

河川・海岸護岸付近の空洞・陥没発生過程に関する模型実験

山口大学 学生会員 ○SONG HAOBO, BAYANMUNKH JARGALMAA, 吉井 幹, 森 啓年
ジオ・サーチ（株） 岡本順平, 瀬良良子, 関 至, 高橋佑輔

1. 背景・目的

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。

本研究は、護岸沿いの道路陥没を対象に、その発生過程を模型実験により明らかにし、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・陥没の発生過程に与える影響を検討した。

2. 実験方法

実験は図1に示す実験模型を用いて行った。

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を開放することで空洞及び陥没を発生させた。

実験ケースは表2に示す通り、護岸側の水位を0mm、5mm、100mm、150mmを固定する4ケースである。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5mm、50mm、100mm、200mm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を設置している。

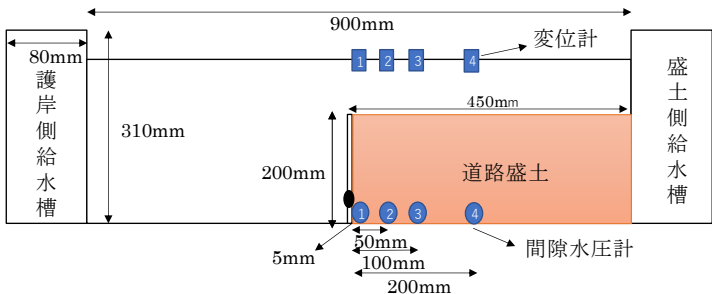


図1 実験模型

表1 土質性状

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

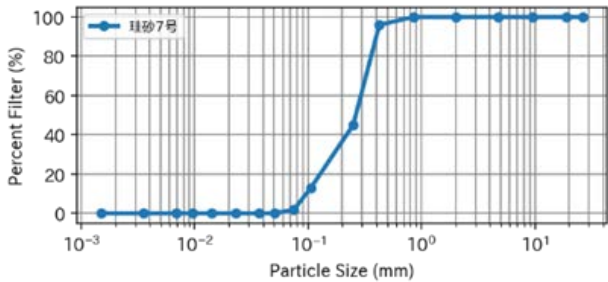


図2 粒径分布

表2 実験ケース

	護岸側水位	盛土側水位
ケース1	0mm	50mmから10分毎に 50mm上昇させ、最大 200mm
ケース2	50mm	
ケース3	100mm	
ケース4	150mm	

キーワード 空洞, 陥没, 模型実験, 護岸
連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL0836-85-9300

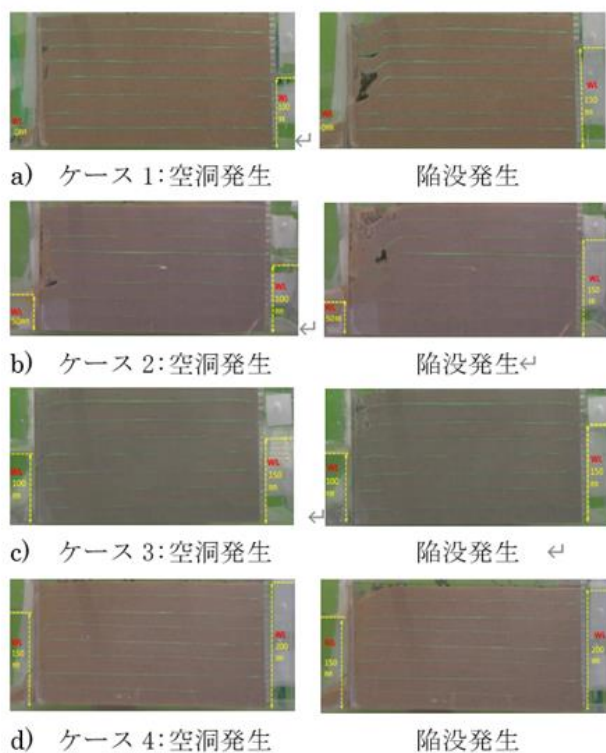


図3 実験状況

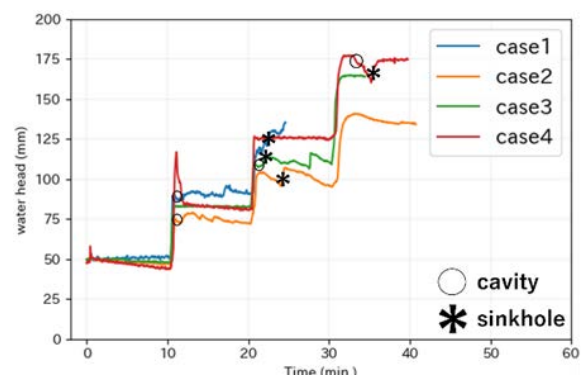


図4 圧力水頭

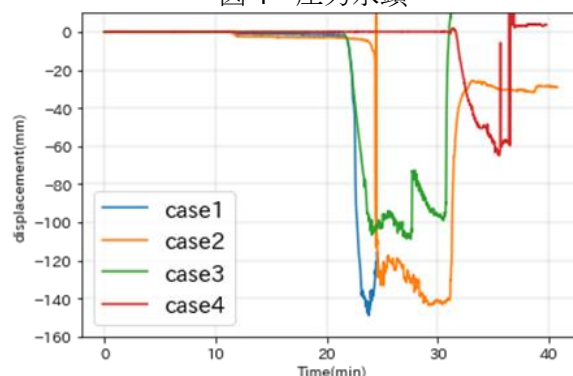


図5 地表面変位

3. 実験結果

実験の状況を図3に示す。ケース1,2では地下水位を100mmまで上昇させたときに空洞が発生し、その後地下水位を150mmまで上昇させたときに陥没が発生する様子が確認された。一方、ケース3では地下水位を150mmまで上昇させたときに空洞が発生し、それが急速に発達し、1分後に陥没が発生した。ケース4では地下水位が200mmまで上昇させたときに空洞が発生し、1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沿って上方に発達し、地表面に近くまで発達すると横断方向へ拡大し、最終的に陥没に至った。

次に護岸から5mmの圧力水頭の結果を、間隙水圧計のドリフト現象を補正し、図4に示す。実験開始後、圧力水頭は、水位上昇による空洞が発生した時点で低下し、陥没が発生後上昇することがわかる。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流出し、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。

また実験ケースの護岸から5mmの地表面変位を図5に示す。空洞が発生すると、護岸の近傍で、僅かであるが地表面の沈下が観測されることが確認された。また、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。

4. 結論

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。

- ① 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が急速に発達すること。
 - ② 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し、地表面近くで横断方向に拡大すること。
- 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。

参考文献

- 1) 森ら：海岸護岸付近の空洞形状に関する現地調査，第78回土木学会年次学術講演会概要集，投稿中