

VI-47 特性曲線法を用いた支保の評価について

佐藤工業（株） 正会員 金子 政史
正会員 前田 正一

1. はじめに

NA TMの静力学的基礎を構成している重要な理論根拠に特性曲線法の考え方がある。特性曲線は地山の応力解放と内空変位の釣り合い曲線であり、地山を周辺等圧で均一な特性を持つものとして力学的に求められるものである。この考え方は一般に概念的には理解され、よく定着している。しかし、実際にこの考え方がNA TMの支保パターン設計、内空変位の予想などに十分に活用されているとは言い難い。

本報告では P. Eggerが特性曲線法を電算機プログラムとして実用化した、特性曲線法プログラム『CAVAN』を用いて合理的なNA TMの支保パターン設計の検討手法について考察するものである。

2. 特性曲線法の特徴

特性曲線法では地山の弾性挙動だけでなく、塑性変形をも考慮してトンネルの安定性を検討することができる。

CAVANでは塑性後の地山の残留強度について、内部摩擦角を変化させず、残留強度に関する係数（ κ ）と破壊後の挙動に関する係数（ ω ）を用いて示している。（図-1）

特性曲線法の実用においてはこれらの（ κ ）、（ ω ）を決定することが重要であるが、岩盤の割れ目の性状、連続性、間隔等を一つの物性で評価することは不可能であり、妥当な範囲で物性値を変化させて複数の特性曲線で評価する必要がある。

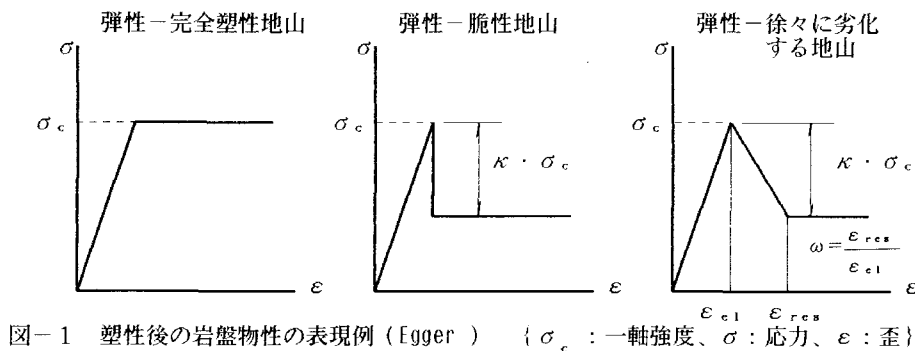


図-1 塑性後の岩盤物性の表現例（Egger）（ σ_c ：一軸強度、 σ ：応力、 ε ：歪）

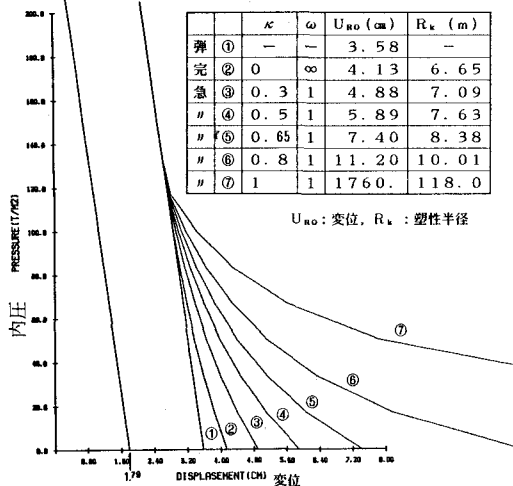
3. 残留強度係数（ κ ）と破壊挙動係数（ ω ）の検討

CAVANを使用して、地山特性による変位の相違を具体的な計算条件で示す。

計算条件は以下の通りであり、一般的な道路トンネルを想定した。

掘削半径 $R = 5.5\text{m}$
弾性係数 $E = 10.000\text{kgf/cm}^2$
ポアソン比 $\nu = 0.3$
初期地圧 $P_0 = 50\text{kgf/cm}^2$ （土被り=200m、密度=2.5）
内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$
粘着力 $c = 15\text{kgf/cm}^2$ （一軸強度=50kgf/cm²）

図-2 地山特性による変位の相違



残留強度係数(κ)を1に近づけると内空変位も弾塑性境界半径も大きくなる傾向を持ち、支保反力が0では正常な特性曲線が描けなくなり、実用的には使用困難な状態となる。

4. 特性曲線を使った支保の評価

支保の評価を支保耐圧と地山の特性曲線の関係から行う方法が考えられる。

具体的な支保の評価方法としては、設計の支保の支保耐圧を計算し、地山の残留強度係数(κ)と破壊挙動係数(ω)を変化させて求めた特性曲線にプロットすることによって適正な支保の範囲を示し、評価することによるものである。前記の道路トンネルの条件で、道路公団の標準支保パターンの検討を行ってみる。

標準支保パターンの支保耐圧を求め、道路トンネルの特性曲線に書き入れると図-3となり、各々の支保パターンの支保耐圧に対応した最終変位量が求められる。図-4に支保パターン別の残留強度係数(κ)と変位の関係を示す。変位は最終変位量(U_t)を掘削が切羽に到達した時点の初期変位(U_f)で除した値で示した。この場合、切羽の変位量を弾性範囲で、解放率を50%として計算した。

グラフより、地山の劣化が進むと各支保パターンで変位が急激に増加する傾向が明らかである。また、地山が完全塑性する範囲では変位が支保の種類にあまり影響されず近似した値を示しているのに対し、地山の劣化が進んだ範囲では支保の柔剛が大きく影響して変位量が大きな幅で異なってくるのがわかる。

このようなグラフを作成すれば、内空変位の測定結果と、グラフ上の変位との支保パターンの関係を検討することにより、トンネル周辺地山の劣化状況の推定を行うことが可能になる。

実施工では、これらの手法を用いて計測結果を施工へフィードバックすることにより合理的な支保の評価が行える。また、この特性曲線法を用いた支保の評価方法は容易で迅速である。

4. おわりに

支保の設計を特性曲線法を用いて行う場合、計算を繰り返すことにより塑性後の状態を適切に判断することに加え、次の点を考慮して実情に近付ける必要がある。

○掘削時、支保施工時の地山の応力解放率。○支保反力の上限值。(実測値では一次覆工と地山のコンタクト圧は2~3 kgf/cmが通常の上限)○吹付コンクリートの経時的な強度増加とクリープを伴う変形特性の設定。(掘削進行を想定した解析を行う必要がある)

その他、鋼製支保工を考慮する場合に吹付コンクリートの剛性の違いによる分担率の違いから、鋼製支保工の応力負担が大きくなり、支保工の座屈が吹付コンクリートと同時に起こる傾向を持っている点や、ロックボルトの評価では、不明瞭な地山改良効果を導入しない点などの経験的な事柄に留意する必要がある。

参考文献 P. GETA 特性曲線法の利用に関する報告 トンネル技術協会 海峡連絡線の技術に関する文献調査報告書 昭和62年

西野治彦 矢田敏 特性曲線法によるNATMの施工管理について 土木学会第41回年次学術講演会

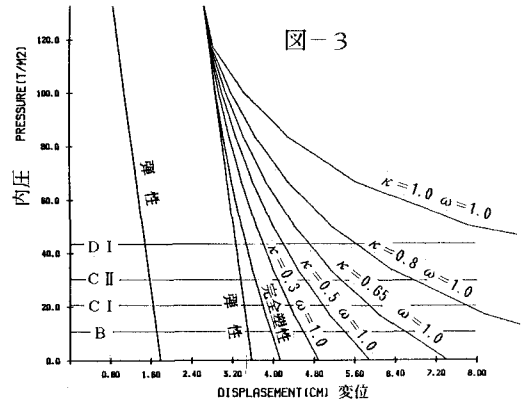


図-3 支保パターン別の(κ)と変位の関係

