

Ⅲ-520 修正パウエル法を用いた土留め壁の逆解析事例

大阪市交通局 正会員 岸尾 俊茂 仲井 信雄
 (財)大阪土質試験所 正会員 有本 弘孝 譽田 孝宏
 株式会社 ナック 正会員 ○ 高見 邦幸

1. はじめに

近年、大都市では大規模・大深度の基礎工事や近接工事が増加しており、厳しい施工条件のもとで掘削工事が行われるようになって来た。しかし、土留め工の設計に対して最も支配的な要因となる掘削中の土留め壁に作用する側圧については、十分に解明されているとはいえない。

今回、大阪市内の地下鉄工事での現場計測データに対して修正パウエル法による逆解析を行うことにより掘削中の土留め壁に作用する側圧に関して事前設計側圧との比較・検討を行った。

2. 解析手法

・逆解析手法

直接定式化法に分類される非線形最適化手法の一つである“修正Powell法”を用いる^{1), 2)}。

修正Powell法は共役勾配法等のような勾配計算を必要としないために、収束に多くの繰り返し計算となるがアルゴリズムが比較的簡明であることまた、逆解析パラメーターに任意の物理量を選択できること等の利点がある。

・構造モデルと剛性方程式

構造モデルは、図-1に示すような2段以上の切梁によりバネ支承されたハリモデルを用いる。

・既知および未知パラメーター

既知パラメーター：土留め壁の水平変位、切梁軸力、切梁のバネ係数。

未知パラメーター：側圧は図-1に示すよう土層境界を直線で結ぶ折れ線分布とする。すなわち掘削面以浅は土層下端、また掘削以深では土層上端での側圧を未知パラメーターとする。なお壁の上下端では零とする。

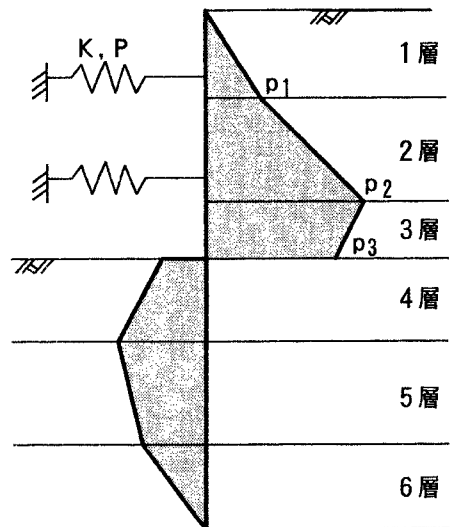


図-1 逆解析構造モデル

・掘削面以深での側圧分布

上述したように切梁支点は実測された水平変位量と軸力値を考慮に入れたバネ支承としたことにより静的に安定したハリ構造となる。逆解析より得られた掘削以深の側圧分布は、土留め架構を安定させるに必要な正味(ネット)の側圧を与える。すなわち、この側圧は従来弾塑性法等で別々に考えられてきた背面側側圧と掘削面側反力の差を表すものである。

3. 現場掘削工事への適用

本工事は大阪市交通局の地下鉄鶴見緑地線京橋駅築造工事であり、土留め壁はφ500mmの鋼管矢板、最終掘削深度は20.6mである。掘削横断面図および土質柱状図を図-2に示す。

地盤は地表よりGL-18m程度まではN=1~6の沖積粘性土が主体であり、その下部にはN値50程度の洪積砂れき層が堆積している。土留め壁は洪積砂れき層内に約3m根入れされている。

逆解析は掘削途中の3次掘削時(GL-8.6m)および7次掘削時(GL-18.7m)について行った。逆解析結果として

土留め壁の実測水平変位と逆解析結果を図-3～図-4に示す。逆解析の収束判定基準は、実測変位を U_m 、計算値を U_c とした時、最大偏差量に関して $|U_m - U_c|_{\max} < 0.2 \text{ cm}$ 、あるいは標準偏差 $S(=\sqrt{\sum (U_m - U_c)^2 / N})$ が $S < 0.01 \text{ cm}$ の内いずれかを満たすまでとした（ここで N :データ個数）。

逆解析からの側圧分布図には、事前土質調査結果等からランキン・レザール式で評価される側圧分布を破線で併示した。3次、7次ともおおむね両者の側圧はよく一致している。ただ、沖積粘性土層内の砂層部ではランキン・レザール式からの側圧が逆解析結果よりも幾分大きな値を示しているが、これは事前段階で想定した砂層の間隙水圧が実際の施工中の水圧とは異なるためと考えられる。

7次掘削時を子細に見ると、土留め壁頭部と掘削付近での側圧が小さくなっており全体的に弓形分布を示している。土留め壁頭部の側圧が小さい要因として、現実の土留め壁頭部では覆工桁の存在による拘束効果があるものと考えられるが解析ではこの効果を考慮できていないことが挙げられる。次に、掘削面付近の側圧が小さい要因として、工事中的洪積砂れき層からの揚水に伴う地下水低下が考えられる。

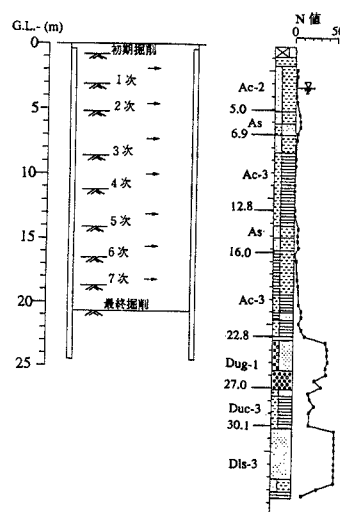


図-2 掘削断面

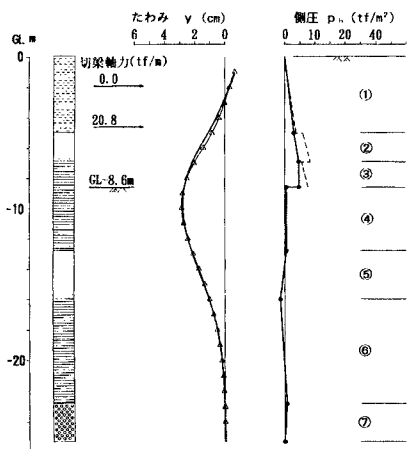


図-3 3次掘削時逆解析

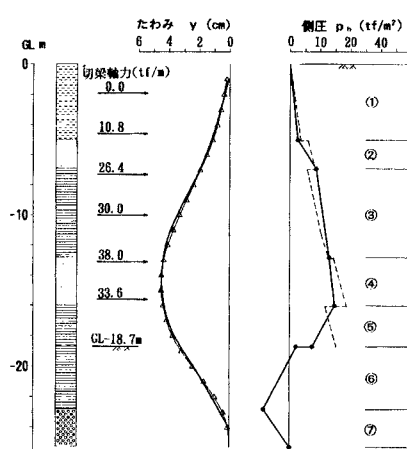


図-4 7次掘削時逆解析

掘削面以深の正味の側圧に関しては、3次掘削時では壁の背面と前面との側圧差は小さく、したがって正味の側圧は非常に小さい。これは掘削面のまでの背面側側圧と切梁軸力がうまくバランスしていることを示している。一方、7次掘削時では壁変形の発生に伴い負の側圧、すなわち掘削側地盤の反力のほうが背面側側圧を上回っていることを示している。

4. おわりに

掘削面以深の土留め壁に作用する側圧は従来の弾塑性法では背面側側圧、掘削面側の静止土圧、最大受働側圧、水平地盤反力係数と多くの要因やパラメーターに支配されている。合理的な土留め壁の設計方法の確立のためには、今後、数多くの計測事例に対して逆解析を適用し、土質による違い、設計側圧との比較・検討することが有効と思われる。

参考文献

- 1) Zangwill, I. (1967): "Minimizing a Function without Calculating Derivatives", Computer J. No. 10
- 2) 高見 他 (1992): "最適化手法による土留め壁の逆解析", 土木学会第47回年次学術講演会, III-450