

静電容量式空洞センサーの模型実験による検証

徳島大学 学生会員 ○野々垣遥也, 古南綾大, 仙波慧多
徳島大学 正会員 上野勝利, 渦岡良介, 鈴木壽

1. 序論

近年, 地下空間の利用がすすみ, 大型構造物, 下水道管などの管路が数多く埋設されている. しかし, 1980年代半ば¹⁾より地下構造物・埋設物の周辺で空洞が発生し, 路面陥没事故が多発し社会問題となった. 路面陥没事故を未然に防ぐために, 空洞の早期発見が重要課題となっている. 空洞発生過程には, 埋設管から漏水した水が大きく影響しているため, 地盤内の含水比を経時的にモニタリングできる方法が必要である.

本研究では, 地盤内の含水比モニタリングの方法として, 静電容量式空洞センサーを提案する.

2. 静電容量式センサー

比誘電率²⁾は乾燥空気は約 1, 乾燥土は約 3, 水は約 80 である. このような誘電率の違いを利用し, 静電容量式空洞センサーを用いて地盤内の状態を観察する.

本研究で開発し検討した 3 種類のセンサーを写真 1 にそれぞれ示す. 空洞センサーと含水比との関係について検討を行った. その結果を図 1 に示す.

3. 水浸・空洞化実験

模型地盤内に静電容量型空洞センサーを埋め込み, 地盤内の含水比, 空洞検出が可能かを検証した. 試料には, 埋戻し材として多く使用される真砂土を用いた.

実験装置・器具

今回の空洞実験で用いた実験装置は, 直方体土槽と下水道管をモデルとした角パイプである. 貯水タンクと角パイプをホースで接続し, 水頭差を利用して水を流入させた. この時の水頭差は 180cm である. パソコンに接続した空洞センサーを模型地盤内に設置し, 静電容量が 1 分毎に測定されるように設定した.

実験方法

まず, 実験試料を既往の研究²⁾により最適含水比である 11 %に調整する. 土槽に埋設管を設置し, 用意した試料を土層に入れランマーで締固めていく. この際, 3 層目までは, 埋設管があり締固める面積が狭くなるので, 1 層あたり 7.7kg, 4 層目からは 1 層あたり 10.5kg で, 全 13 層締固める. センサーは, 図 2 の位置に設置する. 貯水タンクからの給水, 排水を繰り返す,

地表面が崩壊, もしくは地盤に変化がなくなるまで繰り返す. この時の, 空洞の発生過程と空洞センサーの測定値を検証する.

4. 実験結果

水浸・空洞化実験の結果を図 3 に示す. この結果, 空洞センサーの測定値は給水に伴って増加, 排水に伴って減少していることがわかる. よって, フィーダーセンサーは, 水浸, 排水を感知可能であると考えられる.

経過時間 160 分で空洞センサーが露出した. 空洞センサー露出前の測定値の減少勾配はゆるやかなのに対し, 露出後は減少勾配が急となった. これは, 空洞形成前は水が蓄えて測定値が下がりにくくなっていたためと考えられる. それに対し空洞が形成されセンサーが露出した後は, センサー周りは空気となり, 排水とともに測定値が急激に下がったためと考えられる.

このことから, 空洞センサーの測定値の変動に注目すれば, 空洞発生を検出できると考えられる.

空洞センサーの利点・改善点

本研究でわかった空洞センサーの利点, 改善点をセンサー毎に分けて述べる.

UTP センサーは, 柔軟性があるため, 水道管に直接巻いて設置したり, 管の接合部などの細かい部分に設置することが可能である. また, 電線のみで構成されているため非常に細く, 地盤内の空洞発生にほとんど影響しない. しかし, 電極間の幅が狭いため, 土を誘電体としてとらえにくい.

レール型センサーは, 細長く, 直線的であるため, 下水道管などに沿って設置することが可能であるが, レールが水道となってしまう, センサーに沿って空洞を発生させやすくしてしまう可能性がある.

フィーダーセンサーは, 二本の電極間に土が入るスペースができ, UTP センサーでは難しかった, 土が誘電体の場合の静電容量の値が検出できるようになっている.

全センサーに共通する改善点は, 水浸, 空洞発生を感知できても, 空洞の大きさ, 具体的な位置までは特定できないことである. また, 電極に傷がつくと測定

値に大きなブレが生じ、測定不能になる可能性がある。

5. 結論

今回使用した UTP 線、フィーダ線は 50 円/m 前後と安価である。低コストで地盤内の含水比モニタリングができ、空洞発生を感知できると考えると、この空洞センサーは利用価値が高いといえる。

謝辞

本研究を始めるにおいて、丁寧に御指導頂いた上野勝利准教授に心より感謝いたします。重要な実験装置である土槽の製作にご協力頂いた工作センターの方々、木戸崇博技術職員に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 下水道国土交通省：計画的な改築の推進
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html
- 2) 須藤孝彦, 水浸による地下空洞の発生実験と空洞検出器の開発, 徳島大学工学部, 平成 23 年



(a) UTP センサー (埋設管巻き付け)



(b) フィーダーセンサー



(c) レール型センサー

写真 1 静電容量式空洞センサー

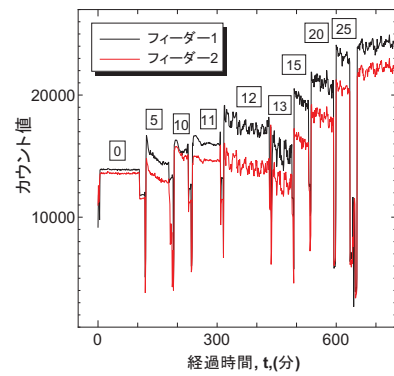
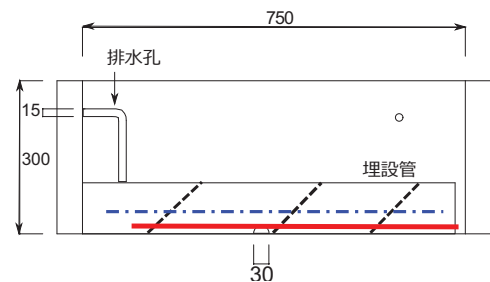
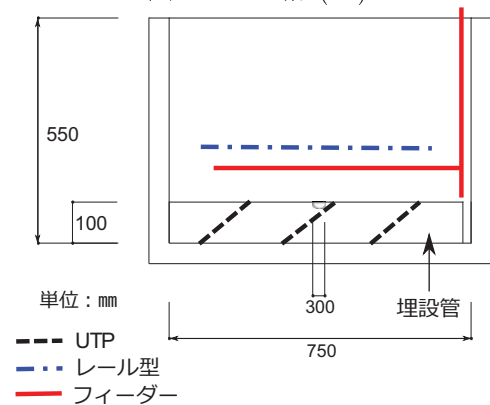


図 1 含水比の変化に伴う空洞センサーの測定値



(a) 実験土槽 (上)



(b) 実験土槽 (正面)

図 2 実験土槽模式図

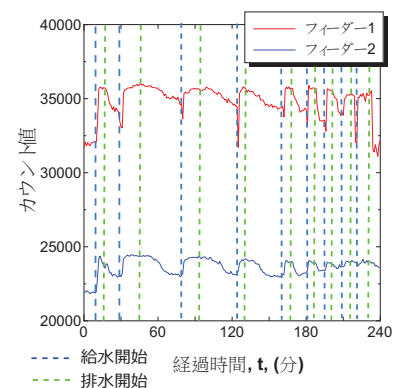


図 3 模型地盤の状態変化による静電容量の変化