

### 連壁本体利用構造物の擬似一体解析法

(株)日建設計シビル 正会員 西山誠治  
 (株)日建設計シビル 正会員 本田道織  
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 小島謙一  
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 棚村史郎

1. はじめに 近年、用地幅の制限や仮設を含めた工事費低減の観点から地中連続壁を本体利用した開削トンネルの設計例が増えている。この場合、特に逆巻き工法では、掘削時の側壁の残留応力が本体設計に影響するため、これを考慮した設計が望ましい。これは一体計算法と呼ばれるが、実際に行われる機会は少なく、一般には施工時の影響を無視した分離計算法によることが多い。これらの解析法の違いによる断面力の差異の検討例は十分ではない<sup>1)</sup>。さらに、一体計算法は解析コードの整備面や入力する条件の多さから汎用的とは言い難く、簡便に一体解析法と同等の精度を有する解析手法があれば有用である。

そこで本研究では、一体計算法と分離計算の結果を比較し、両者の特徴、差異を明らかにする。さらに簡便に一体計算法と同等の結果を得るために、掘削弾塑性解析と掘削最終段階から長期への移行までのフレーム解析を組合せた解析（以後、擬似一体解析法と呼ぶ）について検討する。

2. 検討条件 検討対象は、リバウンドの影響を考慮するため、図1に示す構造物をアレンジし、床版と中柱の下部に杭(φ800, L=10m)を有する構造物とした。地盤および掘削仮設条件を図2に示す。掘削は逆巻き工法であり、切梁の設置、掘削、床版の構築、切梁撤去を繰返しながら施工するものとした。連壁本体利用方法は単独壁形式である。解析ケースは表1に示すように、一体解析法および擬似一体解析法はリバウンドの影響の有無を考慮する。分離法はリバウンドの影響は考慮しないものとした。リバウンドは各掘削段階で生じるものとし、最終掘削時の累計で、側壁部と中柱部の相対変位量で12.3mmである。

一体計算法は、「土留壁を有する任意形骨組構造物の逐次解析システム」により、掘削弾塑性解析と構造物の構築を同時に考慮して行った。リバウンドは、連壁下部を単純支持し、柱と下床版の接合部に強制変位量を与えた。リバウンドを与えるタイミングは、B1Fスラブ、B2Fスラブ、下床版設置前の3段階とした。最終掘削時(図3)以降は、まず、下床版が設置されて、上部への埋戻し土の荷重が載荷される。この鉛直荷重は連壁の鉛直せん断ばね、連壁先端の鉛直ばねおよび下床版の鉛直ばねで支持される。次に、長期への移行として、掘削時土圧から永久荷重時の静止土圧への土圧荷重を考える。ここで、連壁根入れ部の土圧の評価が問題であるが、最終的には図4のように掘削背面側と内部側での深度方向増分の土圧が釣合うと考え、B部のハッチング部分の掘削時背面土圧と永久荷重時の土圧の差分を載荷した。なお、連壁上部の埋戻し部分は背面側の土圧は埋戻し土の土圧と釣合うものとした。

分離計算法は、完成形の解析モデルに静止土圧等を載荷した。側圧は、慣例的に、上・下床版間の側面部にのみ考え根入れ部には考慮しないものとした。

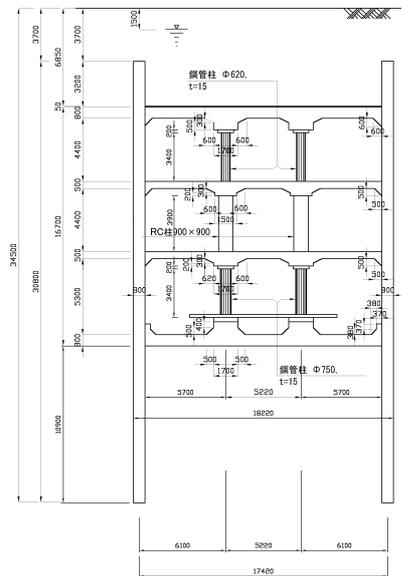


図1 対象構造物

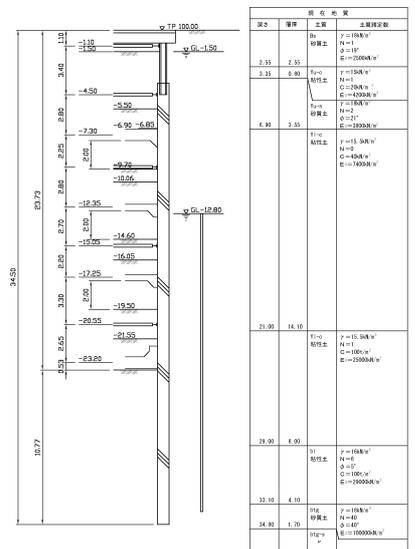


図2 地盤および仮設条件

表1 解析ケース

Case	解析法	リバウンド
A-1	一体解析法	無
A-2	一体解析法	有
B-1	擬似一体解析法	無
B-2	擬似一体解析法	有
C-1	分離法	無

キーワード：連壁本体利用，擬似一体解析法，一体解析法，分離解析法，開削トンネル  
 連絡先：〒112-8565 東京都文京区後楽2-2-23 TEL(03)3817-0514 FAX(03)3817-0517

擬似一体解析は、図5に示すように、最終掘削時までは掘削弾塑性解析を行い、それ以降は埋戻し土の荷重と長期への移行までを完成系のモデルで解析し、両者の断面力等を加算して算出するものである。

**3. 検討結果** 各解析結果の曲げモーメント分布について考察する。まず、リバウンドを考慮しないケースを図6および図7に示す。図6より擬似一体解析法は一体解析法とよく整合しており、手法として精度が高いこと分かる。下床版で若干断面力が異なるのは、一体解析では図4のB部の根入れ部の断面力を考慮しているが、擬似一体解析では、図5に示すように根入れ部の増加分の土圧を考慮しなかったためである。これを考慮すれば下床版においても概ね断面力は整合してくる。これ以上の断面力の相違は、掘削段階での切梁の存在によるものである。一方、図7より分離法は一体法と比較すると、上床版ではよく整合しているが、側壁B1F床版との接合部およびB3F側壁中央部では曲げモーメントが小さい。これは、いずれも図3に示すように掘削最終時の断面力の影響が残っている部位であり、分離計算法ではこれが考慮できていないためである。一方、側壁の下床版合部では、一体解析よりも曲げモーメントが大きい。図3の掘削最終時には下床版が存在しないため拘束度が弱く曲げモーメントは小さい。分離解析ではこの影響が表現できない。

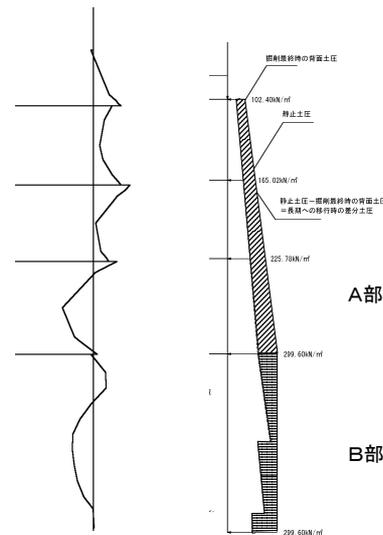


図3 掘削最終時 図4 側圧の考え方 側壁曲げモーメント

次にリバウンドを考慮した場合について図8に示す。擬似一体解析では、リバウンドの影響は一体解析と同様に3ステップで考え、それぞれ図5に示すようにリバウンド時点で存在する部材のみを考慮した解析で断面力を求めた。これにより、リバウンドを考慮した場合においても擬似一体解析法は一体解析法と同等の断面力を算出できることが分かる。

以上まとめると、一体解析と分離解析では、側壁のB3F中央部やB1F床版・側壁接合部を中心に断面力に差異があり、これは掘削最終時の断面力分布の影響であることが確認できた。また、擬似一体解析法を検討した結果、同手法により一体解析と同等の断面力を簡便に評価できることが分かった。

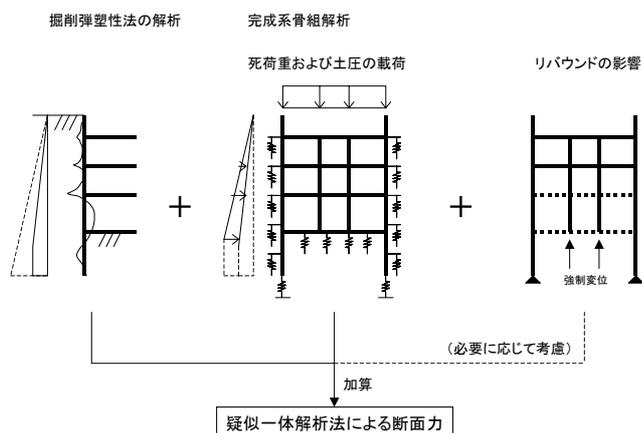
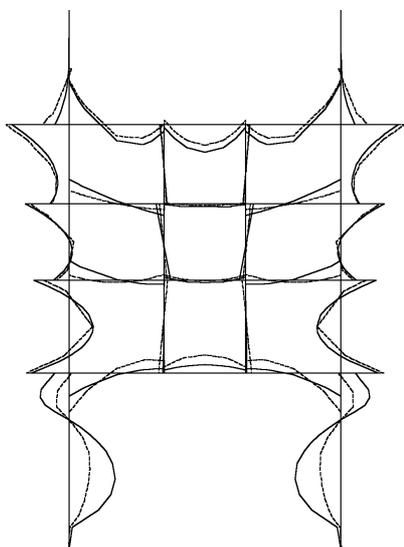
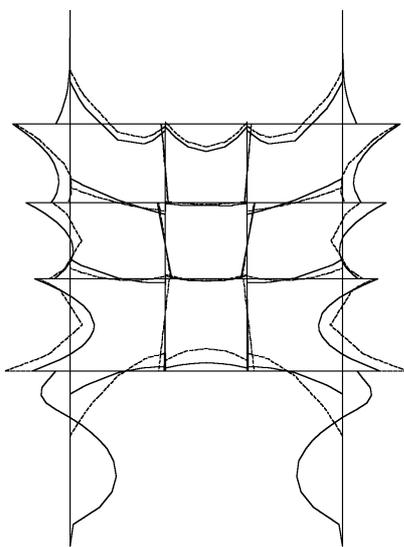


図5 擬似一体解析法の解析概念

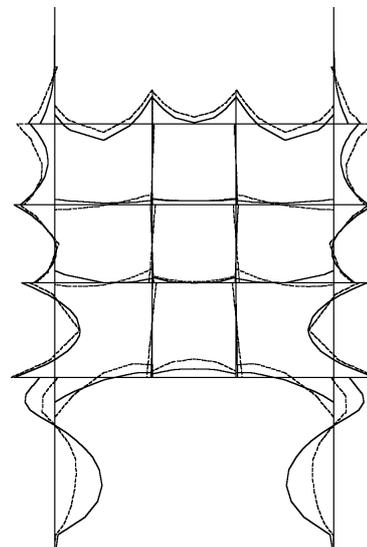
参考文献 1) 地下連続壁本体利用設計の手引き、日本鉄道建設公団、H11.3



(実線: 一体A-1, 破線: 擬似一体B-1)  
図6 一体と擬似一体の比較 (リバウンド無)



(実線: 一体A-1, 破線: 分離C-1)  
図7 一体と分離の比較 (リバウンド無)



(実線: 一体A-2, 破線: 擬似一体B-2)  
図8 一体と擬似一体の比較 (リバウンド有)