

LAT-PIV 手法を用いた浸透破壊時の粒子と流体の運動に関する考察

八戸工業大学 学生会員 ○大久保翔太・渡辺正樹・外崎 歩
八戸工業大学 正会員 矢澤一樹・金子賢治
八戸工業大学 フェロー 熊谷浩二

1. はじめに

地盤工学分野では、地盤は連続体として取り扱われているが、実際には砂や礫などの不規則で複雑な形状の粒子の集合体である。液状化や土砂流動、ボイリング、浸透破壊などの現象を的確に理解するには粒子と流体の相互作用を詳細に観察・検討しなければならない。しかし、観察法が限定され、粒子挙動と流体速度などを同時に計測するのは非常に難しい。本研究ではLAT-PIV法¹⁾をボイリングに伴う矢板の浸透破壊現象における粒子と流体の挙動を同時に観察・計測することを試みる。粒子-流体系の粒子部分には粒状体の可視化実験手法の一つであるLAT (Laser Aided Tomography) を用い、間隙流体部分には流体力学の分野で多く用いられるPIV (Particle Image Velocimetry) を用いて計測する。

2. LAT-PIV 計測手法の概要

LAT と PIV を用いた計測手法は、粒状体内部を可視化することを目的として開発されたLATと、流体力学の分野でよく用いられる可視化手法PIVを併用する手法である。光学ガラスを粉砕した固体粒子により粒子集合体を作成し、液体部分には光学ガラスと等しい屈折率を持つ間隙流体を2種類のシリコンオイルを調合して用いる。液体と固体粒子の屈折率が等しいため、自然可視光のもとではガラス粒子は目視により確認できないが、シート状にしたレーザー光を可視光として試験体に透過させるとガラス粒子輪郭が浮かび上がり、任意断面での粒子状態を把握できる。一方、PIV解析では流体中にトレーサ粒子と呼ばれる極小の粒子を無数に混入する。このトレーサ粒子がレーザーにより発光する。任意の時間間隔における2枚の画像の画像パターンを比較することで流体の速度を計算する。

3. 矢板の浸透破壊実験

(1) 実験の概要

矢板の浸透破壊実験に用いた計測システムの概要を図-1に示す。レーザーを通過させる面および矢板を光

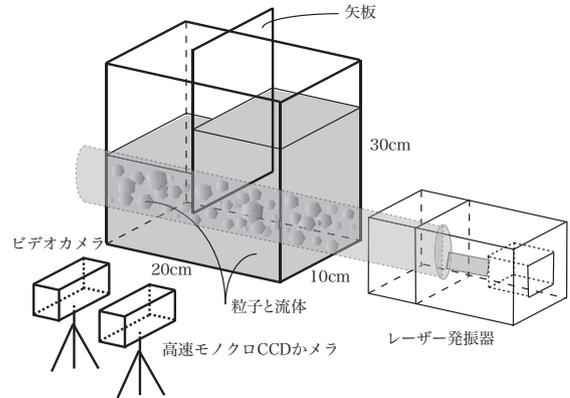


図-1 浸透破壊実験の概略

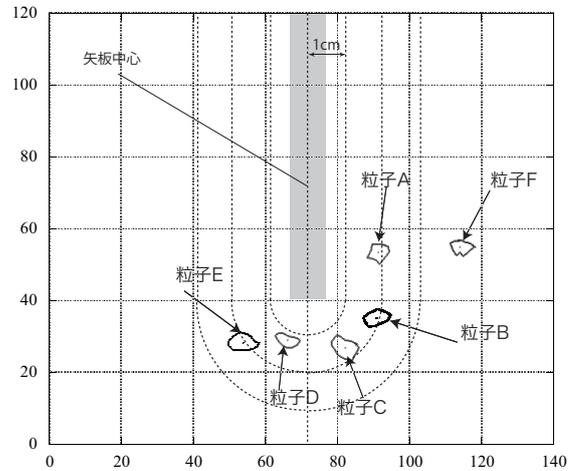


図-2 各粒子の初期座標

学ガラスで作成し、高速モノクロ CCD カメラで撮影する方向はアクリル板を用いた。また、矢板両側の水位差を記録するため土槽背面に目盛りを設置し、それを高速モノクロ CCD カメラの背後からデジタルビデオカメラで撮影を行った。土槽背面に設置したバルブからポンプにより吸引・循環させることで矢板左右の水頭差を生じさせる。図-2に本文で計測対象とした6個の粒子の初期の位置を示す。図中には同時に矢板中心および矢板中心からの距離を点線で示している。

(2) 解析結果

図-3は粒子速度および水位差と時間との関係を示す。ここでは、粒子A, C, Fの粒子の速度を例として示した。なお、粒子Cが矢板から最も近く、A, Fの順

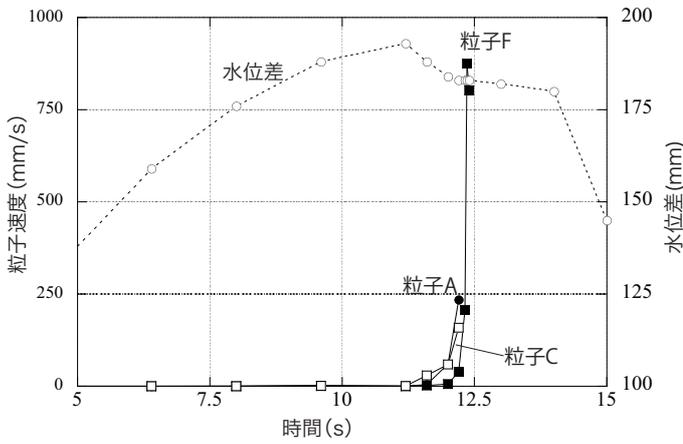


図-3 粒子速度および水位差と計測開始からの時間の関係

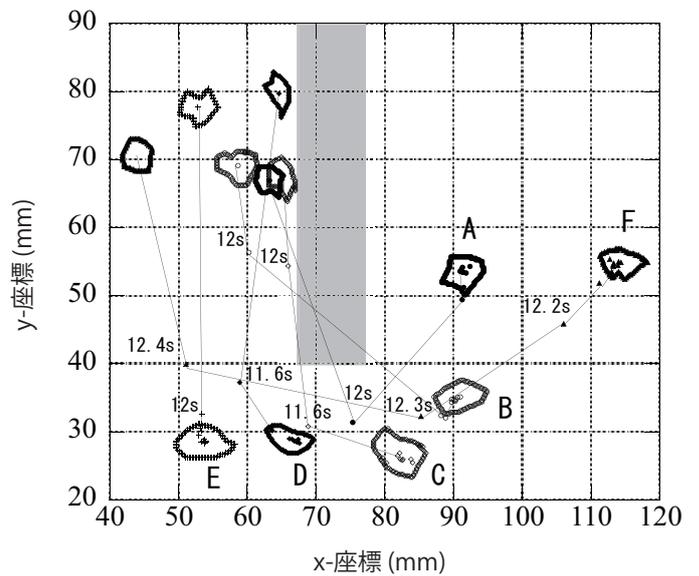


図-5 浸透破壊中の粒子運動

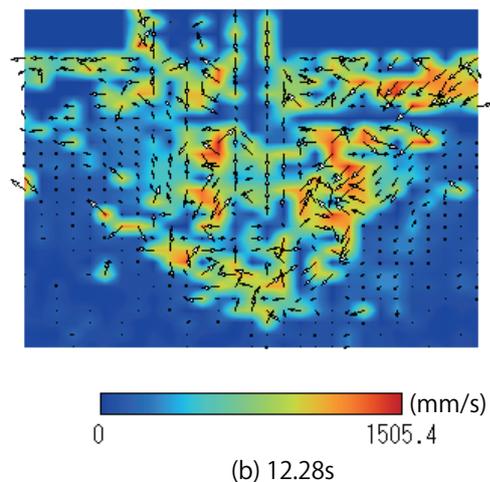
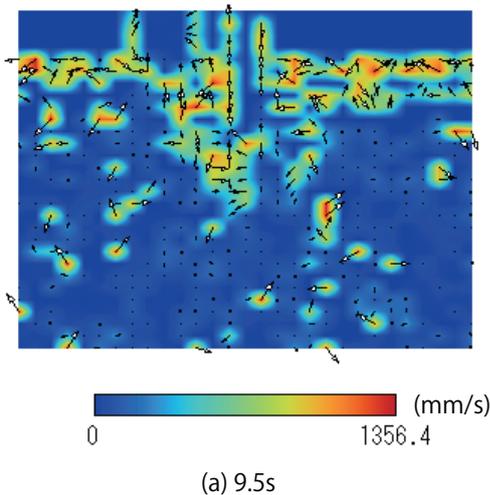


図-4 間隙流体の流速分布

に矢板から離れている。同図より、水位差が徐々に増え 11.2s において水位差の最大値となった。この水位差の最大の時に地盤モデル全体に浸透破壊が生じている。粒子 C は浸透破壊が生じる 11.2s 付近から速度が急激に生じている。矢板からの距離が比較的遠い粒子 F は若干動き始めるのが遅いが、動き始めると一気に

速度が上昇する。以上の結果から、浸透破壊現象が生じるとき、まず矢板付近の粒子が動きだし、徐々に矢板から離れた部分に拡大することで、全体の浸透破壊に至るものと考えられる。

図-4 に、間隙流体の速度分布を示す。浸透破壊が全体に発生する前の 9.5s の場合には矢板下流側の流速が高いが、浸透破壊直後の 12.28s の場合には矢板周辺全体に流速の高い部分が広がっていることがわかる。

図-5 に粒子 A～F までの浸透破壊中の運動の様子を示す。矢板からの距離が近く矢板直下にある粒子 C と D が最初に動き始めている様子がわかる。また、粒子 A から D は矢板に沿うように運動し、比較的矢板からの距離が遠い粒子 E と F は計測最終段階での位置も矢板から比較的離れている。このようなことから、浸透破壊が生じる時の粒子運動は、ほぼ流線に沿うような運動となると考えられる。

4. まとめ

本研究では、LAT-PIV 計測手法を用いて矢板の浸透破壊現象における粒子と間隙流体の運動について考察した。得られた計測データから粒子運動と間隙流体の運動およびそれらの相関関係についてより詳細に検討・考察を加えると共に、地盤条件など多の条件における検討等が今後の課題である。

参考文献

- 1) 竿本英貴, 松島亘志, 山田恭央: LAT-PIV 可視化実験手法の開発と粒子一流体系への応用, 応用力学論文集, Vol. 8, 2005.