

## ハンチ筋が開削トンネル側壁の部材性能に及ぼす影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○藤岡 慶祐, 中田 裕喜, 田所 敏弥, 岡本 大

### 1. はじめに

開削トンネルにおいては、近年、耐震設計で考慮すべき地震力および地盤変位が増大する傾向にあり、合理的な設計が求められている。本研究では、開削トンネル側壁端部にハンチを有することによって、その部材性能が受ける影響を評価し、応答値算定のための解析モデルの検討を深度化することを目的として、隅角部ハンチを模擬した試験体を製作し、正負交番載荷試験を行った。

### 2. 実験概要

図1、表1に試験体諸元を示す。本試験体は曲げ破壊型の縮小試験体であり、実構造物の施工実績を踏まえ、ハンチ角度は45°、高さおよび幅は側壁部材厚さの1/2とし、ハンチ筋は側壁部軸方向鉄筋と同量とした。各種の材料試験結果を表2に示す。

載荷方法は、水平方向に3回の正負交番載荷とした。なお、試験体基部の軸方向鉄筋のひずみが降伏ひずみに達した水平変位を $\pm 1\delta_y$ とし、 $\pm 1\delta_y, \pm 2\delta_y, \pm 3\delta_y, \dots, \pm n\delta_y$ と増加させ、荷重が十分に低下するまで変位制御で行った。

### 3. 実験結果

試験体の損傷状況を図2に示す。載荷開始直後から正側、負側ともに曲げひび割れが徐々に進展し、 $\pm 1\delta_y$ でハンチ上端の200mm上方において軸方向鉄筋が初降伏した。続いて、 $+2\delta_y-3$ においてハンチ筋に沿った斜めひび割れが発生した。さらに、 $+4\delta_y-1$ において、ハンチ上端の約400mm上方のハンチ側を起点とした曲げひび割れが、背面側軸方向鉄筋に沿って進展した。その後、 $+5\delta_y-1$ においてハンチ上端から上方約400 $\pm$ 150mmの範囲で軸方向鉄筋の座屈が観察され、水平荷重367.7kNを最大として荷重が低下し、圧縮側コンクリートの剥落が生じた。

### 4. ハンチ筋が部材性能に及ぼす影響の評価

図3に水平荷重-水平変位関係の実験値と計算値<sup>1)</sup>を示す。ハンチ筋を引張鉄筋として考慮せず、ハンチ上端での破壊を想定した計算値1と比較すると、正方向については、変形性能は概ね一致したが、曲げ耐力時の水平荷重は正方向で約30%大きくなった。これは、側壁定着部のハンチ筋の効果により、破壊断面がハンチ上端より上方に位置したためと考えられる。そこで、破壊断面をハンチ上端の400mm上方として計算(計算値2)したところ、実験値と概ね一致した。なお、側壁定着部のハンチ筋を引張鉄筋とし、ハンチ上端での破壊を想定した計算値3は、耐力・変位ともに約30%程度実験値と乖離した。また、負方

表1 試験体諸元

| 側壁部<br>寸法<br>(B×H) | 側壁            |            |               |            | ハンチ<br>部<br>寸法<br>(B×H) | ハンチ           |            |               |            |
|--------------------|---------------|------------|---------------|------------|-------------------------|---------------|------------|---------------|------------|
|                    | 軸方向鉄筋         |            | せん断補強鉄筋       |            |                         | ハンチ筋          |            | せん断補強鉄筋       |            |
|                    | 種別            | 間隔<br>(mm) | 種別            | 間隔<br>(mm) |                         | 種別            | 間隔<br>(mm) | 種別            | 間隔<br>(mm) |
| 450<br>×<br>1000   | SD345<br>-D19 | 75         | SD345<br>-D13 | 200        | 225<br>×<br>225         | SD345<br>-D19 | 75         | SD345<br>-D13 | 159        |

表2 材料試験結果

(a) コンクリート

| コンクリート<br>配合 | 材齢<br>(日) | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | 割裂引張<br>強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 24-18-20N    | 61.0      | 34.0                         | 31.2                          | 2.58                               |

(b) 鉄筋

|               | 鉄筋種別      | 降伏<br>強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | 引張<br>強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 降伏<br>ひずみ<br>(μ) |
|---------------|-----------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|
| 軸方向鉄筋<br>ハンチ筋 | SD345-D19 | 396                              | 197                           | 580                              | 2011             |
| せん断補強鉄筋       | SD345-D13 | 374                              | 191                           | 573                              | 1960             |
| 底版 上側鉄筋       | SD345-D22 | 384                              | 197                           | 565                              | 1952             |

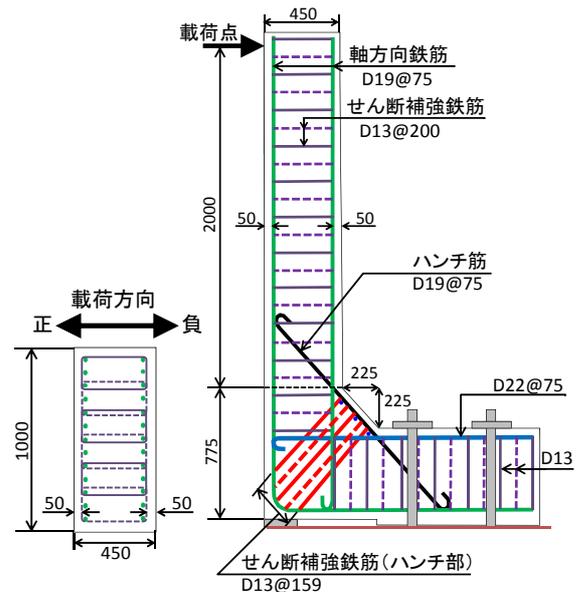


図1 試験体一般図

キーワード 鉄筋コンクリート部材, 交番載荷, ハンチ

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL:042-573-7281



(a) 5δy-3回目 (最大荷重時) (b) 6δy-3回目 (繰返しにより荷重低下) (c) 試験終了時  
 図2 試験体の損傷状況

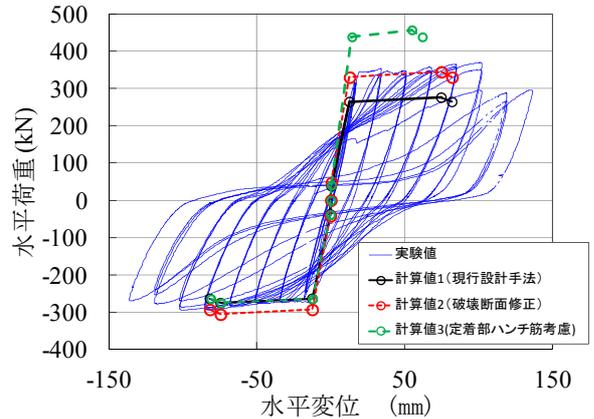


図3 水平荷重-水平変位関係

向については、破壊断面は異なるものの、変形性能、耐荷力ともに計算値1と概ね一致した。

図4, 5に側壁部軸方向鉄筋ひずみの分布を示す。本試験においては、載荷点水平力により作用するモーメントが、載荷点からの距離に応じて線形的に増加する。また、載荷点からハンチ上端の区間において部材断面は一定である。よって、当該区間においては軸方向鉄筋ひずみも線形的に増加すると想定されたが、側壁部におけるハンチ筋の定着区間において、特に正載荷時のハンチ側(図4)においては、ひずみが低減されていることが確認できた。以上より、側壁定着部のハンチ筋が軸方向鉄筋ひずみを低減し、ハンチ部より上方、載荷点側で軸方向鉄筋が初降伏に達したと考えられる。

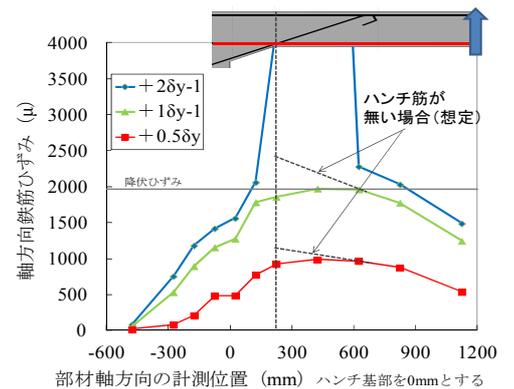


図4 軸方向鉄筋ひずみ分布 (正載荷時・ハンチ側)

図6に正載荷時における載荷点からの距離と曲げ降伏耐力(計算値)の関係を示す。なお、ハンチ筋定着部、ハンチ部においては、引張鉄筋としてハンチ筋を考慮している。図6より、ハンチ筋定着部において曲げ耐力が増加することで、初めて曲げ降伏耐力に達する断面が、ハンチ上端よりも上方に位置することがわかる。これは、本試験における軸方向鉄筋初降伏位置及び座屈によるコンクリート剥落範囲から判断できる破壊断面と、概ね一致していた。このように、ハンチ筋を適切に考慮することによって、破壊断面を評価できると考えられる。

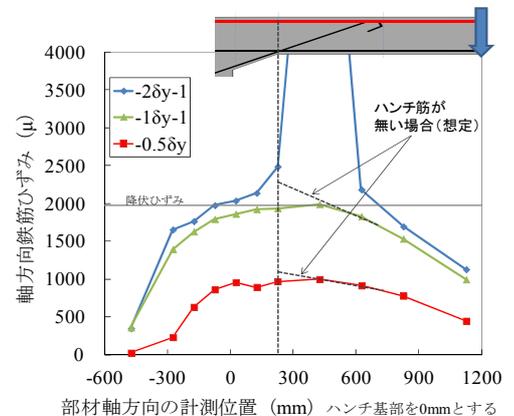


図5 軸方向鉄筋ひずみ分布 (負載荷時・背面側)

5. まとめ

本試験の範囲において、得られた知見を以下に示す。

- (1) 変形性能については、ハンチ上端を破壊断面とした既往の設計手法による計算値と、正負ともに概ね一致した。ハンチ筋の影響により破壊断面は異なるものの、変形性能に及ぼす影響は小さいと考えられる。
- (2) 側壁定着部のハンチ筋の影響により、ハンチ上端付近の軸方向鉄筋ひずみが低減され、曲げ耐力が増加したことで、破壊断面がハンチ上端よりも上方に位置することを確認した。
- (3) 定着部のハンチ筋を考慮し、破壊断面を適切に設定することで、合理的な解析モデルを構築できる可能性がある。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 2004.4

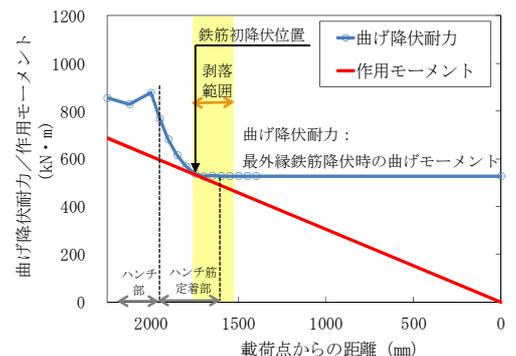


図6 載荷点からの距離と曲げ降伏耐力 (計算値: 正載荷)