

III-131

パイプルーフを施したトンネルの疑似三次元FEM解析について

フジタ工業（株） 正会員 ○田口善文
同 上 同 上 香川和夫

1. まえがき

土被りの薄い洪積砂層等において、NATMでのトンネルを施工する場合、地表沈下の抑制、切羽の安定性の向上のために各種の補助工法を用いることが多い。これらの補助工法の効果を数値解析的に検討する場合、補助工を施したトンネルの三次元解析は複雑な問題となる。そこで、この問題を簡略化するために二次元平面ひずみ状態を仮定したトンネル縦断方向断面に三次元効果と等価なバネを設けた疑似三次元解析手法を開発した¹⁾。本報告はこの二次元モデルを用いて、パイプルーフを施したトンネルの応力変形解析を行ない、三次元解析との比較および切羽進行に伴う地表沈下や切羽の安定性を検討したので報告する。

2. 解析モデルと解析手順

図-1、図-2に解析した三次元モデルおよび疑似三次元モデルの要素分割を示す。三次元モデルはトンネル径10m、土被り10mの円孔トンネルであり、トンネル直上にパイプルーフを設置した。パイプルーフは $\phi 216.3\text{mm}$ 、 $t=8.2\text{mm}$ のパイプを50cmピッチで 120° の範囲に設置した。この断面に対してパイプルーフの有り無しで逐次掘削解析を行ない、切羽進行に伴う地表沈下特性を求めた。一方、図-2に示す疑似三次元モ

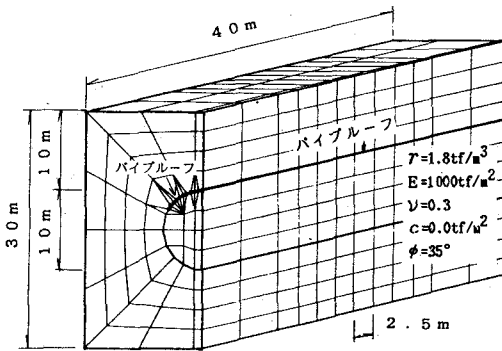


図-1 三次元モデル

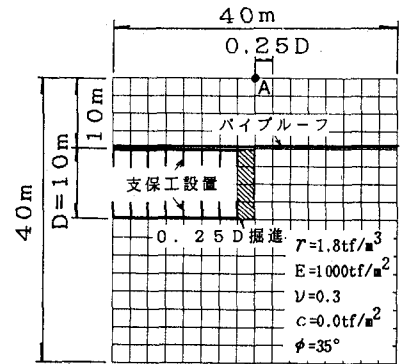


図-2 疑似三次元モデル

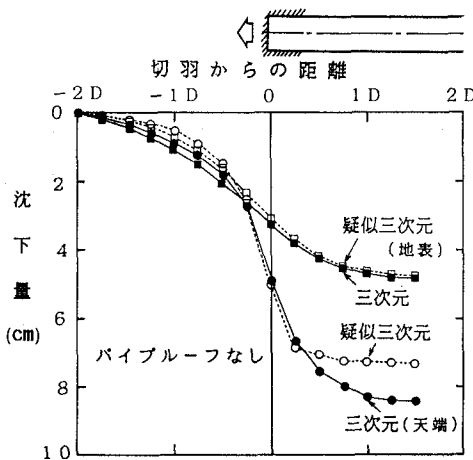


図-3 地表、天端沈下曲線（パイプなし）

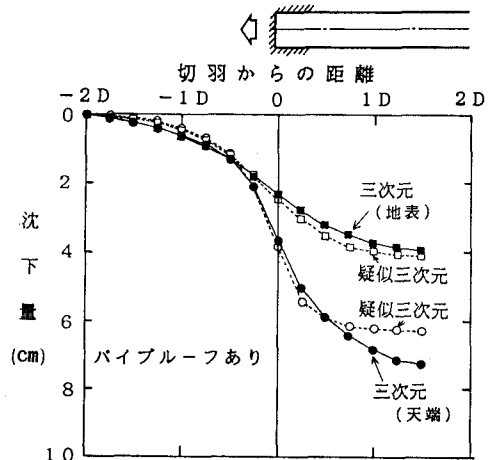


図-4 地表、天端沈下曲線（パイプあり）

デルに対しては、図-1のトンネルセンター縦断方向断面を平面ひずみ条件で表わしたものであり、三次元解析結果を逆解析することにより疑似三次元モデルの各パネ定数を決定した。そして、支保工およびパイプルーフを設置して2.5m毎の逐次掘削解析を行なった。このモデルは平面ひずみ条件であるので、パイプに対しては単位奥行当りの剛性に換算し、梁要素でモデル化した。

3. 三次元解析との比較

図-3にパイプルーフなし（支保工のみ）の場合の三次元解析および疑似三次元解析による切羽進行に伴う地表および天端沈下特性を示す。図中の●、■印は三次元解析結果であり、○、□印は疑似三次元モデルによる解析結果である。図から、三次元解析と疑似三次元解析の沈下曲線はほぼ一致し、当疑似三次元モデルにより三次元効果を比較的良好に表現することができる。図-4にパイプルーフを設置した時のそれを示す。図からパイプルーフ有りの場合でも沈下曲線はほぼ一致し、当疑似三次元モデルによりパイプルーフの効果を比較的良好に表現することができる。図-5はパイプルーフを設置した時に、モール・クーロンによる局所安全係数のコンターを三次元解析結果と比較したものである。この図から変形だけでなく切羽付近は応力的にもよりよい対応を示すことが分かる。

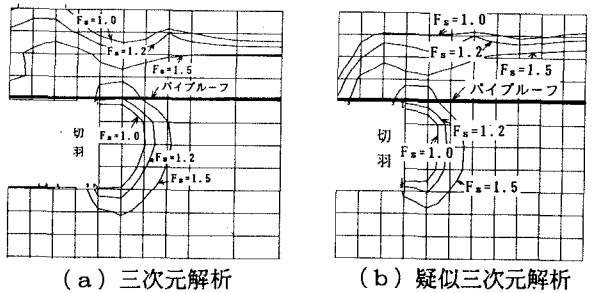


図-5 安全率のコンターの比較

4. パイプルーフの効果

実際のトンネルを考慮し、掘進長1.0m、上半先進ベンチカット方式の場合にパイプルーフの断面剛性を種々変化させた時の切羽の進行に伴う沈下特性を求めた。図-6に要素分割および寸法を示す。図-7は地山の変形係数を $E=100\text{kgf/cm}^2$ とした場合にパイプルーフの断面形状を種々変化させた時の地表沈下特性を示す。図中の○印はパイプルーフなしの場合であり、△印は $\phi 48.6\text{mm}$ 、 $t=3.2\text{mm}$ 、□印は $\phi 114.3\text{mm}$ 、 $t=6.0\text{mm}$ 、▽印は $\phi 216.3\text{mm}$ 、 $t=8.2\text{mm}$

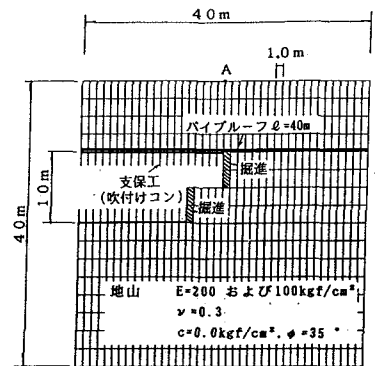


図-6 疑似三次元モデル
（上半先進ベンチカット）

5. まとめ

三次元効果を考慮した等価なパネを用いて、トンネル縦断方向断面を二次元平面ひずみ条件で表わした疑似三次元モデルにより、パイプルーフを施したトンネルの応力変形解析を行ない、三次元解析との比較およびパイプルーフの効果を調べた。その結果、パイプルーフを施した場合でも、当疑似三次元モデルは三次元解析結果とほぼ一致し、地表沈下量および天端沈下量は減少し、その減少の度合いはパイプの剛性が大きい方が大きくなる結果が得られた。【参考文献】1) 田口善文、香川和夫；疑似三次元FEM解析によるトンネル補助工法の効果について、第21回岩盤力学シンポジウム、1989

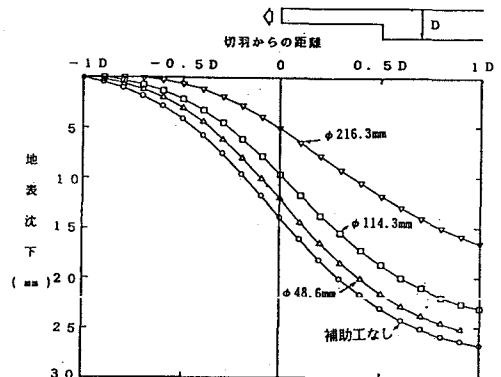


図-7 切羽進行に伴う地表沈下