

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

早稲田大学 学生会員 ○三浦 丈典
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
 清水建設(株) 正会員 桐山 貴俊

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、解析技術に期待するところが大きい。本研究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¹⁾(以下、GIMP 法とする)による解析結果と比較した。以下、模型実験装置を用いて、擁壁背後地盤のアスペクト比(表-1 参照)を変化させた場合の試験結果を報告する。(図-1 参照)。

表-1 アスペクト比を変えた場合の実験ケース

Case	計測時間 (s)	移動速度 (mm/min)	アスペクト比 (H:高さ, W:幅)
i	2400	2.4	H200W500
ii			H200W200
iii			H200W100

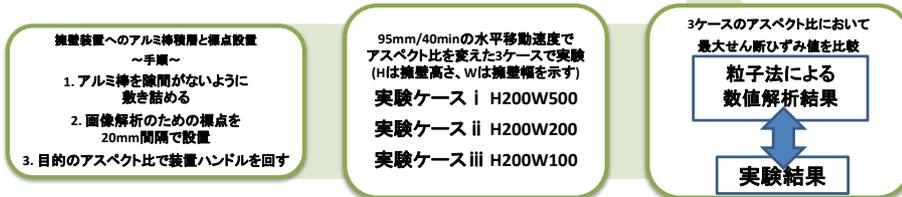


図-1 本研究の実験フロー



図-2 変形前の擁壁とアルミ棒積層体

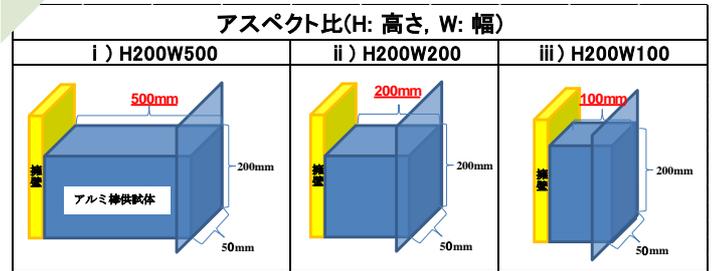


図-3 3ケースのアスペクト比モデル図

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部から成る。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。水平変位時の擁壁の最大変位を 95(mm)まで制御できるよう改造し、可動式擁壁に上部からひずみゲージ式土圧計を 3 点設置した。アルミ棒積層体部は最大寸法で高さ 200(mm)、幅 500(mm)、奥行き 50(mm) (奥行きは固定値) の模擬地盤が作製可能である。実験手順は次の通りである。はじめに、模擬地盤として、図-3 のような各ケース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)間隔で地盤内に配置する。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体の状況を示す。地盤作製後、擁壁を主働方向に 95(mm)水平移動させる。そして、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。各アスペクト比で実験を行って得られた実験結果と GIMP 法による数値解析結果との比較・検討を行い、以下に整理した。

3. 擁壁変形試験の実験結果

(a) GIMP 法の解析条件

表-2 に解析で用いた地盤条件、図-4 に実験ケース i の解析モデルを示す。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 500(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 20(mm)、高さは 200(mm)でモデル化したものである。擁壁、背後地盤共に 1 格子あたり 4 粒子配置した。実験ケース ii、実験ケース iii における解析も同様に行った。

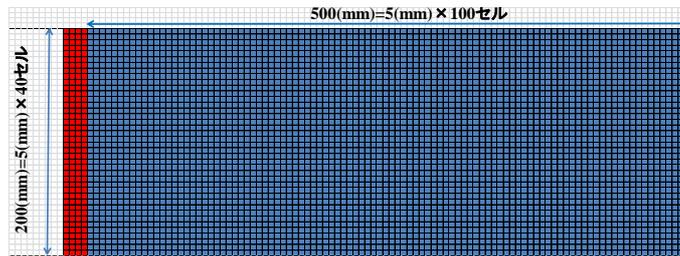


図-4 GIMP 法の解析モデル

表-2 地盤条件

物性値	値
ヤング率 E (kN/m ²)	1000
ポアソン比 ν	0.3
土粒子密度 ρ (g/cm ³)	2.43
粘着力 c (kN/m ²)	0
内部摩擦角 φ (deg)	20
ダイレイタンス角 Ψ (deg)	0

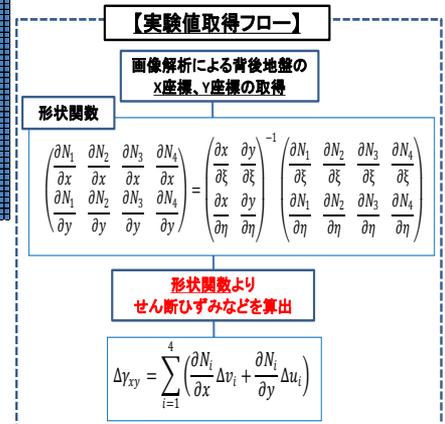
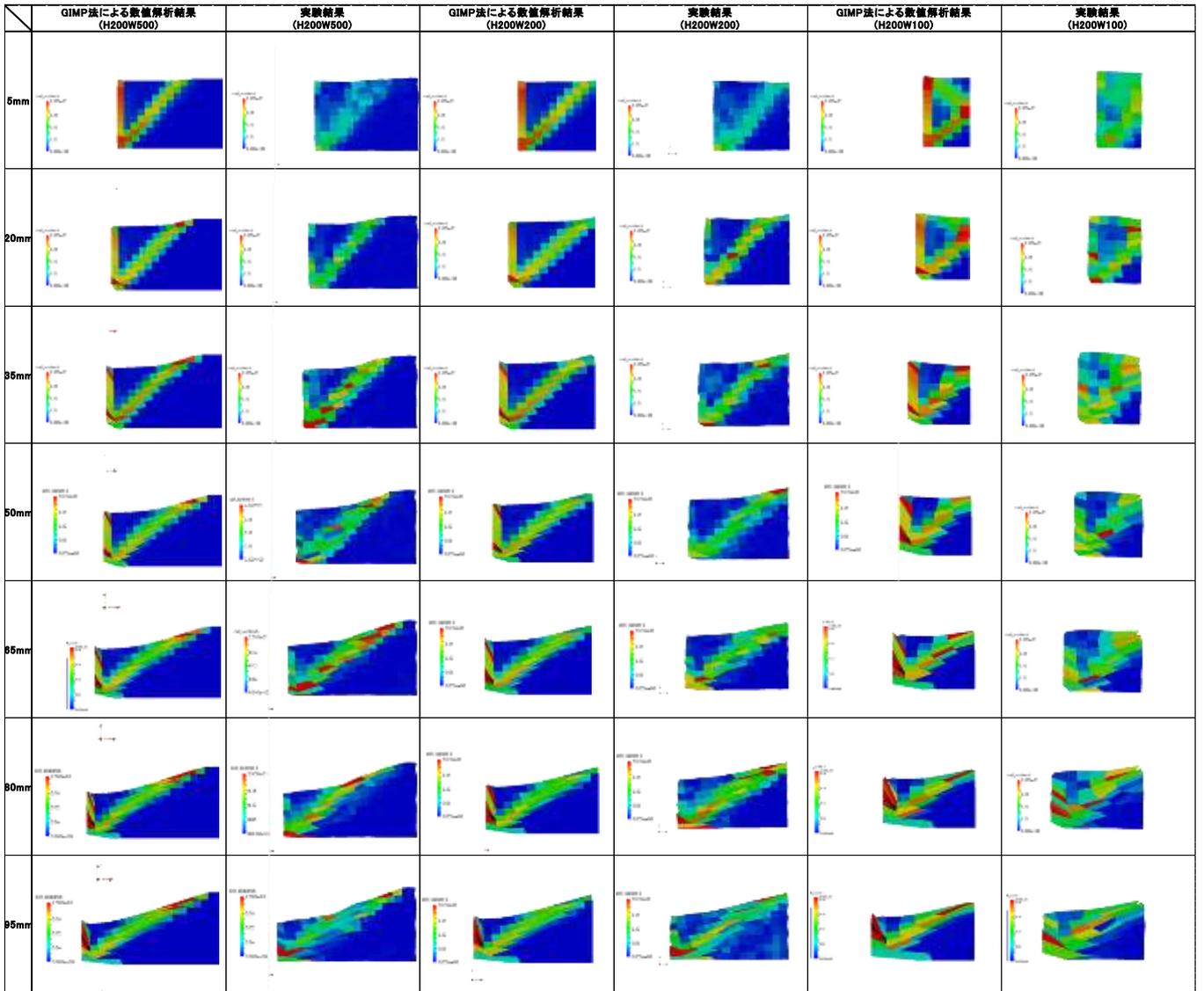


図-5 実験値算出フロー

キーワード: 大変形 擁壁 粒子法

連絡先: 〒169-8555 東京新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院赤木研究室 Tel.03-5286-3405



(a): 粒子法による解析結果 (b): 画像解析による実験結果 (a): 粒子法による解析結果 (b): 画像解析による実験結果 (a): 粒子法による解析結果 (b): 画像解析による実験結果
 図-6 数値解析と実験結果の最大せん断値比較図 図-7 数値解析と実験結果の最大せん断値比較図 図-8 数値解析と実験結果の最大せん断値比較図
 (実験ケース i アスペクト比 H200W500) (実験ケース ii アスペクト比 H200W200) (実験ケース iii アスペクト比 H200W100)

(b)解析結果と実験値との比較

図-4, 図-5 と表-2 に従い, 擁壁移動に伴い背後地盤に発生する最大せん断ひずみを算出した. ここで, 実験ケース i ~ iii における擁壁変位 15mm 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-6-図-8 に示した.

図-6, 図-7 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. 図 6-(a), 図 7-(a)の数値解析結果では擁壁と粒子との境界に, 大きなせん断ひずみが現れている. 一方で図 6-(b), 図 7-(b)の実験結果では, 擁壁とアルミ棒との境界あるいは擁壁が通過した底面とアルミ棒との境界で, 大きな最大せん断ひずみが現れている. これは実験においてアルミ棒が擁壁からの壁面摩擦を受け, 擁壁近傍の標点が空隙への落込み等の局所的な変形をしたためである.

図 8 より水平変位が 5 mm の時点で, せん断面が背後地盤内の上下で 2 つ形成されている. これは背後地盤幅が小さいため, 地盤内でのせん断が右側境界に到達後, 自重により左側上部にせん断が発生したためだと考えられる. また, 図 8-(a)では, 図 8-(b)と比較して, 背後地盤内の上部のせん断が顕著に現れている.

4.まとめ 本研究では擁壁背後地盤のアスペクト比を変化させ, 実験結果と GIMP 法による数値解結果の比較を行った. 本研究で得られた成果は以下のとおりである.

- 1) 実験ではアルミ棒が擁壁からの壁面摩擦を受け, 擁壁近傍の標点が局所的な変形をしたため, 実験結果において, 擁壁とアルミ棒との境界あるいは擁壁が通過した底面とアルミ棒との境界で, 大きな最大せん断ひずみが現れている.
- 2) 背後地盤幅の小さい場合では, 実験結果, 解析結果共にせん断面が地盤内上部の 2 箇所に形成される.

<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.