

III-46

突起付鋼板を用いた  
合成セグメントの力学特性

住友金属工業(株) 正会員○阿部 幸夫 正会員 飯村 修  
 (株)鴻池組 金好 昭彦

1. はじめに 近年の地価高騰と都市の過密化を背景として地下空間有効利用のニーズが高まり、シールドトンネル工法も大深度化、大口径化あるいは交差、急曲部と云った多様化への対応が従来に増して強く求められ、工法面の進歩、発展がめざましい現況にある。一方、この掘削推進技術の進歩と相まって、シールド覆工材としてのセグメントに対しても高耐力、高剛性が要求されるようになってきた。サンドイッチ型コンクリート合成セグメントは、これらの技術ニーズに応え得るものとして有望と考えられるが、この場合鋼板と中詰コンクリートが完全に一体化され、外力に抵抗することが必要である。

本研究はこれらの条件を満足するセグメントとして、コンクリート上下面に菱目型突起付鋼板を配置したサンドイッチ構造の新型合成セグメントを試作し、これについて単体曲げ試験ならびにジャッキ推力試験により性能を確認したので、その結果について報告する。

2. 実験概要

(1)単体曲げ試験 供試体形状は図1に示すようにトンネル内径4700mmの標準セグメント<sup>1)</sup>(7分割の内のAセグメント)を対象にしたもので、厚さはこの径で通常用いられている鉄筋コンクリート製セグメント(厚さ200mm)と同等の断面性能を有するよう150mmとした。この基本形状に対し上下鋼板のコンクリート側表面状態を、それぞれ突起付および平滑とした2体について実験を行った(表1)。なお、この供試体には鋼製側板(厚さ4.5mm)も設けた。

使用した鋼材は表2の通りであり、コンクリートの圧縮強度は391kgf/cm<sup>2</sup>であった。

載荷方法はセグメントが上に凸になるように設置(ガン2285mm)し、中央部に2点載荷(間隔600mm)を行うがその際断面に曲げのみを作用させるため、一支点の水平方向を可動とした。また載荷するに当たって、設計荷重で5回繰返し、その後下側鋼板が降伏歪に達する荷重で5回繰返した後、破壊まで加力した。

(2)ジャッキ推力試験 供試体形状は単体曲げ試験と同様、厚さ150mmのセグメントを対象とした600<sup>b</sup>x150<sup>b</sup>x900<sup>b</sup>mmであり(図2)、また実験パラメータはコンクリート側の鋼板突起の有無、スタッドピッチで、供試体の種類を表3に示す。

使用した鋼材は単体曲げ試験と同一の表2に示した突起付鋼板I種およびスタッドであり、コンクリートの圧縮強度は376kgf/cm<sup>2</sup>であった。

載荷方法は供試体上面に等分布荷重を作用させる全面載荷とし、設計基準<sup>1)</sup>によるジャッキ推

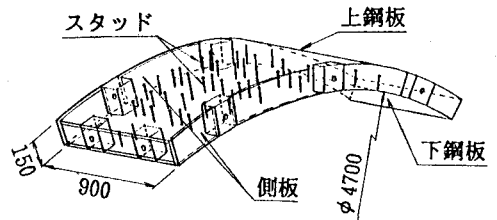


図1 供試体形状(単体曲げ)

表1 供試体種類(単体曲げ)

N.o.	コンクリート側鋼板表面状態	鋼板の種類	スタッド <sup>≠</sup> ピッチ(mm)
A-1	突起	I種 <sup>≠</sup>	<上側> 330(周)×280(軸)
A-2	平滑 (突起付裏面使用)	II種 <sup>≠</sup>	<下側> 220×160

※寸法及び強度は表2参照

表2 使用鋼材の種類と降伏強度

鋼材の種類	寸法(mm)	降伏強度(kgf/mm <sup>2</sup> )	
上下鋼板	I種	換算板厚5.4 ×突起高4.7	29.0
	II種		
側板	板厚4.5	22.6	
スタッド	径9.5×長さ125	41.1	

表3 供試体種類(ジャッキ推力)

N.o.	コンクリート側鋼板表面状態	鋼板の種類	スタッド <sup>≠</sup> ピッチ(mm)
B-1	突起	I種 <sup>≠</sup>	100
B-2			300
B-3	100		
B-4 (突起付裏面使用)	300		

※寸法及び強度は表2参照

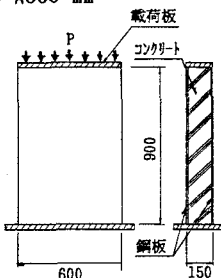


図2 供試体形状(ジャッキ推力)

力許容耐力100tfで20回繰返し载荷した後、破壊まで加力した。

### 3. 実験結果

(1)単体曲げ試験 実験ならびに計算から得られた結果を表4および図3に示す。ここで、設計荷重とは下側鋼板が許容応力度を示すときの計算荷重、また降伏荷重とは実験値、計算値ともに下側鋼板が降伏強度の試験値に達したときの荷重、さらに計算値における最大耐力とはRC曲げ部材の終局強度計算<sup>2)</sup>から換算される荷重である。また図3の荷重と中央変位の関係における弾性範囲内の勾配には、ひび割れ後の剛性低下を考慮したBransonの理論<sup>3)</sup>を用いている。

結果は突起付鋼板を用いたA-1供試体では、設計荷重の1.5倍を上回る26.5tfまで剝離がまったく生じず一体化されていたのに対し、平滑鋼板のA-2供試体の場合は、設計荷重の60%を下回る10tfで既に下側鋼板の剝離が認められた。このことは図3の実験値が計算値と比べ剛性が低下している点からも確認できる。また降伏荷重、最大耐力については、突起付、平滑とも両者に大きな差は認められず、どちらも粘り強い耐荷特性を示した。

(2)ジャッキ推力試験 実験結果および計算値を表5ならびに図4に示す。計算値における変位量は各部材の一体挙動を仮定して算定し、最大耐力は累加強度方式で求めた。また図5にはスタッドピッチが最大耐力ならびに剝離発生荷重に及ぼす影響を示す。

結果はスタッドピッチ100mmにおいて突起付鋼板を使用したB-1供試体の場合、平滑鋼板のB-3供試体と比べ最大耐力で1.2倍、剝離発生荷重で2.3倍の強度向上が得られた。さらにスタッドピッチ300mmに至ってはそれぞれ1.5倍、3.9倍となった。

### 4. おわりに

今回の実験から突起付鋼板を用いたサンドイッチ型鋼コンクリート合成セグメントは、コンクリートと鋼板の合成効果が良好で、設計荷重に対し単体曲げ試験で1.5倍、ジャッキ推力試験で3倍以上の荷重レベルまで剝離が発生せず一体化されていたことから、十分実用に供しうる構造であることが判った。

最後に本実験に関し御指導いただいた、山本稔東京都立大学名誉教授に感謝の意を表します。

#### 《参考文献》

- 1) 日本下水道協会：シールド工用標準セグメント，1982.11
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書，設計編，1986.10
- 3) 土木学会：コンクリート構造の限界状態設計法指針(案)，コンクリートライブラリ第52号P80，1983.11

表4 実験結果(単体曲げ)

No.	コンクリート側鋼板表面状態	設計荷重(tf)	剝離発生荷重(tf)	降伏荷重(tf)		最大耐力(tf)	
				実験値	計算値	実験値	計算値
A-1	突起	17.5	26.5	38.0	45.0	52.2	47.9
A-2	平滑		10.0	38.0	43.9	50.4	47.2

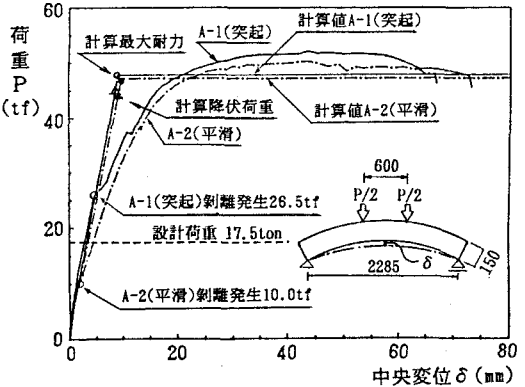


図3 荷重と中央変位の関係(単体曲げ)

表5 実験結果(ジャッキ推力)

No.	コンクリート側鋼板表面状態	許容耐力(tf)	剝離発生荷重(tf)	最大耐力(tf)	
				実験値	計算値
B-1	突起	100	450	526	489
B-2			350	385	
B-3	平滑	100	200	436	489
B-4			90	260	

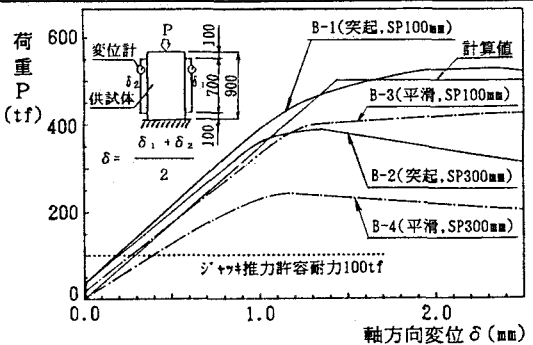


図4 荷重と軸方向変位の関係(ジャッキ推力)

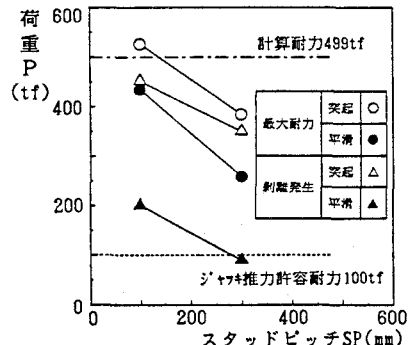


図5 スタッドピッチが及ぼす影響(ジャッキ推力)