

センターピラーに着目しためがねトンネルの数値解析

(株)熊谷組 正 ○山口 博之
山口大学 学 青木 宏一
山口大学 正 中川 浩二

1. はじめに

近年、めがねトンネルの施工の実績や計画が増加しつつあるが、施工事例も多くなく、設計・施工における考え方は確立されていない。そのため、数値解析を用いて様々な項目について検討が行われている。そのなかで、センターピラーの役割は、単独トンネルと比較すると支保工底盤に作用する多大な荷重に対して、地山の接地面積を増やし接地圧の低減をはかるものであり、めがねトンネルの構造上の要である。しかし、施工事例をみると、その形状や寸法がトンネルによって大きく異なることがわかる。

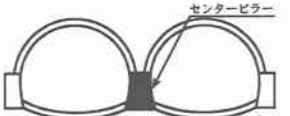


図-1 めがねトンネル

そこで、本研究ではセンターピラーの形状に着目し、形状の変化によるセンターピラー・地山等の挙動に関する検討を数値解析を用いて行うことを目的とする。

2. 解析手法

本研究においては、2次元有限要素解析ソフトを用い、弾性解析を行う。地山物性値については、日本道路公団の技術資料に基づいたものを、また、支保部材は、既往の研究を参考に決定した。解析は、応力解放率により実際の施工過程を想定した。各工程の解析ステップを表-1に示す。

表-1 解析ステップ

ステップ	内容	図
1	初期重力解析	
2	掘削、コンクリートセーピラー構築 先行トンネル上半掘削	7
3	先行トンネル上半支保設置	8
4	先行トンネル下半掘削	9
5	先行トンネルインバーツ構築 先行トンネルインバーツ打設	10
6	先行トンネル二次掘削打設	
7	掘削、コンクリート構築 後行トンネル上半掘削	
8	後行トンネル上半支保設置	
9	後行トンネル下半掘削	
10	後行トンネルインバーツ構築 後行トンネルインバーツ打設	

3. センターピラーの形状に関する数値解析

センターピラーの形状は、施工事例より図-2に示すような非対称型センターピラー・対称型センターピラーの2種類に分類される。この2種類についてのトンネルとその周辺の挙動変化を比較するため解析を行う。また、それぞれの地山条件を変化させたケースについても検討する。

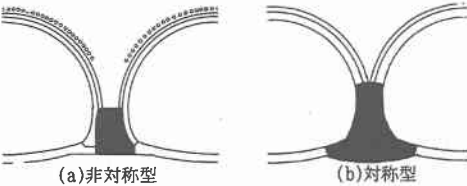


図-2 ピラー形状

センターピラーのステップ毎の回転量を図-3示す。先行トンネル施工完了時までの回転量に両者の差はみられないが、後行トンネル掘削開始から大きな差が生じる。また、地山条件毎の最終ステップにおける回転量を図-4に示す。回転量は非対称型の方が大きく地山条件が悪くなるほどその差は大きくなる。

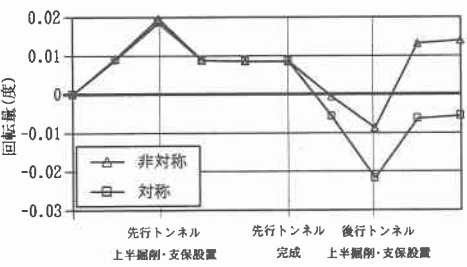


図-3 ステップ毎のピラー回転量

以上の結果より、非対称型・対称型の挙動の比較は、地山条件の良い場合において両者にあまり違いは見られないが、地山条件が悪くなるほど回転量に大きな違いが見られる。非対称型の場合、その回転により先行トンネルの覆工コンクリートに過大な応力が発生する等の問題が考えられる。このことから、硬質な地山では、一般に施工性の良いといわれる非対称型が妥当であると考えられるが、軟質な地山では、対称型にすることによりピラーの回転を抑制でき、地山のゆりみを抑える効果が考えられる。

4. センターピラーの寸法に関する数値解析

センターピラーの高さ、幅については過去の施工事例により様々である。そこで、センターピラー寸法の違いによる地山、センターピラーの挙動変化を把握するため、高さ・幅の違うモデルを用い解析を行う。また、地山条件を変化させたケースについて

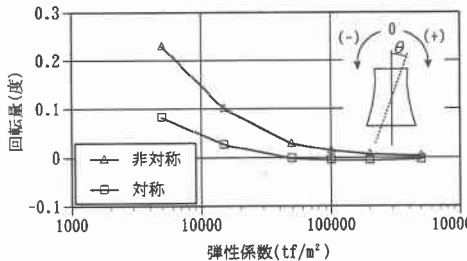


図-4 地山条件毎のピラー回転量

も検討する。

4.1 センターピラー高さについての検討

センターピラーの高さの違いによる検討を行う。解析モデルは、標準的な高さのピラーと、極端なモデルとして本坑と同程度の高さのピラーの2ケース（図-5参照）を作成し解析を行う。図-6にセンターピラー中心直上のステップ毎の地表面沈下量を示す。地表面沈下はピラーの高さにかかわらず先行・後行トンネルの上半掘削過程で大きな沈下量を示し地表面沈下量の大半を占める。図-7に同測点の地山条件毎の最終ステップにおける地表面沈下量を示す。ピラーを高くすると地表面沈下量を抑制する効果があり地山弾性係数が小さいほどその効果は大きい。ピラーを高くしたモデルは、数値解析上センターピラー上部の地山を改良したモデルと同様の効果が得られると考えられる。めがねトンネルの施工で、センターピラー上部の地山のゆるみが問題となることが多い。そこで、センターピラーを高くすることにより地山上部を取り除き、地山を改良することは、ゆるみの領域を削減する効果があると考えられ、それにより地山の変位抑制に効果があると考えられる。

4.2 センターピラー幅についての検討

センターピラーの幅を変化させたケースについて検討を行う。解析モデルは、ピラー底盤幅を変化させたモデルについて解析を行う。なお、解析手法は前述とは異なり、既往の研究を参考にし、ピラー上部にかかる荷重（図-8参照）を求めそれをピラー上部に載荷する事によりモデル化を行う。図-9に各底盤幅の地山内部応力、図-10に各底盤幅の地山条件毎の沈下量を示す。底盤幅の拡幅により地山内部応力は減少しそれに伴い沈下量も減少する。

先の結果より底盤沈下量の大きかった弾性係数 5.0×10^3 ケースにおいて、ピラー底盤の下部地山（図-8参照）の弾性係数を置き換えることにより地山改良のモデル化を行い、その効果を検討する。表-2に改良なしの地山に対しての、改良地山の沈下量の割合を示す。沈下量は50%程度となっており地盤改良による効果がみられた。軟質な地山を施工する上でトンネル前後道路の幾何形状の問題により拡幅が行えない場合もある。そのような場合、下部地山の地盤改良、または杭による補強効果も大きいと考えられる。

5. まとめ

以下に本研究で行った解析の結果を示す。

- ・硬質な地山では、施工性の良い非対称型が妥当であると考えられるが、軟質な地山では対称型にすることにより、センターピラーの回転を抑制でき、地山のゆるみを抑える効果が考えられる。
- ・センターピラーを高く、またはセンターピラー上部の地山を改良することは、地表面沈下抑制に効果的な方法の一つであると考えられる。
- ・センターピラーの沈下量を抑制するため、底盤幅を拡幅することも効果的であるが、下部地山の地盤改良、または杭による補強効果の効果も大きい。

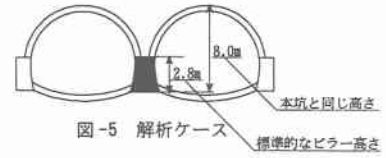


図-5 解析ケース

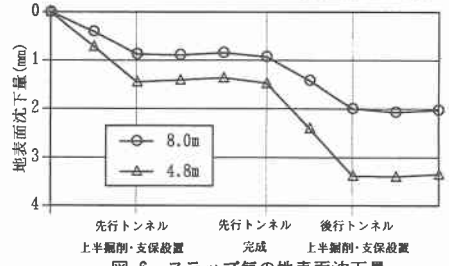


図-6 ステップ毎の地表面沈下量

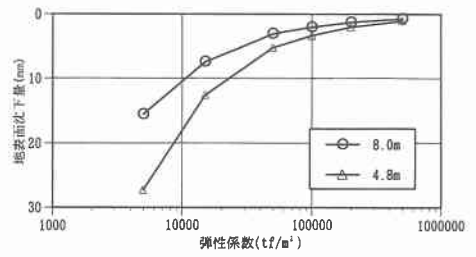


図-7 地山条件毎の地表面沈下

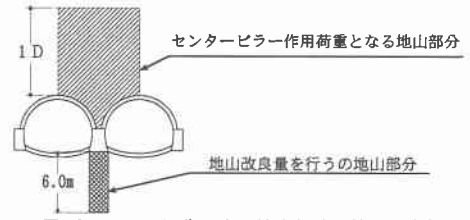


図-8 ピラーに作用する地山部分と地山改良部分

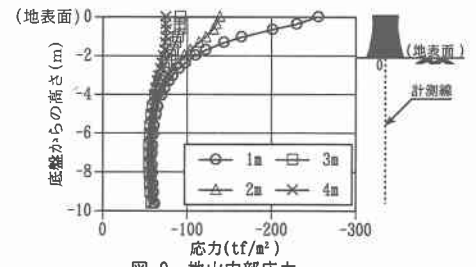


図-9 地山内部応力

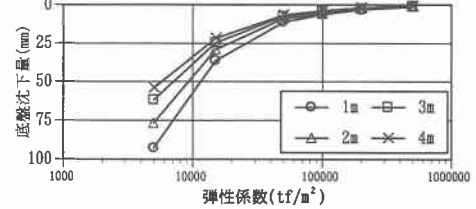


図-10 ピラー底盤沈下量

表-2 地盤改良効果

CASE	ピラー幅			
	1m	2m	3m	4m
地盤改良地山	46%	50%	52%	53%