除荷問題における三次元効果に関する検討

JIP テクノサイエンス（株）　正会員　○伊藤　肇
中央大学　フェロー会員　太田秀樹
神戸大学　フェロー会員　飯塚　敦

１．はじめに

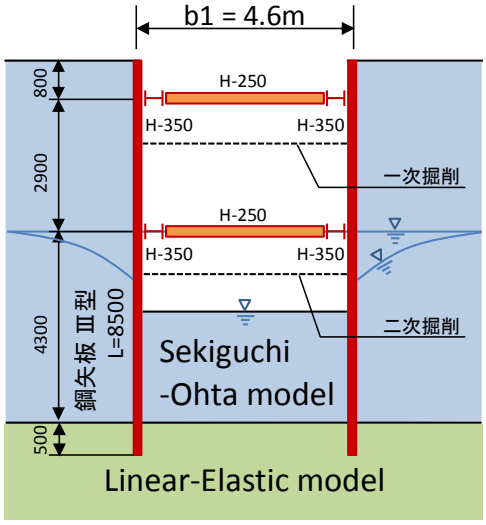
将来予測を目的に実施される有限要素法による地盤解析の結果は，唯一無二の予測値として重要な意思決定の根拠に使用される場合があるが，本来は様々な不確かさを有するものである．その中でも三次元的な問題に二次元解析を適用することで生じる不確かさは過大な変位の予測となる場合が多く，合理的な評価方法の確立が望まれる．

一方で，近年のハードウェア，ソフトウェア技術の発展は，大規模な三次元解析を一般的なコンピュータで実施可能とし，地盤解析による予測精度の向上に大きく寄与するものである．そこで本研究では，一般的な除荷問題に対して，二次元解析の適用性と三次元効果の特色を調査するため，三次元有限要素法によるパラメトリック解析を実施した．

２．パラメトリック解析

検討対象は図１に示す粘性土地盤における掘削幅 b1＝4.6m の山留め掘削の問題とした．三次元の FEM モデルは図２に示すように奥行方向の掘削幅 b2 を 70m から 10m に変化させた８モデルとし，b2=70m の場合，掘削幅が全幅となり二次元モデルにほぼ一致する条件となる．粘性土地盤に使用する構成モデルは関口・太田モデル（弾塑性）とし，各パラメータは塑性指数を 20%として推定式により設定した．鋼矢板は鉛直方向と水平方向の剛性が異なる直行異方性のシェル要素とし，地盤要素との界面にはインターフェース要素を設置して Coulomb 摩擦による滑り抵抗を設定した．また，切梁・腹起し・火打梁にはビーム要素を用いた．

解析には地盤専用有限要素プログラムである PLAXIS3D 2016 を使用し，地下水位の変動を考慮した土-水連成の段階施工解析を実施した．



	Phase	掘削深	期間
1	鋼矢板設置	―	1.0day
2	一次掘削	1.8m	1.0day
3	一段目切梁設置＋二次掘削＋水位低下	4.7m	1.0day
4	二段目切梁設置＋最終掘削	5.5m	1.0day

図１　検討対象

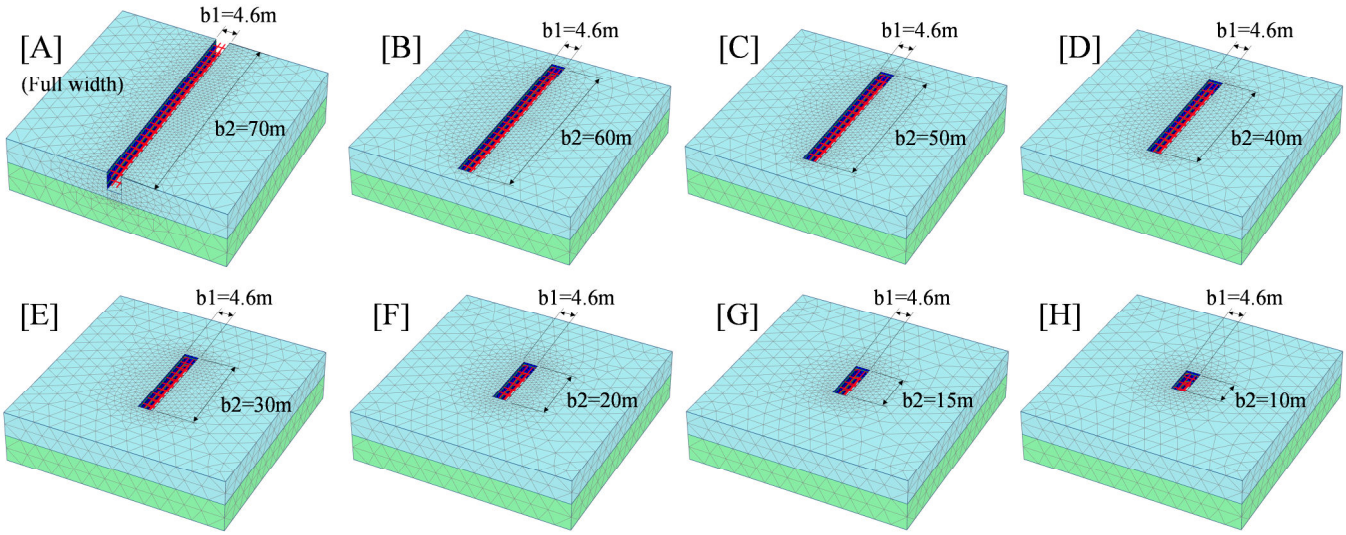


図２　掘削幅を変化させた FEM モデル

キーワード：山留め掘削／有限要素法／粘性土
連絡先：〒532-0011　大阪市淀川区西中島 2-12-11／TEL：06-6307-5462／hajime_itou@cm.jip-ts.co.jp

3．三次元効果の確認

奥行方向の掘削幅 b2 を変化させたパラメトリック解析を実施し，以下の性状を確認した．

(1)矢板背面の水平変位は，両端部において三次元的な拘束効果が生じるが，その範囲は b2 に関係なくほぼ一定となり，矢板の背面に沿って水平変位をプロットすると図 3(a)のような平行線となる．また，b2 が小さくなり，両端部の拘束効果の範囲が重なると掘削中心の水平変位は二次元状態から乖離し始める．

(2)矢板背面の沈下量は図 3(b)のように b2 の減少にしたがって徐々に小さくなる曲線群を描く．

(3)掘削底面のリバウンドによる隆起量は，図 3(c)のように b2 の影響を受けにくく，ほぼ一定値となる．

(4)各モデルの矢板背面の水平変位，沈下量および掘削底面の隆起量の最大値について，モデルＡの変位との比をとり三次元効果係数として計算した．

$$三次元効果係数 = \delta_{max} / \delta_{max(Full_width)}$$

この数値は1.0から乖離するに従い三次元効果が無視できなくなること，すなわち，二次元解析からの乖離度を示す指標となる．図 3(d)に三次元効果係数と掘削幅の比 b2/b1 の関係を示す．各部の変位の三次元効果は，b2/b1 に対して異なる性状を示し，二次元解析に応力解放率のような一意的な係数を乗じる評価方法も合理的ではないことを示唆している．

4．結論と展望

一般的な橋脚のフーチングや建築物の基礎の施工における掘削工事の b2/b1 は 1～3 程度である事が多く，有限要素法による検討を実施する場合，本研究で得られた知見からは三次元解析の適用が望まれる．また，今後の展望としては，地盤解析における三次元効果が地盤の構成モデルやパラメータの選択によって受ける影響を把握し，複合的な不確かさを考慮した地盤解析技術の確立に向けた研究が必要であると思われる．

【謝辞】本研究にあたっては，地盤施工学現場事例研究会の皆様に丁寧かつ熱心なご指導を賜りました．ここに感謝の意を表します．

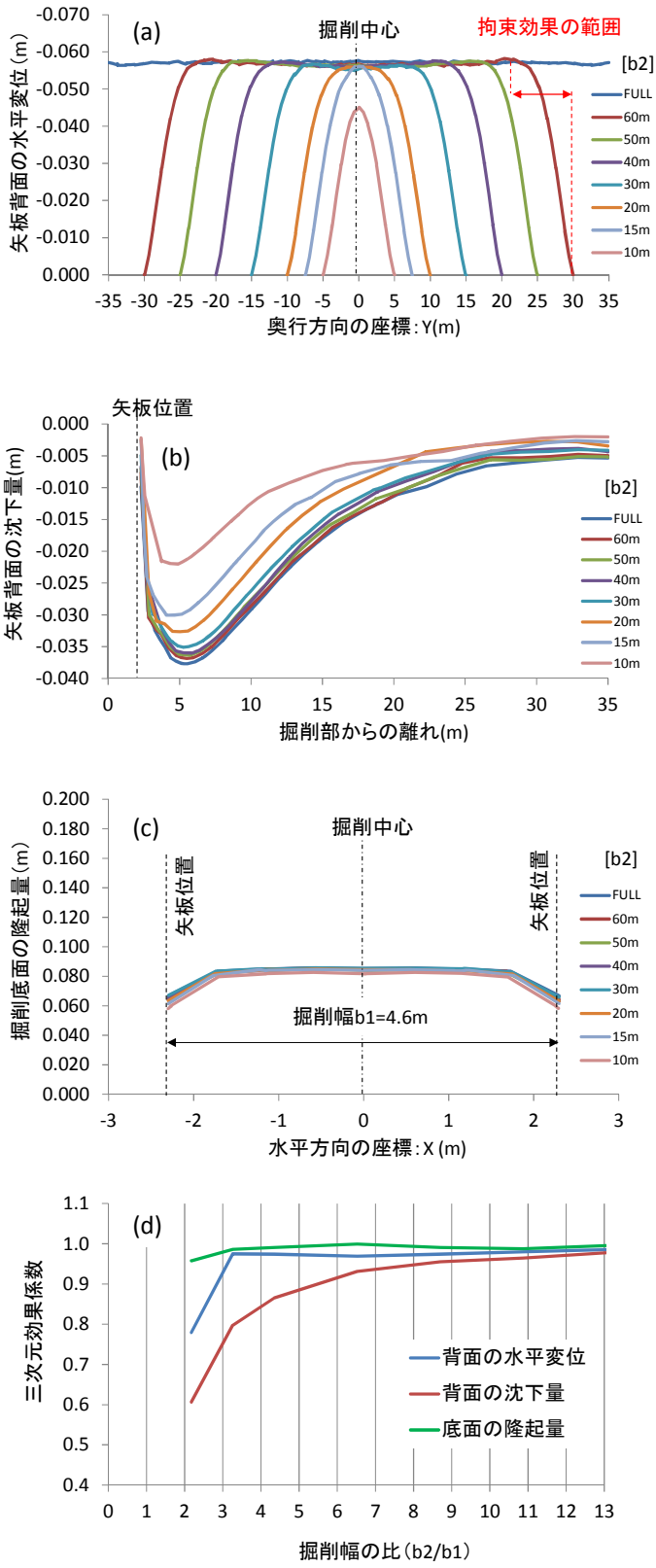


図 3　各部の三次元効果

【参考文献】

・Iizuka,A. and Ohta,H. (1987): A determination procedure of input parameters in elasto-viscoplastic finite element analysis, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87.

・小島謙一, 飯塚敦, 太田秀樹, 館山勝:掘削時における現場計測データを用いた周辺地盤の沈下管理手法, 土木学会論文集 No.694/Ⅲ-57.67-79,2001.12