

国鉄 構造物設計事務所

正会員

植野利之

“ “ “ “

○ 土井博己

“ 東京第一工事局

“ 宮崎正義

1. ま え が き

国鉄においては、これまでに合理的かつ経済的なセグメントの開発を目指して諸種の実験を行ってきた。その結果これまでに判明したことは次のとおりである。

- (1) セグメントリングは剛性一様リングと多径リングの中間的挙動を示し、剛性を上げることには限度がある。
- (2) 設計にあたっては、剛性一様リングに対する剛性低下を表わす曲げ剛性有効率と、複数リングの添えぱり効果による曲げモーメントの流れを表わす付加曲げモーメント率の二つのパラメーターにより、剛性一様リングの考え方(慣用計算法)の修正が必要である。

今回行った実験は、新幹線複線シールド用として、これまでに開発してきた「平板形ピン構造継手セグメント」に若干の改良を加えたもので、リングの挙動把握、とくに軸力を加えたことによるセグメントの挙動に関する影響を調査した。

2. 実験方法

(1) 実験項目

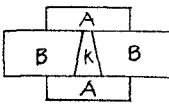
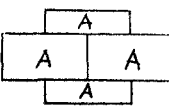
実験は表-1に示す通り、支承条件、セグメントの組合せから11種類であり、破壊は自由支承でそれぞれ行った。

(2) セグメント(図-1参照)

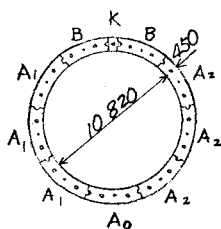
今回の実験に用いたセグメントは、次のような点に留意して設計された。

- ① 作業能率向上と弱点となる継手部減少のため分割数を減少した。
- ② Kセグメントを小型化および水平テーパ化することにより、B-Kセグメント間の継手面方向が軸力線に対し直角となるので軸力伝達性が向上する。あわせてKセグメントの落ち込み目開きが減少する。

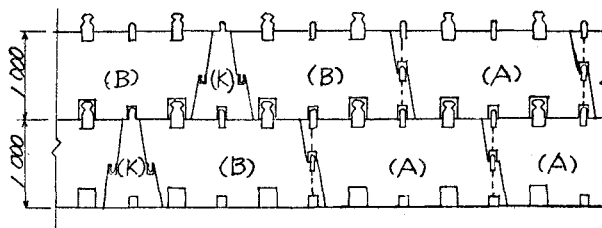
表-1 実験項目一覧表

記号	支承条件	実験内容	セグメントの組合せ
A	自由	曲げ・破壊	
B	半固定($\phi 32$)	軸力曲げ	
B'	" ($\phi 17$)		
B''	" ($\phi 25$)		
C	固定		
D	自由	曲げ・破壊	
E	半固定($\phi 32$)	軸力曲げ	
E'	" ($\phi 17$)		
E''	" ($\phi 25$)		
F	固定		
G	自由	曲げ・破壊	

断面図



展開図



リング間継手

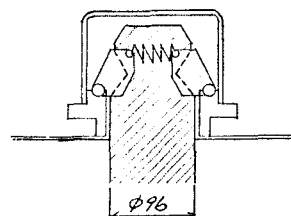


図-1 セグメント一般図

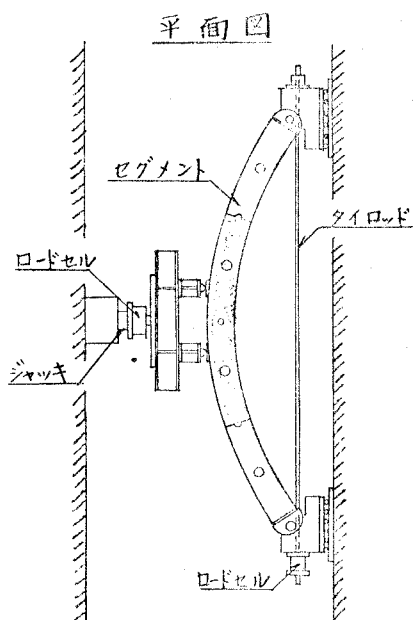


図-2 載荷装置

③ リング間継手に鎖錠装置を設け、リング間の締結を強固にすることにより、応力の伝達がスムーズとなり千鳥組効果を向上させる。

(3) 実験方法 (図-2 参照)

① 載荷方法は2線集中載荷とする。

② 半固定実験は2本のタイロッドによりセグメントに水平反力を与えるもので、センターホールジャッキにより水平反力を測定する。なお今回使用したタイロッドはそれぞれ地盤反力係数に換算した場合、 $\phi 32 \text{ mm}$ が7~8 kg/cm^2 、 $\phi 25 \text{ mm}$ が4~5 kg/cm^2 、 $\phi 17 \text{ mm}$ が1~3 kg/cm^2 である。

③ 固定実験では支承部の変位を逆に水平制御ジャッキで載荷し、完全固定となるようつとめた。

④ あらかじめイニシャル荷重を加え(1~4t)その時点を0として測定を行い、2tピッチでゲージと読んだ。

⑤ 測定項目は、コンクリートひずみ、鉄筋ひずみ、変位量、継手部目開き量、クラック発生状況である。

3. 実験結果 (図-3 参照)

(1) 単体実験 (A)

① 初期ひび割れ発生荷重は32tであり、コンクリートの引張り強度を圧縮強度の10%とした時の計算値とほぼ等しい。

② 40t付近までは、圧縮、コンクリートひずみとも全断面有効の計算値とよく一致している。40tをこえるとその勾配はRC断面に近い状態に変化している。

③ 96tから100tに増加している時、鉄筋が切断したような大音響が発生、破壊した。

(2) 半固定支承実験 (B, B', B'', E, E', E'')

① 中央部の荷重へたわみ特性をみると、いずれも初期の段階では荷重の増加に対する変位の増加が大きい。

② 鉄筋ひずみ、コンクリートひずみともかなりバラつきがある。これは、軸力の影響とガタの吸収が複雑にからみ合っセグメントの内部応力がいろいろ変化したためと考えられる。

③ たわみ、支承部水平変位はいずれも計算値より大きい。

(3) 固定支承実験 (C, F)

① たわみ、鉄筋ひずみ、コンクリートひずみのいずれもC実験がF実験に比べ同じ荷重に対し2倍以上の値を示しているが、これはFの水平変位制御に問題があったものと考えられる。

② C実験では中央部たわみ、鉄筋ひずみ、コンクリートひずみとも計算値より大きく、水平反力は計算値より小さい。

(4) 自由支承実験 (D, G)

① 初期ひび割れ発生荷重はD実験で16t、G実験で19tであった。初期ひび割れは、添接セグメント端部のリング間継手ピン部分のコンクリートに発生したものである。

② たわみはG実験がD実験より大きく、鉄筋ひずみ、コンクリートひずみはD実験がG実験より大きい。

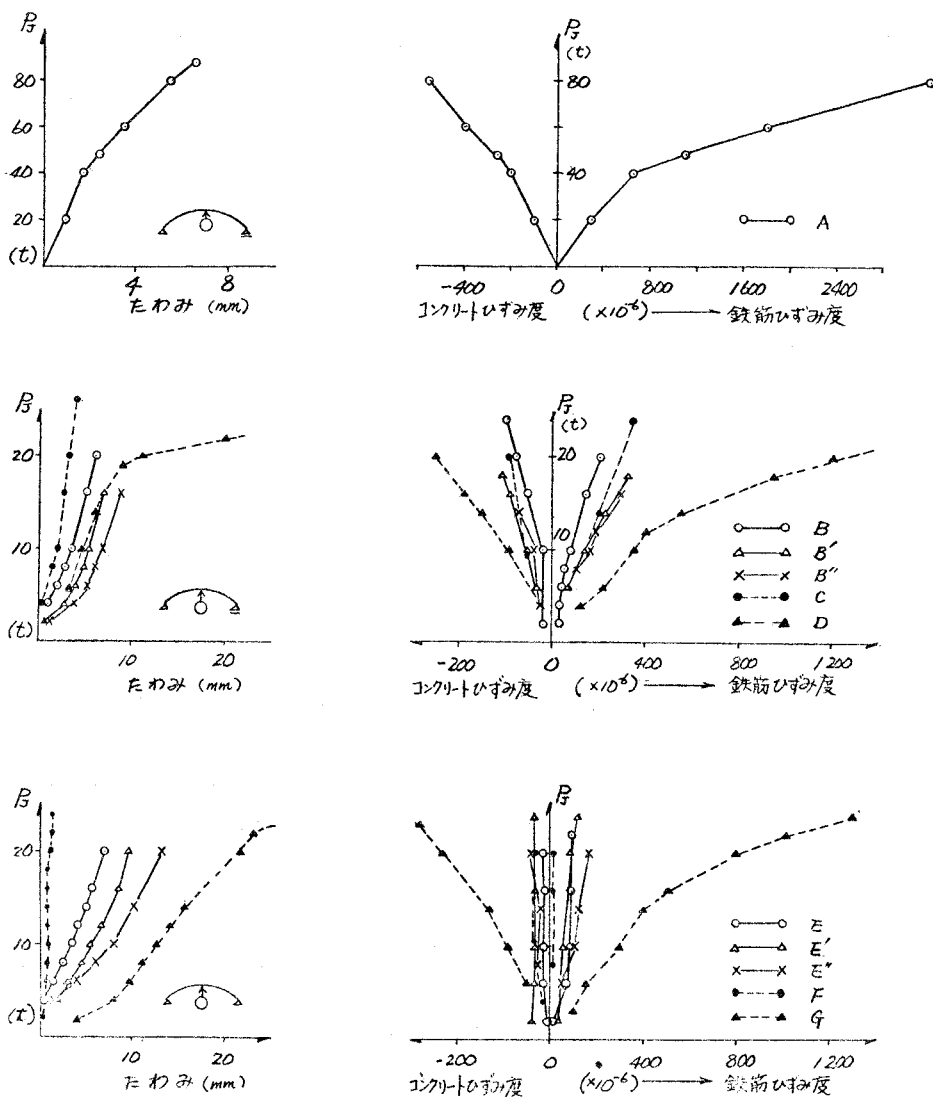


図-3 実験結果

③ D実験では荷重 20 t から変わみが急激に進行し、ひび割れが非常に多くなった。G実験では 24 t からひび割れが非常に多くなった。荷重～変わみ曲線の特性から D実験 20 t、G実験で 24 t を破壊荷重とみなすことができる。

4. 考察

(1) 曲げ剛性有効率 (η) と付加曲げモーメント率 (α)

曲げ剛性有効率 (η) は一般に次式で求めることができる。

$$\eta = \frac{\text{理論変わみ}}{\text{実測変わみ}}$$

ここでいう理論変わみは剛性一様とした場合の変わみであり、実測変わみは荷重の初期段階でのガタを取り除

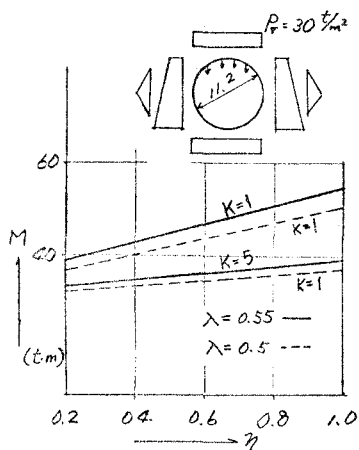


図-4 曲げモーメントと λ

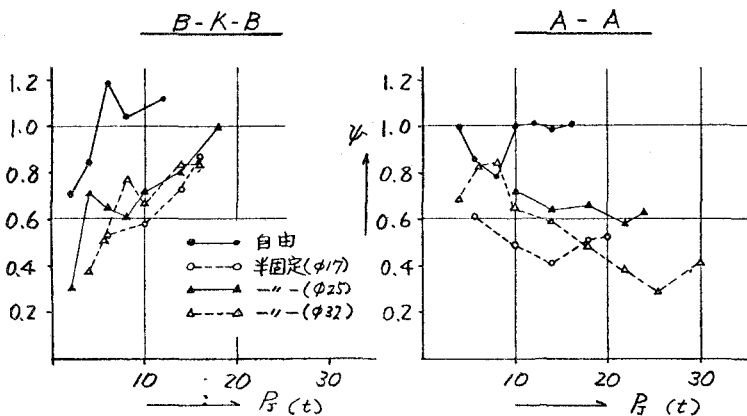


図-5 荷重と λ

くため、荷重～たわみ曲線の勾配が落ち着いたと思われる最大荷重付近の勾配を用いた。結果は 0.05～0.35 であった。

曲げモーメント分配率(λ)は一般に次式で求めることができる。

$$\lambda = \frac{M_2}{M_1 + M_2}$$

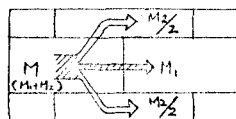


図-6

結果は図-5に示す通り 0.4～0.8であった。F/E設計に用いる付加曲げ

モーメント率(λ)は、 $\lambda = 2\lambda - 1$ となり、今回の実験結果からは、0.6でよいと思われる。

剛性一様リングの力学に λ と λ を用いる場合との関連が問題となる。一部には λ と λ が相殺するので設計曲げモーメントは剛性一様リングのものを用いることも行われているが、K値の小さい場合、 λ の低下により曲げモーメント減少効果がなくなり λ による割り増しのみ付加されるため、とくに注意が必要となる。

(2) 軸力の影響

半固定支承実験(BBGE'E')の結果から軸力と λ の関係を求めると図-7のとうりである。すなわち B-K-B では軸力が大きくなると λ が小さくなり、A-Aでは変動が小さい。この結果は従来考えられていたものと異っており慎重なデータ分析が必要だが、一次次のように考察される。B-K-Bに於ける λ の減少は、組立時のKセグメントの無理な押込みによりリング間継手にガタが発生、大きな荷重をかけないとこのガタが除去されない状態となったため、軸力が大きくなっても添えばり効果を有効に活用できなかったものと考えられる。逆にA-Aは組立時の無理もなく、小さい軸力でも添えばり効果が十分働いたものと考えられる。すなわち軸力と λ の関係は、軸力が働いても剛性の上昇は望めないこと、逆に施工によっては剛性低下も考えられる。これはあくまでリング間継手に強力なセン断ピンを用いた場合であり、ボルト継手の場合はまた違ったものになると思われる。

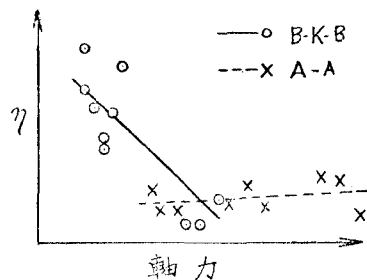


図-7 軸力と λ

5. あとがき

今回の報告は、測点1020点のうちから基本的な事項に関する一部のデータのみ引出して整理したものである。今後はさらに実験と解析を重ね、セグメントの合理的設計法(とくに継手の設計法)の究明に努力していきたい。