

面松建設(株) ○正員 古屋 満佐雄

" " 吉村 和夫

" " 桑田 俊男

1 序論

トンネル掘削後の壁面の安定にとって有効であるロックボルトを地山要素とバネによって結合された棒要素と仮定し、粘弾性モデルを用いた有限要素法による数値解析をおこなった。その作用効果について定性的に論じてきた。⁽¹⁾ その結果、地山の变形係数が小さく、ポアソン比の大きい地山に対して、ロックボルトが有効であることがわかったが、定量的な把握をするにはいたらなかった。

筆者らは、上記の条件を満たす地山として第三紀の泥岩を選び、この地山中に掘削されたトンネルに対してこの考えを適用し、同時に現場で実施した計測結果との対応をはかり、ロックボルトの作用効果について定量的な把握を試みた。その結果、ある程度良好な結果が得られたので、ここにその概要について報告する。

2 解析モデル

Fig 1 に示す粘弾性モデルの定数 G_1 , G_2 , C , Fig 2 に示すロックボルトと地山の間の結合バネ定数 K_H , K_V を決定するために、現場より採取した岩石の一軸クリープ試験、一軸圧縮試験およびトンネル壁面変形測定等をおこなった。その結果、表-1 に示す岩盤定数が得られた。

表-1 に示した岩盤定数を使い、初期応力状態が静水圧 $P_0 = 300 \text{ t/m}^2 (= 29.4 \times 10^4 \text{ Pa})$ である岩盤中に、半径 $a = 3.8 \text{ m}$ なる円形トンネル (Fig 3 参照) を掘削し、長さ $l = 5.0 \text{ m}$ のロックボルトを側壁部に2本、長さ $l = 2.0 \text{ m}$ のロックボルトを15°ピッチに22本打設したケースについて設計した。なお、吹付コンクリート ($t = 17.5 \text{ cm}$) はラーメン部材として扱い、ロックボルトと地山を結合するバネは三角形分布 (Fig 4) として扱い、計算をおこなった。

表1 地山の物性値

岩 質	泥 岩
単位体積重量	2.0 t/m^3
弾性係数	$1.65 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$ ($1.61 \times 10^{10} \text{ Pa}$)
ポアソン比	0.43
G_1	$1.73 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$ ($1.69 \times 10^{10} \text{ Pa}$)
G_2	$1.73 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$ ($1.69 \times 10^{10} \text{ Pa}$)
C	$1.73 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2 \text{ day}$ ($1.69 \times 10^{10} \text{ Pa/day}$)
K_H	$5.77 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$ ($5.65 \times 10^{10} \text{ Pa}$)
K_V	$1.65 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$ ($1.61 \times 10^{10} \text{ Pa}$)

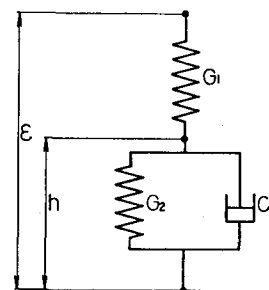


Fig-1 Visco-Elastic Model

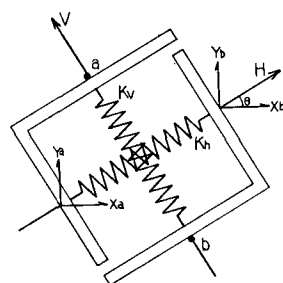


Fig-2 Linkage Element

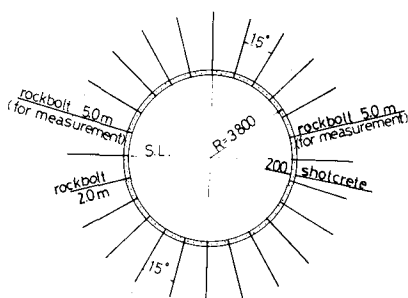


Fig 3 計測断面図

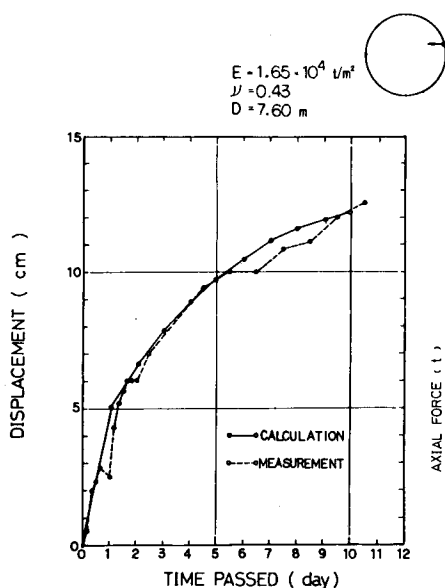


Fig. 5 壁面変位 - 経過日数

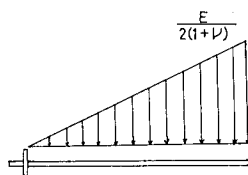


Fig. 4 地山とロックボルトを結合するバネ分布

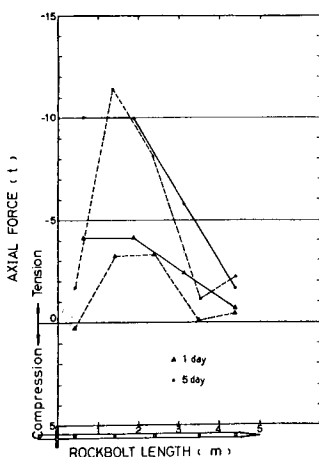


Fig. 6 ロックボルト軸力分布図

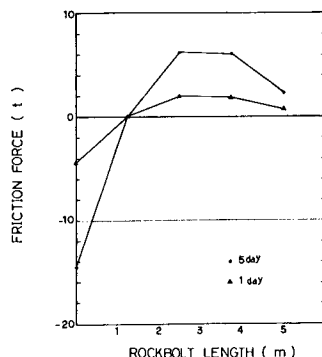


Fig. 7 ロックボルト付着力分布図

3 解析結果および計測結果

計算により得られたトンネル壁面変形結果と、計測により得られた変形結果を示したものがFig. 5である。Fig. 6は、計算により得られたロックボルト軸力分布と、計測により得られた軸力分布を比較したものである。これらの結果より、壁面の変形特性とロックボルトの軸力分布とは、ほぼ一致していることがわかる。Fig. 7は、計算により得られたロックボルトと地山の間の付着力の分布を示したものである。これより、日数の変化にもかかわらず、付着力の作用方向が変化する点は、一定であることが推察される。この特徴の工学的意味は、ロックボルトと吹付コンクリートの支保部材が充分な内圧効果をもっていたことに外ならない。

次に、吹付コンクリートだけで支保された場合の壁面変形量と、吹付コンクリートとロックボルトにより支保された場合の壁面変形量を比べると、前者の変形量が後者より 5mm 大きいことが知られた。すなわち、ロックボルトにより支保された場合の壁面変位の拘束効果は、5mm であり、吹付コンクリートによる壁面変位の拘束効果の約4%であることがわかった。

4 ロックボルトの設計について

粘弾性モデルを使い、ロックボルトと地山をバネによって結合することにより得られた計算結果と現場より得られた計測結果から、事前の調査を的確におこなうことにより、壁面の変形およびロックボルトの軸力分布の性状をある程度予想することが可能になった。しかしながら、ロックボルトによって支保された場合の壁面変位の拘束効果が5mmであることが得られたが(計算結果から)、これについての現場計測は実施していない。この拘束効果が現実的であってはいめてロックボルトの作用効果を考慮した設計が可能となると考える。今後は、ロックボルトによって支保された場合の変形の拘束効果について検討を加えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 桑田、吉村、古屋：ロックボルトの作用効果について、第34回土木学会年次学術講演会