

間隙圧に着目した越流による洗堀現象の実験的考察

名古屋工業大学 学生会員 ○伊藤 嘉
 名古屋工業大学 学生会員 今瀬 達也
 名古屋工業大学 正会員 前田 健一

1. はじめに

津波流れによる地盤の洗堀現象は、大規模な地形変化や構造物の支持力低下をもたらす、甚大な被害を発生させる。洗堀現象は、地盤表層に作用する掃流力による評価が一般的であったが、近年では地盤内部の応力変化が洗堀を助長させる影響も指摘されている。そこで本研究では、従来から指摘されてきた掃流力の知見に加えて、新たに地盤内の応力変化に着目した、移動河床水路実験を行った。本稿では、その実験結果について示す。

2. 越流力の作用する堆積地盤の洗堀現象

2.1 実験概要

実験では、長さ 2.0m×幅 0.3m×高さ 0.3m のアクリル水槽に土槽区間を設け、地盤を堆積させた。土槽前面には高さ $h_{weir}=80\text{mm}$ の堰を設け越流による洗堀現象を再現した。 Δh は堰による初期の水位差である(図-1(a))。地盤内部の応力変化を観察するため、土槽内部に間隙水圧計を設置した(図-1(b))。流体挙動はポンプを用いて循環流を形成しており、外力を統一した。相似則についてはフルードの相似則を考慮している。地盤材料に豊浦砂($D_{50}=0.17\text{mm}$)と礫材($D_{50}=4.73\text{mm}$)を用い、豊浦砂については、相対密度($Dr=40\%$, $Dr=70\%$)変化させて、その影響を考察した。

2.2 実験結果

1) 洗堀の様子

水位差 $\Delta h=20\text{mm}$ における豊浦砂および礫材を用いた実験の様子を図-2(左：豊浦砂 $Dr=40\%$, 中：豊浦砂 $Dr=70\%$, 右：礫材)に示す。豊浦砂を用いた場合には、相対密度の変化による洗堀現象の違いは見られなかったが、豊浦砂と礫材の粒径の変化に着目すると、洗堀現象に変化が見られた。そこで、粒径の変化および Δh の変化と最大鉛直洗堀深 D の関係

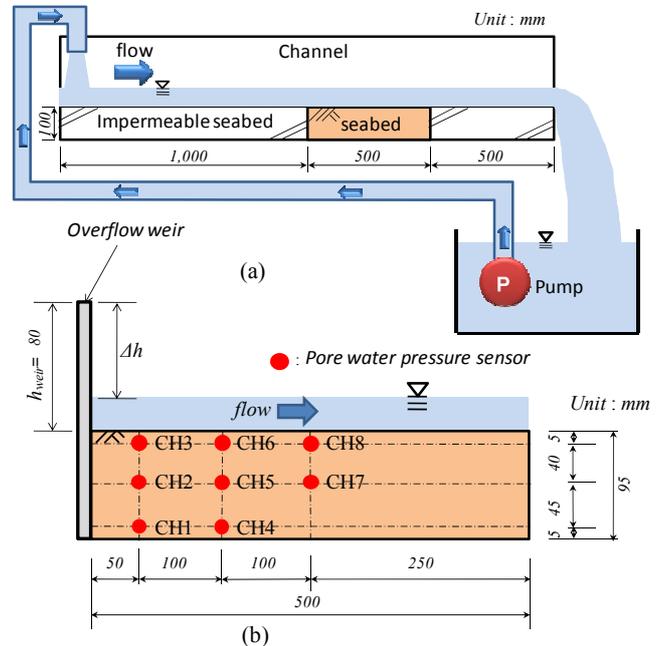


図-1 実験装置の模式図(a)および間隙水圧計の配置(b)

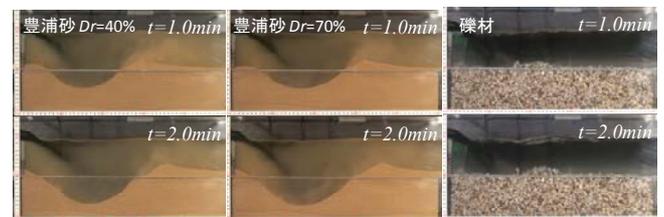


図-2 越流による洗堀現象の様子

について図-3(a),(b)に示す。まず、初期水位差 Δh の変化に着目すると、 Δh が大きくなることで鉛直最大洗堀深 D が増加することがわかる。これは、落下水塊のエネルギーが増加することに起因すると考える。さらに、 Δh で除した最大鉛直洗堀深 D の経時変化に及ぼす粒径の影響について検討した(図-4(a),(b))。両材料において、初期の洗堀進行速度は、初期水位差 Δh に依存し、特に $h_{weir}/2$ 以上では、ほぼ同一の速度で洗堀が進行し $h_{weir}/2$ 以下では Δh が小さくなるにつれて洗堀深の進行は遅くなる。これは、越流堰背後の

キーワード 洗堀 掃流力 間隙圧 衝撃力

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 16号館 227号室 TEL 052-735-5497

水がクッションとなることで、落水水塊のエネルギーを吸収することに起因すると考えられる。今後、落水水塊によって地盤に作用する動水圧と洗堀の関係について検討する必要はある。次項では、粒径の変化が地盤内部の応力変化に与える影響について考察する。

2) 地盤内部の応力変化

地盤内部に設置した間隙水圧計(CH5)の越流による間隙水圧の変動分 Δu の経時変化を図-5 に示す。礫材を用いた場合は、実験開始から越流水が体積地盤内に浸透し、洗堀の有無に関わらず土槽内に一様に間隙水圧が上昇した。一方、豊浦砂を用いた場合は実験初期では水面上昇分の急激な水圧上昇が見られる。その後、洗堀が進行するにつれて間隙水圧が上昇する。そこで、実験時に撮影した画像をもとに一次的に地盤の鉛直方向の全応力($\sigma = \gamma_w h + \gamma_{sat} h_s$; 記号の定義は図-6 参照)を算出し、計測した間隙水圧との差をとった有効土被り圧(σ')の変化について検証した(図-6)。間隙水圧計が露出する以前に有効応力がゼロになり、液状化に似た状態になることがわかった。

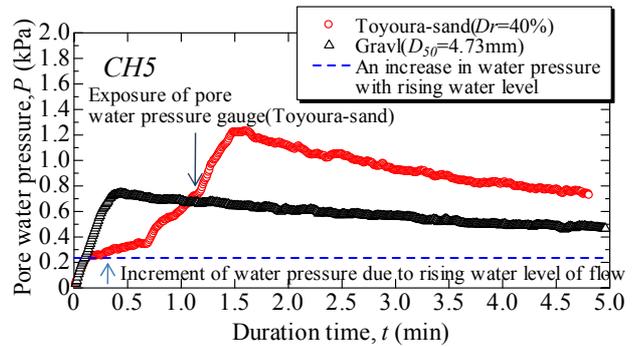


図-5 CH5における間隙水圧の時刻変化

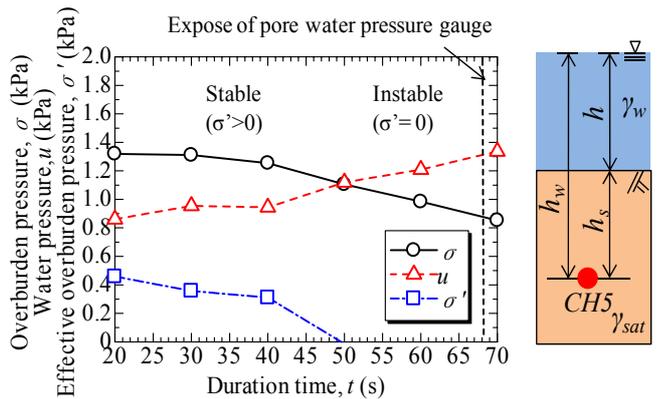


図-6 地盤内部の応力変化

3. 水平移動流による洗堀

本実験では、図-1(a)で示した実験装置を用いて、水平移動流による洗堀再現実験を行った。実験では、堆積地盤の条件を変化させてその影響を考察した。実験結果の詳細については紙面の都合上、本稿には記載せず発表時に報告する。

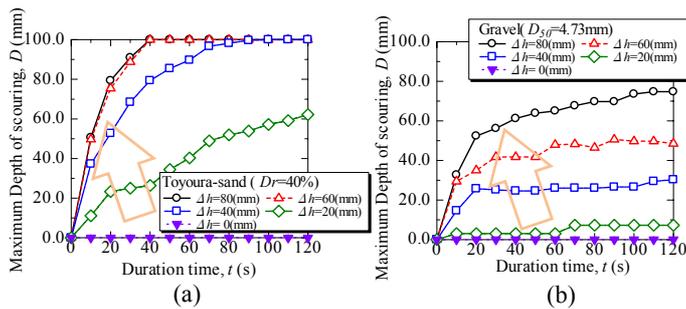


図-3 最大洗堀深: (a)豊浦砂, (b)礫材

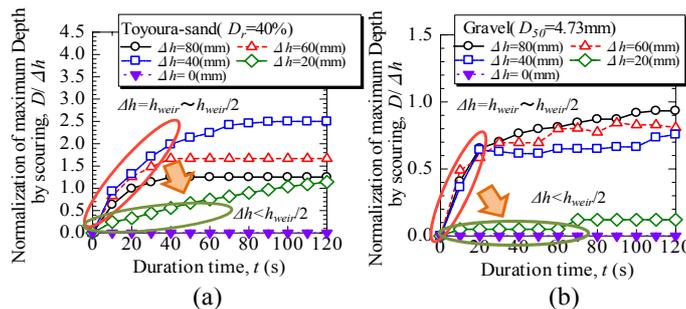


図-4 無次元最大洗堀深: (a)豊浦砂, (b)礫材

4. おわりに

越流による堆積地盤の洗堀現象は、越流水塊の衝撃力が地盤洗堀深に影響を与えることがわかった。また、過剰間隙水圧の発生により地盤が液状化に似た状態となり土砂移動を助長させることがわかった。

謝辞

本研究では、日本学術振興会科学研究費補助金基礎研究(B)23360203 と基礎研究(B)21360222 の助成を受けたものであり、深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岩垣雄一: 限界掃流力に関する基礎的研究(I) 限界掃流力の流体力学的研究, 土木学会論文集, 第41号, pp.1-21, 1956
- 2) 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第206号, pp.59-69, 1972
- 3) 三宅達夫他: 遠心力場における津波による洗堀の相似則に関する一考察(その2), 第46回地盤工学研究発表会講演要旨集, pp.2013-2014, 2011