

河川護岸などからの吸い出しによる 空洞・陥没発生過程に関する模型実験

SONG HAOBO¹⁾・吉井幹¹⁾・BAYANMUNKH JARGALMAA¹⁾・森啓年¹⁾・岡本順平²⁾・瀬良良子²⁾・関至²⁾
¹⁾山口大学大学院創成科学研究科, ²⁾ジオ・サーチ株式会社

1. はじめに

近年、道路陥没が頻繁に発生している、令和2年度における、道路陥没発生件数¹⁾は全国で約9,000件あり、そのうち、河川や海岸などの護岸沿いの道路陥没は主要な要因の一つとなっている。しかし本研究の対象とする護岸沿いの道路陥没を含め、地盤内の空洞・陥没の発生過程は未だ不明なことが多い。

本研究は、護岸沿いの道路陥没を対象に、その発生過程を実験により明らかにすることにより、空洞探査の効率化を図ることを目的に実施する。具体的には珪砂7号を用いた道路盛土の小型模型実験を行い、護岸側の水位と盛土側の水位差が、空洞・陥没の発生過程にどのような影響を与えるか明らかにした。

2. 実験方法

実験は図1に示す実験モデルを用いて行った。実験土槽は幅900mm、高さ300mm、奥行150mmの亚克力製であり、両側に幅80mmの給水槽（排水槽としても機能）を有している。その土槽に幅450mm、高さ200mm、奥行150mmの道路盛土の実験モデルを珪砂7号（表1、図2）により作成した、道路盛土には、片側に盛土側の給水槽が、その反対には亚克力板（厚さ2mm）を用いた護岸が垂直に設置されている。護岸には損傷を模した直径5mmの開口部を設けており、実験開始とともにそれが開放される。

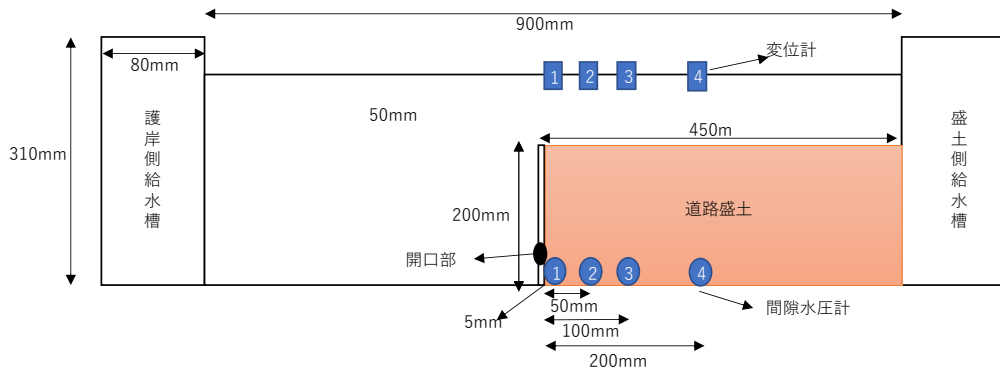


図1 実験モデル

材料	透水係数 (m/s)	最大 乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	施工時 乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	締め 固め度 %
珪砂7号	2.39×10^{-4}	1.44	1.29	89.6

表1 土質材料の諸元

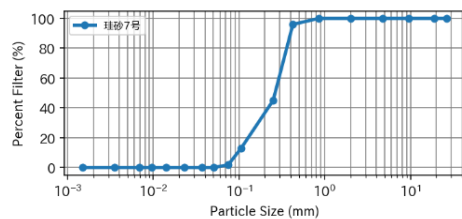


図2 土質の粒径加積曲線

実験ケースは表 2 と図 3 に示す通り、護岸側の水位を開口部と同じ高さ（50mm）に固定したケース 1 と開口部より 50mm 高い位置（100mm）に固定したケース 2 の 2 ケースを実施した。いずれのケースも盛土側の地下水位を初期水位 50mm から、10 分毎に 50mm ずつ段階的に上昇させる水位操作を行った。なお、実験前には、実験モデルの飽和度を一定にするため、護岸の開口部を塞いだまま盛土側の水位を高さ 200mm で 60 分固定し、珪砂 7 号を飽和させ、その後初期水位である 50mm まで水位を低下させ 30 分固定した後に護岸の開口部を開けて実験を開始した。実験は、空洞が発達し、地表面に陥没

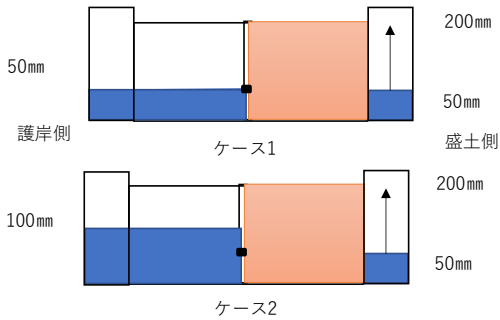


図 3 実験ケース

ケース	初期水位	護岸側水位	盛土側水位
1	50mm	50mm	50mmから10分毎に50mm上昇させ、最大200mm
2	100mm	100mm	50mmから10分毎に50mm上昇させ、200mm

表 2 ケース一覧表

が観察されるまで実施した。

また、計測のため、間隙水圧計を護岸から 5 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mmの距離に設置した。あわせて、間隙水圧計と同じ位置に、地表面の変形を測定するレーザ変位計も設置している。

3. 実験結果

ケース 1 の実験の状況を図 4 に、ケース 2 の実験の状況を図 5 に示す。ケース 1 では実験開始から、12 分後に空洞が発生し、それが少しずつ発達し、25 分後に陥没が発生する様子が確認された。一方、ケース 2 は 22 分後に空洞が発生し、それが急速に発達し、23 分後に陥没が発生した。

実験では、いずれのケースも盛土側の水位が護岸側の水位より高くなると、盛土内部の土砂が護岸の開口部から流出し、空洞が発生する様子が確認された。その後、空洞が徐々に護岸にそって上方に発達し、最終的に陥没に至った。擁壁の存在により、空洞の発達が擁壁に沿って上方に進行することが特徴的である。

実験で観測された間隙水圧の結果を、間隙水圧計のドリフト現象を補正し、図 6 と図 7 に示す。実験開始後、盛土側の水位が上がるとともに、各点の間隙水圧が段階的に上昇し、盛土内部に護岸の開

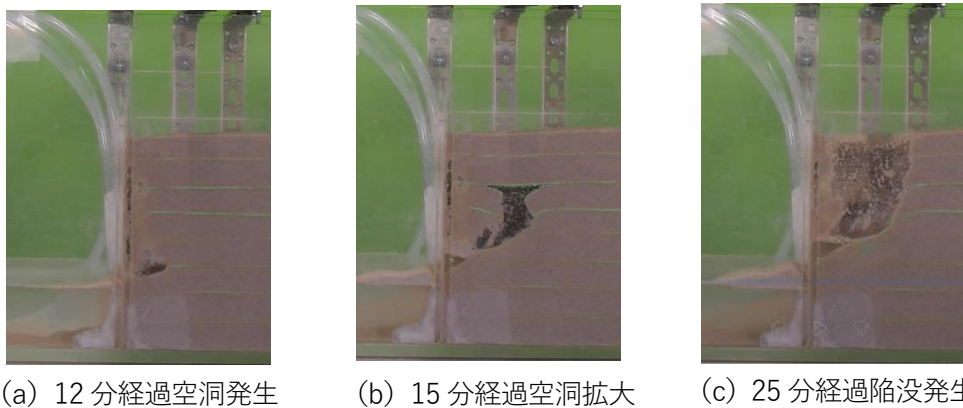


図 4 ケース 1 実験状況

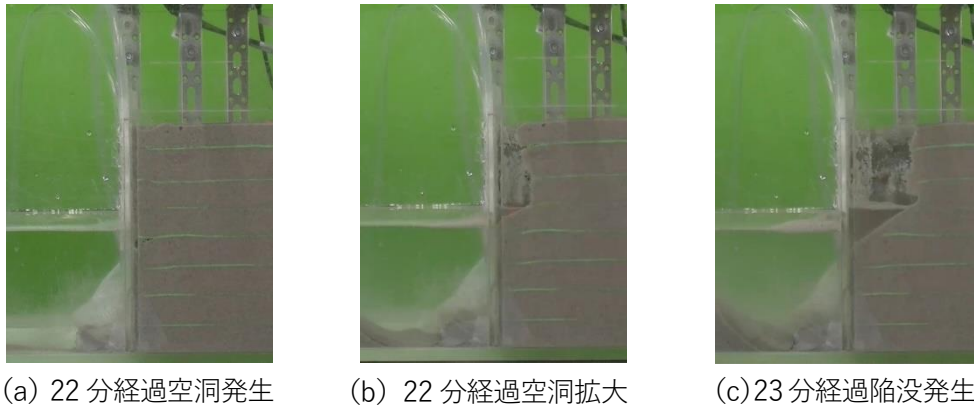


図5 ケース2 実験状況

口部に向かって動水勾配が発生することがわかる。実験では、その動水勾配により開口部から盛土を構成する土砂が吸い出しにより、空洞を発生・発達させ、陥没が引き起こされたと考えられる。

次に、実験ケースの地表面変位を図8と図9に示す。ケース1では実験開始後25分後に、ケース2では23分後に陥没が発生した。陥没発生前には、護岸の近傍(50mm程度)で、僅かであるが沈下が観測されることが確認された。また、地表面変位の見られる範囲は、護岸から50mm程度の範囲に限られ、実際の護岸沿いの道路陥没が護岸近傍に発生する様子をよく再現できている。

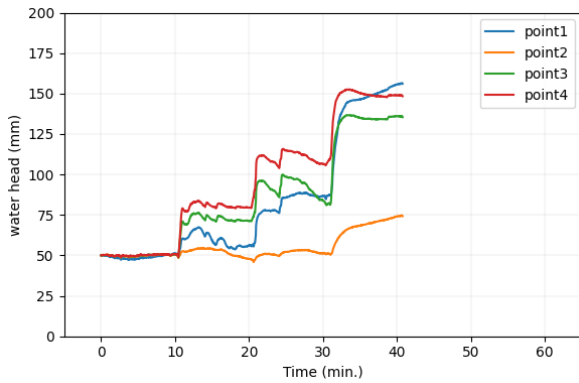


図6 ケース1 各点間隙水圧

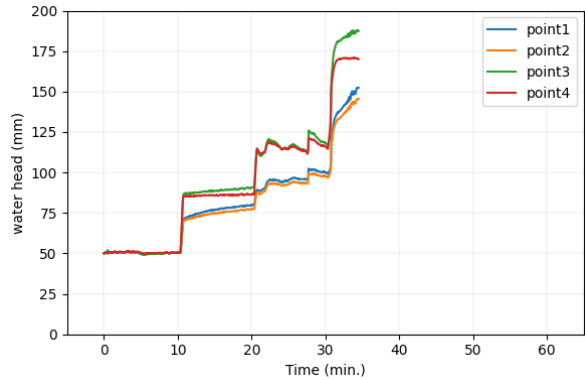


図7 ケース2 各点間隙水圧

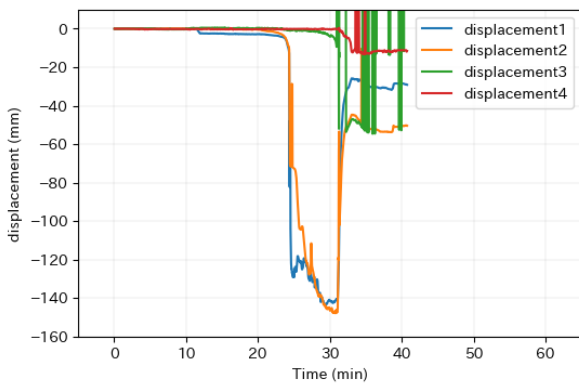


図8 ケース1 地表面変位

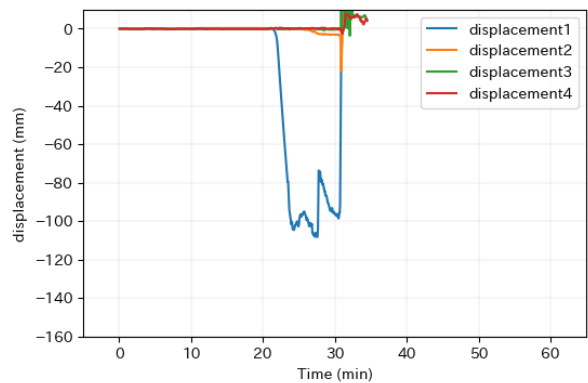


図9 ケース2 地表面変位

4. まとめ

本研究は、護岸沿いの道路陥没を対象に、その発生過程を護岸側の水位と盛土側の水位を変化させた、空洞及び陥没の発生過程の模型実験を実施した。その結果、以下のことが確認された。

- ・盛土側の水位が護岸側の水位より高くなり、護岸の開口部に向かって動水勾配が発生する際に空洞の発生・発達が発生すること
 - ・擁壁の存在により、空洞の発達が擁壁に沿って上方に進行すること
 - ・空洞及び陥没の発生に伴う地表面変位が見られる範囲は、護岸近傍に限られること
- 今後は、繰り返しの水位や道路盛土の土質の影響についても確認していく所存である。

参考文献

国土交通省道路局：道路の陥没発生件数とその要因(令和2年度)，

<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/ijikanri/pdf/h30-r2kanbotu.pdf> (2022. 11. 16 確認)