

## FEM解析による開削トンネル側壁部の耐震実験の検証

首都高速道路公団 正会員 岸田 政彦 正会員 益子 直人 正会員 田嶋 仁志  
 (株)大林組 正会員 大野 了 正会員 岡野 素之

### 1. はじめに

開削トンネルの側壁部は、せん断スパン比が比較的小さいかつハンチ部およびハンチ筋を配置することから実際の耐力や変形性能について不明瞭な点がある。しかし、現状では、道路橋示方書 耐震設計編に準じて隅角部に剛域を設定し、M-あるいはM-関係で部材をモデル化し、変形性能の照査を実施している<sup>1)</sup>。本報では、比較的小さいせん断スパン比が短く、ハンチ部を有する開削トンネルの側壁部の耐震性能を実験およびFEM解析により検討した。

### 2. 実験概要

実験は、**図-1**に示すように、開削トンネルの外周部材を1/3スケールにモデル化し、せん断補強筋量およびせん断スパン比(H/D)をパラメータとした試験体4体について、静的正負交番繰返し載荷を実施した。実験では、No.1試験体の隅角部を開く方向に載荷した場合に、曲げ降伏を確認する前にせん断ひび割れが拡大し、荷重が低下した。その他の試験体では、それぞれ曲げ降伏先行型の破壊形式となった。

### 3. 実験とFEM解析との比較

#### 3.1 荷重～変位履歴曲線

**図-2**に解析モデルを**図-3**に荷重～変位関係の実験値と解析値の比較をそれぞれ示す。解析は、FEM解析による正負繰返し解析<sup>2)</sup>を実施した。解析では、主筋およびせん断補強筋を四辺形要素で表現したコンクリート要素内に鉄筋比として、ハンチ部補強筋および隅角部補強筋を線材要素として完全付着を考慮してモデル化した。FEM解析では、大変形時を解析すると収束性が悪くなるや急激な軟化現象を起こすなどにより解が不安定となる。ここでは、解析上構造系が安定している状態までを対象に実験値と解析値を比較した。

**図-3**から、解析値の履歴ループは、せん

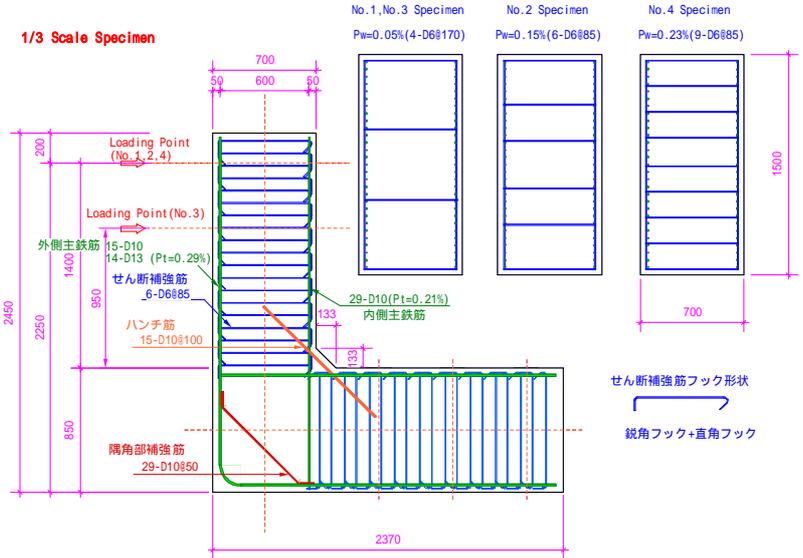


図-1 試験体形状

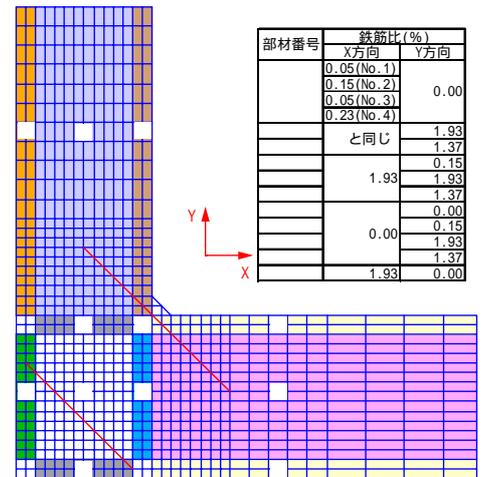


図-2 解析モデル

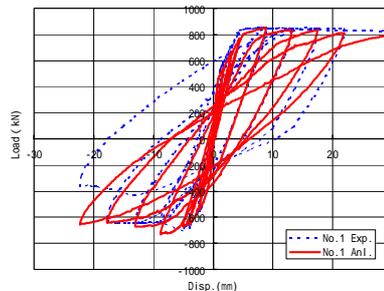


図-3(1) 荷重～履歴曲線 (No.1試験体)

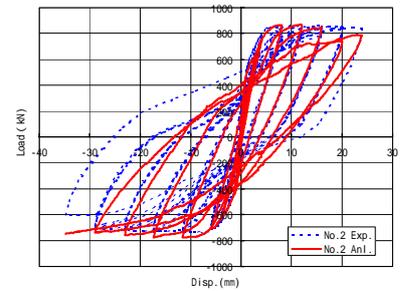


図-3(2) 荷重～履歴曲線 (No.2試験体)

キーワード 開削トンネル, 正負交番載荷実験, 耐震性能, FEM解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 技術研究所 土木構造・材料研究室 TEL.0424-95-4972

断スパン比の最も小さいNo.3 試験体を除き、最大荷重以降もほぼ適切に実験値を評価している。また、ハンチ筋については、実験および解析とも降伏強度に達していることを確認しており、ハンチ筋が有効に働いていると考えられる。

3.2 ひび割れ性状

図-4 にひび割れ性状の例として、No.2 試験体の実験時ひび割れ状況と解析時のひび割れ状況の比較を示す。実験および解析ともハンチ上端部約1.0D(D:断面高さ)の範囲でせん断ひび割れが発生していることが確認できる。なお、解析のひび割れモデルは、分布ひび割れモデルを適用した。

3.3 荷重～曲げ変形包絡線

図-5 に各試験体の実験時に計測したせん断変形成分を全体変形から差引いた曲げ変形成分とFEM解析で算出される曲げ変形成分の比較を示す。なお、FEM解析での曲げ変形成分は、解析モデルを水平方向に分割した各層の平均曲率に基づいて算出した。この図から、曲げ変形成分実験値でコンクリートのはらみだしや主鉄筋の座屈が生じ荷重が低下し始める点を解析値でも適切に表現できている。

4. まとめ

ハンチ部を有する開削トンネルの外周部材の耐震性能を実験およびFEM解析により検討し、FEM解析結果が実験結果を適切に評価できることを確認した。今後は、これらの結果を設計モデルに反映させ、より精度の良い設計モデルを提案する予定である。

謝辞

FEM解析を実施するにあたり東京大学大学院前川教授のご指導をいただきました。ここに、謝意を表します。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 耐震設計編 平成14年3月 (社)日本道路協会
- 2) 長沼, 山口: 面内せん断応力下におけるテンションスティフニング特性のモデル化 日本建築学会大会学術梗概集 1990.10

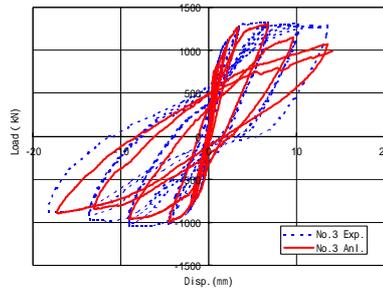


図-3(3) 荷重～履歴曲線 (No.3 試験体)

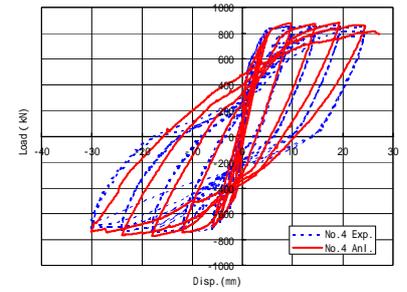
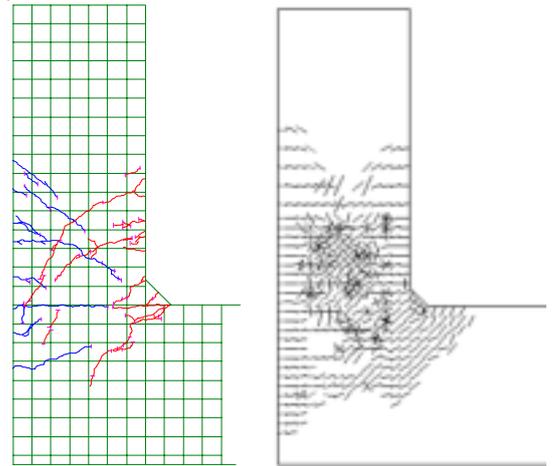


図-3(4) 荷重～履歴曲線 (No.4 試験体)



実験時 解析時  
図-4 ひび割れ状況(No.2 試験体)

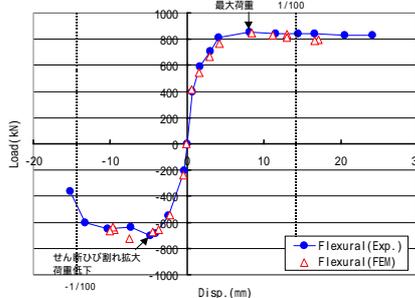


図-5(1) 荷重～変位包絡線 (No.1 試験体)

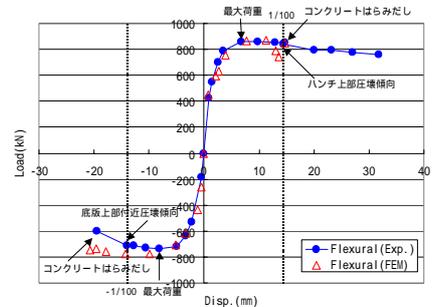


図-5(2) 荷重～変位包絡線 (No.2 試験体)

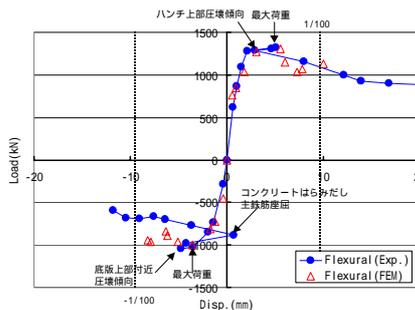


図-5(3) 荷重～変位包絡線 (No.3 試験体)

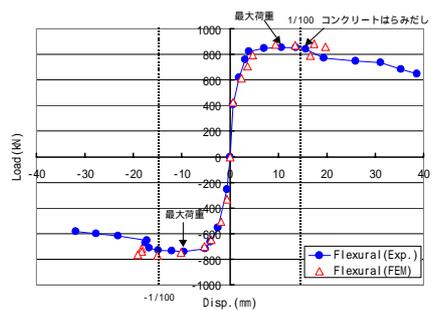


図-5(4) 荷重～変位包絡線 (No.4 試験体)