

浮体式洋上風力発電設備に関する ガイドライン



<初版>

2012年7月

一般財団法人 日本海事協会

CLASSNK

Copyright © 2012 Nippon Kaiji Kyokai
禁無断転載

はじめに

近年、有力な再生可能エネルギーの1つとして風力発電の有効性が認識され、風力発電設備が設置される例が増えている。

風力発電の進展著しい欧州では、既に陸上の導入適地が少なくなっていることから、洋上に風力発電を設置する大規模なプロジェクトが進められており、遠浅の海域が広がっている北海沿岸では、着床式の洋上風力発電設備によるウィンドファームが数多く建設されている。また、近年、浮体式の洋上風力発電設備についても実証試験が行われており、商業機として実現する日も近いものと考えられる。

一方、我が国においては、欧州と比べて、風力発電の普及は進んでいないものの、その重要性が認識されつつある。しかしながら、風車の大型化や平地での建設場所の減少に伴って、陸上での建設コストが増加していることから、近年、洋上風力発電に対する注目度が高まっている。

我が国の場合、欧州のように着床式風力発電設備の設置に適した遠浅の海域がほとんどないことから、昨今では、浮体式洋上風力発電設備に対する検討が積極的に進められ、現在、複数の浮体式洋上風力発電設備の実証試験に関するプロジェクトが進められている。

浮体式の洋上風力発電設備は、浮体構造物を係留し、その上に風力発電設備を設置することになる。この場合、単なる風力発電設備としてだけではなく、風力発電設備を有する海洋構造物として取り扱う必要がある。

そこで本会は、風力発電設備を有する海洋構造物を設計する際の安全指針としての活用を期待し、「浮体式風力発電設備に関するガイドライン」を作成した。

本ガイドラインが、浮体式洋上風力発電設備の安全及び合理的な設計のための参考となり、関係する方々に寄与できれば幸いである。

浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン

目 次

1章	通則	
1.1	一般	1
1.1.1	適用	1
1.1.2	同等効力	1
1.1.3	新しい概念による浮体施設	1
1.1.4	設計寿命	1
1.1.5	風力発電設備	1
1.1.6	浮体施設に搭載する機関及び電気設備	1
1.1.7	消火設備	1
1.2	定義	2
1.2.1	用語及び定義	2
1.2.2	略語	7
1.3	品質保証	8
1.3.1	一般	8
1.4	設置	8
1.4.1	一般	8
1.4.2	提出文書	8
1.5	保守及び点検	8
1.5.1	一般	8
1.5.2	検査及び保守の安全に関する設計要求	8
1.5.3	メンテナンスマニュアル	8
1.5.4	緊急時対策要領	9
2章	外部条件	
2.1	一般	10
2.1.1	一般	10
2.2	風条件	10
2.2.1	一般	10
2.3	海象条件	11
2.3.1	一般	11
2.3.2	波	11
2.3.3	海の流れ	12
2.3.4	水位	13
2.3.5	海氷	15
2.3.6	海洋付着生物	15
2.4	地震及び津波	15
2.4.1	一般	15
2.5	その他の環境条件	15
2.5.1	積雪荷重	15
2.5.2	海底変形及び洗掘	15
3章	荷重	
3.1	一般	16

3.1.1	一般	16
3.1.2	重力荷重及び慣性荷重	16
3.1.3	空力荷重	16
3.1.4	運転荷重	16
3.1.5	水力荷重	16
3.1.6	海氷荷重	16
3.1.7	その他の荷重	17
3.2	設計条件及び荷重ケース	17
3.2.1	一般	17
3.2.2	発電 (DLC 1.1～1.6)	21
3.2.3	発電中の故障又は電力系統接続の喪失 (DLC 2.1～2.4)	21
3.2.4	起動 (DLC 3.1～3.3)	22
3.2.5	通常停止 (DLC 4.1～4.2)	22
3.2.6	緊急停止 (DLC 5.1)	22
3.2.7	待機状態 (静止又はアイドリング) (DLC 6.1～6.4)	22
3.2.8	待機中に故障が発生した場合 (DLC 7.1～7.2)	23
3.2.9	曳航, 設置, 保守及び修理 (DLC 8.1)	24
3.2.10	海氷設計荷重ケース	24
3.3	荷重計算	25
3.3.1	荷重の関連性	25
3.3.2	空力荷重の計算	25
3.3.3	水力荷重の計算	26
3.3.4	海氷荷重の計算	27
3.3.5	荷重計算	27
4章	材料及び溶接	
4.1	一般	28
4.1.1	一般	28
5章	構造設計	
5.1	一般	29
5.1.1	一般	29
5.2	構造配置	29
5.2.1	一般	29
5.3	設計方法	29
5.3.1	一般	29
5.4	全体強度解析	30
5.4.1	方法	30
5.4.2	全体強度	31
5.4.3	特殊部分安全率	31
5.5	構造部材の寸法	31
5.5.1	一般	31
5.5.2	浮体施設の構造板厚	31
5.5.3	浮体施設の横又は縦肋骨の断面係数	32
5.5.4	浮体施設の円筒型外殻部材の局部座屈	32
5.6	疲労強度	32
5.6.1	一般	32
5.6.2	疲労強度評価	33

5.6.3	疲労強度改善に関わる措置	33
5.7	防食措置及び腐食予備厚	33
5.7.1	一般	33
5.7.2	防食措置	33
5.7.3	腐食予備厚	33
5.8	フェンダー, その他	34
5.8.1	一般	34
5.9	ヘリコプタ甲板等	34
5.9.1	一般	34
5.10	昇降設備	34
5.10.1	適用	34
5.10.2	材料・構造及び性能	34
5.10.3	配置等	34
5.10.4	安全係数等	34
5.10.5	安全装置等	34
5.10.6	特別措置	35
5.10.7	昇降設備検査記録簿等	35
5.10.8	昇降機の点検	35
5.10.9	制限荷重等の標示	35
6章	係留設備	
6.1	一般	36
6.1.1	一般	36
6.1.2	係留設備	36
6.1.3	係留設備の係留解析で考慮すべき状態	36
6.2	係留解析	36
6.2.1	一般	36
6.2.2	環境における平均荷重等	37
6.2.3	最大変位量	37
6.2.4	張力計算等	37
6.2.5	疲労強度	39
6.2.6	腐食及び磨耗	39
6.3	係留ライン等の設計	39
6.3.1	係留ラインの構成要素及び海底係留点	39
6.4	係留機器	40
6.4.1	一般	40
6.4.2	チェーン, ワイヤ等	40
6.4.3	チェーンストッパ等	41
6.4.4	フェアリーダ	41
6.5	一点係留システム	41
6.5.1	構造に対する設計荷重	41
6.5.2	構造要素	41
6.5.3	構成機器	41
7章	復原性及び喫水線等	
7.1	一般	42
7.1.1	適用	42
7.1.2	一般	42

7.1.3	復原性資料	42
7.1.4	風による傾斜モーメント	42
7.2	非損傷時復原性	42
7.2.1	一般	42
7.2.2	半潜水型	43
7.2.3	バージ型	43
7.2.4	スパー型	43
7.3	損傷時復原性	43
7.3.1	一般	43
7.3.2	浸水区画	43
7.4	水密区画及び閉鎖装置	43
7.4.1	水密区画	43
7.4.2	閉鎖装置	43
7.5	喫水線	44
7.5.1	一般	44
8章	浮体施設に関する検査	
8.1	通則	45
8.1.1	適用	45
8.1.2	検査に関する一般規定	45
8.1.3	用語	45
8.2	同等効力	45
8.2.1	一般	45
8.3	登録検査	45
8.3.1	一般	45
8.3.2	提出用図面その他の書類	45
8.3.3	工事の検査	47
8.3.4	水圧試験及び水密試験等	48
8.3.5	構造検査	48
8.3.6	浮体施設の設置工事に関する検査	48
8.3.7	洋上試験及び復原性試験	49
8.3.8	船上に保持すべき図面等	49
8.3.9	製造後の登録検査	49
8.4	定期的検査	50
8.4.1	一般	50
8.4.2	定期的検査の準備等	50
8.4.3	年次検査	50
8.4.4	中間検査	50
8.4.5	定期検査	51
8.4.6	検査計画書及び検査要領書の定期的な見直し	52
8.5	臨時点検	52
8.5.1	一般	52

浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン

1章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

-1. 本ガイドラインは、主に、風力発電設備を有する浮体式海洋構造物であって、洋上風車サイトに恒久的、あるいは長期に渡り係留されるもの（本ガイドラインにおいて「浮体施設」という。）の材料、溶接、復原性、構造、艀装、機関、電気設備、係留設備及び喫水線に関する要件並びに浮体施設に搭載されるタワーの材料、溶接及び構造について規定する。

-2. 本ガイドラインは、原則として、保守、検査時以外は無人となる洋上風車に適用する。

-3. 本ガイドラインでは、浅海影響を受けない水深の海域に設置される浮体施設を想定している。浅海影響が無視できない水深の海域に浮体を設置する場合、浅海影響を適切に考慮しなければならない。

-4. 浮体施設が設置される海域の国内法規等に適合しなければならないことに注意する必要がある。

1.1.2 同等効力

本ガイドラインの規定に一部適合しない浮体施設及びタワーであっても、本会が本ガイドラインの規定に適合するものと同等以上の効力があると認める場合は、これを本ガイドラインに適合するものとみなす。

1.1.3 新しい概念による浮体施設

本ガイドラインに定めるところと異なる形式又は設備を搭載する浮体施設にあつては、本ガイドラインの規定の原則的な考え方に準拠して個々に構造、艀装、設備などを評価する。

1.1.4 設計寿命

浮体施設及びタワーの設計寿命は、搭載する風力発電設備の設計仕様上の使用年数又は20年のいずれか大きい方の値としなければならない。

1.1.5 風力発電設備

浮体施設に搭載する風力発電設備は、本会が適当と認めたものでなければならない。

1.1.6 浮体施設に搭載する機関及び電気設備

浮体施設の安全性に係わる機関及び電気設備は、**鋼船規則 D 編**及び**H 編**の規定を準用しなければならない。

1.1.7 消火設備

浮体施設に搭載する機関及び電気設備に応じて、適切な消火設備を備えなければならない。

1.2 定義

1.2.1 用語及び定義

本ガイドラインで用いる主な用語及び定義は、次による。

1.2.1.1 (風及び波の) 同一方向

同じ方向に作用する。

1.2.1.2 水流

通常、流れの速度及び方向で示される固定した場所を通過する水の流れ

1.2.1.3 設計波

浮体施設及びタワーの設計に用いられる、波高、周期及び波向が定義された決定論的な波。設計波は、特定の周期波理論の使用に関する必要条件が付随する場合がある。

1.2.1.4 設計者

浮体施設及びタワーの設計に責任を負う者

1.2.1.5 環境条件

環境の特性(風、波、海流、水面、海氷、海洋付着生物、洗掘、全体的な海底変形など)であって、洋上風車の挙動に影響を与える可能性があるもの

1.2.1.6 (浮体施設及びタワーの)外部条件

洋上風車に影響を与える要素であって、環境条件、その他の気象要素(温度、雪、氷など)を含む。

1.2.1.7 極値有義波高

年間超過確率を $1/N$ (「再現期間」: N 年) とし、現地における有義波高の極値分布から外挿される、有義波高の期待値

1.2.1.8 極値波高

年間超過確率 $1/N$ (「再現期間」: N 年) の個々の最高波高(一般にゼロアップクロス法による波の波高)の期待値

1.2.1.9 定着氷盤

固く連続的に覆われた動かない氷

1.2.1.10 吹送距離

風がほぼ一定の風速及び風向で海上を吹き抜ける距離

1.2.1.11 最高天文潮位

天文学的条件と平均的な気象条件とのあらゆる組合せにおいて発生が予測できる静水面の最高水位。潮位の変化には、気象学的に発生し基本的に不規則である高潮が重なるため、全体的な静水面が最高天文潮位を超えることもある。

1.2.1.12 (風車の) ハブ高さ

風車ロータの受風面積の中心の平均海水面からの高さ

1.2.1.13 氷丘氷

大きな氷盤が互いにぶつかったときや浮体施設などの固い障害物にぶつかったときに、氷片や氷盤が起伏状に積み重なったもの

1.2.1.14 氷盤

大きさが数メートルから数キロメートルの板状の氷で、海岸にしっかりと凍り付いているのではなく、静止又は移動しているもの

1.2.1.15 着氷

洋上風車の一部が氷又は霜で覆われ、それが堆積したもので、荷重の増加や特性変化につながる可能性があるものの

1.2.1.16 荷重効果

単独荷重又は組合せ荷重の構造部品又はシステムに対する影響。内力、応力、ひずみ、運動など

1.2.1.17 最低天文潮位

天文学的条件と平均的な気象条件とのあらゆる組合せにおいて発生が予測できる静水面の最低水位。潮位の変化には、気象学的に発生し基本的に不規則である高潮が重なるため、全体的な静水面が最低天文潮位より低くなることもある。

1.2.1.18 製造業者

浮体施設及びタワーの製造及び建設の責任を負う者

1.2.1.19 海洋条件

海洋環境の特性(波、海流、水位、海氷、海洋付着生物、海底変形、洗掘など)であって、風車の挙動に影響を与える可能性があるもの

1.2.1.20 海洋付着生物

植物、動物及び微生物による構造部品(部材を含む)の表面被覆

1.2.1.21 気象海象

気象と海象とを合わせた略語

1.2.1.22 (風や波の)多方向

方向の分布

1.2.1.23 洋上風車

風力発電設備、タワー及び浮体施設(係留設備を含む)によって構成される構造物

1.2.1.24 洋上風車サイト

単独又はウィンドファーム内の個々の洋上風車の位置又は計画された位置

1.2.1.25 基準期間

風速、海面高さ、応答など与えられた確率的プロセスに対して定常性が仮定できる期間

1.2.1.26 ロータ - ナセル・アセンブリ

浮体施設及びタワーによって支えられる風力発電設備の一部

1.2.1.27 海底面

海と海底との境界面

1.2.1.28 海底こう(勾)配

海底面の局所的な傾斜。砂浜と関連したものなど

1.2.1.29 海況

統計的に定常的な海の状態

1.2.1.30 海底

海底面の下

1.2.1.31 海底変形

自然の地質作用による海底の移動

1.2.1.32 洗掘

水流及び波による、又は海底面より上の自然流況を妨げる構造要素による海底土の除去

1.2.1.33 有義波高

ある海況における波の高さの統計的指標で、ゼロアップクロス法による波全体の波高値の大きい方から 1/3 の平均波高、または $\sigma\eta$ を海面上昇の標準偏差とした場合に $4\sigma\eta$ に等しい高さで定義される。区別が必要な場合、前者の高さは統計的有義波高と呼び、後者的高さはスペクトル有義波高と呼ぶ。

注記：通常、前者の高さは $H_{1/3}$ で表し、後者は H_s または H_{m0} で表す。深海では、波スペクトルの形にかかわらず、平均で $H_{1/3} = 0.95 H_s$ となる。

1.2.1.34 飛まつ帯

浮体施設の中で、波や潮汐の変化によって頻繁に水に濡れる外側部分。再現期間 1 年の最高静水面に再現期間 1 年の有義波高に等しい波高の波の波頂高を加えたレベルから、再現期間 1 年の最低静水面から再現期間 1 年の有義波高に等しい波高の波の谷を差し引いたレベルまでの領域と定義する。なお、水位が変化した場合でも一定の喫水を有する浮体施設にあっては、静水面から上方 5m、下方 4m までの領域として差し支えない。

1.2.1.35 静水面

波による変化は、除外して潮汐及び高潮の影響を考慮して計算した概念上の水面。静水面は、平均海水面より高い場合も等しい場合も低い場合もあり得る。

1.2.1.36 高潮

風及び大気圧の変化によってもたらされる不規則な海の動き

1.2.1.37 浮体施設

風力発電設備及びタワーを搭載する浮体構造物のことをいい、当該浮体構造物の係留設備を含む。

1.2.1.38 潮流

潮汐による水流

1.2.1.39 潮汐

天文学的な力によって発生する規則的、かつ、予測可能な海の運動

1.2.1.40 タワー

浮体施設とロータ・ナセル・アセンブリの間にある部分

1.2.1.41 津波

海底面の急激な垂直運動によって起きる長周期の海の波

1.2.1.42 (風や波の) 単一方向

単一の方向に作用する。

1.2.1.43 水深

海底面と静水面との垂直距離。なお、静水面にはいくつかのケースがある (1.2.1.35 参照) ことから、水深の値も一つとは限らない。

1.2.1.44 波頂高

波の峰と静水面との垂直距離

1.2.1.45 波向

波が伝ばする平均方向

1.2.1.46 波高

ゼロアップクロス法による個々の波の水面における点の最高点と最低点との間の垂直距離

1.2.1.47 波の周期

ゼロアップクロス法による波の二つの基準線を超える間の時間間隔

1.2.1.48 波のスペクトル

ある海況における海面高さの周波数領域表現

1.2.1.49 ウィンドプロファイル - ウィンドシア法則

平均海面からの高さ方向の風速変化を与える数学的表現。通常用いられるプロファイルは、対数法則(1)及び指数法則(2)である。

$$V(z) = V(z_r) \times \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)} \quad (1)$$

$$V(z) = V(z_r) \times \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha \quad (2)$$

ここに、
 $V(z)$: 高さ z における風速
 z : 静水面からの高さ
 z_r : プロファイルを対応させるための静水面からの基準高さ
 z_0 : 粗度長
 α : ウィンドシア(又は指数法則)の指数

1.2.1.50 ゼロアップクロス法による波

ゼロアップクロス点の間の水面変動の時系列波形の部分。ゼロアップクロス点は、海面が静水面より(下降するのではなく)上昇する点である。

1.2.1.51 浮体施設の形式

-1. 半潜水型

風力発電設備を搭載した甲板，コラム，フーティング又はローワーハル及びブレーシング等から構成され，所定の喫水まで沈めて半潜水状態となる型式のものをいう。

-2. バージ型

通常のバージのような排水量型の型式のものをいう。

-3. スパー型

浮力体を垂直方向に延長することによって水線面を小さくして浮力体の大部分を水没させる型式のものをいう。

-4. テンションレグプラットフォーム (TLP) 型

強制的に半潜水させた浮体施設と海底を緊張係留ラインで結び，強制浮力によって生じる緊張力を利用して係留される型式のものをいう。

-5. その他

前-1.から-4.以外の型式のものをいう。

1.2.1.52 係留設備

-1. 浮体施設を長期間あるいは恒久的に設置海域の定められた位置に保持するための設備のことをいう。係留システムは，一般的に次の-2.から-4.に分類される。

-2. 多点係留システム (Spread Mooring System, SPM)

海底のパイル，シンカー等に固縛された複数の係留ラインにより構成されるシステムであって，係留ラインの端部が個々に浮体施設のウィンチ又はストoppに連結されているものをいい，次の(1)から(3)に分類する。

(1) カテナリ係留 (Catenary Mooring, CM)

主に懸垂線形状の係留ラインの自重(中間ブイ又は中間シンカーを有するものにあつては，これらの浮力又は自重)によって係留力を得るものをいう。ここで，係留ラインとは，浮体施設の位置を保持するためのチ

チェーン、ワイヤロープ、合成繊維ロープ又はこれらを複合したもの、シャックル等の連結具及び中間ブイ又は中間シンカー等からなるものをいい、パイル、シンカー等の海底にある係留施設は除く。

(2) トート係留 (Taut Mooring, TM)

初期張力を調整して緊張状態にある係留ラインの伸びによって係留力を得るものをいう。ここで、係留ラインとは、前(1)に規定するものをいう。

(3) 緊張係留 (Tension Mooring System, TMS)

海底に設置された杭又はシンカー等の支持基礎、鉛直方向に配置された複数の緊張係留ライン及び浮体施設に緊張係留ラインを取付けるための結合機器によって構成され、緊張係留ラインにより浮体施設を下方に引き込むことによって生じる浮力の増加及び係留ラインの張力によって浮体施設の上下揺、横揺及び縦揺を堅く保持しようとするものをいう。ここで、緊張係留ラインとは、鋼管、チェーン、ワイヤロープ又は合成繊維ロープ等から成る係留ラインであって、高い張力状態で直線形状に配置され、主にその弾性伸びによる大きな張力を利用するものをいう。

-3. 一点係留システム (Single Point Mooring, SPM)

一点係留システムは風向、波向により浮体施設の向きが変わる、風向計の動きが可能な係留方式である。典型的なシステムを次に示す。

(1) CALM (Catenary Anchor Leg Mooring)

CALM はカテナリ係留ラインで海底固定点に連結された大型ブイによるシステムである。浮体施設は係留ラインあるいはヨーク構造にてブイに係留される。

(2) SALM (Single Anchor Leg Mooring)

SALM は海水面、あるいは海水面付近に位置する浮力を備えた係留用構造物によるシステムである。浮体施設は索あるいはヨーク構造にて、この係留用構造物に係留される。この係留用構造物自体は海底に連結されている。

(3) ターレットムアリング (Turret Mooring)

回転方向の相対運動以外をさせないような構造のターレットを浮体施設に有し、風向計の動きが可能なシステムである。ターレットは浮体施設本体内部に内蔵式のもの、あるいは、浮体施設の前方向又は後方に設置されたものがある。ターレットは多点係留方式で海底に繋がれている方式が一般的である。

-4. その他の係留システム

前-2.及び-3.に掲げる以外の係留システムをいう。

1.2.1.53 係留施設

係留施設とは、浮体施設の係留用装置に連結される施設をいい、CALMにおける大型ブイやSALMにおける係留用構造物、ドルフィン、ジャケット等の固定構造物並びに海底に敷設されたシンカー/パイルから構成される、浮体施設から独立した別個の構造物等をいう。

1.2.1.54 風雨密

風雨密とは、いかなる海象状態においても、浮体施設及びタワーに風雨及び海水が侵入しないことをいう。

1.2.1.55 水密

水密とは、周囲の構造が設計された水圧の下で、いかなる方向にも水がその構造を通過しないことをいう。

1.2.1.56 海水流入

海水流入とは、非損傷時及び損傷時復原性を考慮する時に、水密又は風雨密に閉鎖できない開口、又は、運転上の理由から開放しておく必要がある開口から浮体施設への浮力構成部の内部へ水が浸入することをいう。

1.2.1.57 昇降機

昇降機とは、エレベーター及びその他の昇降機をいう。

1.2.1.58 エレベーター

エレベーターとは、レールに沿って上下移動するかご構造の昇降機をいう。

1.2.2 略語

1.2.2.1 一般

本ガイドラインでは、次の略語を用いる。

1.2.2.2 略語

COD	同一方向 (Co-directional)
DLC	設計荷重ケース (Design load case)
ECD	方向変化を伴う極値コヒーレントガスト (Extreme coherent gust with direction change)
ECM	極値流モデル (Extreme current model)
EDC	極値方向変化 (Extreme direction change)
EOG	運転時の極値突風 (Extreme operating gust)
ESS	極値海況 (Extreme sea state)
ETM	極値乱流モデル (Extreme turbulence model)
EWLR	極値水面範囲 (Extreme water level range)
EWM	極値風速モデル (Extreme wind speed model)
EWS	極値ウィンドシア (Extreme wind shear)
HAT	天文学的最高潮位 (Highest astronomical tide)
LAT	天文学的最低潮位 (Lowest astronomical tide)
MIC	微生物腐食 (Microbiologically influenced corrosion)
MIS	方向の不ぞろい (Misaligned)
MSL	平均海水面 (Mean sea level)
MUL	多方向 (Multi-directional)
NCM	通常水流モデル (Normal current model)
NSS	通常海況 (Normal sea state)
NTM	通常乱流モデル (Normal turbulence model)
NWH	通常波高 (Normal wave height)
NWLR	通常水面範囲 (Normal water level range)
NWP	通常ウィンドプロファイルモデル (Normal wind profile model)
SSS	高波浪時海況 (Severe sea state)
SWL	静水面 (Still water level)
UNI	単一方向 (Uni-directional)

1.3 品質保証

1.3.1 一般

品質システムは、ISO 9001 の要求事項に適合することを推奨する。

1.4 設置

1.4.1 一般

- 1. 浮体施設の製造業者は、浮体施設の設置に関する必要事項が明記された設置手順書を用意しなければならない。
- 2. 設置手順は、作業員に危険を与えたり構造物に許容外の荷重を作用させたりすることなく、必要に応じて作業を中断できるようなものでなければならない。
- 3. 浮体施設を輻輳海域に設置する場合又は大規模に展開する場合、リスク評価を実施しなければならない。

1.4.2 提出文書

浮体施設及びタワーの製造業者は、浮体施設及びタワーの設置、建設に関する図面、仕様書及び指示書を用意しなければならない。製造業者は、すべての荷重、重量及び安全な取り扱い、浮体施設及びタワーを設置するために必要な特殊ツール及び手順についての詳細を用意しなければならない。

1.5 保守及び点検

1.5.1 一般

浮体施設及びタワーには、保守・点検のための安全な交通手段を備えなければならない。交通手段は、関連する地域及び国内法令並びに国際法規に準拠しなければならない。

1.5.2 検査及び保守の安全に関する設計要求

- 1. 浮体施設に設けられた通路やプラットフォームは、保守、検査時に海水を被る高さよりも上方に配置しなければならない。安全のため、海洋付着生物の除去も検討することを推奨する。着氷のリスクがある場合には、着氷条件下における梯子やプラットフォームへのアクセス制限も検討しなければならない。氷の落下によって構造が損傷するリスクについても検討しなければならない。
- 2. 設計には、回転中のブレード先端部と通路やプラットフォームとの間に適切な間隔を設けなければならない。
- 3. ヘリコプタの離着施設は、着陸プラットフォームの構造安全性、クリアランス、防火、標示等に関するあらゆる面について、関連する国内及び国際の法規・法令に適合したものでなければならない。
- 4. 航行及び飛行に関する障害灯及び障害標識は、関連する国内及び国際の法規・法令に適合したものでなければならない。
- 5. 浮体施設及びタワーに昇降設備を備える場合、昇降設備は、5.10 に規定する要件に適合しなければならない。
- 6. 浮体施設には、1 週間滞在するための食料及び水並びに救急キット及び防寒具を備えなければならない。

1.5.3 メンテナンスマニュアル

- 1. 本 1.5.3 に適合するメンテナンスマニュアルを作成し、作業員に提供しなければならない。
- 2. メンテナンスマニュアルに記載される保守及び点検の各手順は、作業員の安全を考慮したものでなければならない。

-3. 閉鎖された区画に入る作業員について、危険な状況を必ず待機人員が認識し、必要に応じてただちに救助を開始できる安全措置が必要と明記しなければならない。

-4. メンテナンスマニュアルは、作業員が理解できる言語で作成しなければならない。

-5. メンテナンスマニュアルには、少なくとも以下の事項について記載しなければならない。

- (1) 保守及び点検要領
- (2) 保守及び点検を行う間隔
- (3) 浮体施設への安全なアクセス手段
- (4) 悪天候時の行動
- (5) 海洋付着生物のモニタリング要領
- (6) 浮体施設及びタワーの設置、建設に関する図面
- (7) 1.5.4 に基づく緊急時の対策

-6. メンテナンスマニュアルには、保守点検記録を添えなければならず、保守点検記録には、少なくとも以下の事項について記載しなければならない。

- (1) 実施した保守点検の概要及び日時
- (2) 発見した不具合の概要及び発見した日時
- (3) 不具合に対する対策
- (4) 不具合を修理した日時

1.5.4 緊急時対策要領

-1. 想定される緊急事態がメンテナンスマニュアル中で特定され、作業員が実施する処置が規定されていなければならぬ。

-2. メンテナンスマニュアルには、火災並びに洋上風車の部品及び構造が損傷している場合、当該リスクが明確に評価されない限り、誰も洋上風車に近づかないことが望ましい旨を記載しなければならない。

2章 外部条件

2.1 一般

2.1.1 一般

-1. 浮体施設及びタワーの荷重及び耐久性運転は、環境条件の影響を受ける。適切な水準の安全性及び信頼性を確保するため、環境及び地盤のパラメータを考慮して設計し、これらのパラメータを設計図書に明記しなければならない。環境条件は、風の条件、海洋条件（波、海流、水位、海氷、海洋付着生物）、地震及び津波条件並びにその他の環境条件に分けられる。

-2. サイトの地質については、海底変形、洗掘、その他の海底の不安定性による地質の時間的変化が問題となる場合、考慮しなければならない。

-3. 外部条件は、通常外部条件及び極値外部条件に細分される。通常外部条件は、一般に再現性のある構造荷重条件に関するものである。極値外部条件は、まれな外部設計条件を表す。設計荷重ケースは、これらの外部条件と風車の運転モードやほかの設計条件との重要と考えられる組合せによって構成しなければならない。

-4. 製造業者は、基本的な設計パラメータの値を設計文書に明記しなければならない。

2.2 風条件

2.2.1 一般

-1. 浮体施設及びタワーは、設計基準として採用した風条件に安全に耐え得るように設計されなければならない。風の種類は、1年に1回よりも頻繁に発生する通常条件と、再現期間が1年又は50年と定義される極値条件とに分けられる。

-2. 浮体施設及びタワーの設計は、設置海域を代表する風条件に基づかなければならない。

-3. 浮体施設及びタワーの設計に用いるウインドプロファイルは、以下によらなければならない。なお、設置海域固有のウインドプロファイルが以下に示すものより厳しいと考えられる場合、設置海域固有のウインドプロファイルを用いなければならない。

$$V(z) = V_{\text{hub}} (z/z_{\text{hub}})^{\alpha}$$

ここに、	$V(z)$:	高さ z における風速
	V_{hub} :	ハブ高さにおける風速
	z :	静水面からの高さ
	z_{hub} :	静水面からのハブ高さ
	α :	通常風条件における標準値 0.14 極値風条件における標準値 0.11

2.3 海象条件

2.3.1 一般

-1. 浮体施設及びタワーは、設計基準によって採用された海象条件に安全に耐え得るように設計されなければならない。海象条件は、1年に1回よりも頻繁に発生する通常海象条件と、再現期間が1年又は50年と定義される極値海象条件とに分けられる。ただし、水位の通常範囲は再現期間1年の水面の変化と定義する。**2.3.4.1**を参照。

-2. 浮体施設及びタワーの設計は、洋上風車サイトを代表する海洋条件を含む環境条件に基づかなければならない。

2.3.2 波

-1. 波は形状が不規則であり、波高、波長及び伝ば速度も変化する。また、一方向又は複数の方向から同時に洋上風車に打ち寄せることもある。実際の海の特徴は、確率論的な波浪モデルで海況を表現することで最もよく映し出すことができる。確率論的な波浪モデルは、個々の小さな周波数成分を多数重ね合わせたものとして海況を表現する。周波数成分の一つ一つは、固有の振幅、周波数及び伝ば方向をもつ周期的な波であり、互いの位相は不規則である。設計海況は、波のスペクトル S とともに有義波高 H_s 、ピークスペクトル周期 T_p 及び平均波向 θ_{wm} を用いて表す。適切な場合には、波のスペクトルに方向関数を補足してもよい。波の標準的なスペクトルの式は、**IEC61400-3 附属書 B** による。

-2. 用途によっては、実際の海を表す概念として周期的又は規則的な波を設計に用いる場合もある。決定論的な設計波は、その波高、周期及び波向によって規定しなければならない。

-3. 洋上風車の設計では、風と波条件との相関関係を考慮に入れなければならない。この相関関係は、次のパラメータの長期的な結合確率分布について考慮する。

- ・ 平均風速 V
- ・ 有義波高 H_s
- ・ 波スペクトルのピーク周期 T_p

これらのパラメータの結合確率分布は、吹送距離、水深、海底地形などの現地サイト条件に影響される。したがって、結合確率分布は、適切な長期測定データに、適宜、数値的な波の追算を補足して求めるものとする。**IEC61400-3 12.4**を参照しなければならない。

-4. 通常風条件と波との相関関係には、平均風向及び平均波向の考慮が含まれる。風向及び波向の分布（多方向）は、浮体施設及びタワーに作用する荷重に重要な影響をもたらすことがある。この影響の重要度は、風及び波の方向性並びに浮体施設及びタワーの軸対称性の度合いによって異なる。風及び波の方向が同一方向で、これらを単一の方向から作用させることが最大ケースになるという仮定は保守的になるので、そのように仮定して差し支えないことを設計者は場合に応じて適切な解析によって実証すればよい。風向及び波向に関する仮定は、原則として、**3.2**の設計荷重ケースごとに考慮しなければならない。

-5. 風及び波の方向を不一致とする場合、方向関連のデータ及び風車モデリング手法の信頼性の確保に特に注意しなければならない。

2.3.2.1 通常海況（NSS）

-1. 各通常海況に対して、有義波高、ピークスペクトル周期及び波向を関連する平均風速と合わせて選定しなければならない。選定は、設置予定のサイトに該当する気象海象パラメータの長期的な結合確率分布を基準とする。

-2. 疲労荷重計算において設計者は、考慮する通常海況における(データの)数及び分解能が、十分に長い期間の気象海象パラメータの分布から得られており疲労強度の計算をするのに十分であることを確認しなければならない。

-3. 終局荷重計算では、通常海況は、3.2.2に記載する例外事項を除き、平均風速を条件とする有義波高 H_s の期待値で表現した海況とする。設計者は、それぞれの有義波高に該当するピークスペクトル周期 T_p の範囲を考慮しなければならない。設計計算は、洋上風車に作用する荷重が最大となるピークスペクトル周期値に基づくものとする。

2.3.2.2 通常波高 (NWH)

-1. 決定論的な通常設計波高 H_{NWH} は、平均風速値を条件とする有義波高 $H_{s,NSS}$ の期待値に等しいと仮定しなければならない。

-2. NWHに基づく設計計算では、以下の範囲内で洋上風車に作用する荷重が最大となる波の周期値を仮定しなければならないとする。

$$11.1\sqrt{H_{s,NSS}(V)/g} \leq T \leq 14.3\sqrt{H_{s,NSS}(V)/g}$$

2.3.2.3 高波浪時海況 (SSS)

-1. 洋上風車の発電中の終局荷重の計算では、高波浪時海況の確率論的モデルを通常風条件と組み合わせて考慮しなければならない。高波浪時海況モデルは、発電に該当する風速範囲のそれぞれの風速に対して一つの高波浪時海況を関連付けるものである。それぞれの高波浪時海況の有義波高 $H_{s,SSS}(V)$ は、一般に、サイト固有の気象海象データに外挿法を適用して求める。このとき、有義波高と風速との組合せの再現期間は 50 年とする。すべての風速に対して、風条件に関係がない再現期間 50 年の極値有義波高 H_{s50} を $H_{s,SSS}(V)$ の保守的な値として用いてよい。

-2. 気象海象データの外挿は、いわゆる逆一次信頼性解析法 (Inverse First Order Reliability Method : IFORM) を用いて行うことを推奨する。この方法は、IEC61400-3 附属書 G に記載されている。附属書 G では、サイト固有の環境条件から $H_{s,SSS}(V)$ を求める方法についても説明する。

-3. 設計者は、それぞれの有義波高に該当するピークスペクトル周期 T_p の範囲を考慮しなければならない。この範囲内で、設計計算は洋上風車に作用する荷重が最大となるようなピークスペクトル周期の値に基づくものとする。

2.3.2.4 極値海況 (ESS)

-1. 確率論的な極値海況モデルは、再現期間 50 年の極値有義波高 H_{s50} 及び再現期間 1 年の極値有義波高 H_{s1} の両方について考慮する。

-2. H_{s50} 及び H_{s1} の値は、洋上風車サイトの測定値や波の追算データの解析から求める。

-3. 設計者は、 H_{s50} 及び H_{s1} に該当するピークスペクトル周期 T_p の範囲をそれぞれ考慮しなければならない。

-4. 設計計算は、洋上風車に作用する荷重が最大となるようなピークスペクトル周期値を基準とする。

2.3.3 海の流れ

-1. 海の流れは、原則として空間的及び時間的な変化があるものの、一般には速度及び方向が一定で深さの関数としてだけ変化する水平方向に均一な流れとみなされる。海の流れ速度については、次の成分を考慮する。

- ・ 潮汐、高潮、気圧の変化などによって生じる水中流
- ・ 風によって生じる海面付近流 (吹送流)

-2. 全体的な流速は、これらの成分のベクトル和である。波によって引き起こされる水粒子速度及び流速をベクトル的に加算しなければならない。海の流れが波長と波の周期との関係に及ぼす影響は、一般に小さいため、無視してよい。

-3. 海の流れが浮体施設及びタワーの流体学的疲労荷重に及ぼす影響は、波による波頂の水粒子速度に比べて全体的な流速が遅い場合及び渦の離脱や移動水盤による振動が発生しにくい場合には、問題にならないとみられる。設計者は、サイト固有のデータを適切に評価することによって、疲労荷重の計算で海の流れを無視してよいかどうかを判断しなければならない。

-4. 水中流及び吹送流については、2.3.3.1 及び 2.3.3.2 の規定によらなければならない。なお、解析または実験に

よって、水中流及び吹送流を同時に考慮する場合にあっては、この限りではない。

2.3.3.1 水中流

-1. 水中流プロファイルは、流速 $U_{ss}(z)$ を SWL からの高さ z の関数と定義したとき、水深 d に対する単純な指数法則によってその特性を表すことができる。

$$U_{ss}(z) = U_{ss}(0) [(z + d) / d]^{1/7}$$

海面流速 $U_{ss}(0)$ の 1 年再現値及び 50 年再現値を洋上風車サイトの測定値を解析して求めることができる。

-2. 一般に水中流の方向は、波向と同じと仮定して差し支えない。

2.3.3.2 風による海面付近流（吹送流）

-1. 風によって生じる水流は、水面流速 $U_w(0)$ から SWL 下 20m の深さでゼロとなる速度 $U_w(z)$ の線形分布としてその特性を表すことができる。

$$U_w(z) = U_w(0) (1 + z/20)$$

-2. 風による海面流速は、方向が風向と一致しているとみなすことができ、以下から推算することができる。

$$U_w(0) = 0.01 V_{1\text{-hour}}(z = 10 \text{ m})$$

ここに、 $V_{1\text{-hour}}(z = 10 \text{ m})$: SWL から 10 m の高さにおける風速の 1 時間平均値

$V_{1\text{-hour}}(z = 10 \text{ m})$ の 1 年再現値及び 50 年再現値を洋上風車サイトの測定値を解析して求めることができる。これらの風速を前-1. に代入し、風による海面流速の 1 年再現値及び 50 年再現値を推定することができる。

2.3.3.3 通常水流モデル（NCM）

-1. 通常水流モデルは、通常波条件に関連した風によって生じる水流として定義される。通常水流モデルには、潮汐及び高潮によって生じる水中流は含まれない。

-2. 通常水流モデルは、通常及び高波浪時波条件(NSS, NWH 及び SSS)を含む終局荷重ケースにおいて仮定する。それぞれの荷重ケースで、風による水流の速度は対応する平均風速から推定することができる。2.3.3.2 を参照しなければならない。

2.3.3.4 極値水流モデル（ECM）

-1. 極値水流モデルは、再現期間 1 年及び 50 年の水中流及び風によって生じる水流のサイト固有の組合せとして定義される。

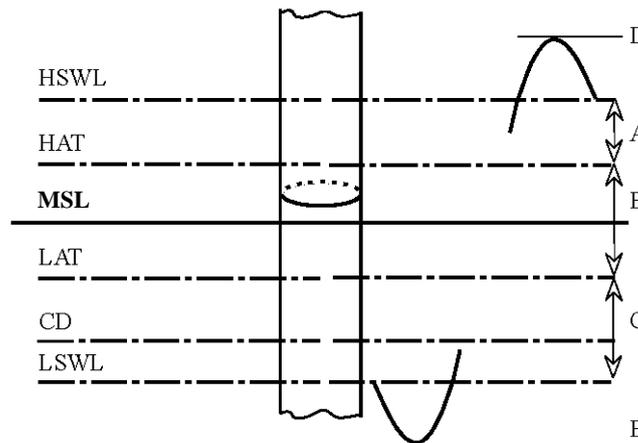
-2. 極値水流モデルは、極値波浪状態（ESS）等の終局荷重ケースにおいて仮定する。波と同じ再現期間の海流をこれらの荷重ケースについて仮定しなければならない。

2.3.4 水位

浮体施設の水力学的荷重の計算では、サイトにおける水位の変化(意味がある場合)を考慮しなければならない。ただし、通常波浪状態（NSS 及び NWH）を伴う終局荷重ケースでは、次の 2.3.4.1 に記載する例外を除き、平均海面（MSL）に等しい一定水位を想定してよい。

水位の定義は、図 2.1 による。

図 2.1 水位の定義



HSWL	最高静水面
HAT	最高天文潮位
MSL	平均潮位
LAT	最低天文潮位
CD	海図基準面 (LAT に等しい場合が多い)
LSWL	最低静水面
A	プラスの高潮
B	潮差
C	マイナスの高潮
D	最高波頂高
E	最低波底高

2.3.4.1 通常水位変動域 (NWLR)

-1. 通常水位変動域は、再現期間 1 年の水面の変化に等しいと仮定する。水面の長期確率分布を表すサイト固有のデータが存在しない場合、通常水位変動域は最高天文潮位 (HAT) から最低天文潮位 (LAT) までの差に等しいと仮定してよい。

-2. NWLR は、海況及び風速の結合確率分布 (H_s , T_p 及び V_{hub}) に基づく通常海況モデル (NSS) の疲労荷重ケース及び終局荷重ケースにおいて仮定する。また、次の条件の終局荷重ケースでもこの NWLR 範囲を仮定する。

- ・ 高波浪時海況 (SSS) モデル
- ・ 再現期間 1 年の波条件

-3. 終局荷重の計算は、荷重が最大となる NWLR 範囲内の水位に基づくか又は NWLR 範囲内の水位の確率分布を適切に考慮して実施する。

-4. 水力的疲労荷重の計算では、水位の変化が疲労荷重に及ぼす影響は無視できる程度のものであるか又は平均海水面以上の一定水位を想定することでその影響を保守的に見積もることができることを設計者は場合に応じて適切な解析によって実証すればよい。

2.3.4.2 極値水位変動域 (EWLR)

-1. 極値水位変動域は、再現期間 50 年の波条件に対応する終局荷重ケースにおいて仮定する。荷重計算は、浮体施設に作用する荷重が最大になるような水位を基準として行わなければならない。

-2. 浮体施設の水力的荷重、氷荷重及び浮力の計算用として、対応する設計変動水位を求めなければならない。

-3. 水位を含む気象海象パラメータの長期結合確率分布データが存在しない場合、設計者は、少なくとも次の水面に基づいて計算を実施しなければならない。

- ・ 再現期間 50 年の最高静水位 (最高天文潮位とプラスの高潮との適切な組合せに基づく)。
- ・ 再現期間 50 年の最低静水位 (最低天文潮位とマイナスの高潮との適切な組合せに基づく)。

2.3.5 海氷

-1. 場所によっては、海氷による荷重がクリティカルとなる場合がある。氷の荷重は、定着氷盤による静的荷重に関係している場合や風や水流によって引き起こされる氷盤の動きによる動的荷重に関係している場合もある。移動する氷盤が長期間にわたって浮体施設に衝撃を与えた結果、著しい疲労荷重を引き起こすこともある。

-2. 氷荷重の計算に関する指針は、IEC61400-3 附属書 E による。

2.3.6 海洋付着生物

-1. 海洋付着生物は、浮体施設の重量、形状及び表面状態に影響する。その結果、海洋付着生物が浮体施設の水力学的荷重、動的応答、アクセス性及び腐食度に影響する場合がある。

-2. 場所によっては、海洋付着生物が顕著になることがあり、浮体施設の設計において考慮が必要になる。

-3. 海洋付着生物は大きく“硬質”（一般に貝類やフジツボ）及び“軟質”（海苔やコンブ類）に分けられる。硬質の付着物は、一般に軟質の付着物より厚さは薄い粗度が大きい。一般に、構造物を設置するとまもなく海洋生物がコロニを形成するが、数年後には成長率が鈍る。

-4. 海洋付着生物の性質及び厚さは、構造部材の海面に対する位置、卓越流に対する向き、年月及び保守の方針によって異なるが、塩分、酸素濃度、pH 値、水流、温度などのほかのサイト条件にも左右される。

-5. 腐食環境は、通常、浮体施設の上部浸水部分及び飛まつ帯の下部に付着した海洋付着生物による影響を受ける。付着生物の種類、その他の局部条件によって、実質的な影響は腐食性を進行させる場合もあれば遅らせる場合もある。海洋付着生物の付着によって腐食プロセスが進行する場合（例えば、腐食性代謝物質によって）、一般に“微生物腐食”（Microbiologically influenced corrosion, 略して MIC）と呼ばれる。さらに、海洋付着生物の付着は、コーティング、ライニング、電気防食などの腐食防止のシステムに影響を及ぼすこともある。

2.4 地震及び津波

2.4.1 一般

-1. 地震の影響について適切に考慮しなければならない。地震は、設置海域周辺において過去発生した最大レベルのものを考慮しなければならない。

-2. 津波の影響について適切に考慮しなければならない。津波は、設置海域周辺において過去発生した最大津波を考慮しなければならない。ただし、水深が十分深い場合は、津波による影響は、潮位変動及び海流として取り扱って差し支えない。

-3. 地震及び津波を考慮する際の風、波等の環境荷重は通常状態のものとして差し支えない。

-4. 地震が生じた場合の地盤の液状化について考慮しなければならない。

2.5 その他の環境条件

2.5.1 積雪荷重

浮体施設及びタワー対して積雪の影響が無視できない場合、適切に考慮しなければならない。

2.5.2 海底変形及び洗掘

浮体施設の係留設備に対する海底変形及び洗掘の影響が無視できない場合、適切に考慮しなければならない。

3章 荷重

3.1 一般

3.1.1 一般

- 1. 設計計算では、**3.1.2** から **3.1.7** に記載する荷重を考慮すると共に、風力発電設備から浮体施設及びタワーに働く荷重を考慮しなければならない。
- 2. 浮体施設及びタワーに対して、時間領域での連成解析を行わなければならない。解析は、荷重を正確に把握するために十分なシミュレーション時間を確保しなければならない。なお、本会が適当と認める模型試験によって荷重を算定して差し支えない。この場合、設計荷重算定に関わる資料を本会に提出しなければならない。
- 3. 風車の制御により浮体施設及びタワーの動揺が励起される場合、励起された動揺による荷重を考慮しなければならない。

3.1.2 重力荷重及び慣性荷重

重力荷重及び慣性荷重は、重力、浮体施設の動揺、振動及び地震によって生じる静的及び動的荷重である。

3.1.3 空力荷重

- 1. 空力荷重とは、空気流並びに空気流と風車及び浮体施設及びタワーの静止部及び可動部との相互作用によって生じる静的及び動的荷重である。
- 2. 空気の流れは、ロータ面を通過する平均風速、乱れ、ロータの回転速度、空気密度及び風力発電設備の構成部品の空力形状並びに空力弾性効果を含むそれらの部品の相互作用効果に依存する。

3.1.4 運転荷重

運転荷重は、風力発電設備の運転及び制御によって生じる。

3.1.5 水力荷重

- 1. 水力荷重は、水の流れと浮体施設との相互作用によって生じる動的荷重である。
- 2. 水力荷重は、水の流れの運動、水の密度、水深、浮体施設の形状及びそれらの水力弾性効果を含む相互作用効果に依存する。
- 3. 浮体施設のうち水力荷重を受けるものとして設計されていない部分は、再現期間 50 年の最高波頂高の期待値に最小間隔を加えた高さに位置していなければならない。このとき、最高天文潮位、高潮、極値波の波頂高及び浮体施設の動きを考慮しなければならない。最小間隔はエアーギャップと呼ばれるが、これは $0.2 * H_{s50}$ と定義される。ただし、最小値は 1 m とする。

特に、浮体施設の附属物の設計においては、波の“打上げ”によって生じる水力荷重を考慮すべきである。

3.1.6 海水荷重

- 1. 浮体施設に作用する海水荷重は、静的荷重及び動的荷重の両方が存在する。静的荷重は、結氷板の温度変動か水面変化のいずれかによって生じる。動的荷重は、風及び潮流によって引き起こされる氷盤の動きによって、また、氷盤及びその破片が浮体施設と接触することによって生じる。
- 2. 氷荷重の設計との関連性は、洋上風車の具体的な設置場所及び特性に依存する (**IEC61400-3 附属書 E** 参照)。

3.1.7 その他の荷重

- 1. その他の荷重，例えば，風車後流荷重，衝撃荷重，氷荷重などが発生する可能性があり，適宜，考慮に入れなければならない。
- 2. 内圧並びに外圧及びそれから生じる浮力によって浮体施設に作用する静水圧荷重を，考慮しなければならない。
- 3. 渦抵抗により浮体施設の部材に振動が発生する場合は，渦抵抗も考慮しなければならない。（係留設備への渦抵抗の影響については，ISO19901-7 7.4.7 参照）
- 4. 揚力が無視できない場合は，揚力を適切に計算しなければならない。
- 5. 流れによる摩擦力が無視できない場合は，流れによる摩擦力を適切に算定しなければならない。

3.2 設計条件及び荷重ケース

3.2.1 一般

- 1. 設計においては，浮体施設及びタワーの寿命は，経験すると思われる最も重大な状態を網羅した設計条件によって代表させることができる。
- 2. 荷重ケースは，運転モード又はその他の設計条件，例えば，特定の組立，建設又は保守の条件と外部条件との組合せによって決定する。妥当な発生確率のあらゆる関連荷重ケースを制御システム及び保護システムの挙動と合わせて考慮しなければならない。浮体施設及びタワーの構造的健全性の検証に用いる設計荷重ケースは，次の組合せから計算する。
 - ・ 通常設計条件及び適切な通常又は極値外部条件。
 - ・ 故障設計条件及び適切な外部条件。
 - ・ 輸送，据付及び保守の設計条件並びに適切な外部条件。極値外部条件と故障条件との間に相関関係がある場合は，両者の現実的な組合せを設計荷重ケースとして考慮しなければならない。
- 3. 各々の設計条件において，数種類の設計荷重ケースを考慮しなければならない。原則として，表 3.1 の設計荷重ケースを考慮しなければならない。この表では，設計荷重ケースは，各々の設計条件について風条件，海洋条件，電気条件，その他の外部条件によって規定されている。それに加えて，洋上風車が海氷の発生が予想されるサイトに設置される場合には，表 3.2 に示される設計荷重ケースを考慮しなければならない。
- 4. 各設計荷重ケースに対して，適切な解析タイプを表 3.1 に“F”及び“U”で示す。“F”は，疲労強度の評価に用いる疲労荷重の解析を意味する。“U”は，材料強度及び構造安定性に関係した終局荷重の解析を意味する。
- 5. “U”で示される設計荷重ケースは，通常状態(N)，異常状態(A)又は輸送及び建設状態(T)に分類される。通常設計荷重ケースは，浮体施設及びタワーの設計寿命期間を通じて頻繁に発生するものである。風車は通常な状態か，場合によっては，軽度の故障又は異常状態にある。異常設計条件は，発生頻度が低いものである。これは，通常，保護システムの作動に至る重大な不具合を伴った設計条件に相当する。設計条件 N, A, 又は T によって，終局荷重に適用される部分安全率 γ_f が決定する。この安全率は，表 5.1 による。

表 3.1 設計荷重ケース (DLC)

設計条件	DLC	風条件	波	風及び波の方向性	海流	水位	その他の条件	解析のタイプ	部分安全率
1) 発電	1.1	NTM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL	RNA に対する 極値荷重の外挿時	U	N (1.25)
	1.2	NTM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS H_s , T_p 及び V_{hub} の 結合確率分布	COD 及び MUL	水流なし	NWLR 又は MSL 以上		F	—
	1.3	ETM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL		U	N
	1.4	ECD $V_{hub} = V_r - 2 \text{ m/s}$, V_r 及び $V_r + 2 \text{ m/s}$	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	MIS 及び 風向変化	NCM	MSL		U	N
	1.5	EWS $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL		U	N
	1.6	NTM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	SSS $H_s = H_{s,SSS}$	COD 及び UNI	NCM	NWLR		U	N
2) 発電中の 故障発生	2.1	NTM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL	制御装置の故障又は ネットワークロス	U	N
	2.2	NTM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL	保護装置又は先行 する内部の電気故障	U	A
	2.3	— EOG — $V_{hub} = V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out}	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL	外部又は内部の電気 故障 (ネットワークロスを含む)	U	A
	2.4	NTM $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	水流なし	NWLR 又は MSL 以上	制御, 保護又は電気 装置の故障 (ネットワークロスを含む)	F	—

設計条件	DLC	風条件	波	風及び波の方向性	海流	水位	その他の条件	解析のタイプ	部分安全率
3) 起動	3.1	NWP $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	水流なし	NWLR 又は MSL 以上		F	—
	3.2	— EOG — $V_{hub} = V_{in}, V_r$ $\pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out}	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL		U	N
	3.3	EDC ₁ $V_{hub} = V_{in}, V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out}	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	MIS 及び 風向変化	NCM	MSL		U	N
4) 通常停止	4.1	NWP $V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	水流なし	NWLR 又は MSL 以上		F	—
	4.2	— EOG — $V_{hub} = V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out}	NSS (又は NWH) $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL		U	N
5) 緊急停止	5.1	NTM $V_{hub} = V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out}	NSS $H_s = E[H_s V_{hub}]$	COD 及び UNI	NCM	MSL		U	N
6) 待機中 (静止又はアイドリング)	6.1	EWM 乱流モデル $V_{hub} = k_1 V_{ref}$	ESS $H_s = k_2 H_{s50}$	MIS 及び MUL	ECM	EWLR		U	N
	6.2	EWM 乱流モデル $V_{hub} = k_1 V_{ref}$	ESS $H_s = k_2 H_{s50}$	MIS 及び MUL	ECM	EWLR	ネットワークロス	U	A
	6.3	EWM 乱流モデル $V_{hub} = k_1 V_1$	ESS $H_s = k_2 H_{s1}$	MIS 及び MUL	ECM	NWLR	極値ヨー誤差	U	N
	6.4	NTM $V_{hub} < 0.7 V_{ref}$	NSS H_s, T_p 及び V_{hub} の結合確率分布	COD 及び MUL	水流なし	NWLR 又は MSL 以上		F	—
7) 待機中に故障の発生	7.1	EWM 乱流モデル $V_{hub} = k_1 V_1$	ESS $H_s = k_2 H_{s1}$	MIS 及び MUL	ECM	NWLR		U	A
	7.2	NTM $V_{hub} < 0.7 V_{ref}$	NSS H_s, T_p 及び V_{hub} の結合確率分布	COD 及び MUL	水流なし	NWLR 又は MSL 以上		F	—

設計条件	DLC	風条件	波	風及び波の方向性	海流	水位	その他の条件	解析の タイプ	部分 安全率
8)曳航, 設置及び 保守	8.1	製造業者が規定						U	T

(備考)

(1) 表 3.1 では、次の略語を用いている。

COD 同一方向 (2.3.2 参照)

ECD 方向変化を伴う極値コヒーレントガスト (JIS C1400-1)

EDC 極値方向変化 (JIS C1400-1)

ESS 極値海況 (2.3.2.4 参照)

EWM 極値風速モデル (JIS C1400-1)

MIS 方向の不ぞろい (2.3.2 参照)

MUL 多方向 (2.3.2 参照)

NTM 通常乱流モデル (JIS C1400-1)

NWLR 通常水面範囲 (2.3.4.1 参照)

NSS 通常海況 (2.3.2.1 参照)

SSS 厳しい海況 (2.3.2.3 参照)

UNI 単一方向 (2.3.2 参照)

F 疲労 (5.6 参照)

N 通常

DLC 設計荷重ケース

ECM 極値水流モデル (2.3.3.4 参照)

EOG 運転時の極値突風 (JIS C1400-1)

ETM 極値乱流モデル

EWLR 極値水面範囲 (2.3.4.2 参照)

EWS 極値ウィンドシア (JIS C1400-1)

MSL 平均海水面 (2.3.4 参照)

NCM 通常水流モデル (2.3.3.3 参照)

NWH 通常波高 (2.3.2.2 参照)

NWP 通常ウィンドプロファイルモデル (JIS C1400-1)

$V_t \pm 2 \text{ m/s}$ この範囲内のすべての風速に対する感度を解析しなければならない。

U 終局荷重 (5.4.2 参照)

A 異常

T 輸送及び建設

(2) 表 3.1 に一つの風速範囲が示されている場合、浮体施設及びタワーの設計に対して最も厳しい条件になる風速を考慮しなければならない。風速範囲は、離散値の数列で表してもよい。この場合、分解能は計算精度を確保する十分なものでなければならない (一般に、分解能は 2 m/s で十分とみなされる。)。設計荷重ケースの定義においては、2章に記載した風条件及び海洋条件を参照しなければならない。

(3) 一般に、平均風向の過渡的変化を伴う設計荷重ケース (DLC 1.4 及び 3.3) 及びパーキング (静止又はアイドリング) 設計条件の風車に対する設計荷重ケースを除くすべての設計荷重ケースにおいて、浮体施設及びタワーに作用する荷重の計算では、風及び波の方向は、同一と仮定してよい。

(4) 幾つかのケースにおいては、多方向からの風及び波は、浮体施設及びタワーに作用する荷重に重要な影響を及ぼすことがある。これは主に、浮体施設及びタワーがどの程度非軸対称であるかに左右される。表 3.1 に示す設計荷重ケースの中には、風及び波が最悪のケースの一つの方向 (単一方向) から作用すると仮定して荷重計算を実施してよいものもある。ただし、この場合、算出した最悪のケースの荷重を浮体施設及びタワーの該当方向に適用することによって、構造的健全性を実証しなければならない。

(5) それぞれの設計荷重ケースについて考慮すべき平均又は極値ヨー誤差は、JIS C1400-1 の記載どおりとする。ヨー誤差は、風車主軸の風向に対する水平方向の偏差と定義される。

3.2.2 発電(DLC 1.1~1.6)

- 1. この設計条件では、洋上風車は運転中であり電気負荷に接続されている。想定する風車の形状にはロータの不均衡を考慮しなければならない。また、ロータの製造上に規定されている質量及び空力不均衡(例えば、ブレードピッチ及びねじれの偏差)の最大値を設計計算に用いなければならない。
- 2. ヨー誤差、制御装置のトラッキング誤差などの理論的な最適運転条件からの偏差も運転荷重の解析で考慮しなければならない。
- 3. DLC 1.1 及び 1.2 は、洋上風車の設計寿命期間を通じて通常運転条件で発生する大気の流れ乱流(NTM)及び確率論的な海況(NSS)から生じる荷重の要求事項を具体化したものである。
- 4. DLC 1.2 では、各平均風速に対して、該当する一つの有義波高値を考慮すればよい。ただし、設計者は考慮する通常海況の個数及び分解能が気象海象パラメータの長期分布に関連した疲労荷重の計算に十分なものとしなければならない。それぞれの通常海況に対する有義波高、ピークスペクトル周期、波向及び水位を気象海象パラメータの長期結合確率分布をもとに、関連する平均風速とともに考慮しなければならない。
- 5. DLC 1.2 では、通常海況条件(NSS)を想定する。それぞれの通常海況に対して有義波高、ピークスペクトル周期及び方向を設置サイトに該当する気象海象パラメータの長期の結合確率分布をもとに、関連する平均風速とともに選定しなければならない。設計者は、考慮する通常海況の個数及び分解能が気象海洋パラメータの完全長期分布に関連した疲労荷重の計算に十分なものとしなければならない。
- 6. DLC 1.3 は、極値乱流条件において生じる終局荷重の要求事項を具体化したものである。この設計荷重ケースに対しては通常海況条件(NSS)を想定し、それぞれの個別海況に対する有義波高は、該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値としなければならない。
- 7. DLC 1.4 及び 1.5 は、洋上風車の耐用期間中に発生し得る重大危機的な事象となり得る過渡的なケースを規定している。これらの荷重ケースでは、通常海況条件(NSS)を想定し、それぞれの個別海況に対する有義波高は、該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値としなければならない。または、波高が該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値に等しいと仮定した、決定論的な通常設計波(NWH)を用いたシミュレーションを実施してもよい。
- 8. DLC 1.4 では、過渡的な風向変化の前は、風及び波は同一方向であると仮定してよい。
- 9. DLC 1.6 は、通常乱流(NTM)及び厳しい海況(SSS)条件において生じる終局荷重の要求事項を具体化したものである。それぞれの個別海況に対する有義波高は、2.3.2.3 の記載どおり、該当する平均風速の有義波高の条件付き分布から計算しなければならない。

3.2.3 発電中の故障又は電力系統接続の喪失(DLC 2.1~2.4)

- 1. この設計条件は、風車の発電中に故障又は電力系統接続の喪失が発生した場合に引き起こされる過渡的な事象を扱うものである。風車の荷重に大きく影響する制御保護システムの故障又は電気システムの内部故障(例えば、発電機の短絡)を考慮しなければならない。
- 2. DLC 2.1 では、制御機能関連の故障や電力系統接続の喪失の発生は通常事象として考慮しなければならない。DLC 2.1 では、電力系統故障のライドスルーに関する設計条件についても考慮しなければならない。
- 3. DLC 2.2 では、保護機能、内部電気システムに関連した故障などのまれな事象は異常として考慮しなければならない。
- 4. DLC 2.3 では、重大な風事象である EOG を内部又は外部電気システム故障(電力系統接続の消失を含む)と組み合わせ、異常事象として考慮する。このケースでは、荷重が最悪となるようにこれら二つの事象が発生するタイミングを選定しなければならない。故障又は電力系統接続の喪失がただちに停止には至らないが、それによる荷重が顕著な疲労損傷につながる場合、継続時間及び通常乱流条件(NTM)による疲労損傷を DLC 2.4 にて評価しなければならない。
- 5. DLC 2.1~2.4 では、通常海況条件(NSS)を想定し、それぞれの個別海況に対する有義波高は、該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値としなければならない。DLC 2.3 の場合は、波高が該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値に等しいと仮定した、決定論的な通常設計波(NWH)を用いたシミュレーションで代替してもよい。

3.2.4 起動(DLC 3.1~3.3)

-1. この設計条件は、静止状態又はアイドリング状態から発電に至る過渡時に洋上風車に作用する荷重の要因となるすべての事象を含む。発生回数は、制御システムの挙動に基づいて推算しなければならない。

-2. DLC 3.1~3.3 では、通常海況条件(NSS)を想定し、それぞれの個別海況に対する有義波高は、該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値としなければならない。または、波高が該当する平均風速を条件とする有義波高の条件付き分布の期待値に等しいと仮定した、決定論的な通常設計波(NWH)を用いたシミュレーションをこれらの荷重ケースについて実施してもよい。

-3. DLC 3.3 では、過渡的な風向変化の前の状態では、風及び波は同一方向であると仮定してよい。

3.2.5 通常停止(DLC 4.1~4.2)

-1. この設計条件は、発電状態から静止状態又はアイドリング状態に至る通常の過渡状態において、洋上風車に作用する荷重の要因となるすべての事象を含む。発生回数は、制御システムの挙動に基づいて推算しなければならない。

-2. DLC 4.1 及び 4.2 では、通常海況条件(NSS)を想定し、それぞれの個別海況に対する有義波高は、該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値としなければならない。または、波高が該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値に等しいと仮定した、決定論的な通常設計波(NWH)を用いたシミュレーションを実施してもよい。

3.2.6 緊急停止(DLC 5.1)

-1. 緊急停止によって生じる荷重を考慮しなければならない。

-2. DLC 5.1 では、通常海況条件(NSS)を想定し、それぞれの個別海況に対する有義波高は、該当する平均風速を条件とする有義波高の期待値としなければならない。

3.2.7 待機状態(静止又はアイドリング)(DLC 6.1~6.4)

-1. この設計条件では、待機状態の風車のロータは静止状態又はアイドリング状態のいずれかである。DLC 6.1~6.3 の解析によってこの条件の終局荷重を求めなければならない。また、DLC 6.4 は疲労荷重に関するものである。

-2. DLC 6.1 及び 6.2 では、極値風条件と極値波条件との組合せは、全体的な極値環境が再現期間 50 年となるようなものでなければならない。極値風条件及び極値波条件の長期結合確率分布を求めるデータがない場合、再現期間 50 年の極値海況において再現期間 50 年の 10 分間平均極値風速が発生すると仮定する。DLC 6.3 では、再現期間 1 年の極値海況及び 10 分間平均極値風速の組合せについて同じ仮定を適用する。

-3. DLC 6.1~6.3 は、乱流流入風及び確率論的な海況のシミュレーションによって解析することができる。このアプローチに基づく、DLC 6.1~6.3 の荷重ケースは、表 3.1 に定義する。

-4. DLC 6.1~6.3 では、風向及び波向の角度偏差を考慮して浮体施設及びタワーに作用する荷重を計算しなければならない。風向及び波向についてサイト固有の適切な測定値が利用できる場合は、これを用いてこれらの設計荷重ケースの極値風条件と極値波条件との組合せについて方向の角度偏差の範囲を導き出さなければならない。荷重計算は、この範囲内で浮体施設及びタワーに作用する荷重が最大となるような角度偏差を基準としなければならない。

サイト固有の適切な風向及び波向のデータがない場合は、浮体に作用する荷重が最大となる角度偏差を考慮しなければならない。この角度偏差が 30° を超える場合、それを発生させた風向変化に関連した期間は海況の厳しさが減衰するため、極値波高を低下させることができる。極値波高の低下分は、吹走距離、その他の該当するサイト固有の条件を考慮して計算しなければならない。

-5. 前-4.に関し、極値風条件及び極値波条件は、最初は同一方向と仮定してよい。風車サイトに暴風が吹き付けると、風向が変化して波向との角度偏差が生じる可能性がある。この間は、風向変化の大きさを考えた場合、波の状態の厳しさは緩和される。

-6. 特性荷重の発生時に、風車のヨーシステムにすべりが発生する可能性がある場合、平均ヨー偏差に対して考えられる最も好ましくないすべりを加味しなければならない。極値風条件でヨー運動が予測される(例えば、フリーヨー、パッシブヨー及び準フリーヨー)ヨーシステムをもつ場合には、乱流風モデルを用いなければならない。このとき、ヨー偏差は、乱流風向変化及び風車の動的ヨー応答に依存する。また、通常運転から極値条件まで風速が増大するときに、風車が大きなヨー運動又は平衡状態の変化にさらされる場合は、この挙動を解析に含めなければならない。

-7. DLC 6.1 において、アクティブなヨー制御を行う洋上風車の場合、定常極値風モデルにおいては $\pm 15^\circ$ 又は乱流極値風モデルにおいては $\pm 8^\circ$ の平均ヨー偏差を想定しなければならない。ただし、ヨー装置のすべりが無いことを保証できることが前提である。

-8. DLC 6.1 では、乱流極値風モデルを極値海況(ESS)条件と合わせて採用しなければならない。応答計算には、極値風速と極値海況との各組合せに対して、少なくとも六つの 1 時間の再現を基準とした完全動的シミュレーションを用いな

なければならない。この場合、ハブ高さの平均風速、乱流標準偏差及び有義波高をそれぞれ1時間シミュレーション時間に対する50年再現値としなければならない。50年再現平均風速の1時間値は、表3.1の換算法を用いて10分間平均から求めることができる。

$$V_{50.1\text{-hour}} = k_1 V_{50.10\text{-min}} : k_1 = 0.95$$

乱流標準偏差の1時間値は、10分間値から以下のように求めることができる。

$$\sigma_{i.1\text{-hour}} = \sigma_{i.10\text{-min}} + b : b = 0.2\text{m/s}$$

JIS C1400-1 附属書Bに示した乱流モデルを上記2式で与えられる50年再現平均風速及び乱流標準偏差の1時間値とともに用いることができる。

1時間のシミュレーション期間に対する有義波高は、表3.1の換算を用いて3時間基準期間に対する値から求めることができる。このとき、 k_2 の値は以下となる。

$$k_2 = 1.09$$

設計者が再現時間を1時間未満とした場合でも推算した極値応答が減少することはないことを実証できる場合には、1時間未満の再現を仮定してよい。この場合は、制約付き波浪法を用いることができる。同手法については、IEC61400-3 附属書Dを参照しなければならない。シミュレーション期間10分間を基準とした制約付き波浪解析においては、ハブ高さの平均風速は再現期間50年の10分間値とし、有義波高は再現期間50年の3時間値としなければならない。また、組込む規則波の波高は再現期間50年の極値波高の大きさ H_{50} としなければならない。

-9. DLC 6.2では、極値風条件を含む暴風の初期段階における電力系統喪失を想定しなければならない。制御・ヨー装置用として風車を6時間運転できる電力バックアップが備わっていない限り、最大±180°の風向変化の影響を解析しなければならない。

-10. DLC 6.2では、乱流極値風モデルを極値海況(ESS)条件と合わせて採用し、ハブ高さ平均風速及び有義波高は50年再現値とする。極値応答の推算には、上記のDLC 6.1と同じ方法を用いる。

-11. DLC 6.3では、再現期間1年の極値風を極値ヨー誤差と組み合わせる。定常極値風モデルにおいてはヨー誤差±30°、又は乱流極値風モデルにおいては平均ヨー誤差±20°を仮定する。

-12. DLC 6.3では、乱流極値風モデルを極値海況(ESS)条件と合わせて採用する。この場合、ハブ高さ平均風速及び有義波高は1年再現値とする。極値応答の推算には、上記のDLC 6.1と同じ方法を用いる。

-13. DLC 6.4では、任意の部材に対して大きな疲労荷重が発生する可能性がある場合(アイドリング状態のブレードの質量などによる)、各風速に対する変動荷重時の非発電時間の予測時間を考慮しなければならない。特に、波の励振及び静止状態又はアイドリング状態のロータからの空力減衰の影響を受けた浮体施設及びタワーの共振荷重を考慮に入れなければならない。海の状態は、通常海況条件(NSS)を想定しなければならない。各通常海況に対する有義波高、ピークスペクトル周期及び波向を関連する平均風速と合わせて選定する。選定は、設置予定のサイトに該当する気象海洋パラメータの長期結合確率分布を基準とする。設計者は、考慮する通常海況の数及び分解能を十分なものとする。気象海洋パラメータの最大限の長期分布による疲労損傷を明らかにしなければならない。

3.2.8 待機中に故障が発生した場合(DLC 7.1~7.2)

-1. 待機中の風車の挙動が電力系統又は風車の故障によって通常挙動から逸脱することについて、解析が必要である。電力系統喪失時以外の故障によって待機状態の風車の通常挙動から逸脱した場合は、起こり得る事態を特に解析の対象としなければならない。

-2. ヨー装置の故障の場合は、ヨー誤差±180°を考慮しなければならない。それ以外の故障に対しては、ヨー誤差はDLC 6.1に一致していなければならない。

-3. DLC 7.1では、故障条件と極値風条件及び極値波条件との組合せは、全体的な極値環境が再現期間1年とならなければならない。極値風条件及び極値波条件の長期結合確率分布を求めるデータが存在しない場合は、再現期間1年の極値海況において再現期間1年の10分間平均極値風速が発生すると仮定する

-4. DLC 7.1は、乱流流入風及び確率論的な海況のシミュレーションによって解析することができる。この方法に基づく、DLC 7.1の荷重ケースは、表3.1に定義する。

-5. DLC 7.1では、風向と波向との角度偏差を考慮して浮体施設及びタワーに作用する荷重を計算しなければならない。風向及び波向のサイト固有の適切な測定値が利用できる場合は、これを用いてこれらの設計荷重ケースの極値風向と極値波向との組合せについて方向の角度偏差範囲を導出しなければならない。荷重計算は、この範囲内で浮体施設及びタワーに作用する荷重が最大となるような角度偏差の値を基準としなければならない。

サイト固有の適切な風向及び波向のデータが存在しない場合は、浮体施設及びタワーに作用する荷重が最大となる角度偏差を考慮しなければならない。この角度偏差が 30° を超える場合、偏差を発生させた風向変化に関連した期間は海況の厳しさが減衰するため、極値波高を低減させることができる。極値波高の低減分は、水深、吹走距離、その他の該当するサイト固有の条件を考慮して計算しなければならない。

-6. DLC 7.1 にみられる特性荷重においてヨー装置にすべりが発生する可能性がある場合は、考えられる最も好ましくないすべりを考慮しなければならない。

-7. DLC 7.1 では、乱流極値風モデルを極値海況(ESS)条件と合わせて採用する。極値応答の推算是、上記の DLC 6.1a と同じ方法で行わなければならない。

-8. DLC 7.2 では、任意の部材に対して重大な疲労荷重が発生する可能性がある場合、各風速及び海況に対して電力系統又は風車の故障による非発電時間の予測時間を考慮しなければならない。特に、波の励振による、及び静止状態又はアイドリング状態のロータからの空力減衰の影響を受けた浮体施設及びタワーの共振荷重を考慮に入れなければならない。海の状態は、通常海況条件(NSS)を想定しなければならない。各通常海況に対する有義波高、ピークスペクトル周期及び波向に関連する平均風速と合わせて選定しなければならない。選定は、設置予定のサイトに該当する気象海洋パラメータの長期結合確率分布を基準とする。設計者は、考慮する通常海況の数及び分解能を十分なものとする。気象海洋パラメータの最大限の長期分布による疲労損傷を明らかにしなければならない。

3.2.9 曳航、設置、保守及び修理(DLC 8.1)

-1. DLC 8.1 では、製造業者は、洋上風車の曳航、設置、アクセス、保守及び修理で想定されるすべての風条件、海洋条件及び設計条件を記載しなければならない。記載した最大限の風条件及び海洋条件が風車に対する重大な荷重を発生させ得る場合は、これらの条件を設計において考慮しなければならない。製造業者は、記載した条件と設計で考慮する風条件及び海洋条件との間には十分なマージンを与え、許容し得る安全レベルを確保しなければならない。

-2. 洋上風車の曳航、設置、アクセス、保守及び修理時に発生する荷重は、次のものを考慮に入れなければならない。

- ・ 工具及び移動形機器の重量
- ・ クレーン操作による荷重
- ・ 作業船による係留荷重及び防舷荷重
- ・ 該当時は、ヘリコプタ作業に関連した荷重

-3. 浮体施設の接舷箇所は、作業船の接舷による衝撃を考慮しなければならない。

-4. 設計条件、作業船の最大寸法及び作業船が浮体施設に接舷する場合の限界外部条件を設計者が記載しなければならない。設計者は、浮体施設に接触する作業船に 0.5 m/s の速度で接触する以上の衝撃を考慮しなければならない。このとき付加質量係数は、作業船が横向きに衝突する場合は 1.4 、船首又は船尾で衝突する場合は 1.1 を考慮する。この場合、衝撃に関連した全運動エネルギーがフェンダー等の防舷設備によって吸収されるものと仮定する。作業船の接岸が可能な最大風条件及び最大海洋条件による荷重を作業船の衝撃による荷重と組み合わせなければならない。

-5. 浮体施設が吸収するエネルギーは、作業船の衝撃を与える部分の剛性と比較して浮体施設の剛性がどの程度であるかに依存する。作業船による衝撃の次に重要となるのは、衝撃荷重によって浮体施設になんらかの損傷が発生しないかどうかを調べることである。そのうえで、浮体施設の所定の耐荷力を維持するために修理が必要な場合、その内容を特定しなければならない。

-6. 設計者に作業船に関する情報がない場合、衝撃荷重は、 5 MN の水平荷重を適用して求めることができる。この荷重は、動的増幅を含めて考慮しなければならない。衝突部分の垂直範囲は、作業船の喫水、作業船の接岸が可能な最大波高及び最大潮汐を考慮して評価しなければならない。局部圧力の計算では、垂直方向は 2 m の範囲を想定すればよい。

-7. ヘリコプタ作業による洋上風車の荷重は、該当時だけ考慮する。設計条件、ヘリコプタの最大寸法及びヘリコプタが洋上風車に接岸できる限界外部条件を浮体施設の所有者又は設計者が記載し、荷重計算にて考慮しなければならない。

3.2.10 海水設計荷重ケース

海水が発生すると予測されるサイトに設置する洋上風車では、浮体施設の設計において表 3.1 の荷重ケースとともに表 3.2 の荷重ケースも考慮しなければならない。海水設計荷重ケース E1 から E7 については、IEC61400-3 附属書 E を参照しなければならない。

表 3.2 海氷の設計荷重ケース

設計条件	DLC	海氷条件	風条件	水位	解析のタイプ	部分安全率
発電	E1	温度変動による水平荷重	NTM $V_{hub} = V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out} 最大スラストとなる風速	NWLR	U	N
	E2	温度変動又はアーチ効果による水平荷重	NTM $V_{hub} = V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out} 最大スラストとなる風速	NWLR	U	N
	E3 極値事象の外挿	該当速度の移動氷盤による水平荷重 $h = h_{50}$ in open sea (外洋) $h = h_m$ for land-locked waters (湖)	NTM $V_{hub} = V_r \pm 2 \text{ m/s}$ 及び V_{out} 最大スラストとなる風速	NWLR	U	N
	E4	該当速度の移動氷盤による水平荷重 $h = h_{50}$ in open sea (外洋) $h = h_m$ for land-locked waters (湖)	$V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	NWLR	F	—
	E5	水位変動による結氷板の垂直荷重	風荷重は適用しない	NWLR	U	N
待機状態	E6	氷丘氷及び氷稜からの圧力	EWM 乱流風モデル $V_{hub} = V_1$	NWLR	U	N
	E7	該当速度の移動氷盤からの水平荷重 $h = h_{50}$ in open sea (外洋) $h = h_m$ for land-locked waters (湖)	NTM $V_{hub} < 0.7 V_{ref}$	NWLR	F	—

(備考)

表 3.2 で用いられている略語

DLC	設計荷重ケース EWM	極値風速モデル(JIS C1400-1)
NTM	通常乱流モデル (JIS C1400-1)	NWLR 通常水面範囲 (2.3.4.1 参照)
F	疲労 (5.6 参照)	U 終局荷重 (5.4.2 参照)
N	通常	

3.3 荷重計算

荷重計算は、該当する外部条件の組合せを適正に考慮した方法を用いて行わなければならない。

3.3.1 荷重の関連性

- 1. 洋上風車サイトの海洋条件を適正に考慮しなければならない。
- 2. 浮体施設及びタワーの設計での荷重計算では、3.1.2 から 3.1.7 に記載するすべての荷重を考慮に入れなければならない。荷重計算は、洋上風車サイトを代表する外部条件に基づかなければならない。

3.3.2 空力荷重の計算

- 1. 浮体施設及びタワーに作用する空力荷重の計算は、適切な方法を用いて実施しなければならない。なお、本会が適当と認める模型試験によって設計荷重を算定して差し支えない。この場合、設計荷重算定に関わる資料を本会に提出しなければならない。
- 2. 風の環境設計条件は、設置海域における風のデータの計測統計データに基づくものか、設置海域近辺の計測データについて気象コンサルタントによる風データの分析及び解釈に基づくものでなければならない。
- 3. 浮体施設に働く風荷重は以下の(1)及び(2)によっても差し支えない。
 - (1) 風圧 $P (N/m^2)$ は次式による。

$$P = 0.611C_s V(z)^2$$

$V(z)$: 高さ zm における風速

C_s : 形状係数で、それぞれ表 3.3 による。

表 3.3 形状係数 C_s

構造部分	C_s
球殻構造	0.4
円筒形構造	0.5
主殻	1.0
甲板室	1.0
独立した構造部分 (クレーン, 形鋼, 梁等)	1.5
甲板下の部分 (平滑面)	1.0
甲板下の部分 (暴露した梁, 桁等)	1.3
作業用やぐら (各面)	1.25

- (2) 各構造部材に作用する荷重 F_{wind} (N) は、次式で算定する。なお、総風荷重は各構造部材に対する風荷重の総計としなければならない。

$$F_{wind} = P_{wind} A_{wind}$$

A_{wind} : 風向に垂直面での各構造物の投影面積 (m^2) 喫水変化により大気中の投影面積が変化する場合は最低喫水における投影面積とする。

風に対して遮蔽効果が考えられる部材の場合について詳細な検討書が提出され、本会が適当と認める場合は上式に従わなくても差し支えない。

3.3.3 水力荷重の計算

- 1. 浮体施設及びタワーに作用する水力荷重の計算は、適切な方法を用いて実施しなければならない。なお、本会が適当と認める模型試験によって設計荷重を算定して差し支えない。

- 2. 波及び潮流の環境設計条件は、設置海域における波浪及び潮流データの計測統計データに基づくものか、設置海域近辺の計測データについて気象コンサルタントによる波浪及び潮流データの分析及び解釈に基づくものでなければならない。

- 3. 浮体施設及びタワーに働く波荷重は以下によらなければならない。

波による運動応答は、適切な計算手法により推定することを原則とする。この構造物の運動応答計算は、構造物及び係留設備による影響を適切にモデル化した解析プログラムにより、波浪スペクトラムにおいて有意なエネルギーを有する波周期の範囲について実施しなければならない。特に、運動応答が最大となる波周期近傍について詳細に実施しなければならない。

- 4. 浮体施設に働く潮流荷重の代表的な算定方法は、次による。

海中部分の構造に作用する潮流荷重 $F_{current}$ (kN) は次式による。なお、波による荷重と同時に計算できる解析プログラムを用いる場合は、この限りでない。

$$F_{current} = 1/2 \rho_{water} C_D A_{current} u_c |u_c|$$

ρ_{water} : 海水密度 = 1.025 (t/m^3)

C_D : 定常流れ中の抗力係数で、モデル試験のデータに基づくか、実績のある係数とする。

u_c : 投影面積面に垂直方向の潮流速度のベクトル (m/s) とする。波粒子速度が無視できない場合には、波粒子速度を加えたものを潮流速度としなければならない。

$A_{current}$: 潮流に曝される投影面積 (m^2) とする。喫水変化により水中部分の投影面積が変動する場合は、最高喫水における投影面積とする。また、線状の構造物であって生物付着により投影面積の増加による影響が無視できないものにあつては、1年間における生物付着の最大量を考慮した投影面積とする。

- 5. 海洋付着生物が、浮体施設への水力荷重に及ぼす影響を考慮しなければならない。

- 6. 海洋付着生物によって、ある部材組立が完全に封鎖されるほど付着物の厚みがある場合は、その影響を浮体施設の水力荷重のモデリングに適正に組み込まなければならない。

3.3.4 海水荷重の計算

海水による静的荷重及び動的荷重の計算については、適切な方法を用いて実施しなければならない。

3.3.5 荷重計算

-1. 3.1.2 から 3.1.7 に記載した荷重をそれぞれの設計荷重ケースで考慮に入れなければならない。該当する場合は、次の内容も合わせて考慮に入れなければならない。

- ・ 構造力学及び振動モードのカップリング。
- ・ 海洋付着生物の重量が浮体施設の固有振動数及び動的荷重に及ぼす影響。
- ・ 風車の空力荷重と流体学的（動水圧）荷重との組合せに対する動的応答。

-2. 疲労荷重計算用の荷重ケースを定義するのに用いる気象海洋パラメータ（有義波高，ピークスペクトル周期及び平均風速）の分解能は，気象海洋パラメータの最大限の長期分布と関連した疲労損傷を明らかにするのに十分なものとしなければならない。

4章 材料及び溶接

4.1 一般

4.1.1 一般

- 1. 浮体施設に用いられる材料及び溶接については、以下の(1)から(4)によらなければならない。
 - (1) 主要構造に用いられる材料は、**鋼船規則 K 編**の規定に適合するものでなければならない。
 - (2) 主要な荷重が鋼材の板厚方向に加わる場合、板厚方向特性が特別に考慮された鋼材を使用しなければならない。
 - (3) 主要構造の溶接工事は、**鋼船規則 M 編**の規定によらなければならない。
 - (4) 係留設備に用いられるチェーン、チェーン用部品、ワイヤロープ、合成繊維ロープ及びアンカーは、**鋼船規則 L 編**の規定に従い承認されたもの又は本会の適当と認める規格に適合したものでなければならない。
- 2. タワーに用いられる材料及び溶接については、本会の適当と認めるところによる。

5章 構造設計

5.1 一般

5.1.1 一般

- 1. 浮体施設及びタワーの荷重を受ける部材が完全であることを検証し、許容水準の安全性を確認しなければならない。
- 2. 構造部材の強度を計算及び試験又はそのいずれかによって検証し、適切な安全水準の洋上風車の構造的健全性を立証しなければならない。なお、強度検証試験の荷重レベルは、5.4による特性荷重に適した安全率に対応していなければならない。
- 3. 計算は、適切な方法を用いて実施しなければならない。計算方法の説明を設計図書に記載しなければならない。説明には、計算方法の妥当性の根拠を盛り込む又は適切な検証研究を参照しなければならない。
- 4. 浮体施設及びタワーを設計するに当たっては、本ガイドラインに規定する荷重ケースに対し、構造解析を行わなければならない。
- 5. 構造部材は、その部材の形状、寸法、周囲条件等を考慮して、座屈に対し十分な強度を有するものでなければならない。
- 6. 繰り返し応力を受ける部材は、繰り返し応力の大きさ、繰り返し数、部材の形状等を考慮し、疲労に対し十分な強度を有するものでなければならない。
- 7. 部材に存在する切欠部又は構造の不連続部に対しては応力集中についても考慮しなければならない。
- 8. 部材の各局部の応力を求める場合に、関連する全応力を加えなければならない。各部材に働く個々の応力の各成分を、本会が適当と認める合理的な方法により、組み合わせて寸法を決定しなければならない。
- 9. 浮体施設の構造部材の分類及び鋼材の使用区分は、**鋼船規則 P 編 6.2**の規定を準用しなければならない。
- 10. 溶接継手設計は、**鋼船規則 C 編 1.2**による。なお、応力集中箇所の溶接継手及び疲労強度設計において継手形状を考慮する場合は、それに関する資料を本会に提出し本会の承認を得なければならない。
- 11. 氷水域に設置する浮体施設にあっては、**鋼船規則 I 編 5章**の規定を準用しなければならない。
- 12. ムーンプールやターレット係留装置等の大きな開口を設ける場合は、必要に応じて補強し、強度の連続性について留意しなければならない。
- 13. タワーについては、本章の規定に適合するほか、本会が適当と認めるところによる。
- 14. 曳航及び設置時の浮体施設及びタワーの強度については、本会の適当と認めるところによる。
- 15. 地震及び津波に対して、浮体施設の崩壊及び漂流に至らないようにしなければならない。

5.2 構造配置

5.2.1 一般

- 1. タンクの大きさは、タンク内液体が浮体施設の縦揺れ又は横揺れに同調して動揺することのないようなものとするか、タンク内に制水隔壁を設けなければならない。ただし、タンク内液体の動揺による荷重に対し、タンク内構造部材が十分な強度を有する場合は、この限りでない。
- 2. その他構造の配置については、本会の適当と認めるところによる。

5.3 設計方法

5.3.1 一般

計算の代わりにモデル試験及び試作機試験によって構造設計を検証してもよい。

5.4 全体強度解析

5.4.1 方法

部分安全率を用いて荷重及び材料の不確かさとばらつき、解析方法の不確かさ及び破壊が発生した場合の構造部材の重要性を考慮する。

5.4.1.1 部分安全率の形式

構造物又は構造部材の安全性は、設計荷重効果 S_d が設計耐力 R_d を超えない場合に満足なレベルであるとみなされる。

$$S_d \leq R_d$$

これは設計基準である。この設計基準は、設計不等式とも言われる。対応する等式 $S_d = R_d$ は、設計等式である。

5.4.1.1.1 設計荷重効果

設計荷重効果 S_{di} を設定するには次の(1)又は(2)の方法によらなければならない。

(1) 設計荷重効果 S_{di} は、特性荷重効果 S_{ki} に所定の部分安全率 γ_{fi} を乗じて求める。

$$S_{di} = \gamma_{fi} S_{ki}$$

ここで、 S_{ki} : 特性荷重効果

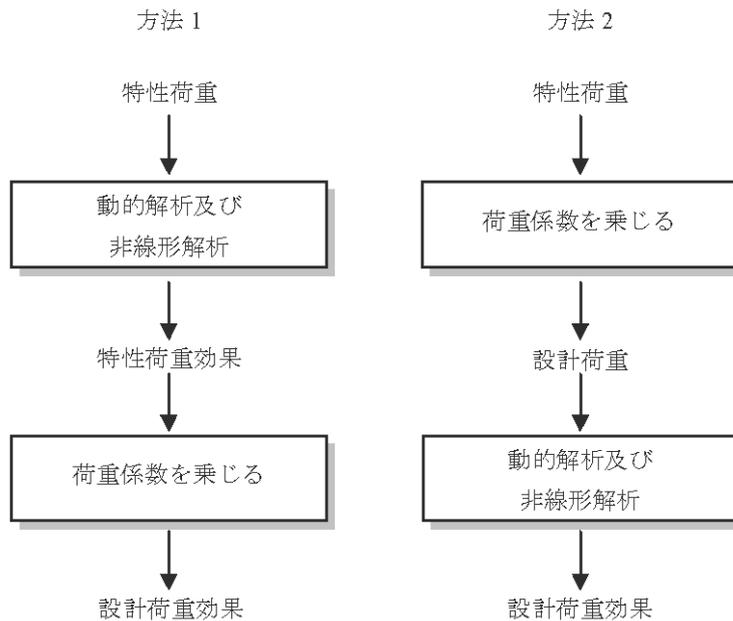
(2) 設計荷重効果 S_{di} は、設計荷重 F_{di} の構造解析から求める。このとき、設計荷重 F_{di} は、特性荷重 F_{ki} に所定の部分安全率 γ_{fi} を乗じて求める。

$$F_{di} = \gamma_{fi} F_{ki}$$

ここで、 F_{ki} : 特性荷重

動的応答を正しく表現することが最大の関心であるとき、一般には、方法1を用いて設計荷重効果を求める。一方、方法2は、材料の非線形挙動、形状の非線形性又はその両方を正しく表現することが最大の関心である場合に用いられる。

図 5.1 設計荷重効果の2種類の計算方法



5.4.1.1.2 設計耐力

特定の構造部材の設計耐力 R_d は、次の(1)又は(2)によらなければならない。

(1) 特性材料強度から設計耐力を求める。

$$R_d = R \left(\frac{1}{\gamma_m} f_k \right)$$

ここに、 γ_m : 材料強度に対する部分安全率
 f_k : 材料強度の特性値

(2) 特定の構造部品の特性耐力から設計耐力を求める。

$$R_d = \frac{1}{\gamma_m} R_k$$

ここに、 γ_m : 材料強度に対する部分安全率
 R_k : 部品耐力の特性値

5.4.2 全体強度

- 1. 終局荷重ケース及び関連の荷重安全率を浮体施設及びタワーの設計に用いなければならない。
- 2. 原則として、表 3.1 及び表 3.2 の荷重ケースごとに、本 5.4 の設計基準を検証しなければならない。

5.4.2.1 荷重に対する部分安全率

荷重に対する部分安全率は、少なくとも以下に規定された値でなければならない。

表 5.1 荷重に対する部分安全率 γ_f

好ましくない荷重 ^{a)}		好ましい ^{b)} 荷重	
設計条件のタイプ(表 3.1 及び表 3.2 を参照)		すべての設計条件	
通常(N)	異常(A)	曳航, 設置及び保守(T)	
1.35	1.1	1.5	0.9

注

- a) 重力荷重が好ましくない荷重とみなされる場合、重力荷重の部分安全率は 1.0 とする。
- b) 全体的な荷重応答を大幅に軽減する初期張力及び重力荷重は好ましい荷重とみなされる。

5.4.2.2 耐力及び材料に対する部分安全率

浮体施設及びタワーの設計耐力は、ISO の海洋構造物設計基準又はその他の一般に認められた海洋設計基準に従って求めなければならない。なお、浮体施設及びタワーの材料強度の特性値には、材料の規格降伏強度を用いなければならない。また、タワーの設計耐力については、JIS C1400-1 7.6.2.2 によっても差し支えない。

5.4.3 特殊部分安全率

荷重の大きさが測定によって、又は結果が通常レベルの信頼性より高いことが測定によって裏付けられた解析によって、あらかじめ設定されている場合は、荷重に対して低めの部分安全率を用いてよい。用いるすべての部分安全率の値を設計図書に記載しなければならない。

5.5 構造部材の寸法

5.5.1 一般

- 1. 浮体施設及びタワーの主要構造部材で全体強度に寄与するものは、5.4 の規定によって部材寸法を決定しなければならない。ただし、浮体施設の主要構造部材にあつては、5.5.2 及び 5.5.3 の規定によっても差し支えない。
- 2. 浮体施設の局部強度については、鋼船規則 C 編, CS 編及びその他本会が適当と認める規定を適用して差し支えない。

5.5.2 浮体施設の構造板厚

浮体施設の外板等全体強度に寄与する主要構造のパネルで分布荷重を受ける板の厚さは、次の 2 つの算式による値のうち、大きい方のもの以上とする。

$$75.2S\sqrt{h_s/K_e} + C \quad (mm)$$

$$60.8S\sqrt{h_c/K_p} + C \quad (mm)$$

S : 横又は縦肋骨の心距(m)

h_s : 静荷重状態における水頭(m)

h_c : 組合せ荷重状態における水頭(m)。なお、組合せ荷重状態とは、静荷重及び風荷重、波荷重、運転荷重等の全体強度に影響を及ぼす動的荷重並びにこれらの荷重により生じる浮体施設の運動加速度及び傾斜により生じる荷重との組合せ荷重を受けている状態をいう。

K_e : 次の 2 つの算式による値のうち小さい方

$$K_e = (235 - K\sigma_{s1}) / K$$

$$K_e = 1.45(235 - K\sigma_{s2}) / K$$

K_p : 次による。

- $\sigma_{c1}\sigma_{c2} > 0$ の場合、次の2つの算式による値のうち小さい方

$$K_p = (55225 - K^2\sigma_{c1}^2) / (235K)$$

$$K_p = 2(235 - K|\sigma_{c2}|) / K$$

- $\sigma_{c1}\sigma_{c2} < 0$ の場合、次の2つの算式による値のうち小さい方

$$K_p = (55225 - K^2\sigma_{c1}^2) / (235K)$$

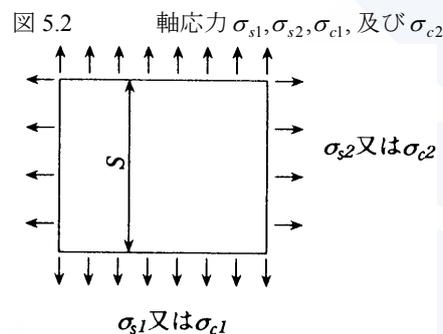
$$K_p = 2(235 - K|\sigma_{c1}| - K|\sigma_{c2}|) / K$$

$\sigma_{s1}\sigma_{s2}$: 静荷重状態でパネルに働く軸応力(N/mm^2)で、図 5.2 による。

$\sigma_{c1}\sigma_{c2}$: 組合せ荷重状態でパネルに働く軸応力(N/mm^2)で、図 5.2 による。

K : 材料による係数で、鋼船規則 P 編 2.2 の規定による。

C : 5.7.3 の規定による腐食予備厚(mm)



5.5.3 浮体施設の横又は縦肋骨の断面係数

前 5.5.2 のパネルを支持する横又は縦肋骨の断面係数は、次の算式による。

$$\frac{1079CKSh_c\ell^2}{235 - K\sigma_{c0}} \quad (cm^3)$$

C : 端部の支持係数で、両端固定の場合 1.0, 両端支持の場合 1.5 とする。

ℓ : 肋骨の支点間距離(m)

σ_{c0} : 組合せ荷重状態における軸力(N/mm^2)

S, h_c 及び K は、5.5.2 の規定による。

5.5.4 浮体施設の円筒型外殻部材の局部座屈

軸圧縮力又は曲げによる圧縮力を受けている円筒型外殻部材であって、防撓されていないか、又は円周方向にのみ防撓されており、次式を満足していない場合は、局部座屈についても考慮しなければならない。

$$t > 0.044D\sigma_y \quad (mm)$$

t : 板厚(mm)

D : 円筒型外殻部材の直径(m)

σ_y : 材料の規格降伏応力 (N/mm^2)

5.6 疲労強度

5.6.1 一般

- 1. 繰り返し応力を受ける部材は、繰り返し応力の大きさ、繰り返し数、平均応力、部材の形状等を考慮し、疲労に対し十分な強度を有するものでなければならない。
- 2. 疲労強度解析は浮体施設及びタワーの設計において考慮される設置海域に基づいて行わなければならない。
- 3. 疲労設計寿命は、浮体施設及びタワーの設計寿命又は 20 年のいずれか大きい方の値以上としなければならない。
- 4. 疲労強度解析が要求される表 3.1 及び表 3.2 の荷重ケースごとに、設計基準を検証しなければならない。

5.6.2 疲労強度評価

- 1. 有害な疲労き裂の発生のおそれのある応力集中部、係留装置からの反力を受ける箇所のほか、本会の必要と認める板部材同士の結合部について、疲労強度を評価しなければならない。
- 2. 疲労強度を検討する際は、あらゆる種類の繰り返し荷重を考慮することを原則とする。
- 3. 疲労強度を検討する際は、検査のために個々の構造部材に近づきやすいかどうかとも考慮しなければならない。
- 4. 疲労強度評価は、線形被害則に基づく累積疲労被害度により評価しなければならない。この場合、応力算定方法、適用する S-N 線図、平均応力の考慮など疲労強度評価に用いた手法を、評価結果とともに本会に提出しなければならない。
- 5. タワーの設計耐力については、JIS C1400-1 7.6.3.2 によっても差し支えない。

5.6.3 疲労強度改善に関わる措置

- 1. 腐食環境下にある疲労強度上問題となる部分に対しては、電気防食等により腐食の防止に努めなければならない。
- 2. 疲労強度上重要な部分に対しては、工作の際の溶接欠陥等に特に注意を払わなければならない。また、これらの部分の溶接には、完全溶け込み溶接を推奨する。

5.7 防食措置及び腐食予備厚

5.7.1 一般

浮体施設及びタワーの防食措置について、浮体施設及びタワーの想定供用期間、保守方法、腐食環境等を考慮して、適切な腐食対策を施さなければならない。

5.7.2 防食措置

浮体施設及びタワーの構造部材が曝される腐食環境に応じ、表 5.2 に掲げる防食措置を施すことを標準とする。

表 5.2 防食措置標準

対象構造部材			防食措置
飛まつ帯より上部	外殻部材	上甲板, 側部外板	耐錆性及び耐候性を有する塗料による塗装
飛まつ帯	外殻部材	側部外板	有効な塗装又はライニング。飛まつ帯の腐食環境は、他の部材に比べ、厳しいことに留意しなければならない。
飛まつ帯より下部	外殻部材	側部外板, 底部外板	耐海水性を有する塗料による塗装又は電気防食あるいはそれらの併用
バラスタタンク内		隔壁, フロアー, ガーダー等の桁部材, 縦通材等の防撓材	耐海水性を有する塗料による塗装又は塗装と電気防食の併用
上記以外の主要構造部材及び区画内部材			耐錆塗料による塗装

5.7.3 腐食予備厚

- 1. 構造部材が曝される腐食環境に応じた腐食予備厚は、表 5.3 による。なお、腐食環境が著しく厳しい場合には、表 5.3 に規定する腐食予備厚より大きな値又は適当な防食措置を追加で要求する場合がある。浮体施設の設計に鋼船規則 C 編, CS 編の規定を適用する場合は、当該規定の定める寸法未満としてはならない。
- 2. 浮体施設及びタワーに本会が適当と認める追加の防食措置が講じられた場合、前-1.に定める腐食予備厚につき、本会が適当と認める軽減を行うことができる。

表 5.3 構造部材の片面の腐食予備厚

腐食環境		片面の腐食予備厚 (mm)	
		想定供用期間 20 年	想定供用期間 30 年
バラスタタンク内環境	桁部材の Face	1.0	1.3
	上記以外	0.8	1.0
大気暴露環境 (飛まつ帯より上部)		1.0	1.1
飛まつ帯		1.0	1.1
海水暴露環境 (飛まつ帯より下部)		0.5	0.6
上記以外		0.5	0.6

(備考)

想定供用期間が、表中の中間の場合は、線形補間により求め、小数点第2位を切り上げた値とする。また、想定供用期間が、30年を超える場合は、20年と30年の値から線形補外により求め、小数点第2位を切り上げた値とする。

5.8 フェンダー，その他

5.8.1 一般

- 1. 作業船など他の船舶が浮体施設に接舷する場合、浮体施設の接舷箇所に適切なフェンダーを設けなければならない。
- 2. 本会が特に認める場合を除き、作業時に使用する適当な乗降設備を備えなければならない。
- 3. 区画の内部を安全に点検できるはしご、ステップなど、本会が適当と認める設備を設けなければならない。

5.9 ヘリコプタ甲板等

5.9.1 一般

ヘリコプタ甲板の甲板荷重は、鋼船規則 P 編 3.2.7 による。

5.10 昇降設備

5.10.1 適用

- 1. 本節の規定により難い特別の事情がある場合には、本会が昇降設備の構造、使用方法等を考慮して適当と認められたものに限り、本節の規定によらないことができる。
- 2. 本節に規定していないものにあつては、本会が当該浮体施設及びタワーの昇降設備の効用に支障があるかどうかを考慮してその使用を承認する。

5.10.2 材料・構造及び性能

- 1. 昇降設備に用いる材料は、別に定める場合を除き、耐火性のものであり、かつ、耐蝕性のものでなければならない。ただし、本会が適当と認める場合は、この限りではない。
- 2. 昇降設備は、通常の使用に際して、取扱者に危険を与えない構造のものでなければならない。
- 3. 昇降設備は、浮体施設及びタワーが傾斜している状態においても保守作業及び検査に支障を生じないものでなければならない。
- 4. 昇降設備は、浮体施設及びタワーの振動によりその性能に支障を生じないものでなければならない。

5.10.3 配置等

昇降設備は、危険なく昇降することができるような場所に配置しなければならない。

5.10.4 安全係数等

- 1. 昇降機は、通常の使用状態において、制限荷重に相当する荷重を負荷したときに、その重要部分の破壊強度に対する安全係数が、表 5.4 に定める数値以上となるものでなければならない。
- 2. 昇降機は、制限荷重の 1.25 倍の負荷をしても異常を生じないものでなければならない。
- 3. 昇降機は、制限荷重の 1.10 倍の荷重を負荷しても確実に動作するものでなければならない。

表 5.4 昇降機の安全係数

区分	安全係数
主索又は鎖	10.0
かご	7.5
支持はり	5.0
その他の金属構造部	5.0

5.10.5 安全装置等

- 1. 昇降機には、乗員を保護するために安全装置を設けなければならない。
- 2. 昇降機には、主索が、巻上機のドラムに平らに巻きつくような装置を設けなければならない。
- 3. 昇降機の主索は、3 本以上使用し、1 本の切断による転落を防止する強度でなければならない。

5.10.6 特別措置

昇降設備には、本節に規定するもののほか、当該昇降設備の構造、使用条件に応じて、本会が必要と認める追加要件に適合しなければならない。

5.10.7 昇降設備検査記録簿等

- 1. 浮体施設の所有者は、昇降設備について、昇降設備検査記録簿を作成しなければならない。
- 2. 浮体施設の所有者は、昇降設備検査記録簿に **8.3.3** に規定する昇降機制限荷重等指定書を添付しなければならない。
- 3. 浮体施設の所有者は、昇降設備について、**5.10.8** に規定する点検を行った場合は、その旨を昇降設備検査記録簿に記入しておかなければならない。

5.10.8 昇降機の点検

浮体施設の所有者は、**8.3.3** の規定により制限荷重及び定員を指定された昇降機について、異状がないかどうかの点検を行わなければならない。

5.10.9 制限荷重等の標示

浮体施設の所有者は、昇降設備の見やすい箇所に指定を受けた制限荷重及び定員を標示しておかなければならない。

6章 係留設備

6.1 一般

6.1.1 一般

- 1. 浮体施設には、本章の規定、または、ISO19901-7を満足する係留設備を備えなければならない。
- 2. 1.2.1.53に定義する係留施設と浮体施設の係留設備を連結することにより、浮体施設の位置を保持するシステムの場合、係留施設の構造及び係留設備は、本会が適当と認めるものでなければならない。

6.1.2 係留設備

- 1. 係留設備は、計画されたすべての運転条件に対して浮体施設を所定の位置に保持するために十分な能力を有し、かつ、海底の設備に対して安全なものでなければならない。
- 2. 低温、凍結、着氷などが想定される海域に設置される浮体施設の係留設備にあつては、それらの影響を考慮したものとすか、適切な保護対策を施さなければならない。

6.1.3 係留設備の係留解析で考慮すべき状態

- 1. 係留設備の設計においては、下記に掲げる係留状態を検討しなければならない。なお、(3)の状態については、本会が必要と認める場合を除き、他の浮体施設、係留設備等が浮体施設及び係留設備に近接している場合にのみ考慮することで差し支えない。

(1) 非損傷状態

浮体施設及び係留設備のすべての構成要素が正常である状態。

(2) 単一係留ライン破断状態

浮体施設は非損傷状態で、係留ラインの1本が破断したと仮定したときに係留ラインの張力が最大となる状態をいう。非損傷状態において最大張力が発生するラインの破断を仮定することが必ずしも最も過酷な状態になるとは限らないため、リードライン破断、あるいは隣接するラインの破断等様々なケースに対して解析を行い、最も過酷な状態について特定された状態をいう。

(3) 単一係留ライン破断時の過渡状態

係留ラインの1つが破断(原則リードラインとする)し、浮体施設が過渡的な運動(オーバシュートを含む)の後、残った係留ラインにより浮体施設が定常な状態に達するまでの状態をいう。

- 2. 単一ライン破断時の過渡状態の解析にあつては、浮体施設のオーバシュート等により係留ラインの張力増加等の影響について検討しなければならない。また、浮体施設周辺の施設との間隔についても評価しなければならない。

- 3. SALM (Single Anchor Leg Mooring) に対しては単一係留ライン破断に代えて SALM の単一区画損傷による浮力損失に対して解析を行わなくてはならない。

- 4. スラストによる支援を含む場合の係留解析については本会の適当と認めるところによる。

6.2 係留解析

6.2.1 一般

- 1. 係留解析は2章の外部条件に基づいて行わなければならない。解析には、この外部条件から生じる漂流力及び浮体施設の応答、並びにそれに対応するラインの張力を評価することを含むものでなければならない。

- 2. 係留設備は、想定されるすべての係留状態に対して本会が適当と認める係留解析を行わなければならない。この場合、浮体施設の喫水変化の影響についても考慮しなければならない。また、浮体施設から独立した別個の CALM ブイ等の係留施設に係留する場合は、これらの係留施設も含めた全体系として、係留解析を実施しなければならない。

- 3. 係留ラインを用いる場合、フェアリーダ等浮体施設に取付けられる係留機器と係留ラインが接触する箇所において、係留ラインに過大な曲げが生じないような構造及び配置であることを前提に、係留解析を実施しなければならない。

- 4. 浮体施設の係留設備及び係留施設の海底固定点(アンカー、シンカー、パイル等)は、想定される係留ラインからの張力等によって、滑り、持ち上がり及び転倒しないものでなければならない。洗屈による影響が無視できない場合は、

海底固定点の埋設代を調整するか、あるいは、海底固定点付近の流れを制御する等の必要な措置を講じなければならない。

-5. 係留解析は、係留設備に風力、潮力、及び波漂流力の定常成分並びに風及び波による動的荷重が作用するものとして実施されなければならない。この場合、荷重は全方向から来るものと仮定し、係留設備に作用する荷重が、最大となる状態について解析しなければならない。ただし、浮体施設が設置される海域のデータ等に基づき方向性について特定できる場合にあっては、当該海域に固有の方向性に基づく検討を認める場合がある。

-6. 解析の対象に応じて準静的解析又は本会が適当と認める動的解析を行い、浮体施設の最大変位量及び最大ライン張力を計算しなければならない。

6.2.2 環境における平均荷重等

-1. 風、潮による定常的な力の計算は 2 章及び 3 章による。ただし、風荷重の算定を行う場合、以下の(1)及び(2)によらなければならない。

(1) 1 分間平均の風速を用いなければならない。風速のデータが 1 分間の平均風速で与えられていない場合は、データから適当なスペクトルを求め、統計的手法を用いて 1 分間の風速に換算する必要がある。

(2) 5.4.2.1 に規定する部分安全率を考慮しなくて差し支えない。

-2. 定常波漂流力及び変動波漂流力は模型試験、あるいは模型試験結果等により実証済みの流体力学的な数値計算プログラムを用いて決定しなければならない。なお、定常波漂流力については、本会が適当と認める規格により決定しても差し支えない。

-3. 荷重に関する情報は適当な解析又は模型試験に基づき作成し浮体施設に備えなければならない。

6.2.3 最大変位量

-1. 最大変位量とは、風、潮、波による外力のうち定常成分による変位量（定常変位）、及び波による外力のうち変動成分（長周期成分及び短周期成分）による運動変位を加えたものとする。

-2. 最大変位量は、本会が適当と認める模型試験又は解析手法により算定された定常変位と最大変位の有義振幅あるいは最大振幅を用いて、以下の算式により算定することを標準とする。ただし、時刻歴運動計算を行う場合、この限りではない。

$$S_{max} = S_{mean} + S_{lf(max)} + S_{wf(sig)} \quad \text{又は} \quad S_{max} = S_{mean} + S_{lf(sig)} + S_{wf(max)} \quad \text{の大なる方。}$$

ここで、

S_{mean} : 風、潮、及び定常漂流力による浮体施設の定常変位量

$S_{lf(sig)}$: 長周期動揺による変位の有義振幅

$S_{wf(sig)}$: 有意な波周期と同じ周期の動揺による変位の有義振幅

なお、長周期動揺の最大振幅 $S_{lf(max)}$ 及び波周期と同じ周期の動揺の最大振幅 $S_{wf(max)}$ は、それぞれに対応する有義振幅に係数 C を乗じて計算しても差し支えない。この場合、係数 C は次による。

$$C = 1/2 \cdot \sqrt{2 \ln N}$$

$$N = \frac{T}{T_a}$$

T : 荒天状態として想定される持続時間（秒）とし、10,800 秒（3 時間）を最小とする。ただし、台風の来襲する海域等にあっては T を大きく取る必要がある。

T_a : ゼロアップクロス周期の平均値（秒）

長周期成分に対しては、 T_a は係留設備を備える浮体施設の固有周期 T_n として差し支えない。 T_n は浮体施設の質量 m （付加質量等を含む）、及び浮体施設の水平面内の動揺（左右揺れ、前後揺れ、回転揺れ）に対する係留設備の剛性 k により次のように計算することができる。

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

この場合、係留設備の剛性、減衰力等、長周期動揺の最大振幅に関するパラメータを参考資料として本会に提出しなければならない。

-3. 一点係留システムにあっては、波による運動に対しては非線形時刻歴運動計算又は模型試験により最大変位量を算定しなければならない。この場合、波の不規則性及び風の変動性について考慮しなければならない。

6.2.4 張力計算等

-1. 係留ラインの最大張力の計算にあたっては、各係留ラインにとって風、波及び潮流の最も厳しい組合せ（一般にすべてが同一の方向）を考慮し、十分な数の入射角の組合せを考慮しなければならない。特定の海域においては、より高い

張力を引き起こすおそれのある互いに異なる方向の風、波及び潮流の組合せを必要に応じて考慮しなければならない。

-2. 係留ラインの張力の計算には、少なくとも次の(1)から(3)に掲げる項目を考慮しなければならない。必要に応じて、(4)の項目を検討しても差し支えない。この解析手法を準静的解析といい、係留ラインに働く張力の計算方法は、この準静的解析手法を標準とする。計算された係留ラインの最大張力は、係留ラインの規格切断荷重に対して表 6.1 に掲げる安全率を有することを原則とする。

- (1) 係留ラインの自重及び浮力による係留ラインの静的張力
- (2) 風、波、及び潮流による浮体施設の定常的な水平方向の変位による係留ラインの定常的な張力
- (3) 波による浮体施設の運動による係留ラインの準静的な変動張力
- (4) 係留ラインが比較的緊張した状態（一般に水深の浅い場所）で使用される場合又は合成繊維ロープのように剛性の低い係留ラインを使用する場合、係留ラインの弾性伸びを考慮した張力

表 6.1 係留ラインの安全率

状態	安全率	
	チェーン及びワイヤロープ	合成繊維ロープ
非損傷時		
動的解析を行う場合	1.67	2.50
準静的解析を行う場合	2.00	3.00
単一索破断状態（破断後の平衡状態）		
動的解析を行う場合	1.25	1.88
準静的解析を行う場合	1.43	2.15
単一索破断時の過渡状態		
動的解析を行う場合	1.05	1.58
準静的解析を行う場合	1.18	1.77

-3. 係留ラインの最大張力 T_{max} は、次により算定することを標準とする。ただし、時刻歴運動計算を行う場合、この限りではない。

$$T_{max} = T_{mean} + T_{lf(max)} + T_{wf(sig)} \quad \text{又は} \quad T_{max} = T_{mean} + T_{lf(sig)} + T_{wf(max)} \quad \text{の大なる方。}$$

T_{mean} : 風、潮、及び波漂流力の定常成分による係留ラインの定常張力

$T_{lf(sig)}$: 長周期変動成分の張力の有義振幅

$T_{wf(sig)}$: 波の周期と同じ周期の変動成分の張力の有義振幅

長周期変動成分の最大張力 $T_{lf(max)}$ 及び波の周期と同じ周期の変動成分の最大張力 $T_{wf(max)}$ は 6.2.3-2. に示す長周期運動及び波周期運動を算定する際の手法と同じ手法で算定しなければならない。

-4. 単一ライン破断状態において、残された係留ラインは連鎖的に破断を引き起こさないものでなければならない。残された係留ラインの張力は、準静的手法により計算され、計算された張力が、それぞれの係留ラインの破断荷重に対して、表 6.1 に掲げる安全率以上であることを原則とする。ただし、風、波等の環境荷重の再現期間は1年として差し支えない。

-5. 前-4.の単一ライン破断状態の解析において、当該浮体施設に近接して他の構造物が設置される場合、当該浮体施設の係留ラインのうち近接構造物の反対側に施設されるものにあつては安全率を表 6.1 に掲げる値の1.5倍としなければならない。

-6. 前-2.に加えて次の(1)及び(2)を考慮に含める場合は準静的解析手法において要求される係留ラインの安全率について斟酌することができる。

- (1) 一般に水深の深い場所で使用される場合、係留ラインに働く減衰力及び慣性力による係留ラインの動的張力
- (2) 係留ラインが十分弛緩した状態で使用される場合（一般に浮体施設の水平面内の動揺の固有周期が通常の波の周期より十分に長い場合）、不規則波中における浮体施設の長周期運動による係留ラインの準静的な長周期変動張力

-7. 前-1.から-5.に加え、トート係留システムの場合にあつては、次の規定に適合しなければならない。

- (1) いずれの係留ラインにあつても張力変動によって緩みが生じないように設計しなければならない。
- (2) 天文潮及び高潮を含む潮位差による係留ラインの張力の変動を考慮しなければならない。
- (3) 積載物の重量変化及び移動が係留ラインの張力に及ぼす影響に留意しなければならない。
- (4) 係留ラインの非線形挙動の張力に及ぼす影響が無視できない場合は、非線形挙動による張力も考慮しなければならない。

-8. 前-1.から-5.に加えて、緊張係留システムの係留解析については鋼船規則 P 編 10.4.2 の規定にもよらなければならない。

-9. 前-1.から-5.に加えて、一点係留システムの係留解析については鋼船規則 P 編 10.5.2 の規定にもよらなければならない。

6.2.5 疲労強度

-1. 変動張力範囲 T 及びその繰返し数 n を考慮して係留ラインの疲労寿命を検討しなければならない。係留ラインの疲労寿命の評価は、変動張力範囲とラインが破断に損傷に至る繰返し数に関する線図 (T-N 線図) を適用し、マイナ一則に基づき算定された疲労被害度 D_i による。

$$D_i = \frac{n_i}{N_i}$$

n_i : 与えられた海象状態 i における張力の間隔範囲 i 中の繰返し数 i ブロックにおける変動張力範囲の繰返し数

N_i : 変動張力範囲 T_i が作用した場合に対応する、ラインが損傷に至る繰返し数

全ての想定される海象状態 NN (波浪分布表に示されるもの) に対する累積疲労被害度 D は次により算定される。

$$D = \sum_{i=1}^{NN} D_i$$

D を 3.0 で除した値は 1 を超えてはならない。

-2. 個々の係留ラインについて疲労寿命を検討しなければならない。複合ラインの場合の T-N 曲線は疲労試験データ及び回帰解析に基づくものでなければならない。

-3. 係留ラインと浮体施設との結合部、係留ラインと海底係留点との結合部の疲労強度には特別な考慮を払わなければならない。

-4. 本会が必要と認める場合、渦抵抗による振動の影響について考慮しなければならない。

6.2.6 腐食及び磨耗

チェーンについては、腐食及び磨耗に対して、設置海域の塩分濃度等を考慮してリンク径を適切に増やさなければならない。なお、腐食及び磨耗に対するリンク径の予備分は、以下を標準とする。

飛まつ帯及び硬質地盤の海底との接触部 : 年間 0.2mm~0.4mm

その他 : 年間 0.1mm~0.2mm

6.3 係留ライン等の設計

6.3.1 係留ラインの構成要素及び海底係留点

-1. 係留設備の各構成要素は、それぞれに対して最も厳しい荷重条件を確認できる設計手法を用いて設計しなければならない。係留ラインと浮体施設及び海底係留点との連結箇所を用いられる連結用シャックル、リンク等の強度は、係留ラインの破断張力又は当該構造の最終強度に対し、表 6.2 に示す安全率を有すること原則とする。

表 6.2 安全率

安全率	
非損傷時	2.50
単一索破断状態	1.43

(注)

*: 単一構造が崩壊した状態においても安全率 2.0 が確保される場合は 2.50 として差し支えない。

-2. カテナリ係留システムの場合、係留ラインは十分長いものとし、想定している設計条件に対し海底係留点において揚力がかからないようにしなければならない。ただし、メキシコ湾のように軟粘土質の条件における単一ライン破断状態の検討においてはラインと海底面との間の微小角度を認めることがある。

-3. 6.2.4 により想定される係留ラインの張力に対して海底係留点が必要な保持力を有することを示す資料を参考のため本会に提出しなければならない。

-4. 海底面との水平摩擦力に依存する海底係留点の場合で、係留ラインの海中での単位長さあたりの重量が一定の場合、海底係留点に働く最大荷重 F_{anchor} は次により計算して差し支えない。

$$F_{anchor} = P_{line} - W_{sub}WD - F_{friction}$$

$$F_{friction} = f_{sl}L_{bed}W_{sub}$$

P_{line} : 係留ラインの最大張力

WD : 水深

f_{sl} : 滑っている状態での係留ラインの海底との摩擦係数で、海底土質と係留ラインの種類等を考慮して適切に定めた値とする。なお、軟土質、砂、粘土質の場合の f_{sl} 及び滑り始めの摩擦係数 f_{st} については表 6.3 の値によっても差し支えない。

L_{bed} : 設計上の荒天状態における海底の係留ライン長さであって係留ライン全長の 20%を超えないもの

W_{sub} : 係留ラインの海中での単位長さ当たりの重量

なお、海中部にある係留ラインが単一でない場合や、中間シンカー/ブイを用いる場合は、その影響を考慮して、上式を適用する。

-5. カテナリ係留システム及びトート係留システムにおける海底係留点の水平保持力に関する設計上の安全率は表 6.4 を原則とする。必要とする保持力の最大値を係留ラインの動的挙動を考慮に入れた動的解析に基づき決定する場合は、この限りではない。

-6. トート係留システムにおける海底係留点の鉛直保持力に関する設計上の安全率は表 6.5 を原則とする。緊張係留システムについては、本会の適当と認めるところによる。

表 6.3 摩擦係数 f

	滑り始め (f_{st})	滑っている状態 (f_{sl})
チェーン	1.00	0.70
ワイヤロープ	0.60	0.25

表 6.4 カテナリ係留システム及びトート係留システムの海底係留点の水平保持力に関する安全率

安全率	
非損傷時	1.50
単一索破断時極限状態	1.00

表 6.5 トート係留の海底係留点の鉛直保持力に関する安全率

安全率	
非損傷時	1.20
単一索破断時極限状態	1.00

6.4 係留機器

6.4.1 一般

緊張係留システムに用いられる係留機器等については、以下の(1)から(3)によらなければならない。

- (1) 緊張係留ラインの敷設に際しては、全てのラインの初期張力がほぼ均一となるように調整しなければならない。必要に応じ、係留ラインの張力を調整できる動力装置を備えなければならない。
- (2) 各々の緊張係留ラインに対して、ラインの張力を監視できる装置を備えなければならない。
- (3) 海底支持基礎がいかなる設計荷重状態にあっても持ち上がらないように設計されたものであることを示す資料を参考として提出しなければならない。

6.4.2 チェーン、ワイヤ等

-1. 係留設備に使用するチェーン、ワイヤ又は合成繊維ロープは、鋼船規則 L 編 3 章又は 4 章の規定又は本会が適当と認める規格に適合するものでなければならない。ただし、鋼船規則 L 編 3.2 に規定する第 R4 種チェーン又はそれ以上の強度を有するチェーンを使用する場合、スタッドの緩み、チェーン径の衰耗及び欠陥等は、原則として溶接による補修ができないことに注意しなければならない。

-2. 中間シンカー、中間ブイ、海底係留点となるアンカー、シンカー、パイル等は、本会の適当と認めるものでなければならない。

6.4.3 チェーンストップ等

- 1. チェーンストップ等の係留設備の個々の機器及び装具は、原則として本会の承認を得たものでなければならない。
- 2. 係留設備に使用されるチェーンストップは、係留ラインの最大張力に対して本会が適当と認める十分な強度を有するものでなければならない。
- 3. トート係留ラインの敷設に際しては、全てのラインの初期張力がほぼ均一となるように調整しなければならない。必要に応じ、係留ラインの張力を調整できる動力装置を備えなければならない。
- 4. トート係留ラインに対しては、各々のラインの張力を監視できる装置を備えなければならない。

6.4.4 フェアリーダ

- 1. 係留ラインにチェーンを用いる場合、フェアリーダとチェーンが接触する箇所の長さは、チェーンの長径の7倍以上とすることを標準とする。
- 2. 係留ラインにワイヤ又は合成繊維ロープを用いる場合、フェアリーダとワイヤが接触する箇所の長さはワイヤの呼び径の14倍以上とすることを標準とする。
- 3. 前-1.又は-2.に規定する標準値を満足しない場合、係留ラインに作用する曲げ荷重を考慮した詳細な解析を行うか、あるいは鋼船規則 PS 編表 PS4.2.1 に示す安全率の値を本会が適当と認める値まで増加し、曲げの影響を考慮しない係留解析を実施しなければならない。

6.5 一点係留システム

6.5.1 構造に対する設計荷重

- 1. 一点係留システムの構造部分及び構成機器については少なくとも次に示すものを含む様々な荷重について最も厳しい組合せについて検討しなければならない。詳細検討書は参考資料として本会に提出しなければならない。
 - (1) 自重による荷重
 - (2) 運動（ターンテーブル回りの回転運動に対する考慮を含む）による動的荷重
 - (3) 係留荷重
 - (4) 疲労荷重
- 2. ターレット係留における設計荷重の検討においては、係留ラインからの荷重、重力、浮力、慣性力、流体力等を考慮しなければならない。

6.5.2 構造要素

- 1. 構造要素は原則として、本会が適当と認める規格あるいは基準等に適合し、かつ、FEM 解析等の適当な手法により構造強度について評価されたものでなければならない。
- 2. 前-1.の解析において von Mises 等価応力に対する許容値は当該部分の材料の規格降伏強度（引張応力の72%を上限とする。）の60%とする。ただし、係留ライン破断時の過渡状態においては80%まで許容値の増加を認める場合がある。
- 3. 構造部材は、その部材形状、寸法、周囲条件等を考慮して、座屈に対し十分な強度を有するものでなければならない。
- 4. ターレット及びヨーク等の主要部材のうち本会が指定する箇所については疲労強度を検討しなければならない。
- 5. 係留施設の構造及び係留設備との結合部及び係留施設の海底固着点との結合部は適当な基準又は規格に適合したものでなければならない。
- 6. ターレット及びヨーク等からの荷重を浮体構造部分へ伝達し適当に拡散する箇所（ターレットのベアリング部分等）にあつては、荷重に耐え得るよう適切に補強されなければならない。

6.5.3 構成機器

- 1. 一点係留システムに使用される構成機器（ターレット軸受、駆動装置、各種連結具等）については、鋼船規則 PS 編 7 章の規定及び本会が適当と認める規格基準等に適合したものでなければならない。
- 2. 回転構造物と係留ラインからの荷重を受けるベアリング（ターレットベアリング等）にあつては、ベアリング受圧面の降伏破壊強度に対して2倍の安全率を有するものでなければならない。
- 3. 前-2.にかかわらず、荷重を受けないスイベルベアリング等にあつては、適当な規格又は基準に準拠したものと差し支えない。

7章 復原性及び喫水線等

7.1 一般

7.1.1 適用

- 1. 浮体施設の復原性は、本章の規定に適合しなければならない。
- 2. 浮体施設への電気ケーブルの引き込み箇所の水密性について注意しなければならない。
- 3. テンションレグプラットフォーム型にあつては、本会の適当と認めるところによる。

7.1.2 一般

- 1. 浮体施設は、すべての状態に対して本章の復原性基準を満足しなければならない。
- 2. 浮体施設の動揺が、タワー及び風車に悪影響を及ぼさないよう、適切に浮体施設の動揺を抑制しなければならない。
- 3. 復原性の計算は、係留設備からの影響がない状態及び係留設備からの影響がある状態について検討し、厳しい方の状態に基づかなければならない。
- 4. 復原性の計算を行う際は、タンク内の液体による自由表面の影響を考慮しなければならない。
- 5. 復原性の計算を行う際は、必要に応じ、浮体施設が設置される海域のデータに基づく積雪及び着氷による荷重の影響も考慮しなければならない。
- 6. 曳航及び設置時の浮体施設の復原性については、本会の適当と認めるところによる。

7.1.3 復原性資料

復原性資料を本会に提出し、本会の承認を得なければならない。復原性資料は、代表的な状態及び、必要に応じ、係留設備を構成する機器等の損傷状態における復原性検討結果を含むものでなければならない。

7.1.4 風による傾斜モーメント

- 1. 風荷重は、2章及び3章の規定によらなければならない。ただし、風荷重の算定を行う場合、以下の(1)及び(2)によらなければならない。
 - (1) 1分間平均の風速を用いなければならない。風速のデータが1分間の平均風速で与えられていない場合は、データから適当なスペクトルを求め、統計的手法を用いて1分間の風速に換算する必要がある。
 - (2) 5.4.2.1に規定する部分安全率を考慮しなくて差し支えない。
- 2. 損傷時復原性の検討にあつては、風速 25.8 m/s (海面上 10m) の風を受けるものとして行うことができる。
- 3. 風による傾斜モーメント算定のためのこの長さは、水線下浮体施設の横方向の抵抗中心又はできれば動的圧力中心から風による圧力中心までの垂直距離としなければならない。
- 4. 風による傾斜モーメントは、浮体施設の各状態に対して適当な傾斜角毎に計算しなければならない。
- 5. 本会が適当と認める場合、風による傾斜モーメントは傾斜角の余弦関数として差し支えない。
- 6. 前-2.から-4.の規定に代えて、本会が適当と認める風洞試験により風による傾斜モーメントを決定して差し支えない。このモーメントを求める場合は、種々の傾斜角における抗力効果及び揚力効果を含むものとしなければならない。

7.2 非損傷時復原性

7.2.1 一般

- 1. 浮体施設は、静水中の初期平衡状態において正の復原力を有していなければならない。
- 2. 浮体施設は、あらゆる水平方向からの風による傾斜モーメント及び浮体施設の波による動揺に対して、十分な復原性を有していなければならない。
- 3. 図 7.1 に示される復原力曲線及び風による傾斜モーメント曲線を用意しなければならない。
- 4. 復原力曲線及び風による傾斜モーメント曲線は、最も影響の大きい軸方向に関し、浮上中の十分な数の状態について考慮しなければならない。
- 5. 浮体施設は、直立時から図 7.1 に示される θ_3 の傾斜角まで正の復原力を有していなければならない。また、傾斜角は、風車のブレードが水面に接触しない角度までとしなければならない。

7.2.2 半潜水型

浮体施設は、図 7.1 において、以下の条件を満足しなければならない。

$$\text{面積}(A+B) \geq 1.3 \times \text{面積}(B+C)$$

ただし、傾斜角は θ_2 までとする。

7.2.3 バージ型

浮体施設は、図 7.1 において、以下の条件を満足しなければならない。

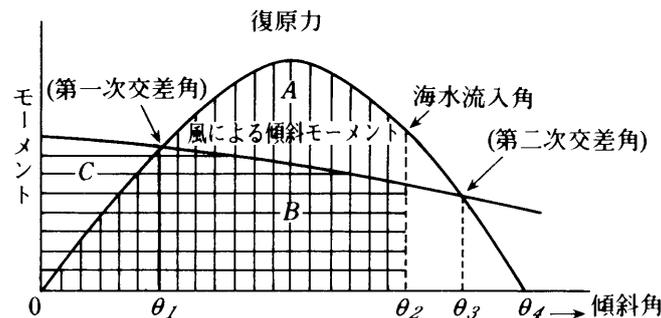
$$\text{面積}(A+B) \geq 1.4 \times \text{面積}(B+C)$$

ただし、傾斜角は θ_2 又は θ_3 のうち小さい方の角度までとする。

7.2.4 スパー型

浮体施設は、半潜水型及びバージ型と同等以上の復原性を有しなければならない。

図 7.1 復原力曲線図



7.3 損傷時復原性

7.3.1 一般

- 1. 浮体施設は、7.3.2 に規定するいかなる 1 区画への浸水に対しても浮力と復原性を確保するために、適切な乾舷を有し、水密甲板又は隔壁により区画割りされなければならない。
- 2. 浮体施設は、7.3.2 に規定する 1 区画への浸水に対しても、あらゆる水平方向からの風による傾斜モーメント及び浮体施設の波による動揺に対して、正の復原性を有していなければならない。
- 3. 浸水後の最終水線は、水密でないいかなる開口の下縁よりも下方でなければならない。
- 4. 損傷時復原性の計算においては、損傷区画室の排水、バラスト調整、他の区画への漲水又は係留力を考慮することによる傾斜角の減少を考慮してはならない。

7.3.2 浸水区画

浸水区画は、次の(1)から(3)に示す区画とする。

- (1) 喫水線上の上方 5.0m 及び下方 3.0m の範囲にかかる外板に隣接する区画
- (2) 海底ケーブル引き込み箇所等の喫水線下の貫通部がある区画
- (3) 係留ラインからの反力を受ける箇所がある区画及びその他浸水の可能性が考えられる箇所

7.4 水密区画及び閉鎖装置

7.4.1 水密区画

- 1. 水密な床及び隔壁の配置及び部材寸法は、損傷時復原性に適合するのに必要な点まで有効なものでなければならない。
- 2. 損傷時の復原性計算で有効とみなされる隔壁は、管装置、通風装置、電装品等の貫通部を含め、水密としなければならない。

7.4.2 閉鎖装置

- 1. 海水が浸入する恐れのあるすべての開口の構造及びその閉鎖装置は、鋼船規則 C 編又は CS 編の該当規定によらなければならない。

- 2. 浸水区画の区画外にあり、特別の考慮が払われているものには、本会の適当と認めるところによる。

7.5 喫水線

7.5.1 一般

- 1. 浮体施設の乾舷は、浮体施設の復原性、水密性及び構造強度を考慮して指定する。
- 2. 喫水線付近には、ドラフトスケールを付けなければならない。

8章 浮体施設に関する検査

8.1 通則

8.1.1 適用

- 1. 本ガイドラインの規定が適用される浮体施設の船級検査は、本8章の規定を適用する。
- 2. 浮体施設には、浮体施設の設計条件である自然環境条件（主として、風、波、潮流等）を監視できる装置（風向・風速計、波高計等）を備え付けなければならない。ただし、浮体施設の設置場所近くの海域の環境データが得られる場合には、浮体施設に監視装置を備え付ける必要はない。
- 3. 年次検査、中間検査、定期検査等の定期的検査については、同型浮体施設の実績等により浮体施設の安全性に関して十分信頼できる情報が得られる場合であって、本会が承認した場合には、浮体施設ごとの検査を省略することができる。

8.1.2 検査に関する一般規定

- 1. 登録検査及び船級維持検査その他の検査に関する一般的な規定は、**鋼船規則 B 編 1 章**の規定を準用する。登録検査及び船級維持検査では、それぞれの場合に応じ、必要な事項について検査又は試験或いは調査を行い、検査員が満足する状態にあることを確認する。
- 2. 浮体施設の検査は、本章の規定に適合することに加えて、沿岸国の国内法規等に適合しなければならないことに注意する必要がある。

8.1.3 用語

本章で定義する用語は、以下のとおりとする。本章で定義されない用語については、**1.2**による。

(1) 検査計画書

検査計画書とは、浮体施設の定期的検査に関して、点検時期、検査立会時期、検査対象箇所及び検査手法を記載した書類で、本会の承認を得たものをいう。

(2) 検査要領書

検査要領書とは、検査手法の詳細な内容（検査手順等）及び判断基準等を記載した書類で、本会の承認を得たものをいう。

8.2 同等効力

8.2.1 一般

本章の規定にかかわらず、本章に規定する定期的検査の検査計画、検査方法、検査手順等と同等以上の効力があると認められる検査計画、検査方法、検査手順等を本会は認める場合がある。

8.3 登録検査

8.3.1 一般

- 1. 製造中登録検査では、構造、艀装、機関、電気設備、復原性及び喫水線について、それらが本ガイドラインの該当規定に適合することを確認する。
- 2. 登録検査では、材料、構造、艀装、機関等に応じ、**鋼船規則 B 編 2 章**の該当規定を準用するほか、**8.3.2**から**8.3.8**の規定による。

8.3.2 提出用図面その他の書類

-1. 承認用提出図面及びその他の書類

製造中登録検査を受けようとする浮体施設については、工事の着手に先立ち、次に掲げる図面及びその他の書類を提出して本会の承認を得なければならない。

(1) 一般

- (a) 検査計画書
- (b) 検査要領書
- (2) 浮体施設
 - (a) 一般配置図
 - (b) 横断面構造図（喫水，曳航時の喫水を記載したもの）
 - (c) 縦断面構造図
 - (d) 点検設備図
 - (e) タワーの支持構造図
 - (f) 溶接施工書
 - (g) 防食及び塗装要領書
 - (h) 曳航設備図
 - (i) 係留設備の配置図及び構造図
 - (j) 復原性資料（曳航時も含む）
 - (k) 半潜水型の浮体施設にあつては，コラム，ローハル，フーティング，ブレーシング等の構造図
 - (l) 浮体施設の安全に係わる機関及び電気設備については，**鋼船規則 D 編**及び**H 編**該当各章に規定される承認図
 - (m) その他本会が必要と認める図面又は書類
- (3) タワー
 - (a) 一般配置図
 - (b) 主要構造部の詳細図
 - (c) ボルトの仕様
 - (d) 防食及び塗装要領書
 - (e) タワーの台板
 - (f) アンカーボルトに関する図面
 - (g) その他本会が必要と認める図面又は書類
- (4) 昇降機（昇降設備を備える浮体施設及びタワーに限る。）
 - (a) 昇降設備配置図
 - (b) 昇降設備の構造図
 - (c) 昇降設備の強度計算書
 - (d) 昇降設備の使用材料を示す書類
 - (e) 昇降設備の使用方法を示す書類

-2. 参考用提出図面その他の書類

製造中登録検査を受けようとする浮体施設について，前-1.の規定による承認図面その他の書類のほか，次に掲げる図面その他の書類を参考として本会に提出しなければならない。

- (1) 一般
 - (a) メンテナンスマニュアル（風車のメンテナンスに関する事項を含む）
- (2) 浮体施設
 - (a) 構造解析方法及び計算書
 - (b) 設計荷重を考慮するうえで利用した環境条件に関する資料及び風，波浪，潮流，係留及びその他の荷重による総合外力及びモーメントの計算法
 - (c) 着氷による荷重，復原性及び受風面積への影響の資料
 - (d) 非損傷時及び損傷時の復原性計算書
 - (e) 風車から支持構造に働く主な荷重の計算書
 - (f) 前(b)から(e)に関連し，適当な模型試験及び解析方法を用いたものはそれに関する資料
 - (g) 排水量曲線図
 - (h) 復原性曲線図及び風による傾斜モーメント曲線
 - (i) タンク容量図及びその検討書並びに測深図表
 - (j) 復原性計算に必要な水密区画配置，開口類及び閉鎖装置等を記載した図面
 - (k) 浮体施設の安全に係わる機関及び電気設備については，**鋼船規則 D 編**及び**H 編**該当各章に規定される資料そ

の他の書類

- (l) 建造工程の概要を示す資料

浮体施設の設置海域への設置に先立ち、造船所及びその他の中間建造工事を行う場所において完了する建造工事、搭載される機器等を示す資料

- (m) 曳航時の強度計算書、曳航方法を示す資料

- (n) 設置海域までに実施される試験及び設置時に実施する試験等の試験要領書並びに復原性試験要領書

- (o) 係留設備の設計計算書

- (p) 係留設備の搭載要領及び設置海域における設置工事に関する手順書

- (q) その他本会が必要と認める図面又は書類

- (3) タワー

- (a) 構造解析方法及び計算書

- (b) 設計荷重を考慮するうえで利用した環境条件に関する資料及び風、波浪及びその他の荷重による総合外力及びモーメントの計算法

- (c) ボルトの締付け要領

- (d) タワーの搭載要領

- (e) 風車搭載時の試験要領書

- (f) その他本会が必要と認める図面又は書類

-3. 前-2.(2)(p)にいう設置手順書には、次に掲げるもののうち、該当するものを含むこと。各作業手順には、作業の妥当性に対する確認方法、判断基準等を含むこと。

- (1) 係留設備を含めた浮体施設及び周辺施設の一般概要

- (2) 設置場所の海底状態の調査結果を記載した資料

- (3) アンカー、シンカー、パイル等の海底係留点の設置手順及び係留ラインと海底係留点との接続手順（少なくとも次の項目を含むもの。）

- (a) 設置するために必要な準備及び作業手順（アンカー、索具、使用される各種作業台船等の情報を含む。）

- (b) 海底係留点の位置及び設置方向の決定手順（位置及び方向に関する許容誤差/判断基準を含む。）

- (c) 海底係留点の方式（アンカー、シンカー、パイル等）に応じた設置工事完了時の確認事項及びパイル打込み量、シンカー埋設量等の判断基準

- (d) 係留ラインの海底係留点への設置手順書（設置中の係留ラインのねじれを防止する措置を含む。）

- (4) 係留設備の引張試験手順

- (a) 係留ライン、海底係留点の引張試験の索具の配置

- (b) 引張試験を行うために使用する作業船（バージ）

- (c) 引張試験の詳細を記した手順書

- (5) 海上の係留施設への係留ラインの取付け手順

- (a) 海上の係留施設に浮体施設を取付ける際に必要な浮体施設の位置決めのための索取り及びタグ等による牽引の手順書

- (b) 取付け前に必要とされる浮体施設のバラスト状態

- (c) 係留ラインの取付け順序、浮体施設の再位置決め及び係留ラインへの張力付加に関する手順書

- (d) 係留ラインの張力の修正方法及び浮体施設の位置の許容設計範囲の決定方法

- (e) ターレットを用いた係留システムにあつては、ターレットの回転を抑制する方法及び係留作業全般に関する安全上の注意書き

- (f) 浮体施設のバラスト調整による張力付加手順（緊張係留の場合等）

-4. 前-1.及び-2.の規定に関わらず、同一の事業所において、既に承認された図面その他の書類を用いて浮体施設及びタワーを建造する場合には、本会が別に定めるところにより、前-1.及び-2.に掲げる図面及び資料の一部の提出を省略することができる。

8.3.3 工事の検査

-1. 製造中登録検査における構造、艀装、機関及び電気設備関係の工事の立会の時期は、鋼船規則 B 編 2.1 の該当規定及び 8.3.4 から 8.3.8 に規定する試験及び検査を行う時で、8.3.2 に規定する検査及び試験に関する提出資料の内容について

て、本会の確認を得た時期とする。

-2. 昇降設備関係工事の立会の時期は次のとおりとする。

- (1) 昇降設備の荷重試験を行うとき
- (2) 昇降設備の効力試験を行うとき

-3. 本会の検査を受け、これに合格した昇降機（はじめて荷重試験を行ったものに限る。）について、制限荷重及び定員を指定し、昇降機制限荷重等指定書を交付する。

-4. 前項の定員は、荷重試験を行った場合の制限荷重を 75kg で除して得た最大整数に等しいものとする。

-5. 前-1.に掲げる立会の時期は、製造所の設備、技術、品質管理等の実状に応じて減ずることがある。

8.3.4 水圧試験及び水密試験等

-1. 製造中登録検査における水圧試験、水密試験等は、鋼船規則 B 編 2.1.5 の規定による。

-2. 設計条件等を考慮して、本会が承認した場合には、前-1.にかかわらず、本会の適当と認めるところによる。

8.3.5 構造検査

-1. 浮体施設の構造を建造する造船所等における検査にあつては、通常の船舶と共通の項目については鋼船規則 B 編 2 章に準じて検査を行う。

-2. ドラフトスケールを設置するとき

-3. 風車のタワーについては、タワーの内業加工及び組立中本会が指定した時及びタワーが浮体施設に搭載される時に行わなければならない。タワーの検査は、以下の(1)から(3)によらなければならない。

- (1) 溶接部及びボルト接合部を含むタワーの外観検査を行う。
- (2) 主要構造部材及び特に応力が生じやすいと考えられる箇所の溶接継ぎ手について、非破壊検査を行う。
- (3) タワーが設計上の位置に搭載されていること（許容設計範囲内であること）を確認する。

-4. 設置場所に浮体施設を曳航するために必要な検査を行う。

-5. 係留設備、風車等を建造造船所以外の建造所（設置海域を含む。）において搭載する場合、搭載品の支持構造部等の検査は、設置海域における最終検査までの適当な時期に検査を行わなければならない。

8.3.6 浮体施設の設置工事に関する検査

係留設備の設置工事中の検査として、次の事項を本会検査員立会の下で確認及び検査すること。

(1) 浮体施設の係留設備の構成要素は、設置する前に異常の無いことを確認する。

(2) 製造所工場等における試験が必要な機器の試験結果の確認

(3) 設置前に、浮体施設を係留する場所付近に障害物がないことを確認するダイバ又は ROV による調査報告

(4) 海底係留点への浮体施設の設置中に次のことを確認すること。

(a) 係留ラインから海底係留点、係留ラインと接続シャックルの適切な固定

(b) ケンターシャックル固定ピンのシール

(c) 係留ラインの構成要素が正しい大きさ及び長さであることの確認

(d) 海底係留点が設計上の位置及び位置決め基準点に位置されていること（許容設計範囲内であること）の確認

(5) 係留ラインが所定の手順に従って設計通りに展開されていることの確認

(6) 係留設備を設置海域で展開した後、各係留ラインに対し以下の引張試験を行う。

(a) 非損傷時における最大荷重で 15 分間行い、海底係留点から係留ラインの浮体施設への連結端までの健全性及び海底係留点の移動等がないことを確認する。

(b) 前(a)にかかわらず、本会が適当と認める場合、軟粘土質に対する引張試験荷重は非損傷時最大荷重を減じることができる。ただし最大荷重の 80%を下回ることはできない。

(c) 前(a)及び(b)にかかわらず、詳細な検討書が提出され本会が適当と認める場合、係留ラインに対する引張試験を省略する場合がある。ただし、この場合、個々の海底係留点に対し最大保持力を生じるのに必要な予備荷重を負荷する必要がある。この予備荷重はいかなる場合も非損傷時の平均引張力より小としてはならず、この予備荷重負荷により係留ラインの健全性及び係留ラインの適切な配置を確認する。

(7) チェーンストップへの取付け確認

(8) 係留ラインのカテナリ角度を測定し、設計要目及び許容に従って正常な状態であることの確認

(9) 設置が完了した時点で、浮体施設及び周辺施設との接続が設計要目に適合していることを確認する。必要に応じダイバ又は ROV により検査員の適当と認める範囲について検査を行う。

(10) 浮体施設の設置後、モニタリングを実施し、渦抵抗による影響が確認された場合、対策を講じなければならない。

8.3.7 洋上試験及び復原性試験

-1. 浮体施設の洋上試験として、次のことを本会検査員立会の下で確認および検査すること。

- (1) 風車の制御システムの確認
- (2) バラストシステム等浮体施設の喫水、姿勢等を調整するために必要なシステムの効力試験
- (3) 浮体施設の安全に係わる機関、電気設備等の作動状態（その運転中における浮体施設の状態について異常のないことの確認）
- (4) 1.1.7の規定により、消火設備が備えられる浮体施設にあつては消火設備の作動確認

なお、上記項目のうち、建造所で設置状態を模擬した状態で確認された事項については設置後の試験を省略して差し支えない。

-2. 洋上試験を行った結果は洋上試験成績書として本会に提出しなければならない。

-3. 運転開始後のみ使用可能な機器に関連するなどの避けがたい理由により、洋上試験によって確認できなかった設備は、次の年次検査までに確認すること。

-4. 復原性試験

- (1) 製造中登録検査においては、工事完了後復原性試験を行わなければならない。なお、風車を搭載した状態で復原性試験を行うことが難しい場合、風車搭載前の状態で復原性試験を行い、その結果に風車の影響を加えることで差し支えない。復原性資料等を、試験結果に基づいて定めた復原性に関する要目により作成し、本会の承認を得なければならない。
- (2) 同型浮体施設の復原性試験の成績等により浮体施設の復原性に関して十分信頼できる情報が得られる場合で、本会が承認した場合は、浮体施設ごとの復原性試験を省略することができる。

8.3.8 船上に保持すべき図面等

-1. 登録検査の完了に際しては、次に掲げる図面等のうち該当するものについて、完成図が浮体施設又はタワーに備えられていることを確認する。

- (1) 浮体施設及びタワーの一般配置図
- (2) 浮体施設の中央横断面図、縦断面構造図、部材寸法図、甲板構造図、外板展開図
- (3) タワーの主要構造部の詳細図
- (4) バラスト管及びビルジ管系統図
- (5) 消火設備配置図
- (6) 復原性資料
- (7) 係留及び曳航設備配置図
- (8) 浮体施設の安全に係わる機関の説明書
- (9) 昇降設備検査記録簿

8.3.9 製造後の登録検査

-1. 当該浮体施設の建造後の経過年数、形式等に応じ、構造、艀装、機関、電気設備、昇降設備、復原性及び喫水線について、製造中登録検査を受けた浮体施設の建造後の経過年数又はその経過年数に最も近い経過年数において受けるべき定期検査と同じ程度で現状を検査し、それらが本ガイドラインの該当規定に適合することを確認するほか、浮体施設及びタワーの構造の主要部材の寸法を実測する。

-2. 前-1.の登録検査を受ける浮体施設は、8.3.2に規定する図面その他の書類を提出しなければならない。

-3. 水圧試験及び水密試験は、8.3.4の規定に準じて行わなければならない。

-4. 洋上試験及び復原性試験は、8.3.7の規定に準じて行わなければならない。ただし、洋上試験及び復原性試験の成績に関する資料を有し、当該資料に記載された内容に直接関係のある事項に変更のないことが確認できる場合には、当該諸試験を省略することができる。

-5. 製造後の登録検査の完了に際しては、8.3.8に規定する図面等が浮体施設又はタワーに備えられていることを確認する。

8.4 定期的検査

8.4.1 一般

- 1. 浮体施設の定期的検査は、検査計画書及び検査要領書に基づいて行う。
- 2. 浮体施設の所有者及び設計者は、あらかじめ検査計画書及び検査要領書を提出し、本会の承認を得なければならない。

8.4.2 定期的検査の準備等

- 1. 検査を実施する前に、前回までの検査結果及び点検結果を示す写真、記録（試験結果の記録等）並びに検査計画書及び検査要領書を検査員に提示すること。
- 2. 前回の検査から検査申請日までに遭遇した最大の自然環境についての記録を検査員に提示すること。
- 3. 検査に使用する検査用機器等の較正記録を検査員に提示すること。
- 4. 検査対象箇所となる箇所については、清掃を行う等検査する際に危険がないようにしておくこと。

8.4.3 年次検査

年次検査では、次の(1)及び(2)に掲げる記録を確認するほか、本会又は検査員が特に必要と認めた事項又は船主から特に申込みのあった事項については、定期検査に準じて検査を行うことがある。

- (1) 1.5.3-6.に規定する保守点検記録
- (2) 8.4.2-2.に規定する自然環境に関する記録

8.4.4 中間検査

中間検査では、年次検査と同様の検査を行うほか、検査計画書及び検査要領書に基づいて検査を行う。また、本会又は検査員が特に必要と認めた事項又は浮体施設の所有者から特に申込みのあった事項については、定期検査に準じて検査を行うことがある。なお、中間検査では、次の(1)から(5)に規定する検査を行うことを原則とする。

(1) 構造及び艀装の中間検査

中間検査では、次に掲げる項目について検査を行う。

- (a) 現状を見ることができることができる範囲内での次に掲げる項目の現状検査
 - i) 喫水線より上方の外板及び暴露甲板
 - ii) 通風筒及び空気管
 - iii) 水密隔壁
 - iv) 喫水線位置の確認
 - v) 排水管，吸入管，排出管及び弁
 - vi) 喫水線より上方の係留設備及び係留設備の周囲の構造
 - vii) 喫水線より上方の検査できる範囲内にある開口部周辺の構造
 - viii) 消火設備
- (b) 水密性及び風雨密性が要求される戸等の開口部の現状検査並びにそれらの閉鎖装置の検査及びそれらの所属具の点検
- (c) 建造後5年以上経過した浮体施設にあっては、代表的なバラスタンクの内部検査。ただし、本会が適当と認める腐食、疲労強度等に対する特別な考慮が払われている場合、検査を省略することができる。
- (d) 前(c)の検査の結果、検査員が必要と認めた場合、当該バラスタンクの板厚計測を行わなければならない。
- (e) 係留設備の中間検査においては、次を行う。なお、本会が適当と認める腐食、疲労強度等に対する特別な考慮が払われている場合、検査を省略することができる。
 - i) 係留ラインのストッパの構造部分（基礎部分含む）の現状検査
 - ii) 係留ラインの張力を保持する装置の現状検査
 - iii) 係留ラインのカテナリ角度を計測し、係留ラインにかかる張力が設計許容範囲内にあることを確認する。係留用ワイヤが使用される場合には、他の適当な方法で張力が設計許容範囲内にあることを確認すること。
 - iv) 摩耗及び断裂の無いことを確認するための係留ライン海面上部分の目視試験
 - v) ターレット式係留システムの場合、旋回用軸受けの現状検査（潤滑システムの有効性確認等を含む）
 - vi) その他海面上にあり実行可能な範囲について構造、機器の現状確認を行い有害な腐食、衰耗、損傷等が無いことを確認する。

vii) 係留装置に使用される機器(ウィンチ, ウィンドラス等)について作動状況に異常がないことを確認する。

(2) 機関及び電気設備の中間検査

機関及び電気設備に対する中間検査では、浮体施設に搭載する機関、電気設備の種類に応じて**鋼船規則 B 編 4.3**に規定する検査を行う。

(3) 風車及びタワーの中間検査

風車及びタワーの中間検査では、次の(a)から(e)に掲げる検査を行う。

- (a) タワー及びタワーの支持構造並びにタワーと浮体施設との接合部の現状検査（塗装状態の確認も含む）
- (b) 可能な範囲でボルトの締め付け状態の確認
- (c) タワーの溶接部の補修を行った場合、溶接部の補修箇所について、非破壊試験を行う。
- (d) 水密性及び風雨密性が要求される戸等の開口部の現状検査並びにそれらの閉鎖装置の検査及びそれらの所属具の点検
- (e) 風車の制御システムの確認

(4) 昇降設備

昇降設備の中間検査では、次の(a)及び(b)に掲げる検査を行う。

- (a) 昇降設備の現状検査
- (b) 昇降設備の緊急停止装置の作動確認

(5) その他

8.3.8の規定により浮体施設又はタワーに備えられる書類及び図書について、それらの管理状況を確認する。

8.4.5 定期検査

-1. 定期検査の開始と完了に関する取り扱いについては、**鋼船規則 B 編 5.1.1**の規定による。

-2. 水中検査の作業は、本会の承認した事業所が行い、水中カメラ操作及び水中テレビ操作等に熟練したダイバ又は承認された水中検査用ロボットを当てなければならない。

-3. 定期検査では、中間検査と同様の検査を行うほか、検査計画書及び検査要領書に基づいて詳細な検査を行う。なお、定期検査では、次の(1)から(5)に規定する検査を行うことを原則とする。

(1) 構造及び艀装の定期検査

定期検査では、次に掲げる項目について検査を行う。

- (a) 浮体施設の内部及び外部、コファダム、海水バラストタンクの内部及び外部。なお、本会が適当と認める腐食、疲労強度等に対する特別な考慮が払われている場合、検査を省略することができる。
- (b) 設計範囲内で、防食システムが有効であることを確認するための電位計測。また、流電陽極方式を採用している場合には、代表的な陽極の減少量を把握しなければならない。
- (c) 前(a)及び(b)の検査の結果、検査員が必要と認めた場合、次の i) 及び ii) に掲げる部分について構造部材の板厚計測を行われなければならない。この場合、適正な超音波板厚計を使用するか、又はこれと同等な方法によりその厚さを計測し、計測記録を本会に提出しなければならない。
 - i) 構造部材の腐食が著しいか、又は衰耗の進行が著しいと思われる部分
 - ii) 喫水線付近（飛沫帯）における代表的な部分
- (d) 係留設備は、次の i) から x) に掲げる検査を行う。なお、本会が適当を認める腐食、疲労強度等に対する特別な考慮が払われている場合、検査の一部を省略することができる。また、係留設備の検査は、継続検査方式を採用して差し支えない。
 - i) 浮体施設及び海底係留点の設置位置の確認
 - ii) 係留ライン全長（接続端部を含む）の現状検査
 - iii) 係留ラインにおいて腐食磨耗の進行し易い箇所（例えば海底係留点との連結部分のように擦過を生じ易い部分、係留ラインの海面付近の飛沫帯等）については精査のうえ衰耗量の計測を行わなければならない。
 - iv) チェーン及びストッパ（海面上側）を清掃のうえ現状検査及び非破壊試験
 - v) ターレット及び関連装置の現状検査。構造部材等で腐食磨耗が著しい箇所、及び就役後 15 年以上を経過した浮体施設の場合は衰耗量を計測する。
 - vi) 高応力箇所及び疲労寿命が短い箇所について清掃のうえ現状検査
 - vii) 係留ラインと海底係留点の連結部分について清掃のうえ現状確認

- viii) 設計範囲内で、防食システムが有効であることを確認するための係留設備の代表的な水中位置からの電位測定
 - ix) 係留設備に使用される機器の現状検査及び作動試験
 - x) 緊張係留設備であって、緊張係留ラインがパイプの場合、当該パイプの詳細な検査及び板厚計測
- (e) 応力の集中する箇所では、本会の指定した箇所について、非破壊試験を要求することがある。
- (2) 機関及び電気設備の定期検査
機関及び電気設備に対する定期検査では、浮体施設の機関及び電気設備の種類に応じて**鋼船規則 B 編 5.3**に規定する検査項目の検査を行う。
- (3) 風車及びタワーの定期検査
風車及びタワーの定期検査では、中間検査と同様の検査を行う。
- (4) 昇降設備の定期検査では、中間検査と同様の検査を行うほか、昇降設備の巻上げ機主要部又は駆動部分の解放検査を行う。ただし、整備記録等により検査員が適当と認める場合には、立会検査を省略して差し支えない。
- (5) その他
8.3.8の規定により浮体施設又はタワーに備えられる書類及び図書について、それらの管理状況を確認する。

8.4.6 検査計画書及び検査要領書の定期的な見直し

- 1. 定期的検査の結果、異常な環境状態等を考慮して、浮体施設の構造部材の検査対象箇所及び当該検査対象箇所に適用される検査内容を定期的に見直さなければならない。
- 2. 前-1.の見直しの結果、検査計画書及び検査要領書の変更又は追加が生じた場合は、変更届並びに追加した検査計画書及び検査要領書を提出し、本会の承認を受けなければならない。

8.5 臨時点検

8.5.1 一般

- 1. 浮体施設が、設計時に用いられた環境条件を超える外力に遭遇した場合、浮体施設の所有者は、構造物の臨時点検を行い本会に報告するか、又は、本会に臨時検査の申請を行わなければならない。
- 2. 浮体施設の要部又は本会の検査を受けた重要な設備等に損傷が生じたとき、又はこれを修理、変更、もしくは改造しようとするとき、本会に臨時検査の申請を行わなければならない。

本書の内容に関するご質問は、下記へお願いいたします。

〒102-8567
東京都千代田区紀尾井町4番7号
一般財団法人 日本海事協会 再生可能エネルギー部
電話： 03-5226-2032（ダイヤルイン）
e-mail： re@classnk.or.jp

ClassNK

一般財団法人日本海事協会