

鋼コンクリート製セグメントの合成構造化に関する実験的検討（その3）

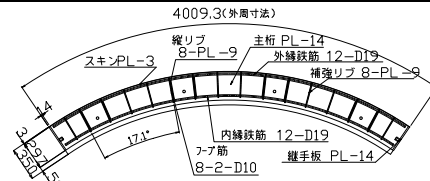
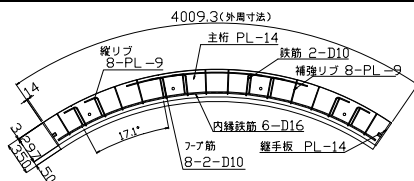
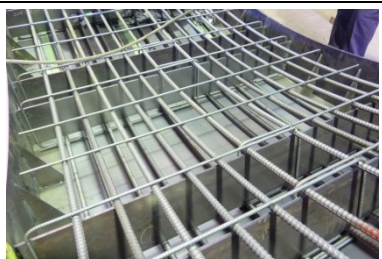
ー フープ材と主鉄筋(D19・D16)が耐荷性能に及ぼす影響＜主鉄筋の影響＞ ー

新日鐵住金(株) 建材事業部 建材開発技術部 正会員 ○三宅 正人
 新日鐵住金(株) 建材事業部 建材開発技術部 正会員 石田 宗弘

1. 試験体仕様と載荷試験方法＜Case-4・5＞

鋼コンクリート製セグメントの合成構造化に関する実験的検討（その2）に引き続き、主鉄筋量に着目した Case-4・5 の単体曲げ試験結果について報告する。試験体形状とフープ材の設置状況を表 1. に示す。トンネル外径 6.7m, 外周長 4,009.3mm の円弧形状で、主断面は幅 1,500mm, 厚さ 350mm である。試験体は主桁厚さ 14mm, スキンプレート厚さ 3mm（共に SM490A 材）の 2 主桁構造の鋼殻の内部に、Case-4 は主鉄筋 D19×12 本をトンネル内空側および地山側に配置した

表 1. 試験体形状とフープ材の設置状況

Case-4 (D19×12 本×2 段)	Case-5 (D16×6 本×1 段)
	
	

複鉄筋断面（引張鉄筋比 0.8%：鋼殻を除く）、Case-5 は主鉄筋 D16×6 本をトンネル内空側のみに配置した単鉄筋断面（引張鉄筋比 0.3%：鋼殻を除く）とする鉄筋かごを設置して $\sigma_{ck}=42 \text{ N/mm}^2$ のコンクリートを打設して製作したものである。D10 の鉄筋を 2 周巻きしたフープ材を縦リブ位置に合わせて 17.1° ピッチで 8 箇所配置し、Case-4 では 2 段の主鉄筋を囲うようにループ状に定着したもの、Case-5 では端部を折り曲げ加工してトンネル地山側に定着したものである。載荷方法は、試験体幅方向に載荷梁を渡した 2 線載荷による単体の正曲げ試験とした。降伏モーメントレベルまでは、全幅に渡した載荷梁を用いて載荷（純曲げスパン長 900mm）し、その後、幅 900mm の載荷梁を用いて中詰めコンクリート部のみに載荷（純曲げスパン長 300mm）して破壊性状を確認した（写真 1. 参照）。



写真 1. 載荷状況

2. 試験結果

(1) 曲げ耐荷性能 図 1. および図 2. に試験における載荷曲げモーメントと試験体スパン中央のたわみの関係を示す。

Case-4 は最大 $M=733 \text{ kN}\cdot\text{m}$ まで載荷後、急激な載荷曲げモーメントの低下を示した。Case-5 は最大 $M=554 \text{ kN}\cdot\text{m}$

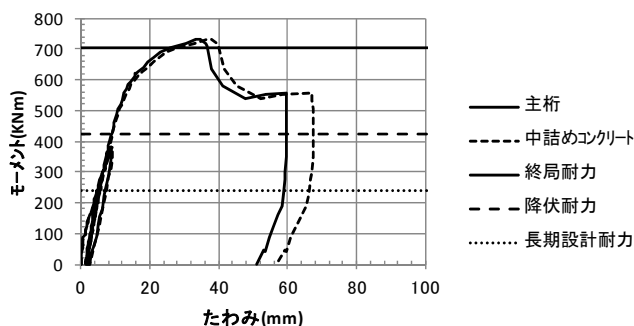


図 1. 載荷曲げモーメント～たわみ（Case-4）

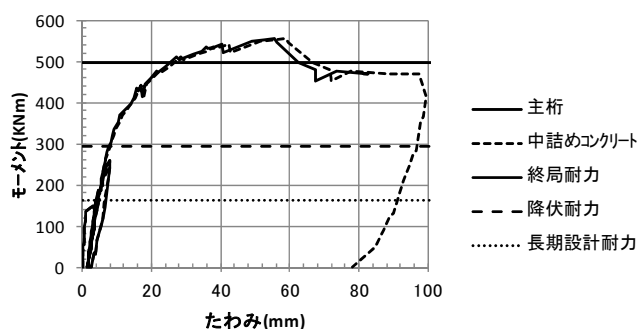


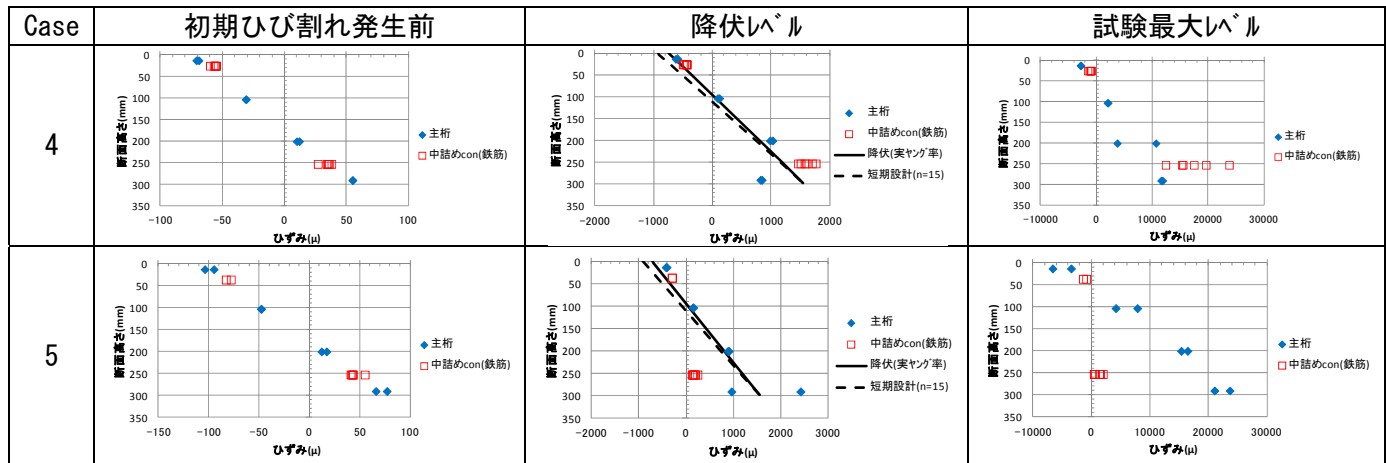
図 2. 載荷曲げモーメント～たわみ（Case-5）

キーワード 円形トンネル, 円弧セグメント, 合成セグメント, フープ筋, 腹圧力, 付着定着破壊, 平面保持, 一体性
 連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6-1 TEL.03-6867-6392 / FAX.03-6867-4931

まで載荷後、徐々に載荷曲げモーメントが低下し、たわみが 100mm 程度に達したことを確認した後に除荷して試験を終了した。Case-4・5 ともに鉄筋コンクリート構造として想定する曲げ耐力(Case-4 : $M_{ud}=706 \text{ kN}\cdot\text{m}$, Case-5 : $M_{ud}=498 \text{ kN}\cdot\text{m}$)以上の耐荷性能が確認された。

(2) 鋼殻・中詰めコンクリートのひずみ分布 表 2. はコンクリート表面ひび割れ前、降伏レベル、試験最大レベルの各載荷レベルにおいて、試験体中央純曲げ区間で測定された鋼殻主桁および主鉄筋のひずみを断面高さ方向にプロットしたものである。中詰めコンクリートに曲げひび割れが発生するまでは、鋼殻と中詰めコンクリートのひずみ分布は概ね平面保持されていた。Case-5 では、曲げひび割れ発生後に引張側の主鉄筋のひずみの増加が急激に小さくなり、他方、主桁のひずみ増加は顕著になる傾向が現れた。このような傾向は、同様の載荷試験を実施した橋本らの報告¹⁾とは異なる傾向であった。

表 2. 鋼殻・中詰めコンクリートのひずみ分布



(3) 破壊性状確認 載荷試験終了後、鋼殻を除去して中詰めコンクリートの破壊状況を確認した。Case-4 では載荷点と支点の間のせん断区間において、トンネル内空側に配置した主鉄筋（引張側）の付着割裂破壊が見られ、地山（圧縮）側コンクリートの圧壊は確認できなかった（写真 1. 参照）。Case-5 では主鉄筋の抜け出しは観察されず、地山（圧縮）側コンクリートが圧壊した状況が確認された。また、試験体スパン中央のトンネル内空側の中詰めコンクリートがブロック状に抜け出した形跡が見られた（写真 2. 参照）。



写真 1. Case-4 の破壊状況



写真 2. Case-5 の破壊状況

3. まとめ

主鉄筋（D19・D16）をパラメータとした円弧形状（ $D_o=6.7\text{m}$ ）の単体曲げ試験を実施した結果、下記の知見が得られた。

- ① D19 の主鉄筋を複鉄筋として配置した Case-4 は、想定する曲げ耐力は得られたものの主鉄筋（引張側）の付着割裂破壊が発生し、耐力算定時に仮定したコンクリートの圧壊を伴う曲げ破壊形態とは異なっていた。
- ② D16 の主鉄筋を単鉄筋として配置した Case-5 は、地山（圧縮）側コンクリートの圧壊を伴う曲げ破壊を起こし、鉄筋コンクリート構造として想定する終局曲げ耐力以上の耐荷力を確認した。ひび割れ発生後、中詰めコンクリート内に配置した主鉄筋のひずみの増加が小さく、他方、主桁のひずみ増加は顕著になる傾向が現れ、鋼殻と中詰めコンクリート部のひずみ分布からは平面保持を確認できなかった。
- ③ Case-1～5 の試験結果からトンネル外径（曲率）、主鉄筋量に応じて、フープ材仕様を適切に設定することが重要であることが明らかとなった。

【参考文献】 1)合成セグメントの開発その 1 (本体構造) / 第 66 回土木学会学術講演会 (2011.9)