

新型嵌合方式合成セグメント-NMW-の開発（1） 本体構造

日本製鉄㈱ 正会員 ○佐野 陽一
 日本製鉄㈱ 正会員 佐田 崇
 日本製鉄㈱ 正会員 永尾 直也
 日本製鉄㈱ 正会員 中島 正整

1. はじめに

これまでに、当社はトンネル覆工からの漏水、覆工コンクリートの剥落・崩落リスクを可能な限り抑制し、トンネル耐久性の改善を目指した NM セグメント（嵌合方式合成セグメント）を開発し、比較的大口径の地下河川、鉄道、道路トンネルなどに採用されてきた。一方、主桁に用いる形鋼加工の制約から、NM セグメントは外径 7m 程度が最小適用径となっている。そこで、外径 7m 以下の中口径トンネルでも NM セグメントの特長をそのまま実現し、より多くのトンネルプロジェクトに高品質・高性能なトンネル覆工を提供すべく、新たな嵌合方式合成セグメント（以下、NMW）を開発した。本稿では、NMW の本体構造の概要および性能確認試験の結果について報告する。

2. 本体構造概要

NM セグメントと NMW の主桁構造を図-1 に示す。NMW は、主桁に凹凸部を有する波形の形鋼を用いることにより、隣接リングと全周にわたってかみ合わせることができ、①リング間全周嵌合による耐震性向上、②凹凸部を活用して止水材を配置する事による止水性向上、③波形形鋼の凹凸部による中詰コンクリートとの一体化、といった NM セグメントと同様の特長を有する。また、前述③の機能より、中詰コンクリート部および鋼殻の補剛構造を必要最小限に抑えることが可能である。

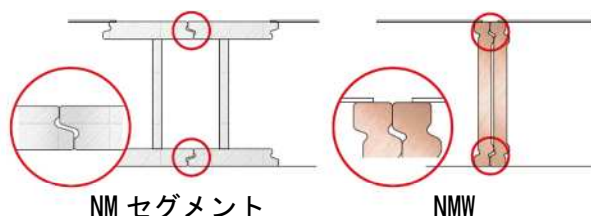


図-1 NM セグメントと NMW の主桁構造図

3. 単体曲げ試験 —試験概要—

本体部耐荷性能の確認を目的として単体曲げ試験を実施した。図-2 に試験体概要図を、図-3 に载荷概要図を示す。試験は、円弧型試験体を用いて、正曲げと負曲げの 4 点曲げ载荷試験を実施した。

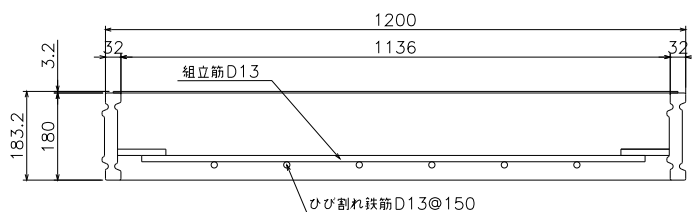


図-2 試験体主断面図

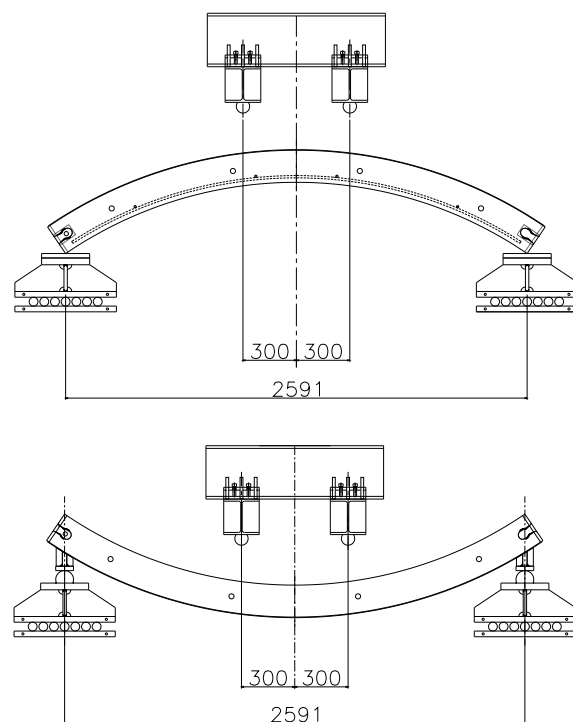


図-3 载荷概要図

4. 単体曲げ試験 —試験結果—

NMW の構造解析は、①主桁を鉄筋に換算、②コンクリート

キーワード 合成セグメント、嵌合方式、曲げ試験

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 日本製鉄（株）建材開発技術部 Tel : 03-6867-6861

は圧縮側のみ全幅有効（引張側無効）とした RC 断面（以下「構造モデル」と記す）として行っている。本稿では構造解析結果と試験結果の比較に着目して報告する。なお、本試験における構造解析で用いた材料物性値は試験体の実測値であり、表-1 に実測値を記載する。

表-1 材料物性値

	鋼材 (SM490)		コンクリート
	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
実測値	315	513	41.3

(1) M-φ 関係

載荷荷重から算出した試験体中央部の発生曲げモーメントと、試験体ひずみから算出した試験体中央部の曲率の関係を図-4 に示す。正曲げ試験時最大荷重は構造解析結果の最大値を約 15%上回ると

もに、荷重低下後も高い変形性能を示しており、NM セグメントと同様の優れたじん性を有していることが分かる。一方、負曲げ試験時最大耐力は構造解析結果の最大値を約 70%上回った。これは、引張側最外縁に位置するスキムプレートが全幅に渡って抵抗することが要因である。また、設計上の降伏モーメント以下の範囲では、正曲げ試験値と構造解析結果の曲げ剛性は良く一致していることを確認した。一方、負曲げ試験値は、スキムプレートが引張部材として抵抗するため、構造解析値よりも剛性が高くなることが分かる。

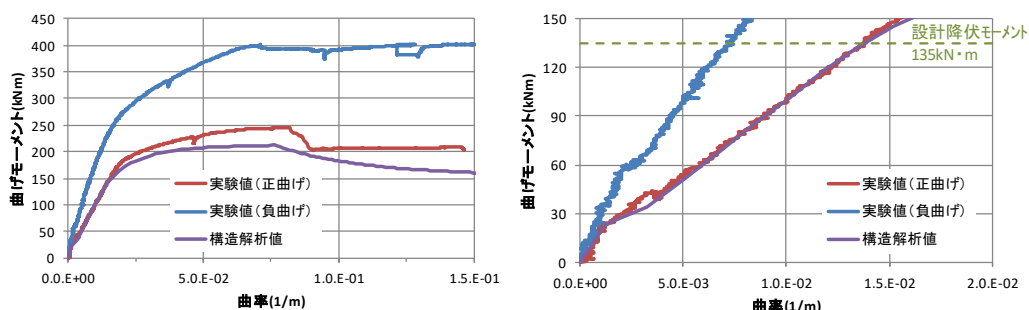


図-4 M-φ 関係図

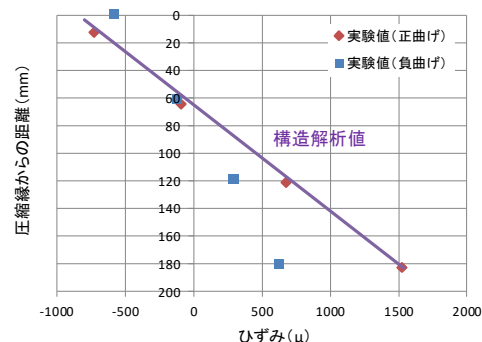


図-5 ひずみ桁高方向分布図

(2) ひずみ分布と中立軸位置

降伏荷重レベルにおける周方向ひずみの桁高方向分布を図-5 に示す。図中の直線は、構造解析値のひずみの分布を示す。正曲げ試験時のひずみ分布は構造解析結果とほぼ一致していることを確認した。負曲げ試験時は、剛性が高くなることにより、発生ひずみが構造解析値よりも小さくなることが分かる。

(3) 試験終了後状況

正曲げ試験終了後の試験体内空側および地山側のコンクリート状況を写真-1 に示す。内空側の状況より、十分なひび割れ分散性が確保されていることが分かる。また、地山側は構造解析時の想定通り、コンクリートが圧壊していた。

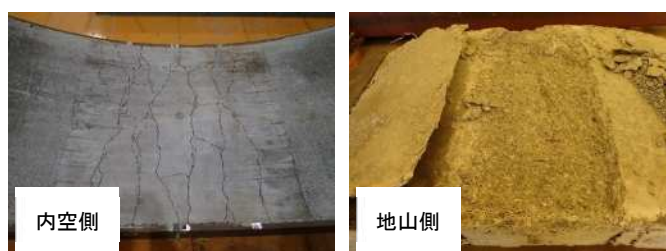


写真-1 試験終了後コンクリート状況

5. おわりに

今回、新型嵌合方式合成セグメント NMW を開発し、単体曲げ試験により以下の性能を確認した。

- ① 波形主桁の採用により、必要最小限の補剛構造でコンクリートとの合成構造化が可能である。
- ② NM セグメントと同様に、主桁を鉄筋に換算しコンクリートは圧縮側のみ全幅有効（引張側無効）とした RC 断面設計を行うことにより、正曲げ時は耐力を安全側に、変形性能を精度よく評価することができる。一方、負曲げ時は耐力および変形性能を安全側に評価することができる。
- ③ NMW は、リング間を全周にわたって嵌合させることができる合成セグメントで、中小口径トンネルに適用が可能である。