アルミ棒積層体を用いたケーソン基礎の地震時挙動に関する模型水平載荷実験

中央大学 〇学生会員 磯部 祐輝 正会員 西岡 英俊

1. はじめに

ケーソン基礎は根入れが深い剛体基礎として設計されるが、根入れが十分に深く、良質な支持層に支持されることから、常時の極限支持力に対しては設計上十分な余裕があるのが一般的である. しかしながら、大地震時には、ケーソン基礎にも大きな変形(水平変位および回転挙動)を生じるため、基礎底面の浮き上がりや支持地盤の部分的な塑性化を生じる可能性がある. 大地震時を想定した耐震設計においては、このような非線形挙動の発生も考慮して直接基礎の底面と同様の考え方で非線形特性をモデル化して設計されることが多い1).

しかしながら,直接基礎に比べて根入れが深いケーソン基礎が地震時に大きな水平変位・回転を生じた場合の基礎底面に作用する組み合わせ荷重の状態,およびそれに伴う底面周辺地盤の塑性化の状況は必ずしも直接基礎と同一ではない.また,死荷重に対する安全率の大きさによって底面の塑性化の程度も大きく変化すると考えられるものの,その詳細なメカニズムについては十分に明らかになっていないのが現状である.

そこで本研究では、アルミ棒を用いた模擬地盤にケーソン基礎模型を設置し、死荷重に対する極限支持力の安全率の大きさおよび根入れ深さをパラメータとした2次元1方向単調水平載荷実験を実施した.

2. 実験概要

2. 1 模型地盤と実験装置

模型地盤材料には長さが50mmで,直径1.6mmと3.0mmの2種類のアルミ棒を重量比3:2で混合したものを積み上げたアルミ棒積層体 $^{2)}$ を用いた.模型地盤は幅700mm,深さ300mmとし,バイブレータを用いてアルミ棒を締め固めることにより,単位体積重量21.2kN/m 2 となるように構築した.

ケーソン基礎模型はアルミフレームで質量が軽いもの(以降 A 模型と表記, 0.875kg)と重いもの(以降 B 模型と表記, 2.17kg)の2種類を作成した.双方とも載荷点は地表面から100mmで一定とし,底面寸法は,幅100mm,奥行50mmとなるように作成した.また,ケーソン基礎模型は,一旦地表面付近まで模型地盤を構築した後に,強制的に所定の根入れ深さまで押し込んで設置した(図-1).

なお、主要なパラメータである極限支持力の算定に必要な支持力係数を同定するため、当該模型地盤上で根入れ深さを連続的に変化させた直接基礎の支持力実験(鉛直載荷実験)を別途実施した。フーチング幅および根入れ深さに応じた極限支持力度の関係を図-2に示す.

本研究では,ケーソン基礎模型の極限支持力の

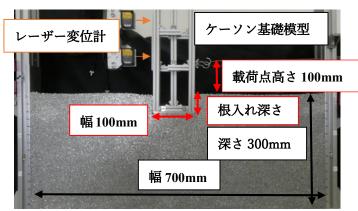


図-1 実験装置の外観

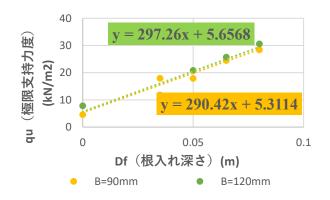


図-2 極限支持力度と根入れ深さの関係

キーワード ケーソン基礎,一方向単調水平載荷実験,アルミ棒積層体,支持力実験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL:03-3817-1804

算定に、式(1)に示すテルツァギの支持力公式を用いた.

$$q_u = \gamma \cdot D_f \cdot N_q + \gamma \cdot B \cdot \frac{1}{2} \cdot N_{\gamma}$$
 (1)

ここで、 q_u :極限支持力度、 γ : 地盤の密度、 D_f : 根入れ深さ、B: フーチング幅である。また、支持力係数 N_q は、図-2 の近似曲線の傾きから、 N_r は近似曲線の切片から求めた。なお、支持力実験は、フーチング幅 90mm と 120mm で実施したが、本実験のケーソン基礎模型の幅は 100mm であるため、両者を平均した N_a =13.87、 N_r =5.01 を用いた。

2. 2 実験方法および実験ケース

実験方法は、地震時慣性力を模擬した1方向単調水平載荷試験とした.模型の側部にワイヤーを取り付け、これを水平方向に一定速で引張ることで載荷し、水平荷重をワイヤー基部に設置したロードセルで計測した。変位の測定にはレーザー変位計を用いた.鉛直変位は底面に1か所、水平変位は底面に1か所と側面に上下で2か所(1か所は載荷点高さ)の計4か所とした.

実験ケースは、表-1に示す根入れ長(基礎幅の 0.5 倍および 1.5 倍) および模型質量を変化させた 全4ケースとした. 各ケースにおいて、式(1)で求めた極限支持力を模型自重で除して安全率を求めると、4~25 程度となっている.

| ケース名 | A05 | A15 | B05 | B15 |
|----------|-------|-------|------|------|
| 模型質量(kg) | 0.875 | 0.875 | 2.17 | 2.17 |
| 根入れ長(mm) | 50 | 150 | 50 | 150 |
| 安全率 Fs | 10.0 | 25.1 | 4.1 | 10.3 |

表-1 実験ケース

3. 実験結果

図-3に各ケースの水平力と載荷点水平変位の 関係を示す.模型質量が同じであれば根入れ長が 長いほど大きな水平抵抗を発揮することがわかる。 また、自重の軽い A 模型の方が、基礎の回転に伴 って端部地盤の浮き上がりが早く生じ、水平抵抗 が小さくなっていることがわかる.

図-4に各ケースの水平力と基礎底面水平変位の関係を示す。全ケースともに水平変位が負の値となっていることから、模型底面は載荷方向とは逆の後方に滑るような挙動を示していることが確

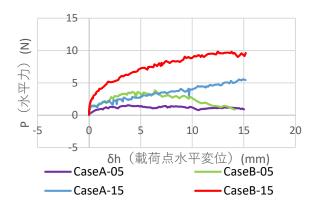


図-3 水平力と載荷点水平変位の関係

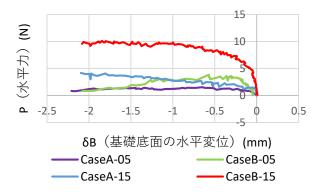


図-4 水平力と基礎底面の水平変位の関係

認できた.根入れの浅い直接基礎では、基礎底面の滑動方向も載荷方向(慣性力の作用する方向)と同一になるのが一般的であることから、ケーソン基礎の底面地盤の塑性化を考える場合には、このような応力状態の違いを考慮する必要があることが示唆される。

4. まとめ

本研究では、ケーソン基礎の場合には地震時の 水平変位の発生方向が、直接基礎と逆方向となる ことが確認された。今後、画像解析を用いて地盤 のすべり線の確認を追加で行い、より詳しいメカ ニズムを明らかにしていく.

参考文献

- 1) 西山誠治,羽矢洋,棚村史郎,西村昭彦,模型ケーソン基礎の水平載荷試験およびそのシミュレーション,第24回地震工学研究発表会講演論文集,pp.993-936,1997.
- 2) 尼田正男, 土質工学における基礎の支持力実験装置への新し い試み一異形アルミ棒を地盤材料として一, 日本工業教育協 会誌第40巻第2号, pp.23-P27, 1992.3