

PIVを用いたアルミ棒積層体地盤の大変形解析（その1）

アルミ棒 大変形 PIV

早稲田大学 学生会員 ◦佐藤 慶太 早稲田大学 学生会員 江崎 晃一
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
早稲田大学 学生会員 今田耕太郎

1. はじめに

地盤大変形における破壊メカニズムおよび災害リスクについて近年関心が高まっている。破壊後の変形量を予測するために、既往の研究では積層アルミ棒を用いた室内試験および、標点法による画像解析を実施した¹⁾。しかし標点法による解析は積層アルミ棒内部の標点間隔に依存しており、観測精度が課題である。本論文では標点法の代替として相関法による画像解析を実施した。相関法による画像解析手法は Particle Image Velocimetry(以下、PIV とする)を用い、観測精度の向上を試みた。本論文では既往研究である標点法と PIV との実験手法および結果の違いを報告すると共に、PIV におけるより高精度な解析のための手法について検討する。

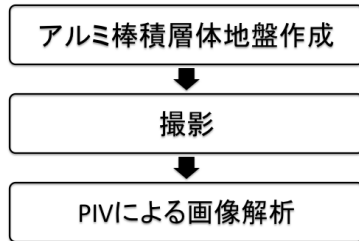


図-1. 本研究の実験フロー

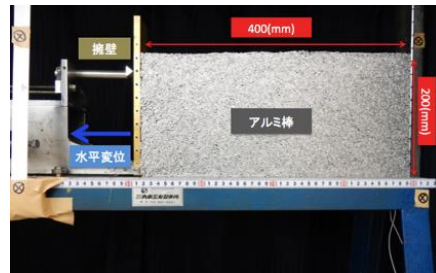


図-2. 変形前の擁壁とアルミ棒積層体

2. 試験装置および試験手順

擁壁実験装置は高さ 300(mm)、幅 10(mm)、奥行き 50(mm)の真鍮製の剛体壁および、擁壁背後に高さ 200(mm)、幅 400(mm)の寸法で敷き詰められているアルミ棒積層体で構成されている。擁壁はハンドルにより水平変位に制御可能する。主働方向に最大 95(mm)まで変位可能である。また、アルミ棒積層体の構成は長さ 50(mm)、直径 1.6(mm)、3(mm)の円柱断面を有し、質量比 2:1 の割合で混合して構成されてある。

実験時、擁壁を主働方向に等速度で水平変位させ、その過程を装置側方からカメラで撮影する。撮影間隔は擁壁変位増分 1mm, 2mm, 5mm とした。撮影した画像は PIV 画像解析ソフトを用いて解析し、地盤変位およびせん断ひずみを算出する。画像解析ソフト上では変形前の積層アルミ棒の画像上に等間隔の標点メッシュを 10mm に配置し、変位前後 2 枚ごとの画像間の変形をソフト上で追跡し、その変形結果からせん断ひずみを算出する。本実験では最大変位量を定めず、撮影した画像について解析可能か最大変位を検討した。

PIV では画像内に解析領域を指定し、その領域との一致度が最も高い領域へ変位したと判断する。変形増分から形状関数を用いることで最大せん断ひずみを算出する。相関法による画像解析で画像の変化を正確に追跡するため、外的要因による撮影条件の変化を最小限に抑えねばならない。擁壁背後及び側面からの光の影響を防ぐために黒色カーテンを設置し、ハレーションを抑えるために照明蛍光灯を白い布で覆い光を一点に直接当てないように考慮した。また、撮影する画像のサイズは 4608×3456(pixel)である。撮影時にはカメラのリモート機能を用い、シャッター押下時のカメラのずれを抑えた。

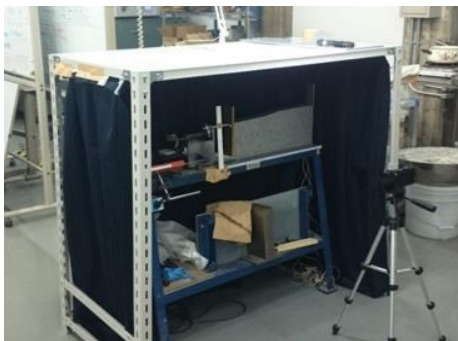


図-3. 擁壁実験装置

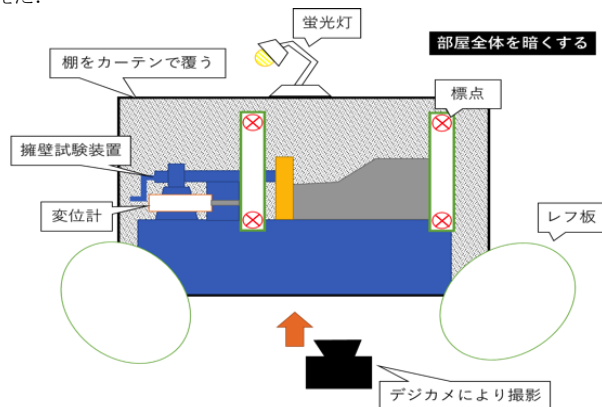


図-4. 擁壁実験概要

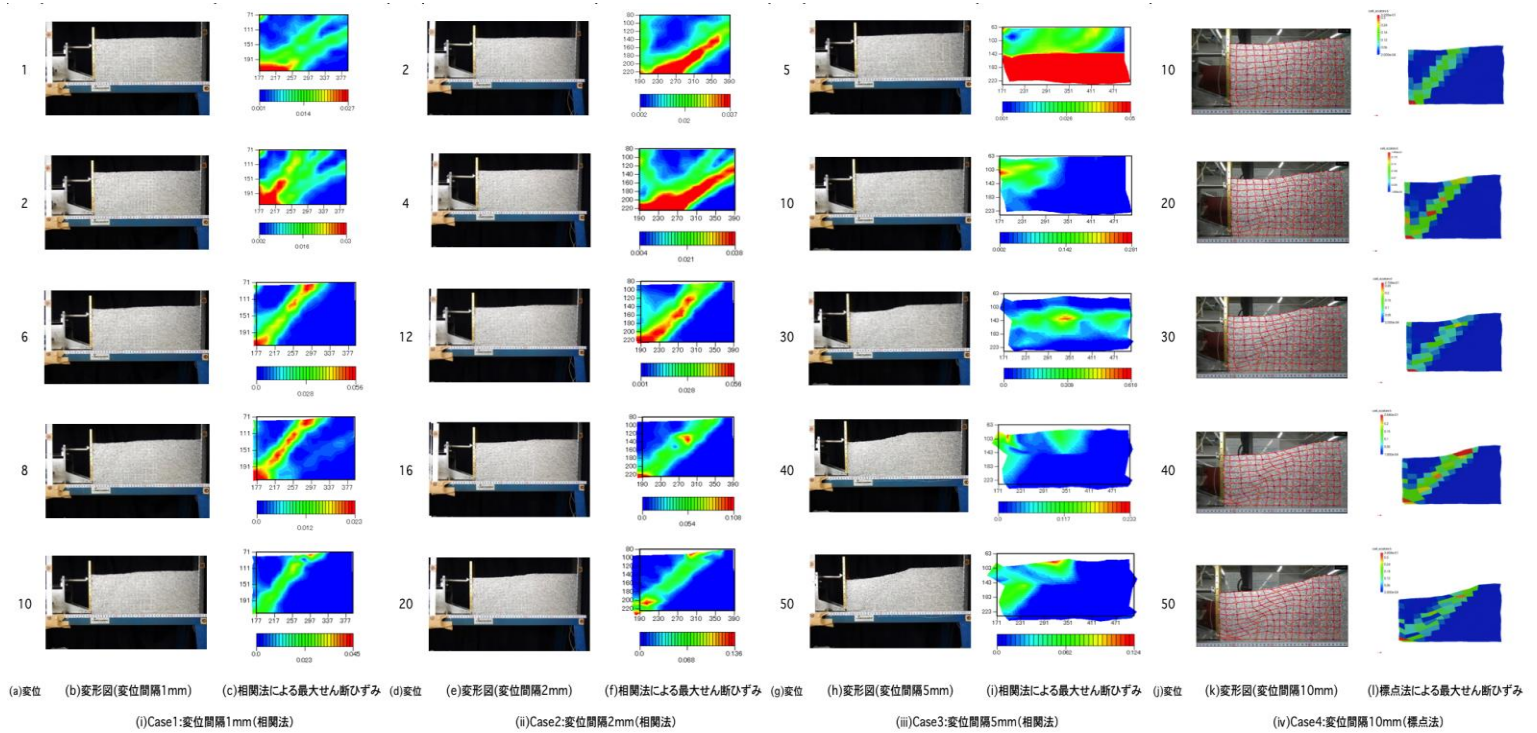


図-5. 相関法と標点法による積層アルミ棒変形過程と最大せん断ひずみ図

3. 実験結果

図-5に相関法と標点法における最大せん断ひずみ分布を示す。図-5における擁壁の増分はそれぞれ1mm, 2mm, 5mmである。図-5の最大せん断ひずみを比較すると、標点法における最大せん断ひずみは各格子のひずみにより算出されるため解像度が低い、相関法における最大せん断ひずみはより解像度が高い。特に変位量1mmおよび2mmずつ解析した場合は初期変形においてすべり線が2本発生している。相関法を用いることにより視認性の高い解析結果を得ることが期待できる。

一方、図-5における変位増分5mmの場合は、初期変形の段階より変形解析ができず、設定したメッシュが崩れてしまった。変位増分を一定以上とすることで画像解析の際に2画像の光学パターンのスペクトル差の認識ができなかった。また、以上の条件を満たしていても、特に大変形領域においてアルミ棒の誤認によるメッシュの崩れが起きることを確認している。本研究では標点メッシュ幅を10mmと設定したが、メッシュ幅をより小さくすることで格子が破綻することを確認している。

より精密な解析のために、光学パターンを認識しやすいものとするためにアルミ棒の着色が考えられる。また、初期変形のみならず大変形部分における解析においても精密な解析を行うために、現状の撮影環境の更なる改善案の検討が必要となるだろう。

4. まとめ

本研究ではアルミ棒積層体を用いた擁壁実験結果に対して、大変形領域におけるPIVによる画像解析及び、従来の標点法による画像解析それぞれによる結果を比較した。研究成果は以下の通りである。

- 1) 相関法による解析では積層アルミ棒内部に標点を設けることなくアルミ棒を分布させたのち、擁壁を主働方向に等速度で移動させた画像に画像解析ソフト上で標点メッシュを設置し光学パターンスペクトルの変形に応じてせん断ひずみを算出する。したがって相関法による解析では標点法よりも精密な解析が可能である。
- 2) 相関法において、解析画像の撮影変位増分を大きくすると解析用メッシュの誤認が発生しやすくなるため、変位増分を短くして解析を行うことが望ましい。しかし、変位増分を短くした場合も誤認の可能性はあるため、さらなる精密な解析のために実験装置および実験条件の改善が必要である。

以上の報告事項を元に、本実験の改善について改めて検討する。

本研究を行うに当たり、スレンソッキアン博士には画像解析ソフトを提供していただきました。記して謝意を表します。

<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.
- 2) 上野勝利, スレンソッキアン: 隣接基礎による砂地盤の変形と支持力, 土木学会, Vol7, pp. 65-74, 2004.