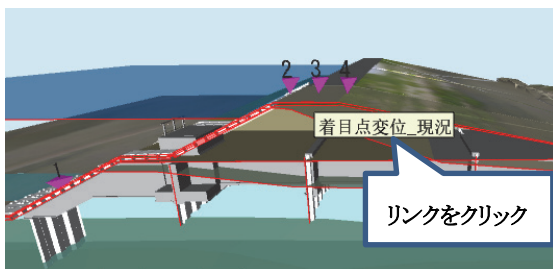


図 9 着目点オブジェクト

作成したオブジェクトに対して着目点変位値の Excel データを Navisworks®のリンク機能を使用して情報を付加する。リンクをクリックすることで、紐づけた Excel データを呼び出すことが可能となる。



着目点	節点番号	水圧消散後			
		L2-1		L2-2	
		変位X(cm)	変位Y(cm)	変位X(cm)	変位Y(cm)
1	1626	-62.7	-22.7	-66.6	-68.3
2	2431	-63.0	-57.6	-72.3	-78.3
3	2507	-33.9	-25.3	-43.6	-46.9
4	2621	-14.8	-12.6	-22.6	-33.4
5	3810	57.7	10.9	56.8	-11.2
天端平均沈下量			-31.8		-52.8

図 10 着目点変位

着目点変位の結果にある天端平均沈下量と照査外水位を用いて堤防の照査を行う。沈下後の堤防天端高が照査外水位より高いことが評価基準となる。

照査外水位として使用した H.W.L(計画高水位)は直接的に地盤解析に用いる値ではない。しかし液状化による沈下後の堤防の耐震照査に使用するため、情報として付加している。

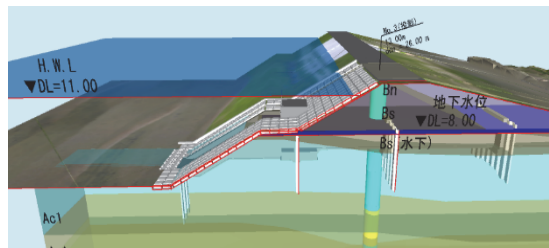


図 11 照査外水位(H.W.L)

### 4.3 参考資料

設計条件や解析結果を3次的に配置したが、詳細な情報については計算書、設計図面、報告書などさまざまな資料の確認が必要となる。それらを Navisworks®のリンク機能を使用して付加することで、必要な情報にすぐにアクセスでき、情報の整理と共有を容易に行うことができる。

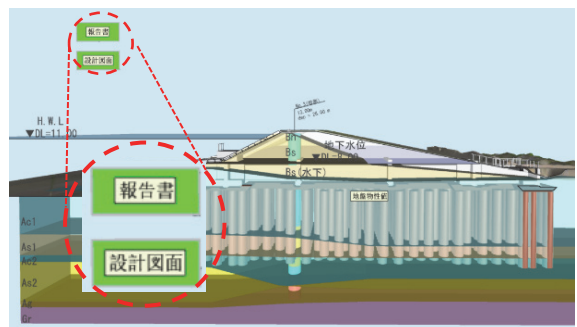


図 12 リンク機能による参考資料の共有

#### 4. 4 複数ケースの結果集約

解析ケースは表 1 に示す4ケースを行った。

表 1 解析ケース

ケース (No.)	対策工の 有無	設計地震動 (L2)
1	なし(現況地盤)	L2-1(プレート境界型)
2	なし(現況地盤)	L2-2(内陸直下型)
3	あり(地盤改良)	L2-1(プレート境界型)
4	あり(地盤改良)	L2-2(内陸直下型)

解析するケースや設計条件が複数ある場合も1つの統合されたモデルに情報を集約できる。それにより最終的な解析結果のみではなく、結果に至った経緯をも含む全体の状況を把握することが可能となる。

Navisworks®でビューを複数作成し、ケースごとに画面を切り替えることにより条件や結果の比較が容易となる。

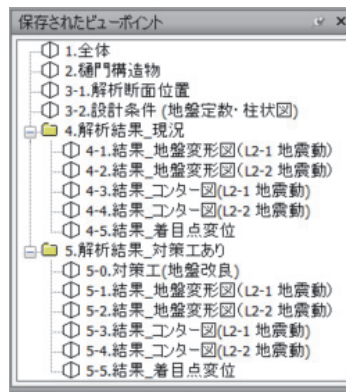


図 13 Navisworks®によるビューの設定

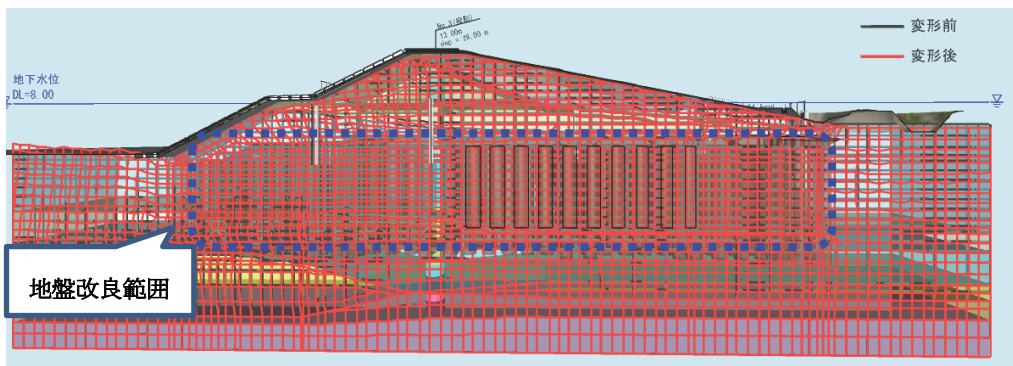
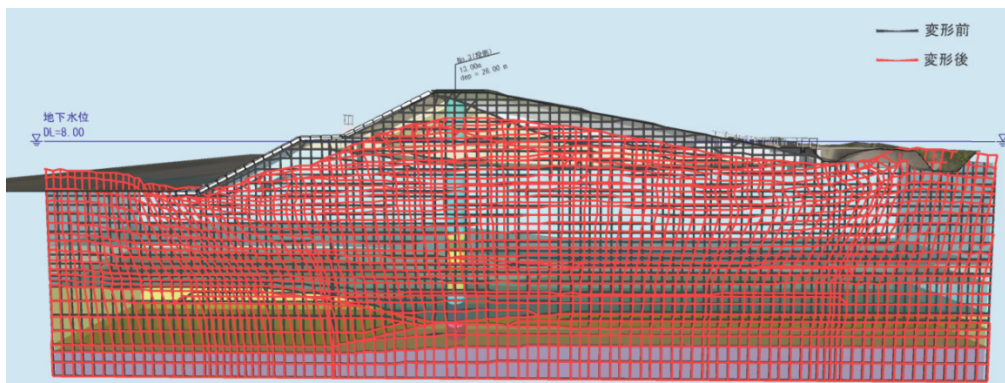


図 14 地盤変形図(上:ケースNo.2、下:ケースNo.4)

## 5. 集約の成果と課題

### 5.1 成果

解析結果を集約することにより得られた成果は以下の2点となる。

#### (1) 検討プロセスの付加

設計時の検討プロセスを可能な限りモデル情報に付加することができた。それにより従来であれば、構造を決定するに至った根拠、設計に用いた思想や条件などの設計者の意図を読み取るため、設計図面や報告書の束から必要箇所を探し出し、理解する時間が必要であったが、プロセスを含めた情報をBIM/CIMモデルに付加しておくことで、解析結果に至った過程を理解しやすくなると考える。

#### (2) 再解析の判断材料

設計条件の追加や変更がある場合に再解析を行うか否かの判断が求められる。その場合に判断の材料となる情報が1つに集約されていることで、新たな条件における解析結果の見当を付け、再解析実施の判断を迅速に行うことが出来る。

また、解析結果が3次的に可視化されていることで、各関係者が容易に共通の認識を持つことができ、迅速な判断に繋がると考える。

### 5.2 課題

解析結果がCADデータであったため2次元情報を比較的容易に集約することが出来た。しかし使用する解析ソフトによっては出力されるデータ形式が異なるため、集約方法についてはデータ形式に合わせた検証が必要となる。また集約にかかる作業の効率化についても今後の課題である。

## 6. 集約データの活用に向けて

土木構造解析技術者が必要とする設計条件や解析結果をBIM/CIMモデルへ集約することができた。

ただし、データを集約しただけではBIM/CIMモデルが有益なツールとは言えない。今後は集約を行ったデータをどう活用し、どのように情報共有を行うかが重要となる。现阶段で活用に向けての課題を2つ挙げる。

#### (1) データの管理と共有

BIM/CIMモデルを活用していくことになれば、業務を追うごとにデータの更新(変更・修正)が行われることとなり、最新情報の明確化と変更履歴を記録・閲覧するための履歴管理機能が必要であると考える。

また1つのデータをプロジェクトに関わるすべての人が利用することを考え、データ共有のためのセキュリティ対策、クラウドサービスも必要不可欠であると考える。

#### (2) ソフトウェア間の相互連携

集約した1つのデータから必要な情報を抜き出し、中間ファイルを介して解析ソフトに情報を戻すことが可能であれば、2次元設計図から将来的に3次元モデルが主体となった場合に、解析モデル=BIM/CIMモデルとすることができる。互換性のある中間ファイルがあることで、次フェーズへのデータの受け渡しもスムーズになり、情報の連続性が保持されることを期待する。

## <参考文献>

- 1) 「BIM/CIM 原則適用に係る参考資料(R5.3)」  
(国土交通省, 令和5年3月)
  - 2) 「第9回 BIM/CIM 推進委員会資料」  
(国土交通省, 令和5年1月)
- (注1) 「BIM/CIM と構造解析モデル  
-土木構造解析エンジニアの視点から-」  
(OGI Technical Reports vol.29 ,2022年3  
月1日)  
[https://www.apptec.co.jp/technical\\_report/index.html](https://www.apptec.co.jp/technical_report/index.html)