

大変形 一面せん断試験 擁壁

早稲田大学 学生会員 ○藤井 幹生
 早稲田大学 学生会員 三浦 丈典
 早稲田大学 正会員 中筋 智之
 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

構造物の破壊後の挙動を定量的に予測することは、合理的な設計を行う上で重要である。地盤材料に着目すれば、地盤構造物は崩壊後に大変形挙動を示す。実務上、その変形に対する定量的な評価技術が求められている。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る。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。本研究は、積層アルミ棒を用いた室内試験および粒子法による数値解析を用いることで、大変形領域における地盤の変形挙動を評価し、数値解析法の適用性について検討する。本論文では、その内、積層アルミ棒を用いた擁壁背後地盤の室内変形試験結果および付随して実施した積層アルミ棒に対する一面せん断試験結果を報告する。

2. 一面せん断試験

擁壁背後の地盤材料はアルミ棒の積層体として作成した。アルミ棒積層体は、長さ 50(mm)、直径 1.6(mm)、3(mm)の円柱のアルミ棒を、質量比 2:1 の割合で混合して作製した。作製した積層アルミ棒の物理特性を把握する目的で定圧の一面せん断試験を以下の方法で実施した。

(1) 試験装置および試験手順 試験に用いたのは従来式せん断試験装置である。せん断箱内の供試体寸法は上下とも底面 60(mm)×50(mm)で各高さが 10(mm)である。矩形断面の地盤材料の一面せん断試験装置をアルミ棒積層体に対して小間材を挟んで転用した。せん断箱へ、アルミ棒を前述の質量比で手動にて敷き詰め、密詰めとなるよう隙間なく積み上げる。供試体作製後、重量蓋を設置し、所定の鉛直拘束圧を载荷した状態で供試体を準静的にせん断する。本実験では、鉛直拘束圧を 25.6 (kN/m²)、51.7 (kN/m²)、77.8 (kN/m²) の3ケース計測した。

(2) 実験結果 図-1 に、鉛直拘束圧 51.7 (kN/m²) における一面せん断試験結果を示す。試験結果によれば、せん断変形開始と共にせん断応力は急激に立ち上がり、せん断変位 2(mm)手前で1つ目のピーク強度に達する。その後、振幅の振動はあるもののせん断変位 8(mm)付近まで定常状態を示す。せん断変位 8(mm)以降に再びせん断応力の上昇を示し、より大きな振幅を示す。各実験ケースに対し、定常状態を示す領域におけるせん断応力を平均し、鉛直拘束圧に対して整理したものを図-2 に示す。図-2 から、粘着力がないものと仮定し内部摩擦角を求めると、23.4° を得る。

3. 擁壁背後地盤の室内変形試験

(1) 試験装置および試験手順 擁壁実験装置¹⁾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。水平および回転変位時の擁壁の最大変位はそれぞれ 95(mm)、90(mm)まで制御できるよう改造した。アルミ棒積層体部は最大寸法で、高さ 0.2(m)、幅 0.5(m)、奥行き 0.05(m) (奥行きは固定値) の模擬地

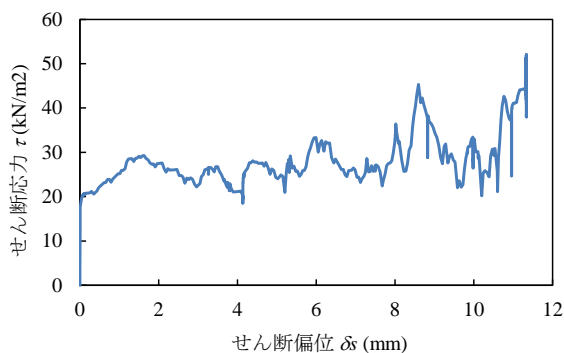


図-1 一面せん断試験結果 (鉛直拘束圧 51.7 (kN/m²))

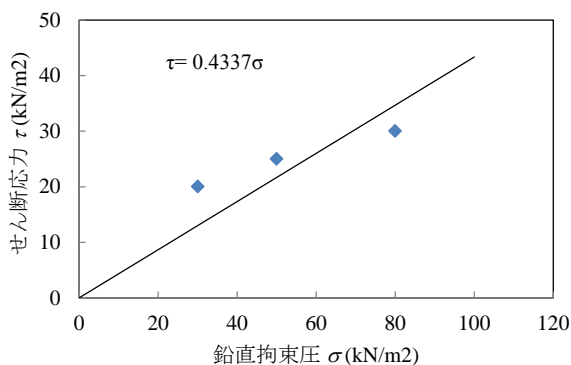


図-2 一面せん断試験結果から求めた内部摩擦角

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、高さ 0.2(m)、幅 0.5(m)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。アルミ棒の構成は前述の通りである。図-3 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。その際、装置側方から地盤変形状況をカメラで撮影する。撮影した動画を用いて画像解析し、地盤内の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内挿関数を用いて算出した。擁壁の移動速度は、最大変位までに要する時間の目標値として 10(min), 20(min), 40(min)を設定し 3 パターン実施した。擁壁移動速度を実測値と合わせて表-1 に示す。

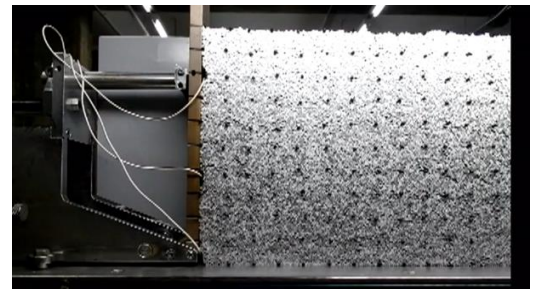


図-3 変形前の擁壁とアルミ棒積層体

表-1 擁壁移動速度の目標値および実測値

Case	目標移動速度 (mm/min)	計測時間 (s)	水平変位 (mm)	実測移動速度 (mm/min)
1	9.5	500	95	11.4
2	4.8	1050		5.4
3	2.4	2176		2.6

(2) 実験結果 図-4 に各ケースにおける実験終了時（擁壁水平変位 95mm）のアルミ棒積層体の状況と画像解析により算出した最大せん断ひずみコンター図を示す。最大せん

断ひずみは初期位置からの累積値である。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わかる。擁壁下端から背後地盤がせん断される様子は剛塑性を仮定した極限状態の主動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、幾何学的形状を更新しながら、連続する主動崩壊が生じたものと理解できる。図-4 からは背後地盤に対する明確な擁壁移動速度の影響は確認できなかった。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を示す。いずれの領域も不連続的挙動を示すため、本論文では、この領域のひずみ値に関しては検討の対象外とした。

4. 考察

アルミ棒積層体の内部摩擦角は既報²⁾で示された 19° より大きい値を示した。実施した一面せん断試験は地盤材料用の装置をアルミ棒に転用している。アルミ棒の粒径は地盤に比べ大きく、粒子配置の変更に伴いせん断応力が振動したことが、結果に影響したと考えている。擁壁実験において、アルミ棒の変形は連続する主動崩壊と捉えることができることが示された。粒状体の大変形挙動は離散体と捉えることが多いが、連続体としても追跡可能であることを示している。

1) (株)丸東製作所 擁壁土圧実験装置取扱説明書

2) Matsuoka, H. : A microscopic study on shear mechanism of granular materials, Soils and Foundations, Vol.14, No.1,1974.

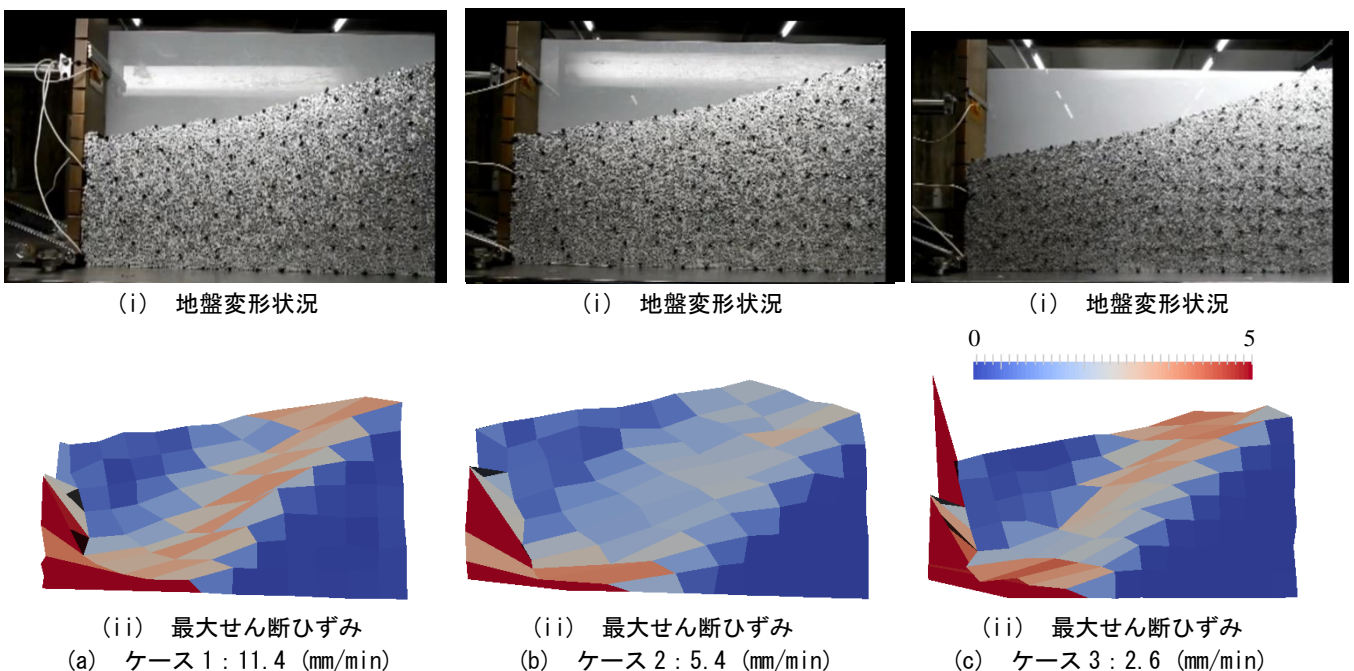


図-4 画像解析から算出した最大せん断ひずみ分布（擁壁変位 95(mm)）