

スカートサクシヨン基礎の水平抵抗に対する解析的評価（その1：全応力解析）

(株)大林組

正会員 ○小山宏人 栗本 卓 伊藤政人

正会員 粕谷悠紀 高橋真一 濱地克也

1. はじめに

洋上風力発電施設基礎として期待されるスカートサクシヨン基礎の、設計方法を確立する為には、実挙動に則した解析モデルの設定方法が重要となる。今回、実海域においてスカートサクシヨン基礎のRC製大型試験体を用いて水平載荷実験等¹⁾を行い、その再現解析を行った。本報告（その1）では、水平載荷実験を三次元静的全応力解析による再現解析方法及び結果について報告を行う。

2. 三次元静的解析による検討

(1) 概要

実海域実験で用いたRC製スカートサクシヨン基礎試験体と周辺地盤を反映した三次元解析モデルを作成し、水平載荷時の試験体の変形および地盤反力に着目して解析を実施した。解析方法は、実現象に発生するサクシヨンによる抵抗は再現できないが、解析が比較的容易で実務的な全応力解析とした。

(2) 三次元静的解析モデル

試験体はRCスカート部（外径5.0m、スカート長8.0m、スカート厚0.25m）と鋼製タワー部（外径2.0m、高さ10.9m）からなる（図1）。周辺地盤のモデル化は基礎に対して十分に広い範囲・深さとし、幅30m×30m、高さ16mとした（図2）。原位置ボーリング調査から地盤要素はすべて砂とし、N値（図3）より地盤物性は3層に区分けした（図4）。各層における静的地盤物性値を表1に示す。地盤は弾塑性モデルとし、モール・クーロン則を用いた。また、スカートと内外地盤との境界にはジョイント要素を配置し、軸方向は引張による剥離、せん断方向耐力は最大周面摩擦度を適用した。解析コードはSoilPlusを用いた。

(3) 荷重条件

地盤に自重相当の初期応力状態を与え、鋼製タワー上部（DL+1.4m）に最大1,000mmの強制変位を与えた。

表1 静的地盤物性

項目	N 値	ν (-)	$E(=2800N)$ (kN/m^2)	γ' (kN/m^3)	ϕ (deg)
砂1	1	0.33	2,800	8	28
砂2	20	0.33	56,000	10	38
砂3	30	0.33	84,000	10	41

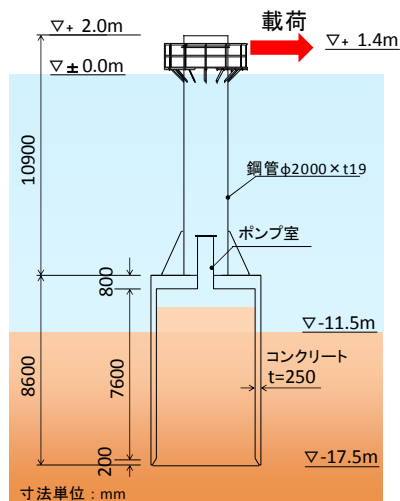


図1 解析対象

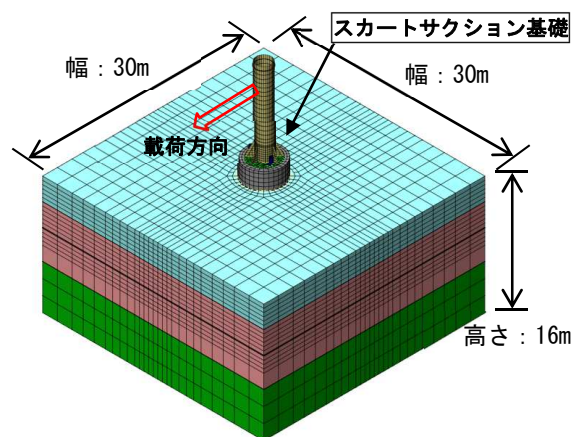


図2 解析メッシュ図（全体）

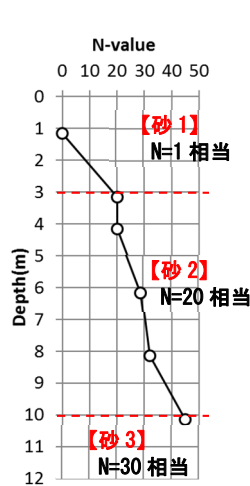


図3 N値

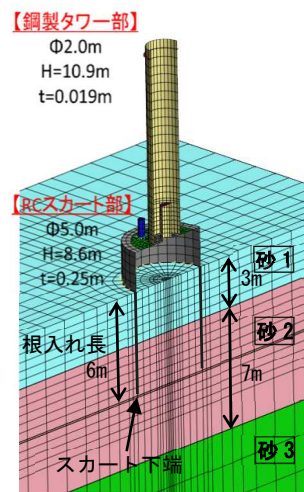


図4 解析メッシュ図（詳細）

キーワード スカート・サクシヨン基礎、全応力解析、水平載荷

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株) 大林組 TEL 03-5769-1307

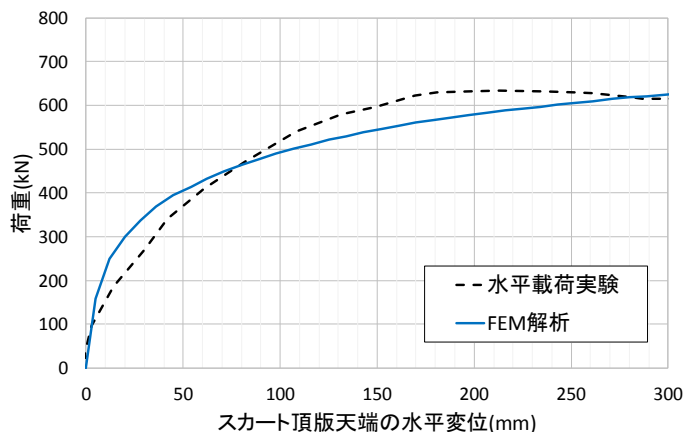


図 5 荷重変位関係

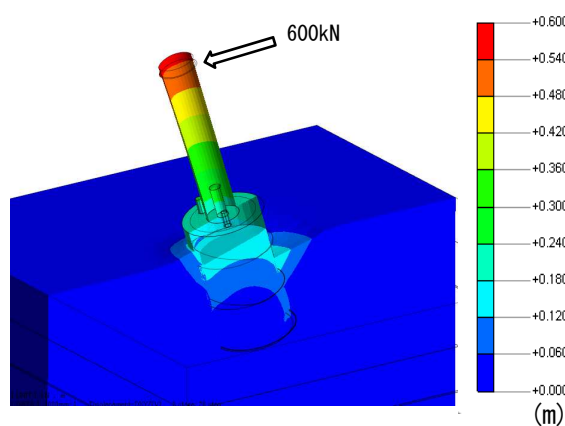


図 6 600kN 載荷時の変形図 (倍率 : 10 倍)

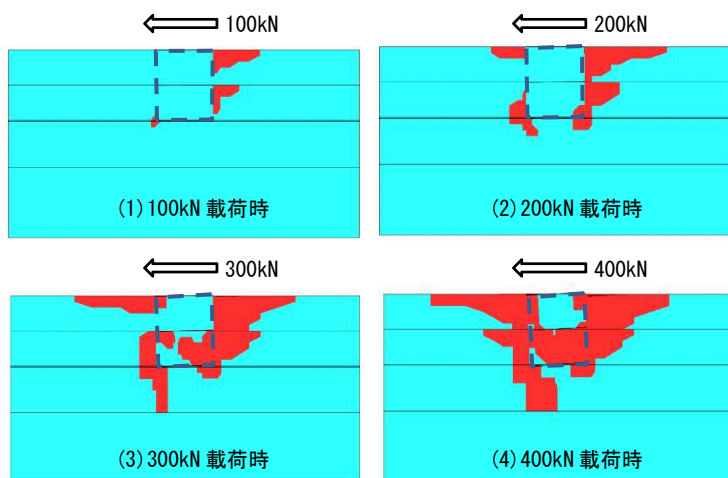


図 7 地盤の塑性化状況 (赤色 : 塑性化範囲)

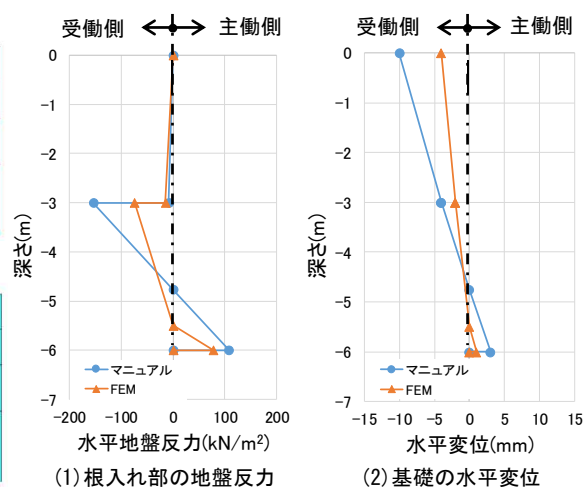


図 8 マニュアルと FEM の比較

3. 解析結果

図 5 に水平載荷実験および FEM 解析における荷重変位関係, 図 6 に FEM 解析の 600kN 載荷時の変形図, 図 7 に載荷段階ごとの地盤要素塑性化状況を示す. 水平載荷実験では約 600kN で地盤の抵抗力が完全に失われる結果であった. FEM 解析では完全塑性状態が再現できないものの, 初期の弾性変形状態から荷重の増大に合わせて徐々に地盤の塑性化が進み変形勾配が水平近くになるまでの様子が比較的精度よく再現できている. 地盤の塑性化状況に関しては, 荷重 200kN では塑性化範囲が基礎根入れ部分の受働側の約 1/3 程度であるのに対し, 荷重 300kN では約 3/4 程度が塑性化し残留変形が大きくなることが予測される. このことから, 洋上風力発電基礎として安定的に機能維持をするためには, 想定される最大水平荷重が地盤の水平耐力の 1/3~1/2 程度になるように設計することが望ましいと考えられる.

荷重 200kN での FEM 解析における地盤反力と, サクシオン基礎構造物技術マニュアル²⁾に基づく地盤反力および水平変位の比較を図 8 に示す. 基礎の回転中心位置がわずかに異なるが, マニュアル²⁾による計算値の方が FEM 解析結果よりも反力, 変位ともに大きくなる傾向となった. マニュアル²⁾では二次元的な計算であるのに対し, FEM 三次元効果で応力が分散し, 数値が小さくなったものと考えられる.

4. まとめ

スカートサクシオン基礎の実海域大型模型実験の水平載荷実験を三次元 FEM 解析で再現し, 水平地盤支持力の評価を行った. ①荷重変位関係は FEM 解析で精度よく再現できた, ②最大水平荷重が耐力の 1/3~1/2 程度になるように設計することが望ましい, ③FEM では三次元効果によりマニュアル²⁾よりも地盤反力が小さい, ことを確認した. 今後は, 遠心模型実験の実施結果を基に解析モデルの更なる検証を行う予定である.

【参考文献】1)栗本ら: スカートサクシオン基礎の実海域実験 (その 3: 水平載荷試験), 土木学会第 72 回年次学術講演会概要集, III 部門, 2017. 他 3 編 2)(財)沿岸開発技術研究センター: サクシオン基礎構造物技術マニュアル, 平成 15 年 3 月