

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1）

ー フープ材と主鉄筋仕様が耐荷性能に及ぼす影響＜実験仕様と目標性能＞ ー

新日鐵住金(株) 建材事業部 建材開発技術部 正会員 ○佐野 陽一
 新日鐵住金(株) 建材事業部 建材開発技術部 正会員 城 大樹

1. はじめに

近年、シールドトンネル工事のコスト削減・工期短縮・覆工（セグメント）の品質向上などのニーズに応えるべく、高い耐荷性能を活かしてセグメントの薄肉化が可能な鋼コンクリート製セグメント（図1. 参照）が開発され¹⁾プロジェクトに採用される機会が増してきている。しかしながら、鋼コンクリート製セグメントは鋼製や鉄筋コンクリート製セグメントの諸基準を参照しながらその構造仕様が決定されており、これまでの設計や工事の実績を踏まえながら各事業者によって個別に諸判断が下されているという状況にある。



図1. 鋼コンクリート製セグメントの例

筆者らは主鉄筋を有する鋼コンクリート製セグメントの合成構造化を目的として、これまでに種々の実験的な構造検討を実施してきた。トンネル径や荷重などの諸条件に対してセグメントの構造仕様を決定するにあたり、設計者が判断を行う際の目安を提供することを目的として、これらの構造実験結果を報告するものである。

2. 主鉄筋に作用する腹圧力の影響

円形のシールドトンネルを構成する円弧状のセグメントには、周囲から土水圧の作用を受けてトンネルの円周方向に変化する軸力・曲げモーメント・せん断力が発生する。平板状のセグメントと異なり、正曲げ（トンネル内空側が引張）を受ける区間では、トンネル内空側に配置された主鉄筋に引張力が発生する

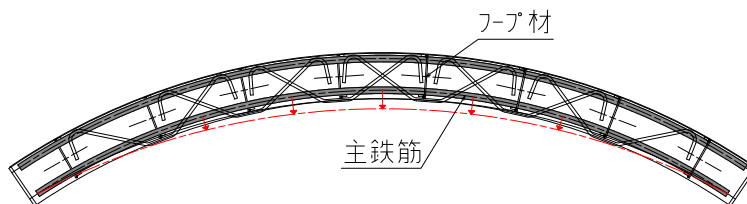


図2. 主鉄筋に作用する法線方向力（腹圧力）

るとトンネル中心方向に向かう副次的な法線方向力（腹圧力）が作用する（トンネル外側の主鉄筋に圧縮力が発生する場合も同様）（図2. 参照）。

この主鉄筋に作用する腹圧力は、トンネル径、主鉄筋量によりその大きさが変わり、腹圧力に対して十分抵抗できるフープ材を適切に設定することが重要になる。

3. 試験体仕様

表1. 試験体仕様

試験に用いたセグメント試験体は、実際のトンネル寸法を想定した実大の円弧形状のセグメントピースとした。セグメント両側部の主桁、両端部の継手板、トンネル地山側のスキップレート

Case	トンネル径	試験体幅	試験体高	①主鉄筋仕様(引張鉄筋比)	②フープ材
1	5.9m	1200mm	250mm	D29×12本×2段(2.6%)	D13×1周巻(5.7°)
2					D16×3周巻(3.1°)
3					PL4.5孔開き面材(8.6°)
4	6.7m	1500mm	350mm	D19×12本×2段(0.7%)	D10×2周巻(17.1°)
5				D16×6本×1段(0.2%)	

で鋼殻の5面を構成し、主桁間を連結する補強板（縦リブ）を配置している。鋼殻内部には、主鉄筋とフープ材を配置しコンクリートを打設して試験体を作製している。表1.に試験体仕様を示す。試験ケースは全5ケースとし、試験パラメータを①主鉄筋量、②フープ材仕様とした。Case-1～3の試験体幅(B)は1,200mm、主断面高(H)は250mm、Case-4・5ではB1,500mm、H350mmとした（図4.～8. 参照）。Case-1～3は、主として②フープ材仕様に着目した試験であり、Case-4・5²⁾³⁾は①主鉄筋量に着目した試験である。試験体の材料強度を表2.に示す。

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

4. 載荷試験方法と目標性能

試験体への載荷は、セグメントの性能確認試験として採用されている 2 線載荷による単体の正曲げ試験とした (図 3. 参照)。

鋼殻にコンクリートを中詰めする鋼コンクリート製セグメントを合成構造体として評価する場合には、鉄筋コンクリート構造の設計法に準じて鋼殻・主鉄筋および圧縮領域にあるコンクリートを有効断面とし、これらで構成される有効主断面内では平面保持の仮定が成立しているものとしている。

鋼コンクリート製セグメントが合成構造体であることを確認するためには、下記 3 項目について確認することが必要であると筆者らは考えている。

- ① 終局状態では、圧縮側 (トンネル地山側) のコンクリートが圧壊して曲げ破壊に至ること (破壊モードの確認)
- ② 少なくとも部材降伏レベルまで主断面内の平面保持が維持されること (合成挙動の確認)
- ③ 少なくとも設計耐力レベルまで測定される主断面内のひずみ分布が仮定する計算値と一致していること (設計モデルの妥当性の確認)

試験の結果については、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), (その 3) の報告で述べる。

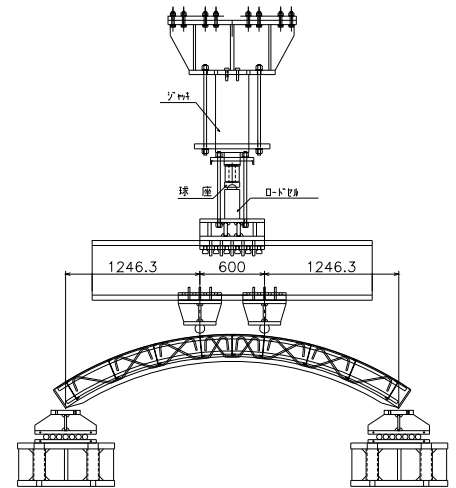


図 3. 載荷概要図 (Case-3)

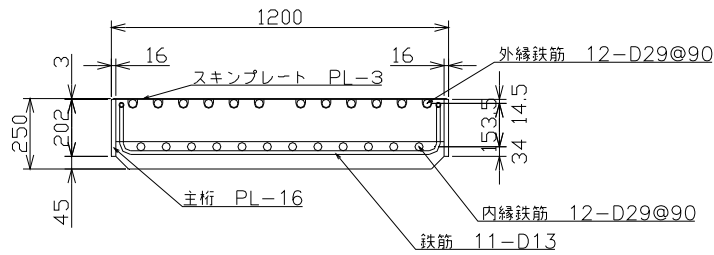


図 4. Case-1 の試験体断面概要

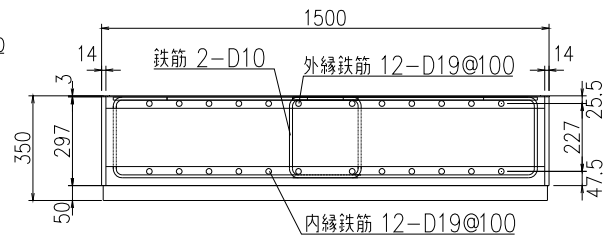


図 7. Case-4 の試験体断面概要

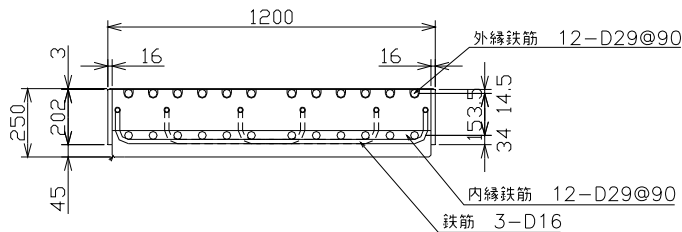


図 5. Case-2 の試験体断面概要

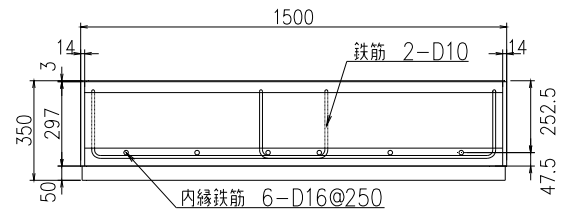


図 8. Case-5 の試験体断面概要

表 2. 材料強度

		主桁	主鉄筋	コンクリート
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
設計強度		325	345	42
実強度	Case-1～3	365	375	50
	Case-4	361	406	50
	Case-5	361	383	49

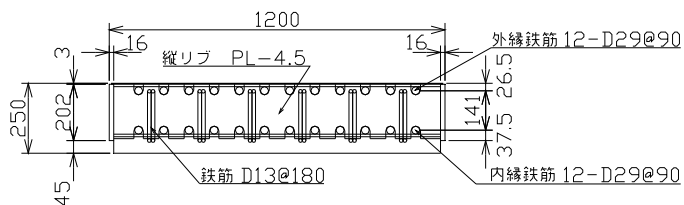


図 6. Case-3 の試験体断面概要

【参考文献】 1)合成構造コンクリート中詰め鋼製セグメント/土木学会第 59 回学術講演会(2004.9)

2)合成セグメント(鋼殻+RC セグメント)の開発/第 65 回土木学会学術講演会(2010.9)

3)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)