

VI-167

複円形シールド（DOT工法）の覆工設計について

中央復建コンサルタンツ 正会員 畔取 良典
 神戸市交通局 正会員 佐保 千載
 神戸市交通局 正会員 水口 和彦

1. はじめに

近年、シールド技術の発展はめざましいものがあり、単円シールドでは十分な実績がある。しかし複円形シールドについては施工事例は少なく、その設計手法も確立されていない。今回、神戸市海岸線で計画されている複円形シールドについて、はりばねモデルによる検討を行い、あわせて従来の慣用計算法との比較を行った。

2. トンネル概要

複円形シールドは、神戸市高速鉄道海岸線新長田駅～駒ヶ林駅間のシールドトンネル（延長304m）であり、DOT工法により施工される。トンネル断面を図-1に示す。セグメントは桁高28cm・幅120cmのRC構造であり、タタイル製の継手金物を有している。

3. 地盤条件

本検討区間の地盤は、GL-15m付近を境に沖積層と洪積層に区分され、薄層の粘性土層・砂質土層・砂礫層がほぼ水平に堆積している。トンネルはGL-12m～-16mに位置し洪積粘性土層および洪積砂質土層中を通過する。トンネル付近の地盤はN値が20～30程度である。

4. 設計手法

今回の複円形シールドの設計上の検討課題として次の項目が挙げられる。

①解析モデルについて

解析モデルは、継手の影響や千鳥組の効果を評価できるはりばねモデルを採用した。計算に用いる回転ばね・せん断ばねは、感度分析の結果（図-3）および载荷試験の結果を踏まえ、回転ばねについてはM-K法による理論値（正曲げ:3700、負曲げ:1290 tf・m/rad）、せん断ばねは10⁵ tf/mとした。また、中柱セグメントの結合条件は剛接合とピン接合の2ケースとした。

地盤ばねは、S.L. 上方45°より下方に考慮し法線方向のばね値は単円シールドと同様とし、接線方向はその1/3の値とした。なお、地盤ばねに引張力が作用する場合には地盤ばねを考慮しないものとした。また、施工時の影響（掘削に伴うセグメント下部の地盤の乱れ等）を考慮して地盤ばねの値を1/2に低減した。下方鉛直反力は、トンネル下部の地下水圧を揚圧力とした。

②荷重条件について

荷重は土水分離、全土被り圧とした。鉛直、側方土圧の分布形状は、単円シールドと同様とした。また、既往の

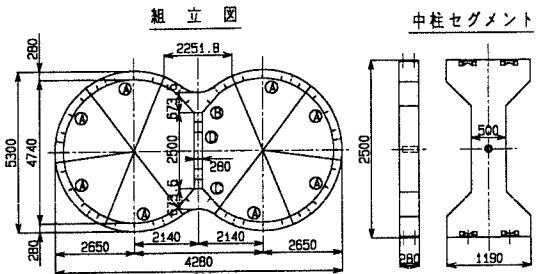
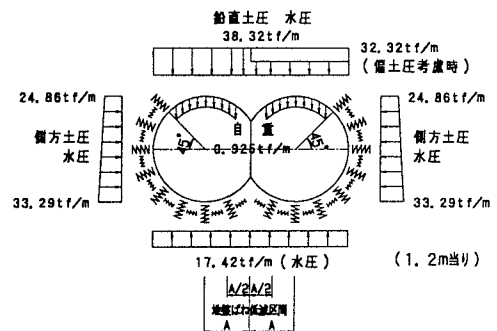


図-1 トンネル断面



中柱の結合条件：ピン接合および剛接合

図-2 解析モデル図

表-1 荷重の組み合わせ

	常時荷重	偏土圧	ばね低減	安全性の評価
CASE 1	○	—	—	許容応力度の照査
CASE 2	○	○	—	
CASE 3	○	—	○	
CASE 4	○	○	○	

シート・トネルの計測結果等を踏まえて、偏土圧 -5tf/m^2 を考慮するものとした。荷重の組み合わせを表-1に示す。

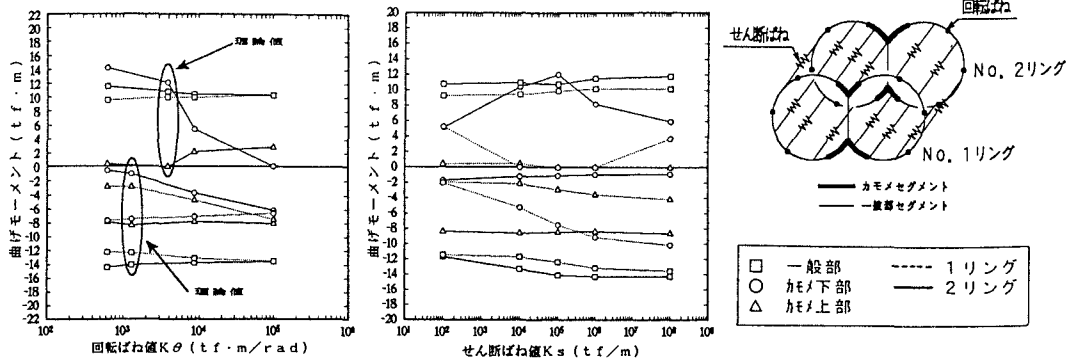


図-3 回転ばね・せん断ばねの感度分析結果

5. 検討結果

1) 常時状態の検討結果

セグメントに生じる最大断面力は、CASE 3 および CASE 4 の場合であり、これらの結果から、常時の複円形シールド設計を行う際には、偏土圧およびセグメント下部の地盤ばねの低減を考慮する必要があることがわかる。CASE 3 および CASE 4 の結果を表-2に示す。

しかし、本検討断面では、表-1に示した CASE 1～4 に対する発生断面力の変化は小さい。

2) 従来の慣用計算法(剛性一様リング)との比較

曲げ剛性の有効率 η を、慣用計算法とはり-ばねモデルより求まる変位および断面力(曲げモーメント)を比較することにより求めた。変位に着目した場合(表-3)、鉛直方向の変位からは $\eta=0.8$ と推定できる。しかし、水平方向の変位からは推定できなかった。

一方、発生断面力の比較結果(表-4)から、セグメントを除くと、 $\eta=0.8$ と推定でき、曲げモーメントの有効率 γ も $\gamma=0.1$ と推定することができる。

6. まとめ

本検討の場合、偏土圧およびセグメント下部の地盤ばねの低減を考慮しても発生断面力に大きな違いは見られなかったが、一般的に複円形シールド設計においてはこれらの荷重ケースについても検討する必要があると思われる。

また、採用されている剛性一様リングによる慣用計算法とはり-ばねモデルとの比較を行った結果、一般部のセグメントについては比較的発生断面力が一致したが、セグメントにおいては発生断面力にかなりの差異が生じた。従って、複円形シールドの設計にあたっては、解析モデルの採用に留意する必要があると思われる。

表-2 各セグメントに生じる最大断面力

		一般部セグメント			かもめ部セグメント			中柱セグメント		
		①	②	③	①	②	③	①	②	③
正曲げ	M(tfm)	9.57	12.84	10.31	19.07	18.98	18.60	3.76	—	—
	N(tf)	71.66	70.03	82.05	113.66	111.73	118.12	162.58	—	—
負曲げ	M(tfm)	-12.84	-14.25	-12.97	-14.00	-13.17	-17.61	—	—	—
	N(tf)	97.45	98.14	103.29	103.17	102.26	108.36	—	—	—
せん断力(tf)		16.92	16.52	20.61	33.85	33.96	33.84	1.79	—	—

①: CASE 4 の中柱セグメント剛接合
②: CASE 4 の中柱セグメントピン接合
③: CASE 3 (対称荷重)

表-3 はり-ばねモデルと慣用計算法の変位比較

	はり-ばねモデル ①	剛性一様リング $\eta=0.8$ ②	①/②	剛性一様リング $\eta=0.8$ ③	①/③
水平方向の伸び(mm)	3.259	2.280	0.70	2.516	0.77
鉛直方向の縮み(mm)	2.826	2.479	0.88	2.934	1.04
備考	$K\theta$: 理論値 $Ks \times 10^5 \text{ tf/m}$				

表-4 はり-ばねモデルと慣用計算法の断面力比較

		剛性一様リング ①法	はり-ばねモデル ②法	②/①	γ ②/①-1
かもめ部	正曲げ(tfm)	2.75	12.04	4.39	3.39
	負曲げ(tfm)	-7.23	-8.37	1.16	0.16
一般部	正曲げ(tfm)	9.75	10.73	1.10	0.10
	負曲げ(tfm)	-13.02	-14.06	1.08	0.08
備考		$\eta=0.8$	$K\theta$: 理論値 $Ks \times 10^5 \text{ tf/m}$		