

内水圧が作用する地下埋設管渠破損部の周辺地盤における粗粒化の進展

名古屋工業大学 学生会員 ○小橋 朋弥 正会員 前田 健一
学生会員 林 英璃奈

1. はじめに

全国で年間約 10,000 件の陥没災害が発生しており、原因の大半は地下埋設管の劣化に起因する土砂流出である。既往研究^{1),2)}では管渠に溜まる水(内水)が陥没発生要因の一つであることが判明した。これは、管が満管になる程の内水発生時に管の破損部から水が噴出し周辺地盤から土を流出させるためであり、下水管が合流式の場合には顕著に発生する。近年集中豪雨の増加に伴い内水発生が増加も考えられるが、内水が陥没に与える影響は定量的に評価されていない。本稿では、模型実験及び数値解析を用いて、内水による陥没の進展への影響を検討した。

2. 実験概要及び実験ケース

2-1. 外水位一定実験

図 1 に土槽の概略図、図 2 に試料の粒度分布を示す。土槽全体の飽和状態を模擬するため、欠損上部 500mm で外水位一定とする。また試料は珪砂 7 号、2 号を重量比 6:4, 5:5 で混ぜた 2 種類の混合珪砂を用いる(以下 S64, S55 と表す)。Case1 では S64, Case2 では S55 を用いる(次項の実験も同様)。

2-2. 内水圧上昇载荷実験

前項の実験に続いて行う。外水位は欠損上部 300mm で一定とする。管に蓋をした後、水を入れて満管にし、欠損からの水頭差により内水圧を 5 分間与える。その後、内水を除去して土及び水の流出量を計測する。以上の手順で水頭差を変えて繰り返し内水を与える。Case1 は 100mm, 300mm, 500mm, 700mm, Case2 は 100mm, 300mm, 500mm, 700mm, 900mm の水頭を与える(図 3)。

3. 実験結果及び考察

3-1. 外水位一定試験

図 4, 5 に外水位実験後の土及び水の流出量を示す。Case1 は欠損発生直後に土が流出し、Case2 に比べて 2 倍程度の水の流出量がある。土が抜けることで水の抜け道が形成されたと考える。Case1, 2 共に時間が経過すると土の流出が見られないことから、欠損上に目詰まり構造が発生したと考えられる。

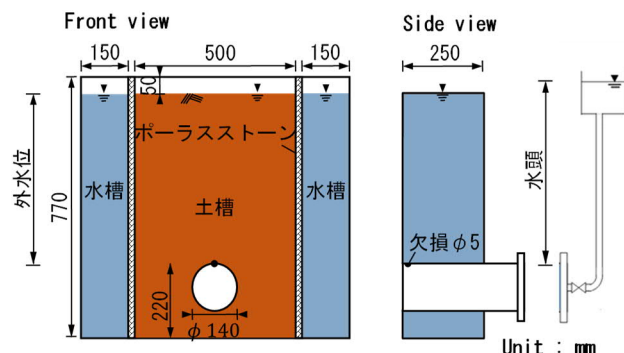


図 1 模型実験土槽の概略図

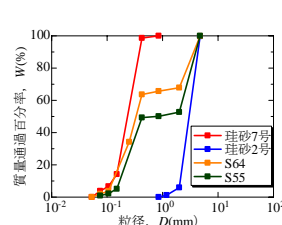


図 2 実験に用いた試料の粒度分布

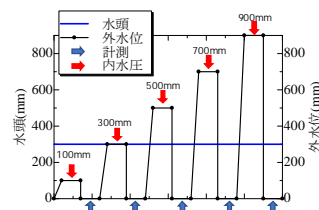


図 3 内水圧実験の水頭変化

3-2. 内水圧上昇载荷実験

図 6 に管渠周辺地盤の変状、図 7, 8 に土及び水の流出量、図 9 に水頭変化時の粗粒化面積を示す。図 6 より Case1 の方が緩み・粗粒化が広範囲に進展していることが分かる。緩みとは、内部侵食により地盤内の小粒子が抜け出した状態である。また粗粒化とは、更に侵食が進み粗粒分だけになった状態を表す。図 7 より実験開始後 10 分が経過すると、全ての水頭で土が流出しない。これより内水の影響による土の流出は一時的なもので、時間が経過すると欠損上で安定な土粒子骨格を形成すると考える。図 8 より Case1 では水頭変化時に水の流出量は変化が少ない。100mm 水頭から粗粒化が起こるため、欠損上から水が流出しやすい状態になるからだと考えられる。Case2 は 100mm, 300mm 水頭では流出量が少なく、500mm 水頭を超えると Case1 と同程度の流出が見られる。図 9 より Case1 は水頭の変化に応じて粗粒化面積が拡大する一方で、Case2 は 100mm, 300mm の水頭では面積が変化しない。その為、次項の解析

を行い、水の流速ベクトルについて検討した。

3-3. 三次元浸透流解析を用いた欠損付近の流速

図 10 に解析モデルを示す。解析は Case2 について外水位一定実験及び内水圧上昇載荷実験の水頭 5 種類の計 6 種類で行った。また、パラメータとして用いる透水係数は 0.235(mm/s)である。解析により判明した各水頭での流速ベクトル(図 11)より、内水水頭によって欠損付近での流速ベクトルの向き・大きさは異なることが判明した。100mm 水頭では下向きの流速であり、300mm 水頭では流速は極めて小さい。500mm 水頭を超えると上向きに放射状の流速が発生し、水頭の上昇とともに流速は大きくなる。図 9 と関連付けると下向きの流速が発生する場合は欠損付近の土粒子骨格に影響しないと推察される。水頭が上昇し上向きの流速が発生した場合は、土粒子骨格に影響を与え、土の流出に繋がると考えられる。

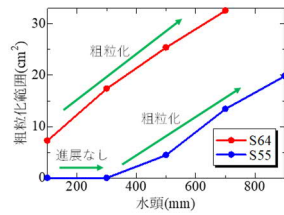


図 9 粗粒化範囲

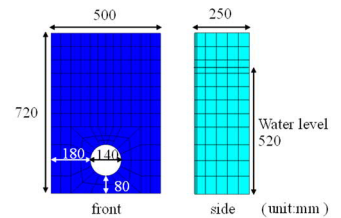


図 10 解析モデル概要図

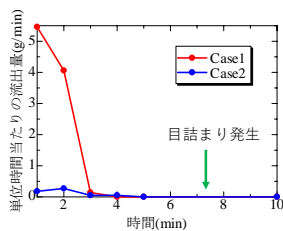


図 4 土の流出量

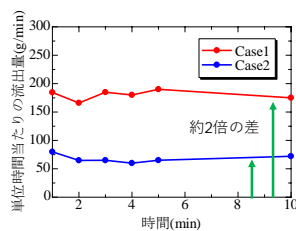


図 5 水の流出量

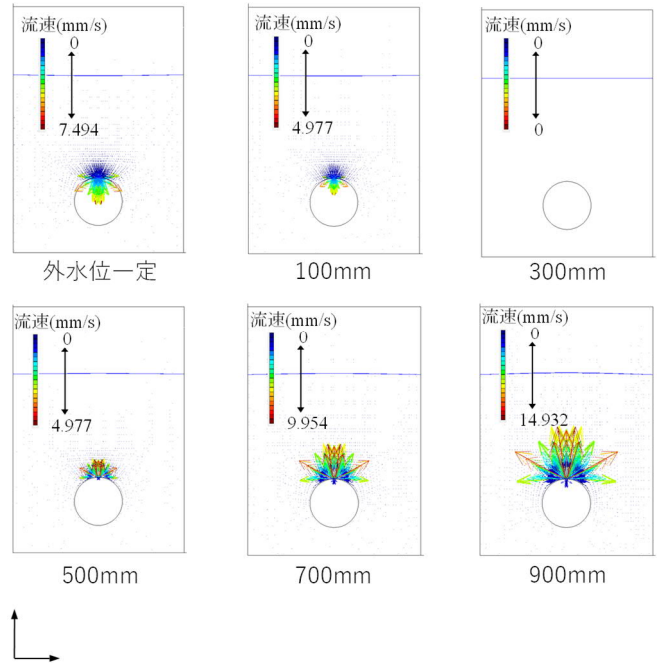


図 11 浸透流解析における流速ベクトル

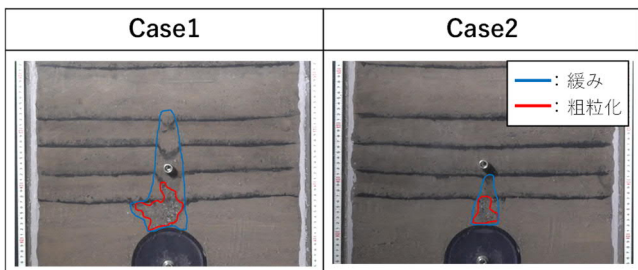


図 6 実験後の管渠周辺地盤の変状

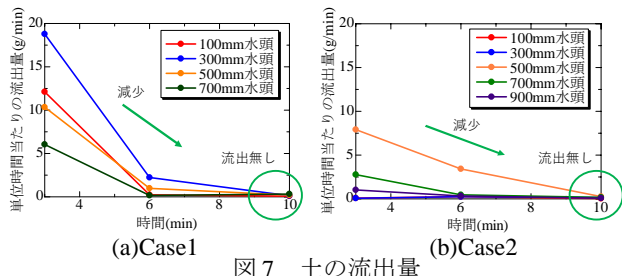


図 7 土の流出量

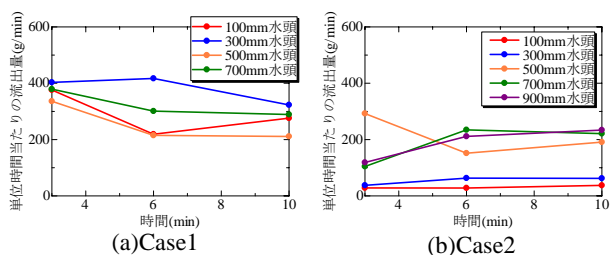


図 8 水の流出量

4. まとめ

地下埋設管渠破損部に内水圧が作用した場合について、実験と簡単な浸透流解析を行った結果、主に以下のことが分かった。

- 1) 外水位のみでは土の流出量は少量であるが、内水圧がかかると流出量は増加する。ただし、その土の流出は、圧力作用時と作用終了直後であり、継続しない。
- 2) 外水位による流水に伴い、欠損付近で安定な土粒子骨格が発生する。しかし内水圧作用により流速が上向きに作用すると、土粒子骨格が不安定化し、土の流出に繋がる。

参考文献

- 1) 唐崎ら：下水管接合部の止水不良個所における路面化空洞の生成・成長過程の検討，地盤工学ジャーナル，Vol.17，No.4，pp.587-597，2022
- 2) 桑野ら：路面化空洞の生成・拡大メカニズムと陥没危険度の評価，地盤工学ジャーナル，Vol.16，No.4，pp.307-317，2021