

舗装亀裂からの噴砂発生メカニズムに関する模型実験

東京大学大学院
東京大学生産技術研究所
埼玉大学大学院理工学研究科
埼玉大学工学部元学生
埼玉大学工学部元学生

学生会員
国際会員
国際会員
非会員
非会員

○堀内 佑樹
桑野 玲子
桑野 二郎
Ngo Ngoc Anh
大西 和也

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震における広域な噴砂により、路面の不同沈下などに加えて路面下空洞や陥没などの被害があった。これを踏まえて筆者らは水頭差による上向き浸透流実験により舗装亀裂からの噴砂発生を模擬した模型実験を行っている^{例えば1)}。本論文では、特に噴砂発生メカニズムに焦点を当てて実施した振動台実験を含む一連の実験結果について考察する。

2. 実験概要

上向き浸透流実験と 1G 場の振動台実験の二種類の手法を用いて噴砂を再現した。

図 1 に実験模型の概要を示す。土槽に厚さ 200mm で相対密度約 55%の珪砂、緩詰地盤を空中落下法により作製した。地表に舗装亀裂を模擬した 2mm のスリットを有するアクリル製の舗装模型を設置し、土槽底面からの通水により地盤を飽和させた。浸透流実験では水頭差を 50mm ずつ 1000mm まで段階的に上げ、上向き浸透流により静的に液状化を発生させた。振動台実験では 300gal、20Hz、30 秒間の加振波を、インターバルを挟んで 4 回入力し、舗装模型が自重（接地圧：約 0.2kN/m²）で液状化による地盤の沈下に追随しつつ壁面との接触部では遮水できるように工夫を施した。なお舗装模型が無い場合や舗装模型が沈下しない場合には、噴砂が発生しないことを基礎実験として確かめている。単位時間あたりにスリットから流出した水の量より、スリット部分を通過する水の平均流速を求める。

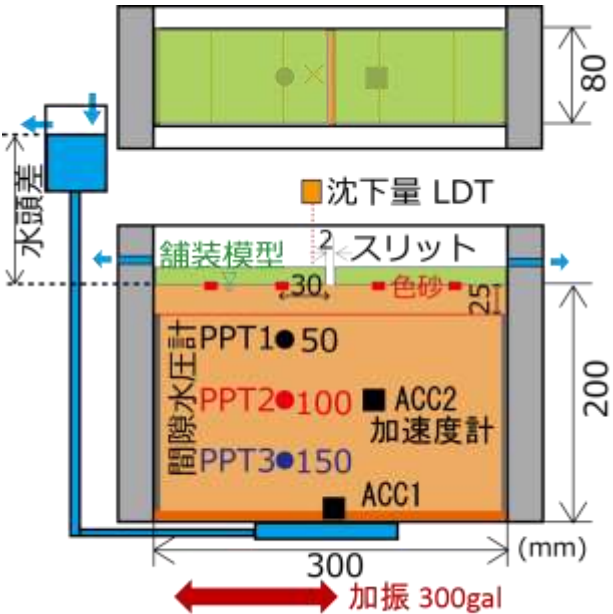


図 1 模型概要 上:平面図 下:断面図

表 1 に実験ケースと結果を示す。主に砂試料の平均粒径をパラメータとして実施した。

表 1 実験ケースと結果

Case	手法	珪砂	平均粒径 (mm)	噴砂発生時		
				水頭差 (mm)	加速度 (gal) / 振動数 (Hz)	スリット部分の平均流速 (mm/s)
5w1	浸透流	5	0.36	550	-	37.5
6w1	浸透流	6	0.23	400	-	9.56
7w1	浸透流	7	0.13	200	-	8.00
8w1	浸透流	8	0.08	250	-	3.55
7v1	振動	7	0.13	-	300/20	19.45
8v1	振動	8	0.08	-	300/20	7.50
8v2	振動	8	0.08	-	300/20	5.55

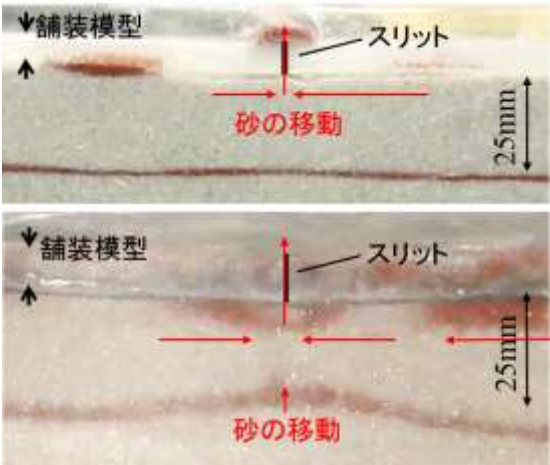


図 2 噴砂発生時のスリット付近の様子 上:Case 7w1 下:Case 7v1

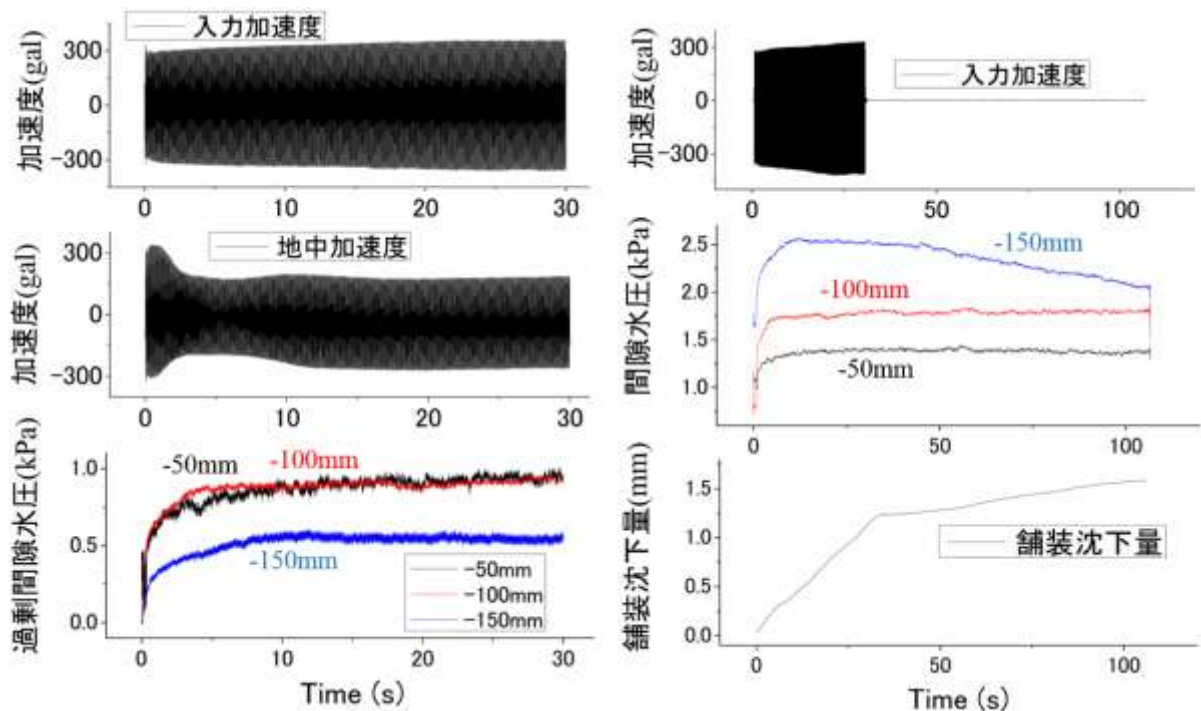


図3 振動台実験計測結果 加振開始から 左:30 秒間 右:100 秒間

3. 実験結果と考察

図2に噴砂発生時のスリット付近の様子を示す。舗装模型と地表面の間を流れる水平流により表面侵食が発生し、それによって砂が運ばれ噴砂となり舗装亀裂から噴出する様子が観察された。振動台実験においてはスリット直下の砂が鉛直方向に上昇する動きも観察された。

図3に振動台実験の計測結果の一例として、Case 8v2の入力加速度、地中加速度、過剰間隙水圧比、舗装模型沈下量などの加振開始から30秒間と100秒間の時刻歴を示す。加振開始約5秒後で過剰間隙水圧比が1に達していることと、同時に地中加速度が減衰することから、地表から100mm厚以上の液状化層の存在が確認できる。加振終了後において、間隙水圧の消散に伴って舗装模型が緩やかな沈下を続けるが、この時には噴砂が観察されなかった。

図4に噴砂が発生した時のスリット部分の流速と砂試料の平均粒径の関係を示す。砂の粒径が大きいほど水に運ばれ難いため、噴砂発生に必要な流速は大きくなる。また、これらがユルストローム図における運搬と沈降の境界付近か、それ以上の値をとることから、噴砂発生条件としてスリット部分の流速に着目できることが示唆される。なお振動台実験では噴砂発生時の流速を得ることが技術的に難しいため、噴砂が発生した時の流速を全てプロットしている。

4. まとめ

舗装亀裂を模擬したスリットを有する舗装模型を用いた一連の模型実験において、以下の知見が得られた。

- ・観察された噴砂現象は、地表面と舗装模型の間を流れる掃流力に起因する表面侵食によるものであった。
- ・噴砂発生のためには、局所的な水の流れと砂粒子を侵食・運搬するのに十分な流速が必要である。水の流れの分散等の安価な施策により流速を低減させて排水し、砂の移動や排出を防ぐ、実務的な応用が期待できる。

参考文献 1) 瀬良ら: 東日本大震災液状化箇所における路面下空洞の特徴と発生メカニズム, 地盤工学ジャーナル, Vol.9, No.3, 323-339, 2014.

2) 宝福ら: 液状化に起因する舗装亀裂からの噴砂発生メカニズム, 第49回地盤工学研究発表会, 2014.

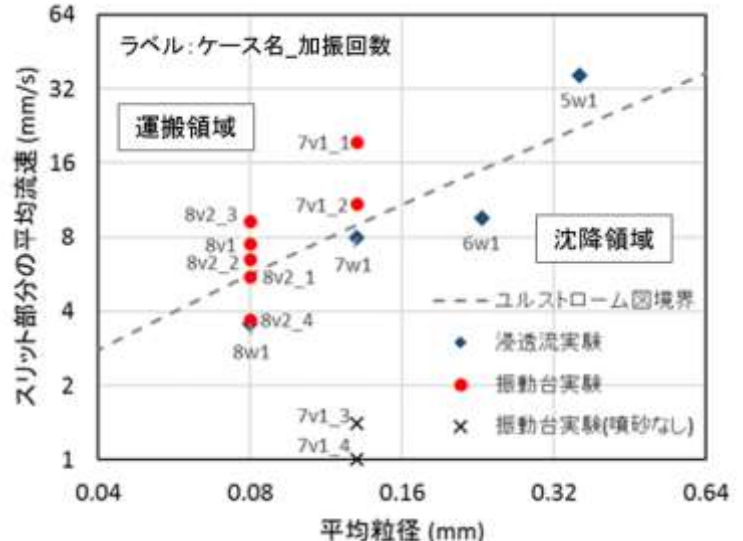


図4 噴砂発生時の流速と平均粒径の関係