

地下空洞を有する砂質土地盤の安定性評価に関する研究

鹿児島大学 学生員 ○三角 幸寛 鹿児島大学 正会員 山本健太郎
 鹿児島大学 正会員 北村 良介 鹿児島大学 正会員 平 瑞樹

1. はじめに

近年、都市部において地下空間の開発が盛んに押し進められており、交通、排水道、下水道などのためのトンネル上に構造物を設置しなければならない事例が増加している。さらに、沖縄地方においては、さんご礁堆積物で構成された数多くの空隙と空洞を有する琉球石灰岩層と称される地層が広く分布し、基盤層となる島尻層泥岩の上に 20m から 50m の厚さで堆積している。経済性の観点から、空洞を有する琉球石灰岩層をも構造物基礎の支持層とする、合理的で経済的な基礎の設計方法を確立することが望まれている¹⁾。しかし、空洞を有する地盤の支持力特性に関してはあまり明らかにされていない。これらの事を踏まえ、本研究ではアルミ棒積層体模型地盤を用いて、空洞を有する砂質土地盤の安定性評価に関する基礎的な研究を実施した。

2. 実験装置並びに実験条件

実験装置の詳細は参考文献 2) にゆずる。メッシュは 20 mm 間隔で描いた。基礎の載荷速度は 1.0 mm/min と設定した。沈下量を S とし、最大沈下量は 30 mm ~ 50 mm とした。空洞形状は円形のものを使用し、空洞の直径 $D=45$ mm の硬い紙と、 $D=40$ mm の軟らかい紙を用いた。基礎幅 L を 100, 150 mm の 2 ケース、空洞の直径 D に対する空洞上端までの深さ比 H/D を 1.0, 1.5, 2.0 の 3 ケースと設定した。なお、円形空洞における摩擦条件(smooth, rough)の影響も考慮した。基礎底面下での摩擦条件は rough のみを考慮した。

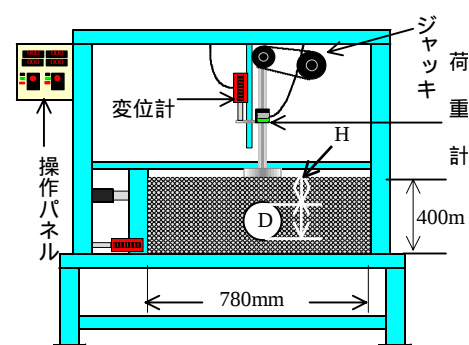


図-1 載荷試験装置

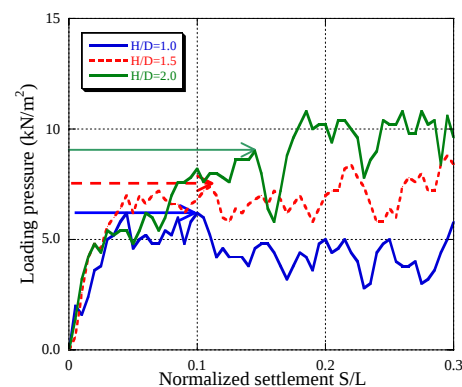


図-2 載荷圧 - S/L の関係
 （軟らかい紙： $L=100$ mm）

3. 実験結果と考察

図-2 には軟らかい紙の円形空洞($D=40$ mm)を使用し、 $L=100$ mm、 $H/D=1.0, 1.5, 2.0$ の場合の載荷圧と無次元化された垂直変位(S/L)の関係を示す。 $H/D=1.0$ においては、 S/L が約 0.10 の時に極限支持力が得られたが、はっきりとしたすべり面を確認することができなかった。 $H/D=1.5$ においては、 S/L が約 0.11 の時に極限支持力が得られ、すべり面の破壊影響範囲は基礎の中心軸から左右対称に約 20 cm に及んでいた(写真-1 参照)。 $H/D=2.0$ においては、 S/L が約 0.15 の時に極限支持力が得られ、すべり面の破壊影響範囲は基礎の中心軸から左右対称 21 cm まで及んでいた。このことから、軟らかい紙の円形空洞 ($D=40$ mm)を使用した場合、 $L=100$ mm においては H/D が大きいほどすべり面を生じる時の沈下量は大きくなり、破壊影響範囲も大きくなることがわかった。さらに、空洞が基礎に近づくほど載荷圧が低下していることもわかる。

図-3 には $L=150$ mm、 $H/D=1.0, 1.5, 2.0$ の場合の載荷圧と無次元化された垂直変位(S/L)の関係を示す。 $H/D=1.0, 1.5, 2.0$ において S/L が約 0.035 の時に極限支持力が得られ、すべり面の破壊影響範囲は基礎の中心軸から左右対称に約 27 cm に及んでいた。このことから、 $H/D=1.0, 1.5, 2.0$ の 3 ケース全部で極限支持力において多少の違いはあるが、最終的な載荷圧やすべり面の破壊影響範囲はほぼ同じであ



写真-1 観察された変形メカニズム
 （軟らかい紙： $H/D=1.5$,
 $L=100$ mm, $S/L=0.11$)

ることがわかる。観察されたメカニズムとして、 $L=100$ mm においては、载荷によって空洞上部が押し潰されながら、空洞上部のアルミ棒が、徐々に左右の斜め上方向に押しあがるような移動が確認できた。 $L=150$ mm においては、载荷によって $L=100$ mm に比べ早いタイミングで空洞上部が押し潰され、空洞上部・下部のアルミ棒が、徐々に左右の斜め上方向に押しあがるような移動が確認できた。空洞の変形は、どの場合においても载荷後から早いタイミングで発生していることがわかった。 $L=100, 150$ mm を比べると、基礎幅 L が大きくなるほど極限支持力が得られる時の沈下量が小さくなり、すべり面の破壊影響範囲が大きくなることがわかった。さらに、軟らかい紙の円形空洞($D=40$ mm)を用いた場合において、 $L=100$ mm では空洞の影響が大きく载荷圧に大きな違いが現れているが、 $L=150$ mm では、空洞の影響が小さく载荷圧にほとんど違いが現れていないことがわかる。写真-3 には $H/D=1.5$, $L=150$ mm において、空洞の変形が大きい場合の変形メカニズムを示す。

図-4 には軟らかい紙の円形空洞($D=40$ mm)を使用し、 $L=100, 150$ mm の場合の極限支持力と H/D の関係を示す。同じ H/D の値でも基礎幅 L が大きいほど極限支持力も大きな値を示していることがわかる。また、 $L=100, 150$ mm とともに、 H/D が大きくなるほど極限支持力の値が大きくなっている。そして、その時の傾きは基礎幅 L に関係なくほぼ同じであることがわかる。

硬い紙の円形空洞 ($D=45$ mm)を使用した場合においても、基礎幅 L が大きいほど極限支持力が生じる時の沈下量が小さくなり、すべり面の破壊影響範囲が大きくなることがわかった。軟らかい紙($D=40$ mm)を使用した場合に比べ空洞の変形が小さく、空洞の変形が発生するまでのタイミングが遅いことがわかった。また、観察されたメカニズム(写真-3 参照)として、円形空洞が押し込まれながら空洞上部のアルミ棒が、空洞の左右に沈み込むように移動するものと緩やかに上昇しながら基礎の両端に移動するものが確認でき、空洞横から徐々に左右の斜め上方向に押しあがるような移動が確認できた。しかし、 H/D を変えた場合における、载荷圧やすべり面の破壊影響範囲の違いがほとんど現れないことから、硬い紙の円形空洞($D=45$ mm)によるアルミ棒積層体模型地盤への影響は小さいものであることがわかった。

4. 終わりに

今後は、 $L=100$ mm、 $H/D=1.0, 1.5, 2.0$ の3ケースにおいて、空洞が基礎中心線上にないケースである空洞の直径 D に対する基礎の中心線から空洞中心までの距離の比 $b/D=1.0, 1.5, 2.0$ の3ケースでも実験を実施し破壊メカニズムを調べ、安定性評価を行う予定である。

【参考文献】 1) 清住真、彭芳楽、大内正敏、日下部治: 空洞を有する地盤の支持力特性に関する数値解析, 構造工学論文集 Vol.50A, pp.1251-1260, 2004.2) 大川他: アルミ棒積層体模型地盤を用いた空洞を有する地盤の支持力試験, 平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, -040, pp.455-456, 2006.3.

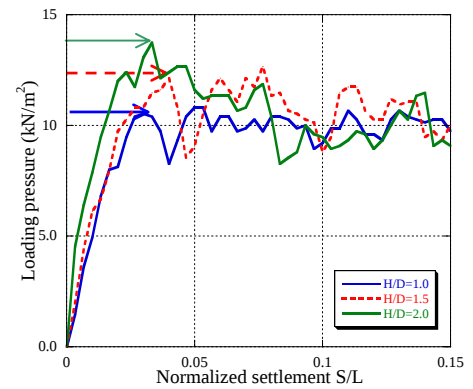


図-3 载荷圧 - S/L の関係
(軟らかい紙 : $L=150$ mm)



写真-2 観察された変形メカニズム
(軟らかい紙 : $H/D=1.5$,
 $L=150$ mm, $S/L=0.13$)

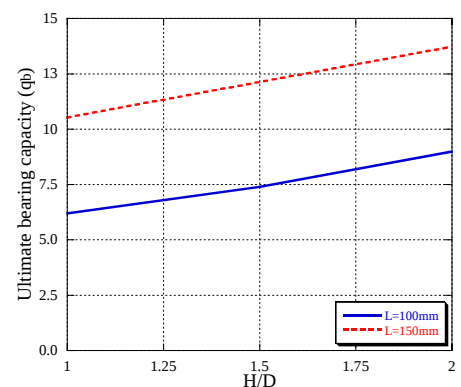


図-4 極限支持力 - H/D の関係
(軟らかい紙 : $D=40$ mm)



写真-3 観察された変形メカニズム
(硬い紙 : $H/D=1.5$, $L=150$ mm, $S/L=0.13$)