

Ⅲ-B146

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10）

早稲田大学 学生会員 森屋敏司

早稲田大学 佐藤健人

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や大深度化への対応や、トンネル断面の有効利用を図る目的で異形断面トンネルにおいて覆工厚を小さくしたい場合など、大きな断面力に耐えうる高性能な覆工部材が要求されるケースが増えてきている。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とコンクリートの合成構造であり、密閉効果による高い力学的性能が期待される。この密閉式合成セグメントは本来、鋼殻と中埋めコンクリートが一体となって外力に抵抗する構造であると考えられるが、ジベルを設けないこれまでの実験によれば圧縮側スキンプレートは小さな荷重段階からコンクリートとはく離し、座屈が生じ始めており、鋼殻の内部でもコンクリートとはく離し、滑動しているようである。

本年度は鋼とコンクリートが完全に付着していない状態を考慮したモデルを考えてFEM解析を行い、昨年度までの実験結果と比較し、これに考察を加えた。

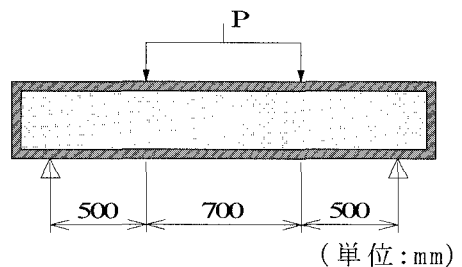


図1 載荷状況

2. 実験概要

実験は密閉式合成セグメントを直線ばりに置換した供試体に2点曲げ載荷を行い、たわみ、鋼殻上のひずみを測定したものである。図1に実験の概略を示す。実験結果を見ると、たわみは鉄筋コンクリート理論による理論値と比較して実験値の方が大きく、また圧縮側のスキンプレートが早い段階から座屈を起こすなど鋼殻とコンクリートの付着は不完全であることが確認された。

表1 供試体の諸元

セグメント長さ	(mm)	2100
セグメント幅	(mm)	1000
セグメント高さ	(mm)	159
スキンプレート厚	(mm)	4.5
主桁プレート厚	(mm)	6
継手プレート厚	(mm)	6
ひび割れ発生荷重	(tf)	16.7

3. 解析について

密閉式合成セグメントは一般には鋼殻を鉄筋とみなし、鋼殻とコンクリートとの付着が完全であるとする鉄筋コンクリート理論によって解析されているが、実験によると付着は不完全であることから、今回はこれを考慮するFEM解析を行った。この付着の不完全性は鋼殻とコンクリートとの間にばね要素を挿入してモデル化した。このばねはすべりを想定して法線方向のばねのみとした。なお解析は弾性範囲内であるひび割れ発生前の状態（換算荷重10tf）を対象とした。

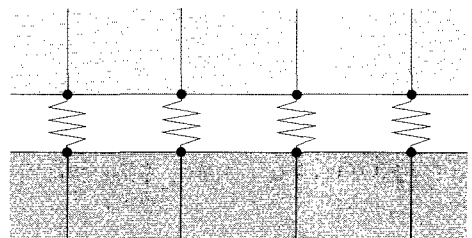


図2 ばね要素の挿入

4. 実験結果と解析結果との比較および考察

図3ははりのたわみ曲線を示したものである。図中には完全付着をモデル化したFEM解析結果を比較のために載せた。この図を見るとRC理論による解析値と完全付着とした場合のFEMによる解析値はほぼ一致するが、不完全付着としたFEMの解析値はそれらよりたわみが大きく、実験値はこれに近い。

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

図4はスパン中央における鋼殻のひずみ分布を展開図として示したものである。ここで注目すべきは引張側のスキンプレート上のひずみ分布がRC理論では直線であるのに対し、FEMでは実験値と似た曲線状の分布となっている。このことから引張側のスキンプレートもコンクリートとの間にすべりが生じていることがわかる。なお圧縮側スキンプレートのひずみ分布の実験値は、圧縮でなく引張となっており、座屈が生じていることがわかる。

5. 感度解析

図5はスキンプレート、主桁プレートの板厚およびスキンプレートの有効幅をパラメータとして剛性（たわみ）に与える影響を調べる目的で感度解析を行った結果である。ここでは供試体をモデル化したものを基本ケースとし、板厚および有効幅を増減させたモデルを解析し、算出したたわみを基本ケースとの比で表している。これによるとスキンプレート厚が剛性に与える影響は大きいことがわかる。このためスキンプレートが座屈等により有効に機能しないということが、剛性を大きく低下させる原因になっていると推定できる。

6. おわりに

密閉式合成セグメントに鋼とコンクリートの付着を保証するためにスタッドやジベルが必要であることはスキンプレートの座屈防止の点からも指摘されている。今回の解析から、スキンプレートの板厚がセグメントの剛性に大きく関与していること、鋼とコンクリートのはく離が生じた場合に剛性が低下することが確認された。今回はクラック発生前の弾性範囲を対象としてFEM解析を行ったが、密閉式合成セグメントはひび割れ発生後により密閉効果が発揮される構造と考えられるため、今後はコンクリートのひび割れを考慮した解析を進める予定である。

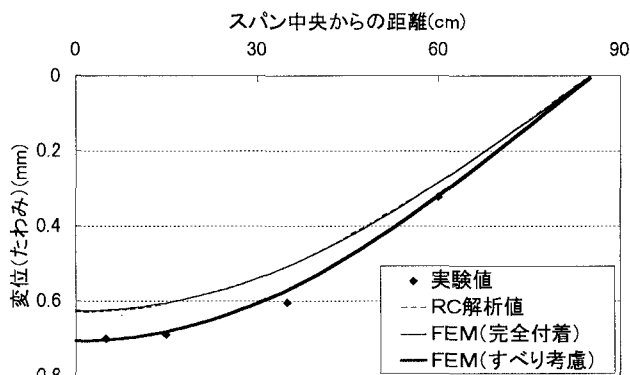


図3 変位（たわみ）分布図

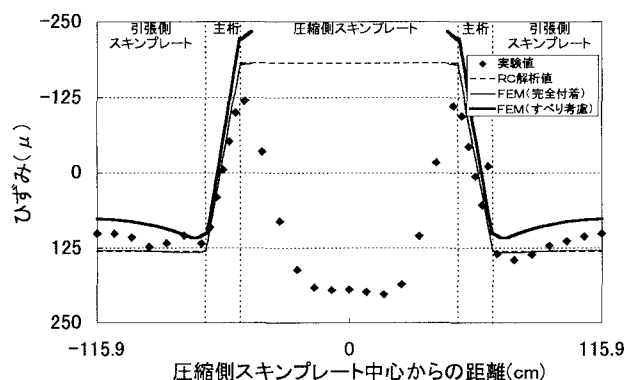


図4 ひずみ分布図（スパン中央）（展開図）

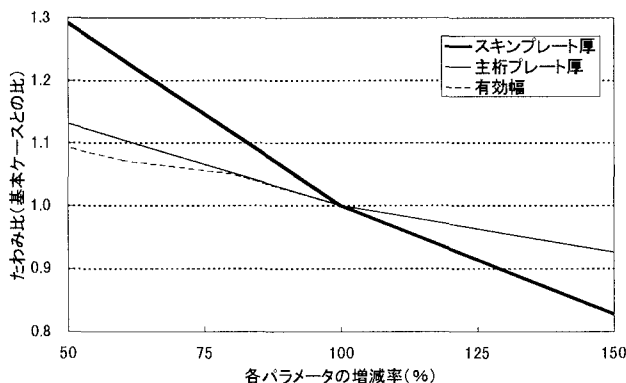


図5 剛性（たわみ）に関する感度解析

参考文献：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

土木学会年次学術講演会 第45回(Ⅲ-20)、第46回(Ⅲ-21)、第47回(Ⅲ-4)、第48回(Ⅲ-5)、
第49回(Ⅲ-632,633)、第50回(Ⅲ-598)、第51回(Ⅲ-B134)、第52回(Ⅲ-B119)