

Ⅲ - B119 密閉式合成セグメントの曲げ耐荷機構に関する研究（その9）

早稲田大学 学生員 森屋 敏司
 首都高速道路公団 正会員 鈴木 寛久
 鴻池組 川本 英人
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

近年、シールドトンネルの大断面化、大深度化への対応や、トンネル断面の有効利用を図るため、大きな断面力に耐えうる高性能な覆工部材が要求されている。密閉式合成セグメントは6面体の鋼殻に中埋めコンクリートを充填した鋼コンクリートの一体構造であり、密閉効果による高い力学的性能が期待できるものである。

本研究は、密閉式合成セグメントの力学的特性を評価することを目的としたものであり、昨年度までの小型供試体を用いた2点曲げ載荷試験では、耐力については解析値と実験値がほぼ一致するという結果を得ている。本年度も引き続きセグメントを直線ばりにモデル化した2点曲げ載荷試験を実施したが、特に供試体を内径4m程度のトンネルを想定した実物大スケールに拡大し、鋼殻の板厚を通常のRCセグメントと同様の鉄筋比となるようにした。本報告はその結果に検討を加えたものである。

2. 実験概要

供試体は中埋めコンクリートの有無による2種類各2体を用意した。いずれもジベルは無い。試験は図1に示すような2点曲げ載荷で行い、荷重ピッチはひび割れ発生前は1.0tf、ひび割れ発生後は2.0tfとした。変位計はたわみ分布が測定できるよう16点配置し、ひずみゲージは鋼殻上に168点貼付した。

表1 供試体諸元

セグメント幅 (mm)	1000
セグメント長 (mm)	2112
セグメント高 (mm)	159
スキンプレート厚 (mm)	4.5
主桁プレート厚 (mm)	6.0
継手プレート厚 (mm)	6.0

3. 解析

解析は中埋めコンクリート、主桁プレート、スキンプレートの有効幅部分からなる断面を考え、RC理論に準拠して行った。有効幅の算定には実験で得られたひずみ分布を用いて等価となる幅を求めた。ひずみを計測した断面の位置により数種の有効幅が得られるが、最も実験値を反映していると思われるものは支点と載荷点との中間断面のひずみ分布から求めたもので図2に示すものである。

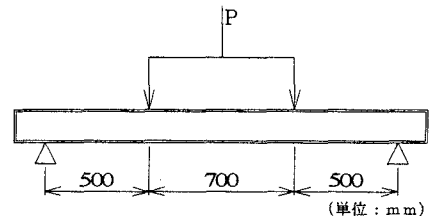


図1 載荷状況

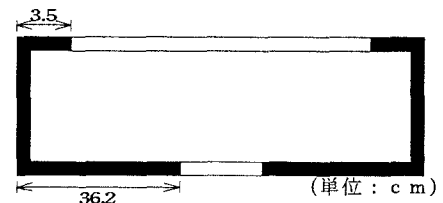


図2 有効幅

4. 実験結果と解析結果の比較検討および考察

表2はひび割れ発生荷重および破壊荷重を示したものである。理論値は全断面降伏の状態を想定したモデル⁷⁾によるものである。破壊荷重については、実験値と理論値とが非常に

キーワード：シールドトンネル、密閉式合成セグメント、密閉効果

連絡先：東京都新宿区大久保 3-4-1 TEL (03) 3204-1894 FAX (03) 3204-1946 早稲田大学小泉研究室

よい一致を示しており、実物大供試体においてもこの破壊モデルが適用できることがわかる。一方ひび割れ発生荷重は実験値が理論値の6割程度となっており、スキンプレートがコンクリートとはく離し、座屈を生じる傾向があるため、内部コンクリートの応力状態が想定したRC理論とは異なった状態にあると考えられる。

図3は供試体の鉛直変位（たわみ）分布を示したものであり、曲線は理論値を、プロットは実験値を表している。両者はひび割れ発生前ではほぼ一致しているが、ひび割れ発生後は実験値が理論値よりも大きくなっており、想定したRC理論ではひび割れ後の剛性を正しく評価しているとは言えないように思われる。

供試体中央断面におけるひずみ分布を図4に示す。これは鋼殻を展開して示したものである。主桁プレートや引張側スキンプレート上では概ね良好な分布形状を示しているが、圧縮側スキンプレート上ではひずみが引張側に大きくシフトし、鋼とコンクリートのはく離およびスキンプレートの座屈が生じていることがわかる。また座屈はこれまでの小型供試体に比べるとより広範囲に現れており、実物大供試体におけるRCセグメントと同等の鉄筋比では、鋼とコンクリートの付着に関してジベルを設けるなど何らかの対策が必要であることを示している。

なお端部断面（継手面）のひずみ分布には密閉効果によると思われるひずみが生じていることが確認された。

5. おわりに

実際のセグメントと同様な大きさをもつ供試体においても、破壊荷重については従来と同様に全断面降伏による破壊モデルが適用できるが、ひび割れ発生荷重や鉛直変位（たわみ）に関しては、想定した解析モデルでは実際の挙動は説明できない。供試体が大型化したことや、鉄筋比が減少したことなども関係していると思われるが、主に圧縮側スキンプレートなどの剛性をどのように評価すべきかの問題と考えられる。剛性が低い理由は鋼とコンクリートのはく離および鋼殻の座屈などが主因と考えられ、鋼とコンクリートとの一体構造として解析するRC理論では説明できない挙動を示している。一体化には鋼殻内部へのジベルの設置が有効であると思われるが、ジベルは逆にひび割れを誘発するという考えられ、さらに詳細な検討が必要となる。また、座屈による影響を排除するために実際のセグメントの状況を想定し、分布荷重による載荷も考えられる。今後はこれらの課題について研究を進めていく予定である。

【参考文献】

1)～8)：石岡 他：密閉式合成セグメントの曲げ耐荷機構に関する研究

土木学会第45回年講（Ⅲ-20）、第46回年講（Ⅲ-51）、第47回年講（Ⅲ-4）、
第48回年講（Ⅲ-5）、第49回年講（Ⅲ-632, 633）、第50回年講（Ⅲ-598）、
第51回年講（Ⅲ-B 134）

表2 比較結果

ひび割れ発生荷重	実験値	16
(tf)	実験値／理論値	0.596
破壊荷重	実験値	97
(tf)	実験値／理論値	1.002

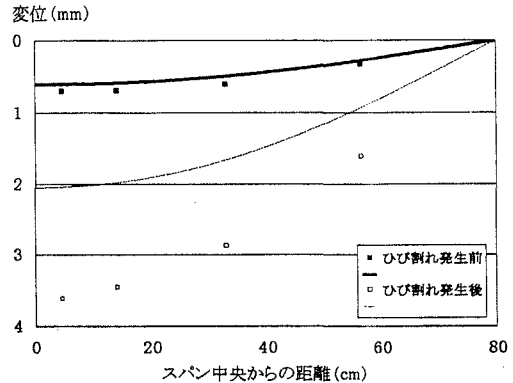


図3 鉛直変位分布

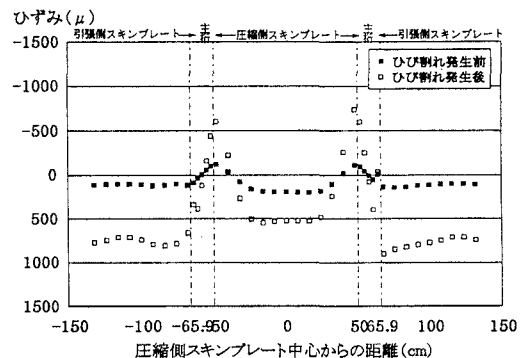


図4 ひずみ分布・中央断面