

フジタ工業(株)・技術研究所 正 員 ○ 大 倉 吉 雅
同 上 正 員 石 井 武 美
同 上 正 員 鎌 田 正 孝

§ 1. はじめに

NATM工事の増加に伴い、様々な計測が実施されるようになってきた。しかし、トンネル地山の有する不確定性により、実際の挙動が明らかとならない部分が多くある。そこで、計測結果から地山物性等を求めようとする逆解析手法が現在頻繁に実施されている。例えば、NATM計測で実施される内空変位測定や、地中変位測定の結果から、トンネル地山の初期応力や、弾性係数を巨視的に評価する"直接逆解析法"¹⁾²⁾は、実務レベルで用いられているようである。

そこで、計測結果によりロックボルトを省略し、NATM施工されたトンネルで得られたロックボルトありとロックボルトなしの場合の計測結果に基づき、逆解析を実施しロックボルトの支保効果について考察する。

§ 2. 逆解析によるNATM支保領域の等価弾性評価

本報告で用いた逆解析手法は、天端沈下測定結果と水平コンバージェンス測定結果とをインプットすれば、トンネル地山の巨視的な初期応力とNATM支保による地山の等価弾性係数が求まるものである。そして、図-1に示すように、ロックボルトありとロックボルトなしの支保パターンにおいて、この逆解析を実施した。尚、岩石試料力学試験を実施して得られた材料定数を表-1に示す。また、表-2にパターン(A)とパターン(B)の中で地質が等しく、土被りもほぼ等しい地点で得られた計測結果を示す。

以下に、逆解析により得られたNATM支保領域の等価弾性係数と地山試料力学試験から求めた弾性係数とを比較し、ロックボルト支保効果について考察する。解析手順としては、パターン(A)とパターン(B)で得られた天端沈下量と水平コンバージェンス量に基づいた逆解析を行い、トンネル地山の初期応力とNATM施工による支保領域の等価弾性係数を求める。尚、逆解析では、地山を等方等質の弾性体と仮定し、初期応力の中で垂直応力 σ_v は、単位体積重量 $\gamma \times$ 土被り高 h と仮定した。図-2に、解析に用いた解析モデルを示す。

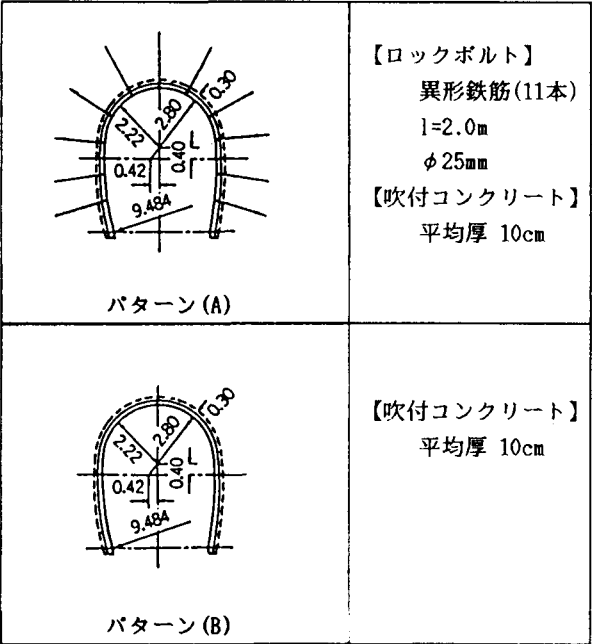


図-1. 支保パターン

表-2. 計測結果

表-1. 材料定数

単位体積重量 γ (tf/m ³)	2.5
弾性係数 E (kgf/cm ²)	10,000
ポアソン比 ν	0.27
粘着力 C (kgf/cm ²)	280.0
内部摩擦角 ϕ (°)	46.0

	パターン(A)	パターン(B)
土被り高 h (m)	50.0	50.0
天端沈下量 δ (mm)	1.0	2.0
水平コンバージェンス量 v (mm)	2.13	5.50

§ 3. 逆解析の適用法について

表-3に、パターン (A)・(B)における逆解析で得られた巨視的な地山の初期応力とNATM支保領域の等価弾性係数を示す。等価弾性係数とは、図-2に示すように、ロックボルトや吹付コンクリートの剛性も含めた素掘りのトンネルに置き換えた場合の地山の剛性を評価した値である。表-3から判るようにパターン(A)ではロックボルト支保効果によるトンネル地山の剛性向上が顕著に現れ、ロックボルトを省略したパターン(B)に比べてNATM支保領域の等価弾性係数は約1.6倍となっている。また、表-1に示す地山試料力学試験結果から、このトンネル地山は硬岩地山と判断できるが、パターン(A)とパターン(B)で得られた逆解析結果から、実際にはやや不連続性が発達しており、ロックボルトによるクラックの閉合作用が有効に働いていると推定できる。このことは、ロックボルト支保効果の定量的な評価を与えるものであり、今後のNATMトンネルの設計に役立つものと考ええる。初期応力については、垂直応力 σ_v を $\gamma \times h$ と仮定しているため、パターン(A)・(B)の差はないが、拘束圧係数 K_0 については、パターン(A)の方が小さな値となっている。これは、ロックボルトの剛性が地山に影響しているためであり、ロックボルト支保領域の剛性向上の結果と判断できる。

この逆解析手法により、天端沈下量と水平コンバージェンス量のみからロックボルト支保効果を定量的に評価するには適切でないかも知れない。しかし、簡単な計測ですぐに計算できる手法としては、有効であると思われる。そして、この逆解析で得られた等価弾性係数を計測断面毎に求め、この等価弾性係数により計測管理を行うことができる。すなわち、設計段階で決められた支保パターン(ロックボルト)に対して、計測より、ロックボルト本数の増減を判断する際に、計測値から求まった等価弾性係数の値が判断の目安となる。初期応力については、天端沈下量と水平コンバージェンス量のみで求めるには、問題があると思われるが、地山の拘束圧係数 $K_0(= \sigma_h / \sigma_v)$ を求めるためには有効であると思われる。

§ 4. おわりに

NATMで施工されるトンネルでは、必ず計測が実施される。そして、このような逆解析を行うことにより、ロックボルトの支保効果が定量的に把握できると思われる。また、NATM支保による地山で、提案した方法で等価弾性係数を求めることは、計測管理のために有効であり、設計の検討のための資料となると思われる。

今後も、NATM施工現場で得られる計測結果を基にして逆解析を実施し、NATM支保効果を定量的に把握していきたい。

参考文献

1) . 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.
2) . 桜井春輔・武内邦文：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法，土木学会論文報告集，第337号，1983.9.

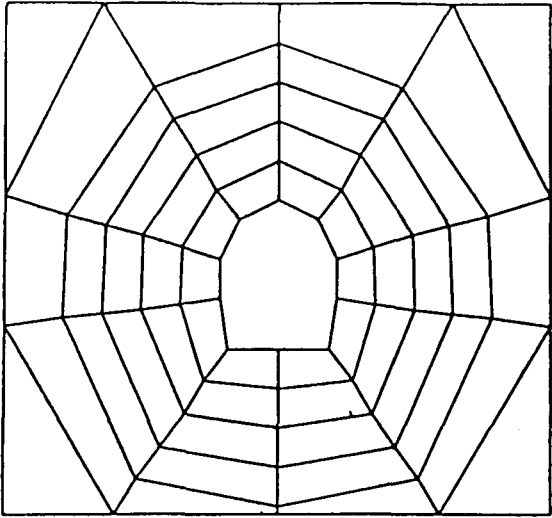


図-2. 解析モデル

表-3. 逆解析結果

		パターン(A)	パターン(B)
初期応力 (kgf/cm ²)	σ_h	8.0	12.0
	σ_v	12.5	12.5
拘束圧係数 K_0		0.64	0.96
弾性係数 (kgf/cm ²)		27,000	16,800