

山口大学大学院 学生会員 ○山口功貴 鎌田和孝
山口大学大学院 正会員 進士正人

1. はじめに

近年、交通の利便性向上や地下空間の有効利用を目的として、めがねトンネルの施工数が増加している。めがねトンネルとは図-1に示すように2本以上のトンネルが近接し、センターピラーを共有するメガネ型形状のトンネルである。めがねトンネルは、土被りが小さく、地表付近に構造物が多く存在し、離隔距離も十分に確保できないといった場所での施工が多く、厳しい条件下で施工される例がほとんどである。また、都市部でのトンネル施工の特徴として、土地の所有権や周辺環境に配慮するため、地表面沈下の抑制が大きな制約となる。そのため地表面沈下抑制など周辺環境への影響を極小化することが望まれている。

そこで本研究は、めがねトンネルを安全にかつ地山への影響を最小に施工するために、実際に都市部に施工されためがねトンネルの地表面沈下挙動の計測結果を数値シミュレーションより分析し、めがねトンネルの地表面沈下発生挙動を再現し、その発生メカニズムを解明する。

2. めがねトンネルの特徴

今回、地表面沈下挙動を分析したAトンネルは片側2車線、全長410mで土被りが4.2～23.6mのめがねトンネルである。掘削工法はNATMの多段ベンチカット工法である。地山等級はD等級、地質は主に火山灰が堆積してできた関東ローム層である。表-1に地質調査時の物性値一覧を示す。施工条件としては、一般的なめがねトンネルの施工条件と同様に、トンネル上部には家屋が密集し、地表面沈下に十分に配慮する必要があった。

3. 先進坑掘削と後進坑掘削のそれぞれの地表面沈下発生状況の特徴

図-3にAトンネルのめがねトンネル施工段階ごとの地表面沈下の発生状況を示す。この図から先進坑掘削時より後進坑掘削時の地表面沈下量の方が約2倍大きくなっている事が分かる。既往研究においても、めがねトンネルの地表面沈下量はこのように先進坑掘削時より後進坑掘削時の方が大きくなる傾向を有する事が分かっている¹⁾。また図-2に示す解析モデルを用いて、今回と同様のAトンネルの解析を行っているが、表-1に示す地山物性値(E, C)を1.8倍すると先進坑掘削時の、0.9倍すると後進坑掘削時の地表面沈下量が、解析値と計測値がそれぞれ一致する結果を得ている¹⁾。このことから、めがねトンネルでは、同一断面に複数のトンネル掘削が行われるので、トンネル周辺の掘削領域近辺の地山が劣化し、みかけ上ひずみ発生量に依存して地山の弾性係数が低下していくことが想定される。そこで、非線形弾性プログラムをもちいて各施工段階での沈下発生量の違いが説明可能か検討することとした。

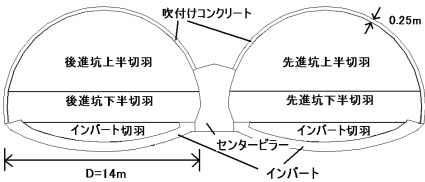


図-1 トンネル断面図

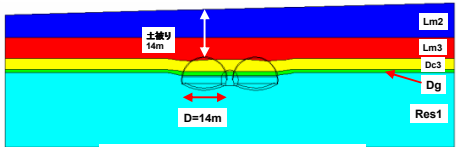


図-2 解析モデル

表-1 地質調査物性値

地層名	記号	単位体積重量 γ (kgf/m ³)	変形係数 E (MPa)	ポアソン比 ν	粘着力 C (KPa)	内部摩擦角 ϕ (°)
立川・武蔵野ローム層	Lm2	1400	11.80	0.4	39.20	17
下末吉ローム層	Lm3	1500	23.50	0.4	78.50	13
下末吉層(粘性土)	Dc3	1700	9.80	0.4	39.20	10
下末吉層(砂礫)	Dg	1800	19.60	0.4	19.60	35
上部連光寺層	Res1	1800	39.20	0.4	78.50	35
吹付けコンクリート		2400	3920.00	0.2	4900.00	40
インバートコンクリート		2400	21600.00	0.2	4900.00	40
センターピラーコンクリート		2400	21600.00	0.2	4610.00	35

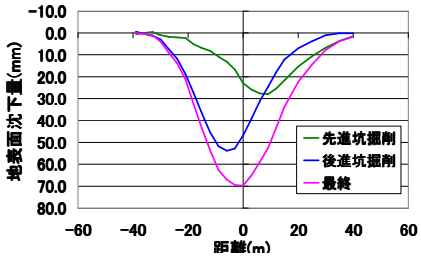


図-3 現場計測結果による地表面沈下量

表-2 解析物性値

地質名	初期弾性係数 E_0 (MPa)	破壊後弾性係数 E_1 (MPa)	初期ポアソン比 ν_0	破壊後ポアソン比 ν_1	a	k
立川・武蔵野ローム層	21.20	5.30	0.4	0.49	0.25	4
下末吉ローム層	42.30	10.58	0.4	0.49	0.25	4
下末吉層(粘性土)	17.60	4.40	0.4	0.49	0.25	4
下末吉層(砂礫)	35.30	8.83	0.4	0.49	0.25	4
上部連光寺層	70.60	17.65	0.4	0.49	0.25	4
吹付けコンクリート	3920.00	3920.00	0.2	0.49	1	10000
インバートコンクリート	21600.00	21600.00	0.2	0.49	1	10000
センターピラーコンクリート	21600.00	21600.00	0.2	0.49	1	10000

4.1 解析手法

4.2 解析結果

現実の吹付けコンクリートは材齢24時間で強度の約1/2まで強度発現する
のが一般的なので、この解析結果から先進坑の支保工剛性をうまく発揮させるこ
とが後進坑掘削時の沈下抑制に大きく影響を与えることが分かった。

5. 結論

今回の電中研式の解析結果により、地山の強度低下と先進坑の支保工剛性(支保工の弾性係数)が後進坑掘削時の沈下量に大きく影響を与えることが分かった。

参考文献

- 1) 鎌田 和孝, 小原 勝巳, 岸田 展明, 進士 正人: 施工段階の違いを考慮しためがねトンネルの地表面挙動の予測, 第 12 回岩の力学シンポジウム講演論文集 pp617-pp620, 2008
- 2) 若狭 紘也: 施工記録に基づくめがねトンネル施工時の地表面挙動の評価と予測, 平成 15 年度, 山口大学大学院理工学研究科修士論文,
- 図-8 支保工の弾性係数を低下させた解析結果

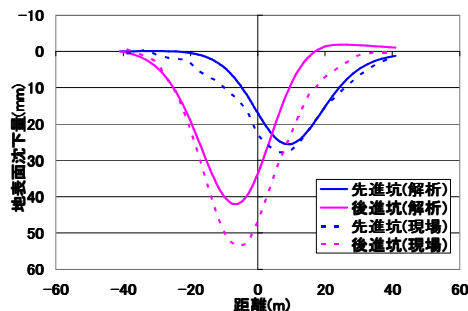
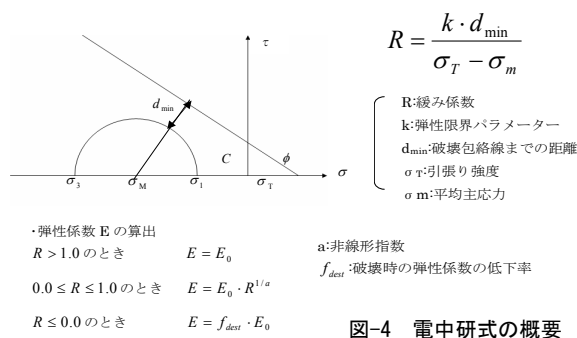


図-5 数値解析結果

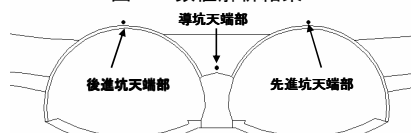


図-6 各天端部の位置

step	
1	重力解析
2	導坑掘削
3	センターピラー施工
4	先進坑掘削
5	先進坑支保工
6	後進坑掘削
7	後進坑支保工

表-3 解析ステップ

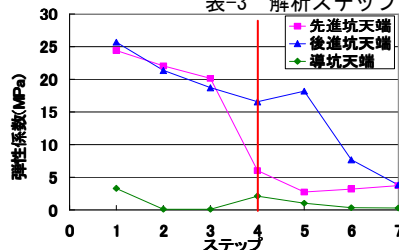


図-7 各天端部における
ステップごとの弾性係数

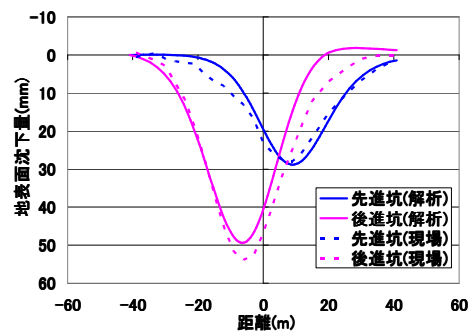


図-8 支保工の弾性係数を低下させた解析結果