

### III-224 ロックボルトの施工効果についての一考察

(株) 熊谷組 技術研究所 正員 大塚 本夫  
同 上 正員 上野 正高  
同 上 正員 郡 常雄

#### 1 はじめに

ロックボルトはNATMにおける重要な支保メンバーであり、この工法の普及とともにロックボルトの施工効果も様々な角度から検討されているが、今回は次の3つの施工効果を取り上げこれをモデル化することにより構造力学的にボルト打設前と打設後では、どの程度の施工効果が期待できるかについて一考察を加えるものとする。

- (1)、ロックボルトの引板抵抗による内圧効果
- (2)、放射状に配置されたロックボルトによるグラウンドアーチとしての地盤改良効果
- (3)、吹付けコンクリートと地山を密着させることによる拘束力のせん断抵抗効果

#### 2 施工効果のモデル化

モデル1；吹付けコンクリートのみの場合で、地山は泥岩で地盤反力係数は $10 \text{ kg/cm}^3$ と仮定する。

モデル2；ロックボルトの耐力を節点外力として、これを $P = 8 \text{ t}$ と仮定しボルト打設位置に地山方向へ作用させる。

モデル3；ロックボルトをシステムチックに打設する効果として、グラウンドアーチを形成しこれによる地盤の改良効果。つまりロックボルトを $1.2 \text{ m}$ ピッチで打つと仮定して、地山とロックボルトが吹付けコンクリートで拘束された合成部材と考え、新たな地盤反力係数は次の式で求める。

$$K = \frac{E}{30} = \frac{1}{30} \frac{A_1 E_1 + A_2 E_2}{A_1 + A_2} \quad (1)$$

但し  $E$ ；改良後の弾性係数

$A_1$ ；地山の面積  $100 \times 120 = 12000 \text{ cm}^2$

$A_2$ ；ロックボルトの断面積  $\pi/4 \times 2.4^2 = 4.52 \text{ cm}^2$

$E_1$ ；地山の弾性係数  $600 \text{ kg/cm}^2$  とする。

$E_2$ ；ロックボルトの弾性係数  $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

(1) 式より  $K = 46.3 \text{ kg/cm}^3$  となり モデル計算では  $K = 40 \text{ kg/cm}^3$  を用いる。

モデル4；せん断力の効果については、図-2のモデルで試行計算を行い、この結果よりせん断力の方向を定めこの方向に、ボルトの最終耐力を $20 \text{ t}$ としてこの $60\%$ の $12 \text{ t}$ と作用させる。

今、仮定として  $P_v < P_H$  とし  $P_v = 10 \text{ t}$ 、 $P_H = 12 \text{ t}$  の荷重と考える。

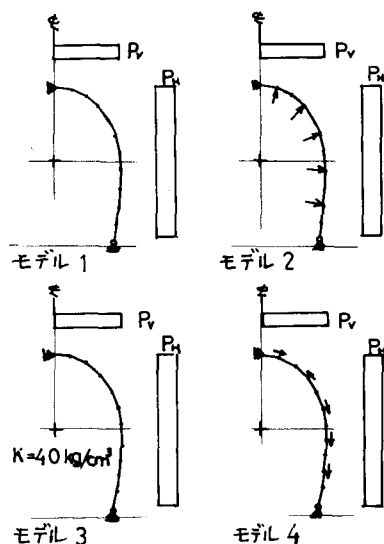


図-1

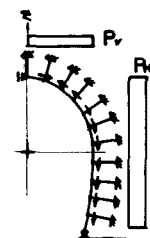


図-2

### 3 モデル解析

施工効果のモデル化にしたがって各モデルの計算を行うと以下ようになる。

$N$ : 軸力  $[t]$

$M$ : 曲げモーメント  $[t \cdot m]$

$\sigma_c$ : 圧縮応力  $[kg/cm^2]$

$\sigma_t$ : 引張応力  $[kg/cm^2]$

昭和厚は 20 cm とする。

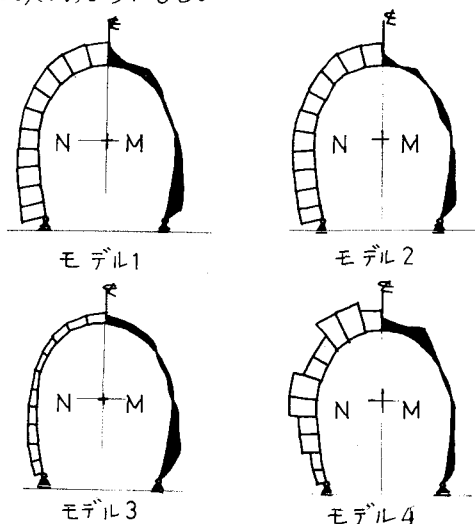


図-3 各モデルの解析結果

ロックボルトを打設しない場合、モデル1では、天端で最大曲げモーメントが生じているので、ここに注目し各モデルで比較検討する。

|            | モデル1  | モデル2 | モデル3 | モデル4 |
|------------|-------|------|------|------|
| $M$        | 5.0   | 3.9  | 2.5  | 3.85 |
| $N$        | 27.3  | 26.1 | 12.8 | 23.1 |
| $\sigma_c$ | 88.7  | 71.6 | 43.9 | 69.3 |
| $\sigma_t$ | 61.35 | 45.5 | 31.1 | 46.2 |

表-1 天端部の各モデルの断面力

そこで、これら2~4のモデルを合成したもので解析すると、図-4のような結果になる。これについて応力をチェックすると全て圧縮で  $7.9 kg/cm^2$  となる。

### 4 解の評価

ロックボルトの施工効果として、1) 内圧効果、2) 地盤改良効果、3) せん断力としての効果の3つとりあげ、これをモデル化し計算を行なった。各々の効果としては、表-1の如くであるが、これらを合成したモデルで計算すると圧縮応力のみとなり、ロックボルトの施工効果は極めて顕著に表われる。

現状では、ロックボルトの施工効果を正しく評価し、これを設計に織り込むことは難しいことではあるが、実際にはトンネル掘削において、とりわけNATMでは、その支保効果は大きくこれを定量的に把握し、設計の一助とすることは意味のあることかと思われる。

また、現在我が国には、老朽化して補修を必要とするトンネルや交通量の増加にともない拡張を必要とするトンネルも多く存在し、ロックボルトによる補強という方法もよく用いられており、こうした場合のロックボルトの施工効果を評価するのに役立つかと思われる。

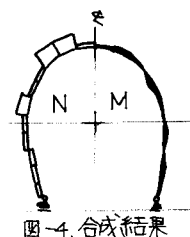


図-4 合成結果

### 参考文献

- ・トンネルと地下; vol. 9, no. 4, 1978, P53~P62 「ロックボルト入門」
- ・土木学会論文報告集 第277号・1978年9月 P95~P104 「ロックボルトの作用効果について」
- ・応用力学ポケットブック 山口 昇 著
- ・岩石力学入門 山口 梅太郎、西松 裕一 著