

# 孔あき鋼板ジベルを用いた合成土留壁トンネル隅角部の耐荷力実験

鹿島技術研究所 正会員 盛田 行彦  
 鹿島技術研究所 正会員 古市 耕輔  
 鹿島技術研究所 正会員 一宮 利通  
 鹿島技術研究所 正会員 藤井 秀樹

## 1. はじめに

都市部の開削トンネル施工においては、工費縮減を目的とした合成土留壁トンネルが提案されている。これは、仮設土留壁の芯材（H形鋼）と本体構造側壁（鉄筋コンクリート構造）を結合させることによって、仮設土留壁の芯材を本体利用するものである。合成土留壁では、鋼材とコンクリートの一体性を保つためにはずれ止めが必要であり、一般的に頭付きスタッドが利用されている<sup>1)</sup>。

これまで、著者らはこのずれ止めに孔あき鋼板ジベル（以下、PBL）を用いた合成構造を開発してきた<sup>2)</sup>。これを合成土留壁に適用すると、頭付きスタッドと比較して、必要高さを小さくでき、PBLを取り付けた状態での鋼材建て込みが可能であること、従来溶接で行ってきたハンチ筋・隅角部補強筋と鋼材との定着にPBLの孔を利用可能であること、等の利点がある。

今回、この合成土留壁トンネルにおいて、地震時に正負の断面力が発生する隅角部に着目し、その耐荷力を確認するため、想定した実構造物の1/2縮小モデル試験体にて正負交番载荷実験を実施した。

## 2. 実験概要

図-1に試験体形状を示す。試験体は隅角部付近をL字形に取り出したモデルとし、実験上の制約により90°回転し側壁部を反力床に固定することとした。

合成構造である側壁部は、断面高さ475mm、断面幅は土留壁鋼材H200×200×8×12の本分の500mmとした。PBLは高さ60mm、板厚6mm、孔径35mmおよび孔ピッチ70mmとし、H形鋼のフランジ面に1本あたり2枚を溶接した。なお、PBL1孔分のずれ耐力はレオンハルトの提案式に基づいて算出し<sup>2)</sup>、このずれ耐力が接合面に生じる水平せん断力を上回るように孔径、孔ピッチを設定した。側壁部の鉄筋コンクリート（以下、RC）部断面内には、軸方向鉄筋D13を8本配置した。また、ハンチ筋・隅角部補強筋と土留壁鋼材との定着は、溶接ではなくPBLの孔を利用する方法とした。

図-2に载荷装置図を示す。実験は、底板部を押引ジャッキにて正負交番载荷するとともに、試験体外側に配置したケーブルにより軸力を载荷し、隅角部に断面力を作用させた。本実験では、実構造物を想定した解析により地震時に発生する断面力（以下、設計断面力）を算定し、その断面力を試験体隅角部に再現させることにより耐荷

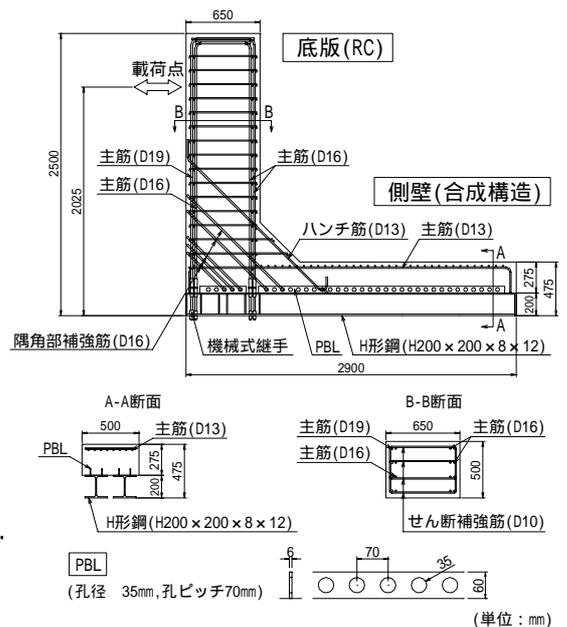


図-1 試験体形状

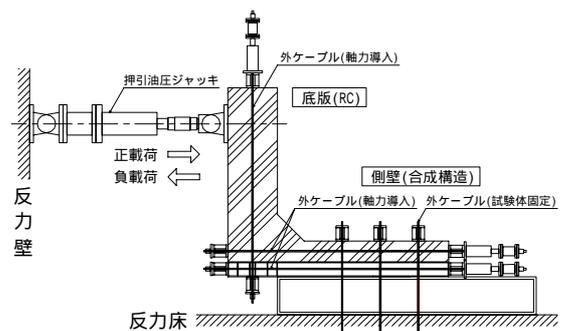


図-2 载荷装置図

表-1 隅角部設計断面力

荷重レベル	M (kN・m)	S (kN)	N <sub>1</sub> <sup>*</sup> (kN)	N <sub>2</sub> <sup>*</sup> (kN)
常時	154	86	353	239
地震時 L1	正载荷	485	272	244
	負载荷	-244	-137	461
地震時 L2	正载荷	713	400	236
	負载荷	-394	-221	445

\*<sup>1)</sup>N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>はそれぞれ側壁側、底板側からの軸力を示す

キーワード 開削トンネル, 孔あき鋼板ジベル, 合成土留壁

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 土木技術研究部 構造・海洋 Gr TEL 0424-89-7076

力を確認することとした。実構造物の解析で、土水圧を載荷したフレーム解析で常時、応答変位法によるフレーム解析でレベル1地震時(L1)、2次元動的FEM解析でレベル2地震時(L2)での断面力をそれぞれ算定した。表-1に各荷重段階での設計断面力を一覧にして示す。

実験は常時荷重を1回、L1, L2荷重を正負各3回ずつ載荷、以降は降伏変位を $1\delta_y$ と定義した変位制御にて、正負3サイクル交番載荷を行った。載荷方向は、隅角部が閉じる方向を正載荷、開く方向を負載荷とし、計測項目は、載荷荷重、水平・鉛直変位のほかにコンクリート、鉄筋、H形鋼のひずみとした。

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 耐力と破壊状況

図-3に水平荷重-載荷点水平変位関係を、図-4にL2荷重載荷後のひび割れ状況をそれぞれ示す。

試験体は、常時荷重時ではひび割れは発生せず、L1荷重時に正負載荷方向ともに若干のひび割れが生じた。L2荷重時にはひび割れが進展したが、鋼材、鉄筋はいずれも降伏に至らなかった。ひび割れ幅は、L1, L2荷重除荷時でそれぞれ最大0.04mm, 0.08mmとともに微小であった。その後 $+1\delta_y$ ,  $-1\delta_y$ 時にて、それぞれ側壁の鋼材、RC部主筋が降伏に至り、 $+2\delta_y$ にて側壁RC部圧縮縁コンクリートが圧壊し荷重低下した。以上のことから、隅角部はL1, L2荷重時においても健全性を保ち、また側壁・底版に先行して破壊することがなかったことから、地震荷重に対して十分な耐力を有しているものと考えられた。

#### (2) ハンチ筋・隅角部補強筋性状

ハンチ筋・隅角部補強筋の配置、鉄筋量ならびに土留壁鋼材への定着方法の妥当性を検討するために、図-5に荷重とハンチ筋・隅角部補強筋ひずみの関係を示す。ひずみは鉄筋の中央(図-5(a))および定着部付け根箇所(図-5(b))で計測した。

図より、両鉄筋とも実験終了時まで降伏ひずみに至ることはなかった。また、鉄筋中央ひずみ(C11, 21, 31)とそれぞれ対応する鉄筋の付け根箇所ひずみ(C12, 22, 32)とがほぼ同様の性状を示したことや鉄筋が抜出しているようなひび割れの開きがなかったことから、応力がRCからH形鋼へ適切に伝達されていたと推察された。

これより、両鉄筋の配置・鉄筋量が妥当であり、PBLの孔を用いた定着方法についても適用可能であることが確認できた。

### 4. おわりに

孔あき鋼板ジベルを用いた合成土留壁トンネルの隅角部はレベル2地震荷重に対しても十分な耐力を有していることが確認できた。今後は、本トンネルの実用化に向けて、施工性等を含めた検討を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 西岡 勉, 前川和彦, 古市耕輔: 土留壁を本体利用した開削トンネルの隅角部耐力試験, 土木学会第55回年次学術講演会, V-611, pp.1224-1225, 2000
- 2) 平 陽兵, 古市耕輔, 吉田健太郎, 河野哲也: 孔あき鋼板ジベルを用いた合成梁に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp.703-708, 2001.6

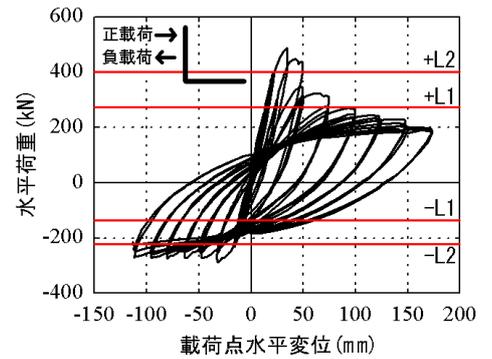


図-3 水平荷重-載荷点水平変位関係

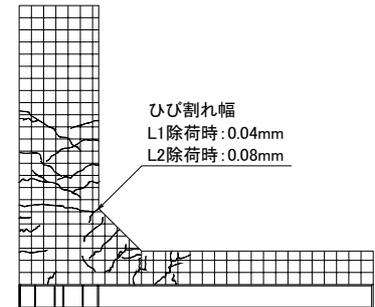
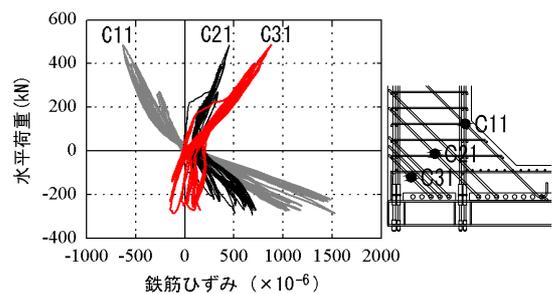
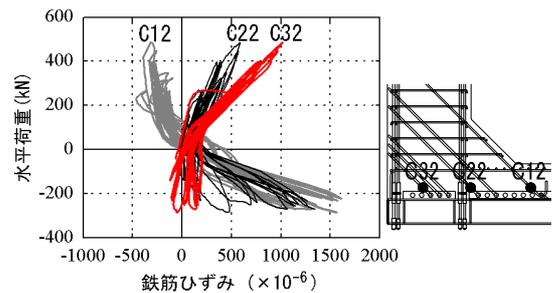


図-4 L2荷重載荷後のひび割れ状況



(a) 鉄筋中央



(b) 定着部付け根

図-5 ハンチ筋・隅角部補強筋ひずみ