

管渠周辺地盤内の空洞進展挙動に及ぼす浸透流の局所化の影響

名古屋工業大学 学生会員 ○杉浦 涼介
 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 河田 真弥
 名古屋工業大学 学生会員 平子 ともみ

1. はじめに

道路陥没の原因の多くは、地下埋設管の劣化により生じた欠損へ土が流出し空洞が形成されることである。そして近年、老朽化した下水管の急増が問題となっており、それに起因する陥没災害の件数も増加することが予測されている。既往の研究¹⁾から、空洞進展過程においては地下水位の高さが大きな影響を与えることが判明している。しかし、実際の管渠周辺地盤における浸透流の挙動については明らかになっていない。

そこで、本研究では浸透流が辿る経路に着目し、着色液体を用いて浸透流を可視化した状態で、管渠周辺の空洞進展モデル実験を行った。

2. 浸透流可視化土槽実験概要

図-1に管渠周辺の空洞進展モデル実験機の概略図、および着色液体の注入箇所を示す。図-1に示すように、模擬管渠の管頂部には、土槽前面から5mmの位置にφ5mmの欠損を設けた。着色液体の注入箇所は、管渠の左右真横に2か所、管上100mm毎に5か所、水位の高さまで注入した。また便宜上、原点は土槽左下隅とし、x軸とy軸を図-1のように設定した。

表-1に実験ケースの一覧、および珪砂の混合割合

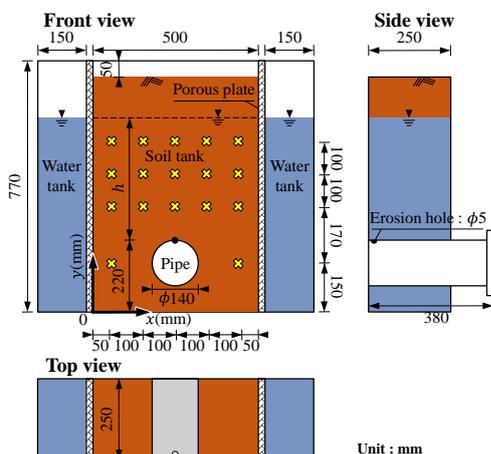


図-1 管渠周辺の空洞進展モデル実験機の概略図

毎の透水係数を示す。ケース毎に珪砂の混合割合と水位の組み合わせを変えて比較検討し、それぞれのケースにおいて定水位で実験を行った。また、表-1中の「Silica sand #7:#2」は珪砂7号と2号の混合割合(重量比)を示す。珪砂の混合割合毎の粒度分布を図-2に示す。供試体は締固め度を90%に調整し、飽和状態で作成した。

3. 実験結果および考察

図-3にCase2における実験中の土槽の様子を示す。まず図-3(a)より、空洞進展の初期段階では欠損付近の着色液体が欠損に流れ、珪砂7号が流出し珪砂2号の割合が多くなる様子(以下、粗粒化と称す)が確認された。次に図-3(b)より、粗粒化が進行したことで、欠損から離れた着色液体が粗粒化領域に向かって軌道を変化させながら流れる様子が見られた。その後、時間の経過と共に粗粒化領域が拡大し、同時に空洞化も進行していく様子が確認された。この一連の傾向は他のケースにおいても同様であった。この結果より、浸透流の変化と空洞進展挙動は、相互に影響を及ぼしていると考えられる。

次に、図-4にCase3, Case5, Case8それぞれの着色液体の軌跡図を示す。図-4より、同じ水位でも粒

表-1 実験ケースの一覧

	Silica sand #7:#2			Silica sand	
	6:4	5:5	4:6	#7	#2
Water level of top of pipe, h (mm)	200	Case1		Case6	
	300	Case2	Case4	Case7	
	400	Case3	Case5	Case8	
Coefficient of permeability, k (mm/sec)	0.235	0.251	0.303	0.086	22.000

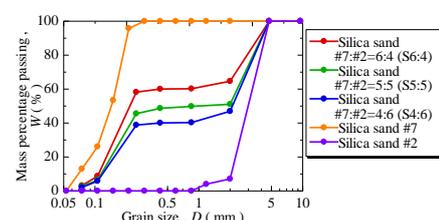
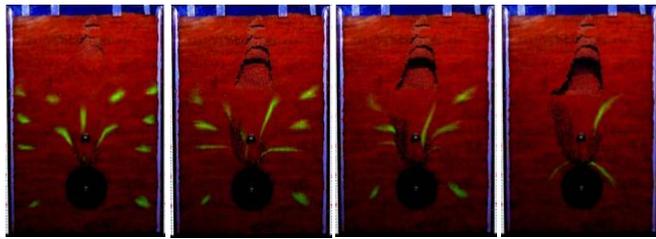
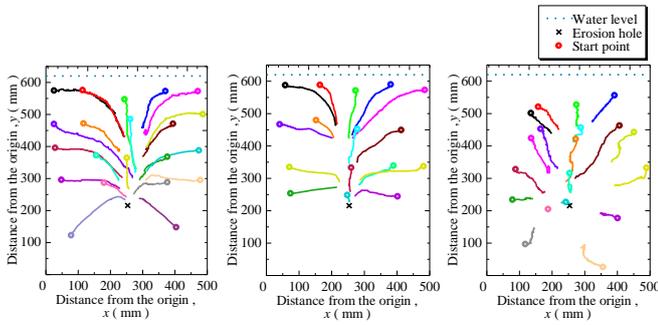


図-2 混合珪砂の粒度分布



(a) 4分40秒 (b) 9分50秒 (c) 13分50秒 (d) 22分40秒

図-3 着色液体と空洞進展挙動の関係(Case2)



(a) Case3

(b) Case5

(c) Case8

図-4 着色液体の軌跡図

度分布の違いによって軌跡に差が生じることが判明した。これは試料の透水性に起因した地下水面形の変化によるものである。透水係数 0.303(mm/sec)と比較的大きい case8 においては、広い範囲で浸透流が発生したため水位が大きく低下し図-4(c)に示す軌跡になった。一方で、透水係数 0.235(mm/sec)と比較的小さい Case3 においては、浸透流の発生する範囲が小さいため水位は保たれる。このことから、空洞側方においては高い水頭が保たれるため、流速が早期に低下せず細粒分の流出が継続し易いと考えられる。以上から、空洞進展挙動に差を生じさせる要因の一つに地盤の透水性が挙げられる。また図-3・図-4より、始点の異なる着色液体でも粗粒化した同じ地点を通過する場合があることが判明した。このことは、浸透流の局所化が欠損付近だけでなく粗粒化領域でも発生していることを示している。また、図-4より管渠の側方や下方においても欠損へ向かう浸透流が発生していることが明らかになった。既往の研究では欠損より下方の浸透流は考慮されていなかったため、空洞進展挙動に及ぼす影響を今後評価していく必要がある。

次に、図-5に土槽区画の定義図を示し、図-6に Case1 の着色液体がそれぞれの区画を通る間の平均流速のバブルチャートを、実際の実験写真に重ねた図を示す。図-6より、最大平均流速は粗粒化領域に

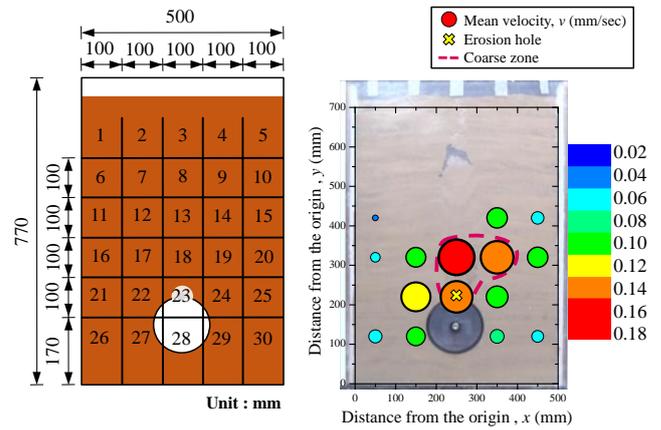


図-5 区画の定義 図-6 区画毎の平均流速(Case1)

において観測され、その値は透水係数の 0.75 倍であることが判明した。これは、透水性の高い珪砂 2 号の割合が多くなった粗粒化領域において浸透流が集中したためである。その浸透流によってさらに粗粒化領域が拡大することで、広い空洞が形成されると考えられる。また、欠損から流出する水の流量から算出した流速は、最大平均流速の 100 倍から 400 倍の値であることが判明した。土槽内の浸透流が欠損へ三次元的に集中することで、このような大きな流速になると考えられる。

4. まとめ

浸透流を可視化した状態で空洞進展の模型実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 管渠の側方や下方においても欠損へ向かう浸透流が発生することが判明した。よって、管渠側方の浸透流を検討せずに管渠周辺地盤の安全性を評価すると危険側に判定される恐れがある。
- 2) 欠損付近だけでなく粗粒化領域においても浸透流が局所化することを確認した。浸透流が集中することによって粗粒化領域はさらに拡大するため、管渠から離れた位置においても地盤のゆるみや空洞が発生する可能性がある。よって、空洞直下に下水管が無い場合でも、空洞発生要因の一つとして下水管を想定する必要がある。

参考文献

- 1) 新井拓弥ら：水位変動が及ぼす管渠周辺地盤の陥没挙動への影響，第 51 回地盤工学研究発表会，pp.971-972，2016.09.13-15.