

3次元地下構造可視化システム 3D Engineering Geological Imaging System

桑原 徹 Toru Kuwahara
 稲川 雄宣 Yusen Inagawa
 中沢 英子 Eiko Nakazawa
 (本社情報ソリューション部)
 金光 陽子 Yoko Kanamitsu
 (本社情報ソリューション部)

1. はじめに

ボーリング調査によって得られる地質柱状図および各種の孔内調査データを基にして、地下の地質構造を分かり易い3次元モデルとして可視化するために、このシステムを開発した。地下の3次元可視化を特殊・特別なものではなく、一般に利用可能な簡便なシステムとして、設計施工に役立てることを目的とした。

2. 3次元可視化システムの概要

Fig. 1に概要図を示す。システムは、地層構造評価支援、亀裂連続性評価支援、総合地質柱状図作成支援、施工管理支援の各ツールから構成される。システムの特徴を以下に示す。

- 1) 地層の連続性(地層の対比)および亀裂の分布(亀裂の方向性, 連続性)などからなる地質構造の3次元可視化が可能である。
 - 2) 地下水位分布, 間隙水圧分布あるいはボーリング孔内試験データ(透水試験結果など)も表現することが出来る。
 - 3) 3次元地下構造データから任意の方向の2次元断面が作成出来る。
 - 4) ボーリングコアデータの各種観察結果, 地質柱状図を総合地質柱状図としてCAD上で作成することが可能である。
 - 5) 画像出力はAuto CAD用ファイル(dwg file)としており, 社内外にも汎用性が高く, 設計図書への挿入も可能である。
 - 6) 3次元CAD画像は周辺から構造物や地下構造を俯瞰するには便利であるが, トンネル・地下空洞などにおいて内部から俯瞰することは出来ない。これを補う観点から, 簡易CGによる内部からの俯瞰も可能とした。
 - 7) また高度なCGへの対応として, 当社の4D Virtual Tour(施工支援システム)との連携も可能なシステムとした。
- 以上から, 構造物の3次元CADデータと併せて3次元地下構造の可視化が可能となり, 設計施工の支援のためのツールとなる。

3. 地下構造物への適用事例

3.1 トンネル地山の3次元可視化像

このトンネル工事では, トンネル区間(上り126m, 下り150m)において土被りが約10mと非常に薄く, 直上構造物の地表面沈下対策として地盤改良工事が実施されている。改良工事に際しては, 地層判別システム(ITS)を導入し, グラウト孔削孔時の掘進速度などから注入対象層を判断する。しかしながら, 今回

3次元地下構造可視化システム



Fig. 1 3次元地下構造可視化システムの概要図
Components of 3D Engineering Geological Imaging System

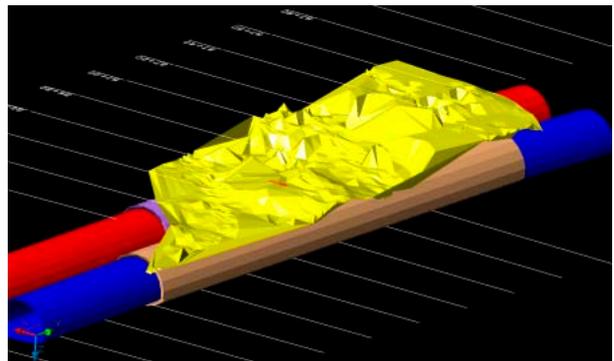


Fig. 2 トンネル地山の3次元可視化像(1)
Layer of 3D Imaging for Soil Improvement in Tunnel

凡例 黄色の面: 地盤改良対象層A の上面

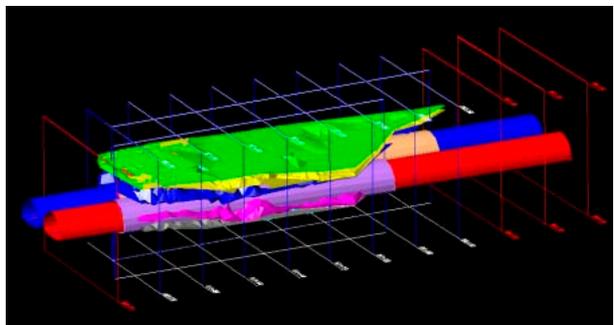


Fig. 3 トンネル地山の3次元可視化像(2)
Geological Structure Using 3D Imaging

凡例 緑色の面: 地表面
 黄色の面~青色の面の間: 地盤改良対象層 A
 桃色の面~灰色の面の間: 地盤改良対象層 B

削孔数が26列、1323本（総延長約17,665m）と非常に多く、2次元地質断面図だけでは注入対象層全体の把握が困難と想定された。そこで地層判別システムによる調査結果を3次元可視化像として表示し、注入対象層の分布特性を検討した。グラウト注入対象層は自破砕溶岩と呼ばれる軟弱な火山噴出物であり、注入対象外の地層は安山岩質の溶岩層からなる。これらが互層状に複雑な形状を示すことが明らかになった（Fig. 2, 3）。

またこれらの3次元可視化データ（3次元CADデータ）から任意の方向の2次元断面図、ここでは上り下りのトンネル縦断面図各1、およびSTAの2m毎にトンネル横断面図計83を作成し、施工の参考図面とした（Fig. 4, 5）。

3.2 地下空洞地質の3次元CG

この地下空洞構造物は、計画貯留容量約11万トンの洪水調整用の地下トンネル調節池である。トンネル本坑は、掘削断面積約254m²、標準直径15.4m×16.5mと、軟岩地山におけるNATM工法としては国内最大級の超大断面トンネルであり（Fig. 6）、いわゆる都市型NATMトンネルである。地質的には、本坑付近の泥岩層と本坑上部の透水性の砂岩層から構成される。3次元可視化に際しては、既往の20本のボーリング地質柱状図に地質的な考察を加えて、まず3次元CADデータを作成し、これを基に3次元CG（コンピュータ・グラフィックス）データを作成した。

地質構造と地下構造物との関係を把握するために、各種のCGを作成した（Table 1）が、中心はウォークスルーのCGである。これからトンネル内部を歩きながら地質を眺めるヴァーチャル的な体験と地質の検討が可能である。Fig. 7に事例としてCGの静止画を示した。付属のCD-ROMにはCGの一部を掲載した。

Table 1 3次元地下構造CG

Items of Computer Graphics on 3D Geological Imaging	
項目	内容
外観	地質構造あるいは地下空洞の外観を360度旋回しながら俯瞰するCG。
地下断面	地質構造および地下空洞の位置関係を、透視図的に俯瞰するCG。異なる角度から4パターンで俯瞰。
ウォークスルー	管理立坑から下り、本坑トンネル内を歩き、流入立坑を上りながら、地質構造と地下空洞の関係を表現するCG。立坑の昇降パターンは、螺旋状および回転の2パターン。
スライス・ビュー	横断方向、縦断方向、水平方向に断面を積層あるいはスライスするCG。断面を順次変化させながら、地質構造と地下空洞の関係を表わすCG。

4. まとめ

本システムでは、① 地層分布を中心とした地質構造図、② 断層・亀裂分布の地質構造図、③ 風化帯・亀裂分布・透水係数分布を組み合わせた水理地質構造図、④ ボーリングコアに含まれる各種地質情報を分析した総合地質柱状図の作成、⑤ グラウト注入量の3次元的分布図など、各種の地下地質構造評価に対応可能である。

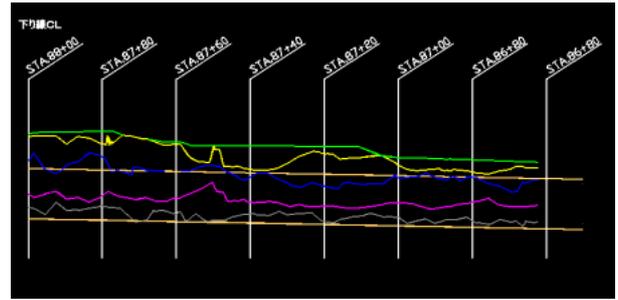


Fig. 4 3次元可視化データによるトンネル縦断面図 Longitudinal Profile Using 3D Imaging DATA

凡例 Fig. 3と同様

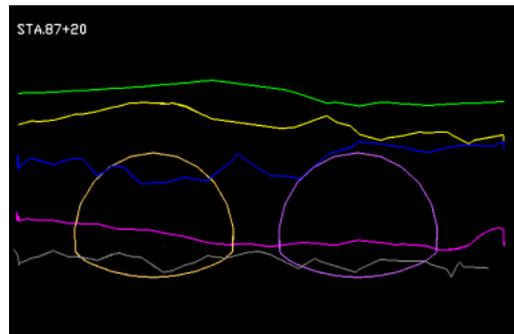


Fig. 5 3次元可視化データによるトンネル横断面図 Transverse Profile Using 3D Imaging DATA

凡例 Fig. 3と同様

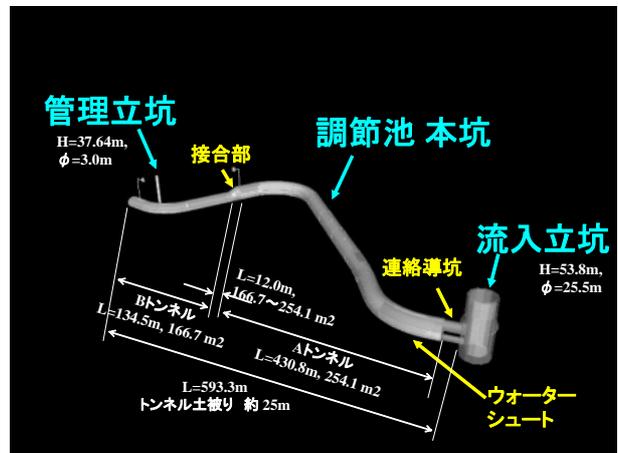


Fig. 6 3次元CGの事例における地下空洞構造物 Underground Regulating Reservoir for 3D CG

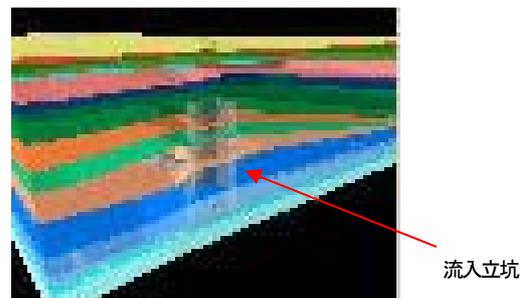


Fig. 7 3次元CGの事例 Stationary Image from 3D CG