

III-560

大規模掘削工事における近接構造物の挙動予測

大阪市建設局 正員 黒山 泰弘 正員 西川 匡
 鹿島建設(株) 正員 日野 勝 正員 吉川 正
 正員 森川 誠司

1. はじめに

本工事は、大阪梅田地区の高層ビル群の間に放射状に配置された公共道路敷(幅20~40m、総面積約20,000m²)をほぼ全面にわたって掘削し、深さ約20mの地下2層の構造物を建設するものである。工事区域周辺の現況平面図を図-1に示す。本工事は、広範囲に既設構造物の地下壁を土留壁として利用した近接施工であり、既設構造物への影響を避けるためには、慎重な計測管理と計測結果に基づく次工程の挙動予測が必要となる。そこで、複雑な掘削形状による地盤ならびに既設構造物の三次元挙動を事前に把握するための三次元FEM掘削解析¹⁾を行うとともに、計測結果を用いた二次元FEM逆解析による近接構造物及び周辺地盤の挙動予測と安全性の評価を行った。本報告ではそれらの内、二次元FEM逆解析結果を中心に紹介する。

2. FEM逆解析と解析条件

本報告で用いた逆解析手法²⁾は、非線形最小二乗問題に非常に適していると言われる構造化準ニュートン法³⁾と二次元FEM弾性解析を組み合わせたものである。図-2に解析モデル(図-1におけるA-A'断面)と事前に行った二次元設計解析⁴⁾に用いた物性値を示す。地盤は直交異方性の弾性体と仮定し、設計解析では、水平方向弾性係数 E_h を粘性土: $E_h=3000\text{Ctf/m}^2$ (C:粘着力)、砂質土: $E_h=280\text{Ntf/m}^2$ (N:N値)から求め、鉛直方向弾性係数 E_v はPS検層から求められた弾性係数の1/2とした。本工事では、切梁プレロード工法により地下街2号線の掘削が先行して行われ、引続き4号線の掘削を行う工程であるため、逆解析及び予測解析は、地下街2号線掘削終了時(以下、ステップ1)と地下街4号線掘削終了時(以下、ステップ2)に対して行った。

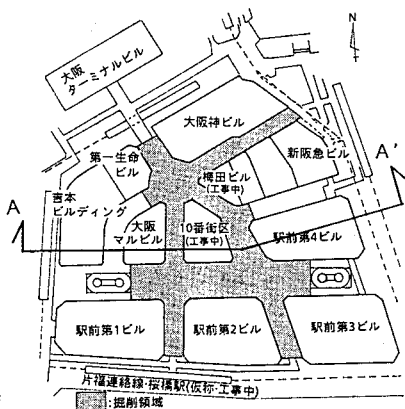


図-1 現況平面図

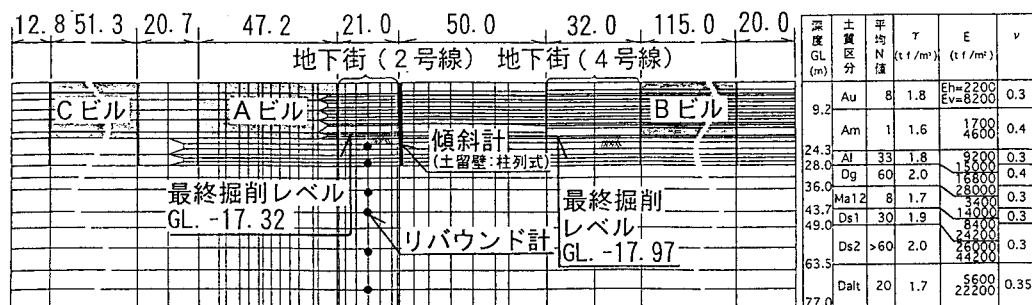


図-2 解析モデル

3. ステップ1における逆解析結果

掘削工事開始時に行っていた揚水試験が終了した段階(既にGL-9.2m掘削)の地盤変位を初期値として、ここからの増分計測値を用いてステップ1の逆解析を行った。逆算する物性としては、各層の弾性係数のみとした。図-3及び図-4は、土留壁の水平変位及びリバウンドに関する逆解析結果と設計解析結果の比較であり、図-5は、近接高層ビル地下階に関する計測値と逆解析値の比較である。表-1は、逆算された各土層の弾性係数を示している。これらの図表から、土留壁の変位については、計測値が設計解析結果を大きく上回り、Am層・Al層の弾性係数が設計解析時には過大に設定されていたことがわかる。掘削により土留近傍のAm層・Al層が乱され、地盤の剛性が大きく低下したことが考えられる。リバウンドについてはDg層・Ma12層

で設計時の値の約2倍の弾性係数を用いれば計測値と一致することがわかる。また、逆解析結果は、近接高層ビルの挙動について良い精度で再現していることがわかる。

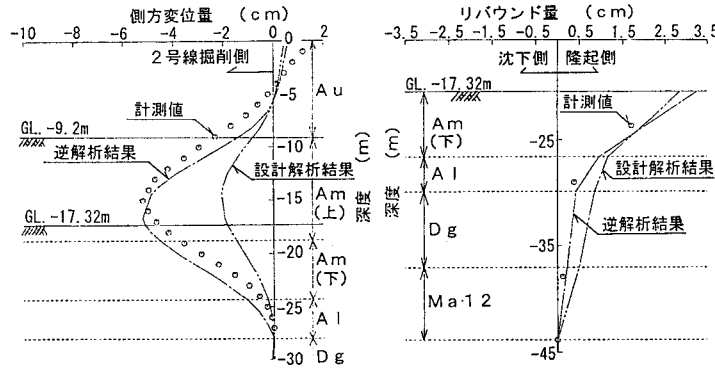


図-3 土留壁変位(増分)の計測値と逆解析結果(ステップ1)の比較

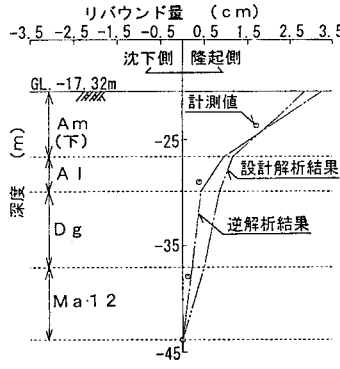


図-4 リバウンド(増分)の計測値と逆解析結果(ステップ1)の比較

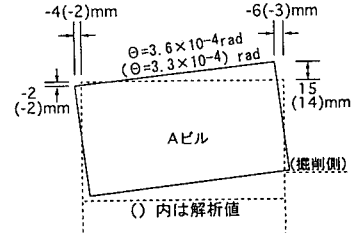


図-5 近接高層ビルの変位の計測値と逆解析結果(ステップ1)の比較

4. ステップ2における予測解析結果

ステップ2における計測値(掘削開始からの累計値)と予測解析結果の比較を図6～図8に示す。ステップ2では4号線以外に2号線と4号線間の10番街区の掘削工事がGL-3mまで行われたが、その掘削工事に伴う土留壁変位及びリバウンドの変化はほとんど見られず、予測解析でも同様の結果が得られている。一方、近接高層ビルの予測鉛直変位は13mmでステップ1からむしろ減少するのに対し、実際は21mmと逆に増加している。これは、4号線以外の他工区での掘削が大きく影響しているためと考えられ、前述の三次元解析¹⁾でも定性的には同様の傾向が得られている。また、本予測解析結果から得られた各ステップにおける近接高層ビルの傾斜と基礎杭の応力は許容値を十分に下回ることがわかり、本ビルの安全性を確認することができた。

表-1 逆算された弾性係数

土層	逆解析 E_H (tf/m ²)	逆解析 E_V (tf/m ²)
Au	---	---
Am(上)	140	3970
Am(下)	151	3970
Al	4230	7620
Dg	---	45000
Ma12	---	36210
Ds1	---	---
Ds2	---	---

“---”は、設計解析と同じ値を予測解析に用いた事を意味する

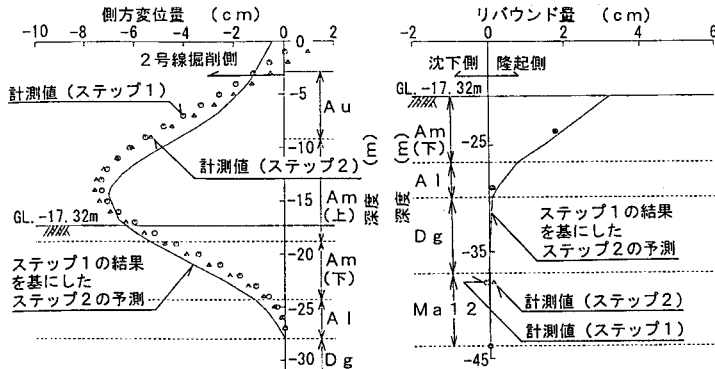


図-6 土留壁変位の計測値と予測解析結果(ステップ2)の比較

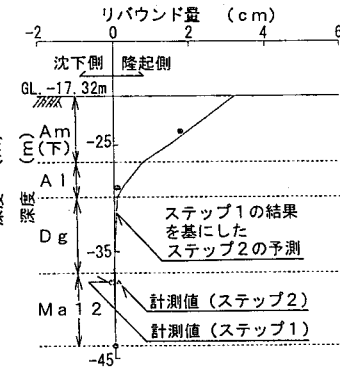


図-7 リバウンドの計測値と予測解析結果(ステップ2)の比較

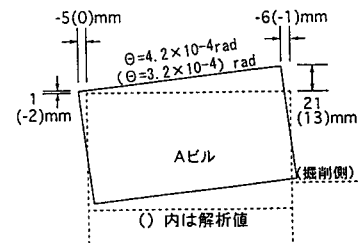


図-8 近接高層ビルの変位の計測値と予測解析結果(ステップ2)の比較

5. おわりに

以上の検討により、近接施工に対するFEM逆解析の有用性がある程度確かめられるとともに、周辺構造物の安全性が確認され、掘削工事を順調に進めることができた。しかし、本解析では地盤の非線形性や揚水の影響及び三次元挙動を定量的に逆解析へ反映しておらず、今後それらの課題について検討する予定である。なお、本工事を進めるに当たり建設技術委員会(伊藤委員長)には貴重な御意見を賜ったことを深謝する。

<参考文献> 1)黒山他(1993):「三次元挙動を考慮した大規模掘削工事の情報化施工」土木学会第48回年次学術講演会VI-PS4, pp.8~9.

2)松本他(1990):「二次元弾性連成逆解析を用いた土留掘削工の挙動予測」第26回土質工学研究発表会, pp.1523~1524. 3)J. E. Dennis, Jr. et al. (1981):“An Adaptive Nonlinear Least-Squares Algorithm”, ACM TMS, Vol.7, No.3, pp.348-368. 4)黒山他(1994):「大規模掘削工事における近接高層ビルの挙動について」第29回土質工学研究発表会