

Ⅲ - B137

有限要素法によるリングロックセグメントのリング解析

フジタ 正会員 藤本 直昭 三井建設 正会員 佐藤 栄司
都築コンクリート工業 江泉 昌俊 日立造船 木谷 英明

1. はじめに

リングロックセグメントの設計は、はりばねモデル解析により行う。このはりばねモデルで考慮していないセグメント幅方向の応力分布状況を把握しリングとしての耐荷機構を確認するとともに、はりばねモデルによる設計手法の妥当性を確認するため、厚肉シェルモデルを用いた有限要素法リング解析を行った。本文には、両解析から得られる断面力を比較検討した結果を述べる。

2. 解析条件

比較検討は、図-1に示す設計条件を用いて行った。リングロックセグメントの特長を考慮して二次覆工は省略するものとしている。荷重の組合せは、表-1に示す3ケースとした。

表-1 荷重の組合せ

荷重 ケース	管内 状態	土圧	下水 (m)	内水圧 (m)	セグメント 自重	地盤 反力
1	空水	1.5D	14.3		考慮	考慮
2	満水	1.5D	14.3	21.0		
3	満水	0.175D	14.3	21.0		

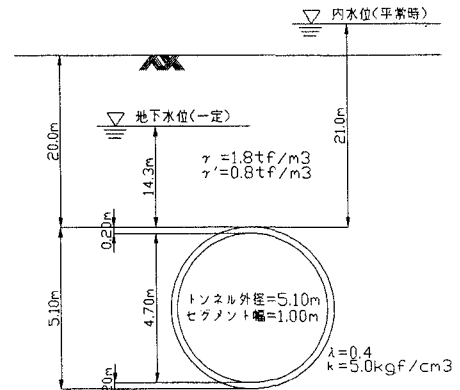
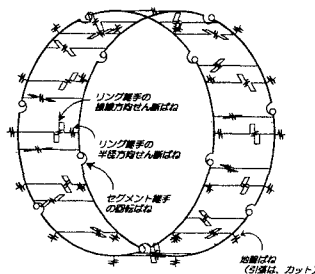


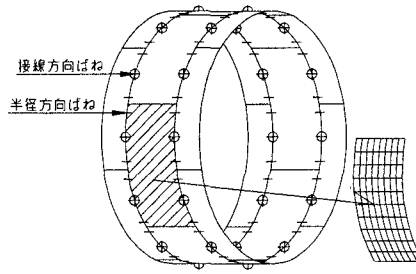
図-1 設計条件

3. 解析モデル

解析モデルを、図-2に示す。セグメントは6等分割とした。境界条件は、トンネル軸方向に連続条件と外周全面に圧縮のみのバネ支床を与えた。解析に用いた定数を表-2に示す。



はりばねモデル



厚肉シェルモデル

図-2 解析モデル

表-2 解析定数

コンクリートの 弾性係数	390,000 (kgf/cm²)
半径方向 ばね定数	135,000 (kgf/cm/ヶ所)
接線方向 ばね定数	1,500,000 (kgf/cm/ヶ所)
地盤ばね定数	5.0 (kgf/cm²)

はりばねモデルは、2リング連成モデルとした。リング継手は半径方向、接線方向とも応力伝達材の圧縮剛性から求めたせん断ばねとした。また、セグメント継手にはレオンハルトのコンクリート継手理論による回転ばねを与えた。厚肉シェルモデルは、トンネル軸方向に1/2+1+1/2幅の3リング連成モデルとした。要素は、1ピース当り8×10分割×7層の厚肉シェル要素を用いた。解析は接触問題として行い、リング継手のばね定数ははりばねモデルと同様としたがセグメント継手の回転ばねは与えていない。

キーワード：シールドトンネル、セグメント、内水圧、はりばねモデル、有限要素法

〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-6-15 TEL:03-3796-2262 FAX:03-3404-8530

4. 解析結果

4. 1. 耐荷機構の確認

リングロックセグメントの耐荷機構が成立するための条件は次の2点と考えた。

- 1) ほぞによる軸引張力の伝達が、想定したリング継手面に沿って規則的に行われ閉合されていること
- 2) セグメント本体部の応力分布状態が、引張鋼材で対応可能な程度に均一であること

覆工リングに内水圧のみを作用させた時の覆工体内部の軸引張力の分布状況を図-3に示す。軸引張力は規則的かつ円滑に閉合されており、ほぞのかん合による内圧耐荷機構は成立すると判断した。

セグメント幅方向の応力分布を図-4に示す。有限要素法によるセグメント幅方向の引張応力分布は、はりばね解析と比較して90%~125%程度であり、鋼材の配置に留意することでひび割れ制御できると判断した。

4. 2. はりばねモデルとの比較

覆工リングに外荷重と内水圧を作用させた時の断面力分布例を図-5~6に示す。曲げモーメント分布は、有限要素法解析から得られる値のほうがはりばね解析に較べて変化が少なく、特に正曲げの最大値は小さい値となったが分布形状は概ね一致した。軸力分布は、引張軸力の最大値はほぼ同じ値で分布形状も一致した。一部で有限要素法の方が大きな軸引張状態を示したが、これは地盤ばねの分布範囲の差によると考えられる。以上より、はりばねモデルから得られる断面力は概ね安全側の数値になっており、リングロックセグメントにおいてもはりばねモデルによる設計は妥当と判断した。

5. おわりに

以上の解析と考察から得た結果を以下にまとめる。

- ① 円周方向ほぞによる軸引張力の伝達で、セグメントリングとしての耐荷機構は成立する。
- ② はりばねモデル解析から得られる断面力は有限要素法解析と比較して概ね安全側である。リングロックセグメントの設計にはりばねモデルを用いることは妥当と判断した。

なお、本セグメントは、リングロックセグメント研究会9社(㈱フジタ、不動建設㈱、三井建設㈱、石川島建材工業㈱、ジオスター㈱、都築コンクリート工業㈱、旭電化工業㈱、㈱クボタ、日立造船㈱)により開発、実用化を進めているものである。今後も検討、改良を重ね、より合理的かつ経済的な内水圧対応型セグメントとして早い時期の普及を目指している。

【参考文献】 1) 田中・村上: RC平板型セグメントのセグメント幅に関する研究, 土木学会第40回年次学術講演会 III-331~332, 1995

2) 藤本他: かん合式継手による内水圧対応型セグメントの近似解析, 土木学会第24回関東支部技術発表会 I-54~55, 1997

3) 有限要素法ハンドブック, I. 基礎編, 培風館, 1981

4) 有限要素法ハンドブック, II. 応用編, 培風館, 1983

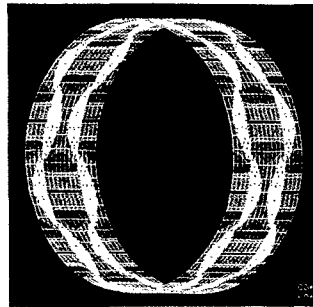


図-3 応力分布状態(軸引張力)

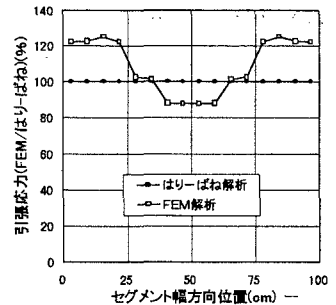


図-4 幅方向の応力分布

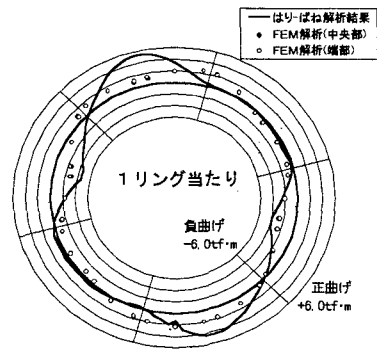


図-5 曲げモーメント分布(ケース3)

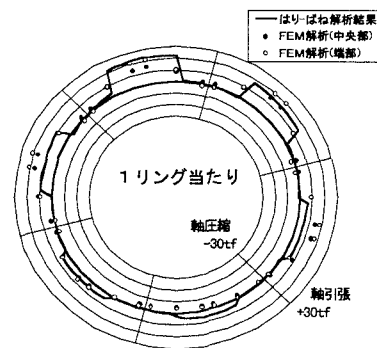


図-6 軸力分布(ケース3)