

PIVを用いたアルミ棒積層体地盤の大変形解析

PIV アルミ棒 大変形

早稲田大学 学生会員 ○佐藤 慶太
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
清水建設 国際会員 桐山 貴俊

1. はじめに

筆者らは、アルミ棒積層体を用いた擁壁実験を対象とする数値解析を行っている¹⁾。この数値解析の妥当性を評価するために、比較対象となる実験の画像解析技術の向上を図っている。既往の研究¹⁾では標点法による画像解析を用いて標点変位やひずみを算出してきたが、標点間隔の大きさによる観測精度の粗さに課題があった。ここでは、標点法の代替法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。PIV を用いた高精度な変形解析手法について検討し、既往研究である標点法と PIV との結果の違いを報告する。

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が制御可能である。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)の円形断面を有し、質量比 2:1 の割合で混合して構成されている(図-1、図-2 参照)。

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 1(mm)、2(mm)、5(mm)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 10(mm)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。

3. PIV 検証実験

より高解像度な解析を行うにあたって検証実験として画像解析ソフトウェア上で画像間の光学スペクトル変位が検出されるための擁壁変位増分について検討する。撮影間隔は擁壁変位増分 1(mm)、2(mm)、5(mm)とし、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 10(mm)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。本検証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な最大変位を検討した。

検証実験より、より変位増分を小さくすることで破綻なく解析可能であった。擁壁変位増分 1(mm)の最終変位における画像解析結果を図-3 に示す。したがって以降の実験では擁壁変位を 1(mm)と設定することで解像度の高い実験を実施する。

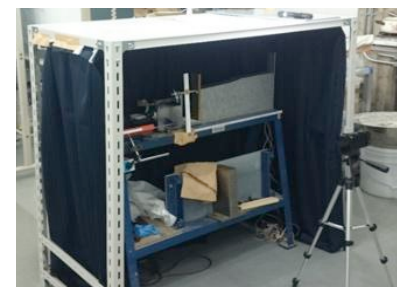


図-1.擁壁実験装置

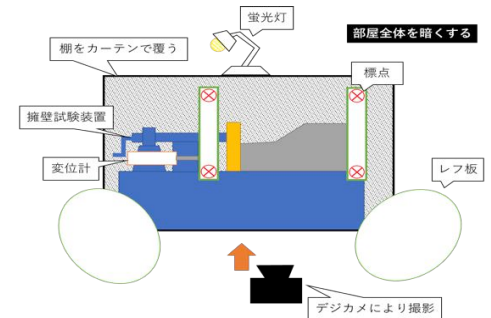


図-2.擁壁実験装置概要

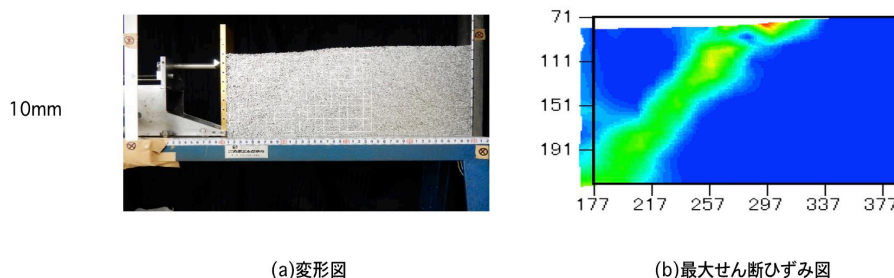


図-3.擁壁変位増分 1(mm)における画像解析結果(抜粋)

以降の実験の画像解析に用いる輝度差をより顕著にするために、アルミ棒積層体を赤・青・黒で着色する。撮影環境においても輝度の外的要因による変化を最小限とするために撮影条件を固定する。以上を図-4、表-1に示す。

画像解析に用いる追跡メッシュの格子幅を、メッシュ内に複数アルミ棒が配置され輝度パターンが現れるようにするため5mmと設定する。

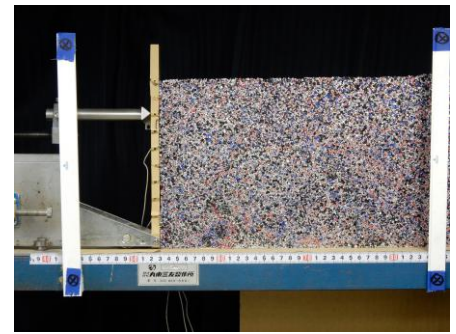


図-4.アルミ棒着色図

4.画像解析結果

図-7にPIV（メッシュ幅5mm）及び標点法（メッシュ幅20mm）による画像解析結果を抜粋しそれぞれ示す。最大せん断ひずみ分布図において、図-5(a)のメッシュ幅は図-5(b)のメッシュ幅の1/4倍であるため、より解像度の高い最大せん断ひずみ分布図になっていることが確認できる。図-5(d)及び図-5(f)はすべり線が1本しか確認できないが、図-5(c)及び図-5(e)では水平変位10mmにおいてすべり線が2本確認できる。これは擁壁が主働方向に変位し主働崩壊を起こしすべり線を形成する過程で、連続的な主働崩壊によって複数のすべり線が形成されたものと考えられる。

最大せん断ひずみ分布図（オートスケール）において同変位量ごとに比較すると、相関法によるコンター幅が標点法によるコンター幅より大きい。相関法によるメッシュ幅は標点法によるメッシュ幅の1/4倍であるため、より解像度の高い最大せん断ひずみ分布図になり、局所的な変形をとらえられている。このことから実際にはすべり線近くではかなり局所的な変形が発生していることが分かる。

表-1.実験条件

設定項目	値
画像サイズ(pixel)	4608×3456
ISO感度	125
カメラ高さ(mm)	855
擁壁部からの水平距離(mm)	1370
シャッタースピード(sec)	1/8
絞り値	F5.3

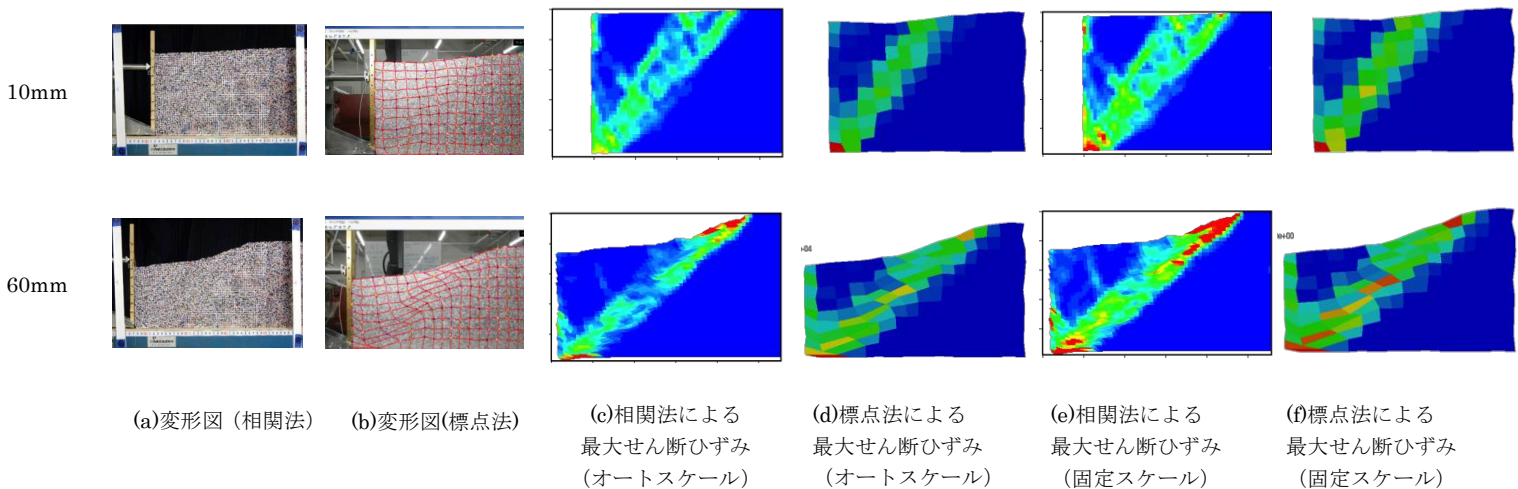


図-5.相関法と標点法による画像解析比較抜粋(H200W400増分)

4.まとめ

本研究では擁壁実験において、PIV及び従来の標点法による画像解析結果の比較を行った。研究成果は以下の通りである。

- 1) アルミ棒断面を着色し、実験環境を固定することで観測精度を向上し、大変形領域において解像度の高い解析が可能であった。
- 2) 標点法と比較して格子幅を20mmから5mmまで小さくし、解像度を向上させた。標点法ではすべり線が1本しか確認できなかったが、PIVによる画像解析においてはすべり線が2本確認できた。これは擁壁の移動に伴う地盤の連続的な主働崩壊によって複数のすべり線が形成されたと考えられる。また、相関法による最大せん断ひずみ分布図のコンター幅が標点法のものに比べて大きいことから、すべり線近くではかなり局所的な変形が発生していることが確認された。

<謝辞>

本研究にあたり、日本工営株式会社のソッキアン博士より画像解析ソフトを提供していただきました。記して謝辞を表します。

<参考文献>

- 1) 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, Vol.71, No.3, pp.177-178, 2016.
- 2) スレンソッキアン, 上野勝利, 望月秋利, 岩本有樹, 今村眞一郎: 隣接基礎による砂地盤の変形と支持力, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.7, pp.65-74, 2004.