

III-371

NATMにおける管理基準値と予測値の設定法とその適用例

近畿日本鉄道㈱	技術研究所	正会員	後久義昭
"	東大阪線営業準備局	正会員	河合綱昌
"	"	正会員	沢田守生
全日本コンサルタント㈱			佐藤隆一
大日本土木㈱	技術室第一技術課	正会員	〇片岡昌裕

1. まえがき

NATMの施工において、計測結果を設計、施工にフィードバックするためには、合理的な管理基準値の設定や精度の高い予測が必要である。現在、管理基準値の設定方法としては、2、3提案されているが、今回新たに実用的で運用しやすい管理法として、吹き付けコンクリートやロックボルトなどの支保部材に発生する応力に着目した変位管理基準値の設定方法、および未施工部分の掘削後の挙動を把握するための予測手法について提案し、実際のトンネルにおける適用例について述べる。

2. 管理基準値、予測値の設定方法

今回新に提案する方法は、トンネル掘削により発生する支保部材の応力を有限要素解析により求め、支保部材の許容応力度、設計基準強度（または降伏応力度）に対応するトンネル内空変位をそれぞれ許容変位量、限界変位量として2段階の管理基準値を設定した。図-1に管理基準値の概念図を示す。図-1において、計測値が許容変位以下ならば支保部材は安全であり、許容変位を越え、限界変位量以内ならば、トンネル掘削時に注意や必要に応じて対策を要し、限界変位量を越えれば大がかりな対策が必要になる。図-2に管理基準値の設定手順を示す。まず、計測変位量より有限要素法を用いて試行錯誤的に地山側圧係数（ K_0 ）を決定する。

次に、地山の変形係数（ ER ）を仮定し、有限要素解析を行なって支保部材応力（ σ ）、トンネル内空変位量（ U ）を算出する。仮定した ER 、算出した σ 、 U を図-3に示す直交座標軸上にプロットする。 ER を変更してこれらの作業をくりかえしてプロットされた点を結んで、 $\sigma-ER$ 曲線および $U-ER$ 曲線を作成する。一方、吹付コンクリートの許容応力度（ σ_a ）、設計基準強度（ σ_{cr} ）の値は材料特性から求められるので、これに対する許容変位量（ U_a ）、限界変位量（ U_{cr} ）を $\sigma-ER$ 曲線、 $U-ER$ 曲線から読み取ることによって管理基準値を決定する。

予測解析は、現場未施工部分に対して、トンネル掘削後の内空変位量、支保部材に発生する応力値を予測し、施工の安全性、妥当性の判断資料を提示することを目的として行なうものである。具体的には、計測値より逆解析¹⁾によって得られる地山側圧係数（ K_0 ）地山弾性係数（ ER ）を用いて、土被り厚をパラメータとして有限要素解析により変位、応力の予測を行なった。

3. 実際の工事への適用例と考察

ここで提案した管理基準値、予測値の妥当性を検討するため、近畿日本鉄道（株）東大阪線生駒トンネルに適用した。

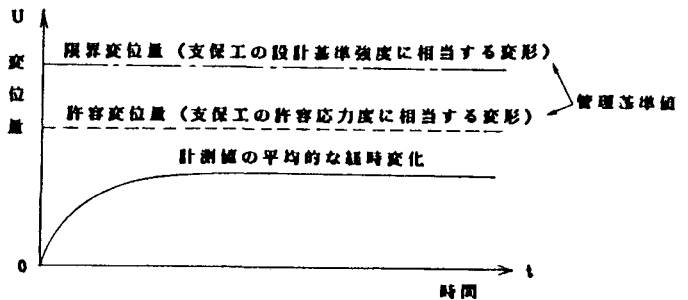


図-1 管理基準値の概念

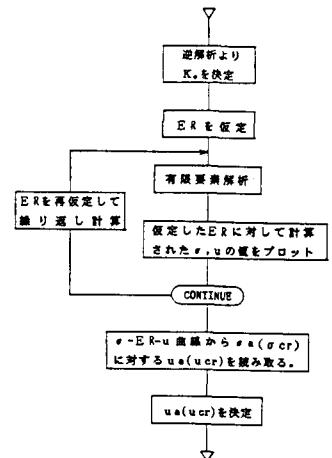


図-2 管理基準値の設定手順

本トンネルは、過去の施工実績より地盤を6つの支保パターンに分け、設計と施工が行なわれているが、そのうちのパターンⅢ、パターンⅣについての適用例を図-4、図-5について示す。これらの図において、実線は側壁変位量（水平内空変位量/2）の予測値、一点鎖線は限界側壁変位量、許容変位量を示し、また破線で囲まれた計測値は、ロックボルトの増し打ち、薬注などのなんらかの補強がなされた断面での計測値を示す。管理基準値については図-4、図-5より①限界変位量を越えた計測断面のすべてに補強工がなされている。②許容変位量以下で補強工がなされた断面はないことから、許容変位量、限界変位量という2段階に分けて示した管理基準値は、ほぼ妥当な値を示しているといえる。予測の精度については、パターンⅣ（図-5）では予測値と計測値は良く一致しているが、パターンⅢ（図-4）では、土被りが200m程度までは予測精度は良好であるが、それ以上になると地質の局所的な変化や地盤の非線形性などの影響により、計測値が予測値を上回る傾向が現われているとともに、ばらつきも大きくなっている。

4. おわりに

支保工の応力に着目した管理基準値の設定方法を提案し、実際のトンネル工事に適用した結果、その妥当性を確認することができた。しかしながら、本報告で示した方法には予測値の設定方法の改善、現場計測値が管理基準値を越えた時の適切な対策工の提案などの問題点が残されている。今後、多くのNATMの施工現場への適用や計測データの蓄積を通して、これらの問題点を改善し、実用的なNATMフィードバックシステムの確立をめざしたい。

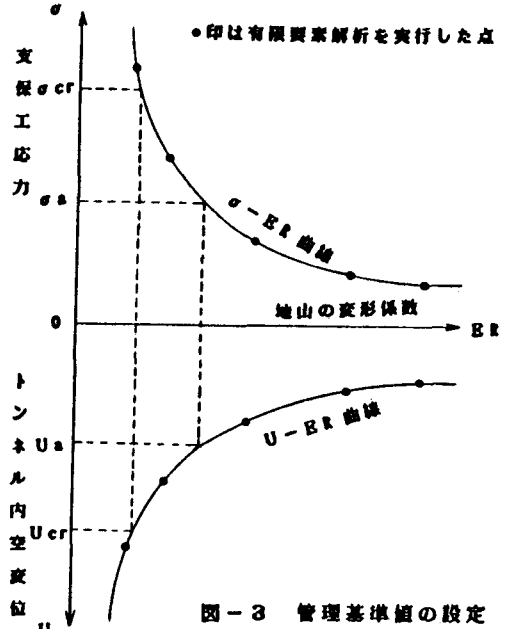


図-3 管理基準値の設定

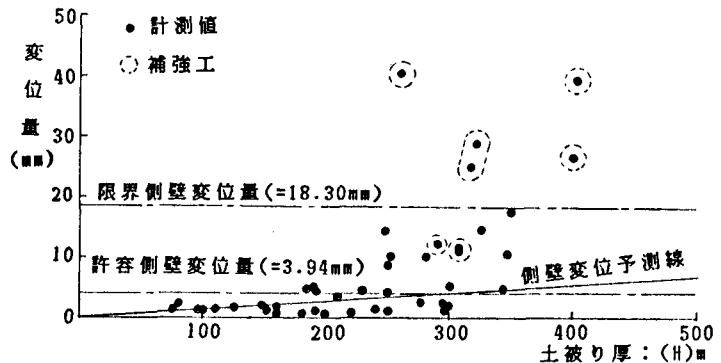


図-4 側壁変位量：計測値と予測値の比較（パターンⅢ）

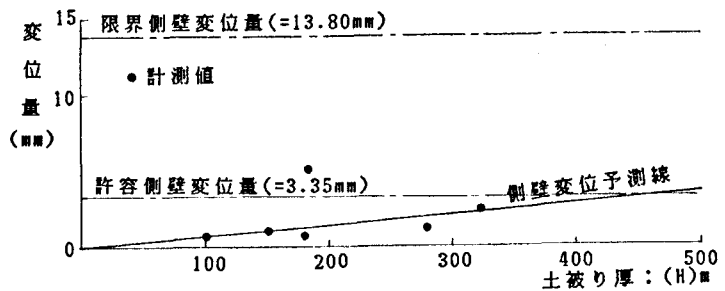


図-5 側壁変位量：計測値と予測値の比較（パターンⅣ）

（参考文献） 1）後久ほか “NATMトンネルにおける地山物性値逆解析の適用”

第41回土木学会年次大会