

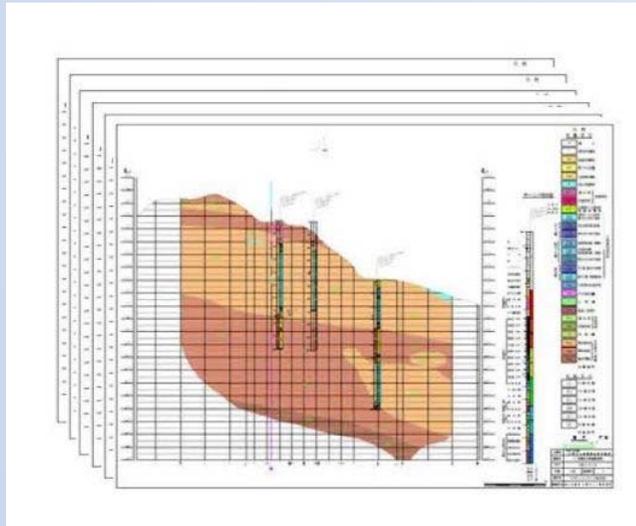
地質・土質モデル基礎研修

1) 地質・土質モデルの概要

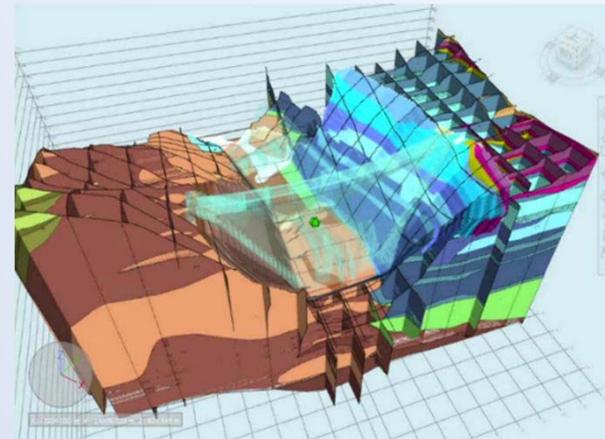
本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

地質・土質モデルの概要

- 地質・土質モデルとは、地質・土質調査の成果を3次元的に可視化したモデルのことである。
- 地質断面図などを3次元的に表現することで、本体構造物の周辺の地質区分や位置関係、地質・土質上の課題、例えば、破碎帯、強風化岩、湧水、高透水帯等、を容易に把握でき、最適な設計、施工計画の効率化等に資することが期待されている。



(2次元地質断面図)



(準3次元地質断面図※後述)

詳細度の扱いについて

- 地質・土質モデルには「詳細度」の概念は適用しない。
- 地質・土質モデルの品質は、地質・土質調査の質と量に依存するものであり、モデルがより精緻なものになったとしても、それに応じて品質が向上する訳ではないため。
- 地質・土質モデルには、形状情報、管理情報、属性情報の3種類の情報が含まれる。
- 活用目的に応じて適切な地質・土質モデルを選択するとともに、後工程に引き継ぐ場合は、モデルの作成や更新、追加の方針、モデルの品質等の情報の記録方法についても検討する必要がある（特に管理情報）。

名称	概要
形状情報	<ul style="list-style-type: none">・地質・土質モデルの3次元座標値を記載したデータである（オブジェクトデータ）。・共通IDを付与することによって、属性情報と形状情報を関連づけて、個別管理やモデルの統合などに活用する。
管理情報	<ul style="list-style-type: none">・地盤情報データベースを構築する場合の検索に利用する。・使用した地質情報やモデル作成方法（地質・土質モデル作成ソフトウェアの種類や地層補間方法のアルゴリズムなど）等を記録する。・後続の事業段階に発生が懸念される地質・土質上の課題等を記録する。
属性情報	<ul style="list-style-type: none">・地質情報などを付加したデータであり、個別に管理する。・共通IDを付与することによって、属性情報と形状情報を関連づけて、個別管理やモデルの統合などに活用する。

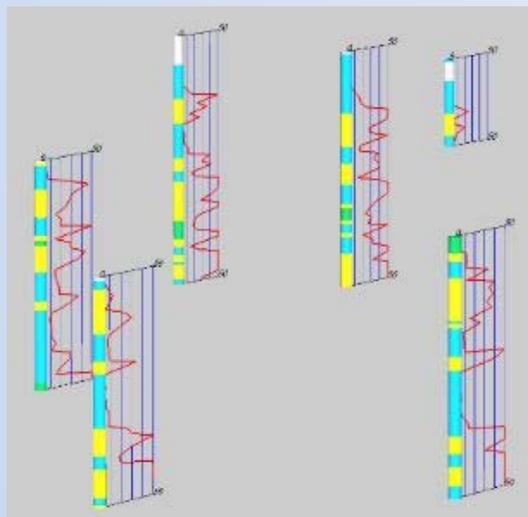
地質・土質モデル基礎研修

2) 地質・土質モデルの種類

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

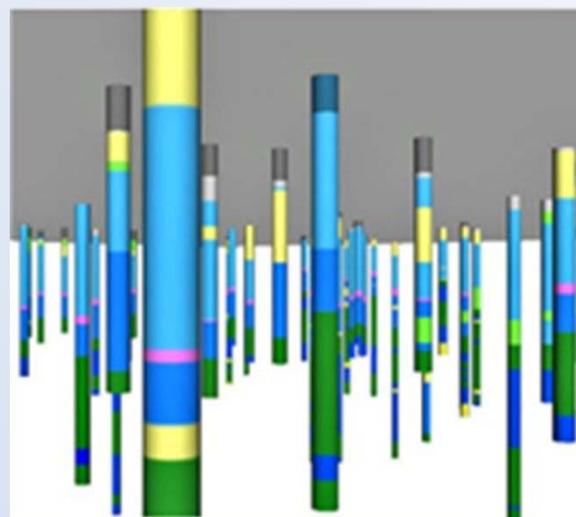
ボーリングモデル

- ボーリングモデルは、地質・土質調査業務の調査結果であるボーリング柱状図（ボーリング交換用データ、又は、電子簡略柱状図）を、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から3次元空間上に配置・表現したモデルである。
- 実際の調査結果そのものを用いて作成した「調査結果モデル」と、既往資料から工学的解釈を行い作成した「推定・解釈モデル」がある。



調査結果モデルの例

※地質・土質調査業務の調査結果であるボーリング柱状図を表現したもの

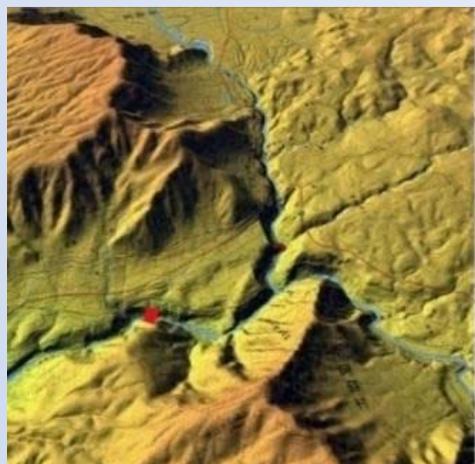


推定・解釈モデルの例

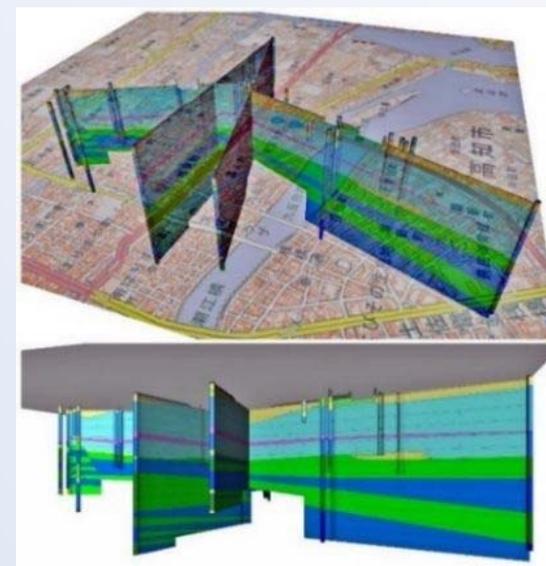
※周辺のボーリング柱状図等の既往資料を活用し、工学的解釈を加えて対象箇所の地質を表現したもの

準3次元地盤モデル

- 準3次元地盤モデルは、地質・土質調査業務の調査結果である2次元の地質平面図、地質縦断図等を地形データ等とともに3次元空間に配置したモデルである。
- 地形表面（地形データ）に地質平面図、オルソ処理した空中写真等を貼り付けた「テクスチャモデル」と、地質断面図、速度層断面図や地山条件調査結果図等を地形データとして3次元空間に配置した「準3次元地質断面図モデル」がある。



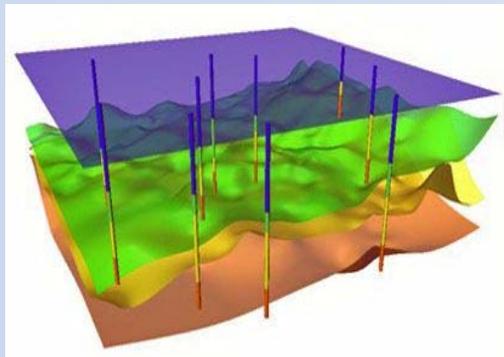
テクスチャモデルの例



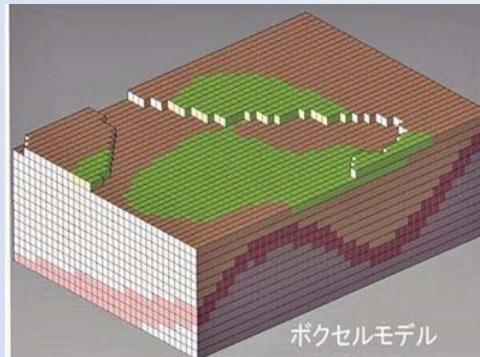
準3次元地質断面図モデルの例

3次元地盤モデル

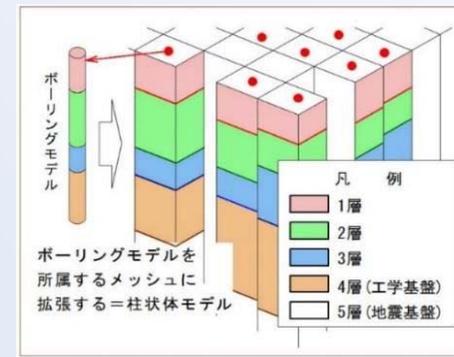
- 3次元地盤モデルは、複数のボーリング柱状図等の地質・土質調査結果を基に、様々な情報を地質学的な解釈を加えて総合的に表現したモデルである。
- 地層・岩盤分類・土軟硬区分などの境界面を表現する場合は「サーフェスモデル」を、上面・下面・側面等の境界面と挟まれた内部の地質情報などを付加する場合は「ソリッドモデル」を使用する。
- ボーリングモデルや準3次元地盤モデルに比べて、推定や解釈の余地が大きく精度が落ちるため、後工程においても注意しながら活用する必要がある。



サーフェスモデルの例
※地層等の境界面に地層・岩体区分等の属性を持つ面を貼り付けて作成



ソリッドモデルの例 (ボクセルモデル)
※モデル全体を小さな立方体 (空間格子) の集合体として表現



ソリッドモデルの例 (柱状体モデル)
※地層等の境界面を真上から見て小さな格子 (メッシュ) に区分し、メッシュ内の境界面間の属性情報と関連付けて作成

地質・土質モデル基礎研修

3) 地質・土質モデル作成

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

地質・土質モデルの作成手順

- ① 座標系は現在の測量成果である「世界測地系（日本測地系2011）」の平面直角座標系を使用する。
- ② ボーリング交換用データの場合、孔口の位置情報は緯度・経度であるため、地質・土質モデルを作成する際には、平面直角座標系に変換して利用する。
- ③ 地質・土質モデルを作成する場合、ボーリングデータの位置座標の読み取り精度は、対象とする範囲、地質・土質モデルの作成段階、利用目的などを勘案して最も適切な精度を確保する必要がある。



出典: 三次元地盤モデル作成の手引き 平成28年11月 (一般財団法人 日本建設情報総合センター)

ボーリングモデル（調査結果モデル）

- ボーリングモデルのうち調査結果モデルは、地質・土質調査業務の調査結果であるボーリング柱状図（ボーリング交換用データ、又は、電子簡略柱状図）を、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から3次元空間上に配置・表現したものである。
- また、地質・工学的解釈を加えて作成したモデルは「推定・解釈モデル」となるので留意が必要。
（地質・工学的解釈を加えて作成したボーリング交換用データ、電子簡略柱状図を利用する場合も含む）

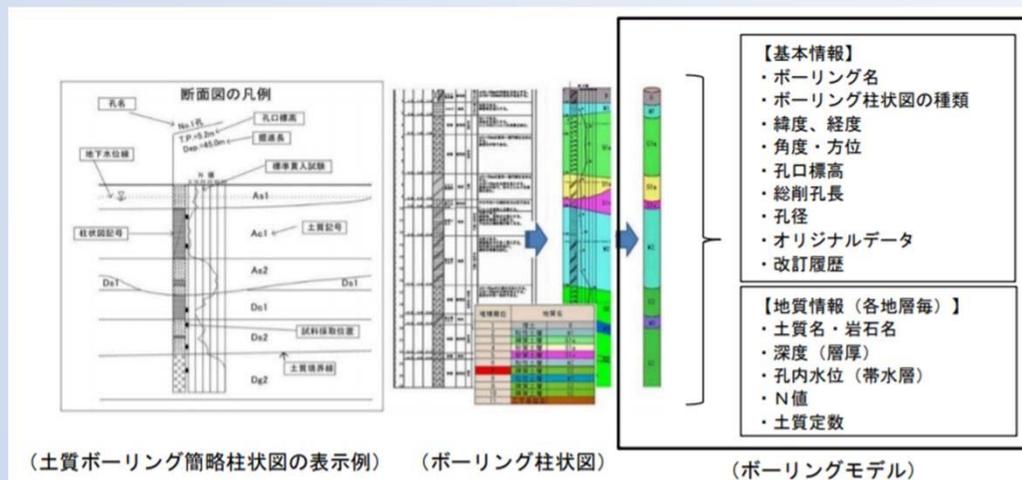


図 47 ボーリングモデル（調査結果モデル）のデータ構成イメージ

出典：「三次元地盤モデル作成の手引き」
（一社）全国地質調査業協会連合会（一財）日本建設情報総合センター

属性情報（調査結果モデル）

- ボーリングモデル（調査結果モデル）の属性情報（例）を下表に示す。

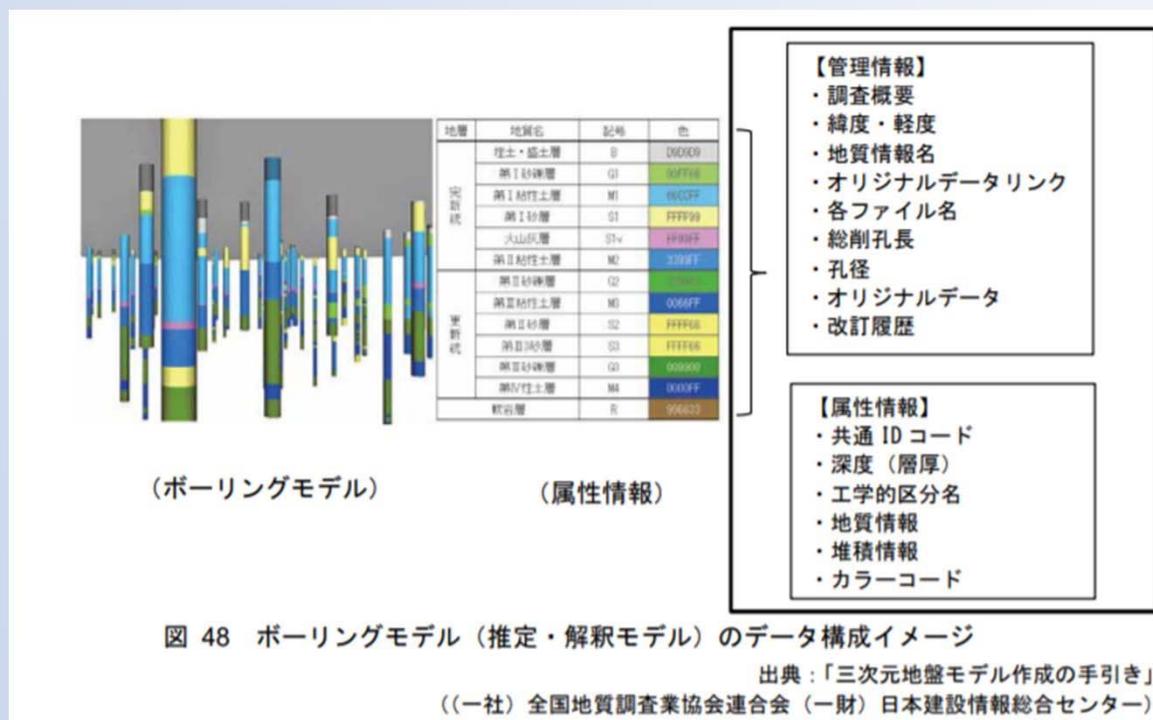
表 30 ボーリングモデル（調査結果モデル）の属性情報（例）

	項目	概要	参照規格等
基本情報	ボーリング名	ボーリング名は、調査現場における一連番号等によって系統的に記入する。	(※)
	ボーリング柱状図の種類	土質・岩盤ボーリングの区分を明示。	(※)
	緯度及び経度	緯度及び経度は、世界測地系の度、分、秒で記入する。秒については、取得方法及び精度に応じて、小数点以下4桁まで記入する。	(※)
	角度・方位	角度は、ボーリングの削孔方向の鉛直成分が鉛直線となす角度を記入する。方位はボーリングの削孔方向の水平成分について記入し、削孔の方向を真北から右回り360度方位法で示す。	(※)
	孔口標高	孔口標高は、測量結果に基づき1/100m単位まで記入する。原則T.P.とする。	(※)
	総削孔長	総削孔長は、削孔したボーリングの全長を1/100m単位まで記入する。	(※)
	孔径	削孔孔径をmm単位で記入する。	(※)
	オリジナルデータリンク	地質情報管理ファイル(BORING.XML)、ボーリングコア写真管理ファイル(COREPIC.XML)、土質試験及び地盤調査管理ファイル(GRNDTST.XML)、その他管理ファイル(OTHRFLS.XML)、報告書管理ファイル(REPORT.XML)、図面管理ファイル(DRAWING.XML)。	(※※)
改訂履歴	実施期日、理由、実施者氏名等。		
地質情報	土質名 岩石名	未固結の種々の堆積物や岩石などについて、肉眼観察などによって判定された単層単位の土質・岩石名	
	記事(概要)	ボーリング調査による採取した土質・岩石などの主な特徴	
	深度(層厚)	土質・岩石など単層境界毎に孔口からの距離を基に記入する。	(※)
	孔内水位	孔内水位は、毎日の作業開始時の孔内水位を記入し、測定月日を併記する。	(※)
	N値	N値は、試験深度、100mmごとの打撃回数及び打撃回数/貫入量を記入する。	(※)、 JIS A 1219:2013
土質定数 (土質試験結果)	ボーリングコア等を用いて土質試験を実施して取得した物理特性(粒度分布等)、力学特性(圧密係数、一軸圧縮強さ、粘着力、内部摩擦角)等の土質定数を併記する。	JIS A 1216:2020 等	

(※)「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説(平成27年6月)」一般社団法人全国地質調査業協会連合会・社会基盤情報標準化委員会

ボーリングモデル（推定・解釈モデル）

- ボーリングモデルのうち推定・解釈モデルは、既往資料をはじめ、地質・土質調査業務で作成されたボーリング柱状図や各種室内・原位置試験結果、及び 2次元断面図等の情報を活用して地質・工学的解釈を加え作成した柱状体モデルを、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から 3次元空間上に配置・表現したものである。



属性情報（推定・解釈モデル）

- ボーリングモデル（推定・解釈モデル）の属性情報（例）を下表に示す。

表 32 ボーリングモデル（推定・解釈モデル）の属性情報（例）

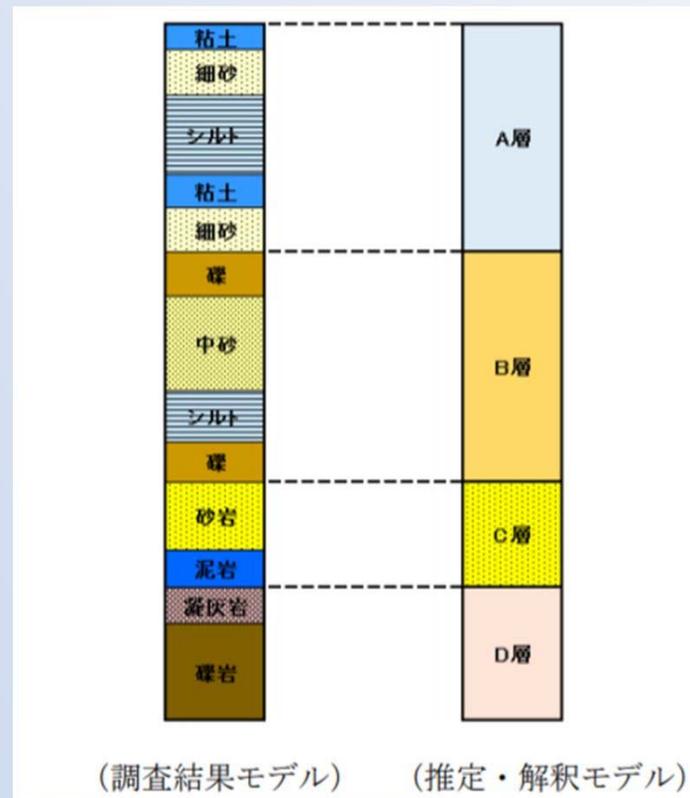
	項目	概要	参照規格等
管理情報	調査概要	調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日	(※1)
	座標位置	平面直角座標系の系番号と X(南北)座標・Y(東西)座標。	(※1)
	地質情報名	地層岩体区分など、属性情報の地質情報名と同じ内容。	(※1)
	オリジナルデータリンク	地質情報管理ファイル(BORING.XML)他	(※1) 表 30 参照
	各ファイル名	属性情報ファイル名	
	改訂履歴	実施期日、理由、実施者氏名等	
属性情報	共通 ID コード	全建設段階にわたって適用できるコードとする。	(※2)
	・工学的地質区分名 ・現場土質名	JIS 規格に基づき色分けを行う。表 31 工学的地質区分名と表示色の例を参照	(※1) JIS A 0206:2013
	深度(層厚)	工学的地質区分名などの境界毎に孔口からの距離を基に記入する。	(※1)
	地質情報	地質平・断面図の凡例に記載されている地質情報のこと、地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分及び地質学的属性など。 ※目的に応じて弾性波速度値、密度、減衰定数など必要な情報。	(※1)
	堆積(優先)順位	地層・岩体区分で最も下位層からの堆積順位を表す番号など。	
	カラーコードー地質情報対比データ:	テクスチャモデルに使用する地質図などが単色に塗り分けられている場合、ビューアがポイントごとのカラーコードを読み取ることができるならば、対比表によって属性値を判別することが可能となる。	(※1) JIS A 0206:2013

(※1)「地質・土質調査成果電子納品要領・同解説（平成 28 年 10 月）」国土交通省大臣官房技術調査課

(※2)「三次元地盤モデル作成の手引き（平成 28 年 11 月）」（一社）全国地質調査業協会連合会・（一財）日本建設情報総合センター

[参考] 調査結果モデルと推定・解釈モデルの違い

- 調査結果モデルと推定・解釈モデルの違いを示す。下図のように、「推定・解釈モデル」は様々な情報を活用して地質・工学的解釈を加え作成したモデルである。



準3次元地盤モデル（テクスチャモデル（準3次元地質平面図））

- 準3次元地盤モデルにおけるテクスチャモデルとは、地形モデルに地質平面図などを貼り付けたモデルである。
- サーフェス自体と、それに貼り付けるテクスチャデータの各形状から構成される。
- テクスチャモデルの主な対象図面は、地質平面図、空中写真、斜面スケッチなどによる変動図、ハザードマップ（計測震度、液状化危険度、洪水、津波、土砂災害警戒区域、火山）などがある。

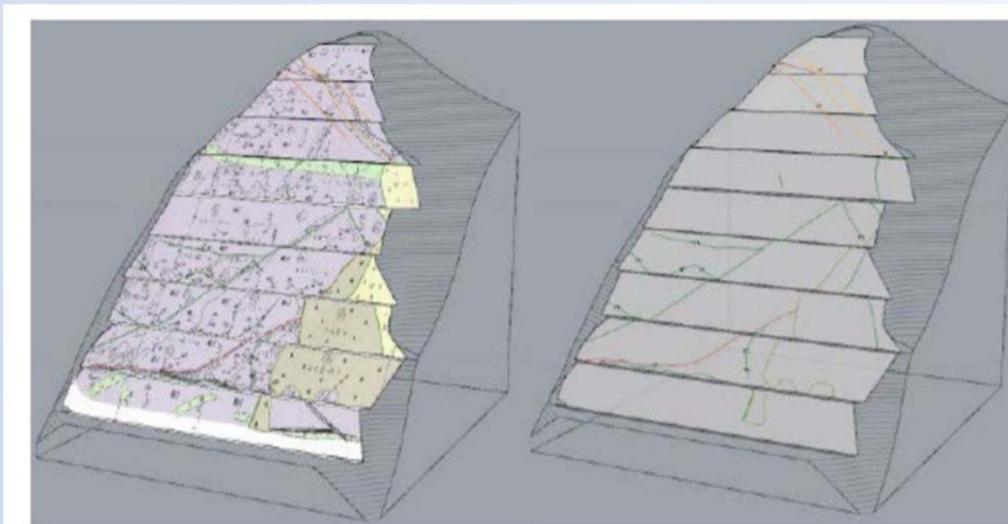
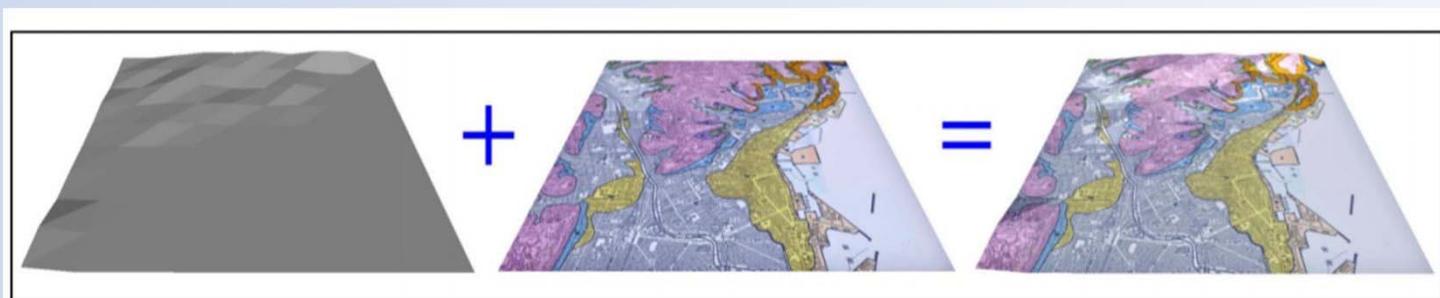


図 50 テクスチャモデルの例（切土のり面の露頭例）

準3次元地盤モデル（形状情報（例））

- テクスチャモデルの形状情報は、地形モデルに貼り付けるイメージテクスチャのデータセットのみとするため、平面図に類するものであれば全て取り扱うことができる。
- 形状情報について、標高が地形モデル自体であるテクスチャ（平面図）では、南から北へ方向（縦）をX座標、西から東へ方向（横）をY座標としており、数値単位としてm表記されることが多い。
- GISソフトウェアやCADソフトウェアでは、横軸をX、縦軸をYとしている場合が多いため、縦横反転しないように留意することが必要。
- 下図は、地形モデル及び地質平面図データからテクスチャモデルを作成するイメージ図である。



（左）ワイヤーフレーム

（中）テクスチャ（表層地質図）

（右）テクスチャモデル

図 51 テクスチャモデルの作成イメージ

出典：「三次元地盤モデル作成の手引き」
（一社）全国地質調査業協会連合会（一財）日本建設情報総合センター

準3次元地質断面図モデル

- 準3次元地質断面図モデルは、従来から作成されている地質断面図、速度層断面図や地山条件調査結果図などを基にして、BIM/CIM対応に必要な3次元空間情報を付加した形状情報（オブジェクト）と、地質情報などを付加した属性情報から構成される。
- 扱う内容は、図面類（共通）、地質断面図、物性値断面図（速度層断面図や比抵抗層断面図）、総合解析断面図（地質区分、岩級区分、地下水面、ルジオン値や速度値などを総合的に評価して作成される断面図）等である。

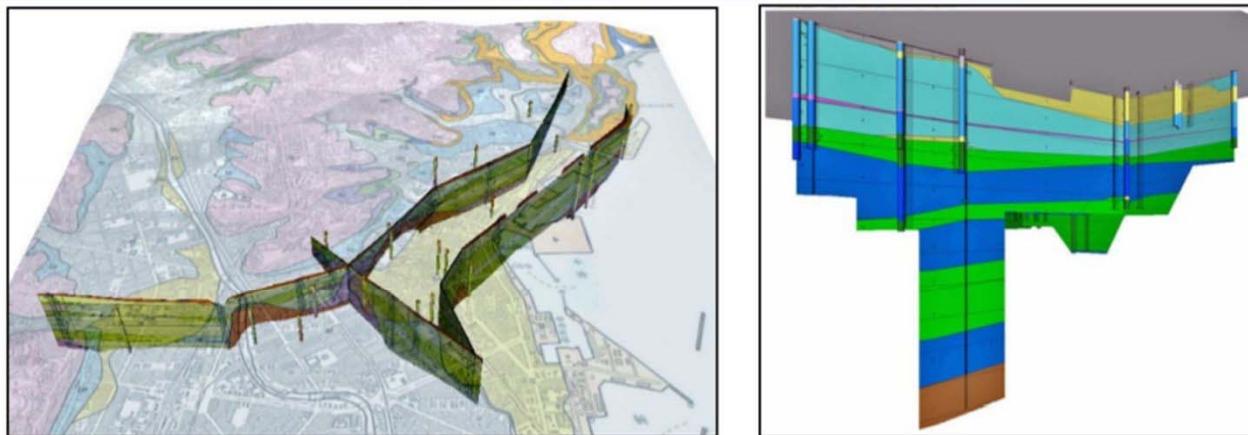


図 52 準3次元地質断面図モデル例

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書」（(一社)全国地質調査業協会連合会)

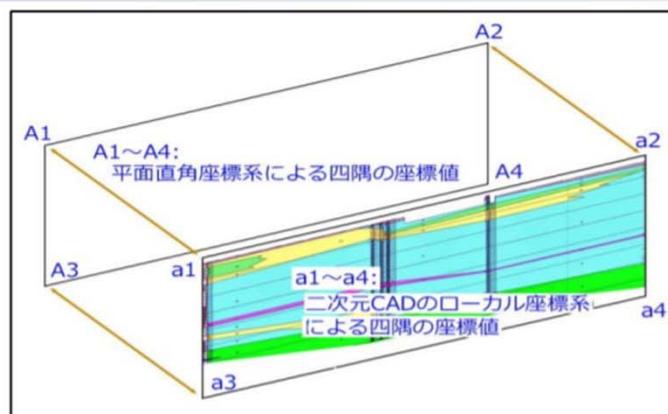
ルジオン値とは

ボーリングで作られた穴に1 Mpaの水圧をかけて、その際に穴1 mあたり、一分間に地盤に浸透する水の量（リットル）。

準3次元地質断面図モデル（形状情報（例））

- 3次元CAD：3次元座標（平面直角座標）を使用し、準3次元地質断面図モデルを作成する。
- 2次元CAD：従来どおり2次元ローカル座標値を使用して断面図を作成する。

そして、別途、実空間座標値（平面直角座標値）との関係表を作成し、CSVファイル等に保存する。



A1~A4：平面直角座標系による断面図の4隅の座標値
(断面図の余白を含む)

a1~a4：2次元CADのローカル座標値(余白を含む)

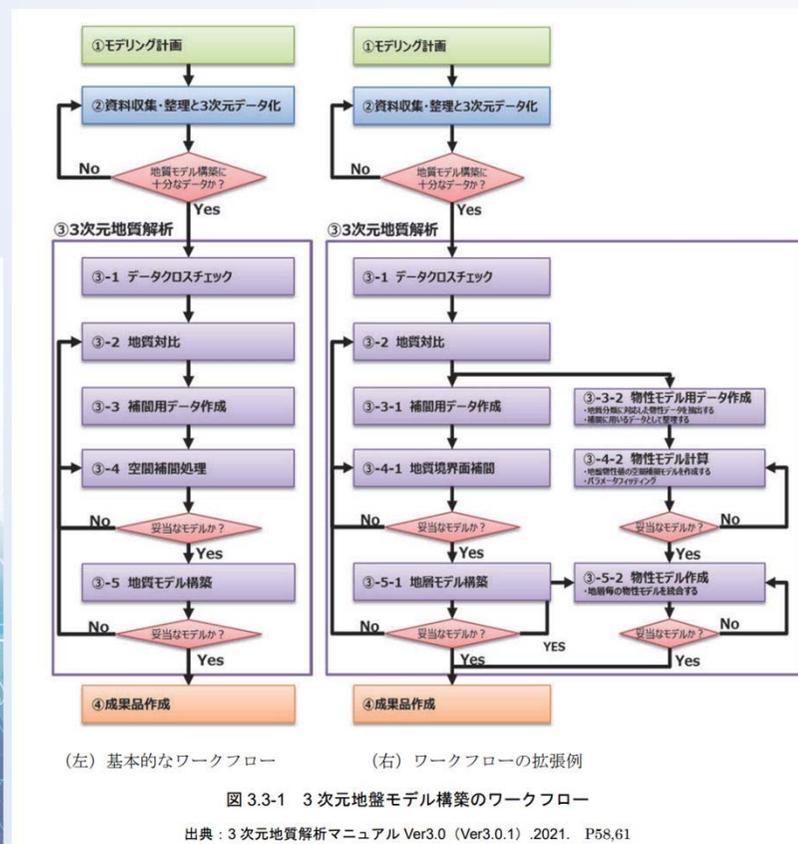
注：イメージの場合、余白は透明にするとよい

図 53 2次元断面図と準3次元断面図の関係（イメージ）

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書」((一社)全国地質調査業協会連合会)

3次元地盤モデル構築の流れ

- 3次元地盤モデル構築の流れのフロー図（例）である。
- この図のように、3次元地盤モデルにおいても作成するプロセスを規定したワークフローを明示することで、プロセスの要所で品質のチェックポイントを設けることが可能である。
- 詳細な作成方法や考え方に関しては、「3次元地質・土質モデルガイドブック」や「3次元地盤モデル作成の手引き」を参考にする。



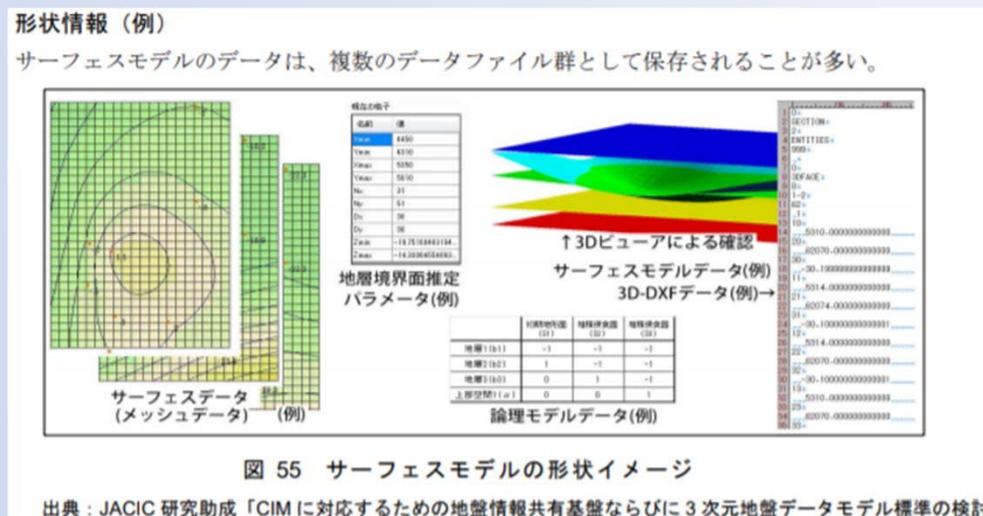
地質・土質モデル基礎研修

4) データ構成モデル

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

サーフェスモデルとは

- サーフェスモデルとは、地層・岩盤分類・土軟硬区分などの境界面を表現するためのモデル。
- 地表踏査やボーリング等から直接的な情報が得られていない範囲のサーフェスモデルは、地質学的な解釈（コンター、断面図）や数学的・統計的な計算結果による推定であるため、不確実性を伴う。
- 1つの地盤モデル（地層、岩盤分類、土軟硬区分等）を表現するには、複数のサーフェスモデルが必要。



ソリッドモデル（1） B-Reps

- B-Reps (Boundary Representation : 境界表現) とは、3次元形状を頂点、稜線 (直線、曲線)、面分 (平面、曲面) の幾何情報とそれらの接続情報で表現する方式のことである。
- サーフェスモデルが地層、物性値等の境界面を表現しているのに対して、上面・下面・側面等の境界面とで挟まれた内部の地質情報などを付加した属性情報から構成される。
- B-Repsはモデル内部にオブジェクトが存在しないため、境界面と同等の地質情報として解釈される。

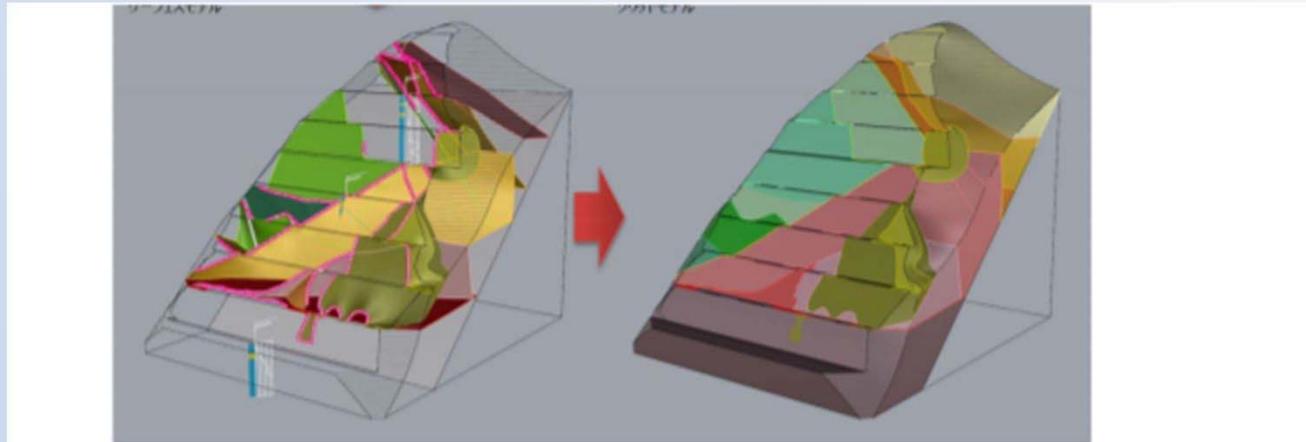


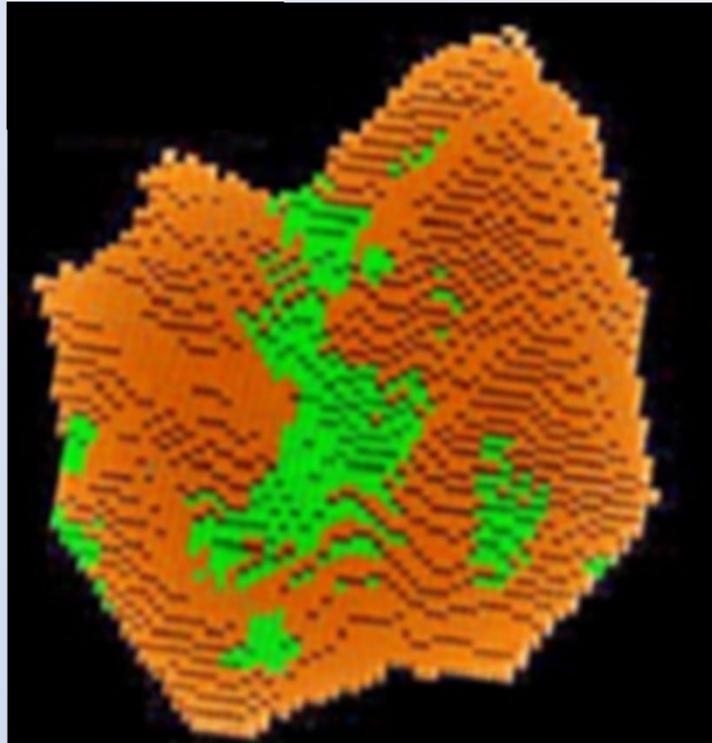
図 58 B-Reps の作成事例

左：地質境界や割れ目のサーフェスモデル 右：サーフェスモデルで分割して作成したソリッドモデル

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

ボクセルモデルとは

- 画像を表現する2次元要素のピクセル (Pixel) を, 3次元に拡大した立方要素をボクセルという。
- 微小なボクセルの集合として表現された3次元ソリッドモデルがボクセルモデルである。



ボクセルモデルとは

- ボクセルモデルの作成手順を以下に示す。

①対象地域の地形モデルを作成する。

②空間補間アルゴリズムを利用し、サーフェスモデルを作成する。場合によっては、層序情報を加味したソリッドモデルを作成する。

③3DCADで、①と②を合成し、必要なボックスのサイズと範囲を設定する。

④空間格子にサーフェスモデル間やソリッドモデル内の属性を付与する。

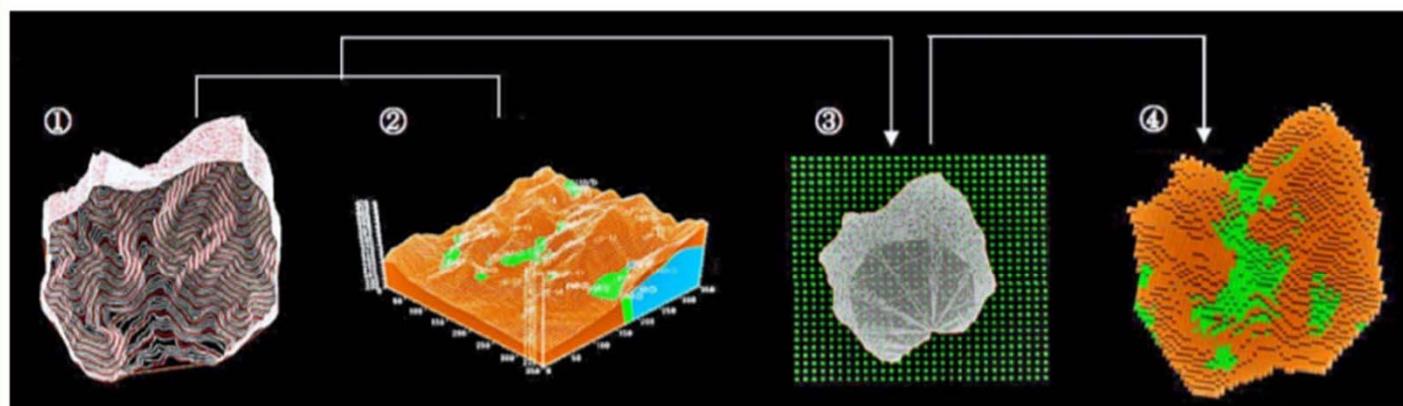


図 59 ボクセルモデルの作成例

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討
研究報告書」((一社)全国地質調査業協会連合会)

柱状体モデルとは

- 柱状体モデルとは、サーフェスモデル（地層などの境界面モデル）を真上から見て小さな格子（メッシュ）に区分し、メッシュ内の境界面間の属性情報と関連付けることによって作成されたモデルである。
- 属性情報として、「地層名（層序）」の他に、「弾性波速度」、「比抵抗」、「岩級区分」、「岩盤分類」や「ルジオン値」などがある。

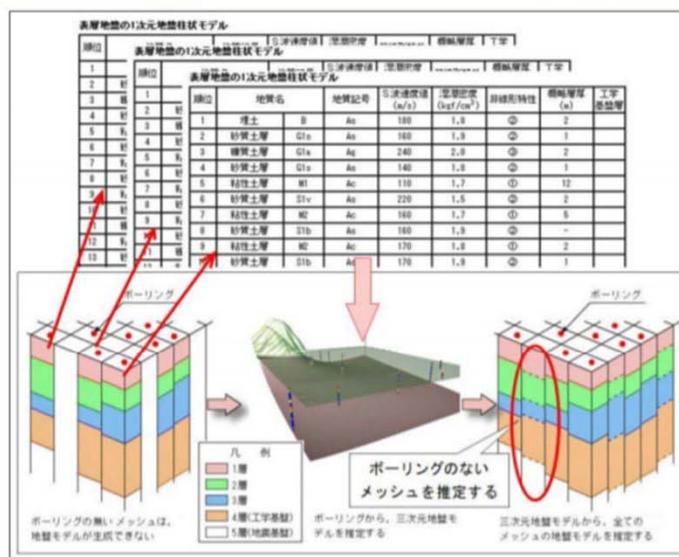


図 60 ボーリングモデルと柱状体モデルの関係（イメージ）

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討
研究報告書」（（一社）全国地質調査業協会連合会）

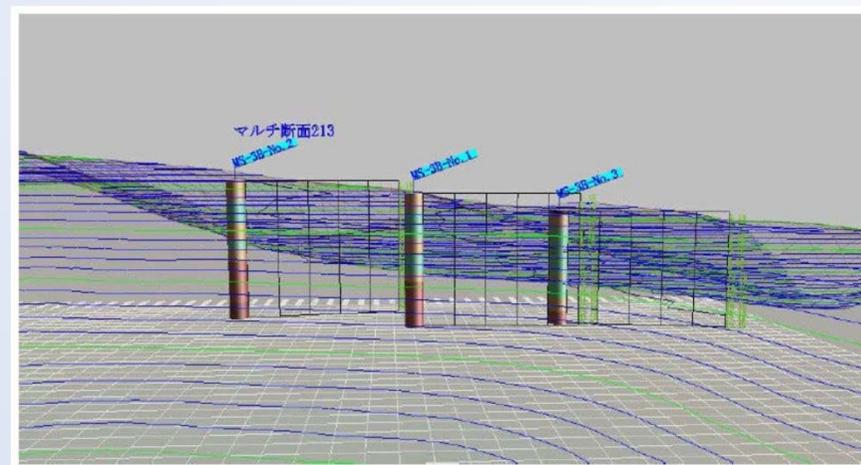
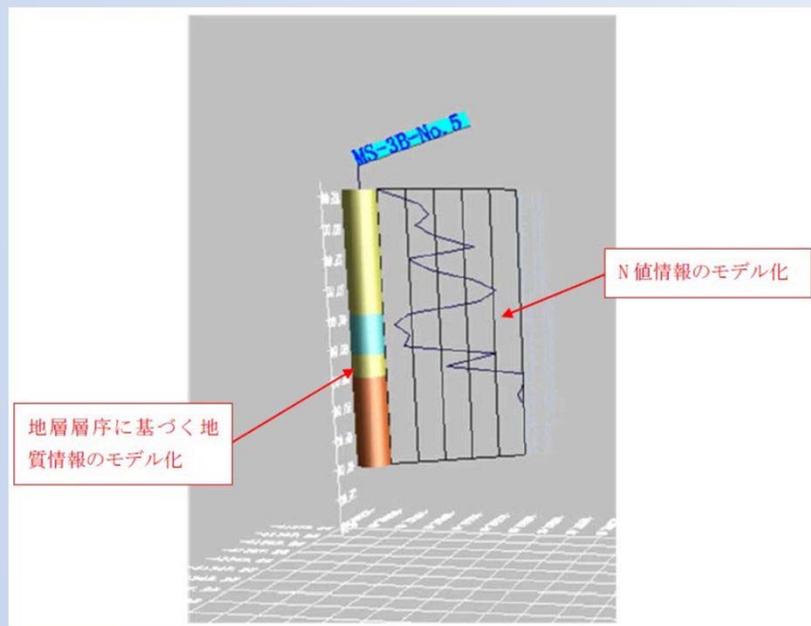
地質・土質モデル基礎研修

5) 活用事例

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。

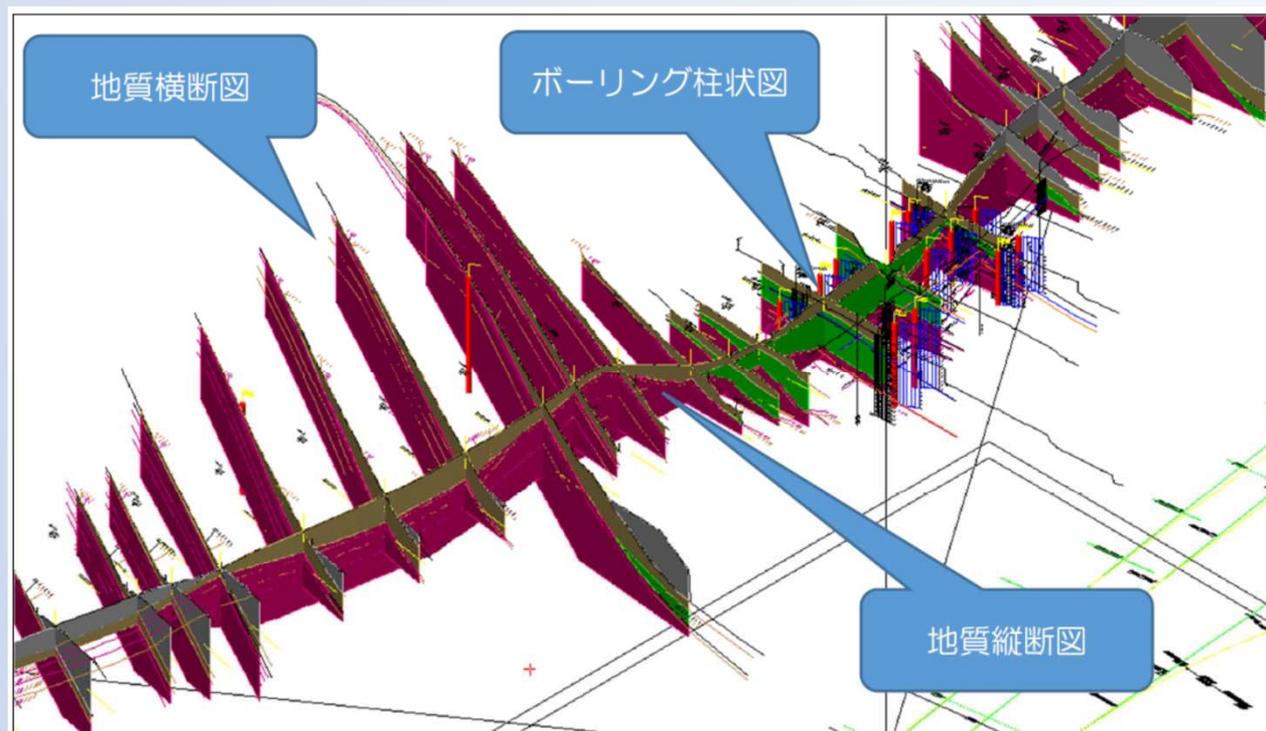
切土箇所における地質状況の可視化

- こちらは、ボーリングモデルを用いて「切土箇所における地質状況の可視化」を実施した事例である。



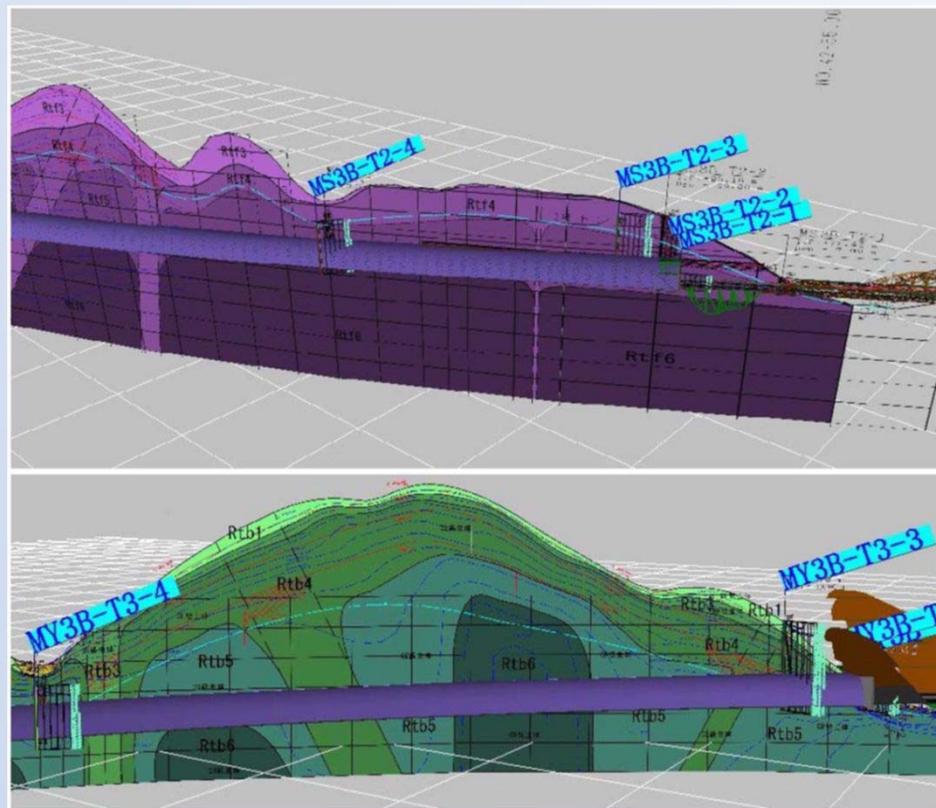
地質情報の可視化

- こちらは、準3次元地盤モデルやボーリングモデルを用いて「地質情報の可視化」を実施した事例である。



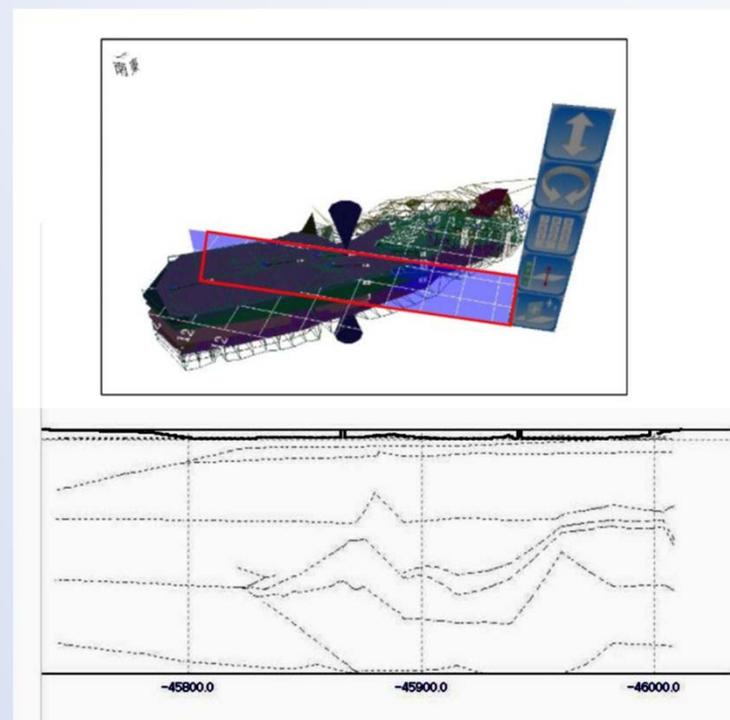
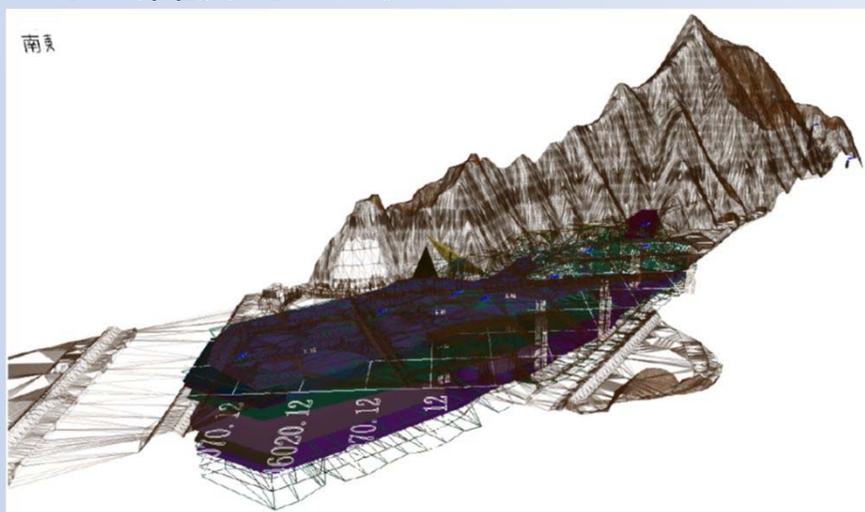
地層分布とトンネル構造物の位置関係の可視化

- こちらは、準3次元地盤モデルやボーリング柱状図を用いて「地層分布とトンネル構造物の位置関係の可視化」を実施した事例である。



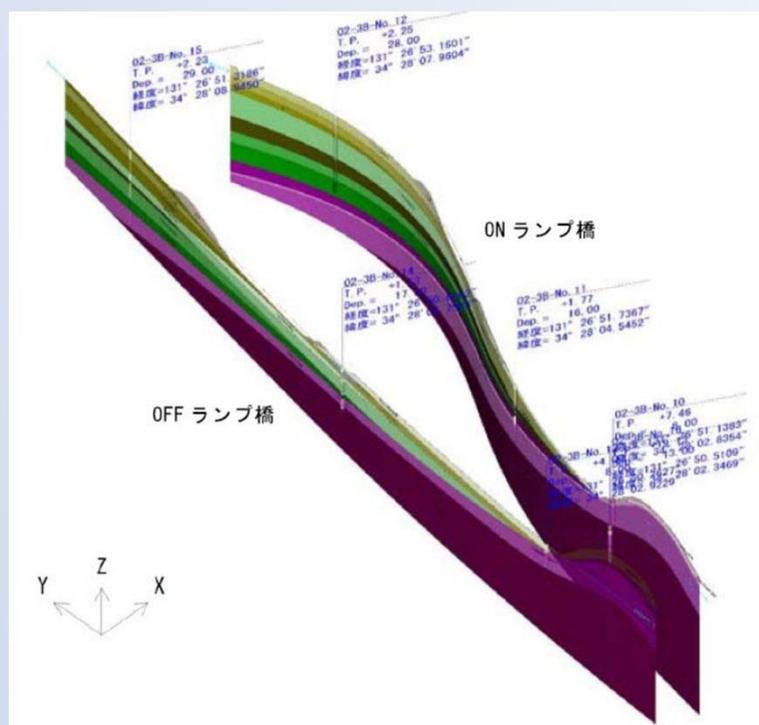
地質情報の可視化、任意箇所における断面図

- こちらは、準3次元地盤モデルを用いて「地質情報の可視化」と、任意箇所における「3次元データと2次元断面の比較」を実施した事例である。
- 3次元モデルによって、任意断面での確認も可能である。ただし、地盤情報には不確実性があることに留意して確認すること。



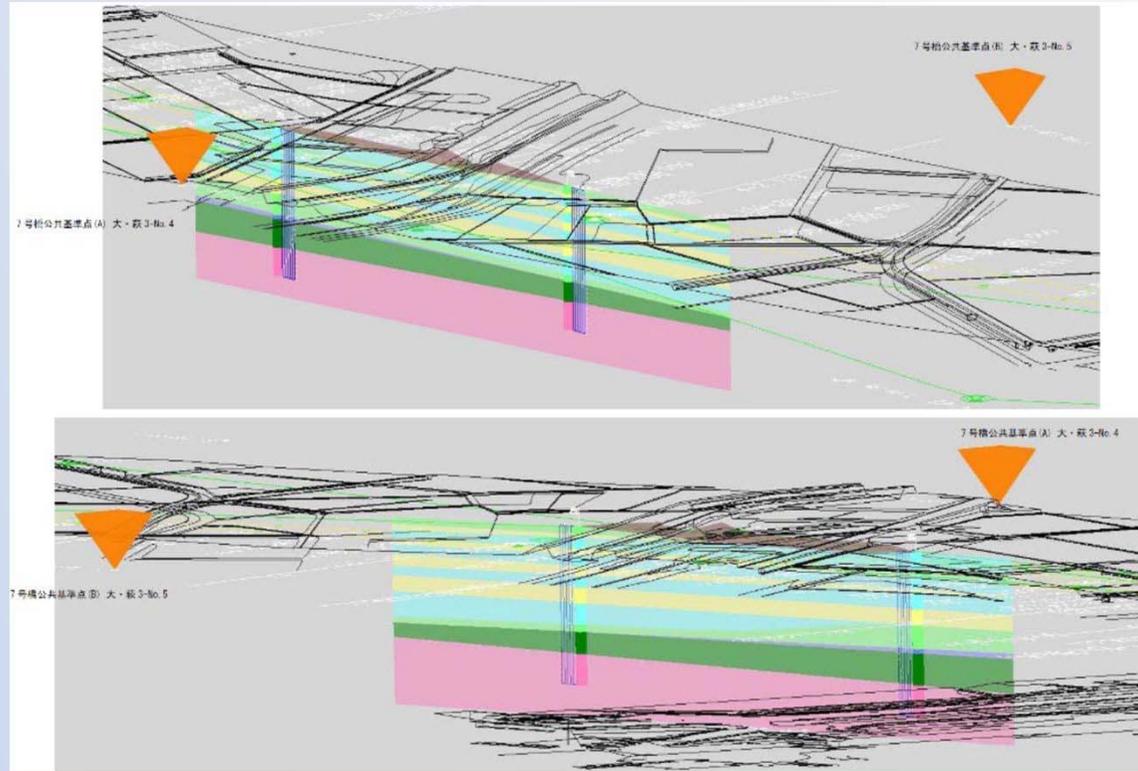
複数線形箇所での地質状況の確認

- こちらは、準3次元地盤モデルを用いて「複数線形の事業区間における地質情報の可視化」を実施した事例である。



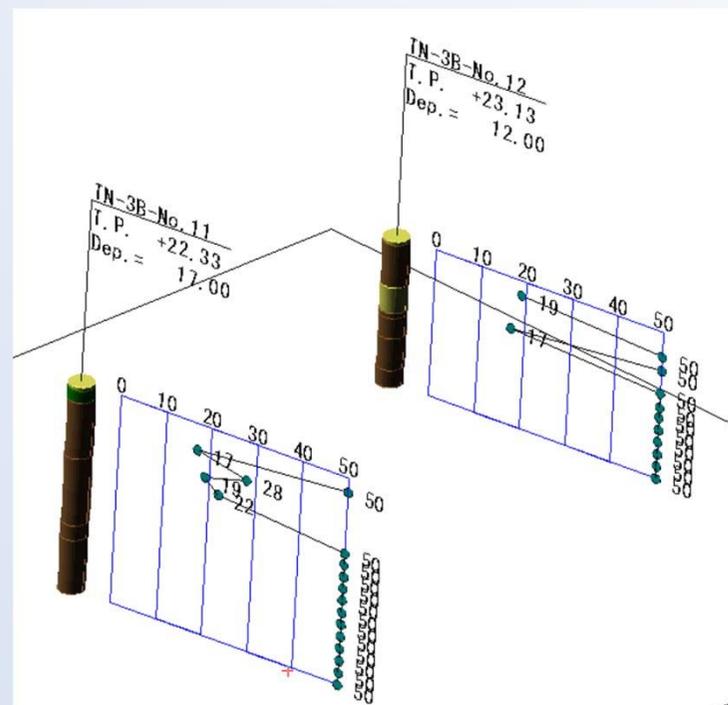
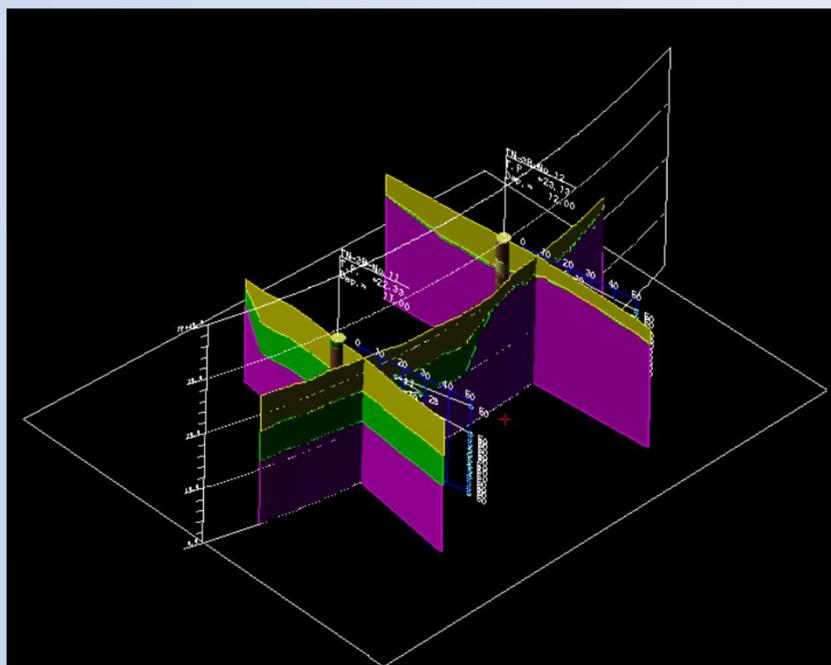
ソリッドモデルによる地質情報の可視化

- こちらは、ソリッドモデルを用いて「地質情報の可視化」を実施した事例である。



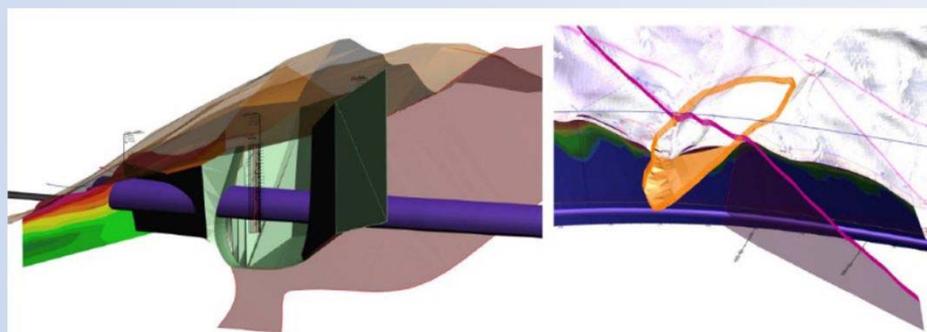
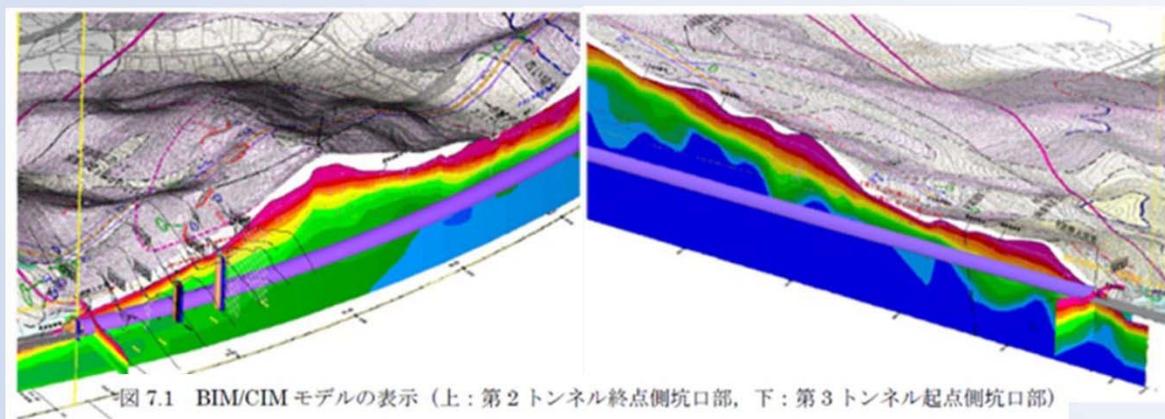
準3次元地質断面図、ボーリングモデルの活用

- こちらは、準3次元地盤モデルとボーリングモデルを用いて「地質情報の可視化」と、「橋梁基礎工の支持層と岩盤の風化層の可視化」を実施した事例です。



地層分布とトンネル構造物の位置関係とリスクの可視化

- こちらは、準3次元地盤モデルを用いて「トンネル計画地における地層分布」及び「トンネル構造物の位置関係とリスクの可視化」を実施した事例である。



これで、
地質・土質モデル基礎研修の
eラーニングを終了します。
ご視聴ありがとうございました。

本eラーニングは、令和6年度時点の情報で作成しています。実際の実務にあたっては最新情報の確認をお願いします。