

## コンビウォール工法の連結部の構造に関する技術的検討

戸田建設(株) 正会員 ○地引 千紘  
 戸田建設(株) 正会員 山本 純一

戸田建設(株) 正会員 浅野 均  
 戸田建設(株) 正会員 吉田 聡一郎

## 1. はじめに

開削工事において自立式土留め壁は、施工性、経済性に優れた有用な工法である。筆者らは、自立式土留め壁の簡便性を活かしつつ掘削深さを大きくした場合でも杭頭変位量を抑制できる工法として挿入杭式土留め壁の開発を進めてきた<sup>1)</sup>。

今回、挿入杭式土留め壁をコンビウォール工法と改名し、従来の構造を見直し、性能向上を目指した技術開発を行った。

コンビウォール工法は、**図-1**に示すとおりH形鋼親杭と水平に挿入する抑止部材（H形鋼）から成り、両者を連結部で剛結させて土留め構造とするものである。**図-2**に原理の概念図を示す。コンビウォール工法は、抑止部材に作用する上載土荷重により逆方向の曲げモーメントを発生させ、親杭の曲げモーメントと変位を低減する構造となっている。このため、連結部は力を伝達するための重要な部位であり、コンビウォール工法の要となる。技術開発は、掘削深度4m以上に対応できるものとして、施工性を踏まえながら連結部の性能向上を図ることを目的に行った。本稿は、連結部の構造について、基本案と改良案の技術的検討結果を報告する。

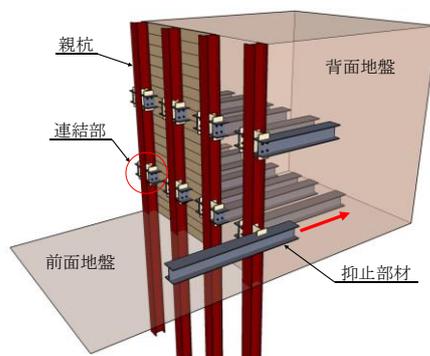


図-1 コンビウォール工法

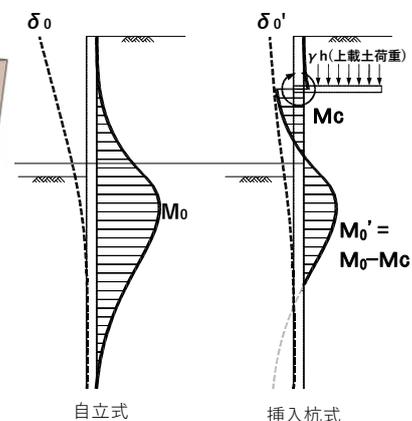


図-2 曲げモーメントの低減イメージ

## 2. 連結部（基本案）の構造と力の伝達

連結部の基本案（以下、Type-Aとする）を**図-3**に示す。Type-Aは、H形鋼を本体とし中央部に2本のスリットを設け、ウェブにスチフナを取り付けた構造である。2本のスリットは、抑止部材の挿入時の軌道ガイドとして利用し、またスチフナは補強材としてウェブと両フランジに事前に溶接接合したものである。

施工手順は、**図-4**のとおり①親杭打設→②Type-A設置→③抑止部材打設の順で施工し、連結はボルト結合とした。また、実際の施工時の状況を把握するために実物大を用いた実証実験を行い、施工性と効果を確認した（写真-1）。

**図-5**はType-Aの力の伝達概念図を示したもので、 $M_c$ は親杭に作用する逆方向の曲げモーメントである。Type-Aは、**図-6**のとおりウェブがスリットで3分割されていることから、 $M_c$ はそれぞれのウェブに発生する3つの曲げモーメントの合力で求め、式(1)となる。

$$M_c = M_{s1} + M_{s2} + M_{s3} \quad \dots\dots (1)$$

3つの曲げモーメントは、連結部においてねじれモーメントとなり、サン・ブナンねじり定

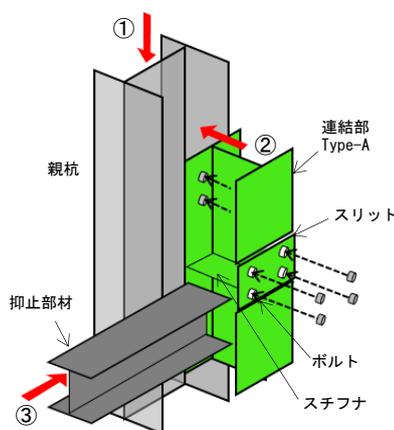


図-4 Type-A 施工手順

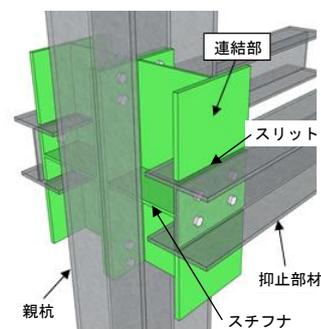


図-3 連結部 (Type-A)



写真-1 Type-A 実証実験状況

キーワード 自立式土留め壁 コンビウォール工法 連結部 曲げモーメント

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株) 土木技術統轄部 TEL (代)0120-805-106

数を用いた式 (2) で求める.

$$M_s = G \cdot J_T \cdot d\theta / dz \quad \dots\dots (2)$$

ここに,  $G$ :せん断弾性係数,  $J_T$ はサン・ブナンねじり定数である. また, サン・ブナンねじり定数は3つのウェブについて薄肉閉断面として求められ, 一般式は  $J_T = 1/3 \sum t_i^3 \cdot b_i$  であることから **Type-A** の場合,

$$J_{T1} = 1/3 t_1^3 \cdot b_1, \quad J_{T2} = 1/3 (t_2^3 \cdot b_2 + 2t_2' \cdot b_2'), \\ J_{T3} = 1/3 t_3^3 \cdot b_3 \quad \dots\dots (3)$$

となる. ところが, **Type-A** は手順を含む施工性

について実証済みであるものの, (3) 式での剛性の試算結果から, 所要耐力を満足するためには相応の補強が必要であるとわかった.

### 3. 改良案 (Type-B) の構造と力の伝達

**Type-A** は, H形鋼の弱軸方向のねじれモーメントを利用することから, 掘削深度及び土質条件にも制約が出てくる. また, 本体を3分割した部材の合成モーメントであり, 力の伝達メカニズムが複雑であるため限界耐力の定量化に難がある. そこで **Type-A** の改良案として, 形状がシンプルで剛性が高く, より深い掘削深度に対応できる連結部の改良案として, 図-7 に示す **Type-B** の形状を考案した.

**Type-B** は, 閉じた断面を持つコラム材を主体とし, 両側にエンドプレート1, 2を溶接しており (図-9), コラムの上下面を軌道ガイドとして抑止部材を挿入する構造となっている. 図-8 は **Type-B** の力の伝達概念図を示したもので,  $M_c$  は親杭に作用する逆方向の曲げモーメントである. **Type-A** と同様に  $M_c$  はねじれモーメントで表され, コラム形状の閉じた断面の  $J_T$  は, 薄肉閉断面のサン・ブナンねじり定数として式 (4) で求めることができる.

$$J_c = 4 \cdot A^2 \cdot t / S \quad \dots\dots (4)$$

ここで,  $A$  はコラムの板厚中心線で囲まれた面積,  $t$  は板厚,  $S$  は板厚中心線の周長である. 以上より, 形状だけでなく剛性についても (3) 式よりシンプルな形となり, 応力の流れを明解とすることができる. また, 剛性については, ねじり定数を指標とすると **Type-B** の閉合断面効果が大きく, 部材厚さにより変動するが, **Type-A** と比較して 20~50 倍に高めることができる.

一般的なコラム形状を使用した場合, **Type-B** が伝達できる最大曲げモーメントは,  $M=97\text{kN}\cdot\text{m}$  となり掘削深さ 7m に設定した曲げモーメントにも対応可能であり, 適応範囲拡大につながる構造であると判断された.

### 4. おわりに

コンビウォール工法の連結部は, 今回の改良により剛性が増加し, 掘削深度 4m 以上においても対応可能であることを確認した. 今後, さらに当工法について機能改善を含めた実証性の確認及び設計計算書の確立と検証を通じて実用化を推進する.

### 参考文献

1) 眞鍋ら: 挿入杭式土留め壁の開発, 土木学会全国大会, III-175, 2020.

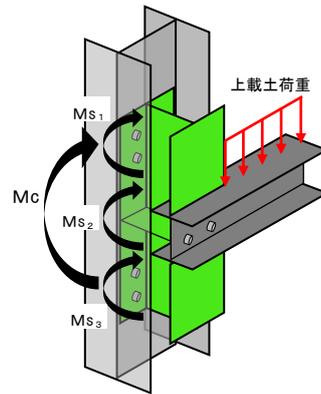


図-5 力の伝達概念図 (Type-A)

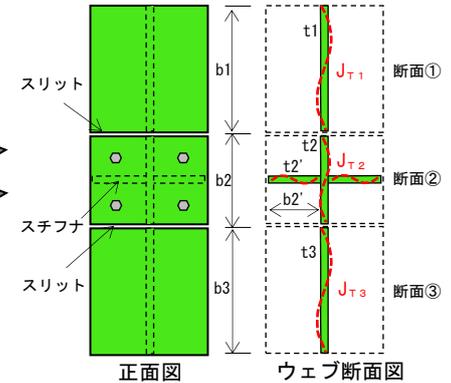


図-6 Type-A 拡大図

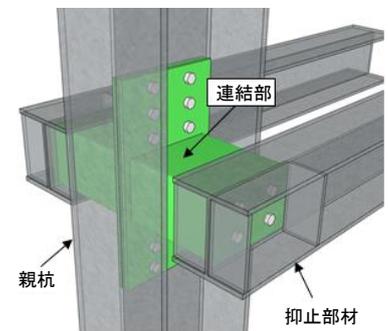


図-7 連結部 (Type-B)

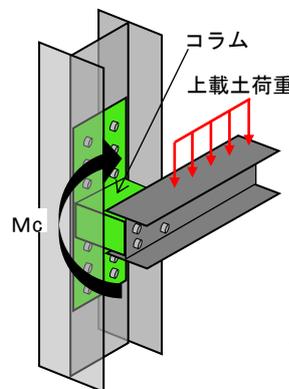


図-8 力の伝達概念図 (Type-B)

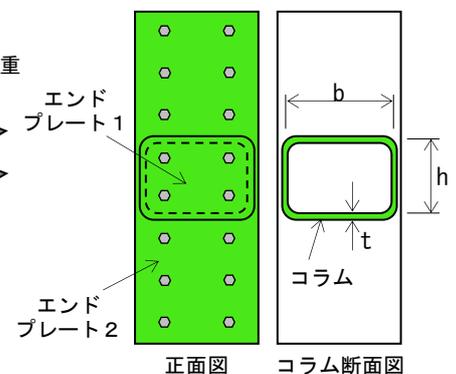


図-9 Type-B 拡大図