

# しらすトンネル内のスラブ軌道に発生する噴泥のメカニズムと防止対策

佐賀大学理工学部

学生員 ○小山 勇一

佐賀大学低平地防災研究センター

正会員 林 重徳

佐賀大学低平地防災研究センター

非会員 J.T.Shahu

## 1.はじめに

南九州に広く分布し、地盤工学の分野でも特殊土とされるしらす地盤は水に弱く、大規模な浸食や斜面崩壊を引き起こすなど、防災面において問題とされている地盤である。現在、計画されている九州新幹線トンネルにおいて、しらす地盤を貫通するトンネルのうち半分以上が地下水面下のトンネルとなることは避けられない。これらのトンネル竣工後、問題となるのが新幹線のトンネル通過時の加圧・減圧により、スラブ軌道に発生すると予想される噴泥現象(mud pumping)である。この現象は、スラブのジョイント部分などから土粒子が地下水とともに噴出し、軌道下の地盤の空洞化が進み軌道沈下を引き起こす。本研究では、噴泥実験装置を用いて動水勾配・継手(ジョイント)の位置など、様々な影響因子について実験を行い、噴泥の発生を抑制するための最適な開孔ジョイントの位置およびフィルターの効果について検討する。

## 2.実験概要

### 2.1 噴泥実験装置

本試験で使用した噴泥実験装置を図-1に示す。この実験装置は2次元定常浸透流下で、sin形の繰り返し荷重による、飽和したしらす供試体内の間隙水圧の伝播挙動、現象の解析および噴泥実験検討位置での開孔ジョイント部分から流出する水量と噴泥量の測定を行うものである。

### 2.2 測定システム

図-2は計測システム概略図である。図に示すようにエアークンプレッサーを圧力源とし、繰り返し荷重の振動数・振幅・波形を設定するための動的発振機、および荷重計、土圧計、側面4個・正面2個の計6個の間隙水圧計を自動計測し、データを保存するデータロガーから成り立っている。間隙水圧計は実験ケース毎、効果的にデータを得るために位置を移動設置できるものとする。また、供試体地盤内の水圧伝播を解明するためにも、データロガーのインターバルは、1秒間隔に設定している。

### 2.3 供試体の作製

現場地山しらすの乾燥密度 $\rho_s=0.99\text{g/cm}^3$ 、自然含水比 $w_n=28\%$ をもとに、供試体の作成に要する締め固めエネルギー $E_c$ を $2.70\text{cm}\cdot\text{kgf/cm}^3$ と決定し、粒径 $20\text{mm}$ 以下のしらすを用いて均等に締め固める。(体積 $27000\text{cm}^3$ に対して、標準重量の角形ランマーを用い3層 $\times$ 324回の締め固め)

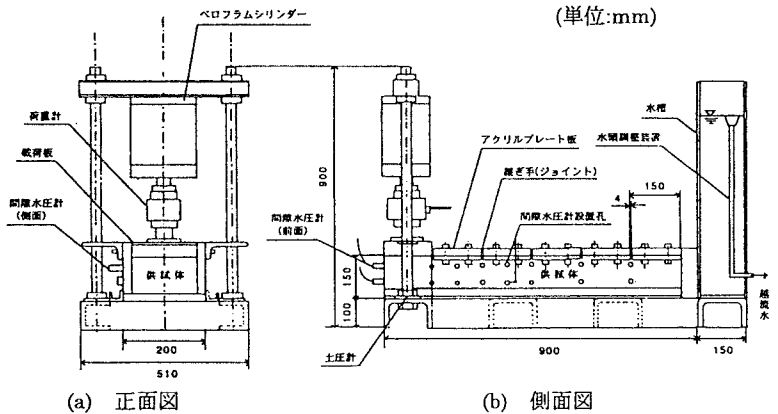


図-1 噴泥実験装置図

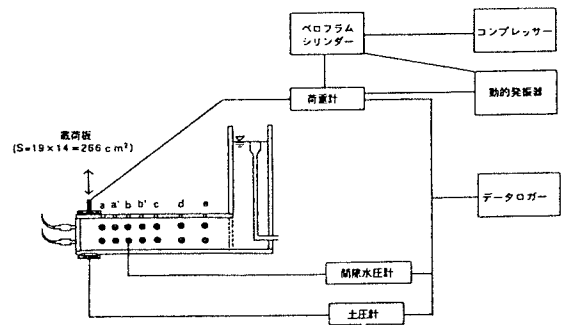


図-2 計測システム概略図

### 3. 実験結果および考察

表-1は今回の試験に共通する影響因子条件を列挙した。振動数は、0.125Hz(1周期に8秒間)のsin波形で実験を行った。飽和以前に0.3 kgf/cm<sup>2</sup>の拘束圧を載荷板で供試体に負荷し、飽和後、定常流状態にして繰り返し荷重を載荷する。載荷・除荷での圧は±0.3 kgf/cm<sup>2</sup>とする。すなわち、繰り返し荷重の地盤接地圧 $\sigma_R$ は0.0~0.6 kgf/cm<sup>2</sup>の間を振幅する。表-2は、実施した実験ケースを示している。今回は、動水勾配 $i_s$ と開孔ジョイントの位置の関係に着目して変化させ、開孔ジョイントから噴出する10周期毎の水量および噴泥量を測定し、比較検討した。

図-3は $i_s=0.4$ 、0.6の場合の各実験で測定した10周期毎の水量を示す。0周期の水量は、繰り返し荷重前の定常流状態の水量を表している。起振後、10周期間は急激に水量が増加するが、20周期以降の水量は徐々に減少し定常流状態の水量に近づく。また、ダルシーの法則によ

り、同じ動水勾配では開孔ジョイント位置が変化しても水量は変化しないと考えられるが、I-a'およびII-bとII-b'は、すでに定常流状態での水量が少し多い。これは供試体とアクリルプレート板の密着が幾分不十分であったため、止水が完全でなかったと考えられる。

次に図-4の噴泥量の変化について考察する。定常浸透流の動水勾配の影響を比較すると、 $i_s=0.4$ の場合の方が、 $i_s=0.6$ の場合の方より全体的に大きな噴泥量を示している。これは、定常浸透流が繰り返し荷重によって発生する間隙水圧を押し止める方向に作用するため、抑止する浸透圧が相対的に小さい $i_s=0.4$ の場合の方が、繰り返し荷重による影響をより大きく受けたものと考えられる。また、噴泥量の変化とジョイント位置を見ると、 $i_s=0.4$ の場合にはbで、 $i_s=0.6$ の場合にはb'およびcで噴泥はほぼ終息している。従って、前者ではa'~b、後者ではb~b'の間の位置に、噴泥の発生限界となる開孔ジョイント位置が存在することが考えられる。

### 4. おわりに

今回は噴泥実験装置の開発、噴泥現象のメカニズムを確認した。今後、振動数、地盤設置圧など別の影響因子を変化させ、噴泥が発生しない最適な限界位置の距離を解明していきたい。

【参考文献】1) 社会法人日本トンネル技術協会：シラス地盤トンネルの施工法に関する調査研究、1988。

表-1 共通影響因子と実験条件

|              |                                                                     |       |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|-------|
| 振動数          | n (Hz)                                                              | 0.125 |
| 繰り返し荷重の地盤接地圧 | $\sigma_R = \sigma_{R0} \pm \Delta \sigma_R$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0.6   |
| 拘束圧          | $\sigma_{R0}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )                                | 0.3   |
| 波形           |                                                                     | sin 波 |
| フィルター        |                                                                     | なし    |

表-2 変化させた影響因子と噴泥実験ケース

| 開孔ジョイントの位置<br>(載荷板からの距離 cm) | 定常浸透流による動水勾配 $i_s$ |           |
|-----------------------------|--------------------|-----------|
|                             | $i_s=0.4$          | $i_s=0.6$ |
| a (0.0)                     | I-a                | *         |
| a' (7.5)                    | I-a'               | II-a'     |
| b (15.0)                    | I-b                | II-b      |
| b' (22.5)                   | *                  | II-b'     |
| c (30.0)                    | *                  | II-c      |

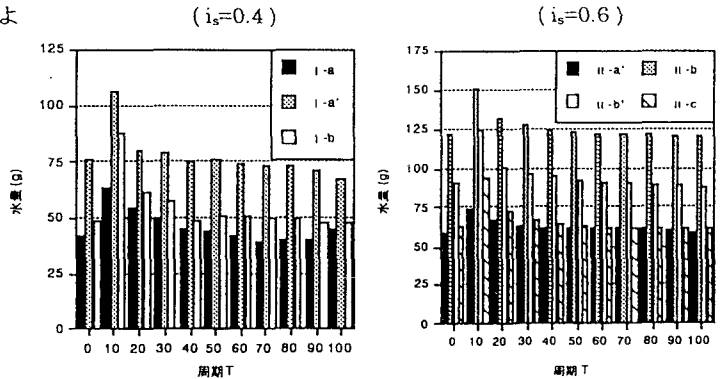


図-3 水量の変化

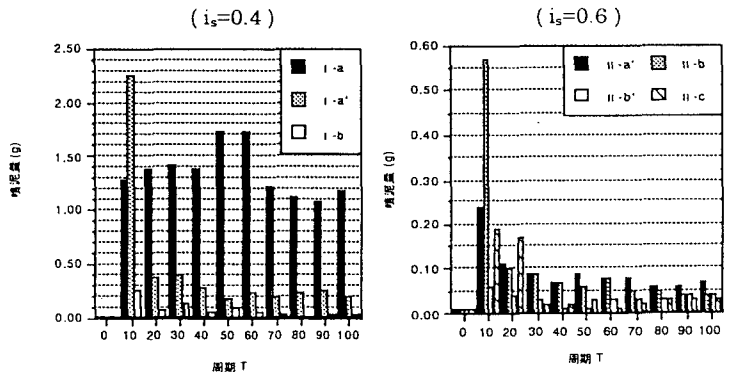


図-4 噴泥量の変化