

Ⅲ-B178

セグメントの継手を考慮した矩形シールドトンネルの力学的挙動について

早稲田大学 学生員 田中 学
 早稲田大学 学生員 篠原 洋輔
 西松建設(株) 正会員 小林 正典
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

従来、シールドトンネルの断面形状は主に円形が用いられてきた。これは、軟弱な地山や地震などの条件下では円形断面形状が力学的に優位であることや機械掘削に適していることなどによる。

しかし、既設の地下構造物が多数存在する過密化した都市部に新たにのトンネルを構築する場合には、その占有面積の問題に加えて掘削による発生土処理の問題など、地下空間のより有効な利用に対する需要が高まってきている。このような状況から、トンネルの用途に応じて不要な断面を減らすことのできる非円形断面シールドトンネルの開発が進められている。

本報告は非円形断面のうち矩形断面のシールドトンネルを取り上げ、剛性一様としたモデルと、セグメント継手を考慮した、はりばねモデルとについてパラメトリック解析を行いそれらの力学的挙動を比較し、考察を加えたものである。

2. 解析条件および検討方法

解析の対象とした矩形断面トンネル用のセグメントは、厚さ 300mm、幅 1000mm のRC平板型セグメントである。トンネルの高さは 8.0m と一定にし、トンネルの横幅 a とトンネルの高さ b との比 a/b をトンネルの縦横比とすると、 a/b が 0.7、0.8、0.9 となる 3 ケースを解析対象とした。また、隅角部の半径 r は 0.5m から 2.0m まで 0.5m 刻みで 4 ケースを設定した。図 1 は、トンネル断面の概要を示したもので、黒丸は、セグメント継手の位置を示している。

地盤条件は、表

表1. 地盤条件

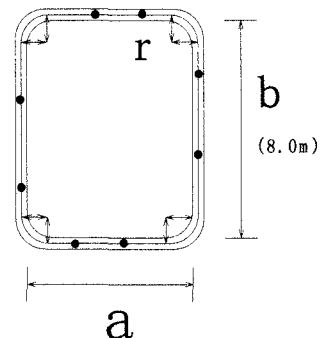
縦横比(a/b)	解析ケース 土かぶり2D(固定) $k=2.0, 20.0, 200.0 \text{ (MN/m}^3\text{)}$				
	PH/PV比鉛直荷重	PVと水平荷重の平均比	PH/PV比鉛直荷重	PVと水平荷重の平均比	PH/PV比鉛直荷重
0.7	0.4	0.49	0.6	0.7	0.8
0.8	0.6	0.64	0.7	0.8	0.9
0.9	0.6	0.7	0.81	0.9	

および PH/PV 比を

パラメータとして

解析を行った。なお土かぶりは 2D と一定にしている。

計算には、はりばねモデル計算法を用いた。トンネルを曲がりはりおよび直線ばりに、またセグメント継手およびリング継手を各々回転ばねとせん断ばねにモデル化し、地盤反力を受動的な地盤ばねに評価して解析した。なお継手部のばね定数は、せん断ばね定数 k_s を無限大とし、回転ばね定数 k_θ は 0、1、5、10、20、50、100 (MN・m/rad) と 7 ケースを設定して計算を行った。



3. 解析結果と考察

3. 隅角部の半径と最大曲げモーメントの関係

図 2 は縦横比を $a/b=0.8$ 、回転ばね定数 $k_\theta=10$ (MN・m/rad)、および無限大(剛性一様)、地盤反力係数 $k=2.0$ 、 20.0 (MN/m³) とした場合の隅角部の半径と正の最大曲げモーメントとの関係を示した一例である。

キーワード：矩形シールドトンネル、はりばねモデル計算法、セグメント継手

連絡先：東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学小泉研究室 tel(03)3204-1894 FAX(03)3204-1946

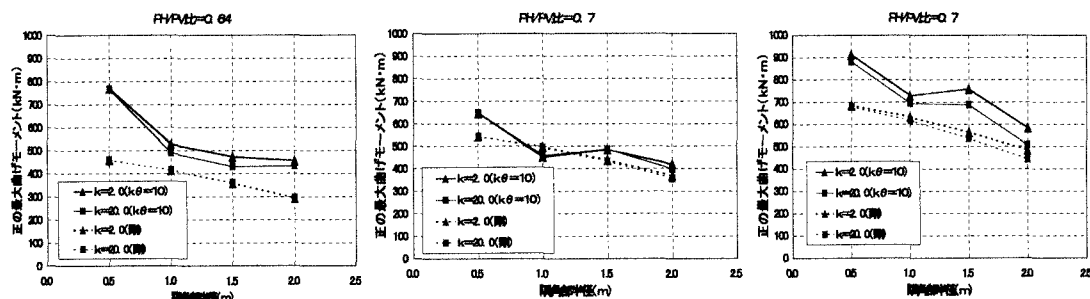


図2. 隅角部の半径と正の最大曲げモーメントとの関係

左側から PH/PV 比=0.64、0.7、0.8 のケースを示している。

正の最大曲げモーメントは PH/PV 比が 0.7 のときには地盤反力による影響をあまり受けないが、それ以外の PH/PV 比では地盤反力の影響を受けることがわかる。一般に剛性一様リングとした場合(継手を考慮しない)の方が地盤反力の影響が少ない。一方継手を考慮した場合は、PH/PV 比が 0.7 で隅角部の半径が 1.0m のときを除いてそれを考慮しない場合よりも正の最大曲げモーメントが大きくなることがわかる。また隅角部の半径を大きくすると継手を考慮しない場合は正の最大曲げモーメントは減少するが、継手を考慮する場合は常に減少するとは限らないことがわかる。

図3は隅角部の半径と負の最大曲げモーメントについての同様な関係を示した一例である。負の最大曲げモーメントは地盤反力係数による影響をあまり受けず隅角部の半径が大きくなるにつれて減少していることがわかる。

図4は縦横比 $a/b=0.8$ 、地盤反力係数 $k=20.0$ (MN/m³)、回転ばね定数 $k_\theta=10$ (MN・m/rad) とした場合の隅角部の半径と正の最大曲げモーメントとの関係を示した図である。昨年までの結果から継手を考慮しない場合には、正の最大曲げモーメントを最小にする PH/PV 比はトンネルの隅角部の半径によらず縦横比の2乗となることであることがわかってはいるが、継手を考慮した場合には、最適な PH/PV 比が隅角部の半径によってこれより若干ずれることがわかる。また PH/PV 比が 0.7、0.8 のときは、最大曲げモーメントの発生位置が断面のスプリング部であるのに対して、PH/PV 比が 0.64 のときはクラウン部となっていた。

負の最大曲げモーメントについては PH/PV 比によらず隅角部の半径が増加するのに伴ってその最大値が減少した。また最大値はいずれの場合も断面の円弧部分に発生した。

4. おわりに

この研究により得られた結論を列挙すると次のとおりである。

- ①正の最大曲げモーメントは隅角部の半径を大きくしてもこれを減少させることができるとは限らない。
- ②断面形状、地盤反力係数、回転ばね定数の組み合わせに対して最適な PH/PV 比を選ぶと地盤反力による影響を受けにくく、剛性一様な断面より最大曲げモーメントを減少させることができる場合がある。

今後は、セグメント継手の位置を変化させた場合や、隅角部の半径をさらに細かく設定して解析を行っていく予定である。

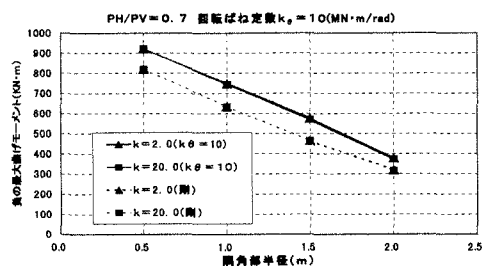


図3. 負の最大曲げモーメントとの関係

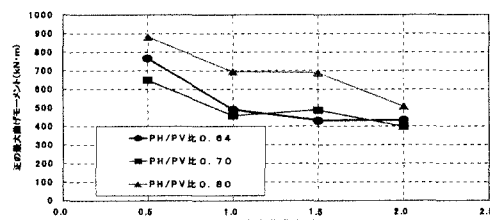


図4. PH/PV 比の違いによる比較