

(III-83) セグメント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、未固結の滞水土砂地山においては円形断面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おいて、大断面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要求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。

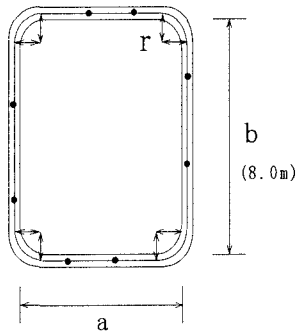
2. 解析条件および検討方法

解析の対象とした矩形断面トンネルはセグメント厚さ 300mm、幅 1000mm の RC 平板型セグメントとした。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したとき、 a/b を 0.7, 0.8, 0.9 とした 3 ケースを解析対象とした。また、隅角部半径 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、トンネル断面の概略を示したもので、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 1 に示すとおりで地盤反力係数 k および PH/PV 比をパラメータとし解析を行った。なお土かぶりは、2D と一定にしている。

表 1. 地盤条件

解析ケース	土かぶり2D(固定)	$k=0.2, 2.0, 20.0(\text{kgf}/\text{cm}^3)$				
縦横比(a/b)	PH/PV比(鉛直荷重PVと水平荷重の平均値PHの比)					
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		



解析には、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、地盤反力を受働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, 100, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 $\text{tf}\cdot\text{m}/\text{rad}$ と 7 ケースを設定した。

図 1. トンネル断面の一例

3. 解析結果と考察

3-1. 回転ばね定数 k_θ と最大曲げモーメントとの関係

1) 土圧条件(PH/PV 比)を変化させた場合

図 2 は地盤反力係数 $k=2.0\text{kgf}/\text{cm}^3$ 、隅角部半径 $r=1.0\text{m}$ とした場合の回転ばね定数 k_θ と正の最大曲げモーメントとの関係の一例である。図は、左側から縦横比 $a/b=0.7, 0.8, 0.9$ のケースである。

回転ばね定数の増加に伴い最大曲げモーメントは減少し、その減少率は小さくなっていく。また、縦横比の増加に伴い、縦横比の 2 乗に等しくなる PH/PV 比は、最小値を示さなくなる。これは、継手による影響であると考えられる。この傾向は、隅角部半径の大きさによっても異なる。なお負の最大曲げモーメントは、PH/PV 比の減少に伴い小さくなった。

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

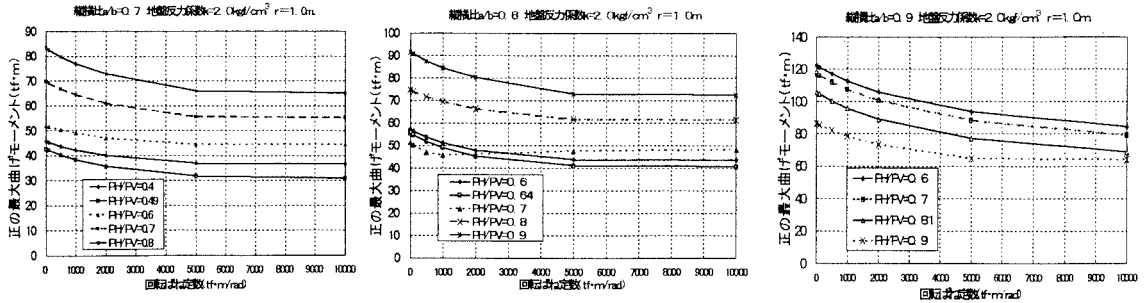


図2 土圧条件の違いによる回転ばね定数と正の最大曲げモーメントとの関係

2) 地盤反力係数を変化させた場合

図3は縦横比 $a/b=0.8$ ，隅角部半径 $r=1.0\text{m}$ ， $PH/PV=0.64$ とした場合の回転ばね定数 k_θ と正の最大曲げモーメントとの関係の一例を示したものである。 PH/PV 比が縦横比の2乗に等しくなる場合，それぞれの地盤反力係数における正の最大曲げモーメントは，回転ばね定数の増加に伴いほぼ一致してくる。回転ばね定数が比較的小さい場合に，地盤反力の影響を受けやすいことがわかる。なお負の最大曲げモーメントの値は，回転ばね定数の増加，地盤反力係数の値にかかわらずほぼ一致している。

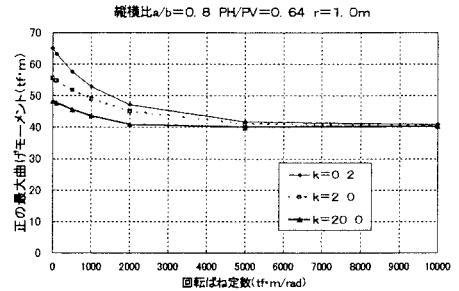


図3 地盤反力係数の違いによる比較

3-2. PH/PV 比と最大曲げモーメントとの関係

1) 回転ばね定数を変化させた場合

図4は縦横比 $a/b=0.8$ ，隅角部半径 $r=1.0\text{m}$ ，地盤反力係数 $k=2.0\text{kgf/cm}^3$ とした場合の PH/PV 比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。剛性一様とした場合，正の最大曲げモーメントは，縦横比の2乗に等しい PH/PV 比で最小となるのに対して，他のケースは， $PH/PV=0.7$ で最小値をとっているのがわかる。特に，回転ばね定数 $1000\text{tf} \cdot \text{m/rad}$ の場合は， $PH/PV=0.7$ で剛性一様とした場合の最小値を下回っているのがわかる。なお負の最大曲げモーメントは， PH/PV 比の増加や回転ばね定数の違いにあまり影響を受けない結果となった。

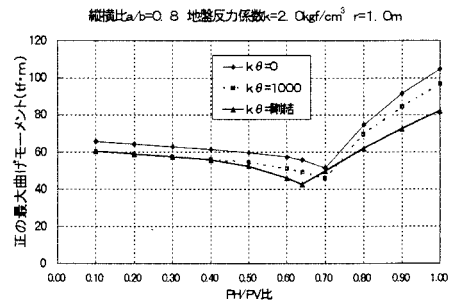


図4 回転ばね定数の違いによる比較

2) 地盤反力係数を変化させた場合

図5は縦横比 $a/b=0.8$ ，隅角部半径 $r=1.0\text{m}$ ，回転ばね定数 $1000\text{tf} \cdot \text{m/rad}$ とした場合の PH/PV 比と正の最大曲げモーメントとの関係である。地盤反力係数が 20.0kgf/cm^3 のとき， $PH/PV=0.64$ で最小値をとっているが，地盤反力係数 0.2 ， 2.0kgf/cm^3 では， $PH/PV=0.7$ で最小値をとっている。なお負の最大曲げモーメントは， PH/PV 比の増加に伴い，地盤反力係数の影響をあまり受けなくなった。

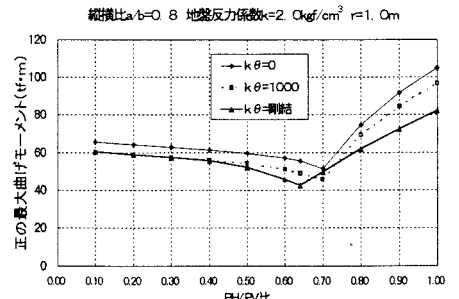


図5 地盤反力係数の違いによる比較

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回転ばね定数が小さくなるほど，地盤反力の影響を大きく受けやすいことがわかる。

②剛性一様モデルでは， PH/PV 比が縦横比の2乗に等しくなると正の最大曲げモーメントは最小値をとったが，セグメント継手を考慮するとその影響により最小値をとる PH/PV 比が若干ずれることがわかった。

今後は，最小値を示す PH/PV 比の前後において，さらに細かなパラメータを設定し同様な解析を行っていく予定である。