

山形鋼を用いた中小口径向け合成セグメントの開発（１）～実大曲げ試験～

JFE 建材株式会社 正会員 ○山本 竜也
 JFE 建材株式会社 正会員 西山 桂樹
 JFE 建材株式会社 正会員 松岡 馨
 株式会社 JFE 設計 正会員 中西 克佳

1. はじめに

近年，都市部の豪雨災害対策を目的とした内径 ϕ 4～7m 程度の中小口径地下調節池の計画が多くされている．このような地下調節池の多くはシールド工法により施工される．一般に地下調節池は，内水圧が作用するため覆工材として使用されるセグメントには鋼・コンクリートの合成セグメントの採用が多い．

これらの背景により筆者らは，中小口径向けの廉価な合成セグメントの開発を行い，その性能を試験により確認した．本稿ではその合成セグメントの概要および試験結果について述べる．

2. 合成セグメントの概要

開発した合成セグメントの概要図を図 1 に示す．本合成セグメントは，主桁・継手板・スキムプレートで構成される鋼枠に鉄筋を設置し，コンクリートを打設した 5 面鋼殻の鋼・コンクリートの合成構造体で，鋼材とコンクリートのずれ止めとして主桁内側に孔の開いた山形鋼を溶接している．また，縦リブの高さを低くすることで，鉄筋籠の設置に係る工数および鋼材量の低減を図っている．

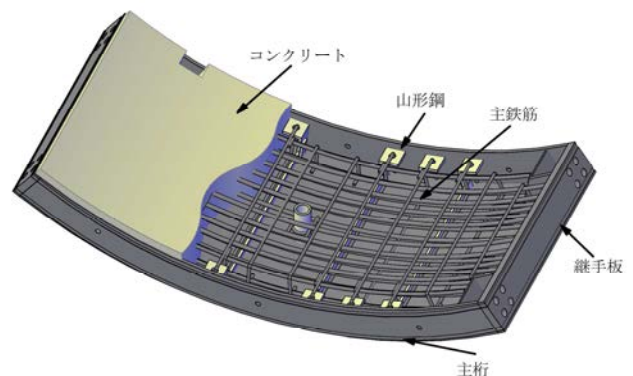


図 1 合成セグメント概要図

3. 実大単体曲げ試験

合成セグメントの本体性能の確認を目的に単体曲げ試験を実施した．試験体断面概要図を図 2 に示す．試験は実際の供用を想定して円弧型の試験体を用いて 4 点曲げ载荷とした．载荷試験概要図を図 3 に示す．なお，支承部はローラー支承とし，両端可動とした．計測項目は载荷荷重のほかに鉛直・水平変位および各部鋼材ひずみ量についても計測を行った．

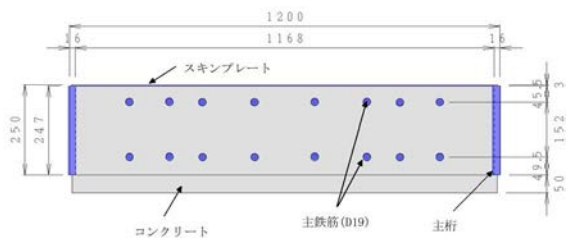


図 2 試験体断面概要図(寸法単位：mm)

4. 試験結果

合成セグメントの理論値算出にあたっては，コンクリートを圧縮側のみ有効とする RC 断面として算出している．その際，主桁およびスキムプレートは多段配置された鉄筋として換算しており，その許容応力度および降伏点については鉄筋・鋼板それぞれの値のうち，小さい方の値を用いて整理した．

なお，試験後の解析に用いたコンクリートの物性値には，当日の材料試験値を用いた．

図 4 には，単体曲げ試験により得られた荷重－鉛直変位関係図を示す．最大荷重は 906kN となり，実強度を用いて算出した設計終局荷重を上回る結果となった．

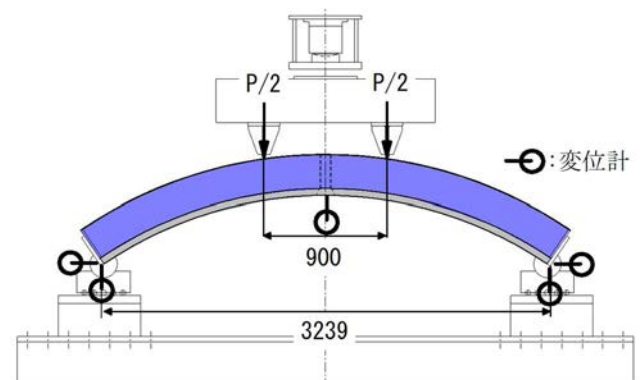


図 3 载荷試験概要図(寸法単位：mm)

キーワード シールド工法，合成セグメント，山形鋼，曲げ耐力，曲げ载荷試験

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1 丁目 2 番地 70 号 11 階 JFE 建材（株）セグメント技術室 TEL 03-5715-7890

変位に着目すると、ひび割れ発生前はコンクリート全断面を有効とした理論変位に近似した傾きを示し、ひび割れ発生後は引張側コンクリートを無視した断面での傾きに推移している。降伏荷重を超えたあとは、緩やかに勾配を変化させ塑性領域に推移している。

図5には、主桁のひずみ量から算出した等曲げ区間断面のひずみ分布を示す。弾性範囲内である①長期許容荷重時および②降伏荷重時におけるひずみ分布から平面保持の確認を行った。ひずみはセグメントの厚み方向に3点設置したひずみゲージにより計測を行った。図5より、ひずみ分布は直線を示しており、かつ各荷重段階での中立軸位置がほぼ一致していることから、平面保持が成り立っていることを確認した。さらに事前解析値との比較でも、近似した位置に中立軸を示していることが確認できた。

5. 試験後破壊状況

試験終了後の試験体の内空側のコンクリートのひび割れ状況を写真1に示す。写真1より、十分なひび割れ分散性を有することが確認できる。また、想定通りの位置からひび割れが発生しており、コンクリート塊の落脱もなく良好な結果となった。

写真2には、内部の破壊状況確認のために、試験体等曲げ区間にてセグメント幅方向に切断した試験体断面を示す。コンクリートと引張側鋼材に剥離は見られず、健全に一体化されていることが確認できた。また、圧縮側鉄筋の位置でセグメント幅方向に層状に亀裂を確認できた。これにより、最終破壊性状は圧縮側コンクリートの圧壊によるものとみられ、想定通りの破壊であった。

6. まとめ

中小口径向けの合成セグメントの開発を行い、単体曲げ試験により下記を確認した。

- 1) 載荷荷重は合成構造として算出した理論耐力を上回っており、RC断面として安全に計算できる構造である。
- 2) 鉛直変位は、理論値に近似した傾きで推移し、降伏荷重を超えてからは緩やかに傾きを変化させた。
- 3) 実測ひずみにより得られた中立軸により、降伏荷重時まで平面保持が成り立つことを確認した。
- 4) 試験後の試験体切断面より、内部は鋼材とコンクリートが一体化された状態が維持されており、破壊性状についても想定していた通りのコンクリートの圧壊によるものであった。

以上より、本開発品は合成構造として評価できる構造である。

今後、更なる分析や検討が必要ではあるものの、合成構造としての性能を試験により確認できた。

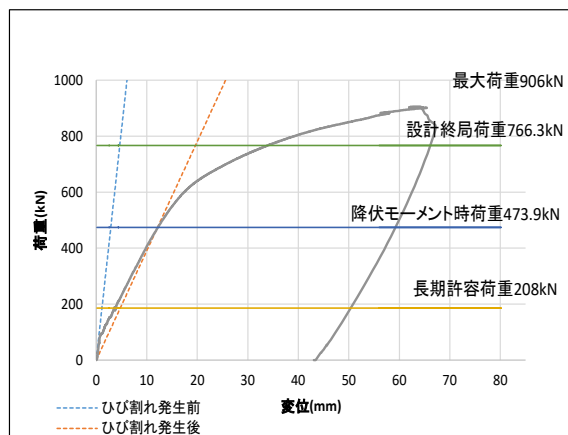


図4 荷重-鉛直変位関係図

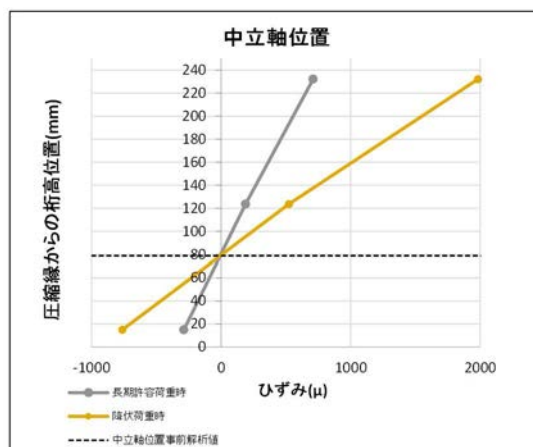


図5 ひずみ分布図



写真1 ひび割れ状況



写真2 内部破壊状況