

## III-B 156 荷重変動を受けるシールドトンネル覆工の挙動に関する模型実験(1)

早稲田大学 学生員 三浦 啓二  
 佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄  
 早稲田大学 学生員 野本 雅昭  
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

## 1. はじめに

既設のシールドトンネルの直上または近傍に新たな構造物が構築される場合や周辺地盤が掘削される場合などでは、既設のトンネル覆工は当初想定しなかった土圧や他の構造物による荷重の影響を受ける。このような事例は、都市部における地下の過密化に伴い今後さらに増加することが予想される。このように荷重変動を受けるトンネル覆工の挙動を評価する荷重-構造モデルの考え方は、次の2つの方法があると考えられる。(1)荷重変動を受けた後の最終荷重状態に対して覆工の変形や覆工に生じる断面力を計算する方法(以降、応力履歴を考慮しない方法と呼ぶ)および(2)当初の荷重状態と最終荷重状態の差分の荷重状態を考慮して、各々の荷重状態における覆工の変形や覆工に生じる断面力を計算し、それらの結果をたし合わせる方法(以降、応力履歴を考慮する方法と呼ぶ)がそれである。両者の考え方の相違は、覆工の変形に従属して定まる土圧の評価が異なる点にあるものと考えられる。

筆者らは荷重変動を受けるトンネル覆工の力学的挙動を明らかにすることを目的として基礎的研究を行ってきた<sup>1),2)</sup>。本報告は砂地盤中で荷重変動を受けるシールドトンネルをモデル化した模型実験結果を基に、荷重変動を受けるトンネル覆工の挙動を表現するための荷重-構造モデルについて検討したものである。

## 2. 実験方法および解析手法

応力履歴を考慮しない方法と応力履歴を考慮する方法の考え方および今回実施した模型実験における載荷状況を概念的に示したものが図1である。図2は実験に用いた土槽、載荷装置および計測項目の概要を示したものである。模型地盤は豊浦標準砂を用いて砂質地盤をモデル化した。トンネル覆工の模型には土圧により横断面内に変形が生じないものとして鋼管を、また変形が生じるものとしてアクリル管を用いた。トンネル模型と模型地盤の諸元は表1に示したとおりである。載荷は地盤が弾性的挙動を示す範囲で、図1中のPが10.0kgf/cm、Qが3.2kgf/cmとなるようにA-A方向のみ可動載荷板を押し込んで状態①をつくった。その

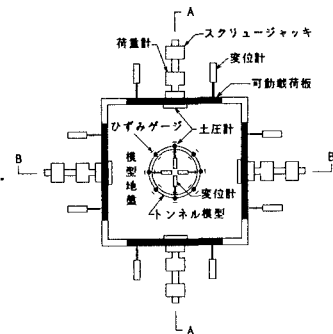


図2 実験装置および計測項目の概要

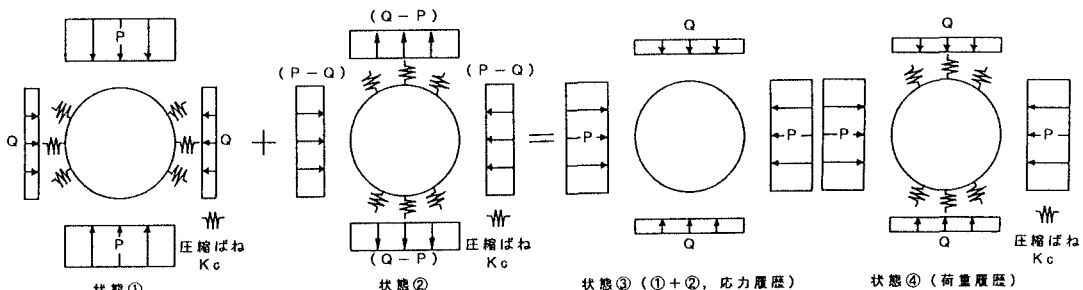


図1 応力履歴の概念

後 A-A 方向と B-B 方向の荷重が入れ替わる状態とするために A-A 方向の載荷板を引くとともに B-B 方向の載荷板を押し込む操作を交互に行い状態③④の荷重状態をつくった。なお、P および Q の値は鋼管に設置した土圧計による計測値にトンネル模型の幅を乗じたものである。

載荷実験におけるトンネル模型（アクリル管）の挙動をシミュレーションするために応力履歴を考慮する方法およびそれを考慮しない方法の2つの考え方に基づく解析を行った。解析モデルはアクリル管を剛性が一様な円環とみなし、アクリル管の変形に伴う土圧はwinklerの仮定に従う地盤ばねで評価（部分地盤ばねモデル）した。解析に用いた各種の物性値は表1に示したものと同一である。

### 3. 実験結果と解析結果との比較およびその考察

状態①においてアクリル管に生じた曲げモーメント、軸力および変位を図3 a), b), c)に、状態③, ④におけるそれらを図4 a), b), c)に示す。荷重変動を受けた後の曲げモーメント図（図4 a)）をみると応力履歴を考慮しない方法の解析値が実験値に近い値を示している。また軸力に関しても同様の傾向がある。しかしながら、変位図を見ると、実験から得られたアクリル管の変位量は微小であり、両解析値ともに実験値を表現しているとは言い難い。一方、状態①における実験値をA-A方向とB-B方向で入れ替えてみると、曲げモーメントおよび軸力ともに状態③④の実験値と概ね一致している。以上から、荷重変動を受けるアクリル管の挙動は、部分地盤ばねモデルを用いた解析手法によると応力履歴を考慮しない方法で概ね表現できるものと考えられる。

### 4. おわりに

今回実施した模型実験の結果と部分地盤ばねモデルを用いた解析の結果とを比較すると、応力履歴を考慮しない方法によりトンネル挙動をある程度表現できるようである。しかしながら、両者の違いは、覆工変形に伴う土圧の評価方法が異なる点に起因していることおよびアクリル管の変位挙動が応力履歴を考慮しない方法によっても表現できないことを合わせ考えると、部分地盤ばねモデルによる解析手法では、

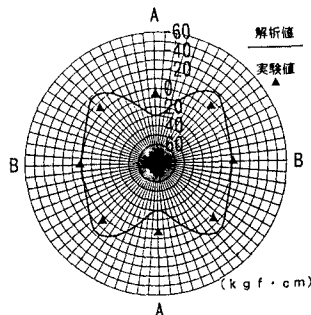
どちらの考え方が妥当であるのかは断定できないものと思われる。

【参考文献】1) 坂本, 小泉, 村上: 応力履歴を考慮したシールドトンネル設計法について, 第46回年次学術講演会, III-67, 1991. 9.

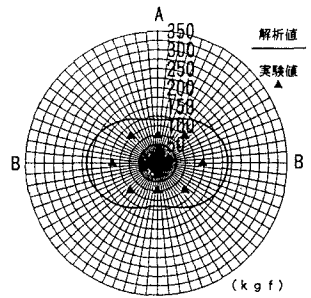
2) 三浦, 野本, 木村, 小泉: 荷重変動を受けるシールドトンネル覆工の設計に関する一考察, 第23回関東支部技術研究発表会, III-48, 1996. 3.

表1 トンネル模型および地盤の諸元

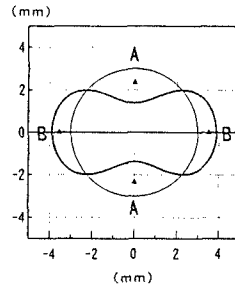
| トンネル模型の諸元   |                                       |                                        |
|-------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
|             | 鋼管                                    | アクリル管                                  |
| 外径          | 20 cm                                 | 20 cm                                  |
| 厚さ          | 1 cm                                  | 0.3 cm                                 |
| 幅           | 40 cm                                 | 40 cm                                  |
| ヤング率        | $2.1 \times 10^4$ kgf/cm <sup>2</sup> | $3.27 \times 10^4$ kgf/cm <sup>2</sup> |
| ポアソン比       | 0.30                                  | 0.36                                   |
| 地盤の諸元       |                                       |                                        |
| 受働側ばね定数 Kc  |                                       | 5.17 kgf/cm <sup>3</sup>               |
| 変形係数 E      |                                       | 75.32 kgf/cm <sup>2</sup>              |
| ポアソン比 $\nu$ |                                       | 0.25                                   |
| 荷重値         |                                       |                                        |
| P           |                                       | 10.9 kgf/cm                            |
| Q           |                                       | 3.2 kgf/cm                             |



a) 曲げモーメント

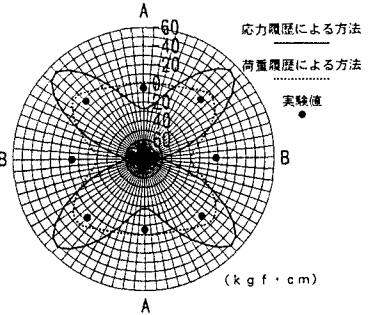


b) 軸力

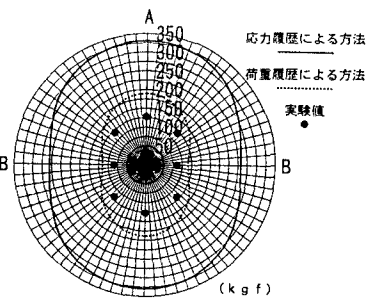


c) 変位

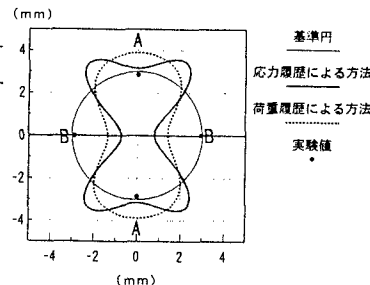
図3 状態①の結果



a) 曲げモーメント



b) 軸力



c) 変位

図4 状態③, ④の結果