

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

鹿児島大学 学生員 大川 隆幸
 鹿児島大学 正会員 北村 良介

鹿児島大学 正会員 山本健太郎
 鹿児島大学 正会員 平 瑞樹

1. はじめに

全国には第2次世界大戦終了直前に掘られた特殊地下壕が数多く存在している。近年、特殊地下壕の老朽化、都市開発の進展に伴い、特殊地下壕に関連した陥没事故が発生している。また、沖縄地方においてはサンゴ礁堆積物で構成された琉球石灰岩層が基盤層となる島尻層泥岩上に広く分布している。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手法を確立することが望まれている¹⁾。さらに、都市部においても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。しかし、空洞を有する地盤の安定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、空洞を有する地盤の支持力と破壊メカニズムに関する基礎的な研究を実施したものである。

2. 実験装置並びに実験条件

アルミ棒積層体模型地盤は 1.6 mm と 3.0 mm のアルミ棒を重量比 3:2 の割合で混合して敷き詰めた。物理特性は、 $\phi=30^\circ$, $e=0.25$, $\gamma=21.85 \text{ kN/m}^3$ であった。アルミ棒積層体模型地盤の詳細に関しては、参考文献2)にゆずる。載荷試験装置の寸法は横 780 mm、高さ 400 mm 奥行き 50 mm であり、メッシュは 2 cm 間隔で描いている。基礎の載荷速度は 1.0 mm/min と設定した。沈下量 S とし、最大沈下量は材質が硬い紙を用いた場合 30 mm、アルミを用いた場合 40 mm とした。空洞は円形と正方形の2種類をとり、flexible な硬い紙と、rigid なアルミを用いた。本報告では円形空洞の結果のみを示す。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 の1ケース、基礎の長さ L を 100、150mm の2ケースとし、空洞の直径 D に対する基礎の長さ比 L/D を 2.0, 3.0 の2ケースとなるように設定した。なお、基礎底面下での摩擦条件 (smooth, rough) の影響も考慮した。

3. 実験結果と考察

図-2には硬い紙($D=46 \text{ mm}$ 厚さ 2mm)を使用し、 $L=100, 150 \text{ mm}$ 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。載荷圧に急激な減少が見られ、大きなすべり面が生じた点を極限支持力と見なした。なお、本研究では基礎底面の摩擦条件を考慮したが、得られた実験結果に大きな違いは見られなかったため rough の結果のみを示した。 $L=100 \text{ mm}$ を使用した場合には、 $S/L=0.195$ ()の時に極限支持力が得られ、そのときの観察された破壊メカニズムを図-3に示す。図-3からは大きなすべり面が生じていることが分かる。なお、その破壊影響範囲は基礎の中心軸から左右対称に約 20 cm まで及んでいた。次に、 $L=150 \text{ mm}$ を使用した場合、極限支持力の表れた $S/L=0.103$ (図-2の)では、実際にアルミ棒積層体にもすべり面が生じていることがわかる(図-4)。また、このときの破壊影響範囲は左右非対称に現れ、左側が約 26 cm 右側が約 22 cm であった。この原因として、基礎が地盤に押し込まれたときに空洞が基礎の中心軸に対してわずかにずれることや、アルミ棒のインターロッキング

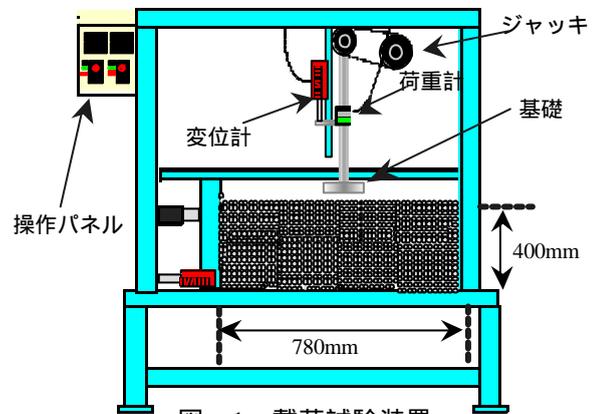


図 - 1 載荷試験装置

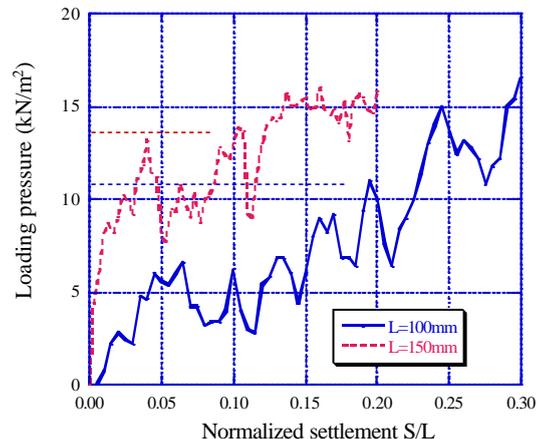


図 - 2 載荷圧 - S/L との関係 (材質：硬い紙)

の影響などが考えられる。このことから、空洞を変えずにLのみを100 mmから150 mmに変えた場合、Lが大きいほどすべり面が生じる時の沈下量が小さくなり、破壊影響範囲が大きくなることが分かった。さらに、L=100 mmでは、ほぼ定期的に載荷圧の増減が繰り返し表れ、徐々に右肩上がりになり、その傾向は極限支持力到達後も見られ、大きな載荷圧の変動も見られた。L=150 mmでは、極限支持力到達まで載荷圧の増減が見られるが、到達後はL=100 mmに比べて載荷圧に大きな変動は無く、微小な増減が繰り返されるだけであった。観察されたメカニズムは、載荷によって空洞上部のアルミ棒が、空洞の左右に沈み込む様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、空洞下部から徐々に左右の斜め上方に押しあがるような移動が確認できた。そして、極限支持力に到達した際に大きなすべり面が現れ、到達後は破壊影響範囲に明らかな変化が見られなかった。なお、極限支持力に到達した後も載荷を続けると、空洞上部に変形が見られた。

図-5には材質がアルミ(D=50 mm,厚さ2 mm)を使用した場合における載荷圧と無次元化された垂直変位(S/L)の関係を示す。L=100 mmを使用した場合のS/L=0.180()の時に極限支持力が得られ、そのときの観察された破壊メカニズムを図-6に示す。なお、その破壊影響範囲は基礎の中心軸から左右対称に約20 cmまで及んでいた。また、L=150 mmを使用した場合には、S/L=0.107(図-5)の時に極限支持力が得られ、そのときの破壊影響範囲は基礎の中心軸から左右対称に約24 cmまで及んでいた。なお、アルミはrigidなため空洞自体には全く変形が見られず、載荷を続けると空洞自体が下方に移動する様子が観察された。これより、空洞がflexibleな硬い紙、rigidなアルミであってもLが同じであれば、破壊メカニズムの大きさに変化は見られず、またすべり面の生じるS/Lの値にも明らかな違いは見られなかった。図-2,5より、L=100 mmでは、定期的な荷重圧の増減や極限支持力到達後の顕著な荷重圧の変動が見られ、L=150 mmでは、極限支持力到達まで載荷圧の細かい増減、到達後の載荷圧には大きく変動しないことがわかった。最後に、材質の強度を変えた場合では、強度に直接関係するのではなく材質がある程度の強度を有していれば、極限支持力とこれに対応する破壊メカニズムに関して大きな変化が見られないことがわかった。

4. 終わりに

今後は、材質の違う正方形の空洞を使用した場合でどういった結果が得られるかを調べ、また実験のみならず画像処理解析や数値解析を実施する予定である。

【参考文献】1) 清住真、彭芳榮、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) Yamamoto, K. and Kusuda, K.: Failure mechanisms and bearing capacities of reinforced foundations, Geotextiles and Geomembranes 19(3), pp.127-162, 2001

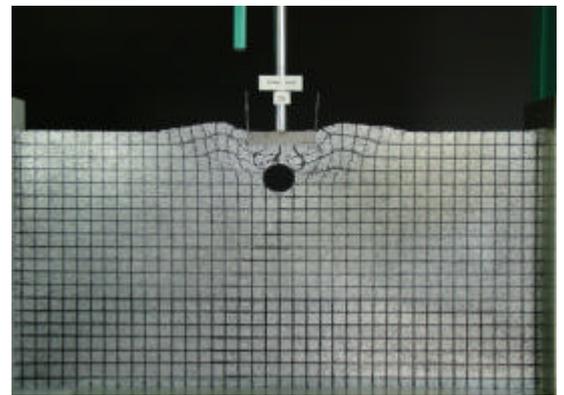


図-3 観察された破壊メカニズム
(材質: 硬い紙、L=100mm、S/L=0.195)

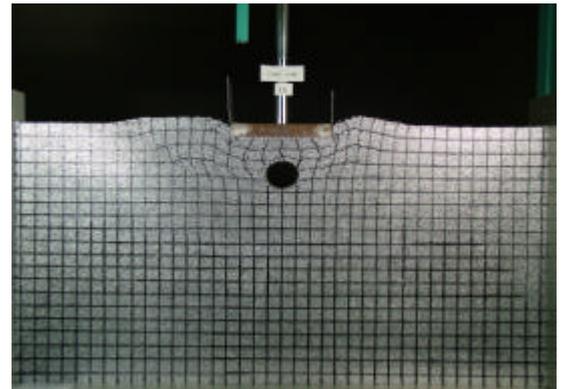


図-4 観察された破壊メカニズム
(材質: 硬い紙、L=150mm、S/L=0.103)

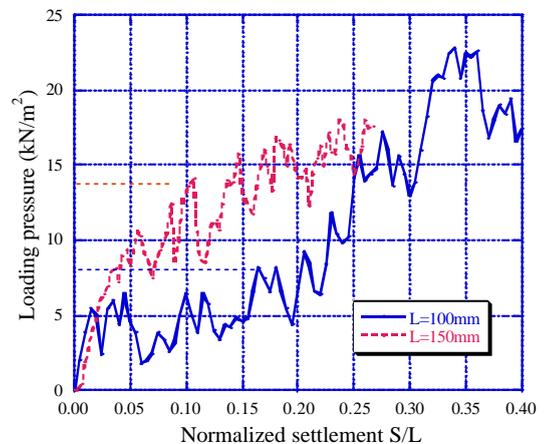


図-5 載荷圧 - S/L との関係
(材質: アルミ)

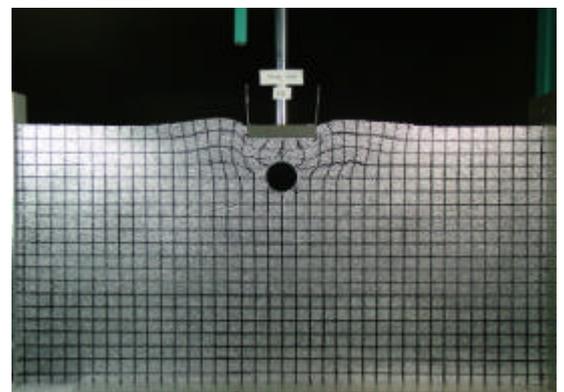


図-6 観察された破壊メカニズム
(材質: アルミ、L=100mm、S/L=0.180)