

1. はじめに

斜面崩壊、土石流などの地盤の大変形を伴う破壊現象の発生メカニズムと、これらの災害リスクについて近年関心が高まっている。これら災害リスクに効果的に対応するためには、地盤構造物崩壊後の大変形挙動の定量的な評価技術が欠かせない。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、実験技術、解析技術に期待するところが大きい。本研究では、重力場、遠心場での模型実験を実施することで、大変形領域における地盤の変形挙動を調査している。既報では、アルミ棒積層体を用い、これを地盤に見立てた擁壁背後地盤の大変形を測定する室内実験を実施した¹⁾。今回は、遠心載荷装置を用いることで、実規模の応力状態を再現した変形試験を行った。実規模の応力状態を再現することで、大変形の再現性をより高めた実験データの取得を試みた。本論文では、遠心載荷装置を用いた大変形試験結果及び、積層アルミ棒を用いた室内試験による地盤の変形挙動との比較を報告する。

2. 試験装置および試験手順

遠心載荷装置は、小型模型地盤に遠心力を作用させることにより、実地盤相当の静止土圧状態を再現することができる。本実験では高さ 20(cm)の模型地盤を作製し、加速度を 50(G)とする。20(cm)×50(G)で高さ 10(m)相当の静止土圧状態にある擁壁を、強制的に手法崩壊させる実験を模擬している。実験で用いた遠心模型装置の仕様を表-1 に示す。模型実験に用いた土槽内寸法は、高さ 300(mm)、幅 900(mm)、奥行き 280(mm)の剛体壁土槽である。土槽中に擁壁を模擬した剛体壁を設置し、その背後に地盤材料として豊浦砂を用いて砂柱を作成する。背後地盤の寸法はアスペクト比を変化させた 4 ケースで実験を実施した(表-2 参照)。そして、擁壁を平行移動させることで背後地盤の大変形挙動を再現した。

表-1 遠心載荷装置 仕様

アーム長	載荷出力	供試体重量
3.35m	50G	約160kg

試験手順は次の通りである。はじめに、可動式擁壁を初期位置に配置し、擁壁背後に砂まき器を用いて豊浦砂を相対密度 90(%)で投入し、計測用 LED 標点を 2(cm)格子状に配置する。次に遠心載荷装置を用いて 50(G)の遠心場を作り、擁壁背後の地盤材料に実規模の力を与える。動画撮影にて標点を追尾し、可動式擁壁をジャッキにより 2(mm/min) 稼働させ、主動方向 100(mm)まで水平移動させる。そして、撮影した動画を画像解析し、模型地盤の地中変位、せん断位置、すべり角度、地表面の幅、及びひずみを算出する(図-1 参照)。従来の土圧理論との比較を行う為に、変形直後の水平変位 5(mm)時のすべり角及び、大変形完了時におけるすべり角を求めた。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最大せん断ひずみを算出した。以上の試験結果を、積層アルミ棒を用いて行った大変形試験結果¹⁾と共に、各アスペクト比で整理した(図-2、図-3 参照)。

表-2 実験ケース
(※積層アルミ棒を用いた大変形試験¹⁾)

Case	地盤材料	加速度 (G)	移動速度 (mm/min)	アスペクト比 H:高さ W:幅 (mm)
a - i	豊浦砂	50	2	H200W400
a - ii				H200W200
a - iii				H200W100
a - iv				H200W050
b - i	積層アルミ棒	1	2.4	H200W400
b - ii				H200W200
b - iii				H200W100
b - iv				H200W050

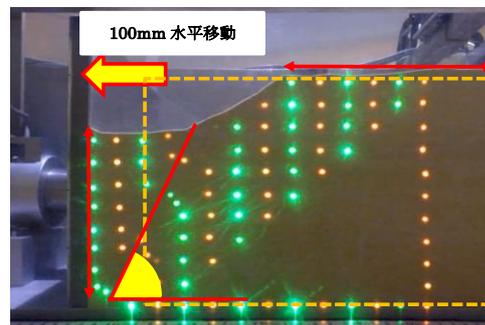


図-1 計測手順

3. 擁壁変形試験の実験結果

画像解析した結果より変形直後の水平変位 5(mm)時のすべり角及び、大変形完了時におけるすべり角を求めた(表-3 参照)。

表-3 各実験ケースにおける背後地盤の物性値、及びすべり角の関係

Case	アスペクト比 H:高さ W:幅 (mm)	使用材料	載荷 加速度(G)	5 mm変位 すべり角	最終変位 すべり角
a - i	H200W400	豊浦砂	50	72	30
a - ii	H200W200			74	34
a - iii	H200W100			76	35
a - iv	H200W050			73	36
b - i	H200W400	積層アルミ棒	1	48	31
b - ii	H200W200			48	31
b - iii	H200W100			43	33
b - iv	H200W050			41	25

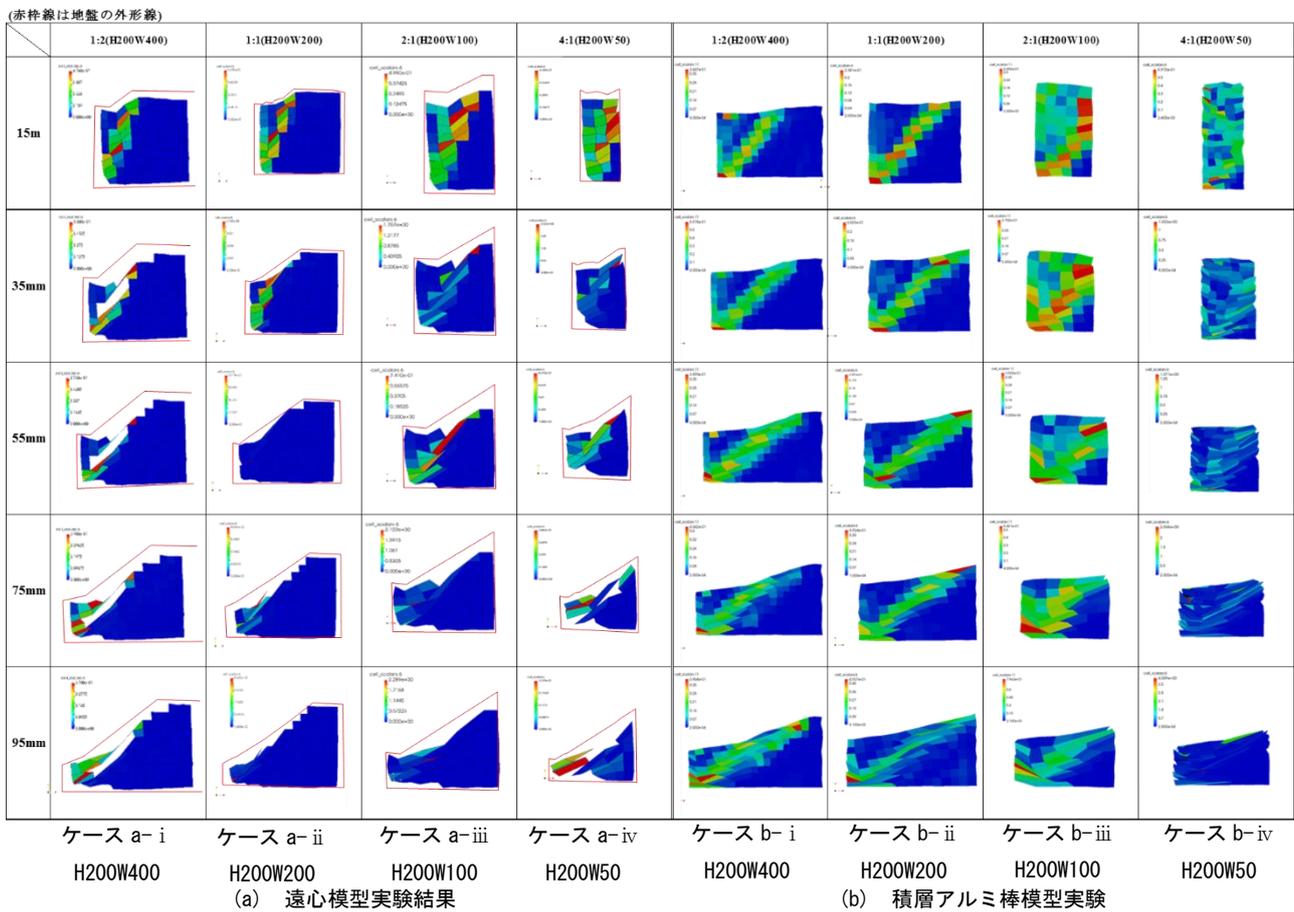


図-2 アスペクト比で比較した最大せん断ひずみ分布図

各実験ケースにおける水平変位 15(mm)毎の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図-2-b に示した。図-2-b から地盤内部の最大せん断ひずみに着目すれば、擁壁下端から上流の地表方向へひずみが分布している様子がわかる。擁壁下端から背後地盤がせん断変形を受ける状態は剛塑性を仮定した極限状態の主働崩壊と同傾向の結果である。大変形時における背後地盤の変形は、連続する主働崩壊によって生じたものと考えられる。

次に遠心実験(図-2-a)と積層アルミ棒での実験(図-2-b)の比較結果についてまとめる。擁壁背後地盤の地表面の形成について、遠心実験では、背後地盤の地表面の形状は、急な地表面が形成され、擁壁近傍にて砂粒子が堆積する傾向が見受けられた。積層アルミ棒を用いた実験では、背後地盤地表面の形状は、擁壁近傍にて、比較的緩やかな地表面が形成されている。

図-3 より、遠心実験、積層アルミ棒を用いた実験共に、アスペクト比の減少に伴い擁壁近傍の地表面が沈み込んでいることが分かる。図-2-b-iv より、積層アルミ棒を用いた実験では、アスペクト比が小さい場合に背後地盤内のすべり断面の形状が、上下に二箇所形成される。図-2-a より、遠心実験では、全アスペクト比のケースにてすべり面の形状が一箇所のみ形成されている。表-3 より、遠心実験の場合、5(mm)変位すべり角は約 70° の値をとった。

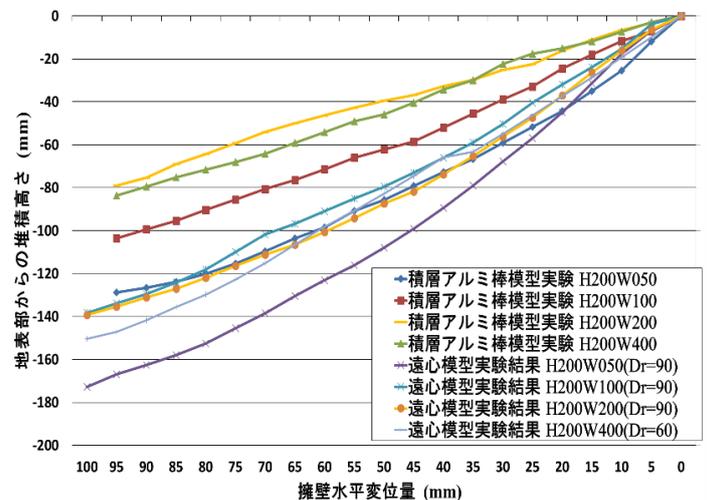


図-3 擁壁水平変位量と地表面から堆積部の差の関係

4.まとめ

本研究では遠心実験とアルミ棒積層体を用いた実験結果の検討を行った。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

- 1) 両実験結果において、大変形時における背後地盤の変形は、連続する主働崩壊によって生じることが観測できた。
- 2) 擁壁背後地盤の地表面の形成について、遠心実験では背後地盤の地表面の形状は、急な地表面が形成された。積層アルミ棒を用いた実験では、擁壁近傍付近においても、比較的緩やかな地表面が形成されることが観測された。
- 3) すべり断面の位置形成について、積層アルミ棒を用いた実験では、アスペクト比が小さい場合に背後地盤内のすべり断面の形状が、上下に二箇所形成される。遠心実験では、全アスペクト比のケースにてすべり面の形状が一箇所のみ形成されている。

以上、アルミ棒と豊浦砂では用いた地盤材料が異なるため、定量的比較・検討は難しいが、現時点で得られた結果のまとめとした。今後の課題として、遠心載荷試験による実験結果と GIMP 法による解析結果との比較を行う。

<参考文献>

- 1) 三浦文典, 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.