

管渠内への土砂流入時に発生する目詰まり現象の安定性評価

名古屋工業大学 学生会員 ○林 英璃奈
 名古屋工業大学 正会員 前田 健一
 名古屋工業大学 学生会員 平子 ともみ
 名古屋工業大学 学生会員 野村 凌平

1. はじめに

近年多発する道路陥没災害の原因の一つに、地下埋設管の劣化により発生した欠損から土砂が流入することで形成される地下空洞の存在が挙げられる。今後老朽化した埋設管の増加に伴い陥没災害件数が増加することが予想される中、こうした災害を未然に防ぐことが課題となっている。既往の実験結果¹⁾から欠損部における目詰まりの有無が地下空洞の形成に影響することが判明しているが、目詰まりの形成しやすさと安定性に関する評価は十分でない。そこで、本稿では粒子形状がほぼ球形とみなせるガラスビーズ(以下 GB)を用いて実験を行い欠損上の目詰まりについて安定性と形成しやすさの観点から評価した。

2. 目詰まり実験概要

図-1に実験機を示す。図-1の通り、実験機内に管渠を模した半円の亚克力パイプを設け、その管頂部には直径3mmの欠損を作成した。表-1に全実験ケース、各ケースにおける混合率、粒径比および平均粒径 D_{50} を示す。ここで、混合率は試料の総重量2kgに対して混合GBの含む割合を示す。試料は混合率20~80%の場合は元となるGBと混合したGBを含む二粒径混合試料であり、混合率100%の場合は混合したGBのみの単一粒径試料である。粒径比は元となるGBの粒径(2mm)を混合したGBの粒径(0.850, 0.300, 0.212, 0.150, 0.106mm)で除した値である。試料は乾燥状態で作成した。

各試料を用いて以下のような2種類の実験(実験I, 実験II)を行った。実験Iでは欠損に栓をした状態で試料を詰め、その後、栓を抜き欠損を開放することで実際の管渠欠損周辺の状態を再現した。実験終了時に、最終的な流出量と目詰まり構成粒子の面積割合を測定した。図-2に目詰まり構成粒子の面積割合の測定例を示す。また、実験IIでは実験Iが終了後、

実験機全体を傾け再流出が起こった時の角度を計測した。なお、実験Iにて目詰まりが形成されなかったケースは実験IIを行っていない。

3. 実験結果と考察

3-1. 目詰まりの形成しやすさ

目詰まりは欠損からの流出量が少ないほど形成しやすいと判断できる。図-3に実験Iにおける全ケースの欠損からの試料の流出量を示す。混合率100%の場合は4ケースにおいて目詰まりが発生せず、欠損から流出し続け流出量が多い。Case5において目詰まりが発生した要因としては混合GBの平均粒径(2.766mm)が欠損径(3mm)に対して0.922倍と他の粒径よりも大きいことが挙げられる。混合率20~80%の場合は全ケースにおいて目詰まりが発生した。こ

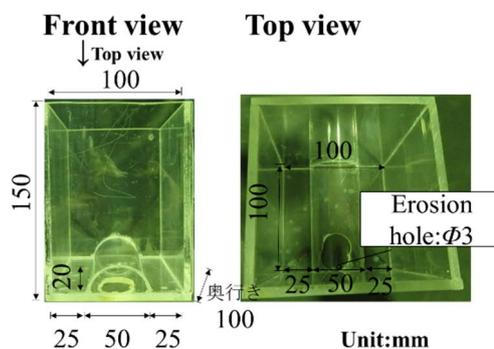


図-1 実験機

表-1 実験ケース一覧と平均粒径

粒径(mm)	粒径比	混合率(%)				
		20	40	60	80	100
0.85	2.35	2.766 (1)	2.310 (2)	1.734 (3)	1.451 (4)	1.304 (5)
0.3	6.67	1.172 (6)	0.980 (7)	0.715 (8)	0.575 (9)	0.505 (10)
0.212	9.43	0.443 (11)	0.357 (12)	0.283 (13)	0.263 (14)	0.252 (15)
0.15	13.33	0.241 (16)	0.225 (17)	0.200 (18)	0.186 (19)	0.178 (20)
0.106	18.87	0.171 (21)	0.159 (22)	0.142 (23)	0.132 (24)	0.126 (25)

表中の数字は平均粒径mm(Case No.)

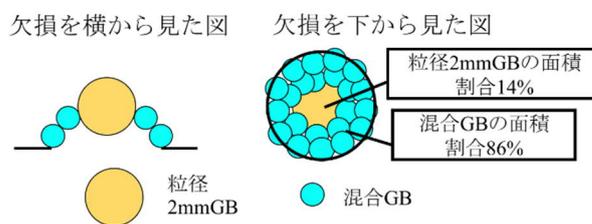


図-2 目詰まり構成粒子の面積割合の測定(実験I)

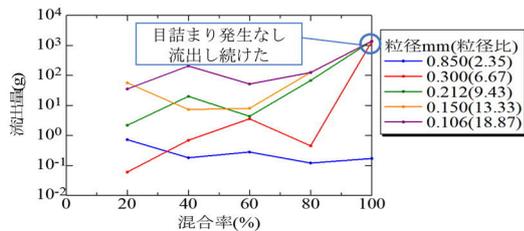
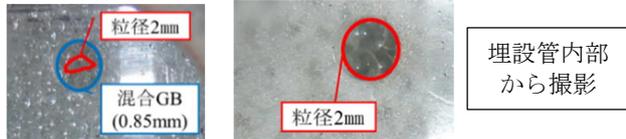


図-3 欠損からの流出量(実験I)



(b) Case3 (2mm40%,0.85mm60%) (a) Case23 (2mm40%,0.106mm60%)

図-4 欠損における目詰まりの様子と構成粒子 (実験I)

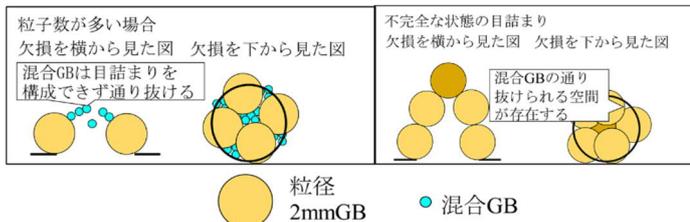


図-5 粒径比が大きい場合の目詰まり(実験I)

表-2 目詰まりでの GB の面積割合(%) (実験I)

粒径 (mm)	粒径比	混合率(%)									
		20		40		60		80		100	
0.85	2.35	54	46	100	0	82	18	65	35	100	0
0.3	6.67	0	100	6	94	23	77	8	92	0	0
0.212	9.43	0	100	0	100	0	100	0	100	0	0
0.15	13.33	0	100	0	100	0	100	0	100	0	0
0.106	18.87	0	100	0	100	0	100	0	100	0	0

安定性 特に高い 高い 低い 目詰まりなし

表-3 再流出した時の土槽傾斜角度(実験II)

粒径(mm)	粒径比	混合率(%)					安定性
		20	40	60	80	100	
0.85	2.35	30*	4.5	30*	10	25	特に高い 高い 低い 目詰まりなし
0.3	6.67	10	10	30*	30*	—	
0.212	9.43	0.3	0.1	0.5	7.5	—	
0.15	13.33	0.5	3	10	2	—	
0.106	18.87	0.5	3	1	13.5	—	

ここで、粒径比が小さいほど平均粒径が大きくなり平均粒径が欠損径に対する比率が増大することや図-3より粒径比が小さいほど流出量が少ない傾向が見られるため、目詰まりを形成しやすいといえる。

3-2. 目詰まり構造の安定性

図-4 に実験Iにおける目詰まりの様子を示す。図-4(a)は Case3 における目詰まりの様子であり、図中に構成する GB の種類を示す。同様に、図-4(b)は Case23 における目詰まりの様子を示した。既往の研究²⁾より目詰まりの構成粒子が少ないほど安定性が高いことが明らかになっている。本実験においても構成粒子に粒径の大きい GB が多い場合は粒子数が少ないため安定性が高いと考えられる。表-2 に目詰まり部における構成粒子の面積割合を示した。Case11~14, 16~19, 21~24 では粒径 2mm のみで目詰

まりを形成しており粒子数が少ない。しかし、粒径比が大きく混合 GB を含む目詰まりを構成するには粒子数が多い必要があり不安定であるため構成できず目詰まりは不完全な状態となる。(図-5)よって、粒径比の小さいほど目詰まりは安定性が高い。表-3 に実験 II における再流出した時の土槽傾斜角度を示す。傾斜角度の上限を 30 度とし、30 度傾斜して流出しない場合は 30*と表記した。粒径比の大きい場合は目詰まり間を混合 GB が通り抜けやすく目詰まりは形成されているものの再流出時の傾斜角度が小さい。逆に、粒径比 2.35, 6.67 のような粒径比の小さい場合は目詰まり間を混合 GB が通り抜けず、再流出時の傾斜角度が大きく安定性が高い。Case1, 3, 8, 9 の場合は 30*であり、特に安定性が高いといえる。目詰まり部における構成粒子の面積割合と再流出時の角度の二点から目詰まりが安定しているのは粒径 2mm と混合 GB の両方が目詰まりを形成し混合 GB が目詰まり間を通り抜けにくい Case1, 3, 8, 9 のような場合である。

4. まとめ

本稿では欠損上の目詰まりの形成しやすさと安定性を評価するため模擬実験を行い、以下の知見が得られた。

- 1) 3-1 より粒径比が小さいほど平均粒径が大きくなり欠損径に対する比率が増大する。よって、粒径比が小さいほど目詰まりが形成しやすい。
- 2) 3-2 より粒径比が小さいほど、目詰まり構成粒子が少なくなり、より目詰まりが安定する。
- 3) 1), 2)より目詰まりが形成しやすく安定しているのは粒径比が小さいときである。現場では隣り合う二粒径の間の粒径比が小さい粒径幅の広い土を利用することで形成しやすく、安定している目詰まりが発生すると考えられる。

参考文献

- 1) 平子ら：空洞発生及び進展条件と空洞上地盤の耐力に着目した陥没発生の危険度評価，第31回中部地盤工学シンポジウム，pp.59-62,2019.8.8
- 2) 山室 大軌ら：局所的粒子移動と粒子間構造に着目した目詰まり現象の検討，平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会，pp.251-252,2011.3.8