

擁壁の回転移動に着目した擁壁背後地盤の大変形挙動

早稲田大学 学生会員 今田 耕太郎  
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一  
 清水建設(株) 国際会員 桐山 貴俊

1.はじめに

土石流などの地盤の大変形を伴う災害リスクに対応するため、地盤構造物崩壊後の大変形挙動の定量的な評価技術が着目されている。旧来の剛塑性を仮定した安全率による検討では破壊までの検討に留まっているが、破壊後の変形量を評価するためには、大変形まで考慮した、実験、解析技術に期待するところが大きい。本研究では積層アルミ棒を用いた室内試験により、大変形領域における地盤の変形挙動を調査し、数値解析法の一つである Generalized Interpolation Material Point 法<sup>1)</sup>による解析結果と比較した。既往の研究成果<sup>2)</sup>より水平変位時の擁壁背後地盤の大変形挙動について試験結果が得られた。本論文では、回転変位が擁壁背後地盤の大変形挙動に及ぼす影響について報告する。(図-1 参照)

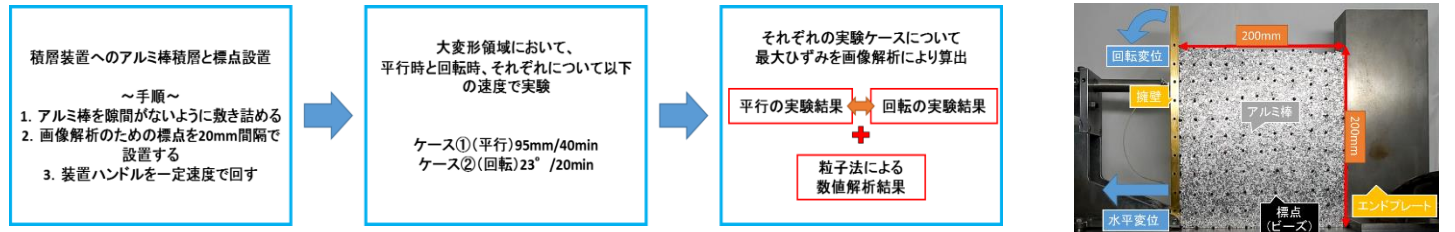


図-1.本研究の実験フロー

図-2.変形前の擁壁とアルミ棒積層層体

2.試験装置および試験手順

擁壁実験装置は、擁壁部と擁壁背後地盤を構成するアルミ棒積層体からなる。擁壁部は、高さ 200(mm)、幅 10(mm)、奥行き 50(mm)の真鍮製の剛体壁であり、ハンドルにより水平または下端固定による回転変位がそれぞれ制御可能である。回転変位については最大角度 25° まで変位可能である。実験手順は次のとおりである。はじめに、模擬地盤として、高さ 200(mm)、幅 200(mm)の寸法でアルミ棒を積み上げる。地盤作製時、画像解析に用いる標点を縦横 20(mm)間隔で地盤内に設置する。地盤は密詰とし、可能な限り隙間なくアルミ棒を敷き詰める。アルミ棒の構成は長さ 50(mm)、直径 1.6(mm)、3(mm)の円柱断面のアルミ棒を、質量比 2:1 の割合で混合して作製した。図-2 に実験実施前の擁壁とアルミ棒積層層体の状況を示す。地盤作製後、擁壁を主働方向に 1.15° /1min の速度で回転変位させる。その時の状況を装置前方からカメラで撮影する。撮影した動画を画像解析し、地盤変位およびひずみを算出する。ひずみは矩形に配置した標点変位から形状関数を用いて算出した。水平変位時の実験結果については既往の研究成果<sup>2)</sup>より得られているため、それらを本実験で得られた回転変位時の実験結果との比較対象とする。

3.実験結果および解析結果

擁壁移動の状況から画像解析により背後地盤の標点の座標を取得する。この座標の値から各標点で作られる格子におけるせん断ひずみを形状関数により算出することができる。(図-3 参照) また、アルミ積層層体の変形図についても画像解析により作成することができる。GIMP 法の数値解析については以下の表に示す地盤条件、および図-4 に示す解析モデルのもとで解析を行った。図-4 の赤色の要素は擁壁、青色は擁壁背後地盤をモデル化したものである。擁壁背後地盤の計算格子は幅 200(mm)、高さ 200(mm)であり、格子 1 つは 5(mm)の正方形である。同様に、擁壁は幅 10(mm)、高さは 200(mm)でモデル化したものである。擁壁、背後地盤ともに 1 格子当たり 4 粒子配置した。

表-1.地盤条件

物性値	値
ヤング率 E (kN/m <sup>2</sup> )	10000
ポアソン比 ν	0.3
土粒子密度 ρ (g/cm <sup>3</sup> )	2.43
粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	0
内部摩擦角 φ (deg)	20
ダイレイタンス角 Ψ (deg)	0

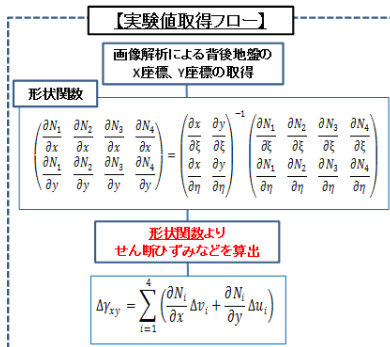


図-3.実験値算出フロー

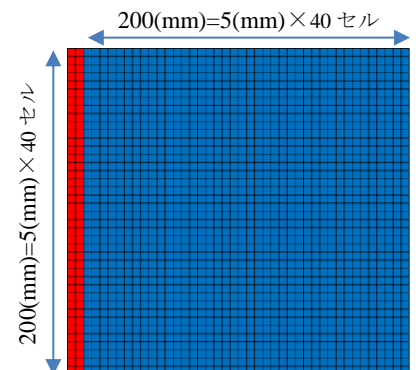
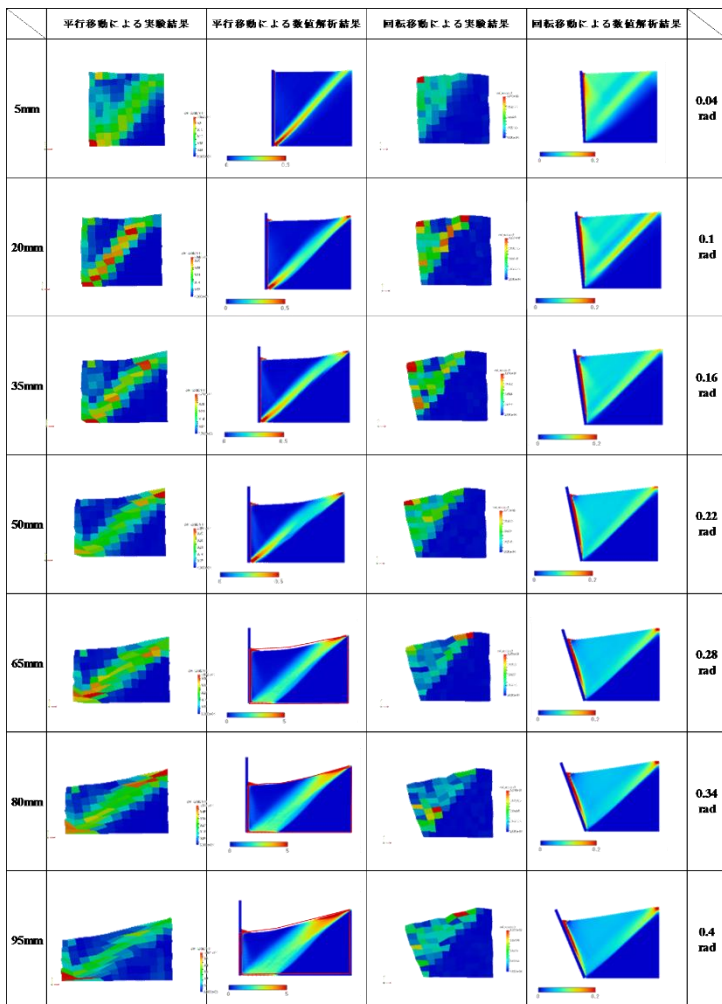


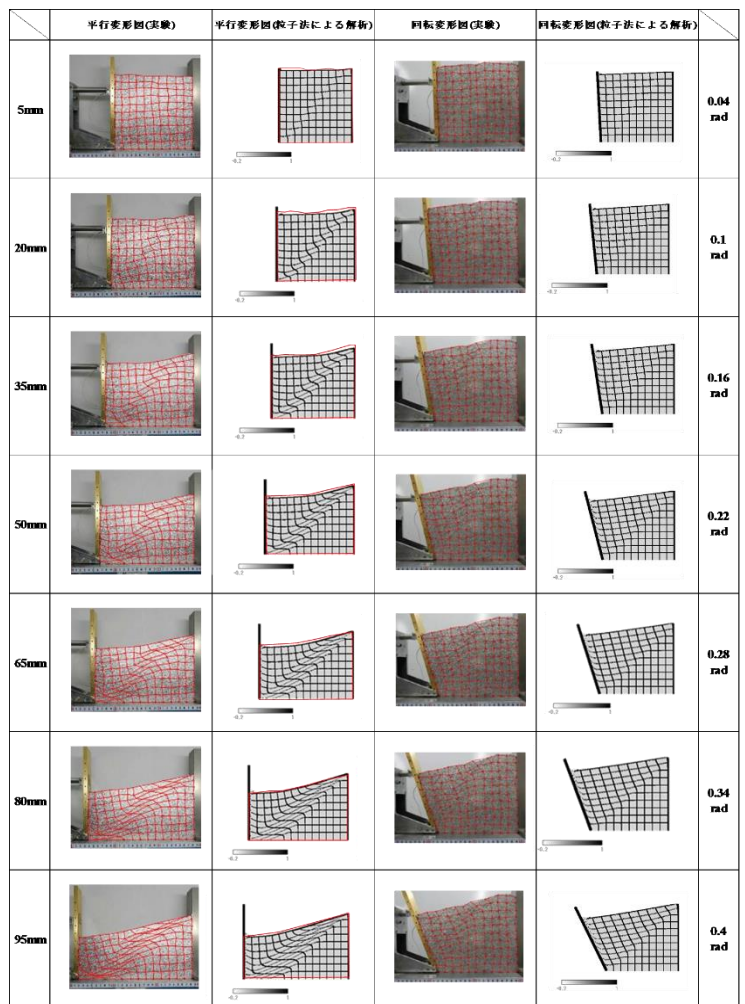
図-4.GIMP 法の解析モデル

Experimental and numerical study on large rotation of the particulate ground behind retaining wall.

Koutaro, Imada Waseda University  
 Hirokazu, Akagi Waseda University  
 Takatoshi, Kiriya SHIMIZU CORPORATION



(a)平行実験 (b)平行解析 (c)回転実験 (d)回転解析  
 図-5.各実験および数値解析の最大せん断ひずみ値比較図



(a)平行実験 (b)平行解析 (c)回転実験 (d)回転解析  
 図-6.各実験および数値解析の変形比較図

図-3,4 および表-1 に従い、各実験ケースおよび数値解析による擁壁の移動に伴う背後地盤に発生する最大せん断ひずみを算出した。各実験ケースにおけるアルミ棒積層体の変形状況と画像解析により算出した最大せん断ひずみの結果を各ステップ（平行は水平変位 15mm、回転は回転角 0.06rad）ごとに図-5 に示した。また、図-6 では各実験結果および数値解析結果のメッシュ（一辺 20mm）変形図を示した。ここで、図-5(a)(c)、図-6(a)(c)より平行時と回転時の大変形挙動を比較する。まず、形成される滑り線の角度が回転時の方が大きいことがあげられる。これは擁壁側の下端を中心として回転を起こすので下端付近では地盤の変形が生じないことによるものと考えられる。そのため、擁壁が回転を続けると滑り線が平行時よりも浅くなる。さらに擁壁側の上端付近では大きなせん断ひずみが生じている。これは回転することにより地表付近のアルミ棒が擁壁にもたれかかっているためである。平行時と回転時における大きな違いとして図-5(c)よりわかるように回転時は擁壁から滑り線にかけては剛塑性ではないという点が確認できる。また、図-5(d)より GIMP 法の解析結果としては擁壁側から滑り線にかけて全体的にひずみを生じることから実験結果とも再現性が高いといえる。

#### 4.まとめ

本研究では擁壁の回転移動に着目し、平行移動時との比較および GIMP 法による回転移動の数値解析結果についても比較を行った。研究成果は以下の通りである。

- 1) 平行時との比較においては、回転時の方がすべり線の角度が大きく見られた。また、ひずみ分布ではすべり線付近だけでなく、擁壁からすべり線にかけて全体的にひずみを生じることが確認できた。
- 2) 擁壁が回転することでアルミ棒が擁壁にもたれかかり、その結果として擁壁付近のひずみが局所的に大きくなっていることが確認された。
- 3) 数値解析結果としては回転の挙動がよく再現されていることが確認できた。

今後の課題として、回転時の様々なアスペクト比の評価を行う。

<参考文献>

- 1) Bardenhagen, S.G. and Kober, E.M. : The generalized interpolation material point method, Computer Modeling in Engineering and Science, Vol.5, No.6, pp447-495, 2004.
- 2) 三浦丈典, 桐山貴俊, 赤木寛一: 地盤構成のアスペクト比に着目した擁壁背後地盤の大変形挙動, 土木学会第 71 回学術講演会, Vol71, No3, 177-178, 2016.