

京都大学工学研究科 正会員 田村 武
 京都大学大学院 学生員 ○広松智樹

1. はじめに

従来のシールドセグメントの設計法では、セグメントリングの構造解析モデルとして2次元でのモデルを考え、トンネル横断面方向を中心に注目して行なわれてきた。しかし、セグメントリングは千鳥組に組まれているため、設計に際しては横断面方向のみならずトンネル軸方向を考えることも重要であると考えられる。そこで、本研究では千鳥組に組まれたセグメントリングの3次元構造モデルを構築し、このモデルを用いることによって、千鳥組に組まれたセグメントリングの力学的挙動を把握・検討する。

2. 解析方法

(1) 解析モデル

まず、セグメント本体は完全な剛体と仮定し、セグメント継手位置の異なる2つのリングをつなぎあわせることによって、図1のように千鳥組に組まれた2リングのモデルを作る。(図の左側のリングをリング1、右側をリング2と呼ぶことにする)

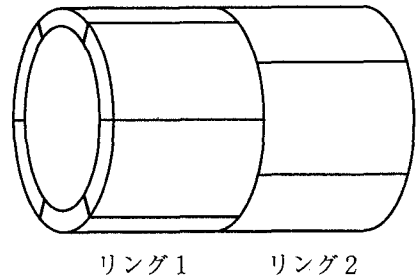


図1 千鳥組されたセグメントリング

次に継手部の取り扱いであるが、まずセグメント間には、図2のようにそれぞれのセグメントの接触面となる長方形の頂点に、それぞれ等方的な3次元弾性ばねを設ける。リング間については、図3のようにセグメント継手部分と隣接セグメントの中心とを、セグメント間で用いたばねと同様に等方的な3次元弾性ばねで連結する。地盤ばねについてはセグメント継手およびリング継手となる計6カ所に設定する。

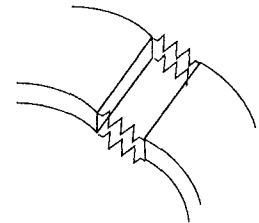


図2 セグメント継手部のモデル化

(2) 計算方法

まず、各セグメントで局所座標系をとる。このとき原点の変位を (u_0, v_0, w_0) 、Z, Y, X軸回りの回転角を、 α (左ネジを正)、 β (右ネジを正)、 γ (左ネジを正)とし、回転角は微小であるとする。セグメントの任意の点の変位は原点の変位 (u_0, v_0, w_0) と各座標軸回りの回転角 α, β, γ の計6個の未知数によって表すことができ、次式で与えられる。

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \alpha & \beta \\ -\alpha & 0 & \gamma \\ -\beta & -\gamma & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ y \\ z \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} u_0 \\ v_0 \\ w_0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

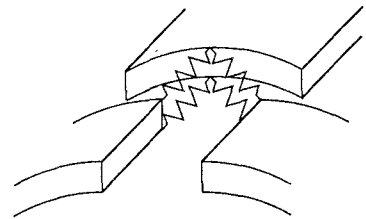


図3 リング継手部のモデル化

これにより各節点での変位を計算することができる。この変位から継手部に設けたばねによる反力が未知数を用いて表すことができる。したがって各セグメントについて、ばねによる反力とセグメ

TakeshiTAMURA , TomokiHIROMATSU

ントに作用する外荷重とでつり合い式を立てることにより連立1次方程式を得ることができる。

また本研究では、図1のような2リングが1サイクルとなって無限につながっており各サイクルで同様の荷重を受けていると考えた。そのため実際の解析では、1サイクルの前後での境界条件を等しくすることにより2リングのみの計算を行った。

3. 解析結果

表1 解析に用いた入力値

数値解析に必要な入力値を表1のように設定し、解析結果の一例としてセグメント間ばね定数のみをパラメータとしたときとときのリング1の継手部におけるセグメント間ばねによって発揮されるセグメント間軸力図を図4に示す。作用荷重は、各ピースごとに鉛直方向と水平方向に分け、鉛直荷重と水平荷重を集中荷重として各ピースの中心点に作用させている。荷重の大きさは、セグメントリング頂点での土被り圧 γH にセグメントピース各方向に射影した面積を乗じ、水平方向にはさらに側方土圧係数を乗じて算定している。

セグメントリング外径 $D(m)$	5.0
土被り比 H/D	1.0
セグメント幅 $L(m)$	1.0
セグメント厚 $t(m)$	0.2
ピース数 N	6
地盤反力係数 $k_1(tf/m^3)$	3.0×10^3
セグメント間ばね定数 $k_2(tf/m)$	$0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 (\times 10^5)$
リング間ばね定数 $k_3(tf/m)$	1.0×10^5
土の単位体積重量 $\gamma(tf/m^3)$	2.0
側方土圧係数 λ	0.5

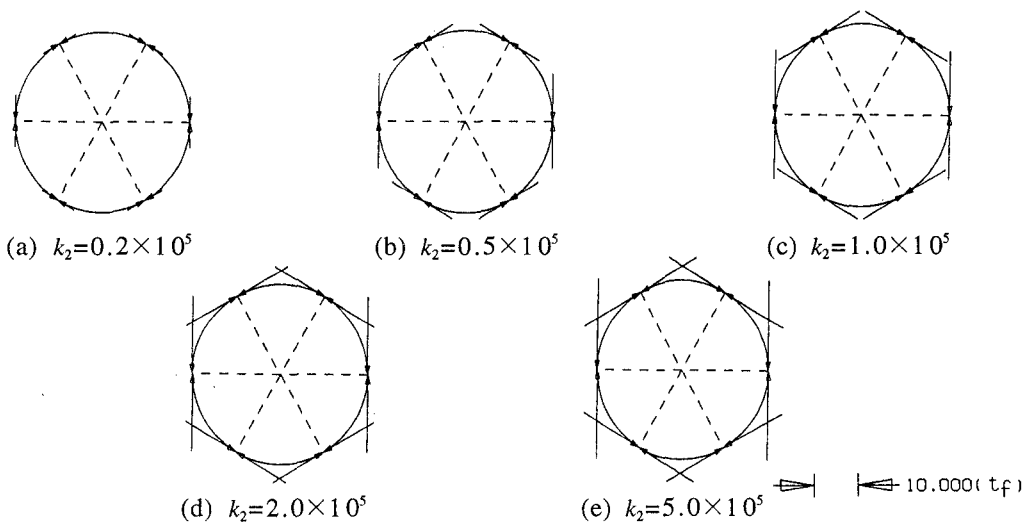


図4 セグメント間ばね定数を変化させたときの軸力図

4. まとめ

本研究によって、シールドセグメントの最も単純な場合の3次元構造モデルを構築することができた。そしてこのモデルを用いることにより、実際には2リングのみの計算ではあるが、セグメントリングの継手部における力学的特性の一面をとらえることができた。しかしながら今回提案したモデルはまだ不完全なものであり、現実的なものにするために、継手部におけるばね定数の設定方法等について検討していきたい。

参考文献

- 1) 土質工学会：入門シリーズ17 シールド工法入門, 1994.
- 2) 土木学会：トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説, 1996.
- 3) 土木学会：トンネル・ライブラリー 第6号 セグメントの設計, 1994.6.