

現場計測データによるめがねトンネルの力学的挙動の検討

山口大学大学院 学 〇青木宏一
日本技術開発(株) 正 河原幸弘

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

めがねトンネルは、1974年に伊祖トンネル（沖縄県）¹⁾において、我が国で初めて施工されて以来、現在までの施工実績はあまり多くない。そのため、設計・施工面における技術的な考え方や基準は確立されておらず、めがねトンネル特有の問題に対しても個々のトンネルで対応しているのが現状である。また今後は、市街地でのトンネル工事の増加や文化財保護等により、めがねトンネルを採用せざるをえない状況が増えてくるものと考えられる。

2本以上のトンネルが互いに接し、センターピラーを共有した特殊な断面形状²⁾であるめがねトンネルは、先進坑と後進坑の施工により相互に影響を及ぼし合うことが考えられ、設計・施工に当たっては、その特徴を十分理解して検討しておく必要がある。

そこで本研究では、過去に施工が行われた複数のトンネルの現場計測データを整理することにより、施工時のめがねトンネル特有の挙動の把握を行うことを目的とする。

2. 施工事例調査³⁾

各種報告書や論文等、広くに世間に公表されている文献より、めがねトンネルの施工事例調査を行い、30事例（44文献）を収集できた。その中で計測工についての記述があった事例が24件あり、本坑に対する計測工Bに着目し、その採用実績を図-2に示す。めがねトンネルでは、広範囲に多くの計測工が実施されていることがわかる。特に、トンネル周辺地山の挙動把握のために地中変位測定や先進坑と後進坑施工による相互の影響の把握を行うために鋼製支保工応力や吹付け応力測定が、70%以上の事例で実施されている。

3. 現場計測データによる地山挙動の検討

過去に施工されたトンネルの計測データ（7事例）を表-1に示すように、めがねトンネルにおける代表的な施工段階である4stepに分け整理を行った。

3-1 地表面への影響

各施工段階における先進坑直上・センターピラー直上（以下、CP直上）・後進坑直上の地表沈下の比較を行う。後進坑施工完了時（施工step-4）における先進坑と後進坑直上の地表沈下の比較を図-3に示す。この結果より、先進坑と後進坑直上の地表沈下は、最終的に同程度の沈下が生じることがわかる。

次に、施工step毎の地表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step-4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、先進坑の施工（施工step-2）により、先進坑直上は最終変位の約50%、CP直上は約40%、後進坑直上は30%前後の変位が生じていることから、地表面への影響は、先進坑施工よりも後進坑施工による方が大きいものと考えられる。

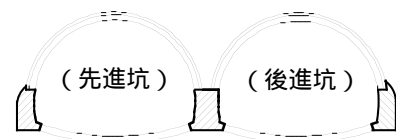


図-1 めがねトンネル

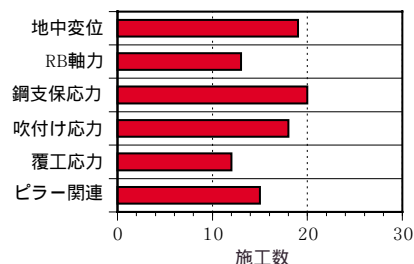


図-2 計測項目

表-1 施工 step	
施工step	内 容
1	先進坑上半掘削・支保
2	先進坑施工完了
3	後進坑上半掘削・支保
4	後進坑施工完了

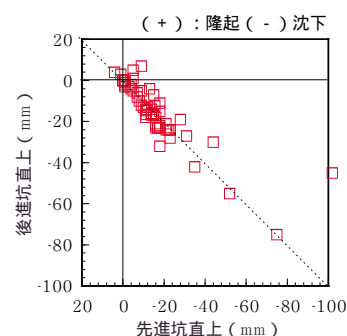
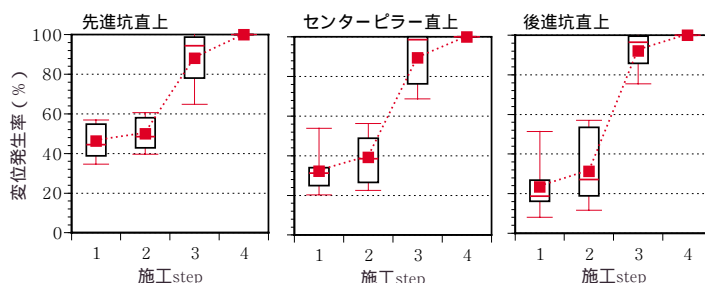
図-3 地表沈下の比較
（施工step-4）

図-4 地表沈下の変位発生率の平均と分布

キーワード：めがねトンネル、施工事例調査、地表沈下、支保工軸力

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1

Tel 0836-85-9332

Fax 0836-85-9301

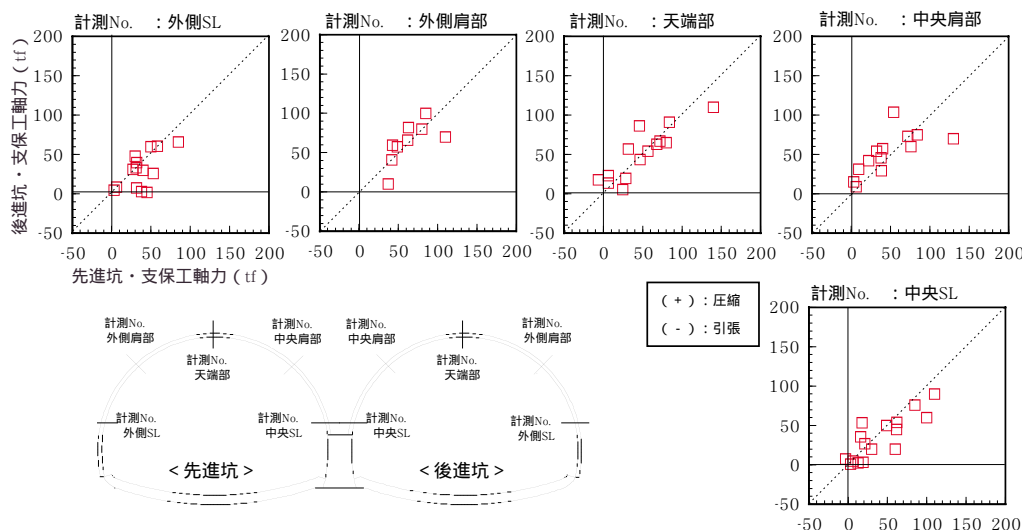


図-5 先進坑と後進坑の支保工軸力の比較

3-2 各施工段階での先進坑と後進坑の比較

(1) 支保工軸力・吹付け応力

先進坑・後進坑それぞれの施工完了時の支保工軸力の比較を図-5に示す。この図は、施工step-2における先進坑支保工軸力と施工step-4における後進坑支保工軸力をプロットしたものである。先進坑と後進坑の支保工軸力は、概ね同程度発生している。また、「先進坑施工による緩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」と言われることもあるが、そのような先進坑施工による後進坑施工への影響は、見られなかった。

次に、後進坑施工による先進坑への影響について考えるため、後進坑施工(施工step-2からstep-4)による先進坑の増加支保工軸力の分布と平均を図-6に示す。この結果より、後進坑施工により後進坑側の先進坑支保工軸力が圧縮側へ大きく変化する結果が得られたが、その増加応力の傾向や要因については見出せなかった。

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。

ここで、施工事例調査より先進坑と後進坑の支保規模の比較を図-7に示す。この結果より、後進坑の方が支保規模が大きい事例は、1990年以前に施工が行われた4件であり、支保規模を同じとする事例が22件と大半を占めている。これは、施工延長が短く、土被りの比較的小さい地山に採用される事例の多いめがねトンネルでは、トンネル全体を坑口部と考え、一般に考えられている最大の支保(D 相当)を採用しているためとも考えられる。施工時の発生応力から見る限り、先進坑の支保規模は、後進坑施工による影響を考慮し、後進坑よりも大きくしておく必要があることがいえる。しかし、「どの程度大きくすべきか?」という点は、本研究では明らかに出来なかった。

(2) 内空変位・天端沈下

先進坑と後進坑の内空変位・天端沈下の比較を図-8に示す。この結果でも、支保工軸力同様、先進坑と後進坑は、最終的に同程度の変位が生じている。

4. おわりに

複数のトンネルの現場計測データを整理し、先進坑と後進坑の施工によるめがねトンネル特有の挙動について、力学的に把握を行った。今後は、計測データ数を増やし、より詳細な検討を行うつもりである。また、今後のめがねトンネルの最適な設計・施工のために本研究が活用されれば幸いである。

参考文献

- 1) 羽田忠彦, 中島和雄, 湯浅正己: わが国はじめてのめがねトンネル 伊祖トンネルの計画と施工, トンネルと地下, 第6巻8号, pp.29 ~ 35, 1975.8
- 2) 土木学会: トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説
- 3) 青木宏一, 上村正人, 河原幸弘, 中川浩二: わが国におけるめがねトンネルの現状, トンネル工学研究論文・報告集, 第10巻, 報告(6), pp.161-166, 2000.11

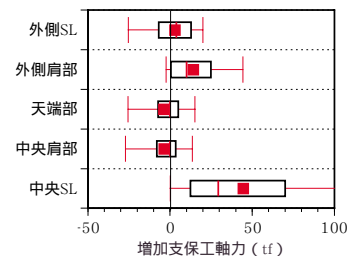


図-6 先進坑の増加支保工軸力の分布と平均

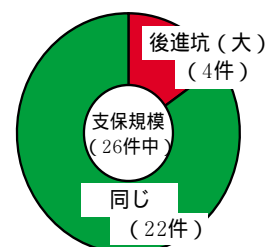


図-7 先進坑と後進坑の支保比較

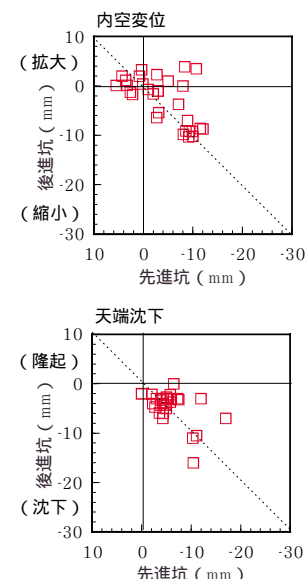


図-8 内空変位・天端沈下の比較