

現場計測結果に基づくめがねトンネル施工による地表面沈下挙動に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○若狭紘也
山口大学大学院 正会員 上村正人
山口大学工学部 フェロー会員 中川浩二

山口大学大学院 学生会員 青木宏一
山口大学工学部 正会員 進士正人

1. はじめに

近年、めがねトンネルは市街地においてその施工ニーズが増加しており、地質条件が悪く、低土被りであったり、地表面沈下抑制を必要とする地上構造物が存在するなど厳しい制約条件下での施工がほとんどである。しかし、これまでの施工数は40件程度まで増加しているものの、設計・施工両面において、技術的な考え方や基準などが確立するまでには至っておらず、このようなめがねトンネル特有の問題に対し、過去の事例を参考にしてトンネル毎に検討・対応しているのが現状である。

本研究では、めがねトンネル施工に伴う地表面挙動の把握に主眼をおき、過去に施工されためがねトンネルの現場計測データの分析を行うとともに、2次元数値解析による力学的な検討を加える。そして、地表面への影響を考慮しためがねトンネルの設計・施工時における指標を得ようとするものである。

2. めがねトンネル施工による地表面挙動の把握

めがねトンネルにおける先進坑・後進坑の各施工段階での地表面沈下量に着目し、比較・検討を行う。図-1に各測点における各施工段階での地表面沈下量の推移を示す。図中の数値は、沈下率であり測点毎の最終変位量に対する各施工段階での沈下量を百分率で表したものである。この図から、先進坑施工時の先進坑上の地表面沈下量が最大値となっているが、後進坑施工時にはCP上の沈下量が他の2測点よりも若干大きくなっていることがわかる。また、各測点の沈下率を見ても、先進坑施工完了時には先進坑上で56%の変位が発生しているのに対し、後進坑上では後進坑施工によって72%の変位が発生している。また、両本坑上の中間に位置するCP上の地表面においても、後進坑施工による割合が20%大きくなっている。以上のことから、地表面沈下への影響は、先進坑施工に比べて後進坑施工による影響の方が大きいといえる。

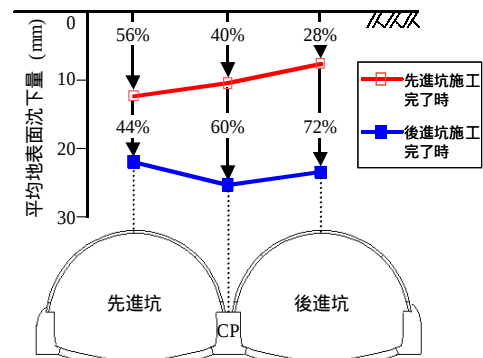


図-1 各測点における地表面沈下の推移

3. 地表面沈下軽減へのアプローチ

これまでに述べたように、めがねトンネル施工による地表面沈下の特徴は、後進坑施工が卓越する、という点が挙げられる。沈下の軽減を考える上では、この影響を最小限に抑制することが肝要であり、そのための1つの方法として、後進坑施工の際の先進坑の支保状態に着目し整理を行った。

図-2に各測点での両本坑施工による地表面沈下の比較を示す。図中の一次支保型とは先進坑一次支保で後進坑施工を、覆工型とは先進坑に覆工まで施工した

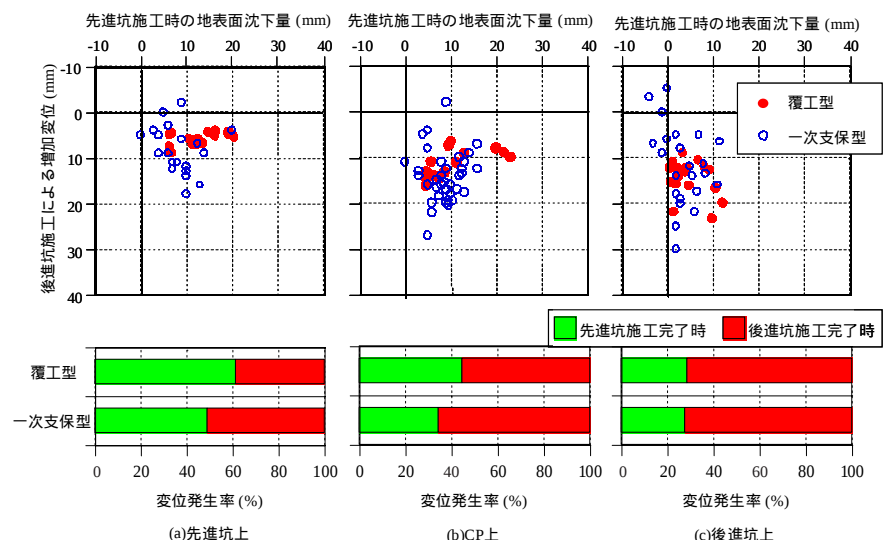


図-2 各測点における両本坑施工による地表沈下量の比較

キーワード めがねトンネル, 地表面沈下, 計測データ, 数値解析
連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 山口大学大学院 理工学研究科 tel 0836-85-9332

状態で後進坑施工を行ったものである。結果より、覆工型の施工事例の中で、特に(a)先進坑上に着目すると、先進坑施工による地表面沈下量に関わらず、後進坑施工による増加変位は10mm以下に抑えられている。また、変位発生率を見ても、(a)先進坑上、(b)CP上の覆工型の事例は地表面沈下量が一次支保型と比べ10%程度抑えられていることがわかる。以上より、覆工型は、一次支保型と比べて地表面沈下量が抑制されるものと考えられる。

表-1 先進坑支保パターン

	覆工なし
	覆工厚20cm
	覆工厚60cm
	覆工厚100cm

4. 数値解析を用いた検証

後進坑施工による沈下が卓越する要因としては既往の研究より、先進坑施工により地山に緩みが発生し、耐力低下が生じた地山範囲内に後進坑が施工されることにより、沈下が拡大したものと推測されている¹⁾。そこで本章ではこの推測に加えて、前章で示された覆工施工により沈下が軽減される要因の検証として、2次元線形弾性解析を用いて、両トンネルの中心間距離をパラメータとしたシミュレーションを行う。また、先進坑の支保剛性、本解析では覆工コンクリートの厚さをパラメータとした解析を併せて行った。解析stepは実際のめがねトンネルの施工過程を模擬し、先進坑に覆工施工後、後進坑の施工を行った。表-1に先進坑支保パターン、図-3に解析モデルを示す。なお、後進坑は覆工厚30cmと統一し、中心間距離は1.2Dと1.5Dの2パターンで行った。

解析結果の代表例として、中心間距離1.2D、先進坑覆工厚60cmの結果を図-4に示す。計測結果の分析と同様、後進坑施工による沈下が卓越していることがわかる。

次に、先進坑覆工剛性と最大地表面沈下量の差の関係を図-5に示す。なお、ここで最大沈下量の差とは、図-4に示すように、先進坑・後進坑の両本坑施工により発生する最大沈下量の差を示している。まず、いずれの覆工剛性をみても1.2Dのような中心間距離が小さいものほど、最大沈下量の差が大きくなっていることがわかる。めがねトンネルの中心間距離は約1.2D程度のものが多く、これは計測結果とほぼ同様の傾向であるといえる。

ここで、線形弾性解析においては緩みは考慮されないことは周知の事実であり、このことから、めがねトンネルにおいて後進坑施工による沈下が拡大する原因としては、既往の研究でいわれている緩みによる耐力低下も考えられるが、それよりも後進坑施工時に既設する先進坑の存在による、地山全体のみかけ上の地山剛性の低下が大きな要因ではないかと推測される。

次に、先進坑の覆工厚による最大沈下量の差に着目すると、いずれの中心間距離においても覆工厚が上がるにつれて差が小さくなる傾向がわかる。これは先に述べた先進坑の存在による見かけ上の地山剛性の低下が、相対的に剛性の高い覆工を施工したことにより抑制され、その結果、後進坑施工による地表面沈下量の拡大が低減されたものと考えられる。

5. おわりに

めがねトンネルにおいて地表面沈下量の低減を考える上では、後進坑施工による沈下の拡大を抑制することが肝要であり、その際、先進坑の支保剛性をなんらかの手法により、あらかじめ上げておくことで抑制が可能になるものと考えられる。

参考文献

1) 足立紀尚, 木村亮, 岸田潔, 菊本統: トンネル掘削時の地表面沈下特性に関する3次元降下床実験とその解析, 土木学会第57回年次学術講演会, pp545 ~ 546, 2002.9

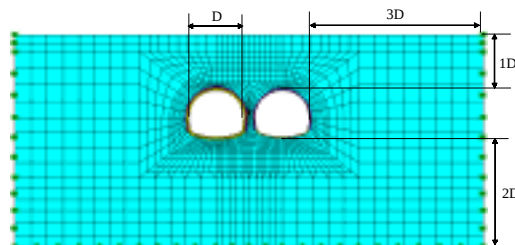
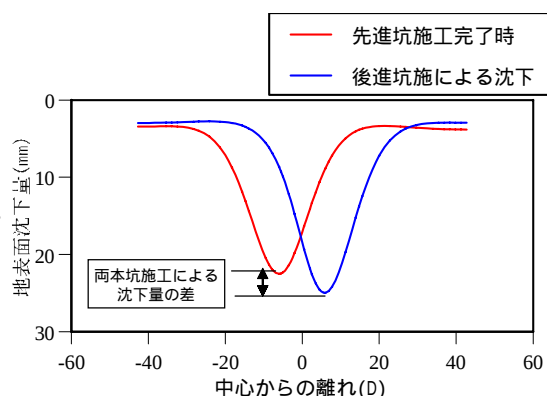
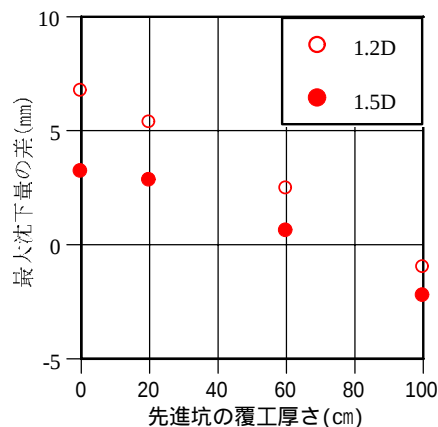


図-3 解析モデル

図-4 両本坑施工による地表面沈下量の差
(中心間距離 1.2D, 覆工厚 60cm)図-5 先進坑覆工剛性と
最大沈下量の差の関係