

衝撃による液状化と流体輸送の実験的研究：浅部の低浸透率層の影響 Experimental study of liquefaction and fluid transport: effects of the low-permeability layer

安田 奈央^{1*}, 隅田 育郎¹
YASUDA, Nao^{1*}, SUMITA, Ikuro¹

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科
¹ Kanazawa University

液状化とは、粉粒体における粒子同士の支え合いが何らかの振動、衝撃により崩れ、一時的に流体のような振る舞いをすることを言う。液状化後には間隙水が排出され圧密が起きる。液状化から圧密までの間の間隙水圧の緩和過程が実験により調べられている (Nicolas et al., 2004)。さらに液状化に伴う諸現象の例として噴砂があり、噴砂と液状化層厚の関係については土木工学の分野で調べられている (山口他, 2008)。一方で、液状化による流体排出のパターンや層厚の時間変化については十分には調べられていない。また、浅部に低浸透率層がある場合、この層がどのように流体排出に影響してくるのかも興味の対象である。ここでは、水とガラスビーズを用いて作成した小型のモデルに衝撃を加えた場合の液状化実験の結果を報告する。

本実験では、粒径の異なる2種類の球形のガラスビーズと水を封入したケースに衝撃を与えて液状化させる。ケースをよく振って一定時間放置させることでビーズは2層に成層するため、浅部に低浸透率層がある2層構造 (上層 $8.0 \pm 1.6\text{mm}$ 、下層約 $24.7 \pm 1.8\text{mm}$) を仮定することができる。本実験における重要な物性パラメータは浸透率であり、この浸透率は粒径の2乗に比例することから、上下層の粒径を変えて実験を行った。実験の様子はビデオカメラで撮影し、加速度波形はオシロスコープに記録した。

1層のみで実験を行うと、衝撃が加わった後すぐに層厚が収縮する様子が観察された。粒径の異なるビーズによる2層実験では、下層から排出された水が一時的に2層の界面にたまった後、上層中をチャンネル状、あるいはシート状の形態をとり上昇し排出される様子が観察された。また、液状化に伴う層厚の時間変化を調べると、一連の現象が1: 衝撃により傾斜が崩れる、2: 下層から排出された間隙水が上層にたまった後、上昇する、3: 間隙水の排出が終わり、粒子が沈降する、という3段階に分けられることがわかった。また、全体の層厚変化がなくなる時間 (一連の現象が終了する緩和時間) の粒径依存性を調べると、1層の場合には、下層粒径が小さくなるに従い緩和時間が長くなっていた。2層の場合には、浅部の浸透率の低い層が流体上昇を抑制するため、1層の場合よりも緩和時間が長くなるが、上層の粒径が十分小さくなると、緩和時間は下層の粒径には依存しなくなった。

本実験から、浅部に低浸透率層がある場合には、上下層の浸透率比で決められたパターンで下層の間隙水が排出される傾向があることがわかった。またそれに伴う層厚の変化には段階があり、すべての段階が終了する時間の粒径依存性は、2層の場合であっても実効的浸透率を導入することで説明できる。

キーワード: 浸透率, ダルシーの法則, パッキング, 低浸透率層

Keywords: permeability, Darcy's law, packing fraction, low-permeability layer