

空洞形状とその地盤状態に着目した管渠周辺に形成される空洞耐力の検討

名古屋工業大学 学生会員 ○佐藤 弘瑛
名古屋工業大学 学生会員 近藤 明彦
名古屋工業大学 学生会員 新井 拓弥
名古屋工業大学 正会員 前田 健一

1. はじめに

近年、地盤の陥没災害が頻繁に発生しており、特に都市部では高度成長期に多く整備された下水管などの社会基盤構造物が更新期を迎え、発生件数が増加傾向にある。対策として地中レーダーを利用した空洞調査が多く実施されているが、その全てを同時に補修は出来ない。そこで、上記の対処療法型の対応から、図-1 に示すような予防保全・リスク管理型の対策が期待されている。

本研究では、その中の空洞の耐力を測定することで、発見した空洞の危険度判定の実現を目的としている。検討方法として小型簡易土槽に作成した空洞に載荷し、その耐力を検討した¹⁾。

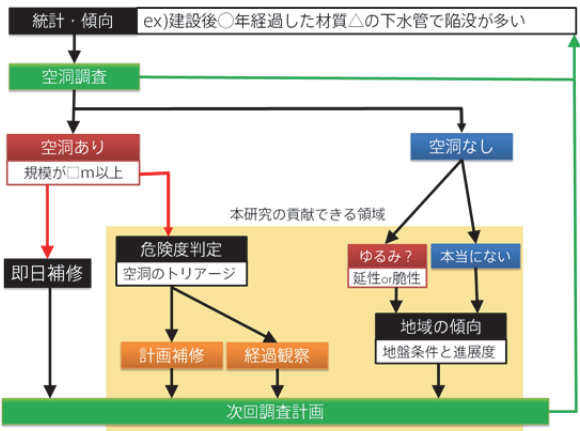


図-1 予防保全・リスク管理型の空洞対策フロー図

2. 空洞耐力実験概要

図-2 に空洞耐力を検討する為の簡易模型実験機の概要を示す。実験土槽は幅 500mm×高さ 300mm×奥行き 100mm を持ち、土槽下部の中央には縦横比 (a/b) で成形した木枠を設置して、供試体作成後にこれを取り外すことで所定の空洞を成型する。供試体は、豊浦砂を最適含水比 14% で所定の相対密度、層厚 t まで締固めて作成した。空洞耐力の測定は、山中式土壤硬度計の平板による載荷を空洞直上に行い、供試体破壊時の硬度を空洞耐力として検討した。

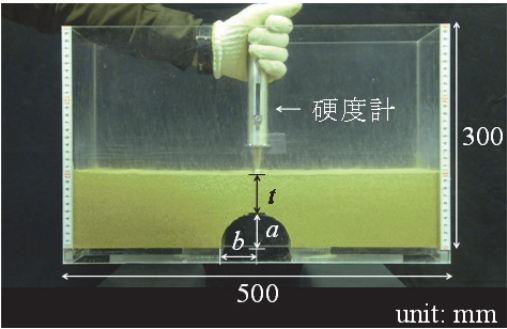


図-2 空洞耐力の実験概略

表-1 実験条件一覧表

	単位	用いた値				
相対密度, D_r	(%)	30	50	70		
層厚, t	(mm)	25	50	60	70	75
空洞縦横比, a/b	-	0.5	1.0	2.0		

空洞耐力の実験条件一覧を表-1 に示す。相対密度 D_r 、層厚 t 、縦横比 a/b 、を変化させて検討を行った。それぞれのパラメータの中で縦横比は、 $a/b=1.0$ の時 $a, b=50\text{mm}$ を基準として、体積が一定となるよう断面形状を変化させている。また、層厚 $t=50\text{mm}$ 、縦横比 $a/b=1.0$ で相対密度を変化させたケースでは、再現性確認のため計測を 3 回実施した。

3. 空洞条件、地盤条件による空洞耐力の実験結果

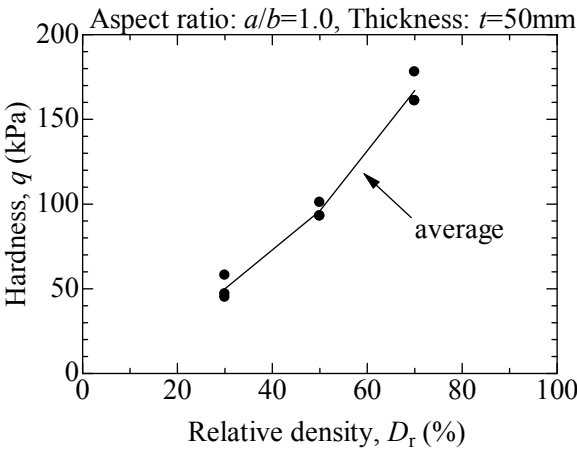


図-3 相対密度が空洞耐力に与える影響

図-3 に層厚 $t=50\text{mm}$ 、空洞縦横比 $a/b=1.0$ における相対密度と空洞耐力としての硬度の関係を示す。まず、実験の再現性について、3 回の実験結果は誤差が最大 10% に収まっており十分確保されていると考えられる。その上で、図より相対密度の増加に伴って、空洞耐力の増加がみられる。

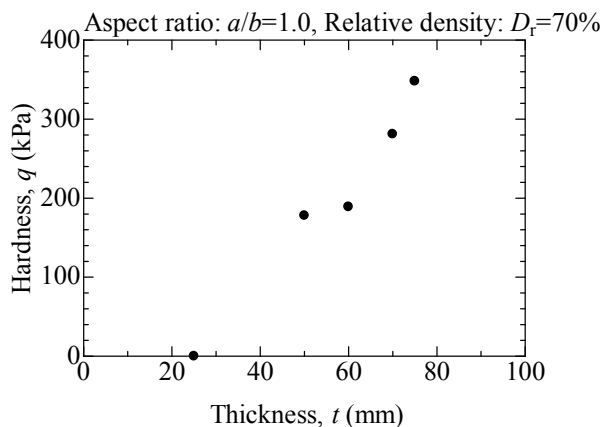


図-4 層厚が空洞耐力に与える影響

図-4 に地盤条件としての層厚と空洞耐力の関係を示す。図中の層厚 20mm 以下と 80mm 以上のケースでは、硬度計の測定可能硬度から外れたため測定できていない。その間の層厚における空洞耐力は、層厚の増加に伴って空洞耐力の増加がみられる。

以上を踏まえ、表-2 に層厚と空洞形状による空洞耐力の変化を示す。表中のハイフンは、硬度計による載荷で破壊しなかったケースを示している。表より、空洞の縦横比が高い、つまり同じ体積の空洞でも縦に長い空洞の方がより耐力を有している。次に、層厚に関しても、厚くなるにつれて耐力が大きくなり、縦横比と合わせて顕著な増加傾向がみられる。

表-2 層厚と空洞形状による空洞耐力への影響

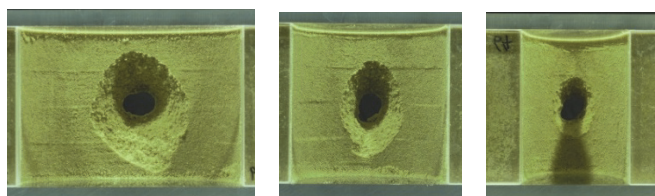
Thickness, t (mm)	Aspect ratio, a/b		
	0.5	1.0	2.0
25	0	0	47
50	76	167	—
75	191	312	—

unit: Hardness, q (kPa)

次に、表-2 で縦横比を変化させたケースにおける空洞の破壊領域に着目する。図-5 に破壊後の供試体

を下から撮影した写真を示す。図より、破壊した領域は供試体表面から空洞にかけてコンカルな形状となっており、縦横比が大きくなるにつれ、破壊領域が狭くなっている。以上より、破壊時に落下した供試体の重量から相対密度などを踏まえ、破壊領域の体積を計測した。その結果を図-6 に、縦横比と供試体破壊領域の体積の関係として示す。図より、縦横比の増加に対して、破壊領域の体積は減少している。これは、縦横比が大きいほど空洞のアーチ形状による補強効果が発揮されたためと考えられる。

以上より、空洞耐力への影響を相対密度、層厚、空洞形状の観点から簡易検討した。結果として、相対密度が高く、層厚が厚く、空洞が縦方向に伸びているほど耐力を持つことが示された。今後は、含水比や空洞の大きさなどの条件を変化させ、空洞耐力により影響を与える因子を検討してゆく。



(a) $a/b=0.5$ (b) $a/b=1.0$ (c) $a/b=2.0$

図-5 底面から見た空洞の破壊状況($t=25\text{mm}$, $D_r=70\%$)

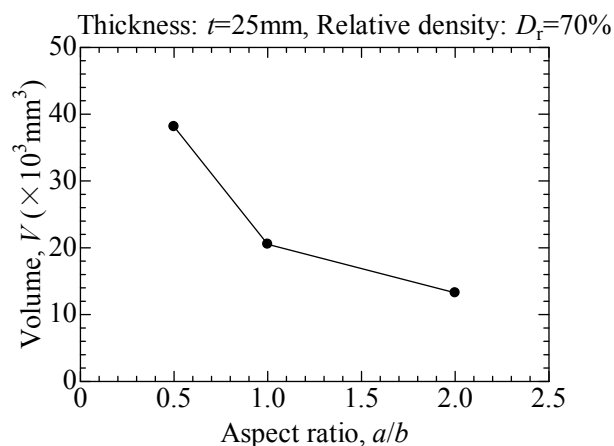


図-6 空洞の縦横比が破壊規模に与える影響

謝辞：この研究で用いた装置の一部は日本学術振興会・特別研究員奨励費(25・7199)の助成を受けたものであり、深謝の意を表します。

参考文献：1)新井拓弥，前田健一，近藤明彦：粒度分布形状に着目した管渠周辺の地盤の陥没挙動と変状速度，土木学会中部支部研究発表会論文集(2015.3 掲載予定)