

報文

# 赤外線カメラ搭載ラジコンカーを用いた谷埋め盛土内暗渠排水管の点検方法

美馬 健二\* 川浪 聖志\*\*

## 1 はじめに

宅地における谷埋め盛土の滑動崩落は、大規模地震のたびに幾度となく発生し、2024年能登半島地震でも生じてしまった<sup>1)</sup>。谷埋め盛土の耐震化は、ほとんど進んでいないため、今後も滑動崩落による被害が繰り返されるものと考えられる。一方、谷埋め盛土の滑動崩落メカニズムについては、近年の研究で徐々に明らかになってきた。

谷埋め盛土が滑動崩落する原因を盛土内の液状化（過剰間隙水圧の上昇）と推定している報告がいくつかある<sup>2),3),4)</sup>。谷埋め盛土内には、通常、暗渠排水管（以下、暗渠管）が敷設され、暗渠管が適切に機能していれば、過剰間隙水圧上昇のリスクは低減されているはずである。ところが、仙台市で160地区もの宅地盛土を調査した佐藤<sup>5)</sup>によると、**図-1**に示すように「地下水位が盛土厚さの6割以上を占める地区は全体の約78%」であったとの報告があり、実際にはほとんどの盛土で高い地下水位が存在していることが明らかとなり、暗渠管が機能していない可能性が懸念された。盛土内に地下水が存在する理由を調査した釜井<sup>6)</sup>は、**図-2**に示すように、中央縦排水から流入する細粒分が暗渠管を詰まらせることで、地下水位上昇を招いているとして指摘している。筆者らは、過剰間隙水圧上昇が暗渠管の排水不良によるものであれば、暗渠管内の閉塞状況を把握し、暗渠管の洗浄を行うことにより、滑動崩落の発生を抑えられる可能性がある

と考えた。

そこで、暗渠管が閉塞していないかどうかを確認するため、暗渠管内を走行できる赤外線カメラ搭載小型ラジコンカー（以下、RCカー）を試作した。本論では、谷埋め盛土内の暗渠管を試作したRCカーで点検したので、結果を報告する。

## 2 RCカーの構造

点検に用いた車体は、以下の状況に対応できるように市販のRCカーを改造したものである（外観は**写真-1**）。

- ① 暗渠管内に入れる小型サイズ（幅24cm×長さ29cm×高さ23cm）である。
- ② 水没や泥に強い防水・防塵機能を備えている。
- ③ 堆積土砂の礫を乗り越えることができる推進力を有する。
- ④ 堆積土砂の軟弱な泥の上を滑らず走行できるタイヤを装備している。
- ⑤ 暗渠内の障害物を左右に避けられる。
- ⑥ 車体とコントローラーの無線通信距離が100m以上である。
- ⑦ RCカー本体が故障しても帰還させることができる。
- ⑧ 暗所でも暗渠管内の状況が撮影できる。

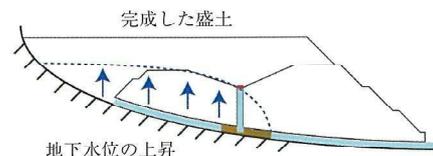
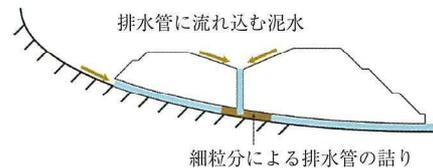
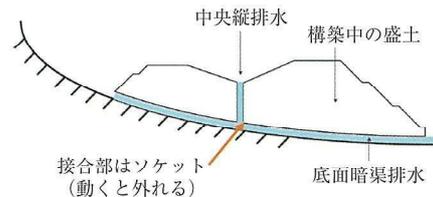


図-2 暗渠排水管の排水不良に伴う地下水位の上昇メカニズム<sup>6)</sup>

仙台市滑動崩落緊急対策事業（160地区）  
盛土内の地下水位

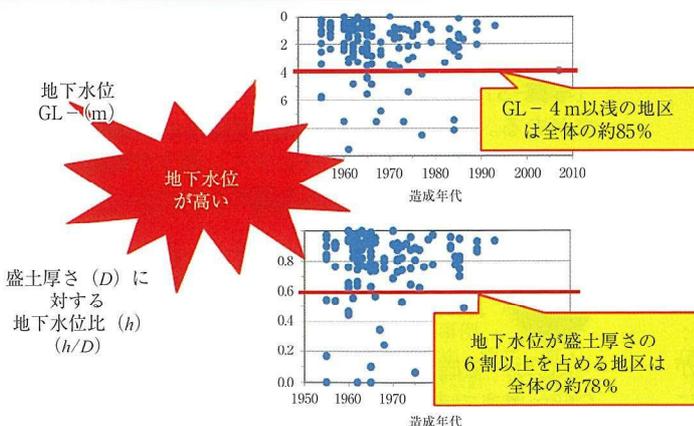


図-1 盛土内の地下水位<sup>5)</sup>

\* MIMA Kenji (有)太田ジオリサーチ 代表取締役  
\*\* KAWANAMI Seishi 同上 技師長  
兵庫県西宮市すみれ台3-1

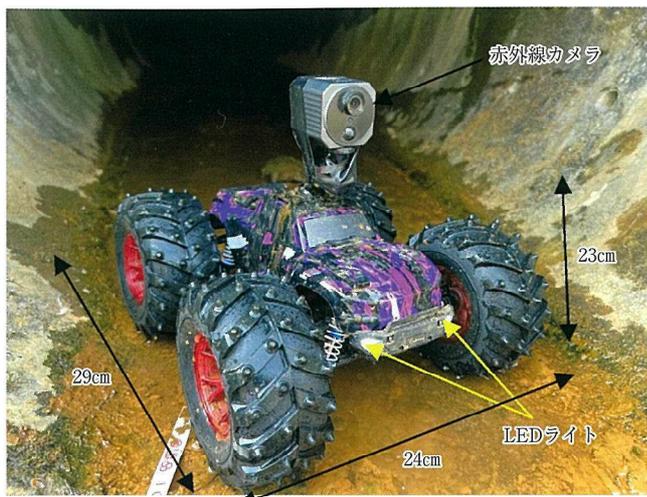


写真-1 RCカー車体の外観



写真-2 車体の後部に括り付けたPE製釣り糸

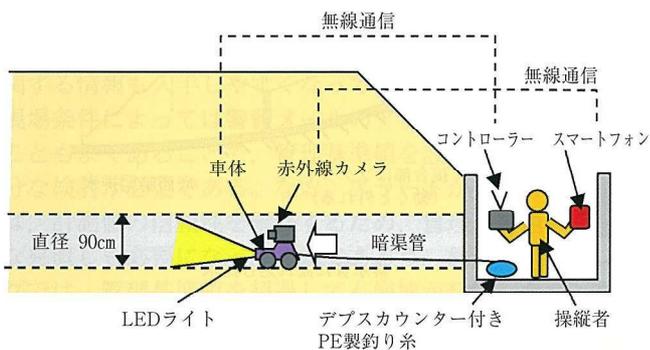


図-3 暗渠管点検の概要図

車体とコントローラーは、2.4GHzを用いて約100m無線通信でき、前進・後退、左右に曲がることのできる。車体にはLEDライトが付いており、暗渠管内を照らすことができる。車体の上には、幅4cm×長さ5cm×高さ4cmの可視光線と赤外線に切替え可能なカメラ（以下：赤外線カメラ）を搭載した。赤外線カメラは、マイクが内蔵されており、音声付きの動画がmicroSDカードに記録される。また、暗渠管内の障害物を避けたり、屈曲させなければ、車体を奥へ送り込めない場面も想定されたため、リアルタイムで前方の映像を見られるよう、赤



写真-3 点検の様子



写真-4 暗渠管吐口から約60m進んだ地点の映像

外線カメラの映像をWi-Fiを通じてスマートフォンで表示させながら運転操作することとした。さらに、暗渠管内の距離程が把握できるよう、写真-2のようにデプスカウンター付きのPE製釣り糸（以下、釣り糸）を括り付けた。車体が暗渠管奥へ進めば、同時に釣り糸も暗渠管内に引き込まれる仕組みであり、デプスカウンターを読むことで、車体がどこまで奥へ進んでいるのかを確認することができる。なお、この釣り糸は、通信不良などのトラブルにより車体が暗渠管内で止まってしまった場合に、引張り・回収することができる命綱でもある。

### 3 点検概要

暗渠管内点検の概要図を図-3に示す。現場は、宅地の谷埋め盛土（幅約40m×長さ約150m×厚さ約8m）に敷設された直径90cmのコンクリート製有孔管であり（写真-3）、暗渠管吐口からは、常時10L/min以上の排水がある。当該暗渠管吐口からRCカーを走行させ、赤外線カメラの画像をスマートフォン端末で確認しつつ、デプスカウンターの距離程を確認しながら、暗渠管内の状況を点検した。

### 4 点検結果

RCカーで暗渠管内を走行させた結果、暗渠管吐口から65m奥まで走行することができた。当該箇所では、65m地点で暗渠管がT字に分岐していた（写真-4）。可能な無線通信距離からいえば、さらに奥まで前進できる可能性はあるが、T字路で車体を屈曲させて進むと、釣り

糸が断線して車体を回収できなくなる恐れがあったため、本点検は65m地点で打ち切った。

暗渠管内の状況は、65mの地点でも土砂堆積状況などを観察できる程度の白黒画像で撮影することができた。なお、暗渠管内の状況を丁寧に観察するために低速で前進しようとする、車体がスタックし前進が困難となることが多かったため、往路は車体が停止することのない一定速度を保ち、最深部まで一気に前進させるようにした。一方、復路は、車体の括り付けておいた釣り糸をリールでゆっくり巻き上げて回収することで、暗渠管内を低速で移動させながら撮影し、管内を丁寧に観察した。暗渠管吐口から約60m進んだ地点の画像を写真-4に示す。また、赤外線カメラの映像は、スマートフォンで65mまでリアルタイムで確認することができ、写真-5に示すようなコンクリート塊の障害物があったが、リアルタイムで映像を見ながら操作することで障害物を避けて通行することができた。

RCカーを用いた点検の結果、暗渠管の底には泥や少量の礫が堆積していたが、閉塞している状況は見られなかった。また、暗渠の破断も認められず、今回調査した暗渠管は少なくとも吐口から65mまでの区間は健全に機能していると判断できた。

## 5 まとめ

RCカーは、暗渠管内の延長65mまで走行することができた。また、65m奥の暗渠管内の状況も、赤外線カメラに白黒画像で観察可能であることを確認した。さらに、赤外線カメラによるリアルタイムの映像を見ながら操作することで、通行の支障となる暗渠管内の障害物を回避して通行することができた。

今後は、暗渠が大きく屈曲してもRCカーを押し進め、回収することができるかどうかを検証する予定である。

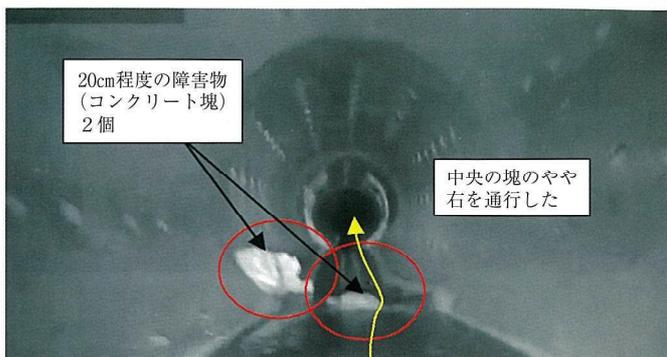


写真-5 暗渠内の障害物

また、RCカーによる暗渠管の点検事例を増加させるとともに、本稿が暗渠管点検の発展の一助となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 石川敬祐, 安田進: 2024年能登半島地震地震被害調査一速報一, 土木学会地震工学委員会地震被害調査小委員会土木学会ホームページ. [https://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Ishikawa\\_TDU\\_2024NotoEq.pdf](https://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Ishikawa_TDU_2024NotoEq.pdf), pp. 3~6, 2024.
- 2) 釜井俊孝, 守随治雄: 斜面防災都市, p. 144, 2002.
- 3) 渡部要一: 平成30年胆振東部地震による火山灰谷埋め盛土の液状化被害, 消防防災の科学, No.138, pp. 17~21, 2019.
- 4) 太田英将, 榎田充哉: 谷埋め盛土の地震時滑動崩落の安定計算手法, 第3回地盤工学会関東支部研究発表会講演集, pp. 27~35, 2006.
- 5) 佐藤真吾: 造成地盤のリスク~最近の地震被害による宅地造成地の主なリスク~, 地盤工学会東北支部災害協定に基づく講習会『地盤リスクに関するシンポジウム』. [https://jgs-tohoku.org/academic/event/risk\\_akita2019\\_2\\_sato.pdf](https://jgs-tohoku.org/academic/event/risk_akita2019_2_sato.pdf), p. 12, 2019.
- 6) 釜井俊孝: 盛土問題の現状と課題—熱海伊豆山の災害が示すもの—, 欠陥住宅被害全国連絡協議会第50回大阪大会資料集, p. 81, 2021.

## TOPIC

### 第7回「住品協技術報告会」を開催／NPO住宅地盤品質協会

NPO住宅地盤品質協会は、第7回住品協技術報告会を3月6日に無料Webセミナーとして開催した。

住宅地盤品質協会では「協会の皆様に今役立つ情報」というテーマでの活動の一環として、「住品協技術報告会」を開催。本報告会は、住品協の活動から得られた、業界の最新情報、動向、技術を協会員へ共有することを大きな目的としている。約300名がWebセミナーに参加した。当日のプログラムは以下の通りである。

今回は、本誌2020年9月号特集から「難しい条件下での設計・施工事例」及び協会員の関心事である「失敗事例・事故事例」を取り上げ、経営支援委員会報告として「働き方改革」について発表した。

本報告会は次年度も開催の予定である。

#### 【プログラム】

14:00~14:05 開会挨拶 理事長 塚本 英

15:05~15:20 失敗事例集 (4編)

△大石学副理事長

事例検討小委員会

#### 〈難しい条件下での設計・施工事例〉

14:05~14:20 高低差のある敷地での住宅地盤補強設計・施工例  
(株)三友土質エンジニアリング 片岡 力

15:20~15:35 既製杭引抜工事で起こるトラブル事例から考える  
事例検討小委員会

14:20~14:35 期間暫定使用建物の地盤補強工事例  
アキュテック(株) 坂井 直人

#### 〈経営支援委員会報告 働き方改革〉

15:40~16:10 住宅地盤業界の時間外労働問題への対応  
(株)サムシング 人事部 部長 野原 良一/社労士

14:35~14:50 特殊土が堆積した地盤での住宅基礎設計・施工事例  
(株)サムシング 金原 瑞男

#### 〈失敗事例・事故事例〉

14:50~15:05 改良機転倒事故~その原因と対策の参考事例~  
事例検討小委員会

16:10~16:15 閉会挨拶 副理事長 大石 学

※当日の発表概要集は協会のホームページに掲載予定なのでご参照下さい。(https://www.juhinky.jp)