

## VI-24

### セグメント実験結果とはりーばねモデル計算法による解析結果における一考察

東京電力 正会員 吉本 正浩

正会員 塩冶 幸男

正会員 江村 和明

日本シビックコンサルタント 正会員 飯田 博光

#### 1. はじめに

従来、東京電力におけるシールドトンネル用セグメントの設計は、セグメントリングの剛性を一様とした慣用計算法によっていた。しかしながら、最近の各種新型セグメントの開発や将来に向けた限界状態設計法導入等の技術動向をふまえたセグメント構造設計のさらなる合理化を図るためには、セグメントの継手を構造計算上考慮できる「はりーばねモデル計算法」導入の必要性が高まっている。

はりーばねモデル計算法の導入にあたっては、セグメント継手回転ばね定数やリング継手せん断ばね定数等、セグメントリング構成部材の特性値評価方法を確立する必要がある。本文は実物大セグメントを用いた各種力学実験結果およびはりーばねモデルを用いた解析結果について報告するものである。

#### 2. 実験概要

実験は各部材の特性値を把握するために実物大の供試体を用いて、①継手曲げ実験、②リング継手せん断実験、③添接曲げ実験を行った。各実験の载荷概要を図-1～2に示す。実験に使用したセグメントは、セグメント厚さ200mmのRC平板形セグメントである。

#### 3. 試験結果と解析結果の比較

##### (1) 継手曲げ実験

実験によって得られたセグメント継手に作用する曲げモーメントと継手回転角の関係を図-3に示す。この図より、曲げモーメントと回転角の関係は継手の離間前と離間後の2段階に分けられることが判る。そこで、継手ボルトの締付け力に注目して継手の回転ばね定数の変化を評価した村上・小泉の方法<sup>1)</sup>で解析を行った。図中に解析結果を実線で示す。実験結果と解析結果を比較すると勾配の変化点（離間時）までは良い一致を示しているものの、離間後の回転ばね定数は解析値が大きくなっている。離間時の継手板の応力度を照査したところボルト孔周辺の継手板が降伏している可能性が高いことが確認できた。そこで、継手板のモデル化を図-4に示すように修正して解析し、図-3に破線で示す結果を得た。修正した解析モデルは実験結果に比べて若干小さなばね定数を示すものの比較的良好にその挙動を説明していると考えられる。

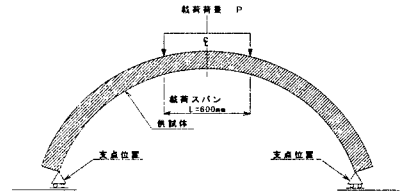


図-1 継手曲げ・添接曲げ実験载荷概要図

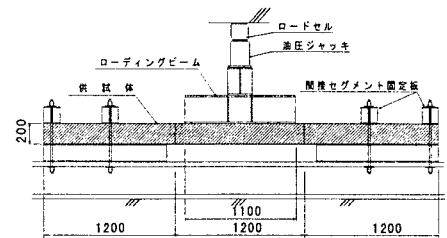


図-2 リング継手せん断実験载荷概要図

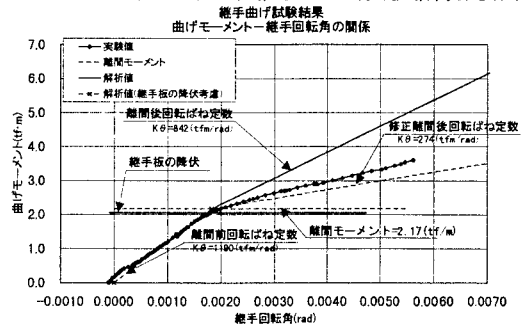


図-3 曲げモーメントー継手回転角の関係

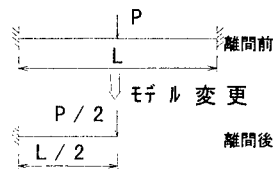


図-4 モデル化の変更

Key Word：シールドトンネル，セグメント，実験，設計，はりーばねモデル

連絡先：東京都港区芝浦 4-19-1 芝浦アークビル内 TEL：03-3457-1661 FAX：03-3798-8584

## (2) リング継手せん断実験

実験によって得られたリング継手に作用するせん断力と継手相対変位の関係を図-5に示す。この図より、せん断力と相対変位の関係は3段階に分けられることが判る。それぞれの挙動は①ボルトの締め付け力によって生じる摩擦抵抗、②せん断力が摩擦抵抗を上回り継手面に滑りが生じる、③ボルトが継手板によってせん断される領域と考えることができる。今回の実験において図-6および式(1)に示すように継手板の支圧を評価してリング継手をモデル化することによって第3の領域を概ね評価することができた。表-1に解析結果と実測値を示す。

$$k_s = \frac{S}{\delta} \quad \text{式(1)}$$

$$\sigma = 0.591 \sqrt{\frac{S \cdot E (D1 - D2)}{D1 \cdot D2 \cdot t}} \quad \delta = (L1 + L2) \frac{\sigma}{E}$$

(3) 添接曲げ実験 実験によって得られた載荷重と供試体の変形量の関係を図-7に示す。図-7に前述の結果から算定した回転ばね、せん断ばね定数を用いたはりばねモデルによる解析結果を実線で示す。この解析結果は荷重の低い段階では良い一致を示しているが、荷重が大きくなるに従って実測値に比べ変形量が小さくなっている。そこで、実験時のひびわれ発生状況からひびわれ荷重を4.5tfだったことを考慮して、セグメント本体に発生するひび割れによる断面剛性の低下を考慮<sup>2)</sup>した解析を実施した。図-7に破線で解析結果を示した。実験値と解析値は比較的良好な一致を示しており、ひび割れが発生した後のセグメントリングの挙動を評価するためには剛性低下を考慮する必要があることが判る。

## 4. まとめ

はりばねモデルを導入するため実施した今回の実験ならびに解析結果からセグメントの挙動は、以下の内容を考慮することによって、概ね表現可能であることがわかった。

- ① 回転ばね定数は継手の離間前と離間後の2段階設定し、離間後の定数は継手板の降伏を考慮したモデルにて算定する。
- ② せん断ばね定数は継手板の支圧を評価したモデルにて算定する。
- ③ ひび割れ後のセグメントの挙動はひび割れによる剛性低下を考慮した解析を実施する。

## 【参考文献】

- 1) 村上・小泉：シールド工用セグメントのセグメント継手の挙動について，土木学会論文集，No.296，1980.4.
- 2) 岡田 清：鉄筋コンクリート工学，鹿島出版，1997.3

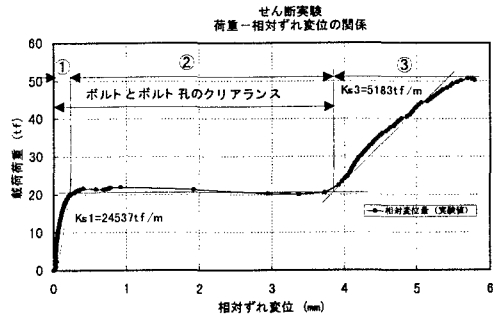


図-5 荷重-継手相対変位量の関係

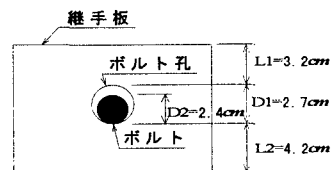


図-6 リング継手のモデル化

表-1 実験値と解析値の比較

|                    | 実験値      | 支圧で評価した解析値 |
|--------------------|----------|------------|
| せん断ばね定数<br>(第3の領域) | 5183tf/m | 5882tf/m   |

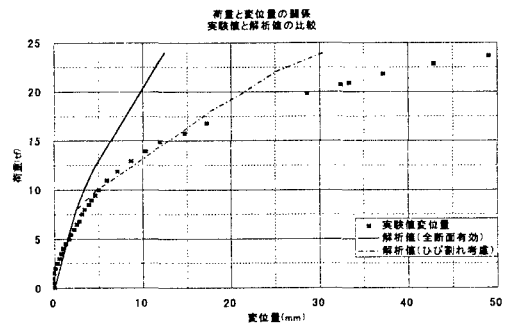


図-7 実験値と解析値の比較