

2023年度成果報告会  
プログラムNo.30

風力発電等技術研究開発／  
洋上風力発電等技術研究開発／  
洋上風力発電低コスト施工技術開発  
(サクシオンバケット基礎施工技術実証)

発表日：2024年2月1日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

\*団体名 : 日立造船(株)、東洋建設(株) 委託先(国) 京都大学防災研究所  
問い合わせ先 : 日立造船(株) <https://www.hitachizosen.co.jp/contact/>  
東洋建設(株) <https://www.toyo-const.co.jp/contact/technology>

# 事業概要



## 1. 目的

洋上風車の基礎構造物の低コスト化(資本費CAPEX20%低減)実現のため、サクシオンバケット基礎が日本の現地条件に適合するか、実証実験を通して技術開発を行う。

## 2. 期間

2020年3月 ~ 終了:2023年3月

## 3. 目標(最終)

サクシオンバケット基礎の構造安全性、施工技術の確実性について実証を行い、技術を確立する。

## 4. 成果・進捗概要

### ①サクシオンバケット基礎施工技術実証事業

土槽実験、遠心場実験、水理模型実験などの室内実験を経て、2021年度にサクシオンバケット基礎(モノタイプ)、2022年度にサクシオンバケット基礎(マルチタイプ)の大型模型を製作し、実海域での実証実験を実施した。

また、2023年度には、沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査・評価事業において、サクシオンバケット基礎(モノタイプ)に関する評価証を受領した。

### ②今後に向けて

実証事業の知見を基に、設計・量産化・施工技術を確立し、商用化を目指す。



# 事業概要

1. 助成事業の名称	風力発電等技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／洋上風力発電低コスト施工技術開発(サクシオンバケット基礎施工技術実証)
2. 助成事業の概要	<p>サクシオンバケット基礎は、2019年度NEDO低コスト化技術調査で堆積層の薄い地盤にも対応可能、大型重機・船舶が不要等により低コスト化が図れる事を検証した。</p> <p>本事業では洋上風車の基礎構造物の低コスト(資本費CAPEX20%低減)実現のため、大型風車の対応も考慮し、サクシオンバケット基礎が日本の現地条件に適合するか、実証実験を通して技術開発を行う。</p> <p>2019、2020年度は土槽実験、数値解析による構造物と地盤の評価、施工性確認、2021年度には実海域実験での地盤と構造物の挙動を評価、施工性確認、2022年度では大型風車対応の検証も行い、第三者機関の技術審査により評価を得る。</p>
3. 助成金補助率	1/2
4. 助成事業期間	交付決定日から2023年3月31日

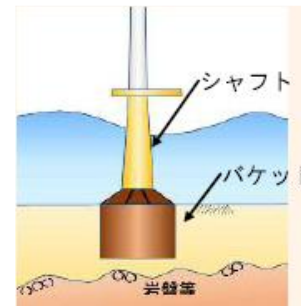
# 事業概要

## 1. サクションバケット基礎の概要

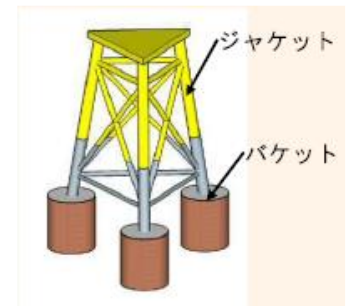
- ・ポンプによるバケット内部の海水の強制排水により、バケット内部の圧力を低下させ、外部との圧力差によって基礎を海底地盤に貫入させる
- ・一方、ポンプの注水により、バケット内部の圧力を上昇させ、鉛直上向きの揚力を発生させることで完全撤去も可能
- ・バケットが単一の基礎形式をモノタイプ、複数の基礎形式をマルチタイプと呼ぶ

## 2. 事業による効果

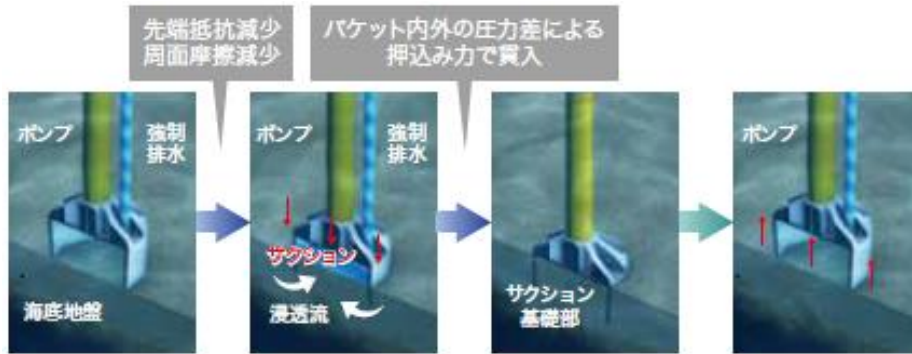
- ・コスト低減
- ・ウインドファームエリア拡大
- ・年間設置基数の増大(短工期)
- ・周辺環境への影響低減



<モノタイプ>



<マルチタイプ>



先端抵抗減少  
周面摩擦減少

バケット内外の圧力差による  
押し込み力で貫入

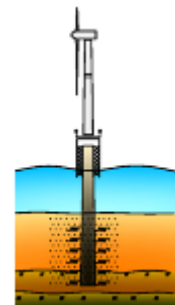
バケット内の水をポンプにより強制排水

バケット内外の水圧差「サクシヨン」を利用し、沈設

支持力を得る

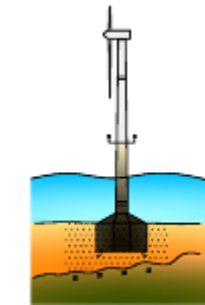
貫入時とは逆方向に加圧することで完全な撤去が可能

根入れ長さ不足



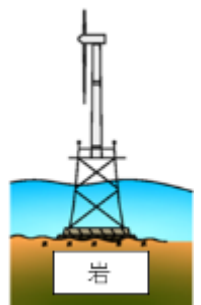
モノパイル基礎

堆積層が浅い海域で設置可能



サクシヨンバケット基礎

コスト高



重力式基礎

# 助成事業スケジュール

2019-2020年度

## 土槽実験

- ・構造物、地盤の耐力評価
- ・貫入/引抜メカニズム検証
- ・傾斜修正方法の検証
- ・貫入補助工法の開発



2021年度

## 実海域実証実験(モノタイプ)

- ・構造物及び地盤耐力評価
- ・貫入/引抜実証実験
- ・環境計測



## 土槽実験 大型風車への対応 (マルチタイプ検証)



2022年度

## 実海域実証実験(マルチタイプ)

### 大型風車への対応

- ・構造物及び地盤耐力評価
- ・貫入/引抜実証実験
- ・環境計測



## 遠心力場実験

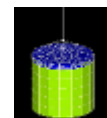
実海域試験の再現実験や地震荷重に対する地盤の挙動確認



技術審査

## 数値解析

構造解析や地盤解析による実験の再現計算とデータ補完



コスト評価

## 水理模型実験

基礎種別に洗堀特性の確認(モノパイル/ジャケット/重力/サクシヨン)



委員会 (進捗や成果の評価)

# 土槽実験①(日立造船)

## ◆ 実施場所

東洋建設(株) 鳴尾研究所  
兵庫県西宮市

## ◆ 実験実施項目

### ・モノタイプを対象とした実験

- ① 一方向載荷試験
- ② 繰返し載荷試験(周期的な水平荷重)
- ③ 自由振動試験
- ④ 静的引抜試験
- ⑤ 加圧試験

### ・マルチタイプを対象とした実験

- ① 一方向載荷試験
- ② 繰返し載荷試験(周期的な水平荷重)
- ③ 自由振動試験



モノタイプを対象とした土槽実験



マルチタイプを対象とした土槽実験

# 実海域実証実験①実験供試体の製作(日立造船)

◆ 製作場所  
日立造船(株) 堺工場

◆ 製作物  
・2021年度  
モノタイプ 2基

・2022年度  
マルチタイプ 1基



①スカート部の製作



②リド部の製作



③バケットと上部構造の大組立



④大組立完了

サクシヨンバケット基礎(マルチタイプ)の製作の様子

# 実海域実証実験②水平載荷試験、自由振動試験(日立造船)

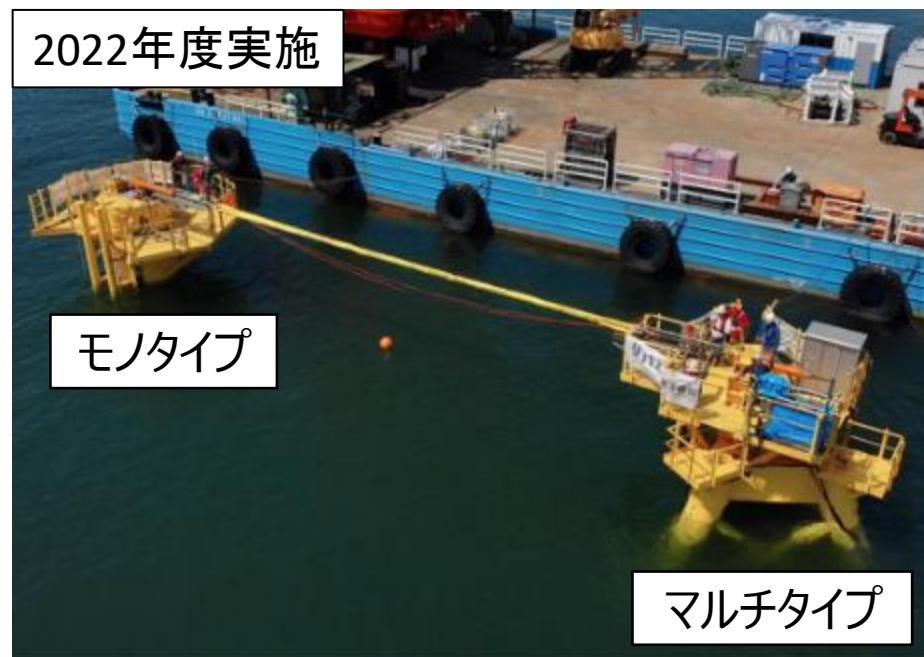
## ◆ 実験実施項目

- ・水平載荷試験  
油圧ジャッキによる低速/高速の水平載荷
- ・自由振動試験  
試験体トップに張力を加えロープの切断

2021年度実施



2022年度実施



モノタイプに対する水平載荷試験

マルチタイプに対する水平載荷試験



# 遠心力場実験(日立造船)

## ◆ 実施場所

京都大学防災研究所

## ◆ 実験実施項目

・2021年度実海域試験(モノタイプ)の再現試験

①一方向载荷試験

②自由振動試験

・2022年度実海域試験(マルチタイプ)の再現試験

①一方向载荷試験

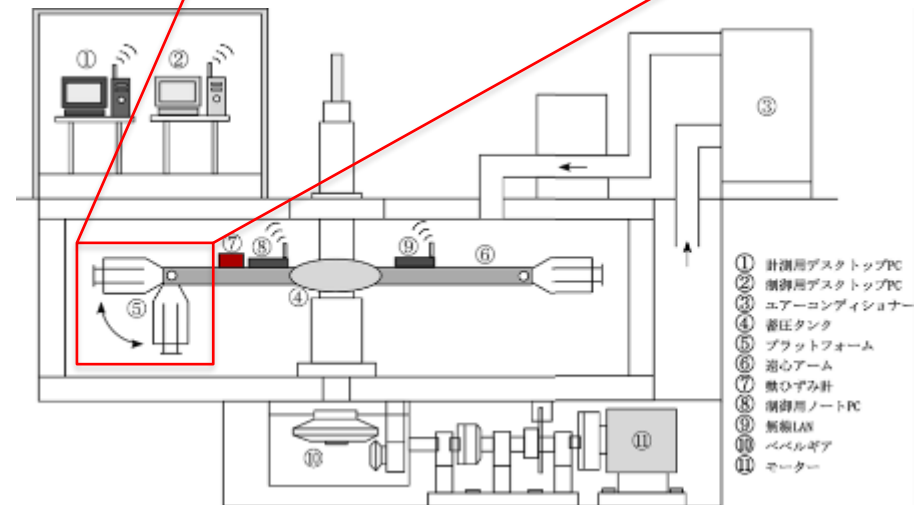
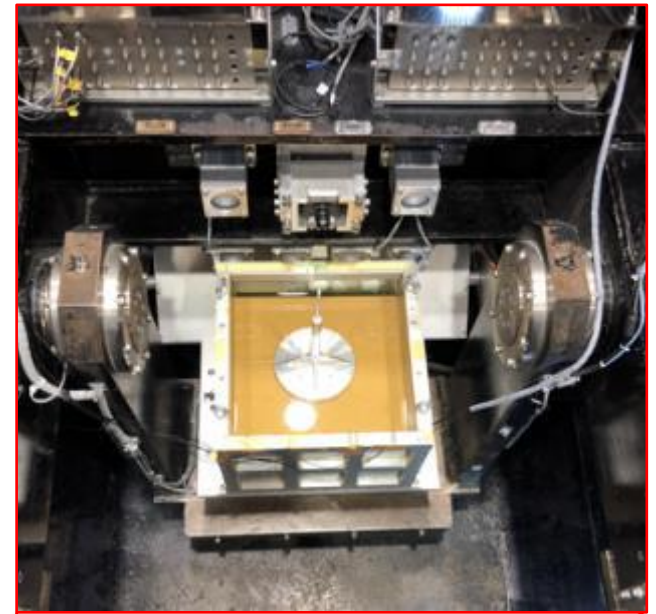
②自由振動試験

・仮想実機を対象とした加振試験

①一方向载荷試験

②自由振動試験

③繰返し载荷試験(地震動)



遠心力载荷装置の概要

## 土槽実験②(東洋建設)

- ◆ 実施場所 : 東洋建設(株) 鳴尾研究所兵庫県西宮市
- ◆ 実施概要 : モノタイプ・マルチタイプ貫入・引抜実験



モノタイプ D1.5m × L1.0m



マルチタイプ D0.7m × L0.8m × 3脚

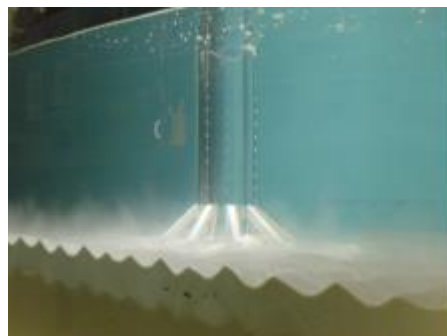
# 水理模型実験(東洋建設)

## ◆ 実施場所

東洋建設(株) 鳴尾研究所  
兵庫県西宮市

## ◆ 実施概要

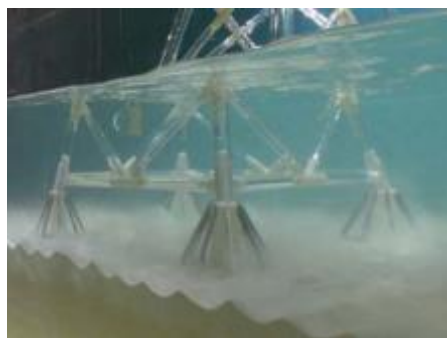
- ①サクシヨンバケツ基礎洗掘実験
- ②モノパイル基礎洗掘実験
- ③ジャケツ基礎洗掘実験
- ④重力式基礎洗掘実験



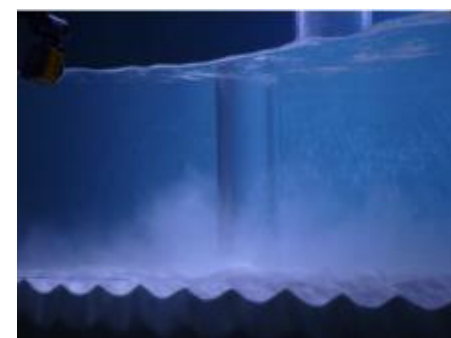
①サクシヨンバケツ(モノタイプ)



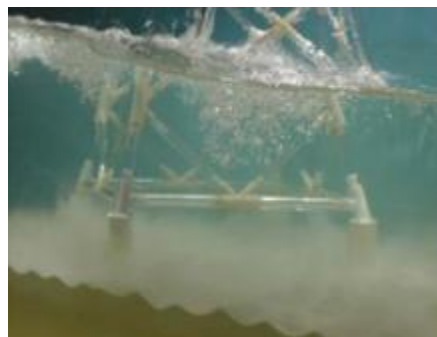
②モノパイル



①サクシヨンバケツ  
(マルチタイプ)



④重力式



③ジャケツ



# 実海域実証実験③貫入・引抜特性試験(東洋建設)

◆ 実施概要: 実海域地盤におけるサクシヨンバケットの貫入・引抜特性確認

2021年度実施



(試験体)

D6.0m × L5.1m

2022年度実施



(試験体)

D3.5m × L4.15m × 3脚

# 実海域実証実験④環境計測(東洋建設)

## ◆ 実施概要: 貫入引抜施工時の振動騒音計測

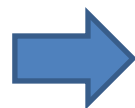
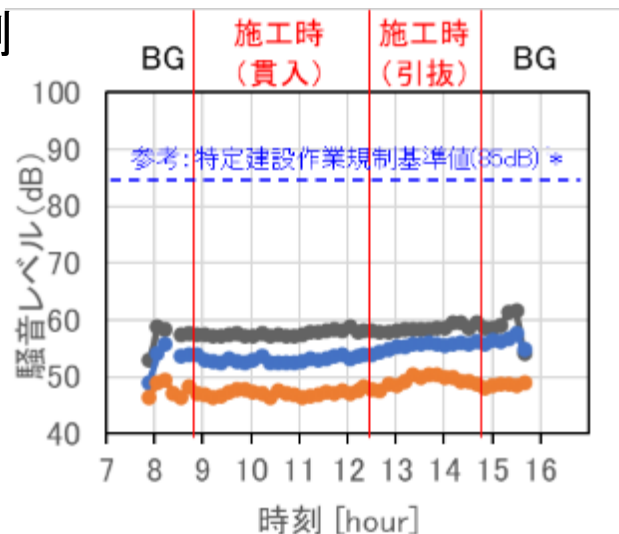


船上騒音・水中騒音・海底振動

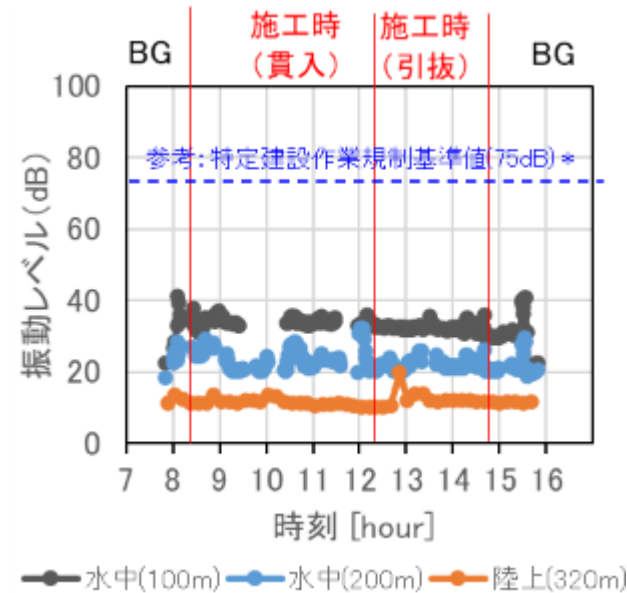


陸上騒音・陸上振動

騒音測定  
結果



振動測定  
結果



# 技術審査(日立造船、東洋建設)

## ◆ 審査の名称

港湾関連民間技術の確認審査・評価  
(一般財団法人沿岸技術研究センター)

## ◆ 技術の名称

着床式洋上風力基礎  
-サクシヨンバケット基礎(モノタイプ)-

## ◆ 依頼者

日立造船株式会社、東洋建設株式会社

## ◆ 審査期間

- ・2022年度下半期に技術審査を受審
- ・2023年7月に評価証を取得



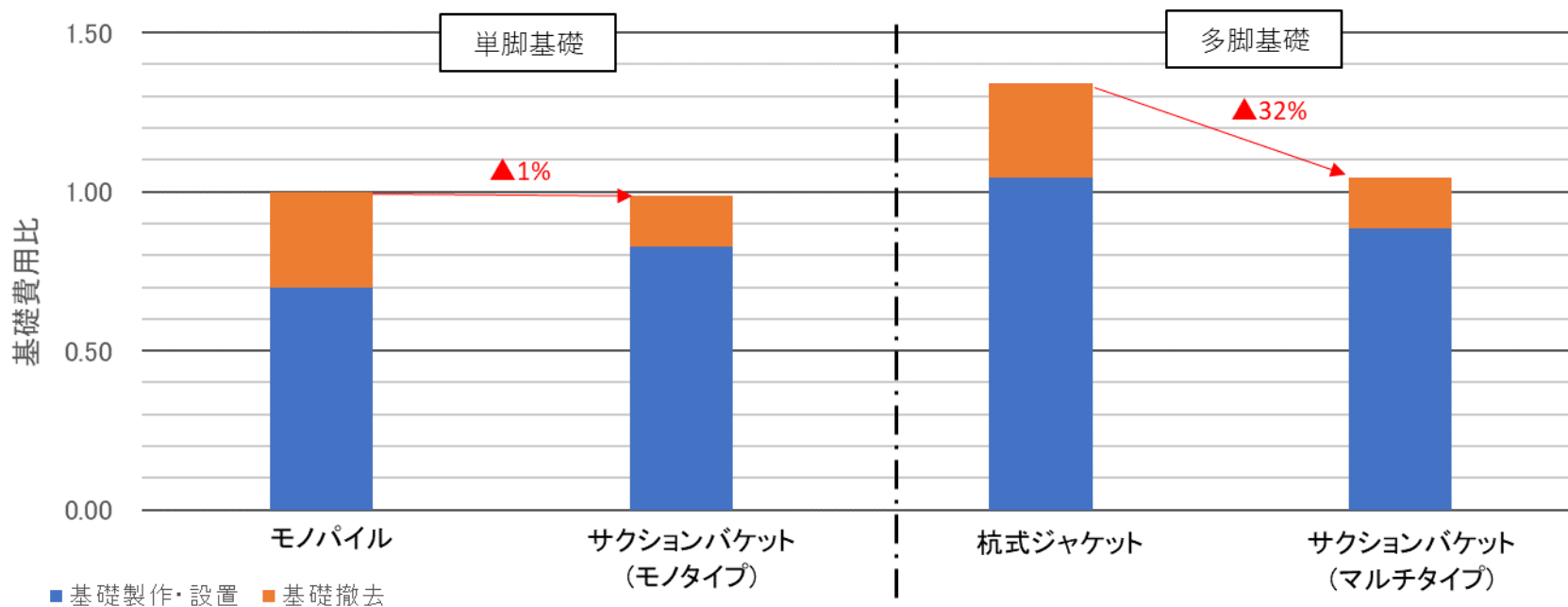
# 技術審査(日立造船、東洋建設)

## ◆ 評価項目

- (1)サクシヨンバケツ基礎(モノタイプ)に荷重が作用したときの基礎の柱基部に生じる傾斜角を実験により明らかにし、実験で得られた荷重と傾斜角の関係を、FLIPを用いた解析によって再現できること
- (2)洋上風車を支持するサクシヨンバケツ基礎(モノタイプ)に対して、極めて稀に発生する地震動が作用したときにサクシヨンバケツ基礎(モノタイプ)に生じる断面力を評価でき、かつ、基礎部材の応力度を照査できること
- (3) N値40の砂地盤においても貫入ができ、かつ貫入完了時に $0.25^{\circ}$  以内の傾斜となる制御が可能であること
- (4)打撃工法と比較すると、低騒音・低振動であること
- (5)供用後の撤去、施工時の不具合などへの対応として、バケツ内への注水により基礎の引抜きが可能であること

# コスト評価

着床式洋上風力基礎コスト比較



- 国内一般海域のウィンドファームを想定したコスト評価を実施
- 標準的な基礎であるモノパイルを基準とし、基礎形式ごとのコスト(製作・設置+撤去)を比較
- 単脚・多脚基礎とも標準工法と同等以下のコストを実現
- 特に、多脚基礎でコスト低減効果大きい
- なお、本事業開始時CAPEX(/kW)に比べると約20%の低減が見込まれる



# 研究成果、今後の技術課題

## 1. 研究成果

### (1) 構造物及び地盤の挙動評価

- 一方向荷重に対するサクシオンバケット基礎の発生応力や荷重-傾斜角の関係等を、室内実験および実海域実証実験で確認した。
- 繰返し荷重に対するサクシオンバケット基礎の残留傾斜角等を室内実験で確認した。
- 数値解析により、サクシオンバケット基礎を対象とした実験の再現性を確認した。

### (2) 施工性検証

- 密な砂地盤において、貫入可能であること、所要の鉛直精度を確保できること、確実に全撤去できることを、室内実験および実海域実証実験で確認した。
- 極めて低振動・騒音で施工できることを実海域実証実験で確認した。
- サクシオンバケット基礎と他形式基礎の洗堀特性を水理模型実験により比較検証した。

### (3) 第三者機関の技術審査による評価

- サクシオンバケット基礎(モノタイプ)を対象とした一般財団法人沿岸技術研究センターによる港湾関連民間技術の確認審査・評価を受審し、評価証を取得した。

# 研究成果、今後の技術課題

## 2. 今後の技術課題

### (1) 設計、基礎製造

- 実証実験等で得られた知見を基とした、国内環境に適用可能なサクシオンバケット基礎の設計技術の確立
- サクシオンバケット基礎の量産化に向けた製作手法の最適化と低コスト化技術の開発

### (2) 洋上施工

- 商用機規模(基礎サイズ、基数)を見据えた輸送・施工に使用する作業船・機器の最適化検討
- ファーム候補地での適用性確認と様々な地盤における施工ノウハウの蓄積