

洋上風車重力式ケーソン基礎におけるタワー接合部の引抜き载荷実験

鹿島建設(株) 正会員 〇平 陽兵 鹿島建設(株) 正会員 一宮 利通
 鹿島建設(株) 正会員 宇佐美栄治 鹿島建設(株) 正会員 坂田健一郎
 東京電力(株) 正会員 福本 幸成

1. はじめに

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)と東京電力(株)が実施する洋上風力発電等技術開発の実証研究プロジェクトにおいて、2013年1月末に千葉県銚子沖合に国内初の沖合洋上風車と風況観測タワーが建設された。洋上風車の基礎は重力式ケーソン基礎であり、タワーとの接合部はアンカーボルト方式を採用している。本接合部の構造は、基礎の内側に空間を有すること、アンカーボルト下端のアンカープレート付近で断面が絞られていること、鉛直方向にプレストレスを導入していることなど、既往の陸上風車基礎とは異なる特殊な構造となっている。そこで、本構造の破壊性状および耐力を確認し、L2地震時における安全性および設計の妥当性を検証するため、縮小模型試験体を用いた载荷実験を行った。

2. 実験の概要

試験体の形状寸法を図2に、鋼材配置図を図3に示す。試験体は基礎頂部とタワー基部のみをモデル化した縮小模型試験体とし、縮尺比はPC鋼材および鉄筋の縮尺比を外形寸法の縮尺比と合わせるための細径鋼材の仕様や载荷装置の容量等を考慮して1/4.6とした。基礎の頂部は、図1に示すように鉛直方向および円周方向

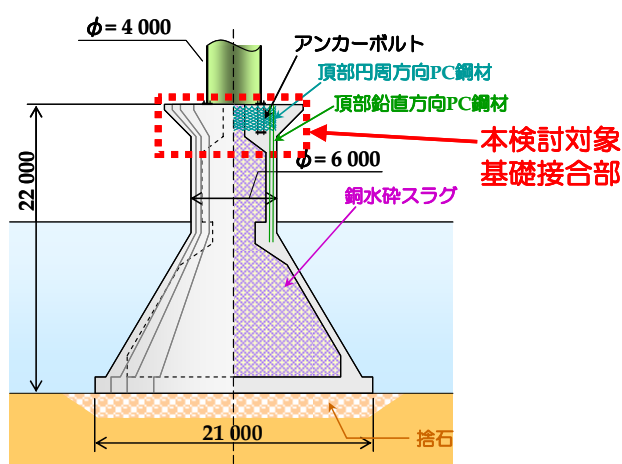


図1 洋上風車基礎構造

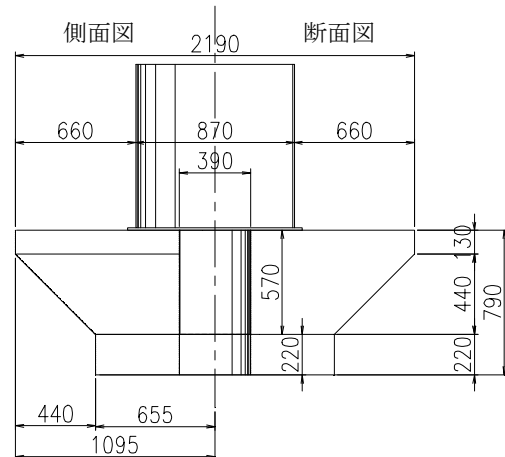


図2 試験体の形状寸法

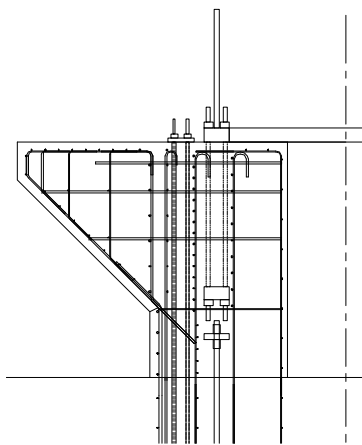


図3 試験体の鋼材配置

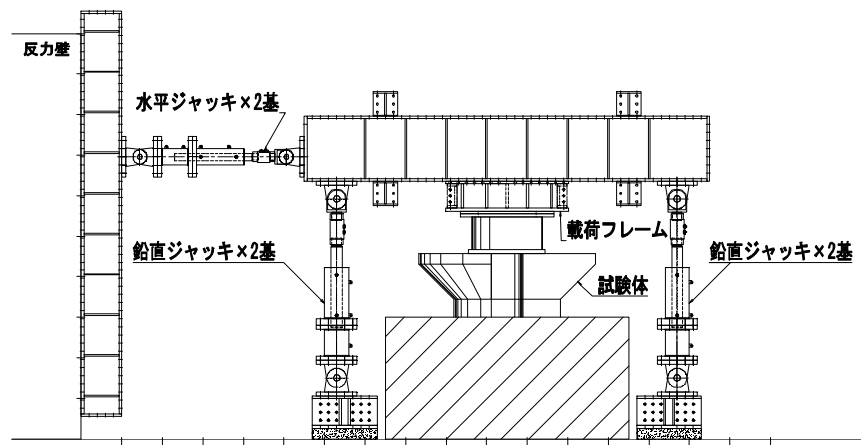


図4 载荷方法

キーワード 洋上風車, 重力式ケーソン基礎, プレストレストコンクリート, アンカーボルト, 接合部

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6699

にPC鋼材が配置されたプレストレストコンクリート構造であるが、試験体では、鉛直方向PC鋼材のみ再現し、円周方向PC鋼材については安全側の設定となるように省略した。また、壁厚が薄くなっている鉛直壁部での曲げ破壊を防止して接合部で破壊させるため、試験体下部の内空ハンチをなくした形状とし、タワー基部を模擬した鋼管およびアンカーボルトの断面積を縮尺比から決まる断面積より大きく設定した。

載荷方法を図4に示す。鋼管上部に設置した載荷フレームの左右に2台ずつ設置した押し引き鉛直ジャッキにより軸力と曲げモーメントを載荷した。また、載荷フレームの片側に設置した水平ジャッキによりせん断力を載荷した。載荷は、自重に相当する軸力を導入して一定に保った状態で、曲げモーメントとせん断力の比率を設計におけるL2地震時で想定される比率に保ちながら荷重を増加させた。載荷開始から終了まで、鉄筋、PC鋼棒、鋼管およびコンクリートのひずみ、載荷荷重、並びに試験体の変形を計測した。

3. 実験結果

接合部のタワー基部ベースフランジ位置における曲げモーメントと回転角の関係を図5に、試験体を切断して内部のひび割れ状況を観察した結果を図6に、載荷中における主な試験体の挙動を表1に示す。破壊モードは、アンカープレート下側の断面における曲げ破壊であり、PC鋼材が破断することにより耐力の低下が生じて載荷を終了した。アンカープレートから斜めひび割れが生じてはいるが、せん断補強鉄筋や鉛直PC鋼材で適切に補強されているためコーン状破壊には至らなかったと考えられる。実験で確認された試験体の最大曲げ耐力は、 $4,163\text{kN}\cdot\text{m}$ であった。これは、L2地震時における設計曲げモーメントに相当する $1,027\text{kN}\cdot\text{m}$ の約4倍、また、実構造物の設計で用いられた風力発電設備支持物構造設計指針・同解説[2007年版]¹⁾で算定される引抜き耐力推定値 $2,246\text{kN}\cdot\text{m}$ の約2倍であり、本接合構造は十分な曲げ耐力を有しているといえる。

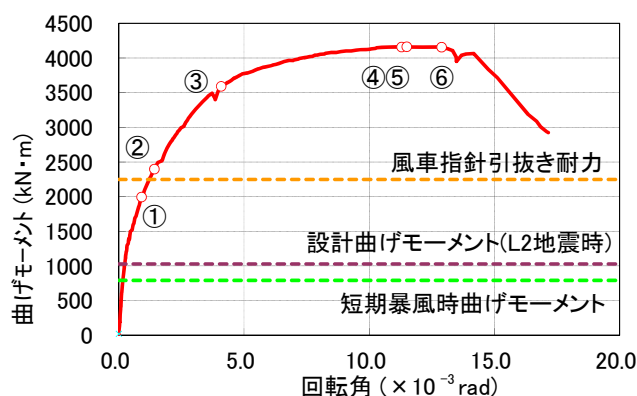


図5 接合部の曲げモーメントと回転角の関係

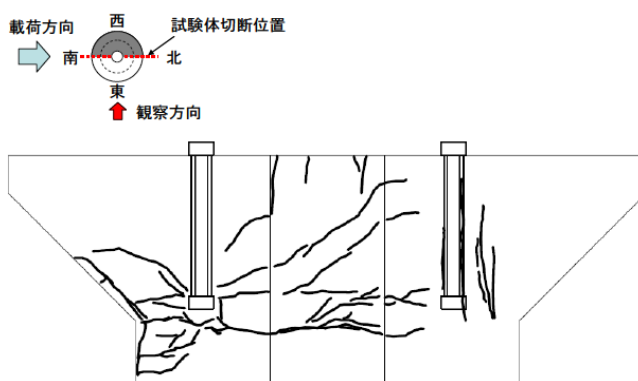


図6 試験体内部のひび割れ状況

4. おわりに

洋上風車基礎におけるタワー接合部の縮小模型試験体を用いた載荷実験により、適切な補強により破壊モードはコーン状破壊ではなく曲げ破壊であること、L2地震時の曲げモーメントに対して4倍程度の耐力を有していることを確認した。

本報文で報告した内容は、NEDOと東京電力株式会社による共同研究「洋上風力発電等技術研究開発 洋上風力発電システム実証研究」の成果の一部であり、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：風力発電設備支持物構造設計指針・同解説[2007年版]，2007年9月

表1 載荷中における試験体の挙動

	曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	回転角 ($\times 10^{-3}\text{rad}$)	試験体の挙動
①	1993	0.91	引張側鉛直外壁ハンチ下部に曲げひび割れ発生
②	2396	1.42	引張側せん断補強筋が降伏
③	3591	4.09	引張側PC鋼棒降伏
④	4158	11.29	圧縮側鉛直外壁コンクリートひずみ 2000μ 到達
⑤	4163	11.50	最大曲げモーメント
⑥	4155	12.89	鋼材の破断音を確認後、耐力低下