

大阪市 久保田健史
(株) 鴻池組 正員 伊藤 廉
平 治

1. はじめに

切梁を用いた大規模掘削工事においては、土被り圧の減少によつて生じる地盤のリバウンドを定量的に把握し、切梁への影響を的確に把握することが重要な問題となる。本検討は図-1に示す処理場建設工事において、深さ21.6(6次掘削)、面積5800²におよぶ大規模掘削を行なったときの地盤のリバウンド量と、圧密算定式および有限要素法の2種類の方法を用いて解析した結果と実測結果について比較検討し、解析方法の妥当性と地盤のリバウンド性状について報告するものである。

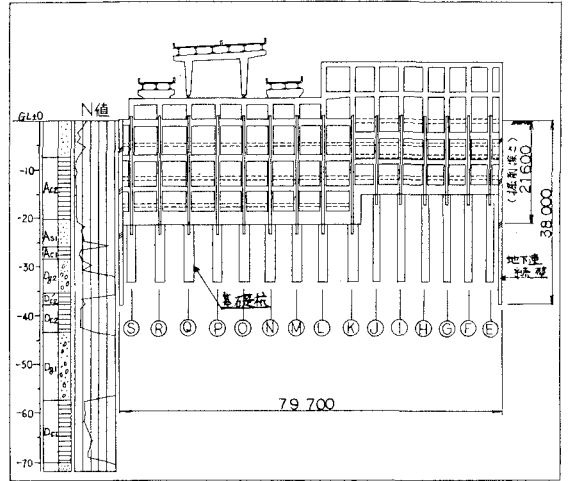


図-1 断面図

2. 解析方法

(1) 圧密算定式

リバウンド現象が繰返し圧密試験における除荷過程に対応すると考え、①式により各掘削段階のリバウンド量を算定した。

$$\delta = \frac{Cr \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad \text{--- ①}$$

ここに δ : 各層のリバウンド量, H : 層厚
 e_0 : 初期間隙比, Cr : 膨張指数
 P_0 : 初期有効応力

ΔP : 土被り圧の減少による有効応力変化

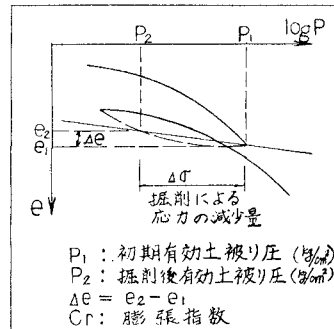


図-2 繰返し圧密試験

表-1 膨張指数

層記号	膨張指数
Ac1	0.005
As1	0.04
Dg2	0.002
Dc2	0.033
Dc2	0.022
Dg1	0.005
Dc1	0.045

繰返し圧密試験は図-2に示したように、掘削前の有効土被り圧に近い圧密圧(P_1)まで載荷した後、掘削後の有効土被り圧に近い圧密圧(P_2)まで静的に除荷する方法を用い、得られた $e - \log P$ 曲線より、②式により膨張指数(Cr)を求めた。

$$Cr = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2 + \Delta \sigma}{P_2}} \quad \text{--- ②}$$

表-1は、試験結果から得られた各層の膨張指数である。

(2) 有限要素法

リバウンド現象が繰返し三軸圧縮試験の除荷過程に対応すると考え、除荷時の弾性係数を用いて図-3に示した有限要素モデルでリバウンド量を算定した。繰返し三軸圧縮試験は、図-4に示したように $\sigma_3 = 0.5 P'$ (P' : 掘削前の有効土被り圧)による等方圧密を行ない、 σ_3 を一定に保ち、たまた掘削前の有効土被り圧(P')による

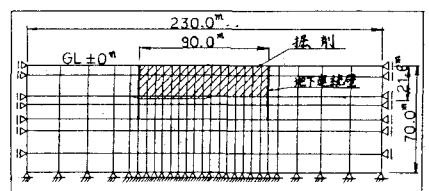


図-3 有限要素法解析モデル

まで載荷し、その後軸圧がゼロになるまで静的に除荷する方法を用い、掘削による応力の減少量に対応する $\Delta\sigma$ と ΔE より除荷時の弾性係数(E_R)を求めた。その結果は、表-2に示すとおりである。リバウンド量は、図-3の掘削部の土の重量を掘削段階毎にゼロとすることにより算定した。

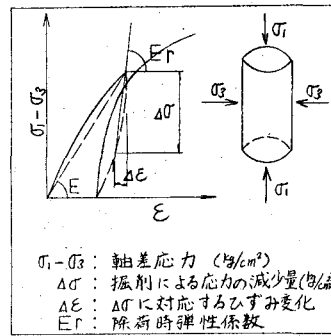


表-2 除荷時弾性係数

層記号	弾性係数 (kg/cm ²)
Ac ₁	450
As ₁	300
Dg ₂	3000
Dc ₂ '	700
Dc ₂	1500
Dg ₁	5500
Dc ₁	1600

3. 解析結果と実測値の比較

解析結果と実測結果を図-5に示した。実測値は、最上段切梁位置 (G.L.±0) のリバウンド量を通過管式沈下計によって測定したものと、層別沈下計によって地盤各層 (G.L.-21.6~-70.0) のリバウンド量を測定したものである。最終リバウンド量の実測値は87^{mm}と68^{mm}であり、地盤のリバウンド量が最上段切梁のリバウンド量より20^{mm}程度大きな値となった。これは、基礎杭の位置にある沖積層 (As, Ac) のリバウンドが完全には杭に伝達されなかったことが原因と考えられる。解析値は圧密算定式および有限要素法ともほぼ同じ値となり、最終リバウンド量は最上段切梁の実測値に近い64^{mm}程度であった。また、図-6に示したように解析値と実測値のリバウンド形状はかなりの精度で近似し、今回用いた解析法は実際のリバウンド量を表現するのに十分な精度を有していると考えられた。表-3は、図-5に示した層別リバウンド量の実測値から逆算した膨張指数および除荷時の弾性係数を示したものであるが、膨張指数の逆算値は一部 (Dc₂, Dc₂')を除いて繰返し圧密試験の結果とよく近似した。Dc₂, Dc₂'の膨張指数は、実測値の方が倍程度大きな値を示したが、

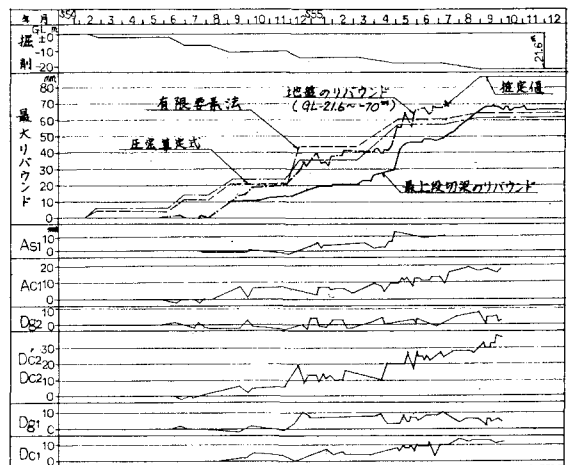


図-5 リバウンド量の時系列変化

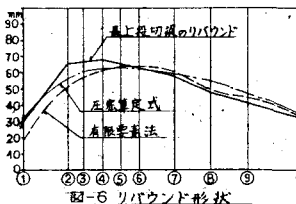


図-6 リバウンド形状

表-3 土質試験と実測値の比較

層記号	膨張指数 繰返し圧密試験 逆算値	膨張指数 繰返し圧密試験 実測値	除荷時弾性係数 繰返し圧密試験 逆算値	除荷時弾性係数 繰返し圧密試験 実測値
Ac ₁	0.005	0.005	450	1000
As ₁	0.040	0.040	300	250
Dg ₂	0.002	0.004	3000	4500
Dc ₂ '	0.033	0.083	700	150
Dc ₂	0.022	0.060	1500	170
Dg ₁	0.005	0.007	5500	4700
Dc ₁	0.045	0.042	1600	700

この層は連続壁の根入れ部に位置しているため (図-1)、掘削の進行に伴って連続壁による拘束が解除され、地盤内応力に不均衡が生じたことが原因と思われる。一方、弾性係数の逆算値は、砂質土では繰返し三軸圧縮試験の値に近似したが、粘性土では $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ という小さな値となった。これは、解析の段階で想定した各層のひずみレベルと、実際の地盤のひずみレベルがかなり異なっていたことが主な原因であるが、リバウンド現象のような、ひずみレベルの小さい領域を扱う問題 (今回の平均ひずみ量は0.1%) においてはE-Eの関係が指数関数的に変化するため、事前にひずみ大きさを正確に把握し、それに合わせた力学試験を行うことが今後の課題であると考えられる。

4. おわりに

大規模掘削工事に於いて、掘削に伴う地盤のリバウンド量を事前に解析することにより切梁の変形量を算定したが、その後リバウンド量を実測することにより、今回の解析手法として用いた圧密算定式および有限要素法は実際の挙動をかなりの精度で表現できると考えられた。