

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5738644号  
(P5738644)

(45) 発行日 平成27年6月24日 (2015. 6. 24)

(24) 登録日 平成27年5月1日 (2015. 5. 1)

(51) Int. Cl.

F 1

**B 6 3 B 9/06 (2006. 01)**

B 6 3 B 9/06 1 0 7 A

**B 6 3 B 35/00 (2006. 01)**

B 6 3 B 35/00 T

**B 6 3 B 43/06 (2006. 01)**

B 6 3 B 43/06 Z

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-67683 (P2011-67683)  
 (22) 出願日 平成23年3月25日 (2011. 3. 25)  
 (65) 公開番号 特開2012-201219 (P2012-201219A)  
 (43) 公開日 平成24年10月22日 (2012. 10. 22)  
 審査請求日 平成26年2月3日 (2014. 2. 3)

(73) 特許権者 000166432  
 戸田建設株式会社  
 東京都中央区京橋 1 丁目 7 番 1 号  
 (74) 代理人 100104927  
 弁理士 和泉 久志  
 (72) 発明者 佐藤 郁  
 東京都中央区京橋 1 丁目 7 番 1 号 戸田建  
 設株式会社内  
 (72) 発明者 小林 修  
 東京都中央区京橋 1 丁目 7 番 1 号 戸田建  
 設株式会社内  
 (72) 発明者 塙 亨  
 東京都中央区京橋 1 丁目 7 番 1 号 戸田建  
 設株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 洋上風力発電設備の施工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スパー型の浮体と、前記浮体に繋がれた係留索と、前記浮体の上に立設されるタワーと、このタワーの頂部に設備されるナセル及び複数の風車ブレードとからなる洋上風力発電設備の施工方法であって、

前記スパー型の浮体を海上に直立状態に浮かべた状態で、クレーン船に設備されたクレーンによって前記タワーを吊り下げながら前記浮体の上部に設置するに当たり、

前記タワー又は前記タワーを吊り下げるクレーンの吊り治具に設置されたマスダンパによって、前記タワーがクレーン船に対して少なくとも左右方向に並進揺動するのを制御するとともに、前記浮体の内部に設置されるとともに、一定速度で高速回転するフライホイールを 1 つ乃至 2 つのジンバル機構で支持した構造からなるコントロールモーメントジャイロによって、浮体の少なくとも水平方向の並進揺動及び鉛直軸回りの回転揺動を制御することを特徴とする洋上風力発電設備の施工方法。

【請求項 2】

前記マスダンパは、前記タワーの吊り位置より下側に設置されている請求項 1 記載の洋上風力発電設備の施工方法。

【請求項 3】

前記コントロールモーメントジャイロは、前記浮体の重心高さと同等の位置に設置されている請求項 1、2 いずれかに記載の洋上風力発電設備の施工方法。

【請求項 4】

10

20

少なくとも3つの前記コントロールモーメントジャイロをそれぞれ、フライホイールの回転軸を直交させた状態で縦に並べて配列している請求項1～3いずれかに記載の洋上風力発電設備の施工方法。

【請求項5】

前記コントロールモーメントジャイロは、前記浮体の内周に沿って複数設置され、それぞれフライホイールの回転軸方向を前記浮体内周の接線方向と一致させている請求項1～3いずれかに記載の洋上風力発電設備の施工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、比較的水深の深い海上に設置されるスパー型の洋上風力発電設備の施工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、主として水力、火力及び原子力発電等の発電方式が採用されてきたが、近年は環境や自然エネルギーの有効活用の点から自然風を利用して発電を行う風力発電が注目されている。この風力発電設備には、陸上設置式と、水上(主として海上)設置式とがあるが、沿岸域から後背に山岳地形をかかえる我が国の場合は、沿岸域に安定した風が見込める平野が少ない状況にある。一方、日本は四方を海で囲まれており、海上は発電に適した風が容易に得られるとともに、設置の制約が少ないなどの利点を有する。そこで、近年は

20

洋上風力発電設備又は浮体構造が多く提案されている。

【0003】

例えば、下記特許文献1では、上下の蓋体と、これらの間に連続的に設置された筒状のプレキャストコンクリートブロックとがP C鋼材で一体接合されてなる下部浮体と、該下部浮体にP C鋼材で一体接合された、上記プレキャストコンクリートブロックよりも小径なプレキャストコンクリートブロックと上蓋とからなる上部浮体とから構成され、下部浮体の下部内側に隔壁によって複数のバラスタंकが形成され、上部浮体の内側には隔壁によって複数の水密区画部が形成された洋上風力発電の浮体構造が提案されている。この特許文献1は、釣浮きのように起立状態で浮くため「スパー型」と呼ばれている。

【0004】

30

一方、洋上風力発電設備等の洋上構造物の建設に際し、S E P (Self Elevating Platform: 自己昇降式) 台船を使用することにより、台船の揺れを抑え、迅速な施工を可能にした施工方法が提案されている(下記特許文献2、3参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-18671号公報

【特許文献2】特開2004-1750号公報

【特許文献3】特開2006-37397号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記スパー型浮体上に風力発電タワーを設置する場合、波の穏やかな湾内で施工を行うのが望ましいが、浮体の吃水(水面下の部分)が概ね70mと深いのに対して、湾内の水深は一般的にこれより浅いため、湾内での施工は困難であった。このため、タワーの設置作業は水深の深い湾外で行わざるを得ないが、湾外で行う場合、湾内より波が高いため、波で揺れる浮体に対し同様に波で揺れるクレーン船で吊り下げたタワーを取り付けることは、浮体とクレーン船とでは波に対する揺動特性が異なるため困難を極め且つ危険を伴う作業であった。従って、波が穏やかな時期を選んで施工せざるを得ないため年間の施工日数が限られ、重機の待機時間が長期化し費用が増大していた。

50

## 【 0 0 0 7 】

また、上記特許文献 2、3 に記載されるように、クレーン船として S E P 台船など、海底に固定する方式の台船を使用すれば少なくとも台船の揺れが抑えられるようになるが、スパー型浮体構造を有する風力発電設備の洋上設置場所では水深が 1 0 0 m 近くになるため、最大適用水深が 2 0 m 程度しかない S E P 台船は利用できない。

## 【 0 0 0 8 】

一方、水深が浅い湾内などでの作業を可能にするため、浮体内部のバラスト水などを除いて浮体の吃水を浅くする方法も考えられるが、吃水を浅くした場合には浮体としての安定性が損なわれるので、このような浮体に対しタワーを設置するのは危険であった。

## 【 0 0 0 9 】

しかも、浮体やこれに取り付けられる風車タワーはともに接地しておらず、海上に浮かんだりクレーン船等によって空気中にチェーンやワイヤー等で係留または吊り下げられている状態であり、波浪や風により揺れはじめると揺動の制御ができなかった。軽量の場合には、控え綱やタグボートが利用できるが、浮体は約 3 0 0 0 t (トン)、風車タワーは約 2 0 0 t に及ぶため、揺動に対する十分な抑止荷重を持たなかった。

## 【 0 0 1 0 】

そこで本発明の主たる課題は、洋上での容易かつ安全な施工を行えるようにするとともに、強風又は波浪時における安定性を確保し得る洋上風力発電設備の施工方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するために請求項 1 に係る本発明として、スパー型の浮体と、前記浮体に繋がれた係留索と、前記浮体の上に立設されるタワーと、このタワーの頂部に設備されるナセル及び複数の風車ブレードとからなる洋上風力発電設備の施工方法であって、

前記スパー型の浮体を海上に直立状態に浮かべた状態で、クレーン船に設備されたクレーンによって前記タワーを吊り下げながら前記浮体の上部に設置するに当たり、

前記タワー又は前記タワーを吊り下げるクレーンの吊り治具に設置されたマスダンパによって、前記タワーがクレーン船に対して少なくとも左右方向に並進揺動するのを制御するとともに、前記浮体の内部に設置されるとともに、一定速度で高速回転するフライホイールを 1 つ乃至 2 つのジンバル機構で支持した構造からなるコントロールモーメントジャイロによって、浮体の少なくとも水平方向の並進揺動及び鉛直軸回りの回転揺動を制御することを特徴とする洋上風力発電設備の施工方法が提供される。

## 【 0 0 1 2 】

上記請求項 1 記載の発明では、少なくともタワーを浮体の上部に設置する際に、前記タワー又はタワーを吊り下げるクレーンの吊り治具に設置されたマスダンパによって、前記タワーの揺動を制御するとともに、浮体の内部に設置されたコントロールモーメントジャイロによって、前記浮体の揺動を制御している。従って、洋上で強風及びノ又は波浪時においても、クレーン船によって吊り下げられた空中のタワーの揺動がマスダンパによって抑制されるとともに、海上に浮かぶ浮体の揺動がコントロールモーメントジャイロによって抑制されるので、タワー及び浮体の安定性が確保される結果、天候や波浪の影響を受けにくく洋上での容易かつ安全な施工が行えるようになる。なお、前記マスダンパによるタワーの揺動制御は、クレーン船に対する少なくとも左右方向の並進揺動を対象とし、前記コントロールモーメントジャイロによる浮体の揺動制御は、浮体の少なくとも水平方向の並進揺動及び鉛直軸回りの回転揺動を対象とすることが好ましい。

## 【 0 0 1 3 】

請求項 2 に係る本発明として、前記マスダンパは、前記タワーの吊り位置より下側に設置されている請求項 1 記載の洋上風力発電設備の施工方法が提供される。

## 【 0 0 1 4 】

上記請求項 2 記載の発明では、前記マスダンパをタワーの吊り位置より下側、すなわちクレーンの吊り治具の下面側又はこれより下側のタワー部分に設置することによって、タ

10

20

30

40

50

ワー下端の揺動が効果的に制御できるようになる。

【0015】

請求項3に係る本発明として、前記コントロールモーメントジャイロは、前記浮体の重心高さと同等の位置に設置されている請求項1、2いずれかに記載の洋上風力発電設備の施工方法が提供される。

【0016】

上記請求項3記載の発明では、コントロールモーメントジャイロを浮体の重心高さと同等の位置に設置することにより、浮体の揺動を効果的に制御できるようにしている。

【0017】

請求項4に係る本発明として、少なくとも3つの前記コントロールモーメントジャイロをそれぞれ、フライホイールの回転軸を直交させた状態で縦に並べて配列している請求項1～3いずれかに記載の洋上風力発電設備の施工方法が提供される。

10

【0018】

上記請求項4記載の発明では、少なくとも3つの前記コントロールモーメントジャイロをそれぞれ、フライホイールの回転軸を直交させた状態で縦に並べて配列することによって、浮体の3次元的な揺動が制御できるようになる。

【0019】

請求項5に係る本発明として、前記コントロールモーメントジャイロは、前記浮体の内周に沿って複数設置され、それぞれフライホイールの回転軸方向を前記浮体内周の接線方向と一致させている請求項1～3いずれかに記載の洋上風力発電設備の施工方法が提供される。

20

【0020】

上記請求項5記載の発明では、コントロールモーメントジャイロを浮体の内周に沿って複数設置し、各コントロールモーメントジャイロのフライホイールの回転軸方向を浮体内周の接線方向と一致させることによって、浮体の直交する三軸回りのピッチング、ローリング、ヨーイングが容易に制御可能となる。

【発明の効果】

【0021】

以上詳説のとおり本発明によれば、洋上での容易かつ安全な施工を行えるようにするとともに、強風又は波浪時における安定性を確保し得る洋上風力発電設備の施工方法が提供できるようになる。

30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明に係る洋上風力発電設備1の概略図である。

【図2】浮体2の縦断面図である。

【図3】プレキャスト筒状体12(13)を示す、(A)は縦断面図、(B)は平面図(B-B線矢視図)、(C)は底面図(C-C線矢視図)である。

【図4】プレキャスト筒状体12(13)同士の緊結要領図(A)(B)である。

【図5】上側鋼製浮体構造部を示す縦断面図である。

【図6】洋上風力発電設備1の施工手順図(その1)である。

40

【図7】洋上風力発電設備1の施工手順図(その2)である。

【図8】洋上風力発電設備1の施工手順図(その3)である。

【図9】洋上風力発電設備1の施工手順図(その4)である。

【図10】洋上風力発電設備1の施工手順図(その5)の側面図である。

【図11】洋上風力発電設備1の施工手順図(その5)の正面図である。

【図12】洋上風力発電設備1の施工手順図(その6)である。

【図13】マスタンパ36の斜視図である。

【図14】コントロールモーメントジャイロ35の概念図である。

【図15】コントロールモーメントジャイロ35の設置状態(その1)を示す浮体2の断面図である。

50

【図 1 6】コントロールモーメントジャイロ 3 5 の設置状態 (その 2) を示す浮体 2 の横断面図である。

【図 1 7】コントロールモーメントジャイロ 3 5 による浮体 2 の制御状態を示す概念図である。

【図 1 8】他の形態例に係る洋上風力発電設備 1 の施工手順図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳述する。

【0024】

図 1 に示されるように、洋上風力発電設備 1 は、浮体 2 と、この浮体 2 の上部に設置されるデッキ 3 と、前記浮体 2 に繋がれた係留索 4、4 ... と、前記デッキ 3 の上に立設されるタワー 5 と、このタワー 5 の頂部に設備されるナセル 6 及び複数の風車ブレード 7、7 ... とからなるものである。

【0025】

そして、前記浮体 2 は、図 2 に示されるように、コンクリート製のプレキャスト筒状体 1 2 ~ 1 3 を高さ方向に複数段積み上げ、各プレキャスト筒状体 1 2 ~ 1 3 を P C 鋼材により緊結し一体化を図った下側コンクリート製浮体構造部 2 A と、この下側コンクリート浮体構造部 2 A の上側に連設された上側鋼製浮体構造部 2 B とからなるとともに、上端部を開口させた有底中空部を有するスパー型の浮体構造としたものである。前記浮体 2 の吃水 L は、2 MW 級発電設備の場合概ね 6 0 m 以上に設定される。

【0026】

以下、更に具体的に詳述する。

【0027】

前記浮体 2 は、図 2 に示されるように、有底円筒形状のバラスト部 1 0 と、このバラスト部 1 0 の上面に連設された下側コンクリート浮体構造部 2 A と、この下側コンクリート浮体構造部 2 A の上側に連設された上側鋼製浮体構造部 2 B とからなる。前記バラスト部 1 0 及び下側コンクリート浮体構造部 2 A はすべてコンクリートのプレキャスト部材とされる。下側コンクリート浮体構造部 2 A と上側鋼製浮体構造部 2 B との境界部に合成プレキャスト部材 1 3 が介在され、両者が接合されている。前記上側鋼製浮体構造部 2 B は、高さ方向に段階的に外径寸法が縮小される変断面形状としてある。図示例では 2 段階の変断面形状としてある。

【0028】

前記下側コンクリート浮体構造部 2 A は、コンクリート製のプレキャスト筒状体 1 2 ... と、合成プレキャスト部材 1 3 の下半部分とで構成されている。前記プレキャスト筒状体 1 2 は、図 3 に示されるように、軸方向に同一断面とされる円形筒状のプレキャスト部材であり、それぞれが同一の型枠を用いて製作されるか、遠心成形により製造された中空プレキャスト部材が用いられる。

【0029】

壁面内には鉄筋 2 0 の他、周方向に適宜の間隔で P C 鋼棒 1 9 を挿通するためのシース 2 1、2 1 ... が埋設されている。このシース 2 1、2 1 ... の下端部には P C 鋼棒 1 9 同士を連結するためのカップラーを挿入可能とするためにシース拡径部 2 1 a が形成されているとともに、上部には定着用アンカープレートを嵌設するための箱抜き部 2 2 が形成されている。また、上面には吊り金具 2 3 が複数設けられている。

【0030】

プレキャスト筒状体 1 2 同士の緊結は、図 4 (A) に示されるように、下段側プレキャスト筒状体 1 2 から上方に延長された P C 鋼棒 1 9、1 9 ... をシース 2 1、2 1 ... に挿通させながらプレキャスト筒状体 1 2、1 2 を積み重ねたならば、アンカープレート 2 4 を箱抜き部 2 2 に嵌設し、ナット部材 2 5 により P C 鋼棒 1 9 に張力を導入し一体化を図る。また、グラウト注入孔 2 7 からグラウト材をシース 2 1 内に注入する。なお、前記アンカープレート 2 4 に形成された孔 2 4 a はグラウト注入確認孔であり、該確認孔からグラウ

10

20

30

40

50

ト材が吐出されたことをもってグラウト材の充填を終了する。

【 0 0 3 1 】

次に、図 4 (B) に示されるように、P C 鋼棒 1 9 の突出部に対してカップラー 2 6 を螺合し、上段側の P C 鋼棒 1 9、1 9 ... を連結したならば、上段となるプレキャスト筒状体 1 2 のシース 2 1、2 1 ... に前記 P C 鋼棒 1 9、1 9 ... を挿通させながら積み重ね、前記要領により P C 鋼棒 1 9 の定着を図る手順を順次繰り返すことにより高さ方向に積み上げられる。この際、下段側プレキャスト筒状体 1 2 と上段側プレキャスト筒状体 1 2 との接合面には止水性確保及び合わせ面の接合のためにエポキシ樹脂系などの接着剤 2 8 やシール材が塗布される。

【 0 0 3 2 】

次いで、前記合成プレキャスト部材 1 3 は、図 5 にも示されるように、コンクリート製のプレキャスト筒状体 1 6 と鋼製筒状体 1 7 との合成構造である。これらは一体的に製作される。前記プレキャスト筒状体 1 6 は、前記鋼製筒状体 1 7 の肉厚分の厚さを減じた外径寸法とされ、この外周に前記鋼製筒状体 1 7 の下半部分が外嵌された構造とし、前記プレキャスト筒状体 1 6 の上端面が P C 鋼棒 1 9 の締結面とされる。

【 0 0 3 3 】

前記上側鋼製浮体構造部 2 B は、前記合成プレキャスト部材 1 3 の上半部分と、鋼製筒状体 1 4、1 5 とで構成されている。下段側の鋼製筒状体 1 4 は、合成プレキャスト部材 1 3 と同一の外径寸法とされ、合成プレキャスト部材 1 3 に対して、ボルト又は溶接等（図示例はボルト締結）によって連結される。上段側の鋼製筒状体 1 5 は、前記下段側の鋼製筒状体 1 4 よりも外径寸法が縮小され、変断面形状とされ、下段側の鋼製筒状体 1 4 に対してボルト又は溶接等（図示例はボルト締結）によって連結される。前記上段側鋼製筒状体 1 5 の上端は開口のままとされるとともに、前記上段側鋼製筒状体 1 5 及び下段側鋼製筒状体 1 4 との境界部及び下段側鋼製筒状体 1 4 と鋼製筒状体 1 7 との境界部は空間が仕切られておらず、浮体 2 内部には中空部が形成されている。

【 0 0 3 4 】

一方、前記タワー 5 は、鋼材、コンクリート又は P R C（プレストレスト鉄筋コンクリート）から構成されるものが使用されるが、好ましいのは総重量が小さくなるように鋼材によって製作されたものを用いるのが望ましい。また、前記ナセル 6 は、風車の回転を電気に変換する発電機やブレードの角度を自動的に変えることができる制御器などが搭載された装置である。

【 0 0 3 5 】

〔 施工手順 〕

以下、図 6 ～ 図 1 2 に基づき、前記洋上風力発電設備 1 の施工手順について詳述する。

【 0 0 3 6 】

（ 第 1 手順 ）

製作ヤードに隣接した洋上において、図 6 に示されるように、浮体 2 を海上に横向きで浮かべ、曳航船 1 8 により洋上設置場所まで曳航する。浮体 2 の内部には、予めコントロールモーメントジャイロ 3 5 が設置されている。なお、下側コンクリート浮体構造部 2 A と、上側鋼製浮体構造部 2 B とでは、下側コンクリート浮体構造部 2 A 側の方が重いため、バランス調整用浮体 3 2 を浮かべるとともに、この浮体上に設置したウインチ 3 3 から繰り出されたワイヤの一端を下側コンクリート浮体構造部 2 A の端部に連結し、浮体 2 が水平になるように調整する。なお、浮体 2 の前記上段側鋼製筒状体 1 5 の上端開口は塞がれている。また、浮体 2 は、海上に横向きで浮かべた状態でバラスト水 3 1（水又は海水）を注水し、吃水を調整するようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

前記曳航船 1 8 により曳航する方法に代えて、図示しないが、浮体 2 を台船に搭載して洋上設置場所まで運搬し、洋上設置場所にてクレーンで洋上に浮かべる方法としてもよい。この場合、浮体 2 内にはバラスト水やバラスト材を投入しておかないことが好ましい。

【 0 0 3 8 】

## (第2手順)

図7に示されるように、洋上設置場所に到着したならば、バラスト水31を注水するとともに、前記バランス調整用浮体32上のウインチ33からワイヤを徐々に繰り出すことにより、ゆっくりと浮体2を直立状態に起立させる。

## 【0039】

図8に示されるように、浮体2を起立させたならば、バラスト部10内にバラスト材43を投入する。前記バラスト材43としては、水より高比重である粉粒状のものが使用され、具体的には、砂、砂利、重晶石を含む鉱物類及び鉄、鉛等の金属粉、金属粒を含む金属類のうち一種または複数種の組み合わせからなるものとするのが好ましい。また、適宜モルタルを混合することもできる。バラスト材43の材質を調整することで、適切な比重のバラスト材43が投入できるようになる。

10

## 【0040】

図9に示されるように、浮体2の上部にデッキ3を設置するとともに、前記浮体2に係留索4の一端を繋ぎ止めるとともに、他端を海底に沈設したアンカーに繋ぎ留めて浮体2の安定を図る。

## 【0041】

## (第3手順)

図10及び図11に示されるように、頂部にナセル6及び複数の風車ブレード7、7...を設備したタワー5を、クレーン船44に設備されたクレーンによって吊り下げながら浮体2の上部に設置する。このとき、前記タワー5又はタワー5を吊り下げるクレーンの吊り治具44aにはマスダンパ36が設置されている。これによって、タワー5がクレーン船44に対して少なくとも左右方向に並進揺動するのを制御している。さらに、前記浮体2の内部に設置されたコントロールモーメントジャイロ35によって、浮体2の少なくとも水平方向の並進揺動及び鉛直軸回りの回転揺動を制御している。

20

## 【0042】

従って、洋上での強風及び/又は波浪時においても、クレーン船44によって吊り下げられた空中のタワー5の揺動がマスダンパ36によって抑制されるとともに、海上に浮かぶ浮体2の揺動がコントロールモーメントジャイロ35によって抑制されるので、タワー5及び浮体2の安定性が確保される結果、天候や波浪の影響を受けにくく洋上での容易かつ安全な施工が可能となる。

30

## 【0043】

なお、タワー5は、クレーンによる吊天秤治具を利用した2点吊りになるので、回転運動は生じ難く、少なくとも左右方向の並進運動が卓越するため、制御が簡単で安価なマスダンパ36が有利である。

## 【0044】

一方、浮体2は、前後、左右方向の水平揺動に加え、鉛直軸回りの回転揺動(ヨーイング)が発生するので、マスダンパによる制御は困難である。また、浮体2の場合には、付加重量がそのまま吃水に影響してしまうため、重量が小さく揺動制御の降下が大きいコントロールモーメントジャイロが有利である。

## 【0045】

本形態例では、図10に示されるように、吊り治具44aとクレーン船44本体との間に呼び込みロープ44bが張られているので、タワー5のクレーン船44に対する前後方向の並進揺動は抑制されているが、前記呼び込みロープ44bを使用しない場合には、クレーン船44に対する左右方向の並進揺動に加えて、前後方向の並進揺動も制御可能な2次元のマスダンパ36を使用する。

40

## 【0046】

また、図10及び図11に示されるように、タワー5が上下方向に複数の吊り治具によって支持される場合、マスダンパ36は最下段の吊り治具44aに設置される。

## 【0047】

図10及び図11に示される例では、タワー5の頂部にナセル6及び風車ブレード7、

50

7...が予め設置されているが、タワー5を設置した後、ナセル6及び風車ブレード7、7...を設置するようにしてもよい。

【0048】

(第4手順)

すべての部材取付け作業を終えたならば、図12に示されるように、タワー固定用ベース金具34等によりタワー5を正規の高さ位置に固定し施工を完了する。

【0049】

ところで、前記マスダンパ36及びコントロールモーメントジャイロ35について詳細に説明すると、前記マスダンパ36は、図13に示されるように、フレーム36a上に設けられた2本の平行するレール36b、36bに対して可動質量36cを走行可能に設けるとともに、この走行方向に対し付勢力及び減衰力を付与する引張バネ36d及びダンパー36eを設け、かつ前記可動質量36cに走行駆動を与えるためのアクチュエータ36fを配設した構造を有し、該マスダンパ36が設置された対象物が揺動した方向と逆方向に前記アクチュエータ36fによって前記可動質量36cを走行駆動させることにより、対象物の並進揺動を抑制するものである。なお、図示例では、前記可動質量36cの走行方向と直交する方向に前記フレーム36aを同様に支持する第2フレーム36gが設けられ、直交する2方向の並進揺動が抑制できるようになっているが、前述の通り本施工方法では少なくとも1方向(クレーン船44に対して左右方向)に制御可能となっているものであれば足りる。

【0050】

また、マスダンパ36は、アクティブマスダンパ又はパッシブマスダンパのいずれを用いることができ、アクティブモード及びパッシブモードを切換可能とされるものでもよい。

【0051】

マスダンパ36は、タワー5の吊り位置より下側に設置することが好ましい。図10及び図11では、クレーンの吊り治具44aの下面側又はこれより下側のタワー5に設置されている。これにより、タワー5下端の揺動が効果的に制御できるようになる。

【0052】

なお、前記マスダンパ36は、タワー5の設置後に取り外される。

【0053】

他方、コントロールモーメントジャイロ35は、図14に示されるように、一定速度で高速回転するフライホイール35aを1つ乃至2つのジンバル機構で支持した構造からなり、ジンバルの回転によってコントロールモーメントジャイロ35の角運動量の大きさを一定に保持しつつ、その方向を変えることにより、対象物の角運動量を吸収するためのものである。

【0054】

前記コントロールモーメントジャイロ35は、浮体2の重心Gの高さと同等の位置に設置することが好ましい。これにより、浮体2の揺動が効果的に制御できるようになる。

【0055】

前記コントロールモーメントジャイロ35は、浮体2内部に対し種々の形態で配設することができる。第1の例は、図15に示されるように、少なくとも3つのコントロールモーメントジャイロ35をそれぞれ、フライホイール35aの回転軸を直交させた状態で縦に並べて配列することができる。これにより、浮体2の3次元の揺動が制御できるようになる。

【0056】

第2の例としては、図16に示されるように、コントロールモーメントジャイロ35を、浮体2の内周に沿って複数、図示例では等間隔に4台設置し、それぞれフライホイール35aの回転軸方向を浮体2内周の接線方向と一致させるように設置することができる。これにより、図17に示されるように、浮体2のピッチング(同図(A))、ローリング(同図(B))、ヨーイング(同図(C))に対し、適宜コントロールモーメントジャイロ35を

10

20

30

40

50



制御することにより、これらの回転揺動を抑制することができる。

【 0 0 5 7 】

また、第 2 の例のように、コントロールモーメントジャイロ 3 5 を浮体 2 の内周に沿って設置することにより、浮体 2 の中心部に設置するときのように設置のための架台が不要となり、設置作業が容易化できる。

【 0 0 5 8 】

一方、施工時に浮体 2 の内部に設置された前記コントロールモーメントジャイロ 3 5 は、施工後もそのまま残しておき、洋上風力発電設備 1 の稼働時においてもコントロールモーメントジャイロ 3 5 によって風力発電設備 1 の安定性を確保することができる。

【 0 0 5 9 】

〔他の形態例〕

(1)上記形態例では、バラストとして所定のバラスト材 4 3 を用いたが、コンクリートブロックを内部に投入しても良いし、バラスト部 1 0 の上側にコンクリート筒状体 1 2 の外周にコンクリート製のリングを外嵌させるようにしてもよい。これらは併用してもよい。

(2)上記形態例では、浮体 2 の上部に設置されたデッキ 3 の上にタワー 5 を直接立設するようにしたが、図 1 8 に示されるように、少なくとも施工時にタワー 5 がデッキ 3 上に設けたタワー昇降設備 8 によって昇降自在とされ、浮体 2 内部に収容可能となっているものでもよい。前記タワー昇降設備 8 は、例えば同図に示されるように、タワー 5 の基部周囲に所定の間隔でセンターホールジャッキ 9 , 9 ... を配置するとともに、P C 鋼線 1 0 の一端をシーブ 1 1 を巻回させた後、センターホールジャッキ 9 を通してタワー 5 の下端に緊結し、前記センターホールジャッキ 9 の伸縮操作により、タワー 5 の下降と上昇とを可能とした設備である。

【 0 0 6 0 】

前記タワー昇降設備 8 は、タワー 5 を任意の高さ位置まで引き上げた状態で、前記ナセル 6 を設置するとともに、2 枚の風車ブレード 7 , 7 を設置し、その後、若干タワー 5 を引き上げて、残りの風車ブレード 7 を取り付けの場合などに使用される。

【 0 0 6 1 】

すべての部材取付作業を終えたならば、前記タワー昇降設備 8 を撤去してもよいし、残置しておき、その後のメンテナンス時や強風、波浪時にタワー 5 を下降させる際に使用できるようにしてもよい。もちろん、タワー下降作業時にタワー昇降設備 8 を新たに設置するようにしてもよい。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

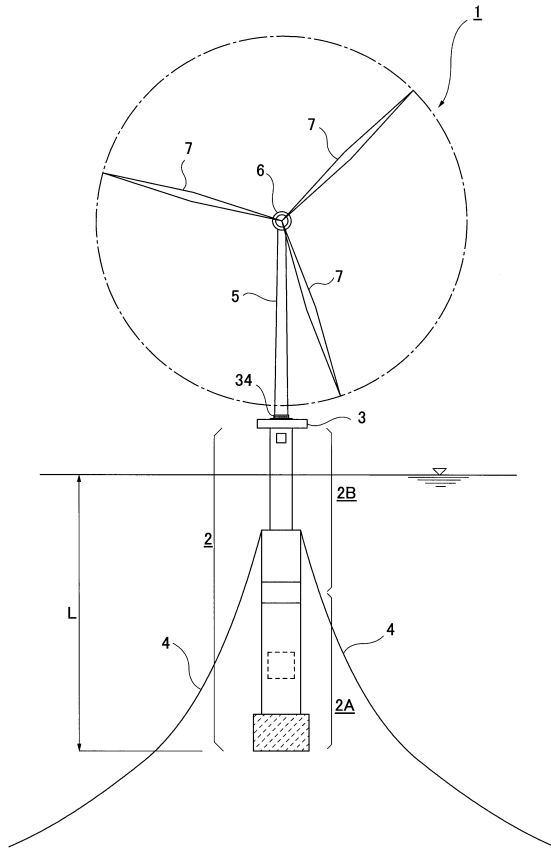
1 ... 洋上風力発電設備、2 ... 浮体、3 ... デッキ、4 ... 係留索、5 ... タワー、6 ... ナセル、7 ... 風車ブレード、3 5 ... コントロールモーメントジャイロ、3 6 ... マスダンパ、4 4 ... クレーン船

10

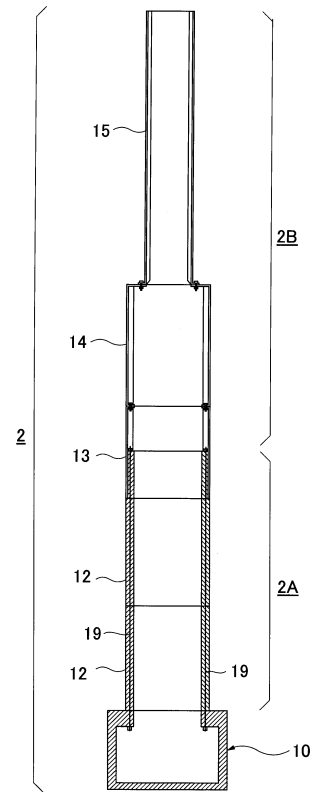
20

30

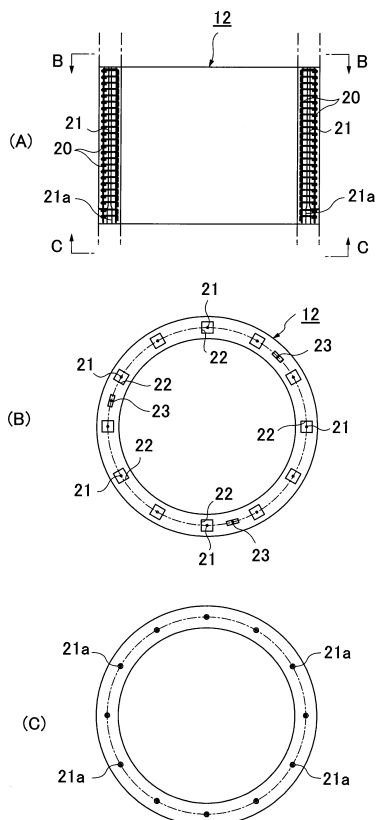
【図 1】



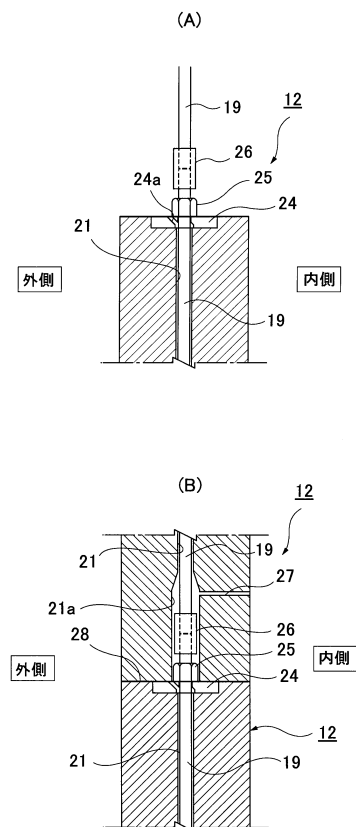
【図 2】



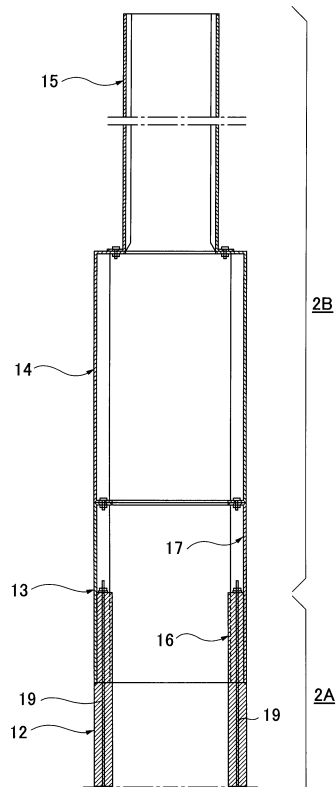
【図 3】



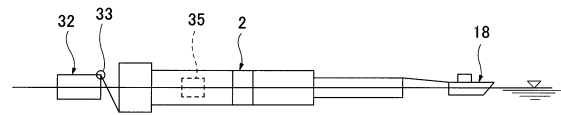
【図 4】



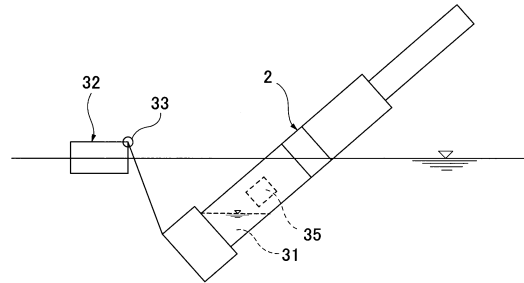
【図 5】



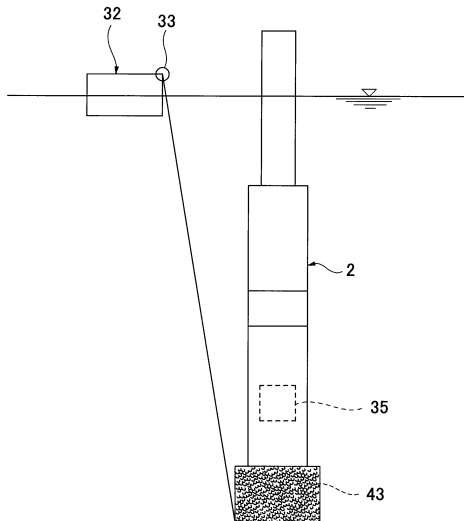
【図 6】



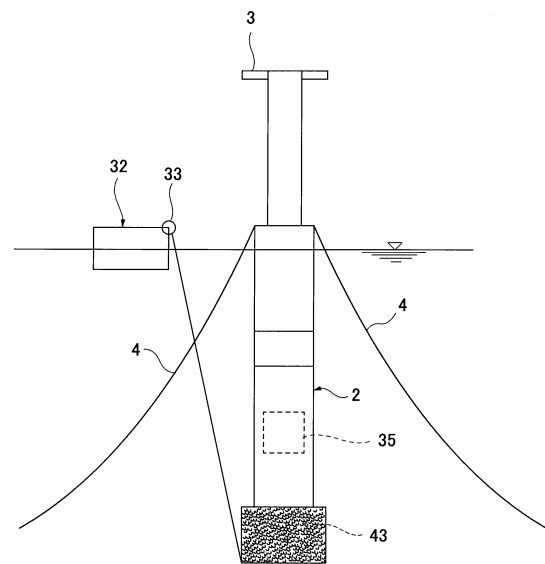
【図 7】



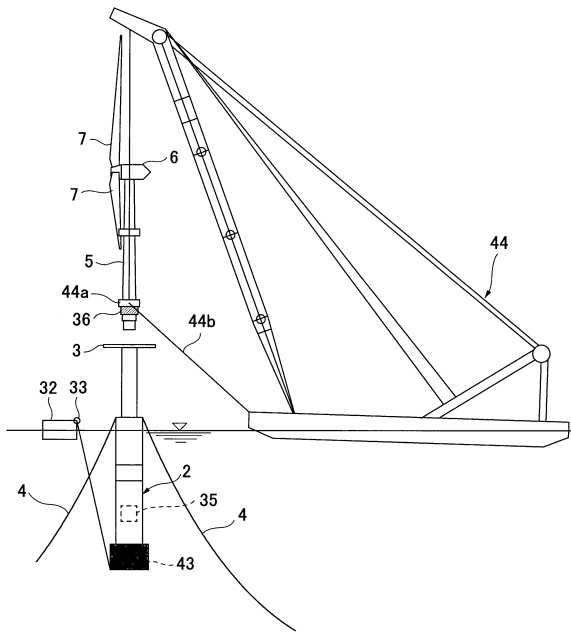
【図 8】



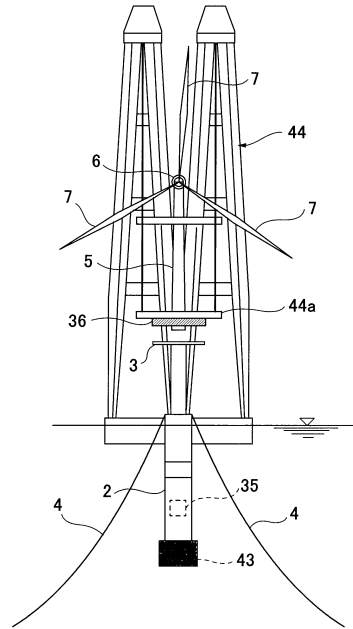
【図 9】



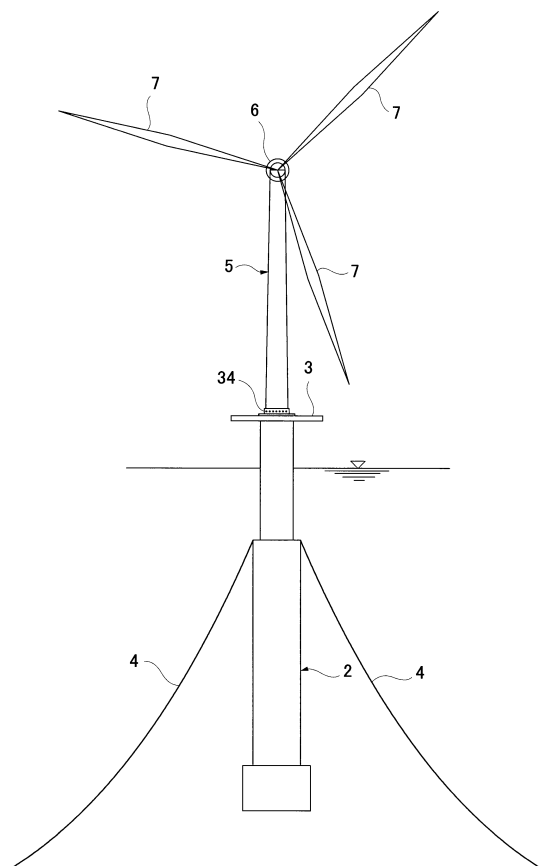
【図 10】



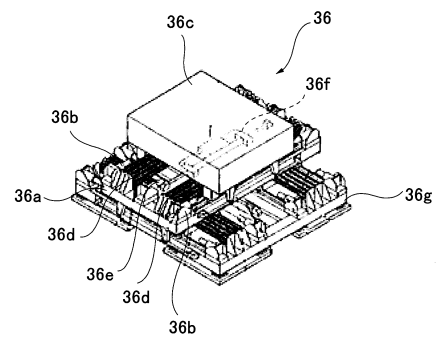
【図 11】



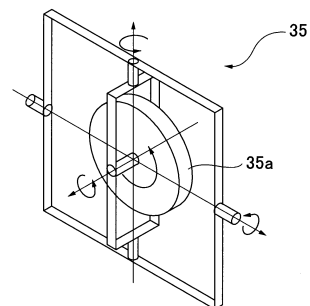
【図 12】



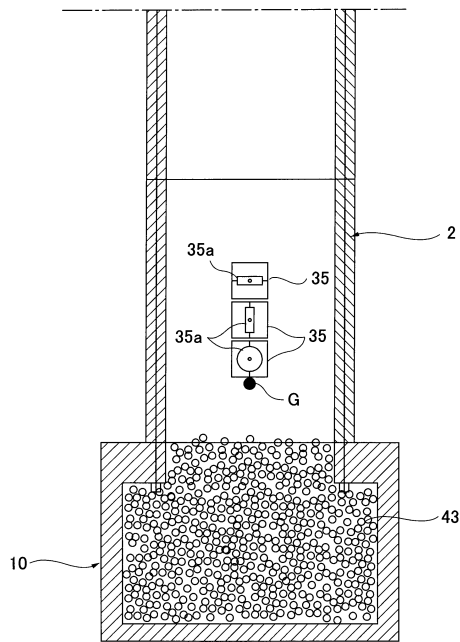
【図 13】



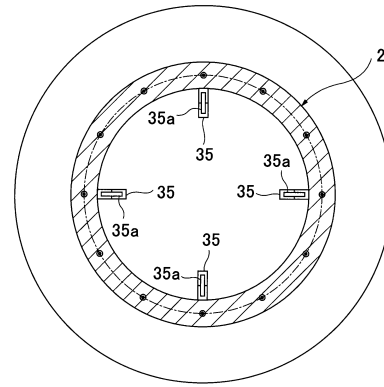
【図 14】



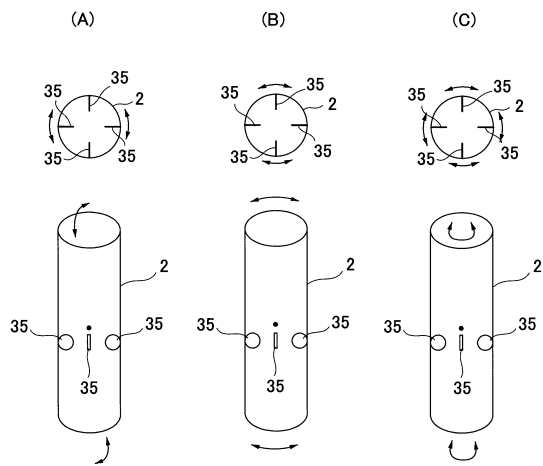
【図 15】



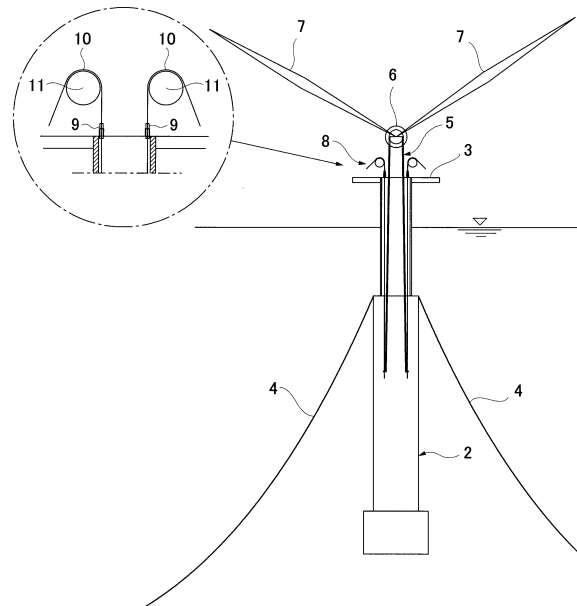
【図 16】



【図 17】



【図 18】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 保井 美敏  
東京都中央区京橋1丁目7番1号 戸田建設株式会社内
- (72)発明者 青木 誠  
東京都中央区京橋1丁目7番1号 戸田建設株式会社内

審査官 川村 健一

- (56)参考文献 国際公開第2010/023743(WO, A1)  
特開2008-151119(JP, A)  
特開2001-182663(JP, A)  
実開平04-100988(JP, U)  
特開昭54-124494(JP, A)  
国際公開第2010/027127(WO, A1)  
特表2011-503422(JP, A)  
特開2006-207502(JP, A)  
特開2000-086159(JP, A)  
米国特許出願公開第2007/0162217(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |        |         |
|--------|---------|
| B 63 B | 9 / 06  |
| B 63 B | 35 / 00 |
| B 63 B | 35 / 44 |