

I-83

粒状体構造模型内部の動的挙動の可視化

東京大学生産技術研究所 正員 小長井一男

東京大学生産技術研究所 正員 田村重四郎

東京大学生産技術研究所 学生員 Jose Daniel Ortiz

1. はじめに

粒状体からなる構造物の地震時挙動を把握する上で、模型実験は基本的性状に関する資料を与えるものとして重要である。しかしこれらの模型の内部の挙動を的確に把握することは必ずしも容易ではない。著者らは間隙が水で飽和した粒状体構造物について、模型内部の動的挙動の可視化手法を開発したので、ここにその概要を紹介する。

2. 手法の概要

模型は、ガラス製の水槽の中にガラス粒子を積み上げたもので、ガラスと等しい屈折率を持つ液中に浸漬される。これは、光弾性などの分野で液浸法と呼ばれている実験方法であり、単色光源下で屈折率が完全に同調した状態の下では、液中のガラス模型の存在は視認できないことになる。しかしガラスの表面には割裂などによる表面形成時のひずみが残留し、また粒子形成直後の表面が化学的に極めて活性であることから、周辺の気体や液体中のさまざまな成分が吸着し、その結果、ガラス表面には極めて薄い、光学的にやや異なる性質を持った薄膜が形成されている。通常の液浸法ではこの膜は視認しがたいが、ここに強い単色光を薄いシート状にして透過させると、光シートがガラス粒子の表面を横切るところで光の散乱が明瞭に認められるようになり、模型の任意断面で鮮やかな輝線に縁取られたガラス粒子の動きを観測することができる。

浸漬液は、ガラスに対して屈折率の高いテトラリンと、屈折率の低いテレピン油を混合して作製した。両者は透明で安価な有機溶剤であり任意の割合で自由に混合し、両者の屈折率の間にあるあらゆる屈折率の浸漬液を得ることができる。混合した液体の屈折率は次式を用いて正確に算定できる。

$$\frac{1}{\rho} \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{(1-c)}{\rho_1} \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} + \frac{c}{\rho_2} \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2}$$

ここに n, ρ : 混合液の屈折率、密度、 n_1, ρ_1 : テトラリンの屈折率、密度、 n_2, ρ_2 : テレピン油の屈折率、密度、 c : テレピン油の重量%である。ただし、これらの液体の屈折率および密度は温度によって変化することに留意して屈折率の調整、混合液の温度の管理を行う必要がある。混合液の粘性は20℃で1.26～2.2cpsと水の粘性の2倍程度と小さく、このためReynolds数を大幅に下げられない動的実験を行う上で好都合である。

ガラスには脈理、泡などの光学的に不均質な部分の少ないBK-7と呼ばれる光学ガラス（514.5nmの波長の光に対する屈折率：1.5204）を採用した。

3. 模型実験

本手法の有用性を検討する目的で、堤体模型の動的破壊過程の観測を行った。実験装置の概要を写真1に示す。実験系は模型と模型を浸す水槽、および光シートを作る光学系からなる。光源はArイオンレーザーであり、514.5nmの波長では1.7W以上の出力が得られる。水槽内には平均粒径1～2cmのガラス粒子を用いて写真2に示すように高さ20cm、勾配1:1.5の三角形断面を有する堤体模型をつくり、この5cm上部まで浸漬液を満たし、振動台上で堤軸直角方向に5Hzの正弦波で加振した。振動台の加速度は3分間に0から300galまで上昇させ、このなかの150gal以降の破壊過程を、高速度カメラなどを用いて撮影した。写真3は加振実験

前(a) 後(b) の堤体中央断面である。加振終了後大きく左右に広がった堤体内は、加振前と較べて細粒分が混入し密度が増している様子が認められる。

4. まとめ

ここでは粒状体模型内部で進行する挙動の可視化について新たな実験手法を提案した。この手法によれば模型の任意断面の複雑な粒子の動きを散乱光の輝線に縁どられた図形の運動として明瞭に把握し得るのみならず、このレーザー光のシートを前後に走査すれば、複雑な粒子形状を凹部も含めて計測することができ、多方面での利用が期待される。なお、実験を行うにあたって大学院学生、平田一穂君の協力を得た。

参考文献

- 1) 小長井一男、田村重四郎：粒状体構造模型の動的挙動の可視化、生産研究、第40巻、第11号
- 2) K. Konagai and C. Tamura: Visualization of Dynamic Behavior of Particle Assemblage in Underwater Granular Structure Models, Bul., ERS, No.22, 1989.

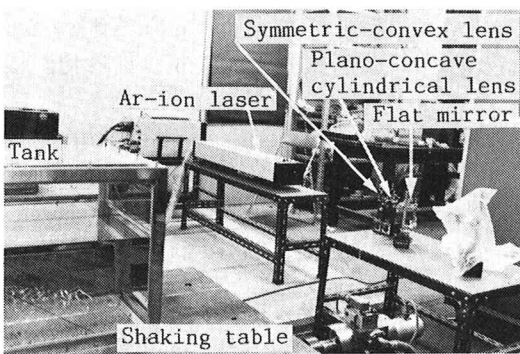


写真1 粒状体模型可視化実験装置

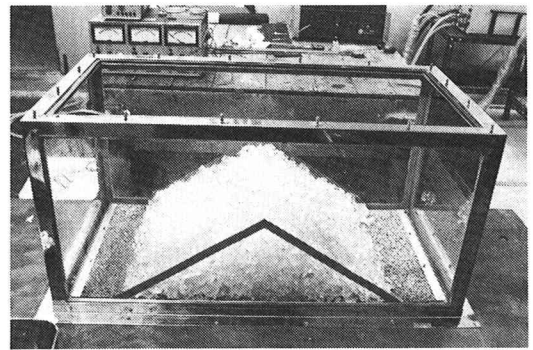
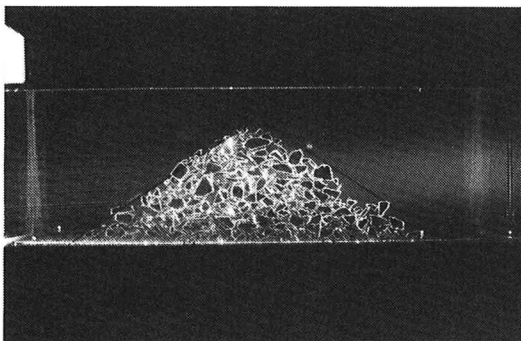
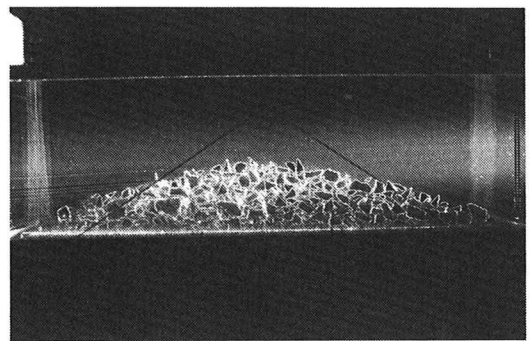


写真2 堤体模型



a 加振前



b 加振後

写真3 堤体中央断面