

Ⅲ - B89 隅角部に曲率をもつ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 篠原 洋輔 西松建設(株) 正会員 小林 正典
早稲田大学 学生員 大西 元 早稲田大学 正会員 小泉 淳
早稲田大学 永井 亮

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断面が用いられてきた。これは、未固結の滞水士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、今後大断面トンネルの需要の増大が見込まれる中、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、占有できる地下空間はますます狭くなり、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、パラメトリック解析によりその力学的挙動を考察したものである。

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のセグメントは厚さ 300mm、幅 1000mm のRC平板型セグメントとし、剛性一様断面と仮定した。トンネルの高さは 8.0m と一定とした。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 の 3 ケースに定め、それぞれ隅角部に半径を 0m から 0.5 m きざみでクラウン部が半円状態になるまで円弧部分をつけて検討を行った。図 1 は、そのうちの縦横比 0.7, 隅角部半径 1m のときのトンネル断面を示したものである。

表 1. 地盤条件

地盤条件は、表 1 のとおりであり、地盤反力係数および PH/PV 比をパラメータとした。

解析ケース 土かぶり 2D(固定) $k=0.220\text{kgf/cm}^2$					
縦横比 a/b	PH/PV 比	(鉛直荷重 P_V と水平荷重の平均値 H の比)			
0.70	0.40	0.49	0.50	0.60	
0.80	0.50	0.60	0.64	0.70	0.80
0.90	0.60	0.70	0.81	0.90	

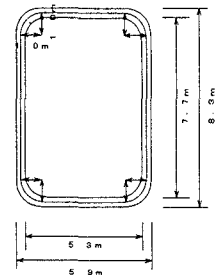


図 1. トンネル断面の一例

解析方法は、はり-ばねモデル

計算法(回転ばね定数は無限大)を用いてトンネルを曲がりはりおよび直線ばりに

セグメント継手およびリング継手を各々せん断ばねと回転ばねにモデル化し、地盤反力を受動的な地盤ばねに評価して解析した。

3. 解析結果と考察

解析結果の一部を図 2～図 6 に示す。なお、左側のグラフは正の最大曲げモーメント、右側のグラフは負の最大曲げモーメントを表す。

3-1. 隅角部の半径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

正の最大曲げモーメントは、PH/PV 比が縦横比の 2 乗に等しくなる場合最小となる。

負の最大曲げモーメントは、PH/PV 比が小さいほど小さくなるが、隅角部の半径の増加に伴い、曲線が交差する。これは、PH/PV 比の違いにより、最大曲げモーメントの減少率が異なるためであると考えられる。

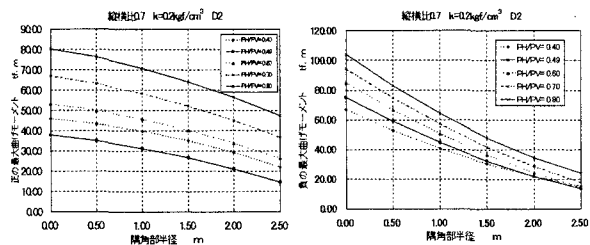


図 2. 土圧条件の違いによる隅角部半径と曲げモーメントの関係

キーワード: 矩形シールドトンネル, 曲率半径, はり-ばね解析モデル

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

2) 地盤反力係数を変化させた場合

正の最大曲げモーメントは、PH/PV 比が縦横比の2乗に等しくなる場合、地盤反力係数にかかわらず、ほぼ一致する。それ以外の場合は、 $k=2.0$ の方が隅角部の半径の増加に伴い減少する。

負の最大曲げモーメントは、地盤反力係数の値にかかわらずほぼ一致している。

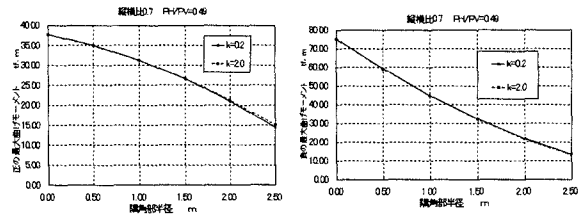
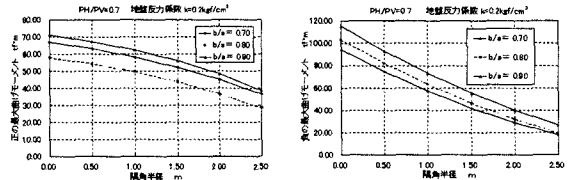


図3. 地盤反力係数の違いによる隅角半径と最大曲げモーメントの関係

3) 縦横比を変化させた場合

縦横比が小さくなるほど負の最大曲げモーメントは小さくなる。これは、地盤反力係数 k を固定して縦横比を変化させた場合、鉛直荷重の大小がそのままモーメントに影響を与えるためであると考えられる。



3-2. 隅角部半径と最大曲げモーメントの減少率との関係

PH/PV 比が縦横比の2乗と等しくなる場合、正の最大曲げモーメントの大きな減少が認められる。例えば、減少率 50%のときの隅角部半径は、PH/PV=0.49 のとき最小値をとっている。負の最大曲げモーメントの場合は、地盤反力係数による減少は認められない。正曲げより負曲げの方が、小さい隅角部半径で大きな曲げモーメントの減少が生じる。これは、負の最大曲げモーメントは隅角部で発生しているため、隅角部半径が大きくなることで減少したためであると考えられる。

図4. 縦横比の違いによる隅角半径と最大曲げモーメントの関係

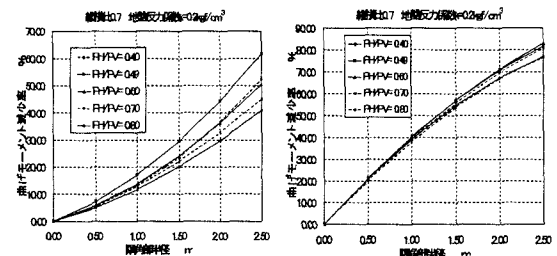


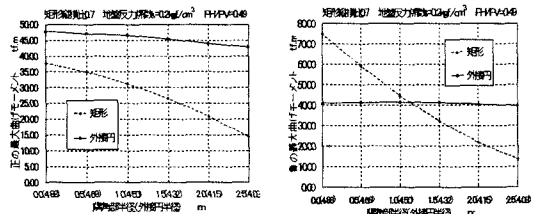
図5. 隅角部半径と最大曲げモーメントの減少率との関係

3-3. 隅角部半径と矩形断面および外接円断面の最大曲げモーメントとの関係

外接円の正負の最大曲げモーメントは、ほぼ一定値をとり、PH/PV 比の増加に従い減少する傾向にある。

$k=0.2$ の方が、 $k=2.0$ のときよりも矩形の最大曲げモーメントが外接円の最大曲げモーメントを下回る場合が多い。PH/PV 比の増加に伴い矩形と外接円の最大曲げモーメントの一致点における隅角部半径は大きくなる。正の最大曲げモーメントに比べると、負の最大曲げモーメントの方が一致点が多い。

図6. 隅角部半径と矩形および外接円の最大曲げモーメントとの関係



PH/PV 比の小さいときには、矩形の最大曲げモーメントが外接円より小さくなる場合が多く小さな隅角部半径で円形断面の曲げモーメントに近づく。

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隅角部半径が増加すると、曲げモーメントの挙動は円形に近づくため、矩形の最大曲げモーメントが外接円の最大曲げモーメントを下回る場合が多くなる。特に軟弱な地盤においては、矩形の最大曲げモーメントは小さい隅角部半径で外接円の最大曲げモーメントを下回る場合が多い。② PH/PV 比の減少に伴い、小さい隅角部半径で外接円の最大曲げモーメントを矩形の最大曲げモーメントが下回る。正の最大曲げモーメントよりも、負の最大曲げモーメントの方が外接円断面の最大曲げモーメントを下回る場合が多い。

今後は、継手を考慮したモデルを用いて、同様な解析を行う予定である。