

III-253

最大せん断ひずみによる
NATM施工管理について

フジタ工業(株)・技術研究所 正員○大倉 吉 雅

同 上 正員 和久 昭 正

同 上 正員 鎌田 正 孝

1. まえがき

NATMにおいて、数々の変位予測法や管理基準の考え方が提案されている。ところが、最も重要である測定結果の分析や設計変更の必要性に対する判断の基準が一般化されておらず、計測管理技術者の能力に頼っているのが現状である。

本文は、NATM計測で得られた内空変位量・トンネル地山の物性・工事に関する情報等を入力すれば、事前に実施した三次元弾性解析の結果に基づいて、内空変位収束時に計測断面で生じる『最大せん断ひずみ』を推定し、トンネル地山自身の有する『限界ひずみ』と比較することで施工管理レベルとその対応策を判定するNATM施工管理について述べたものである。

2. 先行変位量の推定と最終収束値の予測

内空変位計測の場合、

先行変位量(掘削解放率)の判定が問題となる。そこで、以下の順序によりこの先行変位量 U_0 を求める。

①. 事前に施工手順

を考慮した三次元弾性解析を実施し、図-

1に示すような内空変位計測の各測線における切羽距離 L と掘削解放率 ω の関係を調べる。

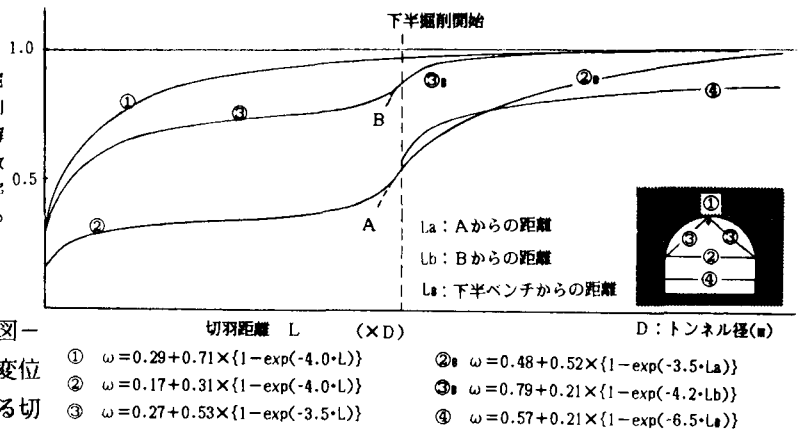
②. 地山を弾性状態と仮定し、初期変位速度予測法¹⁾を用いて、初期値測定後の相対変位量から予想収束値 U_1 を求める。③. ①で得られた L - ω 関係から、初期値測定時の切羽距離 L_0 の入力により、その時の掘削解放率 ω を判定する。④. 予想収束値 U_1 と掘削解放率 ω から、先行変位量 U_0 を求める。

図-1. 先行変位量の推定

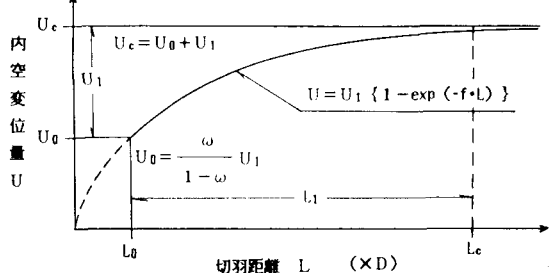


図-2. 最終収束値の説明

以上より、最終収束値 U_c は、図-2に示すように、 U_0 と U_1 の和で表わされる。また、初期変位速度予測法で用いられる収束係数 f は、岩種が良いほど値が大きくなる傾向があるが一意に求まらず、事前に得られた計測結果や、地山の岩種、初期値収束時の切羽距離 L_0 等により類推するのが妥当であると思われる。

3. 最大せん断ひずみの推定と施工管理レベルについて

最終収束値 U_c に対応する切羽距離 L_c により最大せん断ひずみ γ_{max} を安全側に評価する簡便的な方法を図-3に示し、その手順を以下に説明する。

- ①. 事前に実施した三次元弾性解析結果から、切羽距離 L における計測断面に発生するせん断ひずみの最大値を求める。
- ②. 相対変位量により求めた最終収束値 U_1 に対応する切羽距離 L_1 を求める。
- ③. 初期値測定時のトンネル切羽距離 L_0 を考慮して、絶対変位量である最終収束値 U_c に対応する切羽距離 $L_c (=L_0+L_1)$ を計算する。

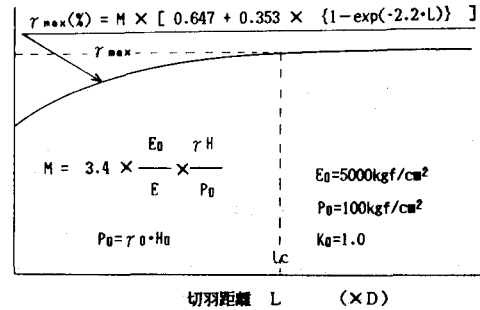


図-3. 最大せん断ひずみ γ_{max} の評価

- ④. トンネル計測断面におけるの巨視的な弾性係数 E 、単位体積重量 γ 、土被り高 H を入力して、①で実施した弾性解析結果である $L-\gamma_{max}$ 対応式の倍率 M を計算し、最大せん断ひずみ γ_{max} を簡易的に求める。

ここで問題となるのが、計測断面に関する限界ひずみの推定方法と、 $L-\gamma_{max}$ 対応式の比例計算で入力するパラメータ E 、 γ 、 H の決定方法である。限界ひずみに関しては、一軸圧縮強度や弾性波速度から簡易的に推定し、将来的にはエキスパートシステムによる判定を目標としている。また、トンネル計測断面の巨視的な弾性係数 E については、限界ひずみと同様に、弾性波速度から推定する方法とデータベースからの推定方法とがある。また、単位体積重量 γ と土被り高 H については設計調査段階の値を用いている。

現場にて簡便に、かつ効率の良い施工管理を実施するためには、トンネル地山の挙動に応じた対応策を分類すべきである。そこで、表-1に示すように『4段階の管理レベル』を設定し、その各々のレベル判定は、あらかじめ入力あるいは推定したトンネル地山の『限界ひずみ』 ϵ_{lim} と、上記の手順で計測結果から評価した『最大せん断ひずみ』 γ_{max} との比較により自動的に行うものとした。なお、この比較は、桜井教授により安全側の評価であることが示されている²⁾。

LEVEL-1: $\gamma_{max} < \epsilon_{lim} \times 0.8$

LEVEL-2: $\epsilon_{lim} > \gamma_{max} \geq \epsilon_{lim} \times 0.8$

LEVEL-3: $\gamma_{max} > \epsilon_{lim}$

4. おわりに

表-1. 施工管理レベルと対応策

本施工管理システムは、トンネル地山の最大せん断ひずみを安全側の立場に立って評価し、簡便的に管理レベルを判定している。対話形式のマイコン処理が可能であるため現場に適している。しかし、

管理レベル	試 験	順 解 析	計 測	逆 解 析	予想解析	内 容
LEVEL-1			○			安全。日常の計測管理の実施。
LEVEL-2			○	○		現状支保パターンの適否検討。
LEVEL-3			○	○	○	次断面の計測管理値の推測。
LEVEL-4	○	○	○	○	○	設計変更の必要性の検討。

適用範囲は弾性状態と仮定できる地山に限られ、技術者が経験や観察結果を踏まえた上で、判断資料を供給するために利用すべきである。今後は、このシステムの現場適用と適用範囲の拡張を行い、入力定数であるトンネル地山の物性値(限界ひずみ ϵ_{lim} 、弾性係数 E 、単位体積重量 γ 、収束係数 f)の評価精度の向上に努め、岩種や弾性波速度等により施工管理レベルが判断できるデータベースの構築を目指したい。

【参考文献】1). トンネルの地質調査と岩盤計測, 土木学会, PP.92~96.

2). 桜井春輔: トンネル工事における変位計測結果の評価法, 土木学会論文報告集, 第317号, 1982.1.