

III-237

軟弱粘性土地盤に根入れされた山留め工の掘削時挙動解析

NKK 基盤技術研究所 正員 関口 宏二
 岐阜大学 工学部 正員 岡 二三生

1. はじめに

最近、軟弱層が厚く堆積しているため、山留めを良好な支持層に根入れさせることができず、軟弱な粘性土層に山留めが浮いている状態、を対象とした工事が増えてきた（田中ら，1989；杉本ら，1989）。こうした現場では、中間杭の浮き上がりによる切梁の変形などにより、工事を中断し対策を施した事例も報告されている。こうした工事における設計・施工管理に資するために、有限要素解析手法の適用性を、あるケースヒストリーの解析を通じて検討したのでここに報告する。

2. 計測事例（田中ら，1989）

羽田沖合展開一期工事の一環として、アクセス道路を建設するために、大規模な掘削が行なわれた（幅 35 m、深さ 11 m、延長 560 m）。Fig.1 に建設地点の地盤条件を、また土留め構造の断面図の一例を Fig.2 に示す。土留め壁としては、VL型鋼矢板が採用された。工区1～3では、掘削に伴い、土留め壁の大きな水平変位（Fig.3）と、中間杭の顕著な浮き上がり（Fig.4）が計測されたため、4次掘削は一時中断された。

3. 解析条件

解析手法として、仮想粘塑性法（Zienkiewicz & Corneau, 1974）に基づく弾塑性解析プログラムを用いた。地盤は Mohr-Coulomb の破壊基準に従う弾塑性体、矢板は梁要素、地盤と矢板の間は滑りを考慮した非線形ジョイント要素を用いた。また、計算の効率化をはかるために、仮想粘塑性パラメータの最適化手法を用いた（Sekiguchi et al., 1990, 1992）。地盤のヤング係数 E は、次の経験式に基づき推定した。

沖積粘性土（AS）： $E = 210 \cdot C_u$

沖積砂質土（AC）： $E = 280 \cdot N$ (tf/m^2)

ここに、 C_u = 粘性土の非排水せん断強度（ $= q_u/2$ ）、 N = 標準貫入試験 N 値。

ところで、土留め壁に大きな水平変位が発生する場合には、掘削底面下の土も大きく変形し、ピーク強度を超える程度のひずみが発生していると考えられる。この場合、掘削底面下で発揮されている土の強度は、ピーク強度と残留強度の間に位置することになる。この Strain Softening の影響を、弾・完全塑性モデルを用いた解析で考慮するために、土田ら（1989）の提案式に新たな補正係数 c_6 を付加して、掘削底面下の地盤の非排水せん断強度 s_u^e とすることを考えた。

$$s_u^e = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 \cdot c_6 \cdot (q_u/2)$$

ここに、 q_u = 粘性土の一軸圧縮強度の平均値、

$c_1 \sim c_5$ = 土田らの提案する補正係数、 c_6 = Strain

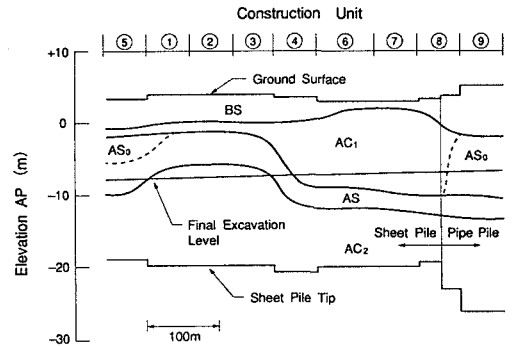


Fig.1 地盤条件と工区分割図（田中ら，1989）

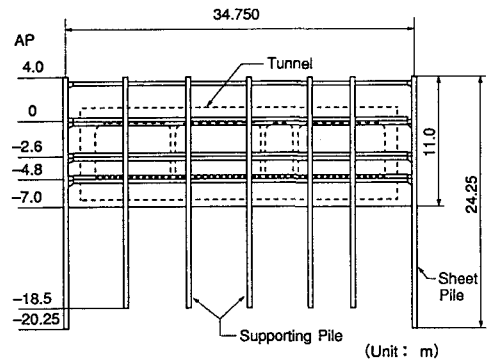


Fig.2 土留め構造の断面図（田中ら，1989）

Softening の影響を考慮するための補正係数 ($c_6 < 1.0$)。

4. 解析結果

各種条件で解析を行なったが、ここでは c_6 が掘削底面レベルで 0.25、矢板先端レベルで 0.5 とし、その間は直線的に増加するものと仮定したケースの結果について紹介する。

Fig. 3 に、3次および4次掘削後の矢板の水平変位の実測値と計算値を比較して示す。同図より、実測水平変位の測定精度を考慮すれば、両者の対応は比較的良好といえよう。

Fig. 4 に、3次および4次掘削後の地盤の浮き上がり量の実測値と計算値を比較して示す。同図より、実測値と計算値は比較的良好対応をしていることがわかる。

Fig. 5 に、4次掘削終了時の地盤内の塑性破壊領域を示す。掘削底下部に受動破壊領域が形成されていることがわかる。4次掘削解析時には、粘塑性アルゴリズムによる収束計算の過程で不平衡力が振動を始め、数値計算上も地盤の不安定化（破壊）を示唆する現象が現れた。なお、矢板に加わる水平土圧分布や切梁軸力に関しても実測値と計算値とで良い一致度がみられた。

以上の検討より、ここで仮定した地盤の強度定数により、実際に計測された地盤～土留め構造系の挙動が精度良く説明できたと言える。

5. あとがき

本研究で提案した補正係数 c_6 は、施工法や現場の条件に強く依存すると考えられる。したがって、本研究で実施したようなケースヒストリーの解析を積み上げて、この補正係数に関する情報を集めることが重要であると思われる。

謝 辞

本研究に関して貴重な御意見をいただいた京都大学工学部 足立紀尚教授、ならびに運輸省港湾技術研究所土質部 小林正樹部長・田中洋行室長に感謝いたします。

参考文献

- 1) 田中洋行ら (1989)：港湾技術研究所報告、第28巻 第4号、pp.25-54.
- 2) 杉本隆男 (1989)：土と基礎、37-5、pp.5-10.
- 3) Zienkiewicz, O.C. and Corneau, I.C. (1974)：Int. J. Num. Meth. Engng., Vol.1, pp.75-100.
- 4) Sekiguchi, K. et al. (1990)：Computers and Geotechnics, 10, 33-58.
- 5) Sekiguchi, K. et al., (1992)：Soils and Foundations, Vol.32, No. 3, pp.1-14.
- 6) 土田 孝ら (1989)：港湾技術研究所報告、第28巻 第3号、pp.81-145.

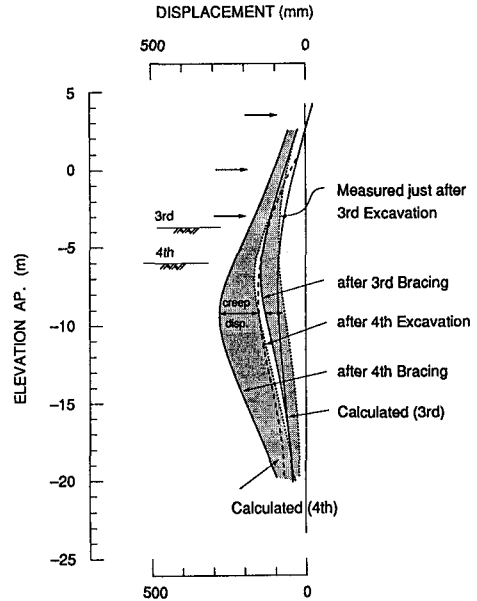


Fig. 3 矢板の水平変位の実測値と計算値の比較

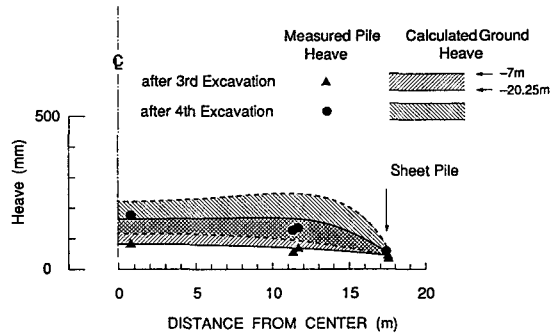


Fig. 4 地盤の浮き上がり量の実測値と計算値の比較

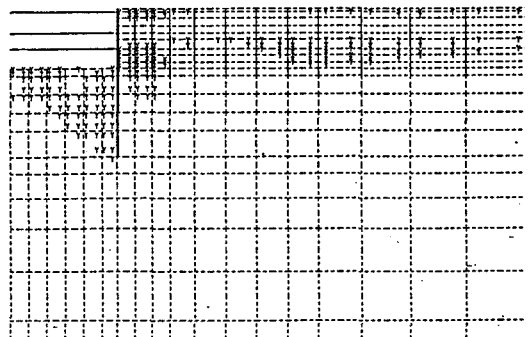


Fig. 5 地盤内の塑性破壊領域図 (Y が塑性化している積分点に対応する)