

## 土留め壁のH形鋼芯材を用いた合成壁の構造解析方法

清水建設 土木事業本部 ○小川 晃  
土木事業本部 前 孝一  
技術研究所 吉武 謙二  
土木事業本部 河野 泰直

## はじめに

土留め壁のH形鋼芯材をスタッドを用いて鉄筋コンクリート（以下“RC”）と接合し、本設構造物として利用する合成地下外壁（以下“合成壁”）工法の開発を実施した。合成壁の構造特性を検討するために実施した曲げ単調載荷実験に対して、スタッドの変形を考慮できる簡易的な合成壁モデルを考案し、解析結果と実験結果との比較によりモデルの妥当性を確認した。

## 1. 構造解析の概要

解析ケース一覧を表－1に、試験体B5の試験体形状および配筋図を図－1に示す。スタッド配置と接合部の界面状態（塗膜防水の有無）の異なる3種類の試験体に対して、弾性解析1ケース、弾塑性解析3ケースの計4ケースの解析を行った。曲げ単調載荷試験は、RCとH型鋼を頭付きスタッドにより接合した合成壁の支間中央位置に正曲げ（RC：圧縮、H形鋼：引張）となる向きに集中荷重を載荷したものである。<sup>1)</sup>

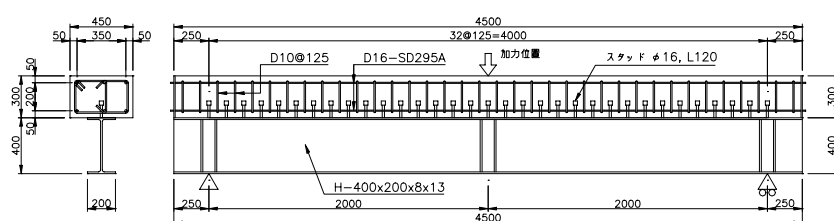
表－1 解析ケース一覧

| Case No. | 解析種別 | 試験体 No. | スタッド径 | スタッド本数 | スタッド間隔 | 防水塗膜の有無 |
|----------|------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 1        | 弾性   | B5      | φ16   | 33     | 1列@125 | 無し      |
| 2        | 弾塑性  | B1      | φ16   | 13     | 1列@300 | 有り      |
| 3        | 弾塑性  | B2      | φ16   | 33     | 1列@125 | 有り      |
| 4        | 弾塑性  | B5      | φ16   | 33     | 1列@125 | 無し      |

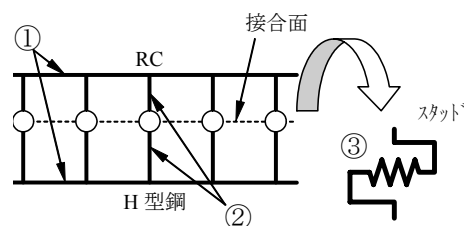
図－2に合成壁の解析モデル概念図を示す。本モデルは、スタッドの変形を考慮でき、構成する各部材を個々に評価できるような2本棒モデルとした。下記に2本棒モデル作成方法の要点を示す。

- ①RCおよびH形鋼をそれぞれの軸心位置に梁としてモデル化する。
- ②スタッド設置位置に合せて各梁から剛梁を設置する。剛梁の接合面側端部には各々節点を設ける。
- ③スタッド位置の2つの節点をせん断方向にバネを有し、圧縮を伝達する接触要素で結合する。せん断バネ値はスタッドのせん断バネ値とする。

なお、スタッド間隔が大きいB1試験体ではスタッド中間位置に圧縮力のみ伝達する梁を設けた。



図－1 B5 試験体形状および配筋図



図－2 解析モデル概念図

RCおよびH形鋼のヤング係数および強度の特性値は材料試験結果に基づき設定した。

非線形物性については、RCは道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編に準拠したトリリニア型、H形鋼の非線形特性はフランジ降伏点を折れ点とするバイリニア型のM-φ関係で与えた。両者とも自重が作用した状態で発生する軸力時の値とし、今回の解析では載荷に伴う軸力変動は考慮していない。スタッドのせん断バネ値は、曲げ単調載荷実験に先んじて実施した直接せん断実験<sup>2)</sup>の結果より、トリリニア型にモデル化した。

## 2. 弾性解析結果

図－3に載荷荷重と支間中央位置の変位量（P-δ）関係の比較グラフを示す。解析値による合成壁の弾性剛

キーワード：H形鋼芯材，本体利用，スタッド，弾塑性解析，2本棒モデル

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーパンスS館 TEL 03-5441-0592 FAX 03-5441-0511

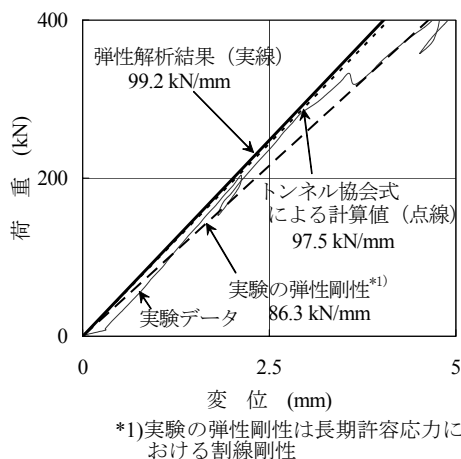


図-3 荷重－変位量の関係(弾性解析結果)

性は 99.2 kN/mm であった。この値は実験値（長期許容応力における割線剛性）の 86.3 kN/mm よりもやや大きかったが、トンネル技術協会設計手引き<sup>3)</sup>の理論式による計算値 97.5 kN/mm とほぼ一致した。

表-2 に  $P=100\text{kN}$  時の RC および H 形鋼に対する断面力配分を解析値とトンネル技術協会式での計算値と比較した結果を示す。せん断力分担は良好に一致した。曲げモーメントは RC, H 形鋼ともに解析値が約 12% 大きく、軸力は解析値が約 16% 程度小さな値となった。

実験では接合面界面での摩擦の影響が考えられたため、スタッドのバネ値を 2 倍として試算した結果、解析値とトンネル協会理論式の計算結果との差異が 3% 程度とほぼ合致した。この点に関しては、今後更に検討していく必要がある。

### 3. 弾塑性解析結果

図-4 に弾塑性解析による支間中央位置での  $P-\delta$  関係を示す。各解析ケースとも非線形領域まで解析結果は実験結果を良好に再現した。合成壁の降伏点以降においては、防水塗膜の無い B5 試験体に比べ、防水塗膜を有する B1 および B2 試験体では、解析値が実験値に比べてやや小さめの値となった。スタッドのせん断バネ値に関して直接せん断試験結果と曲げ試験時の状態で摩擦等の影響による差異があったことが考えられる。

### 4. まとめ

合成壁の 2 本棒モデルによる弾性、弾塑性の解析を行った結果、

- ・弾性解析結果 ( $P-\delta$ ) は実験時の挙動を良好に再現し、トンネル技術協会理論式とも良好に合致した。
- ・弾塑性解析結果 ( $P-\delta$ ) は降伏点以降の非線形領域に対し実験時の挙動を良好に再現した。

今回提案した 2 本棒モデルを合成壁の設計に適用することにより、

- ・合成壁を構成する RC, H 形鋼, スタッドを個々に評価できることから、各部材の寸法, 仕様, 配置等を合理的に組み合わせる設計が可能となる。
- ・各構成部材の非線形物性を適切に設定することにより、L2 地震時等の塑性領域を考慮する構造物への合成壁の適用が可能となる。

### 参考文献

- 1) 吉武, 小川, 大崎, 藤江: “土留め壁の H 型鋼芯材を用いた合成壁の曲げ特性”, 土木学会第 58 回年次学術講演会
- 2) 長澤, 前, 吉武, 大崎: “土留め壁の H 型鋼芯材を用いた合成壁の直接せん断特性”, 土木学会第 58 回年次学術講演会
- 3) (社) 日本トンネル技術協会: “H 形鋼を芯材とする土留壁本体利用の設計手引き”, 平成 14 年 7 月

表-2  $P=100\text{kN}$  時の断面力配分比較

| 比較ケース             | 部材  | 曲げモーメント<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}$ ) | 軸力 <sup>*2)</sup><br>( $\text{kN}$ ) | せん断力<br>( $\text{kN}$ ) | スタッドバネ値<br>( $\text{kN}/\text{mm}$ ) |
|-------------------|-----|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 解析値               | RC  | 25.4<br>(1.12) <sup>*3)</sup>           | 101.2<br>(0.84)                      | 20.2<br>(0.99)          | 57.1                                 |
|                   | H形鋼 | 39.2<br>(1.12)                          | -101.2<br>(0.84)                     | 29.8<br>(1.01)          |                                      |
| 解析値<br>(スタッドばね2倍) | RC  | 22.2<br>(0.98)                          | 124.3<br>(1.03)                      | 20.2<br>(0.99)          | 114.2                                |
|                   | H形鋼 | 34.3<br>(0.98)                          | -124.3<br>(1.03)                     | 29.8<br>(1.01)          |                                      |
| トンネル技術協会式による計算値   | RC  | 22.6                                    | 120.9                                | 20.4                    | 57.1                                 |
|                   | H形鋼 | 35.1                                    | -120.9                               | 29.6                    |                                      |

\*2) 軸力は, [+ : 圧縮]

\*3) 解析値の ( ) はトンネル技術協会式による計算値との比較値

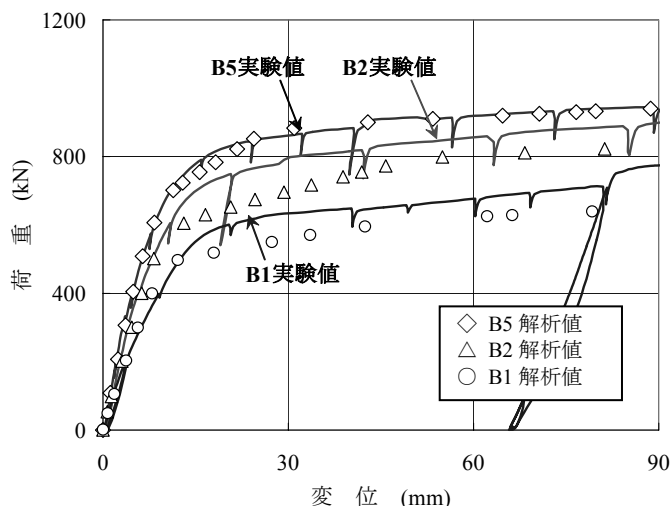


図-4 荷重－変位量の関係(弾塑性解析結果)