

大断面道路用シールドトンネルに適した 新型合成セグメント (SBL) の開発 (その2)

—SBL (Steel Beam Lining) の実大単体曲げ実験—

石川島建材工業(株) 正会員 ○峯崎 晃洋
正会員 星 英徳
(株)大林組 正会員 藤井 重紀
正会員 高浜 達矢
鹿島建設(株) 正会員 新井 崇裕
正会員 鈴木 義信

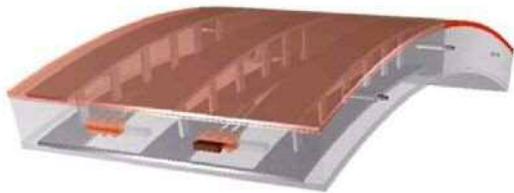


図-1 実験概要図

表-1 実験供試体仕様

構造概要図		供試体仕様			
①左断面 全断面有効 (クラック発生前)	②右断面 引張側コンクリート無視 (クラック発生後)	コンクリート設計基準強度	f_{ck}	N/mm^2	48
		セグメント幅	B	mm	2000
		セグメント厚さ	h	mm	400
		主鋼材	PL19×300×3本		
		圧縮側鋼材量	$A_{s'}$	cm^2	171
		引張側鋼材量	A_s	cm^2	171
		圧縮側有効高さ	d'	mm	9.5
		引張側有効高さ	d	mm	324.5

※1: 曲げと軸力に対しては、主鋼材とコンクリートで抵抗すると仮定する。
 ※2: クラック発生前は、全断面有効断面(上図の左断面)。クラック発生後は引張側のコンクリートを無視した断面(上図の右断面)と仮定する。
 ※3: スキンプレート、ひび割れ防止筋は構造部材として考慮しない。
 ※4: 今回の実験では、構造部材として考慮しないスキンプレートを除外して実験を行った。

1. はじめに

今後の需要増加が予想される大断面道路用シールドトンネルでは、セグメントの薄肉化、幅広化が要求される。筆者等はこれらの要求を満足する合理的な新型合成セグメントとして SBL(Steel Beam Lining)を開発した。本稿では、本体部単体曲げ実験結果の概要について述べる。

2. 実験方法

本実験は、SBL 本体部の基本性能の確認、合成構造物としての耐荷力、および力学的挙動を確認することを目的とした。具体的には主鋼材が降伏するレベルまで部材剛性が低下せず、所定の耐力を確保することを確認する。供試体形状は大断面道路用シールドトンネルの A 型セグメント 1 ピースを想定したもので、長さ 4700mm、幅 2000mm、厚さ 400mm の供試体で実験を行った。実際のセグメントはスキンプレートがトンネル外面側に配置されているが、構造部材として考慮しないため今回の実験では除外し、載荷スパン 900mm、支持スパン 4400mm の 2 点載荷、両端可動支持の正曲げ単体曲げ実験を行った(図-2)。

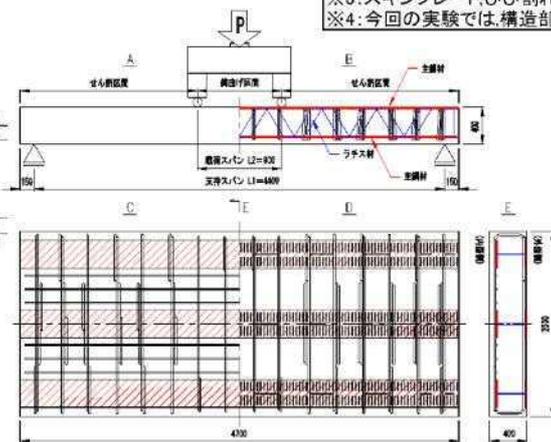


図-2 実験供試体

3. 実験結果および考察

3.1 モーメント-曲率関係

図-3に載荷点中央の曲げモーメントと部材曲率の関係図を示す。グラフに示す実測値は、クラック発生前は全断面有効計算値と一致し、その後クラックが発生してからは引張側コンクリートを無視した計算値に移行し、主鋼材が降伏するレベルの設計降伏モーメントまで計算値を上回る結果になった。このことより、計算値の妥当性および

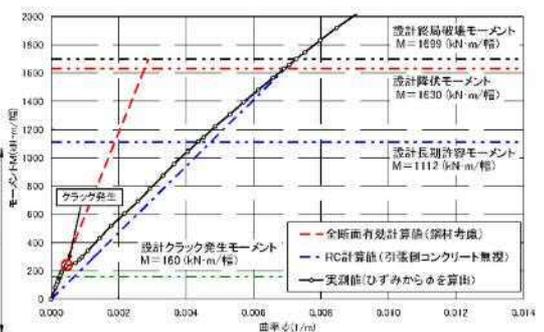


図-3 モーメント-曲率関係図

キーワード：道路トンネル、合成セグメント、コスト削減、耐久性、高耐力、高靱性

連絡先：〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 石川島建材工業株式会社 TEL:03-5221-7240

び本体部の十分な耐力(設計終局破壊モーメント=1630kN・m/幅以上)を確認できた。

3.2 厚さ方向のひずみ分布

載荷点中央における厚さ方向のひずみ分布図を図-4, 5に示す。実測値は主鋼材に貼付されたゲージとコンクリートに埋め込まれたゲージからのデータをプロットしている。主鋼材とコンクリートのひずみは、平面保持を仮定したRC構造計算値と一致していることからRC理論による計算方法で応力照査が可能であるといえる。

また、実ヤング係数比で求めた計算値とRC理論でよく使用されるヤング係数比($n=15$)で求めた計算値を比較すると、後者の方が安全側の結果となる。これらの結果より、SBLの応力度照査が可能であることを確認した。

3.3 幅方向のひずみ分布

幅方向の圧縮縁側に貼付したひずみゲージからのデータをプロットしたグラフを図-6に示す。主鋼材位置のひずみが主鋼材のない断面と比較して、若干大きめに発生しているが、幅方向全体に対するひずみのバラツキは見られなかった。

実験結果より、幅広のSBL構造においても全幅一様に荷重が分担されていることが分かった。

3.4 靱性

設計終局破壊モーメントを超えて、SBLの最終耐力を調べるため、連続荷重を実施した時のモーメント-変位関係図を図-8に示す。モーメント2000(kN・m/幅)あたりから荷重増加の勾配は小さくなったが、計測荷重が下がることはなかった。また、急激な耐力低下も見られず緩やかに荷重は上がっていった。載荷中は、有害となるような被りコンクリートの崩落はなかった。

主鋼材が降伏した後も連続荷重を続けたが、実験供試体自体の破壊には至らず、最終的な荷重低下は見られなかったが、実験設備の可能な範囲まで荷重を行い実験を終了した。最終計測時はモーメント2589(kN・m/幅)時に $\delta e=168.4\text{mm}$ の変位を計測しており、これは設計降伏モーメント作用時の変位 $\delta y=14.6\text{mm}$ の約11倍に相当し、高い靱性を有することが確認された。

4. まとめ

今回実施した実験により、本セグメントは(1)主鋼材とコンクリートが一体化して合成構造としての挙動が確認され、RC理論が適用可能であることを確認した。(2)設計降伏モーメント作用時の約11倍に相当する変形においても部材耐力を維持し、高靱性を有することを確認した。

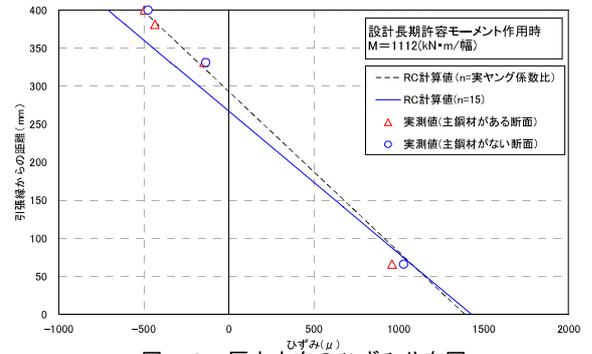


図-4 厚さ方向のひずみ分布図
(設計長期許容モーメント作用時)

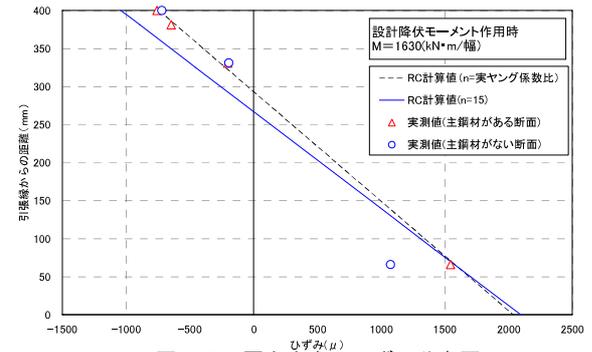


図-5 厚さ方向のひずみ分布図
(設計降伏モーメント作用時)

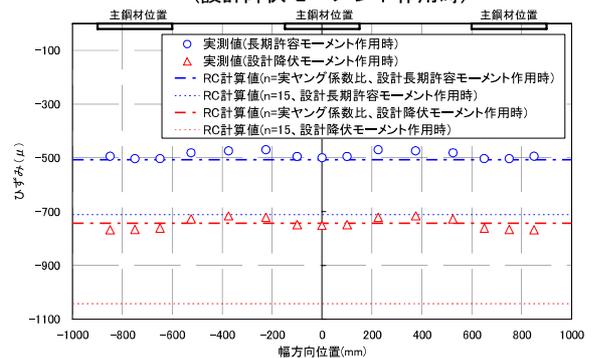


図-6 幅方向のひずみ分布図(圧縮縁)



図-7 最終計測時の状況

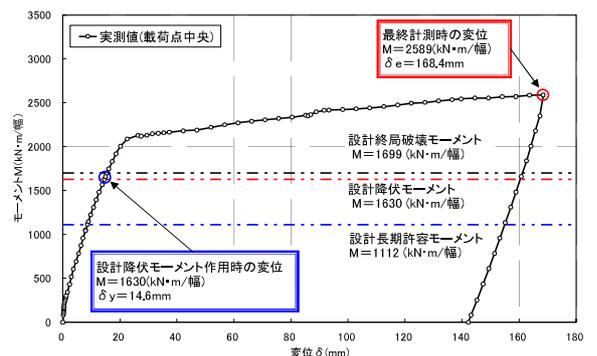


図-8 モーメント-変位関係図