

たわみ性抗土圧構造物における地盤破壊現象の 弾塑性有限要素解析と実験

“Elasto-plastic finite element analyses and experiments about collapse analysis of flexible retaining structure by excavation”

岡島 賢治 , 田中 忠次
OKAJIMA Kenji* , TANAKA Tadatsugu*

1. はじめに

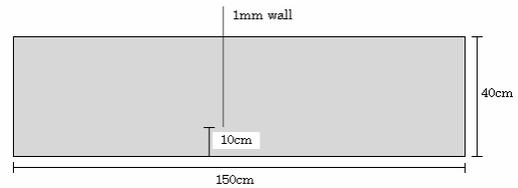
掘削を伴う抗土圧構造物は通常矢板など工事規模に対して非常に薄い鋼材料が用いられることが多く、このため施工において抗土圧構造物のたわみによる変形が非常に大きな問題となっている。そのため、たわみ性を表現しうる解析手法の確立が待たれている。しかし、掘削を伴う抗土圧構造物の転倒破壊問題について有効な解析手法がなく、解析と実験の両者から検討された研究は少ない。そこで、本研究では厚さの異なる壁体を用いてたわみ性の問題について実験と弾塑性有限要素解析による検討を行った。

2. 実験

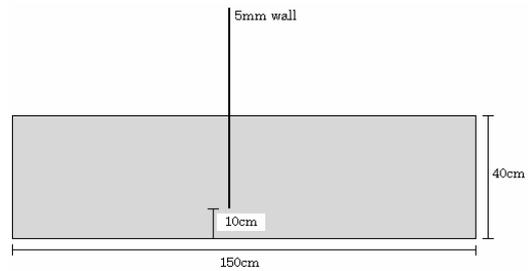
実験材料として、砂地盤に気乾状態の豊浦砂、壁体にアルミ板を用いた。壁体は剛な壁体として、幅:5 mm, 高さ:650mm, 奥行き:494mm のアルミニウム板を用いた。たわみのある壁体として、幅:1mm, 高さ:400mm, 奥行き:494mm のアルミニウム板を用いた。これらの材料を Fig.1 のように、壁体を地盤中央部に設置した地盤を空中落下法により作成した。各実験における地盤密度は Table.1 に示す。掘削は、片側の壁体背面地盤を、1~2.5cm ごとに水平に掘削し、壁体変位が収まるまで掘削を一時止めた。掘削は剪断帯が確認される(破壊がおこる)まで行った。変位計による壁体変位の計測は、2~5cm ごとに掘削を一時停止したときに行い、壁体頂端部変位の計測と同時に実験槽のガラス面側からデジタルカメラにより砂層と壁体の状態を記録した。

3. 弾塑性構成モデル

本研究で用いた有限要素解析コードは、有限要素に4節点アイソパラメトリック要素を用い、1点積分を適用した。構成式については、平面ひずみ条件で MC-DP 混合型のモデルを用いる。MC-DP型モデルは、降伏関数には実験結果を比較的良好に表現できる Mohr-Coulomb 型モデルを適用し、塑性ポテンシャルには平面上に特異点をもたない Drucker-Prager 型モデルを適用した。



厚さ 1 mm 壁体実験地盤概念図



厚さ 5 mm 壁体実験地盤概念図

Fig.1 実験地盤の概要

Sand layer in experiments

Table 1 実験における相対密度

Relative density in experiment

たわみ性	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
5 mm 厚さの壁体	91.6%	92.0%	78.3%	99.2%
1 mm 厚さの壁体	98.1%	97.3%	87.2%	

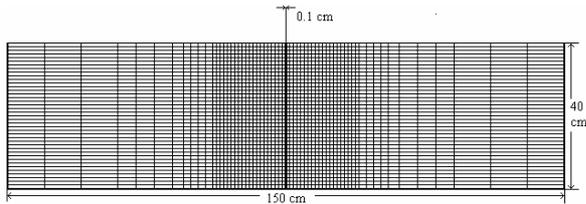
Fig.2 には、たわみのある実験に対応したメッシュを示す。要素数 2,556, 節点数 2,696。壁体付近は 1cm x 1cm の正方形メッシュとした。壁体に関しては、それぞれ厚さ 1mm, 5mm の 1 層のメッシュで解析を行った。

解析では、掘削は壁体に対し片側の要素の応力を 1 層ずつ掘削開放することをシミュレートした。

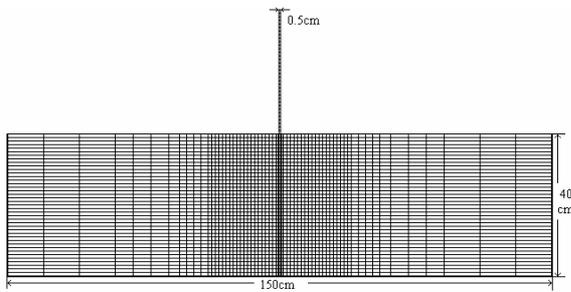
*東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo

4. 実験結果と解析結果の比較

実験は3~4回行い比較的再現性のよい結果が得られた。せん断帯の発達過程は剛な壁体を用いた場合は瞬時にせん断帯が発達したのに対し、たわみのある壁体では進行的に発達するのが確認された。実験結果の平均と実験に対応した2次元有限要素解析結果を壁体頂端部水平変位についてFig.3に示す。



厚さ1mmの壁体 有限要素メッシュ



厚さ5mmの壁体 有限要素メッシュ

Fig.2 有限要素メッシュ

Finite element mesh

Fig.3より、実験結果は剛な壁体を用いた場合とたわみのある壁体を用いた場合で初期変形において、大きな変位量の差がみられたのに対し、解析結果は変位量の大きな差は見られないことがわかる。しかし、実験解析とも剛な壁体を用いた場合が、たわみのある壁体を用いた場合に比べ破壊しにくいという傾向は得られた。初期変形においてたわみのある壁体の解析結果が実験結果よりも破壊しにくいという結果が得られた要因としては、壁体要素が 2×2 点積分の4節点要素を用いたため変形しにくい要素だったと考えられる。壁体要素の選定については今後の課題といえる。

次にひずみゲージにより測定したアルミ板のひずみから下端部を固定と考えたときの壁体変形の図をFig.4に示す。この図は厚さ0.1cmの実験結果と解析結果を示している。Fig.4より実験結果において掘削深度直下で壁体変形が大きくなっている。解析結果も壁体の変形が大きくなっている箇所が掘削深度直下であることを良く表現している。また、実験では壁体の掘削深度より上の箇所でも腹起しが確認されるが、この現象は解析結果では得られなかった。しかし、解

析結果は実験結果の壁体変形の傾斜についてもよく表現しており、たわみのある壁体変形についても有望な解析手法であるといえる。

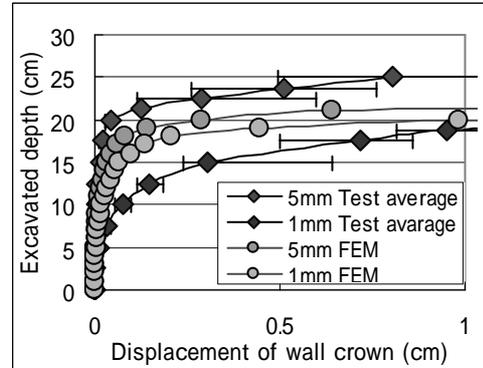


Fig.3 たわみ性の異なる実験と2次元解析結果

Comparison of horizontal displacement between experimental results and 2D-FEM results of different flexible wall

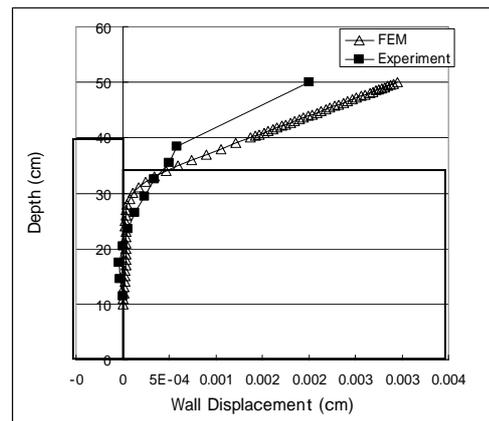


Fig.4 0.1cm厚さの壁体変形 (10cm掘削時)

The wall deformation of 0.1cm thickness

5. まとめ

本研究では、掘削を伴うたわみのある抗土圧構造物の転倒破壊問題を対象に、弾塑性有限要素解析と模型実験を行い、解析手法の有効性を検証した。

その結果、模型実験および解析の双方においてたわみのある壁体を用いたものは、剛な壁体を用いた場合よりも初期変形において早く変位が進行することが確認された。この結果、本解析手法ではたわみの影響による抗土圧構造物の転倒破壊を表現しうる解析手法といえる。また、壁体の変形においても、本解析手法は実験において測定されたひずみのある程度表現することができたといえる。

今後、たわみのある壁体の解析において、たわみに最適な壁体要素の検討と、さらなる実験および解析から破壊のメカニズムの解明が求められる。