

模型実験および数値解析によるサクシオン基礎の支持力特性の比較

九州大学大学院

学 ○工藤 昌生

正 善 功企

正 陳 光斉

正 笠間 清伸

### 1. はじめに

筆者はこれまでサクシオン基礎<sup>1)</sup>の模型実験<sup>2)</sup>により、支持力特性の解明を行ってきた。それらを踏まえ、今回は基礎の内外径比( $r_{in}/r_{out}$ )、根入れ長( $D_f$ )などの基礎形状による極限支持力の変化や破壊モードについての考察を加えるため、FEM 解析<sup>3)</sup>を行った。ここでは、解析結果と沈設後を想定した実験結果の両面から検討している。なお、模型実験の詳細な内容については参考文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

### 2. 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-1 のように設定した。今回用いた地盤は単一砂地盤とし、外力は基礎上部全体に等分布荷重として与えた。極限支持力は荷重-沈下曲線を両対数表示して得られる勾配の異なる2つの直線の交点として求めた。また解析は弾塑性解析を用い、軸対称条件下で行われた。今回は模型実験より得られた支持力特性との比較検討を行うため、内外径比( $r_{in}/r_{out}=0, 0.55, 0.944$ )や根入れ長( $D_f=2, 6\text{cm}$ )など基礎形状に着目した解析を行った。

### 3. 結果および考察

図-2 は、解析、実験で得られた荷重-沈下曲線よりピーク値を求め、それらを比較したものである。図中には(実験値)=(解析値)に当たる点を実験線で示している。図より根入れ長が大きくなると若干解析値が実験値を上回るようになるが、ほぼ実験線上に点があることから、本解析が実験とうまく対応していると考えられる。以下、解析結果の荷重-沈下曲線をもとに、ピーク値及びピーク時変位のとりまとめを行う。

#### (1) 極限支持力(ピーク値)について

図-3 は、各基礎のピーク値を中実基礎( $r_{in}/r_{out}=0$ )のピーク値で正規化したものと内外径比の関係を示している。図-3 によると、ピーク値の割合は、根入れ幅比( $D_f/2r_{out}$ )の小さい基礎では相対密度によらず、中実基礎の約 99%以上(実験値 98%~99%)と同程度になるのに対し、 $D_f/2r_{out}=1.09$  では内外径比が増加するほど、相対密度が低下するほどピーク値の割合は減少することが分かる。ピーク値の割合は、実験と解析ともに、最大で中実基礎の約 92%まで低下した。この原因について考察を加えるため、図-4 に  $D_f=60\%$ におけるピーク値直後のせん断ひずみ( $\gamma_{xy}$ )分布を示した。図中に示すように、①中実基礎に比べ、サクシオン基礎直下でのくさびの角度( $\alpha$ )が小さく②くさび先端から円弧状に生じているすべり線は、中実基礎のほうがより深い部分に生じていることが分かる。加えて  $r_{in}/r_{out}=0.55$ の結果より、基礎側壁が薄くなり基礎内部空間が大きくなるほど、くさび領域が減少し、すべり線も若干小さくなるため、内外径比が大きくなるほどピーク値が減少すると考えられる。ただし、根入れ長が小さくなり基礎内部空間が狭

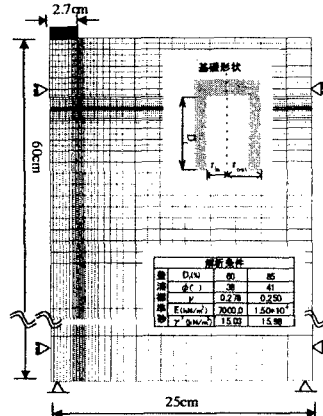


図-1 解析メッシュ ( $D_f=6\text{cm}$ )

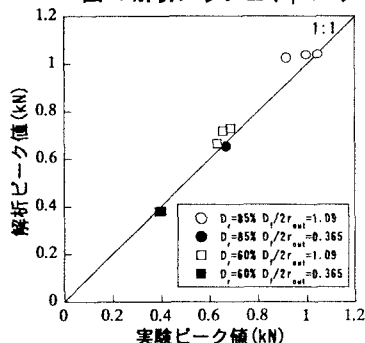


図-2 実験値と解析結果の比較

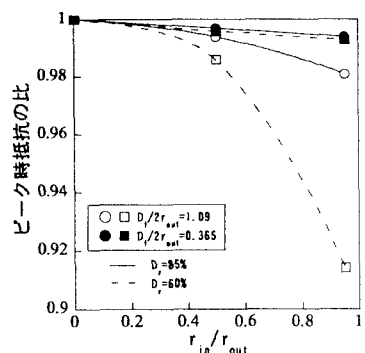


図-3 ピーク時抵抗比の変化

くなるほど、また基礎内部の相対密度が大きくなるほど、くさび領域の変化は小さくなる。また図-4より、せん断ひずみ分布が $r_{in}/r_{out}=0$ と0.944で類似していることから、サクシオン基礎の破壊モードは中実基礎と同様であると考えられる。

## (2) ピーク時変位について

次に、各基礎のピーク時変位を中実基礎のピーク時変位で正規化したものと内外径比の関係を図-5に示した。図-5によると、ピーク時変位の割合は、実験結果同様、 $D_f=60, 85\%$ ともにほぼ直線的に増加し、

$r_{in}/r_{out}=0.944$ の中実基礎に対する変位増加率は、 $D_f/2r_{out}=1.09$ において、 $D_f=85\%$ で約15%、 $D_f=60\%$ では約32%増しとなっている。この傾向は内外径比が大きくなるほど、また根入れ長が大きくなるほど著しく大きくなっている。これは、図-6のピーク時の最大主応力分布図より、以下のように考えられる。図によると、基礎底面から凸状に存在する最大主応力は、サクシオン基礎と中実基礎で同様であるが、サクシオン基礎の場合、基礎先端内部にもアーチ状に比較的大きな最大主応力が分布している。このアーチ作用によって、サクシオン基礎は中実基礎と同程度の支持力を発揮することができるものと考えられる。しかしながら、基礎内部の砂が圧縮され十分な閉塞が進み、アーチ作用を発揮するまでに、ある程度の基礎の沈下が必要となるため、ピーク時変位が増加すると考えられる。

ゆえに地盤が緩くなるほど、また基礎内部空間が大きくなるほど十分な閉塞効果を発揮するために必要となる基礎内部砂の圧縮量、すなわち基礎の沈下量が増加するため、ピーク時変位は一層大きくなると考えられる。補足として、図-3、図-5ともに $D_f=85\%$ 、 $D_f/2r_{out}=1.09$ の場合、実験結果と解析結果の差が大きくなった。これは実験で用いた基礎はプロトタイプの1/400モデルであり、相対密度が高くなるほど寸法の影響が顕著になるためであろう。

## 4. 結論

本文では、有限要素法により実験結果を解析し、以下の結論を得た。

- 1) サクシオン基礎の極限支持力は、相対密度、根入れ長や側壁幅の変化に関わらず中実基礎の9割以上の支持力を発揮することができる。ただし極限支持力に達するまでに必要となる変位量は、中実基礎に比べ、基礎内部空間が大きくなるほど、また相対密度が低くなるほど大きくなる。
- 2) 破壊モードは中実基礎と同様であるが、相対密度や基礎内部空間によってくさび領域の面積が変化する。

《参考文献》1) 善功企：サクシオン基礎構造物，環境圏の新しい海岸工学，pp.1162-1169. 2) 工藤昌生：砂地盤上の模型実験によるサクシオン基礎の支持力特性，第36回地盤工学研究発表会講演概要集，2001.6 3) 財団法人沿岸技術研究センター：GeoFem(地盤解析汎用プログラム)マニュアル，財団法人技術研究センター，1997.

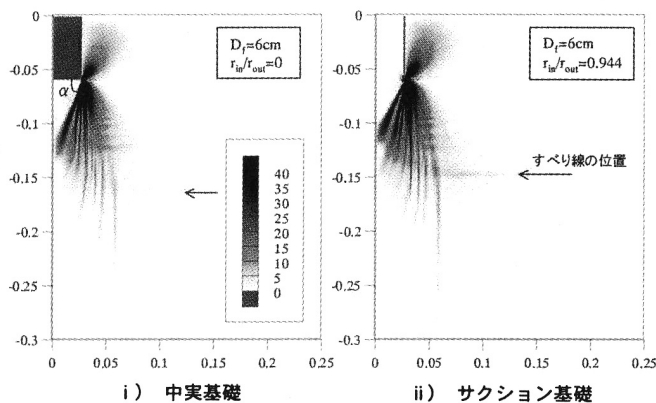


図-4 せん断ひずみの比較

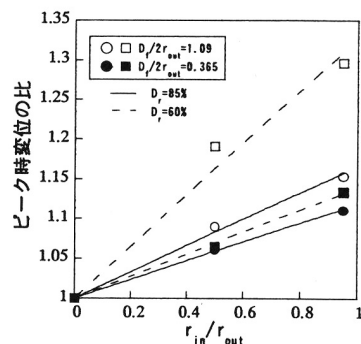


図-5 ピーク時変位比の変化

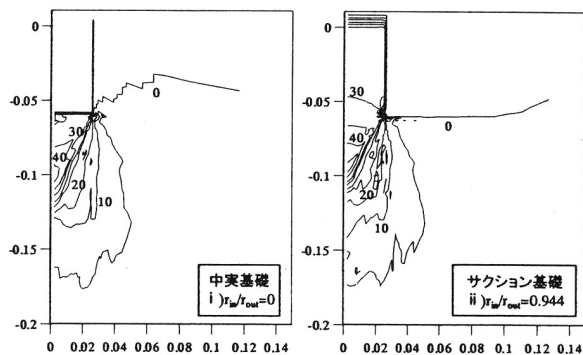


図-6 最大主応力分布の比較