

III-20

密閉式合成セグメントの耐荷機構について

東 洋 大 学 生 員 山 越 重 志

東 洋 大 正 員 小 泉 淳

早 稲 田 大 正 員 村 上 博 智

1. はじめに

シールド工用セグメントの材質には、鋼、コンクリートおよびダクトイルが一般に用いられている。最近になって、シールドトンネルの大口径化に伴い、再びコンポジットセグメントが登場してきた。鋼とコンクリートとを複合したものと、ダクトイルとコンクリートとを複合したものがこれらの代表であるが、前者はその構造の基本をRCセグメントに置き、後者はダクトイルセグメントに置いている。本報告は、前者、すなわち、鋼とコンクリートとのコンポジットセグメント（以下合成セグメントと呼ぶ）を対象としている。

合成セグメントは、従来の鋼製セグメントとコンクリートセグメントとが有する各々の性能上の長所を生かし、短所を補った改良形のセグメントであり、従来のRCセグメントの鉄筋の補強機能を、主桁プレート、継手プレートおよびスキンプレートからなる5面体または6面体の鋼殻に代替せしめたコンポジットな構造部材である。

本報告は、6面すべてを鋼殻で覆った密閉式合成セグメント（図1参照）を対象にして、その構造模型を作製し、これに2点曲げ載荷を行い、発生した応力度や変形量を基に、その曲げ載荷機構を検討したものである。

2. 模型曲げ載荷試験

①セグメント模型

図2は曲げ試験に用いたセグメント模型を模式的に表したものである。上面にあげた穴の一方が空気抜きとなり、他方からモルタルを注入して模型を作製した。実験には主桁プレートおよび継手プレートの板厚を変え、計4通り各2体ずつの供試体を用いた（表1）。なおスキンプレートの板厚はすべて3.2mmとした。

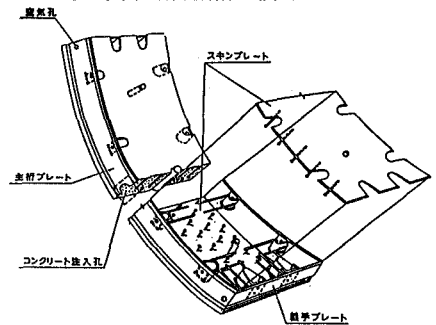


図1 密閉式合成セグメント

②曲げ試験方法

曲げ試験の載荷方法は図3に示すとおりで、荷重Pは500kgfずつ破壊まで載荷した。各荷重段階毎にスパン中央断面で20点、載荷点と支点との中央で10点、計30点でひずみ計測を行い、また上述の2断面で計4点のたわみ計測を、供試体両端面で4点ずつ計8点の変位計測をそれぞれ行った。

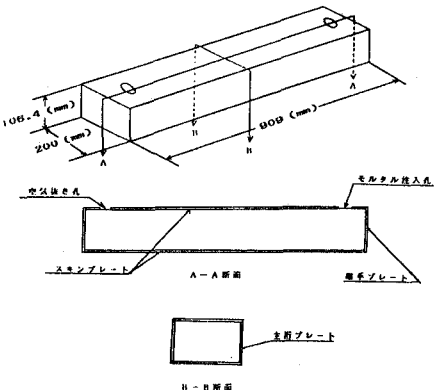


図2 セグメント模型

表1 タイプと板厚 (mm)

TYPE	1	2	3	4
主 桁	3.2	6.0	9.0	4.5
継 手	3.2	6.0	4.5	9.0

3. 解析

今回は最初でもあるので、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梁における鉄筋と見なした場合（Case 1）と、スキンプレートおよび主桁プレートを鉄筋と見なした場合（Case 2）などを検討した。いずれのケースも、内部コンクリートにクラックが発生する前は全断面有効、後は引張断面のコンクリートを無視し、計算を行った。

4. 試験結果と解析結果との比較および考察

①たわみ

図4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、また破線はCase 1の解析値を、実線はCase 2のそれを表している。実験値を見ると、いずれの場合も荷重10tf付近でクラックが発生し、20から30tf付近で鋼殻が降伏していく様子が分かる。各タイプの供試体のうち、最も剛性が高かったのは主桁板厚の大きいTYPE 3であった。スキンプレート厚さは同じであるため、主桁の板厚が梁としての剛性の大小に影響を与えていることが分かった。次に実験値と解析値を比較してみると、実験値の方が、解析値よりもたわみが相対的に大きく、この種の梁の剛性が単純なRC理論では表現することができない可能性を示唆している。

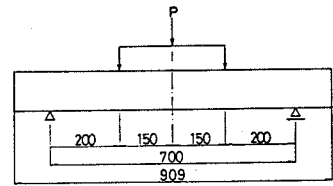


図3 曲げ載荷試験

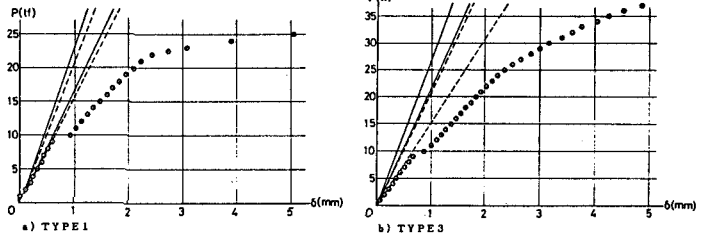


図4 スパン中央断面のたわみ

②ひずみ

図5および図6は荷重とスパン中央断面の圧縮側ひずみおよび引張側ひずみとの関係を示した一例である。実験値を見ると圧縮側ひずみは明確なクラック発生を示さず、だんだんと降伏して行くのに対して、引張側ひずみは、クラック発生前の領域、過渡領域、クラック発生後の領域と、一般のRC梁と同じような挙動を示していることが分かる。しかしながら、実験値と解析値とを比較してみると、いずれの解析値とも実験値をよく説明しているとは言い難く、単純にRC理論を適用することには無理があるようである。

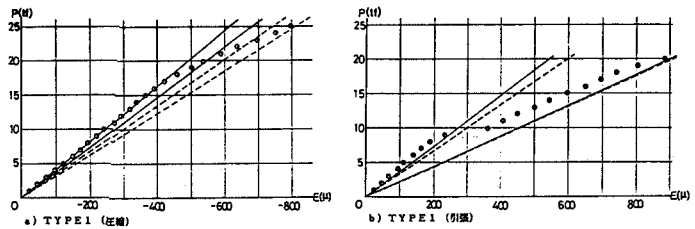


図5 スパン中央断面のひずみ

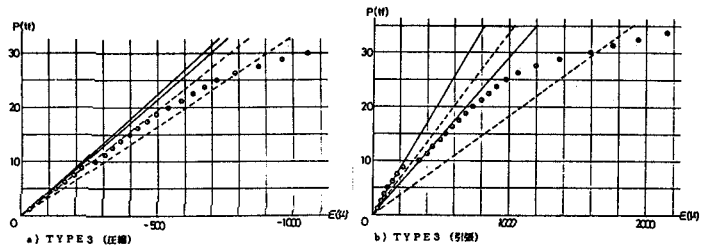


図6 スパン中央断面のひずみ

純曲げ区間に発生したひずみの分布をより詳細に検討した結果、

引張側スキンプレートおよび主桁には、軸引張力が発生していることが分かった。図7は、このような鋼殻で密閉された梁の変形拘束効果を模式的に表した図である。図中CおよびTは鋼殻がコンクリートの変形を拘束する内力であると同時に鋼殻の引張側スキンプレートおよび主桁に付加される引張力である。このC、Tの分布および大きさを明らかにすることが、合成セグメントの耐荷機構を解明する上で重要であると考えられる。

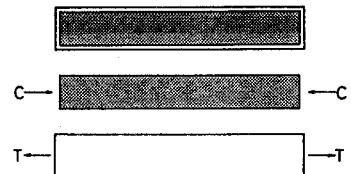


図7 鋼殻による変形拘束効果

5. おわりに

今回は合成セグメント模型の最初の実験であり、その力学的特性を定性的に把握できたに留まった。今後さらに詳細な実験とその検討を進めていく予定である。