

サクシヨン基礎の支持力特性に関する実験的並びに理論的考察

九州大学大学院 学 ○出口 信太郎 正 善 功企
同上 正 陳 光斉 正 笠間 清伸

1. 目的

本文では、サクシヨン基礎の傾斜荷重に対する支持力特性を明らかにするため、沈設後を想定した模型実験、並びに有限要素法を用いた数値解析を行った。模型実験では、アルミ棒積層地盤を用いることにより二次元化し、破壊モードと支持力の関係を検討した。また、有限要素解析では、基礎周辺の変形図から支持力特性の理論的考察を行った。

2. 実験概要

実験装置は、図-1 に示すように、鉛直方向にある一定の荷重を加え、水平方向は変位制御で水平力を載荷する装置を用いた。実験に用いたアルミ棒積層地盤は、直径 1.0mm と 1.6mm のアルミ棒（重量比で 3:2）を用いて作成し、相対密度を密 86%と緩 47%に変化させた。実験で使用した模型基礎は、直江津港の実証実験で用いられたプロトタイプの外形の 1/200 縮尺モデルであり、基礎底面が粗面となっている 3 種類の模型基礎（全ての外直径が $2r_{out}=10\text{mm}$ 、内直径 $2r_{in}=9.1, 50\text{mm}$ のサクシヨン基礎、中実基礎）を用いた。また、それぞれ根入れ幅比 $(D/B)=0.37, 0.73, 1.1$ とした。ひずみ分布を作成するために、アルミ棒積層地盤に縦方向、横方向に線を引き、基礎を沈下させ、その交点がどのように動くかをデジタルビデオカメラで撮影し、交点を座標変換することによって、ひずみ分布を作成した。

3. 解析概要

解析メッシュは、模型実験のスケールに合わせ、図-2 のように設定した。傾斜荷重は、基礎上部全体に鉛直・水平方向ともに等分布荷重として与えた。地盤は、Mohr-Coulomb の破壊基準を適用した弾塑性解析を用い、地盤定数は、 $c=0\text{gf/cm}^2$ 、 $\phi=38^\circ$ 、 $E=1200\text{gf/cm}^2$ とした。また、模型実験との対応から、 $D/B=1.1, 0.73, 0.37$ 、開口率 $(r_{in}/r_{out})^2=0, 0.25, 0.83$ と設定した。

4. 実験結果

極限支持力は、50mm 変位するまでの、水平荷重-変位曲線を作成し、その水平抵抗軸を片対数表示にし、そこで得られた最大荷重（ピーク値）を極限支持力として考察を行う。

図-3 は、 $D/B=1.1$ のときの開口率・相対密度の違いによる極限支持力を表し、縦軸に極限鉛直荷重、横軸に極限水平荷重を示している。図-3 より、同じ極限鉛直荷重における極限水平荷重は、開口率が小さくなる、および、相対密度が密になるにしたがって大きくなる。今回の実験では、サクシヨン基礎よりも中実基礎の極限水平荷重のほうが大きい。これはサクシヨン基礎内部の地盤が基礎と一体化して移動することを示唆している。もし、基礎と一体化していなければ、基礎の移動方向と逆側の基礎内面でも水平方向における抵抗力が発揮され、中実基礎よりもサクシヨン基礎のほうが極限水平荷重は大きくなると考えられるからである。

図-4 は、開口率 0.83 のサクシヨン基礎の根入れ幅比・相対密度の違いによる極限荷重を示した。図-4 において、縦軸を極限鉛直荷重、横軸を極限水平荷重としている。図-4 より、根入れ幅比が大きくなる、および、相対密度が密になるにしたがって極限水平荷重が大きくなる。

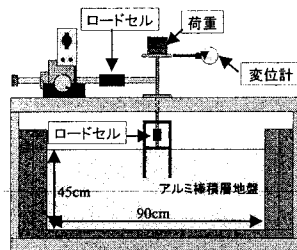


図-1 模型基礎概略図

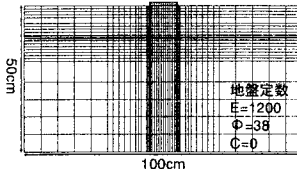


図-2 解析メッシュ図

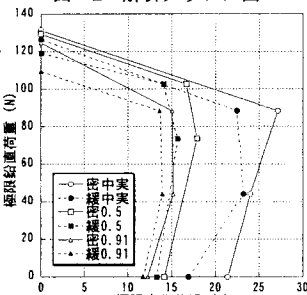


図-3 開口率の違いによる荷重

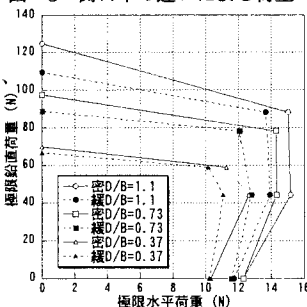


図-4 根入れの違いによる荷重

なお、各開口率、根入れ幅比においてピーク時の変位についても同様検討を行ったが、ばらつきが大きく傾向が見られなかった。

図-5 は、基礎が水平方向に 50mm 移動したときのひずみ分布である。Case1 は、 $(r_{in}/r_{out})^2=0$ 、 $D/B=1.1$ のひずみ分布図、Case2 は、 $(r_{in}/r_{out})^2=0.83$ 、 $D/B=1.1$ のひずみ分布図である。図-5 より分かることは、以下の 3 点である。①基礎の側面、基礎直下にくさびとして、ひずみが発生している。②Case2 のサクシオン基礎内部には、ひずみが発生していない。これは、基礎内部が基礎と一体化していたことを示し、上述のように、基礎内部の地盤は、極限水平荷重に寄与していないことを示している。③鉛直荷重試験²⁾では、基礎側方の広い範囲にすべり線として、ひずみが分布していたが、傾斜荷重試験では、基礎に近い部分にしか、ひずみは発生していない。

5. 解析結果

図-6 は、基礎上面に鉛直荷重 0gf/cm^2 、水平荷重 18gf/cm^2 を与えた場合の基礎周辺の変形図である。Case3 は、 $(r_{in}/r_{out})^2=0$ 、 $D/B=1.1$ の変形図、Case4 は、 $(r_{in}/r_{out})^2=0.83$ 、 $D/B=1.1$ の変形図である。図-6 より、Case4 は、Case3 よりも回転量が大きくなる。これは、Case4 の移動方向逆側の基礎先端が浮き上がる挙動を示すためである。また、Case4 は、移動方向側の基礎直下の地盤が、基礎内部に押し込まれる挙動を示す。この挙動も、基礎底面での回転に対する抵抗力を減少させるため、回転量の増加となる理由であると考えられる。

図-7 は、基礎上面に鉛直荷重 0gf/cm^2 、水平荷重 18gf/cm^2 を与えた場合の基礎周辺の降伏領域図である。Case5 は、 $(r_{in}/r_{out})^2=0$ 、 $D/B=1.1$ の降伏領域図、Case6 は、 $(r_{in}/r_{out})^2=0.83$ 、 $D/B=1.1$ の降伏応力図である。図-7 より分かることは、以下の 2 点である。①Case5、Case6 のどちらの場合でも、基礎側面と移動方向側の基礎先端より、降伏領域が発生する。また、基礎直下の降伏領域は、中実基礎のほうが、深い位置まで影響している。②実験と異なり、Case6 のサクシオン基礎内部には、降伏領域が発生している。

6. 結論

1)同極限鉛直荷重におけるサクシオン基礎の極限水平荷重は、開口率が小さくなるにしたがって大きくなり、 $D/B=1.1$ 、極限鉛直荷重 44.1N の場合、中実基礎に比べて、4~5 割低下する。2)根入れ幅比が大きくなる、および、相対密度が密になるにしたがって、同極限鉛直荷重における極限水平荷重は大きくなる。3)今回の実験では、基礎内部の地盤が基礎と一体化して移動するため、中実基礎と同様に、サクシオン基礎の極限水平荷重は、移動方向側の基礎側壁の外面上において担われる。4)基礎の側面、基礎直下にくさびとして、ひずみが発生する。しかし、基礎周辺に近い部分にのみ、ひずみが発生している。5)中実基礎よりも、サクシオン基礎のほうが、回転量が大きい。これは、動方向逆側の基礎先端が、浮き上がる挙動と、移動方向側の基礎直下の地盤が、基礎内部に押し込まれる挙動を示すためである。6)今回の解析では、サクシオン基礎内部に降伏領域が発生する。

＜参考文献＞1)善功企：『棄却された新形式海洋基礎－サクシオン基礎－の復活に関する研究』、科学技術研究補助金研究成果報告書、2002.9。2)出口信太郎・善功企・陳光斉・笠間清伸：『サクシオン基礎の周辺地盤の密度の違いに着目した支持力特性と破壊モード』、第 58 回土木学会年次学術講演会講演概要集、pp545-546、2003。

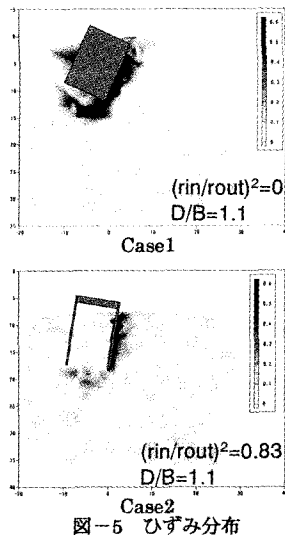


図-5 ひずみ分布

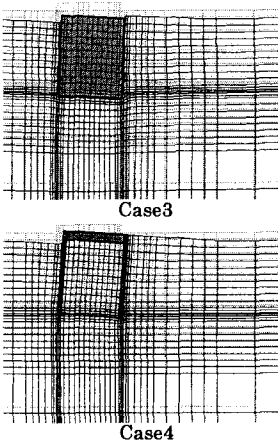


図-6 基礎周辺の変形図

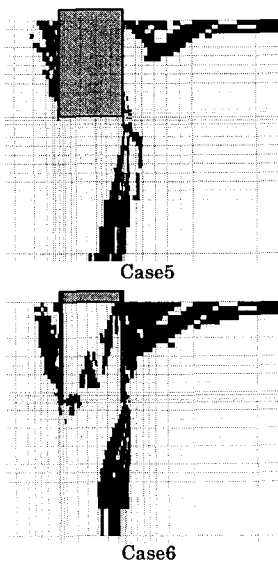


図-7 基礎周辺の降伏領域図