

サクシヨン基礎の引抜き抵抗力の支持力公式に関する一考察

九州大学大学院 学生会員 伊藤 達也 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 平松 浩三

1. 目的

サクシヨン基礎は、中空円筒状で根入れを有することや発生するサクシヨンの利用という点で、中実基礎とは異なる。このタイプの基礎は、波浪などの外力を受けたさいに、基礎内部にサクシヨンが発生し、大きな抵抗力を発現することが予想され、海外においてアンカーとしての利用が行われている。本文では、粘土地盤に設置されたサクシヨン基礎の引抜き抵抗¹⁾に着目し、粘土地盤の粘着力、基礎の開口率($= (r_{in}/r_{out})^2$)、根入れ幅比(D/B)および引抜き速度を変化させた引抜き実験を行った。得られた結果をもとに、基礎の形状と引抜き速度が、支持力特性に与える影響を評価し、引抜き時の地盤の破壊モードとの関連性を考察した。そして、支持力公式を導出し理論値と実験値との比較を行った。

2. 内容

2.1 実験概要

模型粘土層は、高さ 400 mm、直径 270 mmとし、試料には宇部港粘土を用いた。模型基礎は、外径 100 mmとし、基礎の開口率および根入れ幅比の異なった 4 種類の模型サクシヨン基礎を用いた。

粘土地盤の作成方法は、粘着力 $c=3.49\text{kN/m}^2$ (過圧密地盤)の場合、含水比 130%に調整し、十分に攪拌した粘土を、エアシリンダーを用いて、含水比 100%になるまで圧密させた。また、粘着力 $c=1.57\text{kN/m}^2$ (未圧密地盤)の場合、粘土地盤を含水比 100%に調整し、攪拌器において一樣になるまで十分に攪拌し、その後 1 時間放置した。

地盤の作成後、粘土層の上に 100 mmの水を張り、模型基礎をゆっくりと設置した。基礎設置 30 分後、引抜き試験を行った。試験時は、模型基礎を定速度で引き上げ、引抜き抵抗力、引抜き量および間隙水圧を測定した。引抜き後、模型基礎に付着した試料状況を観察し地盤の破壊モードを調べた。

実験ケースは、開口率 0.64、0.994 と根入れ幅比 0.37、1.1 の模型基礎を用いて行った。また、引抜き速度は 25、50、200(mm/s)に変えて行った。さらに、粘土地盤の粘着力は $c=1.57$ 、 3.49kN/m^2 に変えて行った。

2.2 実験結果および考察

含水比 100%の粘土地盤(粘着力 $c=3.49\text{kN/m}^2$)において、根入れ幅比 1.1、開口率 0.994、引抜き速度 50 mm/s のケースにおける、引抜き抵抗力およびサクシヨンの推移を図-1 に示した。横軸は、引抜き量を基礎幅で割って正規化している。引抜き直後、引抜き抵抗力は急激に発生し、正規化引抜き量が約 0.2 でピークに達した。サクシヨンの値も急激に発生し、正規化引抜き量 0.7~0.8 でピークに達した。ここで、引抜き抵抗力がピークに達するまでは、周面摩擦力、サクシヨンともに増加するが、その後は、周面摩擦力は減少し、サクシヨンのみが増加し、サクシヨン力によって引抜き抵抗力が担われていると考えられる。また、サクシヨンの値は、基礎の内側 0 mm、底面 110 mmにおいて、ほぼ同じような推移となった。

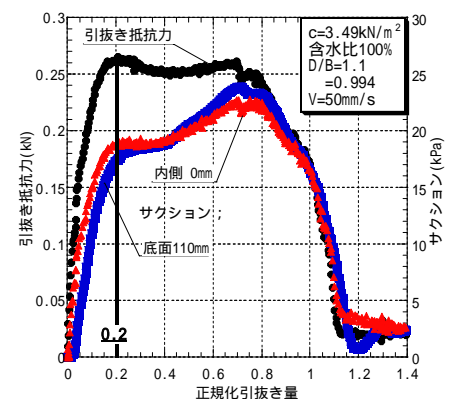


図-1 引抜き抵抗力及びサクシヨンの推移

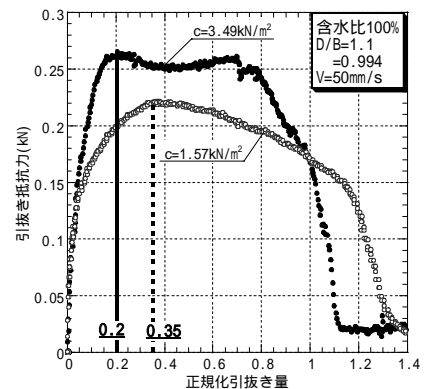


図-2 引抜き抵抗力の推移の比較

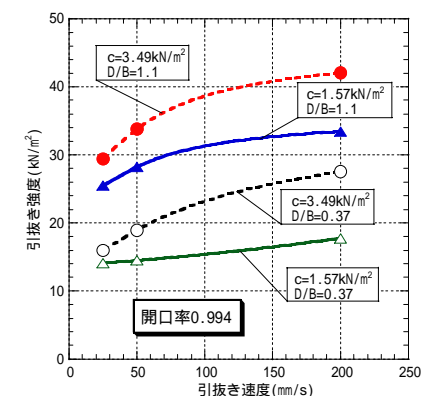


図-3 引抜き強度と引抜き速度

キーワード 基礎, サクシヨン, 引抜き試験, 支持力公式, 破壊モード

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 防災地盤工学研究室 TEL 092-642-4399

粘土地盤の粘着力 c の違いが、引抜き抵抗力に及ぼす影響を調べるために、含水比 100%、根入れ幅比 1.1、開口率 0.994、引抜き速度 50 mm/s のケースにおける引抜き抵抗力の推移を、粘着力 $c=3.49\text{kN/m}^2$ と $c=1.57\text{kN/m}^2$ とともに、**図-2** に示した。引抜き抵抗力は、 $c=1.57\text{kN/m}^2$ に比べ、 $c=3.49\text{kN/m}^2$ の方が全体的に大きく発生していた。さらに、引抜き抵抗力の最大値は、 $c=3.49\text{kN/m}^2$ より 1.2 倍大きく発生していた。また、推移については、引抜き直後、両結果とも急激に発生している。 $c=3.49\text{kN/m}^2$ の場合、正規化引抜き量が約 0.2 でピークに達した。しかし、 $c=1.57\text{kN/m}^2$ の場合、引抜き抵抗力は約 0.35 でピークに達した。これは、サクシオン基礎の引抜き時の破壊モードが、粘土地盤の粘着力の違いにより変化すること示唆している。実際に、破壊モードは、 $c=3.49\text{kN/m}^2$ の場合はモード C、 $c=1.57\text{kN/m}^2$ の場合はモード B と異なっていた（各モードの説明は**図-4**の通り）。

図-3 に、開口率 0.994 のケースにおける、引抜き速度と引抜き強度の関係を示した。引抜き速度が大きくなるにしたがい、引抜き強度が大きくなる。これは、引抜き速度が大きくなると、排水時間が短くなりサクシオン基礎内外に発生する水圧の消散が小さくなり、大きなサクシオンが発現するためだと考えられる。また、 $c=1.57\text{kN/m}^2$ の結果と $c=3.49\text{kN/m}^2$ の結果とを比較すると、引抜き強度は、 $c=3.49\text{kN/m}^2$ の方が 1.2 ~ 1.5 倍程度、大きくなる傾向にある。さらに、引抜き強度の増加率は、 $c=1.57\text{kN/m}^2$ の結果に比べ、 $c=3.49\text{kN/m}^2$ の結果の方が大きくなる傾向にあった。そして、根入れ幅比 0.37 の結果と根入れ幅比 1.1 の結果とを比較すると、根入れ幅比 1.1 の方が 2 倍近く大きく発生していることから、根入れの効果が確認された。

図-4 に示すように、引抜き時の地盤の破壊モードとして、基礎本体のみが地盤から抜け上がる場合（モード A）と、基礎内の粘土も同時に抜け上がる場合（モード B）、基礎先端にくさび状の粘土が形成される場合（モード C）が考えられる。**表-1** に、実験より得られた引抜き時の地盤の破壊モードの結果を示した。

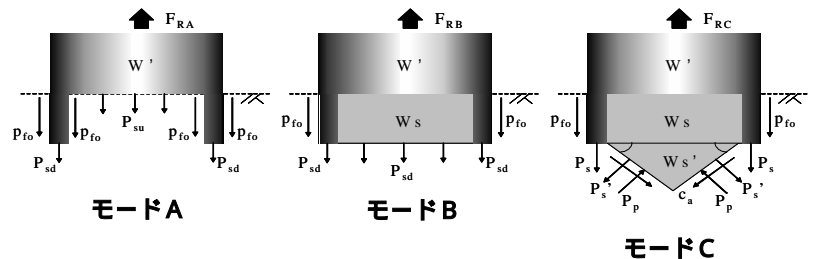


図-4 破壊モード概念図

モード A、B については、サクシオン基礎の引抜き強度の支持力公式は、**図-4** の破壊モード概念図をもとに、以下の**(式-1)**、**(式-2)** のように導出されている。¹⁾ また、破壊モード C については、Tergaghi の支持力論をもとに、**(式-3)** のように支持力公式を導出した。

表-1 破壊モード試験結果($\alpha=0.994$)

| D/B | $c=1.57\text{kN/m}^2$ | | | $c=3.49\text{kN/m}^2$ | | |
|------|-----------------------|----|-----|-----------------------|----|-----|
| | 25 | 50 | 200 | 25 | 50 | 200 |
| 0.37 | A | A | B | C | C | C |
| 1.1 | A | B | B | B | C | C |

(式-1)

(式-2)

(式-3)

$$F_{RA} = p_{su} \cdot A_u + p_{sd} \cdot A_t + c \cdot 2\pi \cdot r_{out} \cdot D + c \cdot 2\pi \cdot r_{in} \cdot D + W'$$

$$F_{RB} = p_{sd} \cdot A_b + p_{sd} \cdot A_t + c \cdot 2\pi \cdot r_{out} \cdot D + W' + W_s$$

$$F_{RC} = p_{sd} \cdot A_b + p_{sd} \cdot A_t + c \cdot 2\pi \cdot r_{out} \cdot D + W' + W_s + W_s' + B(2c \cdot \tan \phi - 5.71 \cdot c - N) \cdot D$$

ここで、Tergaghi の支持力係数は、 $\alpha=0$ のときを参照し、 $N_c=5.71$ 、 $N_q=1.0$ 、 $N_{\phi}=0.0$ とした。サクシオンの値は、解析的に求めるのは困難であるため、模型実験における計測結果を用いた。計算の結果、 F_{RA} 、 F_{RB} 、および F_{RC} を比較して、最も小さい値を、サクシオン基礎の引抜き強度の理論値とした。

図-5 に、実験値と、計算結果により得られた理論値の比較の結果を示した。全体的に多少ばらつきが見られたが、ほぼ 1 : 1 となった。よって、上記の支持力公式によって、実験結果をよく説明できるものと考えられる。

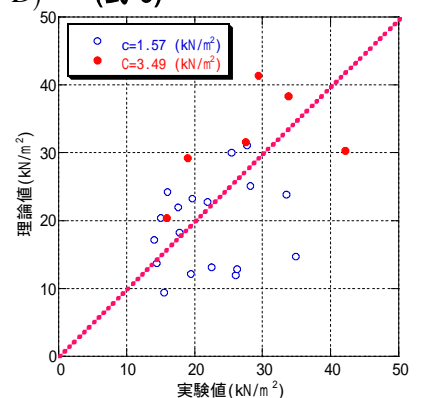


図-5 実験値と理論値の比較

3. 結論

引抜き抵抗力のピークとサクシオンのピークは、ずれて生じる。

サクシオン基礎の引抜き抵抗力のピークは、粘土地盤の粘着力の違いによりピークの発生する引抜き量が異なる。

サクシオン基礎の引抜き強度は、根入れ幅比及び引抜き速度が大きくなると大きくなる。

サクシオンを考慮した支持力公式により引抜き抵抗力を定量的に評価することができた。

<参考文献> 1) 山崎浩之・善功企・館下徹：サクシオン基礎の引抜き抵抗のメカニズムに関する研究，

第 39 回土質工学シンポジウム論文集，pp.73 ~ 80，1994