

## 計測結果から見ためがねトンネルの挙動に関する研究

山口大学大学院 学 ○中野 聡昭 山口大学大学院 学 青木 宏一  
前田建設工業(株) 上村 正人 山口大学工学部 正 中川 浩二

## 1. はじめに

近年、都市部におけるトンネル工事の増加や土地利用上の制約、環境問題などによりめがねトンネルの施工数が増加している。めがねトンネルは段階的なトンネル掘削が行われることによる応力再分配の影響を相互に受け、一般的なトンネル施工時とは異なる地山の応力状態となると考えられる。そのため、設計段階においては周辺地山の挙動や支保効果などについて数値解析により正確に予測することは困難であるといわれている。

そこで本研究では、施工時の地山の挙動を把握するため、計測結果より実際の施工における地山の挙動などについて調査した。そして、めがねトンネル特有の傾向や特徴について把握するため、入手可能な計測結果について比較・検討を行った。

## 2. めがねトンネルにおける計測工の現状と課題

めがねトンネルでは計測工Aに加えて計測工Bが多く行われている。計測工Bの採用数を図-1に示す。これより地中変位、鋼製支保工応力、吹付け応力について多く採用されていることがわかる。また、めがねトンネル特有の構造物であるセンターピラーについての計測工も行われている。

## 3. 計測結果および解析結果についての検討

本研究では、地表面沈下・内空変位・天端沈下・吹付け応力・支保工軸力の5つの計測結果について比較・検討を行った。施工stepを表-1に示す。また、比較のため行った数値解析モデルを図-2に、地山物性値を表-2に示す。

## 3-1 地表面沈下について

先進坑直上、後進坑直上、センターピラー直上（以下、CP直上）の3測点の地表面沈下に着目し、各測点の施工過程による変位状況について比較・検討を行う。

施工step4における地表面沈下の比較を図-3に示す。先進坑直上と後進坑直上について比較すると、沈下の発生割合が1対1となる点線上にほぼ分布している。次に、CP直上と先進坑直上について比較を行うと、点線上に分布しておりほぼ1対1の割合で発生している。解析結果についても変位はほぼ1対1の割合で発生していることから、最終変位については3測点に大きな違いはみられない。また、施工step毎の地表面沈下の変位発生率の平均と分布を図-4に示す。変位発生率とは、施工step4での変位量を100%とした場合の各施工stepにおける変位の割合である。この結果より、先進坑直上については約50%、後進坑直上についてはややばらつきがあるが20～40%、CP直上については約40%の変位が、先進坑掘削により生じている。このことから後進坑直上とCP直上については後進坑掘削による影響が大きいことが認められる。

## 3-2 内空変位・天端沈下について

先進坑と後進坑の変位について検討するため、先進坑における施工step2と後進坑における施工step4の比較を図-5に示す。先進坑と後進坑の変位はほぼ1対1となっており、先進坑と後進坑における違いは特にみられない。

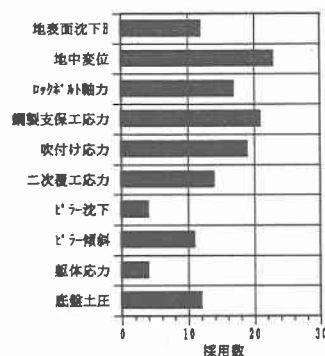


図-1 計測工の採用数

表-1 施工step

| 施工step | 施工項目 |      |
|--------|------|------|
| step1  | 先進坑  | 上半掘削 |
| step2  |      | 下半掘削 |
| step3  | 後進坑  | 上半掘削 |
| step4  |      | 下半掘削 |

表-2 地山物性値

| 弾性係数<br>$E$ (tf/m <sup>2</sup> ) | ポアソン<br>比 $\nu$ | 単位体積重量<br>$\gamma$ (tf/m <sup>3</sup> ) | 粘着力 $c$<br>(tf/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi$ (°) |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| $2.0 \times 10^4$                | 0.35            | 2.1                                     | 20                              | 30                  |

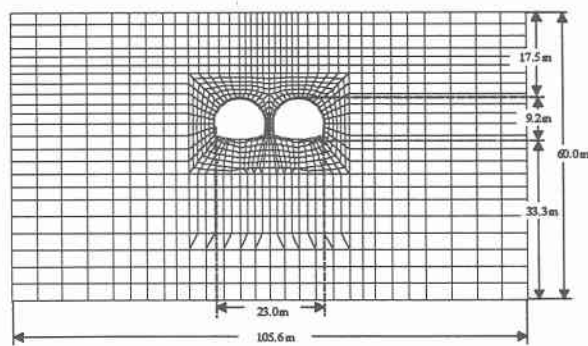


図-2 解析モデル

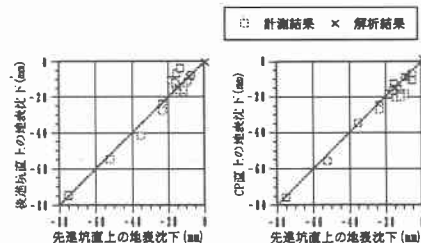


図-3 施工step4における地表面沈下の比較

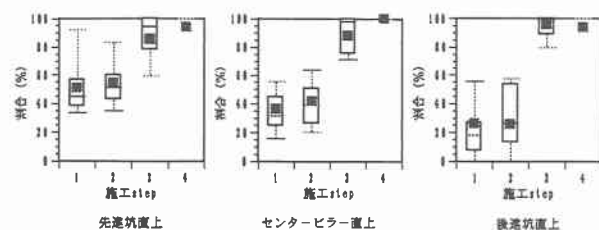


図-4 地表沈下の変位発生率

### 3-3 支保部材について

先進坑と後進坑の応力について検討するため、支保工軸力に着目して先進坑における施工step2と後進坑における施工step4の比較を図-6に示す。先進坑と後進坑において違いはみられない。また、解析結果についても同様の結果が得られている。これらの結果より、先進坑と後進坑の変位・応力の発生過程に違いがみられないことから、一般的に支保規模を考える上で、「先進坑施工によるゆるみ領域内で後進坑の施工が行われるため、先進坑よりも後進坑の支保規模は大きくする必要がある」と言われているが、そのような傾向はみられなかった。

次に、後進坑掘削による先進坑への影響について検討するため、先進坑における施工step2と、施工step2から施工step4における軸力変化について比較を行った結果を図-7に示す。後進坑側であるセンターピラー上部（以下、CP上部）では後進坑掘削により大きく圧縮側へ変化しているが、他の計測点では、後進坑掘削による影響はあまりみられない。これについても解析結果は一致しており、CP上部は後進坑掘削による影響を大きく受けているのが認められる。

各計測点の施工step2から施工step4における先進坑の増加支保工軸力の平均と分布を図-8に示す。この結果からもCP上部の増加軸力は、他の計測点に比べ大きく圧縮側へ変化していることがわかる。また、平均増加軸力は、施工step2での発生軸力の約2.5倍であるが、その分布範囲についてみるとばらついており、増加倍率についての傾向は見出せなかった。また、吹付け応力についても支保工軸力と同様の傾向がみられた。

以上のことから、先進坑と後進坑を1つ1つのトンネルとして考えると、発生する変位・応力についてはほぼ1対1となることから、先進坑の計測結果から後進坑の変位・応力を事前に予測することができると考えられる。また、後進坑掘削により、地表面とCP上部の支保部材においては大きく影響を受けている傾向がみられたが、他の計測点や他の計測項目については後進坑掘削の影響による傾向はみられなかった。

### 4. おわりに

本研究では、計測結果からめがねトンネルの挙動・応力について比較・検討を行った。今後はさらに多くの計測結果、また本研究で比較・検討の行われなかった計測項目について検討を行う必要がある。

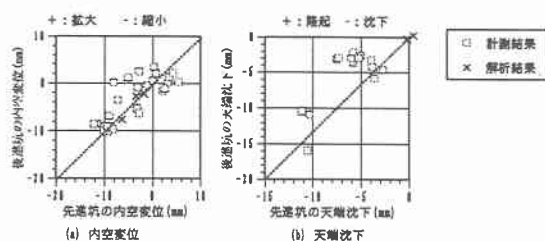


図-5 先進坑と後進坑の内空変位・天端沈下の比較

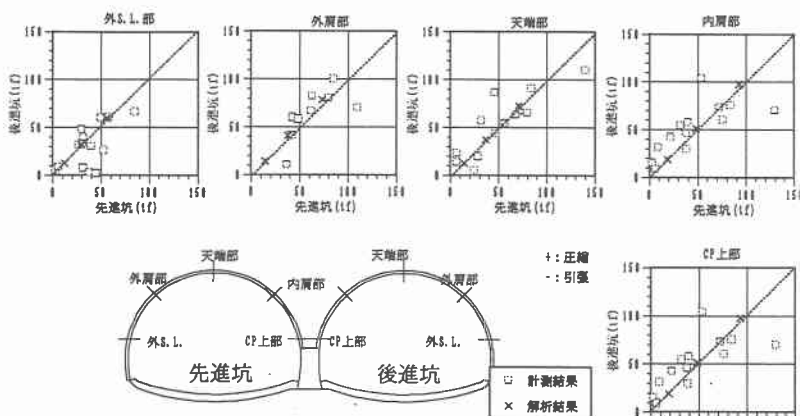


図-6 先進坑と後進坑の支保工軸力の比較

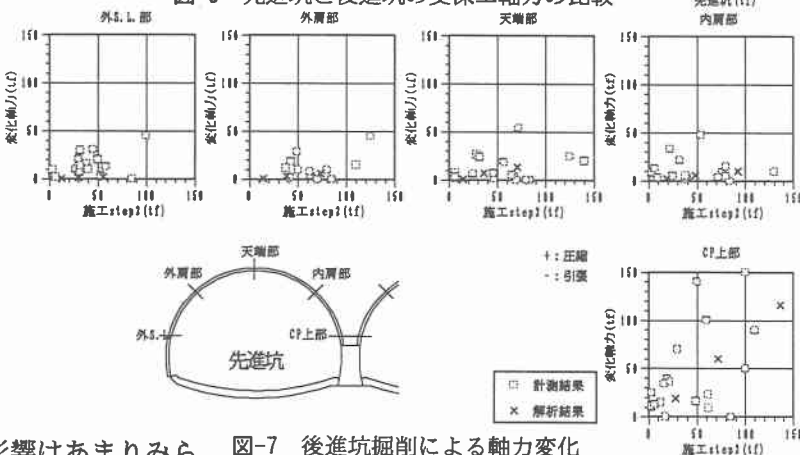


図-7 後進坑掘削による軸力変化

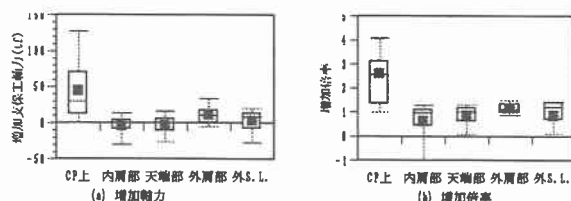


図-8 先進坑の増加支保工軸力の平均と分布