

相対密度の違いによる抗土圧構造物の転倒破壊傾向の研究

" Study of the collapse tendency of retaining walls by difference of relative density"

田中 忠次, 江副 嘉紀, 岡島 賢治

TANAKA Tadatsugu*, EZOE Yoshinori*, OKAJIMA Kenji*

1. はじめに

掘削を伴う土木的な施工において、抗土圧構造物は最も頻繁に用いられる構造物である。これらの施工時、地盤の状態は現場によって多種多様であり、地盤の物理的な性質は同様であっても、密度が異なることも多く見られる。本研究では、この密度の違いによる抗土圧構造物の転倒破壊の傾向を研究の対象とし、はじめに掘削に伴う抗土圧構造物の掘削による転倒破壊について、地盤の密度を変えた状態で実験と弾塑性有限要素法による解析を行った。次に、受働土圧が支配的となる矢板の牽引による転倒破壊実験とこの実験に対応した弾塑性有限要素法による解析を行った。その後、これらの実験と解析との比較を行い、本研究で用いた解析手法が相対密度の影響を表現しうる有効性を検討した。

2. 弾塑性有限要素法

本研究では、田中ら(2000)が開発した弾塑性有限要素法を適用した。この有限要素法は、Implicit-explicit 混合型の動的緩和法とリターンマッピング法を結合し、ひずみ軟化・せん断帯・異方性考慮した構成モデルを適用した。降伏関数には Mohr-Coulomb 型モデルを、塑性ポテンシャルには Drucker-Prager 型モデルを適用した。有限要素には 1 点積分を適用した 4 節点アイソパラメトリック要素を用いた。解析における掘削の扱いは、片側のメッシュを、1 層ずつ応力開放することで計算を行った。

本解析に適用した implicit-explicit 混合型の動的緩和法は、土質部には剛性マトリックスを用いない陽的解法を、壁体部には剛性マトリックスを用いる陰的解法を使い分けることで剛性の大きく異なる構造物を同時に安定的に計算できる計算法である。また、この解析手法は、既往の研究により掘削を伴う抗土圧構造物の転倒破壊解析において信頼性のある解析手法であることが証明されている。

3. 模型実験

本研究に使用した実験装置は、横 150cm、高さ 70cm、奥行き 50cm の箱型実験槽、降砂装置からなる。実験材料として砂地盤には気乾状態の豊浦標準砂を使用し、壁体には厚さ 0.5cm のアルミ板を使用した。本実験は壁体の頂端部変位をレーザー変位計により測定した。砂地盤は、土層深さ 40cm まで降砂装置により空中落下法で比較的均一に作成した。壁体であるアルミ板は実験槽幅方向中央部に実験槽底部より 10cm のところから設置し下端部は固定しなかった。

実験は、掘削により壁体が転倒破壊を起こす掘削実験と、ある程度掘削した後壁体頂端部を掘削面側に水平方向に牽引して転倒破壊を起こさせる牽引実験の 2 種類を行った (Fig.1)。掘削実験、牽引実験での砂地盤の相対密度は 90% 程度の密詰め条件と相対密度 75% 程度の相対的に緩い条件で行った。以降、相対的に密な地盤を“密詰め地盤”，相対的に緩い地盤を“中詰め地盤”と呼ぶこととする。

まず、片側掘削による壁体の転倒破壊実験を 3 回行った。掘削実験では、密詰め地盤、中詰め地盤ともに、3 回の実験で片側掘削深度が 25cm 以上となるとせん断帯が生じ破壊が起こることが確認された。この結果をもとに本実験での片側掘削による抗土圧壁体の限界掘削深度を 25cm とみなし、牽引実験での掘削深度は 15cm として実験を行った。

牽引実験では、片側地盤を 15cm 掘削した後、壁体頂端部を水平方向に散弾により 500 g ずつ荷重を加

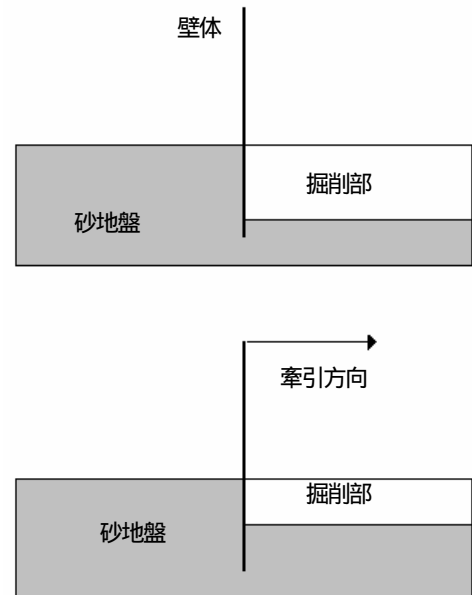


Fig.1 実験概念図 掘削実験(上), 牽引実験(下)

* 東京大学農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, Univ. of Tokyo

キーワード : 相対密度, 掘削, 弾塑性有限要素法

えることで牽引を行った。牽引実験では、掘削後の荷重が密詰め地盤で6kg前後、中詰め地盤で5kg前後で壁体の変位が大きくなり破壊が進行した。

4. 結果の比較と考察

掘削実験では再現性が確認されている。掘削実験と、それに対応したFEM解析結果をFig.2に示す。実験では密詰め地盤は掘削深度20cmまであまり変位せず、掘削深度22.5cmから大きく変位が進行していることがわかる。これに対し、中詰め地盤では壁体の変位は浅い掘削深度から徐々に大きくなり、掘削深度22.5から大きく変位が進行していることがわかる。これは、密詰め地盤の方が中詰め地盤よりも深い掘削深度で破壊が進行し、密詰め地盤の方が中詰め地盤よりもやや破壊しにくいことを表しており、FEM解析でも、この傾向を表現できている。このことから、本解析手法は相対密度の変化についても表現可能な有効な解析手法であるといえる。また、密詰め、中詰めの場合の限界掘削深度に大きな差が見られなかったのは、主動土圧が主となる破壊であるためと考えられた。

牽引実験では、15cm掘削までは良い再現性が得られたが、荷重後に再現性を得ることが難しく、40%程度の誤差を伴った。牽引実験とそれに対応したFEM解析の結果をFig.3に示す。Fig.3は15cm掘削後の載荷荷重(kg)と壁体頂端部変位(cm)の関係を示したグラフである。実験では、密詰め地盤の方が中詰め地盤よりも大きな載荷荷重で変位が進行しており密詰め地盤が中詰め地盤よりも破壊しにくいことを表している。このとき、密詰め地盤と中詰め地盤の限界載荷荷重値の差は約1kgである。FEM解析の結果は荷重値が大きくなると実験結果を十分表現できているとはいえないが、載荷荷重2kg程度の微小変形はほぼ表現できている。さらに密詰め地盤の方が中詰め地盤よりも破壊しにくいという傾向を表現できている。その限界載荷荷重値の差は約1kgである。このように、密詰めと中詰めでは明らかな限界荷重の差が見られるのは、この破壊現象が受働土圧が主となる現象であるためと考えられる。

掘削実験、牽引実験ともそれに対応したFEM解析の結果は実験値よりも破壊しやすいという結果を示した。これは、実験では実験槽側壁面の摩擦の影響があるためと考えられる。本実験の地盤は、側壁面の影響を軽減する目的で、壁体根入れ深さ対奥行行きが3:5となるようにして実験を行っている。しかし、実際には側壁面の影響が完全に除かれるわけではないため、側壁面摩擦が実験結果に影響を与えていると考えられる。これに対し、解析結果は2次元平面ひずみ条件による結果であるため、側壁面の影響はない。このため、解析結果は実験結果よりも破壊しやすいという結果が得られると考えられる。以上のことを考慮すると、牽引実験においても解析結果は実験結果の傾向を表現できているといえ、有効な解析手法であるといえる。

5. まとめ

本研究は、密度の違いによる抗土圧構造物の転倒破壊を掘削と掘削牽引の2つのケースで実験およびそれに対応した弾塑性有限要素解析を行った。その結果、主動土圧が主となる掘削破壊現象では相対密度による差はあまり見られず、受働土圧が主となる牽引破壊現象では明らかな相対密度による差が見られた。また、このことは、それぞれのケースで弾塑性有限要素解析においても表現できている。本解析手法が相対密度の影響も表現できる有効解析手法であることを示した。

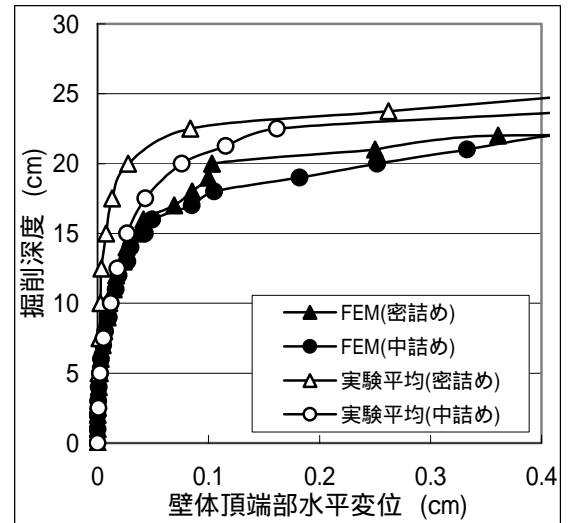


Fig.2 壁体頂端部変位 (掘削実験・解析)

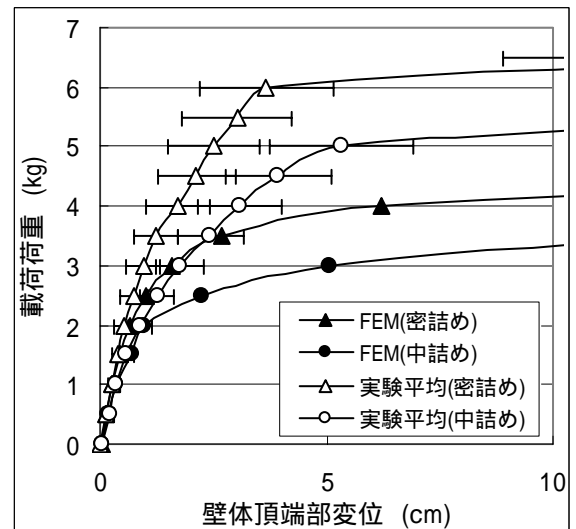


Fig.3 壁体頂端部変位 (牽引実験・解析)