

山留め掘削実験と解析における2次元と3次元の比較

日 衡 正会員 岩田 尚之
 名古屋工業大学 正会員 中井 照夫 正会員 檜尾 正也
 名古屋工業大学大学院 学生会員 井上 泰介 竹井 秀貴

1. 目的

山留め掘削の現場は2次元で行われているが現場は3次元である。開削トンネル等の長く連続した現場は2次元的に取り扱えても（これでも施工過程を考える時には3次元的取り扱いが必要）立坑等の深く掘削幅の狭い掘削現場は3次元効果が大きく影響すると考え、2次元及び3次元の実験と弾塑性有限要素解析によって特に3次元特性の確認を目的とする。

2. 実験概要

Fig.1に2次元モデル実験装置の概要を示す。幅50cm 高さ32cmの実験装置にアルミ棒積層体($\rho=20.4\text{kN/m}^3$)を地盤材料として用いた。実験装置はFig.1に示す通り側面に1辺を8cmとしたブロックが3段に設置され、それぞれ独立してスライドさせることが出来る。実験はこのスライドブロックを上から段階的にマイクロメータにて4.0mmまでスライドさせた。各段階で土圧分布と背面側の地表面変位の計測を行った。土圧分布は個々のブロックのそれぞれ独立した8個のロードセルにより測定し、背面側の地表面沈下はアルミ棒積層体の上方のスライドシャフト上を連続的に移動できるレーザー変位計とスライドブロックからの距離を装置上部に設置した超音波変位計により測定を行った。Fig.2に3次元モデル実験装置の概要を示す。幅50cm 高さ32cm 奥行き80cmの実験装置に地盤材料としてアルミナボール積層体($\rho=21.5\text{kN/m}^3$)を用いた。土圧分布及び背面側の地表面沈下の計測は2次元モデル実験と同様の計器を用いて行った。

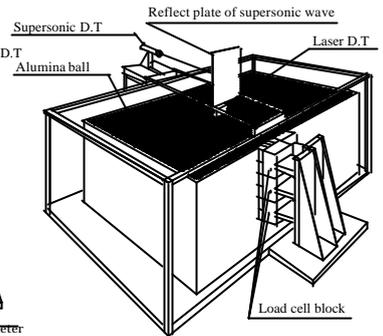
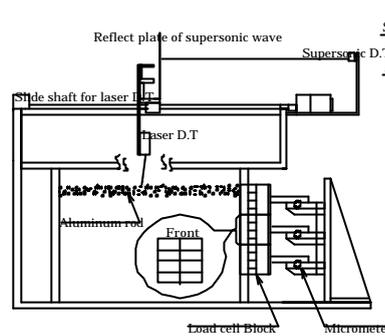


Fig.1 2次元モデル実験装置

Fig.2 3次元モデル実験装置

Fig.2に3次元モデル実験装置の概要を示す。幅50cm 高さ32cm 奥行き80cmの実験装置に地盤材料としてアルミナボール積層体($\rho=21.5\text{kN/m}^3$)を用いた。土圧分布及び背面側の地表面沈下の計測は2次元モデル実験と同様の計器を用いて行った。

3. 解析概要

2次元及び3次元共に等方硬化型の弾塑性構成式であるsubloading t_{ij} model¹⁾を用いて有限要素解析を行った。解析に用いたパラメータをTable.1に示す。従来の解析に用いているアルミ棒、アルミナボールと同様の値とした。初期地盤は単位体積重量($\rho=21.5\text{kN/m}^3$)を自重圧密させ、深さ方向に間隙比が分布するように算定した。解析に用いたメッシュ図をFig.3、Fig.4に示す。3次元解析の境界条件は底面を完全固定とし側面は水平方向のみ固定とした。2次元解析の境界条件も同様に底面完全固定とし側面は水平方向のみ固定とした。スライドブロックは該当接点に強制変位を与える手法により解析を行った。解析ケースは実験と合わせて上から段階的に4.0mmまで変位を与えたものと実験には無いがスライドブロック3段階同時に4.0mmまで変位を与えた場合の2種類について検討した。解析結果から土圧分布と地表面沈下の抽出を行った。

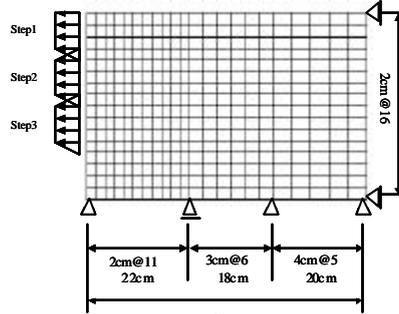


Fig.3 2次元メッシュ図

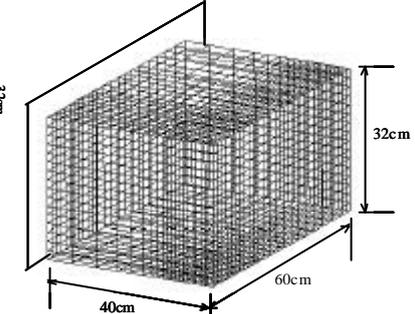


Fig.4 3次元メッシュ図

Table.1 パラメータ

l	0.008
k	0.004
N (e_{NC} at $p=98\text{kPa}$ & $q=0\text{kPa}$)	0.3
$R_{CS}=(s_1/s_3)_{CS}(\text{comp.})$	1.8
	1.2
n_s	0.2
a	1300

4. 結果と考察

ブロックを上から8cmづつ3段階にスライドさせたケースの土圧分布の比較をFig.5、地表面沈下の比較をFig.6に示す。ブロックを同時にスライドさせたケースの土圧分布をFig.7、地表面沈下をFig.8に示す。2次元および3次元とで実験結果と解析結果は良好な対応を示している。2次元ではブロックのスライドにより上下部で応力増加するが3次元では2次元ほど増加しない。これは2次元条件下では深さ方向のみアーチ効果を形成するのに対して、3次元条件下では水平方向でもアーチを形成するためである。このために1段目のブロックをスライドさせた時点では大きな違いは見られぬが2段目以降の土圧分布は2次元より3次元の方が低い傾向が実験と解析から確認できる。地表面沈下に関して2次元は緩やかに広く影響を受けるが3次元は局所的に影響を受けることが確認できる。また、Fig.6(a)、(c)のbottomとFig.8に同じ壁変位を最終的に与えているが地表面沈下量が2次元の場合と同様に異なっていることがわかる。このことから施工過程により地表面沈下量が変化すると考えられる。

キーワード 山留め、土圧、地表面沈下、有限要素解析

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学中井研究室 T E L052-735-7157

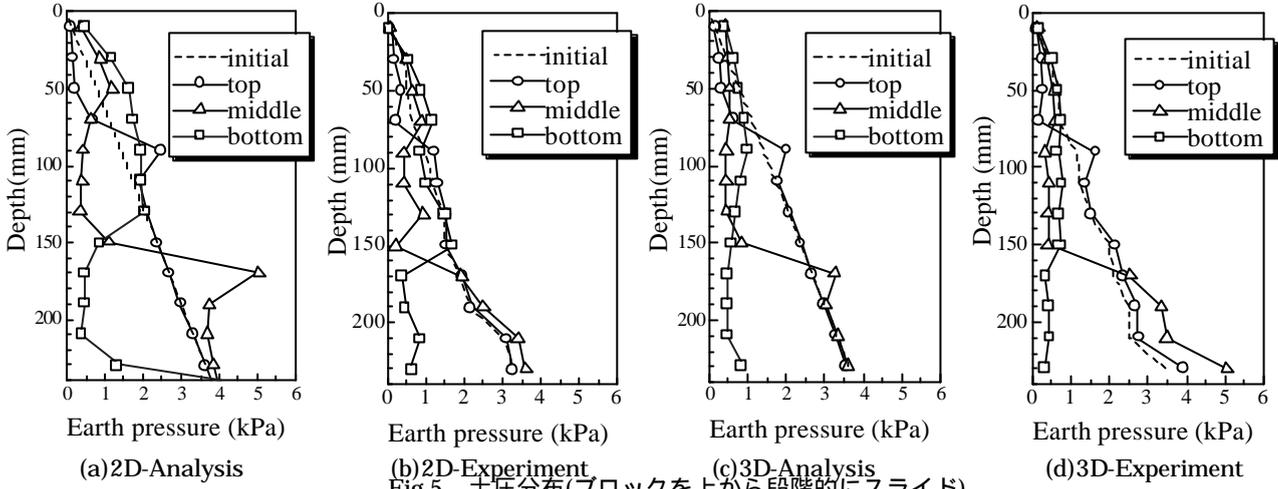


Fig.5 土圧分布(ブロックを上から段階的にスライド)

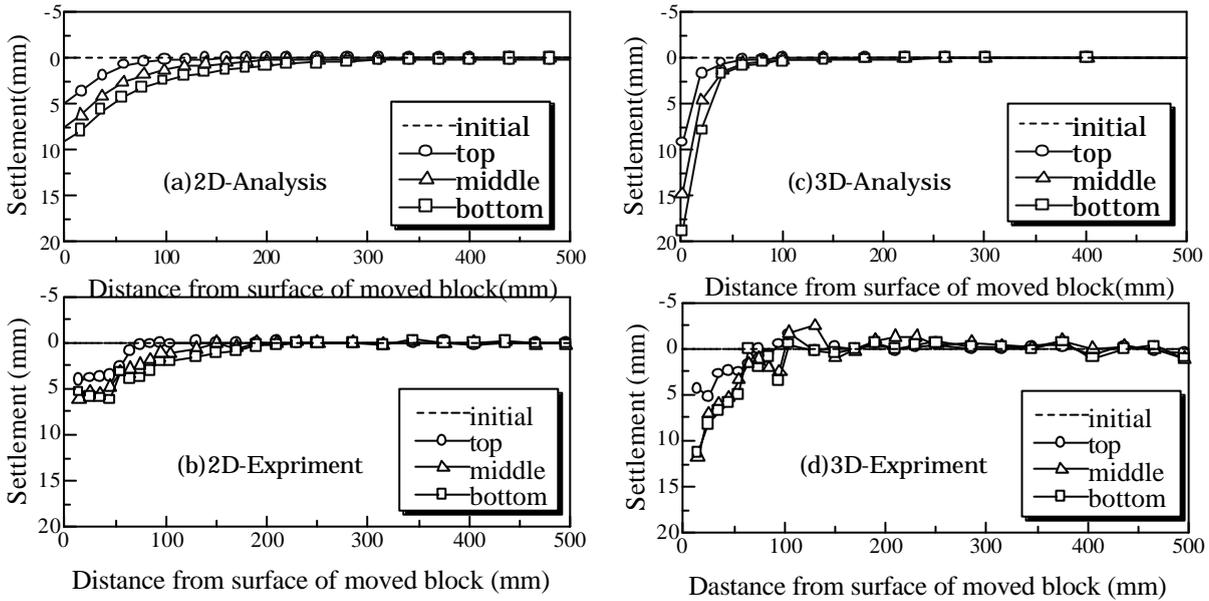


Fig.6 地表面沈下(ブロックを上から段階的にスライド)

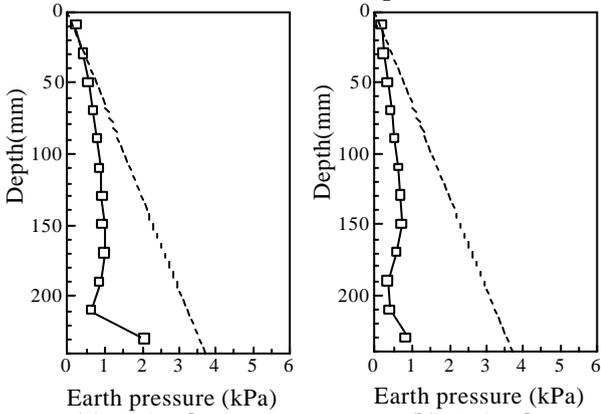


Fig.7 土圧分布(3ブロックを同時にスライド)

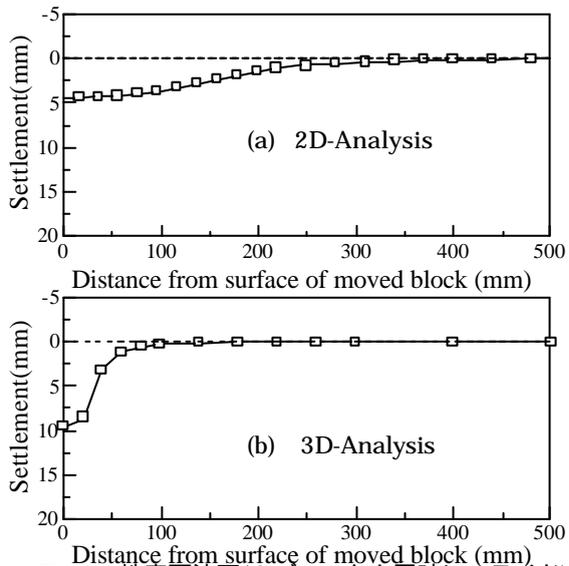


Fig.8 地表面沈下(3ブロックを同時にスライド)

参考文献

- 1) .Nakai, M. Hinokio : A Simple Elastoplastic Model for Normally and Over Consolidated Soils with Unified Material Parameters, Soils & Foundations, 2004, 44(2)
- 2) 井上, 中井, 檜尾, 岩田, 竹井 : 山留め掘削時における土圧・変形の3次元特性(その1) 2004年地盤工学研究発表会
- 3) 岩田, 中井, 檜尾, 井上, 竹井 : 山留め掘削時における土圧・変形の3次元特性(その2) 2004年地盤工学研究発表会
- 4) J. Nakai, H. Kawano, K. Murata, M., Banno, T. Hashimoto : Model Tests and Numerical Simulation of Braced Excavation in Sandy Ground : Influences of Construction History, Wall Friction, Wall Stiffness, Struts Potion and Strut Stiffness, Soils & Foundations Vol.39, No.3 June 1999