

三次元浸透流に着目した管渠周辺地盤における空洞進展メカニズム

名古屋工業大学 学 〇河田 真弥 正 前田 健一
学 田坂 晃一

1. はじめに

都心部を初めとする全国各地で、下水管の破損を起因とする陥没災害が多発しており、今後下水管の老朽化が進むにつれ、陥没災害の件数は増加すると予想されている。そこで、陥没災害の原因となる空洞進展のメカニズム解明に向け、地下水下での下水管の破損を想定した模型実験が行なわれ、その結果、図-1 に示すような過程で、横長の空洞が形成された。また、実験結果から、空洞が形成される過程において、地盤中の水の流れが空洞進展に大きな影響を与えることが明らかになった。¹⁾しかし、実験において、地盤中の水の流れを観察するのは困難であ

る。そこで本稿では、三次元飽和・不飽和浸透 FEM 解析を実施し、浸透流が空洞進展に与える影響を調べた。

2. 解析概要

図-2 に解析モデルの立体図、図-3 に作成した解析モデルの概要図を示す。

今回は、図-1 に示した実験結果をもとに、図-2 に示したように、実験装置と同じスケールと条件で解析モデルを作成し、解析を行なった。図-3 に示す解析モデルでは、実験の際に形成された空洞を模擬した。実験での空洞の進展と同様に、ケース 1 は実験開始直後に形成された空洞、ケース 2 では、ケース 1 からさらに縦方向に進展した空洞、ケース 3 はケース 2 から横方向へ進展した空洞を模擬した。それぞれのケースで、定常解析を行ない、空洞の形状によって水の流れがどのように変化するかを考察した。また、パラメータの 1 つである透水係数は、

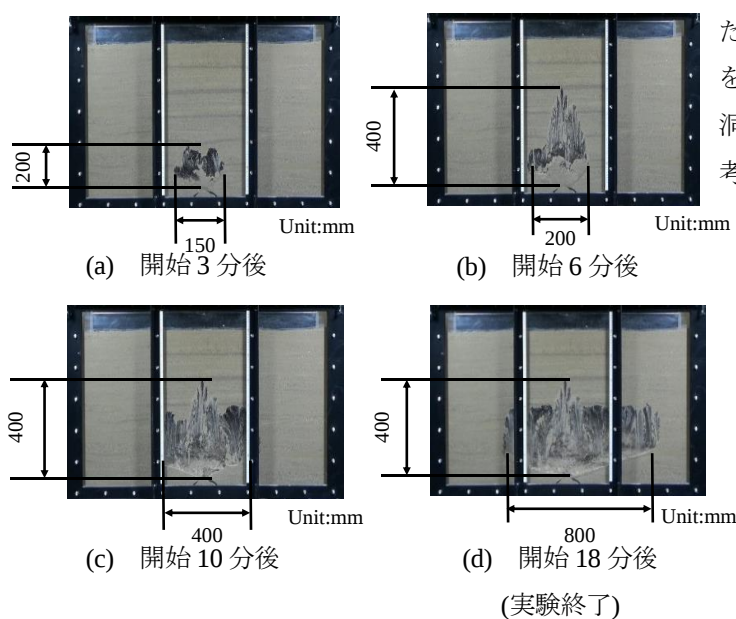


図-1 実験での空洞進展の様子

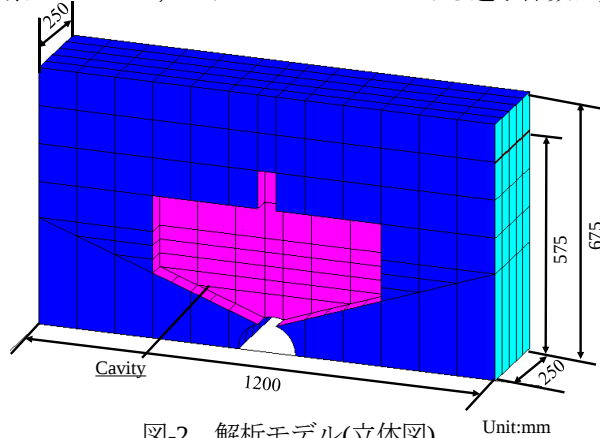


図-2 解析モデル(立体図)

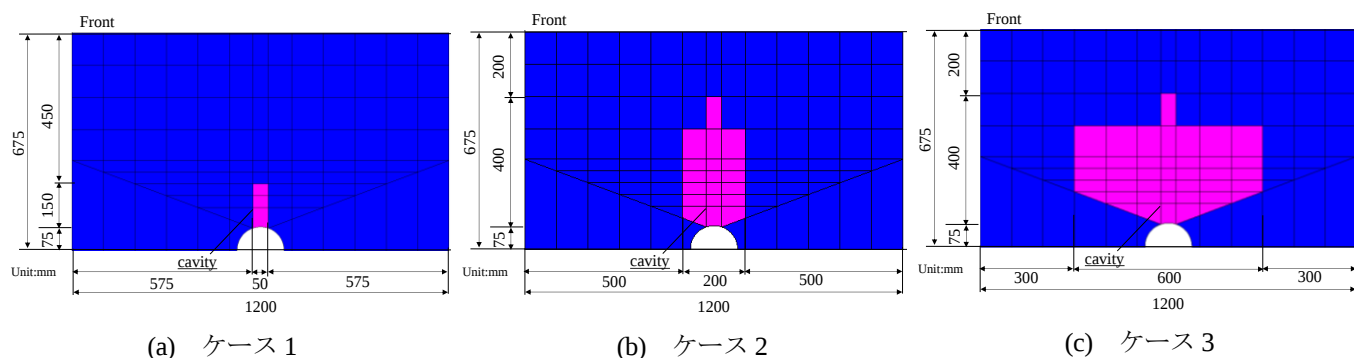
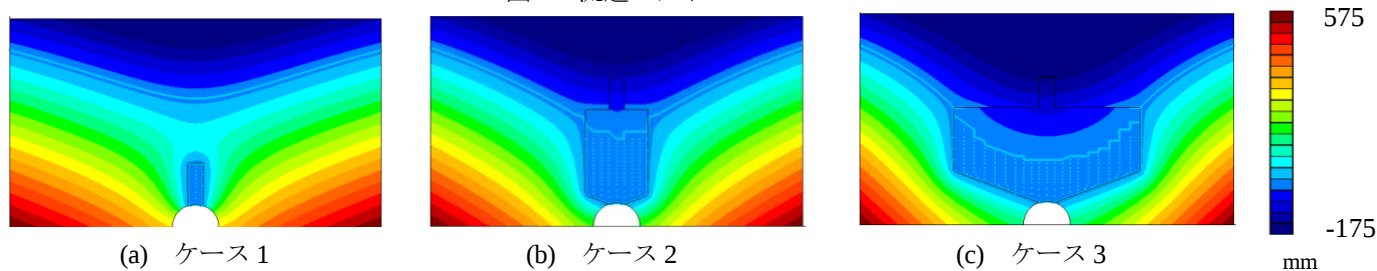
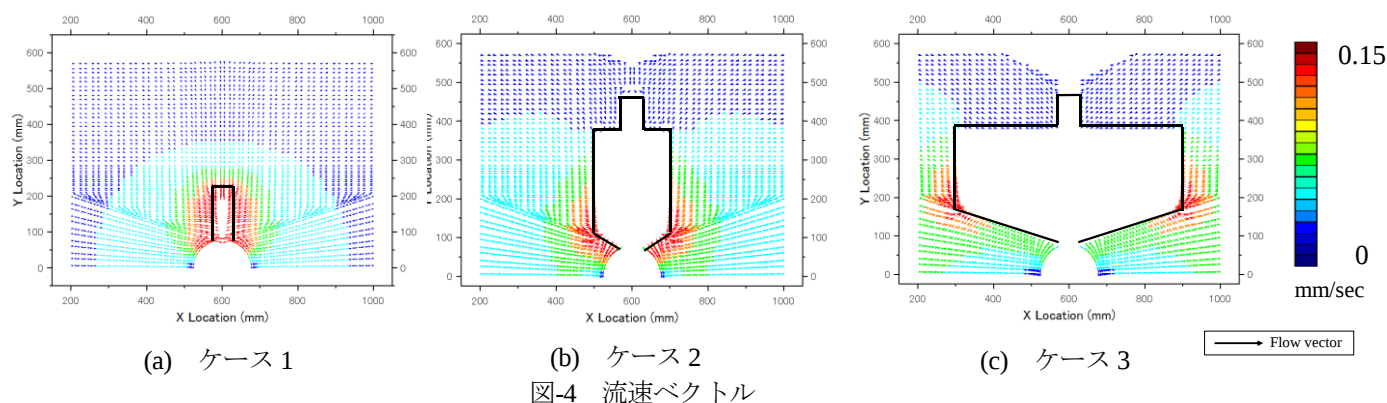


図-3 解析モデル

キーワード 空洞, 陥没, 管渠, 浸透流

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市中区昭和区御器所町 名古屋工業大学 16 号館 227 号室 TEL052-735-5497



実験で用いた試料と同程度である 0.08mm/sec に設定した。

3. 解析結果と考察

図-4 に解析結果より作成した空洞周辺の流速ベクトル図 (倍率 100 倍), 図-5 に圧力水頭のコンター図を示す。

図-4 の流速ベクトル図より, 空洞が小さい初期段階のケース 1 では, 空洞の上部や側部から満遍なく, 欠損に向かう透水係数の約 5 倍の流速が発生している。空洞が縦に進展したケース 2 では, 空洞上部での流速は小さくなっているのに対し, 空洞側部では, 比較的高い流速を取り続けているのが分かる。また, 空洞が横に進展したケース 3 でも, 空洞上部と比較して, 空洞側部のほうが高い流速をとっているのがわかる。これらのことから, 空洞が進展し, 縦に大きくなると, 空洞上部において土を押し流す向きの流速が小さくなるため, 空洞の縦への進展速度が遅くなる。対照的に, 空洞側部で土を押し流す向きの流速は, 空洞が進展しても, 大きな値を保つため, 空洞は縦への進展が終わった後でも, 横へと進展していくと考えられる。

また, 図-5 の圧力水頭のコンター図より, 空洞が小さいケース 1 では大きな水位の低下が見られないが, 空洞の進展が進んだケース 2 やケース 3 では, 水位が大きく下がっていることがわかる。さらに, 空洞が横に大きく進展したケース 3 では, 空洞の上部で圧力水頭が 0 以下を示す深い青色になっており, 空洞の上部の地盤は不飽和になっている。このように, 空洞の進展に伴って, 水位の低下が見られる理由として, 空洞が大きくなると, 空

洞周りに流れ込む水の量が多くなることが挙げられる。また, 空洞が大きくなるにつれ空洞側部において, 圧力水頭の勾配が大きくなるために, 空洞側部は不安定な状態になっており, このことから, 空洞がさらに横へと広がりやすくなっているといえる。

4. まとめ

実験を模擬したモデルで, 三次元浸透流解析を行なうことによって, 実験では観察することが困難であった空洞周辺の土中の水の流れを観察することが可能になった。また, 空洞進展が地下の水の流れに大きな影響を受けていることが改めて確認された。また, 解析結果から, 空洞の進展メカニズムは以下のようなものであると考えられる。

まず, 管渠に欠損が生じ, 欠損周辺に小さな空洞が発生する。空洞が発生した当初は, 水位に大きな変化は見られないが, 土を押し流す流れによって, 空洞が大きくなると, 空洞に流れ込む水が多くなるために水位が下がる。そのため空洞上部での水頭が小さくなるので, 土を押し流す流速が小さくなり縦方向への進展が止まる。しかし, 空洞側部では水頭の変化は無く流速の低下はないことに加え, 圧力水頭の勾配が急になっており, 不安定な地盤になっているために, 空洞は横に進展し, 最終的に横に長い空洞が形成される。

参考文献

1) 澤見英樹, 前田健一, 田坂晃一, 川田卓嗣, 渡辺完弥: 管渠周辺地盤での空洞進展に及ぼす動水勾配の影響, 第 52 回地盤工学研究発表会, pp.859-860, 2017.07.12-14.