

4面に鋼殻を有する合成セグメントに関する基礎的研究 — 単体曲げ試験の挙動に関する考察 —

パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 ○清水 幸範
 メトロ開発 (株) フェロー 藤木 育雄, 正会員 水上 博之
 日本シビックコンサルタンツ (株) フェロー 齊藤 正幸
 日本ヒューム (株) 大関 宗孝, 三岡 善平

1. はじめに

従来、鉄道トンネルを中心に建物下等の重荷重部や急曲線部では、セグメントに相応の耐荷力が必要となることからダクタイトセグメントが多く用いられてきた。ダクタイトセグメントの国内調達が困難な状況において、合成セグメントの適用事例は今後ますます増加するものと考えられる。合成セグメントには、プレートを用いるもの、I型鋼を用いるもの、これらを複合させたもの、あるいはこれらと鉄筋を併用するものなど多くの種類があり、それぞれに特徴がある。この様な背景を踏まえ、大断面トンネル覆工の薄肉化、重荷重部への対応、曲げモーメントが卓越する非円形断面トンネルへの対応、二次覆工を施さないトンネルの急曲線対応等を目的として、コンクリートの周囲の4面に鋼殻を有する合成セグメントを新たに開発した(以降、4面鋼殻合成セグメントと呼ぶ)。本稿は、4面鋼殻合成セグメントの開発における単体曲げ試験の結果について主に報告するものである。

2. 4面鋼殻合成セグメントの特徴

4面鋼殻合成セグメントは、鉄筋コンクリートセグメントの周囲の4面を鋼殻で覆った構造となっており、セグメント外面のスキンプレートを有しないことに特徴がある。このため、一般的な鉄筋コンクリート製セグメントと同様に、伏せ打ちによるコンクリート打設が可能となるため、継手板、主桁部への確実なコンクリートの充填、鋼とコンクリートの密着性の確保が可能であるとともに、セグメント内面の平滑性を容易に保持できるとの特徴がある。主桁には、内面に溶接接合された補強材(鉄筋)を配置するとともに、より高い一体性の確保の観点から主桁連結材を有するものと有しないものの2種類を製作することとした。図-1に次節で述べる単体曲げ試験に用いた供試体の断面図を、図-2に供試体の配筋状況を示す。

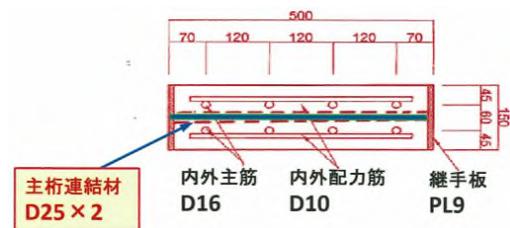


図-1 4面鋼殻合成セグメント供試体断面

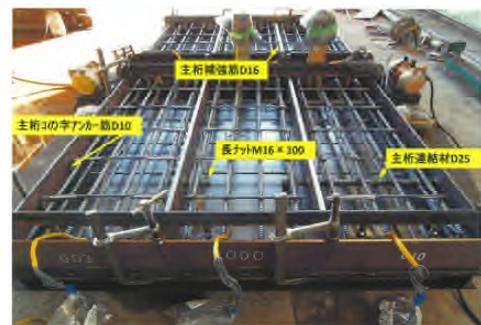


図-2 供試体の配筋状況

3. 単体曲げ試験の概要

4面鋼殻合成セグメントのセグメント本体について、主断面補強材の有無、主桁連結材の有無、主桁とコンクリートのズレ止め方法の相違による供試体を製作し、単体曲げ試験を行い耐荷性能、変形性能の観点から、合成構造としていずれが相応しいかを判断することとした。表-1に供試体の種類を、図-3に単体曲げ試験の状況を示す。

単体曲げ試験は、平板供試体を単純支持し2線載荷することとした。荷重は主桁を除きコンクリート部にのみ線的に作用させている。供試体は主断面を設計基準強度 $f_{ck}=50\text{N/mm}^2$ のコンクリート、主桁を SM490A 材 PL-9mm、主断面の補強材を SD345, D16、主桁連結材を SD345, D25 を用いて製作した。供試体の寸法は、長さ 1,500mm×幅 500mm×高さ 150mm である。計測項目は、コンクリートと主桁それぞれの鉛直変位、コンクリートと主桁の目開き、および主桁、主筋、配力筋、連結材、コンクリートそれぞれのひずみである。

キーワード シールドトンネル, 合成セグメント, 4面鋼殻, 単体曲げ試験

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地 パシフィックコンサルタンツ (株) TEL:03-6777-1831

表-1 単体曲げ試験に用いる供試体の種類

ケース番号	主断面補強材		主桁連結材	主桁ズレ止め方法
	外面側	内面側		
1	無	無	無	無 (M16×100mm リング継手相当)
2				主桁アンカー筋と配力筋重ね継手
3			2 箇所	無
4				主桁アンカー筋と配力筋重ね継手
5	鉄筋	鉄筋	無	主桁アンカー筋に配力筋点付け溶接
6	鉄筋	鉄筋	2 箇所	



図-3 単体曲げ試験の状況

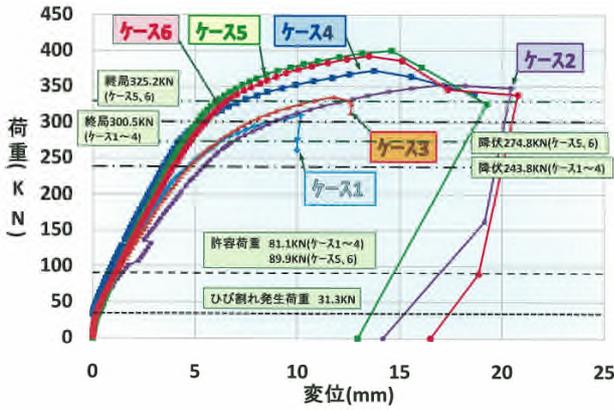


図-4 荷重と変位の関係

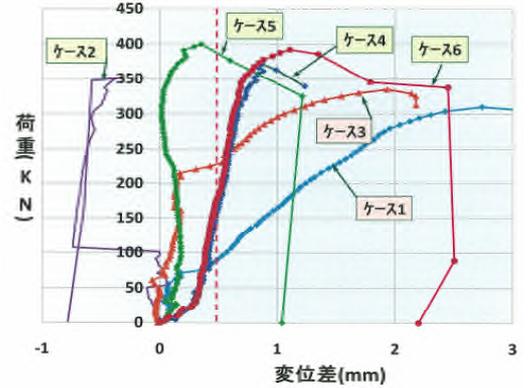


図-5 荷重と変位差の関係

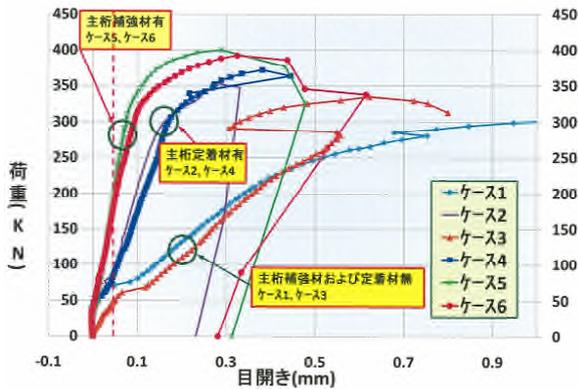


図-6 荷重と目開きの関係

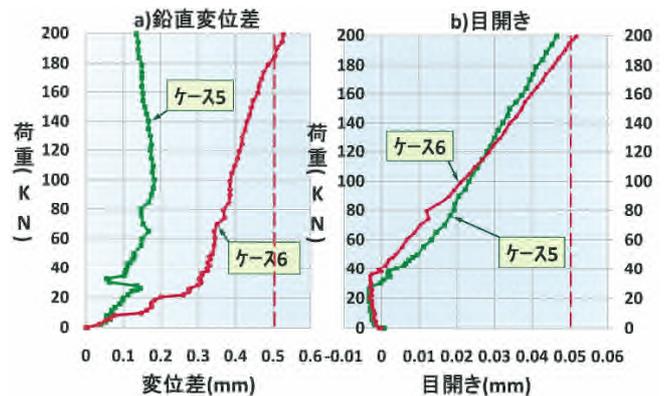


図-7 主桁連結材の有無による変位差・目開きの例

4. 単純曲げ試験の結果と考察

図-4 に荷重-変位関係, 図-5 に主桁とコンクリートの変位差, 図-6 に主桁とコンクリートの目開きをそれぞれ示す. 全てのケースで最大荷重は, 材料試験実測値から算出した終局荷重を上回ったが, ケース 1 と 3 は比較的低い荷重レベルで主桁とコンクリートとの鉛直変位差及び目開きを生じ一体構造としての挙動を示してない. ケース 2, 4, 5, 6 は降伏荷重, 終局荷重を超えて主桁とコンクリートの一体性が確保されている. とくに, ケース 5, 6 は一体性がより高い傾向にあった. これはセグメント主断面の配力筋が横桁の機能を発揮し荷重を主桁へ分散させ鋼殻による拘束力を発揮されたものと推察する.

図-7 に主桁連結材の有無による変位差および目開きの例を示す. 主桁連結材は, 荷重分散効果のほかセグメント全体の鉛直変位においてケース 2 と 4 で差がみられたがケース 5 と 6 では大きな差はみられない. 主桁連結材は, 鋼とコンクリートの一体化の観点においては, 顕著な効果がないものと考えている.

5. おわりに

単純曲げ試験の結果から, 4 面鋼殻合成セグメントは, 主桁連結材等を用いなくても主桁とコンクリートが一体的に挙動し, 許容荷重を大きく上回る耐荷性能を保有すること, 降伏荷重時の目開きも 0.05mm 程度と極小であることが確認できた. 今後は, さらなる止水性の向上に関する実験, 実物大実験等を実施し, 曲げモーメントが卓越する非円形断面トンネルの実施工への適用を検討する予定である. 末筆ながら, 4 面鋼殻合成セグメントの開発にあたり, 多くのご指導をいただいた早稲田大学小泉淳教授に深謝申し上げる次第である.