

Ⅲ-B102

非円形断面形状を有するシールドトンネルの
耐荷機構に関する実験的研究

早稲田大学 学生員 田中 学
 早稲田大学 春名 晃宏
 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の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の処理の問題など、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。

本研究は著者らが昨年度までに行った非円形断面を有するシールドトンネル（楕円形断面、矩形断面）の解析的研究の結果を基にアクリル製のトンネル模型を作成し、これを土槽中に埋設して載荷実験を行い、その結果に検討を加えたものである。

2. 実験概要

実験にはトンネルの横径 a とトンネルの縦径 b との比 a/b がともに 0.8 で、曲率半径が 20mm と 40mm の 2 つのトンネル模型を用いている。トンネル模型の諸元は表 1, 2 に示すとおりである。

実験手順はまず土槽にトンネル模型を埋設し、砂を巻きだし、その後図 1 に示す土槽のロードセルの 1—3 方向（鉛直方向）のスクリージャッキを用いて先行載荷する。次に 1—3 方向は固定した状態で 2—4 方向（水平方向）に載荷する。土圧はロードセルにより計測した。載荷によるトンネル模型のひずみは図 2 に示した中央断面でトンネルの中心から中心角 15° 間隔で 24 点に貼付したひずみゲージにより測定した。

実験には豊浦標準砂を用いた。地盤のみの実験からこの砂の地盤反力係数は $K=32.82\text{MN/m}^3$ と定めた。また、アクリルの弾性係数は 3300MN/m^2 とした。

キーワード：矩形シールドトンネル、土槽実験、はり—ばねモデル計算法

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

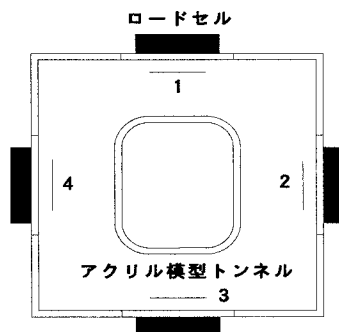


図1. 土槽での載荷状況

表1 トンネル模型の諸元

トンネル高さ h (mm)	400
トンネルの図心縦径 b (mm)	199
トンネルの図心横径 a (mm)	160
曲率半径 r (mm)	20.0
厚さ t (mm)	7.65

表2 トンネル模型の諸元

トンネル高さ h (mm)	400
トンネルの図心縦径 b (mm)	200
トンネルの図心横径 a (mm)	160
曲率半径 r (mm)	40.2
厚さ t (mm)	8.32

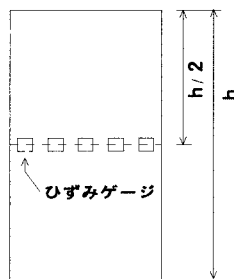


図2. トンネル模型の縦断面

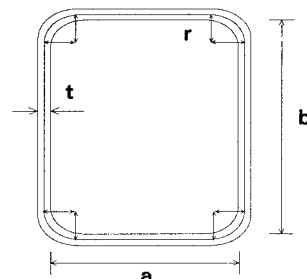


図3. トンネル模型の横断面

3. 実験結果および考察

図4および5は隅角部の曲率半径がそれぞれ20,40mmの場合の载荷試験から得られたPH/PV比と最大曲げモーメントとの関係を示した一例である。横軸のPH/PV比は鉛直方向の荷重PVと水平方向の荷重PHとの比である。

図4から正の最大曲げモーメントはPH/PV比が0.65付近で極小値をとり、負の最大曲げモーメントは単調増加していることがわかる。正の最大曲げモーメントの発生位置はPH/PV比が0.65付近でトンネルのクラウン部からスプリング部に移っている。一方負の最大曲げモーメントは常に隅角部で発生していた。これは昨年度までの解析的な研究で得られた「矩形断面シールドトンネルにおいて発生する正の最大曲げモーメントを最小にするのに最適なPH/PV比は縦横比 a/b の二乗に一致したときであり、そのとき最大曲げモーメントの発生位置はトンネルのクラウン部からスプリング部に移る。一方、負の最大曲げモーメントはPH/PV比の増加に伴い単調増加し、発生位置は常に隅角部である」という結果とほぼ一致している。

図5をみると正の最大曲げモーメントはPH/PV比が0.77付近で極小値をとり負の最大曲げモーメントは単調増加していることがわかる。正の最大曲げモーメントが極小になるPH/PV比は縦横比の二乗の値よりも大きな値になっているが、その発生位置はPH/PV比が0.77付近でクラウン部からスプリング部に移っており、また、負の最大曲げモーメントは常に隅角部に発生していることからこれも昨年度までの解析結果と同じ傾向となることがわかった。

図4と図5におけるそれぞれの正の最大曲げモーメントと負の最大曲げモーメントとの比率をみると隅角部の曲率半径が20mmの方がその差が大きいたことがわかる。これは隅角部の曲率が大きくなると負の曲げモーメントが発生する隅角部からクラウン部およびスプリング部に曲げモーメントが滑らかに伝播されるためではないかと思われる。

4. おわりに

本実験によって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を最小にするのに最適なPH/PV比は存在し、その前後で正の最大曲げモーメントの発生位置がクラウン部からスプリング部に移ることが確認できた。
- ②負の最大曲げモーメントは常に隅角部に発生し、PH/PV比の増加に伴い単調増加することが確認できた。

本報告ではセグメント継手がないトンネル模型についての報告であったが、セグメント継手を考慮した模型を用いて、いも継ぎ、千鳥組に組んだ実験も済んでいる。これについてはただいま解析中であるので解析が済み次第報告する予定である。

～参考文献～1) 花房, 小泉ら: 異形断面トンネルの合理的設計法に関する実験的研究

2) 土木学会年次講演会第53回(Ⅲ-B178), 関東支部第25回(Ⅲ-83)

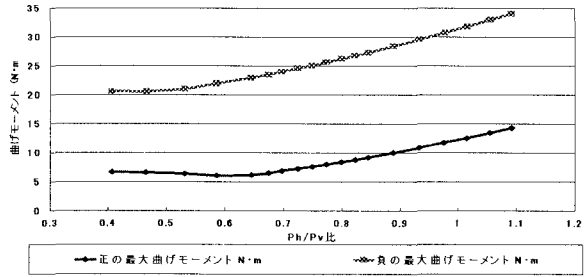


図4. PH/PV比と最大曲げモーメントとの関係（曲率半径 20mm）

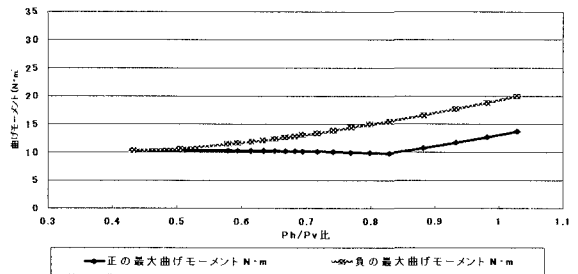


図5. PH/PV比と最大曲げモーメントとの関係（曲率半径 40mm）