

III-686

トンネル覆工に作用する土圧と覆工変形の相互作用に関する模型実験

一 覆工に作用する土圧と覆工に生じる断面力について 一

佐藤工業 正 会 員 木村 定雄

早稲田大学 正 会 員 小泉 淳

早稲田大学 野本 雅昭 舟橋 秀廣

1. はじめに

覆工に作用する土圧と覆工の変形に伴って生ずる土圧変化について、その基本的な考え方および実験的な評価は文献¹⁾に述べたとおりである。すなわち、覆工に作用する土圧は覆工の変形に伴って覆工がトンネルの外側に変形する位置(例えばスプリングライン)では受動的土圧として増加し、また内側に変形する位置(例えばクラウン)では主動的土圧として減少するものと考えられる。

本報告は、実験的に確かめられた土圧を覆工の設計計算に適用する場合、その土圧変化をどのような構造モデルや荷重系として取り扱えば覆工挙動の現象を説明できるか、その方法を検討した結果について述べたものである。すなわち、覆工の任意の位置に作用する土圧は、その位置の覆工変形の影響を受け増減するが、その土圧変化を、a)すべて覆工変形に従属して定まる地盤ばねとして評価する方法(全周ばねモデル)および、b)地盤が受動側となる位置では地盤ばねで評価し、主動側となる位置では覆工に平均的に作用する荷重(等分布荷重)を減じて評価する方法(部分ばねモデル)、を用いて解析し、トンネル模型に生じる曲げモーメントおよび変形量の解析結果と模型実験から得られたそれらとを比較することにより、土圧変化の評価方法を検討したものである。

2. 解析の概要

解析に用いた構造モデルおよび荷重系を図1に示す。図中、a)は全周ばねモデルであり、覆工変形に伴う土圧変化をすべて地盤ばねとして評価したものである。すなわち、覆工の任意の位置においてその位置の半径方向変位がトンネルの外側に変位する位置では受動的な地盤ばね(圧縮ばね)として、また内側に変形する位置では主動的な地盤ばね(引張ばね)として土圧変化を評価している。一方、b)は部分ばねモデルであり、覆工変形に伴う土圧変化のうち、受動的な地盤ばねのみ評価し、土圧の主動的な挙動は覆工に作用する荷重(A-A方向)を平均的に低減して評価(トンネル模型の変形時に計測された土圧を用いる)している。表1は解析ケースを示したものである。表中、I、IIおよびIIIは実験から得られた各種土圧の計測結果であり、荷重計の平均値(A-A方向またはB-B方向)、載荷板上に設置した土圧計の平均値および管に設置した土圧計の平均値をそれぞれ表している。また、解析に用いた荷重は表2に示すとおりであり、荷重計の平均値 0.2 kgf/cm^2 時に換算している。なお、表3に解析条件を示したが、地盤ばね定数は実験から得られた土圧変化を評価した係数¹⁾を用いている。

3. 実験結果と解析結果との比較

およびその考察

トンネル模型に発生した曲げモーメントの実験結果と解析結果の一例を図2に示す。a)は全周ばねモデル、b)は部分ばねモデルについての結果であり、両者とも接線方向ばねを有する場合の結果(断ヶ1~3および7~9)である。モデルa)の解析結果は実験値とよく符合している。一方、モデルb)の解析結果は地盤が受動側となる位置以

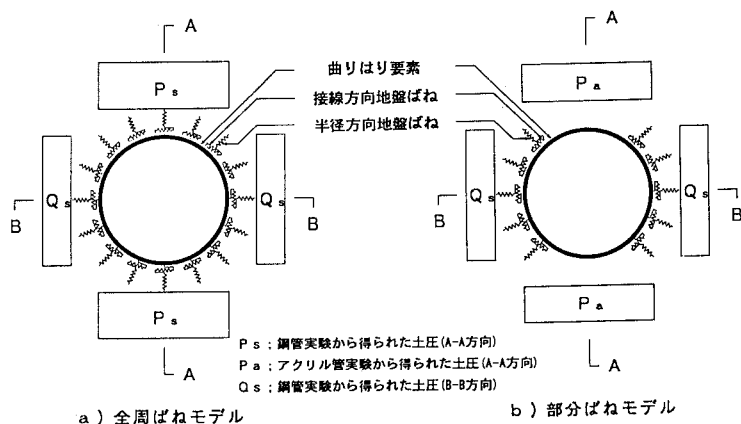


図1 構造モデルおよび荷重系

外ではよい符合を示していない。また、載荷板に設置した土圧計の値を用いた解析結果

（解析ケース2）が最も実験値と一致している。図3は同様にトンネル模型の変形量に関する結果を示したものである。これらの結果を見ても、モデルa)の結果は実験値とよく一致しており、

とくに解析ケース2の結果は実験値をよく説明できるようである。そこで、全周ばねモデルのうち、荷重条件が解析ケース2と同じで接線方向地盤ばねを有する場合（解析ケース2）およびそれを有しない場合（解析ケース5）の解析結果と実験値とを比較した。図4および図5はその結果である。これらの結果を見ると、トンネル模型に生じる曲げモーメントや変形は解析ケース2と5の中間的な挙動となっていると判断される。以上の結果から、地盤が受働側となる場合だけでなく、主働側となる場合も覆工変形に伴う土圧変化を地盤ばねとして評価すると覆工挙動の現象を適切に表現できるものと思われる。

4. おわりに

現在、シールド工の設計計算に用いる主働的土圧はゆるみ土圧を基本として考え、変形に伴う土圧は地盤が受働側となる場合のみ抵抗土圧として考慮するといった考え方に立っている。しかしながら、本報告で述べたように、実際に覆工に作用する土圧は主働的土圧でさえも覆工の変形により変化することが確かめられた。これは新しい知見と思われ、その評価方法をも含めて今後さらに詳細な検討を行ってゆく予定である。

【参考文献】1) 五十嵐，木村，小泉：トンネル覆工に作用する土圧と覆工変形の相互作用に関する模型実験—覆工に作用する土圧と覆工変形の相互作用について—，第49回年次講演会，Ⅲ，1994. 9

表1 解析ケース

解析ケース	荷重条件		地盤ばねの評価			
	A-A方向	B-B方向	主働側、受働側を評価		受働側のみを評価	
			接線方向有	接線方向無	接線方向有	接線方向無
1	Ps-I	Qs-I	●			
2	Ps-II	Qs-II	●			
3	Ps-III	Qs-III	●			
4	Pa-I	Qs-I		●		
5	Pa-II	Qs-II		●		
6	Pa-III	Qs-III		●		
7	Pa-I	Qs-I			●	
8	Pa-II	Qs-II			●	
9	Pa-III	Qs-III			●	
10	Pa-I	Qs-I				●
11	Pa-II	Qs-II				●
12	Pa-III	Qs-III				●

表2 各種荷重値 (kgf/cm)

Ps-I	8.00
Ps-II	11.80
Ps-III	10.80
Pa-I	8.00
Pa-II	10.60
Pa-III	6.19
Qs-I	3.10
Qs-II	4.87
Qs-III	1.71

注) 荷重計の計測値0.2kgf/cm²時に換算

表3 解析条件

トンネル模型の諸元	
直径	19.7 cm
厚さ	0.8 cm
ヤング率	$3.27 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
断面係数	0.6 cm ⁴
断面積	12.0 cm ²
地盤ばねの諸元	
主働側ばね定数	3.82 kgf/cm ³
受働側ばね定数	7.25 kgf/cm ³

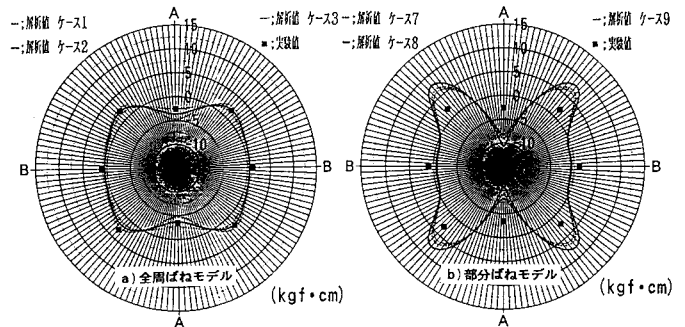


図2 曲げモーメント図

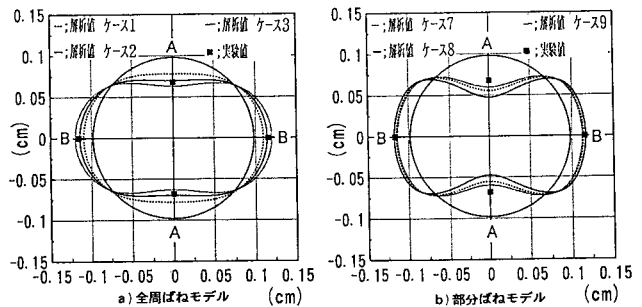


図3 変形図

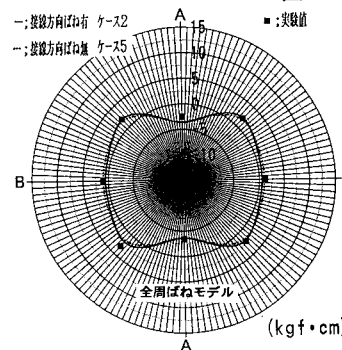


図4 曲げモーメント図

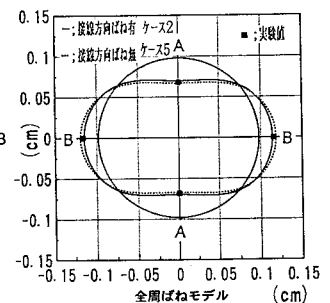


図5 変形図