

鉄建建設K.K. 正員 堀松 和夫
 信州大学工学部 正員 長 尚
 森本組K.K. 佐藤 寿高

1. 序

トンネル覆工断面の巻厚は、地質調査と施工の実績および掘削の状態をみて、経験的に決められているのが実状である。諸々な困難が存在するとはいえ、地上の構造物と同様に計算によって合理的に巻厚が決定されるべきであることは言うまでもない。特に比較的経験の少ない、特殊な荷重を受ける覆工については、何らかの計算上の裏付けが必要である。本文はそのような一計算法を探すために、トンネル覆工の模型に対して種々な型の載荷を行ない、その実験結果と、先に筆者の一人が提案した計算法を用いた計算結果との比較検討を行なったものである。

2. 実験方法

実験に用いた模型は、図-1に示すように、国鉄新幹線直線用断面を縮小(約1/22)したもので、材料は道床用防振ゴム(バラストマット、厚さ25mm、 $E = 2400 \text{ kg/cm}^2$)である。載荷は乾燥砂(載荷装置の側板を軽くたたいて落着かせる程度のしめ方で、 $\gamma = 1.6 \text{ t/m}^3$)により行ない、バニヤ製容器の内寸は $900 \text{ mm} \times 210 \text{ mm}$ 、高さ 1350 mm である。模型と正面板との接触摩擦を減ずるため、観察用に、正面に透明アクリル板を張り、またダイヤルゲージをセットする

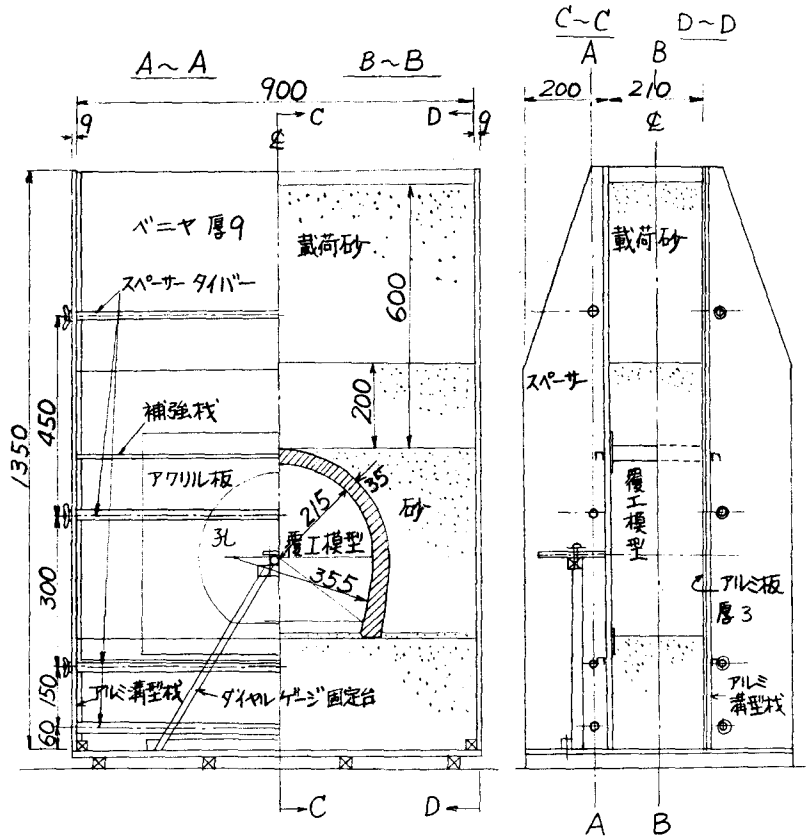


図-1 載荷装置(単位mm)

ためこの板に孔があけてある。実験はまず覆工の天端まで砂をつめ、この状態を規定の0点とした。載荷種別は覆工の天端上の砂厚 $H = 20 \text{ cm}$ の等分布載荷(Case-I)、 $H = 60 \text{ cm}$ の等分布載荷(Case-II)、 $H = 20 \text{ cm}$ の片側半分等分布載荷(Case-III)、 $H = 60 \text{ cm}$ の片側半分等分布載荷(Case-IV)、および片側 $H = 60 \text{ cm}$ の三角形分布載荷(Case-V)の5種類である。

3. 解析方法

解析方法は、先に発表^(1,2,3)した、受働荷重の発生を考慮した覆工の計算法と基本的には同じである。まず今回のモ

ゲルの解析上の構造系は、左右支点を弾性固定されたアーチと考える。次に載荷砂によって作用する荷重（主働荷重）は既知量とし、受働荷重は覆工の軸線の法線外側方向と、接線方向の変位に比例して発生する未知量であるとして扱う。この未知量を決定する式は次のように表わされる。²⁾

$$-\frac{P_i^N}{K_i^N} + \sum_{j=1}^I (P_j^N \bar{\delta}_{ij}^N + P_j^T \bar{\delta}_{ij}^T) = -\sum_{j=1}^I (A_{xj} \bar{\delta}_{ij}^N + A_{yj} \bar{\delta}_{ij}^T) \quad (i=1, \dots, I)$$

$$-\frac{P_i^T}{K_i^T} + \sum_{j=1}^I (P_j^N \bar{\delta}_{ij}^T + P_j^T \bar{\delta}_{ij}^T) = -\sum_{j=1}^I (A_{xj} \bar{\delta}_{ij}^T + A_{yj} \bar{\delta}_{ij}^T)$$

ここに、 P_i^N , P_i^T は覆工の軸線に対して法線方向と接線方向に発生する i 点の受働荷重、 K_i^N , K_i^T は法線方向と接線方向のバネ定数、 I は計算上の分割点の数、 A_{xj} , A_{yj} は水平、垂直方向に作用する j 点の主働荷重、 $\bar{\delta}_{ij}^\beta$ は j 点の α 方向に単位の荷重が作用したときの i 点の β 方向への変位である。この式において、 $\bar{\delta}$ は予め求めておくことができるから、主働荷重を与えれば、未知量 P_j^N , P_j^T ($j=1, \dots, I$) は、繰り返し計算により求めることができる。なお本計算においては、アクリル板と砂の摩擦による荷重の減少を考慮して、主働荷重を決定した。

4. 実験値と計算値の比較

Case-Ⅲについて、実験値と計算値の比較を図-2に示す。図の横軸に覆工の軸線がとってあり、番号1, 25が左右支点を、13がクラウンを示す。計算は、覆工を25分割し、法線方向のバネ定数は、砂の反力係数が 1 kg/cm^2 程度であると判断し、それに相当する、 $K^N = 2 \text{ kg/cm}$ を用い、接線方向はこれの $1/20$, $K^T = 0.1 \text{ kg/cm}$ として行なった。なおこのバネ定数の値の変動は結果に余り影響を与えないので、この値の精度はそれ程必要としないものである。図-2において、点線は受働荷重の発生がないものとした場合、つまり周囲を砂で拘束されていない場合の計算値を示したもので、曲げモーメントにおいては実験値と全く異なっている。これに対し、

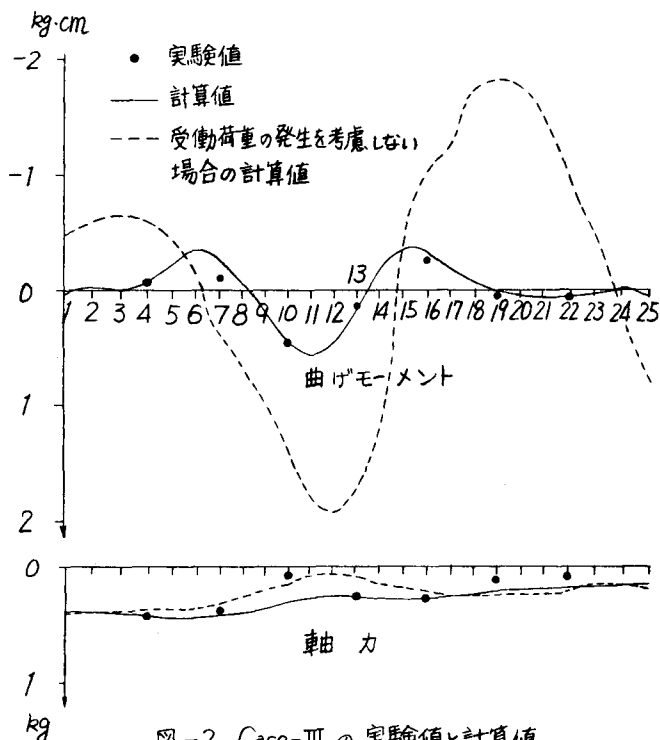


図-2 Case-Ⅲの実験値と計算値

受働荷重の発生を考慮した本計算法によるものはかなり良く一致している。この他のケースの実験結果と本計算法による計算結果とは、同様になんかなり一致したが、Case-Ⅰ, Ⅱは、Case-Ⅲ~Ⅶほどの良好な一致はみられなかった。この原因は砂の詰め方によって主働荷重に差が生じたことによるものと思われる。いずれにしても、本計算法の結果と実験値とがかなり良く一致したことは、特殊な載荷状態も含めて、本計算法の適用の妥当性がある程度立証されたものと思う。なお本計算法は、主働荷重は何らかの方法で推定できる場合に適用できることを念のため再記しておく。

- 参考文献 1) 長尚, 小林真和: 受働荷重を考慮したトンネルの応力解析, 第28回土木学会年次講演会概要, 1973. 2) 長尚: 円断面トンネル覆工の応力解析, 昭和51年度土木学会中部支部発表会, 1977. 3) T. Chau: Evaluation of Function of Passive Load for Tunnel lining, Soils and Foundations, vol. 17, No 1, Mar. 1977.