

## 湿潤条件と破損幅による地中空洞深さと大きさの影響の評価

島根大学学術研究院 正会員 ○佐藤 真理  
 応用地質株式会社 正会員 宇野 嘉伯  
 応用地質株式会社 正会員 伊藤 亮太  
 島根大学 矢田 慶太

### 1. はじめに

道路陥没事故の発生要因として下水管の破損部や継ぎ目のクラックからの土砂流出が挙げられる。陥没発生前にレーダー探査を実施し発見した地中空洞を処置することが一般的な予防策である。しかしながら発見した空洞がその後進展するか否かの危険性は、空洞の広がり $\phi$ と深さ $h$ のみで評価されることが多い。本研究ではそうした背景を踏まえ、模型土槽で破損部を模擬した開口部を設置し、開口幅と乾湿繰り返しの有無が空洞進展に与える影響を調べた。最終的には埋戻し土の細粒分含有率や浸透条件と、近傍の土砂流出口の大きさから危険度をより正確に評価することを目指す。

### 2. 実験概要

高さ40cm幅30cm奥行10cmの亚克力土槽を用いた(図1)。左右ともに中央部高さ20cmの壁面中央部の穴にチューブを接続し流入を行った。流入高さは流入口から水頭差約40cmの位置に調整されている。底部中央には幅5mmまたは幅20mm、奥行10cmのスリットがあり、土砂と水が排出されることで空洞が拡大する。既往の実験結果から真砂土では、浸透流だけでなく乾燥と湿潤(浸透流)の繰り返しが崩落を助長することが示され、また舗装された地盤では乾燥状態となることも考えられるため、本研究でも同様に乾湿繰り返しを与える条件と与えない条件の二種類を行う。実験手順は亚克力土槽内にDc90%、最適含水比付近で地盤を作成後、土槽前面の蓋を開け初期空洞を幅20cm高さ4cmでスリット直上に作成し、乾湿ありの条件では温風機をあて約1週間乾燥させ、乾湿なしでは模型地盤作成後すぐに水を流入させる。給水条件は左右から各400ml計800ml、表層から計800mlの総計1600mlを一回の給水とし、1600mlすべての流入が終了したのちに再び1600mlの給水を繰り返すことで計3回4800mlまで流入させる。空洞の進展が遅かったケースでは流入終了後に1日排水のために放置し、その後約6日間温風機で再び乾燥させ、乾燥後に給水を行う。空洞が表層まで進展するか全く動きがなく実験が続行できなくなった時点で給水を終えた。ケース名は材料\_開口幅乾湿の有無(乾湿ありの場合は無表記)とした。実験試料は荒木田土を粒度調整し細粒分含有率を基準土( $F_c = 22.2\%$ )とした材料である。既往の研究ではさらに細粒分含有率を $\pm 10\%$ 変化させた2種類の土を用いている。それらの実験結果の詳細については佐藤ら(2019)<sup>2)</sup>を参照されたい。実験条件を表1にまとめる。

表1 実験条件一覧

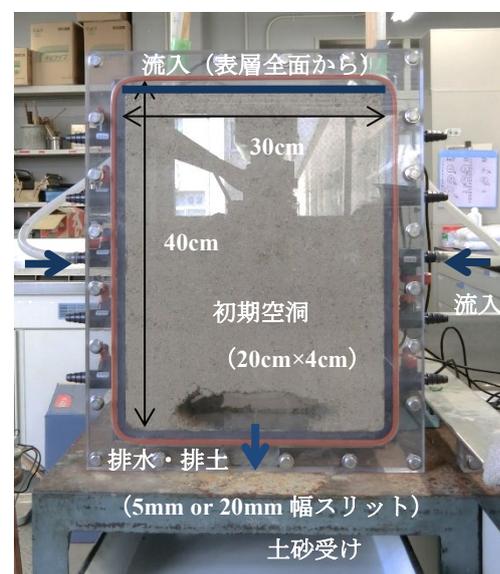


図1 実験土槽と給水・排水口位置

表1 実験条件一覧

ケース名	$F_c$ (%)	乾湿の有無	開口部幅(mm)	総流入量(ml)	乾燥排出土砂量(g)
基準土_5 乾湿なし	22.2	なし	5	4400	58
基準土_20	22.2	あり	20	4400	8452 (参考値)*
基準土_20 乾湿なし	22.2	なし	20	2800	8599

\*一部計測漏れがあるため

キーワード 地中空洞, 模型実験, 道路陥没, 土砂流出, 埋設管

連絡先 〒690-8504 島根県松江市西川津 1060 [maris@life.shimane-u.ac.jp](mailto:maris@life.shimane-u.ac.jp) (佐藤) T E L 085-232-6555

### 3. 実験結果

ケース毎の空洞拡大の様子を図2に示す。基準土\_5 乾湿なしでは、実験開始30分後という早い段階で空洞の崩落により空洞全体が押しつぶされた形となり、その後変化が見られなかった。しかしながら実験終了後に前面の蓋を開けると亀裂が地盤上部にも存在したため、計測されないまま空洞高さが土槽内部で進展していた可能性は残る。空洞の大きさの拡大はほぼ見られなかった。基準土\_20 乾湿ありでは、空洞が崩落後に地盤内部に新たな空洞が形成され、土砂流出と共にその空洞が緩やかに進展する結果となった。最終的には空洞が表層部まで進展し、土砂流出と共に大きく地盤が崩落した。基準土\_20 乾湿なしも、基準土\_20 乾湿ありと似た結果となった。ただし初期空洞崩落後に内部で空洞が形成されず、そのまま表層部の変状が進行した。土砂流出と共にこの変状は拡大し、開口部周囲幅10cmの範囲で大きく地盤が抉れて土砂が流出することが示された。

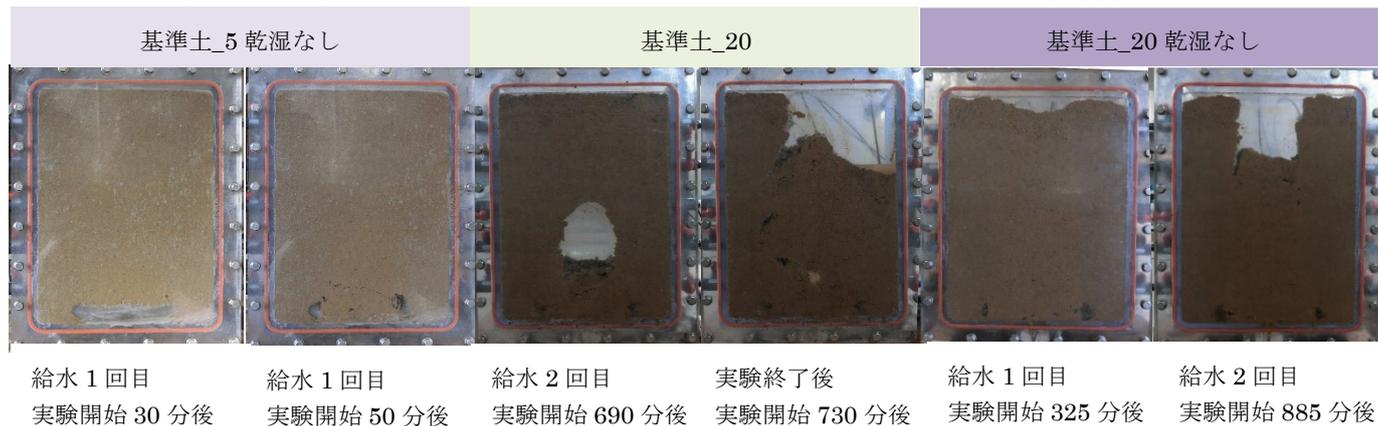


図2 各ケースでの空洞進展の様子

### 4. 空洞高さと空洞面積による評価

今回の実験と既往の研究<sup>2)</sup>の基準土\_5に関して、アクリル前面から観測した空洞面積と地盤表層(高さ40cmとする)からの空洞深さを画像から読み取り、空洞面積拡大率と空洞深さ変化率を算出した。初期空洞面積と初期空洞深さをそれぞれ計測値で除したものである。1) 開口幅5mm: 給水を続けると空洞は浅部に進展するが空洞面積は拡大しないパターン(図3青), 2) 開口幅20mm: 空洞が浅部に進展し空洞面積も拡大するパターン(図3赤), の2パターンに分かれることが示された。このパターンは乾湿を問わず開口幅の大きさによって分類された。空洞拡大が見られないパターンでは空洞の浅部への進展もおおよそ初期深さに比べ5割程度にとどまったが一方、空洞拡大がみられるパターンでは最終的に表層まで空洞が進展した。空洞拡大は浅部に空洞が進展後急激に発生した。この結果は開口幅20mmで排出土砂量が多いことにも整合する。



図3 空洞高さと空洞面積の関係

### 5. 結論と今後の課題

排出土砂量は開口幅に大きく影響され、開口幅が大きい場合空洞が地表に近づいた後に空洞の面積が拡大することが示された。そのため現行の危険度評価案<sup>1)</sup>に加えて、浅部空洞は小さくとも早急な対策が必要である。また空洞付近に大きな破損部が見つかった場合にも早急な措置が必要であると考えられる。乾湿繰り返しは乾湿がない方が全体として空洞の崩落が早く、含水比上昇が早いためである可能性がある。

### 参考文献

- 国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所(2010); 空洞 判定実施方針(案)
- 佐藤真理, 宇野嘉伯, 伊藤亮太(2019); 埋戻し土を用いた路面下空洞の進展機構の考察, 第33回日本道路会議, 2052.