

東京都交通局 正員 ○ 中村陽治  
 都立大学工学部 〃 山本 稔  
 東京都交通局 〃 遠藤浩三

1. はじめに

シールドセグメントの設計上の問題点は、抵抗土圧を含む外力の設定法を別とすれば、継手の問題に集約できると考える。現在セグメントは、剛性一様なリングとして設計しているが、ボルト結合のために継手の剛性は本体に比して小さく、リングを剛性一様と考えるには問題がある。この矛盾の解消をねらい、セグメントを千鳥に組み、その補剛効果によって剛性一様なリングに近づけているのが実状である。このためセグメントには千鳥組による曲げモーメントのう回の問題(割増率)も生じている。筆者等は、継手を剛とヒンジの中間の性質を有する弾性ヒンジとしてこれらの問題点の解明をはかり、すでに設計理論を構成したが、その応用には弾性ヒンジ定数の定量的な握が必要である。かかる事情から、表-1のセグメントに対し、現場の実状に見合った実験法として軸力導入型の継手曲げ試験を実施し、弾性ヒンジ定数など設計に必要な資料をうる事ができたので報告する。

セグメントの種類	実験回数	最大軸力 $k_t$
ダクタイル	1	100
合成	2	60
RC平板	2	60
箱型	2	40

表 - 1

2. 設計理論

継手部に作用する外力による曲げモーメント(M)は、セグメントに添接材がある場合(図-1)セグメント本体を伝達する曲げモーメント( $M_1$ )と、セグメント本体の1/2の剛性を有するスアライスプレートが伝達する曲げモーメント( $M_2$ )の和、 $M = M_1 + M_2$  となって表わされる。また、継手部の開口角を $\theta$ 、弾性ヒンジ定数を $\beta$ とすると、 $M = \beta \theta$  となる。一方、添接材がない場合(図-2)継手部に作用する曲げモーメントは $M_2 = 0$  なので $M = M_1$  となる。この場合弾性ヒンジ定数 $\beta$ 、継手の開口角 $\theta$ とすると $M = \beta \theta$ 、これより曲げモーメント割増率は $\alpha = M_2/M = 1 - \beta/\beta$  となる。

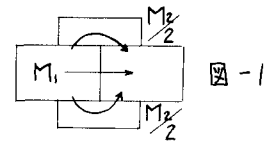


図-1



図-2

3. 実験装置および実験順序

実験装置は、継手部に所要の軸力を確実に導入するため70tの許容耐力をもつ40mmのタイロッドを左右に2本装置し、また、常に軸力一定に調整可能な構造とした(図-3)。治具と地盤の間には摩擦力を減少させるため50mmのローラーを2本装置した。

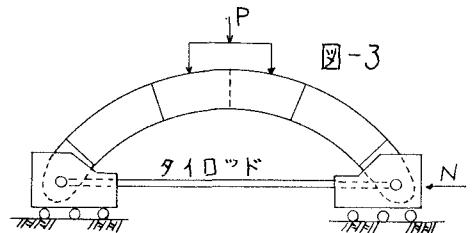


図-3

実験は、所定の軸力を導入するまでセグメント継手に悪影響を与えないよう継手部の曲げモーメントをゼロに保ちつつ

水平軸力と鉛直荷重をバランスさせながら増加する。この状態で水平軸力を一定に保ち、鉛直荷重を一定のピッチで増加させ継手部の目開き量が0.4~0.5mmに達したとき実験を中止する。実験はスアライスプレートがある場合とない場合について同一条件下で行ないそれぞれの結果を比較して所定のデータを取得する。

4. 実験結果と考案

弾性ヒンジ定数と継手部開口量の関係の概略を図-4に示す。継手部の開口は継手に作用する軸力が大きくな

るにつれ継手の開口に要する曲げモーメントは大きくなるため、継手の開口が少ない間隙は大きな値を示すが、開口量が0.2mm以上になると $\theta$ は安定した値を示す。継手の開口量が0.3mmのとき各種セグメントの $\theta$ は表-2のとおりである。各種セグメントの曲げモーメント割増率は軸力がゼロのとき70~80%に達し、軸力が大きくなるにつれ減少するが一定の軸力以上になるとほぼ一定の値を示すようになる。(表-3)

### 5. 実験結果の応用

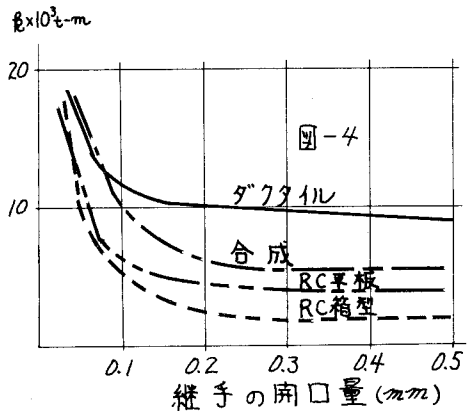
実験結果より求めた $\theta$ を用いて、クラウンに弾性ヒンジが位置する6ヒンジタイプのリングより求めた曲げモーメントと、剛性一様なリングより求めた曲げモーメントとの比較を試みた。計算は今回実験したすべての種類について行なったが、同一設計条件ではセグメントの種類に関係なく断面力はほぼ同じ大きさになったので、ここではダクタイルセグメントの計算結果を示す。(図-5)

計算の結果、剛性一様による曲げモーメントは、最大曲げモーメントが発生するクラウンで $M=8.06 \text{ t}\cdot\text{m}$ であるのに対し、 $\theta=10^2 \text{ t}\cdot\text{m}$ では $M=5.9 \text{ t}\cdot\text{m}$ となり曲げモーメントは約25%減少する。 $\theta=10^3 \text{ t}\cdot\text{m}$ になると $M=7.6 \text{ t}\cdot\text{m}$ となってその減少率は5%にとどまる。また、 $\theta=10^4 \text{ t}\cdot\text{m}$ では $M=8.02 \text{ t}\cdot\text{m}$ となって剛性一様の結果とほとんど変わらない。

このときの変位は、剛性一様で4.18cmに対し、 $\theta=10^2$ で8.00cm、 $\theta=10^3$ で4.70cm、 $\theta=10^4$ で4.23cmとなる。セグメントの許容変位量をセグメント外径(7.3m)の1%7.3cmとすれば、 $\theta=10^2$ がほぼこれに相当する。つまり、 $\theta$ を $10^2$ まで落としてもこれによる変位は3.30cmの増加にとどまることがわかる。これらの結果から、シールド施工時の地盤変状、セグメントの扁平化等、セグメント覆工に有害な変位量が生じない範囲内で継手構造を弱くし、断面力の減少をはかることが経済的断面設定に有効ではないかと考える。

### 6. おわりに

この実験で明らかのように、継手の剛性を $\theta=10^2 \text{ t}\cdot\text{m}$ 程度まで小さくできることは、継手の構造をはじめセグメントの設計に有利となるが、継手の挙動は複雑であるから、この $\theta$ に見合う継手については新たに実験的研究が必要である。また、 $\theta$ はセグメントの直径にも関係して適用性が変わるから、その挙動についても検討し、各種セグメントの性質を体系づけることも必要である。



セグメントの種類	$\theta \times 10^3 \text{ t}\cdot\text{m}$	$\theta^* \times 10^3 \text{ t}\cdot\text{m}$	曲げモーメント割増率%
ダクタイル	9~10	6~7	30~40
合成	6~7	3~5	30~50
RC平板	3~6	2~4	20~50
箱型	1~3.5	1~3	50~60

表-2

表-3

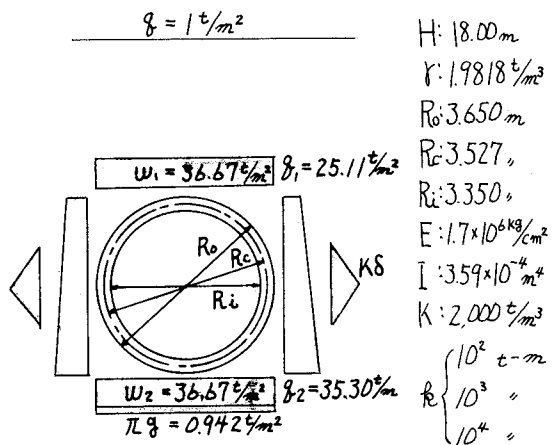


図-5