

断面計測を利用した地山変位挙動予測 (4D-Super NATM) システムの開発

戸田建設(株) 正会員 ○山火 智洋^{※1}
 戸田建設(株) 正会員 岡村 光政^{※2}
 戸田建設(株) 大塚 賢文^{※1}

1. まえがき

トンネル構造物の品質を確保し、長期耐久性を向上させるためには、トンネル掘削において、適正な支保パターンの選定を行い、変位を抑制することが重要である。本論文は、中部山岳国立公園内の長野県発注「上高地トンネル(仮称)」(仕上り断面 $S=48.0\text{m}^2$ 、延長 $L=588\text{m}$) において、既往技術の断面計測(3Dレーザスキャナ)に、地山の変位挙動を加味した「4D-Super NATM(トンネル断面形状・変形予測システム)」についてまとめたものである。

2. 4D-Super NATM(トンネル断面形状・変形予測システム)

4D-Super NATM システム(図1)は、トンネル掘削後の断面変化を予測し、3D表示によって可視化するものである。支保パターンの選定は、事前調査による地質の想定および切羽状況による評価、切羽までの変位挙動により選定されているが、変位予測は取り入れていない。そのため、現地盤の特性を反映した変位予測を支保パターンの選定指標の1つとすることにより、効率的で実用的な施工管理を行うことができる。ここでは、この最終変位量を予測・管理するシステムを構成している(1)3次元数値解析テーブル、(2)3Dレーザスキャナ、(3)専用ソフト(4D-Super NATM)についてまとめている。

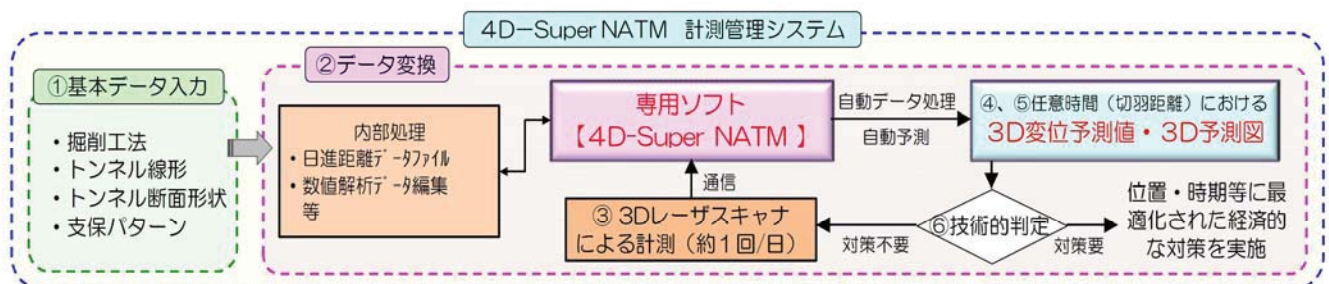


図1 4D-Super NATM システム概要図

(1) 3次元数値解析テーブル

3次元FEMを掘削工法と支保パターン毎に実施し、掘削変位データベースを作成する。パラメータとして地山剛性比 $\alpha (= \gamma \cdot H/E)$ (γ : 単位体積重量、 H : 土被り、 E : 変形係数)を使用する。

(2) 3Dレーザスキャナ

トンネル壁面の断面測定を、掘削直後の切羽を含めた延長20m前後で実施する(図2、写真1)。3D座標値(掘削断面の形状)を取得することで、着目断面形状の経時変化量(図3)を取得する。

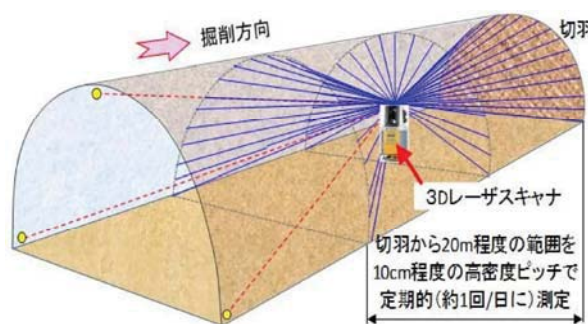


図2 3D断面計測仕様(概念図)



写真1 断面計測状況

Key Word: 山岳トンネル、トンネル掘削、計測

連絡先 ※1 〒461-0001 愛知県名古屋市中区泉 1-22-22 戸田建設(株)名古屋支店 TEL 052-951-8543

※2 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株)土木工事技術部 TEL 03-3535-1614

(3) 4D-Super NATM

切羽離隔を引数にした数値解析テーブルの基準変位と計測値から、着目点の地山変形性能を評価して変位曲線を特定する(図4)。次に計測による点群データも同様の処理を行うことで、収束値を含めた任意時間(切羽進行距離)における断面変化量を予測する(図5、図6)。

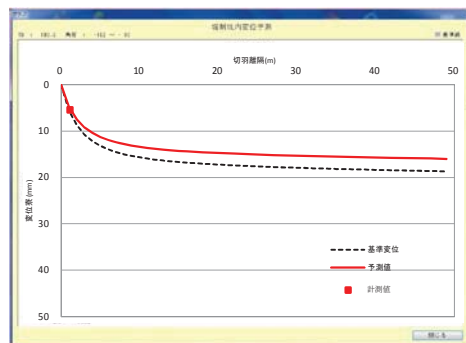


図4 基準変位と予測変位挙動図

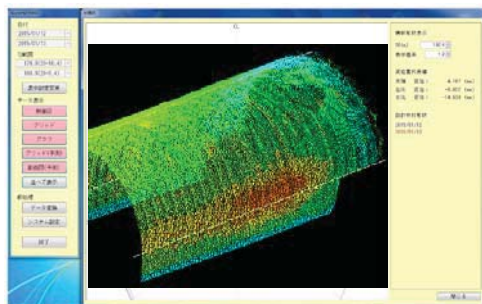


図5 変位予測 3D パース図

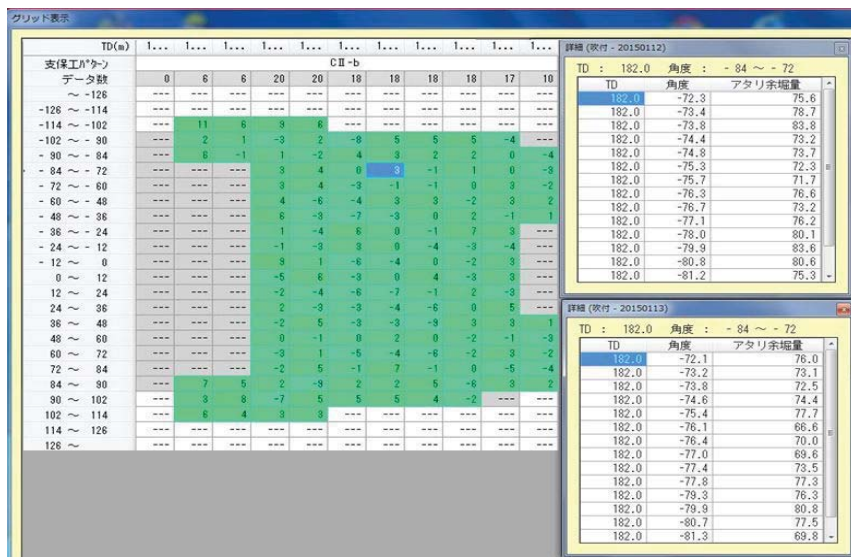


図3 断面測定による初期変位測定結果

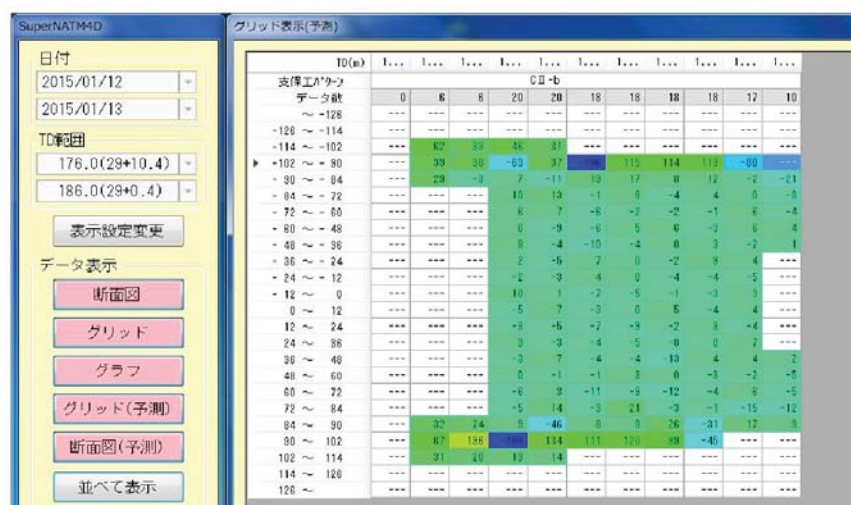


図6 変位予測図(変位予測マトリクス)

3. 最終変形量・断面形状の予測・結果

今回調査は、坑口から 189m 付近の支保パターン CII で、掘削直後および 2.4m 掘進後(12 時間後)に計測を行った。4D-Super NATM では、掘進後の変位量から最終変位(天端沈下)は 16 mm と推定していた。しかし、トータルステーションによる最終の A 計測結果は 12 mm であった。この 4 mm の誤差は、A 計測はターゲットを設置してからでないと行えないために、このターゲットを設置するまでの初期変位の把握が行えなかったためである。本計測の 4D-Super NATM は、初期変位の把握を確実に示している。

4. まとめ

既存の計測に対しての本システムの優位性を以下に記載する。

- ① ターゲットの設置は不要である。
- ② 支保完了時刻を把握していれば切羽との離隔が分かり、断面計測の実施は支保直後であってもよい。
- ③ 予測した最終変位量と管理値を対比することで、設計パターンの妥当性、設計パターンの変更の必要性を判断することができる。
- ④ 掘削断面の変形予測を 3D パースで表示が可能となり、可視化できる。
- ⑤ 数十万個の点群データを統計的に処理した面的管理により、チューブ構造としてトンネル全体の挙動を把握できる。

今後も継続してソフトの操作性、変位予測精度の向上を図り、地質構造モデリング化技術(地質変化予測と地山評価)との統合を図ることで、より総合的な施工管理手法の確立を目指すものである。