

III-51 密閉式合成セグメントの曲げ耐荷機構に関する模型実験

東洋大 学生員 石岡博之  
 東洋大 正員 小泉淳  
 早稲田大 正員 村上博智

1. はじめに

最近、大深度地下の有効利用が各方面から検討され、シールド工法による大深度、大断面トンネルの建設が注目されている。一般にシールド工用セグメントには、鋼製、コンクリート製およびダクタイル製のものが用いられているが、このようなトンネルに用いるセグメントとして、掘削土量を最小限にするために、桁高を小さくできる密閉式合成セグメントが注目されている。密閉式合成セグメントは、その構造から密閉効果が期待できるということで、その優位性が強調されているが、耐荷機構はほとんど明らかにされていないのが現状である。

本報告は、密閉式合成セグメントを単純な直線梁にモデル化した供試体を作製し、これに2点曲げ載荷を行い、発生した変形量や応力度を基に、その力学的特性を実験的に解明しようとしたものである。

2. 供試体曲げ載荷試験

供試体は、表1に示す通り鋼殻を構成するプレートの厚さがすべて4.5mmのものを基本のタイプとして3体、継手プレートのみが3.2mm、6.0mmと変わるもの、また、主桁プレートのみが同様にと変わるもの、スキンプレートののみが変わるものをそれぞれ各2体、7タイプ合計15体を作成し、それらの鋼殻内部にはモルタルを注入した。

表1 タイプと板厚

TYPE	1	2	3	4	5	6	7
継手プレート	4.5	3.2	6.0	4.5	4.5	4.5	4.5
主桁プレート	4.5	4.5	4.5	3.2	6.0	4.5	4.5
スキンプレートの	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.2	6.0

単位:(mm)

曲げ試験の載荷方法は図1に示すとおりで、荷重500kgfピッチで破壊まで載荷した。各荷重段階毎に、スパン中央と載荷点下の計4点でたわみ測定を、供試体の両端面で計8点の変位測定を行い、また、スパン中央、載荷点と支点の中央の30点、両端面上に12点、計42点において歪の測定を行った。

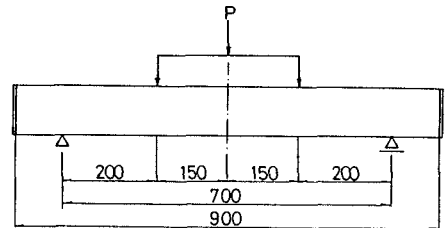


図1 曲げ載荷試験

3. 解析

解析は、鋼殻によるコンクリートの変形拘束効果のような複雑な現象は考慮せず、RC理論を用いて、鋼殻のスキンプレートのみをRC梁の主鉄筋と見なした場合(Case 1)と、スキンプレートの他に主桁プレートも鉄筋とみなした場合(Case 2)について検討した。いずれの場合も、内部のモルタルにクラックが発生する前は全断面有効、発生後は引張断面のモルタルを無視して計算を行った。なお、現在のところ安全側をみてこのCase 1の方法が、合成セグメントの設計法として提案されている。

4. 実験結果と解析結果との比較および考察

図2は荷重とスパン中央のたわみとの関係を示した一例である。図中の点は実験値を、また破線および実線はCase 1および2の解析値をそれぞれ表している。供試体には荷重10tf付近でクラックが発生し、荷重30~40tf付近から鋼殻が徐々に降伏していく。次に実験値と解析値を比較してみると、実験値は解析値よりも相当大きな値を示している。

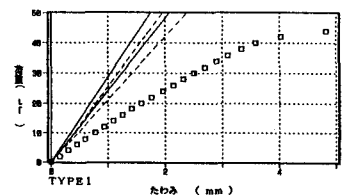


図2 スパン中央のたわみ

図3は荷重とスパン中央断面の圧縮側歪および引張側歪との関係を示した一例である。実験値と解析値を比較してみると両者はほぼ一致している。また図4は、クラック発生前後におけるスパン中央断面の歪分布を示した一例である。クラック発生前の実験値の中立軸は解析値のそれと比べてやや下に位置するのに対して、クラック発生後の実験値の中立軸は解析値のそれよりも上に位置しており、軸引張力を受けていることがわかる。これは、剛性の低いタイプ以外において見られる傾向で、鋼殻がモルタルの変形を拘束する一方、これに見合う引張力を受けるためと考えられ、いわゆる密閉効果の現れであると思われる。次に、実験結果を弾性範囲内においてクラック発生前後に分けて最小自乗を行い、それぞれ荷重5tfと荷重15tfに換算した上、たわみについてはその

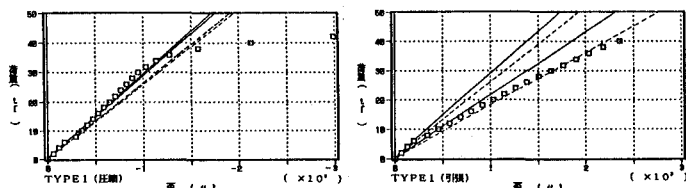


図3 スパン中央断面の歪

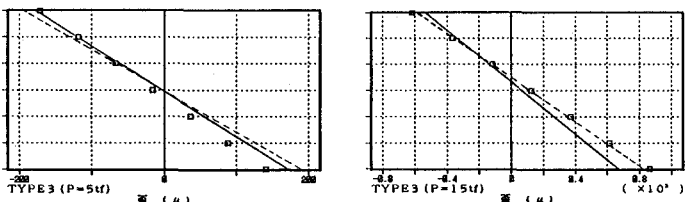


図4 スパン中央断面の歪分布

表2 実験値比較表

		TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5	TYPE 6	TYPE 7
継手プレート厚(mm)		4.5	3.2	6.0	4.5	4.5	4.5	4.5
主桁プレート厚(mm)		4.5	4.5	4.5	3.2	6.0	4.5	4.5
スキンプレート厚(mm)		4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.2	6.0
クラック発生荷重		7.7	7.8	7.5	7.0	9.0	6.0	8.8
	( )	(4.1)	(3.9)	(3.9)	(3.7)	(3.9)	(3.8)	(5.8)
破壊荷重		48.6	46.6	47.9	43.6	50.4	34.1	53.3
	( )	(18.6)	(18.6)	(18.6)	(17.8)	(19.6)	(13.8)	(23.8)
たわみ量 (1/100mm)	発生前	36.6	40.4	38.6	39.4	34.6	49.0	37.7
		(17.3)	(17.3)	(17.3)	(17.8)	(16.9)	(23.1)	(13.9)
	発生後	118.6	122.9	115.2	132.7	103.7	172.0	111.8
	( )	(61.1)	(61.1)	(61.1)	(63.3)	(58.8)	(84.9)	(47.3)
曲げモーメント (kgf・cm)	発生前	49020	47686	46918	51921	44911	46444	47879
		166136	149752	172383	144717	158895	173701	154087
軸力 (kgf)	発生前	-1341	-1199	-671	-3564	-789	-1983	-1435
		1431	246	4099	-1516	1521	-2293	1118

( )内は解析値

曲げモーメントの解析値: M= 50000kgf・cm (クラック発生前)

M=150000kgf・cm (クラック発生後)

軸力の解析値: N= 0kgf (クラック発生前後)

この表より、実験値と解析値を比較してみると、曲げモーメントはいずれのタイプでも両者はほぼ一致していることが分かる。しかし、クラック発生荷重は実験値が解析値の約2倍、破壊荷重は同じく約2.5倍の値を示している一方、た

わみはクラック発生前後において約2倍の値を示していることから、供試体は耐力はあるが、剛性は高くないという結果が得られた。剛性が低い理由は、供試体内にジベルを付けなかった為に、鋼殻と内部モルタルが早期より剥離したことに起因すると思われる。また、各タイプ間で比較すると各種実験結果に最も影響を与えるのはスキンプレート厚であり、次に主桁プレート厚が影響を与えることがわかる。継手プレート厚はあまり影響を与えていないが、クラック発生後の軸力に顕著な差がみられる。

以上の結果を巨視的にみると、スキンプレートのみを考慮した現行の設計法よりも、主桁プレートも鉄筋とみなした設計法の方がより実験値を説明していることがわかる一方、RC理論だけでは必ずしも実験結果を良く説明できるとは言えず、密閉効果による影響を分析し、継手プレートも考慮に入れた設計方法を確立することが必要と思われる。

### 5. おわりに

今回の実験において鋼殻と内部モルタルが剥離する傾向がみられたので、より実際に近づくために、今後ジベルを付けた実験を行い、さらに詳細な分析、検討を進めていく予定である。