

組合せ荷重と杭の支持力特性 (大型三軸土槽)

建設技術研究所 ○正 横田康行 正 坂田隆博

九州共立大学 正 前田良刀 正 徐光黎

九州大学 正 安福規之

1. まえがき

筆者らは、組合せ荷重を受ける杭の支持力特性について研究を進めているが、これまでアクリルパイプを用いた模型杭 ($\phi=50\text{ mm}$, $L=440\text{ mm}$, $L=200\text{ mm}$) による支持力実験を行ってきた。その結果、荷重の組合せにより支持力特性が変化し、①鉛直方向の挙動が支配的な鉛直破壊モード、②水平方向の挙動が支配的な水平破壊モード、③両方向共に限界となるつり合い破壊モード、が存在することが明らかとなった。¹⁾そして、鉛直支持力と水平支持力を別々に評価する現行の方法に比較して荷重の組合せにより合成支持力が増加することを示した。

今回、上載圧を空気圧で載荷できる大型三軸土槽を製作し比較的大きな模型杭の支持力実験を行った。本文では、実験結果とその特徴について述べる。

2. 実験概要

実験に用いた大型三軸土槽の概要を図-1に示す。土槽上部の空気室を利用し上載圧を加えられることと、杭頭に組合せ荷重を載荷できるのが特徴である。なお、今回は全ての荷重ケースで、空気圧、 $\sigma_v=0.5\text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ で一定とした。

実験用地盤は物性が豊浦砂に近い乾燥した岡垣砂を用い、専用の砂撒き装置により空中落下方式で作成した。その結果、乾燥密度 $\rho_d=1.47(\text{g/cm}^3)$ 程度の均一な地盤が作成でき、一方、三軸圧縮試験からは、内部摩擦角 $\phi=38^\circ$ が得られた。模型杭は、アルミ製で径、 $\phi=100\text{ mm}$ 、根入れ長さ、 $L=600\text{ mm}$ で比較的大型である。荷重の載荷は多段階載荷方式であり、各段階当たりの荷重増分は最終荷重の10等分以上となるように設定した。載荷時間としては、水平荷重と鉛直荷重の比を一定に保持したまま1分間で載荷し、その後3分間荷重を保持した後、次の荷重段階へと移る方法としている。

支持力の判定は、小径の模型杭で安定した結果を得るために充分な変位を生じさせるものとし、鉛直、水平共に杭径の50% (50 mm) の変位が生じたときの荷重を限界支持力としている。

3. 実験結果

荷重・沈下曲線の代表的な例を図-2に示す。荷重の傾斜角によりその荷重・沈下特性が大きく変化し破壊モードが異なっている。すなわち、図(a)では鉛直荷重・鉛直変位関係が支配的であり、水平荷重・水平変位関係は杭の支持力にはほとんど関係がない。反対に図(c)では水平荷重・水平変位関係が支配的である。一方、図(b)では鉛直、水平の両方向ともに支持力に大きな影響を与えている。荷重の組み合わせがこのつり合い破壊モード領域に一致するとき、合成支持力が最大となる。この傾向は筆者らのこれまでの実験結果と全く同じである

図-3は、組合せ荷重と杭の支持力の関係を示したものである。今回の実験ではつり合い荷重領域での荷重傾斜角が $\tan \theta \div 0.5$ の範囲にあり、これまでのアクリル製の模型杭 ($\phi=50\text{ mm}$) の実験結果 ($\tan \theta \div 0.3 \rightarrow L=440\text{ mm}$, $\tan \theta \div 0.2 \rightarrow L=200\text{ mm}$) に比較して水平方向に傾いている。これから、つり合い荷重破壊領域は対象とする杭の鉛直支持力と水平支持力の相対的な関係に依存すると予測される。また、図-4は水平支持力の増加に着目して、荷重の傾斜と支持力の増加割合を示したものである。これまでの実験結果と同様に荷重の傾斜により支持力が

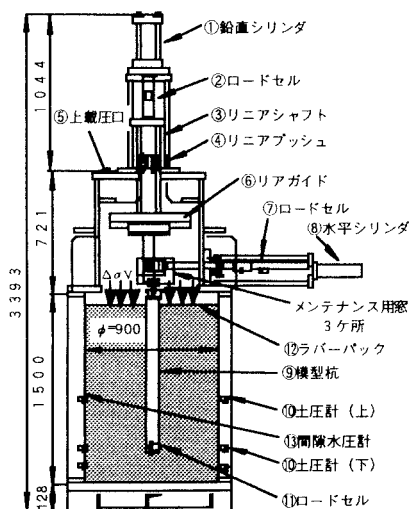


図-1 大型三軸実験土槽概要図 (単位mm)

増加するが、特に水平支持力の増加が顕著であり水平荷重のみの場合に比較して約2倍の水平支持力となっている。なお、鉛直破壊領域において、対応する見掛けの水平支持力が小さいのは未だ限界の

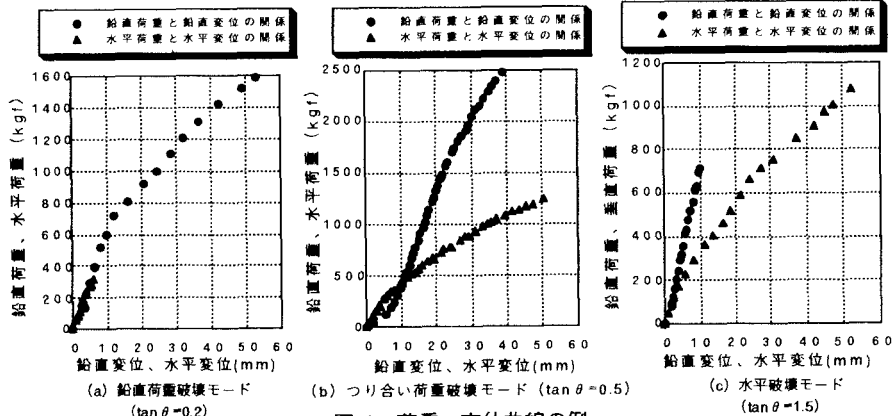


図-2 荷重・変位曲線の例

水平支持力が発現されるに至っていないと解釈すべきである。

一般に、杭の水平支持力は地盤の受働土圧の問題であるが、慣用的な Coulomb や Rankine の土圧公式では水平土圧は作用水平力(摩擦面に対しては垂直応力)と杭と地盤の摩擦角 δ のみに依存し、鉛直荷重は全く関与しない。このため、組合せ荷重により水平支持力が増加する実験の結果を理論的に説明できない。したがって、鉛直支持力と水平支持力の支持力機構それぞれ個別に考える現行の支持力理論では理論的に限界があるといえる。

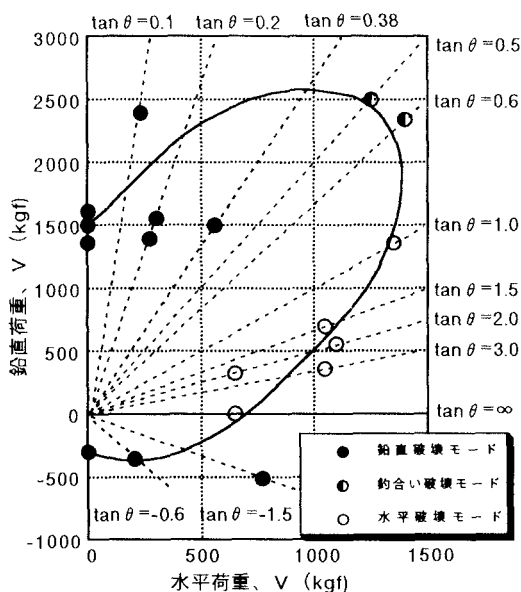


図-3 組合せ荷重と杭の支持力の関係

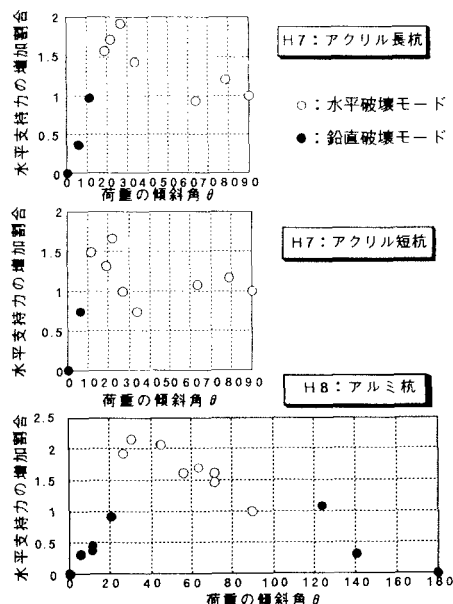


図-4 荷重の傾斜角と水平支持力の増加割合

4. まとめ

- (1) 三軸土槽の上載圧を変化させることにより、杭の摩擦力、先端支持力を種々変化させられる。
 - (2) 荷重の組合せによりその3ケースの支持力破壊モードが存在しそして合成支持力は増加する。
 - (3) 支持力の増加は特に水平支持力成分で顕著であるが、慣用の支持力理論ではこれを説明できない。
- (参考文献)

- 1) 坂田、前田、松井、落合：組合せ荷重下の単杭の支持力特性とその考察、土木学会構造工学論文集、H.8.3