

【プログラム紹介】

パソコンによる土留め弾塑性解析プログラム

Elasto-Plastic Analysis Program for Retaining Walls

松本正三
Shozo MATSUMOTO

1. まえがき

近年、土木建築技術の進歩により、大規模な構造物を市街地や軟弱地盤地域などに建設する工事が増加している。そのため、土留め工事も不確定要素が多くなり、より危険性が伴うため、安全かつ経済性を要求される。しかし、安全性と経済性は相反するものであり、両方を満足するには実際の土留め壁の挙動を正確にとらえる必要がある。現在、側圧分布、土留め架構の構造条件および掘削底面以深の支持条件など複雑な要素をモデル化し、変形法により解析する手法が多く見られる。モデル化する方法は各官公庁、企業体で異っており、土木分野において従来から多く適用されている建設省、道路協会、土木学会指針を対象として本プログラムを考えた。また、最近では掘削に伴う土留め壁の変形を抑えかつ周辺地盤の沈下を防止するために、切梁に油圧ジャッキ等を設置し、掘削段階の途中で土留め壁を背面側に押し戻す切梁プレロード工法を適用する事例も少なくない。以上のことから、より実際に合った各施工段階ごとの土留め壁の挙動が把握でき、施工途中でプレロードも検討できるプログラムが必要であると思われ、これを開発したので以下に紹介する。

2. プログラムの概要

本プログラムは、日本道路協会・建設省土木研究所・土木学会に準拠し、各施工段階毎の変位・断面力・切梁反力・側圧を求める、設計計算書を作成するものである。

(1) 解析モデルの条件

- ① 主働側の側圧は有効主働側圧を作用させる。
- ② 受働側の側圧は有効受働側圧と弾性反力が等しい

位置を弾塑性境界とし、弾性域には分布バネを、塑性域には有効受働土圧を作用させる。

③ 切梁は弾性支承とし、地中先行変位を考慮する。

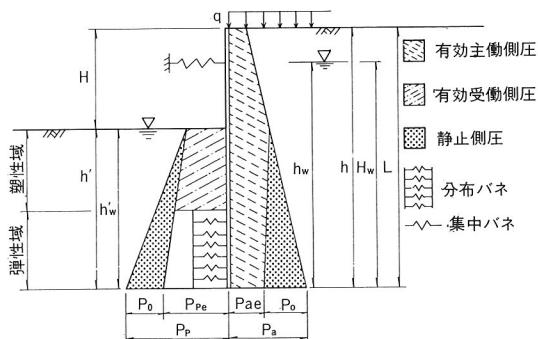


図-1 解析モデル図

(2) 切梁プレロードの概念

プレロードの効果は背面側を分布バネとし、切梁設置位置に集中荷重として作用させて単独に解き、前掘削段階の変位、断面力に合成して評価する。

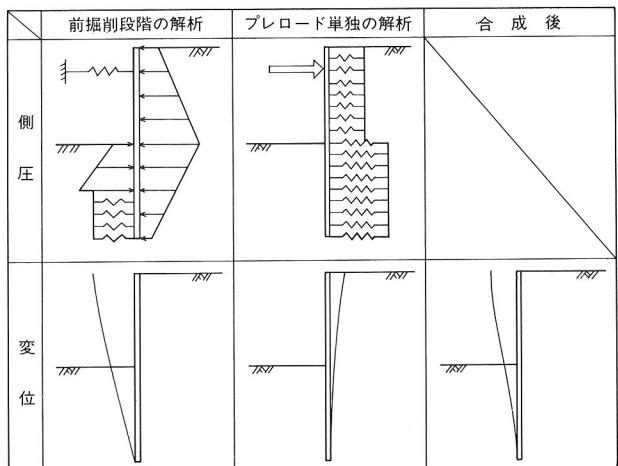


図-2 プレロード概念図

*株システムエンジニアリング技術部技術二課

(3) 各基準の相異点

表-1 各基準の比較表

	主働土圧強度 P_a			受働土圧強度 P_p	静止土圧強度 P_o		
日本道路協会・建設省土木研究所	砂質土 $P_a = (q + \gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \cdot K_a - 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} + \gamma_w \cdot h_w$ $K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$	砂質土 $P_p = (\gamma \cdot h' - \gamma_w \cdot h_w) \cdot K_p + 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_p} + K_w \cdot \gamma_w \cdot h' w$	砂質土 $P_o = (\gamma \cdot h' - \gamma_w \cdot h' w) \cdot K_o + \gamma_w \cdot h' w$ $K_o = 1 - \sin\phi$				
	粘性土 $P_a = (q + \gamma h) \cdot K_{a1}$ ($h \leq H$) $P_a = (q + \gamma h) \cdot K_{a1} + \gamma \cdot (h - H) \cdot K_{a2}$ ($h > H$)	粘性土 $P_p = (\gamma \cdot h') \cdot K_p + 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_p}$	粘性土 $P_o = \gamma \cdot h' \cdot K_o$				
	但し、 $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$ $K_w = H_w / (L - H)$			粘性土の N 値 推定式 最小値 $N \geq 8$ 0.5 - 0.01 H 0.3 0.5 $4 \leq N < 8$ 0.6 - 0.01 H 0.4 0.6 $2 \leq N < 4$ 0.7 - 0.025 H 0.5 0.7 $N < 2$ 0.8 - 0.025 H 0.6 0.8	粘性土の N 値 K_o $N \geq 8$ 0.5 $4 \leq N < 8$ 0.6 $2 \leq N < 4$ 0.7 $N < 2$ 0.8		
土木学会	砂質土 $P_a = (q + \gamma \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \cdot K_a - 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} + \gamma_w \cdot h_w$	砂質土 $P_p = (\gamma \cdot h' - \gamma_w \cdot h_w) \cdot K_p + 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_p} + \gamma_w \cdot h' w$	砂質土 $P_o = (\gamma \cdot h' - \gamma_w \cdot h' w) \cdot K_o + \gamma_w \cdot h' w$ $K_o = 1 - \sin\phi$				
	粘性土 $P_a = (q + \gamma h) \cdot K_a - 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a}$	粘性土 $P_p = \gamma \cdot h' \cdot K_p + 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_p}$	粘性土 $P_o = \gamma \cdot h' \cdot K_o$ $K_o = 1.0$				
	但し、 $P_a \geq 0.3(q + \gamma \cdot h)$ $K_a = \frac{\cos^2\phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin\phi}{\cos\delta}}} \cdot \cos\delta$ $\delta = \phi/2$	但し、 $K_p = \frac{\cos^2\phi}{1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \cdot \sin\phi}{\cos\delta}}} \cdot \cos\delta$					

ϕ : 土の内部摩擦角
 C : 土の粘着力
 N : 土の平均 N 値
 K_a : 主働土圧係数
 K_p : 受働土圧係数

Ko : 静止側圧係数
 δ : 壁面摩擦角
 K_{a1} : 主働土圧係数(根切り面以上)
 K_{a2} : 主働土圧係数(根切り面以下)
 K_w : 水圧係数

P_a : 主働側圧強度
 P_p : 受働側圧強度
 P_o : 静止側圧強度
 Pae : 有効主働側圧強度
 $Pae = P_a - P_o$
 Ppe : 有効受働側圧強度
 $Ppe = P_p - P_o$

Rv : 弾性反力強度
 q : 上載荷重
 γ : 土の湿潤単位体積重量
 γ_w : 水の単位体積重量

(4) 描画・出力例

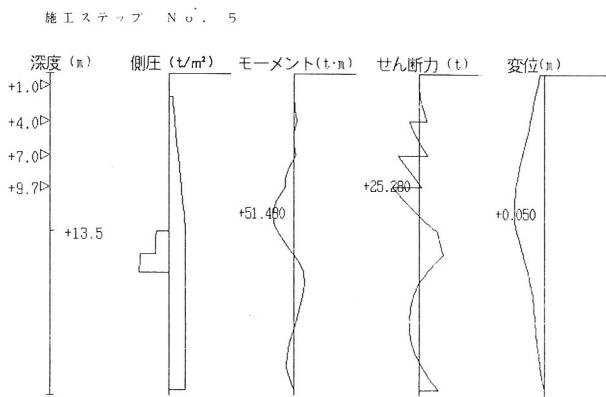


図-3 描画画面

表-2 プリンタ出力

断面力の集計表

No	掘削深 m	変位 cm	モーメント t·m	せん断力 t	切梁反力 t
1	2.00	1.147	4.01	3.07	0.00
2	5.00	2.318	19.44	8.93	8.93
3	8.00	3.320	30.13	17.13	21.12
4	10.75	4.328	42.41	23.62	28.09
5	13.50	5.013	51.48	25.28	28.41
6	15.50	5.249	44.20	25.78	29.05
最大値		5.249	51.48	25.78	29.05

(5) 適用範囲と特徴

最大節点数 (50), 切梁段数 (20), 施工数 (40), 土層数 (20), 土留め断面数 (10), 特徴は以下の通り。

- ① FORTRAN言語により高速演算が可能
- ② 一度の入力で全施工段階の計算が可能
- ③ 施工段階の選択により重ね合せ及び個々の描画が可能
- ④ プレロード時, 盛替時の解析及び地盤改良が可能

3. あとがき

以上, 本プログラムの概要について述べた。近年, 大規模な土留め工事が多くなり, 電算によるシミュレーションは不可欠なものとなっている。本プログラムを使用することにより, 設計施工業務の軽減がはかれれば幸いである。今後の目標としては, 施工しながら計測したデータを基に, 最適化手法により次の掘削段階を予測する情報化施工が導入されつつあり, 本プログラムも計測と解析が一体化したシステムに拡張していきたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会: 共同溝設計指針, 1986.
- 2) 建設省土木研究所: 掘削土留工設計指針, 1982.
- 3) 土木学会: トンネル標準示方書, 1986.