

都立大学工学部 正員 山 本 稔
 東京都交通局 正員 遠 藤 浩 三
 東京都交通局 正員 ○ 新 井 敏 男

1 はじめに

シールドトンネルの一次覆工材として、セグメントリングを設計する場合、継手の剛性、強度低下を単に、千鳥組により補剛、補強し、剛性一様なリングとしての慣用法を用いてきたのが実状である。しかし、例えば、鉄道トンネルのような大断面シールドにおいて、6~10分割したセグメントリングをボルト、あるいはピン結合した場合においては、継手部において剛性と強度が低下せざるをえないのが実状であり、セグメントリングを剛性一様と認めるには問題がある。筆者らは、セグメントの実状に見合った設計法として、継手を剛とヒンジの中間に位置づけ、継手が曲げモーメントに比例して回転するような弾性ヒンジであるとして、リングの解析を進め、現在、その研究の基礎が固まった段階である。ただし、この設計計算法において導入される継手の弾性ヒンジ定数、曲げモーメントの割増率などは、実験によって定量的に把握することが必要である。このため、本実験は、この設計法に必要な資料供与の手段として行ったものであり、その一部がまとまったので報告する。

2 実験装置及び方法

実験装置としては、平板型RCセグメントを2個、Fig 1に示すように、 $\phi 30$ 、F4Tのボルト6本で結合した両端ローラー支持のアーチ頂点に200^{ton}ジャッキによる載荷を行くと同時に、 $\phi 32$ 、高張力鋼棒のタイロッド2本（1本70^{ton}）をセンターホールジャッキにより引張り、セグメント継手に一定の軸力が導入できるようにした。なお、Fig 2に示す通り、添接枝の有、無の場合2ケースを組み合わせるにより、曲げモーメントの伝達と、継手のむつ剛性について検討した。ただし、継手に導入した軸力Nは、0、25、50、75^{ton}の4ケースであり、いずれの実験においても、継手の目開きが0.3~0.5^{mm}をもって実験を終了した。

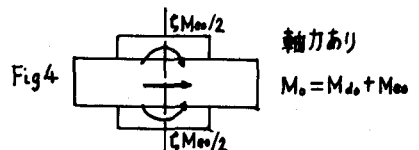
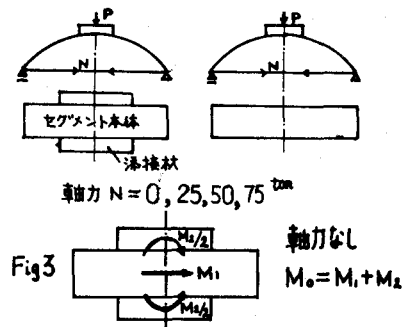
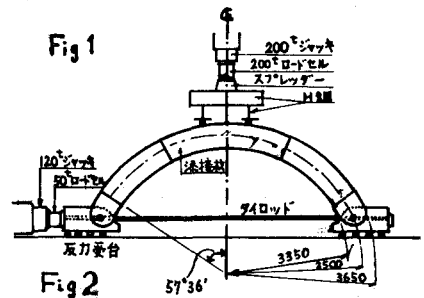
3 理論計算

3.1 継手に軸力が存在しない場合の曲げモーメントの割増率

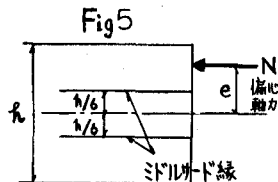
Fig 3において、添接枝の有る場合、継手の曲げモーメント M_0 を、セグメント継手を通して伝わる曲げモーメント M_1 と、リング継手を通して伝わる曲げモーメント M_2 とに分けて考え、又、継手の弾性ヒンジ定数を k 、開口角を θ とすれば、 $M_0 = M_1 + M_2 = k\theta$ (1)で表わされる。一方、添接枝の無い場合においては $M_2 = 0$ であるから、この時の継手の弾性ヒンジ定数を k' 、開口角を θ とすれば、 $M_0 = M_1 = k'\theta$ (2)。今、 $\zeta = M_2 / M_0$ として ζ の百分率を曲げモーメントの割増率とすると(1)(2)式より、 $\zeta = M_2 / M_0 = 1 - k' / k$ (3)となる。

3.2 継手に軸力が存在する場合の曲げモーメントの割増率

Fig 4を参照に、3.1において、添接枝の有る場合に考えた M_0 を2つに分けて、 $M_0 = M_{00} + M_{0c}$ (4) (M_{00} : 継手が開口し始める



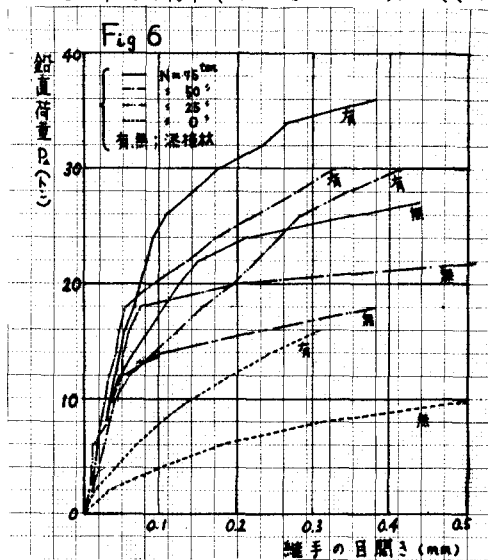
のに必要な曲げモーメント、 M_{00} （継手の開口に関する曲げモーメント）と考える。 M_{00} は継手断面と軸力が与えられれば計算できるが、曲げモーメントと軸力の合力である偏心軸力の作用点が、継手面のミドルサード内にある時（Fig 5）、 $M_{00} = N \times 1/6$ (a)と考えられる。一方、 $M_0 = N \times e$ (b)であるから、(a)(b)式より、 $M_{00} = N \times (e - 1/6)$ (c)となる。ところで、 M_{00} は3:1における M_0 に相当するとみなせるから、 M_{00} の一部が3:1の記述に従って隣接セグメントに迂迴すると考えられる。今、軸力 $N = 0$ の時の曲げモーメントの割増率を c とし、 $M_0 = c M_{00}$ (d)と置けば、軸力の存在する場合の曲げモーメントの割増率 c^* は、 $c^* = c M_{00} / (M_{00} + M_0) = c \times (e - 1/6) / e$ (e)で表わされる。この(e)式から、軸力の存在しない場合の c を知って、軸力の存在する場合の c^* を推定することができる。



4 実験結果及び考察

4.1 継手が開口し始めるのに必要な曲げモーメント

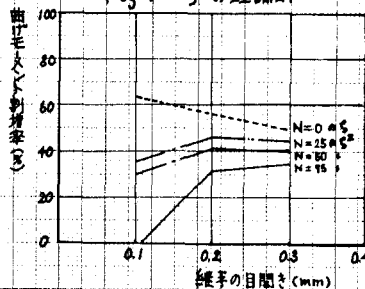
鉛直荷重と継手の目開き量の関係をプロットし求めたものをFig 6に示す。これから、継手に軸力が存在する場合においては、各ケースとも、2つの曲線の変曲点が存在することに気がつく。この変曲点に相当する鉛直荷重 P_0 は、それぞれ、 $N = 25 \text{ ton}$ で $12 \sim 14 \text{ ton}$ 、 $N = 50 \text{ ton}$ で 18 ton 、 $N = 75 \text{ ton}$ で $22 \sim 26 \text{ ton}$ 付近とみられるが、これらの値は、3:2という偏心軸力の位置が継手面のミドルサードに一致するとして試算して得られた P_0 の値、 12.5 ton 、 17.5 ton 、 26.3 ton によく一致している。このことは、継手は、偏心軸力が継手のミドルサードを離れてはじめて開口すると推論したことの傍証となると考える。



4.2 曲げモーメントの割増率

軸力 $N = 0$ における曲げモーメントの割増率 c を用いて、軸力 $N = 25, 50, 75 \text{ ton}$ の曲げモーメントの割増率 c^* を理論的に求めて図化したものがFig 7であり、実験により求めたものがFig 8である。これからいえることは、多少、理論解と実験解のバラツキは認められるにしても、継手に軸力の存在する場合の c^* は、概ねの値をみる限り、20～40%と考えて差しつかえないようである。

Fig 7 c^* の理論解



4.3 継手の弾性ヒンジ定数

今回の平板型RCセグメントにおける、継手の弾性ヒンジ定数は、継手の開口量 $0.3 \sim 0.4 \text{ mm}$ 付近において、 10^3 t/m といった値となった。

5 おわりに

セグメントにおける継手の挙動の未解決事項を明らかにし、その結果をより実状に見合った設計法に反映させるに際しても、一例の実験で結果を論ずるのは危険なさいらがあると考え、筆者らは、現在、数種のセグメントタイプについて実験と計画、遂行しており、これらの結果については、別の機会に報告できると考えている。

Fig 8 c^* の実験解

