

V 字型セミサブ浮体における V 字配置角度と浮体復原力

中垣侑志

要旨

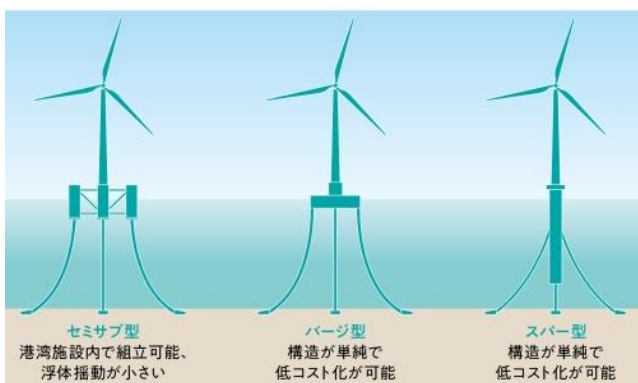
本研究は模型を用いて V 字型セミサブ浮体の V 字配置角度と復原力の大きさの関係を調査し、安定性の高い浮体構造を明らかにすることを目的とした。浮体を 4 方向にそれぞれ 30° ずつ傾けたときの復原力の最低値が最も大きくなったのは V 字配置角度が 75° のときであり、このとき浮体の安定性がもっとも高くなったと考えられた。

キーワード：洋上風力発電，セミサブ型浮体，V 字配置角度，復原力

1. はじめに

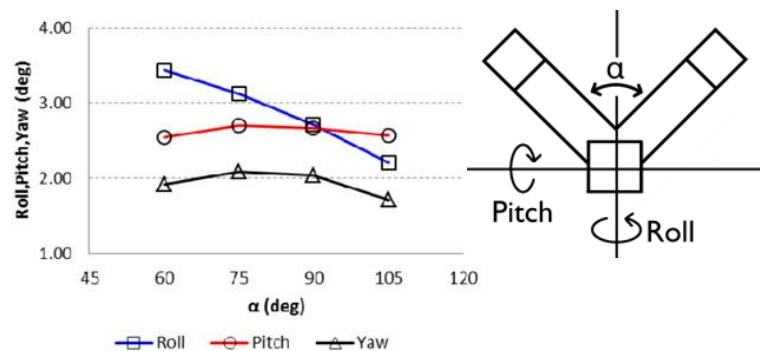
近年，再生可能エネルギーへの移行の取り組みが進む中で，風力発電が注目を集めている。わが国は広い領海をもち，陸地での適地が減少していることから，特に洋上風力発電への期待が高まっている。他にも，海洋上は風速が比較的安定しやすく，陸上に比べて施設利用率が 1.5 倍とされている(新エネルギー・産業技術総合開発機構，2014)こともその期待を押し上げている要因となっている。洋上風力発電において，重要とされるのが浮体の安定性である。

洋上風力発電における浮体構造には図 1 のようにいくつかの種類が存在する。その中でも，複数の浮体を連結したものはセミサブ浮体(Semi-submersible Float)と呼ばれる。本研究では，3つの浮体を連結した構造を持つ V 字型セミサブ浮体を対象に，安定性の高い浮体構造を検討する。



(図 1)洋上風力発電の種類(出典 JOGMEC)

太田ら(2014)によると，波浪中における V 字型セミサブ浮体の安定性が最も高まるのは V 字配置角度が 90° のときであるとされている。図 2 は太田ら(2014)で，シミュレーションにより V 字配置角度 α と浮体の動揺角度(Roll, Pitch)の関係を示したものである。障害物のない海洋上では全方位から風が吹く可能性があるため，Roll および Pitch の値が等しいとき，浮体はいずれの方向に対しても均一な動揺をすることが期待される。したがって，Roll および Pitch の値がほぼ等しい 90° の浮体が全方位の風に対して最も高い安定性を持つとされた。



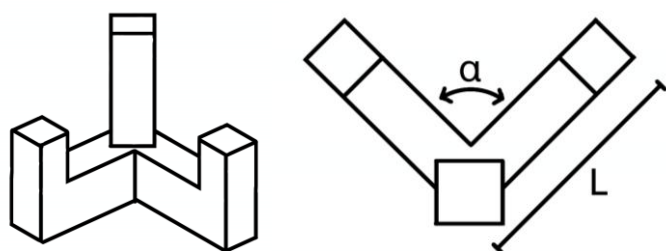
(図 2) (左図)V 字配置角度と動揺性能(太田ら(2014)による図表を一部修正)，(右図)V 字配置角度と回転方向の定義

本研究は，浮体が水平な状態に戻ろうとする力である復原力の大きさを安定性の指標とし，3D プリンターで作製した模型を用いて，V 字型セミサブ浮体の V 字配置角度と復原力の大きさの関係を

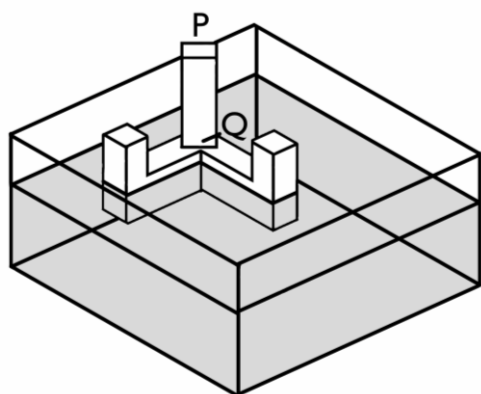
明らかにし、安定性の高い V 字配置角度を求めることを目的とした。

II. 手法

3D プリンターを用いて図 3 のような形状の模型を充填度 10% で印刷した。印刷した模型は底面から吸水する可能性があるため多用途接着剤を塗布し、防水処理を施した。



(図 3) 模型の形状



(図 4) 実験の様子

コラム間隔 L が 150 mm, V 字配置角度 α が 60° , 75° , 90° , 105° の模型を作製した。

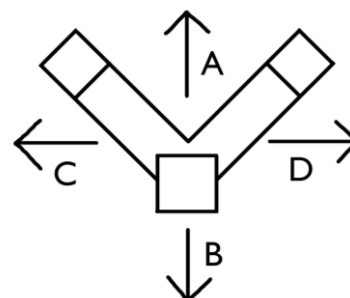
その後、模型を水槽上に浮かべ、図 4 の点 P に糸を用いて取り付けたスマートカートと、点 Q に取り付けた糸を水平方向に手で引いた。浮体が水平位置から 30° 傾いた位置で 5 秒間静止させ、その際にスマートカートで測定した張力の値の平均値を記録した。

III. 結果

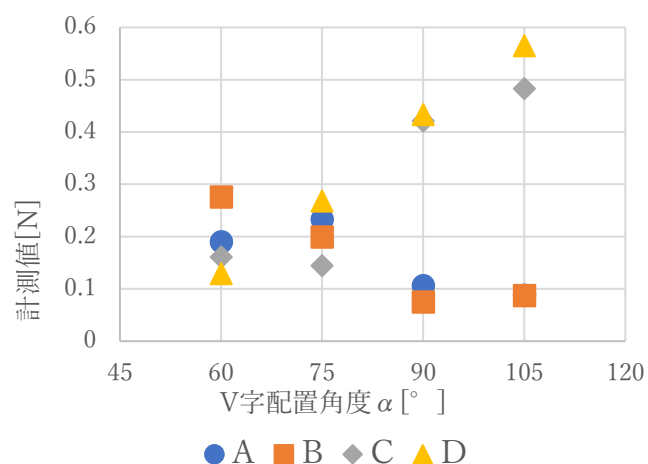
表 1 V 字配置角度とスマートカートの値

$\alpha [^\circ]$	A[N]	B[N]	C[N]	D[N]
60	0.190	0.276	0.161	0.129
75	0.233	0.199	0.144	0.268
90	0.106	0.075	0.421	0.433
105	0.088	0.087	0.483	0.565

表中の A, B, C, D は図 5 における方向と対応し、浮体に加えた力の方向を表している。



(図 5) 浮体を傾けた方向



(図 6) V 字配置角度とスマートカートの値

V 字配置角度 α が大きくなると、A および B 方向に傾けたときの張力は小さくなった一方、C および D 方向に傾けたときの張力は大きくなった。張力が最も大きくなったのは V 字配置角度が 75° のときであった。

IV. 考察

スマートカートで測定した張力の大きさは、点 P と浮体の重心の距離が V 字配置角度の影響をほとんど受けないことから、浮体の復原力の大きさと比例関係にあるとみなせる。したがって、4 方向の測定した張力のうち、最低値が最大となる時、浮体の安定性をもっとも高いと考えられる。

図 6 より、張力の最低値が最大になったのは、V 字配置角度が 75° のときである。したがって、本研究において模型を用意した中では、V 字配置角度が 75° の浮体をもっとも安定性が高いといえる。

これは太田ら(2014)の 90° がもっとも安定するという結果よりも小さい角度となっている。図 2 より太田ら(2014)では、Pitch すなわち A, B 方向の動揺角度は V 字配置角度による影響を受けていない。しかし、本研究の結果から、V 字配置角度を大きくすると、A, B 方向の復原力が小さくなることがわかり、A, B 方向の動揺角度は大きくなると考えられる。図 2 で Pitch の値が 60° から 75° の結果のように α に従って大きくなった場合、Roll と Pitch の値が等しくなる点は 75° から 90° の間になり、本研究の 75° がもっとも安定性が高いという結果は妥当であるといえる。

V. 結論

復原力の最低値が最も大きくなったのは V 字配置角度 α が 75° のときで、浮体の安定性をもっとも高いと考えられた。

本研究では、浮体の復原力と、波浪中での動揺性能の関係を調査できなかったため、今後の課題とする。

謝辞

中川雅斗先生には、本研究において多くのご助言を賜りました。深く感謝申し上げます。

文 献

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2014) :
NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第 2 版
太田 真・小松正夫・熊本 均・伊藤弘人 (2014) :

超大型風車を搭載する浮体構造物に関する技術検討 その 1 浅海域向け浮体式風車の概念設計. 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 19, 505 – 508.