

スカートサクシヨン基礎の繰返し水平載荷時の挙動（その2：有効応力解析）

(株)大林組 正会員 ○佐藤伸 粕谷悠紀 栗本卓
(株)大林組 正会員 伊藤政人 高橋真一 小山宏人

1. はじめに

スカートサクシヨン基礎は、繰返し引抜き荷重を受けた場合に比較的透水性の高い砂地盤でもスカート内に負の過剰間隙水圧が発生し、引抜き抵抗が増加する¹⁾。当該基礎の使用は洋上施設の基礎が主な対象となるため、地震荷重のみならず波浪影響等による繰返し荷重への抵抗性が要求される。しかしながら、スカートサクシヨン基礎の繰返し水平載荷時の挙動は未解明である。特に繰返し荷重の影響による液状化の有無、水平抵抗及び残留変位の評価などが必要であると考えられる。そこで、本研究ではその¹²⁾で実施した隔壁を有するスカートサクシヨン基礎の繰返し水平載荷時の挙動を把握するために行った遠心力模型実験の再現解析を実施し、使用する材料構成モデルや有効応力法によるモデル化の妥当性検証等を行った。

2. 解析概要

本検討で再現すべき挙動は、繰返し荷重や地盤の圧縮伸張に伴う水圧と有効応力の変化及び地盤の弾塑性挙動等が考えられる。しかし、ここに示した挙動を表現するには一般的に地盤の繰返しで用いられている、全応力法に基づくモデル化ではなく、有効応力法に基づく繰返しを考慮できる弾塑性構成モデルを使用する必要がある。そこで、本検討では Hashiguchi and Chen³⁾による下負荷面モデルを適用する。使用する解析コードは、有効応力による三次元の弾塑性地震応答解析が可能な FINAL- GEO⁴⁾とした。FINAL- GEOは、多孔質体に対する Biot の多次元圧密式を基礎式に用いて有効応力解析を行うことができる。スカートサクシヨン基礎のスカート部は円形であるため、

本来であれば、三次元モデルにより解析を行う必要がある。しかし、本検討では計算負荷を軽減するため、三次元モデルを近似させた二次元モデルを採用した。解析モデルを図-1に示す。解析モデルは、遠心力模型実験は 40G 場で行っていることから、解析モデルは実規模に換算してモデル化した。スカート内部は隔壁を設け、4分割されているが、二次元に後退させるため、中央部に隔壁を設けた2室のモデルを採用した。底面の境界条件は鉛直水平固定とし、側部は鉛直ローラー、水平固定とした。流体に関しては底面及び側面とも不浸透境界とした。解析に用いた材料パラメータを表-1及び表-2に示す。下負荷面モデルのパラメータについては、弾性域から塑性域への滑らかな移行を表現するための R の発展則パラメータ u のみ考慮した。その他の回転硬化則、相似中心の移動則及びせん断硬化軟化程度に関する構成則パラメータは今後検討するものとし、本検討では考慮しなかった。スカート頂版と地盤との間には、水表現する要素として、非圧縮性の剛性を極わずかとした線形要素を配置した。スカート外側

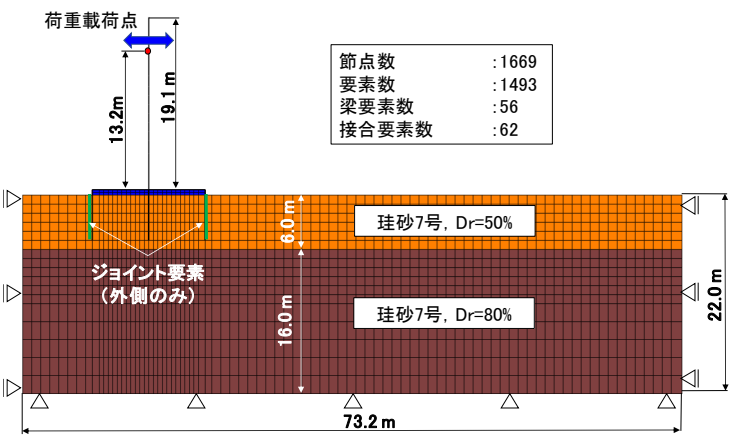


図-1 解析モデル

表-1 地盤の材料パラメータ

項目	記号	単位	地盤	
			Dr=50%	Dr=80%
圧縮指数	λ		0.061	0.004
膨潤指数	κ		0.003	0.002
ポアソン比	ν		0.33	0.33
内部摩擦角	ϕ	°	38.0	40.0
Rの発展則パラメータ	u		10.0	10.0
透水係数	k	m/s	1.4E-05	1.4E-05

表-2 その他の部材の材料パラメータ

項目	記号	単位	シャフト部及びスカート部	水の要素
ヤング係数	E	GPa	200.00	1.0E-05
ポアソン比	ν	—	0.30	0.499
透水係数	k	m/s	—	1.4E-05

キーワード スカートサクシヨン基礎、サクシヨン、有効応力解析法、繰返し荷重

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組生産技術本部設計第二部 TEL 03-5769-1307

と地盤の間にはジョイント要素を配置してせん断方向については摩擦を考慮した。なお、スカート内側についてはジョイント要素を設けていない。

3. 解析結果

遠心力模型実験の再現解析はある程度の非線形性まで表現できることを目標とすることから、最も載荷荷重の大きな $2/3P_y$ ケースを対象に実施した。載荷する荷重は載荷点に荷重制御を与え、振幅については実験と同様に遠心場での相似則を考慮して周期 1.0 秒、繰返し回数は、暴風時の継続時間と波浪周期 10 秒を考慮して 800 波とした。検討結果として、図-2 に載荷点変位の経時変化を示す。ここで、解析結果と実験結果は完全な一致はしていないものの、変形が収束する傾向や収束する時刻に対しては概ね再現できている。また、実験後の残留変形についても、解析は 5.56cm、実験は 6.50cm と約 1cm 程度の相違が生じているが、残留変形についても表現できている。図-3 に載荷点における荷重変位関係を示す。最大変位が 2cm 程度解析の方が小さく出ているものの、除荷時の剛性は解析と実験でほぼ一致しているのが分かる。間隙水圧変化として、4 室に分割されているうち、背面側の頂版裏の間隙水圧変化を図-4 に示し、前面側の頂版裏の過剰間隙水圧変化を図-5 に示す。ここで、解析結果の方が大きめの値となっているのが分かる。この原因としては、二次元でモデル化していることにより、4 室に分割されているスカート内の水圧分布を正確に表現できていないこと、また、パラメータの設定等の影響が生じているものと考えられる。しかしながら、始めに間隙水圧が上昇し、その後、下降する傾向については再現できている。

4. おわりに

本検討では、遠心力模型実験の再現解析として、繰返しができる弾塑性構成モデルの一つである下負荷面モデルを用いて検討を実施した。検討の結果、変形については概ね表現することができたが、間隙水圧については、傾向は示せたものの、大きめの評価となった。今後は三次元モデルによる検証を進めるとともに、構成モデルのパラメータについても検討を進め、更なる再現性向上を図りたい。

参考文献 1) 粕谷ら：スカートサクシオン基礎の引抜き抵抗

に関する実験的検討，第 51 回地盤工学研究発表会，pp. 1203-1204，2016. 2) スカートサクシオン基礎の繰返し水平載荷時の挙動（その 1：遠心模型実験），第 73 回土木学会年次学術講演会，2018.（投稿中）3) Hashiguchi and Chen：Elastoplastic constitutive equation of soil with the subloading surface and rotational hardening, Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., vol.22, 197-227, 1998., 4) 伊藤浩二，江尻譲嗣：地震時および地震後の液状化対策地盤の変状評価，大林組技術研究所報，No.78，2014.

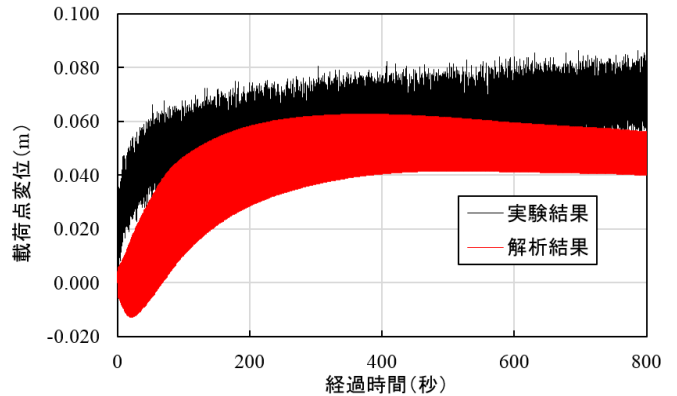


図-2 載荷点変位の経時変化

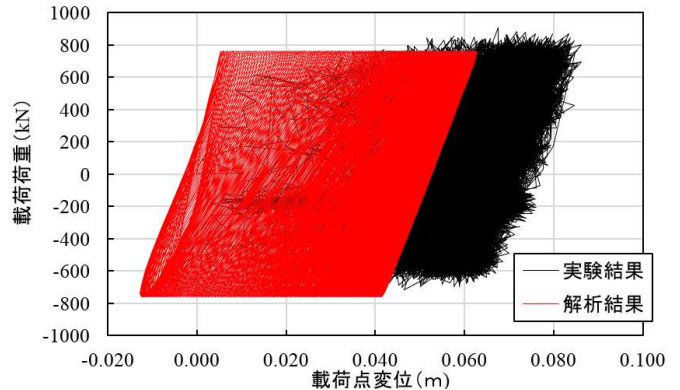


図-3 載荷点における荷重変位関係

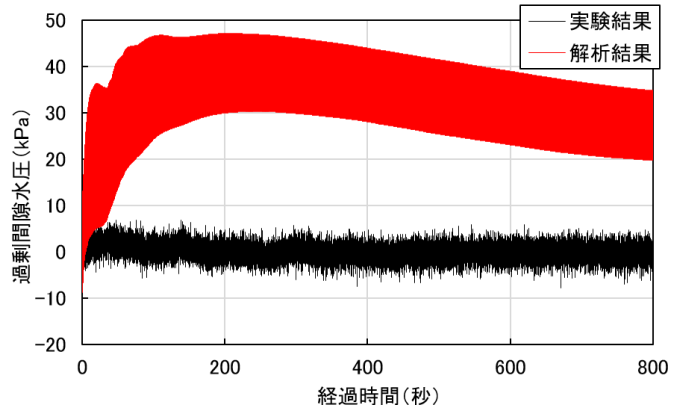


図-4 背面側過剰間隙水圧の経時変化

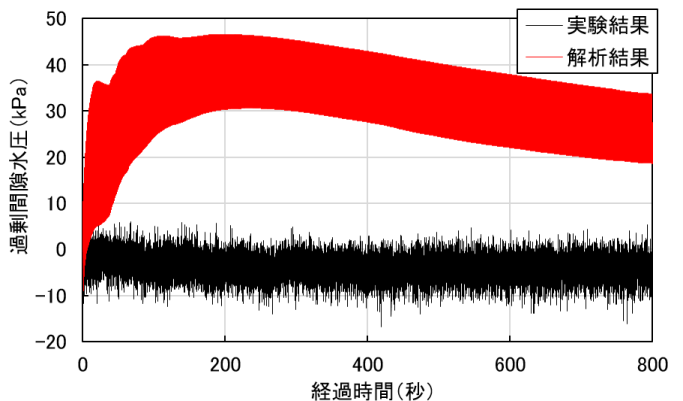


図-5 前面側過剰間隙水圧の経時変化