

抗土圧壁体の掘削及び地震力による転倒破壊

“Failure of Retaining Wall by Excavated and Seismic Force”

田中 忠次 TANAKA Tadatsugu*

岡島 賢治 OKAJIMA Kenji*

門田 健治 KADOTA Kenji*

1. はじめに

構造物の耐震設計では、比較的簡便という理由から静的な耐震性評価法である震度法が多用されている。抗土圧問題において地震力を考慮した土圧計算は、実際の設計においてクーロン土圧式、物部・岡部地震時土圧式などが採用されているが、これらの手法は土構造物の変形を扱えないという問題点がある。このような抗土圧壁体問題では、掘削のみでも複雑な問題である。そのため、傾斜問題に取り組む前に掘削について十分な検討を行う必要がある。そこで本研究では掘削後の地震力による抗土圧壁体問題について、まず掘削についての検討を行い、その後静的な地震力を想定した実験を行い砂地盤の破壊について解析を行い検討した。

2. 模型実験

本研究に使用した実験装置は、横 100cm、高さ 45cm、奥行き 20cm の箱型実験槽、降砂装置であるホッパーと実験槽を傾斜させるジャッキからなる。実験槽はジャッキにより片端を支点として傾斜させることができるようになっており、傾斜によって静的な地震力を与えることとした。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 0.2cm のアルミ板を使用した。本実験は壁体の頂端部変位をダイヤルゲージにより測定した。壁体であるアルミ板は実験槽底部より 4cm のところから設置し下端部は固定しなかった(図2)。まず、片側掘削による壁体の転倒破壊実験を 3 回行った。掘削実験での砂地盤の相対密度は 80.2% ~ 87.2% の密詰め条件であった。掘削実験における 3 回の実験とも片側掘削深度が 12cm 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 12cm とみなし、傾斜実験では限界掘削深度未満の 11cm で傾斜することとした。以上の掘削実験をふまえ、地震力による抗土圧壁体の転倒破壊実験を行った。実験は相対密度 72.0% ~ 97.0% の密詰め条件で 4 回行った。土層は傾斜角 1 度毎に安定させ、壁体が転倒倒壊するまで傾斜させた。測定値として壁体頂端部にダイヤルゲージを設置し頂端部の地盤面に対する水平変位を測定した。

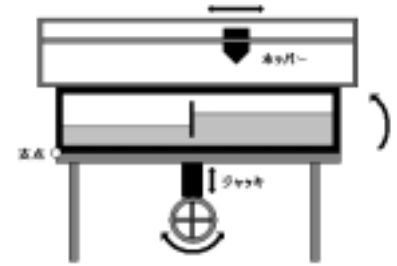


図1 実験装置

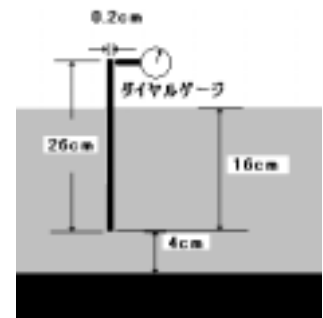


図2 壁体付近

3. 有限要素解析

本有限要素解析にはひずみ軟化、せん断帯幅、異方性を考慮した構成式と、非線形解析では implicit-explicit 型の動的緩和法とリターンマッピング法を結合し、計算の厳密性と効率をあげた。本解析はまず、掘削における有限要素解析を行い、その結果をもとに傾斜に対応する有限要素解析を行った。

*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

3.1 掘削における有限要素解析

有限要素解析における掘削は、砂地盤要素の応力を1層ずつ開放していくことで掘削とみなした。豊浦標準砂の材料定数は相対密度 88.0%、要素実験によりキャリブレーションされた初期せん断弾性係数 $78,400\text{kN/m}^2$ 、残留内部摩擦角を 34° 、せん断帯幅は平均粒径の 20 倍程度の 0.3cm とした。アルミ板擁壁はヤング率 7.056×10^6 の弾性体として扱った。また、壁体及び側壁、底部と接している要素については砂地盤との残留摩擦角を 6° と想定した。

3.2 傾斜実験についての有限要素解析

傾斜のシミュレーションは、掘削を対象とした有限要素解析結果の 11cm 掘削段階のデータをもとに入力データを作成した。実験における角の傾斜は、解析においては水平方向に $K_h = \text{SIN}$ 、鉛直方向に $K_v = -(1 - \text{COS})$ だけ加速度が作用したとみなし傾斜を表現した。材料定数は、掘削時の解析と同様の値を使用した。メッシュは本解析においてせん断帯が生じる箇所の予測が困難であったため、壁体部を除いて地盤部分を $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ の正方形メッシュとした。

4. 結果・考察

図3に掘削実験による結果と有限要素解析による結果を示す。有限要素法による解析では側壁面と砂地盤との間に働く摩擦は考慮していない(図3 解析1)。このため解析結果は実験結果よりも低い掘削深度で破壊が進行すると考えられる。しかし、図3においては実験値と解析1の結果はほぼ同じ値となっている。この原因として、実験で用いたダイヤルゲージのバネ荷重が考えられた。そのためダイヤルゲージのバネ荷重を考慮した有限要素解析を行った(図3 解析 dial gauge)。この結果が実験値よりも低い値になったことより、本実験ではダイヤルゲージのバネ荷重の影響が大きいと考えられる。

図4に傾斜実験による結果と解析結果を示した。傾斜実験では実験結果は図4に示した程度のばらつきが見られた。解析結果は実験値よりも高く破壊しにくいことを示しているが、これは実験において側壁面と砂地盤の摩擦の影響とダイヤルゲージによるバネ荷重の影響をうけていると考えられる。傾斜実験に関しては実験値と解析結果を比較するためには、実験の再現性、バネ荷重の除去等さらなる検討を重ねる必要がある。

5. まとめ

本研究のような小規模モデル掘削実験では、ダイヤルゲージのバネ荷重の影響は無視できないものであることが分かった。今後レーザー変位計などによるダイヤルゲージ荷重を除いた再実験を行い再び掘削について検討を行う必要がある。また、解析の結果から本研究の対象としている試験体は本研究で行った程度のスケール差では大きなスケール効果はみられないという結果が得られた。傾斜による抗土圧壁体の転倒破壊について検討の対象となる再現性を得るために、今後さらに実験を重ねる必要がある。有限要素解析も掘削後の傾斜についてはさらに検討する必要がある。

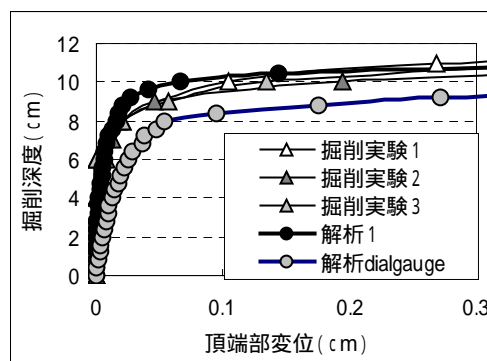


図3 掘削実験、解析結果

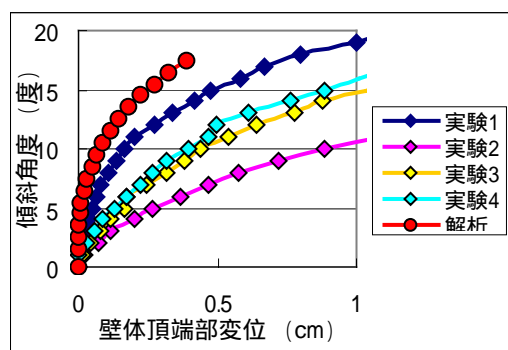


図4 傾斜実験、解析結果