

東京湾横断道路株式会社 正井上 啓明
 日本シールドエンジニアリング株式会社 正白井 孝典
 日本RCセグメント工業会 遠藤 房男

1. はじめに

東京湾横断道路トンネルは、海面下約60mで延長9.5kmにわたり建設される外径13.9mの大口径シールドトンネルである。本トンネルで使用するセグメントに関して実物大セグメントを用い性能確認試験(シールド材押しつぶし試験、単体曲げ試験、継手曲げ試験、添接曲げ試験、曲げ圧縮破壊試験、推力試験)を実施し、載荷荷重下の構造性能や挙動を把握するとともに、設計の妥当性を確認した。本報文は、上記試験のうち単体曲げ、継手曲げ、添接曲げ試験の結果から、慣用計算法における設計定数 η ・ ζ とリング継手ボルトの締付力について検討した結果を報告するものである。

2. 試験概要

本試験は、図-1に示すように桁高65cm、セグメント幅150cmの実物大のA及びKセグメントを用い、軸力は、PCケーブルを用いて導入した。

(1)単体曲げ試験

本試験は、セグメント本体の耐荷能力及び製作性に着目して実施した。供試体は、Aセグメントを用い、正曲げ状態で2点集中荷重による単純載荷で、最大荷重まで載荷した。

(2)継手曲げ試験

本試験は、セグメントの製作性、組立性の評価、継手の変形性能($K\theta$)や継手の伝達機構の評価ならびに継手のひびわれ状況を確認することを目的として実施した。供試体は、Aセグメントを2ピース連結したのを用い、載荷は軸力と曲げを同時に載荷する方法で行った。試験は軸力をリング当り0,100,200tonと変化させて3ケースとした。なお、設計軸力は、リング当り400ton程度である。

(3)添接曲げ試験

セグメント継手が継手構造上の理由から曲げに対して弱点となるため、リング継手を介して添接リングに曲げが伝達される。本試験は、このような継手部の荷重伝達機構に着目して、 η 、 ζ の評価ならびにセグメントの組立性の評価を目的として実施した。供試体は、Aセグメントを用い、千鳥組を再現した状態で曲げと軸力の同時載荷を行い、割増し率の評価を行うために添接セグメントのみに2点集中荷重を載荷した。試験は、導入軸力(リング当り0,100,200ton)とリング継手ボルトの締付け力(締結力率の60,80%)をパラメータに6ケース実施した。

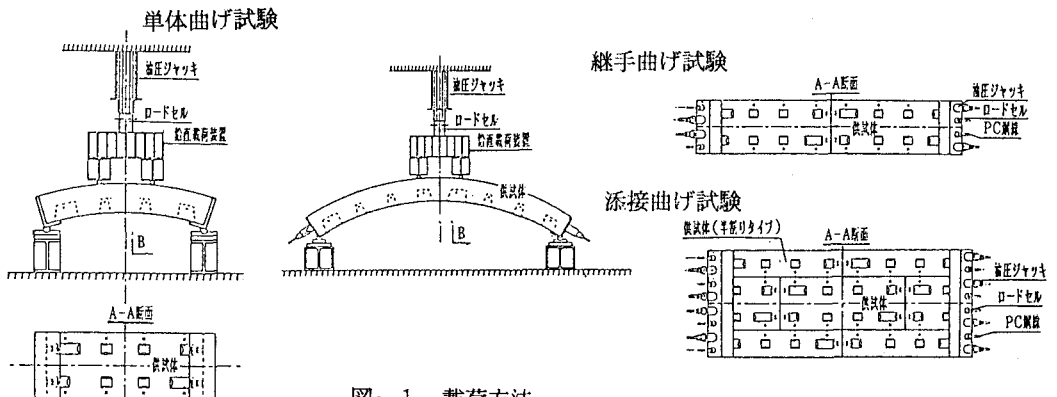


図-1 載荷方法

3. 試験結果

(1) 単体曲げ試験

図-2は、荷重とたわみの関係を示したものであり、最大荷重は412.3tonでたわみ量約50mmとじん性率（最大荷重時のたわみ量/鉄筋降伏時のたわみ量）はおおよそ3程度であった。

また、最大荷重に対する実験値と材料の公称値を用いた計算値を比較すると、 $Pu(exp.)/Pun(cal)=246.4/210.4=1.17$ でありセグメント単体として十分な強度を有していることが確認された。

(2) 継手曲げ試験

曲げモーメントと継手の目開きから求められる回転角の関係から、回転ばね定数を算定すると、表-1に示すように、ばね定数は軸力が大きくなるほど大きくなることが確認された。図-3は、軸力200ton/リブ導入時の曲げモーメントと回転角の関係を示したものである。

(3) 添接曲げ試験

表-2は、添接曲げ試験における曲げ剛性の有効率 η' を実験値と計算値のたわみ比から求めたものである。これより、 η' は①軸力が大きいくほど、大きくなること、②ボルトの締付け力の違いによる差はみられないこと、が確認された。

表-2 軸力の違いによる回転ばね定数の変化

軸力 (ton)	回転ばね定数(t・m/rad)
0	43,000
100	78,000
200	104,000

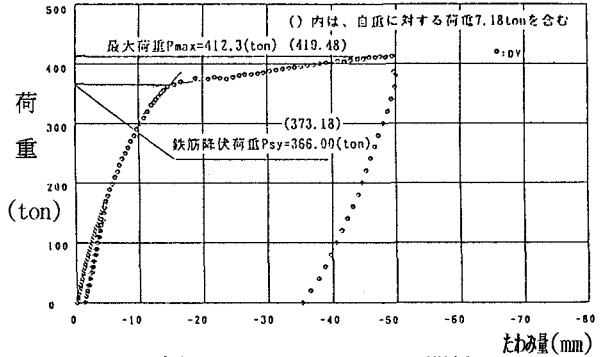


図-2 荷重とたわみ量の関係

表-1 実験値と計算値の比較

	実験値	計算値	備考
最大荷重 (ton)	419.48(246.44)	418.32(245.76)	非線形計算
鉄筋降伏荷重(ton)	373.18(219.24)	389.45(228.80)	非線形計算
許容荷重 n=15	151.98(89.29)	114.06(67.01)	線形計算
弾性計算 n= 5	151.98(89.29)	118.29(69.50)	線形計算 実n

(注) 自重に対する荷重(曲げモーメント) 7.18(4.22)を含む。

() 内は、曲げモーメント

計算条件

$$n = Es/Ec \quad Es = 2.1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Ec = 0.42 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{cu} = 710 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{sy} = 4600 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{sa} = 1400 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

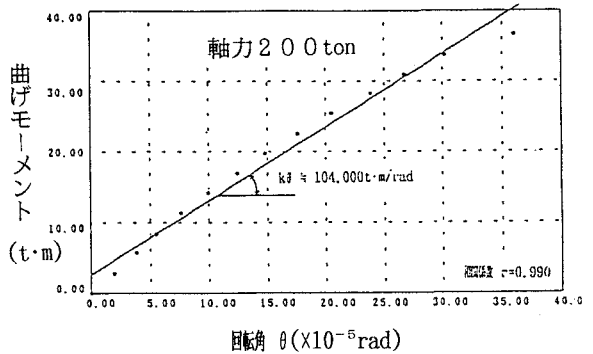


図-3 曲げモーメントと回転角の関係

表-3 添接曲げ試験における曲げ剛性の有効率（設計M/Nレベル）

	軸力(t)	締付け力	荷重(ton)	①たわみ計算値(mm)	②たわみ計算値(mm)	有効率(θ/θ)(%)
1	0	0.6Pba	34.32	2.982	1.507	51
2	100	0.6Pba	33.44	2.442	1.468	60
3	200	0.6Pba	32.00	1.462	1.405	96
4	0	0.8Pba	34.32	2.850	1.507	53
5	100	0.8Pba	34.96	2.372	1.535	65
6	200	0.8pba	32.81	1.610	1.441	90

*-1 Pba:ボルトの許容引張力 24.5ton
(M36, 10.9)

締付けトルク:

$$0.8Pba \quad 10580 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$0.6Pba \quad 7940 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

(トルク係数 $k=0.15$)