合成セグメントの合理化と基礎的研究（その２）

西松建設株式会社　　正会員　○井筒　克美
正会員　　三戸　憲二
正会員　　山本　達也

１．はじめに

近年，大深度地下トンネルでは，高軸力下での切り拡げなどで大きな曲げモーメントが発生する箇所に合成セグメントの適用が採用されつつある．そこで鋼材を構造的に有効活用し製作性を向上することで，コストダウンを可能とする合成セグメントの開発を目指して，鋼殻と RC のずれを把握し，合理的なずれ止めの配置を検討することとした．本研究では，スキンプレートと主桁にスタッドジベルを設置することで，鋼殻と鉄筋コンクリートの一体化を図る構造を検証する目的で曲げ試験を行った．本稿では，3 本主桁の単体曲げ試験（正曲げ，負曲げ）の結果を報告する．

２．構造概要

表－1 に供試体諸元を，**図－1** に合成セグメント（3 本主桁）の概念図を示す．外主桁には鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)[1]による必要量の 50%程度のスタッドジベルを中立軸より内面側に設置した．中主桁には鉄筋の位置決め用として，量販されている最小径 φ13mm のスタッドジベルを片側 3 本設置した．スキンプレートには 300mm 間隔で φ13mm のスタッドジベルを設置した．鋼殻内の突起はスタットジベルのみなので，鋼殻と RC のずれを的確に計測できる．

３．試験方法

図－2 に試験概要図を示す．試験方法は，支持スパン 4,000mm，載荷スパン 1,000mm の 2 点載荷，両端可動支持の単純曲げ試験とし，正曲げと負曲げの２ケースを実施した．トンネル縦断方向の拘束を考慮し，横拘束治具（鋼材＋PC 鋼棒＋テフロン版）を用いて外主桁を拘束した状態で載荷を行った．鋼殻，鉄筋，スタッドジベルのひずみを計測し，鋼殻と鉄筋コンクリートの一体化による平面保持を確認した．**図－3** に試験状況を示す．

４．試験結果

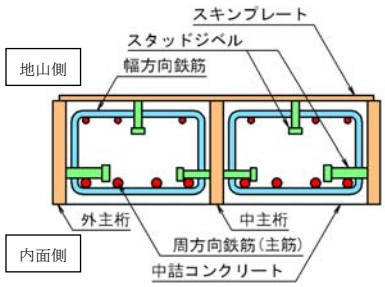
試験結果を**表－2**，**図－4**，**図－7** に示す．

（１）正曲げ試験

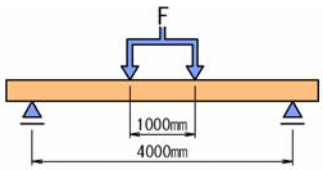
ひび割れ荷重は RC 構造として算出した設計値と概ね一致し，終局荷重は設計値を超えた．**図－5** に抵抗荷重と短期荷重（抵抗荷重×1.5）時の鋼殻と鉄筋のひずみ分布図を示す．

表－1　供試体諸元

外観形状		鉄筋		
長さ	4500 mm	本数-径	2-D29+6-D25	
幅	1000 mm	鉄筋量	43.25	cm^2
厚さ	220 mm	鉄筋比	2.12	%
設計基準強度		材質	SD345	
f'ck	48 N/mm^2	主桁スタッドジベル		
スキンプレート			外主桁	中主桁
厚さ	6 mm	径	16 mm	13 mm
材質	SM490	高さ	130 mm	100 mm
主桁		本数	30 本	6 本
外主桁厚さ	9 mm	スキンプレート用スタッドジベル		
中主桁厚さ	12 mm	径	13	mm
高さ	214 mm	高さ	80	mm
材質	SM490	本数	32	本



図－1　合成セグメント概念図



図－2　試験概要図

図－3　試験状況（負曲げ）

表－2　試験結果のまとめ

		正曲げ試験	負曲げ試験
ひび割れ荷重	設計	59.2kN	68.7kN
	試験	58.6kN	181kN
終局荷重	設計	615kN	764kN
	試験	732kN	1070kN

キーワード　大深度，合成セグメント，単体曲げ試験，スタッドジベル
連絡先　　〒105-8401　東京都港区虎ノ門 1-20-10　西松建設株式会社　ＴＥＬ03-3502-7560

鉄筋位置の主桁のひずみと鉄筋のひずみが概ね一致していることから，鋼殻と RC 間のずれがなく合成構造が成立したと判断した．**図－6** にせん断力が発生する箇所のスタッドジベルのひずみを示す．外主桁，中主桁，スキンプレートともにに大きなひずみは発生しなかった．

（2）負曲げ試験

ひび割れ荷重，終局荷重ともに RC 構造として算出した設計値を大幅に超えた．**図－8** に抵抗荷重と短期荷重（抵抗荷重×1.5）時の鋼殻と鉄筋のひずみ分布図を示す．正曲げ試験と同様に鋼殻と RC 間のずれがなく合成構造が成立した．**図－9** にせん断力が発生する箇所のスタッドジベルのひずみを示す．引張力が発生したスキンプレートのスタッドジベルが機能したことが確認された．外主桁，中主桁のスタッドジベルは，抵抗荷重から相当のひずみが発生した．

5．結論

・鋼殻と RC のずれがなく合成構造が成立した．

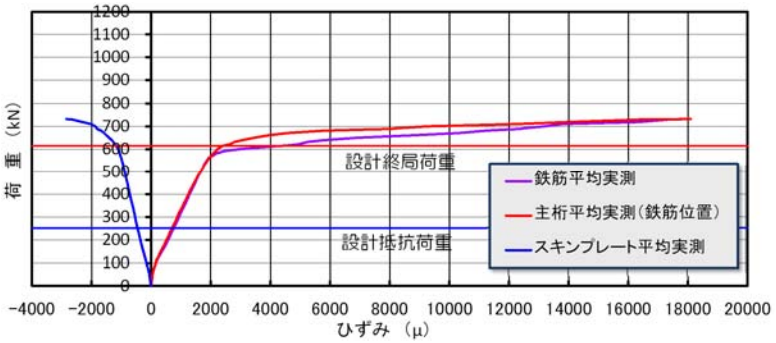
・ひび割れ荷重，終局荷重が計算値と概ね一致もしくは上回っていることから，RC 構造の設計手法が適用可能であると考えられる．

・正曲げ，負曲げともに終局荷重が計算値を超えていることから，3 本主桁は高剛性であることが確認された．

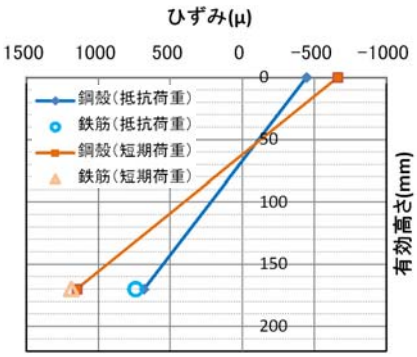
・負曲げ試験では引張側となるスキンプレートのスタッドジベルにひずみが発生したことから，スキンプレートにはずれ止めが必要であると考えられる．

6．おわりに

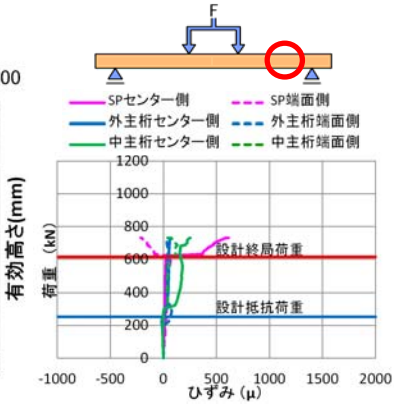
今回得られた試験結果を基に，今後，適切なずれ止め仕様とすべく，詳細検討を行い，合理的な合成構造を目指したい．また，設計手法の確立と製作性の簡素化を図り，合理的な合成セグメントの実用化を図りたい．



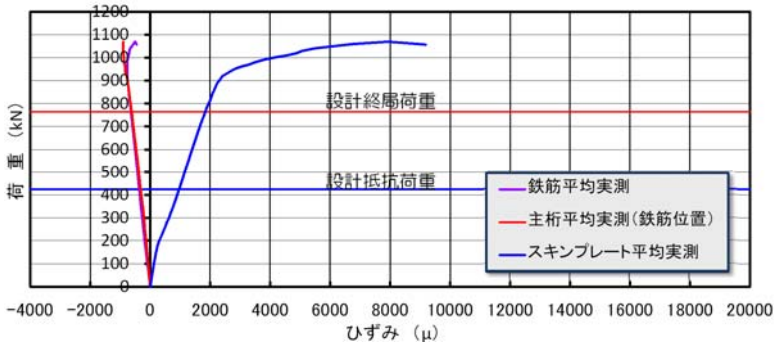
図－4　ひずみ－荷重図(正曲げ)



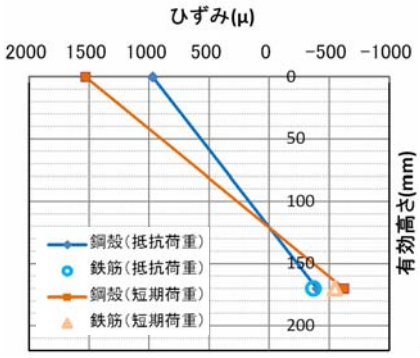
図－5　ひずみ分布図



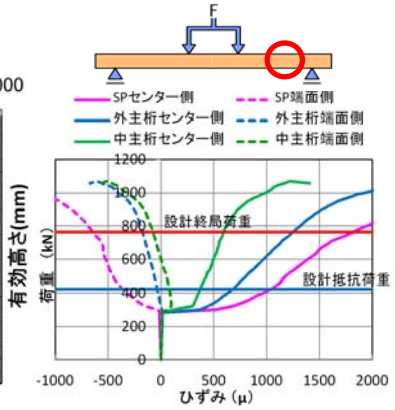
図－6　スタッドジベルひずみ



図－7　ひずみ－荷重図(負曲げ)



図－8　ひずみ分布図



図－9　スタッドジベルひずみ

謝辞

試験にあたって，早稲田大学の小泉教授にはご指導を賜った．ここに記して感謝の意を表します．

参考文献

1)　社団法人土木学会：コンクリートライブラリー73 鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案），平成 4 年 7 月