

日本道路公団 仙台建設局 伊藤 惣三 島田 巖乃
応用地質 株式会社 近藤 達敏 土屋 浩

1 ま え が き

NATMのFEM解析においては、支保部材のモデル化とその物性値の設定が重要な課題になっている。吹付コンクリートに関しては、それが若材令の内に变形を受けることの影響、形状および厚さが不規則であることの影響等を考慮する必要がある。また、全面接着式ロックボルトに関しては、それとFEM解析断面とが3次元的な位置関係にあることを考慮する必要がある。

今回は筆者らの提案するモデルを用いて、吹付コンクリートとロックボルトが地山の変形を拘束する効果を試算した。

2 解 析 方 法

円形トンネルの4分の1円を図-1のようにモデル化した。円周方向を18等分した各線分上にロックボルト(長さ9m)を設定する。吹付コンクリート(厚さ20cm)は面要素で表現する。

トンネル切羽が進行することの影響は掘削相当外力を分割する方法¹⁾で表現した。応力解放率は切羽到達までに0.3、その後に0.7としている。

吹付コンクリートの弾性係数としては、室内試験結果(120×10³Kgf/cm²)に材令の影響²⁾と形状の影響³⁾を考慮して20×10³Kgf/cm²という値を採用した。この程度の値が妥当であることは折爪トンネル円形導坑における実測(図-2)によって確認されている。⁴⁾

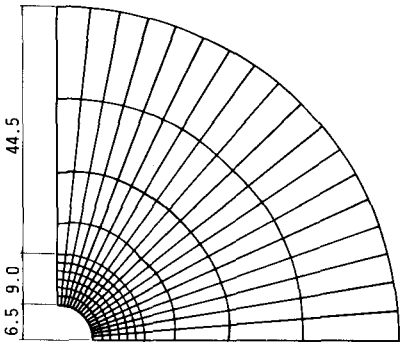


図-1 要素分割図

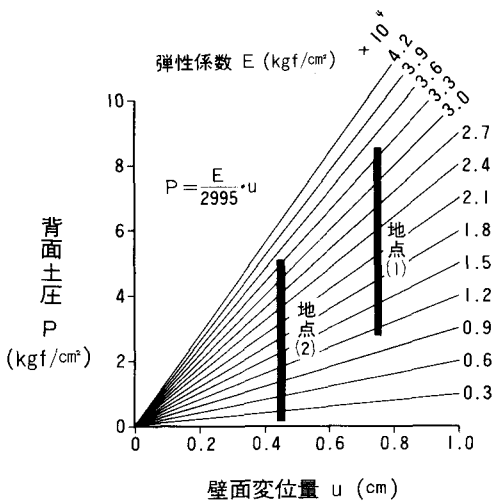


図-2 吹付コンクリートの等価弾性係数⁴⁾

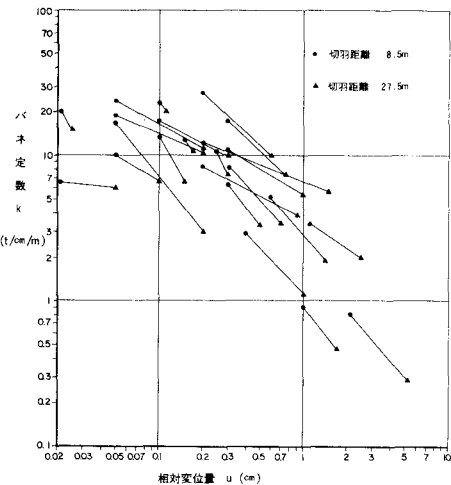


図-3 ロックボルト軸力測定結果の解析⁶⁾

全面接着式ロックボルトについては、ビーム要素モデル⁵⁾を使用し、地山とロックボルトとの間の拘束力を表わすバネ定数には、折爪トンネルにおけるロックボルト軸力測定結果の解析(図-3)から得られた値⁶⁾を採用した。

地山の弾性係数としては、折爪トンネルにおける地中変位測定結果から逆解析によって求めた 1800 Kgf/cm^2 という値⁷⁾を採用した。

3. 解析結果

FEM解析によるロックボルト軸力の深度分布を図-4に示した。軸力の深度分布はほぼ実測値の傾向を表わしている。

トンネル切羽が到達した後の地中変位量が、1次支保部材の導入によってどのような影響を受けるかを図-5に示した。素掘の場合を基準とすると、ロックボルトは変位を12%減少させている。また、吹付コンクリートは変位を32%減少させる効果がある。ロックボルトと吹付コンクリートを組合わせた1次支保の場合は、変位を38%減少させる効果を示している。

解析例はロックボルトの使用量が著しく多い場合に相当するが、それでもロックボルトの壁面変位低減効果は吹付コンクリートの1/3程度にとどまっている。今後はこのモデルを種々の地質・設計条件に適用し、一次支保の合理的な設計に役立てていきたい。

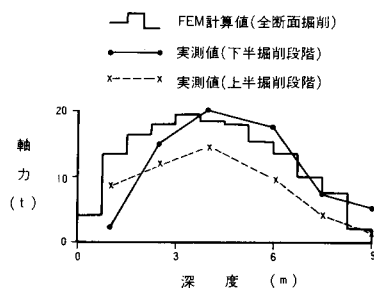


図-4 ロックボルト軸力

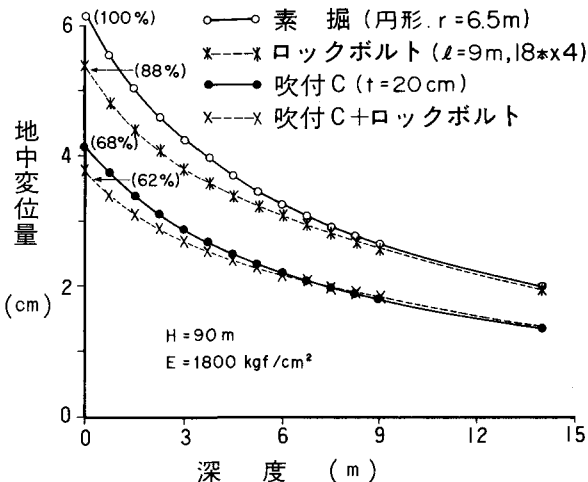


図-5 1次支保の壁面変位低減効果

参 考 文 献

- 1) 桜井春輔・蓮井昭則・近藤達敏：3次元的な掘削手順を考慮したトンネルの有限要素解析、土木学会第36回年次学術講演会、1981。
- 2) 近藤達敏・土屋 浩・岡部幸彦：NATMトンネルのFEM解析における吹付コンクリートの等価弾性係数、土木学会 第37回年次学術講演会、1982。
- 3) 進土正人・桜井春輔：トンネルにおける吹付コンクリートの等価弾性係数、土木学会 第15回岩盤力学に関するシンポジウム、1983。
- 4) 藤野 徹・須田 稔・井出節雄・近藤達敏・土屋 浩：折爪トンネル円形導坑における変位と土圧の測定結果、土木学会 第39回年次学術講演会、1984。
- 5) 近藤達敏・土屋 浩：ロックボルトの変位拘束効果を表わすビーム要素モデル、土質工学会 第17回土質工学研究発表会、1982。
- 6) 島田巖乃・近藤達敏・土屋 浩：折爪トンネルにおけるロックボルト軸力測定結果と地山のバネ定数、日本応用地質学会 昭和59年度研究発表会、1984。
- 7) 近藤達敏・土屋 浩：周辺地山との相互作用を考慮したロックボルトのモデルとその解析例、第6回岩の力学国内シンポジウム、1984。