

Ⅲ-628

スパイラル掘進する複円シールドにおける軸方向剛性の評価

清水建設（株）土木本部技術第一部 正会員 川口 博行
 同 上 正会員 青山 哲也
 同 上 正会員 入田健一郎

1. はじめに

近年のシールドトンネルは過密化した都市の地下空間を有効利用するため軟弱地盤中や周辺地盤が急変する地山中、あるいは急曲線施工、近接施工といった厳しい条件下での施工を余儀なくされている。このような条件下のシールドトンネルでは、セグメントの横断方向の検討のみならずトンネル軸方向の検討も不可欠となってくる。

シールドトンネルの軸方向の検討をする際には、その剛性をどう評価するかが重要な問題となる。単円シールドの軸方向剛性についてはいくつかの研究¹⁾²⁾が見受けられるがスパイラル掘進する複円シールドについての研究は皆無である。ここでは、3次元シェルモデルによりスパイラル掘進する複円シールドの軸方向剛性評価の試算をおこなったのでその結果を報告する。

2. 解析方法

シールドトンネルの立体構造モデルとしてリング継手を持たない（一様剛）モデルとリング継手を持つモデルについて各々2リングモデルを考え、一端を完全に固定し、他端（自由端）に外力Pを鉛直に加えた時の自由端の変位量を求める。次に、これらの立体構造モデルを梁構造モデルに置換する。継手を持つモデルでは継手部を回転ばねとして評価する。両モデルの鉛直方向の変位量の差（ $\delta' - \delta$ ）からリング継手を持つモデルの回転ばね定数K θ を算定し、更に軸方向等価曲げ剛性を下式によって算出した。¹⁾

$$(EI)_{eq} = \frac{K\theta}{(K\theta + \frac{EI}{\ell_s})} \times EI$$

$$K\theta = P\ell^2/4 (\delta' - \delta)$$

(EI) eq：等価曲げ剛性

K θ ：継手部回転ばね定数

EI：一様剛の場合の曲げ剛性

ℓ_s ：セグメント幅

ℓ ：2リング分のセグメント幅

P：荷重

δ' ：継手を持つモデルでの変位量

δ ：リング継手を持たないモデルでの変位量

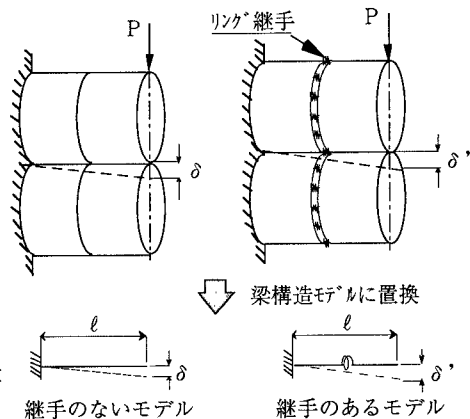


図-1 構造のモデル化

3. 解析ケース

複円シールドがスパイラル掘進をし、縦2連の状態から斜め2連の状態を経て横2連の状態にいたるまでの5ケースと単円のケースの合計6ケースについて解析をおこなった。解析に用いたセグメント諸元を表-1に、解析ケースを表-2に示す。

表-1 セグメント諸元

単円分の セグメント外径 Do(m)	単円分の セグメント内径 Di(m)	セグメント幅 B(m)	セグメントのヤング係数 E(tf/m ²)	ポアソン比 ν	セグメント 継手	リング 継手*
4.100	3.600	1.200	3.1×10^6	0.2	考慮せず	22.5° ビッチ

* リング継手はトンネル軸方向ばねとして評価した。

リング継手一箇所あたりのばね定数は下記の値とした。

圧縮：無限大、引張： 2.5249×10^4 tf/m

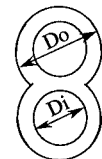


表-2 解析ケース

ケース	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
トンネルの回転角度	0°	22.5°	45.0°	67.5°	90°	単円
概念図						

4. 解析結果

図-2 に3次元シェルモデルによる変形量算定解析結果の一例を、図-3～図-4 に各ケースの曲げ剛性算定結果、および図-5 に一様剛の場合の曲げ剛性とリング継手を考慮した場合の剛性との比（等価曲げ剛性比）を示す。

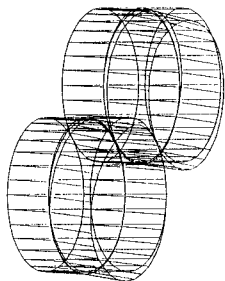


図-2 解析結果の一例 ケース 3
（トンネル回転角45°、リング継手考慮）

曲げ剛性EI (tf・m²)

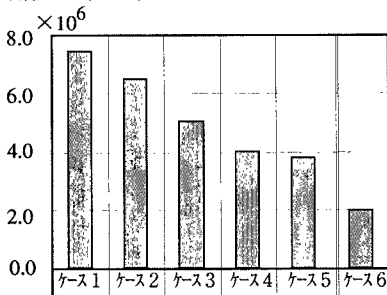


図-4 各ケースにおける等価曲げ剛性
（リング継手を考慮した場合）

曲げ剛性EI (tf・m²)

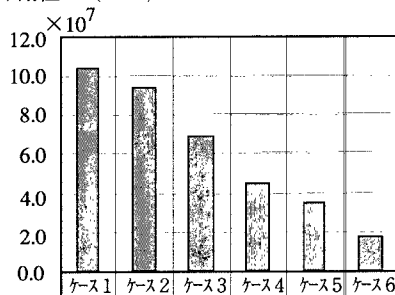


図-3 各ケースにおける曲げ剛性
（一様剛の場合）

等価曲げ剛性比

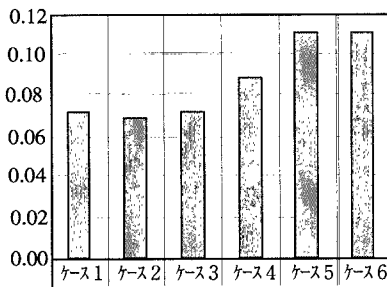


図-5 各ケースにおける等価曲げ剛性比

図-3～図-5 より以下のことがわかった。

- ・ 曲げ剛性は、リング継手を考慮しない場合（一様剛）、考慮する場合のいずれも縦2連の状態から横2連の状態になるにつれ低下し、横2連の状態では単円の場合の2倍の値となった。
- ・ 等価曲げ剛性比は0.07～0.11範囲にあり、横2連の状態が最も大きな値（＝0.11、単円の場合とほぼ同値）となった。

5. まとめ

3次元シェルモデルを用いた解析法によりスパイラル掘進する複円シールドの軸方向剛性を評価することが可能であることがわかった。ここでは、複円断面を対象にして軸方向剛性を算定したが、同様の方法によって円形以外の断面でも軸方向剛性の算定ができるものと思われる。

参考文献

- 1) 西野 健三：シールドトンネルの軸方向挙動に関する研究 平成元年2月
- 2) 志波 由紀夫等：シールドトンネルの耐震解析に用いる長手方向覆工剛性の評価法（土木学会論文集 第398号/I-10 1988年10月）