

福井大学工学部 正会員 荒井克彦
 中央復建コンサルタンツ(株) 片桐貴文
 京都大学工学部 谷本親伯

1. まえびき：地盤の不均一性、切羽進行速度による時間的制約などにより、計画結果を施工における意思決定に迅速にフィードバックする情報化施工がトンネル工事では適用しにくく、計画結果の直接的利用はなされておらず現状のようである。著者は先ん、トンネル内空変位の計測結果から、周辺地山の平均的変形係数と強度定数を推定する手法を提案している。¹⁾ この手法に基づき、内空変位の計測を通じて、各掘削段階での支保パターン（吹付コンクリート、ロックボルト、鋼支保工の組合わせ）を合理的に決定する方法を検討する。とりあえず硬岩盤でのNATMを想定する。

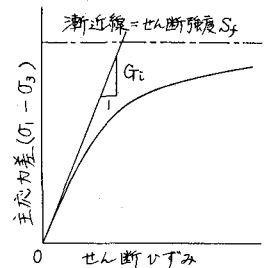


図-1 地山応力-変形関係

2. 地山物性定数の推定¹⁾：トンネル掘削を軸対称状態で扱う。地山の応力-変形関係と図-1に示す双曲線と仮定し、初期接線弾性係数 G_c とせん断強度 S_d を求める。観測データとして、掘削段階にわたる内空変位が逐次的に与えられるとする。

3. 支保決定問題の定式化：図-2に示す多段決定過程モデルを用いて、支保決定問題を定式化する。²⁾ 制約条件として次のものを考える。i) 切羽付近の主応力差が地山強度より小さい、ii) 各掘削段階で生じる地山最大せん断応力が地山強度より小さい、iii) 吹付コンクリート応力がその強度より小さい、iv) ロックボルト応力がその強度より小さい。これらの制約条件を備えたうえで、全掘削段階での総重量を最小にする、各掘削段階の支保を決定すればよいことになる。この問題を厳密に解くことが困難なので、近似的な解を得ることを試みる。

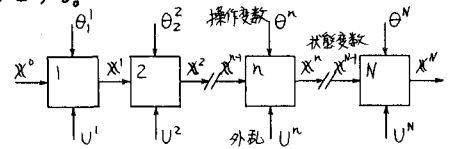


図-2 多段決定過程モデル

4. 計算例：福知山線第2名塩トンネル工事を例とする。過去の工事実績から、図-3に示す5種類の支保パターンを考える。各支保パターンの施工単価、1掘進長サイクルタイムを図-4、5のように仮定する。

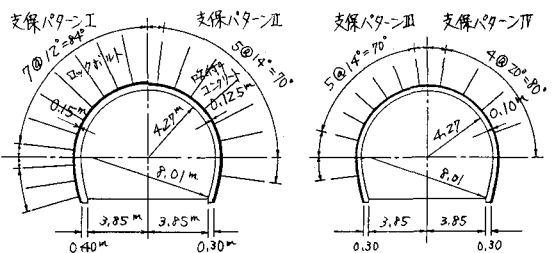


図-3 支保パターン

物性定数が図-7で与えられる地山を掘削する場合を考える。これらの物性定数は施工前に知られていない。当初は適切な支保が不明なので、とりあえず図-3の支保パターンⅡで3段階掘削し、各段階の内空変位を観測する。この観測内空変位に基づいて、前述の地山物性定数推定を行うと図-6に示す結果が得られる。この物性

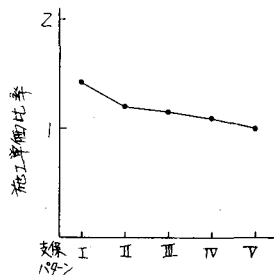


図-4 支保の施工単価

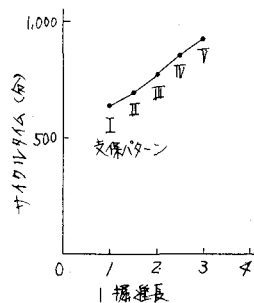


図-5 1掘進長サイクルタイム

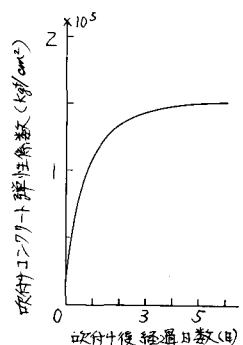


図-6 弾性係数(吹付工後)

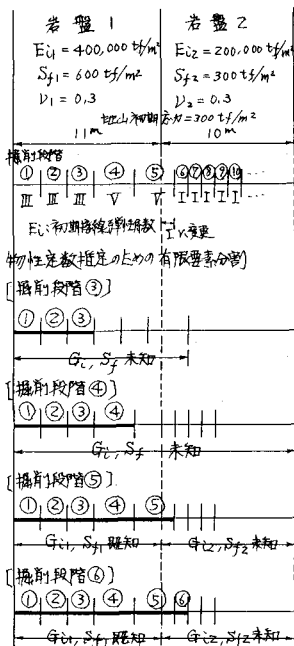


図-7 施工結果

定数値を用いて、

各支保パターン

を用いた場合

について、図-9

に示す10段階の

掘削を行ったと

すると、切羽付

近主応力差、地

山最大せん断応

力、内空変位

について図-10、11

に示す結果が得られる。本報りモデルでは、切羽付近主応力差、地山せん断

応力を支保決定基準として利用し、コンクリート弾

性係数の変化を図-6のよう

に仮定し、内空変位から吹付

コンクリート応力、安全率、

ロックボルト応力を求めた結

果を図-12、13に示す。図-4と

図-13から、制約条件に満す最

も経済的な支保パターンは、図-7の掘削

段階4で採用する。掘削段階4で得られる観測内空変位から地山物性定数を

逆算すると図-10の結果を得るから、掘削段階5でも支保パターンAを採用する。このよう

な手順で施工を進め

た結果を図-7に示す。

5. あとがき：図-11に示したように、支保が簡単になると内空変位は大きくなる

が、地山せん断応力はむしろ逆の傾向である。このため、支保決定基準が吹付コンクリート応力やロックボ

ルト応力となり、地山強度より地山変形係数を把握する方法重要になる。ただし、地山強度が得られれば、安全性

に関する1つの目安としては利用できる。数値計算は京都大学・名古屋大学大型計算機センターを利用した。

参考文献：1) 荒井片瀬(1974)土質工学会論文報告集, Vol.24, No.2, 2) 荒井(1975)土木学会論文報告集, No.236

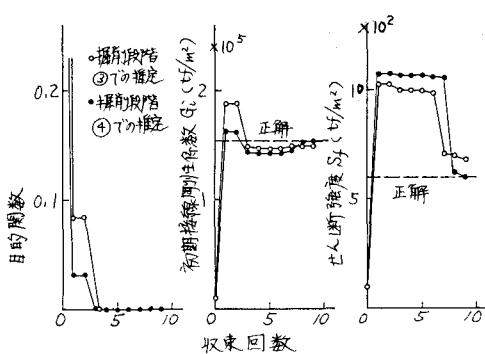


図-8 地山物性定数の推定

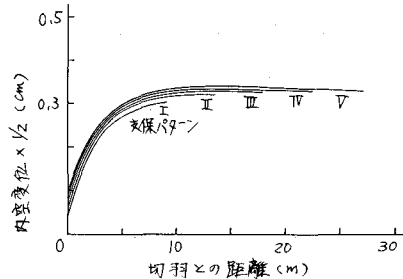


図-10 内空変位計算結果

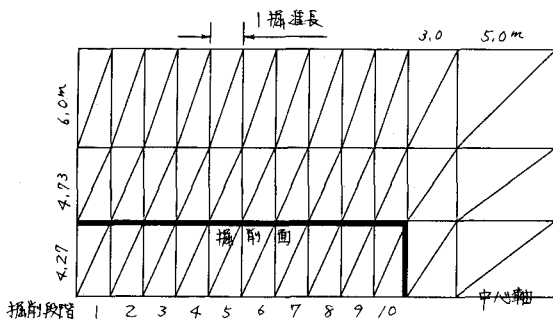


図-9 トンネル掘削を表す有限要素分割

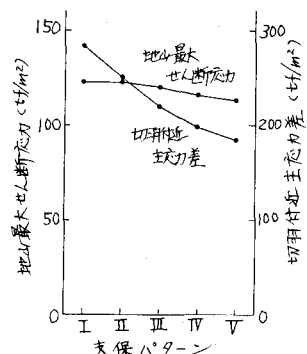


図-11 地山せん断応力計算結果

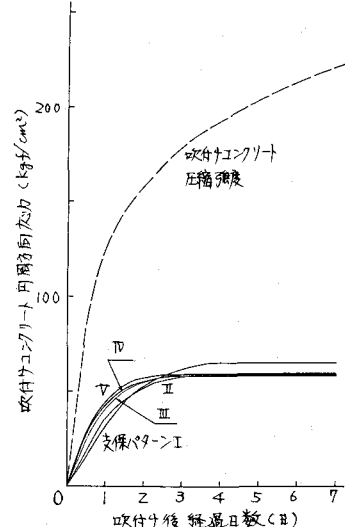


図-12 吹付コンクリート応力計算結果

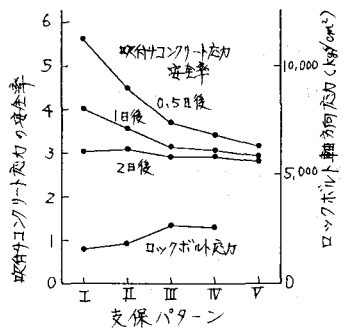


図-13 吹付コンクリート応力安全率化