

III-39 東京湾横断道路実物大シールドセグメントの力学的特性(その2)解析結果

東京湾横断道路株式会社 正 ○金井 誠
 東京湾横断道路株式会社 正 阿部 廣二
 日本シールドエンジニアリング株式会社 正 白井 孝典

1. はじめに

東京湾横断道路シールドトンネル詳細設計で、その構造・仕様等が暫定的に設計されたセグメントについて、所定の性能(強度・変形・ひびわれ)を有しているか調べ、設計の妥当性や、製作性を確認することを目的として、各種性能試験を行った。ここでは、単体曲げ試験、継手曲げ試験、添接曲げ試験から得られたデータを用いて、図-1に示すフローに基づいて行なった解析結果について報告する。

2. 試験結果

継手曲げ試験結果より得られた回転ばね定数 k_θ から設計断面力相当の軸力リング当り400tonに対する回転ばね定数を推定すると $k_\theta = 167,000 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{rad}$ となった。また、添接曲げ試験結果より、中央部セグメントの分担率 ϕ を求めると表-1に示す通りである。これより①軸力が大きいほど、 ϕ は小さくなる。②リング間ボルトの締め付け力を小さくすれば、 ϕ は小さくなる。ことがわかった。ここで、分担率 ϕ は、

$$\phi = M1 / M$$

M : 作用荷重から算出される曲げモーメント

M1 : 中央部セグメントが分担する曲げモーメント

と定義する。

これを実験で得られた定数をもとに、はりばねモデルを用いて解析した結果との比較を表-2に示す。これより、表-3に示す入力定数の妥当性が確認された。

表-1 中央部セグメントの分担率

試験ケース	解モーメントM (t·m)	継モーメントM1 (t·m)	分担率 ϕ M1/M
N 0.60%	48.15	32.45	0.673
N100.60%	46.92	28.80	0.614
N200.60%	50.96	30.56	0.601
N 0.80%	48.15	34.07	0.708
N100.80%	49.05	33.09	0.675
N200.80%	46.03	29.00	0.630

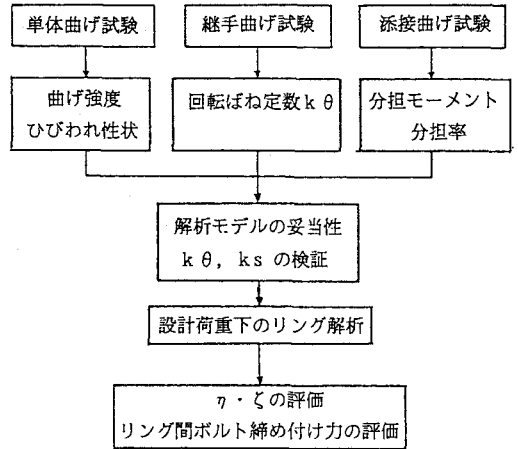


図-1 解析フロー

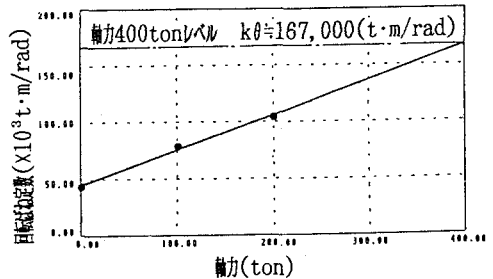


図-2 回転ばね定数と軸力の関係

表-2 M1の実験値と計算値の比較

実験値	計算値	計算値/実験値
32.15	32.74	1.02
29.28	29.66	1.01
28.67	28.44	0.99

表-3 入力定数

$E_c = 4200000 \text{ t}/\text{m}^2$ $A_c = 0.7698 \text{ m}^2$ $I = 0.01363 \text{ m}^4$ k_θ : $k_s = 251000 \text{ t}/\text{m}$ $k_s = 125000 \text{ t}/\text{m}$	各軸力に対する継手曲げ試験結果 昭和63年度のせん断試験結果 締め付け力: 締め付け力の80% 締め付け力: 締め付け力の60%
---	--

3. リング解析

設計荷重下におけるセグメントリングの挙動を調べ、慣用計算法における $\eta \cdot \zeta$ （原設計では、 $\eta=0.8$, $\zeta=0.2$ ）を確認する為に実験でその妥当性が確認された表-4に示すモデルを用いてリング解析を行った。計算結果を表-5に、曲げモーメントと $\eta \cdot \zeta$ の関係を図-3に示す。これらより、曲げモーメントの割増率 ζ は、リング継手の締付け力を許容応力度の80%にした場合でも、60%にした場合でも0.2以下、曲げ剛性の有効率 η は、0.9-0.95である。また、表-6は、はりばねモデルと慣用計算法における最大モーメントの比較である。これより、原設計の $\eta=0.8$, $\zeta=0.2$ が、設計上安全側であることがわかった。

表-4 リングモデルの計算ケースと入力定数

剛性	$K\theta(+)$ (t·m/rad)	$K\theta(-)$ (t·m/rad)	K_s (t/m)	設定理由	備考
全断面有効	167,000	69,900	$K_{s1}=25.1 \times 10^4$ $K_{s2}=0.10 \times 10^4$	・ $K\theta$ は継手曲げ試験値 ・ K_s は昭和63年度データ	0.8Pba相当
#	167,000	69,900	$K_{s1}=12.5 \times 10^4$ $K_{s2}=0.10 \times 10^4$	・ $K\theta$ はCase-1と同じ ・ K_{s1} はCase-1の1/2	0.6Pba相当
完全剛性一様リング					

0.8Pba: ボルトの許容応力度の80%の締付け力
0.6Pba: ボルトの許容応力度の60%の締付け力

ここで、本年度は負曲げ試験を実施していないので、 $K\theta(-)$ は昭和63年度のデータを補正した。

$$K\theta(-) = \frac{167,000}{238,700} \times 90900^{*2} = 60900(t \cdot m / rad)$$

- *-1: 昭和63年度の $K\theta(+)$
- *-2: 昭和63年度の $K\theta(-)$

表-5 リングモデルによる $\eta \cdot \zeta$ の計算値

セグメントリングのモーメント (t·m)		継ぎ目リングのモーメント (t·m)		セグメントリングのモーメントの割増率		セグメントの割増率 ζ		有効率 η	有効率 η	備考
$M_1(+)$	$M_1(-)$	$M_2/2(+)$	$M_2/2(-)$	$N(+)$	$N(-)$	$M(+)$	$M(-)$			
142.569	118.438	53.270	42.729	0.572	0.581	0.14	0.18	0.95 0.89	0.95 0.89	0.8Pba相当
142.530	115.758	57.896	44.063	0.552	0.568	0.10	0.14	0.90 0.89	0.90 0.89	0.6Pba相当
132.503	119.050	66.251	59.525	0.500	0.500	0.00	0.00	0.98 0.95	0.98 0.95	

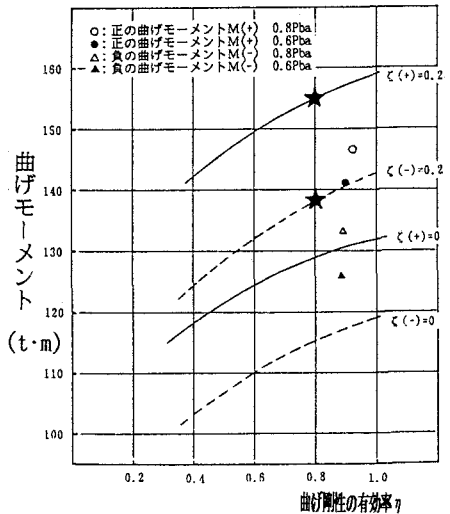


図-3 曲げモーメントと $\eta \cdot \zeta$ の関係

★: 慣用計算法における設計値

表-6 各ケースにおける最大曲げモーメント

正曲げ		負曲げ		備考
$N(t)$	$M(t \cdot m)$	$N(t)$	$M(t \cdot m)$	
434.775	146.438	544.385	133.283	0.8Pba 相当
435.371	142.530	539.142	126.493	0.6Pba 相当

4. おわりに

本実験により、RCセグメントの設計の妥当性が確認され、更に製作上の留意点も明らかになった。本実験は、(社)日本トンネル技術協会に委託し実施したもので、有意義な指導・援助を頂いた東京湾横断道路トンネル特別委員会の今田徹委員長を始め委員諸氏、並びに実験に際し並々ならぬ努力を払って頂いた関係各位に感謝の意を表するものである。