(III−82)　# 密閉式合成セグメントの曲げ耐荷機構に関する研究

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，トンネル断面の有効利用を図るため異形断面のトンネルに覆工厚を小さくする場合など，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ているが，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，鋼殻の内部はコンクリートが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えたモデルによって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．

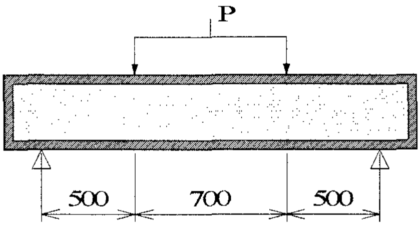

図１　載荷状況（単位：mm）

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．実験結果は，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は早い段階から座屈を起こしてい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

一般に密閉式合成セグメントは鋼殻を鉄筋とみなした鉄筋コンクリート理論によって解析される．しかし鋼とコンクリートは完全に付着しているとは言い難く，これまでの実験ではスキンプレートのはく離や座屈が認められている．

表2　材料物性値

	弾性係数(kgf/cm^2)	ポアソン比
中埋めコンクリート	2.48×10^5	0.182
スキンプレート	2.05×10^6	0.271
主桁プレート	1.97×10^6	0.285
継手プレート	1.97×10^6	0.285

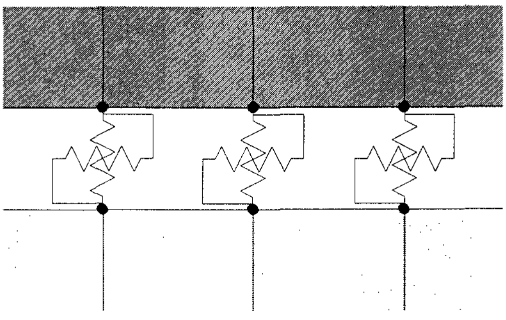
図２　ばねの挿入

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

このため，ＦＥＭ解析を行い，これらの挙動を検討することとした．

ＦＥＭ解析は対称性を考慮した３次元のモデルと幅方向に均一化した２次元のモデルを用いて行った．３次元モデルにはソリッド要素を，２次元モデルには平面ひずみ要素を用いた．これらのモデルには鋼殻と中埋めコンクリートとの境界に位置する節点間に両者の相互作用を評価したばねを挿入し，接合面の法線方向のばねに引張力が生じたとき，ばね定数をほぼゼロとすることによって鋼とコンクリートのはく離を表現することとした．解析は弾性範囲内であるひび割れ発生前の状態（荷重 10tf）を対象として行った．

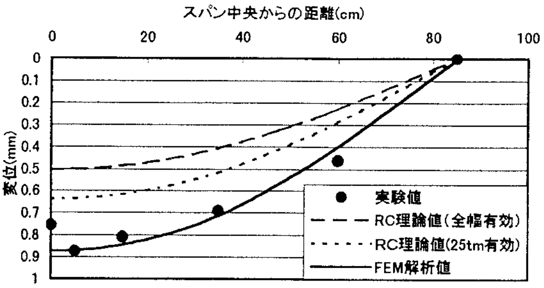

図３　たわみ分布

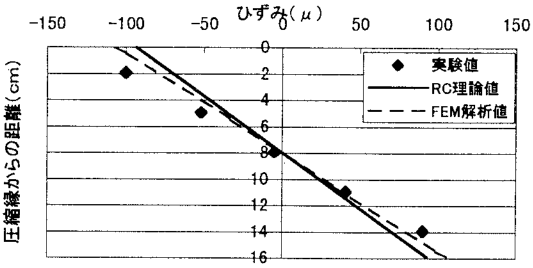

図４　ひずみ分布（スパン中央）

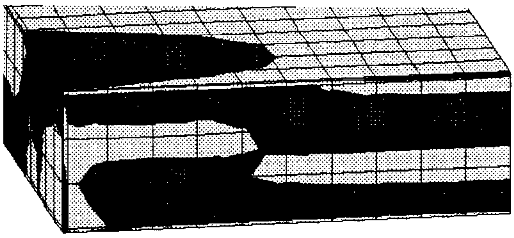

図５　端部の応力分布

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ＲＣ理論による理論値２種類（圧縮側スキンプレートの有効幅を全幅有効とした場合および主桁プレート厚の 25 倍を有効とした場合）を比較のために載せた．これをみるとＦＥＭによる解析値は実験値とほぼ一致しており，ＲＣ理論値よりも実験値に近い．このことから鋼とコンクリートとははく離し，両者がすべることによって剛性が低下するものと考えられる．

図４はスパン中央における主桁プレート上のひずみ分布を示したものである．これをみると発生するひずみも鋼とコンクリートを一体として考えたＲＣ理論値よりＦＥＭ解析値のほうが実験値に近いと判断される．

図５はセグメント端部の応力分布を示したものである．この図から継手プレートに引張応力（黒色部分）が生じており，密閉効果によって中埋めコンクリートを拘束していることがわかる．

５．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．鋼とコンクリートのはく離が生じた場合，剛性が低下することが今回のＦＥＭ解析によって確認された．

今回は弾性域を対象として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密閉効果がより発揮される構造と考えられる．この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．

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-51)，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)