

住友金属 正員 士堅 秀, 正員 井上 肇, 正員 〇山川純雄

1. ま え が き

スチール製セグメントの現行設計法は剛性一様なリングとして設計され、シールドトンネルの施工では、継手の弱点をできるだけ軽減する目的でセグメントを千鳥状に組立てるのが普通である。継手剛性を考慮したシールドトンネルの解法については久保・結城あるいは村上・小泉の研究があるが、いずれも継手剛性を考慮したリングの計算法であって、セグメント継手あるいはリング継手の設計法については不明な点が多い。

著者らはセグメントの継手部の合理的設計法を確立するのを目的として、実物大型スチールセグメントの部分模型実験を行ない、セグメント継手の継手剛性とこれが変形に及ぼす影響についてはすでに第1報で報告した<sup>1)</sup>。ここでは、セグメント継手およびリング継手の継手剛性が継手部の曲げモーメント分担に与える影響につきのべる。

2. 実験の概要

供試体はSS41からなる外径8580mm、幅900mmの大型スチールセグメントの部分模型(第1報図1参照)である。表1に載荷法、支持条件、セグメント接合条件の原理図をとりまとめ示す。なお表中の支点水平変位を拘束する水平ばねは地盤の抵抗土圧 $\approx 2.3 \text{ kg/cm}^2$ に相当する強さを与えた。この場合のアークラウン(継手位置)の曲げモーメントは正となっている。

3. 実験および解析結果

3.1. 継手部の曲げモーメント分担率

図1に千鳥組セグメント継手部に作用する曲げモーメントの伝わり方を示す。主セグメントにMなる曲げモーメントが作用すると、その1部は両サイドのセグメントにリング継手のボルトを介してそれぞれM<sub>2</sub>だけ伝わる。その残りのモーメント、すなわちM<sub>1</sub>がセグメント継手に作用することとなる。したがって、セグメント継手が剛(例えば溶接継手)ならばセグメント継手にM<sub>1</sub>=M/2が、サイドセグメントにM<sub>2</sub>=M/4が伝達されることになるから、この値を基準にとり、曲げモーメント分担率をつぎのように定義する。

$$\text{セグメント継手に対して} \quad \zeta_1 = \frac{M_1}{(M/2)}$$

$$\text{サイドセグメントに対して} \quad \zeta_2 = \frac{M_2}{(M/4)}$$

表2に曲げモーメント分担率 $\zeta_1, \zeta_2$ の実験値と計算値を示す。

実験値は、テスト⑤~⑧のセグメント継手のボルト軸力を測定し、テスト①~④であらかじめ求めた曲げモーメントとボルト軸力の較正曲線により求まるM<sub>1</sub>より算出した。また計算値は第1報で報告した継手剛性の実験値(I<sub>e</sub>)を用い、供試体を等価骨組構造に置換し、直接剛性マトリックス法で算出したものである。

以上よりつぎのように結論できる。

(1) 継手にリング軸力(圧縮力)が作用しない場合(テスト⑤), セグメント継手に作用する曲げモーメント

表1 テストケースと試験条件(H≠0.45P)

継手に軸力が作用しない場合	継手に軸力が作用する場合
N=0, M <sub>0</sub> = $\frac{aP}{2}$	N=H(kH=71.3t/cm) M=M <sub>0</sub> -Hf
①	②
③	④
⑤	⑥
⑦	⑧

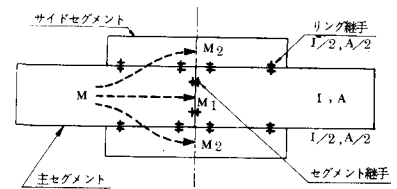


図1 継手部に作用する曲げモーメント

トは全負荷モーメントの5~1.8%と非常に小さく、サイドセグメントがほとんどのモーメントを受けもつ。したがって、側方土圧が作用しないときあるいはセグメントが単に自立しているときには、セグメント主桁の実働曲げモーメントは剛性一様なリングと

表2 千鳥組セグメント継手部の曲げモーメント分担率

テスト No	条 件	セグメント継手 $\zeta_1$			サイドセグメント $\zeta_2$		
		実験値	計算値	(実/計)	実験値	計算値	(実/計)
⑤	軸力なし ボルト継手	0.05	0.18	0.28	1.95	1.82	1.07
⑦	" 溶接継手	0.98	0.97	1.01	1.02	1.03	0.99
⑥	軸力あり ボルト継手	0.64	0.71	0.90	1.36	1.29	1.05
⑧	" 溶接継手	0.94	0.97	0.97	1.06	1.03	1.03

仮定して求めた曲げモーメントの約2倍と考えられる。

(2) 継手にリング軸力が作用する場合(テスト⑥), セグメント継手には全負荷モーメントの60~70%が作用する。したがって、シールドトンネルに土圧が作用してから後のセグメント主桁には剛性一様なリングと仮定して求まる曲げモーメントの約1.35倍のモーメントが作用するものと考えられる。

### 3.2. 継手剛性が曲げモーメント分担率に及ぼす影響

表2に示すとおり、実験値と計算値はよい一致を示しており、解析におけるモデル化が妥当であることが判明したので、継手剛性をパラメーターにとり、セグメント継手の曲げモーメント分担率の変化を計算により求めたのが図2、図3である。

図2はセグメント継手の継手剛性をパラメーターにして、 $\zeta_1$ の変化を示したもので、リング軸力が作用するテスト⑥の場合、継手剛性を現状(供試体)の2~3倍にすれば $\zeta_1$ は約0.9となり、剛性一様なリングに接近することがわかる。これに対し、リング軸力が作用しない場合(テスト⑤)に対しては継手剛性を2~3倍にしても $\zeta_1$ は高々0.4で、剛性一様なリングとはみなし難い。

図3はリング継手のボルト寸法をパラメーター(ボルト本数は一定)にとり、 $\zeta_1$ の変化を示したもので、供試体の継手構成(セグメント分割4A+2B<sub>1</sub>+K+D<sub>1</sub>+L+B<sub>2</sub>, W1/8を円周上に68本使用)であれば、 $\zeta_1$ には影響がないことがわかる。

### 3.3 リング継ぎボルトに作用するせん断力

テスト⑤と⑥の载荷条件におけるリング継手のボルトに作用する合成せん断力(計算値)は、いずれの場合においても図4のボルト④が最大で、単位モーメント当りに換算すると、リング軸力なし(テスト⑤)のとき0.54 t/t·m, リング軸力あり(テスト⑥)のとき0.83 t/t·mであった。これより、千鳥組されたセグメントのリング継ぎボルトにはリング間の曲げモーメントの配分によりかなり大きなせん断力を受けるので、安全性の検討が重要であることがわかる。

文献1) 土木学会関西支部講演概要 I-45, 48年6月

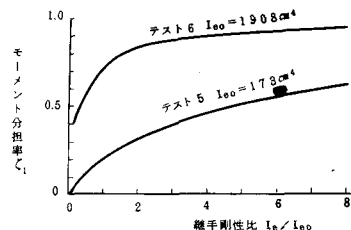


図2 曲げモーメント分担率とセグメント継手剛性の関係

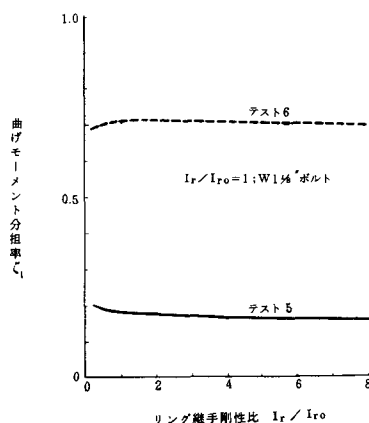


図3 曲げモーメント分担率とリング継手剛性の関係

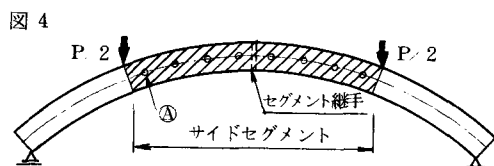


図4