

遠心力模型実験による細粒分を多く含む

地盤の地震時挙動に関する研究

東北大学 学 ○山崎智哉 フ 風間基樹
正 河井 正 正 森 友宏

1. はじめに

地震により液状化した地盤の、沈下量や水平変位量の大きさを予測する手法の開発が現在必要とされている。現状の沈下量算定方法は、間隙水圧の消散（圧密）に基づいた方法である。しかし、2011 年東北地方太平洋沖地震での浦安のように大量の土砂が噴出した場合には、沈下量に大きな影響を与える可能性がある。そこで、本研究は、浦安の事例のように細粒分を多く含む地盤における噴砂が沈下量に与える影響を把握し、より有用性の高い沈下量算定方法の開発につなげていくことが目的である。

はじめに、噴砂による沈下の推定メカニズムを図-1 に示す。噴砂の発生には二つのメカニズムが関係していると考えられる。

・タイプ A：液状化後の水圧消散に伴う噴砂

液状化が発生すると過剰間隙水圧が発生し、圧密時の水圧消散にともなう噴砂が発生する。この噴砂は、間隙水が噴出する際に、水流に起因して土粒子が巻き上げられることによって生じる。したがって、水に対する土粒子の割合は僅かであると考えられる。

・タイプ B：上載圧のアンバランスによる噴砂

液状化が起こり過剰間隙水圧の蓄積により地盤剛性が低下した際に、上載圧のアンバランスによって地震で生じた地盤のき裂等から、剛性の小さな原地盤が噴出するものである。したがって、土粒子と間隙水の比率がほぼ変わらない状態で絞り出される。

これらのメカニズムタイプには、土の物理特性が大きく関係していることが予想される。すなわち、透水係数が大きくかつせん断剛性がすぐに回復する地盤ではタイプ B のような噴砂が発生する可能性は小さく、逆に透水性が小さな地盤では、短時間では排水されないため、要素特性的にはタイプ A の噴砂は生じにくい。但し、透水性の小さな地盤でも、地盤内部に水が貯留した後に地表面に噴出するのであれば、材料特性によらず発生する可能性はある。一般的には、綺麗な砂地盤ではタイプ A の噴砂のみが生じやすく、細粒分を多く含む地

盤ではタイプ A およびタイプ B の噴砂が生じ得るものと考えられる。

本研究ではまず、実際にタイプ B のような噴砂が生じる可能性があるか、それを振動台実験により再現することを試みる。その際、噴砂が生じ易いことが想定される細粒分含有率の大きな砂質土として、浦安で 2011 年東北地方太平洋沖地震の際に実際に噴出した砂（以下、浦安砂）を用いて 1G 場模型振動台実験を行った。さらに、種々の力学特性が拘束圧に依存する土材料を用いる場合に、模型地盤の応力状態を現実に近いことが可能な遠心力模型実験を行って、タイプ B の噴砂が生じる可能性について検討した。

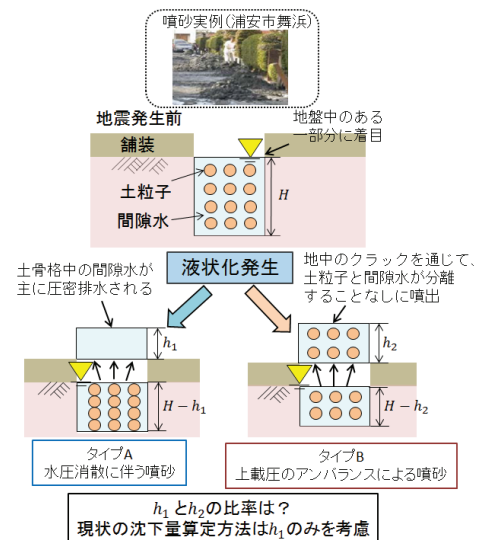


図-1 噴砂による沈下発生二つの推定メカニズム

2. 1G 場模型振動台実験

実験は、加振方向長さ 50cm × 奥行き 50cm × 高さ 50cm の剛土槽に浦安砂で地盤を作成し、正弦波 (30Hz, 500Gal, 1 分) で加振実験を行った。具体的には、図-2 に示す様に、深度 2m を想定した際の上載圧 34kPa を、空気圧によりゴムシートを介して地表面に与えた状態で、正弦波により段階加振を実施した。表-1 に浦安砂の基本物性、図-3 に粒径加積曲線を示す。なお、地表面から 5, 15, 25, 35cm の深度 (Layer1, 2, 3, 4) にビーズを格子状に 25 個配置し、実験後にビーズの三次元方向の移動量を計測した。図-4 に一回目の加振開始前から、二回目の加振後に過剰間隙水圧が消散していく様子を表す過剰間隙水圧比時刻歴を示す。

Key Words: 遠心力模型実験, 細粒分, 液状化, 噴砂, 沈下

〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 人間環境系仮設実験棟 2F 地盤工学研究室

	土粒子密度	最大密度	最小密度	透水係數
	[g/cm ³]	[g/cm ³]	[g/cm ³]	[cm/s]
浦安砂	2.63	1.40	1.00	5.11×10 ⁻⁵

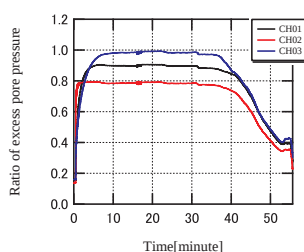
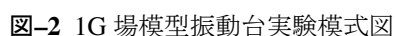


図-4 が示す様に、一回目の加振直後すべての水圧計

噴砂は、経時的に採取することが不可能であったため、噴砂発生から停止までにパイプを通して出てきたものの総量を採取した。その噴砂量は 11.1kg で、内訳は土が 7.7kg（乾燥重量）、水が 3.4kg であった。実験終了時地盤の密度と含水比、地盤全体の平均沈下量を測定し、そこから実験後の地盤は $\rho_d = 1.27[\text{g}/\text{cm}^3]$, $w = 35\%$ であることが分かった。噴砂を、実験後の地盤の

Figure 1 is a schematic diagram of the experimental setup for the liquefaction test. The diagram shows a cross-section of a soil container with a total height of 300 cm. The top 30 cm is the non-liquefied layer (非液化状層), and the bottom 270 cm is the liquefiable layer (液化状層: 清安砂). The container is divided into three vertical sections. The left section has points AH1, AV1, AH2, and AH5. The middle section has points AH3, AH6, AH8, and AH9. The right section has points AH4, AH7, and AH2. The bottom section has points P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, and P10. The bottom section is 600 cm wide. The diagram also shows the locations of various sensors: pore water pressure gauges (green circles), horizontal acceleration gauges (blue squares), vertical acceleration gauges (red squares), horizontal laser displacement gauges (blue triangles), and vertical laser displacement gauges (red triangles). The text indicates that P4, P5 are at the bottom, P9, P10 are at the same height as the main section, and AH8, LV1, LV2, and LV3 are at the same height as the main section. The text also mentions '噴砂用ドレーン材' (sand ejection drain material) and '非液化状層' (non-liquefied layer).

1) 小林真貴子, 藤原斉郁, 堀越研一, 石川敬祐, 安田進, 森洋: 東北地方太平洋沖地震による新木場地区の噴砂メカニズムに関する考察, 第 57 回地盤工学シンポジウム, pp.59-64, 2012