

III-4

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

早稲田大 正 員 小泉 淳

正 員 村上博智

1. はじめに

最近、大深度地下の有効利用が検討され、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が、このようなトンネルに、従来型のセグメントを用いると桁高が大きくなり、掘削土量が増加してしまうため、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、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、この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もとに、その力学的特性を実験的に解明しようとするものである。昨年度までの実験¹⁾²⁾に加えて、本年度はジベルを有する供試体を用いてその効果を検討した。

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をすべて4.5mmにし、今回はジベルおよび継手プレートの有無による影響を明確にするため、昨年のType 1を基本のタイプとして、ジベルがスキンプレート、主桁プレートのみに付いたもの、その両者に付いたもの(図1参照)、および継手プレートのないものをそれぞれ各2体、4タイプ合計8体を作成した。それらの鋼殻内部にはモルタルを充填している。

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。

表1 供試体タイプ

	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5
継手プレート	4.5〈無〉	4.5〈無〉	4.5〈無〉	4.5〈無〉	*****
主桁プレート	4.5〈無〉	4.5〈無〉	4.5〈有〉	4.5〈有〉	4.5〈無〉
スキンプレート	4.5〈無〉	4.5〈有〉	4.5〈無〉	4.5〈有〉	4.5〈無〉

(単位: mm)

〈 〉内はジベルの有無

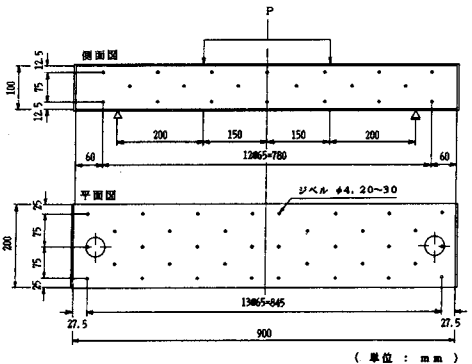


図1 ジベル位置と載荷状況図

3. 解析

解析は、鋼殻によるモルタルの変形拘束効果のような現象は考慮せず、RC理論を用いて、現状の設計法として提案されている鋼殻のスキンプレートのみをRC梁の主鉄筋とみなした場合(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)について行った。いずれの場合も、内部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している。

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。図中の点および曲線は各タイプおよび基本タイプの実験値を、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。荷重10tf付近で供試体にクラックが発生し、荷重30tf前後から鋼殻が序々に降伏していく様子がわかる。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。実験値と基本タイプを比較してみると、すべてにジベ

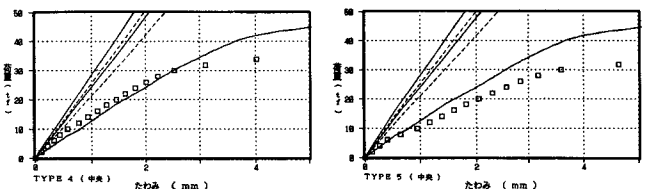


図2 スパン中央断面のたわみ

ルが付いたType 4は、クラック発生前後においてたわみが小さな値を示す一方、継手プレートのないType 5は、クラック発生後にたわみが大きな値を示している。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

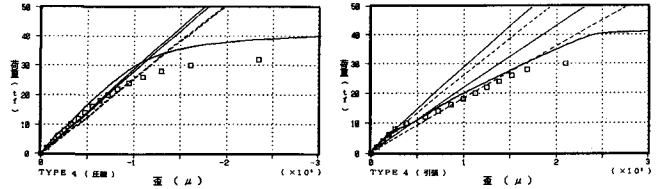


図3 スパン中央断面の歪

比較してみると両者はほぼ一致している。また、実験値と基本タイプを比較してみると、クラック発生後に歪が若干大きな値を示している。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。基本タイプ(黒点)は、クラック発生前の中立軸が解析値のそれと比べてやや下に位置し、クラック発生後の中立軸が解析値のそれよりも上に位置しており、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受ける、いわゆる密閉効果が現れているのに対し(図5参照)、その他のタイプにおいては、実験値はクラック発生の前後ともにほぼCase 2に近い歪分布を示している。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値を、歪については曲げモーメント

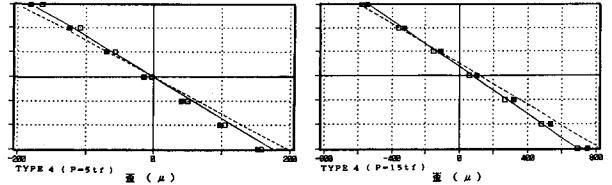


図4 スパン中央断面の歪分布

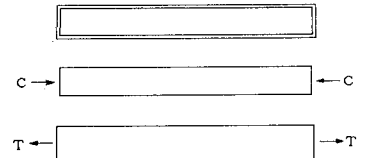


図5 鋼殻による変形拘束効果

と軸力を算出して、クラック発生荷重・破壊荷重と共に、まとめたものが表2である。表より実験値と解析値を比較してみると、曲げモーメントおよびクラック発生荷重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、破壊荷重は実験値が解析値の約2倍の値を示す一方、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、剛性は低いというこれまで通りの結果が得られた。次に基本タイプと比較すると、ジベルの存在はクラック発生荷重を上げる一方、破壊荷重を下げる傾向がみられ、主桁プレートのみにジベルがついた場合を除いては、たわみを抑制する傾向がみられた。また、継手プレートがない場合は、クラック発生までは基本タイプとほぼ同じ値を示すが、クラック発生後の剛性と耐力は大幅に低下する傾向がみられた。また、荷重の増加と共に供試体端部より内部モルタルが序々に抜け出すのが確認された。

以上の結果を巨視的にみると、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いえず、鋼殻の密閉効果による影響を分析し、ジベルおよび継手プレートも考慮に入れた設計法を確立することが必要と思われる。

表2 実験値比較表

	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5
継手プレート(mm)	4.5<無>	4.5<無>	4.5<無>	4.5<無>	*****
主桁プレート(mm)	4.5<無>	4.5<無>	4.5<有>	4.5<有>	4.5<無>
スキンプレートの有無	4.5<無>	4.5<有>	4.5<無>	4.5<有>	4.5<無>
クラック発生荷重(tf)	7.7 (8.3)	10.3 (9.3)	10.0 (9.3)	10.5 (9.3)	7.3 (9.3)
破壊荷重(tf)	48.6 (24.8)	43.9 (24.8)	40.6 (24.8)	43.6 (24.8)	35.9 (24.8)
たわみ量(1/100mm)					
発生前	36.8 (17.3)	31.6 (17.5)	35.0 (17.5)	26.7 (17.5)	34.9 (17.5)
発生後	118.8 (61.1)	118.9 (61.3)	133.7 (61.3)	102.2 (61.3)	149.3 (61.3)
曲げモーメント(kgf・cm)					
発生前	48339	43996	45622	46250	40975
発生後	159696	148202	152222	156016	147749
軸力(kgf)					
発生前	-1351	22	-459	-225	530
発生後	1441	486	-4405	-1919	-2172

く 内はジベルの有無、() 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)

5. おわりに

今回はジベルを有する供試体を実験に用いたが、耐力は大きい剛性は低いという従来どおりの結果となった。これが密閉式合成セグメントの特徴の一つと考えられるため、今後、実物大の実験ならびにFEMなどを用いた解析を進めて行きたいと考えている。

【参考文献】 1), 2): 密閉式合成セグメントの曲げ耐荷機構について, 第45回年講(Ⅲ-20), 第46回年講(Ⅲ-51)