

# III-67 応力履歴を考慮したシールドトンネル設計法について

東洋大 学生員 阪本隆広  
 東洋大 正員 小泉 淳  
 早稲田大 正員 村上博智

## 1. はじめに

シールドトンネルによって作られる都市トンネルは、そのほとんどが公道下であり、開削工法などによって作られた施設と錯綜し、比較的浅い地下部分はほぼ満杯状態となっている。このため、既設のトンネルでは、設計時に予想できなかった荷重の増減が生じることも多く、このような場合には、トンネルの耐荷力を算定し、適切な防護工を設けるなどの対策が必要となる。また一方で、新設トンネルにおいてもトンネル完成後に荷重の増減が想定される場合には、設計時にあらかじめこれを考慮に入れておくことが必要である。

本研究は、以上のような場合を想定し、トンネルに作用する荷重の評価と、荷重の増減に伴うトンネルの挙動を明らかにすることを目的に、トンネル模型と砂箱を用いた室内実験を行い、その合理的な設計法を検討しようとするものである。

## 2. 実験

実験は、土圧測定実験とトンネル模型のひずみ測定実験とから成る。荷重は図1のような5ケースを行った。

### ①土圧測定実験

トンネル模型を埋設しない状態で砂箱に砂を入れ、トンネル模型のクラウンとなる深さ20cmの位置での鉛直土圧およびトンネルの側面の位置での側方土圧を測定した。

### ②トンネル模型のひずみ測定実験

実験に用いたトンネル模型は、外径20cm、内径19.485cm、長さ40cmの亚克力製の円筒である。また、そのヤング係数は、31000kgf/cm<sup>2</sup>である。

トンネル模型を砂箱の所定の位置に埋設し、載荷用鋼板を増減させて、各荷重段階ごとに、トンネル模型の中央断面で15度間隔24点のひずみを測定した。そして、得られたひずみから曲げモーメントおよび軸力を算出した。

## 3. 解析

### ①土圧について

土圧測定実験の解析には、ブーシネスクの方法を用いた。

### ②トンネル模型に発生する断面力について

解析に用いた荷重系は、図2に示す通りであり、トンネル模型に作用させる荷重は鉛直土圧と側方土圧とし、抵抗土圧および地盤反力は地盤ばねとして評価した。図2のa)は荷重増減後の土圧のみを作用させる場合の、応力履歴を考慮しない方法であり、またb)は当初の荷重による応力状態と土圧の変動分による応力状態とを重ね合わせるもので、応力履歴を考慮する方法である。

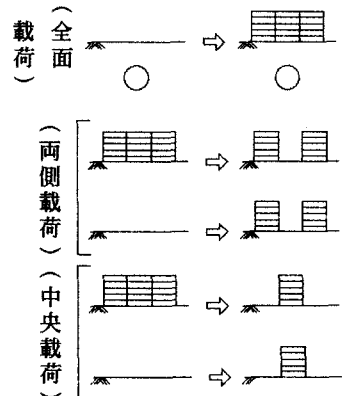


図1 載荷パターン

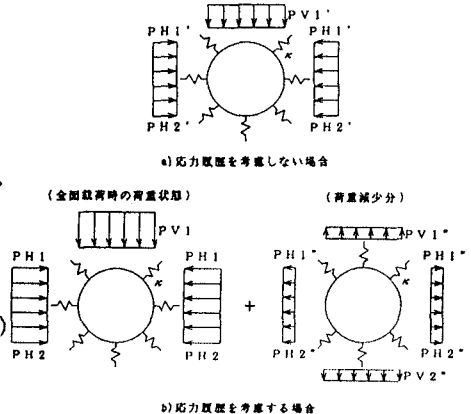


図2 解析モデル

4. 試験結果と解析結果との比較および考察

①土圧

土圧は、表1に示すように実験結果と解析結果がほぼ一致した。

②トンネル模型に発生する断面力

実験結果と解析結果は、主に曲げモーメントについて比較をした。

まず、実験で得られた土圧を基に、全面載荷の荷重パターンについて解析を行った。その結果両者は、最大曲げモーメントの発生位置などは一致したが、値としては一致しなかった。これは、トンネル模型の変形が原因となり、トンネル模型の頂部より上の土がゆるめられて、ゆるみ土圧が作用するような状態になったものと考えられる。そこで、作用する土圧の値を変化させ、実験結果との当てはめを行った。表2は、その結果得られた土圧と地盤反力係数を示したものである。また、図3は、その時の実験結果と解析結果を比較したグラフである。

中央載荷および両側載荷のケースの解析に用いた土圧は、測定によって得られた土圧と全面載荷のケースの当てはめによって得られた土圧との割合を求め、それを用いて算出したものである。また、図2のb)のトンネル下側の変動分の荷重PV2”には、地盤ばねによってトンネルに作用する荷重の変動分を用いた。

中央載荷のケースは、図4に示すように、応力履歴を考慮しない場合と応力履歴を考慮した場合のいずれも実験結果と近似している。両側載荷のケースでは、トンネル模型の上側の砂がゆるんでいることを考慮し、クラウンから±45度までは、地盤ばねが付かないとして解析を行った。この結果が図5であり、応力履歴を考慮した場合に実験結果と解析結果がかなり良く一致している。

以上より、応力履歴を考慮した場合の方がより良く現象を説明できるであろうことが推測される。

5. おわりに

今回の研究で用いた土圧・地盤反力係数は、共に推定されたものである。今後は、トンネル模型を埋設した状態での土圧の分布形状の計測等、さらに詳細な実験を行い、検討を進める予定である。

表1 鉛直土圧の実験値と解析値の比較

載荷パターン	実験結果 (gf/cm <sup>2</sup> )	解析結果 (gf/cm <sup>2</sup> )
全面載荷	62.3	59.8
両側載荷	17.7	22.0
中央載荷	41.3	37.8

表2 土圧と地盤反力係数κ

PV1 (gf/cm <sup>2</sup> )	31.5	
PH1 (gf/cm <sup>2</sup> )	26.5	
PH2 (gf/cm <sup>2</sup> )	20.0	
κ (kgf/cm <sup>3</sup> )	~90°	0.9
	90° ~175°	0.225
	180°	0.6

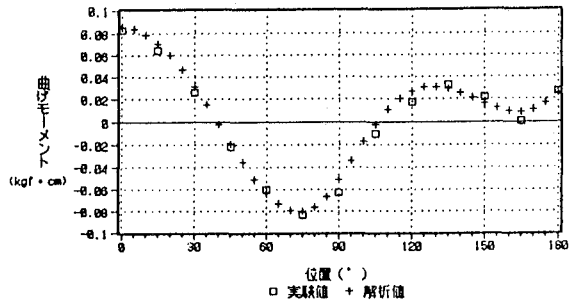


図3 曲げモーメント図（全面載荷）

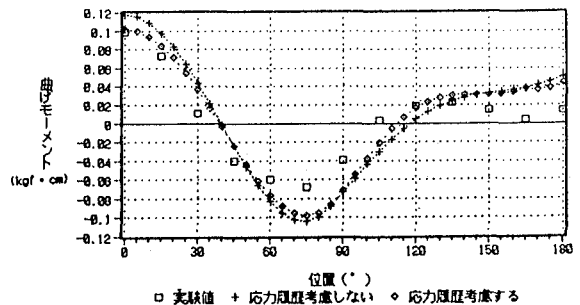


図4 曲げモーメント図（中央載荷）

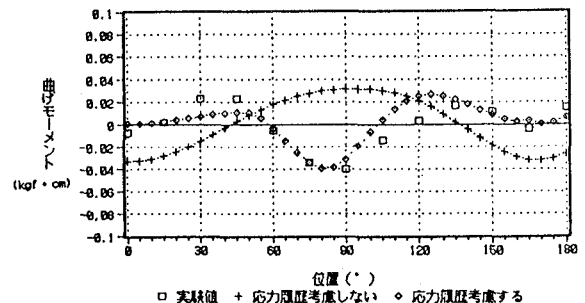


図5 曲げモーメント図（両側載荷）