

浮体式風車を模擬した風洞実験環境の構築支援

松島, 啓二
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/7183582>

出版情報：九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 6, pp.1-3, 2024-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン：

権利関係：

浮体式風車を模擬した風洞実験環境の構築支援

松島 啓二

要 旨

波や風によって動揺する洋上浮体式風車を模擬する風洞実験において、実験環境を構築する技術支援に取り組んだ。当該実験環境では、風車模型の支柱下部に据え付けられた動揺装置が気流に干渉しないように、風洞測定部の床ほぼ全面に第二の床を設置し、当該装置部分を床下に収納した。さらに、床下から床上へ風車支柱等を通しつつ、気流は出入りさせず、かつ床上の流れを妨げない形状をしたカバーを製作した。

キーワード

風洞実験 風車ウエイク 浮体式風車 風速分布計測 床面嵩上げ台 動揺装置カバー

1. はじめに

洋上ウィンドファーム(集合型風力発電所)は、脱炭素化を目指す本邦における有力なエネルギー生産手段として注目されている。そうした中で、洋上風力エネルギー高度利用分野は大規模洋上ウィンドファームの導入促進に係る研究に取り組んでおり、特に、浮体式風車ウエイク現象の評価技術の開発は NEDO プロジェクトとして進められている。

風車ウエイクとは風車の下流側に発生する風速欠損領域であり、ウィンドファームにおいては下流側風車群の発電量・風荷重に直接的影響を与える現象である。一方で、多数の風車ウエイクの相互干渉現象や、波や風によって動揺する浮体式風車のウエイク現象には、未解明の部分が多い。そのため、大規模洋上ウィンドファームの導入促進には、風車ウエイク現象の評価・予測技術を確立することが重要とされている。

当該プロジェクト研究の要素として、大型風洞設備を用いた浮体式風車ウエイク現象の実験評価が掲げられており、自身は当該風洞実験への技術支援に取り組んでいる。実験の供試体は、浮体動揺を模擬するための動揺装置とその上に搭載された風車模型という構成を取る動揺風車であり、正確な実験を行うためには、風洞の構造を改変する必要があった。即ち、動揺装置によって気流が乱されると、洋上の風車ウエイクが再現され

ない恐れがあるため、動揺装置部分を流れから隔離しつつ風車部分の気流には影響しない構造が要求された。この要求を満たすために、風洞測定部(横幅 3.6m×長さ 15m)のほぼ全面に嵩上げ台を設置して第二の床とし、動揺装置部分を第二の床の下側に収納することとなった。

本稿では、動揺風車の風洞実験環境として設計した床面嵩上げ台、および関連して製作した動揺装置カバーについて紹介する。

2. 床面嵩上げ台の設計

プロジェクト関係者と協議の上、目的とする実験の諸条件より、床面嵩上げ台の要件が下記の通り定まった。

- 高さ 270mm 程度(動揺装置を収納でき、台上の流路断面積を狭めすぎないこと)
- 横幅 3.5m
- 長さ 13m~15m
- 供試体を所定位置に設置可能
- 供試体は横へ±0.5m 移動可能
- 風速 12m/s に耐え、人が乗って作業できる強度を持つこと
- 台上の流れに剥離や乱れが無いこと(気流が台の下側に入り込まず上側に乗り上げてしまうような構造は、不可)

要件を満たすように設計した床面嵩上げ台の模式図を図1に示す。基本構造としては、主流方向に沿った4本の支持レールによって厚さ15mmの天板を支える形である。台下の流れを極力妨げないようにするため、主流方向に直交する梁は設けていない。供試体設置予定位置のレールについては、切り離して横（流れに直交する水平方向）にずらしている。当該の位置では天板に穴を開けて、風車部分や、必要に応じて動揺装置の一部が台上に露出できるようにしている。

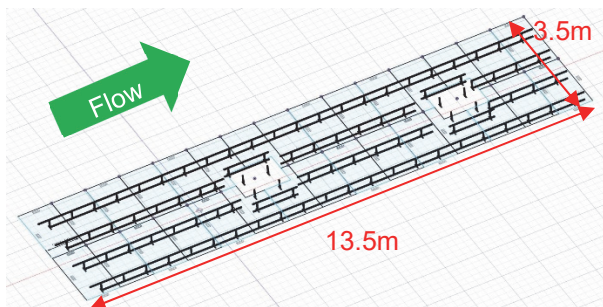


図1 床面嵩上げ台の模式図

支持レールは3cm角のアルミフレームを図2のように組む構成とし、レール部分ならば人が乗れる程度の強度を確保した。

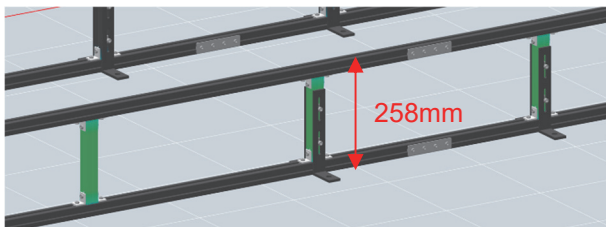


図2 支持レールの模式図

天板と支持レール間の締結については、タップ加工を施したL字ブラケットを用いるものとした(図3)。タップ加工を行わず、ボルト・ナットで天板をL字ブラケットに締結することも可能であるが、実験中に天板の開け閉めを行う可能性を考慮して、誰かが天板の下からナットを押さえる必要のない構造を採用した。

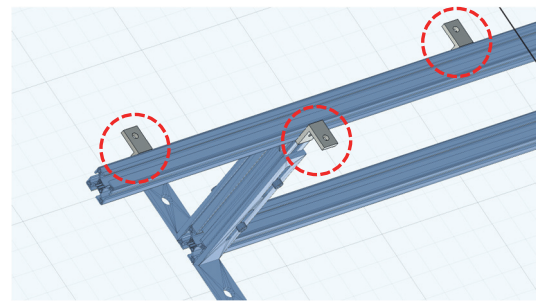


図3 天板締結用L字ブラケット

3. 整流のためのパーツ類製作

流入する流れが床面嵩上げ台の前面に衝突して剥離したり、台下へ流入できずに乗り上げたりしないよう、流線型の前縁パーツを3Dプリンターにて製作した。モデリングソフトとしてはAutodesk Fusionを使用した。図4に前縁パーツのモデルデータを示す。

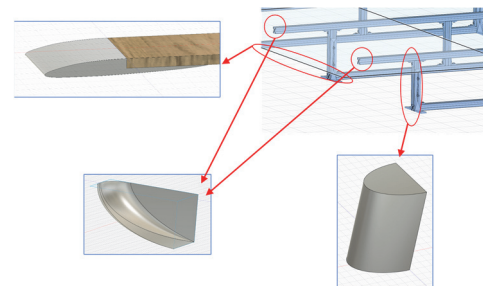


図4 前縁パーツのモデルデータ

加えて、供試体設置時に天板の隙間を埋めるための動揺装置カバーも製作した(図5)。隙間を埋める理由は、台下からの流入によって台上の流れが乱れることを防ぐためである。カバーは、動揺装置と干渉しないよう、台上に盛り上がる流線型を3Dプリンターで製作し、支柱周りには、支柱の動揺を吸収できるよう、ゴムシートを用いた。



図5 動揺装置カバー

4. 床面嵩上げ台の構築

床面嵩上げ台の設計と使用部材の選定後、風洞測定部への構築・設置に入った。構築の実作業については業者に依頼した。図 6 に完成した床面嵩上げ台を示す。完成後、レール部分に乗って作業可能であること、実際に送風して風速 12m/s に耐えることを確認した。



図 6 床面嵩上げ台

5. 風速分布計測による流れの確認

床面嵩上げ台の上側における流れを確認するため、熱線流速計を用いて風速 U の鉛直分布計測を行った。結果を図 7 に示す。 X は主流方向の位置であり、風洞測定部入口を $X=0\text{m}$ としている。 $X=5\text{m}, 10\text{m}$ は供試体設置予定位置である。また、主流方向に直交する水平方向の計測位置は、常に風洞測定部中心である。 U_{in} は流入風速であり、本番の動揺風車試験に合わせて 8m/s とした。結果に基づいて、境界層（この場合、床面近傍の低速領域）の厚さや境界層を超えた領域における一様性等をチェックし、台上の気流に問題がないことを確認した。

6. おわりに

浮体式風車を模擬した風洞実験に係る技術支援として、実験環境の構築に従事した。その下部に動揺装置を備えた風車模型を、所定の流体中に設置して各種の実験を行うための準備が整ったといえる。引き続き、2024 年度から本格実施が予定されている動揺風車試験への支援に注力したい。

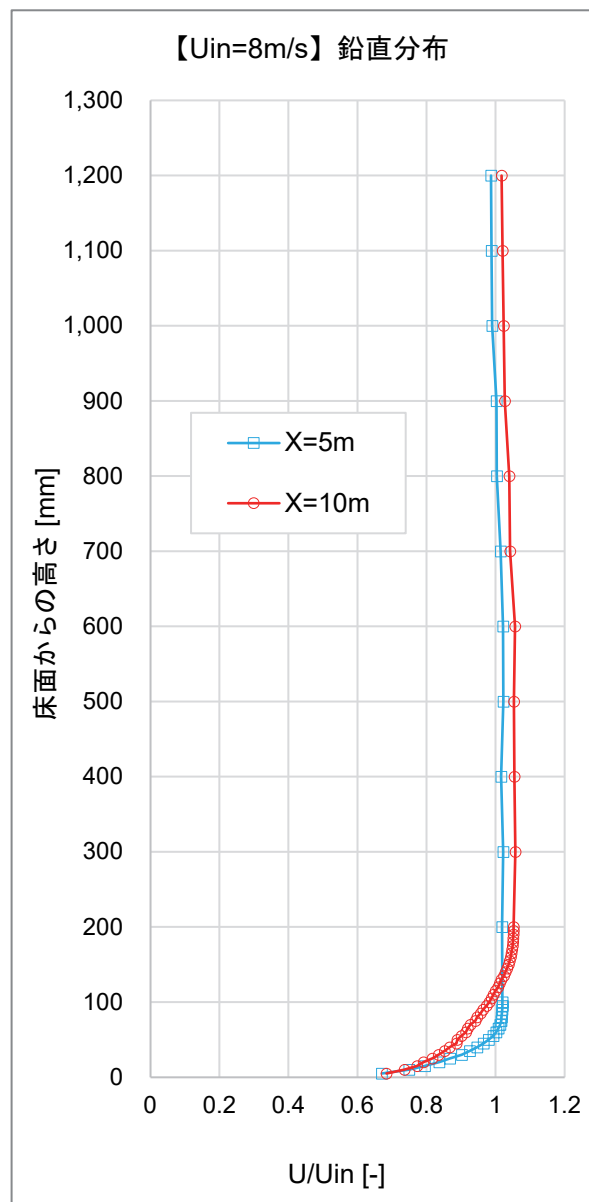


図 7 風速の鉛直分布

謝辞

本業務の実施に関して、日頃よりご指導・ご協力頂いている洋上風力エネルギー高度利用分野の内田孝紀教授に厚くお礼申し上げます。

本技術支援を含む研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の 2023 年度「先導研究プログラム／大型風洞設備による浮体式風車ウエイク現象の評価技術の研究開発（JPNP14004）」の支援を受けて実施されました。ここに記して感謝の意を表します。