

Ⅲ-B16 トンネル支保工と地盤反力の相互作用に関する模型実験

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 高根 努
(元建設省土木研究所交流研究員)

建設省土木研究所 正会員 真下英人

建設省土木研究所 正会員 鈴木正彦

建設省土木研究所 正会員 砂金伸治

1. はじめに

経済的で力学的にも安定した支保設計を行うにあたっては個々の支保の持つ特性を把握し、それを最大限に活用した合理的な設計とすることが望ましい。しかしながら、支保機構の定量的な評価は難しく、設計手法に関しては未だ試行錯誤の段階である。本研究は、薄肉柔支保工の理論に基づく支保工と地盤反力の相互作用の把握を目的とし、模型実験より得られるひずみ値から算出した断面力及び断面応力を指標として、部材厚及び土被り比 (H/D H ; 土被り、 D ; トンネル外径) の違いがトンネルに及ぼす力学的な影響を検証するものである。また、あわせて梁-バネモデルを用いた骨組解析を実施し、数値解析的な評価を加えた。

2. 実験手法及び解析手法

実験装置の概要を図-1に示す。地山試料には気乾状態の標準砂を用い、トンネル模型には厚さ3、5、10mmの3種の円筒形アクリル材を使用した。トンネル掘削はモデル地盤の中に、予め標準砂を充填したトンネル模型を埋め、所定の土被りで地山作成後、模型内の標準砂を除去することで模擬した。なお、トンネル模型内の標準砂の挿入量は (トンネル模型容量) $\times$ (地盤モデルにおける標準砂の単位体積重量) で管理した。また、土被り比については $H/D=1, 2, 4$ の3種とした。解析はこの実験においてトンネルに作用する断面力、断面応力をシミュレートしたものである。図-2は解析に用いた梁-バネモデルであり、今回の実験では模型トンネル表面に粗度を増加させる処理を行っていないため、トンネル模型と地盤モデル間の付着力あるいは摩擦力は小さいものと考え、法線方向に引張降伏後の強度を考慮しない非線形バネのみを考慮するモデルとした。なお、地盤反力の算出にはMuir Wood, A.Mの理論解を、側圧係数の算出には $\lambda = \nu / (1 - \nu)$ を算出式として用いた。荷重高さは全土被り高さおよび及びテルツァギーのゆるみ高さの2種類を想定した。断面力、断面応力計算で用いた諸元は表-1に示す通りである。地盤モデルの変形係数は低応力三軸圧縮試験結果を参考として想定した。

3. 実験結果及び解析結果

今回の実験では、軸力については測定誤差の影響を受け、有効な結果が得られなかったため、モーメント

キーワード: トンネル 支保工 模型実験 骨組解析

連絡先: 建設省土木研究所 〒305-0804 茨城県つくば市旭1

(株)オリエンタルコンサルタンツ 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-3-31

Tel: 0298-64-4689

Fax: 0298-64-0178

Tel: 06-6350-4374

Fax: 06-6398-2667

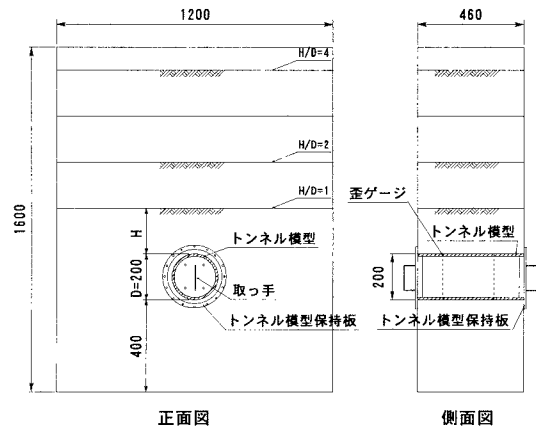


図-1 実験装置概要図

表-1 解析諸元

地盤モデル			
変形係数	50 kgf/cm ²		
地盤反力バネ定数	3.4 kgf/cm ²		
法線方向	1.1 kgf/cm ²		
接線方向	1.45 kgf/cm ²		
単位体積重量	1.45 gf/cm ³		
ν : 0.25	c : 0.0	ϕ : 30	
荷重高さ	$H/D=1$	$H/D=2$	$H/D=4$
テルツァギー	15cm	22cm	28cm
全土被り	20cm	40cm	80cm
トンネル模型 (円筒形アクリル材)			
外径	20cm	厚さ	3mm
内径	44cm		5mm
ポアソン	0.25		10mm
変形係数	3.27×10^4 kgf/cm ²		

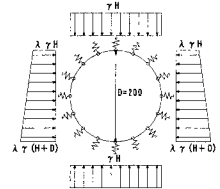


図-2 解析モデル図

について考察を行う。図-3に部材厚及び土被り比の違いがモーメントに及ぼす影響を示す。実験結果に着目すると、各土被り比において若干分布形状は異なるものの、部材厚が薄くなるに従い発生量は小さくなっており Peck¹⁾による薄肉柔支保工の理論を再現する結果となっている。また、解析結果に着目すると、 $H/D=2$ 、4の場合にはテルツァギーのゆるみ荷重を仮定した解析結果が実験結果を比較的良好に再現している。

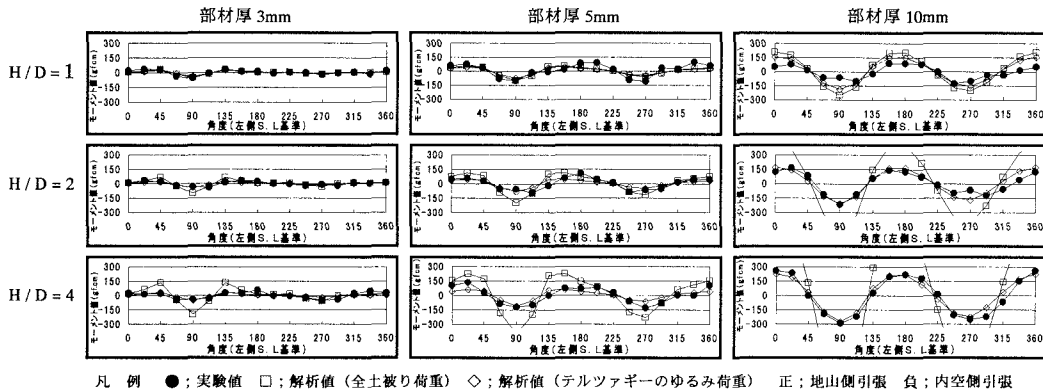


図-3 部材厚及び土被り比の違いがモーメントに及ぼす影響

参考までに地盤パネの設定を変更した場合の解析結果を図-4に示す。地盤反力パネを考慮した場合には地盤反力の効果により発生量は低減されており、特に法線方向に引張を考慮しない非線形パネを採用した場合には実験で見られる負曲げの発生をよく再現する等、実験結果に近い結果を示している。

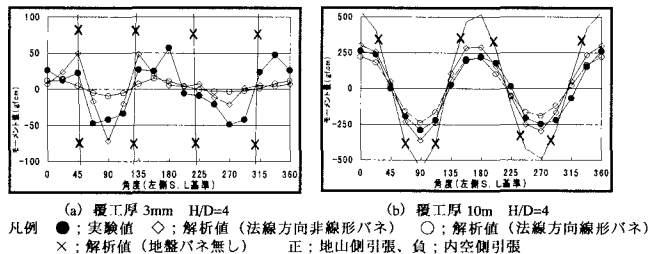


図-4 地盤反力パネ要素がモーメントに及ぼす影響

同条件において推定した応力状態を図-5に示すが、モーメントによる応力の影響が大きく、部材厚を薄くすることによりモーメントは低減されるものの、断面係数も低減されることから、曲げによる応力が部分的に大きくなり、結果的に縁応力の最大最小値は増加し、大きな圧縮及び引張応力が発生している。

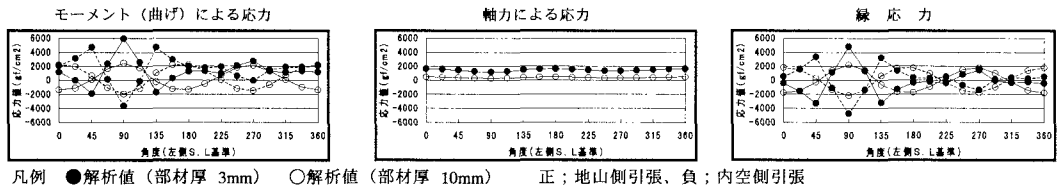


図-5 部材厚の違いが断面応力に及ぼす影響（ $H/D=4$ 法線方向非線形パネ）

4. まとめ

今回の実験により、実験モデルでの薄肉柔支保工におけるモーメントの低減効果が実証され、実験結果をシミュレートした解析結果では、法線方向に引張を考慮しない非線形パネを採用し、テルツァギーのゆるみ荷重を採用することにより実験結果に近い結果を得ることが出来た。しかしながら、モーメントが低減されることによる曲げ応力の低減は顕著に現れず、今回の実験では部材厚を薄くすることによる優位性は確認されなかった。ただし、地盤条件によっては部材を薄くすることによる効果が有効に発揮される場合もあると考えられるため、今後、地盤条件を変更しさらに検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) Peck, R.B.: Deep Excavation and tunneling in soft ground, 7th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., State of the Arts Volume, pp.225-290, 1969