地盤内の空洞が杭基礎の支持力特性に及ぼす影響

室蘭工業大学院	学生会員	○宮永	圭吾
室蘭工業大学院	正会員	川村	志麻
室蘭工業大学院 学生会	員 Nguy	en Thi Th	ao Van
(国研)海上・港湾・航空技術	研究所 正	会員 松林	村 聡

1. 研究背景と目的

現在,地盤内の空洞によって地盤が陥没し,建設物や 道路が崩壊した災害事例が数多く報告されている.そ のような空洞の存在する地盤内の支持力特性について, 砂質土地盤や粘性土地盤では検討は進められているも のの,軟岩地盤を対象とした研究は限られている.本研 究では,石膏を用いて軟岩地盤を再現し,一連の杭の支 持力載荷実験を行った.得られた結果より,杭と空洞と の位置関係による杭の支持力特性の変化を明らかにし ている.

2. 試験概要

2.1 試験装置

図-1 は載荷装置の概要図である. 模型土槽の内部寸 法は高さ 350mm,幅 500mm,奥行き 210mm である. 載荷装置の載荷面にはロードセルとダイアルゲージを 付設し,荷重と杭頭変位を計測している. 模型杭には外 径 20mm,肉厚 1mm,長さ 250mm のアルミニウムパイ プを使用し,地盤に 230mm 根入れした状態になるよう 設置している.また模型杭の内側にはひずみゲージは 3 断面の対面に計 6 枚を貼付している.

2.2 模型地盤

本実験の模型地盤には、空洞を作る際の再現性が良い石膏を用いている.用いた石膏の圧縮強度は、7供試体の平均値から、3.60MPaとした(図-2参照).

2.3 試験方法

空洞を有する模型地盤の作製方法は既往の研究 ¹)に 準じている.その後,気温を 15~20℃に保ったまま 72 時間養生した後,ダイアルゲージと載荷装置を取り付 けて,0.5mm/min の速度で載荷試験を行った.データロ ガーにより載荷荷重,杭頭変位,杭のひずみを,荷重が 5.0kN に達するまで計測を行っている.本実験で実施し た実験条件を表-1 に,杭と空洞の位置関係を図-3 に示 す.また,杭中心から空洞側面までの距離を X,杭先端 から空洞上部までの距離を Z とし,以下,実験パター ンを(X×Z)と表記する.また, case2~4 を Vertical pattern, case5~7 を Horizontal pattern とした.

3. 実験結果

図-4は Vertical pattern と Horizontal Pattern での杭周面 摩擦力及び支持力と変位の関係を示したものである. ここでは、全支持力から杭周面摩擦力を引いたものを



図-2 石膏の圧縮強度とひずみの関係



杭基礎, 空洞, 支持力, 軟岩, 模型実験

〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 国立大学法人室蘭工業大学 川村志麻 skawamur@mmm.muroran-it.ac.jp



先端支持力とした((b)図斜線部).図より,(0×1d)では荷 中に空洞によって地盤が崩壊したため,その値は急減 していることがわかる.一方,その他のケースでは載荷 終了まで荷重が急減することがなく,先端支持力が発 揮されている.このことから,支持力動員度は先端支持 力によるところが大きいことが明らかとなった.また, 鉛直方向と水平方向の空洞の位置により先端支持力の 大きさに相違が現れている.

図-5 は荷重と杭頭変位の関係を示している. 図中の (▲)は logP-logS 法によって算出された荷重増加に対す る変位増加の割合が変化する点(降伏荷重),(◆)は支持 力の設計基準である杭径dの10%(本研究では 2mm) と なる点(極限荷重)を示している.ここで,(0×1d)の極限 荷重では,空洞が載荷中に崩壊したことにより変位が 2mm に達する前に荷重が急減した.そのため崩壊前の 最大値を極限荷重点として採用した²⁾.図より,(0×1d) 以外の Vertical Pattern, Horizontal Pattern 共に極限荷重 に達するまで地盤崩壊は起きていないことがわかる.

図-6 は、降伏荷重、極限荷重の空洞による各距離に 対する支持力減少率を示したものである.減少率は図 中赤枠線内に示す式を用いて算出している.ここで、 *Puo*:空洞が無い場合の荷重、*Pu*:空洞がある場合の荷重 である.図より、降伏荷重、極限荷重共に同じような挙 動を示し、杭径によって空洞の位置を規定した場合、そ れと減少率の間には一義的な関係があることがわかる. また、鉛直と水平パターンの違いによる影響はかなり 小さく現れている.実際、水平方向の減少率が小さくな る可能性もあるが、圧力分布 (圧力球根) や破壊モード の影響が現れている可能性もある.いずれにしても今 後の詳細な検討が必要である.



4. 結論

一連の模型実験より,次のような結論を得た.

- (0×1d)のケースでは、極限荷重に至る前に、地盤 が崩壊した.それ以外のパターンでは極限荷重ま で支持力は動員されている.
- (2) 杭径によって空洞位置を規定した場合,それと支 持力減少率の間には一義的に関係がある.

参考文献

 Nguyen Thi Thao Van, 川村志麻:第53回地盤工学研 究発表会講演集, pp.1383-1384, 2018.

2) 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編, pp.237-250,
2018.