

明 細 書

発明の名称： 洋上風車の浮体

技術分野

[0001] 本開示は、洋上風車の浮体に関する。

本願は、2020年6月30日に日本国特許庁に出願された特願2020-113070号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 洋上風車は、風力発電装置と、該風力発電装置を洋上に支持する浮体と、を含む。このような浮体の一例として、特許文献1には、3つのコラムと、該3つのコラム間を接続する2つの中空状のロワーハルと、を備え、2つのロワーハルが梁部材によって接続される浮体が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開2013/084856号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 梁部材は、2本のロワーハル間を接続することで、浮体の所定部分（2本のロワーハルが互いに接続されるロワーハル基部）への応力集中を低減させる補強部材として機能する。しかし、浮体に梁部材を設けると、梁部材は潮流や海流の影響を受けて、水平方向に作用する抗力を発生させる。この梁部材で発生する抗力は、浮体に作用する潮流荷重軽減の観点において、なるべく小さいことが望ましい。

[0005] 本開示は、上述の課題に鑑みてなされたものであって、補強部材としての機能を有しつつ、潮流や海流の影響によって発生する抗力を抑制できる梁部材を含む洋上風車の浮体を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本開示に係る洋上風車の浮体は、1本の第1コ

ラムと、2本の第2コラムと、前記第1コラムとそれぞれの前記第2コラムとを接続する2本のロワーハルと、前記2本のロワーハル間を接続する梁部材と、を備え、前記梁部材は、各々の前記ロワーハルの上面と下面との間の高さ範囲内に設けられる。

発明の効果

[0007] 本開示の洋上風車の浮体によれば、補強部材としての機能を有しつつ、潮流や海流の影響によって発生する抗力を抑制できる梁部材を含むことができる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]一実施形態に係る洋上風車の構成を示す斜視図である。
- [図2]一実施形態に係る梁部材の側面図である。
- [図3]一実施形態に係る梁部材の側面図である。
- [図4]一実施形態に係る梁部材の側面図である。
- [図5]一実施形態に係る梁部材の断面図である。
- [図6]一実施形態に係る梁部材の断面図である。
- [図7]一実施形態に係る梁部材の断面図である。
- [図8]一実施形態に係る板部材を説明するための図である。
- [図9]一実施形態に係る板部材を説明するための図である。
- [図10]一実施形態に係る板部材を説明するための図である。
- [図11]一実施形態に係る板部材を説明するための図である。
- [図12]一実施形態に係るロワーハルの断面図である。
- [図13]一実施形態に係るロワーハルの断面図である。
- [図14]一実施形態に係る1本の第1コラム及び2本の第2コラムの位置を説明するための説明図である。
- [図15]一実施形態に係る浮体の概略平面図である。
- [図16]一実施形態に係る第1ボイド空間及び第2ボイド空間の配置を示す図である。
- [図17]図16の第1ボイド空間を拡大した図である。

[図18]図16の第2ボイド空間を拡大した図である。

[図19]一実施形態に係る梁部材の構成を概略的に示す図である。

[図20]一実施形態に係る梁部材の構成を概略的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の実施の形態による洋上風車の浮体について、図面に基づいて説明する。かかる実施の形態は、本開示の一態様を示すものであり、この開示を限定するものではなく、本開示の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。

[0010] (洋上風車の構成)

図1は、一実施形態に係る洋上風車100の構成を示す斜視図である。図1に示すように、洋上風車100は、風力発電装置50と、該風力発電装置50を洋上に支持する浮体1と、を含む。

[0011] 風力発電装置50は、ナセル52と、ナセル52を下方から支持するタワー54と、ナセル52に対して回転可能に取り付けられたロータ56と、を備えている。ナセル52は、ヨー旋回座軸受を介してタワー54に旋回可能に取り付けられており、風向に応じてロータ56を配向する。図1に例示する形態では、風力発電装置50は、ロータ56が風上側に位置するようにナセル52の旋回制御が行われるアップウィンド式風車である。他の実施形態では、風力発電装置50は、ロータ56が風下側に位置するようにナセル52の旋回制御が行われるダウンウィンド式風車である。ロータ56は風を受けて回転し、ロータ56の回転エネルギーは不図示の発電機によって電力に変換されるようになっている。

[0012] (浮体の構成)

図1に示すように、浮体1は、1本の第1コラム2と、2本の第2コラム4と、第1コラム2とそれぞれの第2コラム4とを接続する2本のロワーハル6と、2本のロワーハル6間を接続する梁部材8と、を含む。このような浮体1は、平面視略A字状を有する。

[0013] 1本の第1コラム2及び2本の第2コラム4のそれぞれは、平面視におい

て、仮想三角形の各頂点を形成している。第1コラム2は、1本の第1コラム2及び2本の第2コラム4が作る平面視仮想二等辺三角形の頂角に位置している。図1に例示する形態では、1本の第1コラム2は、風力発電装置50が搭載されており、メインコラムに相当する。他方で、2本の第2コラム4は、風力発電装置50が搭載されておらず、サブコラムに相当する。尚、1本の第1コラム2及び2本の第2コラム4のそれぞれには、海底に固定されたアンカーに連結された係留索58が接続されている。

[0014] 図1に示すように、第1ローハル6A(6)は、平面視仮想二等辺三角形の2つの等辺のうち一方の等辺に沿って配置され、第2ローハル6B(6)は、平面視仮想二等辺三角形の2つの等辺のうち他方の等辺に沿って配置されている。1本の第1コラム2及び2本の第2コラム4が作る平面視仮想二等辺三角形の頂角は、特に限定されないが、浮体1の安定性を考慮して任意の角度範囲で設定されており、例えば、90度に設定される。

[0015] 図14は、一実施形態に係る1本の第1コラム2及び2本の第2コラム4の位置を説明するための説明図である。図14には、浮体1を平面視した場合の、第1コラム2及び2本の第2コラム4のそれぞれの位置が示されている。図14に例示する形態では、1本の第1コラム2及び2本の第2コラム4のそれぞれは、平面視において、第1コラム2が頂角 $\theta 1$ に対応する仮想二等辺三角形の各頂点を形成している。この頂角 $\theta 1$ は50度以上70度以下である。さらに好ましくは、この頂角 $\theta 1$ は55度以上65度以下である。図14に例示する形態では、頂角 $\theta 1$ は60度であり、仮想二等辺三角形は正三角形となっている。尚、図14において、仮想二等辺三角形の各頂点のそれぞれは、第1コラム2又は第2コラム4の中心に位置している(本開示は、図14に例示する第1コラム2の断面の形状、及び第2コラム4の断面の形状に限定されない)。

[0016] 以下、梁部材8から平面視仮想二等辺三角形の頂角に位置する第1コラム2に向かう方向を前方とし、その反対方向を後方とする。

[0017] ローハル6は、内部に空洞部10が形成されており、この空洞部10に

バラスト水が注入されることにより潜水可能に構成されている。そして、少なくとも空洞部 10 にバラスト水が注入された状態において、ローハル 6 は完全に水没し、その上面は喫水線よりも下方に位置するようになっている。ローハル 6 は、ローハル 6 の延在方向に直交する断面視において、ローハル 6 の外周縁が矩形状を有している。尚、図 12 及び図 13 に示すように、ローハル 6 は、ローハル 6 の長手方向に直交する断面視において、ローハル 6 の角部 15 が面取りされていてもよい。図 12 に例示するローハル 6 の場合、ローハル 6 の角部 15 とは、ローハル 6 の上面 12 と側面 13 とを接続する部分である。図 13 に例示するローハル 6 の場合、ローハル 6 の角部 15 とは、ローハル 6 の上面 12 と側面 13 とを接続する部分、及びローハル 6 の下面 14 と側面 13 とを接続する部分である（この場合、ローハル 6 の外周縁は八角形状を有している）。また、ローハル 6 の高さに対する幅の比は、ローハル 6 の全長に亘って一定であってもよいし、ローハル 6 の延在方向において変化する分布を有してもよい。

[0018] （梁部材の構成）

図 2 は、一実施形態に係る梁部材 8 の側面図である。図 2 に示すように、梁部材 8 は、各々のローハル 6 の上面 12 と下面 14 との間の高さ範囲 H 内に設けられる。

[0019] 図 2 に例示する形態では、梁部材 8 は、梁部材 8 の上面 16 がローハル 6 の上面 12 の高さに位置している。即ち、梁部材 8 は、梁部材 8 の上面 16 がローハル 6 の上面 12 と面一となるように配置されている。例えば製造公差に基づく誤差を許容する。この梁部材 8 は、梁部材 8 の下面 18 がローハル 6 の下面 14 よりも上方に位置している。このように、上記高さ範囲 H 内においてローハル 6 の上面 12 寄りに梁部材 8 を配置することで、浮体 1 の浮力中心の位置を上げて、浮体 1 をより安定した状態で洋上に浮かべることができる。

[0020] 尚、ローハル 6 の高さ範囲 H 内における梁部材 8 の位置は、図 2 に示し

た例に限定されない。

[0021] 例えば、図3に示す別の一実施形態では、梁部材8は、梁部材8の下面18がローハル6の下面14の高さに位置する。即ち、梁部材8は、梁部材8の下面18がローハル6の下面14と面一となるように配置されている。例えば製造公差に基づく誤差を許容する。図3に例示した梁部材8の構成によれば、浮体1を製造する際に、梁部材8とローハル6とを同じ平面上に配置することができる。このため、梁部材8又はローハル6の高さを盤木のような支持材で調整しなくて済み、浮体1の製造コストを削減することができる。

[0022] 図4に示す別の一実施形態では、梁部材8は、梁部材8の下面18がローハル6の下面14より上方に位置し、且つ梁部材8の上面16がローハル6の上面12より下方に位置する。そして、梁部材8の上面16がローハル6の中間高さの位置（ローハル6の上面12と下面14との中間に位置する）を挟んで梁部材8の下面18とは反対側に位置するように、梁部材8は2本のローハル6間を接続している。図4に例示した梁部材8の構成によれば、ローハル6から梁部材8に作用する力を、梁部材8がローハル6の上面12又は下面14に寄っているときに比べてバランスよく梁部材8の上面16と下面18とに分担するので、梁部材8のコンパクト化を実現できる。

[0023] 図5～7は、一実施形態に係る梁部材8の断面図である。図5～7に示すように、梁部材8の延在方向の直交方向に沿った断面内において、梁部材8の幅Aは梁部材8の高さBよりも大きい。具体的には、梁部材8の高さBに対する幅Aの比は、1.1以上2以下であってもよく、1.3以上1.6以下であってもよい。

[0024] このように、高さよりも幅の方が大きい断面形状の梁部材8を採用することで、梁部材8の下面18及び上面16のそれぞれを梁部材8の側面22（前面及び後面のそれぞれ）よりも面積を大きくし、梁部材8が海水から受ける上下方向の抗力を増加させることができる。このため、梁部材8による浮

体 1 の動揺の低減効果をさらに高めることができる。

[0025] 尚、梁部材 8 の高さに対する幅の比は、梁部材 8 の全長に亘って一定であってもよいし、梁部材 8 の延在方向において変化する分布を有してもよい。例えば、図 1 に示すように、梁部材 8 の高さに対する幅の比 (> 1) は、各々のロワーハル 6 と接続される接続部 3 3 を除く梁部材 8 の全部が梁部材 8 の全長に亘って一定であってもよい。また、梁部材 8 は、非中空であるように構成されてもよいし、内部に空間が形成されてもよい。

[0026] 図 5 に例示する形態では、梁部材 8 は、該梁部材 8 の延在方向に直交する断面視において、梁部材 8 の外周縁 2 0 が矩形状を有する。梁部材 8 の断面形状を矩形状とすることで、外周縁がオーバル形状（円形状、楕円形状、卵形状、又は長円形状など）である断面を有する梁部材を採用する場合に比べて、浮体 1 の動揺の低減効果をさらに高めることができる。仮に、梁部材 8 の外周縁 2 0 がオーバル形状であると、梁部材 8 が上下方向に移動した際に、梁部材 8 が流体（海水）から受ける抗力は比較的小さい。これに対して、図 5 に例示した梁部材 8 の構成によれば、梁部材 8 の外周縁 2 0 を矩形状とすることで、梁部材 8 が海水から受ける抗力が増大する。このため、梁部材 8 による浮体 1 の動揺の低減効果をさらに高めることができる。尚、本明細書において、「矩形」とは、互いに隣接する 2 辺によって形成される角度が 90 度となる形状を差す。このため、梁部材 8 の外周縁 2 0 の形状は、図 5 に示すように長方形であってもよいし、正方形であってもよい。

[0027] 尚、梁部材 8 の外周縁 2 0 は矩形状に限定されない。別の実施形態では、図 6 及び図 7 に示すように、梁部材 8 は、該梁部材 8 の延在方向に直交する断面視において、梁部材 8 の角部 3 4 が面取りされている。本開示において、梁部材 8 の角部 3 4 とは、梁部材 8 の上面 1 6 と側面 2 2 とを接続する部分、又は梁部材 8 の下面 1 8 と側面 2 2 とを接続する部分である。

[0028] 図 6 に例示する形態では、梁部材 8 の角部 3 4 は、梁部材 8 の上面 1 6 と前面 2 2 A とを接続する第 1 角部 3 4 A (3 4) と、梁部材 8 の上面 1 6 と後面 2 2 B とを接続する第 2 角部 3 4 B (3 4) と、を含む。第 1 角部 3 4

A及び第2角部34Bのそれぞれは、凹凸が形成されない平坦な面であって、湾曲していない面を構成している。

[0029] 図7に例示する形態では、梁部材8の延在方向に直交する断面視において、梁部材8の外周縁20が八角形状を有する。言い換えると、梁部材8の角部34は、梁部材8の上面16と前面22Aとを接続する第1角部34A(34)と、梁部材8の上面16と後面22Bとを接続する第2角部34B(34)と、梁部材8の下面18と前面22Aとを接続する第3角部34C(34)と、梁部材8の下面18と後面22Bとを接続する第4角部34D(34)と、を含む。第1角部34A、第2角部34B、第3角部34C、及び第4角部34Dのそれぞれは、凹凸が形成されない平坦な面であって、湾曲していない面を構成している。

[0030] 図6及び図7に例示した構成によれば、梁部材8の角部34が面取りされていることで、潮流や海流などが梁部材8の前面22Aや後面22Bに衝突した際に、この潮流や海流などを梁部材8の上方や下方にスムーズに案内する。このため、潮流や海流の影響によって梁部材8に発生する抗力を低減することができる。

[0031] 図8は、一実施形態に係る板部材24を説明するための図である。浮体1は、板形状を有する板部材24をさらに備えてもよい。図8に示すように、この板部材24は、ステイ23を介して、板部材24と梁部材8の側面22との間に隙間25が形成されるように配置される。より具体的には、板部材24は、梁部材8の前面22A(22)との間に第1隙間27(25)が形成されるように配置される第1板部材26(24)と、梁部材8の後面22B(22)との間に第2隙間29(25)が形成されるように配置される第2板部材28(24)と、を含む。第1板部材26は、梁部材8から前方に張り出すように配置されている。この第1板部材26の下面30は、梁部材8の下面18の高さに位置している。第2板部材28は、梁部材8から後方に張り出すように配置されている。この第2板部材28の下面32は、梁部材8の下面18の高さに位置している。

- [0032] 図8に例示した構成によれば、板部材24と梁部材8との間の隙間25を介して海水が流れる際、この海水の流れが乱れて渦が形成される。また、板部材24は、板部材24の下面が梁部材8の下面18の高さ位置しているため、隙間25を流れる海水を梁部材8の側面22及び下面18の両方によってさらに乱し、渦の形成が促進される。渦の形成は海水（波浪）の運動エネルギーを消費するため、板部材24の設置によって梁部材8が波浪から受け取る運動エネルギーは減少する。こうして、板部材24を設けるといった簡単な構成で梁部材8の動揺を抑制できる。
- [0033] 尚、板部材24の配置は、図8に示した例に限定されない。図9～11は、一実施形態に係る板部材24を説明するための図である。
- [0034] 図9～11に示すように、梁部材8は、該梁部材8の延在方向に直交する断面視において、梁部材8の角部34が面取りされている。そして、板部材24は、ステイ23を介して、板部材24とこの梁部材8の側面22との間に隙間25が形成されるように配置されてもよい。図10に示すように、板部材24は、梁部材8の下面18の高さより下方に突出するように配置されてもよい。また、図11に示すように、第1板部材26は、前後方向において第1板部材26の後面36と梁部材8の前面22Aとが互いに同じ位置となるように配置されてもよい。このとき、第2板部材28は、前後方向において第2板部材28の前面38と梁部材8の後面22Bとが互いに同じ位置となっている。
- [0035] ところで、本開示において、梁部材8と各々のロワーハル6とが接続される接続部33の位置は特に限定されないが、図1に示すように、接続部33は、各々のロワーハル6の側面（梁部材8が接続される側の面）の長手方向の中点Pよりも第2コラム4（サブコラム）側に位置する。このような構成によれば、第1コラム2（メインコラム）には風力発電装置50が搭載されるため、洋上風車100全体としての揺動中心が浮体1の平面視において相対的に第1コラム2寄りに位置する。このため、上述のように、接続部33をロワーハル6の中点Pよりも第2コラム4（サブコラム）側に設けること

で、洋上風車 100 全体としての揺動中心から十分に離して梁部材 8 を配置することが可能となり、梁部材 8 による動揺の低減効果を増大させることができる。

[0036] 尚、図 1 に例示する実施形態では、第 1 コラム 2 に風力発電装置 50 が搭載されていたが、他の実施形態では、第 1 コラム 2 は風力発電装置 50 が搭載されないサブコラムであり、第 2 コラム 4 は風力発電装置 50 が搭載されるメインコラムである。この場合において、梁部材 8 と各々のロワーハル 6 との接続部 33 は、各々のロワーハル 6 の長手方向の中点 P よりも第 1 コラム 2 (サブコラム) 側に位置してもよい。

[0037] (作用・効果)

本開示の一実施形態に係る洋上風車 100 の浮体 1 の作用・効果について説明する。一実施形態によれば、梁部材 8 は、2 本のロワーハル 6 間を接続するので、2 本のロワーハル 6 が接続される第 1 コラム 2 への応力集中を低減し、補強部材としての機能を有することができる。また、梁部材 8 は、各々のロワーハル 6 の上面 12 と下面 14 との間の高さ範囲 H 内に設けられるので、梁部材 8 の一部又は全部が高さ範囲 H 外に設けられる場合と比較して、梁部材 8 に対する潮流や海流の影響を低減することができる。よって、補強部材としての機能を有しつつ、潮流や海流の影響によって発生する抗力を抑制できる梁部材 8 を含む、洋上風車 100 の浮体 1 を提供することができる。

[0038] 一実施形態では、図 2～図 4、図 12、及び図 13 に示すように、ロワーハル 6 の延在方向に直交する断面は、多角形状を有する。図 2～図 4 に例示する形態では、ロワーハル 6 の断面は、水平方向に長手形状を有する長方形形状を有している。図 12 に例示する形態では、ロワーハル 6 の断面は六角形状を有している。図 13 に例示する形態では、ロワーハル 6 の断面は八角形状を有している。図 2～図 4、図 12、図 13 に例示する形態によれば、複数の平板状のパネルを用意し、これらのパネルを互いに接続（例えば、自動溶接）させることでロワーハル 6 を製作することができる。よって、ロワー

ハル 6 の製作を容易化し、コスト削減を図ることができる。

[0039] 図 1 5 は、一実施形態に係る浮体 1 の概略平面図である。一実施形態では、図 1 5 に示すように、第 1 コラム 2 の延在方向に直交する断面である第 1 コラム断面 6 0 は、多角形状を有する。図 1 5 に例示する形態では、第 1 コラム断面 6 0 は、六角形状を有する。一実施形態では、図 1 5 に示すように、第 2 コラム 4 の延在方向に直交する断面である第 2 コラム断面 7 6 は、多角形状を有する。図 1 5 に例示する形態では、第 2 コラム断面 7 6 は、ローワーハル 6 の延在方向に長手形状を有する長方形と有している。図 1 5 に例示する形態によれば、第 1 コラム 2 及び第 2 コラム 4 のそれぞれを複数の平板上のパネルで製作することができるので、第 1 コラム 2 及び第 2 コラム 4 のそれぞれの製作を容易化し、コスト削減を図ることができる。

[0040] 一実施形態では、図 1 5 に示すように、2 本のローワーハル 6 は、それぞれ、第 1 コラム断面 6 0 の多角形状を構成する互いに隣接しない 2 つの辺 6 2 に対応する第 1 コラム 2 の 2 つの外側面 6 3 に接続される。つまり、第 1 コラム 2 への 2 本のローワーハル 6 の接続箇所は、それぞれ、第 1 コラム断面 6 0 の多角形状のうち互いに隣接しない 2 つの辺 6 2 である。図 1 5 に例示する形態では、第 1 コラム断面 6 0 は、2 つの辺 6 2 の間に位置する 1 つの辺 6 6 を含んでいる。第 1 コラム 2 への 2 本のローワーハル 6 の接続箇所は、応力集中が起きやすい部分である。図 1 5 に例示する形態によれば、2 本のローワーハル 6 間には、1 つの辺 6 6 に対応する第 1 コラム 2 の外側面が 1 つ介在しており、2 本のローワーハル 6 間に第 1 コラム 2 の外側面が介在しない場合と比較して、この接続箇所への応力集中を低減させることができる。

[0041] 一実施形態では、図 1 5 に示すように、2 本のローワーハル 6 は、それぞれ、梁部材 8 の両端がそれぞれ接続される内側面 6 8 と、内側面 6 8 とは反対側の外側面 7 0 と、を含む。ローワーハル 6 の内側面 6 8 は、平面視において浮体 1 の内側に位置する。ローワーハル 6 の外側面 7 0 は、平面視において浮体 1 の外側に位置する。そして、2 本のローワーハル 6 の外側面 7 0 は、それぞれ、第 1 コラム断面 6 0 の多角形状の何れか 2 つの辺の延長線上にて延在

する。図15に例示する形態では、2本のローハル6の外側面70は、それぞれ、辺62を挟んで辺66とは反対側に位置するように辺62に接続される辺72の延長線上にて延在している。図15に例示する形態によれば、ローハル6は、ローハル6の外側面70が第1コラム断面60の辺72に対応する外面に対して平坦であるように、第1コラム2に接続される。このため、ローハル6の外側面70が第1コラム断面60の辺72に対応する外面に対して平坦でない場合と比較して、浮体1の製作を容易化し、コストを削減することができる。

[0042] 一実施形態では、図15に示すように、第1コラム断面60の多角形状は、2本のローハル6とは反対側において2つの辺72を接続する他の1以上の辺74を有する。辺74は、ローハル6の延在方向において、辺62を挟んでローハル6とは反対側に位置する。図15に例示する形態では、第1コラム断面60の多角形状は、辺74を1つ有する。第1コラム断面60は、2本のローハル6とは反対側において2つの辺72を接続する他の1以上の辺を有さない場合、図15において点線で示すように、2本のローハル6とは反対側に向かうにつれて先細りとなる形状を有することになる。このため、図15に例示する形態によれば、第1コラム断面60が2本のローハル6とは反対側に向かうにつれて先細りとなる場合と比較して、第1コラム断面60の面積を小さくし、浮体1のコストを削減することができる。

[0043] 一実施形態では、図15に示すように、第2コラム断面76の長辺78の長さは、ローハル6の幅の寸法より大きい。ローハル6の幅方向は、ローハル6の延在方向と直交する方向である。浮体1の安定性を高める（浮体1が転倒しないようにする）ためには、第1コラム2と第2コラム4との間の距離を一定値以上にすることが望ましい。図15に例示する形態によれば、ローハル6は、ローハル6の内側面68及び外側面70のそれぞれを第2コラム4の2つの長辺78に対応する側面のそれぞれに対して平坦にしたまま、延在方向に長く延びる形状を有することができる。つまり、第1

コラム 2 と第 2 コラム 4 との間の距離を一定値以上にするることによる浮体 1 の安定性の向上と、ローハル 6 の内側面 6 8 及び外側面 7 0 のそれぞれを第 2 コラム 4 の 2 つの側面のそれぞれに対して平坦にするることによる浮体 1 の製作を容易化し、コストを削減することができる。

[0044] 図 1 6 は、一実施形態に係る第 1 ボイド空間 8 0 及び第 2 ボイド空間 8 2 の配置を示す図である。図 1 7 は、図 1 6 の第 1 ボイド空間 8 0 を拡大した図である。図 1 8 は、図 1 6 の第 2 ボイド空間 8 2 を拡大した図である。図 1 6 に例示する形態では、ローハル 6 は第 1 ボイド空間 8 0 と第 2 ボイド空間 8 2 との両方を有しているが、本開示はこの形態に限定されない。別の実施形態では、ローハル 6 は第 1 ボイド空間 8 0 及び第 2 ボイド空間 8 2 のうち何れか一方を有する。

[0045] 一実施形態では、図 1 6 に示すように、各々のローハル 6 は、バラスト水を貯留可能なバラスト空間 8 4 と、バラスト空間 8 4 とは別に形成される第 1 ボイド空間 8 0 と、を有する。そして、図 1 7 に示すように、第 1 ボイド空間 8 0 は、ローハル 6 と梁部材 8 との接続部 3 3 に面する第 1 接続領域 R 1 に面している。

[0046] 図 1 7 に例示する形態では、第 1 ボイド空間 8 0 は、バラスト空間 8 4 内において、ローハル 6 の内側面 6 8 を構成する内側パネル壁 8 8 と、この内側パネル壁 8 8 を挟んで梁部材 8 とは反対側に設けられる第 1 ボイド壁 9 0 とによって囲われることで形成されている。このように第 1 ボイド空間 8 0 は、バラスト空間 8 4 から独立して形成された空間である。第 1 接続領域 R 1 は、内側パネル壁 8 8 の内側面 6 8 とは反対側の反対面 9 2 のうち梁部材 8 の先端 9 3 を内側パネル壁 8 8 側に延ばした仮想の先端領域が通過する部分である。

[0047] 第 1 接続領域 R 1 は、応力が集中しやすい領域であり、定期的に検査されることが望ましい。この第 1 接続領域 R 1 がバラスト空間 8 4 に形成されている場合、第 1 接続領域 R 1 の検査のためにバラスト水を排水する必要がある。図 1 6 及び図 1 7 に例示する形態によれば、第 1 接続領域 R 1 が第 1 ボ

イド空間 80 に形成されているので、この第 1 接続領域 R 1 を検査する際にバラスト水を排水する必要がなく、検査にかかるコストを低減することができる。

[0048] 図 17 に例示する形態では、第 1 接続領域 R 1 は接続部 33 の全部に面していたが、本開示はこの形態に限定されない。図 17 に例示するように、梁部材 8 が、梁部材 8 の表面を構成する表面部材 94 を含み、梁部材 8 の先端 93 は延在方向視において内部が空間になっている場合がある。例えば、梁部材 8 の先端 93 は延在方向視においてリング形状を有する。幾つかの実施形態では、第 1 ボイド空間 80 は、内側パネル壁 88 の反対面 92 のうち梁部材 8 の表面部材 94 の先端を内側パネル壁 88 側に延ばした仮想の先端領域が通過する第 3 接続領域 R 3 に面している。このような構成によれば、応力が特にしやすい第 3 接続領域 R 3 を容易に検査することができる。

[0049] 幾つかの実施形態では、第 1 ボイド空間 80 内には、接続部 33 の状態を取得するためのセンサが設けられている。センサは、例えば、ひずみゲージであり、タワー 54 内に設けられている送信設備と有線接続されており、センサが取得した情報を送信設備に送信する。送信設備は、センサから取得した情報を、通信ケーブル又は電波を用いて洋上風車 100 から離れた位置にある監視装置に送信する。

[0050] 一実施形態では、図 16 に示すように、各々のロワーハル 6 は、バラスト空間 84 と、バラスト空間 84 及び第 1 ボイド空間 80 のそれぞれとは別に形成される第 2 ボイド空間 82 と、を有する。そして、図 18 に示すように、第 2 ボイド空間 82 は、ロワーハル 6 と第 1 コラム 2 との接続部分に面する第 2 接続領域 R 2 に面している。

[0051] 図 18 に例示する形態では、第 2 ボイド空間 82 は、バラスト空間 84 内において、内側パネル壁 88 と、ロワーハル 6 の外側面 70 を構成する外側パネル壁 98 と、辺 62 に対応する第 1 コラム 2 の外面 63 を構成する外面部材 101 と、この外面 63 に対向する面を有する第 2 ボイド壁 102 と、によって囲われることで形成されている。このように第 2 ボイド空間 82 は

、バラスト空間 8 4 から独立して形成された空間である。第 2 接続領域 R 2 は、辺 6 2 に対応する第 1 コラム 2 の外面 6 3 全体である。

[0052] 第 2 接続領域 R 2 は、応力が集中しやすい領域であり、定期的に検査されることが望ましい。この第 2 接続領域 R 2 がバラスト空間 8 4 に形成されている場合、第 2 接続領域 R 2 の検査のためにバラスト水を排水する必要がある。図 1 6 及び図 1 8 に例示する形態によれば、第 2 接続領域 R 2 が第 2 ボイド空間 8 2 に形成されているので、この第 2 接続領域 R 2 を検査する際にバラスト水を排水する必要がなく、検査にかかるコストを低減することができる。

[0053] 図 1 8 に例示する形態では、第 2 接続領域 R 2 は辺 6 2 に対応する第 1 コラム 2 の外面 6 3 全体に面していたが、本開示はこの形態に限定されない。幾つかの実施形態では、第 2 ボイド空間 8 2 は、ローハル 6 の内側パネル壁 8 8 と辺 6 2 に対応する第 1 コラム 2 の外面 6 3 とによって形成される角部（図 1 8 参照、点線で囲った部分）に面している。このような構成によれば、応力が特にしやすい角部を容易に検査することができる。

[0054] 幾つかの実施形態では、第 2 ボイド空間 8 2 内には、第 1 コラム 2 とローハル 6 との接続状態を取得するためのセンサが設けられている。センサは、例えば、ひずみゲージであり、タワー 5 4 内に設けられている送信設備と有線接続されており、センサが取得した情報を送信設備に送信する。送信設備は、センサから取得した情報を、通信ケーブル又は電波を用いて洋上風車 1 0 0 から離れた位置にある監視装置に送信する。

[0055] 図 1 9 及び図 2 0 は、一実施形態に係る梁部材 8 の構成を概略的に示す図である。図 1 9 に例示する梁部材 8 は、図 3 に例示した梁部材 8 の構成をさらに限定したものである。つまり、図 1 9 に例示する梁部材 8 は、梁部材 8 の下面 1 8 がローハル 6 の下面 1 4 の高さに位置する。図 2 0 に例示する梁部材 8 は、図 2 に例示した梁部材 8 の構成をさらに限定したものである。つまり、図 2 0 に例示する梁部材 8 は、梁部材 8 の上面 1 6 がローハル 6 の上面 1 2 の高さに位置している。

- [0056] 一実施形態では、図19に例示するように、梁部材8は、通水可能な内部空間104を有する中空構造である。そして、この梁部材8は、梁部材8を除く浮体1の浮心P1より下方に位置する体積中心P2を有する。図19に例示する形態では、梁部材8の上面16と下面18には、内部空間104と外部とを連通する連通孔106が形成されている。尚、連通孔106の構成（例えば、位置や数）は、図19に例示する形態に限定されない。
- [0057] 図19に例示する形態によれば、梁部材8の体積中心P2が梁部材8を除く浮体1の浮心P1より下方に位置する場合には、浮体1を水面に浮かべた際に、内部空間104に通水された梁部材8は、内部空間104への通水不可の梁部材8と比較して浮力が小さくなり、浮体1の浮心P1を高くする。浮体1の浮心P1を高くすると、浮体1のメタセンタの位置が高くなり、浮体1のメタセンタと重心との距離が大きくなり、浮体1の復原力を大きくすることができる。
- [0058] 一実施形態では、図20に例示するように、梁部材8は、水密な内部空間104を有する中空構造である。そして、この梁部材8は、梁部材8を除く浮体1の浮心P1より上方に位置する体積中心P2を有する。
- [0059] 図20に例示する形態によれば、梁部材8の体積中心P2が梁部材8を除く浮体1の浮心P1より上方に位置する場合には、梁部材8を水密な中空構造とすることで、浮体1を水面に浮かべた際に、浮体1の浮心P1を高くする。浮体1の浮心P1を高くすると、浮体1のメタセンタの位置が高くなり、浮体1のメタセンタと重心との距離が大きくなり、浮体1の復原力を大きくすることができる。
- [0060] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。
- [0061] (1) 本開示に係る洋上風車(100)の浮体(1)は、1本の第1コラム(2)と、2本の第2コラム(4)と、前記第1コラムとそれぞれの前記第2コラムとを接続する2本のロワーハル(6)と、前記2本のロワーハル間を接続する梁部材(8)と、を備え、前記梁部材は、各々の前記ロワーハルの上面(12)と下面(14)との間の高さ範囲内に設けられる。

- [0062] 上記（１）に記載の構成によれば、梁部材は、２本のローハル間を接続するので、２本のローハルが接続される第１コラムへの応力集中を低減し、補強部材としての機能を有することができる。また、梁部材は、各々のローハルの上面と下面との間の高さ範囲内に設けられるので、梁部材の一部又は全部が高さ範囲外に設けられる場合と比較して、梁部材に対する潮流や海流の影響を低減することができる。よって、補強部材としての機能を有しつつ、潮流や海流の影響によって発生する抗力を抑制できる梁部材を含む、洋上風車の浮体を提供することができる。
- [0063] （２）幾つかの実施形態では、上記（１）に記載の構成において、前記梁部材の少なくとも一部は、該梁部材の延在方向に直交する断面視において、前記梁部材の幅が前記梁部材の高さよりも大きい。
- [0064] 上記（２）に記載の構成によれば、梁部材の少なくとも一部の上面及び下面の面積を大きくすることで、梁部材が上下方向に移動した際に、流体（海水）から受ける抵抗力を高めることになる。このため、梁部材の上下方向の移動が抑制され、梁部材による浮体の動揺の低減効果を高めることができる。
- [0065] （３）幾つかの実施形態では、上記（１）又は（２）に記載の構成において、前記梁部材は、該梁部材の延在方向に直交する断面視において、前記梁部材の外周縁（２０）が矩形状を有する。
- [0066] 上記（３）に記載の構成によれば、梁部材の外周縁を矩形状とすることで、梁部材が上下方向に移動した際に、流体（海水）から受ける抵抗力を高めることになる。このため、梁部材の上下方向の移動が抑制され、梁部材による浮体の動揺の低減効果を高めることができる。
- [0067] （４）幾つかの実施形態では、上記（３）に記載の構成において、前記梁部材は、該梁部材の延在方向に直交する断面視において、前記梁部材の角部（３４）が面取りされている。
- [0068] 上記（４）に記載の構成によれば、潮流や海流などが梁部材の側面に衝突した際に、この潮流や海流などを梁部材の上方や下方にスムーズに案内する。このため、潮流や海流の影響によって梁部材に発生する抗力を低減するこ

とができる。

- [0069] (5) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(4)の何れか1つに記載の構成において、前記梁部材は、前記梁部材の上面(16)が前記ローハルの前記上面の高さに位置する。
- [0070] 上記(5)に記載の構成によれば、浮体の浮力中心の位置を上げて、浮体をより安定した状態で洋上に浮かべることができる。
- [0071] (6) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(5)の何れか1つに記載の構成において、前記梁部材は、前記梁部材の下面(18)が前記ローハルの前記下面の高さに位置する。
- [0072] 上記(6)に記載の構成によれば、浮体を製造する際に、梁部材とローハルとを同じ平面上に配置することができる。このため、梁部材又はローハルの高さを盤木のような支持材で調整しなくて済み、浮体の製造コストを削減することができる。
- [0073] (7) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(4)の何れか1つに記載の構成において、前記梁部材は、前記梁部材の下面が前記ローハルの前記下面より上方に位置し、且つ前記梁部材の上面が前記ローハルの前記上面より下方に位置する。
- [0074] 上記(7)に記載の構成によれば、ローハルから梁部材の上面に分担される力と、ローハルから梁部材の下面に分担される力との差を小さくして、梁部材の寸法を最適化することができる。
- [0075] (8) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(7)の何れか1つに記載の構成において、1本の前記第1コラム又は2本の前記第2コラムの一方は風力発電装置(50)が搭載されるメインコラムであり、1本の前記第1コラム又は2本の前記第2コラムの他方は風力発電装置が搭載されないサブコラムであり、前記梁部材と各々の前記ローハルとの接続部(32)は、各々の前記ローハルの長手方向の midpoint よりも前記サブコラム側に位置する。
- [0076] 上記(8)に記載の構成によれば、メインコラムには風力発電装置が搭載されるため、洋上風車全体としての揺動中心が浮体の平面視において相対的

にメインコラム寄りに位置する。このため、上述のように、接続部をローハルの中点よりもサブコラム側に設けることで、洋上風車全体としての揺動中心から十分に離して梁部材を配置することが可能となり、梁部材による浮体の動揺の低減効果を増大させることができる。

[0077] (9) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(8)の何れか1つに記載の構成において、板形状を有する板部材(24)をさらに備え、前記板部材は、前記板部材と前記梁部材の側面(22)との間に隙間が形成されるように配置される。

[0078] 上記(9)に記載の構成によれば、板部材と梁部材との間の隙間25を介して流体(海水)が流れる際、この海水の流れが乱れて渦が形成される。渦の形成は海水(波浪)の運動エネルギーを消費するため、板部材の設置によって梁部材が波浪から受け取る運動エネルギーは減少する。こうして、板部材を設けるという簡単な構成で梁部材の動揺を抑制できる。

[0079] (10) 幾つかの実施形態では、上記(9)に記載の構成において、前記板部材は、前記板部材の下面(30, 32)が前記梁部材の下面の高さに位置する。

[0080] 上記(10)に記載の構成によれば、隙間を流れる流体(海水)を梁部材の側面及び下面の両方によってさらに乱し、渦の形成が促進される。このため、梁部材の動揺をさらに抑制できる。

[0081] (11) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(10)の何れか1つに記載の構成において、前記ローハルは、該ローハルの延在方向に直交する断面視において、前記ローハルの角部(15)が面取りされている。

[0082] 上記(11)に記載の構成によれば、潮流や海流などがローハルの側面に衝突した際に、この潮流や海流などをローハルの上方や下方にスムーズに案内する。このため、潮流や海流の影響によってローハルに発生する抗力を低減することができる。

[0083] (12) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(11)の何れか1つに記載の構成において、1本の前記第1コラム及び2本の前記第2コラムのそ

れぞれは、平面視において、前記第1コラムが頂角（ $\theta 1$ ）に対応する仮想二等辺三角形の各頂点を形成し、前記頂角は、50度以上70度以下である。

[0084] 上記（12）に記載の構成によれば、1本の第1コラム及び2本の第2コラムのそれぞれによって形成される仮想二等辺三角形が、正三角形又は正三角形に近似した三角形になる。よって、浮体の傾斜方向の違いによる復原力の差を小さくし、安定した復原力を発揮させることができる。

[0085] （13）幾つかの実施形態では、上記（1）から（12）の何れか1つに記載の構成において、前記第1コラムの延在方向に直交する断面、前記第2コラムの延在方向に直交する断面、及び、前記ローハルの延在方向に直交する断面のうちの少なくとも1つは、多角形状を有する。

[0086] 上記（13）に記載の構成によれば、複数の平板状のパネルを用意し、これらのパネルを互いに接続（例えば、自動溶接）させることで第1コラム、第2コラム、又はローハルを製作することができる。よって、第1コラム、第2コラム、又はローハルの製作を容易化し、コスト削減を図ることができる。

[0087] （14）幾つかの実施形態では、上記（13）に記載の構成において、前記第1コラムの延在方向に直交する断面である第1コラム断面（60）は多角形状を有し、

前記2本のローハルは、それぞれ、前記多角形状を構成する互いに隣接しない2つの辺（62）に対応する前記第1コラムの2つの外面に接続される。

[0088] 上記（14）に記載の構成によれば、2本のローハル間には第1コラムの外面が少なくとも1つ介在しており、2本のローハル間に第1コラムの外面が介在しない場合と比較して、応力集中を低減させることができる。

[0089] （15）幾つかの実施形態では、上記（13）又は（14）に記載の構成において、

前記第1コラムの延在方向に直交する断面である第1コラム断面は多角形

状を有し、

前記2本のロワーハルは、それぞれ、前記梁部材の両端がそれぞれ接続される内側面（68）と、前記内側面とは反対側の外側面（70）と、を含み、

前記2本のロワーハルの前記外側面は、それぞれ、前記多角形状の何れか2つの辺（72）の延長線上にて延在する。

[0090] 上記（15）に記載の構成によれば、ロワーハルは、ロワーハルの外側面が第1コラム断面に対して平坦であるように、第1コラムに接続される。ロワーハルの外側面が第1コラム断面に対して平坦でない場合と比較して、浮体の製作を容易化し、コストを削減することができる。

[0091] （16）幾つかの実施形態では、上記（15）に記載の構成において、前記多角形状は、前記2本のロワーハルとは反対側において前記2つの辺を接続する他の1以上の辺（74）を有する。

[0092] 第1コラム断面は、2本のロワーハルとは反対側において2つの辺を接続する他の1以上の辺を有さない場合、2本のロワーハルとは反対側に向かうにつれて先細りとなる形状を有することになる。上記（16）に記載の構成によれば、第1コラム断面が2本のロワーハルとは反対側に向かうにつれて先細りとなる場合と比較して、第1コラム断面の面積を小さくし、浮体のコストを削減することができる。

[0093] （17）幾つかの実施形態では、上記（13）から（16）の何れか1つに記載の構成において、

前記第2コラムの延在方向に直交する断面である第2コラム断面（76）は長方形形状を有し、

前記第2コラム断面の長辺の長さは、前記ロワーハルの幅の寸法より大きい。

[0094] 浮体の安定性を高める（浮体が転倒しないようにする）ためには、第1コラムと第2コラムとの間の距離を一定値以上にすることが望ましい。上記（17）に記載の構成によれば、ロワーハルは、ロワーハルの側面を第2コラ

ムの側面（平面視において長辺となる面）に対して平坦にしたまま、延在方向に長く延びる形状を有することができる。つまり、第1コラムと第2コラムとの間の距離を一定値以上にするによる浮体の安定性の向上と、ローハルの側面を第2コラムの側面に対して平坦にするによる浮体の製作を容易化し、コストを削減することができる。

[0095] (18) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(17)の何れか1つに記載の構成において、

各々の前記ローハルは、

バラスト水を貯留可能なバラスト空間(84)と、

前記バラスト空間とは別に形成され、前記ローハルと前記梁部材との接続部の少なくとも一部に面する領域(R1)に面する第1ボイド空間(80)と、を有する。

[0096] ローハルと梁部材との接続部に面する領域(第1接続領域)は、応力が集中しやすい領域であり、定期的に検査されることが望ましい。この第1接続領域がバラスト空間に形成されている場合、第1接続領域の検査のためにバラスト水を排水する必要がある。上記(18)に記載の構成によれば、第1ボイド空間は、ローハルと梁部材との接続部の少なくとも一部に面する領域に面しているので、この領域を検査する際にバラスト水を排水する必要がなく、検査にかかるコストを低減することができる。

[0097] (19) 幾つかの実施形態では、上記(1)から(18)の何れか1つに記載の構成において、

各々の前記ローハルは、

バラスト水を貯留可能なバラスト空間と、

前記バラスト空間とは別に形成され、前記ローハルと前記第1コラムとの接続部の少なくとも一部に面する領域(R2)に面する第2ボイド空間(82)と、を有する。

[0098] ローハルと第1コラムとの接続部に面する領域(第2接続領域)は、応力が集中しやすい領域であり、定期的に検査されることが望ましい。この第

2 接続領域がバラスト空間に形成されている場合、第2 接続領域の検査のためにバラスト水を排水する必要がある。上記（19）に記載の構成によれば、第2 ボイド空間は、ロワーハルと第1 コラムとの接続部の少なくとも一部に面する領域に面しているので、この領域を検査する際にバラスト水を排水する必要がなく、検査にかかるコストを低減することができる。

[0099] （20）幾つかの実施形態では、上記（1）から（19）の何れか1つに記載の構成において、

前記梁部材は、通水可能な内部空間（104）を有する中空構造であり、前記梁部材を除く前記浮体の浮心（P1）より下方に位置する体積中心（P2）を有する。

[0100] 上記（20）に記載の構成によれば、梁部材の体積中心が梁部材を除く浮体の浮心より下方に位置する場合には、浮体を水面に浮かべた際に、梁部材の内部空間に通水され、梁部材の浮力が小さくなり、浮体の浮心を高くする。浮体の浮心を高くすると、浮体のメタセンタの位置が高くなり、浮体のメタセンタと重心との距離が大きくなり、復原力を大きくすることができる。

[0101] （21）幾つかの実施形態では、上記（1）から（19）の何れか1つに記載の構成において、

前記梁部材は、水密な内部空間を有する中空構造であり、前記梁部材を除く前記浮体の浮心より上方に位置する体積中心を有する。

[0102] 上記（21）に記載の構成によれば、梁部材の体積中心が梁部材を除く浮体の浮心より上方に位置する場合には、梁部材を水密な中空構造とすることで、浮体を水面に浮かべた際に、浮体の浮心を高くする。浮体の浮心を高くすると、浮体のメタセンタの位置が高くなり、浮体のメタセンタと重心との距離が大きくなり、復原力を大きくすることができる。

符号の説明

[0103] 1 浮体
2 第1 コラム
4 第2 コラム

6	ローハル
8	梁部材
1 2	ローハルの上面
1 4	ローハルの下面
1 5	ローハルの角部
1 6	梁部材の上面
1 8	梁部材の下面
2 0	梁部材の外周縁
2 2	梁部材の側面
2 4	板部材
2 5	隙間
3 0	第 1 板部材の下面
3 2	第 2 板部材の下面
3 3	接続部
3 4	梁部材の角部
5 0	風力発電装置
5 2	ナセル
5 4	タワー
5 6	ロータ
5 8	係留索
6 8	ローハルの内側面
7 0	ローハルの外側面
8 0	第 1 ボイド空間
8 2	第 2 ボイド空間
8 4	バラスト空間
1 0 0	洋上風車
P 1	浮心

- P 2 体積中心
- R 1 第 1 接続領域
- R 2 第 2 接続領域