

## VI-27

## 高速施工用セグメントの実規模リング載荷試験

中部電力 正会員 松井 伴和

中山 元

正会員 山田 浩司

正会員 大屋 顕

## 1. はじめに

近年、シールド工事においては都市部の過密化に伴い立坑用地の確保が困難となりつつあり、中間立坑を省略し、工期短縮を図るには長距離高速施工が必要となる。このため、当社ではセグメント組立時間の短縮や二次覆工省略に対応できる構造として、継手構造を簡略化したほぞ付セグメントに着目し、高速施工用セグメントの開発研究を実施している。

開発計画<sup>1)</sup>および要素試験<sup>2)</sup>の結果については報告済であるが、本稿は組立性能試験として実施した実規模リング載荷試験の結果を報告するものである。

## 2. 試験概要

リング載荷試験は、図-1、表-1に示す諸元のセグメント供試体を使用し、主に変形性能の評価、設計手法の妥当性を確認するために実施した。

試験は、図-2に示す「1/2リング+1リング+1/2リング」の平組供試体を用い、地盤反力（発泡ウレタン）の有無および導入軸力をパラメータとして、以下の要領により行うことで実荷重条件を模擬した。

①セグメントリングの周囲に巻き付けたP C鋼線を緊張することにより想定した外荷重相当軸力を載荷

②0° - 180° 方向に集中荷重を載荷

また、表-2に試験ケースを示すが、表中の最大荷重は、許容応力度時の荷重（ケース1～6）および降伏荷重（ケース7）を表している。

## 3. 試験結果および考察

先に実施した継手曲げ試験（要素試験）の結果を図-3に示す。一般に、ほぞタイプのセグメント継手の回転ばね定数はBetongelenkeによる方法<sup>3)</sup>で算定しているが、要素試験の結果、この理論値よりもかなり小さく荷重偏心率に依存しないことが確認された。この原因は、セグメント間のほぞ形状が製作誤差により不陸を生じ平滑になっていなかったためと考えられる。

そこで、要素試験結果を反映した解析に用いる回転ばね定数を決めるため、軸力との関係を調べたところ、図-4に示すような相関を得た。回転ばね定数は、軸力に比例して増加する傾向があることから、導入軸力毎に設定することとした。

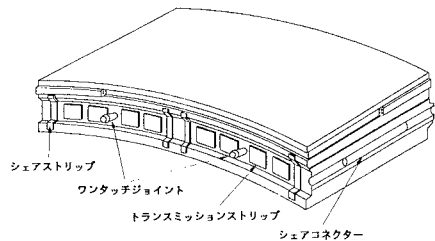


図-1 高速施工用セグメント構造

表-1 供試体諸元

| セグメント | 形式  | ほぞ付        |
|-------|-----|------------|
|       | 分割  | 5 (4+1)    |
|       | 外径  | 4,400mm    |
|       | 桁高  | 200mm      |
|       | 幅   | 1,300mm    |
|       | 継手幅 | 70mm       |
| 継手    | リブ間 | ワンタッチジョイント |
|       | リブ間 | リブ間        |

表-2 試験ケース

| ケース | 地盤反力<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 導入軸力<br>(tf/Ring) | 最大荷重<br>(tf/Ring) |
|-----|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1   | 3.0                            | 20.0              | 17.8              |
| 2   |                                | 50.0              | 21.7              |
| 3   |                                | 70.0              | 22.4              |
| 4   |                                | 110.0             | 23.4              |
| 5   | 0.0                            | 0.0               | 5.6               |
| 6   |                                | 20.0              | 7.2               |
| 7   |                                | 70.0              | 18.6              |

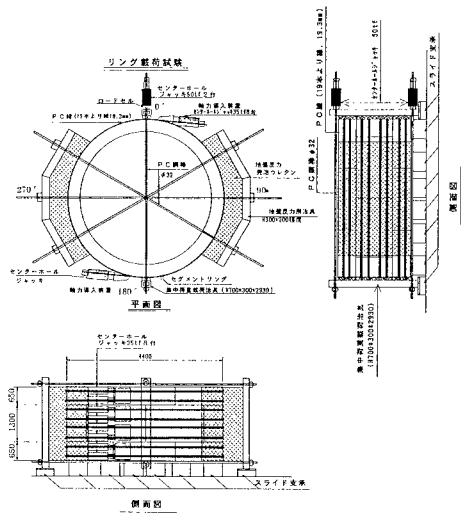


図-2 リング載荷試験載荷装置

高速施工、ほぞ付セグメント、リング載荷試験、ばね定数

〒456-0022 名古屋市中熱田区横田二丁目3番24号 中部電力(株) 中央送変電建設所 地中線土木課 TEL052-682-4579 FAX052-683-5616

次に、リング載荷試験における曲げモーメントおよび変形量の実測値と解析値の比較を図-5に示す。この図はケース3の最大荷重付近での結果を示したものである。また、図中の解析値は、それぞれ「はりーばねモデル」によって算定しており、回転ばね定数は前述のBetongelenkeによる従来方法および要素試験結果を反映した値を用い、リング継手のせん断ばね定数は、シェアストリップ材料の圧縮剛性から求めた値を用いた。表-3に、従来設計のばね定数および要素試験から得たばね定数を示す。

この結果より、従来設計解析および要素試験解析ともにリング載荷試験値と概ね一致しており、従来設計回転ばねと要素試験回転ばねの差程度では結果に与える影響は小さいことが確認できた。つまり、高速施工用セグメントの構造においても、ほそ付セグメントの従来設計手法によって評価できるものと考えられる。但し、地盤条件によっては発生断面力に大きな差異が生じることも考えられるため、合理的な設計を行うには両手法を比較検討することが望ましいと考える。

また、一連の試験の結果、高速施工用セグメントは要求性能を十分満足しており、シールド工事現場への適用性が確認できた。

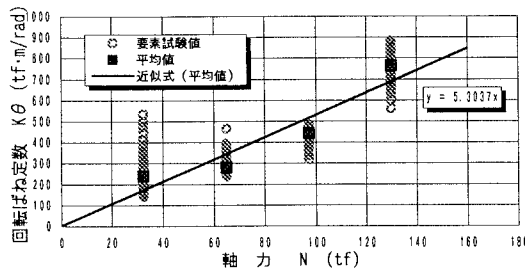


図-4 軸力と回転ばね定数の関係

#### 4. おわりに

今年度、本セグメントを下記工事箇所に適用し、実証施工による組立性・高速性を検証することとしている。このうち、施工数量は直線部における80リング（約100m）分とし、新継手金具の実用性評価およびセグメント組立時間の短縮効果ならびに工事費削減効果について確認する予定である。

工事名：桑名地区洞道新設工事（第2工区）  
発注者：中部電力株式会社  
施工者：飛島・大日本・戸田・白石・住友・トインック共同企業体  
工事場所：三重県桑名市大字西別所字駒廣 2119～安永 6丁目  
工事期間：平成8年6月5日～平成12年5月20日

【工事内容】  
洞道延長：2,897m  
最小曲率半径：R=80m  
土被り：10.5～38.6m  
工法：泥土圧式シールド工法（気泡）

仕上がり内径：φ4,200mm  
最大縦断勾配：4.0%

#### 参考文献

- 1) 窪塚・杉戸・山本：高速施工用セグメントの開発計画について，土木学会第51回年次学術講演会概要集VI-191，1996.9
- 2) 大屋・杉戸・山本・山田：中小口径用ほそ付セグメントリング継手部のせん断特性，土木学会第52回年次学術講演会概要集VI-86，1997.9
- 3) 山田・杉戸・山本・大屋：非膨張中空型シールド材の応力緩和試験結果について，土木学会第52回年次学術講演会概要集VI-89，1997.9
- 4) 中山・山田・大屋・松井：高速施工用セグメントの開発～リング継手引張試験～，平成9年度土木学会研究発表会講演概要集V-16，1998.3
- 5) Fritz Leonhardt, Horst Reimann: Betongelenke, Der Bauingenieur, 1966.2

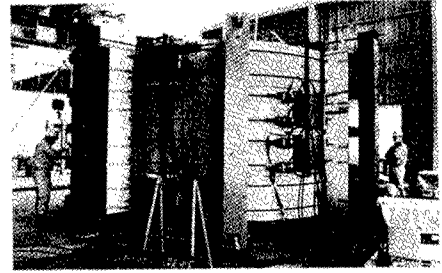


写真-1 リング載荷試験状況

表-3 ばね定数一覧

|         | 従来設計方法のばね定数                                         | 要素試験結果のばね定数                                                               |
|---------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 回転ばね定数  | m ≤ 0.24 1,800<br>0.24 < m ≤ 0.34 900<br>0.34 < m 0 | N=20tf/Ring 106<br>N=50tf/Ring 265<br>N=70tf/Ring 371<br>N=110tf/Ring 584 |
| せん断ばね定数 | 2500(N/mm <sup>2</sup> )                            | 960(N/mm <sup>2</sup> )                                                   |

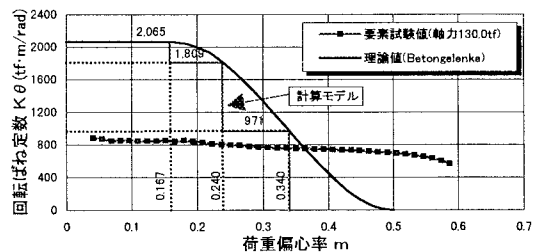


図-3 荷重偏心率と回転ばね定数の関係

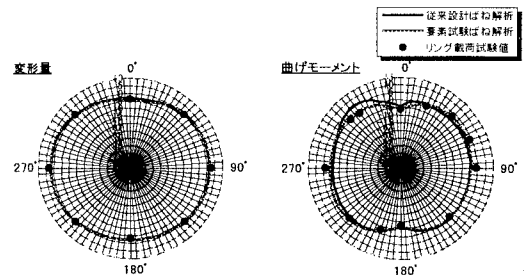


図-5 比較解析結果（ケース3，荷重20tf/Ring）