

III-113

ミニベンチ工法（急速施工）の支保機能に関する一考察

戸田建設(株) 正会員 岡村 光政

戸田建設(株) 正会員 内藤 将史

戸田建設(株) 正会員 中村 隆浩

はじめに

作業箇所の集約化と急速施工を狙いとして、近年、ミニベンチ工法（以下MB工法と記す）の施工実績が増えている。MB工法では、従来の上半工法に比べて断面の解放時期が早く、掘進速度も速いことから、支保の選定を誤ると過大な変位を生じさせる懸念がある。

ここでは、特にその適用性に問題のある低速度帯の地山における支保のあり方について、支保機能の発現時期という観点から考察を加えるものである。

1. MB工法の適用性と支保パターン

MB工法に関わる基準は未整備であり、通常、掘削工法のみを変更して、支保等の他の項目は上半工法の標準パターンに準じて施工される。日本道路公団の最近の調査結果¹⁾では、上半工法に比べて1ランク重い支保が採用される傾向にあると報告されている。

表1は変成岩類における当社の施工事例であるが、採用した支保パターンと低速度帯の規模に応じて変状

の有無が分かれている。遭遇する低速度帯の幅が3 m程度であれば、ベンチ長3 mのMB工法でもC IIパターンの施工によって変状発生はなく、D Iパターンの場合は6 m程度までの低速度帯の施工が変状なく可能であった。

このような低速度帯でのMB工法の適用性は、支保の軽重の他、応力の解放率に関係するベンチ長さの調整で高められるのが一般的であるといえる。

2. 支保機能の検討

2. 1 支保機能の発現性能に関する概念

通常、鋼製支保工を除いた、吹付けコンクリートなどの支保部材は、その機能発現までにある程度の時間を要する。

図1は、MB工法と上半工法でのトンネル変位と支保部材の強度発現性能の経時変化を概念的に示したものである。

切羽進行に伴う掘削断面の解放率が大きく、掘進速度も速いMB工法では、上半工法に比べて、同一の支保強度に対しより大きな応力場におかれる可能性があるといえる。逆に同一の応力場において支保の強度発現が異なれば、当然その機能にも差が生じることが予想される。

2. 2 解析的検討

(1) 解析条件

上記のことを勘案し、特に低速度帯でのMB工法の支保効果を検討するために、以下のケースについて解析を行った。

- ① 標準パターン（D Iを想定）に準拠する場合、② 支保の増量を行う場合、③ 標準パターンで支保機能の即効性をもたせる場合

表-1 低速度帯（変成岩類）における施工事例

掘削工法	パターン	坑内弾性波速度 (km/sec)	低速度帯幅 (m)	変状
ミニベンチ	C I	2.1	5	有
	C II	2.1~2.8	8~17	
	D I	1.0	17	
	C II	1.5	3	無
	D I	1.5	6	
上半工法	D I	2.8~2.9	6~10	無

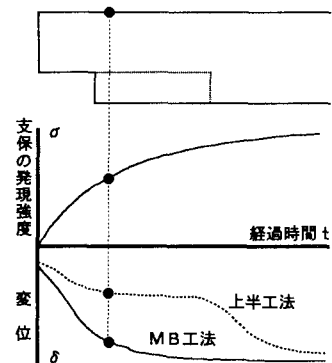


図-1 トンネル変位と支保強度の関係概念

解析は、MB工法が全断面掘削に近い状況で施工されるため、円孔周辺の応力場の問題に理想化し、地盤モデルとして変形係数を 5000 kgf/cm^2 、ポアソン比を0.3に設定した。また、初期地圧 40 kgf/cm^2 の100%を荷重として作用させ、側圧係数は0.75とした。掘削半径は5.45 mである。

支保部材のうち、鋼製支保工は掘進長1 mに対し等価な断面を有する部材に置き換えた。また、ロックボルトは①、②のケースで 1750 kgf/cm^2 の軸力を、③のケースで 2500 kgf/cm^2 の軸力の発生を想定し、それと同等の応力がトンネル壁面に内圧効果として作用すると仮定した。一次覆工コンクリート（通常は吹付け）のヤング係数は、若材令時を対象とし、①、②では既往のデータ²⁾を参考にして 20000 kgf/cm^2 を、③ではさらに早強性が得られたと仮定して 50000 kgf/cm^2 を設定した。

また、各部材の支保効果を比較するために、地山の形状弾性歪エネルギーによる支保効率³⁾を合わせ求めることにした。表2に、解析条件の一覧を示す。

(2) 解析結果

表3に、スプリング位置での変位に関する計算結果を、表4には各ケースの支保部材の支保効率をまとめている。表4中の括弧内の数字は、標準パターンを基準にした場合の他のケースの支保効率の割合を示している。

上半工法で適用される標準パターンで、約37 mmの変位発生に対し、支保の増量を行った場合は約34 mm程度の変位となる。一方、標準パターンと支保の規模を変えず機能に即効性を持たせた場合は、約25 mmの変位となる。変位に関する抑制率は、支保の増量の場合約90%、機能の即効性の場合で約70%である。

また支保効率の改善という面で見ると、支保の増量を行うケースで5%、即効性を持たせるケースで約20%の改善率となっている。

2. 3 まとめ

今回の解析条件では、支保増量の程度にもよるが、施工的に従来用いられる支保構造を踏襲する場合、数量を増すことによる変位抑制を含めた支保効果の改善は、あまり多くを望めないことが分かる。一方、標準的な支保数量であっても、その機能に即効性が得られる場合は、比較的大きな支保機能の改善効果が得られる。特に一次覆工コンクリートのように、地山と密着一体化した支保部材の地山との相互作用は、支保部材の発現剛性による影響を大きく受けることが分かる。

以上、基本的な検討ではあるが、低速度帯におけるMB工法に関わる支保部材の所用性能として、支保機能の即効性を確保することが、その適用性拡大に有望であると言える。

おわりに

NATMに適用される支保部材は、従来の上半工法を対象に標準化されており、今後、施工法に応じたより合理的な支保構造の開発が必要であろう。機能の即効性という観点も、MB工法に限らず、急速施工においては重要な開発課題であると思われる。

（参考文献） 1）日永田 他「山岳トンネルにおける掘削工法と切羽評価の現状について」平成4年度応用地質学会

2）吉田 他「高炉セメントを用いた吹付けコンクリートの諸性質について」第39回土木学会年次講演概要集、1984

3）松本 他「トンネルの設計理論」構造工学研究所、1992、2

表-2 解析条件

CASE	一次覆工		ロックボルト		鋼製支保工
	厚さ (cm)	ヤング係数 (kgf/cm ²)	本数	発生応力 (kgf/cm ²)	
① 標準	15	20000	30	1750	H-125
② 支保増量	20	20000	36	1750	H-125
③ 標準即効性	15	50000	30	2500	H-125

表-3 スプリング部の変位

CASE	変位 (mm)	変位 抑制率
① 標準	36.6	1.00
② 支保増量	33.7	0.92
③ 標準即効性	24.8	0.68

表-4 支保効率（スプリング壁面）

CASE	支 保 部 材			全支保
	一次覆工	ロックボルト	鋼製支保工	
① 標準	0.352 (1.00)	0.204 (1.00)	0.529 (1.00)	0.668 (1.00)
② 支保増量	0.406 (1.15)	0.223 (1.09)	0.529 (1.00)	0.704 (1.05)
③ 標準即効性	0.556 (1.56)	0.244 (1.20)	0.529 (1.00)	0.806 (1.21)