

III-447

背面バネを考慮した弾塑性法による予測管理手法について

飛島建設(株) 技術本部 ○ 正会員 小野 洋 正会員 長谷川 昌弘
正会員 村上 清基 正会員 臼井 勝

1. はじめに

大規模土留め工事において、壁変形の抑止および壁応力の低減のため、切梁プレロード工法がよく採用されている。プレロード工を設計に反映するにあたり、背面バネを考慮した弾塑性法で解析を行うことは有効であることが報告されている¹⁾。本報告は、背面バネを考慮した弾塑性法による予測管理（逆解析・予測解析）手法の1つを提案し、かつ実測値と比較検討したものである。

2. 背面バネを考慮した弾塑性法の予測管理

2-1. 逆解析時

背面バネを考慮した弾塑性解析手法は、基本的には各施工段階の応力-変位径路をおいける解析方法（ステージ解析）である。このため、ある施工段階で逆解析を行うにあたり、その施工段階までの応力-変位径路をおいける方法を用いると、最初の施工段階から計測値と計算値を合わせる作業が必要となってくる。任意の施工段階（ i ステージ）における逆解析の結果、背面側地盤の実測値と計算値による応力-変位関係が M_i と C_i の位置とする（図-1参照）。（ $\delta M_i - \delta C_i$ ）が実測値と計算値との変位の誤差である。そして、次の施工段階（ $i+1$ ステージ）で逆解析を行った時、実測値と計算値による応力-変位の位置が図-1に示すようにほぼ傍傍である（ M_{i+1} と C_{i+1} ）とすると、この深度の位置での逆解析により求まる地盤反力係数は直線 $C_i - C_{i+1}$ の傾きとなる。よって、地盤反力係数を同定する逆解析を行う際、計測値と計算値の誤差より地盤反力係数が負の値になったり、極端に大きな値の時に最適であると判断されることもある。よって、ここでは以下のようなこれまで地盤がたどってきたであろう応力径路を無視した手法で掘削時およびプレロード時の逆解析を行う。その手順を以下に述べる。

2-1-1. 掘削時における逆解析

- 1) 計測値等を参考にし、背面側地盤（背面バネ）に荷重（背面側土圧）を与え、バネ値を 0 kgf/cm^3 とする。
- 2) 掘削側地盤（掘削側弾塑性バネ）に静止土圧を与える。
- 3) 切梁軸力、背面側および掘削側水圧は、計測値等を参考に設定し、荷重として与える。
- 4) 荷重のつりあい計算を行い、計測された壁変形によくフィットする掘削側地盤の地盤反力係数や強度定数（ c 、 ϕ ）を探索する。

2-1-2. プレロード時における逆解析

- 5) 計測値よりプレロード導入に伴い変化した変位量を求める。
- 6) 切梁、掘削側地盤および背面側地盤による弾性支承上の梁モデルを考え（図-2参照）、切梁には切梁バネ定数、掘削側地盤には掘削時に再設定された地盤反力係数を与える。
- 7) プレロード導入荷重 P を作用させ、5)で得られた変位によくフィットする背面側の地盤反力係数を求める。

以上のようにして、壁変形によくフィットする背面側地盤および掘削側地盤の地盤反力係数や強度定数を再設定する。

2-2. 予測解析時

任意の掘削段階での逆解析結果より、ある深度における背面側地盤の応力-変位関係は、1)で与えられた荷重と逆解析により求められた変位より C_{rev} の位置（図-1参照）にあるものとし、以下の手順で予測解析を行う。

- 8) 背面側地盤の地盤反力係数を、0から調査・試験結果やプレロード

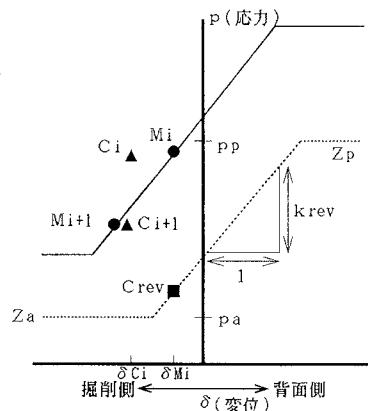


図-1. 応力-変位関係（背面側地盤）

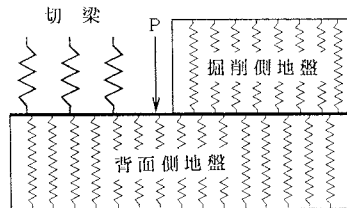


図-2. プレロード時逆解析モデル

時の逆解析結果より設定される値 (k_{rev}) に変更し、強度定数より求まる主働土圧 (p_a)・受働土圧 (p_p) から、 C_{rev} を通る破線 Z_a — Z_p の応力径路を設定する。

9) 土留め壁の変位、掘削側地盤の応力—変位関係および切梁の軸力は、逆解析時の状態にあるとする。

10) そして、プレロード導入、掘削と、その後の施工 (掘削 or プレロード) に伴う、解放応力や集中荷重等を作用させ、弾塑性解析を行う¹⁾。

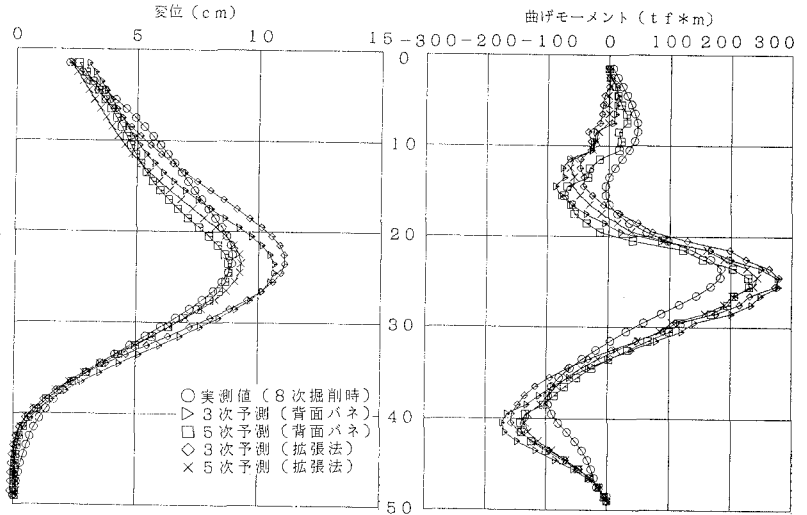


図-3. 実測値および計算値比較図 (変位および曲げモーメント)

3. 解析結果

下水処理場の沈砂池ポンプ棟建設工事の施工において実施された²⁾各種計器を用いた土留め計測結果に当解析手法を適用してみる。なお、比較のため弾塑性拡張法 (ここでは、背面側土圧として主働土圧、プレロードの評価として先行変位を与える) で検討した結果も併せて示す。

8次掘削時における変位および曲げモーメントの予測計算結果と実測値との比較を図-3に示す。予測管理は3次掘削時および5次掘削時に行っている。両解析手法の計算結果を比較すると各掘削段階において、①最大変位は、弾塑性拡張法の方が大きい、②土留め壁頭部の変位は、背面パネを考慮した弾塑性法の方が大きい、傾向がある。変位、曲げモーメントとも5次掘削時の予測値の方が、3次掘削時のものより予測精度は良く、5次掘削時の予測値は両解析手法ともよく一致している。

4次掘削以降における切梁軸力の予測計算結果と実測値との比較を表-1に示す。掘削深度が深くなると弾塑性拡張法の切梁軸力は、上段で実測値よりかなり小さくなっている。背面パネを考慮したモデルでは、8次掘削時若干異なったところはあるが、全体としてはよく一致していると思われる。

よって、変位、曲げモーメントおよび切梁軸力の比較より、背面パネを考慮した弾塑性法の方が弾塑性拡張法より精度良く予測管理ができると考えられる。

4. まとめ

以上のことより、ここで報告した予測管理手法を用いれば、

- ①計測データを重視した逆解析を背面パネを考慮した弾塑性法で行うことができる。
- ②精度良く各掘削段階における土留め壁の変位、曲げモーメントおよび切梁軸力の検討が行うことができる。ことがわかった。今後も計測データの収集および解析方法の改良を行ってきたい。

【参考文献】

- 1)長谷川, 村上, 小野: 土留め弾塑性解析におけるプレロードの評価について, 第25回土質工学研究発表会, 1990年6月
- 2)長谷川, 村上, 小野: 軟弱地盤における土留め計測管理の実施例 (その1), 第24回土質工学研究発表会, 1989年6月

表-1. 実測値および計算値比較図 (切梁軸力)

		1段切梁	2段切梁	3段切梁	4段切梁	5段切梁	6段切梁	7段切梁
4次掘削	3次予測・背	12.9	25.9	69.3				
	3次予測・底	4.0	22.0	63.1				
	実測値	15.6	31.1	61.6				
5次掘削	3次予測・背	12.1	22.5	54.6	94.5			
	3次予測・底	0.8	17.2	52.0	75.6			
	実測値	14.2	28.2	49.3	90.0			
6次掘削	3次予測・背	12.8	21.9	45.4	78.4	96.9		
	5次予測・背	8.7	21.5	37.4	71.7	95.4		
	3次予測・底	0.7	15.1	38.7	64.5	80.1		
7次掘削	5次予測・底	3.3	15.7	27.3	71.5	72.3		
	実測値	10.9	24.9	38.2	72.5	106.4		
8次掘削	3次予測・背	13.1	21.8	42.3	70.8	88.8	65.8	
	5次予測・背	10.0	21.3	34.5	65.0	89.0	64.5	
	3次予測・底	1.0	14.4	33.9	55.5	75.4	57.1	
9次掘削	5次予測・底	3.4	15.0	21.8	63.7	69.4	57.9	
	実測値	11.1	26.4	42.5	75.6	108.4	65.1	
10次掘削	3次予測・背	13.4	21.8	39.7	64.4	82.1	71.4	72.2
	5次予測・背	10.3	21.2	31.2	58.0	83.8	75.2	79.9
	3次予測・底	1.4	14.1	29.1	46.8	68.7	65.7	65.4
11次掘削	5次予測・底	3.6	14.5	16.8	55.4	64.5	68.6	68.1
	実測値	11.3	26.7	40.4	72.0	102.0	63.1	43.3

背: 背面パネを考慮した弾塑性法 底: 弾塑性拡張法 単位 (t f / m)