

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

谷埋め盛土 暗渠排水管 ラジコンカー 赤外線カメラ

(有) 太田ジオリサーチ 正会員 ○美馬 健二

(有) 太田ジオリサーチ 川浪 聖志

(有) 太田ジオリサーチ 正会員 太田 英将

1. はじめに

谷埋め盛土は、大規模地震時に滑動崩落することがあり、東北地方太平洋沖地震の際にも谷埋め盛土の多くが滑動したことが知られている。滑動崩落の原因として、盛土内の液状化（過剰間隙水圧の上昇）を指摘する報告がいくつかある¹⁾²⁾³⁾。液状化は、地下水面上で生じる現象であるが、佐藤（2019）は、仙台市にある160地区もの盛土内の地下水位を計測し、「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%」であったと報告している⁴⁾。谷埋め盛土内に暗渠排水管（以下、暗渠管）が敷設され、適切に機能していれば、盛土内に高い地下水位は生じないはずであるが、実際には多くの谷埋め盛土で高い地下水位を有していることが明らかとなった。この原因を調査した釜井（2021）は、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（図-1）⁵⁾。暗渠管の排水不良が液状化の原因であれば、暗渠管内の閉塞状況を把握し、暗渠管の洗浄を行えば、液状化による滑動崩落の被害は低減できる可能性がある。

そこで著者らは、暗渠管内の状況を把握するために、暗渠管内を走行できる小型ラジコンカー（以下、RCカー）を試作した。本論では、RCカーを用いた暗渠管内の点検方法と点検結果を紹介する。

2. RCカーの構造検討

RCカーを試作する上で、下記8点を考慮する必要があった。

- ①暗渠管内に入れる小型サイズの車体であること。
- ②水没や泥に強い防水・防塵機能を備えること。
- 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こと。
- ④堆積土砂の軟弱な泥の上を滑らず走行できること。
- ⑤暗渠内の障害物を避けられること。
- ⑥車体とコントローラーの無線通信距離が十分長いこと。
- ⑦RCカー本体が故障しても帰還させることができること。
- ⑧暗所でも暗渠管内の状況が撮影できること。

上記を踏まえ、車体サイズやタイヤ形状、搭載カメラの組み合わせ等を試行錯誤し、図-2のような車体を試作した。車体の寸法は、幅24cm×長さ29cm×高さ23cmである。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、左右に曲ることができる。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り替え可能なカメラ（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、図-3のように車体の後部に延長50mの検尺テープを括り付けた。車体が暗渠管奥へ進めば、同時に目盛付きの検尺テープも暗渠内に引き込まれる仕組みであり、暗渠管吐口の目盛を読むことで、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。検尺テープの距離程を声をあげて読むことで、撮影した動画に距離情報となる音声も記録した。なお、この検尺テープは、通信不良等のトラブルにより車体が暗渠内で止まってしまった場合に引っ張り、回収することができる命綱でもある。

3. 実験概要

実験の概要図を図-3に示す。実験場は、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

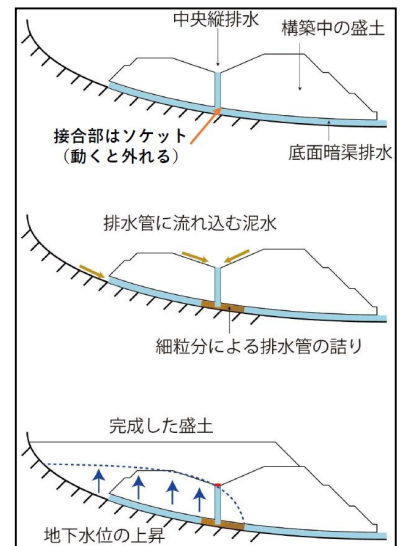


図-1 暗渠排水管の排水不良に伴う地下水位の上昇メカニズム⁵⁾

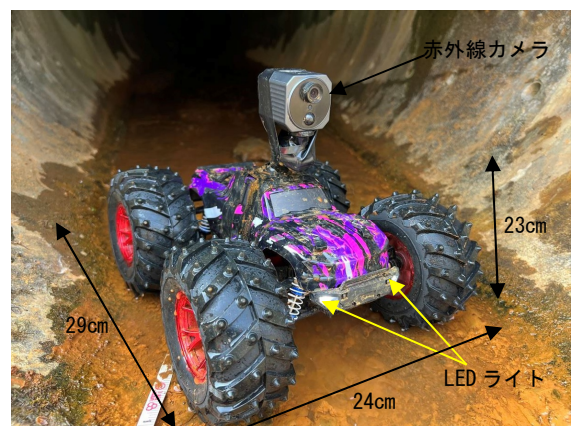


図-2 車体の外観

Observation method of inside a culvert drainage pipe under a valley fill using a radio-controlled car equipped with an infrared camera K. Mima, S. Kawanami, H. Ohta (Ohta Geo Research Co., Ltd.)

90 cmのコンクリート製有孔管であり（図-4），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，検尺テープの距離程を読み上げながら，暗渠管内の状況を点検した。

4. 調査結果

RC カーで暗渠管内を走行させた結果，1 分程度で検尺テープの限界である 50m 達し，当該区間の管内の状況を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時，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，到達限界まで一気に前進させるようにした。一方，復路は，車体を検尺テープでゆっくり引っ張り回収することで，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 50m 進んだ地点の画像を図-5 に示す。ただし，赤外線カメラの映像をスマートフォンでリアルタイムに確認できた距離は，45m であった。暗渠管内には，図-6 に示す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，暗渠管は少なくとも吐口から 50m 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

試作したRCカーにより，暗渠管内を目標とした 50m まで走行させ，管内の状況を動画で撮影し，観察することができた。暗渠管内の孔壁状況や土砂堆積状況は，赤外線カメラの白黒画像でも観察可能であることを確認した。一方で，当該実験により以下の点を改良する必要があることが分かった。

- ・赤外線カメラとスマートフォンの通信距離の延長
- ・より強力な推進力が得られる車体の開発
- ・より長い検尺テープを用いて，長距離自走させられるようにする。
- ・スタックの原因が検尺テープの重みであれば，検尺方法を再検討する必要がある。
- ・コンクリート管だけでなく，波型のコルゲート管でも実用性を確認する。

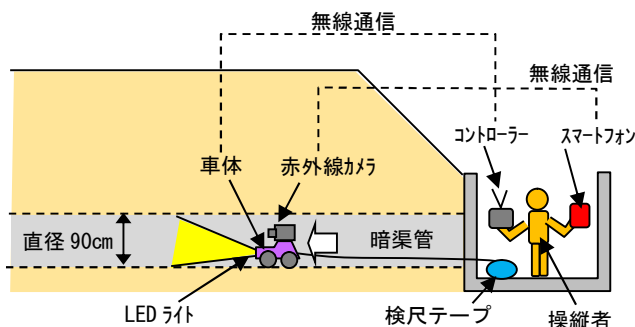


図-3 実験の概要図



図-4 実験場の暗渠管



図-5 暗渠吐口から約 50m 進んだ地点の映像

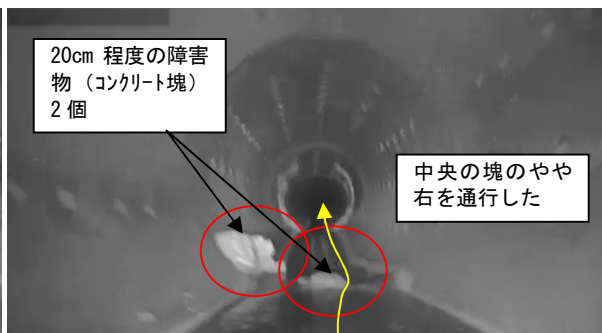


図-6 暗渠内の障害物

参考文献

- 1) 釜井俊孝，守随治雄：斜面防災都市，p. 144，2002.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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，p. 12，2019.
- 5) 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.