

# 合成セグメント(鋼殻+RCセグメント)の開発

石川島建材工業(株) 正会員 ○山田 晃司  
 石川島建材工業(株) 正会員 小林 一博  
 石川島建材工業(株) 正会員 橋本 博英

## 1. はじめに

近年のシールドトンネルの傾向として、コストの低減、工期短縮を目的とした二次覆工の省略化が挙げられる。そのため、従来鋼製セグメントを一次覆工としてきた曲線部・開口部等の特殊荷重部を中心にコンクリート中詰鋼製セグメント(SSPC)が多く用いられている。しかし、都市部等における大深度での施工では大きな土水圧が作用するため、周方向に大きな軸力が発生する。この場合、鋼構造として計算する従来のSSPCでは桁高や鋼材量が増大する。そこで、鋼殻と鉄筋コンクリートの合成化により高土水圧下においても、薄肉幅広化が可能なセグメントの開発を行った。本稿では単体曲げ試験(正曲げおよび負曲げ)結果を報告する。

## 2. 構造概要

図-1に鋼殻+RCセグメントの概要図を示す。従来のSSPCと異なり、鋼殻+RCセグメントでは中詰コンクリートを構造部材として扱う。そのために、鋼殻の縦リブと周方向鉄筋とをフック状に加工された幅方向鉄筋により一体化させ鉄筋コンクリートと鋼殻との合成化を図った。図-2に本体断面概念図を示す。計算値の算定には主桁およびスキンプレートを鉄筋としてモデル化し、引張側コンクリートを無視したRC理論を適用している。縦リブはスキンプレートの間に空隙を設けており、中詰コンクリートの充填性を高めている他、重荷重部では縦リブとスキンプレートの間に周方向鉄筋を配置することも可能である。本試験の供試体諸元を表-1に示す。図-2に示す2タイプのうち軽荷重部用にて試験を行った。

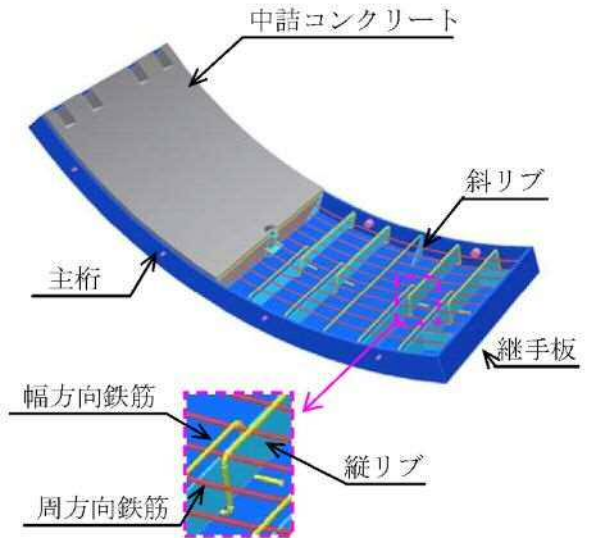


図-1 鋼殻+RCセグメント

表-1 供試体諸元

外観形状	
外径	6.6 mφ
幅	1.5 m
厚さ	250 mm
設計基準強度	
$f'_{ck}$	42.0 N/mm <sup>2</sup>
スキンプレート	
厚さ	3 mm
有効幅	75 mm
材質	SM490A
主桁	
高さ	212 mm
厚さ	16 mm
材質	SM490A
周方向鉄筋	
鉄筋径	D13
本数	10本
材質	SD345
※内面側にのみ配筋	

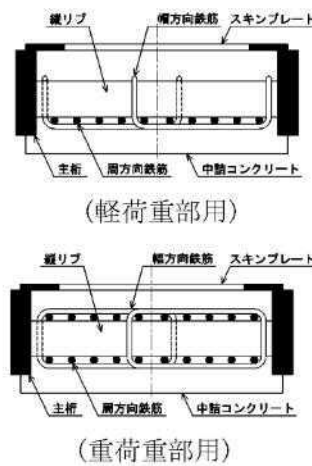


図-2 本体断面概念図

## 3. 試験方法

図-3に試験概要図を示す。支持スパン3436mm、荷重スパン900mmの2点荷重、両端可動支持条件で荷重を行った。耐力および剛性の評価の他、構造部材のひずみを計測し、鉄筋コンクリートと鋼殻の一体化により平面保持が成立しているかを検証した。

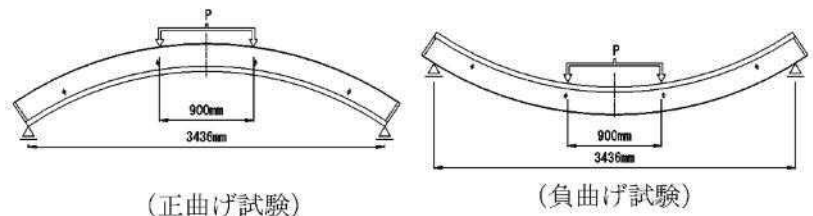


図-3 試験概要図

キーワード 合成セグメント, SSPC, 単体曲げ試験

連絡先 〒130-0026 東京都墨田区両国 2-10-14 石川島建材工業株式会社 TEL 03-6271-7237

### 3. 試験結果

表-2 に材料物性値の設計値と実測値を示す。

#### (1) 正曲げ試験

図-4 に正曲げ試験における曲げモーメント  $M$ —鉛直変位  $\delta v$  の関係図を示す。ひび割れ発生前、発生後ともに RC 理論により算定した計算値と近似した勾配を示している。また、耐力については  $355.0 \text{ (kN/mm}^2\text{)}$  であり、表-2 に示した実強度を用いて算定した破壊モーメント  $333.9 \text{ (kN/m}^2\text{)}$  と概ね近似した値となった。実測値が若干大きいのは実際に有効なスキンプレート幅が設計上の有効幅よりも大きいためと推定される。最大モーメント到達後も荷重を継続し、十分な変形性能を有していることが確認された。図-5 に設計荷重 (Pa) 時、降伏荷重 (Py) 時の主構造部材のひずみ分布を示す。中立軸位置は計算値とほぼ一致していることから平面保持が成立し、鉄筋コンクリートと鋼殻が一体となって挙動していると言える。

#### (2) 負曲げ試験

図-6 に負曲げ試験における曲げモーメント  $M$ —鉛直変位  $\delta v$  の関係図を示す。鉛直荷重の影響により荷重開始時に変位が進行してしまったため、勾配により評価する。荷重開始当初はスキンプレート有効幅を厚さの 25 倍とした計算値と近似した勾配を示しており、 $80 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$  以降、2 種類の有効幅の計算値の中間程度の勾配を示している。本試験では荷重装置の限界荷重である  $1000 \text{ (kN)}$  まで荷重して終了した。荷重終了時点での曲げモーメントは  $648.7 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$  であった。スキンプレートが全幅有効であるとして実強度より算定した破壊モーメント  $704.7 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$  に迫る値であった。図-7 に主構造部材のひずみ分布図を示す。中立軸位置はスキンプレートの有効幅の異なる 2 種類の計算値の中間程度でほぼ一致しており、平面保持が成立していると推定される。

### 4. 結論

- ①正曲げについて、曲げモーメントと鉛直変位の関係、耐力ともに計算値と近似した結果が得られ、計算手法が適正であり、平面保持も成立することが確認された。
- ②負曲げについて、設計に用いたスキンプレート有効幅により算定した破壊モーメントを大きく上回る耐力が得られ、安全側の設計がなされており、平面保持も成立することが確認された。

### 5. おわりに

今回実施した性能試験により、RC の断面設計手法が適用できることが確認された。今後、鋼材量の増加、外面側への周方向鉄筋の配置、鋼殻の構造の見直し等を施し、適用範囲の検証およびコストダウンを図る所存である。

表-2 材料物性値

コンクリート圧縮強度	
設計値	42.0 $\text{N/mm}^2$
実測値	59.6 $\text{N/mm}^2$
鉄筋降伏点	
設計値	345 $\text{N/mm}^2$
実測値	398 $\text{N/mm}^2$
鋼板降伏点	
設計値	325 $\text{N/mm}^2$
実測値	409 $\text{N/mm}^2$

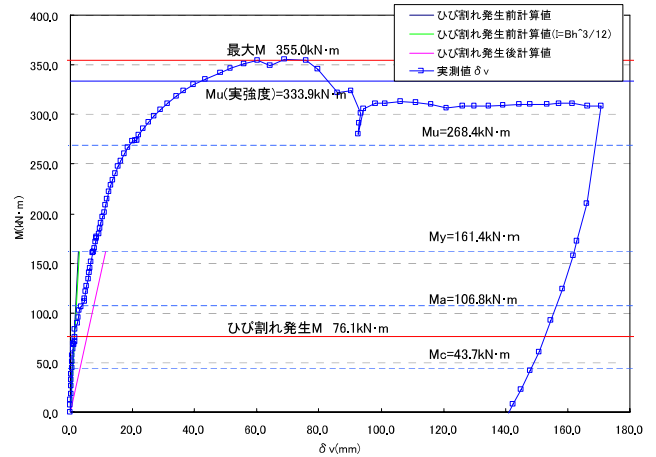


図-4 M— $\delta v$  関係図 (正曲げ)

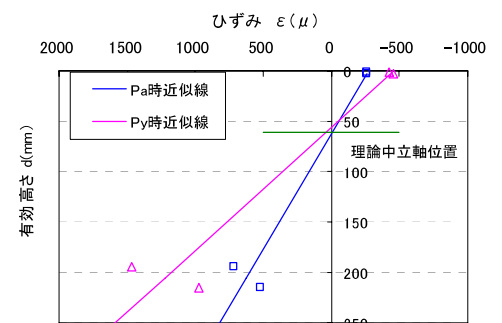


図-5 ひずみ分布図 (正曲げ)

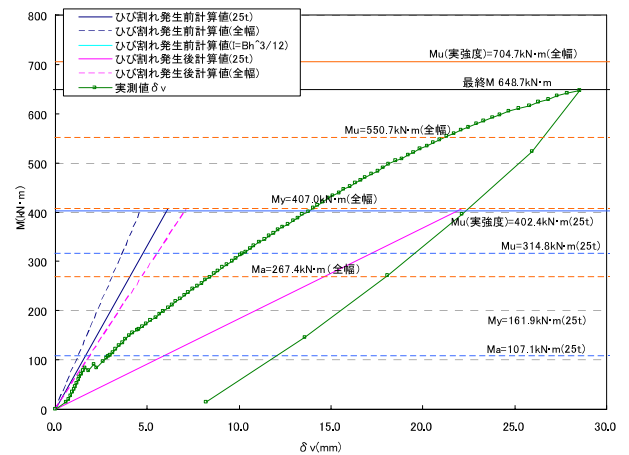


図-6 M— $\delta v$  関係図 (負曲げ)

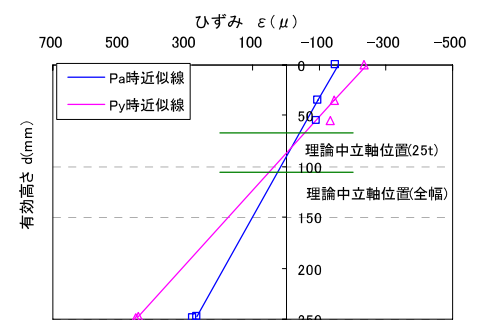


図-7 ひずみ分布図 (負曲げ)