

Ⅲ - A29

混合粒径アルミ棒積層体による落し戸実験と粒子移動の非接触観察

京都大学農学研究科 正会員 村上 章
同 上 学生会員 高尾 智幸
同 上 正会員 長谷川 高士

1. はじめに

トンネル土圧の評価などを目的として、アルミ棒積層体を用いた落し戸実験がいくつか行われてきた^{1)~5)}。そこではゆるみ土圧のモデル化を主たる目的としており、ドアの圧力測定や写真撮影による棒積層体粒子移動状況の観察がなされた。一方、筆者らは同様の問題に対して、転がり摩擦を考慮した DEM⁶⁾解析によるシミュレーションを行い、渦の発生とその消長と連鎖がせん断帯を形成しているのではないかという仮説を立てている⁷⁾。本文では、これを実際に調べるために、文献1-5と同様に密に配置したアルミ棒積層体による落し戸実験を行い、高速ビデオ・画像処理装置を用いて粒子に見立てた棒の移動状況を観察したので報告する。

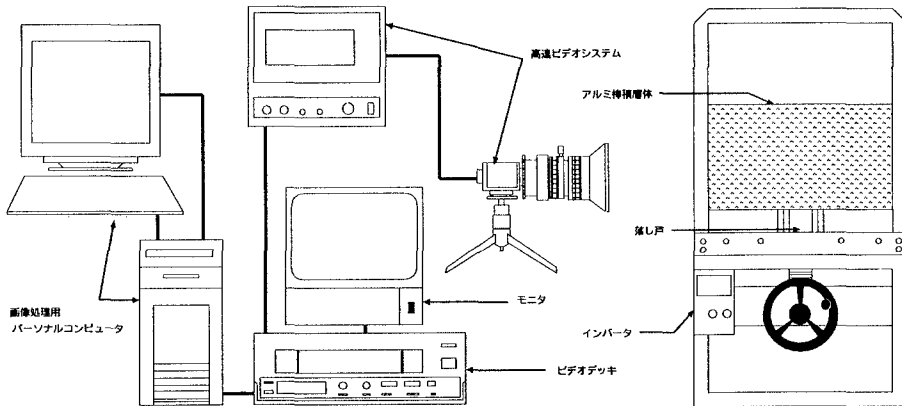


図 1: 落し戸実験/高速ビデオ/画像処理装置

2. 実験装置

実験は図1にあるような装置により実施した。ドアの幅は5, 7.5, 10cmの3種類、上下降速度はインバータ・モータにより2~14mm/secの範囲において可変であり、アルミ棒径としては、8, 10, 12mm (長さ5cm; 単位重量2.70g/cm³)の3種類用意した。以下ではドア幅10cm; 降速度10または14mm/sec; 8, 10, 12mmまたは8, 12mm混合粒径の結果を示す。10秒間のアルミ棒の移動を高速ビデオ装置により200コマ/秒で記録し、任意のコマの画像をコンピュータに取り込んで、棒の中心座標移動をMathematicaにより図化した。

3. 高速ビデオ画像による変位観察

図2に3粒子混合 (ドア下降速度10mm/sec; 粒径8, 10, 12mm) の場合について、1秒毎の棒中心移動を3秒までベクトルで表示した。また、図3には2粒子混合 (ドア下降速度14mm/sec; 粒径8, 12mm) の場合の棒中心移動を1/10秒間隔で示す。図3のように細かい時間間隔での観察を図2と比べると、次のようなことを指摘できる:

- $\Delta t = 1 \text{ sec.}$ ではなめらかな粒子移動ベクトル場が、 $\Delta t = 1/10 \text{ sec.}$ ではやや波うつ様子が見られる;
- 小さく旋回している箇所がある

Keywords: 落し戸, 粒子移動, 高速ビデオ, 画像処理

〒606-01 京都市左京区北白川追分町 TEL: 075-753-6152 FAX: 075-753-6346

一方、図4は粒径比3:5の2粒子混合セルラオートマトン⁸⁾のシミュレーション(20格子移動間の粒子移動ベクトル)を示す。大きな時間間隔では隠れてしまっていた粒子移動ベクトルの波打ちや旋回¹⁰⁾が、CAでも時間間隔を小さくしていくと見えてくる。ただし、図3のように細かい時間間隔では、粒子移動の大きさによっては画素の粗さに依存した誤差を含んでいて、さらに改善の余地がある。また、均等径の場合の結果は文献9に示す。本実験設備は科学研究費 基盤研究(A)(2)(長谷川高士代表:課題番号 08406017)により、実験にあたっては修士課程学生 橋本 守君の助力を得た。記して謝意を表します。

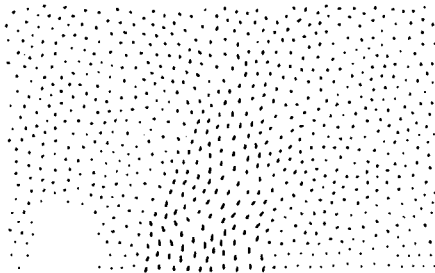


図2-a: 棒中心移動(3粒子混合, 0→1 sec.)

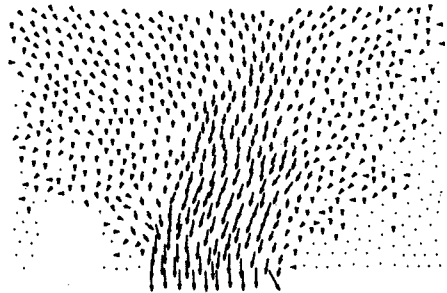


図2-b: 棒中心移動(3粒子混合, 1→2 sec.)

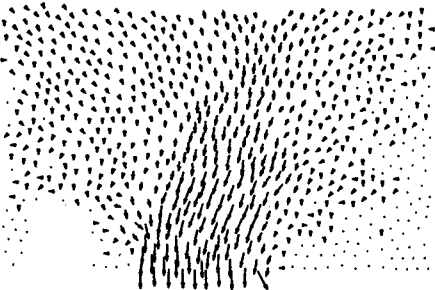


図2-c: 棒中心移動(3粒子混合, 2→3 sec.)

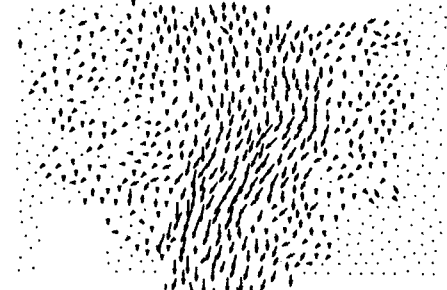


図3-a: 棒中心移動(2粒子混合, 3.0→3.1 sec.)

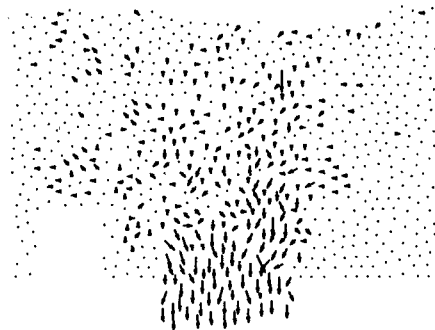


図3-b: 棒中心移動(2粒子混合, 4.0→4.1 sec.)

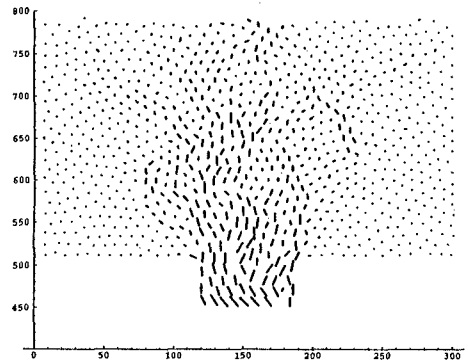


図4: シミュレーション結果

参考文献

- 1) 村山朗郎: 砂層内局部沈下部にかかる垂直土圧, 京大防災研究所年報, 第11号B, pp.549-565, 1968.
- 2) 村山朗郎・松岡 元: 粒状土地盤の局部沈下現象について, 土木学会論文報告集, 第172号, pp.31-41, 1969.
- 3) 村山朗郎・松岡 元: 砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第187号, pp.95-108, 1969.
- 4) 足立紀尚・田村 武・木村 亮・荒巻 智: 落とし戸の実験と数値解析, 第28回土質工学研究発表会, pp.2293-2294, 1993.
- 5) 足立紀尚・田村 武・木村 亮・荒巻 智: アルミ棒を用いた土圧実験とその数値解析, 粒状体の力学シンポジウム論文集, 土質工学会, pp.107-110, 1993.
- 6) Sakaguchi, H.: *Pattern formation in granular media*, Doctoral Dissertation, Kyoto University, 1995.
- 7) Murakami, A., Sakaguchi, H. and T. Hasegawa: Dislocation, vortex and couple stress in the formation of shear bands under trap-door problems, *Soils and Foundations*, Vol.37, No.1, pp.123-135, 1997.
- 8) Sakaguchi, H., Murakami, A., Hasegawa, T. and A. Shirai: Connected lattice cellular-automaton particles: A model for pattern formation in vibrating granular media, *Soils and Foundations*, Vol.36, No.1, pp. 105-110, 1996.
- 9) 村上 章・高尾智幸・長谷川高士: 均等径アルミ棒積層体による落とし戸実験と粒子移動の非接触観察, 平成9年度農業土木学会講演概要集, 1997.
- 10) 木田重雄: いまさら流体力学?, バリティブックス, 丸善, 1994.