

プレライニング工法の設計に関する一考察

ハ° シフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○西山 達也*)

ハ° シフィックコンサルタンツ(株) 正会員 松 長 剛*)

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 新井 泰**)

1. はじめに

都市部において山岳工法により施工するトンネルでは、掘削対象地山が未固結であること、民家・地中埋設物等と近接して施工されることから、切羽の安定性および沈下の抑制を図る目的で、通常の一次支保に加え切羽前方地山にアーチシェル状の薄肉構造体を構築するプレライニング工法を施工することが多い。プレライニング工法にはいくつかの種類があるが、その設計は、一般的に二次元 FEM 解析や簡易計算法により横断方向および縦断方向の応力を算出することにより行われている。しかし、これらの手法は二次元モデルであり、横断方向と縦断方向の応力分担等、三次元的挙動を表現できないことから、現状と合致しているとはいえない。

そこで本研究では、スリットコンクリート系プレライニングに着目し、三次元 FEM 解析により得られた応力と簡易計算法により算出される応力を比較し、簡易計算法でスリットコンクリート系プレライニングを設計する際の留意点について検討することとした。

2. 解析条件

三次元 **FEM** 解析は、都市部未固結砂層において、プレライニングがうまく機能し切羽崩壊もなく施工された在来複線トンネルのシミュレーションとした。このトンネルの土被りは 10m 程度であり、掘削対象地山の物性値は、変形係数 50MN/m²、粘着力 0.02MN/m²、内部摩擦角 35° である。支保部材諸元は NATM 設計施工指針¹⁾ 及びプレライニング工法²⁾ に基づき設定した。各解析物性値および解析モデルの詳細については「吹付けコンクリートとプレライニングの支保応力に関する一考察」を参照のこと。

3. 一般的な設計手法¹⁾

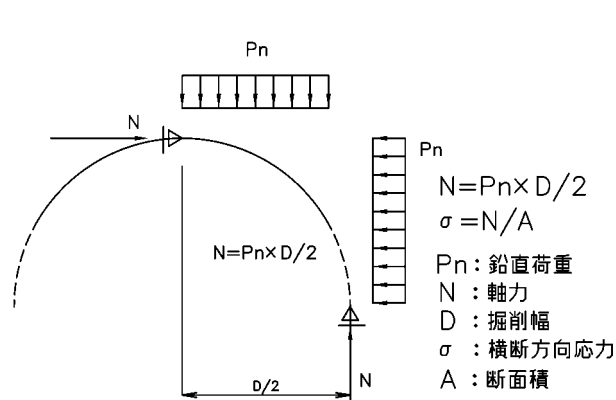
一般的にプレライニングの設計は、プレライニングの種類により横断方向応力、縦断方向応力に対して行っている。

(1) 横断方向の応力照査

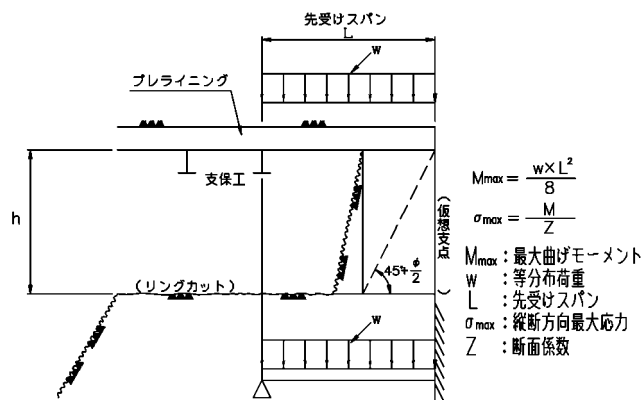
プレライニングの部材厚が吹付けコンクリートと同程度に薄く、掘削時の地山の変形に追従できることから曲げモーメントがほとんど発生しないものとして、図-1に示すように骨組み解析による軸力モデルで行われている。

(2) 縦断方向の応力照査

図-2 に示すようにプレライニングをトンネル縦断方向の梁構造と仮定し、切羽側を固定端とした一端固定梁として行われている。



図一1 横断方向の設計方法（解析モデル）



図一2 縦断方向の設計方法（解析モデル）

都市 NATM プレイニング応力 簡易計算法 三次元 FEM 解析

*) 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906

**) 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7266 FAX 042-573-7248

4. 解析結果および考察

4. 1 三次元 FEM 解析によるプレライニング応力

図-3 に示すように、三次元 FEM 解析におけるプレライニングの応力値は、横断方向および縦断方向ともに、切羽がプレライニングを 2m 通過した時点におけるトンネル肩部で最大となり、横断方向最大応力 3.25MN/m^2 、縦断方向最大応力 2.09MN/m^2 であった。横断方向のプレライニング応力は、端部応力が切羽の進行とともに増加し肩部の応力よりも大きくなっていくが、この時点では次のプレライニングが打設されていることから比較に用いる応力は肩部最大応力とする。

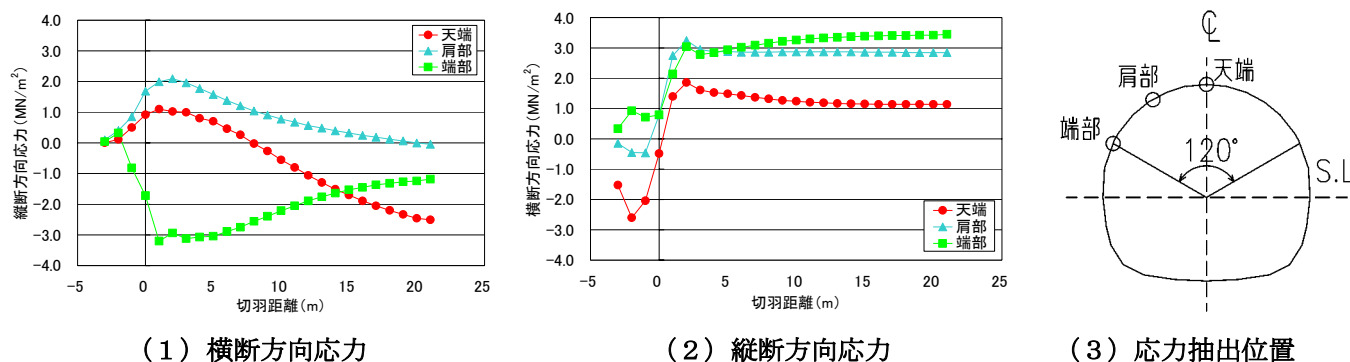


図-3 プレライニング応力（三次元 FEM 解析）

4. 2 簡易計算法によるプレライニング応力

本検討における地盤条件では、計算上、Terzaghi の緩み土圧が全土被り荷重より大きくなる。よって、プレライニングには全土被り荷重が作用するものとし、図-1 および図-2 に示す簡易計算法により横断方向応力および縦断方向応力を算出した。その結果、横断方向応力は 5.5MN/m^2 、縦断方向応力は 22MN/m^2 となった。

4. 3 簡易計算法と三次元 FEM 解析の比較

三次元 FEM 解析によるプレライニング応力のほうが簡易計算法によるものより横断方向で 59%、縦断方向で 9.5% の値となった。これは、簡易計算法は二次元状態において横断方向および縦断方向に対してそれぞれ別々検討しているが、三次元 FEM 解析は、横断方向、縦断方向を同時に解析することにより、横断方向と縦断方向に応力が分担されるためであると考えられる。よって、プレライニングを簡易計算法で設計する場合は、横断方向、縦断方向の応力分担効果を考慮して算出応力値を低減する必要があると考えられる。

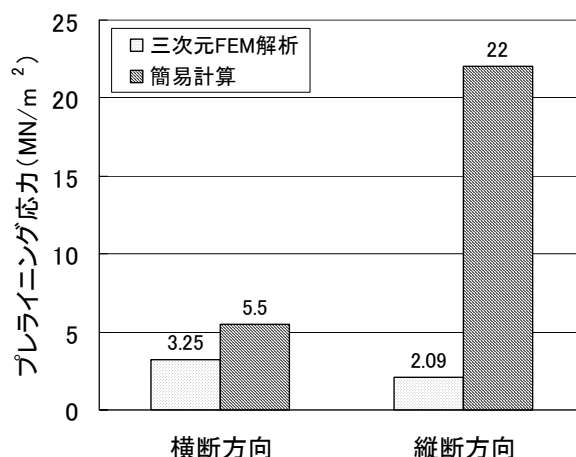


図-4 簡易計算法と三次元 FEM 解析の比較

5. まとめ

プレライニングの設計に際して一般的に設計に用いられている簡易計算法と三次元 FEM 解析結果を比較し、簡易計算法でプレライニングの設計を行う場合の留意点として以下の事項が得られた。

- (1) 三次元 FEM 解析ではプレライニング発生応力が横断方向、縦断方向に分担されることから、簡易計算法により得られる応力のほうが三次元 FEM 解析で得られる応力よりも小さく安全側の結果となる。
- (2) 横断方向では、簡易計算法による応力が三次元 FEM 解析による応力の約 1.7 倍、縦断方向では約 10 倍の値であることから、簡易計算法で設計する場合は、横断方向、縦断方向の応力分担効果を考慮して算出応力値を低減する必要があると考えられる。

以上の結果を踏まえ、今後は、現場計測結果との比較、支保剛性をパラメータとした解析を行い、三次元効果を考慮した適切なプレライニングの設計方法について検討する予定である。

- 1) 「NATM 設計施工指針」鉄道公団 1996.2
- 2) 「プレライニング工法」トンネルライブラリー10 土木学会 1999.6