

道路トンネル分岐合流部に適用する特殊セグメントの開発（その4）

組立後補強セグメント単体曲げ試験

大成建設(株)本社土木設計部 正会員 日高 直俊 正会員 岸山 雄多佳 正会員 ○亀田 佳明
大成建設(株)東京支店 正会員 山本 亮太

1. はじめに

道路トンネルの分岐合流部工事（以降、本工事）の本線ランプセグメント接合区間（以降、接合区間）は、本線シールドとランプシールドを地中で切抜けてランプトンネル分岐部を構築する工事である。接合区間は、扁平な断面形状であり、複雑な施工ステップを伴うことから発生断面力が大きくなる傾向がある。そこで、接合区間の発生断面力に対応すべく、各部位において特殊セグメントを開発した¹⁾。特殊セグメントの構造の一つは、施工中の計測結果より、トンネル下部地盤からの作用土圧が等分布荷重として作用していると判断した場合

に、組立完了後の鋼製セグメントの耐力向上を図るものであり、現地でコンクリートを中詰し、コンクリートと鋼材を一体化させた合成構造とするものである。この構造を組立後補強セグメントと呼ぶ。本稿では、組立後補強セグメントの単体曲げ試験の内容を報告する。

2. 組立後補強セグメントの構造

組立後補強セグメントの設計は、コンクリートと鋼材の一体化を前提とし、鉄筋コンクリート理論（以降、RC理論）に基づき、許容応力度法により設計を行うものとする。コンクリートと鋼材の一体化に当たっては、孔あき鋼板ジベル（以降、PBL）と縦リブをずれ止めとして配置する。正曲げ時には縦リブのみが、負曲げ時には縦リブとPBLが共同して、コンクリートの圧縮力を主桁に伝達する構造としている（図2）。なお、コンクリートは充填性確保のために高流動コンクリートを用いる。

3. 単体曲げ試験

3. 1. 試験概要

本試験の目的は、載荷荷重がRC理論により求まる設計終局モーメント相当荷重を上回ること、および、平面保持が成立していることを確認することで、RC理論による断面設計を可能とし、本設計手法の妥当性を検証することである。

本試験は、本工事の最大発生断面力に合わせて、負曲げ試験を行った。なお、試験の載荷装置や揚重可能重量の関係から試験体の中央部のみを組立後補強セグメント構造とした（図3）。

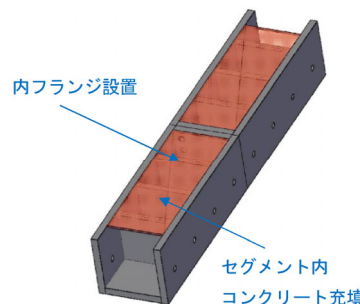


図1 組立後補強セグメントのイメージ

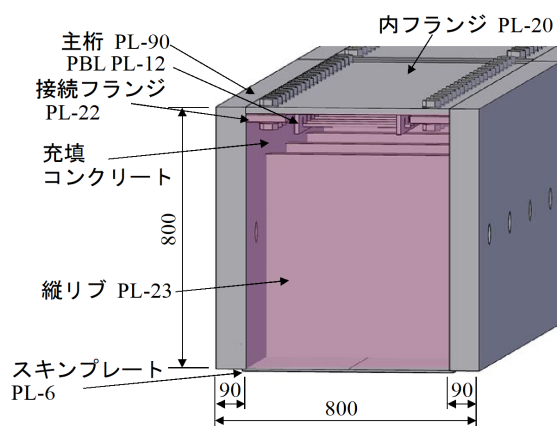


図2 断面図

表1 使用材料

部材	材質
スキンプレート・PBL 接続フランジ・内フランジ	SM570
主桁・継手板	SM570-H
縦リブウェブ・縦リブフランジ	SM490YB
充填コンクリート	高流動 $f_{ck}=50\text{N/mm}^2$

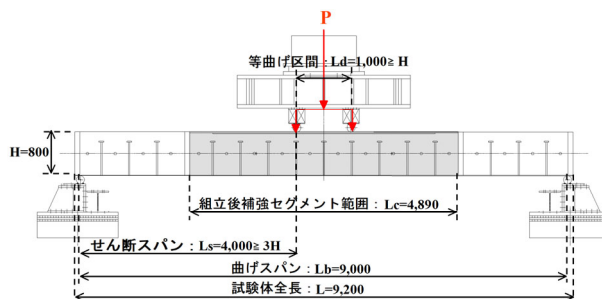


図3 試験体形状

キーワード 非開削切抜工法，合成セグメント，曲げ試験，PBL，分岐合流部

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設（株）土木設計部都市土木設計室 TEL 03-5381-5417

3. 2. 事前3次元FEM解析

試験時の挙動の把握を目的として、事前3次元FEM解析を実施した(図4)。コンクリートおよび鋼材はソリッド要素でモデル化した。また、PBLのずれ止めとしての機能は、複合構造標準示方書に従って求まるせん断力-ずれ変位関係²⁾をせん断応力-ずれ変位関係に置き換えた上で解析モデルに適用した。

3. 3. 試験結果

スパン中央部における荷重-変位関係を図5に示す。設計終局モーメント相当荷重 $P_u=7,656\text{kN}$ に対し、最大載荷荷重 $9,811\text{kN}$ (試験装置の上限) となり、合成構造としての耐力を有していることが確認できた。また、剛性に関しては、ひび割れ発生後の剛性(コンクリートは圧縮側のみ有効)(図5(b)および図6(b))と実験結果がよく一致しており、断面力算定で想定しているコンクリート全断面有効の剛性(図5(a)および図6(a))よりも剛性が小さくなっており、設計上も安全側となっていると判断できる。

また、等曲げ区間のひずみ分布を計測したところ(図7)、高さ方向のひずみ分布が平面保持されており(図9)、幅方向のひずみ分布も均一になっていることから(図8)、断面全体として平面保持が成立し、RC理論による設計が可能であることが確認できた。

4. まとめ

組立後補強セグメントの単体曲げ試験の結果より、今回採用した構造を用いることで、現地で組立てた鋼製セグメントにコンクリートを充填し、合成構造化を行うことが可能となり、RC理論による設計が可能であることを確認できた。

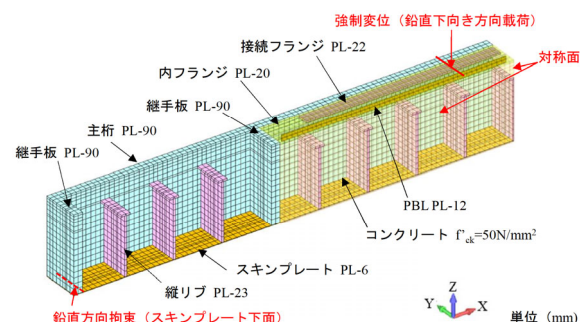


図4 FEM解析モデル図

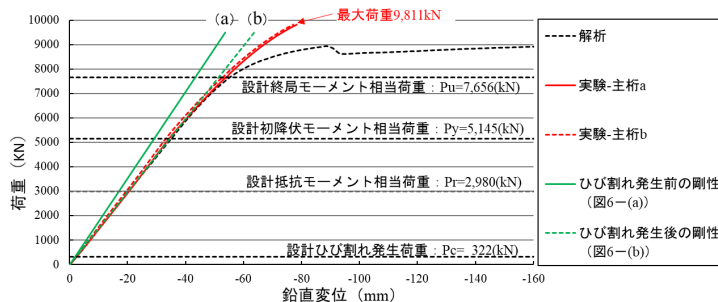


図5 荷重-変位関係(スパン中央)

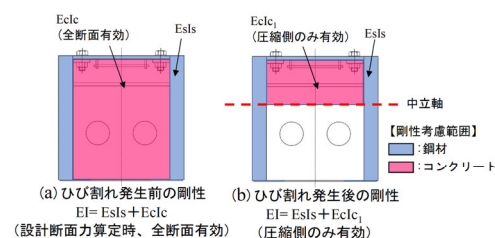


図6 組立後補強セグメントの剛性

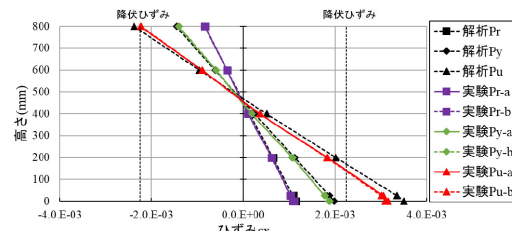
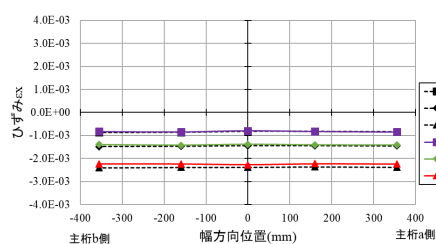


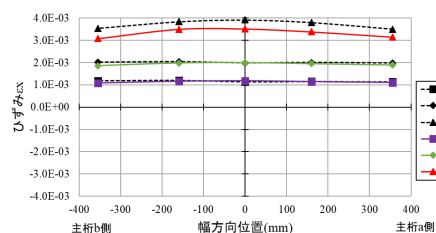
図7 計測位置図

参考文献

- 1) 日高他: 道路トンネル分岐合流部に適用する特殊セグメントの開発(その1) 特殊セグメント試験計画概要, 2019年投稿中
- 2) 土木学会: 複合構造標準示方書, pp.74-78, 平成27年5月

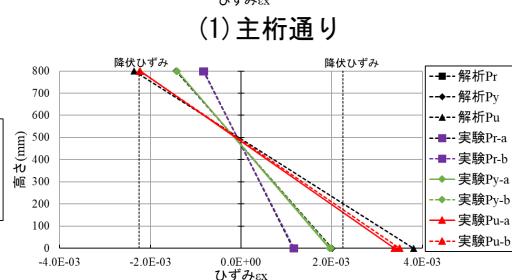


(1) 内空側(内フランジ側)

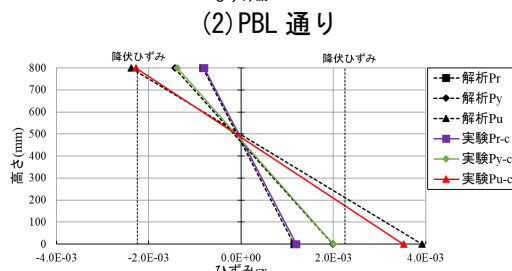


(2) 地山側(スキンプレート側)

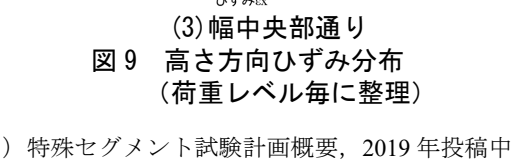
図8 幅方向ひずみ分布
(荷重レベル毎に整理)



(1) 主桁通り



(2) PBL 通り



(3) 幅中央部通り

図9 高さ方向ひずみ分布
(荷重レベル毎に整理)