

舗装直下地盤における空洞発達の時間同定と破壊過程に関する実大実験

港湾空港技術研究所	非会員	梁 順普
港湾空港技術研究所	正会員	○佐々 真志
港湾空港技術研究所	正会員	工代 健太
港湾空港技術研究所	正会員	村田 一城
港湾空港技術研究所	非会員	小林 千紘

1. 研究の目的

護岸や岸壁などの港湾施設の背後地盤において、水理外力の継続的な作用によって裏埋砂が吸い出され、それに伴う地盤内の空洞形成及び地盤の陥没が全国的な問題となっている。本研究では、臨海部の舗装直下地盤における吸い出しによる地盤の陥没を未然に防止するために、地中レーダー探査手法を通じてコンクリート及びアスファルト舗装直下地盤の吸い出しによる空洞発達・破壊過程の経時的变化を同定し明らかにすることを目的とし、大型吸い出し可視化装置¹⁾を用い、実大規模の模型実験を行った。

2. 臨海部の舗装直下地盤における空洞発達の時間同定と破壊過程の検討

本研究で用いた大型吸い出し可視化装置(図-1)は、土槽の左右に位置する2機の水位調整用昇降装置を通じ、地盤に様々な水理外力(潮汐、風波、流れ、越波等)を与えることができる。本実験には、裏埋砂として前島海砂(D_{50} : 0.745 mm; U_c : 3.035), 路盤材としてC-40 砕石(D_{50} : 5.080 mm; U_c : 14.872), 舗装材としてコンクリート及びアスファルトを用い、各層の高さは1.7 m, 0.3 m, 0.1 mにそれぞれ設定した(図-1)。さらに、舗装上部の中央には地中レーダー、舗装上部から0.4 m上側にはレーザー変位計(45台)を設置し(図-1)、空洞の形成・発達過程及び舗装の鉛直変位分布を計測した。地下水位は土槽下端から0.3 mに設定し、地盤中にサクシオンが働く状態を再現した。次に吸い出し口を幅2 cm開き(図-1)、吸い出しを誘起し、空洞を形成・発達させた。この際、地中レーダーの時間測定を行い、空洞の経時的な発達を測定した。併せて、空洞発達の各段階で、空間測定を行った。又、地下水位を上昇させて(図-3)、空洞の規模をさらに発達させると共に、それに伴う舗装の破壊過程を詳しく検討した。コンクリート舗装直下地盤実験から得られた代表的な結果(図-2)について説明する。空洞は、地表から約1.4 mの深さで形成された後(図-2(a)B)、上向きに発達し、約1.8 m高さの空洞となった(図-2(a)C)。その後、地下水位上昇に伴うサクシオンの低下によって(図-3(a))、空洞は左右に広がり(図-2(a)D、図-3(a))、最終的に、空洞の横幅は約2 mまで達した(図-2(a)E、図-3(a))。このような空洞の発達過程は、アスファルト舗装直下地盤においても共通している(図-3(b))。地中レーダーの探査結果によると、地盤内の空洞形成・発達過程を精度よく探知していることが分かる(図-2(b),(c))。即ち、地表から約1.4 m以深で空洞が形成された際は(図-2(a)B)、その時点の空間測定では空洞探知がしにくいものの(図-2(b)B)、初期地盤の探査結果(図-2(b)A)との比較(図-2(b)B 白破線)と時間測定による信号変化の上端深度1.4 m(図-2(c)A→B)が上述の実測事実とよく整

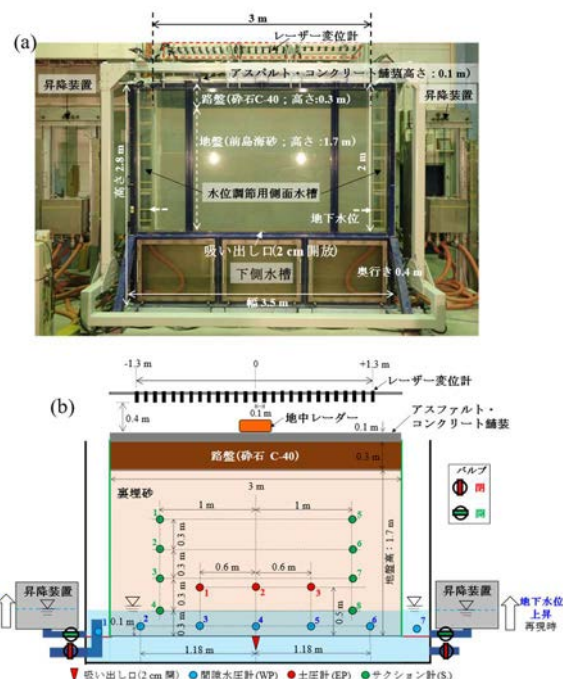


図-1 (a) 大型吸い出し可視化装置の写真; (b) 各計測機の位置

キーワード 吸い出し, 空洞, 陥没, 地中レーダー, コンクリート舗装, アスファルト舗装
連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL: 046-844-5054

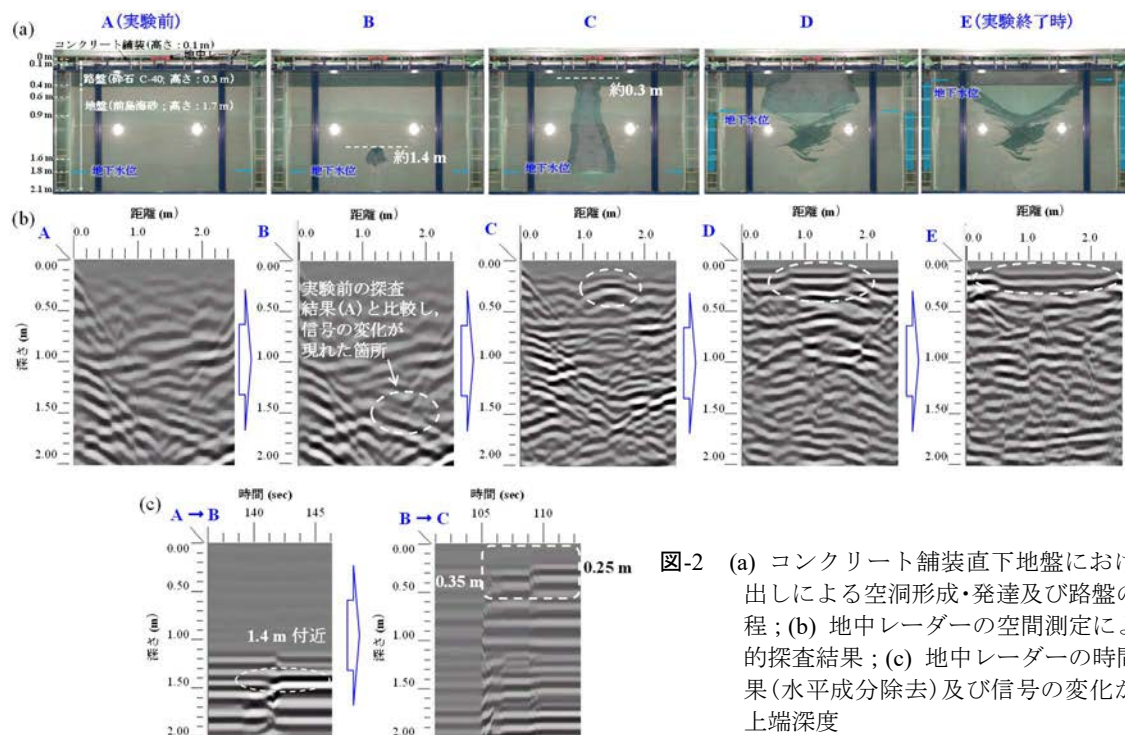


図-2 (a) コンクリート舗装直下地盤における吸い出しによる空洞形成・発達及び路盤の崩落過程；(b) 地中レーダーの空間測定による経時的探査結果；(c) 地中レーダーの時間測定結果(水平成分除去)及び信号の変化が現れた上端深度

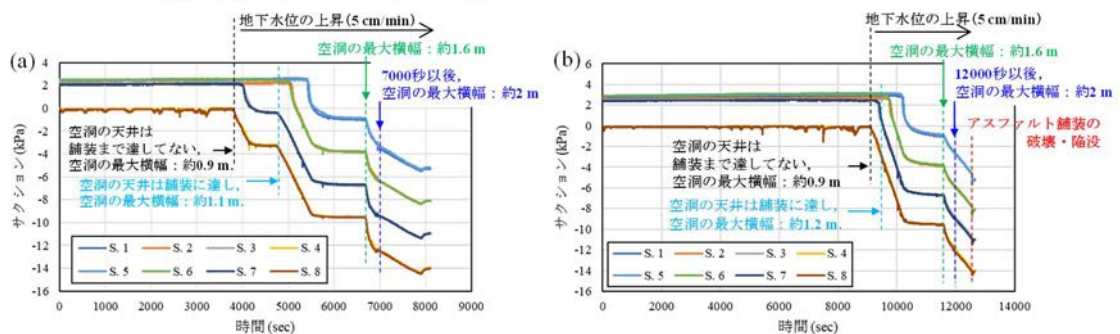


図-3 大型吸い出し可視化実験におけるサクシンの経時的変動及び吸い出しによって地盤内に形成された空洞の横幅の経時の変化：(a) コンクリート舗装；(b) アスファルト舗装

合していることが分かる。一方、地表から近い空洞の場合、空洞進展時の空間測定でも空洞上端位置とその範囲が同定可能であり(図-2 (b) C, D, E)、時間測定による空洞上端深度0.25m(図-2(c) B→C)は実測の0.3mと整合的であった。コンクリート舗装の変位は、空洞の横幅が約2 mに達した後、有意な変化が現れたが、舗装変位は最大約1 mmに留まり、陥没までは至らなかった。一方、アスファルト舗装の変位は、空洞の横幅が約1.6 mに達した後、有意な変化が表れ、空洞の横幅が約2 mに達した後、当該舗装のたわみが目視できるようになり、たわみの発達と共に、当該舗装は破壊し陥没した(図-4)。

3. 結論

本研究では、実大実験を通じて、コンクリート及びアスファルト舗装直下地盤の吸い出しによる空洞発達と破壊過程の経時的な変化、その特性及び違いを明らかにした。又、地中レーダー探査手法と吸い出し前の初期地盤への適用と比較検証を通じて、空洞上端位置とその発達過程を精度よく探知・同定しうることを示した。舗装直下地盤の吸い出しによる陥没を未然に防止するには、同レーダー探査を定期的に行い、空洞形成前の結果との比較を通じ、信号変化を分析・同定することが、空洞発達を早期に検知する上で重要であることが分かった。

参考文献

- 1) Kudai, K., Sassa, S., Yang, S., and Takada, K.: Influence of soil and hydraulic conditions on the processes of internal erosion, cavity formation and collapse behind coastal structures, Coastal Engineering, Vol 170, 104013, 2021.

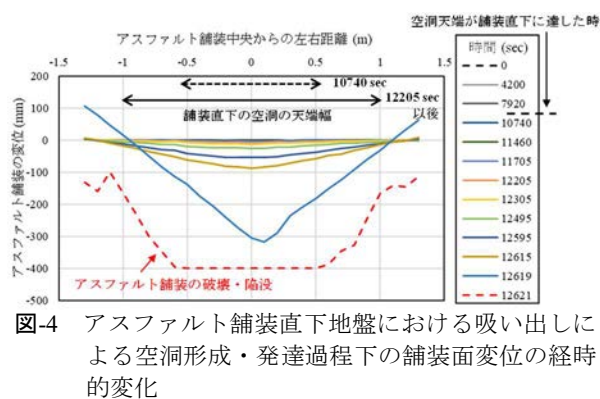


図-4 アスファルト舗装直下地盤における吸い出しによる空洞形成・発達過程下の舗装面変位の経時の変化