



一般財団法人 日本海事協会
NIPPON KAIJI KYOKAI

洋上ウィンドファーム建設のための MWSガイドライン

はじめに

近年、有力な再生可能エネルギーの1つとして洋上風力発電の有効性が認識されるようになり、日本においても商業ベースの洋上ウィンドファーム（Offshore Wind Farm: OWF）の建設が多数計画されている。洋上施設の工事について、欧州ではオイルアンドガスのリグ等で相当数の実績があるため、OWFにおいてもこれらを踏まえて建設作業が進められているが、日本では類似の洋上施設を建設した例（特に、SEP 船を使用した建設の例）が少なく、OWF の海上工事（Marine Operation）に対して網羅的にカバーされた技術基準はないのが実情である。

保険会社が OWF の建設工事保険を引き受ける場合、一般に Marine Warranty Survey（以下、MWS という。）の実施が求められる。MWS を実施する上では、保険引き受け上のリスクの観点からの海上工事に対する技術基準が必要となるが、日本の実情を勘案した技術基準はなく、今までは欧州で使用されている技術基準を用いていた。

しかしながら、海上工事に関する技術基準は、本来は国によって異なるべきものである。欧州の海上工事に関する技術基準は、欧州の国又は業界の基準に基づき、北海・バルト海に建設されたリグ等をベースとして作成されたものであり、このような技術基準を日本の OWF に適用しようとした場合、日本には独自の法規（船舶安全法、クレーン等安全規則など）があるため齟齬が生じることもある。また、海上工事を行う上で重要な要素である気象予報や作業中止基準についても、欧州と日本とでは基本的な考え方や運用が異なるため、欧州の基準をそのまま導入することは難しい面がある。

今般、本会は、「洋上ウィンドファーム建設のための MWS ガイドライン」を作成した。本ガイドラインは、日本の海域に建設される OWF を対象とし、保険会社による保険の引き受けのための技術的要件を定めたものである。欧州で使用されている基準をベースとしつつも、国内法規による要求事項を含め、さらに本会のこれまでの経験を踏まえた内容としている。

本ガイドラインが OWF の施工設計及び安全性のための参考となり、海上工事の安全に寄与できれば幸いである。

2020 年 3 月
佐々木千一

改訂履歴

I. 2020年3月 新規発行

II. 2023年3月1日付 新規発行（文書番号：NKRE-GL-MWS01, Edition: March 2023）

- 文書番号を付与
- 文書全体の体裁を新フォーマットに統一
- 以下の通り全面改訂
 - 【1章】
 - 1.3.2.1 CoA発行対象作業のうち固縛を削除
 - 1.3.2.3 文言修正
 - 表1-6 トランジションピースの文言修正
 - 表1-7 UX0の文言修正
 - 【2章】
 - 2.2.5.1 文言修正
 - 2.3.2.5(g) 文言修正
 - 2.6.8.1(b) 十分保守的に作業中止基準を定める方法を削除
 - 2.6.8.2 削除
 - 表2-1 削除
 - 2.6.9.1 一部文言削除
 - 2.6.9.3 文言修正
 - 2.7.1.1 文言修正
 - 2.7.1.3 文言修正
 - 2.7.1.6 文言修正
 - 2.7.1.7 文言修正
 - 2.7.2.1 文言修正
 - 表2-11 文言修正
 - 2.7.2.5 一部文言削除
 - 2.8.1.4 文言修正
 - 2.8.4.7 文言修正
 - 2.10.3.2 文言修正
 - 【3章】
 - 3.2.1 文言修正
 - 3.2.2 2.6.8.2削除のため削除
 - 3.3.1.3 文言修正
 - 【4章】
 - 4.4.5.2 文言修正
 - 【5章】
 - 図5-2 文言修正
 - 5.2.1.3 文言削除
 - 表5-1 文言修正
 - 表5-5 文言修正
 - 5.4.1.1 文言修正
 - 表5-7, 5.4.1.3, 表5-8 「洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針（洋上風力発電施設検討委員会、令和2年3月版）」に基づき文言修正
 - 5.5.1.1 文言修正
 - 5.5.2.2 文言修正
 - 【6章】
 - 表6-1 文言修正
 - 6.1.3.2 文言修正
 - 6.1.3.5 文言修正
 - 表6-7 文言修正
 - 6.5.10.2 文言修正
 - 6.12.5.1 文言修正
 - 6.13.3.1 文言修正
 - 6.13.3.3 文言修正
 - 6.14.2.6 文言修正
 - 6.16.3.2 文言修正
 - 図6-2, 図6-8, 図6-10, 図6-11 図の変更
 - 図6-12 図の削除
 - 【7章】
 - 7.4.1.2 文言修正
 - 7.5.2.2 式の各項に“g[重力加速度]”を追記修正
 - 表7-4(a)(b)(c) “単位：g[重力加速度]”を追記修正
 - 7.6.2.2 文言修正
 - 7.6.5.3 文言修正
 - 7.6.6.2 文言修正
 - 7.6.6.5 文言修正
 - 7.9.4.1 文言修正
 - 【8章】
 - 8.5.7.2 文言修正
 - 【9章】
 - 9.2.2.2 文言修正
 - 9.5.1.4 文言修正
 - 表9-2 文言修正
 - 9.6.1.3 文言修正
 - 9.6.1.4 文言修正
 - 9.7.3.2 文言修正
 - 9.7.5.1 文言修正
 - 9.11.2.1, 表9-5, 9.11.3.1, 表9-6, 9.11.4.3, 9.11.5 NK鋼船規則P編に基づき文言修正
 - 表9-7 文言修正
 - 9.11.6.3 文言修正
 - 【10章】
 - 10.1.6.1 文言修正
 - 10.2.3.2 文言修正
 - 10.2.3.4 文言修正
 - 10.6.3.3 文言修正
 - 10.6.4.2 文言修正
 - 10.6.5.2 文言修正
 - 10.6.5.5 文言修正
 - 10.6.5.6 文言修正
 - 10.6.6.1 文言修正
 - 10.6.7.3 文言修正
 - 10.6.8.3 文言修正
 - 10.6.8.5 文言修正
 - 10.6.10.1 文言修正
 - 10.6.10.6 文言修正
 - 10.6.10.7 文言修正
 - 10.6.10.12 文言修正
 - 10.8.1(d) 文言修正
 - 図10-2, 図10-4 図の変更
 - 図10-5 新規に図を掲載
 - 図10-6, 図10-7 図の変更
 - 図10-8 図の削除
 - 【11章】
 - 表11-1 ジャッキダウンの文言修正
 - 表11-1 ブレローディングの文言修正

附則

1. 本ガイドラインは、2023年4月1日から有効とする。
2. 個別の審査において特別に認められる場合には、従前の例によることができる。

目次

1 章	一般 (General)	1-1
1.1	一般	1-1
1.2	適用範囲 (Scope)	1-2
1.3	本会による MWS サービス	1-3
1.4	繰返し作業及び立会検査省略の作業	1-4
1.5	引用規格・指針 (Normative references)	1-4
1.6	定義	1-5
1.7	略語	1-8
2 章	計画及び施工 (Planning and Execution)	2-1
2.1	一般	2-1
2.2	プロジェクトに関する一般要件	2-1
2.3	技術文書	2-2
2.4	リスク管理	2-5
2.5	海洋作業の計画	2-6
2.6	作業、作業限界及び作業中止基準	2-7
2.7	気象予報	2-14
2.8	海洋作業の組織	2-16
2.9	監視	2-19
2.10	検査及び試験	2-20
2.11	船舶	2-22
3 章	環境条件 (Environmental condition)	3-1
3.1	一般	3-1
3.2	気象に制限される作業のための設計環境条件	3-2
3.3	気象に制限されない作業のための設計環境条件	3-2
3.4	風	3-4
3.5	波	3-6
附属書 3A		附属書 3A-1
3A.1	一般	附属書 3A-1
3A.2	表面粗度区分	附属書 3A-1
3A.3	風速の鉛直方向分布	附属書 3A-1
4 章	荷重及び構造強度 (Loading and structural strength)	4-1
4.1	一般	4-1
4.2	重量及び重心 (CoG) 位置	4-3
4.3	荷重	4-5
4.4	荷重効果及び応答	4-14
4.5	運動解析	4-16
4.6	荷重の組合せ	4-18
4.7	構造物の強度及び安定性評価	4-20
5 章	仮設 (Temporary construction)	5-1
5.1	一般	5-1
5.2	計画	5-2
5.3	港湾基準による構造物の性能照査	5-4
5.4	洋上風車コンポーネント仮設用支持構造の性能照査	5-7
5.5	洋上風車コンポーネント仮設用支持構造の認証及び検査	5-13
6 章	積出し (Load-out)	6-1
6.1	一般	6-1
6.2	吊計算	6-3
6.3	フック荷重	6-5
6.4	スリング荷重及び吊上げポイント荷重	6-9
6.5	スリングの設計	6-14
6.6	シャックルの設計	6-19
6.7	他の吊設備の設計	6-21
6.8	吊上げポイントの設計	6-23
6.9	構造解析	6-27
6.10	クレーン及び設置船	6-29
6.11	作業ヤードでの吊作業	6-31
6.12	クリアランス	6-35

6.13	索具及び吊設備の製造	6-38
6.14	索具、吊設備及び吊上げポイントの認証及び検査	6-43
6.15	作業及び慣行に関する検討事項	6-49
6.16	要求される情報	6-54
7 章	輸送 (Transportation)	7-1
7.1	一般	7-1
7.2	輸送計画	7-1
7.3	輸送設計フローチャート	7-9
7.4	運動応答及び風荷重	7-10
7.5	運動応答の標準値	7-14
7.6	施工設計	7-19
7.7	復原性	7-30
7.8	輸送船及びバージの選定	7-33
7.9	タグボート選定	7-33
7.10	曳航設備	7-39
7.11	ビルジ及びバラストポンプシステム	7-52
7.12	アンカー及び係船配置	7-54
7.13	複数曳航	7-55
7.14	船舶及びバージの検査	7-57
7.15	曳航設備の認証及び検査	7-59
附属書 7A		附属書 7A-1
7A.1	一般	附属書 7A-1
7A.2	有義波高の軽減	附属書 7A-1
附属書 7B		附属書 7B-1
7B.1	一般	附属書 7B-1
7B.2	北海バージモデルによる運動応答標準値	附属書 7B-1
附属書 7C		附属書 7C-1
7C.1	一般	附属書 7C-1
7C.2	非損傷時復原性	附属書 7C-1
7C.3	損傷時復原性	附属書 7C-7
8 章	設置 (Installation)	8-1
8.1	一般	8-1
8.2	計画	8-1
8.3	手順及び設置マニュアル	8-5
8.4	洋上風車設置船	8-8
8.5	海中吊作業 (subsea lifting)	8-9
8.6	杭打ち作業に関する一般要件	8-14
8.7	パイル基礎及びトランジションピース (TP) の設置	8-15
8.8	風車コンポーネント (タワー、ナセル及びブレード) の設置	8-16
8.9	認証及び検査	8-17
附属書 8A		附属書 8A-1
8A.1	一般	附属書 8A-1
8A.2	簡易計算法	附属書 8A-1
8A.3	判定基準 (Criteria)	附属書 8A-6
9 章	係留及び自動船位保持システム (Mooring and dynamic positioning systems)	9-1
9.1	一般	9-1
9.2	係留計画	9-1
9.3	係留設備	9-3
9.4	沿岸及び埠頭係留のための特別要件	9-5
9.5	クリアランス	9-6
9.6	施工設計	9-11
9.7	荷重及び船舶の運動	9-16
9.8	係留解析	9-19
9.9	必要となる情報	9-20
9.10	係留設備の認証及び検査	9-21
9.11	自動船位保持設備	9-22
10 章	ケーブル	10-1
10.1	一般	10-1
10.2	計画	10-5

10.3	ケーブルルート調査	10-9
10.4	積込み	10-11
10.5	輸送	10-14
10.6	設置	10-15
10.7	埋設	10-25
10.8	防護	10-26
11 章	ジャッキアップ (Jack up)	11-1
11.1	一般	11-1
11.2	用語	11-1
11.3	計画	11-3
11.4	海底地盤の調査	11-6
11.5	スパッドカンの極限支持力・貫入量曲線	11-11
11.6	プレローディングの方法及び安全性	11-14
11.7	SEP 船の安定性評価に使用される荷重及び荷重ケース	11-15
11.8	SEP 船の安定性評価	11-17
11.9	要求される情報	11-25
附属書 11A		附属書 11A-1
11A.1	物理探査 (Geophysical site survey)	附属書 11A-1
11A.2	原位置試験 (In-situ tests)	附属書 11A-4
11A.3	土のせん断強さ	附属書 11A-8
11A.4	室内 (土質) 試験 (Laboratory tests)	附属書 11A-11
附属書 11B		附属書 11B-1
11B.1	一般	附属書 11B-1
11B.2	地盤定数又は土質定数	附属書 11B-4
11B.3	スパッドカンのモデリング	附属書 11B-12
11B.4	バックフィル	附属書 11B-13
11B.5	要求される支持力	附属書 11B-15
11B.6	単一層の土質における貫入	附属書 11B-16
11B.7	2層の土質における貫入	附属書 11B-21
11B.8	他のアプローチによる支持力の計算 (貫入試験との直接相関)	附属書 11B-28
附属書 11C		附属書 11C-1
11C.1	一般	附属書 11C-1
11C.2	困難な場所 (difficult locations) でのプレローディング	附属書 11C-1
11C.3	パンチスルーからの SEP 船の回復	附属書 11C-4

1章 一般 (General)

1.1 一般

1.1.1 目的

1.1.1.1

本ガイドラインは、日本国内に設置される洋上風力発電設備を対象として実施される海洋作業 (marine operation) が保険関連のマリンワランティサーベイ (Marine Warranty Survey : 以下, MWS と略す。) に適合するものとして受け入れ可能かどうかを評価するため、海洋作業の施工設計及び施工に関する技術基準を定めたものである。本会 (MWS 機関) は、MWS サービスを提供するにあたり、本ガイドラインに基づいて海洋作業の審査及び検査を実施する。

1.1.2 運用

1.1.2.1

本ガイドラインは本会によって MWS サービスが提供されることを前提としており、本会以外の他者によって提供される本ガイドラインに関連するサービスに対しては、義務又は責任を一切負わない。また、本ガイドラインの使用に起因して生じる損傷に対しても、責任を負うものではない。

1.1.2.2

本ガイドラインは、洋上風力発電設備に関する一般的な海洋作業を前提とし、当該作業のリスクレベルが許容範囲内となるよう、必要となる要件を定めたものである。特殊な作業については、本会を含め関係者でリスク評価を実施し、適切な対策を講じるものでなければならない。

【解説】

例えば、9 章 (係留及び自動船位保持システム) の 9.5 に示す最小クリアランスは、水深が大きい欧州での実績を基に作成したものであり、国内の浅海域に設置される風力発電設備の施工に適用することが困難となる場合も考えられる。このような場合は、リスク評価を実施して適切な対策を講じることで対応できる。

1.1.2.3

本ガイドラインのすべての要件を満たしたとしても、国内法規に対する準拠を保証するものではない。国内法規は必ず遵守するものでなければならない。

1.1.3 本ガイドラインの適用に関する一般事項

1.1.3.1

本ガイドラインでは、沿岸 (inshore) と沖合 (offshore) を次のように定義し、必要となる要件を定めている。

- 沿岸 (inshore) : 水深 40m 以下の海域
- 沖合 (offshore) : 水深 40m を超える海域

【解説】

日本の着床式洋上風車が設置されるサイトのほとんどは水深 40m 以下の海域であるため、本ガイドラインでは「沿岸」に分類される。浮体式洋上風車が設置される海域は、「沖合」に分類される。

1.1.3.2

本会が実施する MWS サービスは、対物保険を対象としているため、衛生・安全・環境（Health, Safety and the Environment: HSE）は審査及び検査の対象外となる。

1.1.3.3

MWS の審査においては、疲労強度に関する事項は対象外とする。

【解説】

基礎、トランジションピース（TP）及び風車コンポーネントの施工設計（特に、輸送中の固縛の強度）では、施工中の疲労により対象物に損傷が発生する可能性はきわめて低いと考えられることから、疲労強度に関する事項は対象外となる。

1.2 適用範囲（Scope）

1.2.1

本ガイドラインは、日本国内に設置される洋上風力発電設備の施工を対象としており、表 1-1 の海洋作業に適用される。

表 1-1 適用範囲

場所	MWS の対象
国内	- 作業ヤードにおけるタワーのプレアセンブル作業 - 作業ヤードにおけるトランジションピース（TP）及びタワーの立置き仮設作業 - 基礎、TP 及び風車コンポーネント（タワー、ナセル、ブレード等）の積出し、輸送及び設置作業 - 洋上風力発電設備に関連する設備（フィルターユニット等）の積出し、輸送及び設置作業 - 海底ケーブルの積出し、輸送及び設置作業（埋設、防護、揚陸等を含む）
海外 → 国内	海外の港から日本の港（拠点港）までの基礎、TP 及び風車コンポーネントの輸送作業（海外港での積出し作業を含む）

ただし、保険者、被保険者及び本会の合意により、特定の作業を本会の MWS サービスの適用外とする場合がある。

1.2.2

次の船舶又は作業は MWS の適用範囲外とする。

- Crew Transfer Vessel（CTV）
- Accommodation vessel
- 警戒船（Escort vessel）
- 基礎、トランジションピース（TP）及び風車コンポーネントの陸上における移設・輸送作業

1.2.3

据付状態での最終的な構造物及びケーブルの健全性確保は、被保険者の責務であり、通常は主管庁又は認証機関（certification body）により承認される。

【解説】

例えば、海底ケーブルの埋設深さや防護方法は設計の問題であり、MWS 機関の業務は所定の手順通りにケーブルが埋設・防護されることを確認するものである。

1.3 本会による MWS サービス

1.3.1 文書審査及び現場検査の手順

1.3.1.1

本会による MWS サービスは表 1-2 の内容で構成される。この場合、審査及び承認のための文書は、本会との契約者（以下、MWS 契約者という。）から提出される。

表 1-2 本会の MWS サービス

MWS サービスの種類	MWS サービスの内容/手順
(a) MWS の対象となる作業に関する文書（手順書、作業マニュアル等）の審査及び承認	本会は、本会が所有する図面管理システム（NK-PASS）を用いて提出された文書の管理を行い、当該文書の内容が本ガイドラインに適合しているものと判断された場合、同システムの機能を用いて MWS 契約者に対し、当該文書が承認された旨を通知する。
(b) MWS の対象となる作業で使用する船舶（又はバージ）及び機器の適切性（suitability）に関する文書審査及び承認	
(c) MWS の対象となる作業で使用する船舶（又はバージ）及び機器の状態に関する現場立会検査及び承認	本会検査員は、MWS の対象となる作業で使用する船舶（又はバージ）及び機器の状態を確認し、MWS 契約者に検査レポートを提出する。 【解説】 船舶に関する上記の検査レポートは、当該船舶が期間限定の海洋作業で使用することを示すものであって、船舶の「耐航性」を証明するものではない。
(d) MWS の対象となる作業に対する現場立会検査及び承認	1.3.2 参照。
(e) 検査レポートの提出	本会は、個々の作業が完了した時点で検査レポートを作成し、MWS 契約者に送付する。

1.3.2 承認証明書（Certificate of Approval: CoA）の発行

1.3.2.1

表 1-2 (d) で、本会の現場検査員は、次の作業が開始される前に、当該作業に関する承認証明書（CoA）について現場責任者に説明し、MWS 契約者に対して承認証明書を発行する。作業は、承認証明書発行後に開始されなければならない。

- 積出し作業
- 輸送作業
- 設置作業
- その他、本会が CoA の発行が必要と判断した作業

1.3.2.2

前 1.3.2.1 で、本会検査員による立会検査が実施されない場合、本会検査員は現場責任者と連絡をとり、作業が実施されるとき現場の状況及び気象予報を確認する。承認証明書（CoA）の発行が可能と判断した場合、その旨を現場責任者に通知し、MWS 契約者に対して承認証明書を発行する。

1.3.2.3

本会検査員が承認証明書（CoA）の発行後、本会側に連絡なく作業手順に変更があった場合、本会は承認証明書（CoA）を無効とすることができる。

1.4 繰返し作業及び立会検査省略の作業

1.4.1

保険者又は被保険者が特に指定しない限り、本会検査員の立会は、一般にすべての繰返し作業（同一の作業手順、使用船舶・機器、責任者）に対して要求されるものではない。本会は、原則として少なくとも以下の場合に立会検査を実施する。

- (a) 最初の一連作業
- (b) 作業手順の大幅な変更後
- (c) 作業船（又はバージ）の変更後
- (d) 施工現場責任者の変更後

上記 (a) ～ (d) に加え、総数の 10%の一連作業（ランダムに選択）

1.4.2

前 1.4.1 の規定にかかわらず、本会は各作業のリスクレベルを考慮し、保険者、被保険者及び本会の合意の下に、立会検査の回数を変更する場合がある。

1.5 引用規格・指針（Normative references）

1.5.1

本ガイドラインは、表 1-3 の規格及び指針の一部を引用して構成されている。

表 1-3 引用規格/指針

ID	名称
1	洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針
2	港湾の施設の技術上の基準・同解説（上・中・下）
3	風力発電設備支持物構造設計指針・同解説
4	港湾工事安全施工指針
5	クレーン構造規格及びクレーン等安全規則
6	日本海事協会 鋼船規則及び鋼船規則検査要領
7	DNVGL-ST-N001 Marine Operations and marine warranty
8	DNVGL-ST-N002 Site specific assessment of mobile offshore units for marine warranty
9	Guidelines for the Selection and Operation of Jack-ups in the Marine Renewable Energy Industry

なお、本ガイドラインでは、一部の規格・指針を表 1-4 のように略して引用している。

表 1-4 規格・指針の引用

規格・指針の正式名称	略した名称
港湾の施設の技術上の基準・同解説（上・中・下）	港湾基準
風力発電設備支持物構造設計指針・同解説	土木学会指針
クレーン構造規格及びクレーン等安全規則	クレーン則
日本海事協会 鋼船規則及び鋼船規則検査要領	NK 鋼船規則

1.6 定義

1.6.1 表現形式

1.6.1.1

本ガイドラインの技術的な要件は、表 1-5 の表現で示されている。

表 1-5 表現形式の定義

用語	定義
～しなければならない（shall） ～してはならない ～すること	規格に適合されるために厳守すべき要件を示すときの表現形式
～すべきである（should）	複数の選択肢の中から、最も適切なものとして一つの方法/手段等を推奨する表現形式
～が推奨される（recommended） ～するのが望ましい	推奨事項を示すときの表現形式

1.6.2 用語

1.6.2.1

本ガイドラインで使用されている主要な用語の定義を表 1-6 に示す。

表 1-6 用語の定義

用語	用語の英訳	定義
α 係数	Alpha Factor	気象予報の不確かさを考慮した係数。 $1/\alpha$ は気象予報に関する安全係数に相当する（2.6.8 参照）。
バージ	Barge	海上輸送のため貨物を搭載する浮体式構造物（非自航の、すなわち、推進設備を有していない船舶）。
ボラードプル	Bollard Pull	曳航船の連続最大出力時の曳引力。ボラードプル試験で確認された曳引力が正式に認められるものである。
承認証明書	Certificate of Approval (CoA)	MWS 機関が海洋作業が開始される前に発行する証明書。当該証明書は、海洋作業の準備段階のチェックを終了し、気象予報が作業中止基準以下であることを確認した上で発行される。
索	Chain or Rope	係留や曳航で使用されるワイヤロープ、チェーン等の総称。
設計	Design	本ガイドラインでは、施工設計という意味で設計という用語を使用する。一般の設計については、「～の設計」のように識別できる形で示される。
自動船位保持システム	Dynamic Positioning System	船舶又はバージの位置保持システムの 1 つであり、複数のスラストを装備することで自動的に船位を保持するシステム。通常は、DP と略される。
基礎	Foundation	洋上風車にあつては、支持構造物のうち構造物に作用する荷重を海底に伝える部分。パイルの場合は、海底地盤に打ち込まれた部分が基礎に相当する。SEP 船の場合は、スパッドカンが基礎に相当する。
限界状態	Limit State	その状態を超えた場合に構造が設計要件を満足しない状態。本ガイドラインでは、限界状態を一使用限界状態（SLS）、終局限界状態（ULS）、疲労限界状態（FLS）及び事故限界状態（ALS）の 4 つに分類している（4.7.1 参照）。
荷重	Load	本ガイドラインでは、力又はモーメントを総称して荷重という（JIS C 1400-3 の適用範囲の注記を参照）。港湾基準及びオイルアンドガスの分野では作用（Action）という用語が用いられる。
荷重耐力係数設計	Load and Resistance Factor Design	荷重と耐力（抵抗）の両方に安全係数を設定して実施する構造設計。荷重耐力係数設計（LRFD）法は設計法の 1 つであり、部分安全係数法ともいう。
荷重効果	Load Effect	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、JIS C1400-3 の用語を参照）。港湾基準及びオイルアンドガスの分野では作用効果（Action Effect）という用語が用いられる。
MWS 機関	Marine Warranty Service Company	Marine Warranty サービスを実施する機関。
係留設備	Mooring System	船舶又はバージの位置保持システムの 1 つであり、アンカー、チェーン（又は、ワイヤ）、ウィンドラス等で構成される設備。岸壁に係留（係船）する場合は、ボラード等の設備が含まれる。
ナセル	Nacelle	タワーの上にある風車を構成する部品。内部に主軸、ギアボックス、発電機等を含む。

パイル	Pile	洋上風車の基礎として使用される管状の構造物。モノパイル (Monopile) とトリパイル (Tripile) がある。
再現期間	Return Period	台風等の自然現象が再び発生するまでの期間 (年数)。
安全状態	Safe Condition	対象物が、損傷 (又は喪失) に対して通常レベルのリスクにさらされているとみなされる状態 (2.5.1.2 参照)。
固縛	Seafastening	船舶又はバージのデッキ上又は内部に搭載された貨物の動きを拘束する手段。
SEP 船	Self-Elevating Platform	自己昇降式作業台船、すなわち昇降可能な脚 (レグ) により着底することができる作業台船。ただし、欧州では海洋掘削で使用されるジャッキアップ型リグ等と併せて MOU (Mobile Offshore Unit) という方が一般的である。
復原性	Stability	船舶が横傾斜したときに元に戻る性質。船舶でのみ使用される専門用語であり、損傷時復原性 (Damage stability) と非損傷時復原性 (Intact stability) の 2 つがある。港湾や建築等の分野では安定性という用語が用いられる。
曳航	Towage	船舶、バージ又はその他の浮体物を曳航船で引いて航行すること。押船で押しながら航行する場合も含まれる。
タワー	Tower	風車の支持構造物のうち、基礎又はトランジションピースとナセルとの間にある管状の構造物。
トランジションピース	Transition Piece	基礎 (モノパイルなど) とタワー間の管状の構造物。
タグボート	Tug Boat	曳航を行う船舶。曳航船又は曳船ともいう。
気象に制限される作業	Weather restricted operation	実質作業時間が 72 時間未満で、かつ、予定していない作業時間 (不測の事態など) を加えた時間が 96 時間未満の作業。作業は気象に依存する (2.6.5 参照)。
気象に制限されない作業	Weather unrestricted operation	気象に制限される作業以外の作業 (2.6.6 参照)。
風車コンポーネント	Wind turbine component	本ガイドラインでは、風車を構成する部品 (ブレード、ナセル、タワー等) を風車コンポーネントという。トランジションピースや基礎 (パイル等) は風車コンポーネントに含めない。

1.7 略語

1.7.1

本ガイドラインで使用されている略語を表 1-7 に示す。

表 1-7 略語

略語	正式な呼称
ALS	Accidental Limit State (事故限界状態)
BP	Bollard Pull (ボラードプル)
CoG	Center of gravity (重心)
DP	Dynamic Positioning (自動船位保持) 又は Dynamic Positioning System (自動船位保持システム)
FLS	Fatigue Limit State (疲労限界状態)
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (故障モード・影響解析)
LRFD	Load and Resistance Factor Design (荷重耐力係数設計)
MBL	Minimum Breaking Load (最小破断荷重)
MP	Monopile (モノパイル)
MT 又は MPI	Magnetic Particle Testing 又は Magnetic Particle Inspection (磁気探傷試験)
MWS	Marine Warranty Survey 又は Marine Warranty Surveyor
NDT	Non Destructive Testing (非破壊検査又は非破壊試験)
PT	Penetrant Testing (浸透探傷試験)
RAO	Response Amplitude Operator
SLS	Serviceability Limit State (使用限界状態)
TP	Transition Piece (トランジションピース)
ULS	Ultimate Limit State (終局限界状態)
UT	Ultrasonic Testing (超音波探傷試験)
UXO	Unexploded Ordnance (不発弾 (未確認構造物を含む))
VIV	Vortex Induced Vibration (渦励振)
WLL	Working Load Limit (使用荷重, JIS B2801 参照)

2章 計画及び施工 (Planning and Execution)

2.1 一般

2.1.1 一般

2.1.1.1

この章は、洋上ウィンドファーム施設の計画、施工及び海洋作業の文書化のための一般要件を含む。

2.2 プロジェクトに関する一般要件

2.2.1 プロジェクトの組織

2.2.1.1

当該海洋作業に関する適切なプロジェクト組織図を作成しなければならない。

2.2.1.2

プロジェクトの契約者間のすべてのインターフェイスは、明確に定義されなければならない。

2.2.2 衛生・安全・環境

2.2.2.1

人的安全は海洋作業を通して十分に考慮されなければならない。この問題は、国内外の管轄や衛生・安全・環境 (health, safety and the environment: HSE) に関する適切なガイドラインに従って管理すること。

【解説】

MWS は対物保険を対象としているため、HSE は審査対象外とする。

2.2.3 管轄

2.2.3.1

海洋作業は、人的安全及び環境保護に関する国内法規を遵守したものでなければならない。海洋作業は、複数の国の海域で実施されることもあり、バージや船舶の場合は、旗国の管轄が適用となることにも注意する必要がある。MWS の承認は、関連法規の遵守が前提となる。

2.2.3.2

海洋作業の一部が他の施設又はその周辺の近くで実施される場合は、管理者により定義された安全区域を十分考慮しなければならない。

2.2.4 品質管理

2.2.4.1

設計者及び施工契約者は、ISO 9001 又は同等規格の最新版に従った品質管理システムを採用し、準備すべきである。

2.2.5 技術的手順

2.2.5.1

海洋作業に関連するエンジニアリングを管理するため、適切な技術的手順を準備しなければならない。

2.2.5.2

技術的手順は、計画と設計プロセスを考慮するものでなければならない。このプロセスのため、次のシーケンスを採用することを推奨する。

- (a) 該当する関連法規、規則及び基準（法定及び自身が確立したもの）を特定する。
- (b) 物理的な制限を特定する。これには、構造、局所的な条件及び土質パラメータの事前調査が含まれる。
- (c) 全般的な作業を立案する。すなわち、作業コンセプト、使用できる設備、制限、経済的な結果などを評価する。
- (d) 設計基準及び主たる仮定を、適切、詳細かつ明確に記載/定義する（2.2.7 参照）。
- (e) エンジニアリング及び設計解析を実行する。
- (f) 作業手順を開発する。

2.2.5.3

技術的手順は、以下のようなすべての関連事項に関する合意と一貫性を確保するため、十分な情報を記載するものでなければならない。

- (a) 国際的な及び国内の基準及び法規
- (b) 認証機関/規制機関の基準
- (c) MWS 機関のガイドライン
- (d) プロジェクトのクライテリア
- (e) 設計基準
- (f) 気象・海象のクライテリア
- (g) 計算手順
- (h) 変更管理

2.2.6 新技術

2.2.6.1

海洋作業の設計及び計画は、可能な限り十分に立証された原理、技術、システム及び設備に基づいたものでなければならない。

2.2.6.2

新しい環境で新技術又は既存の技術が使用される場合、この技術は、適切な適格性プロセスを通して文書化すべきである。

2.2.7 設計基準及び設計方法

2.2.7.1

設計、エンジニアリング及び検証の間にすべての関係者で共通の基準及び理解を得るため、設計基準及び/又は設計方法を開発し、早期に認められるよう提供しなければならない。設計基準には、基本的な入力パラメータ、主要な仮定、環境条件、荷重及び荷重ケースについて記載すること。また、設計方法には、計画された検証活動、計算/解析方法、ソフトウェアツール等を記載すること。

2.3 技術文書

2.3.1 一般

2.3.1.1

海洋作業に適用される本ガイドラインのすべての要件を満足することを適切に文書化すべきである。要求される文書（2.3.2 参照）に加え、追加の文書が要求された場合は、それを含めて本会に提出しなければならない。

2.3.1.2

主要な海洋作業/プロジェクトについては、可能な限り、文書の階層、各文書の発行スケジュール及びスコープを記載した文書化計画を本会に提出すべきである。可能な場合は、要求されるすべての文書が時間どおりに作成され、計画に従って配布されることを確実にするシステム/手順を構築すること。

2.3.1.3

海洋作業に関連するすべての技術文書は、分類してリストアップし、図 2-1 の例のような文書チャートを作成して本会に提出すべきである。

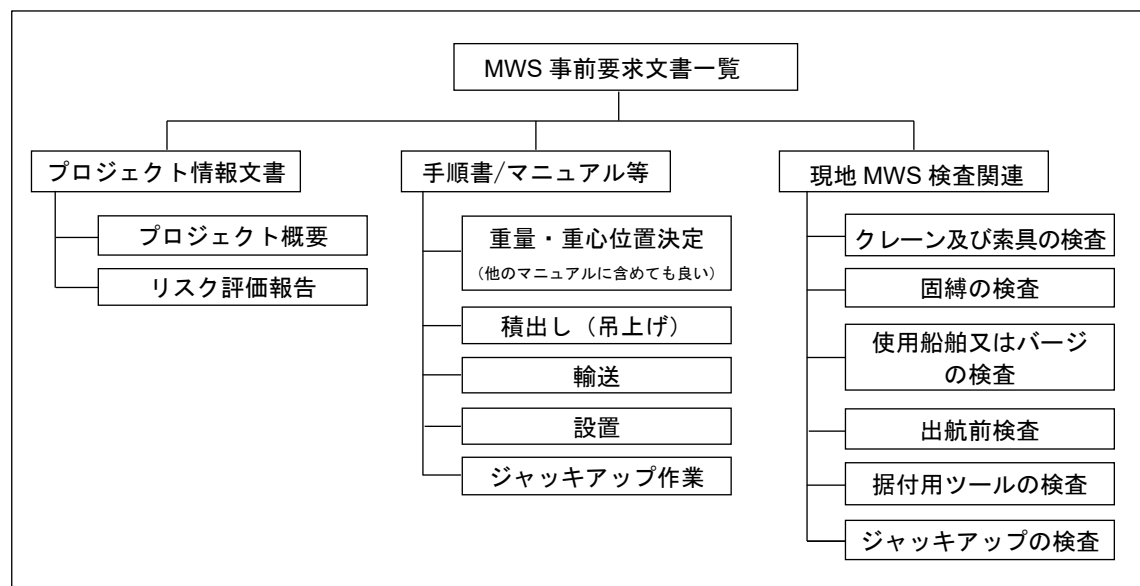


図 2-1 文書チャート

2.3.1.4

すべての関連文書は、サイト又は船上で作業実施中に、使用及び閲覧可能でなければならない。

2.3.2 要求される文書化

2.3.2.1

設計基準及び設計方法は明確に文書化されなければならない。

2.3.2.2

（設計基準に含まれる）環境条件は、信頼できる統計データに基づき文書化されなければならない（3章参照）。

2.3.2.3

設計計算/解析の結果は、設計報告書及び図面により文書化されなければならない（設計文書）。図面については、設計文書から切り離し、独立の文書としてもよい。

2.3.2.4

作業手順は、作業のすべての側面をカバーし、作業マニュアル形式で文書化すること。また、作業手順は計画された作業のために作成され、環境条件、物理的な制限、設計上の前提及び許容誤差を反映したものでなければならない。

2.3.2.5

上記 2.3.2.1～2.3.2.3 の設計に関する文書化に加え、以下の項目についても文書化すること。

- (a) プロジェクト概要
- (b) リスク評価結果
- (c) 作業対象の風力発電施設及びその部品：対象物の寸法、重量等を含め配置図を用いて示すこと。
- (d) 作業で使用する船舶、バージ及び設備：船舶証書、試験報告書、点検記録書等を含む。
- (e) 作業手順及びスケジュール
- (f) 主要な作業要員の資格
- (g) （必要に応じて）作業結果の記録（要求精度に対する達成状況を含む）
- (h) その他：本会が必要と認めたもの

2.3.3 文書化の品質

2.3.3.1

海洋作業に関連する文書は、文書の種類及び内容に応じて分類・整理され、文書番号で識別できるようにすべきである。可能な場合は、適切な文書管理システムの使用が推奨される。

2.3.3.2

海洋作業に関連する文書は、文書名・文書番号・文書作成日・文書作成者を記載すること。

2.3.3.3

設計に関連する文書は、自己完結形とするか明確に他の関連文書を参照するものでなければならない。

2.3.3.4

すべての重要なアップデートは、改正文書で明確に特定されなければならない。また、改正文書は、改正番号・改正日・改正文書作成者を明瞭に識別できるものでなければならない。

2.3.4 作業記録及び報告

2.3.4.1

海洋作業の施工は、記録されなければならない。作業マニュアルには、記録書のテンプレートを含めるべきである。

2.3.4.2

作業中は、少なくとも次の項目を記録すべきである。

- (a) 実施した（主要）タスクのログ
- (b) 合意された手順の修正
- (c) 予期せぬ事象及び逸脱、それによる手順の変更
- (d) 環境条件
- (e) 監視の結果（監視する場合）

2.3.4.3

合意された手順に対する修正は、本会（MWS 機関）に対して迅速に報告されなければならない。

2.3.4.4

本会に対する報告（例えば、日報）は、書面又はメールで実施されるべきである。

2.3.4.5

本会の立会の有無に関わらず、作業側から本会に対して少なくとも毎日定期的に報告されなければならない。

2.3.4.6

海洋作業の安全に関わるインシデント、事故又はニアミスは、本会に報告されなければならない。

2.4 リスク管理

2.4.1 一般

2.4.1.1

プロジェクト全般のリスクを低減させるため、リスク管理を適用しなければならない。好ましいアプローチは、次を示すことである。

- (a) 潜在的なハザードの特定
- (b) ハザードを避ける予防措置
- (c) 避けられないハザードによる潜在的な結果を低減するための管理
- (d) ハザードで生じうる結果の低減化

2.4.1.2

設計段階で早期にリスクを特定し低減するため、リスク評価は、すべての海洋作業に対し、早い段階で実施されなければならない。

2.4.1.3

リスク評価は文書化され、低減されたリスクは本会により認められるものでなければならない。

2.4.1.4

リスク評価会議は、主要な各海洋作業を対象として実施することとし、次のメンバーで構成されるべきである。

- 構造物の施工設計に係る人員及び組織
- 海洋作業に係る人員及び組織
- 本会（MWS 機関）

2.4.2 リスク評価

2.4.2.1

リスクを特定する作業は、故障モード影響解析（FMEA）、故障モード影響致命度解析（FMECA）等の手法を用いて行われなければならない。

2.4.2.2

リスク特定活動からの是正措置は、作業の計画及び施工において実施されなければならない。海洋作業のための次のリスク低減活動は、意図している作業の該当するものに対して実施されなければならない。また、このようなリスク低減活動は、必要に応じて、作業マニュアルに組込まなければならない。

- (a) 作業の実現可能性評価
- (b) 文書による検証
- (c) 作業関係者への事前周知
- (d) 人的安全計画
- (e) 緊急時の準備

- (f) 検査及び試験
- (g) 船舶の検査
- (h) ツールボックスミーティング
- (i) 作業の検査

2.5 海洋作業の計画

2.5.1 方針

2.5.1.1

海洋作業は、定義された 1 つの「安全状態」(safe condition) から他の安全状態へ対象物を移行させるために設計されなければならない。

【解説】

「安全状態」は、対象物が、通常レベルのリスクに曝される状態として定義される。これは、通常、対象物が、気象に制限されない環境荷重を適用する設計要件を満たすような状態を意味する（図 2-2 参照）。

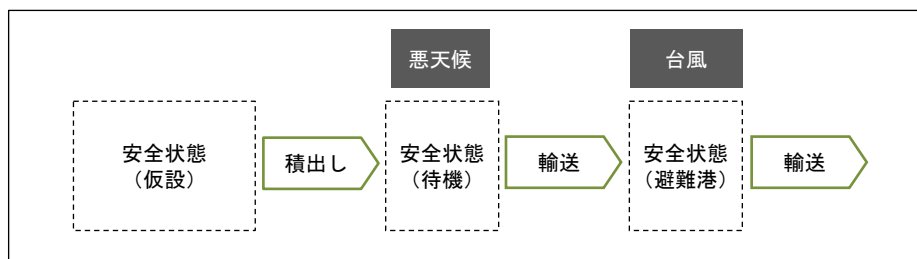


図 2-2 安全状態の例

2.5.2 作業のタイプ

2.5.2.1

海洋作業は、次の「気象に制限される作業」と「気象に制限されない作業」のどちらかに分類される（正式な定義については、2.6.5 及び 2.6.6 を参照）。

- (a) 気象に制限される作業：

実質作業時間が 72 時間未満で、かつ、予定していない作業時間（不測の事態など）を加えた時間が 96 時間未満の作業。作業は気象に依存する。
- (b) 気象に制限されない作業：

上記 (a) 以外の作業。

計画されている海洋作業は、どちらの作業に該当するかを早期の計画段階で明確にしなければならない。

2.5.2.2

海洋作業は、作業を中断して対象物を安全状態に移行させる（例えば、作業を元に戻す）ことが必要となるという前提に基づいて計画されるべきである。

2.5.2.3

作業の後戻りができないポイントを通過する作業の場合、帰還不能点（Point of No Return: PNR）を定義しなければならない。PNR を過ぎた後の最初の安全状態を、計画で定義し、考慮しなければならない。

2.5.3 氷海域での作業

2.5.3.1

氷海域での作業については、本会の適当と認めるところによる。

2.5.4 緊急時対応計画及び手順

2.5.4.1

すべての起こりうる緊急事態をリスク評価（2.4.2 参照）等により特定し、これらの事態に備えて緊急時対応計画及び手順を作成しなければならない。緊急時対応計画には、必要に応じて次の項目を含めることが推奨される。

- (a) 緊急時の体制（連絡網を含む）
- (b) 悪天候（強風、雷等を含む）
- (c) 地震・津波
- (d) 事前に設定した構造パラメータの限界値
- (e) 事前に設定した復原性（又は安定性）パラメータの限界値
- (f) 自動船位保持（DP）システム関連事項
- (g) 構造物又は設備の損傷
- (h) 機械、電気又は制御システムの故障
- (i) 火災
- (j) 衝突、座礁
- (k) 漏洩、浸水
- (l) 人身事故

2.5.4.2

緊急時対応計画及び手順は、冗長性、バックアップ装置、サポート人員並びに他の関連する予防措置及び対応を考慮したものでなければならない。緊急時対応手順は、前述の作業手順の一部を形成すべきである。

2.6 作業、作業限界及び作業中止基準

2.6.1 一般

2.6.1.1

海洋作業は、計画及び設計時に設定された前提条件が確実に満たされるように施工されなければならない。

2.6.1.2

台風等の悪天候時には、作業を行ってはならない。

2.6.2 作業基準期間： T_R

2.6.2.1

海洋作業の期間は、次の作業基準期間（ T_R ）で定義しなければならない。

$$T_R = T_{POP} + T_C$$

ここで、

- T_R : 作業基準期間
- T_{POP} : 計画作業期間
- T_C : 緊急時対応期間

2.6.2.2

意図している作業又はその作業の一部の開始及び終了ポイントは、明確に定義しなければならない。

2.6.3 計画作業期間： T_{POP}

2.6.3.1

計画作業期間 (T_{POP}) は、作業の詳細スケジュールに基づいたものでなければならない。詳細スケジュールが定まる前の早期の計画段階で T_{POP} を推定する場合は、過去の経験に基づいたものとすることができる。

2.6.3.2

スケジュールにおける各タスクの時間は、同じ又は同様のタスクの経験に対する十分に保守的な評価に基づいて推定すべきである。通常、実際の作業中に (T_{POP}) を超える確率が 10～20%以下となることを目標とすべきである。

2.6.3.3

しばしば経験される作業遅れによる時間を、 T_{POP} に含むべきである。

2.6.4 緊急時対応期間： T_C

2.6.4.1

緊急時対応期間 (T_C) には、次の事項が含まれる。

- 計画作業時間 (T_{POP}) における一般的な不確かさ
- 例えば、予測不能な手順上の問題を解決するための、作業中の非生産的時間
- 緊急事態発生時に、作業を安全状態に移行させるのに要する時間

2.6.4.2

緊急時対応期間 (T_C) が詳細に評価されない場合、作業基準期間 (T_R) は、計画作業期間 (T_{POP}) の 2 倍以上とすべきである。すなわち、

$$T_R \geq 2 \times T_{POP}$$

ただし、以下の例のように緊急時の状況が限定される場合は、 $T_R \geq 1.5 \times T_{POP}$ とすることが認められる。

- 同様の作業で幅広い経験がある作業
- 冗長性があるタグボートを用い、曳航速度が適切に評価された曳航作業
- T_{POP} が実際の作業及び船舶を用いた経験に基づいて正確に定義される繰り返し作業

2.6.4.3

6 時間未満の緊急時対応期間 T_C は、ロバストな設備を使用する短期間の単純作業を除き、通常は認められない。

2.6.5 気象に制限される作業

2.6.5.1

計画作業期間 (T_{POP}) が 72 時間未満で、かつ、作業基準期間 (T_R) が 96 時間未満の海洋作業は、気象に制限される作業と定義される (図 2-3 参照)。ただし、気象予報の信頼できる期間が 96 時間未満となる海域及び/又は季節においては、 T_R は予報の信頼できる期間に限定される。

【解説】

上記の T_R 及び T_{POP} の限界は、気象に制限される作業の最大許容期間を定義するものである。

2.6.5.2

作業期間が長く、気象に制限される作業として計画することができない作業であっても、実際の及び予報された気象条件の継続的なサーベイランスが実施され、気象に制限される作業として最大限に許容される期間内に作業を中断し、対象物を安全状態に移行させることができる場合は、気象に制限される作業とみなすことができる。具体的には、気象予報発行（更新）のインターバルに作業を安全に中断するための所要時間を加えた時間（ T_{S1} ）が 72 時間未満で、かつ、それに緊急時対応期間（ T_C ）を加えた時間（ T_{S2} ）が 96 時間未満の場合は、気象に制限される作業と定義される（図 2-3 参照）。

【解説】

実際の気象条件の継続的なサーベイランスとは、目視による波高の継続的確認、風速計による風速の継続的確認等を意味する。

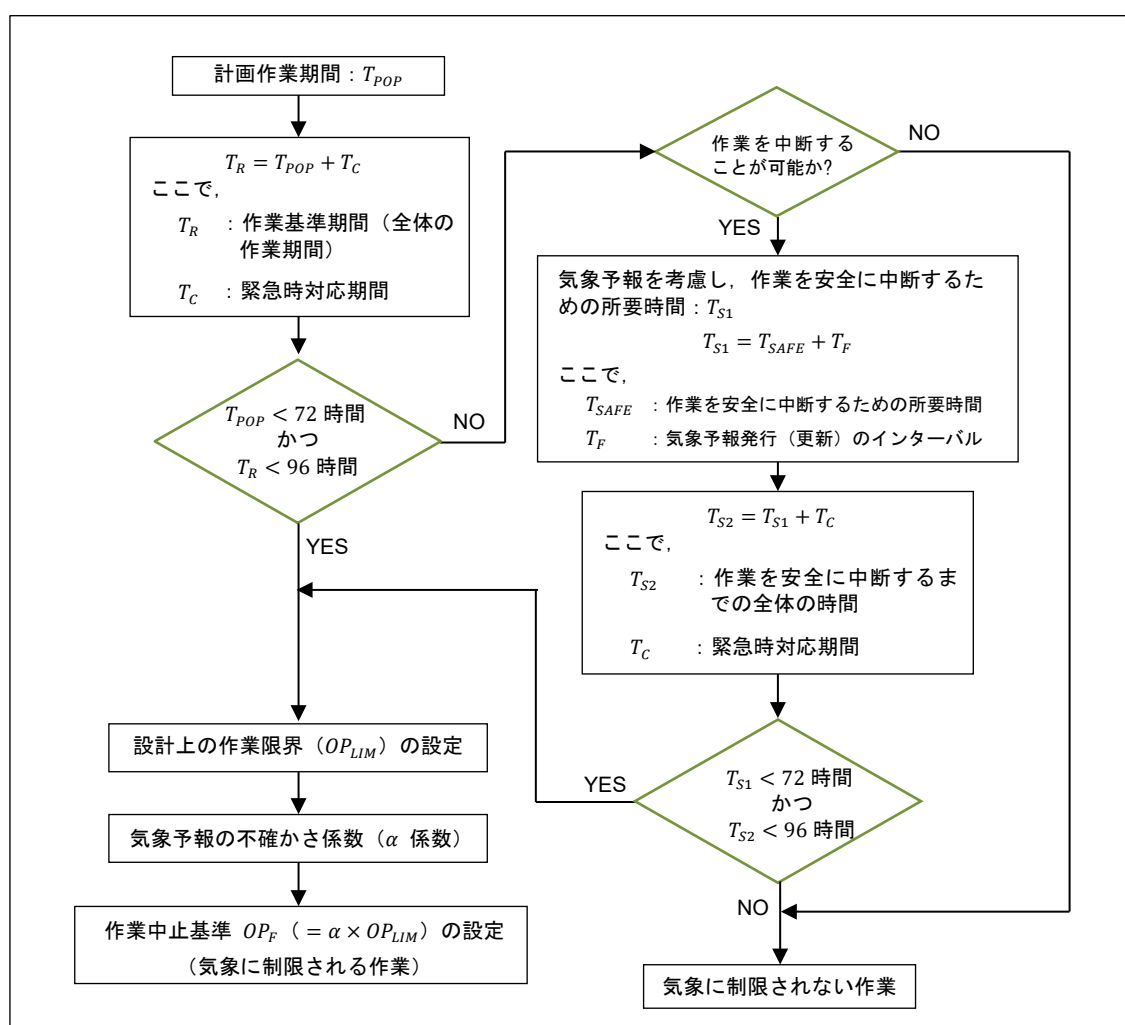


図 2-3 気象に制限される作業であるか、制限されない作業であるかを決定するためのフローチャート

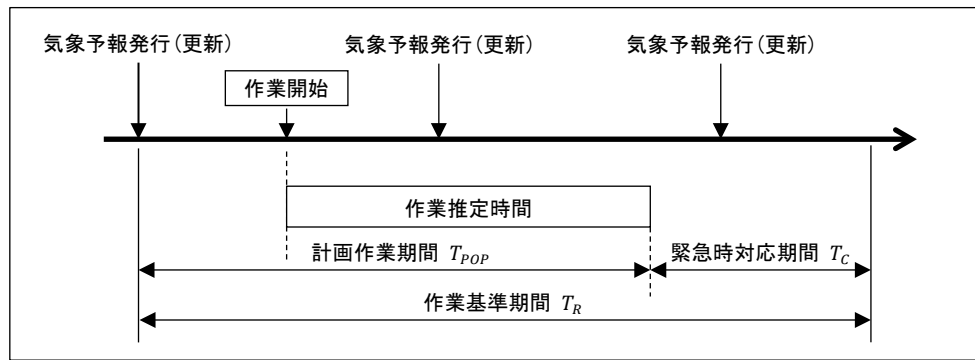


図 2-4 作業期間

2.6.5.3

気象に制限される作業は、信頼性がある気象（時間）ウィンドウ以内に施工できるよう計画されなければならない。

2.6.5.4

気象に制限される作業の場合、計画作業期間 T_{POP} の開始ポイントは、通常、最後の気象予報の発行を原点として定義される（図 2-4 参照）。

2.6.5.5

作業は、対象物が安全状態にあるときにのみ、完了としなければならない（2.5.1.1 参照）。

2.6.5.6

気象に制限される作業は、作業を中止するための作業中止基準とともに計画される。作業中止基準は、統計データと独立して選択された設計環境条件と気象予報の不確かさを考慮して設定される（2.6.7 参照）。

2.6.5.7

気象に制限される作業は、気象予報値が作業中止基準の値未満の場合に開始される。

2.6.6 気象に制限されない作業

2.6.6.1

気象に制限される作業として定義することができない海洋作業は、気象に制限されない作業として定義される。この作業の設計環境条件は、適切に設定した再現期間に基づいて定められ（3 章参照）、通常は、この設計環境条件が作業限界となる。なお、有益であると判断される場合は、短期間の作業であっても、気象に制限されない作業として計画される場合がある。

2.6.6.2

極値統計による環境条件に基づいて設計がなされる場合、作業限界は、設計環境条件と一致する。従って、設計環境条件を超える気象条件が予測されるときに当該作業を開始することは推奨されない。

2.6.7 作業限界： OP_{LIM}

2.6.7.1

計画されているすべての作業に対して、作業限界（ OP_{LIM} ）を確立し、必要に応じて作業マニュアルに記載しなければならない。

2.6.7.2

OP_{LIM} は、次に示す条件（又は限界）のうち、該当する条件の最小値以下としなければならない。

- 設計環境条件（3章を参照）
- 安全作業及び（例えば、船舶の甲板上での）対象物のハンドリング又は人員の移動条件のための最大の風及び波
- 設備のための気象制限（例えば、ROV 及びクレーン）
- 潜水システムの限界気象条件（ある場合）
- 位置保持システムの限界条件
- 船舶、設備、ツール等を含む作業慣行に基づき、リスク評価等で特定された限界
- 特定された緊急時対応計画を実施するための限界気象条件

2.6.8 作業中止基準及び α 係数

2.6.8.1

一般に、作業限界（ OP_{LIM} 、2.6.7 参照）は作業を実施することができる限界を示すものであるが、気象予報の不確かさを考慮すると、より厳しい作業中止基準（ OP_F ）を定めておく必要がある。作業中止基準は、以下の方法で設定される。

作業限界（ OP_{LIM} ）から作業中止基準を定める方法

次式から作業中止基準を求める。

$$OP_F = \alpha \times OP_{LIM}$$

ここで、 α 係数は、気象予報の不確かさを考慮した係数であり、 $1/\alpha$ は予報に関する安全係数に相当する（2.6.9 参照）。

2.6.8.2

波周期の不確かさに関しては、特別な考慮がなされるべきである。すなわち、作業が、ある範囲の波周期（例えば、うねり）の影響を特に受け易い場合は、予報される波周期の不確かさも考慮しなければならない。

2.6.9 α 係数の選択

2.6.9.1

波及び風の α 係数の値は表 2-1 に従って選択されなければならない。特に波の α 係数は、気象予報レベル（2.7.2 参照）及び環境監視の有無（2.9.4 参照）により異なる値となるので注意すること。なお、同表に示した値は、荷重耐力係数設計法（LRFD 法）を用いて設計環境条件による計算を行った場合の値であり、他の計算手法を用いた場合は、本会の適当と認めるところによる。

表 2-1 α 係数の選択

波	気象予報レベル	A		B		C	
	環境監視の有無	有り	なし	有り	なし	有り	なし
	α 係数	表 2-3	表 2-4	表 2-5	表 2-6	表 2-7	表 2-8
風	α 係数	表 2-9					

表 2-2 波の α 係数（レベル A, 環境監視有り）

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	有義波高: H_S (m)						
	$H_S = 1$	$1 < H_S < 2$	$H_S = 2$	$2 < H_S < 4$	$H_S = 4$	$4 < H_S < 6$	$6 \leq H_S$
$T \leq 4$	0.90	線形補間	0.95	線形補間	1.00	線形補間	1.00
$T \leq 12$	0.78		0.91		0.95		0.96
$T \leq 24$	0.72		0.84		0.87		0.90
$T \leq 36$	0.68		0.78		0.80		0.84
$T \leq 48$	0.66		0.75		0.78		0.81
$T \leq 72$	0.61		0.69		0.75		0.79

表 2-3 波の α 係数（レベル A, 環境監視なし）

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	有義波高: H_S (m)						
	$H_S = 1$	$1 < H_S < 2$	$H_S = 2$	$2 < H_S < 4$	$H_S = 4$	$4 < H_S < 6$	$6 \leq H_S$
$T \leq 12$	0.72	線形補間	0.84	線形補間	0.87	線形補間	0.88
$T \leq 24$	0.69		0.80		0.84		0.86
$T \leq 36$	0.68		0.78		0.80		0.84
$T \leq 48$	0.66		0.75		0.78		0.81
$T \leq 72$	0.61		0.69		0.75		0.79

表 2-4 波の α 係数（レベル B, 環境監視有り）

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	有義波高: H_S (m)						
	$H_S = 1$	$1 < H_S < 2$	$H_S = 2$	$2 < H_S < 4$	$H_S = 4$	$4 < H_S < 6$	$6 \leq H_S$
$T \leq 4$	0.90	線形補間	0.95	線形補間	1.00	線形補間	1.00
$T \leq 12$	0.72		0.84		0.87		0.88
$T \leq 24$	0.66		0.77		0.80		0.82
$T \leq 36$	0.65		0.75		0.77		0.80
$T \leq 48$	0.63		0.71		0.75		0.78
$T \leq 72$	0.58		0.66		0.71		0.76

表 2-5 波の α 係数（レベル B, 環境監視なし）

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	有義波高: H_S (m)						
	$H_S = 1$	$1 < H_S < 2$	$H_S = 2$	$2 < H_S < 4$	$H_S = 4$	$4 < H_S < 6$	$6 \leq H_S$
$T \leq 12$	0.68	線形補間	0.80	線形補間	0.83	線形補間	0.84
$T \leq 24$	0.66		0.77		0.80		0.82
$T \leq 36$	0.65		0.75		0.77		0.80
$T \leq 48$	0.63		0.71		0.75		0.78
$T \leq 72$	0.58		0.66		0.71		0.76

表 2-6 波の α 係数（レベル C，環境監視有り）

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	有義波高 : H_S (m)						
	$H_S = 1$	$1 < H_S < 2$	$H_S = 2$	$2 < H_S < 4$	$H_S = 4$	$4 < H_S < 6$	$6 \leq H_S$
$T \leq 4$	0.90	線形補間	0.95	線形補間	1.00	線形補間	1.00
$T \leq 12$	0.72		0.84		0.87		0.88
$T \leq 24$	0.66		0.77		0.80		0.82
$T \leq 36$	0.62		0.71		0.73		0.76
$T \leq 48$	0.60		0.68		0.71		0.74
$T \leq 72$	0.55		0.63		0.68		0.72

表 2-7 波の α 係数（レベル C，環境監視なし）

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	有義波高 : H_S (m)						
	$H_S = 1$	$1 < H_S < 2$	$H_S = 2$	$2 < H_S < 4$	$H_S = 4$	$4 < H_S < 6$	$6 \leq H_S$
$T \leq 12$	0.65	線形補間	0.76	線形補間	0.79	線形補間	0.80
$T \leq 24$	0.63		0.73		0.76		0.78
$T \leq 36$	0.62		0.71		0.73		0.76
$T \leq 48$	0.60		0.68		0.71		0.74
$T \leq 72$	0.55		0.63		0.68		0.72

表 2-8 風の α 係数

$T = T_{POP}$ 又は T_{S1} (時間)	10 分平均風速 : V_d (m/s)	
	$V_d < 15$	$15 \leq V_d$
$T \leq 24$	0.80	0.85
$T \leq 48$	0.75	0.80
$T \leq 72$	0.70	0.75

2.6.9.2

α 係数の選択においては、 T_{POP} 又は T_{S1} を最小時間として使用しなければならない。

2.6.9.3

作業を途中で中断することが可能である作業（2.6.5.2 参照）の場合であって、継続的に信頼性がある監視（2.9.4 参照）の値に基づいた適切な手順が確立されている場合、気象予報間の時間（ T_F ）を無視し、

$$T_{S1} = T_{SAFE}$$

とすることができる。ただし、作業中止基準（ OP_F ）を超える監視値を確認した時点から、作業中断の開始までに要する時間は T_{safe} に含めなければならない。

2.6.9.4

1m 未満の設計波高を適用する場合の α 係数の値は、本会の適当と認めるところによる。

2.7 気象予報

2.7.1 一般

2.7.1.1

気象予報は、海洋作業の開始前及び期間中に、規則的なインターバルで受け取るように手配され、海洋作業関係者間で共有されなければならない。このような気象予報は、認められた情報源からのものとし、プロジェクトに特定されたものでなければならない。

2.7.1.2

気象予報を複数の気象プロバイダーから入手する場合、そのプロバイダーは異なる組織でなければならない。本会が要求した場合、MWS 契約者は、各プロバイダーにどのように大気及び海洋モデルを評価し、予報の生成を考慮したかについて文書化し、本会へ提出するよう指示しなければならない。

2.7.1.3

2つの情報源から気象予報を取得する場合は、最も厳しい予報値を用いるべきである。予報間の食い違いが大きい場合は、両方の予報状況を注意深く評価し、作業の開始/中断を判断すべきである。

2.7.1.4

気象状況は、使用可能な気象予報に基づき、最悪ケースのシナリオを想定して評価されなければならない。これは、気象状況が不安定な場合に特に重要である。

2.7.1.5

気象予報は、海域/航路に特有のものでなければならない。移動をともなう海洋作業（例えば、航海又は海底敷設作業）の場合、気象予報は、輸送船/バージの（気象予報の時間における）位置及び気象予報でカバーされる期間内で選択されるすべての航路におけるデータで確実に構成されるものでなければならない。

2.7.1.6

気象予報は、書面または電子データで表されたものでなければならない。

2.7.1.7

気象予報は、気象状況の一般的な記述及び傾向に加え、少なくとも T_R （又は T_{S2} ）に 24 時間を加えた期間を対象とするものでなければならない。

気象予報の更新（update）は、12 時間以下のインターバルで行われなければならない。また、気象プロバイダーから入手する気象予報は、次の項目のうち作業に関連するすべての項目の予報を少なくとも 6 時間毎に表示するものでなければならない（図 2-5 参照）。

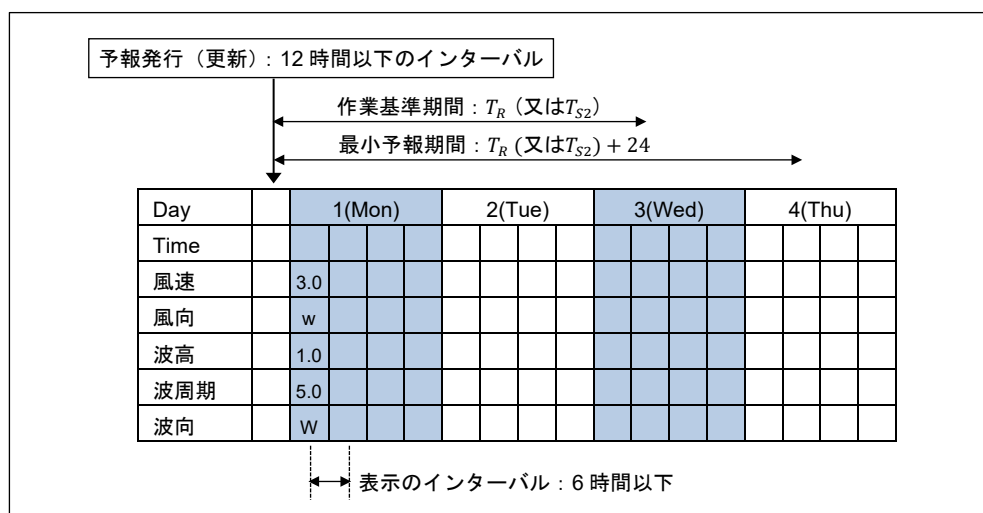


図 2-5 気象予報の範囲及びインターバル

- ・ 風速及び風向
- ・ 波高、波周期及び波向
- ・ 雨、雪、雷、（必要に応じて）海氷など
- ・ （必要に応じて）潮位変化及び高潮
- ・ （必要に応じて）視界
- ・ 温度
- ・ 大気圧

なお、温度及び大気圧については、6 時間以内に限定せず、適切なインターバルで予報することとして差し支えない。

2.7.1.8

気象予報は、風の平均時間、風速の設定高さ、波の平均時間及び波周期のような予報パラメータを明確に定義するものでなければならない。気象予報の内容及びフォーマットは、作業開始前の適切な時期に本会との間で合意されるべきである。

2.7.2 気象予報レベル

2.7.2.1

海洋作業においては、計画している作業の環境条件に対する感受性を考慮し、適切な気象予報評価を行うための体制を構築しなければならない。この体制（又は、予報の運用の仕方）は、レベル A～レベル C の 3 つのレベルとする（表 2-9 参照）。海洋作業は、環境条件に対する感受性により High, Moderate, Low のように分類される。それぞれの作業に対して、表 2-10 のように気象予報レベルを適用しなければならない。

表 2-9 気象予報レベル

気象予報レベル	A	B	C
詳細予報データを入手する体制の構築 ¹⁾	Yes	No	No
情報源の最小数	2	2 ²⁾	1 ³⁾
注1) 2.7.2.3 参照 注2) 情報源の 1 つをパブリックドメインの気象予報とすることができる (2.7.2.4 参照)。 注3) パブリックドメインの気象予報を採用することができる (2.7.2.5 参照)。			

表 2-10 作業に応じた気象予報レベル

作業の分類 (環境条件に対する感受性)	作業例	要求される 最低限の気象予報レベル
High	- フローティングクレーンを使用したモノパイル設置作業 - SEP 船の位置決め作業	A
Moderate	- 海上輸送 - SEP 船の作業（位置決め作業を除く）	B
Low	- 陸上での吊上げ - 陸上から船舶（又はバージ）への吊上げ - 波の影響を受けにくい沿岸での短時間の吊上げ - 遮蔽海域における短期間の曳航	C

2.7.2.2

気象予報レベルは、 α 係数の選択に関係する。計画している作業に対して、表 2-10 よりも上位の気象予報レベルを採用した場合は、採用した気象予報レベルを用いて α 係数を選択することができる。

【解説】

例えば、Low に分類される陸上からバージへの積出し（吊上げ）に対して B の気象予報レベルを採用した場合は、レベル B として α 係数を選択することができる。

2.7.2.3

レベル A の気象予報が要求される作業の場合、気象プロバイダーからリアルタイムで最新の詳細予報データの提供を受けるための適切な連絡体制を構築しなければならない。

2.7.2.4

気象予報は、原則として気象プロバイダーが提供する 2 つの情報源から入手することとするが、レベル B の場合は情報源の 1 つをパブリックドメインの気象予報として差し支えない。

2.7.2.5

気象予報は、レベル C の場合は 1 つの情報源として差し支えない。また、レベル C の情報源としては、パブリックドメインの気象予報として差し支えない。

2.8 海洋作業の組織

2.8.1 一般

2.8.1.1

海洋作業に係わる作業責任者の組織及び責任を、作業の実施前に確立しなければならない。各機能の責任と義務を明確に定義しなければならない。

2.8.1.2

作業マニュアルには、作業責任者の名前と肩書きを含む組織チャートを記載し、作業中の権限を明確に定義しなければならない。

2.8.1.3

不要なリスクを避けるよう、設計条件、承認文書及び健全な経験に従って、作業を実施しなければならない。これは、作業の監督又は管理者の責任である。

2.8.1.4

緊急時体制表を用意すること。

2.8.1.5

作業海域へのアクセスを制限すべきである。作業海域に入れるのは、関係者のみとすべきである。

2.8.2 資格及び訓練

2.8.2.1

作業管理者は、完全な知識を有し、同様な作業からの経験を有する者でなければならない。他の作業責任者は、責任の範囲で知識と経験を有する者でなければならない。

2.8.2.2

本会が要求した場合、主要な海洋作業に係わる作業管理者及び作業責任者は、本会に作業履歴書（CV）を提出しなければならない。

2.8.2.3

船舶の人員配置及び個人の資格は、少なくとも法的な要件を満たすものでなければならない。追加の人員配置は、複雑な作業の場合又は特別なプロジェクト要求事項を満たすために考慮しなければならない。

2.8.2.4

個人の役割及び状況に応じた適切な訓練を行うべきである。これには、業務上の訓練、サイトの安全教育及び説明会等が含まれる。

2.8.2.5

個人の資格を正しく追跡し、管理するためには、資格リストの使用が推奨される。

2.8.3 習熟及び説明

2.8.3.1

作業管理者は、計画された作業のすべての側面に精通し、設計上の制限及び前提に関する完全な知識を有していなければならない。

2.8.3.2

作業責任者は、作業に精通する者でなければならない。責任、通信、作業手順、安全、及び他の重要項目について、作業管理者は作業責任者に対して説明を実施しなければならない。

2.8.3.3

作業責任者は作業に従事する人員に対して、割り当てられた任務/責任及び安全を強調しながら、作業の要点を伝えなければならない。

2.8.3.4

煩雑な海洋作業の場合、関連するすべての人員に対して、個別の及び詳細な習熟プログラムを準備し、実施しなければならない。

2.8.4 通信及び報告

2.8.4.1

次の項目に関し、通信系統及び通信の一次的及び二次的手段を定義しなければならない。

- 顧客の代表及び第三者機関/MWS 機関の代表（関連する場合）
- 全般的なプロジェクト管理及び作業管理
- 関連する船舶
- 気象予報及び（必要に応じて）監視
- サポートサービス
- （必要に応じて）専門知識を提供する現場エンジニア
- 国家機関、規制機関及び承認機関
- 緊急時対応

2.8.4.2

無線チャンネル、電話及び電子メールアドレスを含む通信システムを特定しなければならない。

2.8.4.3

主要な（一次的）作業通信システムは、作業の管理及び制御に必要となる情報の場合にのみ使用されるべきである。重要な情報は、指定されたライン/チャンネルで与えられること。

2.8.4.4

計画された作業中の指揮系統を作業マニュアルに記載しなければならない。

2.8.4.5

VHF/UHF 通信の場合は、関連するすべての人員が理解できる共通言語を使用すべきである。無線チャンネルは、起こりうる妨害を避けるよう、早期に割り当てらるべきである。

2.8.4.6

誤解されがちな重要情報（例えば、監視の結果）の通信は、書面又はメールで確認されるべきである。

2.8.4.7

本会が要求した場合、作業中、すべての通信と報告は、MWS も利用可能とすべきである。

2.8.5 シフト

2.8.5.1

シフト変更により作業過程中に人員の変更が生じた場合は、これらを特定しなければならない。作業の重要段階にお

ける作業責任者の交代は極力避けるべきである。

2.8.5.2

責任の移動がある場合は、1つの組織から他の組織への引継ぎ（例えば、製造から海洋作業、陸上作業から海上作業へ）における各組織の責任範囲を明確に特定しなければならない。

2.8.5.3

急遽、複数のシフトを使用する継続的作業の必要性が予測される場合は、通常の作業時間を越えて継続する作業に対して、疲労を防止する特別の準備を行わなければならない。これには、各シフト交代時の良好な引継ぎについて、適切な経験を有する、状況説明を受けた交代要員の提供が含まれる。

2.9 監視

2.9.1 一般

2.9.1.1

設計で使用するパラメータについては、可能な範囲で海洋作業中に実際のパラメータを監視し、設計値と比較することが望ましい。

2.9.1.2

監視方法は、要求される精度（すなわち、許容監視誤差）を十分に反映させたものとするべきである。

2.9.1.3

設計で使用するパラメータを監視する場合は、監視の目標値及び目標値からの最大偏差（すなわち、誤差）を明確に定義しなければならない。

2.9.2 環境条件

2.9.2.1

設計で使用するパラメータを監視する場合は、環境条件と環境影響による応答（例えば、波と加速度）の両方の監視が有効である。

2.9.2.2

潮位等の環境条件の影響を特に受け易い海洋作業の場合、この環境条件に関する作業前及び作業中の監視が推奨される。監視の期間及び方法は、監視する環境条件の変化の特徴を考慮したものとするべきである。この環境条件の期待値は、統計処理された監視値及び気象予報に基づき、海洋作業を遂行する間、継続的に予測されるべきである。

2.9.3 荷重及び/又は応答

2.9.3.1

将来的なプロジェクトのための設計条件を得ること、又は作業中に設計条件を超えないように制御することを目的として、応答（例えば、船上での加速度）又は荷重効果（例えば、ひずみゲージ計測）を決定するため、フルスケール監視が行われる場合がある。このようなフルスケール監視は、合意された手順に従ったものとするべきである。

2.9.4 α 係数に関する監視

2.9.4.1

α 係数を増大させる手段として監視が行われる場合、使用される監視システム及び手順が十分な精度及び信頼性を有するものであることを文書化しなければならない。通常、このことは次のすべてを満足することを意味する。

- 連続監視
- 監視装置は、正しい読み値を与えるよう（例えば、遮蔽影響がないように）適切な場所に設置することとし、いかなる場合であっても、作業場所から 3 マイル（4.8km）以内とすること。
- 監視精度は、計測最大値の $\pm 5\%$ を標準とする。
- 結果の統計処理により、定義された時間範囲内での最大値の期待値を連続的に示すこと。
- 応答監視結果との関連性が可能であること（2.9.3 も参照）。

監視システムの故障が確認された場合、 α 係数は「環境監視なし」の表から選択されなければならない。

2.9.4.2

監視結果と気象予報との間のインターフェイスをどのように取り扱うかを示す手順を確立しなければならない。手順には、少なくとも次の項目を含めることを推奨する。

- 現在時刻の気象予報と監視結果との間の不一致
- 監視結果に基づく、次の時間の気象予報の校正方法

2.9.5 監視手順

2.9.5.1

監視が行われる場合、監視方法及びインターバル、責任、報告並びに記録について記載した監視手順を準備しなければならない。

2.9.5.2

監視結果は、本会（MWS 機関）に対して、遅れることなく報告しなければならない。

2.10 検査及び試験

2.10.1 一般

2.10.1.1

設備、構造物、システム及び船舶の試験及び検査を、関連する基準及び又は仕様に従って実施しなければならない。

2.10.1.2

作業中の検査は、監視結果の系統的なレビュー及び評価を含むものでなければならない（2.9 参照）。

2.10.1.3

本会は、立会検査が行われるすべての検査及び試験を特定する。

2.10.2 試験プログラム

2.10.2.1

作業の準備段階及び作業中に要求される検査及び試験を、試験及び検査プログラムに記載しなければならない。

2.10.2.2

試験及び検査の結果は、必要に応じて文書化されなければならない。

2.10.2.3

大規模な作業の場合、検査及び試験計画を特定して試験プログラムを開発することが推奨される。試験プログラムは、予測される特性を示し、設計の前提に基づくクライテリアを明示したものとすべきである。

2.10.3 システム

2.10.3.1

すべてのシステム及びそのバックアップは、作業開始前に試験されなければならない。このような試験では、意図しているように機能することが示されなければならない。

2.10.3.2

必要に応じて、バックアップシステムへの切り替えを試験しなければならない。

2.10.3.3

計装システムは、作業前に校正が行われ、試験されなければならない。

2.10.3.4

重要なシステムは、最終構成の時点で機能試験及び能力試験を実施することとし、作業中の使用が予定されているものと同じ電源供給装置/油圧パワーユニット（HPU）に接続しなければならない。

2.10.3.5

非常システム/機能及びフェイルセーフ構成は、実際的に可能な限り、十分な荷重の下に現実的なシナリオで試験されるべきである。

2.10.4 通信

2.10.4.1

通信の一次的及び二次的手段を、使用前に試験しなければならない。

2.10.4.2

煩雑な通信及び報告手順を伴う、又は適切な情報フローがきわめて重要な作業の場合は、通信ルーチンのリハーサルを行わなければならない。

2.10.5 傾斜試験

2.10.5.1

重心位置及び排水量が不明の場合、傾斜及び/又は排水量試験を実施しなければならない。試験の実施に関する要件は、本会（MWS 機関）の合意を得たものでなければならない。

2.11 船舶

2.11.1 一般

2.11.1.1

この節は、海洋作業に係わる船舶に対する一般要件を定めるものである。作業船のタイプによる追加の要件は、他の章に記載されている。

2.11.1.2

船舶は、復原性（7.7 参照）に関する要件を満たすものでなければならない。

2.11.1.3

使用されている船舶システム（バラストシステム、係留設備、DP システム、ジャッキアップシステム、曳航設備等）に関する説明を文書化しなければならない。

2.11.2 状態及び検査

2.11.2.1

作業に係わるすべての船舶は、作業前に検査を実施し、許容される状態にあることが確認されなければならない。また、有効な船舶証書を有するものでなければならない。

2.11.2.2

船舶の状態の検査においては、腐食に関する全体的及び局所的状態を確認しなければならない。また、強度の検証を行う場合は、この状態を考慮しなければならない。

2.11.3 構造強度

2.11.3.1

すべての船舶に対し、全体的及び局所的構造強度が十分であることが示されなければならない。

2.11.3.2

許容甲板荷重が貨物チャートに基づいたものである場合、貨物の数及び貨物の同時性に関するこれらの制限及び条件を明確に示さなければならない。

2.11.4 船級要件

2.11.4.1

船舶が船級船として登録されている場合、当該船舶はその船級の要件に従って運航されなければならない。また、船級協会により指定事項が与えられている場合は、事前にこれを提示しなければならない。

2.11.4.2

作業制限等がある場合は、事前にこれを提示しなければならない。

2.11.4.3

船級協会が与えている制限を超えて船舶又はその設備（例えば、クレーン）の使用が計画されている場合は、その船級協会による特別の証明書（statement of acceptance）を提示しなければならない。

2.11.4.4

船級登録されていない（又は、船舶検査非対象の）バージ等については、通常の検査に加え、関連する各章に定める追加の検査及び試験が要求される。

2.11.5 証明書

2.11.5.1

船舶に要求されるすべての証明書は有効なものでなければならない。関連する免除がある場合は、免除証明書を提出しなければならない。

3章 環境条件 (Environmental condition)

3.1 一般

3.1.1

この章は、海洋作業に適用される設計環境条件に関する要件を示すものである。

3.1.2

設計環境条件は、固有の海洋作業の設計のために特定される風、波、流れ及び他の関連する環境条件からなるものであり、一般に認定された基準（関連する安全係数を含む）に基づいた解析に使用される。この章で示される設計環境条件は、LRFD 法（荷重耐力係数設計法）による解析方法を対象としており、他の手法による解析方法を使用する場合の設計環境条件は、本会（MWS 機関）の適当と認めるところによる。

3.1.3

海洋作業は、次の「気象に制限される作業」と「気象に制限されない作業」のどちらかに分類され（2.5.2 参照）、設計環境条件は、このような分類に基づいて設定されるものでなければならない。

(a) 気象に制限される作業

実質作業時間が 72 時間未満で、かつ、予定していない作業時間（不測の事態など）を加えた時間が 96 時間未満の作業。作業は気象に依存する。設計環境条件は、通常、気象に制限される作業の場合は作業中止基準から求められる（3.3.2 参照）。

(b) 気象に制限されない作業

上記(a)以外の作業。設計環境条件は、極値統計解析（3.3.3.1 参照）等から求められる。

3.1.4

風と波の設計環境条件は、次の代表値で与えられる。

- 風：平均潮位面上 10m の高さにおける 10 分間平均風速
- 波：有義波高

実際の施工設計にあたっては、これらの代表値から設計環境条件の特性を必要に応じて決定し、計算に使用される。ここで、設計環境条件の特性とは、具体的には表 3-1 の内容を示す。

表 3-1 設計環境条件の特性

設計環境条件	特性
風	- 平均風速，最大風速 - 平均時間（一般に，3 秒間平均，1 分間平均，10 分間平均が使用される） - ウィンドプロファイル（鉛直方向の風速分布） - ガスト係数（突風率）
波	- 波高（有義波高，最高波高） - 波周期（ピークスペクトル周期，最高波周期等） - 波の標準スペクトル - 波の方向スペクトル

3.2 気象に制限される作業のための設計環境条件

3.2.1

気象に制限される作業の場合、次の作業の作業限界 OP_{LIM} はサイトにおける統計データと独立して設定される。

- 安全作業及び人員の移動のための気象制限
- 吊上げ作業、ROV 作業のための気象制限
- 潜水作業の限界気象条件
- 位置保持システムの限界条件 等

ただし、作業によっては、強度上の問題で作業限界が設定される場合もある。例えば輸送船上の貨物の固縛については、安全側の設計環境条件を設定して固縛部の強度を確認しておき、この設計環境条件を作業限界（輸送作業の制限）とするのが一般的である。

作業中止基準は OP_{LIM} に α 係数を乗じることにより求められる。

3.3 気象に制限されない作業のための設計環境条件

3.3.1 一般

3.3.1.1

気象に制限されない作業は、サイトで予測される最も過酷な環境条件による荷重に耐えられるように設計しなければならない。設計環境条件は、サイトの極値統計データ等に基づいて決定され、これが作業限界となる。すなわち、終局限界状態（ULS, 4.6.1 参照）の設計が要求される。輸送の場合は、航路と季節を考慮したものでなければならない。

3.3.1.2

環境条件の極値を推定する場合は、一般に、次の (a) 又は (b) の手法が用いられる。

(a) 極値統計解析

作業が行われるサイト又はその近傍における長期観測値が得られている場合は、極値統計解析により設定した再現期間の極値を推定することができる（3.3.3 参照）。統計データのあてはめ分布関数が 2 パラメータのワイブル分布に従うものと仮定する場合は、原則として回帰分析を行い、最もデータに適合する関数を選択しなければならない。

(b) 推算

波浪推算は、対象海域の周辺地形や気象データから所定海域の風向・風速の時間的・空間的变化を推定し、その風場によって発生・発達する波の諸元を推定する手法である。一般に、有義波法とスペクトル法に大別される（港湾基準参照）。日本の沿岸の場合は、国土技術政策総合研究所資料 第 88 号（平成 15 年 6 月）「我が国沿岸の波浪外力の分布（海象外力検討調査）」により、波浪推算の結果が示されている。ほとんどの海域に対して各再現期間の極値が与えられていることから、このデータを活用することができる。

3.3.1.3

作業が気象に制限されないものとして定義されとしても、避難所（safe haven）からの曳航物の出航等においては、適切な気象予報に依存する場合がある。このような制限は、作業開始前に合意されなければならず、承認証明書（CoA）に記載される。

3.3.2 環境統計

3.3.2.1

一般に使用される環境統計の例を表 3-2 に示す。

表 3-2 環境統計の例

機関	データ要素	特徴等
気象庁	地上気象観測データ 台風データ 波浪観測データ等	全国の気象官署・アメダス等の地上気象観測，船舶海上気象等の海洋観測等を実施している。 http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php
国土交通省港湾局	波浪データ（波高，波周期，波向）	ナウファス（全国港湾海洋波浪情報網：NOWPHAS）は，国土交通省港湾局・各地方整備局・北海道開発局・沖縄総合事務局・国土技術政策総合研究所および港湾空港技術研究所の相互協力のもとに構築・運営されている我が国沿岸の波浪情報網である。 http://www.pari.go.jp/unit/kaisy/nowphas/
海上保安庁海洋情報部 日本海洋データセンター（JODC）	海流データ 潮汐データ 流向・流速データ等	JODC は，国内の海洋調査機関によって得られた海洋データ及び情報を収集・管理している我が国の総合的な海洋データバンクである。 http://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html

3.3.3 再現期間

3.3.3.1

極値統計解析における再現期間は，作業基準期間（ T_R ，2.6.2 参照）に基づいて決定しなければならない。再現期間は表 3-3 のように表される。

表 3-3 気象・海象条件の再現期間

作業基準期間（ T_R ）	風，波，潮流及び潮位
$T_R \leq 3$ 日	1 ヶ月以上
$3 \text{ 日} < T_R \leq 1$ 週間	3 か月以上
$1 \text{ 週間} < T_R \leq 1$ ヶ月	1 年以上
$1 \text{ ヶ月} < T_R \leq 1$ 年	10 年以上
$1 \text{ 年} < T_R$	50 年以上 ¹⁾
注1) 50 年再現期待値を求める場合は，少なくとも 30 年の統計データに基づくものでなければならない。	

3.3.3.2

作業が季節を限定して行われる場合は，季節的（seasonal）な統計データを用いて再現期間を決定することができる。ただし，選択される統計データは，作業期間の前後に 1 ヶ月を加え，少なくとも 3 ヶ月の範囲としなければならない。

【解説】

例えば，作業が 5 月～7 月（合計 3 ヶ月）に行われる場合は，4 月～8 月の統計データを処理することにより 10 年再現の環境条件を求めることができる。

3.3.3.3

海洋作業以外の状況でも再現期間を設定して船舶（又はバージ），搭載貨物，貨物の固縛等の安全性を確認しなければならない場合がある。例えば，台風の到来に備え，避難港で係船する，泊地で係留するといった状況である。これは，2.5.1.2 で定義された「安全状態」に相当するものであり，避難場所での停泊期間は短い，その場所で台風を凌ぐことが目的であるため，暴風時を想定した強度計算が要求される。再現期間の設定については，停泊期間（係留期間）にかかわらず 10 年とする。

3.4 風

3.4.1 一般

3.4.1.1

一般に、風速は表 3-4 のように定義される。施工設計では、主に平均風速、最大風速及び最大瞬間風速が使用される。

表 3-4 風速の定義（気象庁の Website から引用）

風速	定義
平均風速	定義された時間にわたり平均された風速（一般に、「風速」は 10 分間平均風速を指す）
最大風速	一般に、10 分間平均風速の最大値
瞬間風速	風速計の測定値を 3 秒間平均した値（測定値 12 個の平均値）
最大瞬間風速	瞬間風速の最大値

【解説】

気象予報で示される風速は、通常、10m の基準高さにおける 10 分間平均風速として与えられる。

3.4.1.2

平均風速は、平均時間及び基準高さ（海拔高さ又は地上高さ）により変化する。このことから、風速の平均時間及び基準高さは常に特定されなければならない。

3.4.2 風速のプロファイル（鉛直方向分布）

3.4.2.1

一般に、陸上及び洋上の 10 分間平均風速の鉛直分布は附属書 3A で与えられる。附属書 3A で、洋上の鉛直方向の風速分布は次式で与えられる。

$$U_z = \begin{cases} \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.1} \cdot U_0 & 5 < z \leq 250 \\ 0.93 \cdot U_0 & z \leq 5 \end{cases}$$

ここで、

- U_z : 高さ z における 10 分間平均風速 m/s
- U_0 : 基準高さ z_0 における 10 分間平均風速 m/s
- z_0 : 基準高さ (=10m)
- z : 地表面又は平均潮位面からの高さ m

3.4.2.2

洋上の場合は、前 3.4.2.1 の風速分布に替えて、JIS C 1400-3 (IEC 61400-3)、ISO 19901-1 等の本会（MWS 機関）が適当と認める規格に定める風速分布を使用することができる。例えば JIS C1400-3 では、風速分布 U_z は次式で与えられる（ z 、 z_0 及び U_0 は前 3.4.2.1 と同様）。

$$U_z = \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.14} \cdot U_0$$

3.4.3 平均時間及びガスト係数（突風率）

3.4.3.1

海洋作業の施工設計では、10 分間平均風速よりも短い平均時間の風速又は最大瞬間風速を使用する場合がある。このような場合には、当該地域についての平均時間と最大風速の関係、ガスト係数（最大瞬間風速と 10 分間平均風速との比であり、突風率とも言う。）等の特性を把握しておくべきである。

3.4.3.2

施工設計で 1 分間平均風速を使用する場合は、次式のように 10 分間平均風速に補正係数 a_{1min} を乗じて使用することとする。

$$U_{z-1min} = a_{1min} \cdot U_z$$

ただし、

U_{z-1min} : 高さ z における 1 分間平均風速 m/s

U_z : 高さ z における 10 分間平均風速 m/s

a_{1min} : 補正係数

補正係数 a_{1min} の値を表 3-5 に示す。高さ z と異なる高さの風速の係数は、線形補間で求めることとして差し支えない。

表 3-5 補正係数

高さ z (m)	a_{1min}
1	1.14
5	1.11
10	1.11
20	1.09
50	1.09
100	1.08

3.4.3.3

ガストを考慮した設計では、最大瞬間風速（3 秒間平均風速の最大値）を用いることが多い。最大瞬間風速は、突風率を求めるだけの十分な統計データがない場合又は本ガイドラインで特に定めた場合を除き、10 分間平均風速の 1.4 倍とすることができる。

3.5 波

3.5.1 有義波高及び波周期

3.5.1.1

波は、一般に有義波高 H_S 及びピーク周期（ピークスペクトル周期） T_p とともに周波数スペクトルを用いて表される。 H_S は正確にはスペクトル有義波高であり国際的に用いられているが、一方、日本では統計的有義波高 $H_{1/3}$ がよく用いられる。 $H_{1/3}$ はゼロアップクロス法で求めた個々の波高のうち、大きい方から 1/3 の平均をとったものである。両者の間には以下の関係がある。

$$H_S \cong 1.05 \times H_{1/3}$$

有義波周期 $T_{1/3}$ は、有義波高 $H_{1/3}$ が対象とする波の周期の平均値である。両者の間の関係は波スペクトルの形状によって異なるが、一般に以下の関係がある。

$$T_p \cong 1.1 \times T_{1/3}$$

3.5.1.2

波のうち概ね有義波周期が 8 秒以上で、波形勾配 H/L （ H ：波高， L ：波長）が概ね 0.025 未満のものを「うねり」という。うねりが大きい海域の場合、ピーク周期 T_p は、有義波高 H_S を用いて一般に次の範囲となることが認められている。

$$\sqrt{13 \cdot H_S} < T_p < \sqrt{30 \cdot H_S}$$

3.5.1.3

うねりが大きい海域の場合、ピーク周期 T_p は一般に次の範囲となることが知られている。

$$\begin{aligned} \sqrt{12.4 \cdot H_S} < T_p < 18.2 & \quad H_S \leq 5.7m \\ \sqrt{12.4 \cdot H_S} < T_p < \sqrt{57.8 \cdot H_S} & \quad H_S > 5.7m \end{aligned}$$

日本の海域においては、解説に示す検討により、次式を用いてうねりによる有義波周期 $T_{1/3}$ を推定できるが、うねりの影響が大きいと考えられる作業の施工設計においては、これよりもさらに長い波周期で検討することが望ましい。

$$T_{1/3_swell} \cong \sqrt{32.1 \cdot H_{1/3}}$$

【解説】

文献「港湾技術基準策定に関わる設計波設定法の高度化について」（沿岸技術センター論文集 No.17, 2017）によれば、うねり設計波の波形勾配は約 0.020 であったことから、 $H_{1/3}/L_0 = 0.020$ （ L_0 ：沖波の波長）とし、波長と周期の関係式 $L_0 \cong 1.56 \cdot T_{1/3}^2$ により、うねりによる有義波周期は次式で表される。

$$T_{1/3_swell} \cong \sqrt{\frac{L_0}{1.56}} = \sqrt{\frac{H_{1/3}}{0.020 \times 1.56}} = \sqrt{32.1 \cdot H_{1/3}}$$

3.5.2 最高波高及び最高波周期

3.5.2.1

すべてのデータに含まれる個別の波の平均は、平均波高及び平均波周期として表される。また、一連の波の中で最も波高の大きい波を最高波といい、その波高及び周期をそれぞれ最高波高 $H_{\max}$ 及び最高波周期 $T_{\max}$ という。これらと $H_{1/3}$ 及び $T_{1/3}$ との間には、それぞれ以下の関係がある。

$$H_{\max} = (1.6 \sim 2.0) \times H_{1/3}$$

$$T_{\max} \cong T_{1/3}$$

3.5.3 波の運動（スペクトル）

3.5.3.1

海洋波は、一波毎に波高と周期が変化する不規則波であるため、強度評価等を行う場合、基本的には不規則波を用いることが望ましい。不規則波を用いる場合は、次の標準スペクトルから、海域の特性に応じて最もよくあてはまるものを選択しなければならない。

- (a) プレットシュナイダー・光易型スペクトル
- (b) 修正プレットシュナイダー・光易型スペクトル
- (c) ピアソン・モスコビッツスペクトル
- (d) JONSWAP スペクトル

例として、(a) 及び (b) の周波数スペクトルを以下に示す。

$$(a) \quad S(f) = 0.257 \cdot H_{1/3}^2 \cdot T_{1/3}^{-4} \cdot f^{-5} \cdot \exp \left[-1.03 \cdot (T_{1/3} \cdot f)^{-4} \right]$$

$$(b) \quad S(f) = 0.205 \cdot H_{1/3}^2 \cdot T_{1/3}^{-4} \cdot f^{-5} \cdot \exp \left[-0.75 \cdot (T_{1/3} \cdot f)^{-4} \right]$$

ここで、

$S(f)$	: 波の周波数スペクトル
$H_{1/3}$	: 有義波高
$T_{1/3}$	: 有義波周期
f	: 波の周波数

(a) 及び (b) のスペクトルでは、日本近海の台風を想定し、十分発達した風波を考慮している。

3.5.3.2

波の方向性を示す指標として、方向スペクトルが用いられる。方向スペクトルは、前 3.5.3.1 の周波数スペクトル $S(f)$ と方向関数 $G(f, \theta)$ の積として次のように表される。

$$S(f, \theta) = S(f) \cdot G(f, \theta)$$

ここで、 θ は要素波の進行方向、 f は波の周波数である。方向関数は、全方位にわたって積分すれば 1 になるように定義される。

$$\int_{-\pi}^{\pi} G(f, \theta) d\theta = 1$$

代表的な方向関数としては、次式に示す光易型の方向関数が一般に用いられる。

$$G(f, \theta) = G_0 \cdot \cos^{2s} \left(\frac{\theta - \theta_0}{2} \right)$$

$$G_0 = \left[\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} \cos^{2s} \left(\frac{\theta - \theta_0}{2} \right) d\theta \right]^{-1}$$

$$s = \begin{cases} s_{\max} (f/f_p)^5 & : f \leq f_p \\ s_{\max} (f/f_p)^{-2.5} & : f > f_p \end{cases}$$

ここで、 θ_0 は主波向である。 s は分散パラメータであり、周波数 f により変化する。 f_p は、周波数スペクトルのピーク周波数であり、上記 (a) 及び (b) のスペクトルの場合、 $T_{1/3}$ との間には次の関係がある。

$$(a) \quad f_p = 1/T_p = 1/(1.05 \cdot T_{1/3})$$

$$(b) \quad f_p = 1/T_p = 1/(1.13 \cdot T_{1/3})$$

$s_{\max}$ は方向集中度パラメータ（分散パラメータのピーク値）であり、以下の数値が一般に使用される。

風波	$s_{\max} = 10$
減衰距離の短いうねり	$s_{\max} = 25$
減衰距離の長いうねり	$s_{\max} = 75$

3.5.3.3

前 3.5.3.1 の規定にかかわらず、本会（MWS 機関）は、規則波による計算を認める場合がある。ただし、使用される規則波の波理論は JIS C 1400-3 附属書 C に従って適切に選択されたものでなければならない。

附属書 3A

風速の鉛直方向分布

3A.1 一般

3A.1.1

この附属書は、「風力発電設備支持物構造設計 指針・同解説」に定める設計風速算定式に基づき、基準高さにおける風速をベースとする風速の鉛直方向分布を定めるものである。

3A.2 表面粗度区分

3A.2.1

風速の鉛直方向分布は、サイトの地表面の状態に依存する。地表面の表面粗度区分は表 3A-1 のように分類される。

表 3A-1 表面粗度区分

表面粗度区分	建設地周辺の地表面の状態
I	海面または湖面のような、ほとんど障害物のない地域
II	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木・低層建築物等が散在している地域
III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物（4～9 階）が散在している地域
IV	中層建築物が主となる市街地

3A.3 風速の鉛直方向分布

3A.3.1

地表面（又は海面）からの高さ z (m) における風速 U_z (m/s) は、基準高さを z_0 (=10m) における風速を U_0 (m/s) とするとき、表面粗度区分に応じて表 3A-2 のように表される。

表 3A-2 風速分布

表面粗度区分	風速分布
I	$U_z = \begin{cases} \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.1} \cdot U_0 & 5 < z \leq 250 \\ 0.93 \cdot U_0 & z \leq 5 \end{cases}$
II	$U_z = \begin{cases} \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.15} \cdot U_0 & 5 < z \leq 350 \\ 0.90 \cdot U_0 & z \leq 5 \end{cases}$
III	$U_z = \begin{cases} \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.2} \cdot U_0 & 10 < z \leq 450 \\ U_0 & z \leq 10 \end{cases}$
IV	$U_z = \begin{cases} 0.83 \cdot \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.27} \cdot U_0 & 20 < z \leq 550 \\ U_0 & z \leq 20 \end{cases}$

4章 荷重及び構造強度（Loading and structural strength）

4.1 一般

4.1.1 一般

4.1.1.1

この章は、洋上ウィンドファームの建設に係る施工設計のうち、荷重及び荷重の組合せ、荷重ケース、構造物の強度及び安定性（滑動・転倒）等について示したものである。

4.1.1.2

構造強度の要件は、主として鋼構造物を対象として記載している。他の材料の構造物については、認定された基準の使用により適切な安全係数（材料係数）を与えるものでなければならない。

4.1.1.3

本ガイドラインでは、荷重耐力係数設計（Load and Resistance Factor Design: LRFD）法により構造物の強度及び安定性を評価することとしている。本会が適当と認めた場合は、許容応力度法等の他の手法により評価することとして差し支えない。

【解説】

荷重耐力係数設計法（LRFD 法）は、部分安全係数法とも呼ばれる。

4.1.1.4

施工時においては、特殊なケースを除き、構造物の疲労破壊は発生しないものと考えられることから、本ガイドラインでは疲労破壊に関連する構造強度については対象外とした。

4.1.1.5

次の項目については、関連する章を参照すること。

- (a) 吊上げ作業における索具の強度（6 章）
- (b) 曳航索及び固縛に使用される索具の強度（7 章）
- (c) 係留索（係船索）の強度（9 章）
- (d) SEP 船の安定性（11 章）

4.1.2 適用

4.1.2.1

本ガイドラインでは、基礎、TP、風車コンポーネント及び船舶（又はバージ）の作業等の状況を

- 仮設
- 通常作業
- 退避

の3種類に分類し、それぞれの状況の下で、主として表 4-1 の内容を強度及び安定性評価の対象としている。

表 4-1 強度及び安定性評価の対象の例

作業等の状況	作業	強度及び安定性評価の対象
仮設	作業ヤードでの仮設作業¹⁾	構造物及び固縛部の強度及び安定性（5章参照）
通常作業	- 積出し/陸揚げ作業¹⁾ - 輸送作業²⁾ - 設置作業¹⁾	- 吊構造物の強度³⁾ - 吊作業に使用されるスプレッドビーム等の強度³⁾ - 構造物及び固縛部の強度及び安定性 - 係留状態で実施される場合の係留設備の位置保持能力³⁾
退避	避難場所での退避	台風等の暴風時における係留設備の位置保持能力（9章参照）³⁾
注： 1) 吊上げ索具の設計については6章を参照すること。 2) 曳航索の設計については7章を参照すること。 3) 必要に応じて構造設計を実施すること。		

4.1.2.2

表 4-1 以外であっても、本会（MWS 機関）が特に必要と認めた場合は構造物の強度及び安定性の評価が要求される。

4.2 重量及び重心 (CoG) 位置

4.2.1 一般

4.2.1.1

本ガイドラインでは次の構造物を重量管理の対象とする。

- (a) 基礎 (パイル等), トランジションピース (TP), 風車コンポーネント (タワー, ナセル, ブレード) 等の構造物
- (b) SEP 船のプラットフォーム重量 (プラットフォームに搭載されるすべての機器類, バラスト水等の重量を含む)

4.2.1.2

構造物の重量及び重心 (CoG) 位置は, 計算で求めるのが一般的であるが計測で求めることもある。施工者は, 前 4.2.1.1 の構造物の重量及び重心位置を示した重量レポートを本会 (MWS 機関) に提出しなければならない。

4.2.1.3

前 4.2.1.1 (a) の構造物の製造者は ISO 9001 の認証を有し, 製造された製品は寸法及び重量管理を適切に実施されたものでなければならない。製造者が ISO 9001 の認証を取得しておらず, かつ, 当該構造物の重量計測がなされない場合, 施工設計で使用される重量及び重心位置の値は, 後述の 4.2.2 及び 4.2.3 に従い, 重量レポートで示されている重量及び重心位置の不確かさを考慮したものでなければならない。

4.2.1.4

前 4.2.1.1 で, (b) のプラットフォーム重量管理は, 11 章の規定に従ったものでなければならない。

4.2.2 重量

4.2.2.1

前 4.2.1.3 により施工設計で重量の不確かさを考慮する場合は, 一般に構造物の上限設計重量 (Upper bound design weight: W_{ud}) を定めることとし, 作業により最小重量が重要となる場合は, 下限設計重量 (Lower bound design weight: W_{ld}) を定めなければならない。

【解説】

実施される作業において, 制限重量 (Not To Exceed weight, NTE 重量) が定義されており, 上限設計重量が制限重量を超えた値となる場合は, 制限重量を調整する必要がある。例えば, 上限設計重量が地耐力を超えた場合は, 地耐力を強化する必要がある。

4.2.2.2

施工設計で使用される上限/下限設計重量は, 重量の不確かさに関する製造者からの情報がある場合を除き, 次式に従って決定されなければならない。

$$W_{ud} \geq 1.05 \times W_{report}$$

$$W_{ld} \leq 0.95 \times W_{report} \quad (\text{最小重量が重要となる場合})$$

ここで,

W_{ud} : 上限設計重量

W_{ld} : 下限設計重量

W_{report} : 重量レポートによる重量 (計算値)

4.2.2.3

管構造物の上限/下限設計重量は、前 4.2.2.2 の計算式に替えて、構造物の板厚、加工等の許容誤差に基づいて定めることができる。

4.2.3 重心位置

4.2.3.1

前 4.2.1.3 により施工設計で重心位置の不確かさを考慮する場合は、構造物の重心エンベロープ（CoG envelope）を定めなければならない。

4.2.3.2

施工設計で重心エンベロープを使用する場合は、重心変化に対する作業及び構造的な影響の受け易さを反映させたものとすべきであり、エンベロープの範囲内で最も保守的な重心位置とすべきである。重心位置の不確かさに関する製造者からの情報がある場合を除き、重心エンベロープの寸法は一般に次のように設定すべきである。

$$\text{エンベロープ寸法} = 0.05L \times 0.05B \times 0.05H \text{ 以上}$$

ここで L、B 及び H は、それぞれ構造物の長さ、幅及び高さである。

4.2.3.3

重心のシフトと結果的な荷重効果との間に線形関係が成り立つ作業、又は重心のシフトに対する感受性が低い作業の場合は、4.2.2.2 の W_{ud} に 1.05 以上の係数を乗じることにより、前 4.2.3.2 の重心エンベロープに替えることができる。

4.2.3.4

管構造物の場合は、4.2.2.3 で求めた W_{ud} に、管構造物の長さ及び製造者の板厚許容誤差を考慮して決定した係数を乗じることにより、前 4.2.3.2 の重心エンベロープに替えることができる。

4.2.4 重量管理

4.2.4.1

構造物の重量計測を行う場合は、計測手順を作成し、手順には計測設備の仕様（精度を含む）についても記載しなければならない。重量計測に使用されるロードセルは、適切なインターバルで校正されなければならない。

4.2.4.2

重量及び重心位置の計算値と計測値との間で有意な偏差が生じた場合、その原因は調査され、報告されなければならない。

4.2.4.3

重量計測後の構造に対して重量の追加/削除がある場合は、重量変更の詳細を報告するとともに、重量レポートを確実に更新するようにしなければならない。

4.2.4.4

同一構造の構造物を数多く製造する場合であって、数量を限定して重量計測を行う場合は、重量管理プログラムを文書化し、本会（MWS 機関）の合意を得なければならない。

4.3 荷重

4.3.1 荷重の分類

4.3.1.1

一般に、荷重は永続荷重（G）、変動機能荷重（Q）、変形荷重（D）、環境荷重（E）及び偶発荷重（A）の5種類の荷重に分類される。各荷重の定義及び例を表4-2に示す。

表 4-2 荷重の分類

荷重	定義	例
永続荷重（Permanent loads）：G	計画されている作業の間に移動、削除又は付加されることがない荷重	- 静定した構造物の重量 - 固定バラスト及び取り去られないことがない設備の重量 - 恒久的な性質の外部/内部の静水圧 - 予張力
変動機能荷重（Variable functional loads）：Q	計画されている作業の間に移動、削除又は付加される可能性がある荷重	- 移動する構造物の重量 - 隣接船舶からの荷重 - バラストニングによる荷重 - ウィンチの動作による荷重 - 作業上の衝撃荷重
変形荷重（Deformation loads）：D	構造物の変形に関連する荷重	- 据付け許容誤差による荷重 - 移動するバラスト水（又は温度）で生じるバージの船体全体変形荷重 - 構造物間での構造的制限による荷重 - ジャッキアップレグの不同沈下による荷重 - 温度変形による荷重
環境荷重（Environmental loads）：E	環境上の現象で引き起こされるすべての荷重	- 風による荷重 - 波による荷重 - 潮流及び海流による荷重 - 潮位及び高潮（storm surge）による荷重 - 海氷による荷重
偶発荷重（Accidental loads）：A	例外的な又は予想外の事象又は条件で引き起こされる荷重	- 船舶との衝突による荷重 - 落下物による荷重 - 静水力的安定性の喪失による荷重 - 浸水による荷重 - 内部圧力の喪失による荷重 - 地震・津波による荷重

4.3.1.2

永続荷重（G）のうち、重量については4.2を参照すること。

4.3.1.3

変動機能荷重（Q）は、最悪ケースを決定するため、最大値及び最小値を特定するものでなければならない。

4.3.1.4

変形荷重（D）は、最悪ケースを決定するため、必要と考えられる最大値又は最小値を特定するものでなければならない。該当する場合、特性値は極限状態を考慮した解析の結果に基づくものでなければならない。

4.3.1.5

環境荷重（E）は、2章及び3章の規定に基づいて決定されなければならない（気象に制限されない作業の場合は、再現期間を考慮して特性値が決定される）。

4.3.1.6

次に示す荷重は環境荷重（E）として分類されなければならない。

- 波による船舶（又はバージ）の全体変形で固縛に作用する荷重
- 風及び波による浮体のロール及びピッチ角で生じる重力荷重成分

4.3.1.7

偶発荷重（A）は，現実的な事故シナリオに基づいて特性値を決定するものでなければならない。

4.3.2 重量及び浮力

4.3.2.1

重量及び重心位置は，4.2 に従ったものでなければならない。

4.3.2.2

浮力は，次の事項を考慮したものでなければならない。

- 浮力が海洋作業で重要となる場合，寸法及び浮力の管理は，精度を適切に維持するものでなければならない。
- 構造物の浮力及び浮力中心位置は，正確な幾何学モデルをベースとして決定されるべきである。
- 特性浮力荷重（浮力荷重の特性値）は，必要に応じて不確かさを考慮したものでなければならない。
- 特に浮力が復原性要件に寄与する場合，浮力を有する貨物は，リフトオフが発生しないことが示されない限り，リフトオフに対して十分な安全性を確保しなければならない。

4.3.3 風荷重

4.3.3.1

風荷重は，特性風速（風速の特性値，3章参照）及び認められた計算方法に基づいて計算されなければならない。

4.3.3.2

船上の構造物及び構造部材に対して適用できる風荷重の算定式の例を以下に示す（本会の浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン参照）。これ以外の算定式であっても，本会（MWS）が適当と認めた場合は，計算に使用することができる。

$$F_{wind} = P_{wind} \cdot A_{wind} = 0.611 \cdot C_S \cdot V(z)^2 \cdot A_{wind}$$

ここで，

- F_{wind} : 各構造部材に作用する風荷重（N）
 P_{wind} : 風圧（N/m²）
 C_S : 形状係数（表 4-3 による）

表 4-3 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

$V(z)$: 高さ z (m) における風速（m/s）

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

4.3.3.3

ブレード、ナセル、タワー等に対して適用できる風荷重の算定式の例を以下に示す（土木学会指針参照）。これら以外の算定式であっても、本会（MWS）が適当と認めた場合は、計算に使用することができる。

(a) ブレードに作用する抗力及び揚力

$$F_{bD}(\theta, r) = \frac{1}{2} C_{bD}(\theta, r) \rho U(r)^2 A_b(r)$$

$$F_{bL}(\theta, r) = \frac{1}{2} C_{bL}(\theta, r) \rho U(r)^2 A_b(r)$$

ここで、

$F_{bD}(\theta, r)$	: ブレード断面 r での平均抗力 (N)
$F_{bL}(\theta, r)$	: ブレード断面 r での平均揚力 (N)
$C_{bD}(\theta, r)$	: 平均抗力係数（土木学会指針参照）
$C_{bL}(\theta, r)$	: 平均揚力係数（土木学会指針参照）
θ	: 迎角（度）
ρ	: 空気密度 (kg/m^3)
$U(r)$	: ブレードの根本から長さ r の位置における平均風速 (m/s)
$A_b(r)$	: ブレードの根本から長さ r の位置における代表面積 (m^2)

代表面積 $A_b(r)$ 等の定義については図 4-1 を参照のこと。ブレードに作用する揚力の計算は、例えばブレードを船舶（又はバージ）のデッキ上に搭載して輸送するときの固縛の安全性を確認するために使用される。

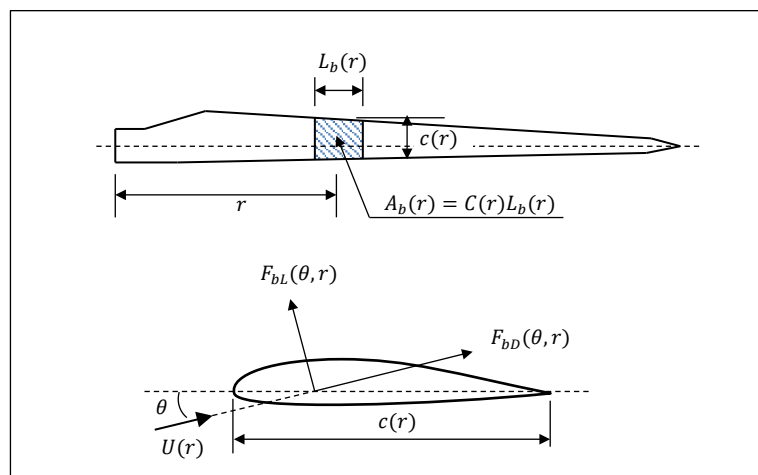


図 4-1 代表面積 $A_b(r)$ 、ブレード弦長 $C(r)$ 、軸方向長さ $L_b(r)$ 、迎角 θ 、抗力 $F_{bD}(\theta, r)$ 、揚力 $F_{bL}(\theta, r)$ の定義

(b) ナセルに作用する抗力

$$F_{nD} = \frac{1}{2} C_{nD} \cdot \rho U_h^2 \cdot A_n$$

ここで,

- F_{nD} : ナセルに作用する平均抗力 (N)
 C_{nD} : 平均抗力係数 ($C_{nD} = 1.1 \sim 1.3$)
 ρ : 空気密度 (kg/m^3)
 U_h : ハブ高さにおける設計風速 (10 分間平均風速) (m/s)
 A_n : ナセルの代表面積 (代表面積のとり方については, 土木学会指針を参照) (m^2)

(c) タワーに作用する抗力

$$F_{tD} = \frac{1}{2} C_{tD} \cdot \rho U(z)^2 \cdot D_t(z)$$

ここで,

- F_{tD} : タワーに作用する単位長さあたりの平均抗力 (N)
 C_{tD} : 平均風力係数
 ρ : 空気密度 (kg/m^3)
 $U(z)$: 高さ z における設計風速 (10 分間平均風速) (m/s)
 $D_t(z)$: 高さ z におけるタワーの直径 (m)

平均風力係数 C_{tD} は, 表 4-4 を標準とする。

表 4-4 平均風力係数 C_{tD}

条件	C_{tD} の値
$U(z)D_t(z) \geq 6$ の滑面	0.6
粗面 又は $U(z)D_t(z) < 6$ の滑面	1.0

4.3.3.4

クレーン及び移動式クレーンに対して適用できる風荷重の算定式の例を以下に示す (港湾基準, クレーン構造規格第 9 条及び移動式クレーン構造規格第 9 条参照)。これ以外の算定式であっても, 本会 (MWS) が適当と認めた場合は, 計算に使用することができる。

(a) クレーン及び移動式クレーンに作用する風荷重は次式で与えられる。

$$W = qCA$$

$$q = 0.6 \cdot U(z)^2$$

ここで,

- W : 高さ z の受圧面積 A に作用する風荷重 (N)
 q : 速度圧 (N/m^2)
 C : 風力係数
 A : 受圧面積 (風を受ける面の風の方向に直角な面に対する投影面積) (m^2)
 $U(z)$: 高さ z における風速 (m/s)

- (b) 前(a)の算定式で、風力係数 C の値は、風洞実験を行って得た値とするか、又は、平面トラス（鋼管製の平面トラスを除く）により構成される面の場合は表 4-5 の値を用いることができる（平面トラス以外の面については、港湾基準等を参照）。

表 4-5 風力係数 C

クレーンの風を受ける面の区分	風力係数 C
平面トラス（鋼管製の平面トラスを除く）により構成される面	$W_1 < 0.1$
	$0.1 < W_1 \leq 0.3$
	$0.3 < W_1 \leq 0.9$
	$0.9 \leq W_1$

表 4-5 で、 W_1 は充実率といわれるパラメータであり、図 4-2 で定義される。

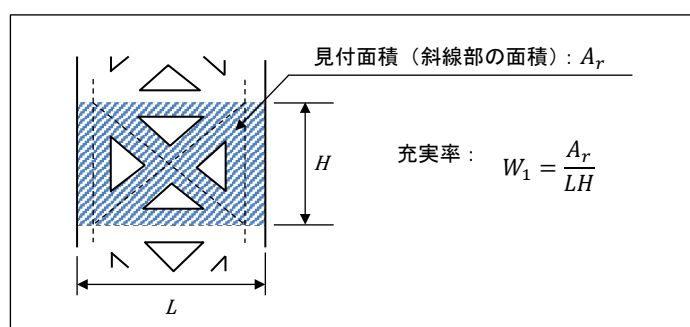


図 4-2 充実率 W_1 の定義

- (c) 受圧面積 A の計算において、クレーンの風を受ける面が風の方向に対して 2 面以上重なっているときは、低減率を考慮して投影面積を加えることができる（詳細については港湾基準等を参照のこと）。

【解説】

速度圧の算定式 $q = 0.6 \cdot U(z)^2$ は、本ガイドラインで定義したものである。港湾基準やクレーン構造規格に示されている算定式はクレーンの強度を計算するためのものであるが、本ガイドラインでは特定の高さ z での風速に対応する荷重を計算するのが目的であるため、風速 $U(z)$ をパラメータとして定式化を行った。

4.3.4 潮流荷重

4.3.4.1

潮流荷重は、特性潮流速度（潮流速度の特性値，3章参照）及び認められた計算方法に基づいて計算されなければならない。一般に，海中構造物の部材に作用する抗力は次式で与えられる。

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_0 A U^2 \cdot$$

ここで，

F_D : 部材に作用する流れの方向の抗力 (N)

C_D : 抗力係数

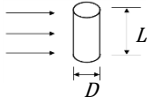
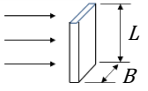
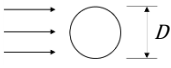
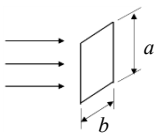
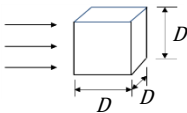
ρ_0 : 海水の密度 (kg/m³)

A : 流れの方向の部材の投影面積 (m²)

U : 流速 (m/s)

抗力係数 C_D については，標準値として表 4-6 の値を用いることができる（港湾基準参照）。

表 4-6 抗力係数 C_D

構造物の部材の形状	基準面積	抗力係数														
円柱（粗面） 	DL	1.0 ($L>D$)														
角柱 	BL	2.0 ($L>B$)														
円板 	$\frac{\pi}{4}D^2$	1.2														
平板 	ab	<table><tr><th>a/b</th><th>抗力係数</th></tr><tr><td>1</td><td>1.12</td></tr><tr><td>2</td><td>1.15</td></tr><tr><td>4</td><td>1.19</td></tr><tr><td>10</td><td>1.29</td></tr><tr><td>18</td><td>1.40</td></tr><tr><td>∞</td><td>2.01</td></tr></table>	a/b	抗力係数	1	1.12	2	1.15	4	1.19	10	1.29	18	1.40	∞	2.01
a/b	抗力係数															
1	1.12															
2	1.15															
4	1.19															
10	1.29															
18	1.40															
∞	2.01															
立方体 	D^2	1.3～1.6														

4.3.4.2

部材の形状と流れの方向によっては，抗力だけでなく揚力も発生するので，揚力の影響が大きいと判断される場合は，認められた計算方法により揚力を計算しなければならない。

4.3.4.3

浅海域又は狭水路で作業を行う場合は，これらの影響による流速/荷重の増大を考慮しなければならない。

4.3.5 波－潮流荷重

4.3.5.1 一般

- (a) 波－潮流の組合せで誘起される抗力は、潮流及び波の粒子速度のベクトルサムを考慮して計算されなければならない。海中構造物の部材に作用する荷重（波力）は、次式に示すモリソン式で与えられる（港湾基準参照）。

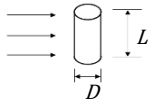
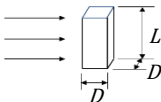
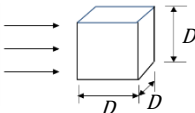
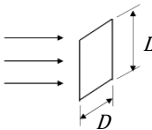
$$\vec{f}_n = \frac{1}{2} C_D \rho_0 |\vec{u}_n| \vec{u}_n \Delta S + C_M \rho_0 \vec{a}_n A \Delta S$$

ここで、

- $\vec{f}_n$: 部材軸方向の微小長さ ΔS (m) に作用する、部材軸と水粒子運動方向の共通面における部材軸に直角な方向の力 (N)
- $\vec{u}_n, \vec{a}_n$: 部材軸と水粒子運動方向の共通面における、部材軸直角方向（ $\vec{f}_n$ と同じ方向）の水粒子速度成分 (m/s) 及び加速度成分 (m/s²)（部材によって乱されない入射波による成分）
- $|\vec{u}_n|$: $\vec{u}_n$ の絶対値 (m/s)
- C_D : 抗力係数
- C_M : 慣性力係数
- D : $\vec{f}_n$ の方向から見た部材軸直角方向の部材幅 (m)
- A : 部材軸に垂直な面で切った部材軸面積 (m²)
- ρ_0 : 海水の密度（通常は 1.03 t/m³）

- (b) 前 (a) の算定式では、右辺の第 1 項が抗力を、第 2 項が慣性力を表すが、式中の水粒子の速度成分、加速度成分は時間的、場所的に変化する量であるから、その変化に十分注意して部材に最も厳しくなる波力の分布を検討することが望ましい。
- (c) 算定式中の $\vec{u}_n$ 及び $\vec{a}_n$ は、波が構造物の存在によって乱されないとした場合の、部材中心軸位置における水粒子運動の部材軸に対する直角方向成分である。
- (d) 波浪作用下での抗力係数 C_D は、一般に定常流における抗力係数を用いてもよいが、部材の形状、表面の粗度、レイノルズ数、隣接部材との間隔などのほか、クーリガン・カーペンター数 (KC 数) によっても変化するので、これらの条件を考慮して設定すべきである。円柱部材については、波の有限振幅性を十分考慮する場合、一般に $C_D = 1.0$ とする。水粒子の運動速度が正確に算定されるときは、表 4-6 に示すような定常流における抗力係数の値を準用してもよい。
- (e) 慣性力係数 C_M は、微小振幅波理論による値を用いてもよいが、部材の形状のほかに、レイノルズ数、KC 数、表面の粗度、隣接部材との間隔などによって異なるので、条件に応じた適切な値を設定すべきである。構造物の部材の径が波長の 1/10 以下のときは、慣性力係数 C_M の値として、一般に表 4-7 の値が用いられる。

表 4-7 慣性力係数 C_M

構造物の部材の形状		基準体積	慣性力係数	
円柱		$\frac{\pi}{4} D^2 L$	2.0 ($L > D$)	
正角柱		$D^2 L$	2.19 ($L > B$)	
立方体		D^3	1.67	
平板		$\frac{\pi}{4} D^2 L$	D/L	慣性力係数
			1	0.61
			2	0.85
			∞	1.00

4.3.5.2 波荷重

- 波荷重は、決定論的又は確率論的設計手法に従って推定されるべきである。波周期の範囲は、3章の規定に従って調査されるべきである。
- 波荷重は、構造のタイプ、そのサイズ及び形状、並びにその応答特性を考慮し、当該場所及び作業に適用できる方法を使用して決定されなければならない。
- 潮位の影響を考慮し、必要である場合は、設計に含めなければならない。
- 船舶の船側を超えて突き出しているメンバーについては、波スラミング (4.3.5.4 参照)、流体力学的及び静水力的荷重を考慮しなければならない。このような荷重の、運動特性並びに固縛及びグリレージ/クリビングへの影響を考慮しなければならない。
- 波漂流荷重は、大容積の構造物、位置保持システム、曳航抵抗推定等の計算では考慮されなければならない。波漂流荷重は、平均波漂流力及び緩やかに変動する波漂流力で構成される。緩やかな波漂流力で励振される長周期応答についても調査しなければならない。

4.3.5.3 スラミング荷重及び砕波

- 貨物の張り出し及び飛沫帯における要素又は浮体周辺での張り出しは、スラミング荷重及び/又は没水の可能性について調査されなければならない。
- 砕波により引き起こされる飛沫帯表面への衝撃圧の影響は、すべての方位の設計海象に対する状態を調査しなければならない。
- スラミング及び砕波による荷重は、認定された規定に従って計算されるべきである。

4.3.5.4 青波

- 輸送の計算では、必要に応じて青波（甲板上へ打ち込まれる波）の影響を考慮しなければならない。特に、船体及び積載貨物への影響を調査しなければならない。
- 甲板上での青波による損傷に対して脆弱な甲板貨物は、防波又は乾舷の増加で保護すべきである。

4.3.5.5 うねり

必要に応じて、うねりによる荷重及び運動の影響を考慮しなければならない (3章参照)。気象に制限される作業（特に、曳航及び設置作業）の場合は、うねりの影響を含む波の作業限界を確立しなければならない (2章参照)。

4.3.6 偶発荷重

4.3.6.1 一般

偶発荷重は、事故シナリオの可能性に基づいて定義されるべきである。事故発生年間確率が低い場合、偶発荷重の検討を省略できることがある。事故シナリオによる荷重効果については、リスク評価の結果に基づき、適切な緊急時対応手順を確立することにより、排除できる場合がある。

4.3.6.2 船舶衝突

海洋作業の施工時においては、警戒船の配備等により船舶衝突のリスクを低減できるが、7章（輸送）等の規定により、要求される場合は船舶衝突解析を実施しなければならない。衝突荷重及びその荷重効果の推定については、本会の適当と認めるところによる。

4.3.6.3 落下物

海底資産の上部で作業を行う場合は、必要に応じて落下物による荷重を推定する必要がある。

- (a) 落下は ALS（事故限界状態）の荷重ケースに関連する。落下物による荷重は、落下する対象物の重量及びその落下高さに基づくべきである。
- (b) 水中で落下する対象物の場合は、起こり得る最大衝撃速度を考慮すべきである。最大速度は、通常、水中での自由落下による速度となる。
- (c) 対象物の落下を引き起こす作業が安全な距離で行われる場合、落下物により水中対象物に作用する荷重は、無視できる。安全な距離は、水中落下物の各タイプで起こり得る最大分散角を考慮して計算されるべきである。最大分散角の推定においては、潮流の影響を考慮すべきである。詳細な評価がなされない場合、安全な距離は、鉛直方向に対して 20° の分散角から計算される距離とすべきである。

4.3.6.4 他の原因

以下のようなケースについては、必要に応じて偶発荷重を考慮しなければならない。

- 索 1 本の破断
- 1 区画損傷
- DP の故障
- 弁の漏洩
- 作業ミス（例えば、弁の誤操作）
- パラメータの予想外の値（例えば、変形、摩擦、船舶の GM、潮位変化、重量、重心位置等）

ただし、リスク評価により明らかにその発生頻度が低いと判断された場合、又は、適切な緊急時対応措置が講じられる場合はこの限りではない。

4.4 荷重効果及び応答

4.4.1 運動応答

4.4.1.1

潜在的な動的応答について調査しなければならない。また、その影響は、有意となる場合、設計解析に含まれなければならない。一般に、動的応答は、波荷重、風荷重（ガスト）、空中又は水中における渦放出、スラミング荷重等で引き起こされる。

4.4.1.2

動的応答は、固有周期、減衰、材料特性等の現実的な仮定を用いて、認められた方法で調査されなければならない。例えば、構造的な応力やたわみのような動的効果に対する応答は、すべての限界状態に関連する場合がある。

4.4.2 応答の非線形性

4.4.2.1

応答の非線形効果は、推定された応答に非線形効果が大きく影響する場合、考慮されなければならない。非線形効果は、一般に、次によって引き起こされる。

- 非線形材料
- 非線形形状（大変形効果）
- 非線形減衰
- 荷重成分又は応答成分の非線形組合せ
- 甲板上への波の打込みによる波の盛り上がり，など

4.4.3 摩擦

4.4.3.1

摩擦の検討では、摩擦の好ましくない効果を考慮しなければならない。摩擦係数の範囲（すなわち、最大及び最小摩擦係数）は、設計計算で考慮されるか、又は、保守的な最大（又は最小）摩擦係数の使用で十分であることが証明されるべきである。

4.4.3.2

摩擦係数の範囲は、認められた産業基準に従って定義されなければならない。輸送作業に固有の値は 7 章で与えられている。

4.4.3.3

設計摩擦係数（ μ_d ）は、摩擦係数の特性値を μ_c ，安全係数を γ_{fric} として、一般に次式で与えられる。

$$\mu_d = \frac{\mu_c}{\gamma_{fric}}$$

ただし、この式は、耐力側の摩擦抵抗（摩擦力）を算出するために設計摩擦係数が用いられることを前提としたものであり、摩擦力が外力として作用する場合は、安全係数 γ_{fric} を 1.0 以下の値としなければならない。また、耐力側の摩擦抵抗を算出する場合であって、摩擦係数に上限値（ μ_{uc} ）と下限値（ μ_{lc} ）が設定されている場合（すなわち、 $\mu_{lc} \leq \mu_c \leq \mu_{uc}$ ）は、摩擦係数の特性値として下限値を選択しなければならない（ $\mu_c = \mu_{lc}$ ）。

4.4.3.4

設計摩擦抵抗（摩擦力）は次式で与えられる。

$$R_{df} = N_d \cdot \mu_d$$

ここで、

- R_{df} : 設計摩擦抵抗（摩擦力）
 N_d : 摩擦表面に垂直な設計反力（関連する荷重係数を含む。最小の反力とする。）
 μ_d : 設計摩擦係数（4.4.3.3 参照）

4.4.3.5

摩擦係数の範囲が不確かなデータに基づく場合、摩擦係数で可能性がある最大の変化の影響を評価しなければならない。

4.4.3.6

摩擦に影響を及ぼす振動、変化又は不確かな表面状態等を考慮しなければならない。

4.4.4 許容誤差による荷重

4.4.4.1

必要に応じて、据え付け誤差（積出し、位置決め）、製造誤差、不確かな変形（荷重分散材料の場合）、シムによる誤差により引き起こされる荷重を考慮しなければならない。

4.4.5 相対たわみ

4.4.5.1

構造物間での相対たわみの影響を考慮し、必要に応じて設計に含めなければならない。相対たわみがグリレージや固縛のような連結部や支持部で荷重を生み出す場合、これらは特に重要なものとなる。相対たわみは次のような原因により生じる。

- 波による船体たわみ（縦方向の曲げ）
- バラスト調整
- 温度差

4.4.5.2

輸送で、次のケースに該当する場合は、波による縦方向のたわみの影響を考慮すべきである。

- (a) 貨物が、輸送船舶（又はバージ）の長さの 1/3 よりも長い場合
- (b) 貨物が、3 点支持以上で縦方向に支持される場合
- (c) 船体及び貨物の相対剛性が、許容されない応力を引き起こす可能性がある場合
- (d) 固縛設計が、貨物と船舶との間の柔軟性をほとんど（又は、まったく）許容しない場合

4.4.5.3

拘束荷重は、相対たわみを引き起こす荷重と同じ分類で定義すべきである。すなわち、環境条件による拘束荷重は環境荷重（E）として定義されるべきである。

4.5 運動解析

4.5.1 一般

4.5.1.1

浮体の運動は、関連する環境条件及び荷重に対して決定されなければならない。これらは、簡易的で保守的な推定から得られるが、通常は、この節に記載の解析又は試験を実施することが推奨される。

ただし、標準的な船舶での小型の貨物を輸送する場合には、通常、詳細解析又はモデル試験は必要としない。

4.5.1.2

運動による慣性荷重は、6 自由度すべてに対して計算すべきである（図 4-3 参照）。一般にロール及びピッチによる質量（回転）慣性効果が支配的である。

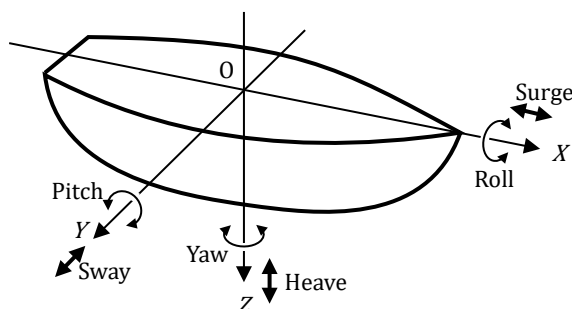


図 4-3 運動の自由度

4.5.1.3

理論的手法の精度が不確定であるか、又は、設計が特に運動の影響を受け易い場合は、モデル試験が必要である。モデル試験と理論計算による運動の推定は、二者択一というよりも補足的に考慮されるべきである。

4.5.1.4

解析モデルは、入力パラメータに対する感受性についてチェックされるべきである。

4.5.1.5

運動解析のためには、認められた、また、十分証明された 6 自由度のコンピュータプログラムで、ストリップ理論又は 3 次元特異点分布法を用いたものが一般に推奨される。

4.5.1.6

コンピュータプログラムは、不規則波におけるモデル試験又はフルスケール計測の結果に対して検証されたものを使用すべきである。抗力係数、付加水質量及び減衰については、その正当性を文書化すべきである。

4.5.1.7

1 次の運動応答解析プログラムでは、一般に、ヒープは全体固定軸システム（global fixed axis system）で出力される。このケースでは、ヒープは全体垂直軸に平行であると仮定される。従って、（計算されたロール又はピッチ角での）甲板に平行なヒープ成分は、静的な重力成分及びロール又はピッチ加速度により引き起こされる力に付加される。

4.5.1.8

一般に、運動応答計算は、船舶の 3D パネルモデルに基づいたものであることが望ましい。2D ストリップ理論モデル

が使用される場合、コンピュータプログラムには、船首/船尾の波励起荷重（excitation load）の適切な処理を含める必要がある。簡易的な計算は、重要でないルーチン作業又はスクリーニング目的にのみ適用されるべきである。

4.5.2 波向及び波周期

4.5.2.1

運動解析は、原則として全範囲の波向の設計波高（有義波高）で実施しなければならない。解析する波向間隔は 45° を超えないものとすべきである。ただし、本会（MWS 機関）が適当と認めた場合は、一部の波向について設計波高の軽減を認める場合がある。

4.5.2.2

運動及び加速度を評価する際は、波周期の範囲を、対応する波高とともに考慮しなければならない（3 章参照）。

4.5.3 RAO（Response amplitude operator）

4.5.3.1

RAO の計算を実施する場合は、以下の点に留意しなければならない。

- (a) 基本的な 6 自由度の RAO は、物体に固定された座標系の点における変位、速度、加速度及び反力を計算するために用いられる。これらの RAO は、有意で、かつ最大の応答を計算するために使用される。
- (b) 異なる応答を組合せる場合、異なる成分の間の位相角を考慮してもよい。

4.6 荷重の組合せ

4.6.1 一般

4.6.1.1

荷重及び荷重効果は、物理的に実現可能で、かつ、実際の対象物及び検討中の作業タイプに適用できる荷重ケースを形成するため、同時発生の確率を考慮して組合せられなければならない。

4.6.1.2

確率的に独立な静的（平均）荷重成分の特性値及び動的（変動）荷重成分の特性値は、一般に次式により組合せられる。

$$F_{tot} = \sum_{i=1}^n F_{i,mean} + \sqrt{\sum_{i=1}^n F_{i,amp}^2}$$

ここで

$F_{i,mean}$: 静定荷重成分の特性値

$F_{i,amp}$: 動的荷重成分の振幅

【解説】

上式の動的荷重成分は、通常、10 分未満の期間の荷重に制限される。10 分を超える期間の動的荷重の最大値は、通常、静的荷重として扱われる。

4.6.1.3

同時発生の統計データが入手できない場合は、相関のある動的荷重成分がベクトルとして加えられなければならない。

1 次の運動による荷重成分は、相関があるものと考えべきである。これらの成分の組合せは、後述の 4.6.2.2 及び 4.6.2.3 に記載されている。

4.6.2 風及び船体運動による荷重

4.6.2.1

各方位に対する荷重及び荷重の組合せは、風及び波荷重による変動荷重を、重力及び静水初期状態による静的荷重に加えることにより導かれなければならない。

4.6.2.2

シミュレーション解析以外の方法で運動及び風による荷重を評価する場合は、自重及び風による成分を含め、同じ方位に対する個々の応答の可能性のある最悪ケースを組合せなければならない。すなわち

$$S_d = S\left(\pm(F_x + F_{wx}), \quad \pm(F_y + F_{wy}), \quad + (W \pm F_z)\right)$$

ここで、

S_d : 設計荷重又は荷重効果。

$S()$: 応答/荷重効果関数。

F_x, F_y, F_z : x, y 及び z 方向の慣性力（ベクトル）。関連する荷重係数及び重力成分を含む。

F_{wx}, F_{wy} : x 及び y 方向の風力（ベクトル）。関連する荷重係数を含む。風が生み出すヒール又はトリムによる水平方向荷重成分を含めること。

W : 自重（ベクトル）による荷重。

4.6.2.3

前 4.6.2.2 以外の方法として、位相の影響を十分考慮に入れながら、変動成分を計算で得られる荷重の最悪の組合せとするか、又は、モデル試験による方法がある。これらの方法では、影響のある荷重をすべて考慮する必要があるが、支配的な荷重は表 4-8 に示す静的荷重及び環境荷重である。

表 4-8 風及び船体運動による支配的な荷重

荷重の記号	荷重の説明
S_1	重力による荷重（航海中の最も厳しいバラスト状態の影響を含む）
F_1	風ヒール及びトリム角による荷重（特殊な積付けの場合）
F_2	サージ及びスウェイ加速度による荷重
F_3	ピッチ及びロール加速度による荷重
F_4	ピッチ及びロール運動の重力成分による荷重
F_5	直接風による荷重
F_6	ヒープ加速度による荷重
F_7	波が生成する曲げによる荷重
F_8	スラミング及び没水効果による荷重

表 4-8 の荷重を用いて設計荷重を決定するためには、次の 3 つの方法のうちの 1 つを選択しなければならない。

- 様々の運動の間の位相差の影響を考慮する。
- ロール/スウェイ又はピッチ/サージの最大値とともに極限風荷重及びヒープ加速度の相対位相を決定することが困難（又は不可能）な場合、荷重 $F_1 \sim F_8$ を 10% だけ低減させ、荷重を組み合わせる。ただし、個々の風荷重又は波荷重が低減された荷重を超える場合は、最大の単一効果を考慮しなければならない。
- 合計荷重を、次式の荷重の組合せで計算する。

$$F_{mot} = S_1 + F_{1(1hour)} + F_{5(1hour)} + \sqrt{(F_2 + F_3 + F_4 + F_6)^2 + (F_{1(1min)} + F_{5(1min)} - F_{1(1hour)} - F_{5(1hour)})^2}$$

ここで

- F_{mot} : 風及び船体運動による最大荷重
 $F_{\#(1hour)}$: 1 時間平均風速に基づく荷重
 $F_{\#(1min)}$: 1 分平均風速に基づく荷重
 $F_{\#}$: 該当する $F_1 \sim F_8$ (表 4-7 参照)

4.6.2.4

前 4.6.2.3 の規定にかかわらず、7.5（運動応答の標準値）に従って荷重が計算される場合、貨物には次の荷重の組合せが作用するものとして差し支えない。

$$S_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$$

ただし、ロール及びピッチの場合は個別に考慮すべきである（ロールとピッチの組合せは要求されない）。また、該当する場合は、浮力及び波スラミング荷重の効果も考慮しなければならない。

4.6.3 風、船体運動及び拘束たわみによる荷重

4.6.3.1

貨物は、原則として船体のたわみの影響を無視できるように固縛されなければならない。たわみの影響を無視できない場合は、風、船体運動及び（波の中での）船体のたわみを考慮した本会（MWS 機関）が適当と認める計算により、貨物及び固縛部の健全性を確認すべきである。

4.6.4 不規則波及びうねりによる荷重

4.6.4.1

不規則波及びうねりに関するデータが個別に得られ、これらが確率的に独立であると仮定できる場合は、4.6.1.2に従って不規則波及びうねりによる荷重及び荷重効果を組合せなければならない。

4.7 構造物の強度及び安定性評価

4.7.1 限界状態 (Limit State)

4.7.1.1

限界状態 (limit state) とは、その状態を超えた場合に構造が設計要件を満足しない状態のことをいう。一般には、使用限界状態 (Serviceability Limit State: SLS)、終局限界状態 (Ultimate Limit State: ULS)、疲労限界状態 (Fatigue Limit State: FLS) 及び事故限界状態 (Accidental Limit State: ALS) の4状態で定義される。限界状態の定義と事例を表 4-9 に示す。

表 4-9 限界状態の定義と事例

限界状態	定義	事例
使用限界状態 (SLS)	設計又は機能により、通常想定される種々の限界値で決定される限界状態	気象に制限される作業 (2.6.5 参照) の作業限界 (OP_{LIM}) のときの状態
終局限界状態 (ULS)	最大荷重負担能力に対応する限界状態	気象に制限されない作業 (2.6.6 参照) の作業限界 (OP_{LIM}) のときの状態 (再現期間を設定した設計環境条件で計算が実施される)
疲労限界状態 (FLS)	繰り返し荷重の効果に対応する限界状態	MWS では通常 疲労限界状態の計算は非対象
事故限界状態 (ALS)	特定の事故事象又は異常事象に関連する限界状態	船舶衝突、係留索破断、地震・津波等が発生した状態

4.7.1.2

前 4.7.1.1 で、「構造が設計要件を満足しない状態」とは、設計要件が構造物の強度及び安定性に関するものである場合、何らかの損傷が発生している状態を意味する。従って、強度及び安定性に関する限界状態の設定は、適切な損傷モード (failure modes) を想定したものでなければならない。損傷モードは全体的なものと局所的なものに大別される (表 4-10 参照)。

表 4-10 損傷モードの例

全体的な損傷モード	局所的な損傷モード
- 構造的な崩壊 - 転倒・滑動 - 静水力的 (又は流体力学的) 不安定 - シンキング (sinking) - ジャッキアップレグの沈下 (settlement) - 漂流	- 塑性変形 (降伏) - 座屈 - 局部的破壊 (き裂発生) ・変形 - 過度の振動

4.7.1.3

海洋作業の場合、限界状態は、通常 表 4-11 のように設定される。

表 4-11 限界状態の設定

作業等の状況		限界状態		
		SLS	ULS	ALS
通常作業	気象に制限される作業 ¹⁾	● ²⁾	N/A	● ²⁾
	気象に制限されない作業 ¹⁾	N/A	●	● ²⁾
退避		N/A	● ²⁾	N/A
注：				
1) 2 章参照。				
2) 必要に応じて設定される。				
3) N/A：適用外				

4.7.2 荷重（安全）係数

4.7.2.1

荷重耐力係数設計法（LRFD 法）における設計荷重は、特性荷重に所定の荷重係数を乗じることにより、次式で求められる。

$$F_{di} = \gamma_{fi} \cdot F_{ci}$$

ここで、

- F_{di} : 特定の荷重 F_i に対する設計荷重
 γ_{fi} : 特定の荷重 F_i に対する荷重係数（荷重安全率）
 F_{ci} : 特定の荷重 F_i に対する特性荷重（荷重の特性値）

4.7.2.2

荷重係数は、限界状態と荷重との組合せで与えられる。荷重係数は、一般に、表 4-12 の値以上でなければならない。後述の 4.7.2.3~4.7.4.5 では、限界状態による荷重係数の設定について示されている。

表 4-12 荷重係数 γ_{fi}

限界状態		荷重				
		永続荷重 (G)	変動機能荷重 (Q)	変形荷重 (D)	環境荷重 (E)	偶発荷重 (A)
SLS		1.0			1.0	N/A
ULS	ULS-a	1.3	1.3	1.0	0.7	N/A
	ULS-b	1.0	1.0	1.0	1.3	N/A
ALS	ALS-I	1.0			N/A	1.0
	ALS-D	1.0			1.0	N/A
注：N/A：適用外						

4.7.2.3

使用限界状態（SLS）のときの荷重係数は、一般に $\gamma_{fi} = 1.0$ に設定される。

4.7.2.4

終局限界状態（ULS）では、次の ULS-a 及び ULS-b の 2 つの荷重条件を考慮する必要がある。

(1) ULS-a

- (a) ULS-a は、永続荷重（G）又は変動機能荷重（Q）が支配的となるケースに適用される荷重条件である。

例えば、多点で吊上げられる構造物の解析では、構造物の重量が支配的な荷重となるため、この荷重条件

が適用となる。

- (b) 荷重及び荷重効果が十分管理されている場合、G 及び Q の荷重係数は 1.3 に代えて $\gamma_{fi} = 1.2$ とすることができる。例えば、4.2.1.3 に従って重量管理されている場合、正確に定義された水位による外部静水圧、設備の最大能力で定義された変動機能荷重等がこれに該当する。
- (c) 永続荷重 (G) の荷重係数は、荷重を小さく考えた方が危険な場合（例えば、滑動・転倒の計算の場合）は、 $\gamma_{fi} = 1.0$ としなければならない。また、この場合、荷重が重量によるものであり、かつ、重量の不確かさが考慮される場合は下限設計重量（4.2.2.2 参照）を使用しなければならない。
- (d) 構造物に静水圧の差が作用する場合は、圧力差に対して適切な係数を適用しなければならない。一般に、圧力差は静水圧の 0.1 倍以上としなければならない。

(2) ULS-b

- ULS-b は、環境荷重 (E) が支配的となるケースに適用される荷重条件である。例えば、輸送中の船舶の運動解析では、一般に波による荷重が支配的となるため、この荷重条件が適用となる。

4.7.2.5

事故限界状態 (ALS) では、次の ALS-I と ALS-D の 2 つの荷重条件を考慮する必要がある。

(1) ALS-I

- (a) ALS-I は、偶発荷重 (A) による計算を実施するときに非損傷時 (Intact) の構造又はシステムに適用される荷重条件である。この場合、環境荷重 (E) は無視される。

(2) ALS-D

- (a) ALS-D は、損傷後 (Damaged) の構造又はシステムのチェックに適用される。例えば、係留解析で、係留索 1 本破断時の健全性をチェックするときに適用される。
- (b) 荷重係数は、一般に $\gamma_f = 1.0$ とすることができるが、荷重発生確率が高いものとみなされる場合は 1.0 を超える荷重係数を使用すべきである。
- (c) 環境荷重 (E) の特性値は、解析された事故/損傷の確率及び損傷状態が継続する予測最大期間（すなわち、2 章に定める T_R ）を考慮して定めることができる。

4.7.3 設計荷重ケース

4.7.3.1

構造物の強度及び安定性に関する計算は、適切な設計荷重ケース (Design Load Case: DLC) を設定して実施しなければならない。輸送中及び退避時の風車コンポーネント固縛部及びジャッキアップ・レグ (SEP 船) の強度計算を想定した荷重ケースの例を表 4-13 に示す。

表 4-13 設計荷重ケースの例

設計条件		評価対象	DLC ID	限界状態	環境条件			
					風	波	潮流	水位
輸送		固縛部	1.1	ULS	10 年	10 年	－	－
		...						
退避	強風時 (SEP 船上のタワー)	固縛部	2.2	ULS	1 年	－	－	－
	...	...						
注：								
1) 表中の年数は再現期間（作業期間による）を意味する。								

4.7.3.2

荷重ケースは、各荷重の影響度を考慮して設定しなければならない。影響度が不明の場合は、必要に応じてパラメト

リックな感度解析を実施しなければならない。

4.7.4 設計解析

4.7.4.1

荷重、応答、構造的挙動及び抵抗（耐力）の評価に使用される解析モデルは、作業等の状況（通常作業、退避等）、荷重ケース、想定される損傷モードを考慮した適切なものでなければならない。

4.7.4.2

設計解析（構造解析を含む）の結果は、関連するクライテリアを満足することを示すため、詳細に文書化しなければならない。当該文書は、解析モデル、荷重条件、境界条件等の詳細説明を含むものでなければならない。

4.7.4.3

輸送中のボルト接合を含む固縛部の構造解析で、ボルトに作用する応力を求める場合は、原則として有限要素解析で当該応力を解析することとする。簡易式を使用する場合、使用する簡易式は認定された基準で示されているものでなければならない。

4.7.5 荷重耐力係数設計（LRFD）法による設計

4.7.5.1

LRFD 法による設計では、次式のように設計荷重効果 S_d が設計耐力 R_d を超えないときに安全性レベルが満足される。すなわち、すべての限界状態に対して、

$$S_d < R_d$$

ここで、

S_d : 設計荷重効果
 R_d : 設計耐力（等式 $S_d = R_d$ は限界状態に対応する）

4.7.5.2

設計荷重効果 S_d は、最も危険と考えられる設計荷重の組合せによる効果（応力、変形、転倒モーメント等）である。すなわち、

$$S_d = S(F_{d1}, F_{d2}, \dots, F_{di}, \dots, F_{dn})$$

ここで、

S_d : 設計荷重効果
 $S(\cdot)$: 荷重効果関数
 F_{di} : 特定の荷重 F_i に対する設計荷重

設計耐力 R_d は、特性耐力を材料係数で除することにより求められる。すなわち

$$R_d = \frac{1}{\gamma_m} \cdot R_c$$

ここで、

R_d : 設計耐力
 γ_m : 材料係数（一般に、安全係数という場合もある）
 R_c : 特性耐力

4.7.6 特性耐力

4.7.6.1

特性耐力 R_c は、関連するパラメータの特性値又は試験で決定される特性値で計算されなければならない。荷重効果に対する耐力は、一般に、構造的な形状、材料特性、環境及び荷重効果（相互効果）のようなパラメータの関数である。

4.7.6.2

構造鋼の特性耐力 R_c は、材料証明書に記載されている降伏応力（降伏点）としなければならない。コンクリート、コンクリート補強、材木、合成材料、土質等の材料の R_c は、通常、適用される設計基準の推奨値/要求事項に基づいたものとするができる。

4.7.7 材料係数

4.7.7.1

構造鋼の材料係数 γ_m は、次の (a)～(d) に従ったものでなければならない。

(a) 材料係数 γ_m は、一般に、表 4-14 の値以上としなければならない。

表 4-14 構造鋼の材料係数 γ_m

限界状態	材料係数 γ_m
SLS	1.0
ULS	1.15
ALS	1.0

- (b) 圧縮を受ける構造部材の ULS における材料係数は、適用される設計基準に基づき設定すべきである。ただし、1.15 を下回ってはならない。
- (c) 管結合の ULS における材料係数は、適用される設計基準に基づき設定すべきである。ただし、1.15 を下回ってはならない。
- (d) 溶接部の ULS における材料係数は、次のように、表 4-14 の値（1.15）よりも増加させたものでなければならない。
- $\gamma_{mW} = 1.3$: 製造サイトでの溶接
 - $\gamma_{mW} = 1.5$: 船上での溶接

4.7.7.2

コンクリート、コンクリート補強、材木、合成材料、土質等の材料係数は、認定された基準に従ったものでなければならない。

4.7.8 滑動に対する安定性の評価

4.7.8.1

構造物に水平方向の外力 F_h が作用する場合、滑動に対する安定性の評価は次式で実施されなければならない（図 4-4 参照）。

$$S_d < R_d$$

$$S_d = \gamma_{fh} \cdot F_h, \quad R_d = N_d \cdot \mu_d$$

ここで、

- S_d : 設計荷重（外力）
- R_d : 設計耐力（設計摩擦抵抗, 4.4.3.4 参照）
- F_h : 水平方向荷重（外力）の特性値
- γ_{fh} : F_h に対する荷重係数
- N_d : 摩擦表面に垂直な設計反力

$$N_d = \gamma_{fw} \cdot W_d = 1.0 \times W_d$$

ここで、

- W_d : 設計重量（4.7.8.2 参照）
- γ_{fw} : W_d に対する荷重係数（4.7.2.4 (1)(c) により $\gamma_{fw} = 1.0$ ）
- μ_d : 設計摩擦係数（4.4.3.3 参照）

$$\mu_d = \mu_c / \gamma_{fric}$$

ここで、

- μ_c : 摩擦係数の特性値（4.7.8.2 参照）
- γ_{fric} : 摩擦係数用の安全係数

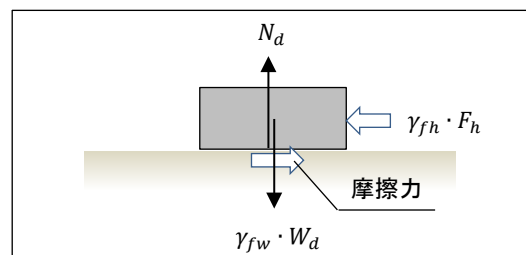


図 4-4 滑動に対する安定性の評価

4.7.8.2

前 4.7.8.1 の式で構造物重量及び摩擦係数に下限値が設定されている場合（4.2.2.2 及び 4.4.3.3 参照），設計耐力である摩擦力の設計限界値は，それぞれの下限值を用いて計算されなければならない。また，設計摩擦係数 μ_d の計算に使用される安全係数 γ_{fric} は，ULS の計算の場合は，最小でも $\gamma_{fric} = 1.4$ とすべきである。SLS 及び ALS の計算の場合は $\gamma_{fric} = 1.0$ とする。

4.7.8.3

前 4.7.8.2 の規定にかかわらず，鋼材と鋼材とをドライの状態ではボルト接合する場合は，摩擦表面の設計摩擦係数を $\mu_d = 0.2$ とすること。0.2 を超える値を使用する場合，又は，鋼材に表面処理を行い，増大させた摩擦係数を使用する場合は，その正当性を文書で示すものでなければならない。なお，ウェットの状態での摩擦係数は 0.2 よりも大幅に低下することから，雨天時にボルト接合を行う場合は適切な措置を講じなければならない。

4.7.8.4

摩擦係数を試験により求める場合は，詳細な試験手順を文書化しなければならない。試験結果は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。

4.7.9 転倒に対する安定性の評価

4.7.9.1

構造物に水平方向の外力 F_h が作用する場合、転倒に対する安定性の評価は次式で実施されなければならない（図 4-5 参照）。

$$S_d < R_d$$

$$S_d = (\gamma_{fh} \cdot F_h) \cdot H_G, \quad R_d = (\gamma_{fw} \cdot W_d) \cdot L_G$$

ここで、

- S_d : 設計荷重効果（外力による転倒モーメント）
- R_d : 設計耐力（重量による抵抗モーメント）
- F_h : 水平方向荷重（外力）の特性値
- γ_{fh} : F_h に対する荷重係数
- H_G : 支点から構造物の重心位置までの垂直距離（4.7.9.2 参照）
- W_d : 設計重量（4.7.9.2 参照）
- γ_{fw} : W_d に対する荷重係数（4.7.2.4 (1)(c) により $\gamma_{fw} = 1.0$ ）
- L_G : 支点から構造物の重心位置までの水平距離（4.7.9.2 参照）

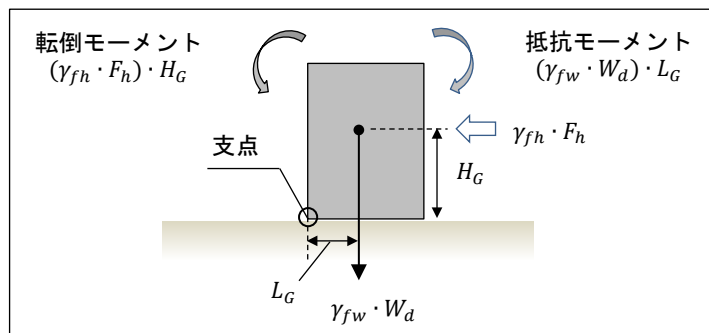


図 4-5 転倒に対する安定性の評価

4.7.9.2

前 4.7.9.1 の式で構造物の重量に下限値が設定されている場合（4.2.2.2 参照），設計耐力である抵抗モーメントの計算に使用される構造物重量は，その下限値を用いて計算されなければならない。構造物の重心エンベロープが設定されている場合（4.2.3.2 参照），支点から重心位置までの垂直距離及び水平距離は，転倒モーメント及び抵抗モーメントの両方の計算でそれぞれ保守的な値とすべきである。

4.7.9.3

ULS-b（4.7.2.4 参照）の計算で，対象物の転倒モーメントが抵抗モーメントを超える場合は，転倒防止のためワイヤロープ等による固縛が要求される（7 章参照）。この場合，抵抗モーメントは重量による抵抗モーメントと固縛による抵抗モーメントの和で表されるが，対象物のわずかなリフトアップも生じないようにするためには，重量に対する荷重係数 γ_{fw} は，1.0 ではなく，0.85 以下の値とすべきである。

5章 仮設（Temporary construction）

5.1 一般

5.1.1 一般

5.1.1.1

この章は、作業ヤードにおける洋上風車コンポーネント（TP、タワー等）の仮設作業に係わる要件を示したものである。洋上風車コンポーネントは、一定期間 作業ヤードの地盤上に仮置きされる。タワー以外のコンポーネントは、仮置き場所から岸壁近くに運搬後、そのまま風車設置船に積出しされるが、タワーの場合は、岸壁の近くで組立てられ（プレアセンブル）、仮設用支持構造（タワースタンド、タワースタンド基礎等）に固定された状態で、積出しまでの期間 保持される場合がある。この 5 章の規定は、プレアセンブル作業に対する要件も含むものである。

5.1.1.2

後述の 5.1.2 で MWS の対象とする吊上げ作業は、6 章の規定に従ったものでなければならない。

5.1.2 MWS（Marine Warranty Survey）の対象

5.1.2.1

MWS では、洋上風車コンポーネントの仮設中（プレアセンブルを含む）におけるリスクの観点から、次の作業又は状態を照査及び検査の対象とする。

- TP の立置き状態での仮置き
- タワーのプレアセンブル作業
- タワーのプレアセンブル後の立置き状態での仮置き

【解説】

作業ヤード内でのコンポーネントのトラック又はトレーラ等での運搬は MWS の対象外とする。また、コンポーネントの横置き状態での仮置きは、立置き状態と比較して強風及び地震動による損傷のリスクが低いことから、照査及び検査の対象外とする。作業ヤード内配置の記載例を図 5-1 に示す。

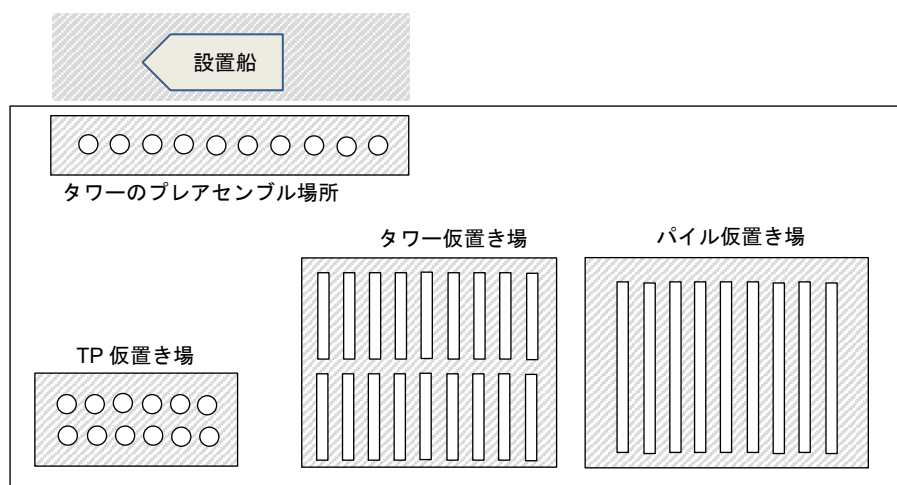


図 5-1 作業ヤード配置の例

5.2 計画

5.2.1 作業マニュアルの構成

5.2.1.1

仮設の作業マニュアルは、次の内容で構成されるものとする。

- 仮設工事の概要説明
- 作業全体のスケジュール
- 作業ヤード及び作業ヤード内の洋上風車コンポーネント配置に関する説明
- 各作業の説明（気象条件、緊急時対応計画等を含む）

5.2.1.2

仮設マニュアルでは、はじめに作業全体にわたる施工フローを記載することとする。施工フローの記載例を図 5-2 に示す。

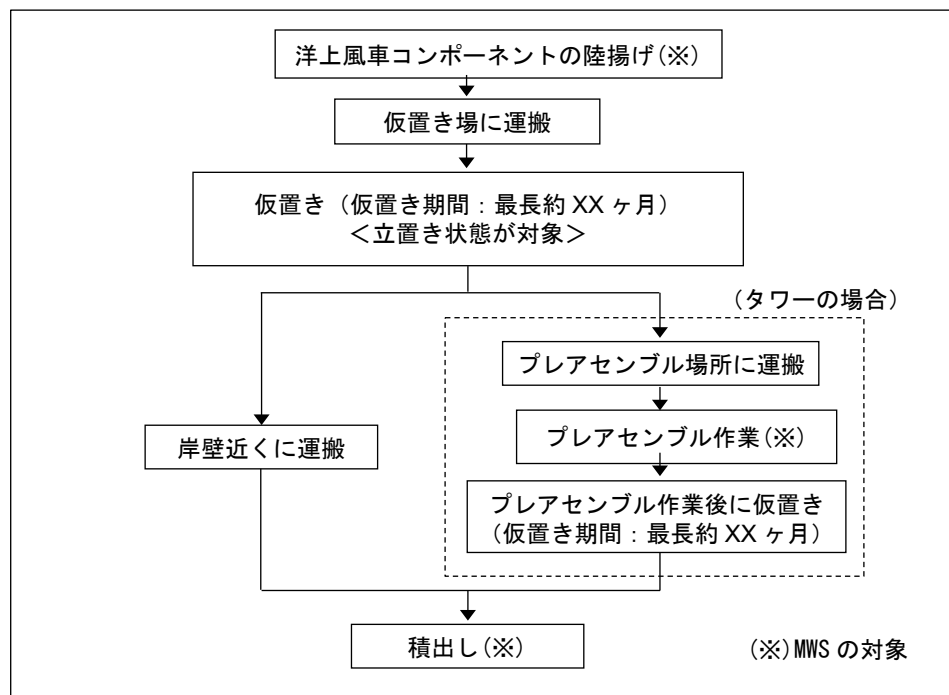


図 5-2 仮設に関する施工フローの例

5.2.2 作業マニュアルに記載すべき項目

5.2.2.1

作業マニュアル及びその他の補足文書には、表 5-1 の項目を含めるべきである。各作業は、ステップ図を用いて説明することし、風速に関する作業限界と作業中止基準（2.6 参照）を明示したものとする。

表 5-1 作業マニュアルに含めるべき項目

分類	項目	対応する箇条等
(a) 作業ヤードに関する情報	• 地理的情報	
	• 作業ヤード内の配置に関する情報	
	• 作業ヤードの地耐力 ¹⁾	
(b) 仮置き	• 仮設用支持構造の詳細	
	• 仮設用支持構造の計算	5.4 参照
(c) タワーのプレアセンブル作業及び立置き状態の仮置き	• 立て起こし作業	6 章参照
	• ボルト締結手順	
	• タワー仮設用支持構造の詳細	
	• タワー仮設用支持構造の計算	5.4 参照
注：		
1) 仮置き場ごとに地耐力の値を示すこと。		

5.3 港湾基準による構造物の性能照査

5.3.1 一般

5.3.1.1

本節は、港湾基準のうち、洋上風車コンポーネントの仮設に適用されると考えられる性能要件を要約し、一部を補足して説明したものである。正確な内容については港湾基準を参照すること。

5.3.2 作用及び要求性能

5.3.2.1

作用は、永続作用、変動作用及び偶発作用の 3 種類に分類される。これらの作用の定義を表 5-2 に示す。(港湾基準【共】第 1 章 3.4)

表 5-2 作用の分類と定義

作用	定義	例
永続作用	設計供用期間を通して絶えず施設に作用することが想定される作用であって、その時間的変動が平均値に比較して小さい、又は、一定の限界値に達するまでは設計供用期間中に一定傾向で単調に増加若しくは減少する傾向にある作用。	- 自重 - 土圧、等
変動作用	設計供用期間中の時間的変動が平均値に比較して無視できず、かつ一方的でない作用であって、その特性値が確率的に与えられる作用。	- 風による作用 - 波浪による作用 - 水圧 - 水の流れによる作用 - レベルー地震動、等
偶発作用	確率的な予測が困難なもの、又は、確率的な予測が可能な場合にあってはその年超過確率が変動作用のそれと比較して小さいもののうち、その特性値が非常に大きいために社会的に無視できない作用。	- 津波による作用 - レベル二地震動 - 偶発波浪による作用 - 船舶衝突による作用、等

【解説】

港湾基準では、「荷重」ではなく「作用」という用語が用いられているので、本ガイドラインでは 5 章に限り、「作用」という用語を用いて記述することにした。レベルー地震動は、変動作用に分類されることに注意すること。

5.3.2.2

設計状態は、前 5.3.2.1 で定義された 3 種類の作用の組合せのうち、どの作用が主たる作用であるかにより、次の 3 種類の状態に分類される。

- 永続状態
- 変動状態
- 偶発状態

例えば、永続状態は、性能規定及び性能照査で考慮する一の作用又は二以上の作用の組合せの状態のうち、主たる作用が永続作用であるものと定義される。(港湾基準【共】第 1 章 3【告示】第一条)

5.3.2.3

要求性能（施設の目的を達成するために、当該施設が保有すべき必要な性能）のうち、使用性、修復性及び安全性の定義を表 5-3 に示す。(港湾基準【共】第 1 章 3【解釈】3. (1))

表 5-3 要求性能

要求性能	定義	作用に対して想定される構造的な応答（被害の程度）
使用性	使用上の不都合を生じずに施設等を使用できる性能	損傷の可能性が十分低いこと、又はわずかな修復により速やかに所要の機能が発揮できる程度の損傷に留まること。使用性が確保されるということは、同時に、修復性及び安全性も確保されるものと解釈される。
修復性	技術的に可能で経済的に妥当な範囲の修繕により施設を継続的に使用できる性能	軽微な修復により短期間のうちに所要の機能が発揮できる程度の損傷に留まること。修復性が確保されるということは、同時に、安全性も確保されるものと解釈される。
安全性	施設が人命の安全等を確保できる性能	ある程度の損傷が発生するものの、施設の構造安定上において致命的な状態には至らず、人命の安全確保に重大な影響が生じない程度の損傷に留まること。

5.3.2.4

港湾基準では、設計状態に基づき、要求性能が表 5-4 のように規定されている。（港湾基準 【共】第 1 章 3【解釈】3. (6)）

表 5-4 設計状態による要求性能

設計状態	要求性能
永続状態	使用性
変動状態	
偶発状態	使用性、修復性又は安全性*（施設の機能や重要度による）
注*) 構造部材の安全性に対する照査は、一般に、断面破壊に対する照査及び疲労破壊に対する照査からなる。	

5.3.3 性能照査の方法

5.3.3.1

構造物の性能照査の方法として、一般的な性能照査式を 5.3.3.2 に、構造部材の使用性に対して適用される照査式を 5.3.3.3 に示す。

5.3.3.2

一般に、構造物の性能照査は、以下の式が満たされることを確かめることにより行うものとする。（港湾基準 【共】第 1 章 3.9.5 関連）

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1.0$$

$$S_d = \gamma_S \cdot S_k, \quad R_d = \gamma_R \cdot R_k$$

ここで、

- m : 調整係数（すべての部分係数を便宜上 1.0 とした場合は、この調整係数を用いて照査される）
- S_d : 応答値の設計用値
- R_d : 限界値の設計用値
- S_k : 作用効果の特性値
- γ_S : S_k に乗じる部分係数
- R_k : 抵抗（耐力）の特性値
- γ_R : R_k に乗じる部分係数

5.3.3.3

構造部材の使用性に対する照査は、以下の式が満たされることを確かめることにより行うものとする。(港湾基準【施】第2章 1.1.1 (2) 関連)

$$\gamma_i \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1.0$$

$$S_d = \gamma_s \cdot S_k, \quad R_d = R_k / \gamma_m$$

ここで、

- γ_i : 構造物係数 (構造物の重要度に応じた係数であり、使用性に対する照査の場合 $\gamma_i = 1.0$)
- S_d : 応答値の設計用値 (部分係数を考慮した応力、ひずみ等)
- R_d : 限界値の設計用値 (材料係数を考慮した許容応力等)
- S_k : 作用効果の特性値 (構造部材の応力等)
- γ_s : S_k に乗じる部分係数 (使用性に対する照査の場合 $\gamma_s = 1.0$)
- R_k : 使用材料の強度の特性値 (通常は、材料の降伏応力が選択される)
- γ_m : 材料係数

5.3.3.4 部分係数 (港湾基準【施】第2章 1.1.3)

5.3.3.4.1

構造部材の安全性 (断面破壊) 及び使用性の照査においては、表 5-5 の部分係数を用いることができる。なお、同表は部分係数の標準的な値を示したものであり、別の方法により部分係数を適切に定めることができれば、その値を用いることができる。

表 5-5 部分係数 γ_f

要求性能	作用			
	永続作用	変動作用		偶発作用
		波力	波力以外の作用	
安全性 (断面破壊)	1.0~1.1 (0.9~1.0)	1.2	1.0~1.2 (0.8~1.0)	1.0
使用性	1.0	1.0	1.0	N/A
注:				
1) 係数に幅がある項目は、設計にあたっては厳しい値を使用する。				
2) 表中の括弧内の数値は、作用を小さく考えた方が危険な場合に適用する。				
3) N/A: 適用外				

5.3.3.4.2

構造部材の安全性 (断面破壊) 及び使用性の照査においては、表 5-6 の材料係数を用いることができる。なお、同表は材料係数の標準的な値を示したものであり、別の方法により材料係数を適切に定めることができれば、その値を用いることができる。

表 5-6 材料係数 γ_m

要求性能	材料		
	コンクリート	鉄筋及び PC 鋼材	左記以外の鋼材
安全性 (断面破壊)	1.3	1.0	1.05
使用性	1.0	1.0	1.0

5.4 洋上風車コンポーネント仮設用支持構造の性能照査

5.4.1 一般

5.4.1.1

仮設時における洋上風車コンポーネントは、次の状態に対して、洋上風車コンポーネント仮設用支持構造の滑動・転倒により、損傷する危険性が限界値以下でなければならない。

- (1) 主たる作用を強風時の風速とする変動状態
- (2) 主たる作用を地震動、従たる作用を通常風速とする変動状態

5.4.1.2

前 5.4.1.1 の規定で、風速は次の表 5-7 に従って設定するものとする。

表 5-7 風速の設定

設計条件	風速の設定
強風時	再現期間を 10 年とする瞬間風速（3 秒平均） あるいは、本設構造物の風荷重の 1/2
地震発生時	年平均風速（10 分平均）

風速のプロファイル及び風による作用は、それぞれ 3 章附属書 3A 及び「風力発電設備支持物構造設計 指針・同解説」（2010 年版）の 4.3.5 を参照して算定することとする。

【解説】

洋上風車コンポーネントは、固縛の状態では通常、1 ヶ月以上 1 年未満の期間だけ支持される。このことを考慮し、強風時の風速の再現期間を 10 年に設定した。仮置き期間（季節）が事前に明白な場合については seasonal（季節的変動）で 10 年として扱っても差し支えないが、仮置き期間が長引く恐れがある場合は 10 年（通年）とすること。

なお、Seasonal（季節的変動）とは、外部環境条件について季節的な傾向を考慮してよいとする考え方であり、観測データなどの統計データがある場合に活用される。例えば、仮置き期間が 5 月～6 月にまたがる場合、Seasonal で考慮する際は前後の月を加えて 4 月～7 月までの期間（月次）での再現期間の統計データを考慮すること（図 5-3 参照）。

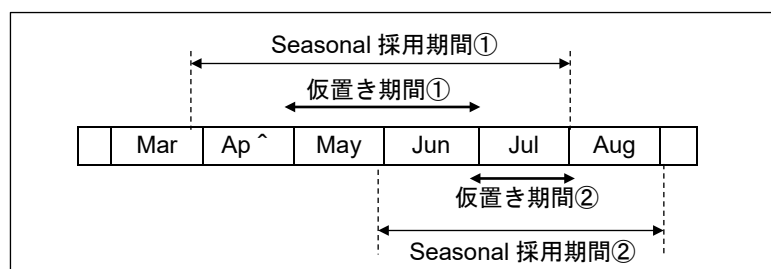


図 5-3 Seasonal のイメージ

5.4.1.3

前 5.4.1.1 (2) の地震動としては、次の (a) 及び (b) に示す水平方向地震動のいずれかを採用することとする。応答スペクトル法により地表面における水平震度 k_h を算出して使用することができる。また、上下方向地震動は考慮しなくてもよい。

- (a) 本設構造物の地震荷重の 1/2
- (b) 再現期間 10 年の地震動

【解説】

- (a)は、洋上風力発電施設検討委員会「洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針（令和2年3月版）」を参考とした。
 (b)の地震動については、ハザード曲面が得られている場合は算出することが可能である。

5.4.2 性能照査項目

5.4.2.1

仮設時における洋上風車コンポーネントの要求性能としては、前 5.4.1.1 で示した変動状態に対し、使用性が要求される。タワー及びその仮設用支持構造（図 5-4 参照）を例として、性能照査項目及び限界値を定める標準的な指標を表 5-8 に示す。

表 5-8 照査項目及び限界値を定める標準的な指標

要求性能	設計状態			照査項目	限界値を定める指標
	状態	主たる作用	従たる作用		
使用性	変動状態	風力 ¹⁾	－	タワースタンド基礎の滑動・転倒	滑動・転倒に関する作用耐力比 (5.4.3 及び 5.4.4 参照)
				地盤支持力 ³⁾	許容支持力度
				タワー/タワースタンドのフランジ接合面の滑動	滑動に関する作用耐力比 (5.4.5 参照)
				タワー/タワースタンドのフランジ接合ボルトの局部応力	ボルト材の降伏応力 (5.4.6 参照)
				タワースタンドの強度	タワースタンドの降伏応力
				タワースタンド基礎の支持力	許容支持力度
	地震動	風力 ²⁾	風力 ²⁾	タワースタンド基礎の滑動・転倒	滑動・転倒に関する作用耐力比 (5.4.3 及び 5.4.4 参照)
				地盤支持力 ³⁾	許容支持力度
				タワー/タワースタンドのフランジ接合面の滑動	滑動に関する作用耐力比 (5.4.5 参照)
				タワー/タワースタンドのフランジ接合ボルトの局部応力	ボルト材の降伏応力 (5.4.6 参照)
				タワースタンドの強度	タワースタンドの降伏応力
				タワースタンド基礎の支持力	許容支持力度

注：

- 1) 10 年再現の瞬間風速（3 秒平均），あるいは本設構造物の風荷重の 1/2 とする。
- 2) 年平均風速（10 分平均）とする。
- 3) 外的荷重に対する地盤支持力は MWS の対象外とする。

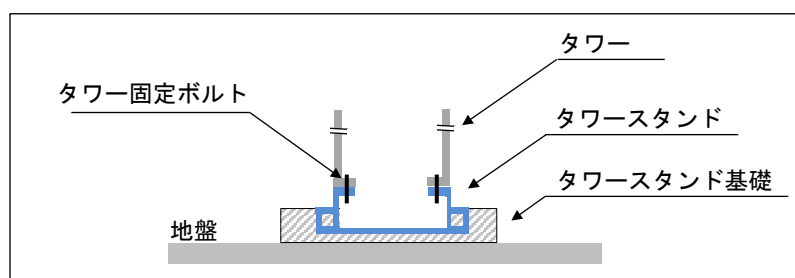


図 5-4 タワー仮設用支持構造

5.4.2.2

前 5.3.2.1 に示した例以外の仮設用支持構造については、表 5-8 を参考として照査項目及び限界値を定める標準的な指標を適切に定めるものでなければならない。

5.4.2.3

表 5-8 に示した照査項目のうち、外的荷重に対する地盤支持力については、MWS の対象外とする。

5.4.2.4

表 5-8 に示した照査項目のうち、タワースタンドの強度及びタワースタンド基礎の支持力は、港湾基準に従って照査されなければならない。それ以外の項目の照査は、後述の 5.4.3～5.4.6 に従ったものでなければならない。

5.4.3 タワースタンド基礎の滑動に対する照査

5.4.3.1

タワースタンド基礎の滑動に対する安定性の検討は、次式により行うこととする。

$$R_d/S_d \geq m, \quad R_d = \gamma_R \cdot R_k, \quad S_d = \gamma_S \cdot S_k$$

$$R_k = f_{k_foundation} \cdot W_{k_all}$$

$$S_k = F_{seismic_all} + F_{wind_all}, \quad F_{seismic_all} = k_h \cdot W_{k_all}$$

ここで、

R_d/S_d	: 作用耐力比の設計用値
m	: 調整係数
R_k	: 抵抗（耐力）の特性値
γ_R	: R_k に乗じる部分係数
$f_{k_foundation}$	: タワースタンド基礎底面と地盤との摩擦係数（コンクリート・コンクリートの摩擦係数は $f_k = 0.5$ とする）
W_{k_all}	: タワー及びタワー仮設用支持構造の全重量
S_k	: 作用効果の特性値
γ_S	: S_k に乗じる部分係数
$F_{seismic_all}$	: 地震動によりタワー及びタワー仮設用支持構造に作用する慣性力（地震動作用時のみ）
k_h	: 照査用水平震度（5.4.1.3 参照）
F_{wind_all}	: タワー及びタワー仮設用支持構造に作用する風力作用（5.4.1.2 参照）

5.4.3.2

タワースタンド基礎の滑動（図 5-5 参照）に対する部分係数を表 5-9 に示す。

表 5-9 タワースタンド基礎の滑動の性能照査に用いる部分係数

照査対象	R_k に乗じる部分係数 γ_R	S_k に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
タワースタンド基礎の滑動 （強風に対する変動状態）	0.9	1.2	— (1.00)
タワースタンド基礎の滑動 （地震動に対する変動状態）	— (1.00)	— (1.00)	1.0

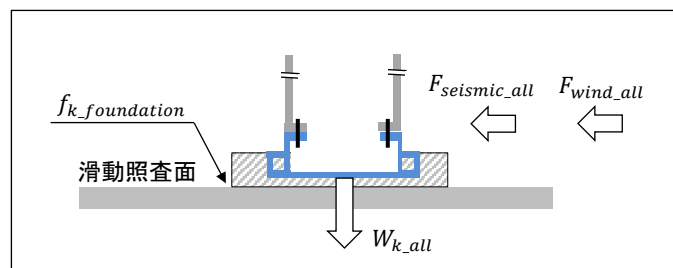


図 5-5 タワースタンド基礎の滑動

5.4.4 タワースタンド基礎の転倒に対する照査

5.4.4.1

タワースタンド基礎の転倒に対する安定性の検討は、次式により行うこととする。

$$R_d/S_d \geq m, \quad R_d = \gamma_R \cdot R_k, \quad S_d = \gamma_S \cdot S_k$$

$$R_k = a \cdot W_{k_all}$$

$$S_k = b \cdot F_{seismic_all} + c \cdot F_{wind_all}, \quad F_{seismic_all} = k_h \cdot W_{k_all}$$

ここで、

- R_d/S_d : 作用耐力比の設計用値
- m : 調整係数
- R_k : 抵抗（耐力）の特性値
- γ_R : R_k に乗じる部分係数
- W_{k_all} : タワー及びタワー仮設用支持構造の全重量
- a : W_k の作用線からタワースタンド基礎の端部までの距離
- S_k : 作用効果の特性値
- γ_S : S_k に乗じる部分係数
- $F_{seismic_all}$: 地震動によりタワー及びタワー仮設用支持構造に作用する慣性力（地震動作用時の場合のみ）
- k_h : 照査用水平震度（5.4.1.3 参照）
- b : $F_{seismic}$ の作用線からタワースタンド基礎の底面までの距離（地震動作用時の場合のみ）
- F_{wind_all} : 風タワー及びタワー仮設用支持構造に作用する風力荷重（5.4.1.2 参照）
- c : F_{wind_all} の作用線からタワースタンド基礎の底面までの距離

5.4.4.2

タワースタンド基礎の転倒（図 5-6 参照）に対する部分係数を表 5-10 に示す。

表 5-10 タワースタンド基礎の転倒の性能照査に用いる部分係数

照査対象	R_k に乗じる部分係数 γ_R	S_k に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
タワースタンド基礎の転倒 （強風に対する変動状態）	0.9	1.2	— (1.00)
タワースタンド基礎の転倒 （地震動に対する変動状態）	— (1.00)	— (1.00)	1.1

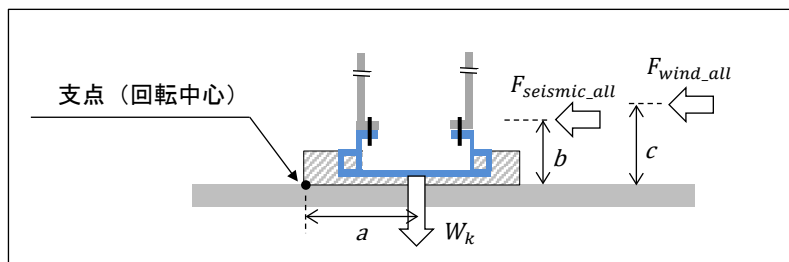


図 5-6 タワースタンド基礎の転倒

5.4.5 タワーとタワースタンドとのフランジ接合面の滑動に対する照査

5.4.5.1

ボルトによるタワーとタワースタンドとのフランジ接合面の滑動に対する安定性の検討は、次式により行うこととする。ただし、ボルトによる予張力を風車設計時の予張力以上とする場合は、このフランジ接合面の滑動に対する安定性の検討を省略できる。

$$R_d/S_d \geq m, \quad R_d = \gamma_R \cdot R_k, \quad S_d = \gamma_S \cdot S_k$$

$$R_k = f_{k_flange}(W_{k_tower} + T_{bolt_all})$$

$$S_k = F_{seismic_tower} + F_{wind_tower}, \quad F_{seismic_tower} = k_h \cdot W_{k_tower}$$

ここで、

R_d/S_d	: 作用耐力比の設計用値
m	: 調整係数
R_k	: 抵抗（耐力）の特性値
γ_R	: R_k に乗じる部分係数
S_k	: 作用効果の特性値
γ_S	: S_k に乗じる部分係数
f_{k_flange}	: タワーフランジとタワースタンドフランジとの摩擦係数（5.4.3.3 参照）
W_{k_tower}	: タワーの重量
T_{bolt_all}	: すべての固定ボルトによる予張力（プリテンション）
$F_{seismic_tower}$	: 地震動によりタワーに作用する慣性力（地震動作用時のみ）
k_h	: 照査用水平震度（5.4.1.3 参照）
F_{wind_tower}	: タワーに作用する風力荷重（5.4.1.2 参照）

5.4.5.2

タワー/タワースタンドフランジ接合面の滑動（図 5-7 参照）に対する部分係数を表 5-11 に示す。

表 5-11 タワー/タワースタンドフランジ接合面の滑動の性能照査に用いる部分係数

照査対象	R_k に乗じる部分係数 γ_R	S_k に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
タワー/タワースタンドフランジ接合面の滑動 (強風に対する変動状態)	0.9	1.2	— (1.00)
タワー/タワースタンドフランジ接合面の滑動 (地震動に対する変動状態)	— (1.00)	— (1.00)	1.0

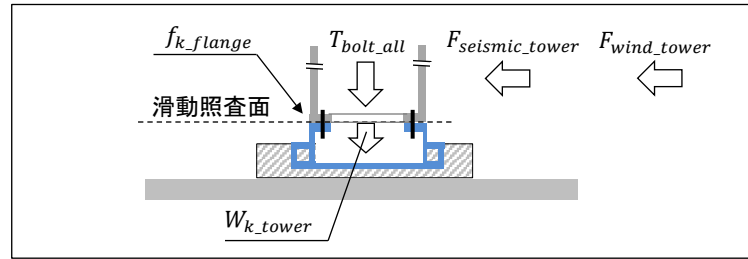


図 5-7 タワー/タワースタンドフランジ接合面の滑動

5.4.5.3

タワー/タワースタンドのフランジ材料が鋼の場合は、摩擦表面のドライ状態の摩擦係数を $f_{k_flange} = 0.2$ とする。0.2 を超える値を使用する場合、又は、鋼材に表面処理を行い、増大させた摩擦係数を使用する場合は、その正当性を文書で示すものでなければならない。なお、ウェットの状態で摩擦係数は $f_{k_flange} = 0.2$ よりも大幅に低下することから、雨天時にボルト接合を行う場合は適切な措置を講じなければならない。

5.4.6 タワーとタワースタンドとのフランジ接合ボルトの応力に対する照査

5.4.6.1

タワーとタワースタンドとのフランジ接合ボルトの応力に対する検討は、次式により行うこととする。ただし、仮設に使用されるボルトの耐力（断面積×強度（降伏応力））が風車設計時のボルトの耐力以上である場合は、このボルト応力の検討を省略できる。

$$\gamma_i \cdot S_d \leq R_d, \quad R_d = R_k / \gamma_m$$

$$S_d = S(\gamma_t \cdot T_{bolt}, \gamma_{seismic} \cdot d \cdot F_{seismic_tower}, \gamma_{wind} \cdot e \cdot F_{wind_tower}), \quad F_{seismic_tower} = k_h \cdot W_{k_tower}$$

ここで、

γ_i	: 構造物係数 ($\gamma_i = 1.0$ とする)
S_d	: 作用効果（ボルトに作用する局部応力）の設計用値
R_d	: ボルト耐力の設計用値
R_k	: ボルト耐力の特性値（降伏応力）
γ_m	: 材料係数
T_{bolt}	: ボルト 1 本当たりの予張力（プリテンション）
γ_t	: T_{bolt} に乗じる部分係数
$S(\cdot)$	: ボルトに作用する局部応力を求めるための関数
$F_{seismic_tower}$	: 地震動によりタワーに作用する慣性力（地震動作用時のみ）
$\gamma_{seismic}$	: $F_{seismic_tower}$ に乗じる部分係数
d	: $F_{seismic_tower}$ の作用線からフランジ接合面までの距離
F_{wind_tower}	: タワーに作用する風力荷重（5.4.1.2 参照）
γ_{wind}	: F_{wind_tower} に乗じる部分係数
e	: $F_{seismic_tower}$ の作用線からフランジ接合面までの距離
W_{k_tower}	: タワーの重量
k_h	: 照査用水平震度（5.4.1.3 参照）

5.4.6.2

タワーとタワースタンドとのフランジ接合ボルトの応力（図 5-8 参照）に対する部分係数を表 5-12 に示す。

表 5-12 タワーとタワースタンドとのフランジ接合ボルトの応力の性能照査に用いる部分係数

照査対象	材料係数 γ_m	T_{bolt} に乗じる 部分係数 γ_t	$F_{seismic_tower}$ に乗じる 部分係数 $\gamma_{seismic}$	F_{wind_tower} に乗じる 部分係数 γ_{wind}
フランジ接合ボルトの応力 (強風に対する変動状態)	1.05	1.1	—	1.2
フランジ接合ボルトの応力 (地震動に対する変動状態)	1.0	1.0	1.0	1.0

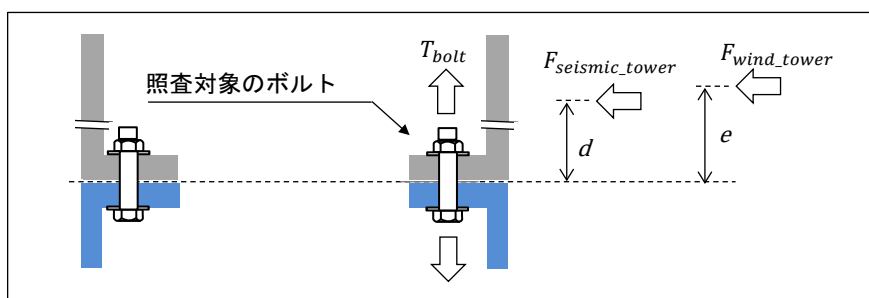


図 5-8 フランジ接合ボルトの応力

5.4.6.3

フランジ接合ボルトに作用する局部応力は、原則として有限要素解析で求めることとする。簡易式を使用してボルトに作用する応力を求める場合、使用する簡易式は認定された基準で示されているものでなければならない。

5.5 洋上風車コンポーネント仮設用支持構造の認証及び検査

5.5.1 認証

5.5.1.1

洋上風車コンポーネントの仮設用支持構造を構成するコンクリート基礎については、コンクリートの組成と製造プロセスは表 5-13 に従ったものでなければならない。

表 5-13 コンクリート受入れ時の試験・検査

(日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」参照)

項目	測定・試験方法
コンクリート温度	JIS A 1156
スランプ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1106, JIS A 1108, JIS A 1128
圧縮強度	JIS A 1108 (供試体の養生方法は標準養生とし、材齢は 28 日とする)
塩化物量	JIS A 1144, JASS 5 T-502

5.5.1.2

洋上風車コンポーネントの仮設用支持構造を構成する鋼材（ボルトを含む）は、JIS 規格又は本会が適当と認める規格に従ったものとし、製造者の証明書を有するものでなければならない。

5.5.1.3

吊上げ作業に使用される索具等の認証は、6.14 に従ったものでなければならない。

5.5.2 使用前の検査

5.5.2.1

洋上風車コンポーネント仮設用支持構造（ボルトを含む）、固縛材（使用される場合）及びタワー連結ボルトに関して、本会（MWS 機関）は使用前の現状確認を行う。

5.5.2.2

仮設に使用するタワー接合ボルトは、仮設専用のものとし、原則として実際にタワーの組立てに用いられるボルトを使用してはならない。仮設専用のボルトを繰り返し使用することは認められるが、その場合は本会（MWS 機関）との合意が必要であり、本会が要求した場合は非破壊検査（PT 又は MPI）を実施しなければならない（繰り返しの使用については 7.6.15 を参照）。

5.5.2.3

吊上げ作業に使用される索具等の検査は、6.14 に従ったものでなければならない。

6章 積出し (Load-out)

6.1 一般

6.1.1 一般

6.1.1.1

この章では、基礎、TP、風車コンポーネントに係わる積出し及び陸揚げで実施される吊作業に係る一般的な要件を示す。

6.1.1.2

この章は、次の吊作業に適用する。

- 作業ヤードでの吊作業
- 船舶（又はバージ）から陸上への吊作業
- 陸上から船舶（又はバージ）への吊作業
- 洋上での吊作業（海中吊作業については 8 章を参照）

【解説】

日本国内での吊作業では、クレーンが使用される状況により表 6-1 の法規が適用となる。従って、本ガイドラインに適合する場合であっても、これらの規則には必ず適合しなければならない。

表 6-1 吊作業に適用される国内法規

クレーンの種類	適用される規則
• 陸上クレーン • クローラ（移動式）クレーン • 船舶検査非対象のバージに固定されたクレーン • 総トン数 300 トン未満の船舶に固定されたクレーン	クレーン則（クレーン構造規格、クレーン等安全規則）
• 総トン数 300 トン以上の船舶に固定されたクレーン • SEP 船に固定されたクレーン	船舶安全法（船舶設備規程，第 5 編，第 1 章「揚貨装置」，船舶安全法施行規則，第 56 条～第 60 条） 注）NK の「揚貨設備規則」と同等
注）積出し作業においては、使用されるクレーンが陸上のクレーンの場合はクレーン則が、船舶に固定されたクレーンの場合は船舶の規則が適用されることに注意すること。	

6.1.2 用語

6.1.2.1

この章では、吊作業に関して表 6-2 の用語が使用される。

表 6-2 吊作業に関する用語

スリング	ワイヤロープ，合成繊維製ロープなどの両端にアイ形状の加工を行ったもの
グロメット	ワイヤ，ロープを円形状にしたもの（エンドレスワイヤ/ロープともいう）
索具（リギング）	スリング（又はグロメット），シャックル等を組合せた吊具一式
吊上げポイント	構造物上で吊荷重が作用する構造物部品（パッドアイ，パッドイヤ，トラニオンなど）
タガーライン	吊作業時の横揺れ防止のために使用される補助ライン

6.1.3 組織、計画及び文書化

6.1.3.1

一般的な組織、計画及び文書化に関する要件は **2 章**、環境条件については **3 章**を参照すること。

6.1.3.2

吊作業のための作業マニュアルは、事前にすべての関係者により合意されたものとし、必要に応じて次の項目を含むものでなければならない。

- 組織、役割及び責任を含む管理及び通信システム
- 記録及び報告の日課
- 関連図面、仕様及び計算
- 作業に係る船舶
- レイアウト及び作業手順を含むシステム及び設備
- 吊作業開始前に実施される試験
- 制限環境及び相対運動のクライテリア（必要に応じて）
- リフトオフ又は据付けの速度制限、又は、クレーン作業の上昇/下降制限
- 作業のための他の制限（許容誤差を含む）
- 作業中の監視のための要件
- 気象予報の取得（**2 章**参照）
- 船舶及び/又はクレーン船近くの他の船舶の制御、操縦及び係留の準備を含む作業手順
- 船舶のバラスト要件（吊作業のための喫水、トリム及びヒールの制限を含む）
- 吊作業のための帰還不能点（PNR）を含む詳細な手順（ステップ図を含む）
- 緊急時対応計画及び手順

6.1.3.3

作業の一部に制限がある場合、この制限は明確に文書化しなければならない。

6.1.3.4

設備、クレーン及び船舶の関連する証明書、試験レポート及び船級文書は、作業マニュアルに含めるか、又は別文書として本会に提出すること。

6.1.3.5

次のパラメータは、目視で監視するか、又は、必要に応じて監視システムにより監視されなければならない。

- フック荷重
- クレーン半径
- クレーン旋回角度
- クレーンブーム角度
- クレーンブロック高度
- ホイストのブームと相対的なリード角（面内及び面外）
- 環境条件（風向・風速など）
- 吊対象物の傾斜（特に、複数フックでの吊作業の場合）
- 吊対象物の相対運動
- 位置及び方向
- クリアランス
- 上昇又は下降速度

6.2 吊計算

6.2.1 一般

6.2.1.1

いかなる吊作業であっても、実施される計算は、本ガイドラインで示される許容誤差、安全係数、荷重、及び（必要に応じて）荷重効果を含むものでなければならない。

6.2.1.2

種々の係数及びそれらの適用については、図 6-1 のフローチャートを参照すること。ただし、このフローチャートは、参考として使用されるべきであり、すべてのケースをカバーするものではない。

6.2.2 重量及び重心位置

6.2.2.1

重量の不確定性及び重心（CoG）の管理に関する要件は、4.2 で与えられる。

6.2.2.2

吊作業の対象物の重心が吊上げポイントの上方に位置する場合の吊作業においては、吊作業配置の安定性を設計で確実に考慮するように注意すべきである（6.4.4.4 参照）。これは、吊システムの一部としてスプレッド・バー又はスプレッド・フレームが使用される場合に特に重要であり、重心位置の水平及び鉛直方向のオフセットを考慮した安定性を示すべきである。

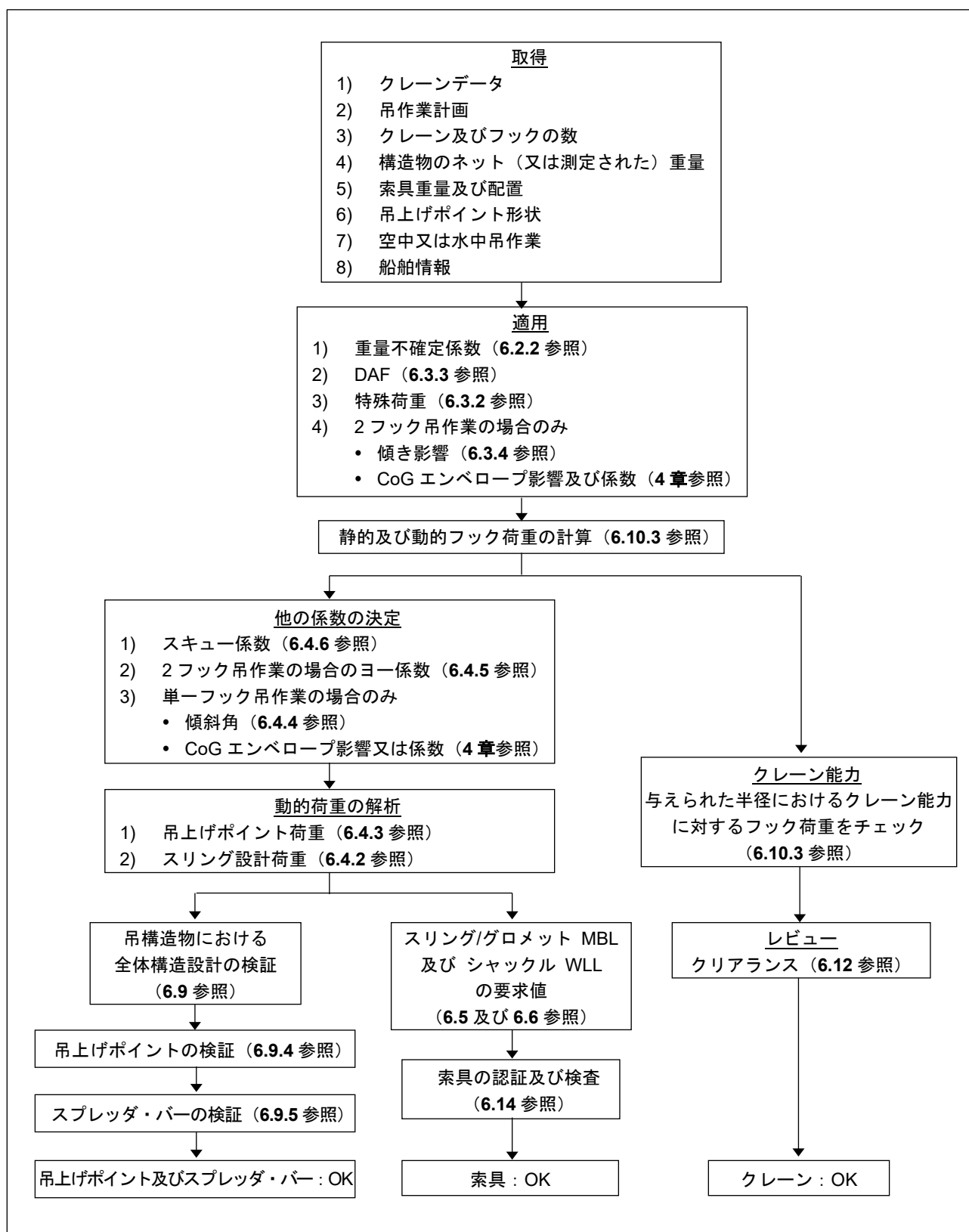


図 6-1 吊計算のフローチャート

6.3 フック荷重

6.3.1 一般

6.3.1.1

クレーンフックに作用する荷重は、静的フック荷重及び動的フック荷重として表される。これらの荷重は、クレーン容量を確認する際に使用される（6.10.3 参照）。

6.3.1.2

単一クレーンでの吊作業の場合、フック荷重は次のように表される。

$$SHL = W_{ud} + W_{rigging} + [\text{特殊荷重の効果}]$$

$$DHL = SHL \times DAF$$

ここで、

SHL	: 静的フック荷重
W_{ud}	: 上限設計重量（4.2.2 参照）
$W_{rigging}$	: 索具重量
DHL	: 動的フック荷重
DAF	: 動的増幅係数（6.3.3 参照）

6.3.1.3

静的フック荷重の計算で使用される吊作業対象物の重量は、4.2.2 の規定により上限・下限の設定がなされている場合は、上限設計重量（ W_{ud} ）としなければならない。上限・下限の設定がなされていない場合は、一般的な設計重量とすることができる。

6.3.1.4

索具重量（ $W_{rigging}$ ）には、必要に応じて、スリング、シャックル、吊冶具及びスプレッド・バー（又はフレーム）等の、クレーンフックと吊上げポイントとの間のすべてのアイテムが含まれる。

6.3.1.5

ピボット及び/又は立て起し操作を含む吊作業の場合は、フック荷重を導くためのクリティカルな荷重ケースを確実に特定できるよう、適切な数のステップで解析が行われなければならない。

6.3.2 特殊荷重

6.3.2.1

吊構造物、吊上げポイント及び索具システムに作用する荷重を誘導する際は、必要に応じて、特殊荷重の許容値を設定すべきである。特殊荷重の例としては、タガーライン荷重、ガイド荷重、風荷重、静水力、流体力などがある。

6.3.3 動的増幅係数（DAF）

6.3.3.1

クレーンフックに作用する動的荷重を計算する場合は、船舶の運動、ブーム・ワイヤ・索具の剛性、ブーム先端位置・運動、クレーンの移動、風荷重等で生じる動的影響を考慮しなければならない。これは動的増幅係数（DAF）として表される。

6.3.3.2

DAF は、作業に特化した解析又はモデル試験で決定することを原則とする。ただし、単一クレーンフックによる（空中での）吊作業の場合は、悪天時に吊作業を行わないことを条件として、表 6-3 及び表 6-4 の値を使用することができる。

【解説】

悪天候の判断は、本会の合意を得たものでなければならない。

表 6-3 空中における動的増幅係数（DAF）（SEP 船のジャッキアップ状態を除く）

静的フック荷重 (SHL) (トン)	DAF		
	陸上 (Onshore) ^{2), 3)}	沿岸 (Inshore) ^{4) 5)}	沖合 (Offshore) ^{4) 6)}
$3^1) < \text{SHL} \leq 100$	1.10	$1.07 + 0.05\sqrt{100/\text{SHL}}$	$1 + 0.25\sqrt{100/\text{SHL}}$
$100 < \text{SHL} \leq 300$	1.05	1.12	1.25
$300 < \text{SHL} \leq 1000$	1.05	1.10	1.20
$1000 < \text{SHL} \leq 2500$	1.03	1.08	1.15
$2500 < \text{SHL}$	1.03	1.05	1.10

注：

- 1) SHL が 3 トン未満の場合であっても、SHL=3 トンと仮定してこの DAF を使用することが推奨される。
- 2) 対象物とともに走行する陸上のクローラークレーンの場合は、クレーン速度と地表面の状態を考慮し、その動的影響を評価すること。文書化されない場合は、「沿岸」吊作業の係数を使用すること。
- 3) 「陸上」吊作業は、陸上クレーンを使用して埠頭岸壁に横付けして係留される船舶への/同船舶からの吊作業にも適用される。
- 4) 「沿岸」と「沖合」の定義については、1 章を参照すること。
- 5) クレーン船の甲板から「沖合」の固定プラットフォーム等への吊作業にも適用される。
- 6) 「沖合」吊作業は、クレーン船による他の船舶から固定プラットフォーム等への吊作業に適用される。

表 6-4 空中における動的増幅係数（DAF）（SEP 船のジャッキアップ状態）

静的フック荷重 (SHL) (トン)	DAF	
	沿岸 (Inshore)	
	SEP 船の甲板からの固定構造物へ (又は、その逆)	浮体へ (又は浮体から)
$3^1) < \text{SHL} \leq 100$	1.10	$1.05 + 0.05\sqrt{100/\text{SHL}}$
$100 < \text{SHL} \leq 300$	1.05	1.10
$300 < \text{SHL} \leq 1000$	1.05	1.10
$1000 < \text{SHL} \leq 2500$	1.03	1.08
$2500 < \text{SHL}$	1.03	1.05

注：

- 1) SHL が 3 トン未満の場合であっても、SHL=3 トンと仮定してこの DAF を使用することが推奨される。
- 2) 「沖合」吊作業については、本会の適当と認めるところによる。

6.3.3.3

表 6-3 の値は、船舶、クレーン及び場所についての以下の組合せの空中における吊作業にも適用される。

- ・ 同一船舶上の 2 台のクレーンによる吊作業
- ・ 2 台以上のクレーンによる陸上での吊作業
- ・ 同一クレーンブーム上の 2 つ以上のフックによる吊作業（「沖合」での吊作業（6.3.3.5 参照）を除く）
- ・ 2 隻以上の船舶による「沿岸」での吊作業

6.3.3.4

2 隻以上の船舶による「沖合」での吊作業の場合、DAF は当該作業に特化した解析又はモデル試験で決定しなければならない。

6.3.3.5

同一クレーンブーム上の 2 つ以上のフックによる「沖合」での吊作業の場合は、動的な解析を実施すること。ただし、本会が認めた場合は、表 6-3 の値（又は、増加させた値）を使用することができる。

6.3.4 2 フック吊作業

6.3.4.1

2 フック吊作業の場合、各フックの荷重は、対象物の傾斜/フック高度の影響を考慮したものでなければならない。計算は、設計重量の上限・下限が設定されている場合は、重心の各フックからの距離に比例する上限設計重量に基づくものでなければならない。重心（CoG）エンベロープ（4.2.2 参照）が設定されている場合には、フック荷重は CoG エンベロープの極値における CoG 位置を用いて計算すべきである。

6.3.4.2

同一船舶上での 1 又は 2 クレーンによる 2 フック吊作業の場合、各フックの静的フック荷重は次のどちらか厳しい方とすべきである。

- 3°の傾斜
- フック高さの±1.0m の差

ただし、解析、海象条件の制限及び設置手順を考慮し、本会はこの要件を緩和する場合がある。

6.3.4.3

異なる船舶を使用する沖合での 2 フック吊作業の場合は、静的フック荷重は、次のどちらか厳しい方としなければならない。

- 5°の傾斜
- 解析によるフック高さの差

沿岸での吊作業の場合は、次のどちらか厳しい方としなければならない。

- 5°の傾斜
- フック高さの±1.0m の差

6.3.4.4

同一のシアレグクレーン船におけるマルチフック吊作業の場合、前 6.3.4.2 の数値は 50%に低減することができる。

【解説】

シアレグクレーン船とは、回転することなく、フックの高度がほぼ同調するクレーンを装備する船舶（図 6-2 参照）である。日本では非旋回起重機船と呼ばれることが多い。

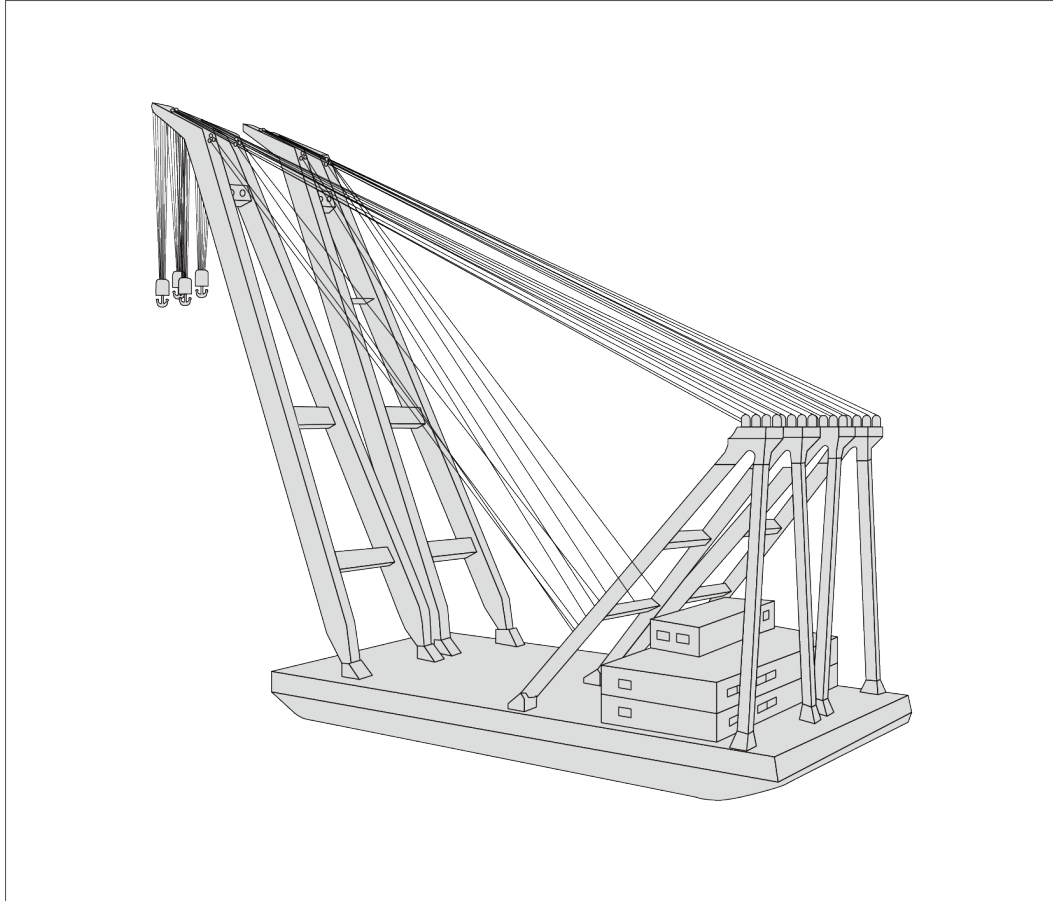


図 6-2 シアレグクレーン船

6.4 スリング荷重及び吊上げポイント荷重

6.4.1 一般

6.4.1.1

この節では、スリング（及びグロメット）及び吊上げポイントに作用する荷重及び荷重係数に関する要件を定める。複雑な吊配置の場合や吊対象物の変形（たわみ）が問題となる場合は、6.9 の構造解析を実施し、これらの荷重を求めなければならない。

6.4.2 スリング荷重

6.4.2.1

スリング設計荷重 F_{SD} は、スリング長さ方向の動的最大荷重である。これは、吊上げポイント荷重（6.4.3.2 参照）から計算され、次のパラメータで変化する（図 6-3 参照）。

- (a) 重量及び（使用される場合）CoG 不確定係数/エンベロープ（6.2.2 参照）
- (b) 索具の重量
- (c) 特殊荷重の効果（6.3.2 参照）
- (d) 動的増幅係数（6.3.3 参照）
- (e) 吊対象物の傾斜（6.4.4 参照）
- (f) ヨー影響係数（6.4.5 参照）
- (g) スキュー荷重係数（6.4.6 参照）

【解説】

索具の重量を貨物重量に加え、見かけ上索具の重量がないものとして、スリング荷重の計算を簡略化してもよい（スリングの上端と下端の荷重が一致する）。

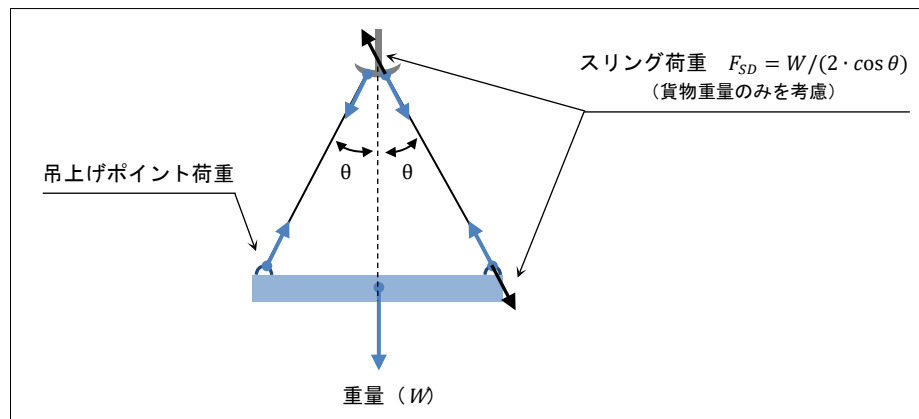


図 6-3 スリング荷重

6.4.2.2

スリング角度 θ は、一般に 45° 以下とすべきである。ただし、より大きな角度で吊作業を実施する場合には、スリング力の水平方向成分の吊対象物に対する影響を綿密に考慮することとし、また、簡易的なスキュー荷重係数（6.4.6 参照）を使用してはならない。

6.4.3 吊上げポイント荷重

6.4.3.1

吊上げポイントの設計荷重は、鉛直吊上げポイント荷重及び吊作業形状から計算され、前 6.4.2.1 のパラメータから (b) 索具の重量 を除いたパラメータにより変化する。

6.4.3.2

垂直吊上げポイント荷重は、重心の各吊上げポイントからの距離に比例する設計荷重（上限・下限が設定されている場合は、上限設計重量）を考慮した吊上げポイントにおける荷重であり、次を考慮すべきである。

- CoG エンベロープ (4.2.4 参照) が設定されている場合は、吊上げポイント荷重は、CoG エンベロープの極値における CoG 位置を用いて計算すべきである。
- 2 フックによる吊作業の場合は、前 6.3.4 で与えられる傾斜/フック高度許容誤差の影響を考慮すること。

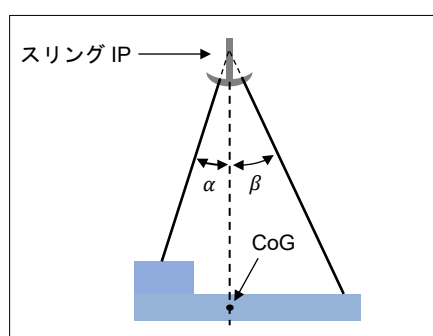


図 6-4 スリング荷重及び吊上げポイント荷重の決定

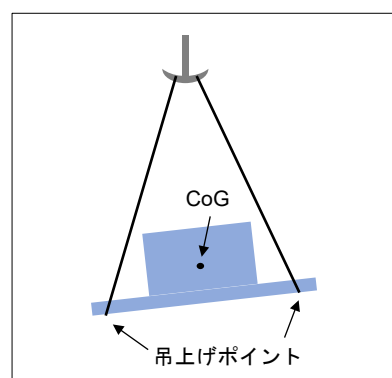


図 6-5 吊上げポイントが対象物の CoG よりも下方となる吊作業システム

6.4.3.3

各吊上げポイントの高度が図 6-4 のように異なる場合、吊上げポイント及びスリング荷重は、スリングの交点（IP: intersection point）で決定されなければならない。IP は、フックに直接連結される場合はフックの上であり、フックから吊られるシャックル/スリングシステムに連結される場合は、シャックルとの連結点の上にある。CoG エンベロープ手法が使用される場合、スリング荷重及び吊上げポイント荷重は、IP の下の CoG エンベロープの極値を位置決めし、新しいスリング角（ α 及び β ）を用いた再計算により決定されなければならない。

6.4.3.4

2 つのトラニオン（又はパッドイヤ）が構造物に接続され、それぞれ単一吊上げポイントとみなせるような吊構成の場合、構造物及びスリング（又はグロメット）の設計では、次に示す傾斜及び回転の影響を考慮しなければならない。

- トラニオン（又はパッドイヤ）の両側の荷重を確実に等しくする手段がなければ、傾斜により荷重が不均一になる可能性がある。
- 傾斜により索具がトラニオン（又はパッドイヤ）の支持面に沿ってずれる可能性もあり、それにより増加したモーメントがトラニオン（又はパッドイヤ）に生じる。
- 摩擦の結果として、トラニオン（又はパッドイヤ）周辺のスリングアイ（又はグロメット）の回転により、トラニオン（又はパッドイヤ）に過大なトルクが発生する。また、グロメット（又は二重スリングのレグ）には不均等な荷重が発生する。

6.4.4 吊対象物の傾斜

6.4.4.1

ほとんどの索具構成においては、CoG 位置及び/又は強制的な水平荷重による吊対象物の傾斜はスリング荷重分布に影響を及ぼす。関連する場合、傾斜の影響は荷重計算で考慮すべきである。

6.4.4.2

索具の形状は、吊対象物の最大傾斜が 2° を超えないように構成されなければならない。既知の傾斜での吊作業の場合は、後述の 6.4.4.5 を参照すること。スリング角度は、前 6.4.2.2 に記載した角度とすべきである。最大傾斜が 2° 未満の場合は、スリング荷重計算において傾斜の影響を考慮する必要はない。

6.4.4.3

吊上げポイント間の距離が短い場所に長いスリングが使用される場合は、吊構造物に過度の傾斜が生じないように、スリング長さ（許容誤差を含む）の影響を確認すること。

6.4.4.4

異なるスリング長さ、スリング伸び、吊上げポイントの製造許容誤差などは、吊対象物の傾斜を増加させる場合がある。吊上げポイントが、対象物の CoG よりも下方に位置している場合（図 6-5 参照）、使用されるスリングの荷重は、スリングの伸びにより増大する傾向となることから、適切な係数を決定すべきである。対象物の CoG を上げることは、極力避けることが望ましい。

6.4.4.5

片もち梁形状の構造物の吊作業のような特殊な状況では、設置補助治具を効果的に使用するため、傾斜の設計角度を 2° よりも大きくする場合がある。このような構造物の吊作業は、特殊ケースとして扱われることとする。

6.4.5 ヨー影響係数

6.4.5.1

2 フック吊作業の場合、吊対象物の垂直軸まわりの回転に起因するスリング荷重増加を考慮し、1.05 以上のヨー影響係数を適用すべきである。（2 フック吊作業のヨー影響は、当該フックに 2 本以上のスリングが連結されている場合にのみ適用となる。）

フックでのスリング角が小さい場合や大きな風荷重/タガーライン荷重が作用する吊作業では、さらに大きなヨー影響係数が適用される。ブームの（回転又は上下運動のような）移動がない吊作業の場合は、ヨー影響係数は 1.0 に減じることができる。例えば、同一のシアレグクレーン船上にある 2 クレーンでの 2 フック吊作業に適用することができる。

6.4.6 スキュー荷重係数（SKL）

6.4.6.1

スキュー荷重は、索具や吊構造の製造許容誤差、索具配置の非対称性などの不確かさによって生じる付加的な荷重である。スキュー荷重係数（Skew Load Factor : SKL）は、次に基づく荷重分布係数である。

- 索具長さの製造許容誤差
- スリング/グロメットの測定許容誤差
- 索具の配置及び形状
- 吊上げポイントの製造許容誤差
- スリング/グロメットの伸び
- クレーンフックの形状

- 吊対象物の変形（たわみ）

また、スキュー荷重は、100%静定とは言えないすべての索具の配置及び構造で考慮しなければならない。既存のスリングと共に使用される新しいスリングの場合、1本のスリングの伸びが他のスリングの伸びよりも大きくなることもあるため、高いSKL値が要求される場合がある。

6.4.6.2

単一フックに4本以上のスリングが接続される索具構成の場合は、ケースバイケースでスキュー荷重効果を計算すること。

6.4.6.3

スリング/グロメットの長さを決定するときは、スリング/グロメットの破断荷重測定で使用したピンの効果を考慮すること。これは、スリング/グロメット連結ポイントとピンとの直径の相違により、使用する長さが測定された長さとは異なってしまうからである。

6.4.6.4

索具の長さや角度を決定する際は、フック形状とフック先端直径が索具の動作点に影響を及ぼすことから、これらの影響を考慮すること。

6.4.6.5

静定する吊作業の場合であって、スリング長さの許容誤差が対象物の姿勢又は吊システムの形状に大きな影響を及ぼさない場合は、SKLを1.0とすることができる。無条件にSKLを1.0にできる長さの許容誤差は、スリング長さの±0.5%以内とする。±0.5%を超える場合は、スリング長さの許容誤差による傾斜の影響を考慮すること。

6.4.6.6

2個を超えるフックを使用し、各フックが単一のスプレッド・バーに連結される吊作業の場合は、SKLを1.1とすべきである。ただし、フックの高度が独立に制御され、スリング長さの許容誤差、索具配置及びクレーン操作手順が評価されることを条件に、SKLの値を減じて使用することができる。

6.4.6.7

IMCAM179で規定されるケーブルレイド・スリング（又はグロメット）を使用する場合のSKLは、本会の適当と認めるところによる。

6.4.6.8

合成繊維製スリングの場合は、材料及び製造許容誤差により剛性が異なるため、スキュー荷重係数の標準値を確立することができない。従って、合成繊維製スリングのSKLは、（スリング特性が既知の場合）吊作業又はプロジェクトに特化した基準に基づいて決定すること。

6.4.6.9

4本スリングの吊作業で、2ブロング・フック又は非対称の4ブロング・フックを使用した場合、フックの回転によりスキュー荷重が減る場合がある。スキュー荷重計算では、このことを考慮すること。

6.4.7 スリング荷重分布

6.4.7.1

2 重スリング (doubled sling) 又はグロメットが、終端部以外で、シャックル、トラニオン、パッドイヤー又はクレーンフックの上、周囲又は内部を通る場合、屈曲部での摩擦損失を考慮し、2 重スリング/グロメットの合計力は 45:55% の比率で各部に配分されるものとする (図 6-6 参照)。ただし、単一フックによる吊作業で、張力に差が生じないよう緩やかに荷重を作用させる場合は、均等な比率 (50:50%) として差し支えない。

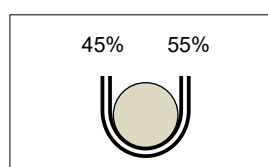


図 6-6 スリング荷重分布

6.4.7.2

構造物の立て起こしを行うために、2 重スリング/グロメットをトラニオン又はクレーンフック上でスライドさせる必要がある場合、合計スリング力は 32.5:67.5% の比率で各部に配分させるものとする。この条件では、文書化された証拠又は試験により、さらに低い値が適正であることが示された場合、この比率を低減できる。

【解説】

32.5:67.5% という比率は、ドライ表面のスリング (摩擦係数 : 0.22) で 180° の接触面積を仮定して得られた理論値である。十分なグリースを塗布したスリングの摩擦係数はこれよりも小さくなるので、文書化された証拠又は試験により、この比率を低減できる。

6.4.7.3

スリングが 2 重構成よりも多い構成 (例えば、2 重-2 重) の場合又はグロメットが 2 重に使用される場合、配置の正当性を示す計算を文書化すること。その計算は、前 6.4.7.1 又は 6.4.7.2 に含まれる摩擦損失を見込んだものでなければならない。

【解説】

2 重-2 重スリングで 45:55% の比率のスリング荷重を見込んだ場合、スリングの各レグの設計荷重は、 0.55×0.55 倍となる。

6.4.7.4

吊索具に 2 本のスリングが並行して使用される場合 (すなわち、2 本のスリングが同じ吊上げポイントに連結される場合)、荷重分布は 2 本のスリングの間で生じるスリング長さの最大の差及び最大のスリング弾性係数を考慮して算出しなければならない。

6.4.7.5

2 重構成で合成繊維製スリング (丸スリング又はウェブスリング) 又はグロメットが使用される場合、前 6.4.7.1 で参照される 2 重スリング係数が指針として使用されるものとする。ただし、予定される使用モード及びスリングタイプの仕様に基き、スリング供給者の具体的な推奨事項を優先する必要がある。

6.5 スリングの設計

6.5.1 一般

6.5.1.1

この節では、前 6.4 で導かれた荷重を用いたスリング及びグロメットの設計に関する要件を定める。

6.5.2 スリング及びグロメットの設計

6.5.2.1

スリング（又はグロメット）の設計荷重は、次式を満たすものでなければならない。

$$F_{SD} < MBL/\gamma_{sf}$$

ここで

- F_{SD} : スリング設計荷重（6.4 参照）
（グロメット又は二重スリングの場合、 F_{SD} は各部の設計荷重である（6.5.2.3 参照））
 MBL : スリングの最小破断荷重（鋼製スリング：6.13.2 参照，合成繊維製スリング：6.13.3 参照）
 γ_{sf} : スリングの安全係数（6.5.3 参照）

6.5.2.2

スリング又はグロメットの MBL は、終端部における安全係数（6.5.7 参照）を含まないものとして扱うべきである。

6.5.2.3

グロメットを選択する場合は、供給者が引用する MBL は、通常はグロメットの単一レグでの値でなく、グロメットの両方のレグでの合計値であり、曲げによる低減又はグロメットの各レグでの不均等な荷重を考慮した低減（6.4.7 参照）は含まれていないことに注意を払わなければならない。

6.5.3 スリング及びグロメットの安全係数

6.5.3.1

スリング（又はグロメット）の安全係数 γ_{sf} は、次に示す部分安全係数の積のうちの最大値としなければならない。

$$\gamma_{sf} = \gamma_f \cdot \gamma_c \cdot \gamma_r \cdot \gamma_m \cdot \gamma_w$$

$$\gamma_{sf} = 2.3 \cdot \gamma_r \cdot \gamma_w$$

ここで、

- γ_{sf} : 安全係数
 γ_f : 吊り係数（6.5.4 参照）
 γ_c : 影響係数（6.5.5 参照）
 γ_r : 低減係数（6.5.6 参照）
 γ_m : 材料係数（6.5.9 参照）
 γ_w : 摩耗係数（6.5.10 参照）

6.5.3.2

鋼製スリング（又はグロメット）の場合、安全係数は 2.3 よりも大きくなければならない。

6.5.3.3

合成繊維製スリング（又はグロメット）の場合、安全係数は、製造者が定める安全係数と前 6.5.3.1 で計算される γ_{sf} のうちのどちらか大きい方の値でなければならない。製造者の値が保守的であると考えられる場合、製造者による安全率の決定で考慮されている仮定を確認すること。この仮定が特定の吊作業と関連していない場合は、安全係数の低減が認められる。

6.5.4 吊係数 γ_f

6.5.4.1

吊係数 γ_f は、通常は 1.3 とする。後述の 6.5.4.2 及び 6.5.4.3 のケースでは、係数の低減が考慮される。低減された係数を採用する場合は、本会（MWS 機関）の合意を得なければならない。

6.5.4.2

すべてのスキュー荷重効果が正確に計算され、動的荷重成分が永続荷重（死荷重）よりも小さい場合は、 γ_f を 1.2 とすることができる。1.2 という係数値は、例えば、タガーラインでのウィンチによる変動機能荷重やバンパー/ガイド等による衝撃荷重にも適用できる。

6.5.4.3

吊作業の詳細なコンピュータ解析が行われる場合、 γ_f は次のどちらか大きい方とする。

$$\gamma_f = 1.3 - (0.6 \times E_L/T_L)$$

$$\gamma_f = 1.0 + (0.3 \times E_L/T_L)$$

ここで、

E_L : 風、波、流れ等からの環境荷重による索具の荷重

T_L : 永続荷重（死荷重）、変動機能荷重（ウィンチ荷重、衝撃荷重等）及び環境荷重（風、波、流れ等）による索具の合計荷重

この方法は、構造物、索具システム及びクレーン船のモデル化により詳細な解析が行われ、かつ、環境荷重が荷重ケースで考慮された場合にのみ適用可能である。環境荷重が表 6-3 又は表 6-4 の DAF 値に基づく場合には適用しない。

6.5.5 影響係数 γ_c

6.5.5.1

影響係数 γ_c は、通常は 1.3 とすべきである。影響係数の低減は、後述の 6.5.5.2 で考慮される。

6.5.5.2

単一のスリング損傷が吊構造物全体の喪失とならない場合、又はスリング損傷の影響が無視できるものとみなされる場合は、本会（MWS 機関）の合意を得ることを条件に、1.3 よりも低い影響係数を使用できる。

6.5.6 低減係数 γ_r

6.5.6.1

終端部又は曲げによる低減係数 γ_r は、終端係数 γ_s （6.5.7 参照）及び曲げ係数 γ_b （6.5.8 参照）の大きい方の値とすべきである。

6.5.7 終端係数 γ_s

6.5.7.1

スリング終端部における終端係数 γ_s は、文書化されなければならない。通常は、表 6-5 の最小の係数が採用される。

表 6-5 最小終端係数 γ_s

スリングの材料	終端部	γ_s
鋼製ワイヤロープ	ハンド・スプライス	1.25
	スリーブ（フェールル） ¹⁾	1.12
	樹脂ソケット/スウェージソケット	1.00
合成繊維製ロープスリング（ポリエステル，HMPE）	スプライス	1.00
1) 海洋環境では、腐食性材料のスリーブは推奨されない。乾燥状態で保管される場合は、軽貨物の吊作業にのみ使用できる。 2) 合成繊維製スリングは、実際の終端部の状態で試験しなければならない。試験した場合に、 $\gamma_s = 1.0$ を使用できる。		

6.5.8 曲げ係数 γ_b

6.5.8.1

曲げ係数は、鋼製ワイヤロープスリング（又はグロメット）が強度低下を起こす、シャックル、トラニオン、パッドイヤ又はクレーンフックの屈曲部で計算されなければならない。曲げ係数は、次式で計算されなければならない。

$$\gamma_b = \frac{1}{1 - \frac{0.5}{\sqrt{D/d}}}$$

ここで

d : スリングの直径

D : スリング本体，スリング・アイ（又はグロメット）が曲げられる最小直径

6.5.8.2

鋼製ワイヤロープスリング（又はグロメット）の場合、曲げ係数は表 6-6 の値となる。

表 6-6 曲げ係数

D/d	< 1.0	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
曲げ係数	不可	2.00	1.69	1.55	1.41	1.33	1.29	1.26	1.23

6.5.8.3

スリング（又はグロメット）の各終端部での曲げ係数が異なる場合には、より厳しい値とすべきである。

6.5.8.4

合成繊維ロープ製のスリングの場合は、曲げの直径が製造者指定の最小値以上であり、スリング製造者の推奨事項に従うことを条件として、曲げ係数は 1.0 とすることができる。

6.5.8.5

いかなる状況においても、荷重下でスリング/グロメットを良好な状態に維持するため、スリング（又はグロメット）の本体は、直径が $1.0d$ 未満である表面に接触しないようにする必要がある。スリング・アイにおいても、直径が $1.0d$ 未満の表面での接触は避けるべきである。これは、スリング・アイに適用される曲げ係数が 2.0 よりも大きくなり（表 6-6 参照）、アイの能力がスリング本体の能力未満となるからである。

スリング・アイを良好な状態に維持するため、スリング・アイはスリング直径の 2 倍未満の直径のまわりで曲げられないよう推奨される。

6.5.8.6

スプライス（より継ぎ）部分での曲げは、供給者からの推奨がない限り、避けなければならない。

6.5.8.7

グロメットのコアロープ突合せ部(butt)及びタックより継ぎ部(tuck)における曲げは、供給者からの推奨がない限り、避けなければならない。また、当該部は、グロメット上に明瞭にマーキングしなければならない（図 6-7 参照）。

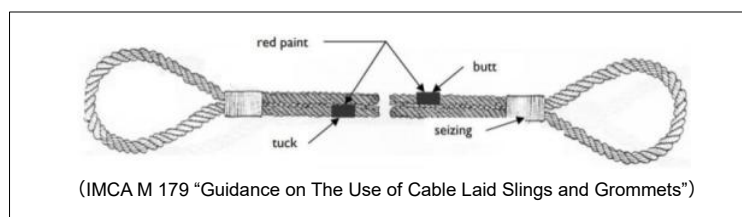


図 6-7 ケーブルレイド・グロメットのコアロープ突合せ部及びタックより継ぎ部

6.5.9 材料係数 γ_m

6.5.9.1

製造者による証明書を有する鋼製ワイヤロープスリング（又はグロメット）の材料係数 γ_m は、1.5 以上とすべきである。

6.5.9.2

新品で、かつ、第三者による証明書を有する鋼製ワイヤロープスリング（又はグロメット）の場合は、材料係数 γ_m を 1.35 に低減させることができる。

6.5.9.3

合成繊維製ロープスリング（又はグロメット）を用いた吊作業の場合、材料係数は材料のタイプと関連する故障モードによる。典型的なものとしては、表 6-7 の最小の材料係数 γ_m を使用できる。

表 6-7 合成繊維製ロープスリング（又はグロメット）の材料係数 γ_m

合成繊維の種類	γ_m
ポリエステル	1.65
HMPE（ハイモジュラスポリエチレン），アラミド繊維	2.0
その他の合成繊維材料（※）	2.5
（※）本会が適当と認めた場合は、その他合成繊維材料にあっても材料係数を低減することができる。ただし、1.65 未満としてはならない。	

6.5.10 摩耗係数 γ_w

6.5.10.1

前 6.5.9 の材料係数を使用し、かつ、6.14.2 の検査要件に従った鋼製ワイヤロープスリング（又はグロメット）の摩耗係数 γ_w は 1.0 とすることができる。

6.5.10.2

頻繁に使用され、各吊作業の前に徹底した検査がなされないスリング（又はグロメット）の場合は、1.1 の摩耗係数 γ_w が要求される。

6.5.10.3

保護ジャケットを有する合成繊維製スリング（又はグロメット）の場合、ジャケットが損傷していないことを条件に、摩耗係数を 1.0 とすることができる。

6.5.11 国内規則への対応

6.5.11.1

日本国内での吊作業で使用されるスリング（又はグロメット）の最大荷重は、6.5.2.1 の要件に加え、次式を満たすものでなければならない。

$$F_{SDj} < MBL/\gamma_{sfj}$$

ここで、

F_{SDj} : スリングに作用する最大荷重（静的フック荷重から算出される最大荷重）

MBL : スリングの最小破断荷重

γ_{sfj} : スリングの安全係数

F_{SDj} は、クレーン則ではスリングに作用する荷重の最大の値とされているが（船舶の規則でも同様）、動的増幅係数（DAF）やスキュー荷重係数（SKL）等を考慮して明示的に定義しているわけではない。DAF 等の影響は、すべて安全係数に含めていると考えられることから、 F_{SDj} は、6.3.1.2 の静的フック荷重（SHL）、すなわち

$$SHL = W_{ud} + W_{rigging} + [\text{特殊荷重の効果}]$$

から算出される最大荷重とする。

6.5.11.2

前 6.5.11.1 の安全係数 γ_{sfj} としては、DAF の影響を含め、表 6-8 の値以上でなければならない。

表 6-8 スリング及びグロメットの安全係数（国内） γ_{sfj}

適用される規則	材料	γ_{sfj}
クレーン則	鋼	6
船舶に固定のクレーン に適用される規則	鋼	動索用ロープ： 3～4 ¹⁾ 静索用ロープ： 3～5 ¹⁾
	合成繊維	6～12 ¹⁾
注 1) 詳細については、NK 揚貨設備規則 6 章を参照のこと。		

6.6 シャックルの設計

6.6.1 一般

6.6.1.1

この節では、6.4 で導かれた荷重を用いたシャックルの設計に関する要件を定める。

6.6.1.2

シャックルの設計荷重（動的効果を含む）は、次の (a)~(c) のすべての式を満たさなければならない。

- (a) $F_{SHD} < WLL \times DAF$
- (b) $F_{SHD} < MBL/3.0$
- (c) $F_{SHD} < \text{証明書に記載のシャックルの耐力値 (6.13.4 参照)}$

ここで、

F_{SHD}	: シャックルの設計荷重
WLL	: シャックルの使用荷重
DAF	: 動的増幅係数 (6.3.3 参照)
MBL	: シャックルの最小破断荷重

6.6.2 シャックルの設計で考慮すべき事項

6.6.2.1

シャックルの使用荷重（WLL，解説参照）は、一般にシャックル強度の指標として使用される。WLL は、通常、シャックル製造者又は認証機関により決定され、次式で表される。

$$WLL = MBL/\gamma_{shackle}$$

ここで、

WLL	: シャックルの使用荷重
MBL	: シャックルの最小破断荷重
$\gamma_{shackle}$	: シャックルの安全係数

シャックルの安全係数 $\gamma_{shackle}$ は、シャックルの証明書に記載されたものであるか、又は文書化されたものとすべきである。

【解説】

WLL は使用される荷重の限界（Working Load Limit）を示すものである。JIS B2801 に従って、ここでは「使用荷重」として示す。

6.6.2.2

シャックルに作用する荷重の状態は、製造者の推奨事項に従ったものでなければならない。

6.6.2.3

シャックル寸法は、吊上げポイントの幾何学的な詳細（6.8 参照）及び作業上/実際上の考慮（6.15.4 参照）に適するよう、スリング及びグロメットの曲げ半径（6.5.8 参照）を考慮して選択すべきである。

6.6.2.4

バウ型シャックル（図 6-8 参照）は、製造者により特別に許可されない限り、弓形部分間で連結すべきではない。

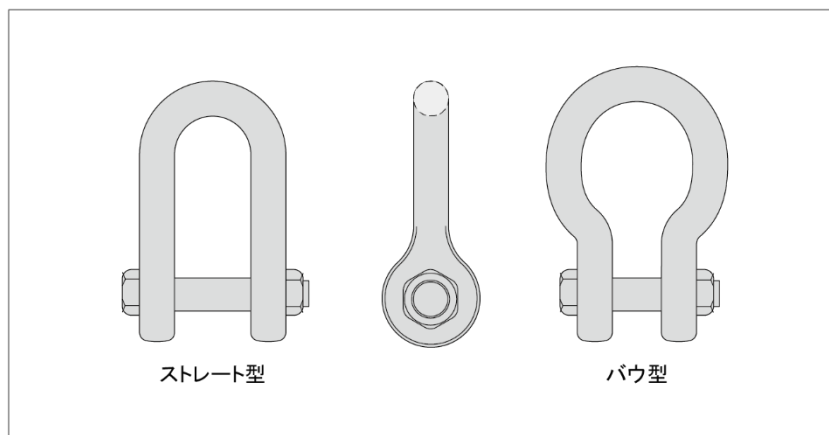


図 6-8 シャックルの種類

6.6.2.5

シャックルは、シャックルの面に沿ってシャックル・ピンと垂直な荷重に耐えられるように設計される。他の荷重条件は、通常は避けるようにする必要がある。

6.6.2.6

シャックル上の偏心荷重は、製造者のガイドライン又は計算に従って荷重等級を下げたものである場合は受け入れられる。

6.6.3 国内規則への対応

6.6.3.1

日本国内での吊作業で使用されるシャックルの最大荷重は、6.6.1.2 の要件に加え、次式を満たすものでなければならない。

$$F_{SHD_j} < WLL_j$$

$$WLL_j = MBL / \gamma_{shackle_j}$$

ここで、

- F_{SHD_j} : シャックルに作用する最大荷重（静的フック荷重から算出される最大荷重）
- WLL_j : シャックルの使用荷重
- MBL : シャックルの最小破断荷重
- $\gamma_{shackle_j}$: シャックルの安全係数（6.6.3.2 参照）

6.6.3.2

シャックルの安全係数は、表 6-9 の値以上でなければならない。

表 6-9 シャックルの安全係数（国内） $\gamma_{shackle_j}$

適用される規則	$\gamma_{shackle_j}$
クレーン則	5
船舶に固定のクレーンに適用される規則	5
JIS B2801	5

6.7 他の吊設備の設計

6.7.1 一般

6.7.1.1

この節では、6.4 で導かれた荷重を用いた他の吊設備の設計に関する要件を定める。

6.7.2 スプレッド・バー/フレーム

6.7.2.1

スプレッド・バー/フレームは、補助吊設備又は構造物として考慮されなければならない。両者ともに、6.7.2.3～6.7.2.5 が適用される。

6.7.2.2

構造物とみなされる場合は、

- 吊対象物と同じ要件が適用される。
- スプレッド・バー/フレーム及び吊ビームは、6.9.5 に従って設計されなければならない。
- 6.13.5 の材料及び構造に関する要件が適用される。
- 6.14.4 の認証及び検査に関する要件が適用される。

6.7.2.3

スプレッド・バー/フレーム又は吊ビームでは、スリング角度の最大の逸脱による偏心を考慮すべきである。

6.7.2.4

スプレッド・バー/フレーム又は吊ビームに対する設計荷重は、6.4 の最大の動的索具荷重を考慮したものでなければならない。

6.7.2.5

スプレッド・バー/フレーム又は吊ビームが、水中で使用される場合は、以下を考慮したものでなければならない。

- (a) 密閉構造のものは、静水圧荷重の影響を考慮しなければならない（吊上げポイントには、影響係数が適用される）。設計静水圧は、水深の 10%程度の余裕を含むものでなければならない。
- (b) 密閉構造のものは、最大深さを明瞭にマーキングしなければならない。

6.7.3 油圧吊作業ツール

6.7.3.1

このガイドラインでは、吊作業ツールは、内部（又は外部）で管状のレセプタクルに接続される油圧ツールとして定義される。レセプタクルは、パイル又は専用の吊上げポイントとなりうる。

6.7.3.2

使用荷重（WLL）は、一般に吊作業ツールの強度計算に使用される。WLL は、通常、吊作業ツール製造者又は認証機関により決定される。

6.7.3.3

吊作業ツールが吊システムの一部として使用される場合、このようなツールに作用する最大荷重（動的影響を含む）は、当該ツール用に認証された WLL を超えてはならない。

6.7.3.4

吊作業ツールの管状レセプタクルの材料品質、寸法及び形状は、文書化され、使用目的に適していることが示されなければならない。

6.7.3.5

レセプタクルは吊上げポイントとして扱われ、吊上げポイントの設計に適用される影響係数（6.9.3 参照）を考慮しなければならない。この設計には、設計における吊作業ツールからの荷重の影響も含むこととする。

6.7.4 補助吊設備

6.7.4.1

補助吊設備は、フックと対象物の吊上げポイントとの間で荷重を伝達するすべての要素と定義される（例えば、チェーン、リング、シーブ等）。

6.7.4.2

補助吊設備は、6.4 の最大の動的索具荷重に対して適したものでなければならない。補助吊設備は、本会が適当と認める規格に従って設計され、試験されたものでなければならない。

6.7.5 合成繊維製ロープを用いた設置システム

6.7.5.1

設置システムで使用する合成繊維ロープの弾性及び性能は、製造者により文書化され、性能試験に基づいたものでなければならない。吊作業の解析は、これらの試験結果に基づくものでなければならない。

6.7.5.2

設置システムは、荷重及び機能試験により、適切であることが示されたものでなければならない。

6.7.5.3

合成繊維製ロープ及び設置システムの認証及び検査は 6.14 で示される。

6.7.5.4

合成繊維製ロープがワイヤロープに接続される場合、設置手順では、これらの接続がどのようになされるかを明瞭に特定しなければならない。

6.8 吊上げポイントの設計

6.8.1 一般

6.8.1.1

この節では、吊上げポイントの設計に関する要件を定める。吊上げポイントの設計では、6.9 の構造的な要件に加え、後述の 6.8.2～6.8.5 を考慮すべきである。

6.8.2 一般設計要件

6.8.2.1

吊上げポイント及びその構造物への固定部は、最大スリング荷重、起こりうるスリング角度及び局所的な荷重効果を考慮して設計しなければならない。吊上げポイントの構造的な能力は文書化されなければならない。

6.8.2.2

いかなる吊上げポイントの設計であっても、吊上げポイントに対して最も大きな荷重を与える可能性のあるスリングの位置を考慮すべきである。

6.8.2.3

組立て型の吊上げポイントに作用する荷重の方向は、プレートの圧延方向と一致しなければならない。

6.8.2.4

吊上げポイント及びその構造物への固定部については、それらの板厚方向へ荷重が作用することを避けるべきである（図 6-9 参照）。そのような荷重を避けることができない場合は、板厚方向の指示とともに、（超音波探傷試験により）使用される材料にラミネーションがないことを文書化しなければならない。

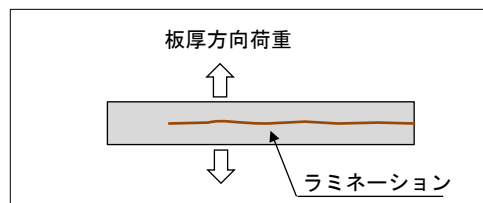


図 6-9 ラミネーションと板厚方向の荷重

6.8.2.5

吊上げポイントの設計では、索具の取付け/取外し作業の実用面を考慮しなければならない。吊上げポイントのサイズ、形状及び/又は方向が、索具の取付け/取外し作業で必要となるクリアランスにより支配されるケースがある。

6.8.2.6

海中での吊作業の場合、吊索具及び吊上げポイントは、計画された海中での索具の取付け/取外しが吊上げポイントに適するように設計しなければならない。

6.8.3 横方向の吊上げポイント荷重

6.8.3.1

横方向の吊上げポイント荷重を評価する場合は、面内荷重と同時に作用する、最大スリング力の 3% の横方向荷重を考慮するのが適切である。横荷重は、例えばシャックル又はトラニオン・ストッパープレートなどの作用点に適用しなければならない。

6.8.3.2

吊対象物を所定の傾斜で設置する必要がある場合は、吊上げポイントに生じる横荷重の影響を考慮しなければならない。この荷重は、前 6.8.3.1 の荷重に追加しなければならない。

6.8.3.3

吊上げポイントが、スリングの方向に正しく方向づけされていない場合、ピン・ホール又はトラニオン/パッドイアの中心軸に対して横方向に作用する荷重を、前 6.8.3.1 の荷重に追加しなければならない。フック先端部上にスリングの交差点（IP）がある場合は、フック先端部の有効長さを考慮しなければならない。

6.8.3.4

横荷重が実際の許容誤差/測定値に基づいて計算され、フック先端の有効長さ（6.8.3.3 参照）を考慮した場合、通常、前 6.8.3.1 の 3%横荷重の追加は要求されない。

6.8.3.5

タガーラインが吊上げポイント（又は吊上げポイントの索具）に接続される場合、タガーラインからの横荷重の吊上げポイントへの影響を考慮し、前 6.8.3.1～6.8.3.4 の横方向荷重に追加しなければならない。

6.8.3.6

浮力により、吊対象物の傾斜が水中で変化することがある。いかなる傾斜の変化であっても、吊上げポイントの横荷重を評価する場合は、その影響を考慮しなければならない。

6.8.3.7

2 台以上のクレーンを用いて構造物を海中に設置する場合、フック高度の差の影響により、吊上げポイントに対して追加の横荷重が作用する。特に、深い水深への設置では、吊上げポイントの横荷重限度を超えないよう、傾斜を監視する方法が提供されなければならない。

6.8.4 パッドアイ

6.8.4.1

パッドアイのメインプレート外側半径は、ピン穴半径の 2 倍以上とすることを推奨する（図 6-10 参照）。

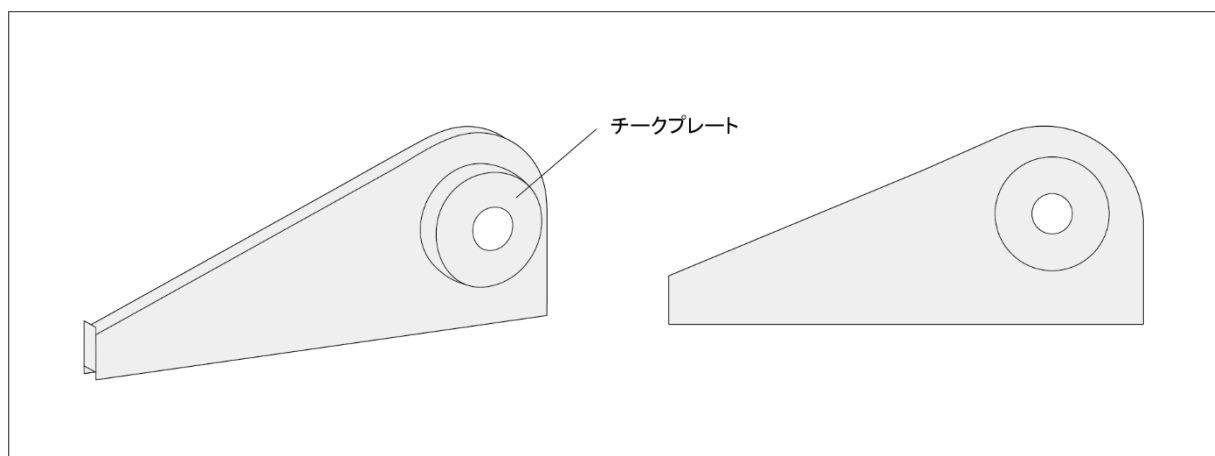


図 6-10 パッドアイ

6.8.4.2

パッドアイのピン穴は、提案されたシャックルに適した内径で設計されなければならない。支持応力を最小にするため、ピン穴直径 D_h (mm) とシャックル・ピン直径 d_{pin} (mm) との差は、次のような設計とすることを推奨する。

$$(2\text{mm 又は } 0.03 \cdot d_p) \text{ の大きい方} < D_h - d_{pin} \leq 6\text{mm}$$

ただし、ピン穴の直径は、ピンがパッドアイに確実に設置されるよう、ピン穴/シャックル・ピンの製造許容誤差を考慮し、シャックル直径にフィットするように注意深く選択すべきである。パッドアイのピン支持能力の計算では、ピン穴直径とシャックル・ピン直径の呼び値を使用することができる。

6.8.4.3

ピン穴部の厚さは、シャックルの内側の幅の 75%以上とすべきである。無荷重支持スペーサプレートを使用し、事実上パッドアイの厚さを増加させることで、シャックル・ピンのセンタリングが可能となる。このようなスペーサプレートの内部穴の直径は、ピン・ホール直径よりも大きくななければならない。

6.8.4.4

メインプレートの片側にあるチークプレートの厚さは、メインプレート厚さの 100%を超えてはならない。チークプレートは、メインプレートの両側で対称でなければならない。

6.8.4.5

チークプレートの溶接部は、6.8.3 の横荷重より、パッドアイ/チークプレートの厚さにわたって不均一となる支持力の可能性を十分考慮して設計しなければならない。

6.8.5 パッドイヤー及びトラニオン

6.8.5.1

パッドイヤー及びトラニオンは、次の側面を考慮して設計されなければならない。

- 荷重経路、吊上げポイントの形状等を考慮した応力解析
- 製造プロセス及び品質管理
- スリング保持プレートの強度(スリング保持プレートは、索具の取付け/取外しが容易にできるものであること)

6.8.5.2

スリングと接触するパッドイヤーの支持面は、スリングが屈曲して張力が加えられたときに発生するスリング断面の扁平化/楕円化を考慮し、スリング長さ方向と直交する断面では(円形よりもむしろ)楕円形とすべきである。(図 6-11 参照)。

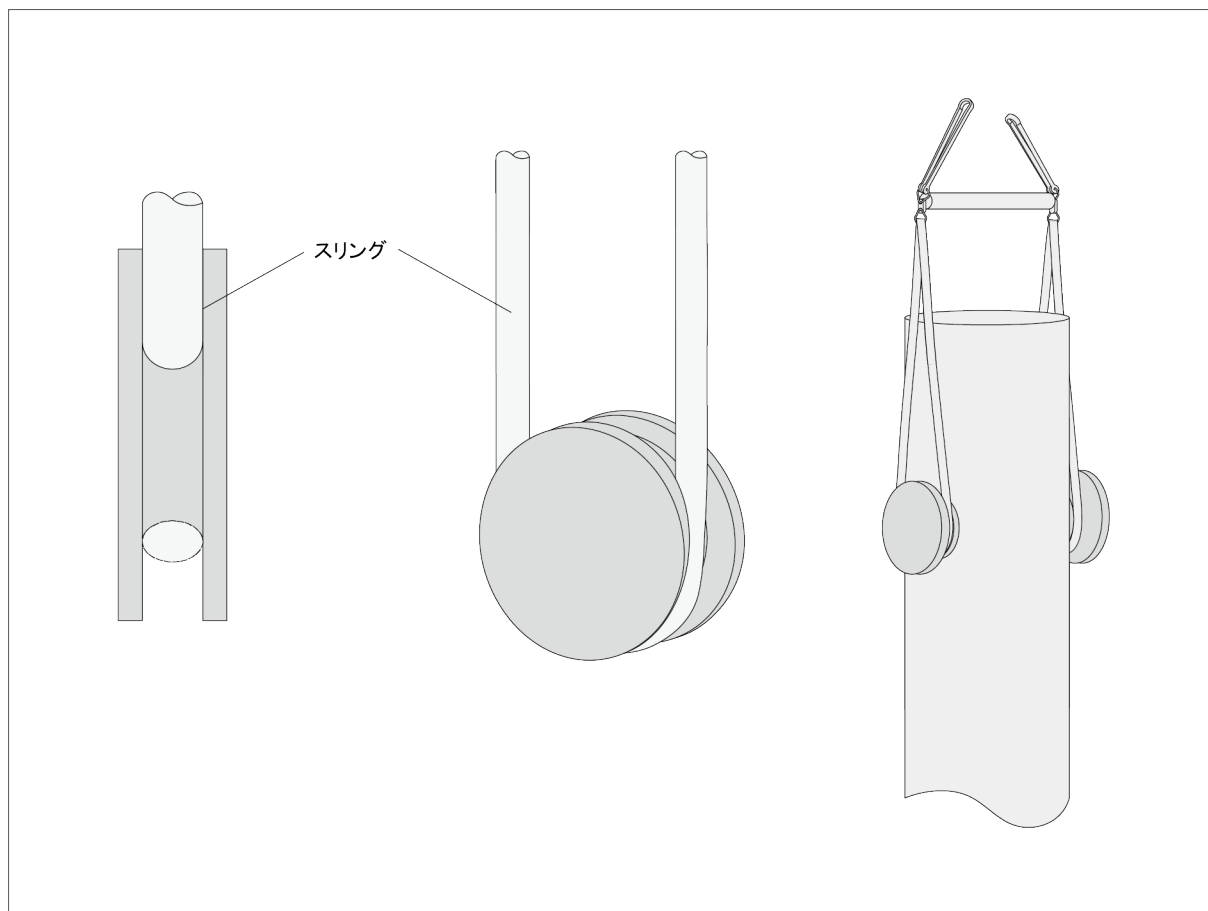


図 6-11 パッドイヤの形状

6.9 構造解析

6.9.1 一般

6.9.1.1

複雑な吊配置や吊対象物の変形（たわみ）等が問題となる場合は、原則として構造解析を実施し、吊作業の構造的な適正が示されなければならない。解析手法の詳細については、4章を参照すること。

6.9.2 荷重ケース及び構造のモデル化

6.9.2.1

構造解析は、構造を正当化するための十分な荷重ケースを含むこととし、次の事項を考慮したものでなければならない。

- (a) 設計重量（上限・下限が設定されている場合は上限設計重量，6.2.2 参照）
- (b) 吊上げポイント荷重及び設計（それぞれ 6.4.3 及び 6.8 参照）
- (c) 他の荷重（6.3.2 で示されているような荷重）
- (d) DAF, SKL 等の各種の荷重係数

6.9.2.2

スキュー荷重は、幾つかのスリングでは力を増大させ、他のスリングでは力を減少させる効果をもつ。スキューに起因し、スリングで起こりうる荷重分布の組合せを解析しなければならない。

例えば、単一クレーンを使用した4点の不静定吊作業の場合は、一般に、設計重量（上限・下限が設定されている場合は上限設計重量）を含む次の荷重ケースを考慮すべきである。

- (a) スキュー荷重係数を含まない基本ケース
- (b) 1つの対角線にスキュー荷重係数が適用されるケース
- (c) 他の対角線にスキュー荷重係数が適用されるケース

6.9.2.3

すべての荷重ケースにおいて、荷重は、オフセットを考慮し、正しいスリング角（又は最小スリング角）で作用点に適用しなければならない。また、必要に応じて、スリングによるねじり荷重の影響についても考慮しなければならない。

6.9.2.4

バンパー及びガイドの解析（4章参照）を除き、表 6-3 又は表 6-4 で与えられる標準の DAF を使用する場合は、荷重係数 1.3 をすべての荷重成分に適用しなければならない。構造解析で DAF を計算する場合は、4章の終局荷重ケース（ULS-a 及び ULS-b）の評価を適用しなければならない。

6.9.3 影響係数

6.9.3.1

表 6-10 の影響係数 γ_c は、吊上げポイントを含む構造物、吊上げポイントに対する横荷重影響、及び構造物への吊上げポイント固定部に適用されなければならない。

表 6-10 影響係数 γ_c

計算対象	γ_c
荷重試験を実施しない吊設備（例：スプレッド・バー/フレーム）	1.30
吊上げポイント及びその構造物（又はスプール）への固定部	1.30
吊上げポイントを直接支持又は構成する部材	1.15
他の構造部材	1.00
注： γ_c は、単一要素故障の影響度を示す。表の分類により、要素の冗長性を考慮すべきである。	

6.9.3.2

表 6-10 の影響係数は、6.4.3 で計算される吊上げポイント荷重に基づいて適用されなければならない。

6.9.4 吊上げポイント

6.9.4.1

吊上げポイント及びその構造物への固定部の解析は、6.9.2 から生じる最も厳しい荷重及びすべての関連する荷重係数を使用して実行しなければならない。

6.9.4.2

吊上げポイントが構造物のノードの不可欠な部分を形成する場合、吊上げポイントの計算は、吊上げポイントを構成する部材によって作用する荷重の影響も含めたものでなければならない。

6.9.4.3

吊上げポイントにタガーラインが取り付けられる場合、吊上げポイントの設計では、その影響を考慮しなければならない。

6.9.4.4

荷重の仮定及び解析に関する要件を含め、吊上げポイントの設計に関連する追加の要件は、6.8 に含まれる。

6.9.5 スプレッド・バー/フレーム及びその他の吊設備の構造

6.9.5.1

構造物とみなされるスプレッド・バー/フレーム及び吊設備、その他の構造物の場合、これらは、6.9.2 のような荷重ケースを用いて、吊上げポイント（6.10.4 参照）と同様に扱わなければならない。影響係数は、6.9.3 に従って、スプレッド・バー及びフレームに適用されなければならない。

6.9.5.2

スプレッド・バー/フレーム及び吊設備、その他の構造物が認証されている場合、認証された WLL と DAF との積は、6.9.3 の該当する影響係数を考慮した動的荷重と比較される。

6.9.6 対象物のたわみ

6.9.6.1

スリング荷重及びスキュー荷重効果を計算する目的の場合、吊対象物が無限の剛性をもつと仮定することは、通常、認められる。ほとんどの場合、これは保守的である。ただし、後述の 6.9.6.2 を参照のこと。

6.9.6.2

不静定となる索具システムの吊作業では、対象物のたわみがスリング荷重分布に大きく影響を及ぼすことが起こりうる。このようなケースでは、通常は、索具と吊作業対象物の両方の剛性に十分配慮した上で、構造解析を実施することが要求される。

6.10 クレーン及び設置船

6.10.1 一般

6.10.1.1

この節では、吊作業が実施されるクレーン及び設置船に関する要件を定める。海中吊作業に関する追加の要件は 8.6 で与えられる。

6.10.2 クレーン

6.10.2.1

クレーン等安全規則が適用されるクレーンは、所轄都道府県労働局長の許可を受けたものでなければならない。船舶に固定されるクレーンは、国土交通省又は本会の検査を受け、登録されたものでなければならない。

6.10.3 フック荷重

6.10.3.1

静的フック荷重 SHL (6.3.1.2 参照) は、クレーン荷重・半径曲線（以下、クレーン曲線という。）に示されている荷重を超えてはならない。

6.10.3.2

クレーン曲線が、設計で使用する動的増幅係数 (DAF) を考慮していない場合、動的フック荷重 DHL (6.3.1.2 参照) はクレーン曲線から定まる許容値未満でなければならない。

6.10.3.3

クレーン曲線が既に特定の動的増幅係数 (DAF_{incl}) を含んでいる場合、含まれている DAF_{incl} を文書化し、本会に提供すべきである。静的フック荷重 SHL 及び動的フック荷重 DHL は、次を満足しなければならない。

$$SHL \leq W_{cc} \text{ かつ } DHL \leq W_{cc} \cdot DAF_{incl}$$

ここで、 W_{cc} はクレーン曲線から定まる許容静的フック荷重である。

6.10.3.4

クレーン曲線の最大荷重については、クレーンフック、ブロック又はワイヤの重量を含むか否かに特に注意を払う必要がある。

6.10.3.5

同じクレーンブーム上で同時に複数のフックを使用する吊作業の場合、使用されるフックに対して許容される同時荷重・半径に関する情報を文書化しなければならない。

6.10.3.6

クレーンに設計限界がある場合、適正に使用されることを示すため、適用されるクレーン曲線とともに作業パラメータを文書化しなければならない。クレーン作業条件は、通常、次の（最大）パラメータの組合せで定義される。

- DAF
- 風速
- クレーンに対するホイストライン角度の許容誤差
- クレーン船の静的なヒール及びトリム
- 海象（有義波高及び波周期）及び（船舶に対する）方位

6.10.3.7

クレーンには、必要に応じて、フック荷重監視システムを装備しなければならない。同監視システムは、最大クレーン荷重の 5%又は吊貨物重量の 10%以内の精度を有する、信頼性のあるシステムでなければならない。

6.10.3.8

偏心及び/又は非対象フック荷重は、許容限界内でなければならない。

6.10.4 ヒープ補償

6.10.4.1

ヒープ補償、又は、定張力の吊作業が計画されている場合の取扱いは、本会の適当と定めるところによる。

6.10.5 設置船

6.10.5.1

設置船は、予想される海象で目的とする機能を遂行する能力を有するものでなければならない。船舶の甲板レイアウトは、クレーンに適したものとし、障害物がない、十分な人員のアクセス通路を提供するものでなければならない。

6.10.5.2

構造物が岸壁で積込まれる状況で、吊作業、船舶の移動、構造物の移動を検討する場合は、構造物の周囲に十分なクリアランスを設けなければならない。

6.10.6 バンパー及びガイド

6.10.6.1

バンパー及びガイドの設計及び取扱いについては、本会の適当と認めるところによる。

6.11 作業ヤードでの吊作業

6.11.1 一般

6.11.1.1

この節は、次の吊作業に適用する。

- 作業ヤードにおける吊作業及び他のクレーン支援作業
- 積出し/陸揚げにおける陸上クレーンを使用した吊作業

6.11.1.2

前 6.11.1.1 の吊作業には、6.1～6.10 の関連要件が一般に適用される。この節では、このような作業での例外及び追加要件を記載する。

6.11.2 作業ヤードのクレーン

6.11.2.1

作業ヤードで使用されるクレーンは、所轄都道府県労働局長の許可を受けたものでなければならない（クレーン等安全規則）。

6.11.2.2

事業者は、クレーンの定期自主検査及び点検を実施し、その結果を記録し、3年間保存しなければならない（クレーン等安全規則）。

6.11.2.3

許容クレーン荷重は、クレーン曲線に基づいたものでなければならない。該当する場合、この曲線は、次の項目を明確に示したものでなければならない。

- (a) クレーンブームのタイプ及び長さ
- (b) カウンターウェイトの位置及びホイストライン・レグの最少の数
- (c) 転倒又は構造強度で制限される最大荷重
- (d) クレーンフック荷重で考慮されるクレーン設備（フック、ブロック、ホイストライン、ジブ）
- (e) 作業上の制限

6.11.2.4

クレーン作業を行う場合、クレーンのアウトリガーの支持のため基礎/地盤の強度が十分であることを文書化しなければならない。特に、排水溝、ドレン、地下サービスがある地域、掘削穴の端部近傍、埠頭周辺などに注意すること。また、クローラクレーンで作業を行う場合、最近埋め戻しがあった地域や悪天候の後で強度低下を起こしがちな地域では、クローラクレーン軌道のトーピーク荷重にも注意しなければならない。

6.11.2.5

走行カウンターウェイトについては、作業上の制限を考慮し、位置と重量を確認しなければならない。

6.11.3 追加の荷重

6.11.3.1

巻上げ作業の場合、追加の荷重が特に重要であり、徹底的に評価されなければならない。巻上げのための追加の荷重には、典型的なものとして、次の項目がある。

- (a) ウィンチ/タガーライン荷重
- (b) 支持反力荷重（垂直及び水平）
- (c) （支持部及びスリングでの）摩擦荷重
- (d) 風荷重
- (e) 支持部の据え付け

6.11.3.2

作業ヤードでの吊作業には、3 台以上のクレーンを使用する場合がある。少なくとも次の項目を考慮して極限クレーン荷重（例えば、クレーン内で起こりうる最悪の荷重分布）を計算すべきである。また、起こりうるクレーン荷重のばらつきを考慮して、感度解析を行うべきである。

- (a) クレーンで定義される支持レイアウト
- (b) 吊対象物の弾力性
- (c) クレーンのタイプ
- (d) 制限環境条件
- (e) 吊作業手順
- (f) 監視システム/許容誤差

6.11.3.3

吊構造物及び吊設備は、幾つかのケースでは、クレーンの極限荷重に基づいて設計すべきである（例えば、クローラクレーンの転倒荷重）。これは（正確なクレーン荷重の制御が困難な）不静定配置で使用頻度の高いクローラクレーンを用いた吊作業に特に関係する。

6.11.3.4

複数のクレーンを含む作業の場合、ホイストラインの最大の傾斜を計算で考慮しなければならない。

6.11.4 動的荷重

6.11.4.1

陸上クレーンによる吊作業に該当する DAF は、表 6-3 で与えられる。

6.11.4.2

対象物を吊った状態でクローラクレーンを走行させる場合は、起こりうる動的な効果を徹底的に評価すべきである。クレーン速度及び地表面の状態を考慮すること。文書化されていない場合は、表 6-3 の「沿岸」の係数を使用すべきである。

6.11.5 荷重ケース

6.11.5.1

作業ヤードでの吊作業に対応する荷重ケースは、6.2～6.9 の一般要件に基づくべきである。

6.11.5.2

複数クレーンの作業の場合、起こりうるクレーン荷重分布（6.11.3.2 参照）に関する感度解析を行うべきである。

6.11.5.3

陸上クレーンによる吊作業で、例えば巻上げ作業で構造物が幾つかの組立て支持部に接触し続ける場合、支持部の据付けによる変形を考慮する必要がある。荷重ケースとしては、ULS-a 及び ULS-b の条件として、荷重係数 1.0 の変形荷重が適用される（4 章参照）。

6.11.5.4

巻上げの場合、十分な数の巻上げ角度を含めて解析を行うべきである。索具システムでの高荷重、吊対象物等での高応力が、選択された角度の間で発生する可能性がある場合は、選択された角度の間の中間的なステップを考慮すべきである。

6.11.6 索具

6.11.6.1

スリング及びグロメットは、6.5 の要件に基づいて設計しなければならない。

6.11.6.2

対象物の巻上げ作業では、スリング連結部の回転に注意を払わなければならない。構造物がスリング・アイ又は二重スリング（6.4.7.2 参照）で回転する場合は、スリングのレグでの不均等な荷重分布の影響も考慮しなければならない。

6.11.6.3

認証がなくても、WLL ≤ 50 トンのシャックルは、次の事項を条件として認められる。

- (a) WLL がシャックル上に表示されていること。
- (b) 製品の製造者を判別できること。
- (c) 計算された動的シャックル荷重が WLL 以下であること。
- (d) シャックルが使用前に徹底的に検査されること。

6.11.7 作業及び慣行に関する検討事項

6.11.7.1

クレーンブームまでのクリアランス（計算値）は、すべての影響が評価された場合は、通常、0.5m 以上とすれば認められる。巻上げ作業の場合は、最小クリアランスの計算の際、計画されたホイストライン角度を考慮する必要がある。

6.11.7.2

クレーンブームは、すべてのクリアランス要件が確実に満たされるように、十分長いものでなければならない。

6.11.7.3

回転するクレーン及びカウンターウェイトの振り出し半径内でアクセス可能な場所は、人員との接触を防止するため、バリケードで囲う等の適切な措置を講じなければならない。

6.11.7.4

クレーンの振り出し部分と隣接する危険物又は構造物の間には、600mm 以上のクリアランスを常に維持すること。

6.11.7.5

クローラクレーンの軌道は、必要に応じてマーキングされなければならない。

6.11.7.6

クレーン、構造物及び索具の障害物は、徹底的にチェックしなければならない。これは、天井（例えば、電源ライン）にも適用される。天井に対する最小クリアランスは、法規で規定している場合は、それに従うこととし、定められていない場合は関係者で合意して定めること。

6.11.7.7

検査員及び監視（例えば、クレーンブーム半径/ブーム角度、荷重の読み値、構造レベルなど）により、すべての許容荷重に関する前提が適切に考慮されていることが確認されなければならない（6.11.2.3～6.11.2.6 参照）。

巻上げ作業の場合、次の項目を必要に応じて監視項目とするか、又は目視で確認しなければならない。

- (a) 吊上げ/立て起こし対象物のたわみ
- (b) ホイストライン角度
- (c) クレーン位置
- (d) 巻上げ角度
- (e) （例えば、構造物のクレーンブームに対する）クリアランス

6.12 クリアランス

6.12.1 一般

6.12.1.1

吊作業配置図は、以下に規定するすべてのクリアランスを明瞭に示すものでなければならない。

6.12.1.2

要求されるクリアランスは、実際の吊作業に基づいて決定されなければならない。通常は、次の項目を考慮して決定される。

- 吊作業の性質及び予測される期間
- クレーン船の機能
- 提案された設計環境条件
- 吊対象物の寸法及び重量
- 対象物で起こり得る傾き
- 吊作業を制御する能力
- 衝撃荷重の影響
- バンパー及びガイドの配置（設置される場合）

6.12.1.3

環境設計条件で要求されるクリアランスを評価する際は、次の項目の影響について考慮しなければならない。

- クレーン船の最大の運動
- DP/係留システムの能力
- 輸送船の運動
- 浮体構造物の運動

6.12.1.4

固定された主構造物への（又は主構造物からの）沖合での吊作業の場合、後述の 6.12.2～6.12.5 の最小クリアランスは、作業の各段階で維持されなければならないが、これよりも小さいクリアランスが認められる場合もある。小さいクリアランスが使用される場合、特別な考慮が要求され、吊作業の許容海象条件を下げることになる。このクリアランスは、対象物の吊高さ（傾斜なし）に基づくものであり、傾斜の設計角度が 2° を超える構造物の場合、クリアランスの増加を考慮すべきである。

フローティングクレーンを使用した沿岸での吊作業においても、本会の合意の下に、6.12.2～6.12.5 の最小クリアランスよりも小さいクリアランスとすることができる。

6.12.1.5

フローティングクレーン（係留又は DP）を使用した浮体式の主構造物への（又は主構造物からの）吊作業に要求されるクリアランスは、特殊なケースとして、浮体式の主構造物及びクレーン船の両方の位置保持解析（最大の運動）に基づいて決定されなければならない。

位置決め設備及び手順は、各々の特殊な作業で要求される最小クリアランスを維持するため、定義されなければならない。また、当該手順は、最小クリアランスが要求される期間をできるだけ短くする手順とすべきである。

6.12.2 吊対象物まわりのクリアランス：フローティングクレーン

6.12.2.1

固定された主構造物への（又は主構造物からの）吊作業の場合は、表 6-11 の最小クリアランスを吊対象物のまわりで

維持すべきである。

6.12.2.2

吊対象物が、バンパー/ガイド（又はピン/バケット）のシステム内でしっかり固定される場合、傾斜の最悪の組み合わせを考慮し、吊対象物の端部と主構造物の端部との間のクリアランスが確保されなければならない。このため、主構造物及び設置される吊対象物に対して、寸法管理調査の実施が要求される場合がある。

表 6-11 吊作業対象物のまわりの最小クリアランス（フローティングクレーン）

場所	最小クリアランス
(a) 吊対象物の任意の部分 ¹⁾ とクレーンブームとの間(対象物が吊られている場合)	3m
(b) 吊対象物の底面と他の構造物との間	3m（鉛直） ²⁾
(c) 吊対象物と同じ輸送船上の他の構造物との間 ³⁾	5m
(d) 吊対象物、索具又はクレーンワイヤと他の構造物（設置船を含む）との間 ⁴⁾	3m（水平）
注：	
1) 索具、スプレッド及び吊上げポイントを含む	
2) 吊作業の最終段階で、吊対象物が提案された着地場所（又は設置補助器具）の近くにある場合、吊対象物の下降が開始され、吊対象物を最終位置に移動する前のクリアランスは、提案された着地場所（又は設置補助器具）の上 1.5m として差し支えない。	
3) バンパー及びガイド、又は有効なタガーラインが使用される場合を除く。	
4) 専用のガイド又はバンパーが設置される場合を除く。	

6.12.2.3

輸送船/バージ上での吊対象物の底面と格子柵（grillage）又は固縛構造との間のクリアランスは、リフトオフ後における相対的な鉛直方向及び水平方向の運動の可能性を十分考慮して評価すべきである。これらのクリアランスが小さい場合、リフトオフ後の衝突による損傷を避けるための予防措置を講じるべきである。

6.12.2.4

海中の資産の上又は近くで対象物を船外へ吊作業を行う場合、落下物のための十分な水平クリアランスを検討する必要がある。要求されるクリアランスについては、本会の適当と認めるところによる。

6.12.3 吊作業対象物のまわりのクリアランス：SEP 船のクレーン

6.12.3.1

ジャッキアップ状態の SEP 船の甲板と固定された主構造物との間での吊作業の場合、6.12.2.1 のクリアランスは 1m に減らすことができる。ただし、適切なバンパー及びガイド、又はタガーライン等を使用したきわめて信頼度が高い操縦システムを使用し、経験のある船員により操作されることが条件となる。

6.12.4 クレーン船まわりのクリアランス

6.12.4.1

クレーン船が既存の固定した構造物に隣接して係留される場合、表 6-12 のクリアランスを維持すべきである。

表 6-12 クレーン船まわりの最小クリアランス

場所	損傷時/非損傷時	最小クリアランス
クレーン船/クレーンの任意の部分と固定したプラットフォーム（又は吊構造物）との間	係留システムは非損傷状態	5m（水平）
	1 ラインを喪失した係留システムの状態	3m（水平）

6.12.4.2

クレーン船が DP で位置保持される場合は、9 章の要件が適用となる。

6.12.4.3

船底クリアランスについては、表 6-13 のクリアランスを維持すべきである。

表 6-13 最小船底クリアランス

場所	海域	最小クリアランス
クレーン船の船底（スラストを含む）と海底との間	沖合 ¹⁾	3m（鉛直）
	沿岸 ¹⁾	1m（鉛直）
注 1) 潮汐条件，船舶の運動，吊作業中のドラフト増加及びヒール（又はトリム）の変化を考慮している場合		

6.12.5 係留索及びアンカーのまわりのクリアランス

6.12.5.1

前 6.12.4.1 でカバーされない係留索まわりのクリアランスを 9.5 クリアランスに示す。クリアランスとしては、クレーン船の作業位置及びスタンドオフ位置を考慮すること。

6.12.5.2

吊作業時は、実行できる場合は常に、係留が交差する状況を避ける必要がある。交差を避けることができない場合は、使用中のカテナリの分離は、9 章の要件を下回らないこと。係留構成又は海底の配置の理由で 9 章のクリアランスに関する要件を満足することができない場合は、リスク評価を実施し、必要に応じて特別な予防措置をとらなければならない。

6.12.6 作業ヤードでの吊作業のクリアランス

6.12.6.1

作業ヤードでの吊作業に対するクリアランス要件は、6.11.7 でカバーされる。

6.13 索具及び吊設備の製造

6.13.1 一般

6.13.1.1

この節では、スリング、グロメット、シャックル及び他の吊設備の製造について定める。

6.13.2 鋼製スリング及びグロメットの材料及び構造

6.13.2.1

鋼製スリング及びグロメットの構造は、JIS B 8817 等の本会が適当と認める規格に従うべきである。

【解説】

JIS B 8817 は、アイ部をスリーブで圧着したワイヤロープスリングの規格である。アイスプライスについては、クレーン等安全規則（第 8 章，第 1 節，第 219 条）及び NK 揚貨設備規則検査要領（6 章，6.3）に関連の規定がある。

6.13.2.2

鋼製スリング（又はグロメット）に使用される鋼製ワイヤロープは、JIS G 3525 等の本会が適当と認める規格に従ったものでなければならない。

6.13.2.3

鋼製スリング（又はグロメット）の最小破断荷重（MBL）は、JIS 等の本会が適当と認める基準に従い、製造者による試験で確認されなければならない。

6.13.2.4

鋼製スリング（又はグロメット）を幾つかの独立したロープから製造する場合、トータルの MBL は、本会の適当と認めるところによる。

6.13.2.5

鋼製スリングのアイの長さは、目的とする吊上げポイントの細部に適したものとする。また、アイの内部開き角は、製造者が指定する範囲内の角度とすべきである。

6.13.2.6

鋼製スリング（又はグロメット）の長さについては、スキュー荷重（6.4.6 参照）等の計算で高精度が要求される場合、長さ及び許容誤差を特定しなければならない。

6.13.2.7

鋼製スリング（又はグロメット）の長さは、適切な測定により文書化されなければならない。測定中、スリング（又はグロメット）は完全に支持され、適切な張力を作用させること。試験張力は、製造者の基準に従うこととするが、通常は、MBL の 2.5%～5.0% の範囲にある。

6.13.2.8

スキュー荷重係数を決定する際は、鋼製スリング（又はグロメット）の弾性係数が必要となる。この弾性係数は、適切な張力による長さ伸びの測定結果から決定すべきである。

6.13.2.9

作業現場でスリングの端部を手でより継ぎすることは、原則として認められない。

6.13.3 合成繊維製スリング及びグロメットの材料及び構成

6.13.3.1

合成繊維製スリング及びグロメットの構成は、JIS B 8818, 8811 等の本会が適当と認める規格に従ったものでなければならない。

6.13.3.2

合成繊維製スリング（又はグロメット）は、ポリエステル、ハイモジュラスポリエチレン（HMPE）、アラミド繊維又は他の合成繊維材料で製造される。使用されるすべての材料の品質及び特性は文書化されなければならない。

6.13.3.3

合成繊維製スリング（又はグロメット）の最小破断荷重（MBL）は、ローブ試験片を用いた破断試験により決定されなければならない。破断試験の方法及び手順は、JIS B 8818, 8811 等の本会が適当と認める規格に基づくものであること。大型の合成繊維製スリングであって試験片全体の破断試験が不可能な場合は、MBL を定める代替の方法が認められる。

6.13.3.4

合成繊維製スリング（又はグロメット）の場合、最大及び最小作業温度が定義され、明確に特定されなければならない。

6.13.3.5

合成繊維製スリングは、最初に使用する前に耐力試験を実施すべきである。合成繊維製スリングの耐力は、 $WLL (= MBL/\gamma_{sf})$ 、 MBL ：スリングの最小破断荷重、 γ_{sf} ：スリングの安全係数）を用いて表 6-14 のように表される。

表 6-14 合成繊維製スリングの試験耐力

WLL (トン)	試験耐力 (トン)
$WLL \leq 25$	$2 \times WLL$
$25 < WLL$	$1.22 \times WLL + 20$

ただし、合成繊維製スリングの使用目的、製造者の品質管理などを考慮し、本会は耐力試験の省略を認める場合がある。

6.13.3.6

合成繊維製スリング（又はグロメット）の長さについては、スキュー荷重（6.4.6 参照）等の計算で高精度が要求される場合、長さ及び許容誤差を特定しなければならない。

6.13.3.10

合成繊維製スリング（又はグロメット）の長さは、適切な測定により文書化されなければならない。測定中、スリング又はグロメットは完全に支持され、適切な張力を作用させること。試験張力は、製造者の基準に従うこととするが、通常は、MBL の 2.5%～5.0% の範囲にある。測定は、耐力試験の後に実施される。

6.13.4 シャックルの材料及び構成

6.13.4.1

シャックルの構成は、JIS B 2801 等の本会が適当と認める規格に従ったものでなければならない。

6.13.4.2

各シャックルは、製造後に耐力試験を実施しなければならない。試験耐力は、適用する規格で定められている場合はその規格に従うこととし、定められていない場合は、表 6-15 に従うこととする。

表 6-15 シャックルの試験耐力

WLL (トン)	試験耐力 (トン)
$WLL \leq 25$	$2 \times WLL$
$25 < WLL$	$1.22 \times WLL + 20$

6.13.4.3

シャックルは、耐力試験後の検査で幾何学的変形、き裂又は他の欠陥が発見された場合、使用してはならない。

6.13.5 構造物としてみなされるスプレッド・バー/フレームの材料及び構成

6.13.5.1

この項は、構造物とみなされるスプレッド・バー/フレームに適用される。

6.13.5.2

材料選択、製造法及び NDT は、本会が適当と認める規格に従ったものでなければならない。

6.13.5.3

スプレッド・バー/フレームを構成する主要部分の材料は、強度、延性、靱性及び溶接性について適切な特性を有するものでなければならない。同材料は、材料のトレーサビリティとともに、製造者の証明書を有するものでなければならない。製造時のパッケージは、少なくとも、次の項目を含むものでなければならない。

- 設計報告書
- 製造時の図面
- 検査及び試験計画書
- 溶接士の資格
- 溶接施工要領書（WPS）及び溶接施工法試験証明書
- 溶接材料証明書
- 材料証明書
- NDT 報告書（実施者の資格及び手順を含む）
- 寸法報告書
- 重量・重心報告書

6.13.5.4

既存のスプレッド・バー/フレームで吊作業のために改造される場合、既存の製造時のパッケージは、前述の 6.13.5.3 の関連要件とともにアップデートすること。

6.13.6 油圧吊作業ツールの材料及び構成

6.13.6.1

吊作業ツールの構成は、本会が適当と認める規格に従ったものでなければならない。

6.13.6.2

吊作業ツールを構成する主要部分の材料は、強度、延性、靱性及び溶接性について適切な特性を有するものでなければならない。同材料は、材料のトレーサビリティとともに、製造者の証明書を有するものでなければならない。

6.13.6.3

吊作業ツールは、設計圧力の 1.5 倍の圧力で圧力試験を行ったものでなければならない。

6.13.6.4

油圧システムはフェイルセーフ設計がなされるべきである。油圧パワー喪失時にはツールは通常操作荷重を伝達し続けるべきである。

6.13.6.5

関連するすべての試験証明書は、製造者が発行することとして差し支えない。ただし、試験の内容により、本会は使用前に立会試験を要求する場合がある。

6.13.6.6

吊作業ツールの操作及び監視手順書は、予測可能で、かつ重大な結果をもたらすすべての操作エラーを確実に防止できるものでなければならない。外部（又は内部）の油圧で制御される吊作業ツールは、必要に応じて、次の項目を有するものであること。

- クレーン運転手の運転室に近い目視確認できる遠隔監視システム
- ツールの開閉を示すシステム内の圧力計（又は、指示器）
- 圧力読み値への影響を避けるため、ツールに安全にできるだけ近づけた重複する圧力計（又は指示器）
- 油圧システムの故障時にツールを解放する二次的手段

6.13.7 補助吊設備の材料及び構成

6.13.7.1

構造物とみなされないスプレッド・バー/フレームは、補助吊設備とみなされ、この項の要件が適用される。

6.13.7.2

WLL は、設備に明瞭にマーキングされなければならない。また、WLL は証明書において適用される荷重の制限とともに明示されなければならない。

6.13.7.3

補助吊設備（6.7.4 参照）は、本会が適当と認める規格に従って、設計、製造及び試験されることとし、製造者が発行する証明書とともに引き渡されなければならない。試験耐力は、適用する規格で定められている場合はその規格に従うこととし、定められていない場合は、表 6-16 に従うべきである。ただし、補助吊設備の使用目的、製造者の品質管理などを考慮し、本会は耐力試験の省略を認める場合がある。

表 6-16 補助吊設備の試験耐力

補助吊設備	WLL (トン)	試験耐力 (トン)
スプレッド・バー/フレーム	$WLL \leq 10$	$2 \times WLL$
	$10 < WLL \leq 160$	$1.04 \times WLL + 9.6$
	$160 < WLL$	$1.1 \times WLL$
単一シーブブロック ¹⁾	—	$4 \times WLL$
複数シーブブロック ²⁾	$WLL \leq 25$	$2 \times WLL$
	$25 < WLL \leq 160$	$0.933 \times WLL + 27$
	$160 < WLL$	$1.1 \times WLL$
チェーン、フック、スィベル等	$WLL \leq 25$	$2 \times WLL$
	$25 < WLL$	$1.22 \times WLL + 20$
注：		
1) 単一シーブブロックの WLL は、ブロックに作用する荷重の 50% とすること。		
2) 複数シーブブロックの WLL は、ブロックに作用する荷重とすること。		

6.14 索具、吊設備及び吊上げポイントの認証及び検査

6.14.1 一般

6.14.1.1

この節では、16.13 の索具及び吊設備の認証及び検査、並びに 6.8 の吊上げポイントの検査に関する要件を定める。

6.14.1.2

吊索具として使用されるスリング、グロメット、シャックル等は、製造者の証明書を有するものでなければならない。

6.14.2 スリング及びグロメットの認証、検査及び再確認

6.14.2.1

認証：

スリング及びグロメットは、JIS B 8817 等の本会が適当と認める規格に適合していることを示す製造者の証明書を有するものでなければならない。

6.14.2.2

沿岸及び沖合で使用されるスリング又はグロメットの場合、証明書は2年以内に発行されたものでなければならない。陸上で使用されるスリング又はグロメットの場合、証明書は4年以内に発行されたものでなければならない。ただし、後述の 6.14.2.6 に示すスリング又はグロメットの再認証/再確認を行った場合はこの限りではない。

6.14.2.3

スリング/グロメットの証明書は、少なくとも次の項目を示すべきである。

- 固有の ID 番号
- 製造者名称
- 製造日
- 適用した規格
- MBL
- 耐力（耐力試験を実施した場合）
- 直径及び長さ
- 構成のタイプ
- 弾性係数（該当する場合、6.13.2.9 参照）

6.14.2.4

前 6.14.2.3 に加え、合成繊維製スリング及びグロメットの場合は、必要に応じて次の情報を含めなければならない。

- 最小曲げ直径
- 使用限界条件
- 最大・最小作業温度

6.14.2.5

各スリング及びグロメットは、対応する証明書に関して明確に特定されるものであること。

6.14.2.6

再認証又は再確認：

再認証又は証明書の再確認が要求された場合、スリング（又はグロメット）は、製造者（※）により徹底的に検査さ

れ、評価されなければならない。要求された場合、製造者（※）は新しい証明書を発行しなければならない。再認証/再確認の手順は、適切な基準がある場合はそれに従うこととし、通常は以下の内容が含まれる。

- 再認証/再確認を受けるスリング及びグロメットは、適切に清掃すること。内部の状態及び腐食をチェックするため、ランダムな開放を行うこと。開放の数は、長さによるが、少なくとも 3 か所の異なる場所であること。
 - 初回の証明書で特定されたスリングの公称長さは、新しい証明書を発行する前に、張力下での測定により検証すること。
 - 耐力試験を実施し、その後、目視検査及び NDT（PT 又は MPI）を実施すること。
- （※）本会が適当と認めた場合は第三者検査機関による検査も認める。

6.14.2.7

前 6.14.2.6 に定める再認証/再確認要件を満足することができない場合、スリング（又はグロメット）の再使用は認められない。

6.14.2.8

定期的点検：

吊作業に使用されるスリング及びグロメットは、現場責任者により定期的点検が実施され、点検の結果は記録として保管されなければならない。定期的点検のインターバルは、適用される法規又は規格で要求される場合はそれに従うこととするが、法規又は規格で定められていない場合は、12 か月以内としなければならない。

6.14.2.9

吊作業前：

すべての吊設備は、良好な状態であり、各吊作業の前に徹底的に検査されなければならない。スプライス（より継ぎ部）及び端部の状態には、特に注意を払うべきである。

6.14.2.10

スリング及びグロメットは、次の条件が適用される場合、廃棄されるか、又は、6.14.2.6 に従って再検証/再認証を受けなければならない。

- 明らかな損傷又は劣化
- 前回の過負荷の兆候
- 信頼性がない取扱い又は保管の履歴

6.14.2.11

記録：

重量物用スリング及びグロメットの場合（一般的に MBL が 500 トンを超えるもの）、データ/ログブックを維持しなければならない。また、データ/ログブックには、少なくとも、次の項目を含めるべきである。

- 関連するすべての証明書
- 点検レポート
- 取扱い及び保管/維持
- 保管履歴

6.14.3 シャックルの認証及び検査

6.14.3.1

認証：

シャックルは、JIS B 2801 等の本会が適当と認める規格に適合していることを示す製造者の証明書を有するものでなければならない。

6.14.3.2

沿岸及び沖合で使用されるシャックルの場合、証明書は 2 年以内に発行されたものでなければならない。陸上で使用されるシャックルの場合、証明書は 4 年以内に発行されたものでなければならない。再認証/再確認を実施する場合はこの限りではないが、再認証/再確認は、耐力試験及びその後の目視検査及び非破壊検査（PT 又は MPI）を含むものでなければならない。

6.14.3.3

シャックルの証明書は、少なくとも次の項目を示すべきである。

- 固有の ID 番号
- 製造者名称
- 製造日
- 適用した規格
- MBL
- 耐力
- WLL
- 使用材料

6.14.3.4

各シャックルは、対応する証明書に関して明確に特定されるものでなければならない。証明書で特定された WLL は、明瞭にシャックル上にマーキングすべきである。

6.14.3.5

定期的点検：

吊作業に使用されるシャックルは、現場責任者により定期的点検が実施され、点検の結果は記録として保管されなければならない。定期的点検のインターバルは、適用される法規又は規格で要求される場合はそれに従うこととするが、法規又は規格で定められていない場合は、12 か月以内としなければならない。

6.14.3.6

吊作業前：

すべてのシャックルは、良好な状態であり、各吊作業の前に徹底的に検査されなければならない。変形、き裂又は他の欠陥がないこと、また、異常な負荷の兆候がないことを確認しなければならない。

6.14.4 構造物としてみなされるスプレッド・バー/フレームの認証及び検査

6.14.4.1

この項は、構造物としてみなされるスプレッド・バー/フレームに適用される。

6.14.4.2

認証及び検査要件は、吊対象物に対する要件と同じとする。

6.14.4.3

すべてのスプレッド・バー/フレームは、良好な状態であり、各吊作業の前に徹底的に検査されなければならない。変形、き裂又は他の欠陥がないこと、顕著な腐食がないこと、索具接続ポイントの支持表面が良好な状態にあること、並びに、異常な負荷の兆候がないことを確認しなければならない。

6.14.4.4

スプレッド・バー/フレームは、少なくとも 12 か月毎に検査されなければならない。

6.14.4.5

繰り返し作業で使用するスプレッド・バー/フレームは、その使用法及び使用率に基づき、さらに頻繁に定期的な非破壊検査（NDT）を実施しなければならない。吊上げポイント範囲の溶接部は、後述の 6.14.7 と同様の検査を実施しなければならない。吊上げポイント以外の範囲の溶接部は、本会との合意の下に、溶接部範囲を限定して NDT を実施することができる。

6.14.4.6

過度の、又は制御されない荷重状態が発生していた場合、スプレッド・バー/フレームは、前 6.14.4.5 と同様の非破壊検査を実施しなければならない。

6.14.5 油圧吊作業ツールの認証及び検査

6.14.5.1

吊作業ツールは、本会が適当と認める規格に適合していることを示す製造者の証明書を有するものでなければならない。

6.14.5.2

陸上、沿岸及び沖合で使用する吊作業ツールの証明書は 4 年以内に発行されたものでなければならない。この点を除き、吊作業ツールには、シャックルに適用される要件（6.14.3 参照）が適用されなければならない。

6.14.5.3

グリップパー及び油圧システムの状態には特に注意を払い、腐食や漏洩がないことを確認しなければならない。

6.14.6 補助吊設備の認証及び検査

6.14.6.1

補助吊設備は、本会が適当と認める規格に適合していることを示す製造者の証明書を有するものでなければならない。

6.14.6.2

補助吊作業設備には、シャックルに適用される要件（6.14.3 参照）が適用されなければならない。

6.14.6.3

補助吊作業設備とみなされるスプレッド・バー/フレームには、6.14.4.3 の要件が適用される。

6.14.6.4

ブレードの吊作業では、通常ブレード専用の吊設備（器具）が使用される。ブレード専用の吊設備に対して製造者が発行する証明書は、次の項目を含むものでなければならない。

- 最大荷重
- ブレード全体寸法に対する制限
- 作業限界（例えば、最大風速）

6.14.7 吊上げポイントの検査

6.14.7.1

現場で施工された吊上げポイントは、吊作業の前に検査されなければならない。最初の吊作業の場合、吊上げポイントの溶接部については、次の目視検査及び非破壊検査（NDT）を実施しなければならない。NDT の範囲は、文書化されなければならない。

- すべての溶接部に対する 100% の目視検査
- すべての溶接部に対する 100% の浸透探傷試験（PT）又は磁粉探傷試験（MPI）
- すべての突合せ溶接部に対する 100% の超音波探傷試験（UT）

これらの検査は、溶接終了から 48 時間以降に実施すべきであるが、本会が適当と認めた場合は 24 時間以降とすることができる。

6.14.7.2

同じ吊上げポイントを使用するその後の吊作業においては、次を条件として、目視検査のみとすることができる。

- (a) 目視検査で、吊上げポイントの材料及び溶接に損傷がないことが示されること。
- (b) 索具システムが、以前の吊作業で使用したものと類似しており、吊上げポイントが当該索具システム用に設計されていること。
- (c) 以前の吊作業で、過度の又は制御されない荷重状態が発生していないこと。

6.14.7.3

前 6.14.7.2 の目視検査で損傷が発見された場合、適切な修理が行われなければならない。修理後は、前 6.14.7.1 の検査が実施されなければならない。

6.14.7.4

前 6.14.7.2 で (b)又は(c) の条件が満たされなかった場合は、前 6.14.7.1 の検査が実施されなければならない。

6.14.7.5

吊上げポイントと構造物とがボルトで接合される場合がある。このようなボルトは、次の条件が満たされる場合にのみボルトの繰返し使用が認められる。

- ボルトの予張力がボルト材の降伏強度の 60%を超えないこと。
- 吊作業中に生じる最大荷重がボルトの（安全係数を考慮した）設計値を超えないこと。
- 使用前に目視検査を実施し、必要に応じて非破壊検査（NDT）を実施すること。
- 定期的な非破壊検査（NDT）及び交換インターバルを含む検査計画を文書化し、本会（MWS 機関）に提出すること。

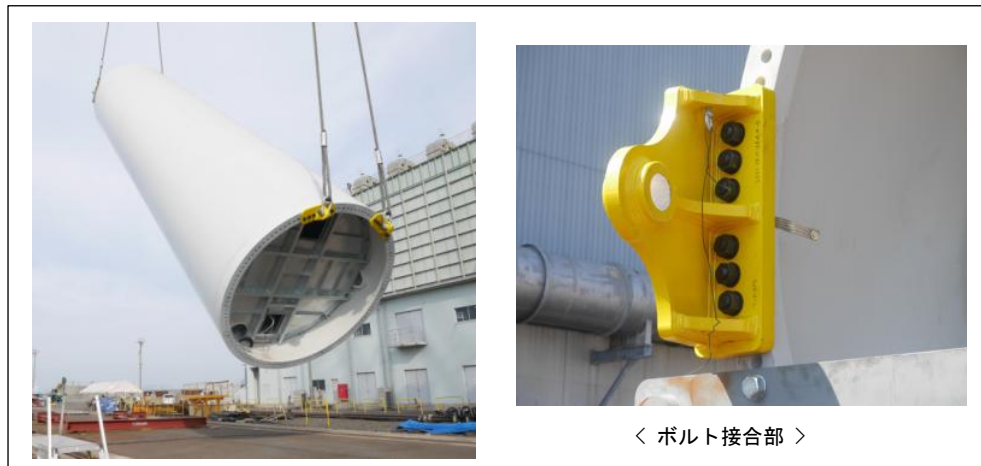


図 6-12 ボルト接合された吊上げポイントを用いた吊作業

6.15 作業及び慣行に関する検討事項

6.15.1 一般

6.15.1.1

この節では、船上のクレーンを使用した吊作業及び慣行に関する検討事項について説明する。陸上クレーンを使用した吊作業及び慣行に関する検討事項は 6.11.8 に示されている。

6.15.2 船舶の運動及び作業の詳細

6.15.2.1

クレーン船を使用する場合、吊作業前の期間にクレーン船の運動を監視し、次の項目を考慮して動的な挙動が許容できるものであることを確認しなければならない。

- 吊作業対象物の重量及びサイズ
- 輸送船からの吊作業のためのクリアランス
- 巻上げ速度
- 設置のためのクリアランス
- 設置の許容誤差

6.15.2.2

吊作業の開始前に、輸送船の運動を監視しなければならない。重量が取り除かれたときの輸送船の姿勢の変化を考慮すること。

6.15.2.3

浮体構造物上に降ろす場合、その手順は、吊作業対象物がどの程度浮体構造物の喫水及びトリムに影響を与えるかを示すものでなければならない。降下速度の許容範囲は、スナッチ荷重、リフトオフ、又は浮体構造物の過大な運動を避けるように設計されなければならない。

6.15.2.4

船舶から船舶への吊作業の場合、クレーンフックと対象物との間の相対運動は、吊作業開始前に、注意深く評価されなければならない。2.0m を超える相対運動は推奨されない。

6.15.2.5

すべての支持点で同時のリフトオフとなるよう、吊作業前又は吊作業中の輸送船のバラストを考慮しなければならない。

6.15.2.6

クレーン船による吊作業の場合、係留索を緩めることやスラストの使用により、クレーン船と吊対象物との間で起こりうる拘束荷重が可能な限り生じないようにすべきである。

6.15.3 固縛されない設備

6.15.3.1

固縛されない設備、機器及び足場は、吊作業中に動かないように固定されるものとし、その重量及び位置は、設計重量の上限（設定されている場合）で考慮しなければならない。

6.15.4 スリング及びシャックル

6.15.4.1

スリングの取扱いを以下に示す。

- (a) スリング配置は、認められる慣例に従ったものであること。
- (b) 直径の大きいスリング及びグロメットは、取扱い中及び設置中のねじれを監視するため、長さに沿って白線で塗装されること。
- (c) スリングのねじれを避けるためフックとの接続を監視できるよう、スリングアイの片側を塗装すること。スリングがフックに接続される場合、塗装がフックの外側部分となるよう、スリングに塗装するのが理想的である。
- (d) 各スリング長さは、索具配置を意図的に非対称としている場合を除き、できるだけ正確に一致させること。この場合は、通常、同じタイプのスリングのペアが使用される。スリング長さに不一致がある場合、各スリングはスキュー荷重を最小限に抑えるように配置すること。
- (e) スリングは、船舶の運動に対して適切に固定され、鋭いエッジ及び隣接する構造物との摩耗から保護されること。航海中に高い加速度に遭遇する高い構造物に索具を固定する場合は、特に注意すること。
- (f) 吊作業時、スリングが通路や手すりのような障害物に絡まらないようにし、避けられない障害物は、適切に保護すること。
- (g) スリングを犠牲陽極が固定された構造物に設置する場合は、犠牲陽極の場所に注意しなければならない。
- (h) スリングは、吊作業のときにキンクを生じてはならない。
- (i) 単一の吊上げポイントに単一のスリングが取り付けられる場合、荷重が作用した状態でスリングがほどけることを防止するため、吊対象物及びスリングの上部接続点の回転を防止する対策を講じること。
- (j) スリングは、スリング内で曲げやキンク又はねじれが生じないように固定され、端部又は端部に近接した場所では、曲げが作用しないようにすること。
- (k) ハンドスプライス部を有するスリングは、作業のすべての段階で、回転を防止できるようにしなければならない。
- (l) スリングは、スリング近くで施工される溶接又は切断作業から確実に保護されること。

6.15.4.2

長さを増すため、スリングの端部と端部とをシャックルで接続することは許容される。ただし、よりの方向が異なるスリングを互いに接続してはならない。

6.15.4.3

追加のシャックルの挿入又は特別に設計されたリンク・プレートの使用により、スリングを長くすることは許容される。

シャックル間の接続は、シャックルが中心に留まるようにするため、ストレート型の弓形部分間で行うこととし、シャックル製造者が特に認めた場合を除き、以下の接続は避けるべきである。

- ピンとピンとの間の接続
- ピンと弓形部分との間の接続
- バウ型シャックルにおける弓形部分間での接続

6.15.4.4

スリング及びグロメットは、JIS B 8817 等の本会が適当と認める規格に従って製造され、検査されるべきである。新品か既存品かにかかわらず、すべての索具部品に対し、この文書の要求に従って徹底的な検査が行われなければならない。

6.15.4.5

スリング、シャックルなどのすべての吊設備は、製造者の作業インストラクションに従って使用されなければならない。

6.15.4.6

索具の色分け（各吊作業/立て起こしポイントにセットされた索具当たり 1 種類の色）を検討すること。これは、特にスリング及び連結具が、吊上げポイントとの取付けの前に、地上又はデッキ上で緩めた状態で事前チェックされるとき、それらを取り間違えないようにするための慣例である。

6.15.4.7

スリング/グロメットは、フックへの接続が安全に行われ、張力を確保できるよう、取扱いは適切に管理されなければならない。スリング/グロメットは、取扱い中の損傷を防止するため、合意された手順に従って作業ヤードで取扱うこととし、ID タグ等の手段で識別されるべきである。

6.15.4.8

スリング/グロメットは、突然のむち打ちやねじれが生じるので、取扱い及び設置中は十分注意しなければならない。作業実施中は、その取扱い及び設置に指名された者だけが近くにいるべきである。

6.15.4.9

油圧式、空気圧式又は遠隔操作のリリースメカニズムを含む吊設備は、フェイルセーフとして設計されなければならない。

6.15.4.10

スリング/グロメットがトラニオンに連結される場合、リリース防止手段を設けなければならない。

6.15.4.11

吊対象物とクレーンフックとの間の吊索具の連結/取外し（玉掛）は、詳細に計画されなければならない。その計画には、次の事項を含めることとするが、これらに限定されるものではない。

- (a) 設置/連結又は取外し中の重量物吊作業設備のための安全取り扱い（例えば、シャックル、吊作業ツール及びスプレッド・バー/フレーム）
- (b) ピン及びシーブが吊作業に使用される場合で、ピンが大きすぎて手で引き抜くことができない場合は、ピン引き抜きシステムを設置すること。このシステムは、ピンが吊上げポイントから明確に引き抜かれ、復旧前に支持されるものであること。シーブがスリングとともに復旧される場合、シーブをスリングに安全に固定すること。
- (c) シャックルが吊システムに使用される場合、ピンをシャックルに安全に戻せる場合を除き、吊作業後の復旧のときに安全が確保されるよう、シャックルをスリングに安全に固定する手段を設けること。これは、油圧リリースシャックルの場合に特に重要である（オフセット油圧ユニットにより、シャックルが不安定となる）。
- (d) 玉掛作業者のため、容易なアクセス及び適切な作業環境を提供すること。索具システムを上昇又は下降させる際、アクセスは、アクセスを通過する索具の移動を許容できるものであること。可能な場合、索具は、高所作業を避けるため、フックとの接続点がデッキレベルとなるように設置すること。
- (e) 重量物の吊設備のバック・ローディングについては、安全に実施され、索具を陸揚げして保管するだけの十分なデッキスペースを確保するよう、注意を払うこと。
- (f) 吊上げポイントの細部は、索具が容易かつ安全に連結/取外しできるようにすること。

- (g) 設備及び構造物は、スリングが吊上げポイントから取外されたとき、及び、その後クレーン船への復旧のため引き上げられたとき、スリングの動きからそれらを保護する必要がある。
- (h) 海中吊作業の場合、吊対象物の吊上げポイント及び晒される範囲は、索具の緩み、リリース及び索具の引掛かりがない復旧を考慮して設計すること。

6.15.4.12

合成繊維製スリングを使用する吊作業の場合、索具設計及び吊作業手順は、機械的損傷（例えば、切断又は摩耗）及び吊対象物に対する相対的な滑りの可能性を徹底的に考慮し、防止するものでなければならない。摩耗又は荷重状態でスリングの伸びによる損傷の可能性を考慮しなければならない。合成繊維製スリングをシャックル又は他の索具部品に接続する際は、折れ曲がり、集束化及び挟み込みを避けること。

6.15.5 スプレッド・バー/フレーム

6.15.5.1

スプレッド・バー/フレームは、船舶の運動に対して十分安全なものでなければならない。航海中に高い加速度に遭遇する高い構造物の場合、安全性の確保に特に注意すること。

6.15.5.2

設置船のデッキ上でスプレッド・バー/フレームを安全に取扱うための手段を講じなければならない。

6.15.5.3

油圧システムの操作により吊構造物からリリースされるスプレッド・バー/フレームについては、要求された場合、使用される作動油は環境にやさしく、生分解系のものでなければならない。

6.15.5.4

スプレッド・バー/フレームを船舶のデッキ上に降ろす場合、吊構造物ともつれることなく、吊作業位置に回転してセットできるよう、索具を十分長くすることに注意しなければならない。下側のスリングが緩むと、スリングがカタナリを形成するため、有効長さが測定長さよりも短くなることに注意すること。

6.15.5.5

スプレッド・バー/フレームが吊対象物上の設備又は構造物に近接して置かれる場合、吊作業前に引き上げられる、又は吊作業後にスプレッド・バー/フレームの支持部に降ろされるため、スプレッド・バー/フレームが吊対象物の損傷を引き起こすことを防止するガイドを設けるべきである。下側のスリングは、スプレッド・バー/フレームが引き上げられたときに動くため、また、荷重がシステムに作用する前にスプレッド・バー/フレームを回転させるため注意を払うこと。

6.15.5.6

油圧アクチュレータがピンの引き抜きに使用される場合、適切な操作油であり、かつ、アクチュレータ内の圧力がピンの全ストロークに対して十分な圧力であることが、試験により示されなければならない。

6.15.5.7

スプレッド・バー/フレームが（ピンを用いて）吊作業対象物に直接接続される場合、制御不能状態でスプレッド・バーが落下しないように、又は、スプレッド・フレームの場合は降下してもよいが、復旧が管理されるように、支持及び拘束システムを組込むべきである。

支持システムは、早い段階で一つのピンがリリースされた場合、ピンがリリースされる場所で支持を喪失し、スプレッド・バー/フレームに回転が生じ、これにより他のピンがリリースされることがないように、鉛直方向の移動を最小化すべきである。これは、是正措置が困難な海中作業の場合、特に重要である。

6.15.5.8

スプレッド・バーが、（ピンを用いて）吊作業対象物に直接接続される場合であって、構造物の立て起こしのため、スプレッド・バーの回転が必要となる吊作業の場合、吊上げポイントがロックされることなく回転し、また、回転中に吊作業対象物とともに壊れるようなものがスプレッド・バー上になことを示さなければならない。詳細なチェックとサイトでの回転試験が行われることが望ましい。

6.15.6 荷重及び運動制限システム

6.15.6.1

リフトオフ及び設置の場合、水平方向の運動を拘束するため、バンパー及びガイドを使用できる。

6.15.6.2

水平方向の運動を拘束するため、タガーラインを使用できる。タガーラインの使用は、適切に計画され、設計されなければならない。設計文書には、通常、次の項目を含めるべきである。

- レイアウトのスケッチ/図面
- 取付けポイントの詳細
- 船舶の運動により（索の緩み及び衝撃荷重を避けるため）要求されるタガーライン張力の概略値及びその張力を維持する方法
- クレーンフック及び/又は（使用する場合）スプレッド・バーに対するタガーライン
- すべての関連部品能力チェック

6.15.6.3

タガーラインが吊作業対象物に取付けられる場合、取付けポイントは、タガーラインに作用する最大荷重の 1.3 倍以上の終局強度（ULC 又は MBL）を有するべきである。

6.15.6.4

吊対象物の制御にタガーワイヤが使用される場合、タガーワイヤ配置に要求される能力を計算すること。この場合、ウィンチのワイヤ張力とウィンチの巻き出し/巻き取り速度の両方を考慮すること。

6.15.6.5

荷重/運動制限システムについて、信頼性がある文書化がなされない場合、同システムの不具合を考慮した緊急ケースを調査しなければならない。必要に応じて、事故限界状態（ALS）の計算が行われる。

6.16 要求される情報

6.16.1 要求される一般情報

6.16.1.1

承認が要求される場合、パッケージは以下の項目で構成される。

- (a) 吊対象物に関する構造解析報告書 (6.9 参照)
- (b) 索具配置パッケージ (6.16.3 参照)
- (c) 作業船、クレーン及び係留/DP システムの詳細
- (d) 管理体制、リスク評価及び作業マニュアル/手順書

6.16.2 吊対象物

6.16.2.1

吊対象物に関する計算を文書化しなければならない。この文書は、吊作業で作用する荷重に、過度の応力が生じることなく耐えられる能力を示したものとし、荷重、安全係数、及び荷重ケース (6.9 参照) を使用すること。計算パッケージは、少なくとも次の項目を提示しなければならない。

- (a) 設計基準
- (b) 主要構造部材の平面図、正面図及び断面図
- (c) 構造モデル (吊上げポイントのオフセットを含め、提案された吊作業形状を考慮したものであること。)
- (d) 重量及び重心 (4.2.2 に記載された重量レポートによる重量及び重心位置の正当性を含む)
- (e) 海中吊作業の解析結果
- (f) 鋼の等級及び特性
- (g) 課される荷重ケース

6.16.2.2

各吊上げポイント及びその構造物への固定部が、設定された荷重及び荷重係数に対して適切であることを示すため、パッドアイ、パッドイヤ及びトラニオンを含むすべての吊上げポイントに関する解析又は等価な正当性を提示しなければならない。スプレッド・バー、ビーム及びフレームについても、同様の解析結果が要求される。

6.16.2.3

該当する場合、認証機関、船級協会又は同様の機関により、作業が開始される前に、吊上げポイント及びその固定部を含む構造物が図面及び仕様に従って製造されていることが確認される。吊作業のための構造物の状態は、証明書、試験報告書、調査報告書及び NDT 報告書に基づいて認められる。

6.16.3 索具の配置

6.16.3.1

以下の項目を示す索具形状に関する文書を提示すること。

- (a) 構造物の寸法
- (b) 重心位置
- (c) 吊上げポイント
- (d) クレーンフック
- (e) スリング長さ及び角度 (シャックル寸法を含めること)

6.16.3.2

設定された荷重係数を考慮した、スリング及びシャックルの荷重及び要求される破断荷重の計算を提示すること。

実際のスリング及びシャックルの一覧表：

- (a) 構造物上の位置
- (b) スリング/シャックルの識別番号
- (c) スリング長さ及び直径
- (d) スリング及びグロメットの MBL
- (e) シャックルの WLL 及び MBL（又は安全係数）
- (f) 構造
- (g) すべての索具構成部品の製造者の検査/試験証明書

6.16.3.3

スプレッド・バー/フレームの荷重試験が（6.13.7 の要求どおりに）行われていない場合、少なくとも以下の情報を示す製造時調査書類を提示すること。

- (a) 設計報告書
- (b) 製造時の図面
- (c) 検査及び試験計画書
- (d) 溶接士の資格
- (e) 溶接施工手順書（WPS）及び溶接施工試験報告書
- (f) 溶接消耗品証明書
- (g) 材料証明書
- (h) 材料及び溶接のトレーサビリティ
- (i) 熱処理報告書（要求された場合）
- (j) NDT 実施者の資格
- (k) NDT 手順
- (l) NDT 報告書
- (m) 寸法報告書
- (n) 重量報告書（要求された場合）
- (o) 第三者証明書（ある場合）

7章 輸送 (Transportation)

7.1 一般

7.1.1 一般

7.1.1.1

この章は、輸送のための MWS 要件を定めるものであり、次の輸送作業を含む。

- (a) バージによるドライ曳航
- (b) 船舶による輸送
- (c) 自身の浮力で浮いている貨物（浮体式又は潜水式のパイプ等）のウェット曳航

7.1.1.2

この章では、以下に関する要件を定めている。

- (a) 輸送計画
- (b) 運動応答
- (c) 設計及び強度
- (d) 浮体の復原性
- (e) 輸送及びタグボート選定
- (f) 曳航設備
- (g) 注排水及び係留設備
- (h) 人員配置
- (i) 複数曳航

7.2 輸送計画

7.2.1 一般

7.2.1.1

一般的な組織、計画及び文書化に関する要件は 2 章、環境条件については 3 章を参照すること。

輸送（航海又は曳航）の計画については、本節の要件が適用される。承認証明書（CoA）は、合意された輸送計画をもとに発行され、輸送計画は正当な理由なしに逸脱してはならない。

7.2.1.2

国際航海に従事する輸送の場合、輸送計画は IMO の国際安全管理コード (ISM Code) の要件に従わなければならない。

7.2.1.3

すべての輸送は、信頼できる良好な気象予報に基づいて開始されなければならない（7.2.5 参照）。

7.2.1.4

輸送及び避難中に座礁する可能性が考えられる場合、最低潮位で予測される最悪の気象条件（2 章及び 3 章参照）における船舶又はバージのロール、ピッチ及びヒープを考慮し、航路及び避難場所における等深線（depth contour）を事前に準備しておくべきである。

7.2.1.5

航路は、特にタグボート 1 隻による曳航の場合、プラットホームに対する極端な向い風又は向い流れを避けるように計画されるべきである。

7.2.1.6

悪天候の海域又は季節では、一般に段階的な曳航が計画される。段階的な曳航では、悪天候の予報を受け取った時点で、避難港を探すか、又は SEP 船においてはスタンバイ場所でジャッキアップすることになる。

7.2.2 輸送マニュアル

7.2.2.1

輸送マニュアルは、事前にすべての関係者により合意されたものとし、必要に応じて次の項目を含むものでなければならない。

- (a) 組織、役割及び責任を含む管理及び通信システム
- (b) 記録及び報告の日課
- (c) 輸送に関連する証書、図書、仕様及び計算
- (d) 輸送荷物の船内レイアウトを含む船舶及び固縛設備
- (e) 固縛作業のための詳細な手順（ステップ図を含む）
- (f) 輸送ルート及びスケジュール
- (g) 曳航計画
- (h) 制限環境及び曳航船と非曳航物との相対運動のクライテリア（必要に応じて）
- (i) 輸送のための制限
- (j) 輸送中の監視のための要件（必要に応じて）
- (k) 気象予報の取得手順
- (l) 出港時及び入港時の操船及び係留の作業手順
- (m) 船舶のバラスト要件及び積み付け条件（輸送のための喫水、トリム及びヒールの制限を含む）
- (n) 緊急時対応計画及び手順（緊急時避難場所を含む）

7.2.2.2

船舶に要求される証書等を表 7-1 に示す。このような書類については、証書の有効性、付記されている運航条件等の確認のため、本会（MWS 機関）に提出しなければならない（輸送マニュアルに含めても良い）。

表 7-1 国際航海に従事する船舶に要求される証書等の例

船舶検査証書（日本籍船の場合）	国際油汚染防止証書
船舶検査手帳（日本籍船の場合）	国際大気汚染防止証書
船級証書	国際污水汚染防止証書
設備証書	国際水バラスト管理証書
船級検査記録書	国際防汚方法証書
国際トン数証書	安全管理証書及び適合証書
国際満載喫水線証書又は国際満載喫水線免除証書	最小安全人員配置規定
貨物船安全設備証書	STCW 条約で規定された船長、士官の資格証書
貨物船安全無線証書	
貨物船安全構造証書又は貨物船安全証書	

7.2.3 航路選定

7.2.3.1

航路選定の手順は、以下を考慮し、航海開始前に船長の合意を得なければならない。

- 輸送船又はタグボートの能力
- 燃料消費
- 気象、海象及び流れの状態
- 一般的な航海法
- 海賊対策（可能性がある場合）

7.2.3.2

海賊との遭遇のリスクが高い場合は、海賊対策手順を、輸送マニュアル/手順書に含めなければならない。

【解説】

ソマリア沖、マラッカ海峡を通過する輸送の場合は、海賊のリスクについて検討する必要がある。

7.2.3.3

海賊対策が保険対象（warrantable）となる場合は、必要となる要件について本会（MWS 機関）の指示に従うこと。

7.2.4 責任

7.2.4.1

曳航責任者は、曳航中の被曳航物の全般的な処置及び曳航配置の責任者である。同様に、輸送船の船長は航海の全般的な処置の責任者である。この文書のいかなる記述も、船長の権限を無効にする又は制限するものではなく、船長は、航海中、海事法に従い、その船舶の全責任を有するものとする。

7.2.4.2

輸送中に特殊な状況が発生し、合意された手順又は国際規則を順守できない場合は、人命及び財産の安全確保に適切な手段を講じなければならない。このような事態は、可及的速やかに本会（MWS 機関）に通知されなければならない。

7.2.5 ウェザールーティング及び予報

7.2.5.1

段階的な輸送は、航路に沿って十分適した避難港、泊地又はジャッキアップ場所（SEP 船の場合）を有するものでなければならない。中止基準を超える気象予報を受け取り次第、これらの避難場所に移動しなければならない。

7.2.5.2

輸送は、次の段階に適した気象予報が得られている場合を除き、避難場所の間で段階的に（すなわち、避難場所を通過することなしに）、進めなければならない。また、輸送計画では、このような一連の避難場所を組み込むように曳航路を計画しなければならない。

7.2.5.3

ウェザールーティングによる輸送は、中止基準を超える気象を避けるため、当該船舶の速度により、それが可能となる場合にのみ承認される。

7.2.5.4

予報：一般

輸送のための気象予報の要件は、2.7 に従うべきであり、事前に本会（MWS 機関）の合意を得なければならない。

7.2.5.5

輸送期間中、信頼できる情報源から適切な気象予報を入手するための手配をしなければならない。適切である場合、信頼できる会社が提供するウェザールーティング・サービスを輸送開始前に手配すべきである。

7.2.5.6

予報：出航

いかなる曳航であっても、出発港又はすべての中継港若しくは避難場所からの出航の際の気象条件は、タグボートの能力、被曳航物の海洋特性、風向き予報、出発港（又は避難場所）付近のすべての危険要因、並びに、次の寄港地（又は避難場所）までの距離を考慮したものでなければならない。地域のパイロットの支援を考慮すべきである。

7.2.5.7

出航地の気象予報は、出航予定日の 48 時間前に開始すべきであり、気象予報レベルは、表 2-10 のベレル A 又は B とすべきである。

7.2.5.8

曳航の場合、特にタグボートの船長がその海域に不慣れな場合は、霧、雨及び雪の影響を許容できるよう、良好な視界を示す予報の下に出航すべきである。予報の風速は、他に正当化されるものがある場合を除き、最初の 24 時間の曳航に対して、表 7-2 の値を超えないようにすべきである。

表 7-2 初回曳航の出航に対する一般的な最大気象予報

被曳航物のタイプ等	最大風速 (カッコ内はビューフォート風力階級)
大きな風荷重面積を有する特殊な被曳航物	7.5m/s (BF4)
標準的な被曳航物	10m/s (BF5)
小さな風荷重面積を有する標準的な被曳航物で、かつ、曳航のマスターが被曳航物のタイプと曳航路を熟知している場合	12.5m/s (BF6)

7.2.6 出航

7.2.6.1

出航前に被曳航物の所有者（又はその代理人）は、被曳航物に関する出航状況報告を、タグボートの船長及び本会（MWS 機関）検査員に提出しなければならない。この報告は、少なくとも以下の事項を含むこと。

- 証明書
- 軽荷重量
- すべての危険物を含む、バラスト、消耗品及び貨物の集計及び配分
- 計算上の排水量及び喫水
- 実際の排水量及び喫水
- 縦曲げモーメント及びせん断力が許容航行制限内であることを示す文書（statement）
- 計算上の VCG*
- 計算上の GM 及びそれが許容範囲内であることの確認*
- GZ 曲線及びそれが許容範囲内であることの確認*

注*) 各タンクの自由表面影響を考慮すること。

7.2.6.2

復原性に関する文書を入手できない場合、傾斜試験を実施し、GM が満足されることの確認が必要となり、復原力曲線を確立するための計算が必要となることがある。

7.2.6.3

被曳航物が正しい姿勢で、かつ、計算上の重量及び重心に対して適切な喫水とトリムで浮いていることが検証されなければならない。

7.2.6.4

燃料補給港は、必要に応じ、出航前に合意されなければならない。

7.2.6.5

承認証明書 (CoA) は、出航準備完了が確認され、適切な気象・海象の予報を入手した時点で発行される。

7.2.6.6

出航後は、合意された曳航手順からのすべての逸脱について、本会 (MWS 機関) に通知されなければならない。

7.2.7 タグボートの変更

7.2.7.1

いかなる曳航においても、事前に承認されたタグボートが、その特定の曳航に使用される唯一のタグボートであり、曳航期間中を継続して被曳航物とともにあるものでなければならない。いかなる理由であれ、タグボートの変更が必要な場合は、非常時又は燃料補給のための特別な手配が合意されている場合を除き、交代用タグボートは、本会 (MWS 機関) の承認を受けなければならない。

7.2.8 避難港、避難海域及び泊地

7.2.8.1

航路上又はその周辺の、使用可能で安全なバース、係留地又は泊地を有する避難港又は避難海域は、出航及びすべての必要な許可取得の前に、合意されなければならない。

7.2.8.2

気象に制限される作業の一部としてこのような避難場所が要求される場合 (2.6.5.2 参照)、それらは気象がさらに悪化しても入ることができるものでなければならない。

7.2.8.3

輸送中に避難場所への退避が必要となるいかなる非常事態が発生した場合であっても、本会 (MWS 機関) に通知しなければならない。本会は、その状況に応じて、輸送の継続に関し、係留要件と現状の承認証明書 (CoA) の有効性を見直し、通知する。承認証明書の再検証のため、避難場所でのさらなる立会が要求されることもある。

7.2.9 輸送中の点検

7.2.9.1

被曳航物が無人である場合は、すべての曳航の配置、貨物の状況、被曳航物の固縛及び水密健全性が満足できるものであることを確認するため、荒天に遭遇した場合は、その後の静穏時にタグボートの乗員が定期的に被曳航物に乗船し点検すべきである。また、これに適したアクセスが提供されなければならない（7.10.13 参照）。被曳航物が有人の場合、又は自航式船舶の場合は、必要に応じて上記点検を毎日実施すべきである。

7.2.9.2

すべての調整可能な固縛又はラッシングは、必要に応じて張り直すべきである。

7.2.10 深さ、高さ及び操縦性の制限

7.2.10.1

各曳航のクリアランスに関する要件は、以下を考慮して評価されるべきである。

- 環境条件
- 操縦性が制限される海域の長さ
- 操縦性が制限される海域内でのすべての航路変更
- 主要構造の水面下の面積/形状に関連し、操縦性が制限される海域の断面、及び
- タグボートの能力

7.2.10.2

後述の 7.2.11 及び 7.2.12 のクリアランスは、一般的に認められる最小値である。これらの低減は、早期の段階で本会（MWS 機関）と合意されなければならない。低減された値は許容できるリスクレベルを与えるものであることが証明されなければならない。

7.2.10.3

クリアランスの計算は、以下の影響を考慮したものでなければならない。

- ロール、ピッチ及びヒープ（初期のヒール及びトリムを含む）
- 曳航索曳引力
- 風による傾斜
- 測深の許容誤差
- 輸送船又は被曳航物の喫水変化
- 海水密度の違い
- 潮位変化
- スクアット効果（【解説】参照）
- 構造物のたわみ
- 測定誤差、及び
- 非曳航物の底部より下の突起物

【解説】

スクワット効果 (squat effect) とは、浅海域で船舶が急速に移動したときに、船舶を海底に接近させるような低圧部分が生じる流体力学的な現象である (図 7-1 参照)。

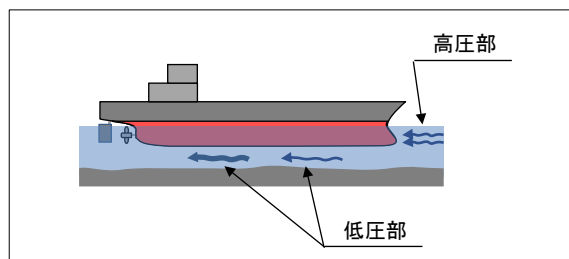


図 7-1 スクワット効果

7.2.10.4

船底又は船側のクリアランスが重要となる海域では、できるだけ早い段階での調査が必要となる。このような調査報告書を入手できない場合、曳航路は船幅の 5 倍の幅で調査されなければならない。サイドスキャンソナー及び測深データを文書化すべきである。等深線の間隔は、使用目的に適したものであること。潮流の調査は、曳航路の制限された区間で実施すること。

7.2.10.5

調査に関する要件は、船舶に搭載された海底測量システム及び位置管理システムが十分に高精度であることが示された場合は、緩和することができる。

7.2.10.6

操縦性が制限される海域の通過並びに橋梁及び送電線の下の通過は、十分な照明が確保されている場合を除き、夜間は実施すべきではない。

7.2.10.7

制限された水深であるため十分な曳航索長さを配置することが現実的でない海域の場合は、(タグボート及び被曳航物の相対運動によるピーク荷重を軽減できるよう) 気象制限、速度制限等について考慮しなければならない。

7.2.11 船底クリアランス

7.2.11.1

船底クリアランスは、前 7.2.10.3 にリストアップされた項目を考慮し、1m 又は最大喫水の 10% のどちらか大きい方以上 (最大 3m) でなければならない。船底クリアランスは、本会 (MWS 機関) との合意があり、かつ、非常に良好な状態の場合は、軽減することができる。

7.2.11.2

航路の幾つかの海域で潮位による影響が大きい場合、干潮でも最低限の船底クリアランスを維持できるよう、十分な水深を有する安全な泊地を近くに特定しておくべきである。満潮を待つのための遅延は、全体計画の中を含めるべきである。

7.2.11.3

航路の重要な海域に入る直前に、潮位レベルを確認しなければならない。

7.2.12 エアードラフト

7.2.12.1

障害物の下を通過する場合、頭上のクリアランスは、前 7.2.10.3（スクワットを除く）にリストアップされている項目を考慮して計算することとし、1m に寸法公差を加えたものよりも大きくしなければならない。

7.2.12.2

クリアランスが制限される場合、出航の直前にバージ/船舶及び構造物の寸法調査を実施し、要求されるクリアランスが確実に存在することを確認しなければならない。

7.2.12.3

送電線の場合、最小許容クリアランスが送電会社により特定されなければならない（ただし、1m 以上）、起こりうる最低のカテナリー位置で測定したものでなければならない。

【解説】

送電線は、物理的なクリアランスだけでなく、「スパークギャップ」(spark gap) も必要とする。送電線のカテナリーは、ケーブル内で電氣的負荷により変化することに注意すること。

7.2.12.4

実際のクリアランスは、それら障害物の管理責任者を含め、必要に応じて関係当局とともに確認されなければならない。

7.2.12.5

通過の直前には、前 7.2.12.1 で計算された頭上のクリアランスが、朔望平均満潮位（HWL）で 2m に寸法公差を加えたものより大きい場合を除き、潮位レベルを確認しなければならない。

7.2.13 水路幅及び制限された操縦性

7.2.13.1

前述の 7.2.11 及び 7.2.12 で要求される船底クリアランス及びエアードラフトを有する曳航路でのすべての水路の最小幅は、被曳航物の最大幅にヨー及びスウェイの許容値を加えたものの 3 倍とすべきである。以下の場合、追加の水路幅が要求される場合がある。

- 暴露した区域
- 著しい横方向の潮流がある場合
- 必要に応じ、操船を支援するため、タグボートで両舷を曳引する場合

7.2.13.2

狭い水路は、理想的な条件に対してケースバイケースで本会（MWS 機関）と合意される。

7.2.14 記録

7.2.14.1

輸送中は、事象の詳細な記録を維持しなければならない。

7.3 輸送設計フローチャート

7.3.1

図 7-2 に輸送設計フローチャートを示す。

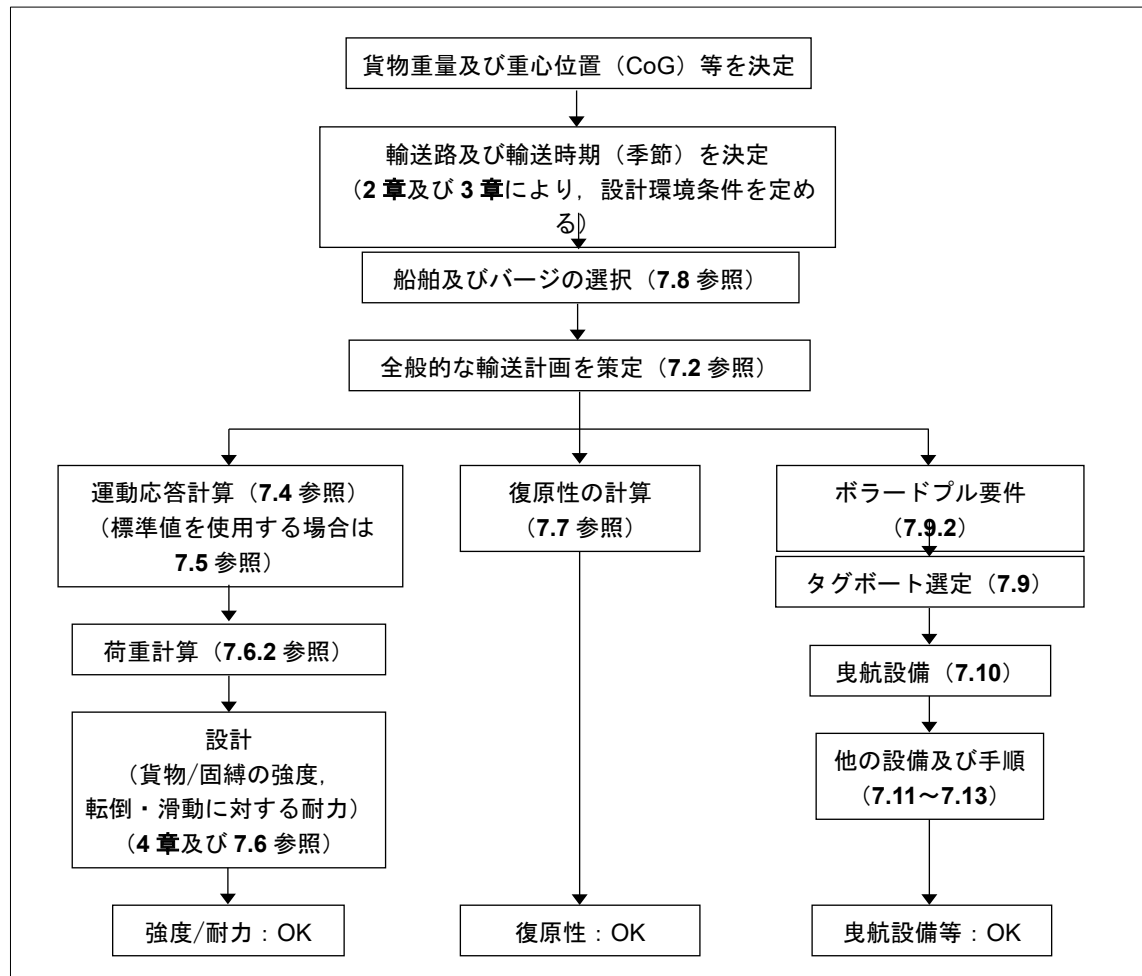


図 7-2 輸送設計フローチャート

7.4 運動応答及び風荷重

7.4.1 一般

7.4.1.1

運動応答は、次のいずれかの方法で導かなければならない。

- 7.5 の標準値を使用する方法
- モデル試験による運動応答の解析
- シミュレーション計算

7.4.1.2

設計に用いる気象海象は、3 章の規定に従ったものでなければならない。

7.4.2 設計波高及び設計風速

7.4.2.1

前 7.4.1.2 の規定にかかわらず、船舶（又はバージ）に搭載される貨物の固縛の施工設計（7.6.4~7.6.9 参照）では、輸送が気象に制限される作業となるか、又は気象に制限されない作業となるかにかかわらず、次の (a) 及び (b) を条件として表 7-3 及び図 7-3 を設計波高及び設計風速とすること。

- 航路が日本周辺の海域（図 7-3 に示されている海域）に限定される場合に適用すること。
- 台風等の暴風時に適用しないこと（暴風時は、避難港又は泊地で退避することが要求される）。

7.4.2.2

前 7.4.2.1 で、国際航海（図 7-3 の海域以外）の輸送の場合は、一般に気象に制限されない作業（輸送）となり、再現期間を設定して設計波高及び設計風速を算定することが要求される。

7.4.2.3

前 7.4.2.1 で、航路が日本国内の港湾内又は遮蔽区域に限定される場合は、設計波高及び設計風速を本会（MWS 機関）が適当と認める値（表 7-3 の値よりも小さい値）に低減させることができる。

7.4.2.4

前 7.4.2.1 で、風荷重は次式から算出されなければならない。ただし、本会が適当と認めた場合は他の計算方法を用いてよいものとする。

$$F_{wind} = P_{wind} \cdot A_{wind} = 1.5 \times 0.611 \cdot C_s \cdot V(z)^2 \cdot A_{wind}$$

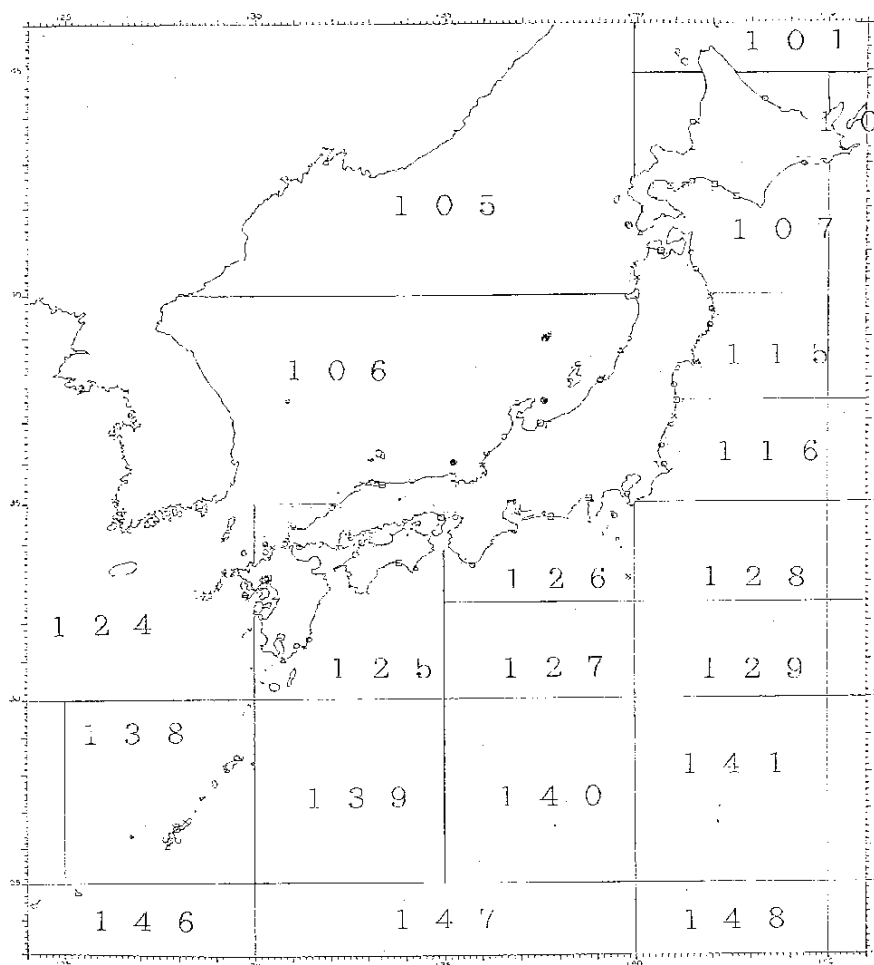
ここで、

F_{wind}	: 各構造部材に作用する風荷重 (N)
P_{wind}	: 風圧 (N/m ²)
C_s	: 形状係数 (4.3.3.1 の表 4-3 による)
$V(z)$	: 高さ z (m) における 10 分間平均風速 (m/s)
A_{wind}	: 風向に垂直な面での各構造物の投影面積 (m ²)

表 7-3 日本周辺の海域に適用される有義波高/風速データ

< 提供：一般社団法人 日本海事検定協会 >

有義波高 (m)													
海域	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	最高
105	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	3.0	4.5	3.0	-	4.5	4.5
106	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
107	4.5	4.0	4.0	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.5
115	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.5	3.5	4.0
116	4.5	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5
124	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
125	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.5	4.0	3.5	4.0	3.0	3.5	4.0
126	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	4.0
127	4.0	3.5	4.0	4.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	3.5	4.0	4.0
128	5.5	5.5	5.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	4.5	5.0	5.5	5.5
138	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	3.5	3.5	4.0	4.0
最高	5.5	5.5	5.0	4.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5	5.5
10 分間平均風速 (m/s)													
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	最高
	19	19	19	16	16	13	13	13	16	16	16	19	19



< 提供：一般社団法人 日本海事検定協会 >

図 7-3 日本周辺の海域区分

7.4.3 船首方位角及び船速

7.4.3.1

解析は、原則として向い波、向い斜め波、横波、追い斜め波及び追い波に対し、最大船速及び船速ゼロで実施し、応答が大きい方を選択しなければならない。

7.4.3.2

非横波のケースをソフトウェアで直接扱えない場合、ゼロ速度解析は、以下のように船速で補正したピーク波周期 T_p の範囲で実施することができる。

$$T_{p,lower} \cdot \frac{1.56 \cdot T_{p,lower}}{1.56 \cdot T_{p,lower} + V_{SHIP} \cdot \cos\theta} \leq T_p \leq T_{p,upper} \cdot \frac{1.56 \cdot T_{p,upper}}{1.56 \cdot T_{p,upper} + V_{SHIP} \cdot \cos\theta}$$

ここで、

- $T_{p,lower}$: 波周期（補正前）の下限值（s）
- $T_{p,upper}$: 波周期（補正前）の上限値（s）
- V_{SHIP} : 船速（m/s）
- θ : 波の出会い角（ 0° ：向かい波， 180° ：追い波）

波周期（補正前）の下限值及び上限値は、うねりが大きくない海域においては $T_{p,lower} = \sqrt{13 \cdot H_S}$ 及び $T_{p,upper} = \sqrt{30 \cdot H_S}$ （ H_S ：有義波高）とするのが一般的である（3.5.1.2 参照）。

【解説】

補正前後の波周期及び波速をそれぞれ T_p 、 T_p' 及び c 、 c' とすると、波長 L は一定であるから $c = L/T_p$ 、 $c' = L/T_p'$ となり、次式が成立する。

$$T_p' = T_p \cdot c/c'$$

c 及び c' にそれぞれ波速及び相対的な波速を代入することにより、上記の式が得られる（図 7-4 参照）。

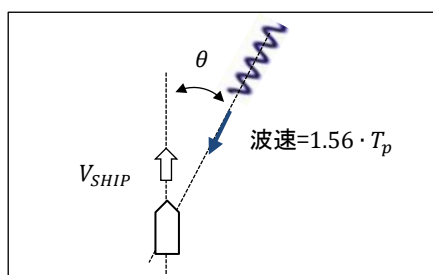


図 7-4 波周期の補正

7.4.4 低いメタセンタ高さ（GM）及び水線面積の影響

7.4.4.1

風による傾斜を与える低い GM の影響を考慮すべきである。

7.4.4.2

ヒープで誘起されるロールを引き起こす水線面積に大きな変化がある場合、その影響は、解析及び/又はモデル試験により定量化されなければならない。

7.4.5 自由表面の影響

7.4.5.1

運動解析では、メタセンタ高さ（GM）を低くし、また、それにより自然ロール周期を増大させる自由表面修正は、考慮すべきではない。

7.4.6 貨物の没水の影響

7.4.6.1

貨物の没水が起こりうる場合は、必要に応じ、貨物の没水の運動応答に及ぼす影響を考慮すべきである

7.4.7 運動応答コンピュータ・プログラム

7.4.7.1

運動応答プログラム及びそのアプリケーションについては、4.5.1を参照すること。

7.4.8 モデル試験の結果

7.4.8.1

モデル試験は、試験が総合的な健全性に関する通常の審査に合格することを条件として、設計運動を導くために使用できる。モデル試験の結果を用いた輸送解析の方法は、本会の適当と認めるところによる。

7.4.8.2

モデル試験結果から、荷重、運動又は加速度の最大値を求める場合は、個々の試験間の偏差を考慮しなければならない。

7.4.9 設計波の軽減

7.4.9.1

運動応答をモデル試験の解析又はシミュレーション計算で求める場合は、附属書 7A に定める設計波の軽減に関する基準を適用することができる。

7.5 運動応答の標準値

7.5.1 一般

7.5.1.1

この節は、船舶（又はバージ）の運動応答の標準値（デフォルト値）を示すものである。標準値を用いて加速度を定める場合は、想定されている有義波高を考慮し、適切な標準値を選択しなければならない。標準値としては、後述の 7.5.2 又は 7.5.3 のどちらを使用してもよいが、これらの標準値を使用しない場合は、モデル試験及び/又はシミュレーション計算により運動応答を求めなければならない。

7.5.2 運動応答の標準値

7.5.2.1

運動応答の標準値は、図 7-5 の座標系及び運動の自由度を用いて示される。座標系は、船舶（又はバージ）に固定した xyz 座標系であり、運動の自由度は、サージ (surge)、スウェイ (sway)、ヒープ (heave)、ロール (roll)、ピッチ (pitch) 及びヨー (yaw) の 6 自由度としている。ただし、ヨーは、輸送時には支配的な要因とならないことから、一般に省略される。

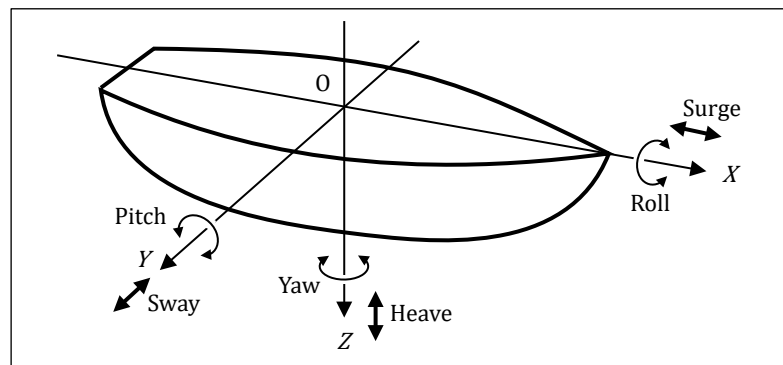


図 7-5 座標系及び運動の自由度

7.5.2.2

有義波高の最大値で整理した運動応答の標準値を 表 7-4(a)~表 7-4(c) に示す。これらの表で、船舶（又はバージ）の種類及びサイズは、次のように分類している。

- バージ：長さ：45m, 75m 及び 110m
- 自航船：長さ：70m, 120m 及び 180m
- SEP 船：長さ：80m 及び 140m

波の方向については、向かい波（0°）又は追い波（180°）が最大となるケースをヘッド（Head）、横波（90°又は 270°）が最大となるケースをビーム（Beam）とし、それぞれのケースに対応する 3 方向の加速度（ a_x 、 a_y 及び a_z ）の計算方法を示している。

例えば、有義波高が 4m 以下、全長 45m のバージの場合、Beam による y 方向の加速度（ a_y ）は次式で表される（図 7-6 参照）。

$$a_y = 0.23g + 0.061g \cdot H + 0.004g \cdot LL \quad [\text{m/s}^2]$$

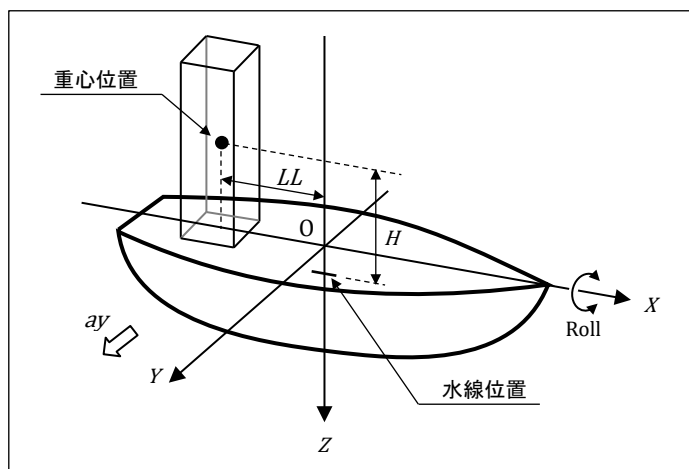
ここで、

H : 水線（動揺中心位置）から加速度を計算する位置*までの高さ [m]

LL : 船体中央からの加速度を計算する位置*までの前後方向距離

g : 重力加速度

注*) 対象物の重心位置（CoG）としてよい。

図 7-6 加速度 a_y の計算

7.5.2.3

前 7.5.2.2 の標準値は、波周期を最大で 12 秒として、最大の加速度を示したものである。従って、うねりの影響を含めて最大値を示したものと考えてよい。

7.5.2.4

計算対象の船舶（又はバージ）の全長が表中の全長と異なる場合は、全長が短い方の加速度を選択するか、又は、線形補間で求めること。また、有義波高が 2m, 3m, 4m 以外の場合は、有義波高が高い方の加速度を選択するか、又は、線形補間で求めること。

7.5.2.5

前 7.5.2.2 の標準値は、加速度を有義波高で大まかに分類し、最大限の加速度を整理したものであるため、安全側の値を与えるようになっている。高精度の値を求める目的で、本会が適当と認める鑑定サービス機関が、有義波高及び船舶（又はバージ）の寸法に応じて高精度の加速度を算出した場合は、その値を使用してもよい。

7.5.3 北海バージモデルによる運動応答の標準値

7.5.3.1

前 7.5.2 に替えて、附属書 7B に示す北海バージモデルの標準値を使用することができる。附属書 7B では、次の有義波高（ H_S ）に対応する標準値が提供されている。

- 一般（ $H_S > 6\text{m}$ ）
- $H_S \leq 6\text{m}$
- $H_S \leq 4\text{m}$

表 7-4 (a) 運動応答の標準値 ($H_S \leq 4\text{m}$)

[単位: g (重力加速度)]

船舶/ バージ	全長	波の 方向	加速度 (方向)	動揺中心位置で の加速度	水線上高さ (H) での増加分	船体中央からの前後 方向距離 (LL) で の増加分	船体中央線からの 左右方向距離 (LT) での増加分
バージ	45m	Head	ax	0.23	0.016	—	0.004
			ay	0.04	0.016	0.006	—
			az	0.18	—	0.017	0.011
		Beam	ax	0.10	0.013	—	0.005
			ay	0.23	0.061	0.004	—
			az	0.31	—	0.011	0.057
	75m	Head	ax	0.18	0.005	—	0.001
			ay	0.04	0.008	0.002	—
			az	0.11	—	0.006	0.005
		Beam	ax	0.06	0.005	—	0.002
			ay	0.12	0.020	0.002	—
			az	0.18	—	0.004	0.019
	110m	Head	ax	0.13	0.004	—	0.001
			ay	0.02	0.005	0.001	—
			az	0.08	—	0.004	0.003
		Beam	ax	0.02	0.003	—	0.001
			ay	0.09	0.014	0.001	—
			az	0.15	—	0.002	0.013
自航船	70m	Head	ax	0.17	0.012	—	0.002
			ay	0.14	0.010	0.001	—
			az	0.13	—	0.010	0.007
		Beam	ax	0.06	0.012	—	0.002
			ay	0.33	0.018	0.002	—
			az	0.32	—	0.008	0.015
	120m	Head	ax	0.15	0.005	—	0.001
			ay	0.13	0.005	0.001	—
			az	0.09	—	0.005	0.003
		Beam	ax	0.05	0.005	—	0.001
			ay	0.25	0.008	0.001	—
			az	0.23	—	0.004	0.004
	180m	Head	ax	0.13	0.003	—	0.001
			ay	0.09	0.002	0.000	—
			az	0.05	—	0.004	0.001
		Beam	ax	0.02	0.003	—	0.001
			ay	0.16	0.003	0.001	—
			az	0.16	—	0.003	0.001
SEP 船	80m	Head	ax	0.17	0.004	—	0.001
			ay	0.06	0.005	0.001	—
			az	0.09	—	0.004	0.004
		Beam	ax	0.06	0.003	—	0.001
			ay	0.11	0.011	0.000	—
			az	0.13	—	0.002	0.010
	140m	Head	ax	0.14	0.002	—	0.001
			ay	0.02	0.003	0.001	—
			az	0.06	—	0.002	0.002
		Beam	ax	0.03	0.002	—	0.001
			ay	0.07	0.008	0.001	—
			az	0.10	—	0.001	0.007

表 7-4 (b) 運動応答の標準値 ($H_S \leq 3\text{m}$)

[単位: g (重力加速度)]

船舶/ バージ	全長	波の 方向	加速度 (方向)	動揺中心位置で の加速度	水線高さ (H) での増加分	船体中央からの前後 方向距離 (LL) で の増加分	船体中央線からの 左右方向距離 (LT) での増加分
バージ	45m	Head	ax	0.20	0.012	—	0.003
			ay	0.03	0.013	0.005	—
			az	0.13	—	0.013	0.009
		Beam	ax	0.08	0.010	—	0.004
			ay	0.18	0.049	0.003	—
			az	0.23	—	0.009	0.046
	75m	Head	ax	0.16	0.004	—	0.001
			ay	0.03	0.006	0.002	—
			az	0.08	—	0.004	0.004
		Beam	ax	0.04	0.004	—	0.002
			ay	0.10	0.016	0.001	—
			az	0.14	—	0.003	0.016
	110m	Head	ax	0.13	0.003	—	0.001
			ay	0.02	0.004	0.001	—
			az	0.06	—	0.003	0.002
		Beam	ax	0.02	0.003	—	0.001
			ay	0.08	0.013	0.001	—
			az	0.11	—	0.002	0.012
自航船	70m	Head	ax	0.16	0.009	—	0.002
			ay	0.12	0.008	0.000	—
			az	0.10	—	0.008	0.006
		Beam	ax	0.05	0.009	—	0.002
			ay	0.26	0.014	0.001	—
			az	0.24	—	0.006	0.012
	120m	Head	ax	0.14	0.004	—	0.001
			ay	0.11	0.004	0.000	—
			az	0.07	—	0.004	0.003
		Beam	ax	0.04	0.004	—	0.001
			ay	0.20	0.006	0.001	—
			az	0.17	—	0.003	0.003
	180m	Head	ax	0.12	0.002	—	0.001
			ay	0.07	0.002	0.000	—
			az	0.04	—	0.002	0.001
		Beam	ax	0.02	0.002	—	0.000
			ay	0.12	0.002	0.000	—
			az	0.12	—	0.001	0.000
SEP 船	80m	Head	ax	0.15	0.003	—	0.001
			ay	0.04	0.004	0.001	—
			az	0.07	—	0.003	0.003
		Beam	ax	0.04	0.002	—	0.001
			ay	0.08	0.009	0.000	—
			az	0.10	—	0.002	0.008
	140m	Head	ax	0.13	0.002	—	0.001
			ay	0.01	0.002	0.001	—
			az	0.05	—	0.001	0.002
		Beam	ax	0.03	0.001	—	0.001
			ay	0.05	0.006	0.001	—
			az	0.08	—	0.001	0.006

表 7-4 (c) 運動応答の標準値 ($H_S \leq 2\text{m}$)

[単位: g (重力加速度)]

船舶/ バージ	全長	波の 方向	加速度 (方向)	動揺中心位置で の加速度	水線上高さ (H) での増加分	船体中央からの前後 方向距離 (LL) で の増加分	船体中央線からの 左右方向距離 (LT) での増加分
バージ	45m	Head	ax	0.17	0.008	—	0.002
			ay	0.02	0.009	0.003	—
			az	0.09	—	0.008	0.006
		Beam	ax	0.05	0.007	—	0.003
			ay	0.12	0.036	0.002	—
			az	0.16	—	0.006	0.034
	75m	Head	ax	0.14	0.003	—	0.001
			ay	0.02	0.005	0.001	—
			az	0.06	—	0.003	0.003
		Beam	ax	0.03	0.003	—	0.001
			ay	0.07	0.016	0.001	—
			az	0.09	—	0.002	0.011
	110m	Head	ax	0.12	0.002	—	0.001
			ay	0.02	0.003	0.001	—
			az	0.04	—	0.002	0.002
		Beam	ax	0.02	0.002	—	0.001
			ay	0.07	0.009	0.000	—
			az	0.08	—	0.001	0.009
自航船	70m	Head	ax	0.14	0.006	—	0.001
			ay	0.09	0.007	0.000	—
			az	0.07	—	0.005	0.005
		Beam	ax	0.03	0.006	—	0.001
			ay	0.19	0.011	0.001	—
			az	0.16	—	0.004	0.009
	120m	Head	ax	0.13	0.003	—	0.001
			ay	0.08	0.003	0.000	—
			az	0.05	—	0.003	0.002
		Beam	ax	0.03	0.003	—	0.001
			ay	0.15	0.005	0.001	—
			az	0.12	—	0.002	0.003
	180m	Head	ax	0.12	0.002	—	0.001
			ay	0.06	0.001	0.000	—
			az	0.03	—	0.001	0.001
		Beam	ax	0.01	0.002	—	0.000
			ay	0.09	0.002	0.000	—
			az	0.08	—	0.001	0.000
SEP 船	80m	Head	ax	0.14	0.002	—	0.001
			ay	0.03	0.003	0.001	—
			az	0.05	—	0.002	0.003
		Beam	ax	0.03	0.002	—	0.001
			ay	0.06	0.006	0.000	—
			az	0.07	—	0.001	0.006
	140m	Head	ax	0.12	0.001	—	0.001
			ay	0.01	0.002	0.001	—
			az	0.03	—	0.001	0.001
		Beam	ax	0.02	0.001	—	0.001
			ay	0.04	0.004	0.001	—
			az	0.05	—	0.001	0.004

7.6 施工設計

7.6.1 一般

7.6.1.1

輸送中の貨物及び支持部（固縛）は、すべての方向における転倒、滑動、及び過度の応力に対して十分な耐力を有するものでなければならない。その安定性及び強度は、4章に従って評価され、文書化しなければならない。浮体（船舶又はバージ）の復原性については、7.7に従って安全性を文書化しなければならない。

7.6.2 荷重計算

7.6.2.1

グリレージ（格子桁）、クリビング（木積）、ダンネージ（荷敷き）、固縛及び貨物の構成部品に作用する荷重は、3章、4章及び7.4の規定に従って、貨物に作用する荷重から導かれるものでなければならない。

7.6.2.2

貨物に作用する荷重に対する耐力は、摩擦力及び固縛力により得られるが、最小固縛力は、摩擦力を考慮せずに、また、貨物に作用する加速度にかかわらず、少なくとも次の加速度に抵抗できるものでなければならない。

- 横方向：0.15g
- 縦方向：0.10g

ただし、沿岸及び港湾内の作業については、本会が適当と認めた場合は、軽減或いは省略できるものとする。

7.6.3 摩擦

7.6.3.1

固縛の設計で貨物の支持部に作用する摩擦力を考慮する場合、滑動面を含む全体の荷重経路は、発生する荷重に耐えられる能力を有するものでなければならない。

7.6.3.2

固縛される部材と摩擦力との間では、荷重分布の不確かさを適切に考慮しなければならない。

7.6.3.3

摩擦効果で生じる拘束荷重は、その大きさを正確に計算することが困難であることから、次の予防措置を講じるべきである。

- 可能な場合、拘束力を引き起こす設計/レイアウトを避ける。
- 輸送状態へのバラスト調整の結果として、拘束力を最小限にする（7.6.7.4参照）。
- 大きな拘束力を伴う固縛要素の端部での結合部は、要素自身よりも強いものとする。
- 固縛要素間での拘束力については、最悪の分布であるものとして評価を行うこと。

7.6.3.4

船体及び/又は張り出し貨物に波が入射する場合は、波のスラミング荷重によって生じる振動の影響を評価しなければならない。代表的な影響を次に示す。

- 摩擦の減少
- 細長い部材/設備/パイプの揺れ又は振動（固縛により揺れ又は振動を防止する必要がある）
- ボルト/ナットの緩み及び抜け出し

7.6.3.5

国際航海で重量の割に大容積の貨物を輸送する場合は、起こりうる浮力（及び青波）の影響を必要に応じて評価すべきである。

7.6.3.6

離岸時／接岸時の岸壁に沿った船舶の短時間の移動においては摩擦の効果が期待される。滑動面を含め荷重を受ける部分は、発生する荷重に耐えられるものでなければならない。

7.6.3.7

摩擦が考慮される場合、設計摩擦係数を決定するため、適用される安全係数は文書化されなければならない。設計摩擦係数は、潤滑液体又はそれと類似のものの影響を考慮したものでなければならない。設計摩擦係数の上限値は、表 7-5 を標準とする。

表 7-5 設計摩擦係数の上限値

材料の組合せ	設計摩擦係数の上限値	
	Dry ¹⁾	Wet ¹⁾
鋼－鋼	0.1 ²⁾	0.0
鋼－材木	0.3	0.2
鋼－ゴム	0.3	0.3
材木－材木	0.4	0.4
注：		
1) 船舶のホールド内は Dry，デッキ上は Wet とする。		
2) 振動発生時は 0 とする。		
3) 貨物が船外に張出す場合は、設計摩擦係数をゼロとする。		
4) 摩擦面には、油又は他の潤滑液体がないこと。		

7.6.3.8

貨物がクリビング（木積）単独で支持され、かつ、貨物の船外への張り出しがない場合、設計摩擦係数は 0.10 を超えてはならない。貨物が船外へ張り出す場合は、設計摩擦係数をゼロとする。

7.6.3.9

摩擦力は、船舶と荷物との間の垂直反力を使用して計算しなければならない。ヒープによる荷重の垂直反力に及ぼす影響は、次のように保守的に決定すべきである。

- ・ ヒープ荷重が自重反力に加わる場合、垂直反力の合計の 90% とすること。
- ・ ヒープ荷重が自重反力を低減する場合、垂直反力は重量からヒープ荷重を減じたものとすること。

7.6.3.10

クリビングを重ねた場合の摩擦係数は、本会の適当と認めるところによる。

7.6.4 固縛設計：一般

7.6.4.1

後述の 7.6.5～7.6.8 は、グリレージ（格子桁）、ダンネージ（荷敷）、クリビング（木積）又はその他の支持構造物、ロール、ピッチ及び浮上り防止具、並びに、船舶（又はバージ）との連結具を含む固縛のための要件を定めるものである。

7.6.5 固縛設計：設計の原則

7.6.5.1

シム・プレートを含むグリレージ（格子桁）の要素は、集中する甲板荷重を十分な数の荷重分担要素に分散させるために使用しなければならない。グリレージ又はクリビングの高さは、貨物支持ラインより下のすべての突出部を許容するものでなければならない。

7.6.5.2

固縛及びグリレージ（格子桁）設計は、貨物と輸送船の両方の構造強度制限を正しく反映させたものでなければならない。局部強度をチェックする場合は、全体荷重の影響を考慮すべきである。例えば、貨物荷重を支持する船舶のスティフナ付きパネルは、船体の曲げモーメント及びせん断力を含めて座屈のチェックを行うべきである。

7.6.5.3

グリレージ（格子桁）及び固縛は、輸送船への（及び輸送船からの）貨物の移動手順/方法に伴うすべての物理的制約を考慮して設計及び設置しなければならない。次の項目により、物理的制約が生じる場合がある。

- 高さの限界
- 建付け及び溶接で要求される許容誤差など
- 積出しトレーラのレイアウト
- ポンプ、ホース、押出/引込ユニット等の積出しシステム（の作業）で必要とするスペース
- 据付け許容誤差及びシムの要件
- 沖合での固縛の切断及び取扱い
- 吊作業前の対象物の固定（7.6.5.5 参照）
- 沖合における対象物の再度の据付け及び再固縛の必要性

7.6.5.4

設計計算は、対象物がグリレージ（格子桁）上に移設されるときに位置決め許容誤差を含むこととし、必要に応じて船体ビームたわみの影響を含めなければならない。

7.6.5.5

沖合又は沿岸での設置作業のための固縛設計は、固縛解除を容易なものとし、7.6.10.5～7.6.10.7 に記載されているように、対象物が船舶から離れて吊上げられるか、又は（適用する場合は）進水するまで、適切な支持及び水平方向の拘束を提供すべきである。

7.6.5.6

固縛の切断/取外し後に、貨物を水平方向及び/又は垂直方向に支持する要素は、設置作業に適用できる環境条件のもとで安全性を確認しておかなければならない。

7.6.5.7

張り出し貨物の設計では、波によるスラミング荷重を考慮しなければならない。船舶（又はバージ）のデッキ上に、ロータ完備品（ハブとブレードを組立てた状態）を、ブレードが水平に、ロータ軸が垂直になるように搭載した輸送では、（脆弱な材料である）ブレードが船外に張り出す場合がある。このような輸送では、ブレードにスラミング荷重が作用しないような設計としなければならない。

7.6.5.8

波及びバラストの再分配による船舶の全体たわみは、グリレージ（格子桁）要素及び固縛に過大な荷重を強いる場合がある。必要に応じて、付加的な水平方向及び垂直方向の荷重を考慮しなければならない（7.6.7.4 参照）。

7.6.5.9

沖合で再度の固縛が必要となる可能性がある場合は、事前に設計で考慮し、切断/解放手順を作成しておく必要がある。

7.6.5.10

固縛は、必要に応じて、航路における船舶（又はバージ）のたわみ（主として縦方向の曲げによるもの）を許容できるように設計しなければならない。一般に、縦方向の曲げは、4.3.5 に記載されているケースで考慮すべきである。縦曲げを考慮する場合、次のような手段を用いて適切な固縛設計を実施すべきである。

- (a) 船舶と貨物との間の何らかの動きを許容する固縛
- (b) 縦方向に 1 点でのピッチングに対する固定具、その他の点では縦方向に自由にスライド又はたわむことができるもの
- (c) 縦方向に 2 個所での垂直方向支持
- (d) 曲げ及びせん断により誘起される荷重に耐えることができる構造

7.6.5.11

固縛及びグリレージ（格子桁）における（想定された）荷重分布は、船舶及び輸送対象物の強度検証で考慮された反力に対応するものでなければならない。

7.6.5.12

対象物の転倒によって生じるアップリフト及び/又は相対たわみは、必要に応じて、固縛により防止されなければならない。最悪の ULS 荷重の組合せで対象物の転倒モーメントが復元モーメントより大きくなる場合、アップリフト防止の固縛は常に要求される。アップリフトが生じる場合は、アップリフト荷重ケースで永続荷重（重量）に 0.85 の荷重係数を適用すべきである（4.7.9.3 参照）。各ケースでは、局所的なアップリフトが生じないことを評価すべきであり、計算上隙間が生じる場合は、反力荷重の再配分を考慮すべきである。

7.6.5.13

曳航される貨物が、配管又はその間をつなぐその他の連結物を持つ設備を有する場合がある。このような被曳航貨物では、過大な応力を避けるため、連結部は十分な柔軟性を有するべきである。貨物として運搬される長尺の構造物では、内部配管は同様に考慮すべきである。輸送時の波による曲げの状況は、稼動状態より過酷となる場合があることに留意すること。

7.6.5.14

船舶（又はバージ）は、貨物及び貨物の固縛により拘束されるものであってはならない。4.4.5.2 で確認が要求され、かつ本会（MWS 機関）が必要と認めた場合は、例えば、波長が船舶の長さに等しく、波高が次式で示されるようなホギング及びサギングの計算により、船舶（又はバージ）が拘束されずに曲げ及びせん断たわみが生じることを確認すべきである。

$$H_W = 0.61\sqrt{L_W}$$

ここで、

H_W : 最高波高 (m)

L_W : 波長 (=船舶の長さ) (m)

7.6.6 固縛設計：ラッシング

7.6.6.1

チェーン・バインダー、ラチェット又はターンバックルは、固縛間の荷重を分散させるために出航前に張力を与えることとし、緩まないように固定しなければならない。ラッシングは、定期的に及び悪天候の後に検査し、確実に張力が維持されるべきである。無人輸送の場合は、定期的に検査することが困難であることから、ワイヤー・ラッシングの使用は推奨されない。

7.6.6.2

ラッシング固縛の荷重計算では、貨物の重量・重心位置、支持レイアウト、摩擦及び各ラッシングの位置/方向/剛性を考慮しなければならない。また、不均一な予張力及び不静定固縛配置での長さ/剛性のアンバランスによる、ラッシング内での荷重のばらつきを考慮しなければならない。

7.6.6.3

ラッシング用具（チェーン、ロープ、シャックル、ターンバックル等）に作用する最大荷重は、次式を満たすものでなければならない。

$$F_{lashing} < MBL/\gamma_{lashing}$$

ここで

$F_{lashing}$: ラッシング用具に作用する最大荷重（7.6.6.2 を考慮したものであること）

MBL : ラッシング用具の最小破断荷重

$\gamma_{lashing}$: ラッシング用具の安全係数（ $\gamma_{lashing} = 3.0$ とする）

7.6.6.4

ラッシング及び類似の装置のための指針は、“IMO Code of Safe Practice for Cargo Securing and Stowing (CSS Code)” で与えられており、このコードに従った設計とすることもできる。

7.6.6.5

ラッシング用具（チェーン、ロープ、シャックル、ターンバックル等）は、MBL、耐力、WLL 等を示し、製造者（※）が発行した証明書を有するものでなければならない。使用されるラッシング用具は、4 年以内に証明書が発行（又は更新）されたものでなければならない。また、証明書は、使用されるラッシング用具を特定できるものであること。

（※）本会が適当と認めた場合は第三者検査機関による検査も認める。

7.6.6.6

合成繊維ベルトによるラッシングは有人航海での小型貨物にのみ使用すべきである。合成繊維ベルトのラチェット・ストラップが使用される場合は、以下に従うこととする。

- (a) ストラップは、良好な状態で、裂け目又は摩耗による損傷がないものでなければならない。それらは、化学分解又は過剰な日光（紫外線放射）の影響を受けたものであってはならない。異なる種類の合成材料（例えば、ナイロン、ポリエステル等）は、酸、アルカリ、UV 放射、裂け目及び摩耗に対して異なる耐性を有するので、留意すること。
- (b) 固縛部には、ストラップを傷つけるような鋭い端部があってはならない。鋭い端部がゴム又は同様の材料で保護されている場合、その材料は適切に固定されなければならない。
- (c) 連結金具は、正しい形状で、かつストラップを傷つけることがないサイズのものでなければならない。
- (d) ストラップは、証明書で認められている場合を除き、結び目がないもの、又は 90°を超えてねじれていないものでなければならない。

7.6.6.7

チェーンを使用して固縛する場合は、固縛される貨物の端部（角部）に留意しなければならない。

7.6.7 固縛設計：溶接

7.6.7.1

溶接で構成される固縛部の材料は、強度、延性、靱性及び溶接性について適切な特性を有するものでなければならない。同材料は、材料のトレーサビリティとともに、製造者の証明書を有するものでなければならない。溶接に関する文書は、少なくとも、次の項目を含むものでなければならない。

- 溶接構造図（溶接の詳細部を含む）
- 溶接士の資格
- 溶接施工要領書（WPS）
- 材料証明書
- 溶接材料証明書

7.6.7.2

船舶（又はバージ）の甲板への溶接は、甲板下に補強材（又は隔壁）がある部分に実施しなければならない。甲板下に補強材（又は隔壁）がない部分に対する溶接は、ダブル・プレートを介して溶接したとしても、十分な強度を有する接合とは認められない。

7.6.7.3

可燃性油タンクへの固縛の溶接は、タンクが空で、かつ、ガスフリー証明を取得している場合を除き、実施してはならない。

7.6.7.4

溶接接合は、積出し後、航海時のバラスト条件（同様の縦曲げ状況）で実施することが望ましい。

7.6.7.5

固縛の溶接は、ウェットの状態を実施すべきではない。ウェット状態の影響を最小限にするには、養生を実施すべきである。

7.6.8 固縛設計：ボルト又はクランプ

7.6.8.1

船舶（又はバージ）上にタワー，トランジションピース（TP）等の長尺構造物を垂直状態で輸送する場合，通常は構造物の下部をボルト又はクランプで締結することにより固縛が実施される。この場合は，以下に留意して締結作業を実施しなければならない。

- (a) 締結作業は，締結面における水分及び（ゴミ等の）異物を排除した状態で実施しなければならない。
- (b) 締結面には，ギャップがあってはならない。シム・プレートを使用してギャップを埋める場合，シム・プレートを3枚以上重ねることは推奨されない。

7.6.8.2

タワー，トランジションピース（TP）等は，通常，デッキ上にグリレージを固定し，その上にボルト又はクランプで締結される。TPの場合は，TP下部のフランジとグリレージの水平面とをクランプで挟み込み，クランプをボルトで締結する。このような構造の固縛に対して強度計算が要求される場合は，4章の規定を適用して滑動及び転倒が生じないことを確認し，また，構造解析を実施することにより，TP下部フランジ，クランプ，ボルト及びグリレージに生じる応力が許容値以下であることを確認しなければならない。クランプを使用せず，ボルトのみで固縛する場合も同様の取扱いとする。

7.6.9 固縛設計：その他

7.6.9.1

沖合での固縛は，固縛作業中に貨物を保持するガイド（又はクレードル）を使用して実施すべきである。

7.6.9.2

波，水分又は天候で損傷し易い貨物は，適切に保護されなければならない。

7.6.9.3

構造物内部でアイテムが動くことを防止するため，内部固縛を必要とする場合がある。

7.6.9.4

ガイドポストは，その目的のため特別に設計されたものでない限り，固縛に使用すべきではない。

7.6.10 固縛の解除

7.6.10.1

輸送船の固縛は，解除されることを前提として，次の原則の下に設計されなければならない。

- 切断作業を最小限にすること。
- 切断後に拘束を提供できる設計とすること。
- 付着物のないリフトオフが可能となる設計とすること。

7.6.10.2

最終的な固縛の解除作業は，一度吊索具がフックに接続され，索具から緩んだときに実施されなければならない。

7.6.10.3

固縛が切断され、貨物が固縛の拘束なしでグリレージ（格子柵）上で支持される場合、グリレージは貨物重量及び（静水面上で）5°の傾斜による横荷重に確実に抵抗できるように設計しなければならない。また、貨物とグリレージとの間の摩擦係数は、横荷重の伝達を許容できるだけの大きさでなければならない。摩擦係数が小さい場合は、貨物からグリレージまで横荷重を伝達できる代替の手段を提供すること。

7.6.10.4

切断作業は、リフトオフの間、鉛直方向の拘束がないように実施すべきである。例えば、フレームカッターを用いた固縛の鉛直切断は、粗い切断面により拘束効果を生じる可能性がある。この場合、切断は鉛直に対して 10°～20°の角度で実施するか、又は2つの平行切断を用いて各ピースを取外すことが推奨される。

7.6.10.5

沖合で設置される貨物の場合、固縛は、貨物が予測される角度及び運動に対して安全性を維持できるよう、段階的に解除されるべきである。固縛の解除、及びいずれか一つの対象物の取り外しは、他の対象物の固縛を妨げるものであってはならない。

7.6.10.6

設置が、固縛設計で前提としていた海域よりも穏やかな海域で実施される場合、その海域に入った時点で、時間節約のため一部の固縛を解除することができる。ただし、本会（MWS 機関）との合意が必要であり、合意が得られたならば、以下を条件として、本会（MWS 機関）の設置承認証明書（CoA）の発行前に固縛を解除できる。

- (a) 早期に解除すべき固縛は、明瞭にマーキングしておくこと。
- (b) 残りの固縛は、設置サイトのための設計クライテリアで設計すること。また、一時避難場所で退避する可能性がある場合は、その航路のための設計クライテリアで設計すること。

7.6.10.7

固縛の解除は、通常は、設置承認証明書（CoA）が発行されるまで開始してはならない。ただし、この要件は、特殊な状況下では、リスク評価を行うことを条件に緩和することができる。早期に解除すべき固縛は、固縛解除手順で特定されなければならない。

7.6.11 クリビング（木積）

7.6.11.1

貨物が、木製のクリビング（角材）又はダンネージ（荷敷）で支持される場合、貨物の下側及び輸送船の甲板で過大な応力とならないように荷重を分散するため、材料の計画範囲及び高さに関するデータが提供されるべきである。また、構造計算は、これらを考慮したものでなければならない。

7.6.11.2

船舶のたわみを考慮し、貨物の突起最下部と船舶（又はバージ）の甲板との間には、十分なクリアランスを設けるべきである。

7.6.11.3

クリビング支持圧力は、貨物の重量・重心位置及び設計環境荷重を考慮して計算しなければならない。支持圧力の許容値については、本会の適当と認めるところによる。

7.6.12 貨物強度要件

7.6.12.1

貨物は、航海中に作用する荷重に対して、4章の要件を満足するものでなければならない。また、貨物は、クリビング（木積）/ グリレージ（格子桁）及び固縛による局所荷重に耐えられるような十分な強度を有することが示されなければならない。

7.6.12.2

貨物、クリビング（木積）/ グリレージ（格子桁）及び固縛の強度計算には、輸送船の船側を超える貨物の張り出しにより生じる付加的な荷重、浮力、及び波スラミング荷重を含めなければならない。

7.6.13 管製品の安全確保

7.6.13.1

船舶（又はバージ）でパイル、トランジションピース（TP）、タワー等の管製品（以下、「管」という。）を輸送する場合、管の安全確保の観点から、固縛等の設計は次の項目を考慮したものではない。

- 船舶のタイプ及び管の性質
- 輸送の航続期間及び予想される気象条件

7.6.13.2

管の場合、摩擦力は管の縦方向の固縛荷重に抵抗するものであり、7.6.2.2 の最小固縛力は適用されない。設計摩擦係数は、表 7-6 の上限値を超えないこととする。

表 7-6 管のための代表的な（上限）設計摩擦係数

接触している物質	摩擦係数
コンクリート被覆管－コンクリート被覆管	0.5
コンクリート被覆管－木材	0.4
木材－木材	0.4
被覆なし鋼管－木材	0.3
ポリプロピレン被覆管－木材（又はローブダンネージ）	0.3
ポリプロピレン被覆管－ポリプロピレン被覆管	0.15
被覆なし鋼管－被覆なし鋼管	0.15
エポキシ樹脂被覆管－木材	0.1
エポキシ樹脂被覆管－エポキシ樹脂被覆管	0.05
注：表中の摩擦係数は、管が船舶（又はバージ）の貨物倉内のデッキ上に積上げられることを想定しており、Wet/Dry とは無関係に使用することができる。ただし、暴露甲板上に直接置かれる管については、管の材質にかかわらず、管と甲板との摩擦係数をゼロとしなければならない。	

7.6.13.3

摩擦面の間に砂が存在する場合、摩擦係数は著しく低下することに注意すること。

7.6.13.4

表 7-6 に示したものの以外の材料の組合せの場合は、使用される摩擦係数（Wet 及び Dry）が適切であることを文書で示さなければならない。

7.6.13.5

パイルなどの大口径管は、個々にくさびで止められ、かつ、端止めが実施される場合がある。このようにくさびのみで止められる場合は、さらなる拘束を設けなければならない。ただし、管がくさびから転がり出ないことを確認できる場合は、この限りではない。

7.6.13.6

塗装された管を輸送する場合、輸送及び固縛手段は、塗装が損傷から保護されるように設計しなければならない。保護の手段については、製造者及び/又は荷主の推奨に従うべきである。

7.6.13.7

加工済みの端面で端止めが提供される場合、端面加工部は適切に保護されなければならない。

7.6.13.8

端部が開放されている管を甲板貨物として輸送し、かつ、当該管が部分的に水で満たされる可能性がある場合は、以下を確実にするよう留意すべきである。

- (a) 船舶の復原性は、取り込まれた水の影響を考慮し、復原性の要件を満足するものでなければならない。
- (b) 甲板及び管層は、過大な応力を受けるものであってはならない。この要件を満たすことが困難な場合は、少なくとも積重ねの最下段の端面を確実にシールすることとする。

7.6.14 中古の鋼製固縛の使用

7.6.14.1

中古の鋼製固縛を使用する場合、以前の撤去又は使用による消耗は、目的とする適合性に影響してはならない。鋼材のトレーサビリティを確認できる適切な文書、特に鋼材の等級に関連する文書を有するものでなければならない。

7.6.14.2

前回加工した部分、溶接部及びガス切断部分については、き裂等がないことを示す非破壊検査報告書を本会（MWS 機関）に提出しなければならない。

7.6.14.3

材料証明書で鋼材のタイプが明確にならない場合は、材料試験により鋼材のタイプを決定することができる。材料試験では、この鋼材のタイプで保証される最低の特性（降伏点、引張強さ等）を求め、計算ではこの値を使用しなければならない。

7.6.15 固縛の検査

7.6.15.1

固縛部（溶接部を含む）は、全般的に目視検査を実施しなければならない。

7.6.15.2

溶接部については、目視検査に加え、次の非破壊検査（NDT）を実施しなければならない。

- 浸透探傷試験（PT）又は磁粉探傷試験（MPI）
- 超音波探傷試験（UT）（必要に応じて）

これらの検査は、溶接終了から 48 時間以降に実施すべきであるが、本会が適当と認めた場合は 24 時間以降とすることができる。検出されたあらゆる溶接不良は、溶接修理要領及び有資格溶接士により修理し、再試験されなければならない。

らない。

7.6.15.3

沖合での輸送の場合、7.6.8 のボルト (pretension bolts) は、航海中の疲労を考慮し、1 回のみの使用としなければならない。沿岸での輸送の場合は、初回の予張力がボルトの降伏強度の 60%を超えず、かつ、輸送中の荷重が最大設計値を超えない場合にのみ再使用が認められる。ただし、再使用のボルトに対しては、定期的な非破壊検査 (NDT) 及び交換インターバルを含む詳細な検査計画を文書化すべきである。また、使用前には毎回目視検査を実施し、必要に応じて非破壊検査 (NDT) を実施すること。

7.7 復原性

7.7.1 一般

7.7.1.1

この節は、船舶（SEP 船を含む）及びバージ*の非損傷時及び損傷時復原性に関する要件を定めるものである。復原性に関する資料は、国会（MWS 機関）に提出されなければならない。

注*）船舶検査対象及び船舶検査非対象のバージに適用する。

7.7.1.2

復原性計算に用いられる軽貨重量データは、被曳航物の状況を正確に反映したものでなければならない。

7.7.1.3

曳航中、タグボート及び被曳航物の甲板上及び甲板下にあるすべての風雨密ドア及び開口部は、常に閉鎖された状態でなければならない。船舶に、風雨密ドアの位置の遠隔指示装置が装備されている場合は、使用可能であることが確認されなければならない。このような開放部の配置図は曳航計画書に明示されなければならない。

7.7.1.4

復原性計算では、自由表面の影響を考慮しなければならない。計算には以下を含めること。

- (a) 浮体（非曳航物）及び貨物における自由表面の液体の影響
- (b) トリムが大きいときのバラスト調整時に起こりうる、不完全な通水による残留自由表面
- (c) 船体のいずれかの部分の下に閉じ込められた（又は、入り込んだ空気による）空気クッション効果。これは、付加的な浮力を生み出す。空気クッション効果は、すべての標準的な密閉タンクからの自由表面効果に付加される。これは、空気の圧縮性により復原性を低減する。

7.7.1.5

国際航海に従事する船舶は、国際海事機関（IMO）の非損傷時復原性コード及び国際満載喫水線条約（International Convention on Load Line）の統合版の強制部分に従わなければならない。

7.7.1.6

国会（MWS 機関）は、一般に、認定された船級協会によりクラスとして認められた限度内で運用されている船舶（SEP 船を含む）の復原性を受け入れる。

7.7.1.7

復原性に関する要件は、輸送に使用される船舶又はバージにより異なり、表 7-7 のように適用される。

表 7-7 復原性要件の適用

復原性要件	SEP 船	SEP 船以外の輸送船	バージ	浮体式風力発電設備	パイル等 ¹⁾	タグボート
(a) 非損傷時復原性	●	●	●	●	-	●
(b) 損傷時復原性	●	● ²⁾	● ²⁾	●	● ²⁾	● ²⁾
注：						
1) 水密を確保した状態でウェット曳航されるパイル等						
2) 条件付きで省略可能（7.7.3.2 参照）						

7.7.2 非損傷時復原性

7.7.2.1

船舶（又はバージ）以外の浮体の曳航における非損傷時復原性については、次のように定める。

(a) 浮体式洋上風力発電設備

ウェットで曳航される浮体式洋上風力発電設備の非損傷時復原性は、本会の「浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン」に従うものとする。

(b) パイル等

水密を確保した状態で、ウェットで曳航されるパイル等の構造物（図 7-7 参照）については、非損傷時復原性の計算は省略できるものとする。

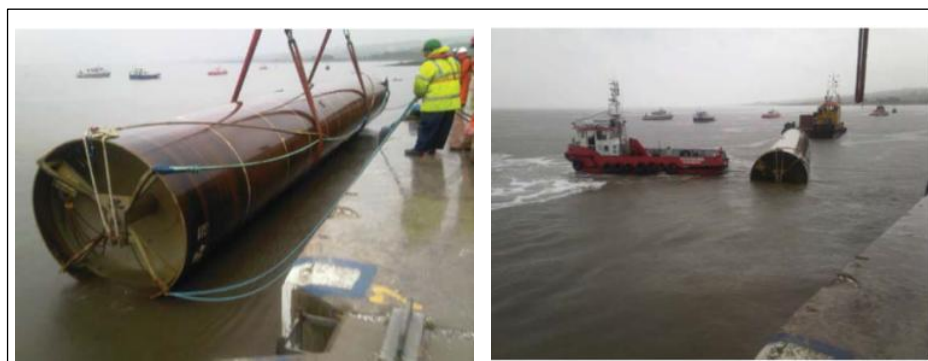


図 7-7 モノパイルの曳航

7.7.3 損傷時復原性

7.7.3.1

船舶（SEP 船を含む）及びバージの損傷時復原性の計算は、省略が認められる 7.7.3.2 に定めるものを除き、この項に定める規定に従わなければならない。ただし、浮体式洋上風力発電設備の損傷時復原性は、本会の「浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン」に従うものとする。

7.7.3.2

次の(a)及び(b)の条件を満たす場合は、損傷時復原性計算の省略が認められる。

(a) リスク評価を実施し、適切な損傷防止策を講じること。

(b) 浮体構造物の種類に応じて、少なくとも表 7-8 の条件を考慮すること。

表 7-8 損傷時復原性の計算の省略が認められる浮体構造物とその条件

浮体構造物	損傷時復原性の計算を省略するための条件
(a) L_f が 80m 未満の船舶（SEP 船を除く）	7.14 に定める状態検査を実施し、構造及び水密の健全性が確認されること。 - 浸水に備え、ビルジポンプ及びバラストポンプを迅速に運転できる体制を整えておくこと。
(b) L_f が 80m 未満のバージ	7.14 に定める状態検査を実施し、構造及び水密の健全性が確認されること。 - 突出した部分は、曳航及び索の取扱いによる損傷から保護されること。 - 警戒船を手配すること。
(c) 水密を確保した状態でウェット曳航されるパイル等	- 水密の健全性が試験により確認されること。 - 突出した部分は、曳航及び索の取扱いによる損傷から保護されること。 - 警戒船を手配すること。
(d) タグボート	7.14 に定める状態検査を実施し、構造及び水密の健全性が確認されること。 - 衝突し易い場所に防舷材を取り付けること。 - 複数のタグボートによる曳航とするか、又は、警戒船を手配すること。

7.7.4 喫水及びトリム

7.7.4.1

満載喫水線証書を保有する船舶及びバージの場合、旗国の免除無しに、また、管理された状態で一次的に積み込み及び荷揚げ作業を行う場合を除き、喫水は適切な満載喫水線の喫水を越えてはならない。

7.7.4.2

喫水は、適切な乾舷及び復原性を得るのに十分小さなものとし、運動及びスラミングを軽減するのに十分大きなものとしなければならない。バージの曳航の場合、一般には、船体深さの 35%～60%となるが、通常、これは満載喫水線の喫水より大幅に小さい。

7.7.4.3

バージ用の最小喫水及びトリム（推奨値）を参考として表 7-9 に示す。

表 7-9 バージの最小喫水及びトリム（推奨値）

バージの長さ	最小船首喫水	最小（船尾）トリム
30m	1.0 m	0.3m
60m	1.7m	0.6m
90m	2.4m	0.8m
120m	3.1m	1.0m
150m	3.7m	1.2m
200m	4.0m	1.5m

7.7.4.4

船舶形状の非曳航物（ここで、全長（m）を LOA とする）の曳航の場合、船首喫水は以下より大きくすることを推奨する。

- LOA≥200m の場合 $2.0\text{m} + 0.015 \times \text{LOA}$
- LOA<200m の場合 表 7-9 参照

最小（船尾）トリムについては、方向を安定させる目的の場合は、LOA の 0.75% とすることが推奨される。

7.7.4.5

フローティングドックのような構造物の曳航は、縦曲げモーメントを最小化するため、ゼロトリムで最小の喫水とすることが望ましい。

7.7.4.6

船首及び船尾のドラフトマークは読み取り易いものとし、水線上の範囲は、必要に応じて再塗装しなければならない。

7.7.4.7

被曳航物が無人で、タグボートから曳航中の（被曳航物の）喫水増加を監視できるようにするため、船首の周りで水線より約 0.5m だけ上の位置に、幅広で明瞭な対照色の線を塗装すべきである。

7.8 輸送船及びバージの選定

7.8.1 選定クライテリア

7.8.1.1

輸送用バージ又は船舶の選定は、必要となる修理等を含め、以下を考慮して行うべきである。

- (a) 計画されたすべての貨物品のための、及び（必要に応じ）沖合での吊作業のための適切なデッキスペースを設けなければならない。このスペースには、固縛に必要なスペース、貨物品間のアクセス、曳航設備及び非常設備へのアクセス、タンク・マンホール及び必要に応じて貨物保護用の波よけへのアクセスが含まれる。
- (b) 船舶及びバージは、計画された貨物とバラストで非損傷時及び（必要に応じて）損傷時の復原性を有するものでなければならない。
- (c) 貨物を積載した船舶及びバージは、貨物を合理的に保護するのに十分な乾舷を有するものでなければならない。
- (d) 浮上状態で積出しを行う場合、積出しパースへの接近及び離脱に十分な水深を確保しなければならない。
- (e) 潜水での積出しを行う場合、バージ又は船舶は、積出し地点における水深制限内でのすべての潜水の段階で、甲板上の十分なクリアランスと復原性を確保できるようにしなければならない。非損傷の状態で全体が潜水可能なバージは、潜水バージとして分類される。
- (f) 甲板の強度は、スティフナ、フレーム及び隔壁の間隔及び能力を含め、積出し及び輸送荷重に対して適切でなければならない。
- (g) 船舶の場合、固縛は燃料油タンク付近での溶接を必要とするものであってはならない。
- (h) バージの場合、主及び非常用の曳航連結具及び復旧設備のほか、必要に応じて係留設備、照明及びアクセス用梯子を適切に装備したものでなければならない。
- (i) 計算された運動応答は、貨物の過剰応力を引き起こすものであってはならない。
- (j) 必要となるすべての設備及び機器は、健全な状態であり、正常に動作するものでなければならない。
- (k) 船舶は、表 7-1 に記載の関連文書を保有していなければならない。
- (l) 日本国内で使用される船舶検査非対象のバージは、構造的な強度及び水密健全性を確認するため、後述の 7.14 に従って本会の検査を受けなければならない。

7.9 タグボート選定

7.9.1 一般

7.9.1.1

選定されたタグボートは、後述の 7.9.2 のボラードブル要件に適合しなければならない。また、航路に即した適切な証書を有するものでなければならない。

7.9.1.2

すべてのタグボートは、指定海域を安全かつ有効的に運航できるように設計され、曳航作業専用又は曳航能力を有する多目的として設計されたものでなければならない。

7.9.1.3

船舶の長さ及び通常運航喫水は、プロペラ効率を維持するのに適切であり、荒天時のスラミングを軽減するものでなければならない。

7.9.1.4

曳航に使用されるタグボートは、曳航開始前に、本会（MWS 機関）の検査を受けなければならない。検査においては、提案されている作業、関連文書、曳航設備及び人員配置及び燃料に関する船舶の適合性が確認される。

7.9.1.5

ボラードブルの値は、原則としてボラードブル試験で得られた値とすべきであるが、日本国内では経験式等から定め、カタログに標記する場合が多い（以下、「カタログ値」という）。このような状況及びタグボートの経年劣化を考慮し、ボラードブルの取扱いを表 7-10 のように定める。

表 7-10 ボラードブルの取扱い

ボラードブル証明書/年数	ボラードブル試験値又は推定値：BP（トン） （タグボートの登録馬力を H とする）	
	タグボートの能力評価で使用する BP （7.9.2.4 参照）	曳航索の強度評価で使用する BP （7.10.3 参照） 曳航索長さの計算で使用する BP （7.10.4 参照）
(a) 有効期限内の証明書を有している場合 （有効期間は通常 10 年）	試験値	試験値
(b) 有効期限がない証明書を有しており、かつ、船齢が 10 年未満の場合	試験値	試験値
(c) 証明書がなく、かつ、船齢が 10 年未満の場合	$BP = BP_{\min}$ ここで、 $BP_{\min} : 0.012 \times H$ （トン）	$BP = BP_{\max}$ ここで、 $BP_{\max} : 0.014 \times H$ （トン）
(d) 証明書の有効期限を越えた場合	$BP = \text{試験値} \cdot (1 - R_{\text{expire}})$ $R_{\text{expire}} = N_{\text{expire}}/100$ ここで、 $N_{\text{expire}} : \text{証明書の有効期限以降の年数}$	試験値
(e) 有効期限がない証明書を有しており、かつ、証明書発行から 10 年以上経過した場合	$BP = \text{試験値} \cdot (1 - R_{\text{cert}})$ $R_{\text{cert}} = (N_{\text{cert}} - 10)/100$ ここで、 $N_{\text{cert}} : \text{証明書発行以降の年数}$	試験値
(f) 証明書がなく、かつ、船齢が 10 年以上の場合	$BP = BP_{\min} \cdot (1 - R_{\text{age}})$ $R_{\text{age}} = (N_{\text{age}} - 10)/100$ ここで、 $N_{\text{age}} : \text{タグボートの船齢}$	$BP = BP_{\max}$

7.9.1.6

前 7.9.1.5 の表 7-10 に示したボラードブル推定式は、ダクト付きプロペラを装備したタグボートの前進時の推定式である。ダクト非装備又は後進曳航の場合については、本会の適当と認めるところによる。

7.9.2 ボラードプル要件

7.9.2.1

表 7-11 は、TPR（要求曳航索曳引力、Towline Pull Required: TPR）の計算を行う場合の気象・海象条件を示したものである。TPR は、予定されている曳航の気象・海象条件をこの表から選択し、後述の 7.9.2.2 により、曳航速度（タグボートの対地速度）をゼロとして計算しなければならない。

表 7-11 TPR（要求曳航索曳引力）の計算のための気象・海象条件

ID	航路	条件	有義波高 (m)	風速 (m/s)	潮流又は海流 (m/s)
1	国際 航海	一般 ¹⁾	5	20	0.5 ³⁾
2		設計波高が 5m 未満の場合	設計波高 ²⁾	設計風速 ²⁾	0.5 ³⁾
3	内航	－	設計波高 ²⁾	設計風速 ²⁾	0.5 ³⁾
注： 1) IMO MSC/Circ. 884 による。 2) 設計波高及び設計風速は、貨物の固縛の施工設計で使用される 7.4.2 の規定を参照して設定することができる。 3) 0.5m/s 又は設計流速（予測値）のいずれか大きい方を使用すること。					

7.9.2.2

TPR は、一般に次式で表される。

$$TPR = F_{wind} + F_{curr} + F_{WD}$$

ここで、

F_{wind} : 風荷重。計算方法については 4 章を参照。

F_{curr} : 流速による荷重。平水中の水中抵抗に等しい。模型試験、シミュレーション計算で求められる。
本会が適当と認める実験式を用いることもできる。

F_{WD} : 波漂流力（wave drift force）であり、一般に、次の算式で求められる。

$$F_{WD} = \frac{1}{2} \rho g \cdot \left(\frac{H_S}{2} \right)^2 \cdot C_R^2 \cdot B$$

ここで、

ρ : 海水密度（一般に、1025kg/m³）

g : 重力加速度（9.81m/s²）

H_S : 有義波高 (m)

C_R : 反射波係数（7.9.2.3 参照）

B : バージ（浮体）の代表幅 (m)

7.9.2.3

前 7.9.2.2 で示されている波漂流力算定式の反射波係数 C_R は、透過波係数 C_T とは次の関係にあることから、透過波係数から求めることもできる。

$$C_R^2 + C_T^2 = 1$$

代表的な反射波係数の例を表 7-12 に示す。

表 7-12 反射波係数の例

形状	C_R
矩形面	1.00
コンディープベース	0.97
垂直円筒	0.88
傾斜船首 (raked bow) のバージ	0.67
スプーン形状船首 (spoon bow) のバージ	0.55
船の船首	0.45

7.9.2.4

タグボートの有効で連続的な静的ボラードプル (BP) は、TPR 以上でなければならない。

$$TPR \leq \sum (t_{eff} \cdot BP)$$

ここで、

t_{eff} : 設定された海象条件での各タグボートの効率

BP : 各タグボートのボラードプル

Σ : タグボートの合計

t_{eff} については、他に情報がない場合、有義波高を $H_S(m)$ 、タグボートの全長を LOA(m)として、表 7-13 の値を使用すること。有義波高が中間的な値の場合は、線形補間で求めることとする。

表 7-13 タグボートの効率 t_{eff}

LOA	有義波高 H_S				
	1.0 以下	2.0	3.0	4.0	5.0 以上
45m 未満	1.00	0.85	0.70	0.65	0.50
45m 以上	1.00	0.94	0.88	0.81	0.75

7.9.2.5

前 7.9.2.4 の式は、前方に効率的に曳引できるように接続されるタグボートのみが寄与するものと想定したものである。後進曳航の場合は、本会が適当と認めるところによる。

7.9.3 主及び予備の曳航索及び連結具

7.9.3.1

主及び予備の曳航索及び連結具は 7.10 に従ったものでなければならない。

7.9.4 テイルゲート/スターンレール

7.9.4.1

曳航用テイルゲート又はスターンレールが装備されている場合、レールは十分滑らかで、半径はタグボートの主曳航索の直径の 10 倍以上が望ましい。

7.9.5 曳航索の管理及び海底クリアランス

7.9.5.1

タグボートには、次に定める適切な曳航索のセンタリング装置を装備しなければならない。

(a) 曳航用ピン（又はポッド）/船尾ローラ

曳航用ピン（又はポッド）の強度は、遭遇しそうな負荷に対して十分であることが示されなければならない。また、曳航用ピン（又はポッド）は、十分な滑らかさを有し、その内側の半径は、曳航索の直径の 10 倍以上とすることを推奨する。

ただし、船尾ローラ（stern roller）の半径については、本会の適当と認めるところによる。

(b) ゴグ・ロープ

ゴグ・ロープ（gog/gob rope）は、遠隔調整可能なものとし、タグボートの後部甲板に装備しなければならない。

ゴグ・ロープの予備も搭載しなければならない。

(c) その他のセンタリング装置

上記(a)及び(b)以外の装置が装備される場合、その構造は本会が適当と認めるものでなければならない。

7.9.5.2

国際航海に従事するタグボート（サルベージタグ又はオーシャンタグ）で方形船尾のものにあつては、荒天時に曳航索がタグボートの船尾周辺で滑ることを防止するため、機械式又は油圧で動作する曳航索制限装置（一般に、ノーマンピン（Norman pin）と呼ばれる）をブルワーク後端近くに装備することが望ましい。

7.9.5.3

タグボートの船長は、特に浅海域における海底面上での曳航索の摩耗又はほつれを防止するため、曳航索のカテナリーを常に認識しておくべきである。

7.9.5.4

海底と曳航索との間の最小の静的クリアランスは、水深の 10%とすべきであり、沖合で最小 5m、沿岸で最小 2m とすべきである。

7.9.6 作業艇

7.9.6.1

タグボート（又はバージ）上に自航式の作業艇が設置される場合、作業艇は被曳航物との間の非常用通信設備を有するものでなければならない。また、タグボート（又はバージ）は、有義波高 2.0m の海象で、作業艇を安全に進水させるための適切な設備を有するものでなければならない。膨張式ボート又は複合艇（Rigid-Hulled Inflatable Boat: RHIB 又は RIB）は、非常用設備の運搬に適した甲板敷物があることを条件として認められる。

7.9.7 設備

7.9.7.1

規制当局からの通常の要求に加え、タグボートには、その乗員が検査又は非常時に被曳航物のバージ上に配置されるときに被曳航物と通信できるよう、可搬式海洋 VHF 及び/又は UHF 無線設備を搭載しなければならない。予備の蓄電池及びそれに充電する手段を設けなければならない。

7.9.7.2

タグボートには、次の航海設備及び資料を備えなければならない。

- 必要となるすべての航海設備及び最新の海図、及び
- 特定の曳航に必要となる出版物（可能性のある迂回港及びその進入路に関する情報を含む）

7.9.7.3

タグボートは、夜間作業の補助のため及び非常時（又は、航海灯の不具合の場合）に被曳航物の照明のためのサーチライトを装備しなければならない。サーチライトは、タグボートが前後両方から被曳航物に接近できるよう、前方及び後方の両方を照明できるようにすべきである。

7.9.7.4

国際航海に従事するタグボートは、内蔵式の動力装置をもつ可搬式ポンプを少なくとも1台装備しなければならない。動力装置の燃料は、動力装置の最大定格出力で12時間運転できるものでなければならない。このポンプは、7.11.3.3の要件に適合したものでなければならない。ただし、荒天時に配置することは困難であるため、配置の方法及び実現性については、別途検討すべきである。

7.9.7.5

必要に応じて、こすれ防止装置を装備すべきである。特に、曳航索と曳航ピン（又はボッド）、曳航バー、スターンレール及び曳航索を損傷させるその他の鋭い端部（例えば、船体とローラとの間のすきま）との接触に注意すべきである。

7.9.7.6

すべてのタグボートは、非常時における使用のため、必要に応じてガス切断装置及び溶接装置を装備すべきである。

7.9.8 燃料その他の消耗品

7.9.8.1

国際航海に従事するタグボートには、航行区域及び季節を考慮した予定曳航期間に最低5日間供給分（ポンプ吸引できないものは除く）の予備期間を加えた期間分の燃料及びその他の消耗品を搭載すべきである。その他の消耗品としては、飲料水、潤滑油及び備蓄が含まれる。曳航期間が20日を超える可能性がある場合は、予備期間は7日に増やすこと。

7.9.8.2

国際航海途中の給油を提案する場合は、曳航を開始する前に適切な手配を行い、かつ、曳航手順に含めておかなければならない。

7.9.9 タグボートの人員配置

7.9.9.1

タグボートの人員配置は、タグボートの旗国の法規に従ったものでなければならない。

7.10 曳航設備

7.10.1 フローチャート及び曳航設備の構成

7.10.1.1

図 7-8 に、タグボートの曳航設備を決定するためのフローチャートを示す。

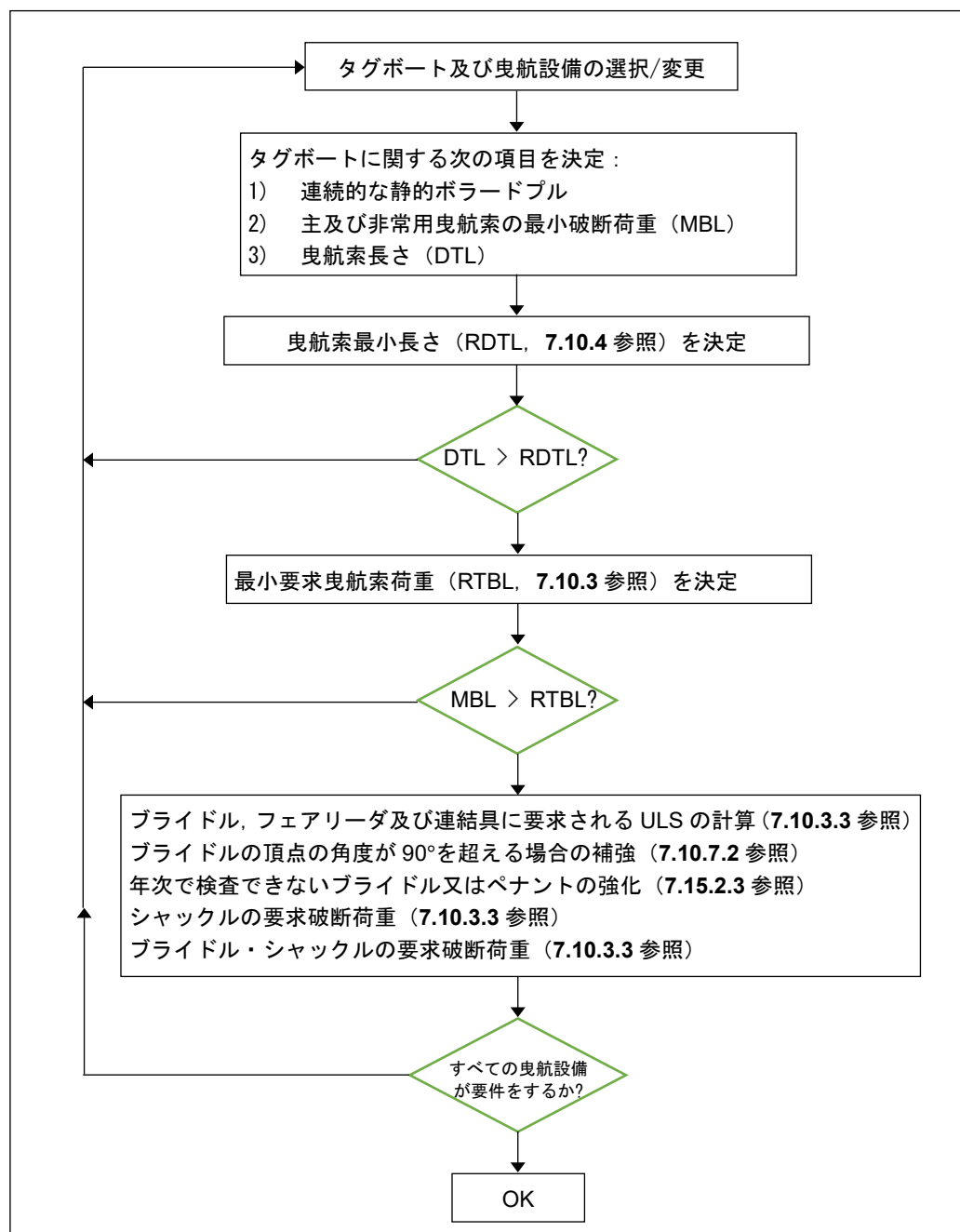


図 7-8 曳航設備を決定するためのフローチャート

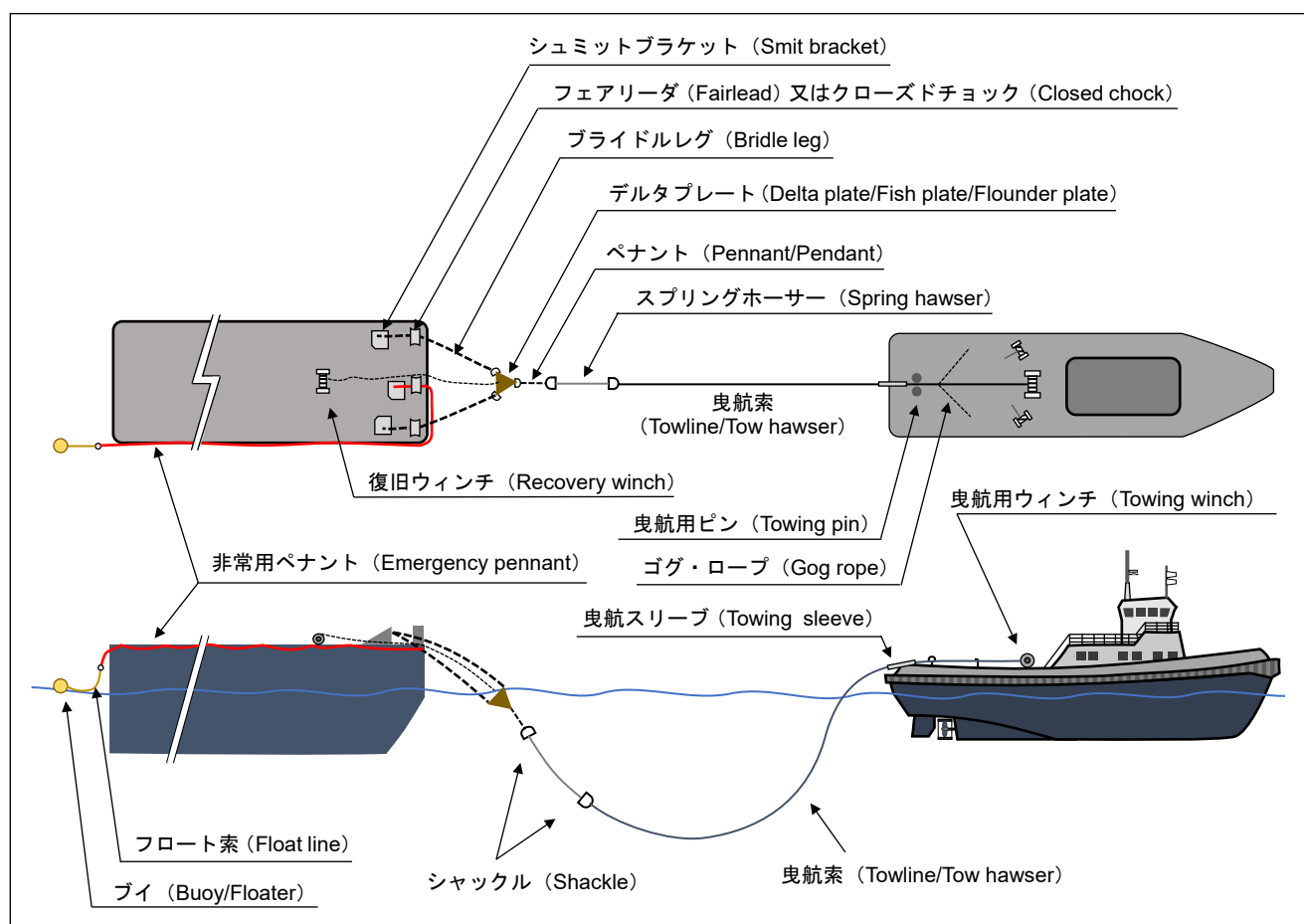


図 7-9 国際航海の場合の曳航索配置の例

7.10.1.2

国際航海の曳航は、図 7-9 の例のように、バージ（又は被曳航物）の前端から、適切なブライドルを介して実施しなければならない。ブライドルを含む曳航索システムは、一般に次の要素で構成される。

- (a) 曳航連結部
 - ・ 被曳航物との連結具
 - ・ フェアリーダ又はクローズドチョック（以下、「フェアリーダ」という。）
 - ・ ブライドルレグ
 - ・ デルタプレート
- (b) 中間ペナント（必要に応じて）
- (c) ブライドル復旧システム
- (d) 非常用曳航装置（7.10.12 参照）

7.10.1.3

内航の曳航の場合は、必ずしもブライドルは要求されず、例えば気象に制限される曳航で、平穏な海域を曳航する場合は、（ブライドルを使用しない）2本の曳航索による曳航も認められる。また、バージとタグボートとを横抱き（ホーサーで連結）の状態として曳航する場合もある。被曳航物との連結部については、シュミットブラケット及びフェアリーダに替えてビット（又はクロスビット）を使用するのが一般的である。

【解説】

曳航で使用するクローズド形フェアリーダは、日本ではクローズドショック (JIS F 2005) と呼ぶのが一般的である。ペナント (又はペンダント) は、曳航索の接続を容易にするために設けられる短い索であり、通常の曳航索と区別される。合成繊維製のペナントは、ストレッチャー (Stretcher) と呼ばれる場合がある。

7.10.1.4

後進で対象物を曳航する場合の曳航索システムについては、本会の適当と認めるところによる。

7.10.1.5

2 隻のタグボートが同程度の出力の場合、ブライドルを分割することができる。曳航に使用される 2 隻のタグボートの出力 (又はサイズ) が異なる場合の曳航索システムについては、本会の適当と認めるところによる。

7.10.1.6

前 7.10.1.5 のいかなる曳航索システムであっても、各々のタグボートの連結ポイントには、復旧システムを用意しておくべきである。

7.10.2 曳航ウィンチ/曳航索の数

7.10.2.1

タグボートに要求される曳航ウィンチ、主曳航索及び非常用曳航索 (予備) の最小の数を表 7-14 に示す。

表 7-14 曳航ウィンチ、主曳航索及び非常用曳航索の数 (要求される最小値)

タグボート	曳航ウィンチ	主曳航索	非常用曳航索
(a) 国際航海に従事するサルベージタグ (オーシャンタグ)	2	2	1
(b) 内航タグボート	1	1	1

7.10.3 主曳航索及び曳航索連結具の強度 (海水域を除く)

7.10.3.1

主曳航索の最小破断荷重 (MBL) は、次式を満たすものでなければならない。

$$F_{RTBL} \leq F_{MBL}$$

$$F_{RTBL} = \gamma_{TL} \times BP$$

ここで

- F_{RTBL} : 最小要求曳航索荷重 (Minimum Required Towline Breaking Load: RTBL)
 F_{MBL} : 曳航索の最小破断荷重 (MBL)
 γ_{TL} : 安全係数 (表 7-15 による)
 BP : ボラードプル試験値又は推定値 (7.9.1.5, 表 7-10 参照)

表 7-15 曳航索の安全係数, γ_{TL}

ボラードプル (BP)	沿岸	沖合
BP < 40 トン	2.0	3.0
40 ≤ BP < 100 トン		線形補間
100 トン ≤ BP		2.0

7.10.3.2

ボラードプルが極めて大きいタグボートの場合、必要な曳航索が太くなり、前 7.10.3.1 の要件を満たすことが困難になることがある。このような場合の曳航索の選択及びタグボートの出力制御については、本会の適当と認めるところによる。

7.10.3.3

主曳航索、ペナント及び連結具の破断荷重は、表 7-16 の最小要求荷重を下回ってはならない。（表 7-16 には 7.10.3.1 の要求値を含めて示している。）

表 7-16 主曳航索、ペナント及び連結具の最小要求荷重 (F_{RTBL} : 最小要求曳航索荷重)

主曳航索/ペナント/連結具		最小要求荷重
被曳航物との連結具（シュミットブラケット）		F_{RTBL}
フェアリーダ		$1.25 \times F_{RTBL}^{1)}$
ブライドル	チェーンペナント	$1.25 \times F_{RTBL}^{1)}$
	ワイヤブライドル	
	シャックル以外の連結具	
	シャックル	$1.30 \times 1.25 \times F_{RTBL}$
	デルタプレート	$1.30 \times 1.25 \times F_{RTBL}$
デルタプレートと中間ペナントとの連結具（シャックル等）		$1.30 \times F_{RTBL}$
中間ペナント（ワイヤロープペナント）		F_{RTBL}
ストレッチャー（合成繊維製ペナント）		$1.50 \times F_{RTBL}^{2)}$
曳航索連結具（シャックル等）		$1.30 \times F_{RTBL}$
スプリングホーサー（合成繊維製曳航索）		F_{RTBL}
主曳航索		F_{RTBL}
注：		
1) 主曳航索の F_{MBL} が 160 トンを超える場合は $F_{RTBL} + 40$ とすることができる。		
2) 製造者が定める安全係数が 1.50 を超える場合は、製造者の安全係数を使用すること。		

7.10.3.4

フェアリーダは、次の荷重を受けるように設計されなければならない。

- ・ タグボートの曳引方向からの横荷重、及び
- ・ チェーン（又はシャックル）がフェアリーダに引っ掛かったときに生じる曳航索の方向に沿った荷重（7.10.3.3 の荷重）

フェアリーダが装備されない場合であっても、フェアリーダと同様の機能の連結具が使用される場合は、上記と同様に設計されなければならない。また、上記の設計は、ブライドル有りとなしの両方のケースで考慮すべきである。

7.10.3.5

曳航連結具又はフェアリーダが垂直方向の荷重を受ける可能性がある場合、その設計は、計算上の最大ピッチ角において、次の条件を考慮したものでなければならない。

- ・ フェアリーダの上昇
- ・ フェアリーダの位置で考慮されているブライドル及び曳航索の重量比
- ・ 曳航索曳引力

上記のような状況では、主曳航接続具を、最低限必要なタグボートより大きなタグボートでの使用に耐えられるような設計とすることが望ましい。

7.10.3.6

使用するタグボートが要求曳航索曳引力（TPR，7.9.2 参照）に対して非常に大きく、かつ、曳航索連結具が被曳航物に既に装備されているような特殊な状況の場合、被曳航物連結具、フェアリーダ、ブライドルレグ等は BP による最小要求曳航索荷重（RTBL，7.9.2 参照）ベースで強度が要求されるため、強度要件を満たすことが困難となる場合がある。このような特殊な状況における強度要件の軽減については、本会の適当と認めるところによる。

7.10.4 曳航索の長さとの関係

7.10.4.1

国際航海の曳航の場合、主及び予備の曳航索の最小長さは、表 7-17 に従うことが推奨される。

表 7-17 曳航索の最小長さ

曳航される海域	最小長さ（単位：m）
(a) 気象に制限されない作業（曳航）	$(BP/MBL) \times 1800$ ここで、 <i>BP</i> : ボラードブル試験値又は推定値（7.9.1.5，表 7-10 参照） <i>MBL</i> : 曳航索の最小破断荷重 ただし、少なくとも 650m 以上とすること。
(b) 気象に制限される作業（曳航）で、平穏な海域を航行する場合	$(BP/MBL) \times 1200$ ただし、少なくとも 500m 以上とすること。

【解説】

計算式 $(BP/MBL) \times 1800$ は、IMO MSC/Circ.884 による。

7.10.4.2

内航の曳航の場合は、曳航索の配置可能な最小長さを特に定めないが、国内の特定港湾内では、タグボートの船首から被曳航物の後端までの長さが 200m 未満に制限されるので留意しなければならない（港則法施行規則第九条及び「港湾工事安全施工指針」参照）。

7.10.5 曳航索

7.10.5.1

曳航索の端部は、シンブル（thimble）付きアイ又はソケットを有するものでなければならない。

7.10.5.2

曳航索として合成繊維製曳航索（スプリングホーサー）が使用される場合がある。スプリングホーサーは、次の要件を満たすものでなければならない。

- 良好な状態であること。
- 特に保管に留意したものであること。スプリングホーサーは、脆化及び経年劣化により寿命が限られており、摩耗、溶媒及び紫外線から保護しなければならない。

7.10.6 被曳航物との連結具及びフェアリーダ

7.10.6.1

曳航索の被曳航物への連結具は、承認された構造でなければならない。この連結具は、悪条件下で迅速に曳航索を解除できる構造とすべきである。ただし、早計な解除に対しては、安全を確保しなければならない。

【解説】

非曳航物との連結具としては、国際航海の場合はシュミットブラケット（Smit Bracket, 図 7-10 参照）が使用するのが一般的であり、国内規格としては、JIS F 2029 で材料・寸法等を規定している。内航の場合は、シュミットブラケット及びフェアリーダの代替として、クロスビットが使用される場合がある。

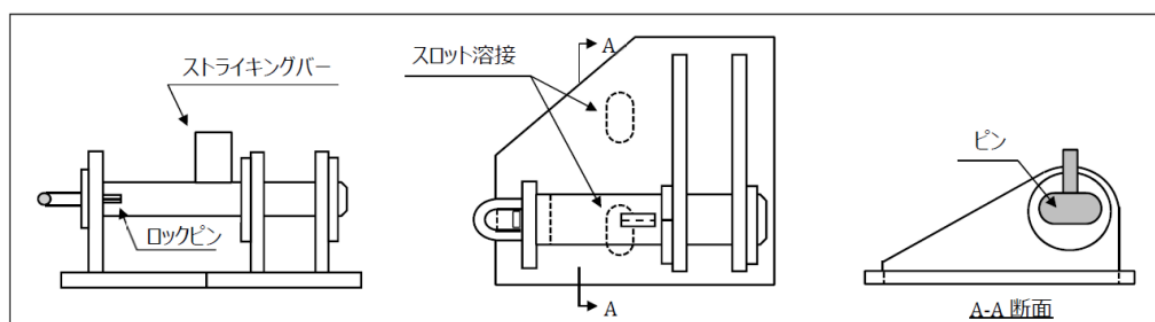


図 7-10 シュミットブラケット

7.10.6.2

被曳航物との連結具及びフェアリーダが設置される甲板は十分な強度を有するものでなければならない。

7.10.6.3

フェアリーダは、承認された構造であることとし、甲板の端部付近で、かつ、被曳航物との連結具に横荷重が作用することを防止できる位置に配置しなければならない。フェアリーダがオープン形である場合は、ブライドルレグが外れることを防止できる手段を設けなければならない。

7.10.6.4

ブライドルが甲板の端部にある場合、甲板の端部は、ブライドルとの摩擦防止のため、適切な滑らかさを有することとし、かつ補強されるべきである。

7.10.6.5

被曳航物との連結具が簡易離脱式の場合、フェアリーダは、取り外された部品がフェアリーダを容易に通過できる設計でなければならない。

7.10.7 ブライドルレグ

7.10.7.1

各ブライドルレグは、チェーンのみ又はチェーンとワイヤロープとの組合せで構成されるべきである。少なくとも甲板端部と接触する部分はチェーンを使用すべきである（図 7-11 参照）。ただし、シュミットブラケット及びフェアリーダの代替として、クロスビット等が甲板端部に設置され、ブライドルレグが曳航中に甲板端部と接触しないように配置されている場合は、ワイヤロープのみとして差し支えない。

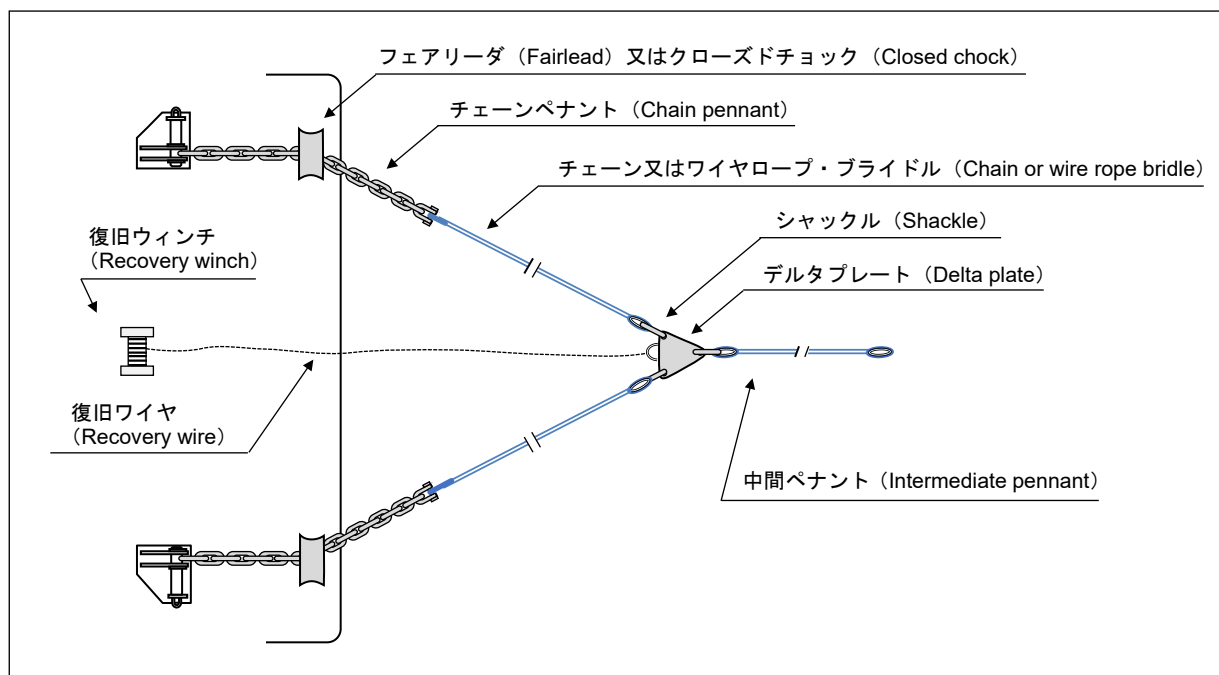


図 7-11 国際航海の場合のブライドル構造の例

7.10.7.2

ブライドルの頂点の角度は、 45° と 60° の間の角度とすべきである。 60° を超える場合（又は、どちらかのレグの被曳航物のセンターラインに対する角度が 30° を超える場合）は、ブライドルレグ、取付け金具及び曳航連結具の強度を、ブライドルに作用する分力の増加に耐えられるように強化しなければならない。

7.10.7.3

ワイヤロープの端部は、シンブル（thimble）付きアイ又はソケットを有するものでなければならない。

7.10.8 デルタプレート

7.10.8.1

ブライドルの頂点の連結部は、デルタプレート、曳航用リング又は大型化したバウシャックルとすべきである。曳航用リング及びシャックルは、このタイプの荷重のために設計され、認証されたものでなければならない。デルタプレートは、シャックルの回転を許容するものであってはならない。

【解説】

デルタプレート（Delta plate）は、三角プレート（Triangular plate）、フラウンダプレート（Flounder plate）又はフィッシュプレート（Fish plate）と呼ばれることがある。

7.10.9 中間ペナント及びサージチェーン

7.10.9.1

中間ペナント（ワイヤロープペナント）は、主曳航索とブライドル（又はチェーンペナント）との間に取付けることができる。ワイヤロープペナントの端部は、シンブル付きアイ又はソケットを有するものでなければならない。

7.10.9.2

ワイヤペナントの長さは、連結シャックルがウィンチに届くことなしにタグボートの船尾で取扱うことができるような長さとするべきである。特別な場合には、さらに長いペナントが必要となることもある。バージの曳航の場合、ペナントの長さは 10m～15m 程度となるのが一般的である。

7.10.9.3

ストレッチャー（合成繊維製ペナント）を使用する場合は、直接デルタプレートに接続するのではなく、中間ペナントと主曳航索との間に接続すべきである。ストレッチャーは次の要件を満たすものでなければならない。また、使用する場合は MWS の合意を事前に得る必要がある。

- 良好な状態であること。
- 特に保管に留意したものであること。ストレッチャーは、脆化及び経年劣化により寿命が限られており、摩耗、溶媒及び日光から保護しなければならない。
- ストレッチャーの構造は、両端にシンブル付きアイを有するグロメットとするのが望ましい。

7.10.9.4

ストレッチャーが使用される場合は、その疲労寿命が十分であることを示さなければならない。

【解説】

新品のストレッチャーの疲労寿命は、一般に、悪天候においては約 3 日と言われている。

7.10.10 ブライドル復旧システム

7.10.10.1

曳航索が破断した場合の再接続ができるよう、ブライドル又はチェーンペナントの復旧ができるシステムを装備しなければならない。この復旧システムは、ウィンチと復旧ワイヤロープから構成されるべきである。復旧ワイヤロープの端部はデルタプレートに連結される。

7.10.10.2

復旧ウィンチの能力は、少なくともブライドル及び付属品（デルタプレート及び中間ペナントを含む）の重量の 100% 以上を取扱えるものでなければならない。復旧ウィンチは、被曳航物の構造に適切に固定されなければならない。ただし、復旧ウィンチがなくとも、何らかの手段により迅速にデルタプレートを回収できる場合は、復旧ウィンチは不要とする。

7.10.10.3

手動のウィンチの場合、ウィンチはラチェット装置*とブレーキを装備したものとし、デルタプレートを 2 名で復旧できるようにすべきである。

注*) 爪車により回転方向を一方方向に制限する装置

7.10.10.4

復旧ワイヤ、シャックル等の MBL は、ブライドル、デルタプレート及び中間ペナントの重量の 6 倍以上でなければならない。ウィンチドラム（バレル）は、必要なワイヤ長さ及びサイズに十分なものであること。

7.10.11 曳航ウィンチ

7.10.11.1

曳航ウィンチ及びその船舶との接続は、曳航ワイヤの実際の MBL に等しい荷重に十分耐えられる強度を有するものでなければならない。この荷重は、ウィンチ及び甲板接続部に過大な応力を与えることなく、甲板上の最大高さの位置に作用するものであること。

7.10.11.2

曳航ウィンチの電力が、主機の軸発電機を介して、通常運転状態時に供給される場合、主機又は発電機の損傷に備え、曳航ウィンチに電力供給するため、他の発電機が使用可能でなければならない。

7.10.11.3

複数ドラムウィンチが使用される場合、各ウィンチドラムは独立に運転できるものでなければならない。

7.10.11.4

曳航ウィンチドラムは、要求される最小限の長さの曳航ワイヤを収納するだけの十分な能力を有するものでなければならない。

7.10.11.5

巻き取り装置は、曳航ワイヤが有効にウィンチドラム上に巻き取られるように提供されなければならない。

7.10.11.6

曳航ウィンチのブレーキは、タグボートがその最大ボラードプルで曳航しているときの曳航ワイヤの繰り出しを防止できるものでなければならない。また、電源故障の場合に、自動的に解放するものであってはならない。

7.10.11.7

曳航ウィンチには、非常時に曳航ワイヤを解放するための手段を設けなければならない。

7.10.11.8

ウィンチ制御場所、機関制御場所及び船橋の間には、適切な通信手段を設けなければならない。

7.10.11.9

曳航ウィンチが 1 台のみの場合、乗組員は、悪天候で曳航索が破断してから 6 時間以内に、非常用の曳航ワイヤを安全にウィンチドラム上で巻き取れることができないなければならない。

7.10.12 非常用曳航装置

7.10.12.1

曳航索の損傷、ブライドルの損傷又はブライドルの復旧不能に備え、非常用曳航装置を装備しなければならない。国際航海及び内航の場合の非常用曳航装置の配置例をそれぞれ図 7-12 及び図 7-13 に示す。いずれの場合であっても、当該装置の配置については、次が基本的な要件である。

- ・ 非常時に、バージの外部から（すなわち、バージに乗り込むことなく）非常用曳航索を取れるような配置とすること。そのため、通常は、被曳航物船尾後方にブイを接続したフロート索が設けられる。
- ・ 非常用曳航索の使用時には、索のこすれを最小限とするよう、予防措置を講じること。

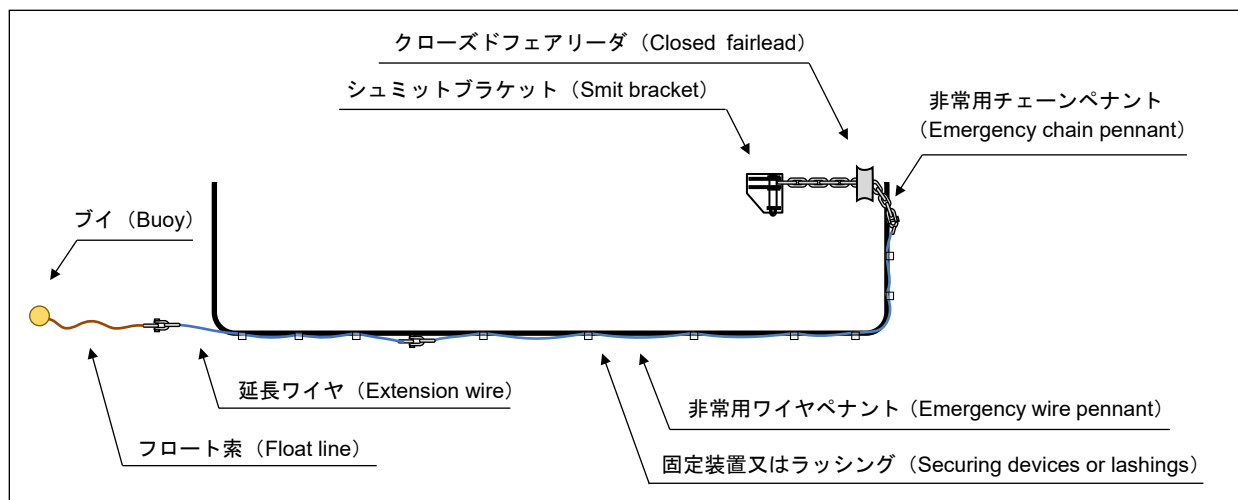


図 7-12 国際航海の場合の非常用曳航装置の例

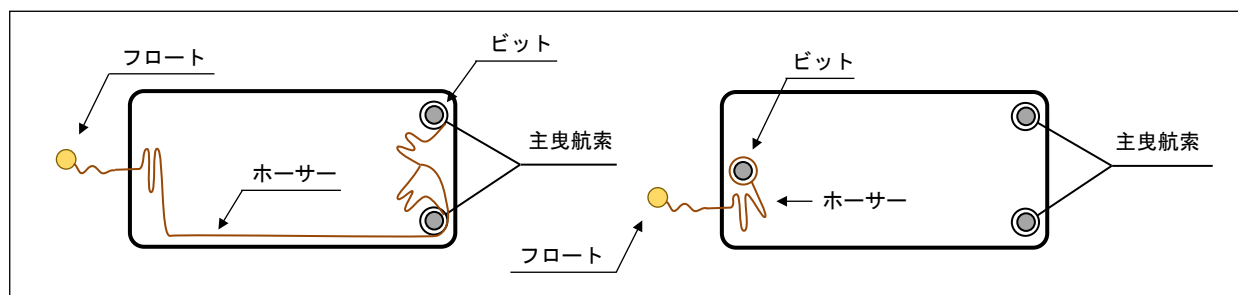


図 7-13 内航の場合の非常用曳航装置の例

7.10.12.2

非常用曳航索に適用される最小要求曳航索荷重 (F_{RTBL_e}) は、索の破断に対する安全係数を 1.5 とし、次式に従って算定することができる

$$F_{RTBL_e} \leq F_{MBL}$$

$$F_{RTBL_e} = \gamma_{TL_e} \times BP$$

ここで

- F_{RTBL_e} : 非常用曳航索に適用される最小要求曳航索荷重
 F_{MBL} : 非常用曳航索の最小破断荷重 (MBL)
 γ_{TL_e} : 安全係数 ($\gamma_{TL_e} = 1.5$)
 BP : ボラードブル試験値又は推定値 (7.9.1.5, 表 7-10 参照)

7.10.12.3

非常用曳航索，ペナント，連結具，延長ワイヤ及びフロート索の破断荷重は，表 7-18 の最小要求荷重を下回ってはならない。（表 7-18 には 7.10.12.2 の要求値を含めて示している。）

表 7-18 非常用曳航索，ペナント，連結具等の最小要求荷重（ F_{RTBL_e} ：最小要求曳航索荷重）

曳航索/ペナント/連結具		最小要求荷重
被曳航物との連結具（シュミットブラケット又はビット）		F_{RTBL_e}
フェアリーダ		$1.25 \times F_{RTBL_e}^{1)}$
ブライドル	ホーサー（合成繊維索）	$1.25 \times F_{RTBL_e}^{1)}$
	シャックル以外の連結具	
	シャックル	$1.30 \times 1.25 \times F_{RTBL_e}$
	デルタプレート（使用される場合）	$1.30 \times 1.25 \times F_{RTBL_e}$
ペナント		F_{RTBL_e}
延長ワイヤ（使用される場合）		最小 25 トン
フロート索		最小 25 トン
延長ワイヤ及びフロート索の端部のシャックル		最小 1.30×25 トン
非常用曳航索連結具（シャックル等）		$1.30 \times F_{RTBL_e}$
非常用曳航索（ワイヤ又はホーサー）		F_{RTBL_e}
注：		
1) 非常用曳航索の F_{RTBL_e} が 160 トンを超える場合は $F_{RTBL_e} + 40$ とすることができる。		

7.10.12.4

非常用ペナント，延長ワイヤ及びフロート索の強度は，使用時に固定装置又はラッシング装置を破壊するのに十分なものでなければならない。

7.10.12.5

非常用曳航装置を構成する要素は，次の要件を満たすものでなければならない。

- 曳航連結部は，被曳航物のセンターライン上又はその周辺にあり，下部に隔壁（又はその他の高強度部）がある甲板上の場所に設置すること。
- フェアリーダ又はビットは，接続した非常用曳航索が容易に外れることのないタイプとすること。
- 非常用ペナント（使用される場合）は，端部にシンプル付きアイ又はソケットを有するものであること。
- フロート索が被曳航物の船尾でこすれることを防止するため，延長ワイヤを設けるか，又は他の適切な予防措置を講じること。
- フロート索端部のブイは容易に視認できるものであること。

7.10.12.6

図 7-12 のように，非常用チェーンペナント及びワイヤペナントが前方に取り付けられる場合，これらの索は主曳航ブライドルの上に設置されなければならない。すべての障害物より外側に，柔らかいラッシングで，又は開口部を外側にした金属製クリップで約 3m 毎に，被曳航物の外側端部に固定すべきである。

7.10.12.7

非常用曳航装置が被曳航物の後方に装備される場合，索は船尾付近で渦巻きにする等，絡まずに送り出せるようにすべきである。船外のアイは，フロート索のこすれ防止のため，甲板の端部より外側とすべきである。

7.10.12.8

長大な被曳航物を曳航する場合は、その他の非常時対策も可能である。ただし、いかなる対策であっても、非常時に確実に再接続ができるよう、被曳航物の責任者の合意が必要となる。

7.10.12.9

フロート索（配置される場合）は、次の要件を満たすものでなければならない。

- フロート索にこすれが生じないように、予防措置を講じること。
- フロート索のブイとの連結部にはスイベル（Swivel）を使用することを推奨する。

7.10.13 被曳航物へのアクセス

7.10.13.1

被曳航物が有人であるか否かにかかわらず、適切なアクセスが提供されなければならない。そのため、主甲板から水線下までの乗降設備を、被曳航物が有人の場合は両舷に、無人の場合は少なくとも片舷に設置しなければならない。乗降設備のタイプとしては、被曳航物が無人の場合は可搬式の設備としてもよい。

7.10.13.2

乗降設備として提供される梯子は、実施可能な範囲で曳航の作業船が接近し易いように、リセスを設け、容易に特定できるようにバックペイントを施し、貨物の張出しを避けるように配置すべきである。ただし、他の方法であっても、アクセスの安全性を確保できるものである場合は認められる。

7.10.13.3

乾舷が高い（例えば、約 10m 以上）被曳航物には、階段を設けるべきである。階段が現実的でない場合は、曳航水線が 5m 以下の場合を除き、梯子には 10m 毎の休憩台を設け、かつ、囲いを設けるべきである。

7.10.13.4

一部の海域で海賊行為の可能性がある場合であっても、乗船手段は使用可能でなければならない。

7.10.14 損傷対策及び非常用設備

7.10.14.1

国際航海の曳航の場合、必要に応じて、適切に梱包された状態で（又は、甲板に固定された防水コンテナに収納して）、以下の設備を被曳航物に搭載すべきである。

- (a) ガス切断装置
- (b) 溶接機
- (c) 鋼板（種々の厚さのもの）
- (d) 山形鋼（種々のサイズ及び長さのもの）
- (e) 合板（厚さ 25mm のもの）
- (f) 3 インチ角（75mm 角）の木材（種々の長さのもの）
- (g) コーキング材
- (h) 砂及びセメント（適切に梱包されたもの）
- (i) 釘（種々のサイズのもの）
- (j) 木栓（種々のサイズのもの）
- (k) 木製くさび（種々のサイズのもの）
- (l) 油圧ジャッキ、ハンマー、のこぎり、パール、チルホール（手動ウィンチ）を含む工具類一式

- (m) マンホールの設計に適するフランジとボルト穴付の可搬式コーミング（最小高さ 60cm で、最上部がホースとケーブルに損傷を与えない構造のもの）
- (n) 測深管の延長管（最小高さ 60cm で、測深管プラグにねじ込めるようねじ穴が切ってあるもの）
- (o) 測深テープ
- (p) 消火設備（必要に応じて）
- (q) 個人保護器具（手袋，ゴーグル，ヘルメット，救命服等）
- (r) 非常灯

内航の曳航の場合は，上記の項目を適宜省略して被曳航物に搭載することとして差し支えない。

7.11 ビルジ及びバラストポンプシステム

7.11.1 一般

7.11.1.1

国際航海に従事する輸送船（又はバージ）の場合、ビルジポンプ、バラストポンプ及びそれらの配置は、後述の 7.11.2 ～7.11.5 の規定に従ったものでなければならない。

7.11.1.2

国際航海に従事するタグボートは 7.9.7.4（可搬式ポンプに関する要件）にも適合しなければならない。

7.11.2 ポンプ配置

7.11.2.1

ビルジポンプ及びバラストポンプは、少なくとも船級協会規則に適合したものでなければならない。

7.11.2.2

輸送船（又はバージ）には、すべての計画されたバラスト調整（緊急時を含む）に適したポンプ配置を備えなければならない。

7.11.2.3

輸送船（又はバージ）が、区画を 1 つでも損傷した後で安全に輸送を継続するため、バラスト調整が必要となる可能性があるタンク又は区画を有する場合は、非常用ポンプシステムを装備しなければならない。

7.11.2.4

ウェット曳航の場合、リスク評価を行うことにより、非常用ポンプシステムの必要性及び仕様を決定しなければならない。

7.11.2.5

被曳航物が有人であるか否かにかかわらず、非常用ポンプシステムは、必要があれば直ちに使用できるものでなければならない。

7.11.2.6

被曳航物が無人の場合、タグボートの船長及び機関長は、使用可能なポンプシステムを認識していなければならない。タグボートの乗員は、このシステムに精通し、必要があれば直ちに被曳航物に搭乗してポンプを運転できなければならない。ポンピング作業の手順は、復原性又は船体応力、及びポンピング開始前に開にされる通風筒を考慮することで生じるすべての制限を含むものでなければならない。周知され、かつ、利用可能なものでなければならない。

7.11.3 非常用ポンプシステム

7.11.3.1

輸送船（又はバージ）には、前 7.11.2.3 のタンク又は区画の給排水が可能な次のシステムの 1 つを備えるべきである。

- (a) 2 つの独立したポンプ室又は 1 つの保護されたポンプ室*、又は
- (b) ポンプ室の排水ができる独立した非常用システムを装備した、1 つの保護されていないポンプ室、又は
- (c) 可搬式ポンプシステム（タグボートの可搬式ポンプを使用できる）

注*「保護されたポンプ室」とは、ポンプ室及びアクセスが要求されるすべての区画が、深さ 0.6m 以上の水密の二重底で船底外板から隔離され、かつ、幅 1.5m 以上の他の区画（又はコファダム）で外殻から隔離されている場合の

ポンプ室と定義される。

7.11.3.2

独立したポンプ室は、別系統の電源供給、ポンプ、制御及びアクセスを有するべきである。各ポンプ室は、すべての場所に使用できるものであること。

7.11.3.3

非常用ポンプシステムは、次の給排水時間及び能力を提供するものでなければならない。

- (a) 固定式又は可搬式のポンプの合計容量は、要求される排水又は給水を、無人曳航では 4 時間*、有人曳航では 12 時間*で実施できるだけの容量とすべきである。
- (b) 装備又は供給されるポンプの型式にかかわらず、少なくとも 72 時間の連続運転に十分な燃料を搭載しなければならない。

注*) 接続又は暖気に要する時間を含む。所要時間については、ケースバイケースで調整可能とする。

7.11.3.4

ポンプ室及びその他の作業区域へのアクセスは、常時確保されていなければならない。

7.11.3.5

可搬式ポンプを使用する場合は、次の要件を満たさなければならない。

- (a) 輸送船（又はバージ）及び貨物の周囲を 2 名で十分に移動できるか、又は、すべての重要な場所に届くような十分なポンプ設備が搬入されるべきである。
- (b) 可搬式ポンプは、最も深いスペース（可搬式のコーミングを装着した状態で）から排水できるものであること。
- (c) 可搬式の水中ポンプは、タンクのマンホールを通過できるものでなければならない。

7.11.4 水密マンホール

7.11.4.1

すべての水密マンホールのカバーは、ボルト及びガスケットで適切に固定されなければならない。また、マンホール・カバーの取り外し及び締め直しのため、適切な工具を準備しておかなければならない。

7.11.4.2

甲板上で水を扱う作業のため要求される場合は、マンホール設計に適した可搬式のコーミングを搭載しなければならない。

7.11.5 測深装置

7.11.5.1

すべての重要なスペース（タンク）には、測深装置を設けなければならない。

7.11.6 空気管

7.11.6.1

ポンプシステムに接続されているすべてのタンクの空気管は、自動閉鎖式空気管頭を設けたものでなければならない、自動閉鎖式となっていない場合、輸送中は、木栓等で塞がなければならない。

7.12 アンカー及び係船配置

7.12.1 アンカー及び係留索のサイズ

7.12.1.1

輸送船に装備されるアンカー及び係留索のサイズは、通常、輸送船の艀装数で決定される。バージの場合も、アンカー及び係留索の設置が要求される場合は艀装数に基づいたものとすべきである。非常用アンカー（装備される場合）の最小重量は、被曳航物の要求曳航索曳引力（TPR、7.9.2 参照）の 1/10 とすべきである。

7.12.2 係留索の長さ

7.12.2.1

係留索の有効長さは、曳航路の水深を考慮した適切な長さとするべきである。

7.12.3 係留索の付属品

7.12.3.1

係留ワイヤの端部は、キャップ付フェアリーダ又は水平ローラ付フェアリーダを貫通し、船舶（又は、バージ）に確実に固定されるべきである。係留索のこすれを最小化する予防措置を講じること。

【解説】

国内では、JIS F 2026 水平ローラ付フェアリーダを使用することが多い。

7.12.3.2

係留索とパッドアイ（又はウインチ）との連結部の MBL、及びパッドアイ（又はウインチ）と船体構造物との連結部の強度は、係留索の MBL よりも大きいものとするべきである。

7.12.4 係船配置

7.12.4.1

すべての船舶（又は、バージ）は、船舶の各舷にそれぞれ 4 箇所以上の接続点（ボラード/スタグホーンなど）を有するべきである。ただし、例えば喫水の制限などにより、これらの係船配置が実行不可能な場合は、この限りではない。

7.12.4.2

ボラードへのフェアリーダが設置されていない場合、係船索を高い係船角度に保持できるよう、ボラードにキャップ付きバー、ホーン又は頂板を装備すべきである。必要に応じ、適切なこすれ防止策が装備されるべきである。例えば、低い係船角度の場合は甲板端部に装備すること。

7.12.4.3

健全な状態で、十分な強度と長さを有する少なくとも 4 本の係船ロープを装備すべきである。

7.13 複数曳航

7.13.1 一般

7.13.1.1

この節では、2 隻以上の並列のタグボートにより 1 つの被曳航物を曳航する場合の要件を定める。他の方法による複数曳航については、本会の適当と認めるところによる。

7.13.1.2

前 7.13.1.1 の複数曳航では、各タグボートがそれぞれ独自の曳航索、ペナント又はブライドルで被曳航物に連結されることを前提としている（図 7-14 参照）。内航の場合は、バージとタグボートを横抱きとして曳航することがある（図 7-15 参照）。両者はホーサーで接続されるが、ホーサーの本数及び配置については、本会（MWS 機関）の適当と認めるところによる。

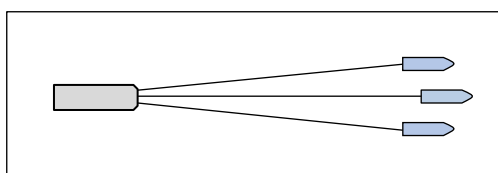


図 7-14 一般的な複数曳航

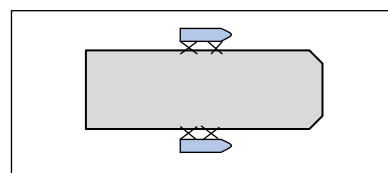


図 7-15 横抱きによる曳航

7.13.1.3

シングル曳航と比較すると、複数曳航では、以下の事項及びこれらに関連する新たな問題が生じる可能性があることに注意しなければならない。

- 接近した状態での操船、特に曳航の開始及び終了時
- 曳航索が破損した後での再連結

7.13.1.4

連結が外れてしまった被曳航物を再連結する場合、特別な手順について合意がなされ、曳航マニュアルに含めなければならない。

7.13.1.5

曳航索が破損した場合に遭遇する困難を考慮し、タグボートの乗員数は、シングル曳航で要求されるよりも増加させることが望ましい。

7.13.1.6

タグボートの大きさ及び出力の調和を考慮すべきである。2 隻のタグボートの場合、これらは、通常、同型船及び/又は同様の推進機関及び設備を備えた船舶とすべきである。ボラードブルの違いは、通常、10%未満とすべきである。

7.13.1.7

次の手順を整えなければならない。

- 1 隻のタグボートを先導タグボートとしてノミネートし、曳航計画に先導タグボートの役割と先導して進路をとるための要求事項を記載しなければならない。
- 通信プロトコルを確立しなければならない。
- 曳航計画には、特にタグボートの推進及び/又は操舵の喪失に備え、曳航ワイヤのもつれ及び/又は衝突を避けるための曳航ワイヤ長さ及び複数船舶の分離について記載しなければならない。

- 最小分離距離を設けなければならない。

7.13.1.8

非常時対応手順には、タグボートの出力喪失について示さなければならない。特に、3隻タグボートの展開で中央のタグボートがブラックアウトした場合は、被曳航物により圧倒され、損傷が生じる可能性がある。このような可能性を最小化するため、適切な非常時対応手順と曳航設備が使用可能でなければならない。

7.14 船舶及びバージの検査

7.14.1 一般

7.14.1.1

輸送に使用される船舶（警戒船を除く）及びバージは、少なくとも作業期間中、十分な耐航性を有するものであることが証明されなければならない。これらの船舶（又はバージ）の構造的な強度及び水密健全性を確認するため、7.14.2 及び 7.14.3 に示す本会の立会検査を受けなければならない。

7.14.2 船舶検査非対象のバージ等の検査

7.14.2.1

日本国内で使用される船舶検査非対象のバージ*、フローティングドックにあっては、建造からの年数により、次の検査を受けなければならない。（カッコ内に建造からの年数を示す）

(a) 現状検査（すべてのバージ等）

以下の現状検査を行う。

- 船体構造（船底を除く）、
- 閉鎖装置、空気管等
- 係留設備（アンカー、チェーン等）
- DP システム
- クレーン設備（クレーン、ウィンチ、シーブ、索具等）
- ターンテーブル（ケーブル敷設船の場合）
- 配管設備（管、ポンプ、弁）

(b) 機器の動作試験（すべてのバージ等）

以下の動作試験を行う。

- 係留設備
- DP システム
- クレーン
- ターンテーブル（ケーブル敷設船の場合）
- バラストポンプ
- その他、本会が重要と認める機器

過去 1 年間に自主検査（クレーンの場合は、安全装置の確認及び荷重試験を含む）を実施している場合は、その記録の確認をもって動作試験に代えることができる。バラストポンプ、ウィンドラス、DP システム等では、過去 1 年以内の運転記録をもって動作試験に代えることができる。

ただし、記録が良好であっても、現状検査の結果に基づき、本会検査員は動作試験を要求する場合がある。

(c) 区画内部検査（建造から 5 年以上のバージ等）

乾舷甲板より下のすべての区画（タンク、コファダム等を含む）の内部検査を行う。ただし、本会検査員は一部のタンクの内部検査の省略を認める場合がある。

(d) 船底検査（建造から 15 年以上のバージ等）

ドライドック又は水中で船底検査を実施する。水中検査は、ROV 又は潜水士による検査とする。

(e) 板厚計測（建造から 5 年以上のバージ等）

前(a)、(c)及び(d)の検査の結果、本会検査員が必要と認めた場合、次の i) 及び ii) に掲げる部分で腐食（又は、衰耗の進行）が著しいと思われる構造部材の板厚計測を行わなければならない。計測記録は本会に提出しなければならない。

- i) 船体構造部材（船底外板、船側外板、乾舷甲板、隔壁等）
- ii) 係留チェーン

注*) 船舶安全法による船舶検査が非対象となっている非自航バージ（クレーンバージ，起重機船等）

7.14.3 船舶の検査

7.14.3.1

輸送に使用される船舶は，船齢にかかわらず，次の検査を受けなければならない。

(a) 現状検査

以下の現状検査を行う。

- 船体構造（船底を除く），
- 閉鎖装置，空気管等
- 係留設備（アンカー，チェーン等）
- DP システム
- クレーン設備（クレーン，ウィンチ，シーブ，索具等）
- ターンテーブル（ケーブル敷設船の場合）
- ジャッキアップレグ（SEP 船の場合）
- 配管設備（管，ポンプ，弁）

(b) 機器の動作試験

DP 及び/又はジャッキアップを装備する船舶の場合は，以下の動作試験を行う。

- バラストポンプ
- DP システム
- クレーン
- ターンテーブル（ケーブル敷設船の場合）
- ジャッキアップシステム（SEP 船の場合）

過去 1 年以内の自主検査記録又は運転記録がある場合は，その記録の確認をもって動作試験に代えることができる。

ただし，記録が良好であっても，現状検査の結果に基づき，本会検査員は動作試験を要求する場合がある。

前 7.14.2 の船舶の検査を含め，検査内容の一覧を表 7-19 に示す。

表 7-19 船舶及びバージ等の検査

検査の種類	船舶	船舶検査非対象のバージ等		
		建造からの年数		
		5 年未満	5 年以上 15 年未満	15 年以上
(a) 現状検査	●	●	●	●
(b) 機器の動作試験	●	●	●	●
(c) 区画内部検査			●	●
(d) 船底検査				●
(e) 板厚計測			●	●

7.15 曳航設備の認証及び検査

7.15.1 認証

7.15.1.1

すべての曳航設備（曳航索、ブライドル、ペナント、連結具等）は、製造者の証明書を有するものでなければならない。ただし、ブライドルを構成するデルタプレートについては、製造から 5 年未満のものである場合は、証明書に替えて、本会（MWS 機関）が事前に合意した計算書が認められる。

7.15.1.2

本会検査員は、明らかに目的に適さない、又は有効な証明が欠落している曳航設備の使用を拒絶できる。

7.15.2 使用前の検査

7.15.2.1

すべての曳航設備は、原則として使用前の 12 か月以内に、現場責任者により検査され、検査の結果は記録として保管されなければならない。さらに、各々の使用の前に目視で検査されなければならない。過大な摩耗や損傷は、使用前に、修理され、再度検査されるか、又は取り替えられなければならない。

7.15.2.2

すべてのデルタプレート、マスターリンク及びシャックルは、き裂がないことを確認するため、使用前に非破壊検査（PT 又は MPI）を行わなければならない。

7.15.3 曳航設備の使用限度

7.15.3.1

曳航設備の使用限度を表 7-20 に示す。

表 7-20 曳航設備の使用限度

曳航設備のアイテム	使用限度 (証明書発行日からの年数)
主及び非常用曳航索	5 年
ブライドル、ペナント	5 年
デルタプレート、マスターリンク、シャックル	5 年
クローズドソケット	2 年

7.15.3.2

前 7.15.3.1 の規定にかかわらず曳航索の場合は、証明書発行日から 5 年を超えて使用することが可能である。ただし、この場合は製造又は前回の試験から 5 年以内に、曳航索の約 10m～12m を切断して破断試験を行うか、又は、降伏することなしに $1.5 \times BP$ までの耐力試験を実施しなければならない。

7.15.3.3

前 7.15.3.2 の規定にかかわらず、いかなる場合であっても、曳航索は、100,000 海里（185,200km）を超えて使用してはならない。そのうち、悪天候（ビューフォート風力階級で 6 以上）を経験したものは、50,000 海里（92,600km）以下でなければならない。

7.15.3.4

アンカーハンドリング作業用ワイヤは、損傷の可能性が高いため、原則として曳航用として使用してはならない。

附属書 7A

運動応答解析における設計波の軽減

7A.1 一般

7A.1.1

本ガイドラインの 7.4（運動応答）で、運動応答をモデル試験の解析又はシミュレーション計算で求める場合は、後述の 7A.2 の設計波の軽減に関する基準を適用することができる。

7A.2 有義波高の軽減

7A.2.1

運動応答解析は、全方位の波との出会い角に対し、所定の設計波（有義波）で実施すべきであるが、表 7A-1 の条件が満たされる場合は、特定の出会い角に対して有義波高に関する軽減措置が認められる。

表 7A-1 有義波高に関する軽減措置の適用

波との出会い角	軽減措置の適用
向かい波	軽減措置は一切認められない。
斜め向い波	次のケースを除く輸送であって、曳航又は推進システムの冗長性が確保されている場合、軽減措置が認められる。 (a) 航路部分の設計条件が一定方向の横波又は斜め波で、かつ、長期間継続する輸送（例えば、インド洋又はアラビア海の南西モンスーンの横断） (b) 熱帯性暴風雨又は熱帯性低気圧（台風）の海域（又は季節）における輸送 (c) 無人曳航
横波	
斜め追い波	
追い波	曳航又は推進システムの冗長性が確保されている場合、軽減措置が認められる。

7A.2.2

前 7A.2.1 の表 7A-1 で、「曳航又は推進システムの冗長性」が確保されている場合とは、表 7A-2 の (a) 又は (b) のいずれかが満たされている場合を意味する。

表 7A-2 曳航の冗長性

冗長性	詳細
(a) 複数曳航	有人・複数曳航であって、1 隻のタグボートの故障、又は 1 本の曳航索（又は、1 個の曳航連結具）の破損の後、残りのタグボートが本ガイドラインの 7.10.2 のボラードブル要件を満たす場合
(b) 推進システムの冗長性	冗長性がある推進システムを有する自航船による航海。冗長性がある推進システムを有する船舶は、少なくとも以下を有するものであること。 2 台以上の独立した主機 2 系統以上の独立した燃料供給 2 台以上の独立した動力伝達システム 2 台以上の独立した配電盤 2 台以上の独立した操舵システム、又は単独操舵システムの操作の代替手段（但し、船橋から操作できない非常用操舵システムは除く） - 貨物による風損を考慮し、また、1 構成部品の故障を仮定したとしても、設計暴風までを含む全ての状況下で所望の方向を維持する能力 この軽減措置を適用する場合、推進システムの冗長性は本会（MWS 機関）の現場検査員により確認されなければならない。

7A.2.3

前 7A.2.1 で軽減が認められる場合は、表 7A-3 に示す有義波高の軽減を適用することができる。

表 7A-3 各出合い角に対する設計波の軽減

波との出合い角 (向い波=0° とする)	適用できる有義波高 (H_S) (設計有義波高に対する%)
0° ~ ±30°	100%
± (30° ~ 60°)	100% と 80% との間で線形補間
±60°	80%
± (60° ~ 90°)	80% と 60% との間で線形補間
±90°	60%
± (90° ~ 120°)	60% と 80% との間で線形補間
±120°	80%
± (120° ~ 150°)	80% と 100% との間で線形補間
± (150° ~ 180°)	100% (ただし、本会と合意の比率まで軽減可能)

7A.2.4

前 7A.2.1~7A.2.3 で軽減が認められる輸送に対しては、本ガイドライン 2 章のリスク評価を実施しなければならない。

7A.2.5

前 7A.2.1~7A.2.3 の軽減は、加速度、荷重及び応力の考察に対してのみ適用すべきであり、復原性の考察に適用してはならない。

7A.2.6

前 7A.2.1~7A.2.3 で軽減が認められる輸送の場合、航海マニュアルには必要に応じて、以下の項目を含めなければならない。また、船長は、このような制限の効果に実行性があり、認められるものであることを確認しなければならない。

- (a) クリティカルなパラメータ（例えば、加速度）に関する制限
- (b) クリティカルなパラメータの監視及び記録手続き（可能な場合、リード・タグに無線でリンクされたバージ上の加速度など）
- (c) 船首方位管理
- (d) リスク評価の結果及び推奨
- (e) 何らかの故障時の緊急対応

附属書 7B

運動応答の標準値（北海バージモデル）

7B.1 一般

7B.1.1

この附属書は、船舶（又はバージ）の運動応答標準値の例として、北海バージモデルの標準値を示したものである。
この標準値は、海外（日本国外）での輸送に対して適用することができる。

7B.2 北海バージモデルによる運動応答標準値

7B.2.1

北海バージモデルによる運動応答の標準値を表 7B-1～表 7B-3 に、これらの表で使用する座標系及び運動の自由度を図 7B-1 に示す。表の値は北海バージの加速度を示したものであるが、一般の船舶/バージにも適用できる。加速度には、自重の成分が含まれる。

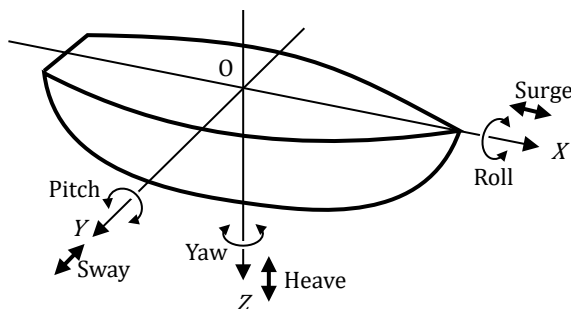


図 7B-1 座標系及び運動の自由度

表 7B-1 運動応答の標準値（一般）

加速度/風力		ロール	斜め方向	ピッチ
a_x	水線位置	0	0.15g	0.25g
	水線上高さ (z) での増加分	0	0.005g/m	0.007g/m
a_y	水線位置	0.50g	0.40g	0
	水線上高さ (z) での増加分	0.017g/m	0.013g/m	0
a_z	センターバージ位置 (C)	0.20g	0.15g	0.10g
	C からの距離 (y, d 又は x) での増加分	0.017g/m	0.012g/m	0.007g/m
風圧		1.0 kN/m ²	1.0 kN/m ²	1.0 kN/m ²

表 7B-2 運動応答の標準値 ($H_S \leq 6\text{m}$)

加速度/風力		ロール	斜め方向	ピッチ
a_x	水線位置	0	0.12g	0.17g
	水線上高さ (z) での増加分	0	0.004g/m	0.006g/m
a_y	水線位置	0.37g	0.28g	0
	水線上高さ (z) での増加分	0.017g/m	0.013g/m	0
a_z	センターバージ位置 (C)	0.20g	0.15g	0.10g
	C からの距離 (y, d 又は x) での増加分	0.017g/m	0.011g/m	0.006g/m
風圧		0.5 kN/m ²	0.5 kN/m ²	0.5 kN/m ²

表 7B-3 運動応答の標準値 ($H_s \leq 4\text{m}$)

加速度/風力		ロール	斜め方向	ピッチ
a_x	水線位置	0	0.08g	0.12g
	水線上高さ (z) での増加分	0	0.003g/m	0.004g/m
a_y	水線位置	0.26g	0.20g	0
	水線上高さ (z) での増加分	0.017g/m	0.013g/m	0
a_z	センターバージ位置 (C)	0.15g	0.12g	0.08g
	C からの距離 (y, d 又は x) での増加分	0.017g/m	0.009g/m	0.004g/m
風圧		0.3 kN/m ²	0.3 kN/m ²	0.3 kN/m ²

7B.2.2

表 7B-1～表 7B-3 では、次のパラメータが使用されている。

- x : 船舶/バージの中央 (mid ship) からの距離
 y : 船舶/バージのセンターラインからの距離
 d : “斜め方向” 条件で a_z を計算するときに使用される距離

$$d = \sqrt{y^2 + 0.5x^2}$$

 z : 水線上の高さ
 a_x : 甲板と並行な長さ方向加速度
 a_y : 甲板と並行な横方向加速度
 a_z : 甲板と垂直な加速度

7B.2.3

表 7B-1 は、一般のケースに使用される。50m< L かつ 20m< B の小型のバージにも使用できるが、通常でない曳航の場合は、解析又はモデル試験での確認が推奨される。

7B.2.4

表 7B-2 及び 表 7B-3 は、それぞれ有義波高 6m 以下及び 4m 以下の場合に適用できる。北海バージよりも小さいバージの場合、表中の有義波高の値は、これに次のどちらか小さい方の係数を乗じることにより、減じなければならない。

L/L_{NSB} 又は B/B_{NSB} (同じ単位を使用すること)

ここで、

L : バージの長さ ($L_{NSB} = 91.4 \text{ m}$)

B : バージの幅 ($B_{NSB} = 27.4 \text{ m}$)

もう一つの方法として、表 7B-2 及び 表 7B-3 の加速度が上記の係数で割られる場合には、同じ有義波高 (6m 又は 4m) を使用できる。

7B.2.5

表 7B-1～表 7B-3 では、3 ケース (ロール/斜め方向/ピッチ) のすべてを考慮すべきである。各ケースでは、指示された加速度 (a_x , a_y 及び a_z) の方向のすべての可能な組合せを考慮しなければならない。風力も加えること。

ただし、本会 (MWS 機関) が合意している場合は、工学的な判断に基づき、斜め方向のケースの省略が認められる。

7B.2.6

加速度は、貨物の回転慣性の影響を無視できる場合、貨物の重心位置 (CoG) に作用するものとして計算できる。

7B.2.7

重力は、船舶の甲板と垂直の方向に作用すると仮定しなければならない。

附属書 7C

非損傷時及び損傷時復原性

7C.1 一般

7C.1.1

この附属書は、船舶（SEP 船を含む）及びバージ*の非損傷時及び損傷時の復原性に関する要件を定めるものである。

7C.2 非損傷時復原性

7C.2.1 一般

7C.2.1.1

非損傷時復原性の計算では、出航、到着又はその中間の状況に著しい相違がある場合、航海中のバラスト水の変化の影響を含め、最も厳しい条件を考慮すべきである。

7C.2.2 一般復原性要件

7C.2.2.1

乾舷用長さ (L_f) が 24m 以上の船舶（SEP 船を含む）又はバージの復原力曲線は、図 7C-1 において、表 7C-1 の (a) の要件を満たすものでなければならない。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則 U 編 2 章 2.2.1-1.の要件である。

表 7C-1 一般復原性要件（記号の説明は図 7C-1 による）

対象とする船舶又はバージ	A_1 (m·rad)	A_2 (m·rad)	$A_1 + A_2$ (m·rad)	$\theta_{\max}$ (°)	A (m·rad)	G_0M (m)	その他
(a) $L_f \geq 24\text{m}$ ¹⁾ の一般的な船舶（SEP 船を含む）又はバージ	0.055 以上	0.03 以上	0.09 以上	25° 以上	—	0.15 以上	GZ は、30° 以上の横傾斜角で 0.20m 以上となること。
(b) 前(a)で B/D ²⁾ の値が大きい（概ね 2.5 程度）場合	0.055 以上	0.03 以上	0.09 以上	15° 以上	注 3) 参照	0.15 以上	GZ は、30° 以上の横傾斜角で 0.20m 以上となること。
(c) $L_f \geq 24\text{m}$ のポンツーンバージ	—	—	—	—	0.08 以上	—	注 4) 参照
(d) $L_f < 24\text{m}$ の船舶（SEP 船を含む）又はバージ	—	—	—	—	—	正であること	$GZ_{\max}$ は、 $0.0215 \times B$ ²⁾ 又は 0.275 のいずれか小さい方の値以上であること。
注： 1) L_f ：乾舷用長さ 2) B ：船舶又はバージの幅（m）， D ：船舶又はバージの深さ（m） 3) $A \geq 0.055 + 0.001(30^\circ - \theta_{\max})$ であること。 4) 復原力範囲は、次の値以上とすること。 • $L \leq 100\text{m}$ の場合：20° • $L \geq 150\text{m}$ の場合：15° ここで、 L はバージの長さ（m）であり、 L が中間の値となる場合には、一次補間法により定まる値とする。							

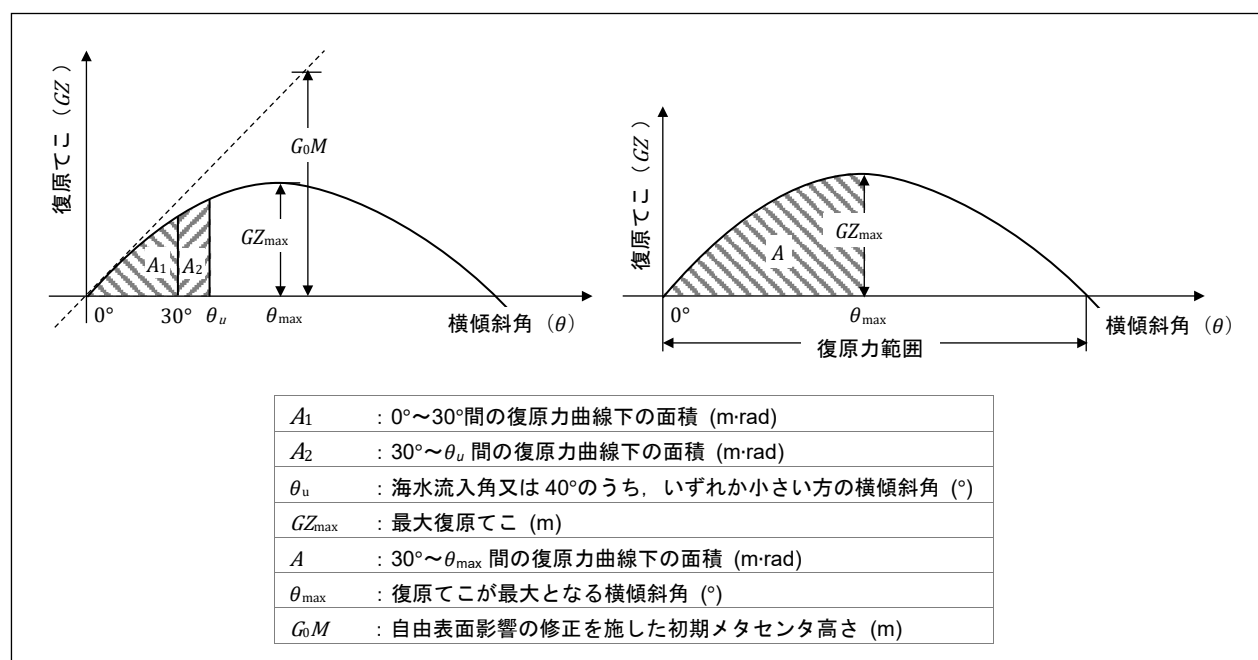


図 7C-1 復原力曲線（一般復原性要件）

7C.2.2.2

前 7C.2.2.1 で、 B/D （幅と深さの比）が一般の船舶に比して大きい（概ね 2.5 程度）船舶又はバージは、7C.2.2.1 の規定に替えて、表 7C-1 の（b）によることができる。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則検査要領 U1.1.2-1.の要件である。

7C.2.2.3

L_f が 24m 以上の、上甲板上に一般貨物を積載して運搬するバージであって、次の条件を満たすもの（以下、「ポンツーンバージ」という）については、前 7C.2.2.1 の規定に替えて、表 7C-1 の（c）によることができる。

- 非自航であり、航行中は無人となる。
- 方形係数 (C_b) が 0.9 より大きいこと。
- B/D の値が、3.0 より大きいこと。
- 甲板に開口がないこと（ただし、水密鋼製蓋を有するマンホールを除く）

【解説】

上記は、NK 鋼船規則検査要領 U1.1.2-2.(2)の要件である。

7C.2.2.4

L_f が 24 未満の船舶（SEP 船を含む）又はバージの復原力曲線は、前 7C.2.2.1 の規定に替えて、表 7C-1 の（d）によることができる。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則 U 編 2 章 2.2.1-3.の要件である。

7C.2.2.5

非対称又は 0° に接近していない初期ヒール又はトリムを有する船舶又はバージに対する要件は、本会（MWS 機関）の合意を得たものでなければならない。

7C.2.3 風波中復原性要件

7C.2.3.1

船舶（SEP 船を除く）及びバージ：

L_f が 24m 以上の船舶（SEP 船を除く）又はバージの復原力曲線及び傾斜偶力曲線は、図 7C-2 において、次の(a)及び(b)の要件を満たすものでなければならない。

(a) θ_0 は、 16° 又は舷端没水角* の 80%に相当する角度のうち、いずれか小さい方の角度以下であること。

(b) 面積 b は、面積 a 以上であること。

注*) 舷端没水角は、船体中心線と直立状態における喫水線との交点と舷端を結ぶ直線が直立状態における喫水線となす角度とする。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則 U 編 2 章 2.3.1-1.の要件である。

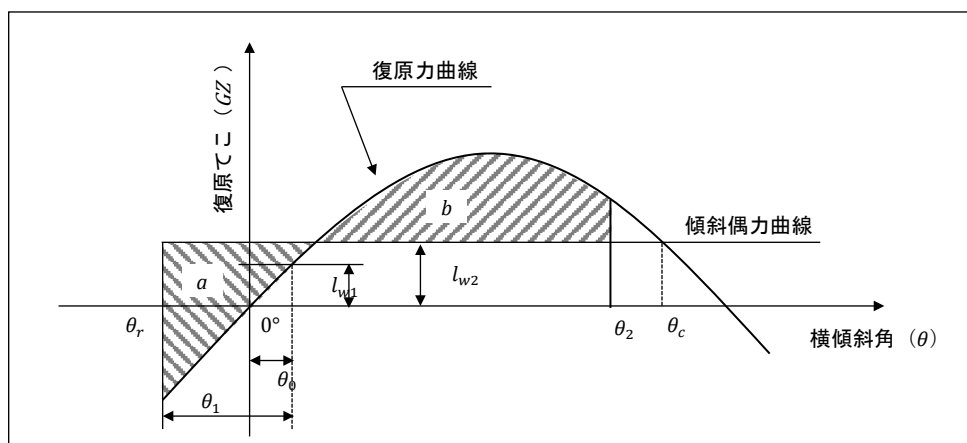


図 7C-2 復原力曲線及び傾斜偶力曲線（風波中復原性要件）

図 7C-2 で、

l_{w1} : 定常風による傾斜偶力てこ (m) で、次の算式による値

$$l_{w1} = \frac{0.0514 \cdot AZ}{W'}$$

ここで、

A : 水線上における船体及び甲板積貨物の投影側面積 (m^2)

Z : A の面積中心から水線下側面積中心までの距離 (m)

W' : 排水量 (トン)

l_{w2} : 突風による傾斜偶力てこ (m) で、次の算式による値

$$l_{w2} = 1.5 \cdot l_{w1}$$

a : 復原力曲線、 l_{w2} 及び θ_r で囲まれた部分の面積 ($m \cdot rad$)

b : 復原力曲線、 l_{w2} 及び θ_2 で囲まれた部分の面積 ($m \cdot rad$)

θ_r : 揺れ止まり角 ($^\circ$) であり、一般に $\theta_r = \theta_0 - \theta_1$

θ_c : 傾斜偶力で l_{w2} と復原力曲線との第二次交差角における横傾斜角 (°)

θ_2 : 海水流入角, θ_c ないし 50° のうち, 最小の横傾斜角 (°)

θ_0 : 定常風による横傾斜角 (°)

θ_1 : 波による風上への横揺角 (°) で, 次の算式による値

$$\theta_1 = 109 \cdot x_1 x_2 k \sqrt{rs}$$

ここで,

x_1 : 表 7C-2 による値

x_2 : 表 7C-3 による値

k : 表 7C-4 による値

r : 次の算式による値 (ただし, 1.0 を超える場合は 1.0 とする)

$$r = 0.73 + 0.6 \cdot OG/d'$$

ここで,

OG : 船体重心と水線との距離 (m) であり, 重心が水線よりも上方にある場合を正とする

d' : 船舶又はバージの平均型喫水 (m)

s : 表 7C-5 による値

表 7C-2 x_1 の値

B/d'	≤ 2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	≥ 3.5
x_1	1.0	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80
注 : 1) B : 船舶又はバージの幅 (m) 2) d' : 船舶又はバージの平均型喫水 (m) 3) B/d' の値が表の中間の場合は補間法により定めること												

表 7C-3 x_2 の値

C_b	≤ 0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	≥ 0.70
x_2	0.75	0.82	0.89	0.95	0.97	1.0
注 : 1) C_b は方形係数で, 次の算式による値 $C_b = \frac{W'}{1.025 \cdot L' B d'}$ ここで, W' : 船舶又はバージの排水量 (トン) L' : 水線での船舶又はバージの長さ (m) B : 船舶又はバージの幅 (m) d' : 船舶又はバージの平均型喫水 (m) 2) C_b の値が表の中間の場合は補間法により定めること						

表 7C-4 k の値

ビルジ部の形状/ビルジキールの有無	k
(a) 丸形ビルジ部を有し, ビルジキールないしバーキールを備えていない船舶 (又はバージ)	1.0
(b) 矩形ビルジ部 (チェーンも含める) を有する船舶 (又はバージ)	0.7
(c) ビルジキール, バーキール又はその両方を備える船舶 (又はバージ)	表 7C-4s

表 7C-4s k の値（ビルジキール，バーキール又はその両方を備える船舶）

$100 \cdot A_k / L' B$	0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	≥ 4.0
k	1.0	0.98	0.95	0.88	0.79	0.74	0.72	0.70

注：

- 1) A_k ：ビルジキールの全面積，バーキールの投影側面積，又はそれらの合計面積（ m^2 ）
- 2) L' ：水線での船舶（又はバージ）の長さ（ m ）
- 3) B ：船舶（又はバージ）の幅（ m ）
- 4) $100 \cdot A_k / L' B$ の値が表の中間の場合は補間法により定めること

表 7C-5 s の値

T	≤ 6	7	8	12	14	16	18	≥ 20
s	0.100	0.098	0.093	0.065	0.053	0.044	0.038	0.035

注：

- 1) T は横揺周期（ s ）で，次の算式による値
$$T = \frac{2B}{\sqrt{G_0 M}} \left(0.373 + 0.023 \cdot \frac{B}{d'} - 0.043 \cdot \frac{L'}{100} \right)$$

ここで，

 - B ：船舶又はバージの幅（ m ）
 - $G_0 M$ ：図 7-4 の定義による
 - d' ：船舶又はバージの平均型喫水（ m ）
 - L' ：水線での船舶又はバージの長さ（ m ）
- 2) T の値が表の中間の場合は補間法により定めること

7C.2.3.2

前 7C.2.3.1 で，航路制限のある船舶（又はバージ）に適用する場合は， l_{w1} 及び s を以下のように取り扱う。

(a) 航行区域を沿海とする場合：

- $l_{w1} = 0.0274 \cdot AZ / W'$ （ m ）
- s は，表 7C-6(a) により定まる値とする。

(b) 航行区域を平水とする場合：

- $l_{w1} = 0.0171 \cdot AZ / W'$ （ m ）
- s は，表 7C-6(b) により定まる値とする。

ここで， A ， Z 及び W' は図 7C-2 の定義による。また，航行区域を平水とする場合は，前 7C.2.3.1 の適用にあたり，(b) を満たさなくともよい。

【解説】

上記は，NK 鋼船規則 U 編 2 章 2.3.1-3.並びに NK 鋼船規則検査要領 U 編 U2.3.1-3 及び-5.の要件である。

表 7C-6(a) s の値 (沿海)

T	≤ 4.5	5.5	6.0	7.0	9.0	11.0	12.0	13.0	≥ 14.0
s	0.100	0.0988	0.0925	0.083	0.063	0.046	0.041	0.0368	0.035

注：

- 1) T は横揺周期 (s) で、表 7C-5 の算式による値。
- 2) T の値が表の中間の場合は補間法により定めること。

表 7C-6(b) s の値 (平水)

T	≤ 3.5	4.0	4.5	5.0	7.0	9.0	9.5	10.0	≥ 10.5
s	0.100	0.099	0.0962	0.090	0.064	0.042	0.038	0.0367	0.035

注：

- 3) T は横揺周期 (s) で、表 7C-5 の算式による値。
- 4) T の値が表の中間の場合は補間法により定めること。

7C.2.3.3

前 7C.2.3.1 で、ポンツーンバージの定常風による横傾斜角度は、考慮しているそれぞれの積付状態において、当該乾舷の 2 分の 1 を越えない角度であること。この場合、 l_{w1} は、次の算式による値とすること。

$$l_{w1} = 0.0551 \cdot AZ/W' \quad (\text{m})$$

ここで、 A 、 Z 及び W' は図 7C-2 の定義による。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則検査要領 U 編 U2.3.1-4. の要件である。

7C.2.3.4

SEP 船：

輸送時における SEP 船の復原力曲線及び風による傾斜偶力曲線は、非損傷時復原性に最も影響を及ぼす位置に積載物を積載する場合を考慮したものとし、図 7C-3 において、次の(a)及び(b)の要件を満たすものでなければならない。

(a) 直立時から θ_3 の傾斜角まで正の復原力を有していること。

(b) 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 のうちの小さい方の角度までとする。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則 P 編 4 章 4.2 の要件である。

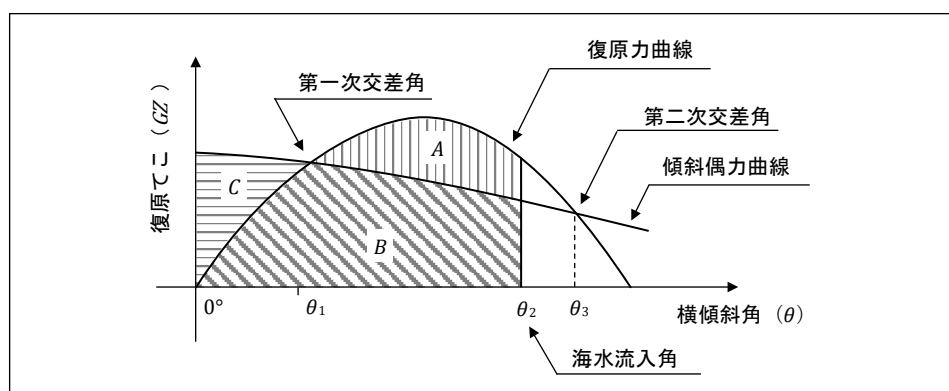


図 7C-3 復原力曲線及び傾斜偶力曲線 (風波中復原性要件) : SEP 船

7C.2.3.5

前 7C.2.3.4 の風による傾斜偶力曲線は、次を満たすものでなければならない。

- (a) 風荷重の計算では、1 分間平均の風速を用いなければならない。風荷重に対する部分安全係数は、考慮しなくて差し支えない。
- (b) 計算で使用する風速は、2 章及び 3 章で与えられた風速とするが、少なくとも表 7C-7 の値以上の風速としなければならない。
- (c) 風による傾斜偶力算定のためのこの長さは、水線下船舶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。
- (d) 風による傾斜偶力は、船舶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。ただし、本会が適当と認める場合は、傾斜角の余弦関数として差し支えない。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則 P 編 4 章 4.1.5 の要件である。

表 7C-7 傾斜偶力曲線の計算で使用される最小風速

条件	最小風速
(a) 海域が制限される、又は気象に制限される輸送の場合	25.8 m/s (50 ノット)
(b) 海域が制限されず、かつ、気象に制限されない輸送の場合	36.0m/s (70 ノット)
(c) 他にデータがない場合	51.5m/s (100 ノット)

7C.3 損傷時復原性

7C.3.1 一般

7C.3.1.1

損傷時の傾斜偶力曲線の計算が要求される場合は、25.8m/s (50 ノット) の風速を使用するものとする。

【解説】

上記は、NK 鋼船規則 P 編 4 章 4.1.5-1.の要件である。

7C.3.1.2

損傷時の復原性を計算する場合、有効な水密隔壁間に生じる損傷範囲は次によらなければならない。

- (a) 水平方向の損傷範囲は、1.5m とする。
- (b) 垂直方向の損傷範囲は、船体構造の船底外板から上方全域とする。
- (c) 船底外板に隣接する区画も浸水区画とみなす。
- (d) 前(a)で仮定される水平方向損傷範囲内にある有効な水密隔壁間又はこれらに最も近い段付部分の間の距離は、3.0m 以上でなければならない。その距離が 3.0m 未満の場合は、1 つ又はそれ以上の隣接隔壁はないものと仮定すること。
- (e) 上記よりも狭い範囲での損傷が、より厳しい条件となる場合は、このような狭い範囲での損傷を仮定しなければならない。
- (f) 損傷範囲内にある管装置、通風装置及びトランク等は、すべて損傷を受けるものとしなければならない。この場合、損傷を仮定しない他の区画への連鎖的な浸水を防ぐための有効な閉鎖装置を水密境界に設けなければならない。

7C.3.1.3

貨物の浮力を非損傷時復原性要件を満たすために含める場合は、貨物浮力の喪失又は貨物区画の浸水を適宜、損傷ケースとして考慮しなければならない。

7C.3.1.4

特定の曳航に必要な予防措置の範囲及び妥当性は、ケースバイケースで評価しなければならない。

7C.3.2 船舶（SEP 船を除く）又はバージ

7C.3.2.1

船舶（SEP 船を除く）及びバージは、計算の省略が認められる場合を除き、損傷した状態（7C.3.1.2 参照）で、7C.3.1.1 の風速による横傾斜偶力に耐えるよう、十分な予備の復原力を有するものでなければならない。

7C.3.2.2

海水流入角 θ_2 は、第一次交差角 θ_1 （静止角+7C.3.1.1 の風速の傾斜角）より大きなものでなければならない（図 7-4 参照）。

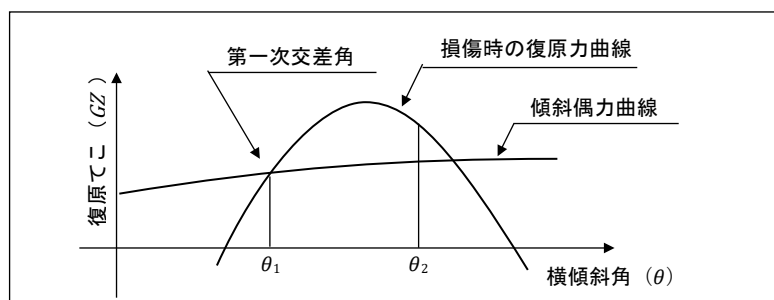


図 7C-4 船舶（SEP 船を除く）又はバージの残存復原力曲線

7C.3.3 SEP 船

7C.3.3.1

SEP 船は、7.8.5.4 に規定する損傷範囲を考慮し、あらゆる水平軸に対して正の復原性を有するものでなければならない。

7C.3.3.2

SEP 船による無風時の輸送においては、いかなる 1 区画への浸水に対しても、次の条件を満たさなければならない（図 7-5 参照）。

$$R_0S \geq 7^\circ + 1.5 \cdot \theta_s$$

$$R_0S \geq 10^\circ$$

ここで

R_0S : 復原性範囲であり、次の算式による。

$$R_0S = \theta_m - \theta_s$$

θ_m : 正の復原力を有する最大傾斜角。海水流入角にはよらないものとする。

θ_s : 損傷後の静的な傾斜角。

7C.3.3.3

図 7-5 で、海水流入角は、第一次交差角 θ_1 (静止角 + 7C.3.1.1 の風速の傾斜角) より大きなものでなければならない。

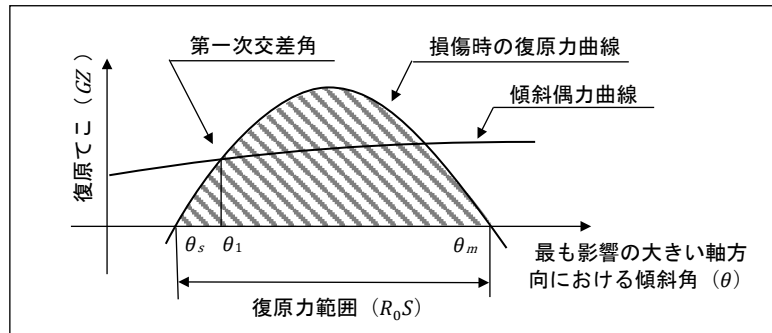


図 7C-5 SEP 船に対する残存復原力曲線

8章 設置 (Installation)

8.1 一般

8.1.1 一般

8.1.1.1

この章では、洋上ウィンドファーム施設の設置のための MWS に関する要件を定める。海洋作業は、国内及び地域の法規も考慮したものでなければならない。

8.1.1.2

基礎、トランジションピース (TP) 及び風車コンポーネント (タワー、ナセル及びブレード) の仮設、積出し及び輸送に関する要件については、それぞれ 5 章、6 章及び 7 章を参照すること。ケーブルの設置については、10 章を参照すること。

8.1.2 適用

8.1.2.1

この章は、次の構造物及び風車コンポーネントの洋上での設置に適用される。

- パイル基礎 (モノパイル及びトリパイル)
- トランジションピース (TP)
- 風車コンポーネント (タワー、ナセル及びブレード)

8.2 計画

8.2.1 一般

8.2.1.1

一般的な計画に関する要件は 2 章、環境条件、作業中止基準等については 3 章を参照すること。また、SEP 船におけるプレローディング、ジャッキアップ操作等の計画については 11 章を参照すること。

8.2.1.2

海洋作業は、次の「気象に制限される作業」と「気象に制限されない作業」のどちらかに分類される (2.5.2 参照)。

設置に関する計画は、これらを考慮したものでなければならない。

(a) 気象に制限される作業

実質作業時間が 72 時間未満で、かつ、予定していない作業時間 (不測の事態など) を加えた時間が 96 時間未満の作業。作業は気象に依存する。

(b) 気象に制限されない作業

上記(a)以外の作業。設計環境条件は、極値統計解析 (3.3.3.1 参照) 等から求められる。

8.2.1.3

計画時に考慮すべき事項を 8.2.2～8.2.8 に示す。

8.2.2 許容誤差及びクライテリア

8.2.2.1

許容誤差及びクライテリアは、プロジェクトの早期の段階で、本会（MWS 機関）と合意すべきである。

8.2.2.2

前 8.2.2.1 の許容誤差としては、例えば、以下の項目が含まれる。

- (a) パイル基礎、パイルテンプレート及びその他の構造物の位置
- (b) パイル基礎又は構造物の鉛直性
- (c) 溶接ビード及びグラウトキーのための許容値を含む、パイルスリーブ内のパイル間のクリアランス

8.2.2.3

前 8.2.2.1 のクライテリアとしては、例えば、以下の項目が含まれる。

- (a) クリティカルなリフトについての風速
- (b) 特定の作業のための潮流速及び波高（及びそれらの測定方法）に関する制約（テンプレートへの杭打ちが含まれる場合がある）
- (c) 杭打ち中のグラウトキーへの許容可能な損傷の程度
- (d) 不良視界時又はその他の悪条件時におけるサイト内での船舶に関する制約
- (e) 様々な手段による、固定又は浮体設備への設備の移送に関する制約

8.2.3 脆弱なアイテム及び範囲

8.2.3.1

互いに近くで作業する機関（parties）及び船舶の数が多いため、各機関は他の機関による作業に対してどのアイテムが特に脆弱であるかを理解することが必要である。このようなアイテムは初期の段階で特定し、関連するリスク評価で検討できるようにする必要がある。

8.2.3.2

一般的な脆弱アイテム又は範囲（areas）として、例えば、次のようなものがある。

- (a) 土質又はデブリで覆われる J チューブの入口
- (b) 基礎の固有振動数を変動させる（洗掘、浚渫、ジャッキアップのフットプリントなどによる）海底レベルの変化
- (c) 洗掘はジャッキアップの基礎、ケーブル、アンカーなどにも影響を与える。潮流速が高い海域及び柔らかい又は砂の多い海底では洗掘のモデル試験が必要となる場合がある。
- (d) グラウトシール及びバックアップシールへの損傷
- (e) 落下物、船舶衝突又は係留索による損傷を受ける外部取付け具（アノード、J チューブを含む）
- (f) 潜水土の作業（プロペラ及びプロペラ後流、騒音、バブルカーテン、ケーブル及び落下した対象物に対して脆弱）

8.2.4 計画係留

8.2.4.1

地盤及び海底地形調査により、海底が良好なアンカー把駐を提供するかどうかを初期の設計段階で決定すべきであり、また、必要なアンカーのタイプを決定すべきである。アンカー把駐力が弱い場合は、アンカーの引きずりによってケーブルに損傷を与える可能性が高くなることから、事前にアンカーを敷設することが望ましい。許容可能なアンカー箇所はケーブルルートと同時に合意されるべきである。

8.2.5 重量管理

8.2.5.1

一般的な重量管理は、4.2.2 の要件に従ったものでなければならない。

8.2.5.2

パイル基礎、トランジションピース (TP)、タワー、ナセル、及びブレードについては、当該コンポーネントの重量及び重心位置を示した製造者による重量レポートを本会 (MWS 機関) に提出しなければならない。

8.2.5.3

同一構造のコンポーネントが数多く製造され、かつ重量及び重心位置が計測で決定される場合、計測は最初に供給されるコンポーネントのみとして差し支えないが、重量レポートは計測結果だけでなく、品質管理と重量管理プログラムの説明を含むものでなければならない。

8.2.6 気象に制限される作業及び気象予報

8.2.6.1

気象に制限される作業に関する一般的な要件については 2.6.5 を、気象予報については 2.7 を参照すること。

8.2.6.2

潮流が速い海域の場合、次のような潮流の影響を受け易い作業について、潮止まり (またはより穏やかな潮) を待つ必要性により、作業に対してさらなる制約が生じることがある。

- 現地への (又は現地からの) SEP 船の移動
- 海底への杭打ち、若しくは、水中構造物又は設備の海底設置
- 設置船の船側への貨物船の横づけ
- 潜水作業

8.2.6.3

浅海域で高潮流を伴う場合は、閉塞効果によりさらなる潮流力が引き起こされる。また、このような浅水条件は、波の作用による海底での乱流の増大を導くことから、ジャッキアップ・レグ及びスパッドキャンの周りでの洗掘を防止するためには、さらなる緊急事態対応措置が必要なことがある。ただし、適切な係留、杭打ちガイド及びその他の補助手段を使用することにより、潮流への感受性を低減し、潮止まりを待つダウンタイムを低減できる場合がある。

【解説】

流れの中に物体がある場合、それが流れをブロックすることにより流路断面積が小さくなる (剥離渦によるブロックも含まれる)。このような効果を閉塞効果 (ブロック効果) という。

8.2.6.4

気象予報は、2.7 の要件に従わなければならない。風速についての気象予報は、高さ (事前に合意する必要がある) を指定し、サイトで測定した風速は、直接の比較のためにその高さに合わせて修正すべきである。

8.2.6.5

水面から海底にわたって高い潮流があることが知られている海域で海中リフトを行う場合は、通常の定期予報を補うことができるよう、潮流の現場監視 (速度及び方向) を検討すべきである。ROV の運転限度及び杭打ち作業中の杭に対する抗力が業務の遅れにつながる可能性がある場合には、必要に応じて音響ドップラー又は類似のシステムを用い

て潮流を監視すべきである。

8.2.7 サイト調査に関する要件

8.2.7.1

すべての位置、海底地形、土質及び潮流調査が同じデータ及び座標系を用いて確実に行われるよう、また、調査機器が十分な精度を有することを確認するため、様々な要件が合意されなければならない。調査結果は、関連するすべての関係者に必要に応じて配布されるようにしなければならない。

8.2.7.2

構造物及び海中設備の設置 (as built) 場所は、すべての当事者が使用する共通の調査データを用いて正確に記録されなければならない。これらの記録は、ジャッキアップ・レグのフットプリントが形成された時点で直ちに記録することも含め、常に更新しなければならない。また、「アンカー禁止」ゾーンは明確に標示しなければならない。

8.2.7.3

基礎の最終的な施工設計を実施する前に、次の調査結果を確認しなければならない。調査結果は、SEP 船のオペレータに対しても報告されるべきである。

- 海底地形調査の結果
- 海底下の土質及び地盤工学的調査の結果
- 磁気探知調査の結果（必要に応じて）

8.2.8 洗掘に対する保護

8.2.8.1

SEP 船のジャッキアップ・レグ周辺で洗掘が問題となる可能性がある場合は、緊急時対応を含む手順書を作成すべきである。手順書には耐洗掘材の配備等について記載しなければならない。

8.3 手順及び設置マニュアル

8.3.1 一般

8.3.1.1

洋上ウィンドファームの設置マニュアルは、次の内容で構成されるものとする。

- 洋上ウィンドファームの概要説明
- 作業全体のスケジュール
- 輸送ルートの説明
- 各作業の説明（気象条件、緊急時対応計画等を含む）

8.3.1.2

前 8.3.1.1 の構成のうち、各作業の説明については、はじめに作業全体にわたる施工フローを記載することとする。SEP 船を使用してパイル基礎及びブランジションピース（TP）を設置する場合の施工フローの記載例を図 8-1 に示す。

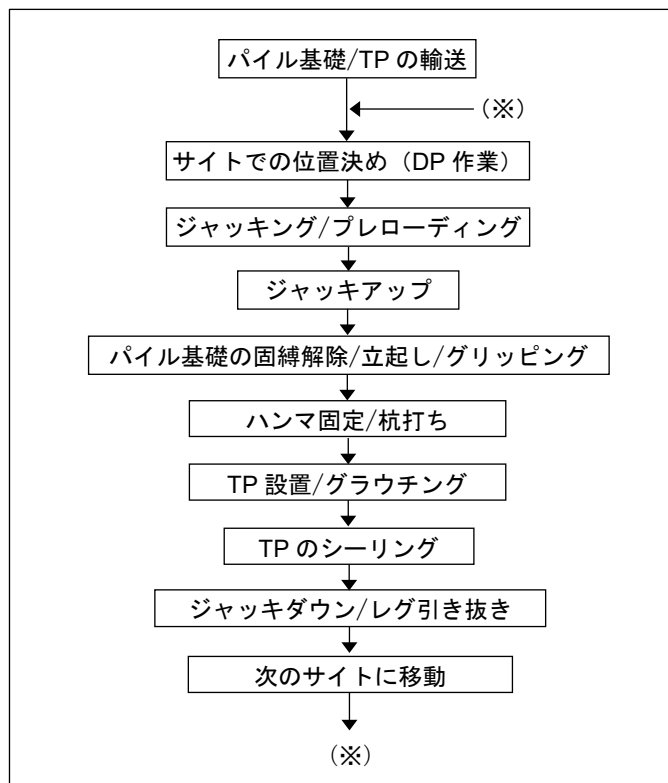


図 8-1 SEP 船を使用したパイル基礎/TP 設置に関する施工フローの例

8.3.1.3

設置マニュアル及びその他の補足文書は、次の項目を含めるべきである。また、可能な限りステップ図を用いて説明すること。

- 制限的環境条件（2 章，8.3.2 及び 8.3.3 参照）
- 各作業で使用される船舶（又はバージ）の位置及び位置保持（係留又は DP）
- ジャッキアップの手順（SEP 船の場合）
- 設置作業手順（吊作業，杭打ち作業，組立て作業等）
- 吊作業の計算
- 支持力・貫入量曲線，プレローディングの計算，上昇時におけるエアギャップの計算等（SEP 船の場合）

- (g) 潜水土及び ROV の使用
- (h) 機器説明
- (i) 緊急時対応計画

8.3.2 気象に制限される作業

8.3.2.1

気象に制限される作業では、次の (a) 及び (b) を考慮して手順を作成し、設置マニュアルに記載しなければならない。

- (a) ウィンドファーム設置作業に関連するすべての作業に関する作業限界及び作業中止基準（8.3.2.2 参照）
- (b) 台風等の暴風時に対する対応（8.3.2.3 参照）

上記の (b) で、クレーン船（又はクレーンバージ）の場合、台風等の暴風時にサイトで係留して台風を凌ぐことは認められない。必ず、避難場所に移動して退避することが要求される。

8.3.2.2

前 8.3.2.1 (a) で、例えば SEP 船を使用する設置作業の作業中止基準は、表 8-1 の様式（例）のようにまとめられる。

表 8-1 SEP 船の作業ごとの作業中止基準を示す表（FORMAT）の例

作業	環境条件				
	風速	波高	流速	水位	視界等
入港/出航					
サイトへの輸送/移動					
アンカー設置（必要に応じて）					
サイトでの位置決め（DP 作業）					
ジャッキング（海底に差し込み）					
プレローディング					
設置作業等（ジャッキアップ状態、8.3.2.3 参照）					
ジャッキダウン/レグの引き抜き（浮上状態への移行）					
アンカー引き揚げ（必要に応じて）					
乗組員の移動（浮上時/上昇時）					

8.3.2.3

表 8-1 の「設置作業等」では、設置される構造物及び使用される船舶（又はバージ）により、表 8-2 のような作業が実施される。各作業に対し、作業中止基準を定めなければならない。

表 8-2 設置に関連する具体的な作業の例

目的	作業
パイル基礎/TP の設置	• パイル基礎の固縛解除 • パイル基礎の吊作業（立起し）/ハンマ固定 • パイル基礎の着底/パイルグリッパ • 杭打ち • TP の固縛解除 • TP 吊作業/TP 設置/グラウチング • TP 上部のシーリング
タワー/ナセル/ブレードの設置	• タワーの固縛解除 • タワー吊作業/設置（ボルト締結） • ナセルの固縛解除 • ナセル吊作業/設置（ボルト締結） • ブレードの固縛解除 • ブレード吊作業/設置（ボルト締結）

8.3.2.4

前 8.3.2.1 (b) で、台風等の暴風時に避難場所で退避することが予定されている（又は要求される）場合であって、設置に関連する作業を「気象に制限される作業」とするためには、連続的な作業（途中で中断することが困難な一連の作業，8.3.2.5 参照）を定義し、連続的な作業の計画作業期間（ T_{POP} ）が 72 時間未満で、かつ、作業基準期間（ T_R ）が 96 時間未満となることを確認しなければならない（2.6.5 参照）。 T_{POP} 及び T_R はそれぞれ次のように表される。

- T_{POP} : 連続的な作業の合計時間
- T_R : 連続的な作業の合計時間＋作業船を運航可能な状態に戻すまでの時間＋サイトから避難場所までの移動時間＋避難場所で安全状態とするまでの時間

ここで、避難場所で安全状態とするまでの時間とは、係留（又は係船）状態とする時間か、又は（SEP 船の場合は）ジャッキアップ状態とするまでの時間である。ジャッキアップ状態とする時間は、ジャッキング、プレローディング及びジャッキアップ（適切なエアギャップの確保）の合計時間である。

8.3.2.5

前 8.3.2.4 の「連続的な作業」は、例えば表 8-2 のパイル基礎/TP の設置の場合であれば、通常、表 8-3 のように 2 つに分類/定義される。

表 8-3 連続的な作業の例

連続的な作業①	連続的な作業②
• パイル基礎の固縛解除 • パイル基礎の吊上げ（立起し）/ハンマ固定 • パイル基礎の着底/パイルグリッパ • 杭打ち	• TP の固縛解除 • TP 吊上げ/TP 設置/グラウチング • TP 上部のシーリング

表 8-3 の分類は、連続的な作業の途中で中断して避難場所に退避するためには、パイル基礎や TP を再度固縛する必要があるため、このような作業を避けるよう考慮したものである。

8.3.3 気象に制限されない作業

8.3.3.1

気象に制限されない作業の場合は、表 8-1 のような作業中止基準の設定は不要であるが、台風等の暴風時に避難場所に移動して退避することが予定されている場合、又は要求される場合は、前 8.3.2.3 と同様に、拠点港からの出航、避難場所への移動及び避難場所を出発して作業を再開するためのクライテリアを定めなければならない。

8.4 洋上風車設置船

8.4.1 SEP 船

8.4.1.1

SEP 船のジャッキアップ作業に関する全般的な要件については、11 章を参照すること。

8.4.1.2

ジャッキアップ・レグは、ケーブルにとって脅威となる。敷設されたケーブルのルートに関する情報は、ケーブル損傷を防止するため、必要に応じて更新され、プロジェクトを通じて適切に周知されるべきである。敷設されたケーブルとジャッキアップ・レグとの間には、適切な安全距離（離隔）が維持されなければならない。これは、ケーブル敷設と風車コンポーネントの設置が同時期に行われるプロジェクトでは特に注意すべきである。

8.4.1.3

SEP 船の場合、台風等の暴風を凌ぐ方法として、避難場所でジャッキアップ状態とする又は係留（係船）する、若しくは風車設置サイトでジャッキアップ状態とすることが考えられる。

8.4.2 クレーン船又はクレーンバージ

8.4.2.1

沖合でクレーンフックに貨物を吊下げて運搬することは、穏やかな気象で非常に短距離の場合を除き、避けるべきである。悪天候下では、貨物のコントロールが困難となり、復原性が低下し、クレーンが過負荷状態になることがある。このような作業を実施するためには、2.4 に従ったリスク評価を実施すべきであり、また、本会（MWS 機関）との合意が必要である。

8.4.2.2

クレーン船（又はクレーンバージ）の係留は、ケーブルにとって大いなる脅威となる。敷設されたケーブルのルートに関する情報は、ケーブル損傷を防止するため、必要に応じて更新され、プロジェクトを通じて適切に周知されるべきである。係留索及びアンカーとケーブルとの最小クリアランスについては 9.5.1.4 を参照すること。

8.4.2.3

クレーン船（又はクレーンバージ）の場合は、台風等の暴風時に建設段階/建設後の洋上風力発電設備に近接して係留することは認められない。必ず所定の避難場所（避難港、泊地等）で係船（又は係留）しなければならない。

8.5 海中吊作業 (subsea lifting)

8.5.1 適用範囲

8.5.1.1

この節では、空中から海底までの吊降ろし作業、及び海底から空中までの吊上げ作業に関する要件を示す。

8.5.1.2

この節の規定は、海中における次のアイテムの設置に適用される。

- パイル基礎、トランジションピース (TP)
- パイルテンプレート、ガイドポスト等

8.5.2 施工設計の原則

8.5.2.1

どのような海中設備の設置であっても、実行される計算は、許容量、安全係数、荷重及び荷重効果を含むものでなければならない。必要に応じて **8.5.3** に定める解析を実施し、動的荷重を計算しなければならない。

8.5.2.2

吊構造物の空中及び海水中における重量及び重心位置は、重量レポート (**4.2** 参照) に含まれなければならない。吊上げられる設備の傾斜は、浮力により空中と海水中とで異なる可能性がある。海中での吊作業の試行の要件については、**8.5.4** を参照のこと。

8.5.2.3

設置の際は、クレーン先端の位置を特定することとし、ブーム先端の運動、デッキ上でのリフトオフ位置、船舶の向き、設置海域、デッキ上の障害物及び他の関連する要因を考慮しなければならない。

8.5.2.4

吊構造物と他のすべての構造物との間の最小のクリアランスを特定しなければならない。これは、対象物の形状、衝撃荷重の結果、及びタガーワイヤ又はバンパー及びガイドのような運動制限システムによる。吊対象物/クレーンワイヤと設置船との間では、少なくとも **3m** のクリアランスを維持すること。

8.5.2.5

吊作業中は、既設の海中設備に対する対象物の落下に関する安全性について考慮しなければならない。該当する場合、構造物を船外で吊上げ、既設の海中設備からの安全な水平距離を維持して降下させ、その後、海底上の適切な高さの最終位置に移動させること。

8.5.2.6

必要に応じ、緊急時における対象物の海底への仮置き、又は設置船のデッキ上への復旧を検討し、緊急時の手順に記載しなければならない。緊急時の計画のための一般的な要件は、**2.5.4** で与えられている。

8.5.3 解析

8.5.3.1

海中吊作業の解析のうち、波による鉛直方向の流体力の計算は、**附属書 8A** の簡易計算法によることとする。時間領域のシミュレーション (詳細法) を使用する場合は、本会の適当と認めるところによる。

8.5.3.2

海中吊作業の解析は、少なくとも次の項目を含むものでなければならない。

(a) 構造物の水平方向のオフセット

潮流、波等の影響により、吊構造物がクレーン先端を通る鉛直線から離れた場合、吊システムにはオフリード力（off-lead force）及びサイドリード力（side-lead force）が生じる（図 8-2 参照）。オフリードは、クレーンから離れる方向を意味し、サイドリードは、クレーンブームと垂直の方向を意味する。

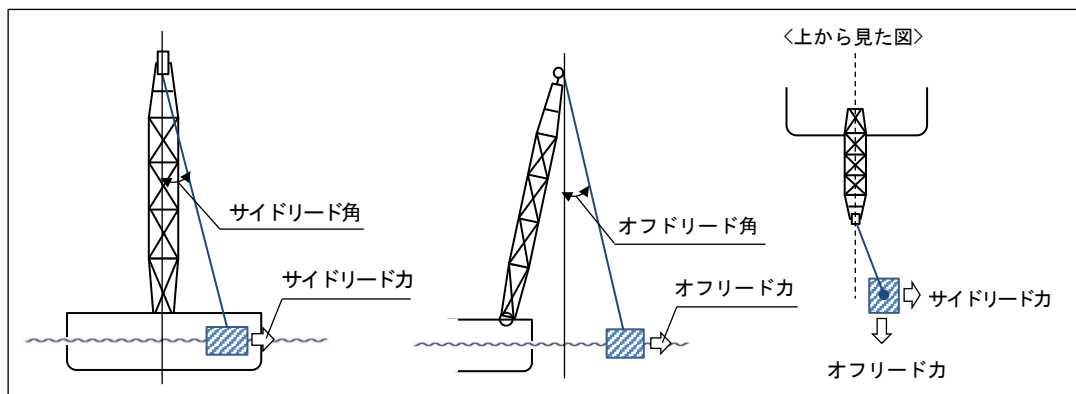


図 8-2 オフリード力及びサイドリード力

潮流、波の影響により、構造物のオフセットを無視できない場合は、設計環境条件に基づいて水平方向の力（オフリード力及びサイドリード力）及びオフセットを計算し、吊システムの許容範囲内であること及び要求されるクリアランス以上であることを確認すること。

(b) 索具に緩みが生じないことを確認する計算

索具の最小張力は、構造物の静的重量の 10%以上であること。すなわち、

$$\frac{F_{static} - F_{hyd}}{F_{static}} \geq 0.1$$

ここで、

F_{static} : 構造物の空中における重量

F_{hyd} : 構造物に作用する鉛直上向きの流体力（附属書 8A 参照）

(c) 索具の強度計算

次式で定義される動的増幅係数（DAF）を用いて、索具の強度が十分であることを示すこと。

$$DAF = \frac{F_{static} + F_{hyd}}{F_{static}}$$

ここで、

F_{static} : 構造物の空中における重量

F_{hyd} : 構造物に作用する鉛直下向きの流体力（附属書 8A 参照）

(d) 着水時における構造物の応力解析

構造物の形状によるため、本会（MWS 機関）が特に要求した場合に実施することとする。

8.5.3.3

クレーン先端の運動の計算が要求される場合は、船舶の応答解析を実施し、その結果に基づいてクレーン先端の運動を求める必要がある。波向については次の要件を満たすものでなければならない。

- (a) 船舶の向きと独立して実施される海中吊作業の場合、その手順で開始される船舶の方向の少なくとも $\pm 15^\circ$ の波向で船舶の応答を解析すること。
- (b) 固定された船舶の向きと独立して実施される海中吊作業の場合、すべての波向に対して船舶の応答を解析すること。解析される波向の間のスペースは、 22.5° を超えないこと。ただし、本会が適当と認めた場合は、 45° のスペースが許容される。

8.5.3.4

海中吊上げの解析は、次の項目を含めて文書化され、解析結果は作業マニュアルに含まなければならない。

- 構造物の静的重量
- 構造物が水面を通過するときに生じる流体力（附属書 8A 参照）
- 水中での流れ（潮流及び海流）の影響
- 前 8.4.3.2 で要求される計算の結果

8.5.4 吊作業の試行

8.5.4.1

実行可能なフック高さの検証、意図しているリフト経路に障害物がないことの確認、他の対象物/船側に対するクリアランスの確認、タガーラインのルーチンのチェック等のため、船外での吊作業の試行が推奨される。

8.5.4.2

水中構造物の傾斜に関して要求される許容誤差が小さい場合（例えば、ガイドポストとかみ合う必要がある場合）、設置前の水中での吊作業の試行も考慮すべきである。

8.5.5 設置システム

8.5.5.1

設置システムは、運動が十分制御された状態で、構造物を船舶のデッキから持ち上げ、最終的な位置に安全に設置できるものでなければならない（6.15.6 参照）。

8.5.5.2

設置システムは、本会（MWS 機関）との合意がある場合を除き、何らかの不測の事態が発生した場合に完全な後戻り（reversal）ができるものでなければならない。

8.5.5.3

クレーンを使用して構造物がデッキから吊上げられ、海面下の適切な深度まで降ろされ、その後、海底への残りの下降のために設置ウィンチに移動されるような（クレーンとウィンチとの）二重の設置システムは基本的に認められる。ただし、このようなシステムが使用される場合は、水平方向のクレーン荷重が最小となるような適切な深さで荷重伝達が行われるものでなければならない。

8.5.5.4

クレーンは、目的の機能に対して認められたものとし、クレーン荷重・半径曲線は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。特定のケースにおいては前 6.10.3.6 を参照すること。

8.5.5.5

構造物を海底に降ろすために設置ウィンチを使用する場合は、以下の要件が適用される。

- 設置ウィンチは、リスク評価、能力及び DAF に関してクレーンと同じ要件を満たさなければならない。
- 設置ウィンチにロードセルが設置されている場合、当該ロードセルは使用前に校正されていなければならない。
また、校正証明書は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。

8.5.6 位置決め及び着底

8.5.6.1

特に、ガイドワイヤ、バンパー及びガイド、又は他の設置支援装置が使用される場合は、降下、位置決め及び着底の間の対象物の移動及び回転に関連する荷重を考慮すべきである。

8.5.6.2

海底地盤からの反力を決定し、考慮しなければならない。設置作業のすべての段階で、地盤に許容されない変位が生じることなく、対象物が海底上で安定することを文書化すべきである。

8.5.6.3

ガイド・位置決めシステムを使用する場合であって、吊構造物に対する同システムからの荷重の影響を無視できない場合は、必要に応じて、同システムからの荷重を考慮した荷重ケース（ULS 及び ALS）を適切に設定し、解析を実施すべきである（5.6 参照）。

8.5.6.4

クレーン船を使用して対象物を着底させる場合は、着底作業中におけるクレーン船の許容ヒープ運動を決定するとともに、共振でヒープ運動が増大する可能性を考慮しなければならない。

8.5.6.5

クレーン船で海中索具リリースシステムを使用する場合は、吊上げられた設備からクレーン船を直ちに切り離すことができるように設計されなければならない。また、回収が必要な場合は、索具を再接続するための緊急システムを準備しておくべきである。なお、油圧式のシャックル又は ROV リリースシステムを使用する場合は、証明書を有するものとし、その機能は試験されたものでなければならない。

8.5.6.6

吊上げられた設備の海底（又は主構造物）への着地については、潜水士又は ROV による監視が要求される。ROV の能力があることを条件として、軽構造物の位置/方向/着地を制御するため ROV を使用することもできる。

8.5.6.7

設置支援システムが使用される場合、同システムは次の要件を満たさなければならない。

- (a) 設置支援システムは、構造物の吊上げ、パイル基礎のハンドリング、ハッチの開閉等のような先行する作業の間に損傷しないように配置すること。
- (b) 構造物又は設備に損傷を引き起こす可能性がある一時的な取付け物は、最終的な使用後、過度の遅れがないよう取外すこと。
- (c) 吊作業以外の目的で使用される索具は、使用目的に応じた安全係数とともに使用すること。

8.5.6.8

海中ガイドワイヤが使用される場合、その強度及び使用手順は本会の適当と認めるところによる。

8.5.6.9

パンパー及びガイドを使用する場合、これらの施工設計は次の要件に従ったものでなければならない。

- (a) 海中構造物上のガイドシステムが2つ以上のガイドポストを組込んでいる場合、対象物の着底を容易にするため、異なる長さのガイドポストの使用を考慮すること。
- (b) ガイドシステムがガイドファンネル又はそれと同様のもので構成される場合、ガイドレセプタクルの構造物への接続は、対象物の主要構造要素に損傷を引き起こす可能性がある設置荷重（例えば、過荷重/衝撃）を考慮した設計とすること。
- (c) ガイドシステムの設計では、緊急ケースを考慮し、対象物の回収を制限すべきではない。
- (d) 構造物がガイドシステム内に挟まれた状態となる可能性について、十分考慮しなければならない。

8.5.7 設置許容誤差

8.5.7.1

設置許容誤差は明確に定義されなければならない。設置許容誤差は確実に最終確認されなければならない。

8.5.7.2

設置許容誤差に関する目標を達成するため、次の要素に基づいて徹底的に調査すべきである。

- 同様の作業からの経験
- 製造許容誤差
- 寸法管理
- フィットの試行
- 環境条件、土質条件及び予測される視界
- ガイド等の使用による、対象物の位置決め支援能力
- 計測設備の精度

8.5.7.3

正確な設置場所が確認された後、吊索具は、過度の遅れがないよう取外すこと。ROV（又はダイバー）のアクセス及び吊索具のリリース（引っ掛けることがないこと）は、設計プロセスで早期に考慮すべき検討事項である。

8.6 杭打ち作業に関する一般要件

8.6.1 一般

8.6.1.1

作業計画の作成にあたっては、事前に次の事項を調査するとともに、作業内容、使用船舶機械や資機材等による危険性を調査・検討して計画を定め、関係作業員に周知させること。

- (a) 作業区域の水深、土質、気象・海象条件等に見合う施工設備の能力
- (b) 作業方法及び作業手順
- (c) 作業区域内の危険物、障害物及び埋設物等の有無
- (d) 付近を航行する船舶に対する対策
- (e) 夜間作業時の作業体制と連絡体制
- (f) 事故発生時の処理と対策
- (g) 作業船の避難場所

8.6.1.2

作業一般としては、次の事項に留意しなければならない。

- (a) 作業中、必要に応じてボルトの緩み、歯止めの有無、周辺の危険物に対する安全性等を点検すること。
- (b) バイプロハンマを使用するときは、外れ止めの付いたフックを用いること。
- (c) 危険箇所及び機械設備には、囲い、手すり等の防護設備を設け、危険標識、取扱注意事項及び取扱者名を表示する等の措置を講じること。
- (d) ロープ類の取扱いに際しては、手元、足元等に注意し、はさまれ又ははねられることのないようにすること。
- (e) 合図は指名された者が行い、杭打機の運転者はその合図に従うこと。
- (f) 資材の積卸し及び仮置場所は十分な広さを有するものであること。また、資材の積卸し及び運搬に使用する船舶機械は、荷重に対して十分余裕があるものとし、玉掛け用具、積重ね用枕木、荷崩れ防止用のくさび等は作業に適したものであること。

8.6.2 ハンマ

8.6.2.1

杭打ちに使用するハンマは、パイル基礎の大きさ、長さ、重量等並びに打込み地盤の土質、水深等に適したものであること。

8.6.2.2

ハンマの管理責任者は、定期的にハンマの点検を実施しなければならない。ハンマの点検項目を表 8-4 に示す。

表 8-4 ハンマの点検項目

油圧ハンマ	バイプロハンマ
• ハンマ各部のボルトの緩み • ガイド及びジョーの摩耗 • ホースの損傷 • 給油の状況 • 各部バルブの異常	• 各部のボルトの緩み • キャプタイヤケーブルの損傷 • チャックの作動 • シャックル、立軸、ハンガーブレード、吊りワイヤロープ等の吊下げ装置 • 起振用ベルト

8.7 パイル基礎及びトランジションピース（TP）の設置

8.7.1 一般

8.7.1.1

固縛の解除は 7.6.10 に従ったものでなければならない。特に、垂直状態で輸送された長尺の構造物の解除には留意しなければならない。

8.7.1.2

パイル基礎の吊作業には 6 章及び 8.5 の規定が適用され、トランジションピースの吊作業には 6 章の規定が適用される。

8.7.1.3

杭打ち作業は、8.6 の規定に従ったものでなければならない。

8.7.2 杭打ちテンプレート

8.7.2.1

杭打ちテンプレートは、杭打ち前に位置決め用として、また、杭が垂直に又は正しい角度で打ち込まれることを確実にするため用いられる。テンプレートは、通常海底に配置されるが、降下又は上昇する SEP 船の側面に取り付けることもあり、ジャッキアップ・レグを位置決めガイドとして利用することもある。

8.7.2.2

テンプレート及びその付着品を SEP 船に取り付けて輸送する場合、構造物に作用する流体力だけでなく、船体の運動応答にも耐えることができないかもしれない。トリム及び復原性への影響も調査しなければならない。

8.7.2.3

取り付けたテンプレートにより喫水又は船長が増大する場合、特に水面上で目視できない場合は、衝突又は座礁の危険性を低減するため、特別な輸送手順を策定すべきである。

8.7.2.4

テンプレートが置かれる海底面が傾斜しているか、又は不均一となっている場合、水平となるようにしなければならない。軟弱な海底の場合は、マッドマット（mud mat）が必要となることもある。

8.7.2.5

テンプレートが、粘土又はシルトの中に定着する傾向がある場合は、その後の引き上げ時の固着を克服するためのジェティング又はその他の手段を準備しなければならない。

8.7.3 パイル基礎の設置

8.7.3.1

基礎設置位置の許容誤差は、本会（MWS 機関）と合意されたものでなければならない。

8.7.3.2

洗掘保護については、8.2.8 の要件に従ったものでなければならない。

8.7.3.3

パイル設置に掘削が必要な場合は、次を考慮すべきである。

- 切土の処分
- ドリル・ストリングが破損の際の緊急時対応計画及び設備（例えば、吊り具など）

8.7.3.4

基礎の設置作業に必要なグリップ（gripper）、ハンドリング設備、立起し設備及びハンマ等は、その目的に適したものでなければならない。

8.7.4 トランジションピース（TP）の設置

8.7.4.1

トランジションピース（TP）の鉛直度の許容誤差は、本会（MWS 機関）と合意されたものでなければならない。

8.7.4.2

グラウト材は法規で定められたもの、又は試験によりその強度が確認されたものとし、グラウト作業は承認された手順に従って実施されなければならない。

8.8 風車コンポーネント（タワー、ナセル及びブレード）の設置

8.8.1 一般

8.8.1.1

固縛の解除は 7.6.10 に従ったものでなければならない。特に、タワーの固縛の解除には留意しなければならない。

8.8.1.2

タワー、ナセル及びブレードの吊作業には 6 章の規定が適用される。追加として、表 8-5 の項目を適切に取り扱うこととし、これらの項目は本会（MWS 機関）と合意されなければならない。

表 8-5 タワー、ナセル及びブレードの設置に関する追加の合意事項

風車 コンポーネント	追加の合意事項
タワー	• 部分的なボルト接合 • 索具を取り外すためのアクセス • 多目的使用（積出し、設置、保守、撤去）のための吊上げポイントの証明書 • 立起しのためのクライテリア
ナセル	• 部分的なボルト接合 • 索具を取り外すためのアクセス • 吊上げポイント • タガーライン配置
ブレード	• 部分的なボルト接合 • ブレード組立て時の制限クライテリア • ブーム先端の運動（必要に応じて） • 吊設備（6.14.6.4 参照）

8.8.2 ロータ完備品の設置

8.8.2.1

ロータ完備品（complete rotor），すなわちブレードを組立てたハブをナセルへ設置する場合は，次の状況について留意しなければならない。

- 部分的なボルト接合
- 吊設備及び立起こし装置
- タガーライン配置
- 位置決め時の水平及び垂直運動
- 動荷重に対する風損の影響

8.9 認証及び検査

8.9.1 一般

8.9.1.1

設置に使用される索具，吊設備及び吊上げポイントの認証及び検査は，6.14 の規定に従ったものでなければならない。

8.9.1.2

設置に使用される船舶（又はバージ）の検査は，7.14 の規定に従ったものでなければならない。

8.9.1.3

設置作業にバージ等の曳航作業を伴う場合，曳航設備の認証と検査は 7.15 の規定に従ったものでなければならない。

8.9.2 設置に使用される構造物及び設備の認証及び検査

8.9.2.1

ハンマ（油圧ハンマ又はバイブロハンマ）は，製造者の証明書を有するものでなければならない。ハンマの管理責任者は，8.6.3.2 に定める自主点検を実施することとし，本会はこのような自主点検が確実に実施されていることを確認する。

8.9.2.2

パイルグリッパは，製造者の証明書を有するものでなければならない。パイルグリッパの管理責任者は自主点検を実施することとし，本会はこのような自主点検が確実に実施されていることを確認する。

8.9.2.3

杭打ちテンプレート，パイルグリッパ等の構造物は，使用前に本会（MWS 機関）により現状検査（外観検査）を受けなければならない。検査の結果，き裂発生等の疑いが生じた場合は，浸透探傷試験（PT）又は磁粉探傷試験（MPI）等の非破壊検査を実施しなければならない。

附属書 8A

水面を通して吊上げ/吊降ろされる対象物に作用する流体量の計算（簡易計算法）

8A.1 一般

8A.1.1

この附属書は、洋上で水面を通して吊上げ/吊降ろされる対象物に作用する流体力（波荷重）を算定するための簡易計算法を提供するものである。

8A.1.2

簡易計算法を使用する上では、次の事項が前提条件となる。

- 吊上げ対象物の（波伝播方向の）長さが、波長と比較し、相対的に短い。
- 対象物の鉛直方向の運動は、クレーン先端の運動に追従する（鉛直方向の共振がない）。
- 荷重ケースは、対象物と海水との間の相対的な鉛直運動に支配され、他の運動モードは無視される。

8A.2 簡易計算法

8A.2.1 静的重量（荷重）

8A.2.1.1

没水する対象物の静的重量（荷重）は、次式で与えられる。

$$F_{static} = M \cdot g - \rho \cdot V \cdot g \quad [\text{N}]$$

ここで、

- M : 空中における対象物の質量 [kg]
 g : 重力加速度 (=9.81 m/s²)
 ρ : 海水密度 [kg/m³] (通常は 1025 kg/m³)
 V : 各段階での没水部の体積 [m³]

8A.2.1.2

前 8A.2.1.1 で、没水後に構造物内に海水が浸入する場合は、次の最小値と最大値の両方を考慮しなければならない。

$$F_{static-\min} = M_{\min} \cdot g - \rho \cdot V \cdot g \quad [\text{N}]$$

$$F_{static-\max} = M_{\max} \cdot g - \rho \cdot V \cdot g \quad [\text{N}]$$

ここで、

- $M_{\min}$: 最小質量（空中における対象物の質量であり、構造物は没水しているが浸水は始まっていない。） [kg]
 $M_{\max}$: 最大質量（空中における対象物の質量であり、構造物に浸水した海水の全重量を含む。構造物は、没水後、完全に浸水した状態。） [kg]

8A.2.2 流体力 (Hydrodynamic force)

8A.2.2.1

水面を通して対象物を降下させるときに対象物に作用する流体力の特性値は、スラミング衝撃荷重、変動浮力、質量力 (8A.2.7 参照)、及び抗力の (時間で変化する) 関数であり、簡易的に次式で求めることができる。

$$F_{hyd} = \sqrt{(F_D + F_{slam})^2 + (F_M - F_p)^2} \quad [\text{N}]$$

ここで、

- F_{hyd} : 対象物に作用する鉛直方向の流体力の特性値 [N]
- F_D : 鉛直方向の抗力の特性値 [N] (8A.2.3 参照)
- F_{slam} : 鉛直方向のスラミング衝撃力の特性値 [N] (8A.2.6 参照)
- F_M : 鉛直方向の質量力の特性値 [N] (8A.2.7 参照)
- F_p : 鉛直方向の変動浮力の特性値 [N] (8A.2.8 参照)

8A.2.2.2

前 8A.2.2.1 の質量力と抗力の計算で、水粒子速度及び加速度は、構造物を構成する各主要アイテムの鉛直方向重心位置 (CoG) に作用するものとしており、構造物全体に作用する力は次式から求められる。

$$F_M = \sum_i F_{Mi}, \quad F_D = \sum_i F_{Di}$$

ここで、 F_{Mi} 及び F_{Di} は、各主要アイテムからの力の寄与分を示す。

8A.2.3 抗力 (Drag force)

8A.2.3.1

対象物に作用する抗力の特性値は、次式で与えられる。

$$F_D = 0.5 \cdot \rho \cdot C_D \cdot A_p \cdot v_r^2 \quad [\text{N}]$$

$$v_r = v_c + \sqrt{v_{ct}^2 + v_w^2} \quad [\text{m/s}]$$

ここで、

- F_D : 鉛直方向の抗力の特性値 [N]
- ρ : 海水密度 [kg/m^3] (通常は 1025 kg/m^3)
- C_D : 振動する流れの中での、対象物の没水部に対する抗力係数 (8A.2.3.2 参照)
- A_p : 対象物の没水部の水平面に対する投影面積 [m^2]
- v_r : 対象物と水粒子間の鉛直方向の相対速度 [m/s]
- v_c : 吊降ろし/吊上げ速度 [m/s] (通常は 0.50 m/s)
- v_{ct} : クレーン先端の鉛直方向速度 (振動の片振幅, 8A.2.4 参照) [m/s]
- v_w : 鉛直方向の水粒子速度 [m/s] (8A.2.5 参照)

8A.2.3.2

前 8A.2.3.1 で、振動する流れの中での抗力係数 C_D は、KC 数 (KC-number) で変化し、通常は、静的な流れの中での抗力係数の 2~3 倍の値となる。一般に、 $C_D \geq 2.5$ となる。

8A.2.4 クレーン先端の運動

8A.2.4.1

簡易計算法では、クレーン先端の鉛直方向の運動（加速度 a_{ct} 、速度 v_{ct} 、変位 η_{ct} ）が重要なパラメータとなっている。クレーン先端の運動は、クレーンが搭載された船舶（又はバージ）の設計海象におけるヒープ、ピッチ及びロールを考慮して求めたものでなければならない。例えば、変位 η_{ct} は、次式を用いて計算することができる。

$$\eta_{ct} = \sqrt{Heave^2 + (t \sin \theta_r)^2 + (l \sin \theta_p)^2} \quad [\text{m}]$$

ここで、

η_{ct} : クレーン先端の鉛直方向変位（振動の片振幅）[m]

$Heave$: ヒープ運動の片振幅 [m]

t : 吊上げワイヤの横方向オフセット [m]

θ_r : ロール運動 [rad]

l : 吊上げワイヤの縦方向オフセット [m]

θ_p : ピッチ運動 [rad]

8A.2.4.2

前 8A.2.4.1 の規定にかかわらず、次の場合はクレーン先端の運動を無視して差し支えない。

- ジャッキアップされた SEP 船上での吊上げ/吊降ろし作業
- 沿岸における吊上げ/吊降ろし作業で波に関する作業中止基準を低く設定している場合（気象に制限される作業）

8A.2.5 水粒子速度/水粒子加速度（Water particle velocity and acceleration）

8A.2.5.1

波のオービタルモーションによる水粒子速度及び水粒子加速度の特性値は、次式で与えられる。

$$v_w = \zeta_a \cdot \left(\frac{2\pi}{T_z} \right) \cdot e^{-\frac{4\pi^2 d}{T_z^2 g}} \quad [\text{m/s}]$$

$$a_w = \zeta_a \cdot \left(\frac{2\pi}{T_z} \right)^2 \cdot e^{-\frac{4\pi^2 d}{T_z^2 g}} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$\zeta_a = 0.9 \cdot H_S$$

ここで、

v_w : 鉛直方向の水粒子速度の特性値 [m/s]

a_w : 鉛直方向の水粒子加速度の特性値 [m/s²]

ζ_a : 波振幅の特性値 [m]

T_z : ゼロアップクロス法による波周期 [s]（3章参照）

d : 水面から対象物の没水部の重心位置までの距離 [m]

g : 重力加速度 (=9.81 m/s²)

H_S : 設計海象における有義波高 [m]

8A.2.5.2

水粒子速度及び水粒子加速度の特性値は、前 8A.2.5.1 の式に替えて、波周期 T_Z によらない次式を使用することもできる。

$$v_w = 0.30 \sqrt{\pi g \cdot H_s} \cdot e^{-\frac{0.35d}{H_s}} \quad [\text{m/s}]$$

$$a_w = 0.10 \cdot \pi g \cdot e^{-\frac{0.35d}{H_s}} \quad [\text{m/s}^2]$$

ただし、この場合は、波周期 T_Z に関する次式を満たすことが条件となる。

$$T_Z \geq 10.6 \cdot \sqrt{H_s/g} \quad [\text{s}]$$

8A.2.5.3

前 8A.2.5.1 及び 8A.2.5.2 の計算式は、波影響範囲を通過する吊降しが 30 分以内に実施されることを前提としている。30 分を超える場合は、計算された v_w 及び a_w を 1.10 倍としなければならない。

8A.2.6 スラミング衝撃力 (Slamming impact force)

8A.2.6.1

対象物を水中に吊降ろす場合、水面を通る部分に作用するスラミング衝撃力の特性値は、次式で与えられる。対象物を水中から吊上げる場合は、 $F_{slam} = 0$ として差し支えない。

$$F_{slam} = 0.5 \cdot \rho \cdot C_S \cdot A_S \cdot v_S^2 \quad [\text{N}]$$

$$v_S = v_c + \sqrt{v_{ct}^2 + v_{w,d0}^2} \quad [\text{m/s}]$$

ここで、

F_{slam}	: 鉛直方向のスラミング衝撃の特性値 [N]
ρ	: 海水密度 [kg/m^3] (通常は 1025 kg/m^3)
C_S	: スラミング係数 (8A.2.6.2 参照)
A_S	: スラミング面積 (水面を通過する間にスラミング荷重を受ける部分の水平面に対する投影面積) [m^2]
v_S	: スラミング衝撃速度 [m/s]
v_c	: 吊降ろし速度 [m/s] (通常は 0.50 m/s)
v_{ct}	: クレーン先端の鉛直方向速度 (振動の片振幅, 8A.2.4 参照) [m/s]
$v_{w,d0}$	: 鉛直方向の水粒子速度 (8A.2.5 の計算式で距離 $d = 0$ として得られる値) [m/s]

8A.2.6.2

前 8A.2.6.1 で、スラミング係数 C_S は、理論計算又は試験で求められる。なめらかな円筒形の場合、 $C_S \geq 3.0$ とすべきである。

8A.2.7 質量力 (Mass force)

8A.2.7.1

対象物及び水粒子の加速度の組合せにより、対象物に作用する質量力*の特性値は、次式で与えられる。

$$F_M = \sqrt{[(M + A_{33}) \cdot a_{ct}]^2 + [(\rho \cdot V + A_{33}) \cdot a_w]^2}$$

ここで、

- F_M : 鉛直方向の質量力の特徴値 [N]
- M : 空中における対象物の質量 [kg]
- A_{33} : ヒープにおける対象物の付加質量 [kg] (8A.2.7.2 参照)
- a_{ct} : クレーン先端の鉛直方向加速度 (振動の片振幅, 8A.2.4 参照) [m/s^2]
- ρ : 海水密度 [kg/m^3] (通常は 1025 kg/m^3)
- V : 対象物の (静水面に対する) 没水部の体積 [m^3]
- a_w : 鉛直方向の水粒子加速度の特徴値 [m/s^2] (8A.2.5 参照)

注*) 質量力とは、ここでは、慣性力、フルード・クリロフ力 (Froude-Kriloff force) 及び (相対過速度に関連する) diffraction 流体力の組合せとして与えられる力と定義している。

8A.2.7.2

前 8A.2.7.1 で、ヒープにおける対象物の付加質量 A_{33} は、対象物が穴なし構造物 (non-perforated structures) の場合、次式で与えられる。

$$A_{33} = \left[1 + \sqrt{\frac{1 - \lambda^2}{2 \cdot (1 + \lambda^2)}} \right] \cdot A_{330} \quad [\text{kg}]$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{A_p}}{h + \sqrt{A_p}}$$

ここで、

- A_{33} : ヒープにおける対象物 (3 次元体) の付加質量 [kg]
- λ : 2 次元体 (平面) の付加質量から 3 次元体 (立体) の付加質量を求めるためのパラメータ
- A_{330} : 対象物の水平面に対する投影面と同等の形状の平面に対する付加質量 [kg]
- h : 対象物の高さ [m]
- A_p : 対象物の没水部の水平面に対する投影面積 [m^2]

対象物が穴開き構造の A_{33} は、本会 (MWS 機関) が適当と認めるところによる。

8A.2.8 変動浮力 (Varying buoyancy force)

8A.2.8.1

波の高さによる対象物の変動浮力は、次式で与えられる。

$$F_p = \rho \cdot \delta V \cdot g \quad [\text{N}]$$

$$\delta V = \tilde{A}_w \cdot \sqrt{\zeta_a^2 + \eta_{ct}^2}$$

ここで、

- F_p : 変動浮力 [N]
- ρ : 海水密度 [kg/m^3] (通常は 1025 kg/m^3)
- δV : 静水面から波頂 (又は波底) の範囲で、対象物が没水する体積の変化 [m^3]
- $\tilde{A}_w$: 波表面ゾーンにおける平均水線面積 [m^2]
- ζ_a : 波振幅の特徴値 ($\zeta_a = 0.9 \cdot H_s$) [m]
- η_{ct} : クレーン先端の鉛直方向運動変位 (振動の片振幅, 8A.2.4 参照) [m]

8A.3 判定基準 (Criteria)

8A.3.1 合力

8A.3.1.1

水面を通して吊上げ/吊降ろされる対象物に作用する鉛直方向の合力の特性値は、次式で与えられる。

$$F_{total} = F_{static} + F_{hyd} \quad [\text{N}]$$

ここで、

F_{total} : 鉛直方向の合力の特性 [N]

F_{static} : 対象物の静的重量 (8A.2.1 参照) [N]

没水時に浸水する構造の場合は浸水量を考慮すること (8A.2.1.2 参照)

F_{hyd} : 対象物に作用する鉛直方向の流体力 (8A.2.2 参照) [N]

8A.3.2 索具の緩み

8A.3.2.1

前 8A.3.1.1 で、 $F_{total} = 0$ となった場合は、索具に緩みが生じ、対象物にはスナップ力 (snap force) が作用する。スナップ力を避けるため、流体力は次式を満たすものでなければならない。

$$F_{hyd} \leq 0.9 \cdot F_{static-min} \quad [\text{N}]$$

ここで、

F_{hyd} : 対象物に作用する鉛直方向の流体力 [N]

$F_{static-min}$: 対象物の静的最小重量 [N]

8A.3.3 索具の強度

8A.3.3.1

水面を通過して対象物を吊上げる/吊降ろす場合の索具の強度は、6.3.3 に定める動的増幅係数 (DAF) を海中吊上げ用に定義することにより評価される。海中吊上げ用の動的増幅係数 DAF_{conv} は、次式で与えられる。

$$DAF_{conv} = \frac{F_{total}}{M \cdot g}$$

$$F_{total} = F_{static-max} + F_{hyd}$$

ここで、

DAF_{conv} : 海中吊上げに適用される動的増幅係数 (6.3.3 関連)

F_{total} : 対象物に作用する鉛直方向の合力 [N]

M : 空中における対象物の質量 [kg]

g : 重力加速度 (=9.81 m/s²)

$F_{static-max}$: 対象物の静的最大重量 [N]

F_{hyd} : 対象物に作用する鉛直方向の流体力 [N]

9章 係留及び自動船位保持システム（Mooring and dynamic positioning systems）

9.1 一般

9.1.1

この章は、船舶又はバージの位置保持に関する要件を定めるものであり、以下の位置保持を対象とする、

- SEP 船、クレーン船、バージ及びケーブル敷設船の作業時における位置保持
- 船舶及びバージの岸壁における係船
- 浮体式風力発電施設の係留設備の設置

9.1.2

この章の 9.2~9.10 には係留（又は係船）による位置保持に係わる要件を、9.11 には自動船位保持システム（DP システム）による位置保持に係わる要件を定めている。

9.2 係留計画

9.2.1 一般

9.2.1.1

人員配置を含め、一般的な組織、計画及び文書化に関する要件については 2 章を参照すること。環境条件は、3 章の規定によること。

9.2.1.2

潮位差が大きい場所で係留を行う場合は、次の事項を考慮しなければならない。

- (a) 潮位差が水深の 10%より大きい場所での係留の場合、係留期間中の当該場所での最高及び最低の静水位を調査し、係留解析で考慮すべきである。
- (b) 埠頭係留の場合は、潮汐の影響を常に考慮すべきである。潮汐変化が特に大きい場所では、係留索の長さを調節するための、また、係留索の張力が事前に指定されたレベルに近づいたときに動作する警報システム（24 時間監視が必要）を有する張力監視システムの使用が有効である。

9.2.2 係留マニュアル

9.2.2.1

係留マニュアルは次の項目を含むものでなければならない。

- 組織、役割及び責任を含む管理及び通信システム
- 記録及び報告の日課
- 関連図面、仕様及び計算
- 係留作業に係る船舶
- レイアウト及び作業手順を含むシステム及び設備
- 制限環境
- 作業のための他の制限（許容誤差を含む）
- 作業中の監視のための要件（必要に応じて）
- 船舶のバラスト要件
- 係留作業のための帰還不能点（ある場合）を含む詳細な手順（ステップ図を含む）
- 緊急時対応計画及び手順

9.2.2.2

浮体式風力発電施設のアンカー設置作業において、最初のアンカー設置から最後のアンカー設置までの期間に台風などの荒天に遭遇する可能性がある場合は、係留解析により台風などの荒天に耐えられるだけのアンカー最少設置数を事前に定めておく必要がある。アンカーの設置マニュアルには、このような状況を含め、必要となる手順を記載しなければならない（9.6.1.5 及び 8 章参照）。

9.2.3 緊急時対応

9.2.3.1

次の状況では、緊急時対応計画を策定し、係留マニュアルに含めなければならない。

- 沿岸で係留されているバージの退避等で緊急時にタグボートが使用される場合（9.4.3 参照）
- 係留システムの冗長性に関するリスク評価により緊急時対応が要求される場合（9.6.2.2 参照）

9.3 係留設備

9.3.1 係留索

9.3.1.1

一般に、アンカーを設置するための係留索としてはワイヤ又はチェーンが、埠頭での係船索としては合成繊維索（ホーサー）が使用される。係留索は、互いに接触しないように、また、構造物との接触によるこすれが生じないように配置しなければならない。

9.3.2 連結具

9.3.2.1

係留索は、可能な限り、連結具を少なくし、連続する長さの索で構成されるべきである。インライン連結具の使用が必要な場合、係留パターンはどの連結具も海底と接触しないように設計されるべきである。これが不可能な場合は、ケースバイケースでリスク評価され、この場所での損傷に備えて適切な不測事態対応策が準備されるべきである。

9.3.3 ブイ

9.3.3.1

いかなる海中ブイも、必要となる浮力を有し、かつ、意図している深度に対して十分な耐圧強度を有するものでなければならない。

9.3.3.2

係留索と船舶の、又は係留索相互のクリアランスを保つためにブイが使用される場合、ブイと係留索との接続及びクリアランスは、本会（MWS 機関）の適当と認めるところによる。

9.3.4 係留される船舶の連結ポイント

9.3.4.1

係留される船舶の連結ポイント（ウインドラス、ウィンチ、フェアリーダ、シュミットブラケット、ボラード、ビットなどを含む）の構造は、連結される係留索に要求される最小破断荷重（MBL）の 1.1 倍以上の終局保持能力として設計されるべきである。また、このことは、必要に応じて 9.6 の計算で示されなければならない。

9.3.4.2

係留索の付着ポイント* は、過負荷が主構造に対するクリティカルな損傷につながらないように設計すべきである。複数の索が単一付着ポイントに連結される場合は、さらに 1.2 の影響係数（consequence factor）を適用すべきである。

【解説】

係留索に対してタガーライン、ブイ等を接続する点をここでは「付着ポイント（attachment points）」という。

9.3.4.3

ウィンチ/ウインドラスは、係留される船舶の待機/サバイバル状態へ安全に移行できるよう、最大係留索張力の 1.2 倍以上のブレーキ保持力を有するべきである。

9.3.5 防舷材

9.3.5.1

船舶が埠頭岸壁のような他の構造物に対して係留される場合は、係留される船舶や構造物への損傷防止のため、適切な防舷材を設けなければならない。

9.3.5.2

防舷材が係留される船舶の動きを拘束する場合（例えば、係留される船舶が埠頭へ吹き寄せられる場合）、防舷材は係留システムの構造要素であるとみなされ、適切な数と機能を有するものでなければならない（港湾基準参照）。

9.3.5.3

防舷材に対する最大解析荷重は、製造者が定める防舷材の最大反力を超えてはならない。

9.3.5.4

移動式防舷材は、過度の運動を防止するように拘束されなければならない。拘束材は、防舷材に対する最大解析荷重に、防舷材と係留される船舶との間の最大摩擦係数を乗じた荷重に耐えるように設計されなければならない。

9.3.5.5

防舷材としてスパーサバージ（spacer barge）を使用する場合は、特別の注意が払われるべきである。

9.4 沿岸及び埠頭係留のための特別要件

9.4.1 一般

9.4.1.1

波又は長周期うねりにより誘発される非常に小規模の運動であっても、埠頭係留に一般に使用される短く柔軟性のない係留索には高張力が作用することがある。この影響は慎重に評価されるべきである（9.7.5.3 参照）。運動は、また、特に合成繊維製ロープにおいては、摩耗損傷の可能性を増大させる。こすれを最小限とするために、こすれる部分にチェーン等を使用し、適切に保護すべきである。こすれる部分は定期的に検査し、顕著な損傷が発見された場合は、損傷部品は優先事項として交換されるべきである。従って、係留サイトでは、不測事態のための適切な予備品が必要となる。

9.4.1.2

埠頭における係船では、多数の連結具を使用して係船索を構成する場合がある。これらの連結具は使用に適したものとし、硬い連結具に接続される柔らかいロープはハードアイ（シンプル）の使用が推奨される。

9.4.1.3

係留索には、海底資産（パイプライン、ケーブル等）との鉛直方向の適切なクリアランスを確保するため、水中ブイが取付けられる場合がある。水中ブイの取付け等を目的として係留索にワイヤクランプを取付ける場合、ワイヤクランプは製造者の手順書/指示書に従って固定され、また、定期的に検査されたものでなければならない。施工設計では、クランプの必要数、クランプ方向/位置、及び張力管理手順について考慮しなければならない。

9.4.1.4

沿岸及び埠頭における係留では、場合により係留解析が要求されることがある。係留解析では極値環境条件に関する慎重な検討が必要となるが、全方向性の極値に耐えるように係留を設計することは困難な場合があり、この場合は海象の方向性の調査が必要となる。

9.4.2 港湾内の係留場所

9.4.2.1

港湾内においては、港湾当局が係留場所を限定している場合があるため、係留場所は港湾当局と協議して設定すべきである。緊急時を含めて選択される可能性のある埠頭（又は泊地）を決定するため、港湾当局と協議すべきである。

9.4.2.2

泊地における船舶（又はバージ）の係留については、波による動揺や潮位変動、地域条件等の影響（例えば、限定された船底クリアランスによる潮流力の増大）も考慮すべきである。

9.4.3 緊急時対応

9.4.3.1

沿岸で係留されているバージの退避等で緊急時にタグボートが使用される場合、使用されるタグボートの能力及び陸上要員の詳細、そのアベイラビリティ、電話番号及び港湾緊急時対応手順は、すべて文書化され、リスク評価で考慮されるべきである。

9.4.3.2

係留システムのために提案されるタグボートは、その目的に適したものとし、合意された手順に従って運転されるべきである。非常用係留索は備え付けておくことが望ましい。関連する場合、プッシュポイント（push points）は事前に指定されるべきである。タグボートは、緊急時対応手順書で定められている気象条件で運転できるべきである。

9.5 クリアランス

9.5.1 一般

9.5.1.1

クリアランスは、以下のような特定の状況を考慮して決定されるべきである。

- 水深
- 海中設備との距離
- 調査の正確さ
- アンカーハンドリング船の位置保持能力及びアンカー設置の正確さ
- 海底の条件と傾斜
- 単一係留索故障
- アンカー設置中の気象条件
- 係留索の長さの変化

9.5.1.2

現場のオペレータ及び海中設備の所有者は、以下に示す要件とは異なる要件を有していることがあり、そちらのほうがより保守的なものであればそちらに従うべきである。係留が海中設備に近接する場合は、そのようなオペレータ及び/又は所有者から同意を得るべきである。

9.5.1.3

提案された係留構成又は海底レイアウトのため、以下に規定するクリアランスのいずれかが実行困難となる場合は、必要な予防措置を決定するため、リスク評価を実施しなければならない。

9.5.1.4

表 9-1 は、後述の 9.5.2~9.5.7 に記載する最小クリアランスを要約したものである。

沿岸におけるクリアランスについては、本会が適当と認めた場合に軽減することができるものとする。

表 9-1 最小係留クリアランスの要約

条件	最小クリアランス ¹⁾	位置決め中	対応する箇条
アンカー設置の不確かさの許容値	—	50m (典型的)	9.5.2.1
アンカーと海中設備との水平距離	100m	100m	9.5.2.2
アンカードラッグの方向で、アンカーと海中設備との水平距離	300m	300m	9.5.2.2
海中設備に水平な係留索	100m	100m	9.5.3.1
パイプライン/ケーブルに水平な係留索着地点	50m	50m	9.5.3.2
目視確認できるプラットフォームに水平な係留索/係留される船舶 ²⁾	10m	—	9.5.3.3
パイプライン上の係留索（水深 40m 以上）	10m	30m	9.5.4.1
パイプライン上の係留索（水深 40m 未満）	水深の 25%, ただし 5m 以上	水深の 50%	9.5.4.1
係留索と係留索	20m (ウィンチで再配置する場合は 30m)	10m/15m	9.5.5.1
船底クリアランス（他の許容誤差の後）	1m	1m	9.5.7 7.2.16
注：			
1) 非損傷時ケースのクリアランスを示す。			
2) 水線上のプロジェクトのプラットフォームのみ。それ以外は示されている値（300m 又は 100m）を使用すべきである。			

9.5.2 アンカーの水平クリアランス

9.5.2.1

アンカーと海底設備との間には適切なクリアランスが維持されなければならない。ドラッグアンカーの敷設及び埋め込みにおける不確かさと予測不可能性については、許容値を設けなければならない（一般に、最もクリティカルな方向で 50m）。係留部品の長さの不確かさについても、許容値を設けるべきである。

9.5.2.2

アンカーは、海中設備の 100m 以内に敷設すべきではない。さらに、アンカーの走路が海中設備の方向にある場合、ドラッグ埋め込み式アンカーは、図 9-1 に示すように、係留索がパイプライン、ケーブル又は海中設備と交差する地点から半径 300m を越える位置とすべきである。

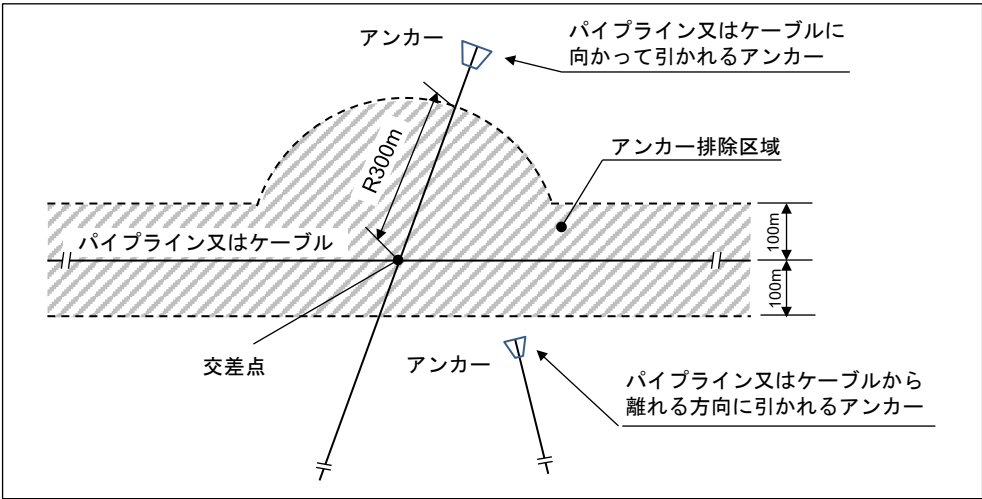


図 9-1 パイプライン又はケーブルからの最小水平アンカークリアランス

9.5.2.3

設置状態（as-installed）での係留索の方位が、設計より $\pm 5^\circ$ を超えて逸脱している場合は、その設計を再評価し、採用した基準の安全係数に適合していることを確認しなければならない。アンカー設置の許容差は、フェアリーダに向かって半径方向に 50m 以下、設計アンカー位置から外側で半径方向に 100m 以下とすべきである。係留索が海中構造物/パイプラインと交差する場合は、達成した設置の許容差と無関係に、最終アンカー位置の影響を評価しなければならない。

9.5.3 ワイヤ又はチェーンの水平クリアランス

9.5.3.1

係留設備は、パイプライン又はケーブル以外の海中設備の上方に、また、それらから水平距離で 100m 以内に渡ることがあってはならない。

9.5.3.2

係留索がパイプライン又はケーブルを交差する場合は、着地点（touchdown）とその資産との間の距離は、次の要件を満たさなければならない。ただし、50m 以上でなければならない。

$$\sqrt{(Vertical_Clearance)^2 + (Horizontal_Clearance)^2} \geq \sqrt{VC_{min}^2 + HC_{min}^2}$$

ここで、 $HC_{\min}$ は、50m 又は海中設備と垂直に交差するときの表 9-1 の最小垂直クリアランス $VC_{\min}$ を達成するための、海中設備からの最小着地点距離である。

9.5.3.3

基準で特定される要件がない場合は、係留索と海面上に出た構造物との間で、水線の上下両方で最小 10m の水平クリアランスが維持されるべきである（完全に海面下にある構造物は海中設備と分類される）。

9.5.4 係留索の垂直クリアランス

9.5.4.1

パイプラインの上方で最小 10m の垂直クリアランスが、非損傷状態でのいかなる張力においても維持されるべきである。沿岸（水深 40m 未満）では、最小クリアランスは水深の 25%以上とすべきであり、少なくとも、5m 以上でなければならない。

9.5.4.2

係留索の位置決めと操作の間は、最小 30m の垂直クリアランスが推奨される。水深が 40m 未満の場合、クリアランスは少なくとも水深の半分とすることが推奨される。

9.5.4.3

非稼働で保護された又は埋設された海中設備と交差する係留索の場合は、クリアランスの軽減が認められる。このようなケースでは、係留索のタイプ、埋設の品質、又は保護の強度及び機能（例えば、底引き網保護構造）を文書化しなければならない。

9.5.4.4

合成繊維ロープについては、材料の重量が非常に小さいことから、垂直クリアランスの軽減が認められる場合がある。ただし、合成繊維ロープの連結部は、パイプライン／アンビリカル／海中設備と接触せずに維持されていなければならない。

9.5.5 係留索間のクリアランス

9.5.5.1

係留される船舶の位置決めの間、又は、吊作業のような気象に制限される作業の間、後述の 9.5.5.2 のクリアランスの 50%以上までの軽減が、少なくとも次の注意深い検討の後、ケースバイケースで認められる。

- 作業手順
- 張力測定及び精度
- 交差する係留索に関する張力範囲
- 係留索の材料/条件
- 故障の影響/クリアランスの不履行
- 環境条件（風、波向及び視界）
- バックアップシステム（スラスト、タグボート）及び防舷材

9.5.5.2

交差する係留索は、次の場合を除き、一般に認められない。

- (a) 交差点が目視でき、適切な保護によって接触が回避/損耗が軽減される場合。
- (b) クリアランスの観点から最もクリティカルな、張力と係留される船舶の運動との組み合わせに対して 20m（又は、ウィンチによる再位置決めの場合は 30m）の最小係留索間クリアランス要件が示される場合。これは通常、独立して係留される船舶に適用する。クリアランスは、沿岸作業の場合、水深の 30%まで軽減できる。

9.5.5.3

合成繊維製係留索と鋼製ワイヤロープ又はチェーンとの交差は、認められない。

9.5.6 アンカー設置

9.5.6.1

アンカーがパイプライン、フローライン又はアンビリカルの上部を通過する場合、アンカーは作業船の甲板上に確実に積み込まなければならない。重力式アンカー又はクローズド・スタン・タグボート（船尾ローラーが付いていないタグボート）のいずれかが使用され、アンカーをデッキ上に積み込むことができないような状況では、アンカーは、安全ストラップ又は類似のものを追加使用することにより、2重に固定されなければならない。

9.5.6.2

いかなる場合であっても、アンカーの繰出し又は引上げの間、アンカー及び係留索は、パイプライン、ケーブル又は海中設備に接触してはならない。

9.5.6.3

海中設備に対する垂直クリアランスを設けるためのコンポジット係留索又はブイを取り付けた係留索の場合、アンカードラッグが許容ドラッグ長さを超える場合は、試験で張力を加えた後、設計クリアランスが十分確保されていることを確認するため、敷設状態の係留アンカー/交差場所の調査を行わなければならない。

9.5.7 船底クリアランス

9.5.7.1

船舶（又はバージ）が沿岸で係留されるときは、当該船舶が特定場所に留まる間のすべての潮位レベルで、最小 1m の船底クリアランスが維持されなければならない。クリアランスは、次を考慮した後に計算されるべきである。

- (a) 予測される最低天文潮位
- (b) 負の最大サージ
- (c) 係留内での船舶移動を含む他の環境要因
- (d) 作業中の積込みによる重量増加
- (e) バラスト、トリム及びヒールの変更
- (f) 船底の突起
- (g) ハルガーダー曲げ
- (h) 海水密度
- (i) スクアット（河川又は潮流の中で係留する場合）
- (j) 海底状態

9.6 施工設計

9.6.1 一般

9.6.1.1

この節では、係留設備の施工設計で検討すべき事項について説明する。施工設計には、特定の係留作業に対して要求される係留解析の要件が含まれる。

9.6.1.2

リスク評価を実施し、計画している係留の状態が高リスクと判断された場合は、非損傷時の係留解析により作業船及び海洋構造物の安全性を確認しなければならない。係留の安全性は次の4ケースに分類して考えることができる。

- (1) 海洋構造物に近接した船舶（又はバージ）の係留
- (2) 海底設備（パイプライン、ケーブル等）に近接した船舶（又はバージ）の係留
- (3) 避難場所での船舶（又はバージ）又は浮体式風力発電施設の係留
- (4) サイトにおける浮体式風力発電施設の係留

上記 (1)~(4) の分類に基づいた一般的な考察と係留解析が要求されるケースの例を表 9-2 に示す。

表 9-2 係留解析が要求される係留の例
(●：係留解析が要求される，－：係留解析が要求されない)

分類	例	係留解析
(1) 海洋構造物に近接した船舶（又はバージ）の係留（9.6.1.3 参照）	係留されたクレーン船（又はバージ）による TP/タワー/ナセル/ブレードの組立て作業	気象に制限される作業
		気象に制限されない作業
(2) 海底設備（パイプライン、ケーブル等）に近接した船舶（又はバージ）の係留（9.6.1.4 参照）	表 9-1 に示した（アンカー及び係留索に関する）最小係留クリアランスを確保できない場合	気象に制限される作業
		気象に制限されない作業
(3) 避難場所での船舶（又はバージ）又は浮体式風力発電施設の係留（9.6.1.5 参照）	(a) 整備された埠頭での標準的な係船	－
	(b) 整備された埠頭での標準的でない係船	●
	(c) 整備されていない埠頭での係船	●
	(d) 泊地での係留	－
	(e) 台風の進路を考慮した島影等での係留	－
	(f) 上記(a)~(e)以外の避難場所での係留	●
(4) サイトにおける浮体式風力発電施設の係留（9.6.1.6 参照）	多数のアンカーを有する浮体式風力発電施設であって、最初のアンカー設置から最後のアンカー設置までの間に台風などの荒天に遭遇するケース	●

9.6.1.3

前 9.6.1.2 の (1) では、クレーン船（又はバージ）による TP/タワー/ナセル/ブレードの組立て作業が典型的な例であり、気象に制限されない作業（2 章参照）の場合は波と風の影響による基礎との衝突（又は極端な接近）のリスクが高いことから、一般に係留解析が必要となる。係留解析では、次の項目を計算すべきである。

- ・ クレーン船（又はバージ）と基礎とのクリアランス
- ・ クレーン先端運動（8 章参照）
- ・ 係留索強度（9.6.1.6 参照）

なお、この場合、気象に制限されない作業であるとしても、台風などの荒天時に当該サイトで係留し、台風を凌ぐことは認められない。台風などの荒天時には、所定の避難場所で係留（又は係船）しなければならない。

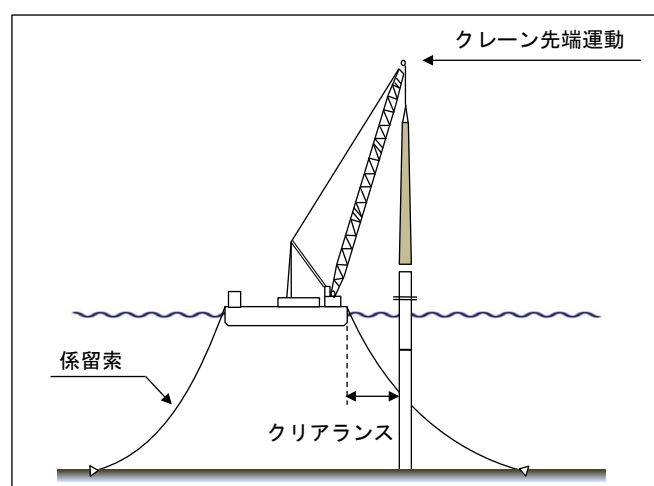


図 9-2 クレーン船によるタワーの組立て

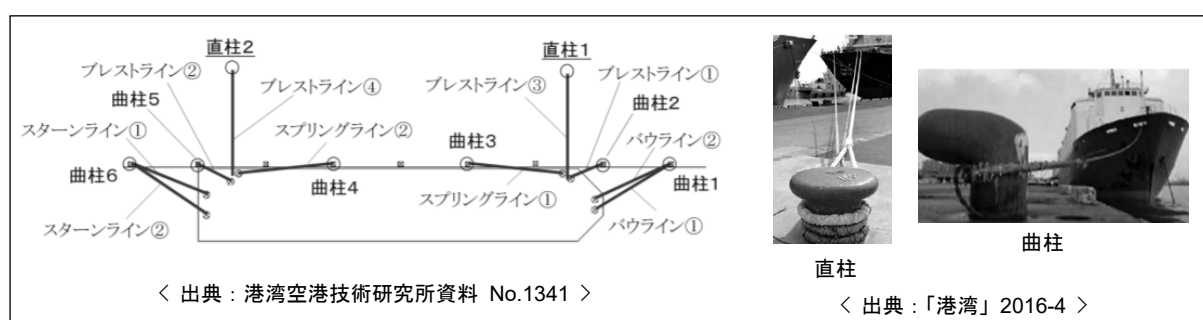


図 9-3 係留索及び係船柱の配置例

9.6.1.4

前 9.6.1.2 の (2) では、表 9-1 に定める海底設備（パイプライン、ケーブル等）との最小係留クリアランスを確保できない場合であって、気象に制限されない作業（2 章参照）の場合は、走錨（アンカーや係留索が機能せず、船舶が流されること）により海底設備を傷つけてしまうリスクが高いことから、係留システムの位置保持能力（海底資産とのクリアランス）の解析が必要となる。

なお、この場合、気象に制限されない作業であるとしても、台風などの荒天時に当該サイトで係留し、台風などの荒天を凌ぐことは認められない。台風などの荒天時には、所定の避難場所で係留（又は係船）しなければならない。

9.6.1.5

前 9.6.1.2 の (3) では、船舶（又はバージ）又は浮体式風力発電施設が台風の到来に備え、避難場所で係留する状況を想定している。日本国内の整備された埠頭では、標準的な係船（解説に示したような係留索配置による係船、図 9-3 参照）であれば台風にも耐えられる設計となっているため係留解析を実施する必要はないが、整備されていない埠頭で係船する場合や、標準的でない係船（例えば、岸壁との間にバージを介して浮体式風力発電施設を係船する場合）の場合は、係留解析により係船柱、防舷材等の安全性を確認する必要がある。埠頭で係船する場合の解析は、9.7 及び 9.8 の規定に替えて港湾基準に従ったものでなければならない。

沿岸での係留については、波の影響が少ないことが確認されている「泊地」で係留する場合や、台風の進路を予想して風の影響を極力避けることができるように島影等で係留する場合は、リスクが低いいため係留解析を実施する必要はないが、それ以外の避難場所（すなわち風及び波の影響を避けられない場所）で係留する場合は、係留解析により位置保持能力、係留索強度等を確認する必要がある。砂地で係留する場合は十分な位置保持能力が得られず、走錨が起り得ることから、特に係留場所の土質には注意を払う必要がある。

【解説】

日本国内の整備された埠頭では、次の条件の下に係船柱（曲柱及び直柱）等の設計がなされている（港湾基準参照）。

- 通常の係船：曲柱のみ（係船索：合計 8 本）で陸側から作用する風速 15m/s までの風に対して船舶に係船できる。
- 台風時の係船：曲柱及び直柱（係船索：合計 10 本）により陸側から作用する風速 30m/s までの風に対して船舶に係船できる。

9.6.1.6

前 9.6.1.2 の (4) は、浮体式風力発電施設のアンカー設置を対象とする特殊な例である。一般に、浮体式風力発電施設は多数のアンカーを装備しており、出来形の状態では 50 年再現の環境条件に耐えられるように設計されている。アンカーの設置作業については、把駐力試験を伴うため、アンカー設置完了までには日数を要する。アンカーを設置するにあたっては、長期の気象予報により台風の到来がないことを確認した上で作業を開始することになるが、良好な気象予報の範囲内で最後のアンカーを設置できない場合や、作業の遅れ等により、台風到来前に最後のアンカー設置を完了できないことがある。

このような状況では、台風の到来に備え、アンカーを少なくとも何基設置しておくかを事前に定めておくことが肝要であり、そのためには係留解析が必要となる。作業の遅れ等があったとしても、台風の到来までに最小設置数までアンカーを設置できれば、走錨のような事態を避けることができる。係留解析の再現期間としては、最初のアンカー設置から最後のアンカー設置までの期間によるが、1 年～10 年として差し支えない。

9.6.1.7

前 9.6.1.2 で、係留解析が要求される場合であっても、船舶（又はバージ）の係留索が艀装数に基づいて決定されている場合は、係留索の強度計算は省略することとして差し支えない。艀装数の計算については本会の NK 鋼船規則 C 編を参照すること。

【解説】

船舶検査非対象のバージであっても、艀装数を計算し、使用する係留索の直径が艀装数で定まる直径以上である場合は十分な強度を有するものとみなされ、係留索の強度計算は省略して差し支えない。

9.6.2 冗長性

9.6.2.1

係留システムは、原則として係留部品の故障が発生した場合であっても、他の構造物からの安全なクリアランスの阻害するものであってはならない。

9.6.2.2

前 9.6.2.1 の要件が満たされていることを確認するため、次の (1) 又は (2) のいずれかの方法で故障時における係留システムの安全性が確認されなければならない。

- (1) 単一故障ケースの係留解析を実施する。又は、
- (2) リスク評価を実施し、必要に応じて緊急時対応手順を策定する。

9.6.2.3

前 9.6.2.2 の (1) により単一故障ケースの係留解析を実施する場合は、次のような状況（又は荷重）を考慮すべきである。

- 材料不良又は経年劣化で起こり得る係留索の 1 本破断
- 衝撃（衝突）のような事故の状況によって起こり得る付加的な係留索荷重
- 操作ミス（例えば、バラスト調整のミス）により起こり得る最大荷重
- スラストシステムの故障（係留時にスラストシステムが使用される場合）
- ブイ又はクランプ重量の喪失の影響（係留索にこれらが接続される場合）

9.6.2.4

前 9.6.2.2 の (2) は、次の手順に従ったものとする。

- (a) リスク評価を実施し、単一故障のハザードを特定する。
- (b) 係留設備の状態に関する本会（MWS 機関）の検査（7.14 参照）を受け、係留設備の現状の健全性を確認する。
- (c) 前 (a) 及び (b) の結果を踏まえ、必要に応じて緊急時対応手順を策定する。緊急時対応手順は、適切な準備が整っていることを示したものであること（例えば、24 時間人員配置/監視、支援船待機、確実に位置喪失を検出できる体制等）。

9.6.3 係留パターン

9.6.3.1

選択される係留パターンは、係留索の予張力をできる限り均一に分散させたバランスのとれたものであるべきである。作業に対して他に要求がある場合を除き、係留パターンは、実際に調査した海底設備を考慮し、できる限り対称に近い状態とすべきである。

9.6.3.2

係留索方位角は、限られた回転角度を有するパッドアイや旋回フェアリーダを含むすべての部品への面外荷重を避けるように選択されるべきである。

9.6.4 係留索及び連結具

9.6.4.1

係留索の強度は、製造者の証明書に記載されている最小破断荷重（MBL）で与えられる。最大係留索張力は、安全係数を乗じたとき、係留索の MBL 以下でなければならない。また、係留索連結具の強度は、係留索の強度以上でなければならない。

9.6.4.2

艀装数に基づいて係留索のサイズを決定する場合は、NK 鋼船規則 L 編を参照しなければならない。

9.6.4.3

岸壁における係船で、潮汐変化等により係船索にこすれ（又は摩耗）が生じる可能性がある場合は、こすれ（又は摩耗）に対する適切な対策を講じなければならない。

9.6.5 係船柱/ボラード/ウィンチ

9.6.5.1

岸壁の係船柱（ボラード、ビット等）の使用荷重（WLL）とウィンチの能力は、文書化されなければならない。

9.6.6 アンカー把駐力

9.6.6.1

アンカーの設計は、安全係数を含め、アンカーの把駐力を超えるアンカー力を導くものであってはならない。アンカーの把駐力に関する安全係数及び係留索の（海底）摩擦係数は ISO 19901-7 で与えられる。

9.6.6.2

ドラッグアンカーの把駐力は、現地調査結果によって決定された海底の土質タイプを考慮し、検討中のアンカーのサイズとタイプについての製造者のデータシートを参照することにより、決定されることがある。把駐力は、後述の 9.6.6.3 のケースを除き、製造者のチャートによる保守的な設定が認められる。

9.6.6.3

浮体式風力発電施設のアンカードラッグは、設置サイトでの把駐力試験により決定されなければならない。

9.7 荷重及び船舶の運動

9.7.1 一般

9.7.1.1

この節では、係留時の船舶に影響を及ぼす荷重及び船舶の運動について示す。係留解析が要求される場合、係留解析で使用される荷重及び船舶の運動は、この節の規定に従ったものでなければならない。岸壁における係船の解析では、港湾基準に定める荷重計算の方法を参照しなければならない。

9.7.1.2

係留解析で考慮する環境荷重の再現期間は、**3章**の規定に従ったものでなければならない。

9.7.1.3

後述の**9.7.2～9.7.7**の荷重は、有意でないことが明確に示された場合を除き、係留解析で常に考慮されるべきである。

9.7.1.4

抵抗係数は、検討されている喫水での船舶を代表するものであるべきである。係留索張力は、起こりうるすべての船舶喫水について評価されるべきである。

9.7.2 風荷重

9.7.2.1

風速の鉛直方向分布（ウインドプロファイル）は**3章**、風荷重係数は**4章**の規定に従ったものでなければならない。

9.7.2.2

適用される静的風荷重は1分間平均風速の最大値とすべきである。

9.7.3 潮流荷重

9.7.3.1

潮流荷重係数は、可能な限りモデル試験を通して決定されるべきである。数値モデリング又は抗力係数を使用した計算は、ケースバイケースで認められる。通常喫水の船舶又は船舶形状のバージに作用する潮流荷重を計算する際は、表層流速のみを考慮する必要がある。

9.7.3.2

係留索及び海底ケーブルに作用する潮流荷重については、これらの荷重の影響が無視できる程度のものである場合を除き、係留解析で考慮されなければならない。この場合、潮流プロファイル情報が入手可能である場合は、これを使用して潮流荷重を計算すべきである。

9.7.3.3

係留が浅い水深で行われる場合は、潮流閉塞効果による潮流荷重の増大を考慮に入れるべきである。埠頭沿いの係留の際にもさらなる閉塞効果が生じることに留意すること。

9.7.4 波荷重

9.7.4.1

波は、運動を引き起こすことに加え、係留される船舶に中程度の、ゆっくりと変化する荷重を作用させる。平均波漂流力は、平均環境荷重の一因となる。このゆっくりと変動する荷重は、その自然周期において、係留される船舶の低周波数運動の一因となり、長周期の漂流挙動と呼ばれることがある。波漂流力は、一般に、波スペクトル及び二次伝達関数（quadratic transfer function: QTF）から計算される。関連する場合は、波/潮流の相互作用からの影響を粘性影響とともに含めること。

9.7.4.2

沿岸で係留される船舶については、沿岸補正が必要となる場合がある。また、長周期のうねりがある場合は、その影響を考慮すべきである。

9.7.5 波周波数運動

9.7.5.1

波周波数運動は、一般に、波スペクトルと係留される船舶の RAO から計算される。RAO はモデル試験から決定される場合もある。RAO は関係する船舶喫水で決定されるべきである。

9.7.5.2

沿岸で係留される場合は、楕円粒子軌道による波周波数運動の増大と、標準波高における波エネルギーの低下による運動の減衰を考慮すべきである。

9.7.5.3

比較的露出した状態の場所での埠頭係留に関しては、長周期うねりの影響を、可能な限り時間領域解析により考慮すべきである。

9.7.6 低周波数運動

9.7.6.1

カテナリ形状で係留される船舶（固定構造物に対して係留されていない船舶）は、低周波数サージ、スウェイ及びヨー運動の影響を受けることが多い。これは、システム全体の自然周期に近い周期において、以下を含む低周波の変動荷重による、船舶/係留システムの組合せの励起によるものである。

- (a) ガストスペクトルにより変動する風荷重
- (b) 波漂流力の周波数差成分（frequency difference components）

9.7.6.2

低周波数運動は、特に水深が深い海では、係留索張力に顕著な影響を与える場合があることから、二次運動を無視できない場合は係留解析においても考慮されるべきである。

9.7.7 沿岸係留及び埠頭係留における環境荷重

9.7.7.1

保護された沿岸の場所又は埠頭沿いに係留される船舶が経験する環境荷重は、沖合で経験する荷重よりかなり小さい可能性が高いが、この種の係留のリスクは、次のような要因の組合せにより高くなる可能性がある。

- (a) 非常に高い張力で、かつ、（アンカーの浮き上がりにつながることもある）短い係留索の使用
- (b) 海岸や他の施設への接近
- (c) 潜在的に適切さを欠いた又は劣化した、係留される船舶と陸上（例えば埠頭）との接続点
- (d) ウインドシア効果及び浅水域の閉塞効果による、環境荷重の計算における不確かさ
- (e) 悪天候条件において係留を調整し、係留索張力のバランスをとる能力に関する潜在的限界
- (f) 係留索の実際の張力を知ることの困難さ
- (g) 摩擦点及び摩耗による損傷の潜在的可能性（特に、埠頭係留の場合）

9.8 係留解析

9.8.1 一般

9.8.1.1

この節では、前節に記載した方法を用いて評価された荷重及び船舶の運動に基づく船舶（又はバージ）の位置保持能力、係留索張力等の計算方法について示す。

9.8.2 解析方法

9.8.2.1

前 9.6.2 の冗長性要件が確実に満たされるように、非損傷ケースの係留解析では、次の環境条件の方向を考慮すべきである。

- 少なくとも 45°ごとの方向
- 環境荷重の極値の方向
- アンカーから係留される船舶までの係留索に沿った方向

9.8.2.2

係留解析は、4 章に定める終局限界状態 ULS-b の計算とし、準静的又は動的解析で実施しなければならない。ただし、

- 沖合での係留で、浮体式施設に近接する場合は、周波数領域又は時間領域の動的解析とすることが推奨される。
- 埠頭/沿岸での係留の場合は、準静的解析とするか、時間領域の動的解析とすることが推奨される。

9.8.2.3

準静的解析では、平均的な環境力を適用し、係留される船舶の平均的なオフセットが計算される。水平面における低周波数応答及び波周波数応答が、最大瞬間オフセットの検出のために組み合わせられる。波周波数応答は、係留システムの影響が有意な場合は、これを考慮に入れて決定しなければならない。次に、この最大オフセット位置を求めるため、係留索張力が静的に計算される。動的解析では、フェアリーダの運動や係留索に作用する流体力による索慣性力も考慮すべきである。

9.8.3.4

動的解析の 1 つである周波数領域解析は、計算時間という点では時間領域解析よりも短く、ほとんどの係留の場合、正確な結果を与えるものである。ただし、非線形システム又は非標準的な係留の場合は、時間領域解析を選択することが望ましい。

9.8.2.5

合成繊維ロープを用いたシステムの係留解析を実施する際は、その非線形剛性特性に注意する必要がある。最大荷重の推定では、合成繊維ロープの暴風雨剛性を使用すべきであり、最大オフセットの推定では、設置後の剛性を使用すべきである。係留される船舶の低周波数及び波周波数運動を組合せた設計最大値の計算に関するガイダンスは、ISO19901-7 で与えられる。

9.9 必要となる情報

9.9.1

係留の承認に必要なとなる情報をまとめて表 9-3 に示す。

表 9-3 係留の承認に必要なとなる情報

分類		項目
係留作業		- 係留作業の方法 - 時期（例えば、日付） - 継続期間
係留場所		- 地理的位置（例えば、グリッド座標） - 係留を実施する全海域の水深（等深線図を含む） - 起こり得る局所的流れ（例えば、河川水流出） - 海底条件（例えば、土質タイプ） - 地盤工学的情報（要求される場合） - 海面上及び海中の既存の施設又はインフラの詳細（ある場合） - 水位及び防舷材高さの詳細を記した埠頭壁の平面図及び断面図 - 埠頭ボラードの能力（WLL） - 防舷材の特性（型式、形状寸法、吸収エネルギー等）
設計環境条件（係留解析が要求される場合）		- 設計海象 - 設計風速 - 設計潮流 - 長周期のうねり及び方向
係留される船舶又はバージ	船舶（又はバージ）の条件	- 計画喫水 - 載貨条件：排水量、VCG、LCG 等
	環境荷重及び応答特性（要求される場合）	- 風荷重係数 - 潮流荷重係数 - RAO 等の応答特性
	係留される船舶の係留ポイント	- フェアリーダ：タイプ、位置、及び構造性能 - ウィンチ又はウインドラス：数、位置、タイプ及び性能 - 船上ボラード、係船ビット又はシュミットブラケット：位置及び性能
	係留支援システム	スラスト：数、タイプ、推力、位置及び使用状態
係留システム		- アンカー：数、タイプ及び重量 - 係留索：長さ、タイプ、呼び径、MBL、剛性（必要に応じて）等 - 最新の係留索検査報告書 - 係留索に接続されるブイ又はクランプ重量の詳細（ある場合） - 接続具の詳細（シャックル等） - アンカー配置
解析（要求される場合）		- 達成した係留索張力/安全係数 - 係留索予張力 - 船舶及び係留索のクリアランス - 係留パターン（最小接地長さを含め、図で示すこと） - アンカー荷重（水平及び垂直方向）

9.10 係留設備の認証及び検査

9.10.1 認証

9.10.1.1

船舶（又はバージ）の係留設備（係留索，アンカー，連結具等）は，船級協会（又は，本会が適当と認める場合は製造者）の証明書を有するものでなければならない。ただし，係留設備に関する資料を提出し，これを本会が認めた場合はこの限りではない。

9.10.1.2

海中ブイについては，浮力及び耐圧強度を確認できる製造者の証明書又は技術資料を本会（MWS 機関）に提出しなければならない。

9.10.2 使用前の検査

9.10.2.1

すべての係留設備は，7.14 の「船舶又はバージの検査」に従い，洋上作業開始前に本会の検査を受けなければならない。

9.10.2.2

港湾設備については，ボラード，ビット及び防舷材の現状検査（外観検査）を受けなければならない。

9.11 自動船位保持設備

9.11.1 一般

9.11.1.1

この節は、自動船位保持（DP）設備を使用する作業に関する要件を規定する。

9.11.1.2

自動船位保持設備とは、船舶に備え付けられたスラスト等の推進装置を自動制御することにより位置保持を行う設備をいい、次の (a)～(c) の装置で構成されるものをいう。

- (a) 電源装置
- (b) スラスト装置等の推進装置
- (c) 自動船位保持制御装置

9.11.2 DP クラス

9.11.2.1

DP クラスは表 9-4 の 3 種類に分類される。

【解説】

DP クラスの定義は、NK 鋼船規則 P 編からの引用である。DP クラス 1 級、2 級及び 3 級は、国際海事機関（IMO）MSC/Circ.645 および MSC.1/Circ.1580 の定義による Class 1、2 及び 3 と同一である。

表 9-4 DP 設備クラスの分類

DP クラス	定義
1 級	9.11.1.2 の (a)～(c) に掲げる装置のうち、単一の損傷により、位置及び船首方位を設定範囲内に保持する能力が喪失する可能性のある自動船位保持設備。
2 級	9.11.1.2 の (a)～(c) に掲げる装置のうち、動的な装置又はシステムにおける単一の損傷により、位置及び船首方位を設定範囲内に保持する能力が喪失しない自動船位保持設備をいう。ただし、損傷しても船位保持能力に直ちに影響しない静的な装置（運転中の機器を直接冷却していない通風装置及び海水系統等）については、損傷から十分保護されていると認められる場合には、損傷を考慮しなくても差し支えない。
3 級	9.11.1.2 の (a)～(c) に掲げる装置のうち、単一の損傷により、位置及び船首方位を設定範囲内に保持する能力を喪失しない自動船位保持設備。この損傷には、次の (1) 及び (2) の状態も含まなければならない。 (1) 1 つの水密区画にあるすべての装置の火災又は浸水による損傷 (2) 「A-60」級で仕切られた 1 つの防火区画内にあるすべての装置の火災又は浸水による損傷

9.11.2.2

本会船級船では DP クラスを取得することができる。DP クラスを取得していない DP システムを使用する場合は、はじめに本会の鑑定を受けることにより、DP クラスを特定する必要がある。

9.11.2.3

要求される DP クラスは、作業内容に基づいたものでなければならない、表 9-5 に基づいて選択されるべきである。

表 9-5 作業内容に応じた DP クラス

作業内容	要求される最低レベルの DP クラス
(a) ケーブル敷設船による海底ケーブルの敷設及び/又は埋設作業	2 級
(b) 上記(a)で、DP システムの故障時においてもタグボートによる支援等により作業を継続できる場合	1 級
(c) 海洋構造物に近接した作業	2 級
(d) 上記(c)で、係留設備の設置等により衝突防止策が講じられている場合	1 級
(e) 海洋構造物に近接しない作業	1 級

9.11.3 DP オペレータ資格

9.11.3.1

日本国内で DP 作業を行う場合、DP オペレータ資格は、表 9-6 に従ったものでなければならない。

【解説】

表 9-6 の DP クラス 1 級に対する資格は、船舶労働安全衛生規則第 28 条を参考に、本会が定めたものである。

表 9-6 DP オペレータ資格

DP クラス	資格要件
1 級	次の (a)～(f) のいずれかに該当する者 (a) 船舶職員、又は (b) 小型船舶操縦者法第 4 条の規定により DP 作業を所掌する部の海技免許を受けた者、又は (c) DP 作業を所掌する部の業務に 6 ヶ月以上従事した経験を有する者、又は (d) DP 作業の熟練者の指揮の下に作業を行わせる場合は、DP 作業を所掌する部の業務に 3 ヶ月以上従事した経験を有する者 (e) DP の操作に関して認定された機関が発行する DP オペレータ証明書を有する者、又は (f) DP 制御装置の製造者による研修を受講し、同製造者が発行する DP オペレータ証明書又は同製造者が内容を確認した研修記録書を有する者
2 級	上記 (e) 又は (f) のいずれかに該当する者
3 級	

9.11.4 DP 船による作業の計画

9.11.4.1

DP 設備を使用する作業は、DP 設備の限界条件（風、波及び流れ）を考慮して計画されなければならない。

9.11.4.2

DP 設備を使用する作業で、作業限界 OP_{LIM} が DP 設備の限界条件から定まる場合は、この限界条件に基づいて作業中止基準を定めなければならない（2.6.8 参照）。また、このことは作業マニュアル記載されなければならない。

9.11.4.3

DP クラス 1 級の DP 設備を使用する場合は、DP システムの故障に対する緊急時対応計画を策定し、作業マニュアルに含めなければならない。

9.11.4.4

SEP 船の DP システムは、ジャッキアップレグのタッチダウン及びリフトオフの際にも、スラスト力と風抗力及び潮流（海流）力をバランスする機能を有することが推奨される。また、この機能を使用する場合は作業マニュアルに記載しなければならない。詳細については、IMCA M223 を参照のこと。

9.11.4.5

前 9.11.4.4 で、リフトオフの際のもう一つの方法は、手動制御で現地から離れることである。水面上または水面下の海洋構造物から離れる際、特に潮流（海流）、風及び波が SEP 船を構造物の方向に押している場合は、手動操作により衝突のリスクを低減させることができる。

9.11.5 DP 船のクリアランス

9.11.5.1

DP クラス 2 級又は 3 級の DP 設備を使用する場合、水面上であるか水面下であるかにかかわらず、DP 船と隣接する海洋構造物とのクリアランスは原則として 10m 以上とすべきである。ただし、適切な衝突防止策が講じられ、本会（MWS 機関）が合意した場合は、クリアランスを 5m 以下に軽減することができる。

9.11.5.2

DP クラス 1 級の DP 設備を使用する場合、水面上であるか水面下であるかにかかわらず、原則として海洋構造物と隣接して DP による操船を行ってはならない。ただし、表 9-5 の (d) のような適切な衝突防止策が講じられ、本会（MWS 機関）が合意した場合は、クリアランスを 5m 以下とすることができる。

9.11.6 DP システムの検査

9.11.6.1

DP 設備を使用する前に、本会（MWS 機関）による表 9-7 の確認検査を受けなければならない。

表 9-7 DP システムに関する確認検査

確認する項目	確認の方法
(a) DP クラス	船級証書や DPVAD 等により DP 設備のクラスを確認する（9.11.2.2 参照）。
(b) DP オペレータ資格	DP オペレータ証明書、DP オペレータ研修記録書又は船舶職員証明書等により DP オペレータとしての資格を確認する（9.11.3.1 参照）。
(c) DP システムの位置保持能力	DP システムの設計文書又は DP 能力解析報告書（DP capability analysis report）等により、風、波及び流れの限界条件、並びに DP 能力グラフ（DP capability plot）を確認する。
(d) DP システムの定期的点検	点検記録書等により、DP システムを構成するスラスト装置、自動船位保持制御装置等（位置検出装置等を含む）の点検・整備の状況を確認する。
(e) DP システムのトライアル（試験）	DP トライアル（試験）報告書等により、DP システムの定期的なトライアルの結果を確認する。

9.11.6.2

前 9.11.6.1 の表 9-7 (d) で、DP システムの定期的点検・整備は計画的に実施する必要がある。DP システムを構成する要素のうち、電源装置等の船級検査の対象となる機器類については、船級の検査報告書で検査結果を確認できる。船級検査対象となっていない位置検出装置（DGPS）等については、定期的に整備を実施し、整備記録を有するものでなければならない。

9.11. 6.3

前 9.11. 6.1 の表 9-7 (e) で、DP システムのトライアル（試験）は、一般に毎年及びプロジェクトでの使用前（回航時）に実施することが要求される。トライアルは、風、波等が作用する環境条件の下で、位置保持に関する機能を確認できるものでなければならない（限界条件を確認する必要はない）。

10章 ケーブル

10.1 一般

10.1.1 一般

10.1.1.1

本章では、ケーブルルート調査、海底ケーブルの積込み、輸送、設置（敷設）、埋設及び防護に係る要件を定める。

10.1.1.2

吊作業については、6章の規定が一般に適用される。本章では、ケーブルの吊作業に特化した要件が示されている。

10.1.1.3

ケーブルの積込み作業に先立ち、ケーブル作業の全体（積込み、輸送、敷設、埋設、防護）にわたるリスク評価を実施しなければならない（2.4 参照）。リスク評価会議には、すべての適切なプロジェクトスタッフが参加すべきであり、リスク評価で特定されたハザード及びその対策は作業マニュアルに反映させなければならない。

10.1.2 用語

10.1.2.1

ケーブル作業に関連する用語を表 10-1 に示す。

表 10-1 ケーブル作業に関する用語

用語	説明
I チューブ (I Tube)	海底とその上の洋上構造物との間に海底ケーブルを設置するための、洋上構造物に取り付けられる垂直のチューブ。
アレイケーブル (Array Cable)	洋上ウィンドファームプロジェクトにおいて、洋上風力発電機を他の発電機（又は、サブステーション）と接続する海底電力ケーブル。
エクスポートケーブル (Export Cable)	洋上ウィンドファームを揚陸接続点に接続する海底電力ケーブル。
クアドラント (Quadrant)	半円（又は、円の 1/4）の形状のガイドを有し、ガイドに沿って動くケーブルの曲げ半径を MBR 以上の値に制御する装置。ガイドには通常 ローラを備えている。
ケーブルグリップ (cable grip)	ケーブル端の外側表面を網型のワイヤ（又はロープ）で覆うことによりグリップ力を与え、ケーブルを保持する装置。ケーブル引込みの際に使用され、引張力が強いほどグリップ力も強くなる。引込みストッキング (Pulling stocking) 又はチャイニーズフィンガー (Chinese finger) と呼ばれることもある。
ケーブル敷設船 (Cable Laying Vessel: CLV)	ケーブル設置又は修理を目的として、建造又は改造された船舶。推進設備を有する。
ケーブル敷設バージ (Cable Laying Barge: CLB)	ケーブル設置又は修理を目的として、建造又は改造されたバージ。日本では非自航の（推進設備を装備しない）バージが一般的である。
最小曲げ半径 (Minimum Bending Radius) : MBR)	ケーブル損傷を防止するための最小許容曲げ半径。
J チューブ (J Tube)	海底とその上の洋上構造物との間に海底ケーブルを設置するための、洋上構造物に取り付けられる J 字型のチューブ。
自動船位保持 (Dynamic Positioning: DP)	船舶又はバージの位置を自動的に保持する機能。
水平孔掘削 (Horizontal Directional Drilling: HDD)	障害物の下に施工される水平方向の孔の掘削作業。

表 10-1 ケーブル設置作業に関する用語（続き）

用語	説明
浅海ケーブル（Shore End Cable）	エクスポートケーブル端からケーブル陸揚げ接続点までの間に敷設されるケーブル。
タッチダウン位置（Touch Down Point: TD Point）	ケーブル敷設中にケーブルが海底に到達する箇所。
不発弾（Unexploded Ordnance: UXO）	起爆に関する機構に何等かの不具合があつて爆発せずにある砲弾、ロケット弾、誘導弾等の弾薬類
ベンドスティフナ（Bend Stiffener）	ケーブルの曲げ剛性を局所的に増大させる装置。ケーブルの曲げ半径が小さくなる傾向がある箇所に使用される。ベンドリストリクタ（Bend Restrictor）とも呼ばれる。
リニアケーブルエンジン（Linear Cable Engine: LCE）	多数の対のホイールの間にケーブルを挟み込んでグリップ力を与え、ケーブルの繰出し、制動等を行う設備。キャタピラ（又は、テンショナ）方式のLCEもある。
ルートクリアランス（Route Clearance）	計画されたケーブルルートから巨礫（boulders）等の障害物を取り除く作業。
ルート位置リスト（Route Position List: RPL）	海底ケーブルを敷設するルートを定義する座標、水深等のリスト。

10.1.3 海底ケーブルの構造

10.1.3.1

電気事業法で定める「電気設備に関する技術基準を定める省令」（通称、電気設備技術基準という。）の第 127 条では、水上電線路及び水底電線路の施設に関する基準を定めている。このうち海底ケーブルには、水底ケーブルに関する基準が適用され、水底ケーブルに対しては、直径 6mm 以上の亜鉛メッキ鉄線とその上にジュート等の外装を巻くことが要求される（図 10-1(a)参照）。

実際に使用された海底ケーブルの例を図 10-1(b)に示す。電力線としては陸上と同様の XLPE (Cross-linked Polyethylene) ケーブル（CV ケーブル、架橋ポリエチレン絶縁ケーブルともいわれる。）が使用され、遮水層として鉛遮水層（鉛被）を、機械的保護のため鉄線鎧装を用いるのが特徴である。鉄線鎧装は一重の場合もあれば、二重の場合もある。

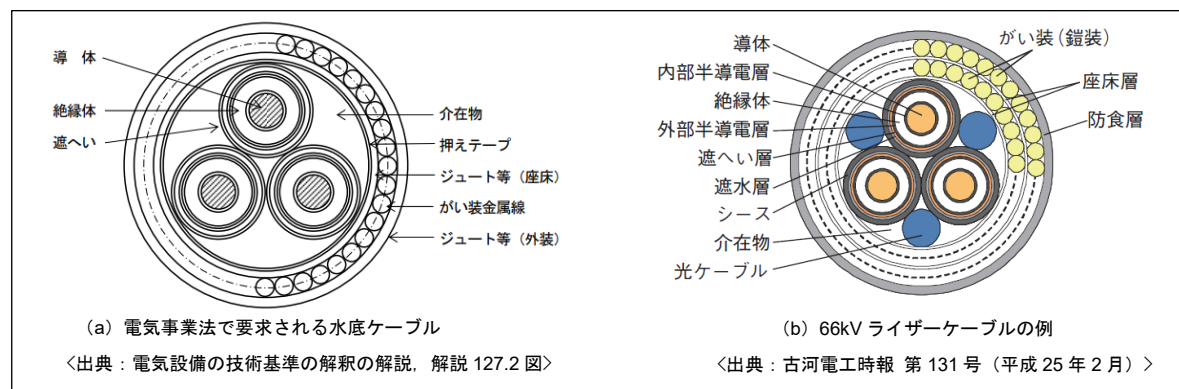


図 10-1 海底ケーブルの構造

10.1.4 ケーブル半径管理システム

10.1.4.1

海底ケーブルは、取扱いに応じた MBR を有しており、例えば次のように、同じケーブルであっても異なる MBR を有している場合がある。

- (a) ターンテーブル又は固定ケーブルタンクへの巻上げ
- (b) 張力が作用したケーブルのドラム又は垂直ターンテーブルへの積み込み
- (c) ケーブル敷設中

10.1.4.2

ケーブル曲げ半径は、すべてのケーブル取扱い作業中で、MBR 未満とならないよう管理されなければならない。ケーブル曲げ半径の管理は次の設計で実施されなければならない。

- ケーブル保管場所
- ケーブル巻きアーム
- ケーブルハイウェイ
- ケーブルハンドリング・クアドラント
- Jチューブのカーブ
- ケーブルエンジンのキャタピラ（テンショナ）
- オーバーボーディング・シュータ/シーブ（滑車）
- カテナリ管理手順
- ケーブルトレンチング及びケーブル埋設工具
- 風力タービン施設及びサブステーションのケーブル経路

10.1.4.3

ケーブルがローラを通る場合、ローラとの接触部分で発生する局所的な曲げが MBR 未満とならないよう、ローラ間の距離はケーブル製造者の指示に従ったものでなければならない。

10.1.5 ターンテーブルと固定ケーブルタンク

10.1.5.1

海底電力ケーブルは、ターンテーブル（図 10-2 参照）又は固定ケーブルタンクに収納される。両タイプとも、中央に位置するセンターコーンは、ケーブルの MBR 以上の半径を有するものでなければならない。

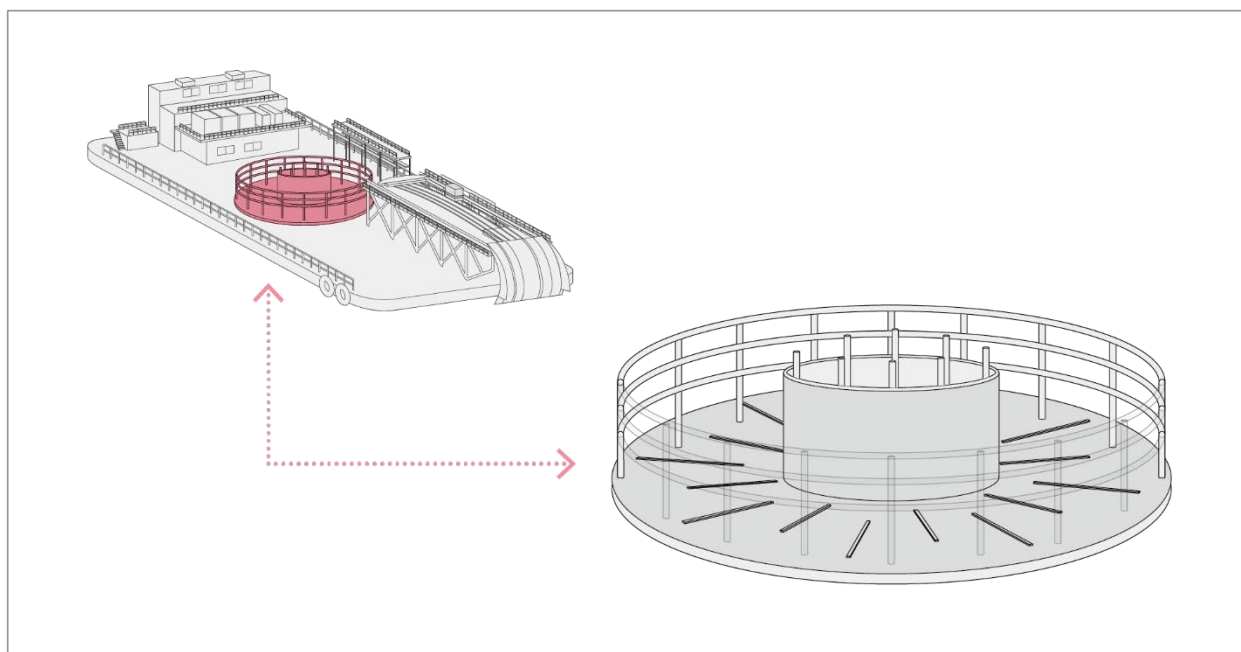


図 10-2 ターンテーブル

10.1.5.2

ターンテーブル（垂直又は水平）は、回転してケーブルの巻上げ及び繰出しを行う。ターンテーブルの構造図（固縛の詳細を含む）は本会（MWS 機関）に提出しなければならない。

10.1.5.3

固定ケーブルタンクは、ケーブルの積込み及び繰出しのために回転することはない。固定ケーブルタンクには回転するケーブルアームがあり、このケーブルアームは、ケーブルタンク内で、タッチダウンポイント上のケーブルの位置決めを行う。

10.1.5.4

水平ターンテーブルでは、ケーブルは回転テーブルの床上に敷かれ、ローディングアームがテーブルの幅を水平に移動する。垂直ターンテーブルでは、ケーブルはターンテーブルのセンターコーンの周りに巻かれ、ローディングアームが垂直に移動し、ケーブルの位置決めを行う。ターンテーブルは、張力のある状態でケーブルの巻き上げ、巻き戻しを行う。ケーブルに十分な張力がない場合は、ケーブルの巻きがずり落ちる可能性がある。

10.1.5.5

ケーブルタンクの床は、ケーブルタンクにケーブルが完全に積込まれた時にケーブルが損傷する恐れのある「段差」のない滑らかな面でなければならない。ケーブルタンクの床面に不揃いが生じることを防止するため、床にベニヤシートが張られることがある。

10.1.5.6

比較的短いケーブルの輸送と設置にはドラムが使用される場合がある。ドラムからのケーブルを敷設する時には特別なハンドリング機器が必要となる。ドラムに巻き上げたケーブルは、通常、単一のケーブルセグメントに必要な長さに切り出される。ケーブルが巻かれたドラムを搬入する前に、引込みヘッドと端部シールを組合せて事前設置しておくのが一般的である。ドラム巻き上げケーブルの長さは、それぞれのドラムに十分な長さのケーブルが巻上げられるよう、ルート開発段階で慎重に計算され、正確に測定されなければならない。

10.1.6 J チューブ/I チューブ

10.1.6.1

J チューブ及び I チューブは、海上構造物に設置する海底ケーブルの設置ガイドと長期の保護を提供するものである。J チューブ/I チューブの上部にはケーブル引き留め装置が固定される。また J チューブ/I チューブを用いずに、MP 管体に設けられたケーブルエントリーホールを介してケーブルを引き込むこともある。

10.1.6.2

J チューブは、通常、海底レベルから又は海底レベル近傍で、ベルマウスを介して（ケーブルの MBR 以上の曲率半径を有する）曲がり管にケーブルを導き、基礎、サブステーション又はその他の構造物の上部レベルまでケーブルを垂直に導くものである。

10.1.6.3

I チューブは、海底方向に向いた開口部をもつ垂直チューブである。I チューブへの引込みは、引込み作業全体を通じて正しい設置張力が維持されない場合は問題となる場合がある。開いた I チューブのへり（lip）上でケーブルが引込まれた場合、引込み作業中の過張力によりケーブルが損傷する可能性がある。

10.1.6.4

J チューブ/I チューブの内径は、引込み作業中のケーブル内の摩擦による張力を最小化するため、十分な大きさとすべきであり、（引込み索具の動きを妨げるような）妨害点のない滑らかなものとしなければならない。

10.2 計画

10.2.1 作業マニュアルの構成

10.2.1.1

ケーブルの作業マニュアルは、次の内容で構成されるものとする。

- ケーブル設置の概要説明
- 作業全体のスケジュール
- ケーブルルートの説明
- 各作業の説明（気象条件、緊急時対応計画等を含む）

10.2.1.2

前 10.2.1.1 の構成のうち、各作業の説明については、はじめに作業全体にわたる施工フローを記載することとする。施工フローの記載例を図 10-3 に示す。

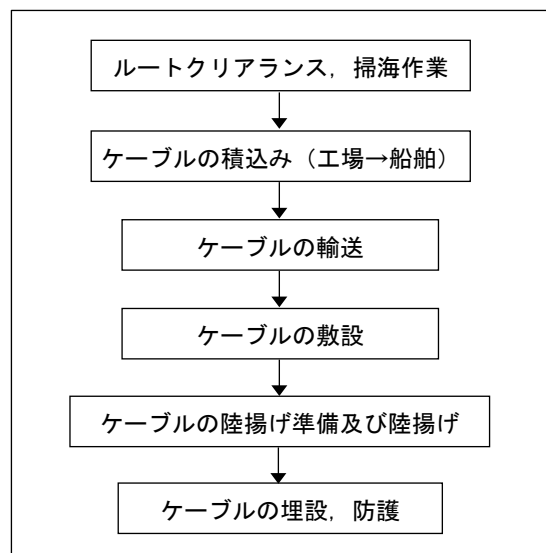


図 10-3 ケーブル設置に関する施工フローの例

10.2.2 作業マニュアルに記載すべき項目

10.2.2.1

作業マニュアル及びその他の補足文書には、表 10-2 の項目を含めるべきである。

表 10-2 作業マニュアルに含めるべき項目

分類	項目	対応する箇条
(a) 全般	• ケーブルの曲げ半径が MBR 未満とならないようにするための措置	10.1.4 参照
	• 不発弾（UXO）調査	10.3.1.1 参照
	• 検査試験計画（必要に応じて）	
(b) ケーブルルート開発とケーブルエンジニアリング	• ケーブルルート調査	10.3 参照
	• ルート開発とケーブルエンジニアリング	
	• ケーブル保護に関する調査（埋設、防護等）	10.3.3 参照

表 10-2 作業マニュアルに含めるべき項目（続き）

分類	項目	対応する箇条
(c) ルートクリアランス（ケーブルルートから古いケーブルと大きな残骸等を取り除く作業）		
(d) 敷設前の掃海（ケーブル設置作業直前におけるケーブルルートからの線状デブリの除去）		
(e) ケーブル積込み		10.4 参照
(f) ケーブル輸送	・ ケーブル輸送	10.5 参照
	・ ケーブルトランススプーリング（実施する場合）	10.5.3 参照
(g) ケーブル敷設	・ ケーブル端のシーリング	10.4.1.1 以降参照
	・ 洋上建造物内への引込み準備	
	・ CLV 及び/又は CLB の適性調査及び（必要に応じて）船体運動解析	
	・ ケーブル敷設及び（必要に応じて）設置解析	10.6.1 参照
	・ カテナリ管理	10.6.2 参照
	・ J チューブ/I チューブへの引込み	10.6.4 参照
	・ ケーブルの保護（埋設、防護）	10.7 及び 10.8 参照
	・ ケーブル及び/又はパイプラインとの交差保護	10.6.8 参照
	・ 一時的な作業中止/作業再開の手順	10.2.3.2 参照
	・ ケーブル接続又は修理	10.6.10 参照
(h) 陸揚げ準備及び浅海ケーブル（浅海域に敷設されるケーブル）の設置	・ HDD 及びダクト設置	10.6.7.4 参照
	・ 陸揚げ地点準備	
	・ ケーブルの陸揚げ（直接、又は事前設置）	
	・ 陸揚げ地点から CLV/CLB までのケーブル保護	
(i) 海上ロジスティックス	・ アンカー操作（必要に応じて）	
	・ DP トライアル	
	・ DP 操作及び近接作業	
(j) リスク及び緊急時対応計画	・ FMEA 等	2 章参照
	・ 作業活動及び緊急時対応計画	10.2.4 参照
	・ 同時に実施される作業	
	・ リスクマネジメント計画	2 章参照

10.2.3 各作業の説明

10.2.3.1

ルートクリアランス、掃海、及びケーブルの積込み・輸送・敷設・埋設・防護の各作業は、次の項目（該当する場合）を含め、可能な限りステップ図を用いて説明することとする。

- 制限的環境条件（2 章参照）、ケーブルの健全性確保のための制御及び監視手段
- 各作業で使用する船舶の位置、係留、アンカーハンドリング、復原性計算、（必要に応じて）船体運動解析
- ケーブルのハンドリング：仮置き（lay-away）、据付け（laydown）、敷設（laying）、オーバーボーディング（over-boarding）、埋設（burial）、回収（recovery）、掘り返し（de-burial）、引込み（pull-in）、ケーブル保護
- 近接作業（実施する場合）
- 吊り作業等に関する計算
- 潜水土及び ROV の使用
- 機器説明
- 電氣的試験プログラム（必要に応じて）
- 緊急時対応計画

10.2.3.2

各作業の説明においては、作業を実施するときの環境条件を記載しなければならない。海洋作業は、気象に制限される作業と気象に制限されない作業に分類される（2.5.2 参照）が、当該作業がどちらの作業であることを明示しなければならない。気象に制限される作業とする場合は、作業限界と作業中止基準（2.6 参照）も明示しなければならない。特にケーブル敷設作業については、気象の悪化による作業の一時的な中止と作業再開の手順を策定しなければならない。また、作業の一時的な中止により長時間のケーブル保持が生じる際の手順を策定しなければならない。

【解説】

ケーブル敷設作業中に、台風の到来が予想され、ケーブルを切断して設置船を退避せざるを得ない状況を想定して、ケーブル切断・端部処理・海底への沈設からケーブル回収・接続・敷設作業再開までの一連の作業手順を策定しておく必要がある。

10.2.3.3

ケーブルを湾曲部分に敷設する際のタッチダウン位置（Touchdown (TD) position）は、敷設作業中のケーブル張力により、設置船のトラッカラインの近くに引っ張られる傾向となることを考慮に入れなければならない。海底面上に敷設される海底電力ケーブルの湾曲部分は、慎重に計画され、必要に応じて設置解析を行うこととし、作業マニュアルにも記載しなければならない。

10.2.3.4

ROV は、海底活動の監視やワイヤの取付け/取外し等の海底作業を行うために用いられる。このような作業は、可視性や潮流により制限されることが多い。従って、ROV 作業が必須の場合は、最近の気象（荒天は可視性を低下させる）、潮位周期及び予測潮流速度を考慮し、作業の詳細を作業マニュアルに記載しなければならない。

10.2.3.5

メッセンジャーワイヤ、シャックル等の索具を使用する場合は、サイト特有の潮位や気象条件等を考慮すべきである。特に、メッセンジャーワイヤを使用してケーブル引込み作業を行う場合は、メッセンジャーワイヤとケーブルとの接続部のこすれ/損傷のリスクを考慮し、適切な保護対策を含め、詳細な手順を作業マニュアルに記載しなければならない。

10.2.4 緊急時対応計画

10.2.4.1

緊急時対応計画は、2.5.4.1 に示した一般事項を参照し、作業ごとに策定されなければならない。全般的に高リスクとされない作業の場合は省略して差し支えないが、少なくとも後述の 10.2.4.2～10.2.4.4 を考慮したものでなければならない。

10.2.4.2

ケーブル敷設作業中の緊急時対応計画は、DP の機能不全の場合に必要な措置、及びそのときにケーブル敷設オペレーターにより要求される措置を含むものでなければならない。

10.2.4.3

CLV/CLB を使用して J チューブ/I チューブへのケーブル引込み作業を行う場合、CLV/CLB は一般に、搭載されたクレーンを使用して引込み補助機（pull-in aids）を移動させるのに十分近くまで洋上構造物に接近することになる。このような作業が実施される場合、作業マニュアルは、近接作業の慎重な計画を示したものでなければならない。また、作

業マニュアルは、CLV/CLB が構造物の方向へ（又はそれから離れて）制御不能状態で移動する場合に実施される緊急時対応計画を含むものでなければならない。

10.2.4.4

地震・津波の影響を受け易い浅海域でケーブルの敷設作業又は陸揚げ作業を行う場合は、津波発生時の対応を緊急時対応計画として記載する必要がある。

10.3 ケーブルルート調査

10.3.1 一般

10.3.1.1

海底調査においては、提案されるケーブルルートのグリッドをカバーする調査を実施すべきである。海底調査は、海底地形、地形学的特性、海底表土状態（土質のタイプ、巨礫（boulders）の存在など）、海面上物体及び不発弾（UXO）を特定できるものとする。

10.3.1.2

海底調査は、通常、建設に先立って数年をかけて行われる。この海底調査から具体的なケーブルルート計画立案までの間に、海底地形や海底表面状態が変化した可能性がある情報（例えば、海底地震等の災害や船舶の沈没等の事故）が得られた場合は、必要に応じて海底調査を再度実施し、ルートの適性に変更がないことを確認すべきである。

10.3.1.3

全ての調査は同じ地理データで実施し、既知の位置やレベルと結びつけるべきである。土質状態は、ケーブルルートに沿って調査されなければならない。

10.3.2 海底調査

10.3.2.1

海底調査は、調査目的に適した計測機器を使用し、実績を有する調査機関により実施されなければならない。海底調査の例を表 10-3 に示す。

表 10-3 海底調査の例

海底調査の種類	使用される機器/調査方法	特徴等
深浅測量/海底地形調査	マルチビーム音響測深調査	マルチビーム音響測深では、海底に向け左右放射上に指向性の強い音響ビームを数百本配列し、船の進行方向とともに一度に多数点の水深を測定できる。
海底面調査	サイドスキャンソナー	サイドスキャンソナーでは、音波のパルス幅を利用して強弱を取得しているため、（水深を測定することはできないが）海底面の非常に細かい起伏や底質を調査することができる。
磁気探査	- センサを配置した探査枠を調査船（又は台船）で吊り下げて航行 - 潜水士による調査（金属探知機又は磁気探知機）	海底面及び海底面の直下にある不発弾（UXO）、パイプライン、ケーブル又はその他の金属破片を検知することができる。一般に約 4m の深度まで測定可能といわれている。

10.3.3 ケーブルルート計画

10.3.3.1

ケーブルルート計画は、ケーブルルート座標（変針点）、水深等で定義されるルート位置リスト（Route Position List: RPL）を用いて作成されなければならない。また、ケーブルルート計画は、ケーブル保護（埋設及び埋設深度、防護管等）の計画を含むものとし、RPL とケーブル保護の計画は、作業マニュアルに記載しなければならない。

10.3.3.2

ケーブルルートは、目標からの許容範囲とともに示されるべきである。この許容範囲は、ルートクリアランスの範囲内でなければならない。

10.3.4 ケーブルルート近くの障害物等の処理及びルートクリアランス

10.3.4.1

ケーブルルートを選定する前に、ケーブルルートの近くに UXO が存在しないことを確認しなければならない。調査の結果、UXO が発見された場合は、関係当局に通報し、UXO を撤去しなければならない。

【解説】

日本国内で UXO が発見された場合、UXO から隔離したケーブル敷設は基本的に認められず、UXO の撤去が必要となる。

10.3.4.2

ジェットティング機器又はプラウを使用する場合、ケーブルルートは、ケーブルルート調査結果に基づくべきであり、残骸 (wrecks)、大きな障害物、環境保護指定区域、及び、困難な土質条件を避けるべきである。

10.3.4.3

既存のジャッキアップ・フットプリントが発見された場合は、当該場所を正確に把握することとし、ケーブルルートは当該場所を避けるよう、計画されなければならない。

10.3.4.4

埋設が実施される場合、ケーブルルート調査後は、掃海治具 (grapnel) を使用して掃海作業を実施し、ケーブル敷設ルートを確定しなければならない。

10.4 積込み

10.4.1 ケーブル端の処理等

10.4.1.1

積込み開始前に、ケーブル端は水が浸入しないよう、ケーブル製造者の手順に従ってシールしておかなければならない。

10.4.1.2

完全な端部シールを施したケーブル引込みヘッドは、適切な引張強さを有するケーブルグリップ構造（図 10-4 参照）のものとし、当該部の施工（特に、ストックング部の長さ）はケーブルグリップ製造者の指示に従ったものでなければならない。ケーブルグリップ構造の引張強さは、ケーブルグリップ製造者の試験により確認されたものでなければならない。

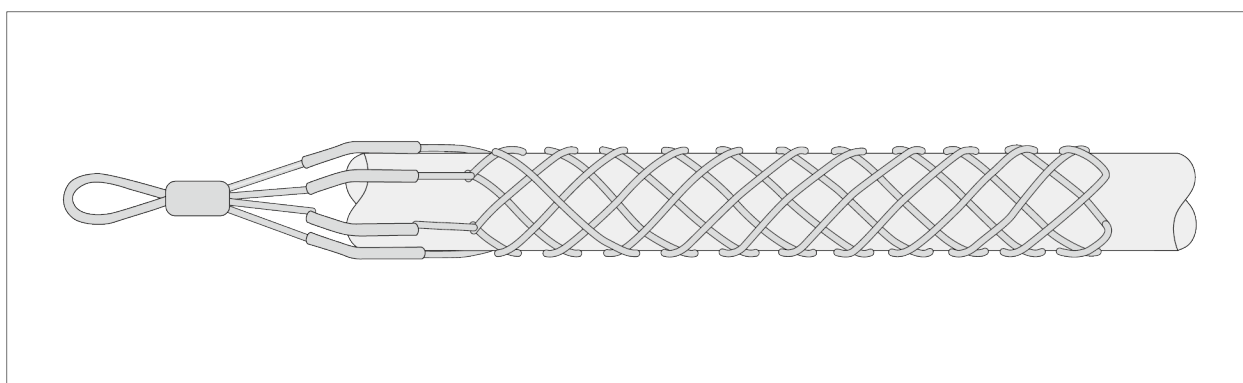


図 10-4 ケーブルグリップ構造(チャイニーズフィンガー)

10.4.1.3

ケーブルが巻かれたドラムを搬入場所まで移設する場合、搬入場所に到着した時点でドラムに物理的損傷の兆候がないかどうか検査すべきである。ドラムが損傷していれば損傷個所を検査し、さらに必要とみなされた場合は、ケーブルを試験すべきである。

10.4.2 ケーブルの積込み作業、体制及び責任分担

10.4.2.1

積込み作業を開始する前に、関係者間で次の項目に関する会議を開催し、必要となる項目を積込みの監督及び作業員に連絡しなければならない。

- 作業手順
- 指揮系統
- 制御場所の指揮優先順位
- 通信システム
- 緊急時手順

10.4.2.2

ケーブル工場の保管場所から埠頭付近のケーブル積込み設備までのケーブルルートは、不適合な曲げ（MBR 未満の曲げ半径）、緩みのある/固いローラ、ケーブルがルートから外れる個所、及び目視できない個所がないかどうか検査されなければならない。ケーブル積込み中にケーブルルートを完全に監視カメラで監視することが望ましい。

10.4.2.3

ケーブル積込み中のケーブルの不適合な曲り、過度な側壁圧及びせん断力には特に注意しなければならない。これらはケーブルの金属積層や金属シースを傷つける可能性があり、また、(ケーブルの防水寿命を短縮させる可能性のある) 湿気が侵入し易くなる。

10.4.2.4

積込み手順には、陸上の積込みチームと CLV/CLB チームとの間の指揮系統及び通信システムを含めなければならない。

10.4.2.5

陸上と CLV/CLB との間における積込みカタナリ管理の責任分担は、明確に定義されなければならない。

10.4.2.6

航跡波によりケーブル積込み作業に支障がないようにするため、必要に応じて見張り人員を配置するものとする。

10.4.2.7

すべての積込み機器の制御装置、センサー及び監視装置は、最新の校正証明書を有しているものとする。

10.4.2.8

ケーブルには、残留ねじり (residual torsion) が生じることがないように、必要に応じてケーブル端及び各セグメント間でスイベル (swivel) を使用しなければならない。

10.4.2.9

ケーブルタンクやターンテーブルに収納されるケーブルは、隙間が最小となるように積込まなければならない。

10.4.2.10

垂直ターンテーブルに収納される海底電力ケーブルは、ケーブルがターンテーブルから垂れ下がることがないように、ターンテーブルにきつく巻き付けなければならない。ケーブルの垂れ下がりを防止するために必要なバックテンション* (back tension) に関する計算書は、本会 (MWS 機関) に提出されなければならない。

注*) ケーブルの繰出し側から制動 (ブレーキ) をかける等によりケーブルの垂れ下がりを防止することができる。このような操作によりケーブルに作用する張力をバックテンションという。

10.4.2.11

積込み作業中は、ケーブルのすべての部分を観察しなければならない。ケーブル最外部のサービング層 (cable outer serving) の損傷はすべて修理しなければならない。ケーブルのキンク及び座屈の兆候、並びに、積込み構台 (gantry) と CLV/CLB 積込みシュータとの間のカテナリでケーブルがループを形成しそうな傾向が観察された場合は、直ちにその状態を調査すべきである。

10.4.3 ケーブル積込み後の試験等

10.4.3.1

ケーブルの責任がある当事者から別の当事者に移行するような場合 (例えば、ケーブル製造者とケーブル敷設業者が異なる会社である場合)、ケーブルがターンテーブル又はケーブルタンクに積込まれた後、通常は電氣的試験及び光学的試験が行われる。そうでない場合、積込み後の試験は任意の要件であり、積込み後の試験は顧客が決定する。

10.4.3.2

ケーブル積込みの際に事故が発生した場合は、ケーブルが損傷していないかどうかを確認するため、試験を行うべきである。試験の範囲は事故時に合意され、また、事故のタイプにより決定される。

10.4.3.3

積込み後の試験の範囲によっては、積込まれたケーブルの両端が試験用にアクセス可能である必要がある。試験要領は、輸送船（又は敷設船）の積込み手順に含めること。

10.4.3.4

積込み後の試験の結果は、工場出荷試験の結果と比較すべきである。

10.4.3.5

積込み後の試験終了後、ケーブルのシール部や引込み装置は、製造者の手順に従って、資格を有する技術者によりケーブル端に適切に取り付けられなければならない。

10.5 輸送

10.5.1 一般

10.5.1.1

海底電力ケーブル輸送中の基本的な要件は、ケーブルの機械的、電気的及び光学的特性の保護であり、これらはケーブルタンク又はターンテーブルへの慎重かつ適切な搭載によって達成される。

10.5.2 運動解析及び強度解析

10.5.2.1

積まれたケーブルの段数は、ケーブル製造者が設定する限度内でなければならない。

10.5.2.2

ケーブルタンク設計計算は、ケーブルタンク構造がラッキング荷重*（racking load）に耐えられることを示すものでなければならない。計算に使用する条件は、2.6 で定める設計環境条件とすべきである。計算書は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。

注*) ラッキング荷重とは、タンク構造物内でケーブルが重なり合うことで生じる荷重を意味する。

10.5.2.3

ターンテーブル及びケーブルタンクの固縛に関する計算書は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。

10.5.2.4

CLV/CLB のデッキ上に搭載された敷設シュータ等の構造物については、輸送を気象に制限されない作業（2.6.6 参照）とする場合は、2.6.6 で定める設計環境条件（再現期間を設定した環境条件）を使用して強度解析を実施し、十分な強度を有することを示さなければならない。計算書は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。ただし、CLV/CLB の新造時に当該構造物が設置されており、船級協会等により当該構造物の強度が既に確認されている場合はこの限りではない。

10.5.3 トランスプーリング作業

10.5.3.1

輸送船、CLV/CLB 間のトランスプーリング作業*（trans-spooling operation）は、関係者間で認められた場合を除き、双方の船舶間での相対運動が最小となるよう、両船舶が安全に係留される遮蔽海域内で行われなければならない。また、船舶間に相対運動がある場合は、ケーブルカテナリ管理に特別の注意を払うべきである。

注*) トランスプーリング作業とは、船舶（又はバージ）間でケーブルを移設する作業を意味する。

10.6 設置

10.6.1 ケーブルの敷設（船舶移動とケーブルの繰出し）

10.6.1.1

敷設船の適性と制限基準は、プロジェクトのライフサイクルの初期の段階で検証すべきである。

10.6.1.2

敷設、引込み及び繰出しの作業中、ケーブルに作用する張力を常時監視し、ケーブルに作用する張力が製造者指定の範囲内にあることを確認しなければならない。張力データは記録されることとし、本会検査員から指示があった場合は、過去の張力データを表示できるようにしなければならない。張力監視装置の校正記録は本会（MWS 機関）に提出されなければならない。

可能である場合は、敷設シュータからの入水角についても常時監視し、記録すべきである。

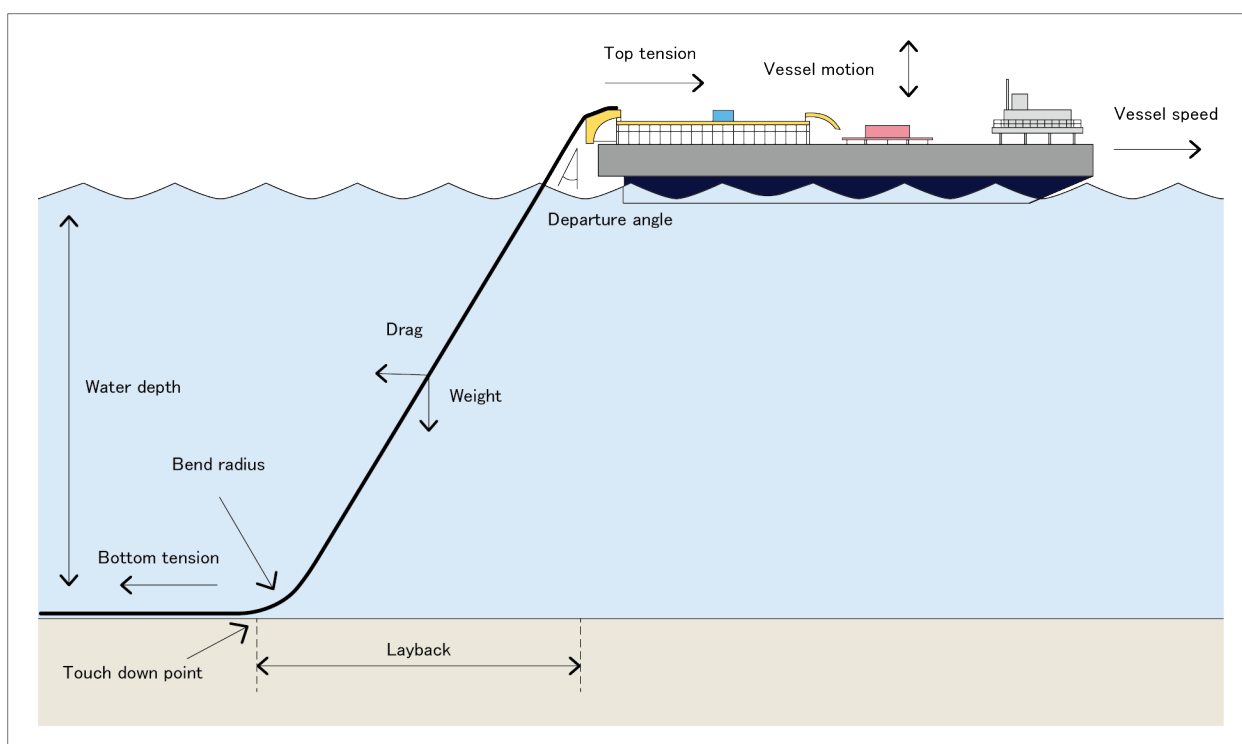


図 10-5 概念図

10.6.1.3

ケーブルエンジン（図 10-6 参照）を 2 台使用することにより、ケーブルに圧縮力が生じる可能性がある。ケーブルエンジンが 2 台設置され、各エンジンの繰出し速度が異なる場合は、両エンジン間のケーブルに張力/圧縮力が作用する。ケーブルのタッチダウンの際にも圧縮力が作用する可能性があるが、この場合は圧縮力の計測は不可能であり、ROV 又は潜水士によりケーブル曲げ形状の監視で対応することになる。

圧縮力を計測する場合、計測装置は最大許容圧縮力を考慮した荷重点で校正されなければならない。ケーブル敷設施工者は、最大圧縮力の設定値、計測装置の概要、計測装置の校正記録を本会（MWS 機関）に提出しなければならない。

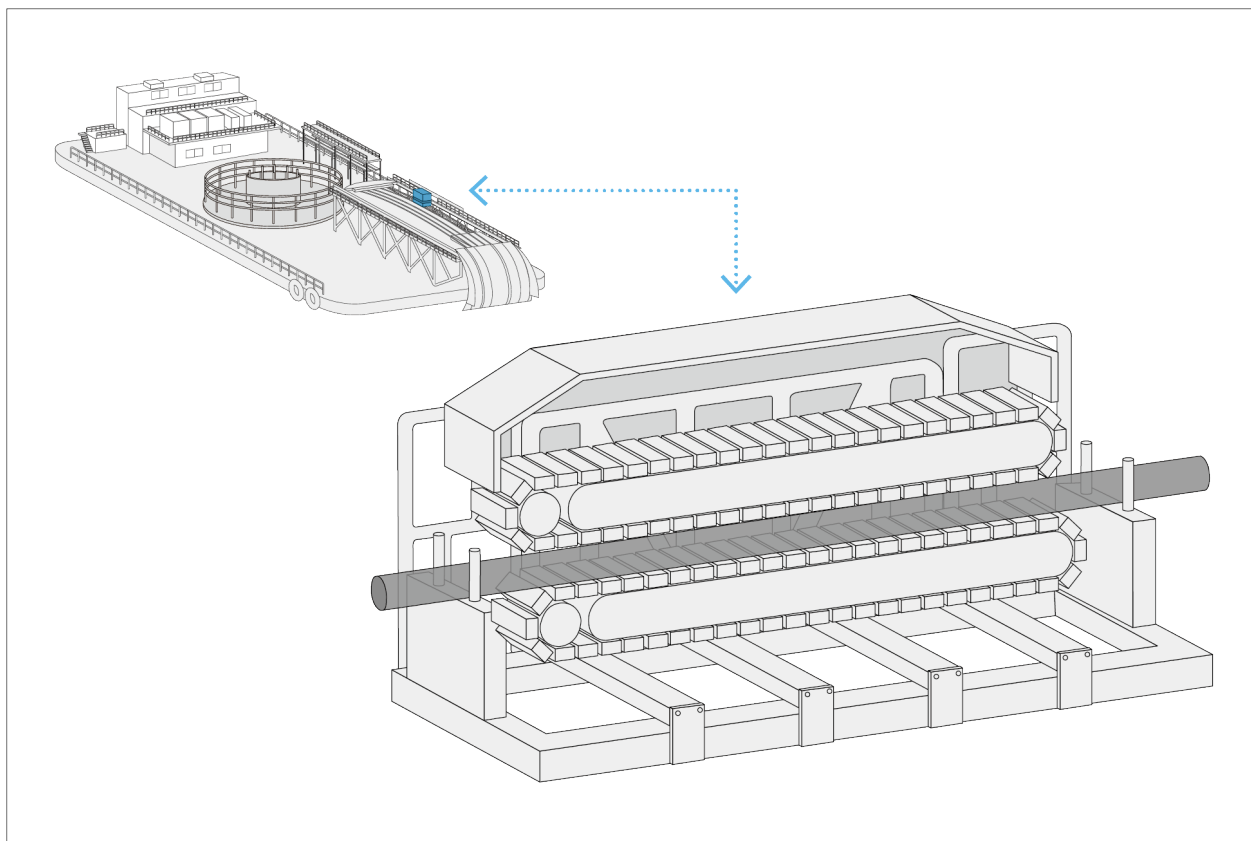


図 10-6 ケーブルエンジン

10.6.1.4

ケーブル敷設作業は、継続的なカテナリ管理（10.6.2 参照）に基づくものでなければならない。カテナリ管理システムは、船舶の位置及び速度を決定するため、リアルタイムの監視と入力を提供し、正確なケーブル繰出し速度及び張力を維持するものでなければならない。

10.6.1.5

ケーブル敷設中の CLV/CLB の移動は、作業マニュアルに記載されている計画に従ったものでなければならない。

10.6.1.6

湾曲部や変針点のためのケーブル敷設作業を計画する際は、湾曲部及び/又は変針点での敷設に必要な船舶の航跡を考慮しなければならない。

10.6.1.7

湾曲部や変針点周辺等でのケーブル敷設においては、タッチダウン位置の監視が推奨される。

10.6.1.8

CLV/CLB がケーブルカテナリの上部にドロップバック*することは認められない。ただし、その作業が計画されたものであり、また CLV/CLB のドロップバックと少なくとも同じ速度でケーブルエンジンが海底からケーブルを回収することができる場合を除く。このようなタイプの移動は、計画・管理されていない場合は、タッチダウン張力を低下させ、ケーブルにループが形成されるリスクを増大させるものである。

注*) ドロップバックとは、CLV/CLB がケーブル敷設のための移動方向と逆の方向への移動を意味する。

10.6.1.9

CLV/CLB のドロップバックが計画されたものでない場合は、カテナリを再度確立してケーブル敷設を再開するため、CLV/CLB が移動する前に海底でケーブルの検査を実施し、ループが形成されていないことを確認しなければならない。ケーブルの状態に疑わしい点があった場合は、敷設作業再開前にケーブルを試験すべきである。

10.6.2 カテナリ管理

10.6.2.1

カテナリは、敷設シュータと海底のタッチダウン位置との間に形成されるケーブルサスペンションであり、効果的なカテナリ計画と管理は、設置中のケーブル損傷のリスクを低減する。

10.6.2.2

不十分に計画され、実施されたカテナリ管理では、表 10-4 のような不具合につながる可能性がある。

表 10-4 ケーブルカテナリの不具合

不具合の原因	不具合の結果
(a) 過度のケーブル張力	- 引込み作業中に、 - J チューブ/I チューブ入口で、ケーブルの MBR 未満となる可能性がある。 - 引込みヘッド近傍で、ケーブルに損傷が生じる可能性がある。 - ケーブルがトレンチに入り込むことを妨げる可能性がある。 - J チューブ/I チューブ入口と海底との間で、過剰に長いサスペンションの形成を引き起こす可能性がある。 - 湾曲部に敷設中、ケーブルがルートから外れる可能性がある。 - 修理作業のためにケーブルを海上に引き上げることを妨げる可能性がある。 - 浮遊状態のケーブルを起伏のある海底上に放置する可能性がある。
(b) 過度のケーブルの緩み	- 引込み作業中に、 - 海底にケーブルを下ろすためにクアドラント設置中、ケーブルにループが形成される可能性がある。 - ケーブル設置区域ではない場所にケーブルが設置される可能性がある。 - 過剰なケーブルの緩みにより埋設機器が追従できないカーブとなった場合、トレンチ作業が困難又は不可能となる可能性がある。

10.6.2.3

施工者は、カテナリ管理計画を本会（MWS 機関）に提出しなければならない。カテナリ管理計画は、設置解析で裏付けられなければならない。カテナリ管理計画には、直線及び曲線でのケーブル敷設時にすべての水深で安全な海底張力を維持するため、必要となるレイバック距離（敷設シュータ出口とタッチダウン位置との距離）とケーブル張力を含んでいなければならない。

10.6.2.4

DP を有する船舶からケーブルを敷設する際は、船舶の位置検出装置の信頼性の喪失、DP システムの停止時におけるカテナリ管理に注意すべきである。DP 位置信号の一時的な停止であっても、CLV/CLB に遅れが生じ、ケーブルにループが形成される場合がある。

10.6.3 敷設シュータ/敷設シーブ

10.6.3.1

ケーブルは、敷設シュータ（Lay Chute、図 10-7 参照）又は敷設シーブ（Lay sheave）を介して船から放出される。敷設シュータの曲率半径及び敷設シーブ（滑車）の半径は、ケーブルの MBR 以上でなければならない。

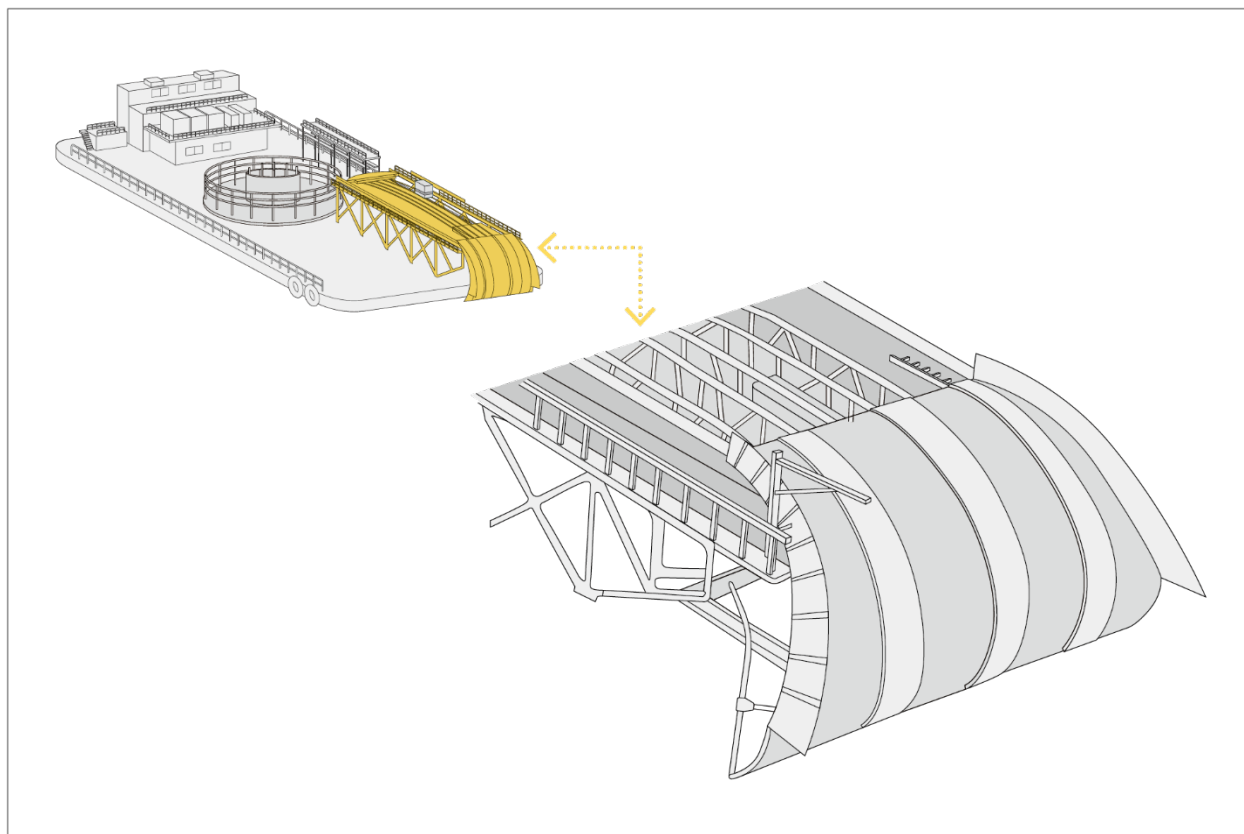


図 10-7 敷設シュータ

10.6.3.2

敷設シュータ（又は敷設シーブ）は、ケーブルのリード角が敷設シュータ（又は敷設シーブ）の平面図の中心線と一致していない場合に、ケーブルの MBR 未満とならないようにするための措置を講じたものでなければならない。例えば、風、波及び潮流の影響を考慮し、ケーブルルートから CLV/CLB の方向を変える必要がある場合には、予想される最大リード角に対応できるものでなければならない。

10.6.3.3

敷設シュータ（又は敷設シーブ）を通してケーブルが配備された状態で CLV/CLB がスタンバイしている場合、敷設シュータ（又は敷設シーブ）上の静止部分でのケーブル損傷を防止するため、ケーブルは、設定された時間毎にピックアップするか、又は数メートル繰出さなければならない。（Cable Refreshment）

10.6.4 引込み作業

10.6.4.1

ウィンチを用いて J チューブ/I チューブへの引込み方法には次の 2 つのタイプがある。

- (a) 風力発電施設（又はサブステーション）上に搭載されたウィンチで引込むケース。
- (b) 風力発電施設（又はサブステーション）上に固定されたシーブ（滑車）を用い、CLV/CLB 上に搭載されたウィンチで引込むケース（プルバック方式）

両方のケースともに、CLV/CLB の移動により引込み索具に発生する張力が当該索具の許容荷重限度を超えないよう、引込みウィンチは製造者の設定を有するものでなければならない。また、引込み索具システムを構成するすべてのコンポーネントについて、安全性に関する計算書を本会（MWS 機関）に提出しなければならない。引込み補助機（pull-in aids）が洋上構造物に装備される場合は、引込み補助機を支持する構造部の安全性に関する資料を本会（MWS 機関）

に提供しなければならない。

10.6.4.2

ケーブル 2nd エンドを J チューブ/I チューブの下端から引込む作業として、次の 2 つの方法がある。

- (a) クアドラントを使用して湾曲したケーブルを海底に下ろす方法：クアドラントが海底近くに達したとき、クアドラントを傾かせ、これから外れたケーブルが海底に据えられる。この方法では、ケーブルにループができるのを防止するため、コントロールステーション間の慎重な連携が要求される。
- (b) ケーブルをバイト* (bight) 部を設けて海底に設置しておく方法：ケーブル端は、設置船により (J チューブに近接して) S 形状又は Ω 形状で海底に据えられ、その後、J チューブの中に引込まれる。この場合は、ケーブルが海底の突起部分に引っ掛かる可能性があるため、敷設区域全体をカバーする海底調査が必要となる。この方法では、引込み張力は、引込み中にバイトが海底で引きずられることによる海底摩擦と土質の盛り上がりによる影響を受けるため、設置解析で検討されなければならない。

注*) バイトとは、ケーブルの S 形状又は Ω 形状の湾曲部分を意味する。

10.6.4.3

メッセンジャーワイヤは、通常、基礎をサイトに設置する前に J チューブ/I チューブに事前設置される。メッセンジャーワイヤとケーブルとの接続部分は、チューブ端でのこすれ等により破損する場合があるので、このようなリスクを考慮した設計としなければならない。

10.6.5 アレイケーブル

10.6.5.1

アレイケーブルの設置では、設置作業全体を通してケーブル曲げ半径を監視し、MBR 未満とならないようにするための措置を講じるべきである。MBR の測定は通常は実用的ではなく、クアドラント、曲げ制限ケーブル保護具のようなケーブルハンドリングツールを用いてのみ曲げ半径の正確さを確保することができる。ケーブル曲げ半径が最もリスクにさらされる箇所では、クアドラントなどの曲げ制限方法を用いるべきであり、これが可能でない場合は、ケーブルの曲げ形状の注意深い監視を確保すべきである。

10.6.5.2

ケーブル曲げ半径が最もリスクに曝される状況として次のような例があるが、これに限定されるものではない。

- I チューブ/J チューブまたは MP エントリーホールへの出入
- 仮置き (lay away)
- オーバーボーディング及びタッチダウン
- クアドラントの使用
- 引込み時におけるタッチダウン上のオーバーレングスの支持
- デッキ上での取扱い

10.6.5.3

ケーブル保護具とベンドスティフナ (bend stiffener) は、J チューブ/I チューブとの適切な結合を確保するため、ケーブル上の正しい位置に取付けることとし、製造者の指示に従ったものでなければならない。ケーブル保護具及びベンドスティフナのアレイケーブルへの取付け位置を確立するには、注意深い測定と計算が要求される。

10.6.5.4

ケーブルへのベンドスティフナ/ケーブル保護具の取付け位置は、アレイケーブルの引込み作業開始前に確認、記録さ

れなければならない。本会（MWS 機関）は、ベンドスティフナ/ケーブル保護具の取付け、及びケーブル端の引込み作業で立会検査を行う。

10.6.5.5

ケーブル先端の J チューブ/I チューブへの引込み作業は、メッセンジャーワイヤを用いて行われる。メッセンジャーワイヤは、I チューブ/J チューブ内部に取付けられ、ケーブル端部に接続される。引込み作業は、ケーブル曲げ半径が MBR 未満とならないよう、所定の張力範囲内で実施しなければならない。次の点には特に注意すべきである。

- タッチダウン箇所（ケーブル曲げ半径が MBR 未満となることを避けるため）
- ベルマウス箇所（ケーブルの絡みを防止するため）
- ケーブル保護システム/またはエントリーホールとベルマウスとの結合箇所

10.6.5.6

メッセンジャーワイヤを用いた引込みを容易にするため、10.6.4.2 で説明したように、通常はクアドラントを使用するか、又は、バイトを海底に敷設する作業が必要となる。ケーブル切断長さを決定する際は、ケーブルの設計位置、水深に基づく海底から基礎への最終カタナリ、ケーブル端部処理に必要なオーバープル、及び洗掘ピット形成の可能性を考慮すべきである。設置業者は、これらの要素を適切に検討したことを示す計算書を本会（MWS 機関）に提出しなければならない。本会（MWS 機関）は、事前に定めた立会検査を洋上で実施する。

10.6.6 エクスポートケーブル

10.6.6.1

エクスポートケーブルの設置では、設置作業全体を通してケーブル曲げ半径を監視し、MBR 未満とならないようにするための措置を講じるべきである。このような措置には、クアドラント、船上のケーブルハイウェイ、張力計及びベンドスティフナの使用が含まれる。このような機器の使用は、以下の項目を含む手順書で説明されるべきである。

- (a) ケーブル端設置
- (b) 逆張力 (back tension)
- (c) 浮体式設備
- (d) 位置調整
- (e) 潮流

10.6.7 エクスポートケーブルの陸揚げ (landfall)

10.6.7.1

CLV/CLB が陸揚げ位置の近傍に接近できる場合、ケーブルに浮きを取付け、陸地点からの引込みワイヤを用いて岸に向かってケーブルをフロートさせることができる。陸揚げ作業の継続期間中、CLV/CLB を陸揚げ位置に十分近くセツトアップするためには、詳細な海洋計画が必要である。横方向の流れ (cross currents) については、引込み作業の制御喪失につながる過度の張力をもたらす可能性があるため、十分注意しなければならない。砕波帯でこのような作業を実施する場合は、さらに慎重な計画を立案した上で作業を実施しなければならない。

10.6.7.2

ケーブルの直接引込み作業のために CLV/CLB を着底 (bottom out) させるプロセスは、日本国内では認められない。

10.6.7.3

直接の陸揚げ作業を行う CLV/CLB が陸の十分近くに接近できない場合は、エクスポートケーブルとは別の浅海ケーブル (shore end cable) を設置する場合がある。浅海ケーブルを小型の浅喫水船（以下、浅喫水船という。）を用いて事前

設置するためには、次の 2 つの方法がある。

- (a) 陸揚げ地点と CLV/CLB が接続作業でセットアップする位置との間に、浅喫水船により浅海ケーブルを敷設する。
- (b) ケーブルを CLV/CLB から浅喫水船上に巻き取り、浅喫水船が陸揚げ地点に向けてケーブルを敷設する。

浅喫水船の使用が上記 (a) 又は (b) のいずれであっても、浅海ケーブルの設置は詳細な作業計画に基づいたものでなければならない。

10.6.7.4

陸揚げ地点が良好な場所となるケースは稀である。このような地点では、CLV/CLB は陸から可能な限りに接近してケーブルを沿岸にフロートさせるか、場所によっては、フロートなしに開いたトレンチに入れるか、又は、短い水平孔掘削 (Horizontal Directional Drilling: HDD) によるダクトを通してケーブルを沿岸に引込むことができる。

10.6.7.5

ウィンドファームのエクスポートケーブルは、理想的な陸揚げ地点で要求されるよりも、困難で複雑な土木工事を要求される地点に設置されることがある。海岸堤防及び環境の影響を受け易い海岸地帯では、HDD ダクトを使用して交差 (貫通) させることがある。陸揚げ地点の物理的性質によっては、HDD の長さが制限される場合もあることから、慎重な作業計画が必要となる。

10.6.7.6

砂地にケーブルを敷設する場合は、砂の動きによるケーブルの摩耗や海底地形の変化による過大なケーブル張力が発生しないよう、適切な対策を講じなければならない。

10.6.8 ケーブルと海底プラントとの交差及びクリアランス

10.6.8.1

交差する側とされる側の両方の海底プラント (既設のパイプライン又はケーブル) の安全性を確保するためには、交差に関する詳細な計画が必要となる。交差ポイントは、交差するエクスポートケーブルによる物理的又はその他の干渉から、交差される海底プラントが安全となるように建設されなければならない。これには、物理的接触の防止、交差される海底プラントとのガルバニック作用 (及び電氣的干渉) の防止が含まれる。

10.6.8.2

交差設計では、交差される海底プラント及びエクスポートケーブルの将来の保守を考慮しなければならない。交差角度は、90° にできる限り近い角度とするのが望ましく、少なくとも 45° 以上の角度としなければならない。

10.6.8.3

海底プラントを分離させるため、また、交差するエクスポートケーブルを安定させ、保護するため、交差をコンクリート・マットレス及び/又は捨石を用いて建設する場合がある。建造方法、交差角度及び作業ゾーンの寸法は、海底プラント所有者間で合意され、正式の交差合意書に記録される必要がある。

10.6.8.4

エクスポートケーブルが既設の海底プラントの近傍に設置される場合は、海底プラントの各アイテムの保守要件に適切な配慮がなされるべきである。海底ケーブルについては、一般に、確実に修理作業を実施できるよう、少なくとも水深の 3 倍のクリアランスが必要となる。パイプラインからのクリアランスはパイプラインの所有者との合意により決定される。

10.6.8.5

ケーブルが既設の通信ケーブルに近接して敷設される場合は、通信ケーブルとのクリアランスについて、さらなる検討が必要となる。

10.6.9 ケーブル敷設係留

10.6.9.1

本ガイドラインでは、ケーブル敷設作業が DP を有した CLV/CLB で実施されることを前提としている。ケーブル敷設が CLV/CLB の係留により実施されるときに係留システムに関する要件については、本会の適当と認めるところによる。

10.6.10 ケーブルの接続と修理

10.6.10.1

ウィンドファームのケーブル修理は、ケーブルの完全な交換又は損傷した/不具合のあるケーブルを切断して新しいケーブル部分を挿入することのいずれかで行われる。

10.6.10.2

修理船は、修理作業の支援に必要な操船を行うための十分な操船力と位置保持能力を有するものでなければならない。

10.6.10.3

修理船は安定した作業プラットフォームを提供し、操船時の良好な制御を有し、ケーブルにジョイントを挿入するのに必要な時間の間、修理場所に留まることができなければならない。

10.6.10.4

修理船はケーブルの両端を水中及び船上の両方で扱うように構成されなければならない。ケーブルの両端を合わせてケーブルにジョイントを挿入することを可能にするためには、船上に十分な長さスペースを有する遮蔽された接続スペースが必要である。

10.6.10.5

修理用ジョイントの構造は、十分な水密性及び機械的強度を有するものでなければならない。接続要員は資格を有する接続技術者でなければならず、接続技術者の資格証明文書とリストは、本会（MWS 機関）に提出されなければならない。

10.6.10.6

一般的なケーブル修理では以下の作業が行われる。

- (a) ケーブルの不具合箇所の特定
- (b) 修理船上へのケーブルの回収、ケーブルの切断及び一方の端部へのブイの取り付け
- (c) ブイを取り付けた端部の海底への配備、非損傷のケーブルまでのケーブル回収
- (d) 修理船上での海底ケーブルのスペアケーブルへの接続
- (e) ブイを取り付けたケーブル端へのケーブル敷設、ブイ及びブイをつけたケーブルの回収
- (f) 海底ケーブルへのスペアケーブルの接続と海底への接続されたケーブルの配備

10.6.10.7

ケーブルの修理作業では、ケーブル再配備前には海底面の調査を行い、ケーブルシステムに水深の約 3 倍の長さの追加ケーブルを継ぎ足すのが一般的である。

10.6.10.8

ケーブルの張力により、ケーブルを海面に吊上げることができない場合は、海底でケーブルを切断する必要がある。ケーブルが遮水設計でない場合は浸水の危険性がある。海底電力ケーブルは、ウェット、ドライ、又はセミドライ設計であることがあり、海水の流入に対してそれぞれ異なるレベルの許容値を有している。修理計画に海底でのケーブル切断に関わる場合はケーブルの製造者に助言を求めるべきである。

10.6.10.9

ケーブル端は、海流による移動を防止するため、海底に固定すべきである。一般に、これは、チェーン、鋼補強グラウンドロープ及びクランプウェイトをケーブル端に取り付けることによって達成される。ケーブル端場所の特定及び回収用にブイを使用する場合、ブイはすべての予想される潮流条件において海面にとどまるに十分な浮力を有しているべきである。ブイをクランプウェイトに取り付けるロープ、ワイヤ又はチェーンは、破損しないよう、十分な強度を有しているべきである。

10.6.10.10

ケーブル端は、修理船上で先端を閉鎖するためにストッパーを取り付ける必要がある。ストッパーのタイプは、ケーブル製造者により承認されたものでなければならない。ストッパーのデッキ取付け部は、ストッパーによりケーブルに不適切な力が作用することを防止するため、ケーブル方向に合わせなければならない。

10.6.10.11

最初のジョイントは、スペアケーブルに沿って敷設シュータ（又は敷設シーブ）上に配備し、接続場所へ配置される。修理ジョイント荷重の機械的特性が配備中の修理シュータ/シーブ直径とケーブル張力に適切であることを確認すべきである。ジョイントが修理シュータ/シーブ上で傾いた場合、ケーブルがジョイントのハウジング入口で極端な張力がケーブルに発生する可能性がある。ジョイントを修理シュータ/シーブ上に配置するためにスプレッドベーム及びクレーンの使用を考慮すべきである。

10.6.10.12

非損傷ケーブルの端部は、最初の修理ジョイント位置から配備されたスペアケーブルと十分にオーバーラップするまで修理船上に回収されなければならない。ケーブル端はジョイント施設（船上のワークスペース等）まで運ばれ、接続作業が実施される。

10.6.10.13

修理ジョイントが海底に到達するまでの間については、設置解析が要求される。ケーブルカタナリは、海底のタッチダウン位置でケーブルの曲げ半径が MBR 未満とならないよう、十分な張力を持たなければならない。海底に設置するまでの間に、スラックと残留ねじりの組合せにより、ケーブルにキンクや直立状態が発生することがあるので、十分注意しなければならない。

10.6.10.14

修理作業中、ジョイントとケーブルは必要に応じてスプレッドベームを使用して支持されなければならない。修理船は、修理ジョイントが海底に降ろされる時は、ケーブルのライン上から離れなければならない。修理ジョイントを降ろす速度と修理船の速度は、互いに調整し、ケーブルの曲げ半径が MBR 未満とならないよう、海底に設置されるようにしなければならない。ケーブルがキンクを形成したり、海底に直立状態の部分が残ったりしないようにしなければならない。

10.6.10.15

作業用の索具は、索具がケーブル送り出し装置と絡まないよう、ケーブルから取り外されなければならない。

10.6.10.16

修理されたケーブルは ROV を使用して調査され、ループや直立状態がないことを確認しなければならない。

10.6.10.17

修理したケーブルは試験を実施することとし、ケーブル修理船は、試験が完了しケーブル修理が認められるものであることが示されるまでサイトに留まるべきである。

10.7 埋設

10.7.1

ケーブルには、洗掘、アンカー、底引き網漁具、潮流が引き起こす振動、及び落下物（又は沈下物）からの保護が必要に応じて要求される。ケーブルの埋設は、ROV 又は潜水土により行われ、そのためには地形及び土質に関する調査データが必要となる。

10.7.2

日本国内ではジェットティング機器を使用して埋設することが多い。ジェットティングを実施してもケーブルの上に海底を再形成しないが、その後の海底の自然復旧により結果的にケーブルが埋没することから、ジェットティング機器は埋設のための有効な機器として認められる。

10.7.3

ジェットティングには、次の2つのタイプがある。

- (a) 敷設後のジェットティング (Post Lay Jetting) : ROV 又は潜水土によって操作される高圧ジェットティング機器を使用し、ケーブルを平均海底レベルより下に降ろすことにより保護が可能となる。この場合、ケーブルに加わる圧力が許容可能であることが重要である。ケーブルが部分的に埋設される場所では、ケーブルを検知して追跡するため、信号音を与える場合もある。
- (b) 敷設直後ジェットティング (As-laid Jetting) : 軌道ジェットティング機器をケーブルのタッチダウンポイントの数メートル背後で運転し、ケーブルを海底に降ろす。

10.7.4

埋設深度は、サイトに固有のものであり、規制要件、他の海洋利用者及びその活動、サイトの地盤及び海底条件、並びに、サイトの潮流条件のようなサイト固有のパラメータに基づくべきである。適切な埋設深度とすることで、ケーブルは他の海洋利用者から保護され、また、サンドウエーブのような可動海底特性に曝されないようにすることができる。

10.7.5

達成された埋設深度は、竣工書類と適合性評価のために記録されなければならない。埋設深度の記録は、関係者に提示する必要があるため、いかなるプロジェクトにおいても重要である。達成された埋設深度を数値で示すとともに、写真等により埋設状況を示すべきである。

10.7.6

プラウ (plough) 作業に関連する要件については、本会の適当と認めるところによる。

【解説】

プラウによるケーブルの敷設・埋設には大電力が必要となる。

10.8 防護

10.8.1

ケーブルの保護には、10.7 で示した埋設のほかに、防護管 (articulated pipes/split pipes)、フィルターユニット、捨石、マットレス等でケーブルを囲い、機械的に保護する方法がある。このようなケーブルの保護（以下、「防護」という。）は、一般に海底と基礎との間やケーブル埋設が不可能（又は、困難）な場所で採用される。ケーブルの防護は、次の項目を考慮して施工されなければならない。

- (a) MBR 以上のケーブル曲げ半径
- (b) ケーブル摩耗からの保護（引込み中を含む）
- (c) ケーブルの動的運動の最小化（設置後の疲労損傷の防止）
- (d) ベルマウスとの結合（または CPS（ケーブルプロテクションシステム））
- (e) 洗掘の影響

10.8.2

設置中に要求される埋設深度が達成されない場合、捨石が使用されることがある。投入する材料の特性及び捨石層の設計は、サイトで必要となる保護に見合ったものであること。意図している区域に確実に石を投入するため、通常は捨石専用の船舶が使用される。

10.8.3

ケーブルが最も露出する区域（ベルマウスや風力発電施設/サブステーションの基礎の近傍等）では、防護管に加えてフィルターユニット/捨石/マットレスが使用される。マットレスの場合、通常は吊ビームを用いたクレーンが使用される。

10.8.4

露出した岩盤上のケーブルを高い衝撃力やこすれから保護するためには、防護管が使用される。防護管はケーブルの周囲に 2 分割して取付けられ、端部はボルトで締付けられる。もう片方の端部は、防護管接続部の間で関節のようなソケット継手を形成するため、防護管は湾曲したケーブルに対しても対応できる。防護管の材料は、重量を必要とするため、一般に鋳鉄が使用される。ケーブルとの合わせ作業は潜水士によって行われるため、流れが速い場所での作業の場合は流れの作業限界に注意しなければならない。

10.8.5

施工した防護の状況は、埋設深度（10.7.5 参照）と同様に、竣工書類と適合性評価のために記録されなければならない。記録書には、防護された場所、防護の長さ、及び防護方法を明記するとともに、写真等により防護の状況を示すべきである。

11章 ジャッキアップ (Jack up)

11.1 一般

11.1.1

本章は、洋上ウィンドファームの建設を目的としてジャッキアップ作業を行う場合のサイト調査、SEP 船のプレローディング及び安定性評価等に関する要件を示すものである。

11.1.2

SEP 船のプレローディング及び安定性評価の計算は本章の規定に従うものとするが、ISO 19905-1:2016 に従ってもよい。

11.1.3

SEP 船のジャッキアップ状態で実施されるパイル基礎、トランジションピース及び風車コンポーネントの設置作業は、8 章（設置）の規定に従うものでなければならない。

11.2 用語

11.2.1

本章で使用されている主要な用語の定義を表 11-1 に示す。

表 11-1 用語の定義

用語	用語の英訳	定義/説明
エアギャップ	Air Gap	海水面から SEP 船の船底までの距離（クリアランス）。
コーン貫入試験	Cone Penetration Test: CPT/CPTU	原位置試験の 1 つであり、コーン状の測定器（プローブ）を地盤に貫入して地盤定数を測定する試験。
フットプリント	Footprint	以前に SEP 船のレグを貫入させたときの孔状の痕跡。
原位置試験	In-site Test	測定器をサイトの地盤に直接挿入し、地盤定数を測定する試験。
ジャッキダウン	Jack down	SEP 船で、昇降設備により船体を降下させる操作。
ジャッキアップ	Jack up	英語の Jack-up(s) は、SEP 船のような昇降設備を備えた MOU (Mobile Offshore Unit) を指すが、本ガイドラインでは、SEP 船のレグ、スパッドカン等で構成される昇降設備、及び当該設備を用いて船体を上昇させる操作をジャッキアップという。
プレローディング	Preloading	SEP 船の十分な基礎（スパッドカン）の支持力を得る目的で、レグ/スパッドカンを所定の深さまで貫入させ、ジャッキアップ期間中に予想される最大荷重以上の負荷を試験的に作用させて支持力の評価を行う作業。
パンチスルー	Punch Through	SEP 船のレグを貫入したとき、海底地盤の支持力（耐力）の不足により、レグが突き抜けてしまう現象。
SEP 船	Self-Elevating Platform	1.6.2 の定義を参照。
沈下	Settlement	SEP 船のレグが、当該レグの昇降操作なしに海底地盤に沈むこと。
スパッドカン	Spudcan	SEP 船のレグの底部に設けられた構造物。海底地盤と接触するスパッドカンの底面は、基礎のフーチング部に相当する。
標準貫入試験	Standard Penetration Test: SPT	地盤の工学的性質（N 値）を求めるため、及び試料を採取するために実施される試験。標準貫入試験を実施するためにはボーリングが必要となる。

11.2.2

SEP 船により洋上にパイル基礎等を設置する場合は、(SEP 船の位置決め) → (レグの降下) → (レグのタッチダウン) → (レグの貫入) → (プレローディング) → (プレロードバラストの除去) → (適切なエアギャップを確保できるまでジャッキアップ) というプロセスを経て設置作業が実施される。設置作業が終了した場合は、(フローティング状態となるまで船体をジャッキダウン) → (レグの引き抜き) → (レグのリフトオフ) → (レグの上昇) というプロセスを経てレグが船体に固定され、SEP 船は次の設置サイトに移動する (図 11-1 参照)。本章では、このようなプロセスを説明するため、ジャッキアップ、ジャッキダウン、タッチダウン、リフトオフ等の用語が使用される。

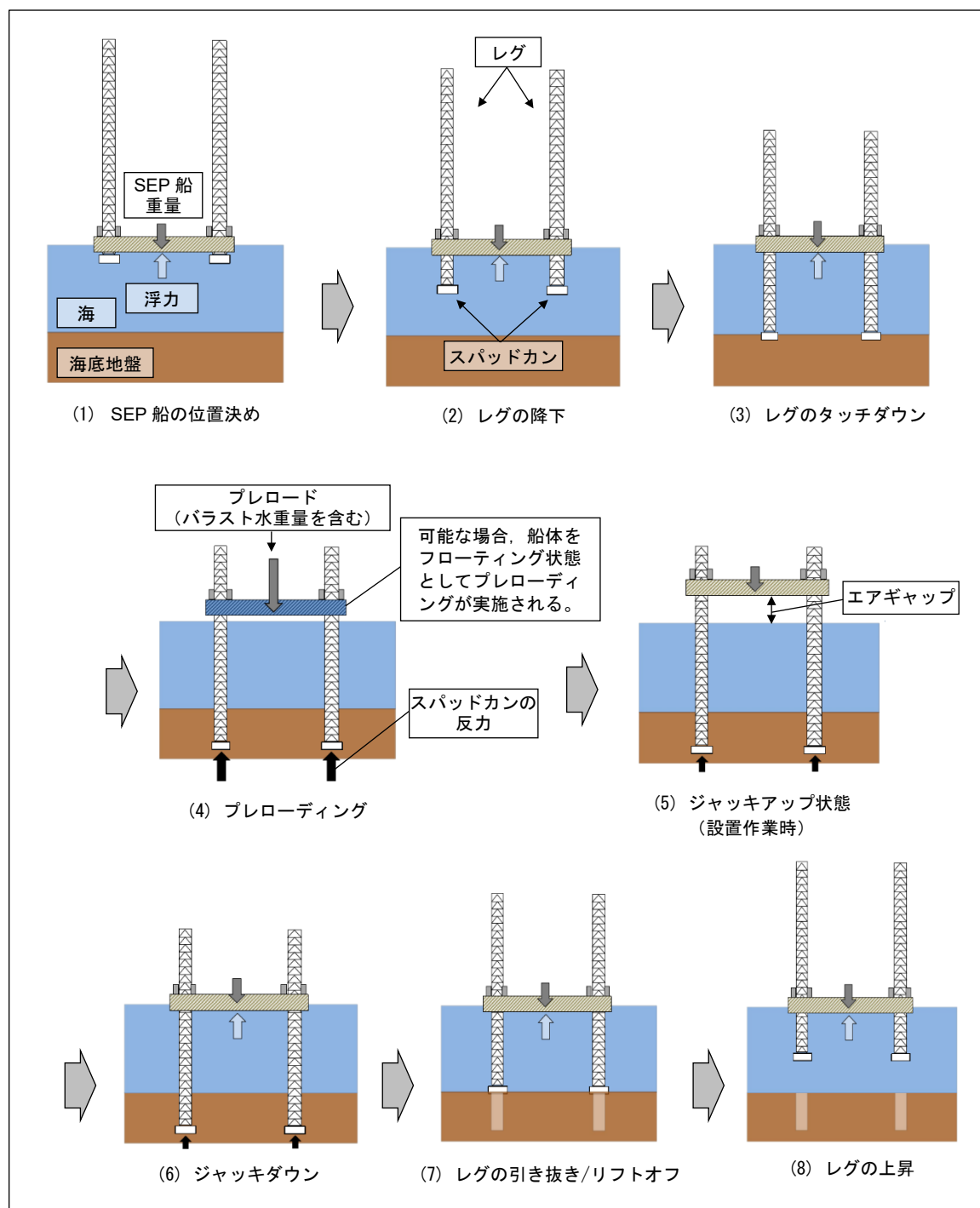


図 11-1 SEP 船及びジャッキアップレグの状態

11.3 計画

11.3.1 一般

11.3.1.1

一般的な計画に関する要件は2章、環境条件、作業中止基準等については3章を参照すること。

11.3.1.2

洋上ウィンドファームの建設を目的としてジャッキアップ作業を行う場合は、環境条件及び作業の内容を考慮し、ジャッキアップ場所を特定しなければならない。一般には、目的に応じて、表 11-2 の場所でジャッキアップが実施される。

表 11-2 SEP 船のジャッキアップ場所

作業等	ジャッキアップ場所
積出し	埠頭岸壁
洋上風車の設置	洋上風車設置サイト
暴風時の避難	埠頭岸壁、泊地又は洋上風車設置サイト

11.3.1.3

前 11.3.1.2 のジャッキアップ場所では、地盤を予め調査し、プレローディングが可能であることを確認しておかなければならない。地盤が不良である場合は、プレローディングができず、従ってジャッキアップ状態での作業ができない可能性がある。

11.3.1.4

SEP 船を選択する際は、使用する予定の SEP 船に装備されているレグの長さのリザーブ（reserve、予備長さ）が十分であることを確認しておかなければならない。レグの作業期間中における最大降下長さを考慮し、上部ガイドよりも上方にあるレグは少なくとも 1.5m のリザーブを有するものでなければならない（ISO 19905-1）。

11.3.1.5

SEP 船による洋上風車設置作業は、通常、気象に制限される作業（2章参照）として計画される。気象に制限される作業とする場合は、8.3.2.2 により、SEP 船の位置決めから設置作業を終了してサイトを離れるまでの各作業に対して作業中止基準を定めなければならない。特に、ジャッキアップレグのタッチダウン（図 11-1 (3) 参照）やリフトオフ（図 11-1 (7) 参照）は、波高の作業中止基準を低い値に設定して慎重に行わなければならない。

11.3.1.6

ジャッキアップを実施する場所（11.3.1.2 参照）では、計画されたプレローディングが実施されなければならない。プレローディング手順書は、環境条件、当該場所の地盤特性、及び当該場所で開催される作業等の条件を考慮し、後述の 11.6 の計算に基づいたものでなければならない。

11.3.1.7

ジャッキアップを実施する場所（11.3.1.2 参照）では、いかなる作業条件（又は、退避時の条件）であっても、SEP 船の安定性が確保されなければならない。安定性の計算は、環境条件、当該場所の地盤特性、及び実施される作業等の条件を考慮し、11.7 及び 11.8 の計算に基づいたものでなければならない。

11.3.1.8

SEP 船をジャッキアップ状態とする場合は、そのときの潮位及び波高を考慮し、最小エアギャップを定めておかなければならない。

ればならない。最小エアギャップは、海面上で最大波頂高（解説参照）+0.5m の高さとするのが推奨される。最大波頂高は、SEP 船を使用する作業が気象に制限される作業（2章参照）である場合は、作業限界の波の最大波頂高、台風等の暴風時に岸壁でジャッキアップ状態とする場合は、10年再現の波の最大波頂高とすべきである。最小エアギャップは、作業マニュアルにも明記しておかなければならない。

【解説】

ここでいう「作業限界の波の最大波頂高」とは、サイトで作業期間中に想定される通常の波の最大波頂高のことであり、再現期間を考慮せずに設定することができる（2.6.7参照）。この波に対する船体の安全性は、最小エアギャップを最大波頂高+0.5m の高さとすることで確保される。作業中止基準を超える波の状態では作業を実施することができないので、最大波頂高は、船体強度及び SEP 船の安定性に影響を及ぼさない範囲で、高めの値として設定しておくことが望ましい。

11.3.1.9

計画時には、プレローディング時及び実作業時を通じて、ジャッキアップ作業に関連する（SEP 船上での）監視項目を定めなければならない。また、定められた監視項目をそのクライテリアと共に作業マニュアルに記載しなければならない。一般に、次の項目が監視対象となる。

- スパッドカンの貫入量
- スパッドカンに作用する荷重
- 船体の傾斜（附属書 11C.2.8 参照）
- トラス構造のレグの RPD（Rack phase Difference, 附属書 11C.2.5 参照）

11.3.1.10

岸壁での荷役作業をジャッキアップ状態で実施する場合であって、前回のジャッキアップ作業で生じたフットプリントを利用し、そのフットプリントの場所でジャッキアップする場合はその手順を明確にしなければならない。前回のフットプリントから離れた場所でジャッキアップする場合は、どれだけの距離を離すかを含め手順を明確にしなければならない。作成した手順は作業マニュアルに含めなければならない。

11.3.2 作業マニュアル

11.3.2.1

ジャッキアップに関する作業マニュアルは、その内容を 8 章（設置）の 8.3 に定める設置マニュアルに含めてもよいが、独立した作業マニュアルとしてもよい。

11.3.2.2

作業マニュアルには、次の項目を含めることとする。

- SEP 船の一般仕様、作業水深及び環境条件に関する制限の設定
- SEP 船の一般配置図（平面図及び立面図）及び区画割り
- 船体及び設備、レグ及びスパッドカンの重量及び CoG
- タンクテーブル
- 変動荷重（移動する構造物の重量等）に関する情報
- 重量及び CoG の制限を与えるローディングインストラクション（ジャッキアップ時の積み付け計算を含む）
- ジャッキアップシステムの詳細及びジャッキング作業前の確認作業
- ジャッキアップレグのリザーブの計算（11.3.1.4 参照）
- サイトへ向かう/サイトから離れるための制限（レグ引き抜き中の制限等）

- プレローディング手順書（スパッドカン反力の制限を含む）
- ジェットティングシステムのレイアウト及び作業手順
- 機器及びシステムの保守スケジュール，構造物の検査スケジュール

11.3.2.3

作業マニュアル及び作業マニュアルの中の各種手順書・インストラクションは，作業又は操作のステップ図を用いて説明されたものとすべきである。

11.4 海底地盤の調査

11.4.1 一般

11.4.1.1

洋上ウィンドファームの建設では、一般に、表 11-3 及び図 11-2 に示す海底面及び海底地盤の調査が実施される（調査方法の詳細については附属書 11A を参照のこと）。SEP 船のジャッキアップ場所については、洋上風車に近接してジャッキアップを行う場合は、一般にこれらの調査結果が活用される。

表 11-3 代表的な海底面及び海底地盤の調査方法

分類 1	分類 2	探査/試験の方法
物理探査	深浅測量/海底地形調査	マルチビーム音響測深
	海底面状態の調査	サイドスキャンソナー探査
	地層探査/サブボトムプロファイリング	音波探査
地盤調査	原位置試験	標準貫入試験（SPT）：JIS A 1219
		PS 検層：JGS 1122
		孔内水平載荷試験：JGS 1421
		コーン貫入試験（CPT）：JGS 1435
	サンプリング試料による室内試験	各種の物理試験及び力学試験

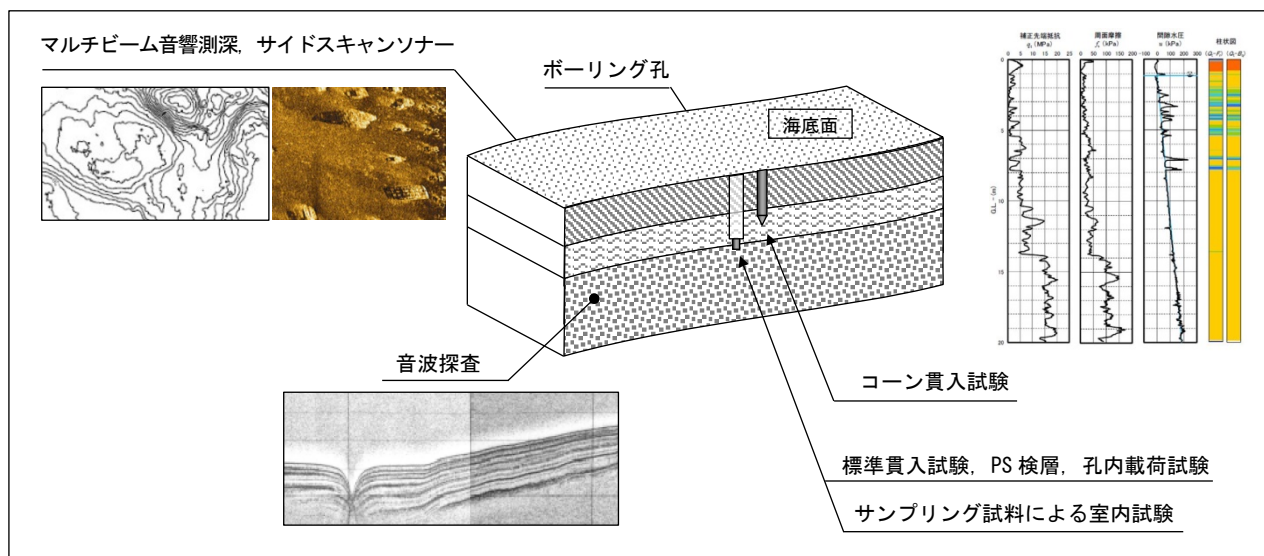


図 11-2 代表的な海底面及び海底地盤の調査方法のイメージ

11.4.1.2

地盤調査のうち、原位置試験にはボーリングを伴うものと、伴わないものがある。SPT の場合は、掘削と貫入試験の繰返しとなるが、CPT の場合はコーンを連続的に貫入することができる。乱れの少ない試料の採取は、掘削の孔底から一般に固定ピストン式シンウォールサンプラー（JGS 1221）を用いて実施される（図 11-3 参照）。

【解説】

SPT の下部に設置されているサンプラー（SPT サンプラー）による試料は、「乱れの少ない試料」とならないことから、土質の判別等に限定して使用される。

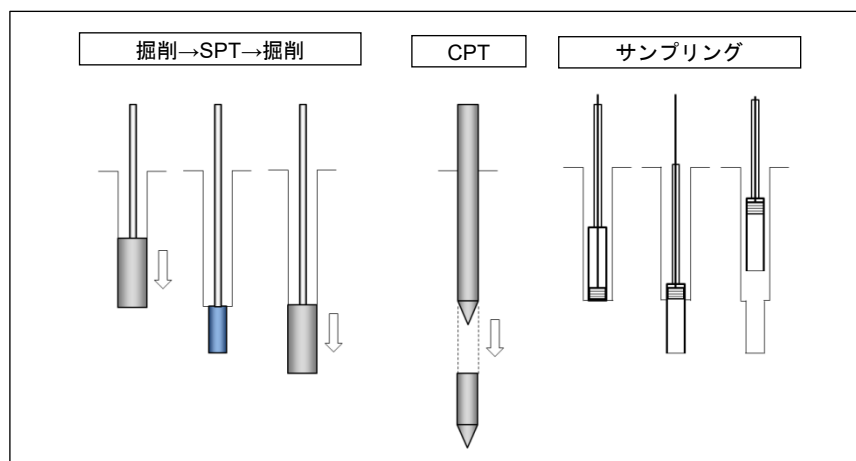


図 11-3 SPT, CPT 及びサンプリングの方法

11.4.1.3

洋上ウィンドファームの建設のため、一般に実施される室内（土質）試験を表 11-4 に示す。これらの試験の中で、一部の物理試験（湿潤密度試験）とすべての力学試験は、乱れの少ない試料を採取し、室内試験に「乱さない試料」として供されるものでなければならない。

表 11-4 室内（土質）試験

分類	試験	試験規格	試料の状態 ¹⁾	試験で得られる特性/地盤定数
物理 試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202	△	土粒子の密度: ρ_s
	土の含水比試験	JIS A1203	△	含水比: w
	土の粒度試験	JIS A 1204	△	粒径加積曲線
	土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205	△	液性限界: w_L , 塑性限界: w_P , 塑性指数: I_P
	土の湿潤密度試験	JIS A 1225	○	湿潤密度: ρ_t (単位体積重量: γ)
力学 試験	土の一軸圧縮試験	JIS A 1216	○	一軸圧縮強さ: q_u , 変形係数: E_{50}
	土の圧密試験	JIS A 1217	○	圧密係数: c_v , 圧縮指数: C_c , 体積圧縮係数: m_v , 圧密降伏応力: P_c
	土の非圧密非排水 (UU) 三軸圧縮試験	JGS 0521	○	粘性土の粘着力: c_u , せん断抵抗角: ϕ_u
	土の圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験	JGS 0524	○	粘着力: c_d , せん断抵抗角: ϕ_d
	土の繰返し非排水三軸試験	JGS 0541	○	液状化強度特性
	土の繰返し三軸圧縮試験	JGS 0542	○	動的変形特性

注1) 乱さない試料: ○, 乱した試料: △

11.4.1.4

海底面調査は、特に建設/掘削作業海域又は移動堆積物が存在する海域では、内容が古い可能性がある。概して、ほとんどのサイト調査は 6 ヶ月後には無効となり、サイドスキャンソナー及びスワス測深の再実施が必要となる。海底面調査が洋上風車設置の 6 か月よりも前に実施されており、かつ、その後、当該海域に海底ハザードを生じるような活動に関する情報が得られた場合は、海底面調査を再度実施しなければならない。

11.4.1.5

ジャッキアップが実施される海底面及び海底面の下に UXO (不発弾), パイプライン, ケーブル又はその他の金属破片 (debris) の存在が懸念される場合は、必要に応じて磁気探査を実施しなければならない。

11.4.1.6

地層探査及び地盤調査（原位置試験及びサンプリング）が実施される場合は、海底下 30m 以上の深さ、又は、予想されるジャッキアップレグ貫入量にスパッドカン直径の 1.5 倍を加えた深さまで調査されなければならない。

11.4.2 洋上ウィンドファームの建設を目的としてジャッキアップ作業を行う場合のサイト調査に関する要件

11.4.2.1 ジャッキアップ場所

11.4.2.1.1

ジャッキアップ場所の座標（緯度及び経度）は、度分秒の単位で提供されなければならない。緯度及び経度の座標は、少なくとも小数点以下 2 桁（できれば 3 桁）の精度で示されることが望ましい。計画の時点でジャッキアップ場所が確定していない場合は、洋上風車設置場所との概略の位置関係を示すこととして差し支えない（11.4.2.4.2 参照）。

11.4.2.1.2

ジャッキアップ場所の水深は、日本の海域では、最低水面（Datum Line: DL）又は港湾管理用基準面（海図の基準面，Chart Datum Line: CDL）で提供されなければならない。

【解説】

海外では、一般に最低天文潮位（LAT）が使用される。

11.4.2.2 海底面の調査

11.4.2.2.1

洋上風車設置サイトにおけるジャッキアップ場所の海底面は、洋上ウィンドファームの建設のために実施した海底面調査（マルチビーム音響測深及びサイドスキャンソナー探査）の結果を活用して調査を行うこととする。

11.4.2.2.2

埠頭岸壁（又は泊地）でジャッキアップが実施される場合、当該場所の海底面は、港湾のデータを活用して調査を行うこととするが、適切なデータが存在しない場合は、独自に調査を行わなければならない。調査の方法としては、ROV や潜水土による調査であっても適切な方法として認められる。

11.4.2.3 海底地盤の調査

11.4.2.3.1

洋上風車設置サイトにおけるジャッキアップ場所の地盤については、SEP 船のジャッキアップ作業が洋上風車設置場所と近接して実施されることから、通常は洋上風車設置場所の地盤データを活用できる。洋上風車設置場所の地盤の例を図 11-4 に示す。この例では、最初に一次調査を実施してゾーニングを行い、次に、このゾーニングに基づいて二次調査を実施している。一次調査として標準貫入試験（SPT）とコーン貫入試験（CPT）を実施し、地形データ、物理探査データとを併せて設置場所をゾーンⅠ～ゾーンⅣに区分している。二次調査では、傾斜が緩いゾーンⅠで CPT を追加し、複雑な地形であるゾーンⅣで SPT を追加している。

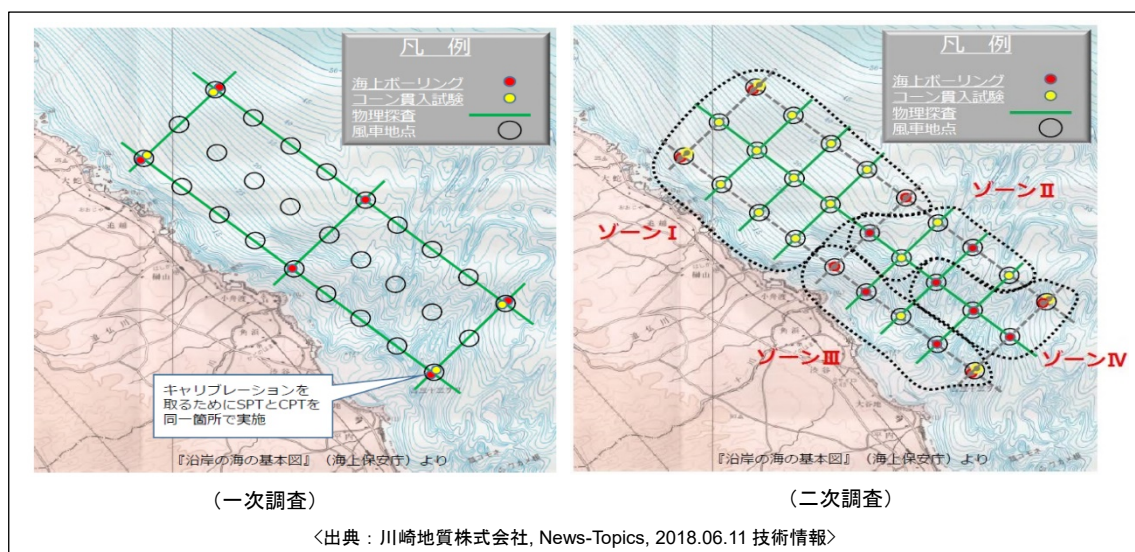


図 11-4 洋上風車設置場所の地盤調査のイメージ

11.4.2.3.2

前 11.4.2.3.1 にかかわらず、地形及び地層が複雑であるため、近接する洋上風車の設置場所の地盤データからジャッキアップ場所の地盤データを推定できないような場所ではジャッキアップは避けるべきであるが、他に候補となる適切な場所がなく、ジャッキアップ場所とせざるを得ない状況の場合は、当該場所で適切な原位置試験を追加すべきである。原位置試験としては、コーン貫入試験（CPT）が一般的である。1 個所で CPT を実施する場合は、複数のジャッキアップレグの中央の場所とすることが望ましい。

11.4.2.4 サイト調査報告書

11.4.2.4.1

サイト調査報告書は、原則として、すべてのジャッキアップ場所について次の情報を含むものでなければならない。

- (a) 緯度、経度及び水深
- (b) 海底面調査（マルチビーム音響測深及びサイドスキャンソナー）の結果
- (c) 地層探査（音波探査）の結果
- (d) 地盤調査（原位置試験及びサンプリングによる室内試験）の結果

11.4.2.4.2

前 11.3.2.4.1 で、洋上風車設置場所に近接したジャッキアップ場所については、洋上風車設置場所に対するサイト調査報告を活用して差し支えないが、地層断面図を用いて洋上風車設置場所とジャッキアップの候補場所との位置関係を明示すること（位置関係を示した例を図 11-5 に示す）。ただし、11.4.2.3.2 により追加で原位置試験が実施された場合は、その場所のサイト調査報告書を報告しなければならない。

11.4.2.4.3

前 11.4.2.4.1 (b) の海底面調査の結果は、マルチビーム音響測深の場合は等深線図で、サイドスキャンソナーの場合はモザイク図でジャッキアップ場所周辺の状況を示すものでなければならない。海底面上に障害物が発見された場合は、障害物の場所を特定し、障害物の種類を推定した結果を報告書に記載しなければならない。

11.4.2.4.4

前 11.4.2.4.1 (c) の地層探査（音波探査）の結果は，探査記録にボーリング調査結果等を考慮した音響層序区分の解釈を書き加えた地層断面図（解釈図）として示すものでなければならない。

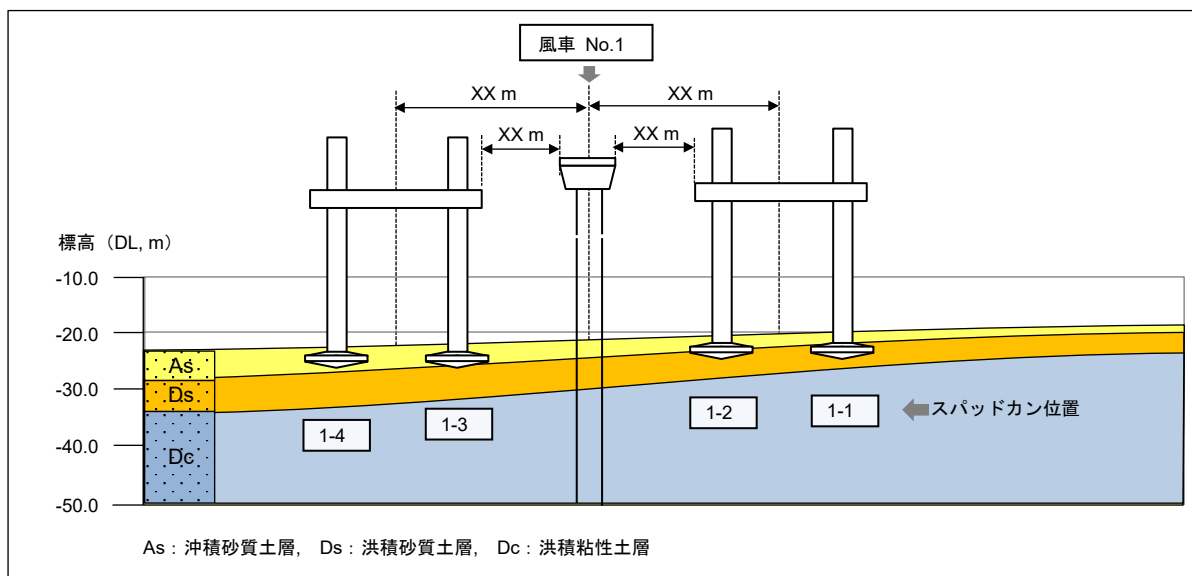


図 11-5 洋上風車設置場所付近のジャッキアップ候補場

11.4.2.4.5

前 11.4.2.4.1 (d) の地盤調査の結果は，実施された各試験の測定値（表 11-5 参照）を最低水面（DL 又は CDL）からの深さ及び又は海底面からの深さ，柱状図（土質区分）とともにグラフで示すべきである。

表 11-5 地盤調査結果の表示

試験	測定値
(a) 標準貫入試験 (SPT)	N 値
(b) コーン貫入試験 (CPT)	コーン抵抗: $q_c^{(1)}$, 周面摩擦抵抗: f_s , 間隙水圧: u
(c) 土の湿潤密度試験	単位体積重量: γ_t
(d) 土の一軸圧縮試験 ²⁾	粘性土の一軸圧縮強さ: q_u
(e) 土の非圧密非排水 (UU) 三軸圧縮試験 ²⁾	粘性土の粘着力（非排水せん断強さ）: c_u
(f) 土の圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験	砂質土の排水せん断抵抗角: ϕ_d
注1) 補正コーン抵抗: q_t を含めることが推奨される。	
注2) 粘性土の場合は (d) 又は (e) のどちらかを表示することとして差し支えない。	

11.5 スパッドカンの極限支持力・貫入量曲線

11.5.1

すべてのジャッキアップ場所に対するスパッドカンの極限支持力・貫入量曲線（以下、支持力曲線 (bearing capacity curve) という。）を作成しなければならない。支持力曲線は、縦軸に海底面からの貫入量を取り、横軸はスパッドカンの極限鉛直支持力 (ultimate vertical bearing capacity) をとったものでなければならない。（附属書 11B 参照）。

洋上風車設置場所付近のジャッキアップでジャッキアップ場所が確定していない場合は、例えば、洋上風車設置場所付近の土層の厚さの変化が大きいラインの地層断面図でジャッキアップ候補場所のスパッドカン位置を選択し、その位置での支持力曲線を作成することとして差し支えない。図 11-5 でスパッドカン位置 (1-1～1-4) における支持力曲線の例を図 11-6 に示す。図 11-6 は、各土層 (As, Ds 及び Dc) の地盤定数 (特性値) はスパッドカン位置で同一のものとし、土層の厚さのみを変化させたときの支持力の変化傾向を示したものである。実際にこのスパッドカン位置で貫入が行われなくても、プレローディングの際は十分参考になるものと考えられる。

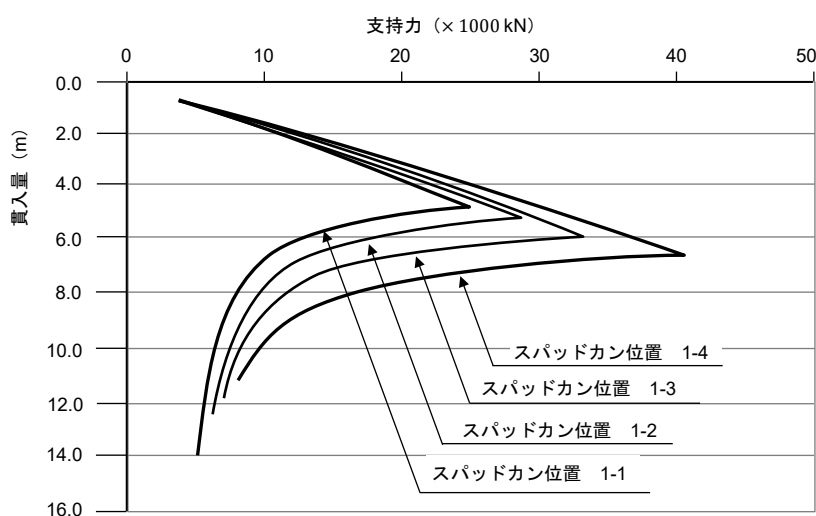


図 11-6 支持力曲線の例

11.5.2

前 11.5.1 の規定にかかわらず、ジャッキアップ場所の海底面付近の地盤が十分厚い砂質土層からなる場合、ジャッキアップ場所での支持力曲線は洋上風車設置場所の地盤定数 (特性値) を使用し、代表的な 1 本の曲線として差し支えない (図 11-7 参照)。

【解説】

砂地盤の場合、リグ等で使用されているスパッドカン (直径: 10m～20m) の貫入量は一般に 3m 以下となることが知られていることから、このような簡易的な支持力曲線であっても実用上問題となることはない。

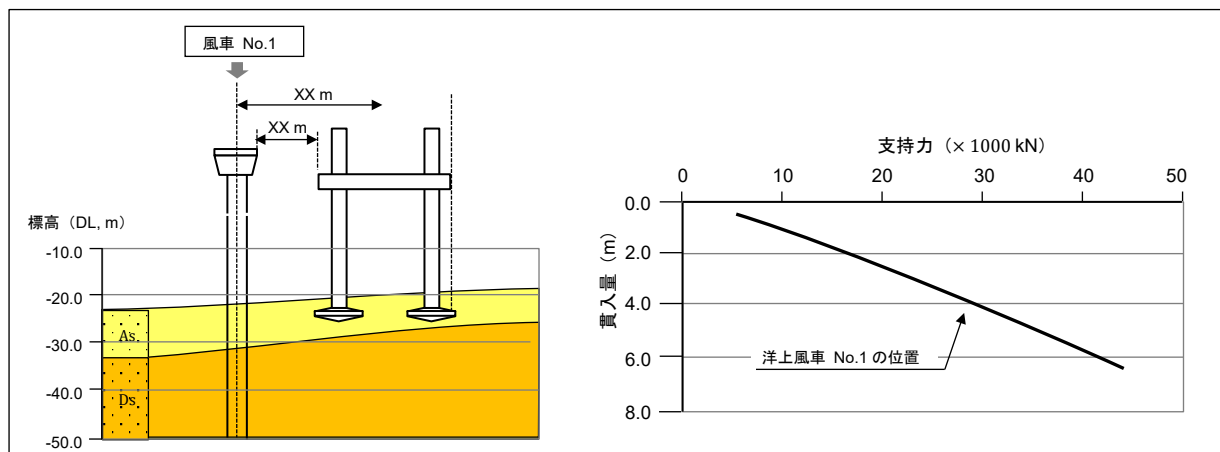


図 11-7 砂地盤に対する支持力曲線の例

11.5.3

前 11.5.1 で、ジャッキアップ場所の地盤データを洋上風車設置場所の地盤データから推定することが困難な場合（すなわち、地形及び地層が複雑な場合）は、ジャッキアップ場所での原位置試験が要求され（11.4.2.3.2 参照）、支持力曲線もこの原位置試験の結果に基づいたものでなければならない。

11.5.4

プレローディング時及び暴風時に問題となるのは、フーチング荷重（スパッドカンの下面に作用する荷重）及びその増大によるスパッドカンのパンチスルー（punch through）と急速貫入（rapid rate of penetration）である。図 11-8 (a) のように支持力曲線が湾曲しており、ピーク支持力となる貫入量を超えて貫入が行われる場合はパンチスルーが発生する。また、図 11-8 (b) のような急勾配の支持力曲線のもとで貫入を行う場合は、急速貫入が発生する可能性がある。上記のリスクを考慮し、ジャッキアップ場所の支持力曲線は、できるだけ高精度なものとしなければならない。可能な場合は、支持力曲線に上限と下限の範囲を設けることが望ましい。

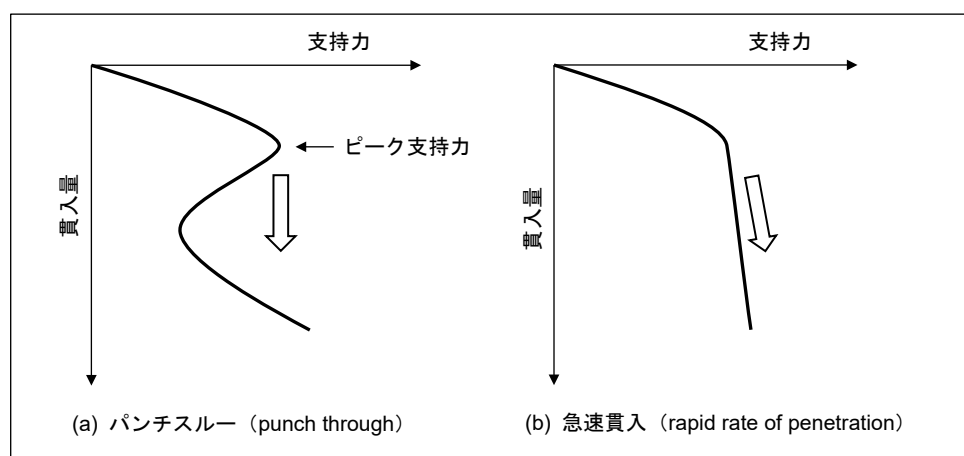


図 11-8 パンチスルー/急速貫入が生じる可能性がある支持力曲線

11.5.5

支持力曲線は、次のどちらか大きい方の深さ（貫入量）まで描かれるものでなければならない。

- プレローディング時の最大プレロード反力の 1.5 倍に相当する貫入量；又は

- ・ プレローディング時の最大貫入量の 1.5 倍

ただし、パンチスルーが生じる可能性がある場合、すなわちプレローディング時に予想される最大プレロード反力の 1.5 倍の値がピーク支持力を超える場合は、パンチスルー発生後の貫入量を予測できるように描かれるものでなければならない。

11.5.6

支持力曲線に支持力のピークが存在する場合（すなわち、パンチスルーが生じる可能性がある場合）、ジャッキアップ状態のときにスパッドカンに作用する最大の鉛直方向荷重 F_V （例えば、暴風時の荷重）によりパンチスルーが生じないようにするためには、 F_V は次式を満たすものでなければならない（図 11-9 参照）

$$F_V < \frac{V_{peak}}{\gamma_{peak}}$$

ここで、

F_V : ジャッキアップ状態のときにスパッドカンに作用する最大の鉛直方向荷重

V_{peak} : 支持力曲線におけるピーク支持力

γ_{peak} : ピーク支持力に対する安全係数 ($\gamma_{peak} = 1.5$)

また、プレローディング時には、この F_V に安全余裕を見込んで目標支持力 V_{L0} を設定し、この目標支持力が得られるまでスパッドカンを貫入させることになるので、プレローディング時の安全性を考えると、 V_{L0} についても V_{peak}/γ_{peak} 未満となるようにすべきである。

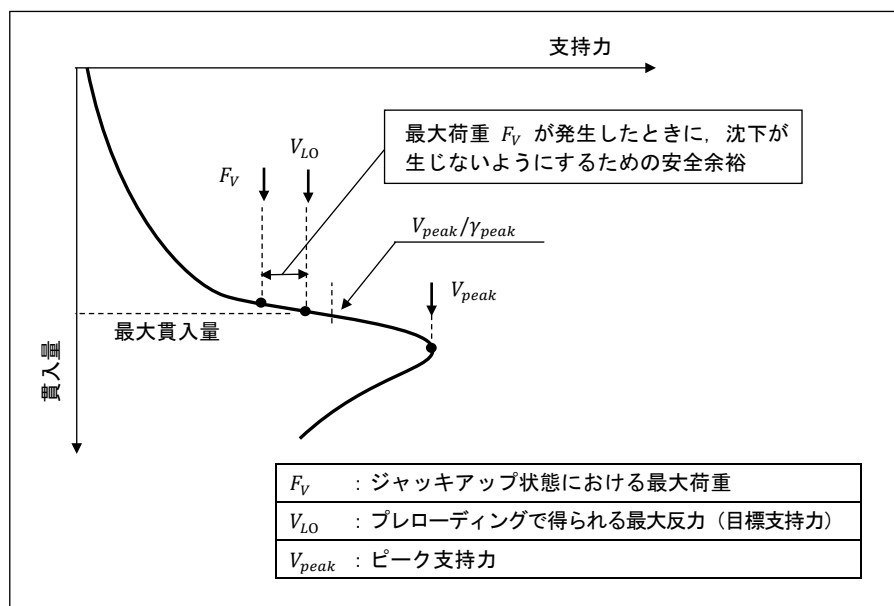


図 11-9 プレローディング時の最大反力（目標支持力）

11.6 プレローディングの方法及び安全性

11.6.1 プレローディングの目標値の計算

11.6.1.1

プレローディングを実施する場合は、ジャッキアップ状態で起こり得る最大の荷重及び荷重の組合せを想定してスパッドカンに作用する鉛直方向の最大荷重 F_V を推定し、これに安全余裕を見込んで目標支持力 V_{L0} が設定される。プレローディング時には、この目標支持力が得られるまで安全にスパッドカンを海底地盤に貫入させなければならない。ジャッキアップ作業を気象に制限される作業（2章参照）とし、台風等の暴風時の退避のため埠頭岸壁等でジャッキアップ状態とすることが計画されている場合は、それぞれの場所で目標支持力を設定しなければならない。

11.6.1.2

スパッドカンに作用する最大荷重 F_V の計算方法について、以下に示す。

SEP 船に作用する荷重を永続荷重、変動機能荷重及び環境荷重の3種類に分類した場合、組合せ荷重は次の一般式で表される。

$$F_d = \sum_i F_{di} = \sum_i \gamma_i \cdot F_{ci}$$

ここで、

F_d : 組合せ荷重

F_{di} : 設計荷重 (F_{d1} : 永続荷重, F_{d2} : 変動機能荷重, F_{d3} : 環境荷重)

γ_i : 荷重係数 (安全係数)

F_{ci} : 特性荷重 (荷重の特性値)

前 11.6.1.1 の計画の場合の環境条件は表 11-6 のように表される。

表 11-6 環境条件

設計条件		環境条件		
場所	想定される作業等	風	波	潮流 ¹⁾
風車設置サイト	吊作業	作業限界 ²⁾	作業限界 ²⁾	作業限界 ²⁾
埠頭岸壁	吊作業	作業限界 ²⁾	作業限界 ²⁾	作業限界 ²⁾
埠頭岸壁	暴風からの退避	10年 ³⁾	10年 ³⁾	10年 ³⁾
注:				
1) 円筒形状のレグが使用される場合は、渦励振 (Vortex Induced Vibration: VIV) の影響を考慮したものでなければならない。				
2) 2章に定める作業限界 OP_{LIM} を参照。				
3) 表中の年数は再現期間を意味する。				

荷重係数は表 11-7 で与えられる。

表 11-7 荷重係数

設計条件		永続荷重 ¹⁾	変動機能荷重 ²⁾	環境荷重
場所	想定される作業等			
風車設置サイト	吊作業 ³⁾	1.0	1.0	1.0
埠頭岸壁	吊作業 ³⁾	1.0	1.0	1.0
埠頭岸壁	暴風からの退避	1.0	1.0	1.25
注:				
1) フローティング状態でプレローディングを実施する場合、浮力は永続荷重に含まれる。				
2) バラスト水や吊作業による荷重は変動機能荷重に含まれる。				
3) 吊荷重は、作業期間内でクレーン側のスパッドカンの反力が最大となる状況を想定したものでなければならない。吊荷重は DAF (6章参照) を含めたものでなければならない。				

11.6.1.3

前 11.6.1.2 の荷重及び荷重ケースに基づき、各ジャッキアップ場所でスパッドカンに作用する最大荷重 F_V を計算し、これに安全余裕を見込んで目標支持力 V_{L0} を設定しなければならない。また、目標支持力は、プレローディング手順書に明記しておかなければならない。

11.6.1.4

プレローディングは、前 11.6.1.3 の目標支持力が得られるようにバラストを調整して実施される。プレローディング手順書には、目標支持力を得るための重量・重心位置の表及びバラスト配置についても記載しておかなければならない。

11.6.2 プレローディングの実施

11.6.2.1

プレローディングにおいては、支持力曲線を参照しながら、目標支持力が得られるまで確実に、かつ安全にスパッドカンを海底地盤に貫入しなければならない。可能な場合は、船体をフローティング状態とする貫入が推奨される。

11.6.2.2

貫入の途中で、実際の（支持力、貫入量）のポイント（以下、「実際の荷重点」という。）の支持力曲線からのズレが確認された場合は、実際の荷重点が正しいものとして既定の支持力曲線を補正し、補正された支持力曲線に基づき、目標支持力が得られるまで貫入作業を実施しなければならない。

11.6.3 レグ及びスパッドカンの強度

11.6.3.1

目標支持力は、SEP 船の設計文書に記載の定格荷重（又は、最大許容荷重）以下であることが確認されなければならない。

11.6.4 パンチスルーからの回復（recovery）

11.6.4.1

パンチスルーが発生する可能性がある場所では、附属書 11C の推奨事項を参考に、パンチスルー発生後に SEP 船を回復する方針又は手順を策定しておく必要がある。

11.7 SEP 船の安定性評価に使用される荷重及び荷重ケース

11.7.1

SEP 船の安定性に関する計算では、ジャッキアップ状態で起こり得る最大の荷重及び荷重の組合せを想定し、安定性の計算で使用されるスパッドカンに作用する荷重を計算しなければならない。ジャッキアップ作業を気象に制限される作業（2 章参照）とし、台風等の暴風時の退避のため埠頭岸壁等でジャッキアップ状態とすることが計画されている場合は、それぞれの場所でスパッドカンに作用する荷重を計算しなければならない。

11.7.2

安定性の計算において、環境条件及び荷重ケース（荷重係数を含む）の設定は、表 11-6 及び表 11-7 に従うこととする。

11.7.3

前 11.7.2 の組合せ荷重により、スパッドカンに作用する鉛直方向の力 F_V 及び水平方向の力 F_H を計算しなければならない。スパッドカンのフィキシティ (11.8.2.5 参照) を考慮する場合はモーメント F_M も計算しなければならない。これらの力及びモーメントが 11.8 に示すクライテリアを満足する場合、SEP 船の安定性は十分なものと判断される。

11.8 SEP 船の安定性評価

11.8.1 安定性評価の方法

11.8.1.1

スパッドカンの安定性は、表 11-8 の評価レベルを使用し、11.7 の荷重ケースによりスパッドカンに作用する力 F_H 、 F_V 及びモーメント F_M について評価されなければならない。表 11-8 ではレベル 1～レベル 3 の評価レベルが示されており、下位レベル（番号の低いレベル）ほど保守的ではあるが、簡易的なチェック方法である。下位レベルのチェックがスパッドカンの受け入れクライテリアを満足した場合、スパッドカンの安定性は十分なものと判断されるが、満足しない場合であってもその上位レベル（番号が高いレベル）のチェックが受け入れクライテリアを満足した場合、スパッドカンの安定性は十分なものと判断される（図 11-10 参照）。

表 11-8 スパッドカンの安定性評価のレベル

評価レベル	評価の方法	
レベル 1		すべてのレグをピン支承とする応答解析による反力を使用した、プレロード及び風上側レグのチェック。ステップ 1a 及びステップ 1b は両方ともレベル 1 チェックのために完了しなければならない。
	ステップ 1a	プリローディング時の支持力に基づく風下側レグの支持力チェック（11.8.2.2 参照）。風下側のレグのプレロードチェックは、正味の極限鉛直支持力がプリローディング時の最大スパッドカン反力に等しいという前提に基づいている。最大プレロードが適用された後に発生するバックフィル $W_{BF,A}$ の水中重量に注意する必要がある。通常、プリロード後のバックフィル $W_{BF,A}$ は不確かなものであるため、保守的に考え、風上側のレグではなく風下側のレグに含めるべきである。
	ステップ 1b	風上側レグのスライディングチェック（11.8.2.3 参照）。風上側のレグのチェックは、最小鉛直反力の条件の下でスライディングに対する安定性が十分なものであることを確認しなければならない。
レベル 2		このチェックでは、ステップ 2a～ステップ 2c の 3 つのステップのいずれかを完了する必要がある。ただし、レベル 2c については、レベル 3a のチェックを加えた上で評価しなければならない。
	ステップ 2a	ピン支承のスパッドカンを想定した、鉛直・水平方向の支持力チェック及びスライディングチェック（11.8.2.4 参照）。すべてのレグの支持力と風上側のレグのスライディングに対して、スパッドカンに対する鉛直及び水平方向の組合せ力をチェックしなければならない。ステップ 2a の解析では、スパッドカンがピン支承であることを考慮し、モーメントは無視される。
	ステップ 2b	鉛直、水平及び回転方向（回転方向の剛性低下を考慮）の支持力チェック及びスライディングチェック（11.8.2.5 参照）。スパッドカンに対する鉛直及び水平方向の組合せ力をチェックしなければならない。反力は、フィキシティの条件を有するスパッドカンに対して決定され、これにより、モーメントと垂直・水平方向の反力との相互作用が降伏関数（陰関数）の使用を通じてチェックされる。
	ステップ 2c	鉛直、水平及び回転方向（鉛直、水平及び回転方向の剛性低下を考慮）の支持力チェック及びスライディングチェック（11.8.2.5 参照）。ステップ 2c のチェックに加え、レベル 3 の変位チェックを実施しなければならない。
レベル 3		変位チェック（11.8.2.6 参照）。このチェックでは、次の 2 つのステップのいずれかを完了する必要がある。
	ステップ 3a	スパッドカンの支持力・貫入量曲線を使用した簡易的なチェック。支持力曲線を使用し、風下側のレグの付加的な沈下が推定される。また、風上側のレグのスライディングが調査される。付加的な沈下とスライディングにより、基礎の反力の大きさと分布が変化する。変位依存効果を含め、構造に対する影響を評価しなければならない。
	ステップ 3b	鉛直、水平及び回転方向の自由度で結合された SEP 船（レグ及びスパッドカン）と非線形基礎の数値解析（有限要素法によるアプローチ等）が要求される。土質及び構造物の非線形応答を含む構造モデルを使用して実施しなければならない。

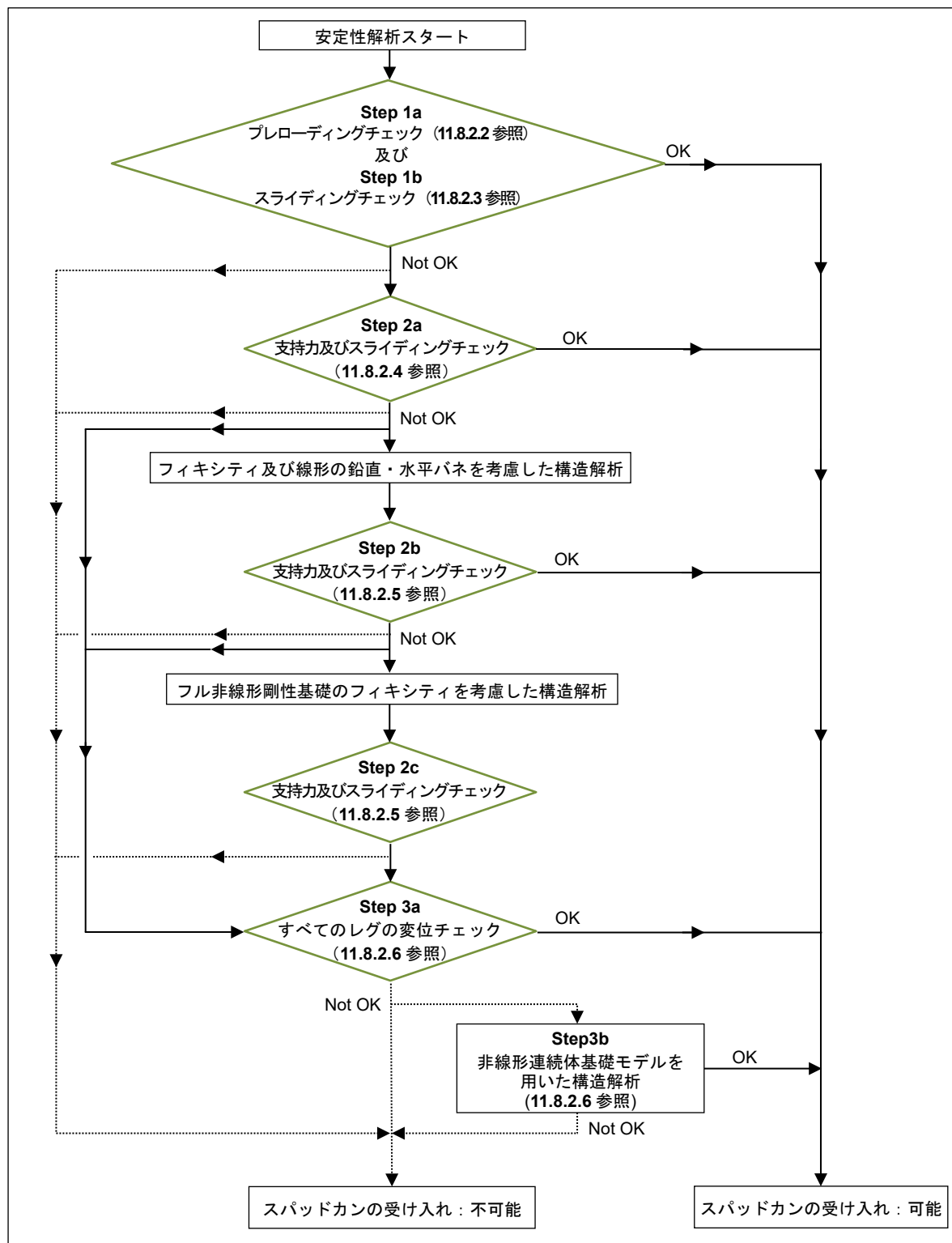


図 11-10 スパッドカンの安定性チェックに関するフローチャート

11.8.1.2

レベル 1, ステップ 1a : 風下側レグの鉛直荷重に対する極限支持力チェック (ピン支承のスパッドカン)

プレロードチェック (稼働時又は暴風時にスパッドカンに作用する力が安全率を考慮したプレロード以下となっていることの確認) は, 風下側のレグのスパッドカンに作用する水平方向の力 F_H が F_{H1} (表 11-9 を参照) 以下 (すなわち, $F_H \leq F_{H1}$) であり, すべてのスパッドカンピン支承とする解析モデルから力が決定される場合のみ適用する必要がある。最大の鉛直方向の力 F_V は, 次式に適合すべきである (図 11-11 参照)。

(i) バックフィルがない場合

$$F_V = V_{st} - B_S$$

$$F_V < \frac{V_{L0}}{\gamma_{R,PRE}} - B_S$$

(ii) バックフィルがある場合

$$F_V = V_{st} + W_{BF,0} + W_{BF,A} - B_S$$

$$F_V < \frac{V_{L0}}{\gamma_{R,PRE}} + W_{BF,0} - B_S$$

ここで,

F_V	: 11.7 の荷重ケースに従ってスパッドカンの下の土質に作用する鉛直方向の力
V_{st}	: 11.7 の荷重ケースに従ってスパッドカンに加えられる鉛直方向の力 (安全係数を含む準静的な荷重, レグ重量等を含む)
B_S	: フーチング領域の下スパッドカンの土質浮力 (すなわち, スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) の深さ D より下のスパッドカンで置き換わる土質の水中重量, 図 11-11 参照)
V_{L0}	: プレローディング時にスパッドカンに加えられる鉛直方向の力
$\gamma_{R,PRE}$	: プレロード抵抗係数 (安全係数) $\gamma_{R,PRE} = 1.10$
$W_{BF,0}$	: プレローディング時のバックフィルの水中重量
$W_{BF,A}$	: 最大プレロードが適用された後に生じると予想されるバックフィルの水中重量

表 11-9 ステップ 1a の支持力チェックにおける水平方向支持力の上限 F_{H1}

土質タイプ	スパッドカンの貫入状態	ステップ 1a を適用するための F_H の上限 ($= F_{H1}$)
砂質土	一部	$[0.1 - 0.07(B_{eff}/B_{max})^2]Q_{Vnet}^{1)2)}$
	全部	$0.03Q_{Vnet}^{2)}$
粘性土	一部/全部	$0.03Q_{Vnet}^{2)}$

注:

- 1) B_{eff} : スパッドカンの海底面における等価直径, B_{max} : スパッドカンの最大等価直径。
- 2) Q_{Vnet} は地盤の極限鉛直支持力 Q_V (附属書 11B 参照) から, 深さ D における有効上載圧 (有効土被り圧) の成分を差し引いた値であり, 次式で表される。

$$Q_{Vnet} = Q_V - \gamma' \cdot A \cdot D$$

ここで,

Q_{Vnet}	: 地盤の正味 (net) の極限鉛直支持力
Q_V	: 地盤の極限鉛直支持力
γ'	: 土質の単位体積重量
A	: スパッドカンの最大等価断面積
D	: スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) の貫入深さ

ただし, 砂質土でスパッドカンの貫入状態が「一部」の場合は, ステップ 1a のチェックに限り, $Q_{Vnet} = V_{L0}$ とすることができる。

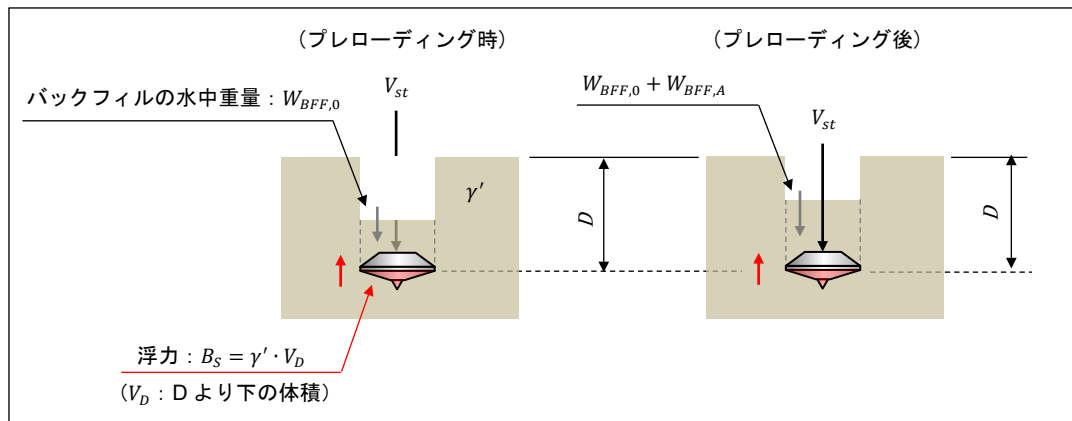


図 11-11 ステップ 1a の計算に使用されるパラメータ

11.8.1.3

レベル 1, ステップ 1b: 風上側レグのスライディングチェック (ピン支承のスパッドカン)

風上側レグのチェックは、風上側レグのスパッドカンに作用する水平方向の力 F_H が F_{H1} (表 11-9 参照) 以下 (すなわち, $F_H \leq F_{H1}$) の場合に適用される。この場合、風上側レグのスパッドカンに作用する反力が次式を満たしていれば、風上側レグのスライディングに関する安定性は十分なものと判断される。

$$F_V > \left(1 - \frac{1}{\gamma_{R,PRE}}\right) \cdot Q_V = 0.09 \cdot Q_V$$

ここで、

- F_V : 11.7 の荷重ケースに従ってスパッドカンの下の土質に作用する鉛直方向の力 (スパッドカンの反力)
- Q_V : 地盤の極限鉛直支持力
- $\gamma_{R,PRE}$: プレロード耐力係数 (安全係数) $\gamma_{R,PRE} = 1.10$

ただし、砂質土地盤においては、このチェックは砂質土の有効せん断抵抗角が $\phi' \geq 25^\circ$ の場合に有効であり、 $\phi' < 25^\circ$ の場合はステップ 2 のスライディングチェックを実施すべきである。

【解説】

ここでいう「スライディングチェック」とは、スパッドカンの滑動防止を意図したものであるが、摩擦係数を設定して計算する通常の滑動防止とは計算方法が異なるため、本ガイドラインでは「スライディングチェック」として示すことにした。なお、この計算式を満足する場合は、滑動だけでなく転倒も防止できることになる。

11.8.1.4

レベル 2, ステップ 2a: スパッドカンの支持力及びスライディングのチェック (ピン支承のスパッドカン)

11.8.1.4.1

ステップ 2a: スパッドカンの支持力チェック

スパッドカンが水平方向の力 F_H とモーメント F_M を同時に受けた場合、 Q_V (地盤の極限鉛直支持力) の低下が生じる。ピン支承 ($F_M = 0$) の場合、スパッドカンの極限鉛直・水平支持力エンベロープ (ultimate vertical-horizontal foundation capacity envelope, 安全係数を含まない) は次式で与えられる。

$$\left(\frac{F_H}{Q_V}\right)^2 - 16(1-a)\left(\frac{F_V}{Q_V}\right)^2\left(1 - \frac{F_V}{Q_V}\right)^2 - 4a\left(\frac{F_V}{Q_V}\right)\left(1 - \frac{F_V}{Q_V}\right) = 0$$

ここで,

- F_H : 11.7 の荷重ケースに従ってスパッドカンの下土質に作用する水平方向の力(スパッドカンの反力)
 Q_H : 地盤の極限水平支持力 (Q_{Vnet} の関数として表される。ISO 19905-1 参照)
 F_V : 11.7 の荷重ケースに従ってスパッドカンの下土質に作用する鉛直方向の力(スパッドカンの反力)
 Q_V : 地盤の極限鉛直支持力
 a : 貫入深さによる補間パラメータ (表 11-10 参照)

表 11-10 a の値

地盤	a
粘性土	$a = D/2.5B$ ($D < 2.5B$ の場合)
	$a = 1.0$ ($D \geq 2.5B$ の場合)
砂質土	$a = 0$
注) D : 貫入深さ, B : スパッドカンの最大等価直径	

すべてのスパッドカンに作用する反力が安全係数を含む極限鉛直・水平支持力エンベロープの内部にある場合、スパッドカンの支持力に関する安定性は十分なものと判断される。

安全係数を含む極限鉛直・水平支持力エンベロープは、上記のエンベロープを正味 (net) の反力がゼロとなる点 (すなわち, $F_H = 0$, $F_V = W_{BF,0} - B_S$ となる点) を原点として、部分抵抗係数 $\gamma_{R,VH}$ を用いてスケーリング (縮小) したものである。スパッドカンの安定性の余裕度は、荷重点 (F_H, F_V) の安全係数を含む極限鉛直・水平支持力エンベロープに対する距離で評価される。すなわち、荷重点のベクトルの絶対値は、安全係数を含む極限鉛直・水平支持力エンベロープのベクトルの絶対値と比較され、評価される。ベクトルの原点 (F_H, F_V)_{ORG} は任意であるが、通常は鉛直支持力軸上に $0.5 \cdot Q_V / \gamma_{R,VH}$ の大きさの点としてとるのが一般的である (図 11-12 参照)。スパッドカンの安定性を評価する式を以下に示す。

$$|(F_H, F_V) - (F_H, F_V)_{ORG}| \leq |Q_{VH,f} - (F_H, F_V)_{ORG}|$$

ここで,

- (F_H, F_V) : 安全係数を含む環境荷重による応答ポイント
 $(F_H, F_V)_{ORG}$: 支持力の余裕度を評価するために使用される原点 ($H = 0$, $V = 0.5 \cdot Q_V / \gamma_{R,VH}$ の点)

ここで,

- H : 水平方向の反力又は支持力 (耐力)
 V : 鉛直方向の反力又は支持力 (耐力)
 Q_V : 地盤の極限鉛直支持力
 $\gamma_{R,VH}$: 鉛直・水平支持力の部分耐力係数 ($\gamma_{R,VH} = 1.1$)
 $Q_{VH,f}$: $(F_H, F_V)_{ORG}$ を原点として (F_H, F_V) を通るベクトルが安全係数を含む鉛直・水平支持力線と交差する点 (安全係数を含む鉛直・水平支持力線は、正味の反力がゼロとなる点 (0 , $W_{BF,0} - B_S$) を原点として安全係数を含まない支持力線の座標値を $\gamma_{R,VH}$ で割ることにより求められる)
 $|\dots|$: ベクトルの絶対値

11.8.1.4.2

ステップ 2a: スパッドカンのスライディングチェック

ステップ 2a では、前 11.8.2.4.1 に加え、スライディングチェックを使用してスパッドカンの安定性を評価する必要がある。スパッドカンのスライディングに関する安定性を評価する式を以下に示す。

$$|(F_H, F_V) - (F_H, F_V)_{ORG}| \leq |Q_{VH,f} - (F_H, F_V)_{ORG}|$$

ここで、 $Q_{VH,f}$ は、 $(F_H, F_V)_{ORG}$ を原点として (F_H, F_V) を通るベクトルが安全係数を含むスライディング抵抗線と交差する点であり、安全係数を含むスライディング抵抗線は、スパッドカンのスライディング抵抗 Q_{HS} の水平方向の座標

値を、部分耐力係数 $\gamma_{R,Hfc}$ で割ることにより求められる。

スライディング抵抗 Q_{Hs} は、砂質土の場合は F_V に比例する式で表され、粘性土の場合は Q_H に等しい（ISO 19905-1 参照）。部分耐力係数 $\gamma_{R,Hfc}$ の値は砂質土と粘性土で異なり、それぞれ $\gamma_{R,Hfc}=1.25$ 及び $\gamma_{R,Hfc}=1.56$ とする。図 11-12 で、スライディング抵抗線は、3 及び 4 の直線で表される。

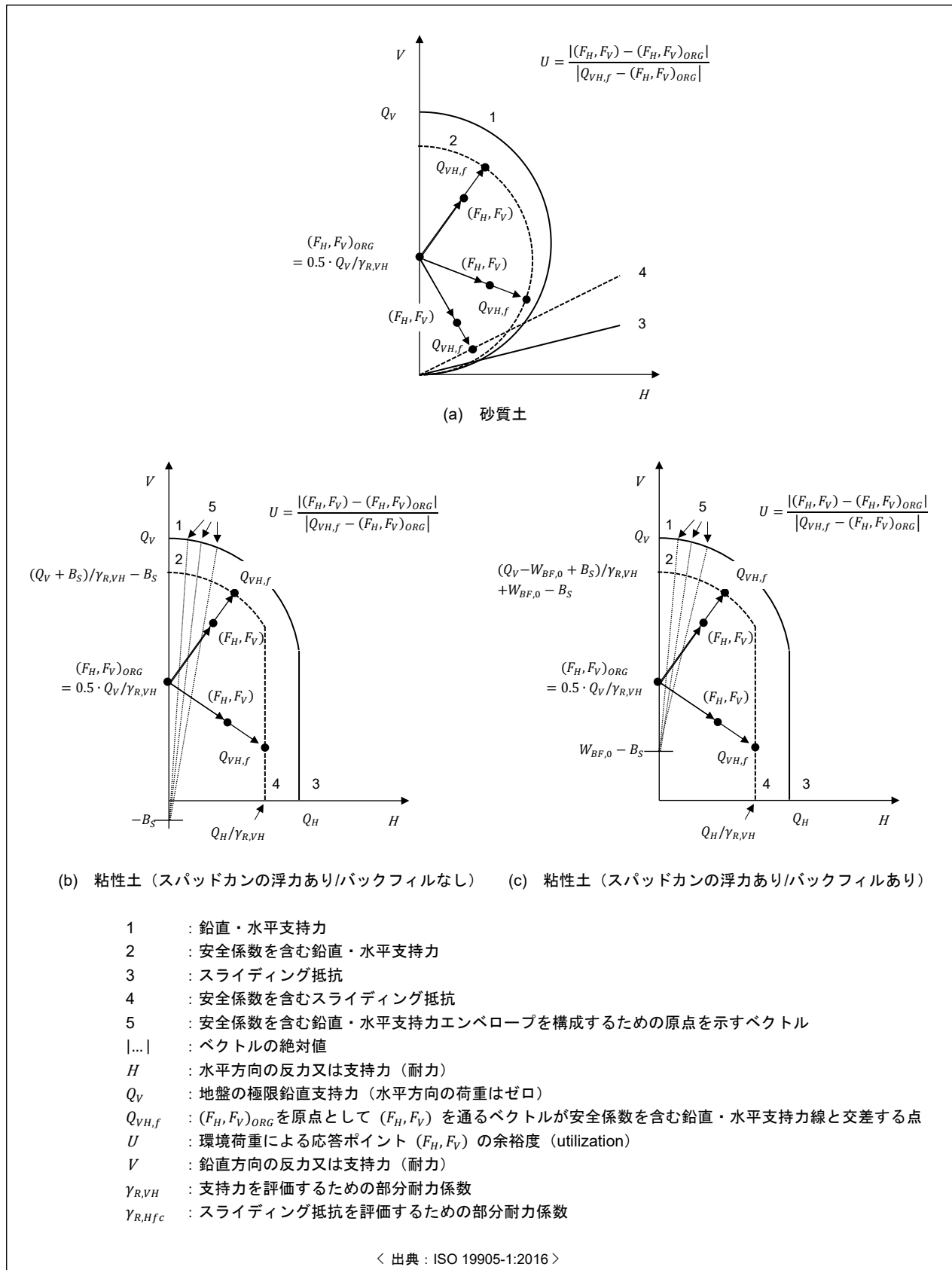


図 11-12 スパッドカンの鉛直・水平支持力エンベロープ

11.8.1.5

レベル 2, ステップ 2b 及びステップ 2c: スパッドカンの支持力及びスライディングのチェック (フィキシティ及び鉛直・水平方向の剛性を有するスパッドカン)

ステップ 2b 及びステップ 2c のチェックの場合, スパッドカンに作用する力 F_H , F_V 及びモーメント F_M は, フィキシティ (fixity) といわれるフーチング部の回転剛性 (図 11-13 参照) を考慮して求めたものでなければならない。他の事項を含め, 詳細については ISO 19905-1:2016, 附属書 A.9.3.6.5 の要件に従うこと。

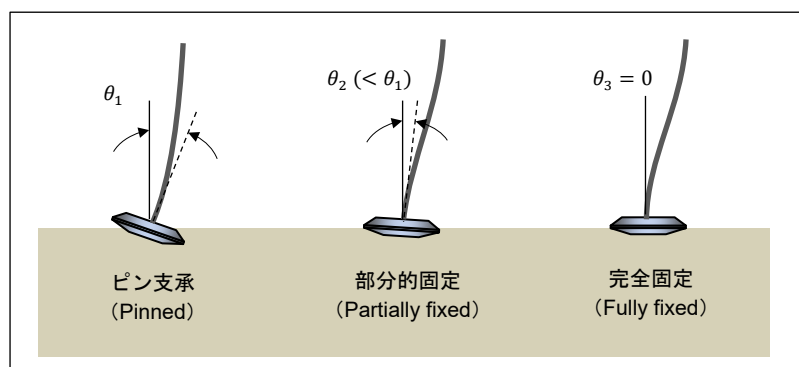


図 11-13 フィキシティ (fixity) の概念

11.8.1.6

レベル 3, ステップ 3a 及びステップ 3b: 変位のチェック (過度のスパッドカン支持力により生じる沈下)

ISO 19905-1:2016, 附属書 A.9.3.6.6 の要件に従うこと。

11.9 要求される情報

11.9.1 図面及び技術情報

11.9.1.1

承認用として、次の図面及び技術情報を提出すべきである。

- (1) 作業マニュアル（11.3.2 参照）
- (2) SEP 船の一般仕様
- (3) 船体、ジャッキハウス、居室などを示す一般配置図（平面図及び立面図）、及び甲板上の設備
- (4) 甲板、隔壁及びフレームを含む船体図面
- (5) ジャッキハウス又はジャッキフレーム構造（船体との接続を示すこと）
- (6) 上部及び下部ガイド構造図
- (7) レグ構造図、スパッドカンの配置及び構造
- (8) 次の内容を含むジャッキング及び保持システムの配置及び仕様
 - ・ 動作原理
 - ・ ジャッキの上昇、下降及びプレローディングに対する能力
 - ・ ジャッキシステムの終局能力
 - ・ 保持システムの終局能力
- (9) タンク及びプレローディングに関する次の情報
 - ・ 容積及び位置を含むタンク配置
 - ・ デッキ上の変動荷重及び CoG
 - ・ 軽貨重量及び CoG
 - ・ タンク容積、ジャッキシステム、スパッドカン支持力等の限定条件
- (10) プレローディング手順書（極限支持力・貫入量曲線を含めること）
- (11) 安定性計算の結果
- (12) 承認が必要となる基礎条件の前提（必要に応じて）
- (13) SEP 船の疲労履歴（疲労に関する調査が必要となる場合）

注）(2)～(13)の中で、作業マニュアルに含まれる項目は提出を省略できる。

11.9.2 サイト特有の情報

11.9.2.1

特定場所におけるユニット及びその基礎の評価及び承認のため、次の情報を提出すべきである。

- ・ サイト調査報告書（11.4.2.4 参照）
- ・ スパッドカンの極限支持力・貫入量曲線（11.5 参照）に関する計算書

附属書 11A

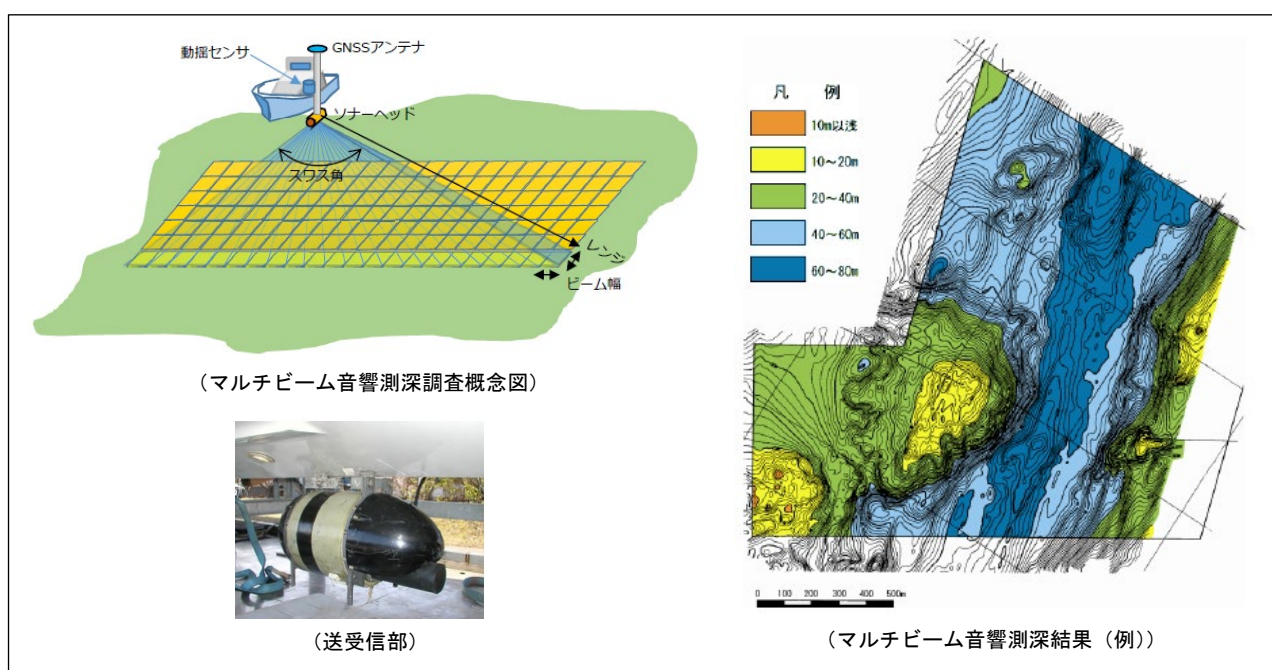
海底地盤の調査方法

11A.1 物理探査 (Geophysical site survey)

11A.1.1 深浅測量 (Bathymetric survey) / 海底地形調査 (Seafloor topography survey)

11A.1.1.1

ジャッキアップ場所の深浅測量/海底地形調査は、通常、マルチビーム音響測深装置 (図 11A-1 参照) を使用して実施される。調査は、洋上風車設置場所を含め広範囲にわたって実施される。マルチビーム音響測深では、海底に向け左右放射上に指向性の強い音響ビームを数百本配列し、船の進行方向とともに一度に多数点の水深を測定できる。スワス (swath) 測量の一種であり、スワス角 (スワスは「刈り幅」の意味) の範囲で測深できる。



＜ 出典：川崎地質株式会社, News-Topics, 2018.06.11 技術情報 ＞

図 11A-1 マルチビーム音響測深調査

11A.1.2 海底面調査 (Seabed surface survey)

11A.1.2.1

海底面調査 (海底面の底質や凹凸の調査) は、通常、サイドスキャンソナーを使用して実施される。サイドスキャンソナーは、調査船で曳航体と呼ばれるセンサを曳航し、曳航体の左右舷のトランスデューサから調査船の進行方向と直交する方向に指向性を有する超音波 (ビーム) を扇形に発振し、海底面からの反射波を受振するものである (図 11A-2 (a) 参照)。受振波を時系列順に振幅の違いに応じて濃淡で画像化し、移動方向に並べることでその濃淡パターンから底質や海底面上の物体を識別できる。一般に、泥などの軟らかい底質土では受振振幅が小さく、岩や礫などの硬い底質土では受振振幅は大きい (図 11A-2 (b) 参照)。マルチビーム音響測深は測深点の集まりとして海底面の起伏を表すものであるが、サイドスキャンソナーは音波のパルス幅を利用して強弱を取得しているため、(水深を測定することはできないが) 非常に細かい起伏や海底面の底質を表すことができる。

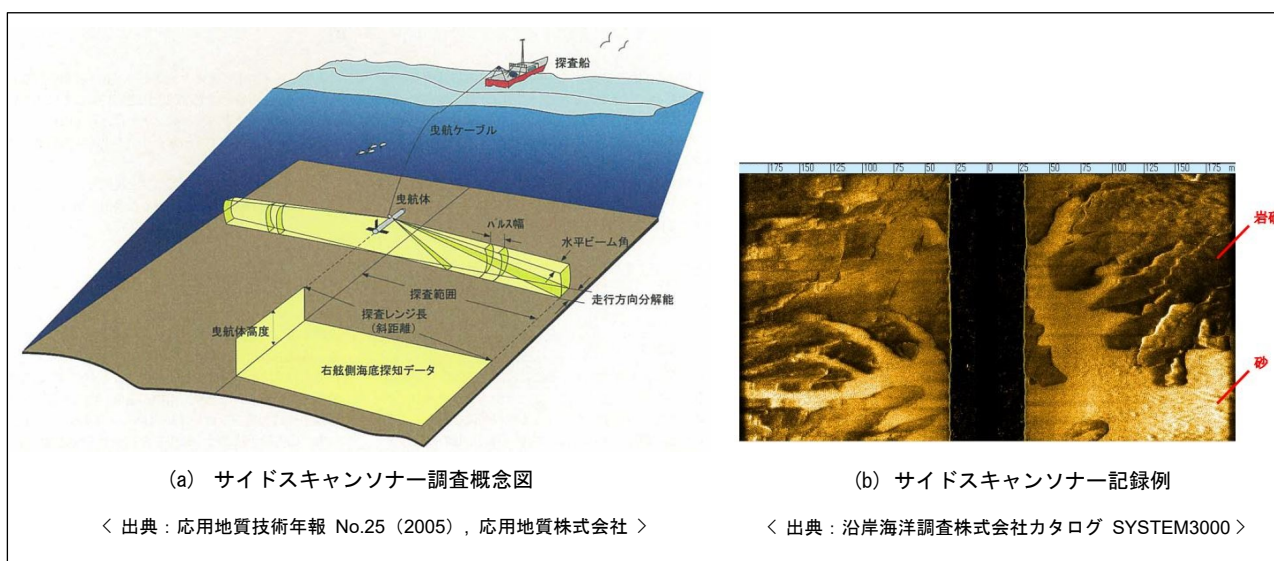


図 11A-2 サイドスキャンソナー調査

11A.1.2.2

磁気探査（magnetic prospecting 又は magnetic survey）は、海底面及び海底面の直下にある不発弾（UXO）、パイプライン、ケーブル又はその他の金属破片（debris）を検知する目的で実施される。一般に、数本の両コイル型磁気傾度計（センサ）を一定の間隔で木材・アルミ等の非磁性体の枠に固定し、これを観測船（又は、探査台船）から吊り下げて航行することにより測定される。測定は、曳航方式（台船方式）又は自航方式で実施するのが一般的であるが、金属探知機又は磁気探知機を用いて潜水士が行う場合もある。曳航方式の概念図を図 11A-3 に示す。

測定された磁気波形は連続的に記録され、磁気波形及び航跡から磁気異常点が見出され、検知された物体の位置と磁気量が求められる。測定できる（海底面からの）深度としては、一般に約 4m まで可能といわれている。

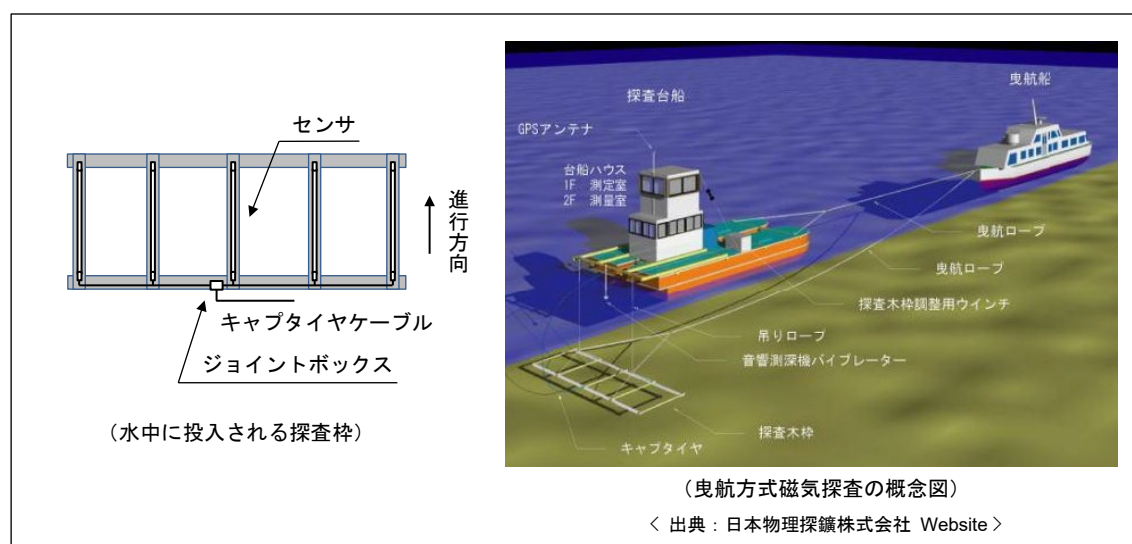


図 11A-3 磁気探査

11A.1.3 地層探査 (Stratum exploration) /サブボトムプロファイリング (Sub-bottom profiling)

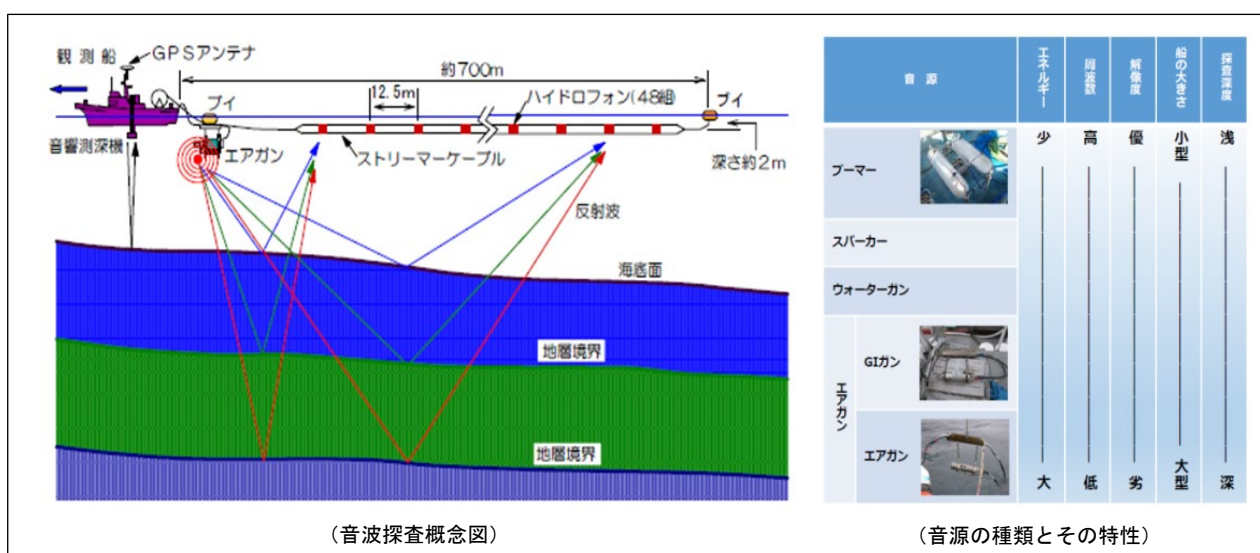
11A.1.3.1

地層探査（地盤調査のための物理探査）は、音波探査装置（又は反射法地震探査装置，図 11A-4 参照）を使用して実施される。

この調査の主要な目的は、海底面近くの一般的な地層構造を明らかにし、土質の変化を表す反射面（reflectors）を示すことである。ただし、層内に何があるかはわからないため、これを特定するには音波探査測線上のボーリング（又はCPT）の結果との相関関係が必要となる。地層探査のデータは、特定の場所に存在する浅層ガスも明らかにすることができる。音波探査では、調査目的（探査深度等）により、適切な音源（ブーマー、スパーカー、ウォーターガン、エアガン等）と受信ケーブルとの組合せを決めておかなければならない。

【解説】

音波を用いて地層の境目（反射面）を測定する方法は、一般に（陸上での測定を含め）「反射法地震探査」と呼ばれるが、海底下の地層を測定する場合は、通常、「音波探査」と呼ばれる。



＜ 出典：川崎地質株式会社, News-Topics, 2018.06.11 技術情報 ＞

図 11A-4 音波探査

11A.1.3.2

地層探査の結果は、すべての反射面とその反射面に関する情報を示す鉛直分布図（断面図）で示される。この断面図における地層の解釈は、作業を実施する責任を有し、力量を有する者によって実施されなければならない。

11A.2 原位置試験 (In-situ tests)

11A.2.1 一般

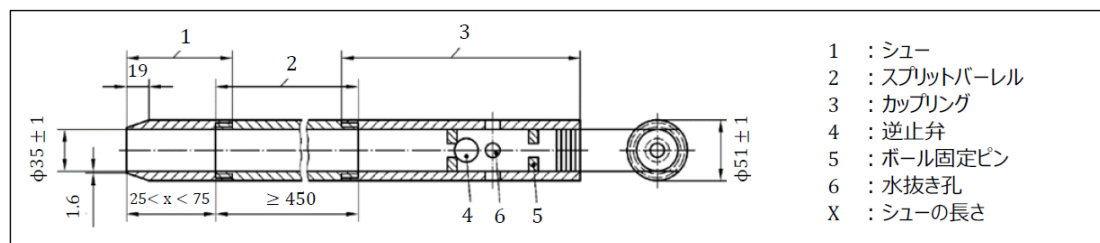
11A.2.1.1

地盤特性（定数）を得るため、原位置（現場）の海底下（ボーリング孔内を含む）で直接実施する試験を原位置試験という。この附属書では、原位置試験の例として標準貫入試験（Standard Penetration Test: SPT）、コーン貫入試験（Cone Penetration test: CPT）及びPS 検層（PS Well Logging）の概要をそれぞれ 11A2.2、11A2.3 及び 11A.2.4 に示す。

11A.2.2 標準貫入試験（SPT）

11A.2.2.1

標準貫入試験（SPT）は、土質の硬軟、締まり具合の判定、及び土層構成を把握するための試料の採取を目的として、地盤に SPT サンプラー（図 11A-5 参照）を動的に貫入する試験である。質量 63.5kg のハンマーを 760mm の高さからアンビル（打撃装置の一部）に落下させて SPT サンプラーを打ち込むことにより N 値（SPT サンプラーを 300mm 打ち込むのに必要な打撃回数）が得られる。日本の海域で原位置試験を行う場合は、標準貫入試験（SPT）が法的に要求される。



< 出典 : JIS A1219 標準貫入試験方法 >

図 11A-5 SPT サンプラーの縦断面

11A.2.2.2

標準貫入試験（SPT）を実施する場合は、ボーリング（掘削）が必須となる。JIS A1219 によれば、設計に用いる N 値を求めるためには、掘削孔径の直径を 65mm～150mm とすることが推奨されている。

11A.2.3 コーン貫入試験（CPT）

11A.2.3.1

コーン貫入試験（CPT）は、地盤工学会基準（JGS1435-2012）に基づき、直径約 36mm のコーンを地中に静的に（連続的に）圧入することにより、次の 3 成分を測定する試験方法（図 11A-6 参照）であり、電気式コーン貫入試験、又は三成分コーン貫入試験といわれる場合もある。

- コーン抵抗又は先端抵抗（cone resistance）： q_c
- 周面摩擦抵抗（sleeve friction）： f_s
- 間隙水圧（pore water pressure）： u

【解説】

海外では、コーン抵抗と周面摩擦抵抗を測定できるコーンを摩擦コーン（friction cone）、さらに間隙水圧を加えて測定できるものをピエゾコーン（piezocone）と呼んで識別する場合がある。試験の名称についても、ピエゾコーンを用いた試験を CPTU と称する場合があるが、日本国内ではピエゾコーンを使用するのが一般的であり、CPT といえば CPTU のことを指す。

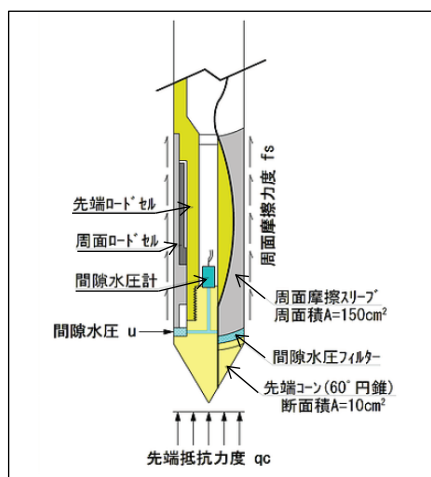
11A.2.3.2

電気式コーンのプローブには、間隙水圧を測定するためのフィルタが装備されている（図 11A-7 参照）。コーン貫入時には、フィルタ部分に間隙水圧が作用するため、測定された q_c は必要に応じて（すなわち、コーン抵抗の測定精度が問題となる場合は）次式に従って補正されるべきである。

$$q_t = q_c + u \cdot \left[1 - \frac{A_n}{A_p}\right]$$

ここで、

- q_t : 補正コーン抵抗又は補正先端抵抗（corrected cone resistance）
- q_c : コーン抵抗又は先端抵抗（cone resistance）
- u : 間隙水圧（pore pressure）
- A_n : ロードセル（フィルタ内側）の断面積（図 11A-7 参照）
- A_p : コーン外側の断面積（図 11A-7 参照）



＜ 出典：CPT 技術協会 Website, 三成分コーン貫入試験 ＞

図 11A-6 CPT コーンプローブ

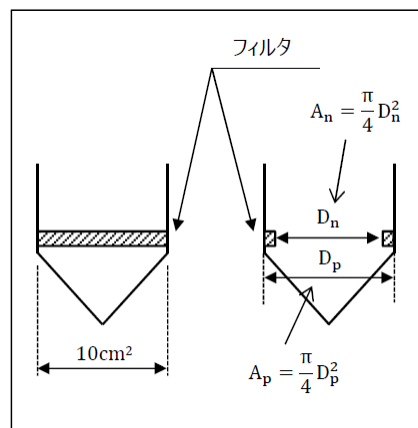
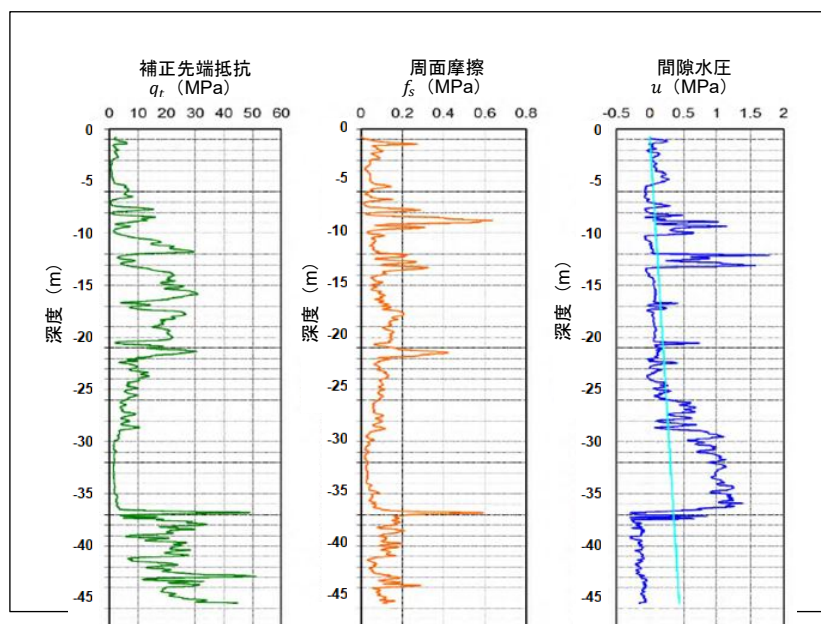


図 11A-7 コーン抵抗補正概念

11A.2.3.3

CPT の測定結果は、一般に、縦軸に最低水面（DL 又は CDL）からの深さ及び/又は海底面からの深さをとり、横軸に三成分（ q_c 及び/又は q_t , f_s 及び u ）の大きさをとって一覧図で表示される。一覧図の例を図 11-8 に示す。



< 出典：川崎地質株式会社, News-Topics, 2018.06.11 技術情報（一部表示変更あり） >

図 11A-8 CPT データの解析事例

11A.2.4 PS 検層又は弾性波速度検層

11A.2.4.1

PS 検層（PS Well Logging）は、工学的基盤面を特定するため、また弾性係数等の動的地盤定数を得るため、ボーリング孔を用いて地盤内を伝播する弾性波（P 波及び S 波）の深さ方向の速度を測定する方法であり、弾性波速度検層（Seismic Velocity Logging）といわれる場合もある。PS 検層には次の 2 つの測定方法がある。

(a) ダウンホール PS 検層

海底面に起振源を設置し、3 成分受振器（上下方向 1 成分、水平方向 2 成分）をボーリング孔内に設置・圧着した状態で、起振源からの弾性波動（P 波及び S 波）を測定する方法である。

(b) サスペンション PS 検層

漂游型の起振源 1 つと受振器 2 つをプローブ（ゾンデ）内に組み込み、ボーリング孔内の各深度で上部受振器と下部受振器の受振波形の位相の時間差から 2 点間の区間（1m）伝播速度を測定する方法である。洋上でサスペンション PS 検層を実施するときの概念図を図 11A-9 に示す。

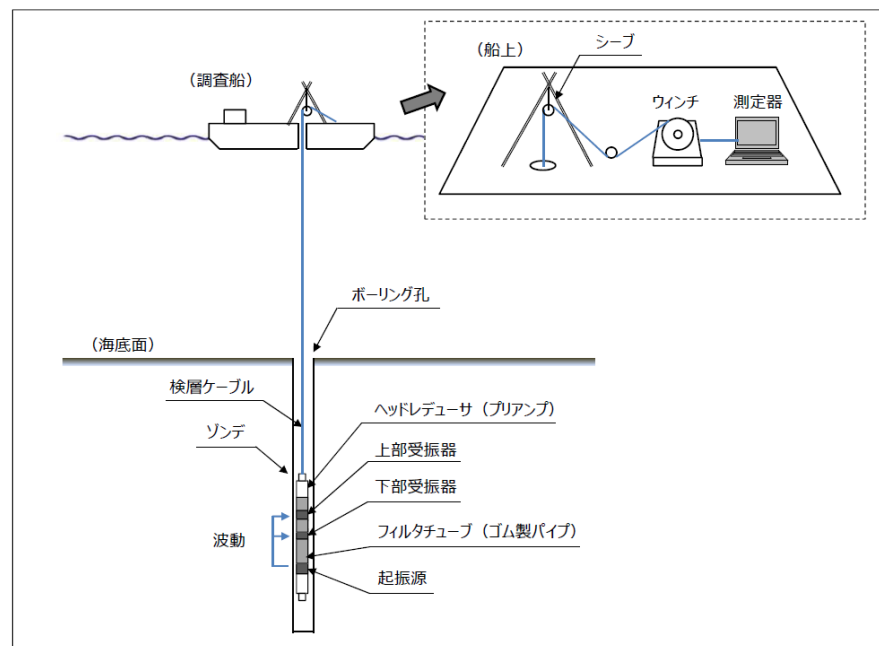


図 11A-9 洋上における PS 検層の概念図

11A.2.4.2

PS 検層の結果は、工学的基盤面の特定を目的とする場合は、一般に、縦軸に最低水面（DL 又は CDL）からの深さ及び/又は海底面からの深さをとり、横軸に N 値 及び S 波速度 V_s をとって一覧図で表示される。地盤定数を求めるのが目的である場合は、横軸に地盤定数の解析値（ヤング率 E_d 等）が追加される。

11A.3 土のせん断強さ

11A.3.1

土は、土粒子（固体）、水（液体）及び空気（気体）の3つの要素で構成される。このうち水と空気からなる部分を間隙、間隙の体積と土粒子の体積との比率を間隙比、間隙に含まれる水を間隙水という。また、間隙が完全に水で満たされている土を飽和土という。海底地盤のうち、海底面からある程度深い部分の土は飽和土と考えてよい。飽和土に外力が作用した場合、土に作用する応力（全応力）は次式のように有効応力と間隙水圧の和で表される。土の変形や破壊は有効応力によって決定される。

$$\sigma = \sigma' + u$$

ここで、

- σ : 全応力（total stress）：外力と釣り合う応力
- σ' : 有効応力（effective stress）：土の骨格構造に直接作用する垂直応力
- u : 間隙水圧（pore water pressure）：間隙水の圧力

11A.3.2

砂質土からなる海底地盤で、海底面から z の深度にある地点 A の土に作用する応力（圧力）を考える（図 11A-10 参照）。水深を d 、砂質土の湿潤単位体積重量及び水中単位体積重量をそれぞれ γ_t 及び γ' 、海水の単位体積重量を γ_w とすると、 $\gamma' = \gamma_t - \gamma_w$ （附属書 11B.3.1.3 参照）の関係より、地点 A の土に作用する全応力は次式で表される。

$$\sigma = \gamma_t \cdot z + \gamma_w \cdot d = (\gamma' + \gamma_w) \cdot z + \gamma_w \cdot d = \gamma' \cdot z + \gamma_w \cdot (z + d)$$

$\gamma_w \cdot (z + d)$ の項は間隙水圧 u に等しいことから、次式のように有効応力は水中単位体積重量と（海底面からの）深度の積で表されることがわかる。

$$\sigma' = \gamma' \cdot z$$

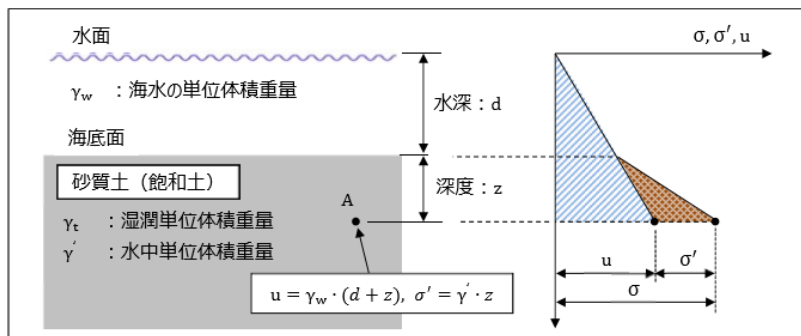


図 11A-10 海底土質に作用する有効応力

図 11A-5 の海底地盤に外力が作用した場合、土の変形とともに内部の間隙水圧が変化する。このように外力の作用によって生じる間隙水圧を過剰間隙水圧（excess pore water pressure）という。過剰間隙水圧の発生や消散の仕方は土の種類や状態で異なるが、通常は、土の透水性（permeability）により、排水（drained）と非排水（undrained）の2つの状態に分けて考えるのが一般的である。

砂質土のように透水性の高い土では、発生した過剰間隙水圧は排水によりすぐに消散してゼロとなり、間隙の体積は減少する。一方、粘性土のように透水性の低い土では、排水に時間を要するため過剰間隙水圧は容易に消散せず、間隙の体積の減少には長時間必要となる。このように、透水性の低い粘性土が外力を受け、間隙水を排水しながら長時間かけて体積が減少する現象を圧密（consolidation）という。

11A.3.3

土の要素に垂直応力 σ とせん断応力 τ が作用する場合、せん断応力により破壊が生じる条件は次のクーロン（Coulomb）の破壊規準で表される。

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$$

ここで、

- τ : 破壊時のせん断応力
- σ : 破壊時の垂直応力
- c : 土の粘着力（cohesion）
- ϕ : 土のせん断抵抗角（angle of shear resistance）又は内部摩擦角（internal friction angle）

クーロンの破壊規準は、図 11A-11 (b) の直線で表される。土要素に作用する (σ, τ) がこの直線上にある場合は、土が塑性つり合い状態（非可逆的な変形状態）にあることを示し、この直線の下にある場合は、土が弾性領域内（可逆的な変形状態）にあることを示している。土の種類により破壊規準線の傾向は異なる。図 11A-12 (b) は一般の土（普通土）の破壊規準線を示したものであるが、砂質土の破壊規準線は、グラフの切片（すなわち、粘着力 c ）をゼロとする直線で近似される。また、粘性土の破壊規準線はせん断抵抗角 ϕ をゼロとする直線で近似される。（図 11A-11 (c) 参照）。

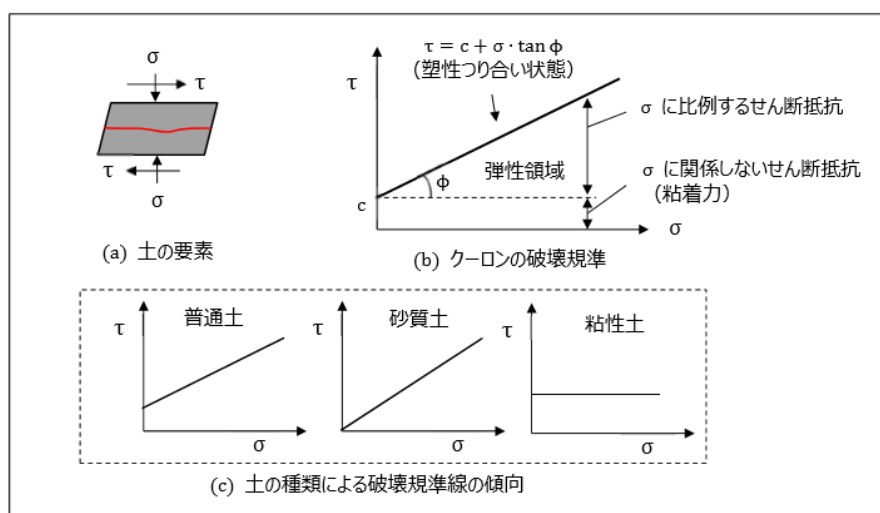


図 11A-11 クーロンの破壊規準

11A.3.4

図 11A-12 (a) のように、方形の土要素で水平及び鉛直方向にそれぞれ σ_3 及び $\sigma_1 (> \sigma_3)$ の圧力（外力）が作用しているときの土の内部の応力状態を考える。水平面となす角 α の断面に作用する垂直応力及びせん断応力をそれぞれ σ 及び τ とすると、 α の変化により (σ, τ) の軌跡はモール（Mohr）の応力円（図 11A-12 (b) 参照、以下、略してモール円という。）を描く。

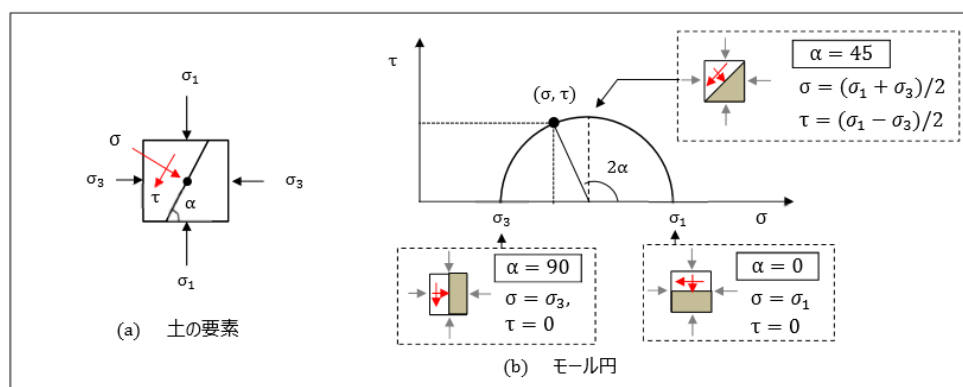


図 11A-12 モール円

ここで、土要素がせん断破壊を起こすときの破壊面の角度について検討する。水平方向の圧力 σ_3 を一定とし、鉛直方向の圧力 σ_1 を増大させると、モール円は図 11A-13 (b) のように変化し、せん断破壊に至る。破壊時の応力を $\sigma_1 = \sigma_{1f}$, $\sigma_3 = \sigma_{3f}$ とすると、せん断破壊はモール円がクーロンの破壊規準線 ($\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$) に接したときに生じ、破壊面の角度 α_f はモール円と破壊規準線との接点 A から求めることができる (図 11A-13 (c) 参照)。

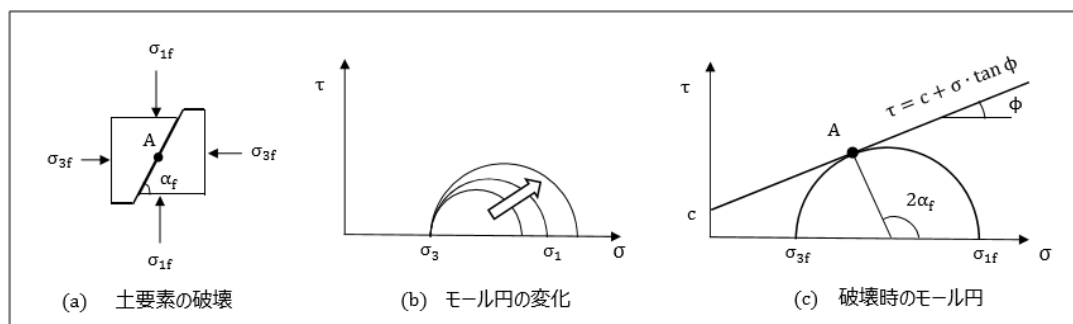


図 11A-13 モール円とクーロンの破壊規準線の関係

なお、土質のせん断試験により、破壊面の角度 α_f からクーロンの破壊規準線を求めることは理論上可能であるが、実際には試験で高精度の α_f を求めることは困難であるため、破壊規準線は破壊時の複数のモール円の包絡線から求めるのが一般的である (11A.4.4.3 参照)。

11A.4 室内（土質）試験（Laboratory tests）

11A.4.1 一般

11A.4.1.1

室内（土質）試験のうち、地盤定数を求めるためには力学試験（せん断試験）が必要となる。本節では、せん断試験として一面せん断試験、一軸圧縮試験及び三軸圧縮試験の概要を 11A.4.2～11A.4.6 に示す。

11A.4.1.2

せん断試験で使用される試料は、「乱さない試料」として供されるものでなければならない（ガイドライン 11.4.1.3 参照）。砂質土の場合は、サンプルの輸送中を含め試験までのすべての過程で乱れが生じないように、凍結サンプリングとすることが推奨される。

11A.4.2 一面せん断試験又は直接せん断試験（Direct Shear Test: DS）

11A.4.2.1

一面せん断試験は、図 11A-14 のような上下に分かれたせん断箱に試料を入れ、一定の垂直応力の下で上箱及び下箱にせん断荷重を加え、試料に生じるせん断荷重を測定する方法であり、直接せん断試験（Direct Shear Test）という場合もある。試験規格としては、土の圧密定体積一面せん断試験（JGS 0560）及び土の圧密定圧一面せん断試験（JGS0561）があり、それぞれ施工時の地盤の安定性計算及び地盤の長期的な安定性計算に適用される。

試験においては、垂直荷重を 3 つ以上の値に変化させて得られる水平変位 D とせん断応力 τ の関係からピーク応力を読み取り、垂直応力 σ とせん断応力 τ のグラフが作成される（図 11A-15 参照）。粘着力 c とせん断抵抗角 ϕ はこのグラフから求められる。

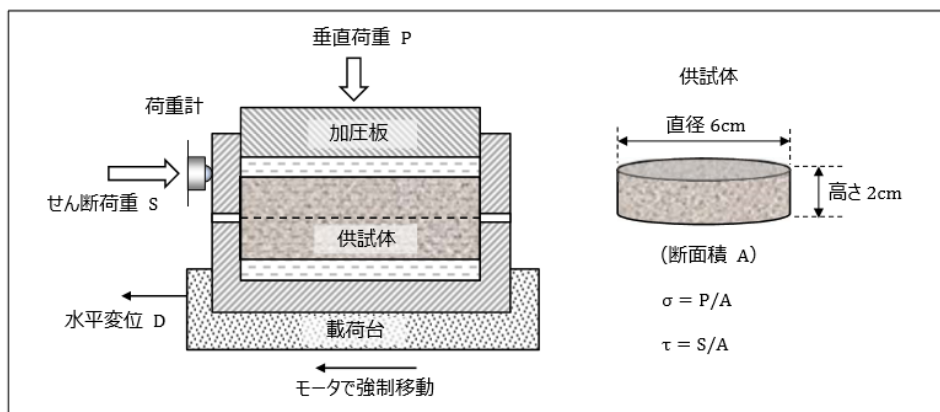


図 11A-14 一面せん断試験

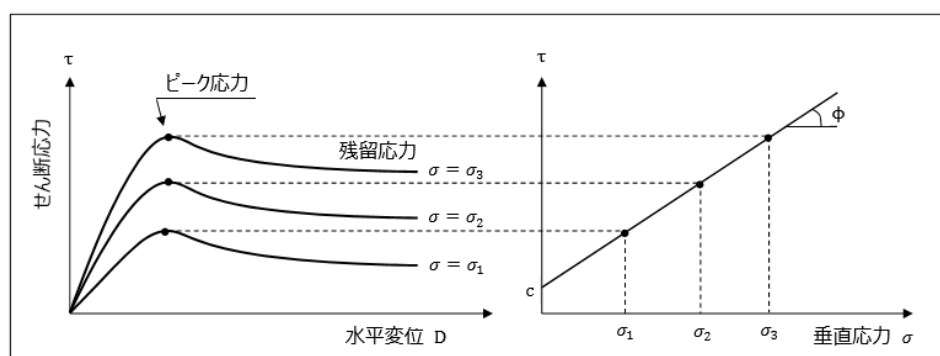


図 11A-15 一面せん断試験で得られるグラフ

11A.4.3 一軸圧縮試験 (Uniaxial compression Test)

11A.4.3.1

一軸圧縮試験 (Uniaxial Compression Test) は、大気中で圧縮試験を実施してせん断強さを求める方法である。対応する試験規格としては JIS A1216 及び JGS 0511 がある。供試体は、直径が 3.5cm (又は 5cm)、高さが直径の 2 倍の円柱形である。この供試体を鉛直方向に加圧することにより応力・ひずみ曲線が得られ、破壊時の垂直応力は最大圧縮応力 q_u として求められる (図 11A-16 (a), (b) 参照)。

破壊時の最大主応力 (σ_1) は q_u であり、また、側圧 (σ_3) は常にゼロであるから、モール円は図 11A-16 (c) のように表される。飽和粘性土 ($\phi = 0$) で一軸圧縮試験を実施した場合、破壊規準線は水平となり、粘着力 c は次式で表される。

$$c = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2}$$

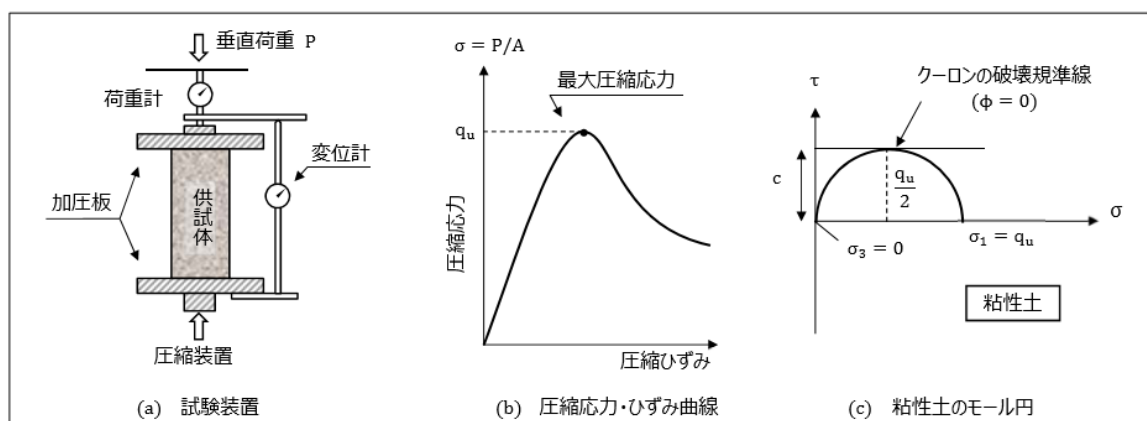


図 11A-16 一軸圧縮試験

11A.4.4 三軸圧縮試験及び同試験装置の概要

11A.4.4.1

図 11A-17 に三軸圧縮試験装置の概念図を示す。三軸圧縮試験は海底地盤の応力状態を再現できる試験である。試料に対し、軸方向の圧縮荷重に加え、等方圧力を载荷できる構造となっている。そのため等方圧力により圧密/非圧密を制御し、また、間隙水が通る配管が組み込まれているため、圧縮過程での排水/非排水を制御することが可能である。

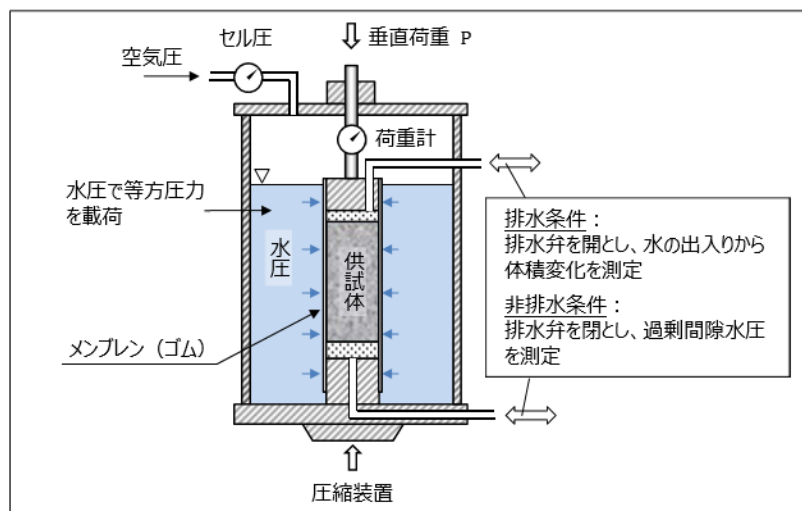


図 11A-17 三軸圧縮試験装置の概念図

三軸試験中は、圧密過程で与える等方圧力 σ_3 に軸荷重 P (σ_1 に相当) を負荷するが、これは実質的に等方圧力 σ_3 に軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ を加えたものに等しい (図 11A-18 参照)。この場合、等方圧力は土に圧縮変形を与えるだけで、土のせん断破壊には直接寄与しない。土のせん断破壊は軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ によって生じるものである。

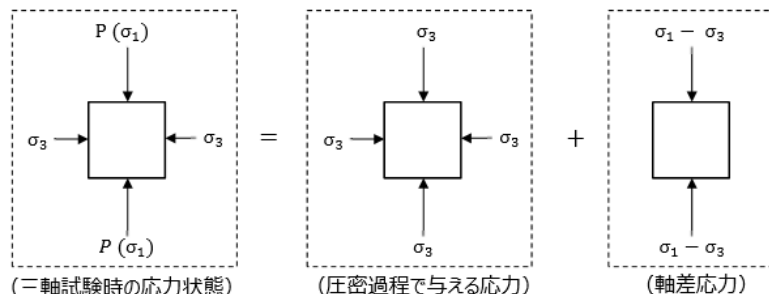


図 11A-18 三軸圧縮試験時の応力状態

11A.4.4.2

試験においては、原位置から採取した試料の間隙比 (含水比) を変えないように注意して試料を試験装置にセットし、排水バルブを閉じた状態で原位置の土被り圧と同等の拘束圧 (等方圧力) を載荷する。飽和粘性土を例として、この状況を図 11A-19 に示す。

原位置では、土被り圧に相当する σ_3 が全応力で土質に作用しており、このときの深度の静水圧を u_s とすると、有効応力は $\sigma_3 - u_s$ となる。サンプリング後、地上に出された試料には外力が作用していないので全応力はゼロであるが、間隙比は変化していないので、有効応力は原位置のときと同じである。このとき試料の間隙水圧は全応力から有効応力を引いて $u_s - \sigma_3$ となることから、試料の中で間隙水圧は負圧となっていることがわかる。試験装置に試料をセットし、拘束圧を σ_3 を載荷すると、試料は原位置のときの応力状態に戻る。図の (a)→(b)→(c) のプロセスを通じて、粘性土 (試料) の間隙比は変化しないため、有効応力も変化しない。

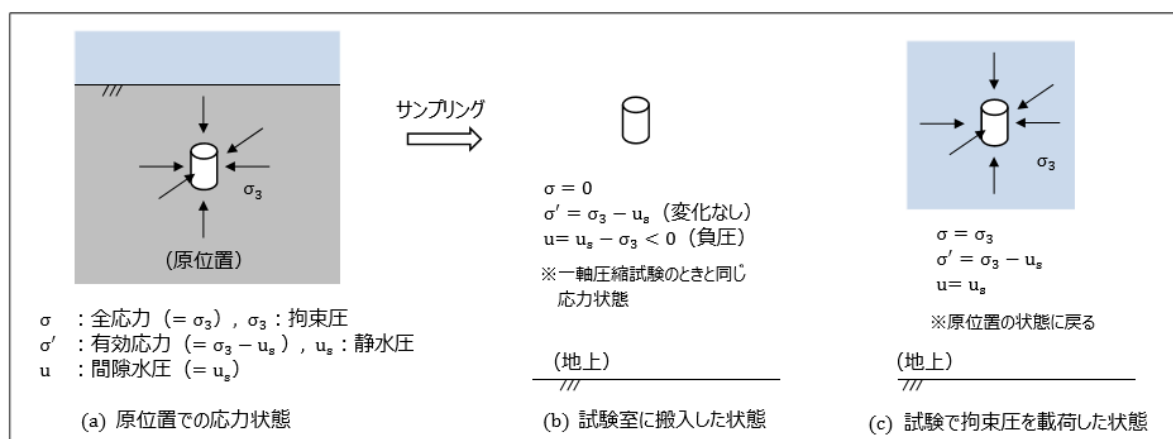


図 11A-19 試験で拘束圧を載荷するまでの応力状態の変化

11A.4.4.3

土の三軸圧縮試験で得られるモール円と破壊規準について、以下に示す。海底地盤から採取された試料は前 11A4.4.2 に従って注意深く試験室内に搬入され、試験用に 3 つ以上の試料 (供試体) が準備される。試験時には、試料に拘束圧 (側圧) σ_3 を載荷した状態でせん断破壊が生じるまで軸方向に圧縮し、破壊時の主応力に基づいてモール円が作成される。例えば最初の試料 (試料 A) の試験では、破壊時の拘束圧及び鉛直方向の圧力をそれぞれ σ_{3fA} 及び σ_{1fA} と

すると、破壊時のモール円は σ_{3fA} 及び σ_{1fA} を用いて表される。同様に他の試料について、拘束圧の大きさを変えて三軸圧縮試験が実施され、最終的に試料の数だけ破壊時のモール円が描かれる（図 11A-20 参照）。

土質の破壊規準線は、試験で得られた複数のモール円に接線（包絡線）を引くことで得られる。また、このような手順で得られた破壊規準をモール・クーロン（Mohr-Coulomb）の破壊規準という。

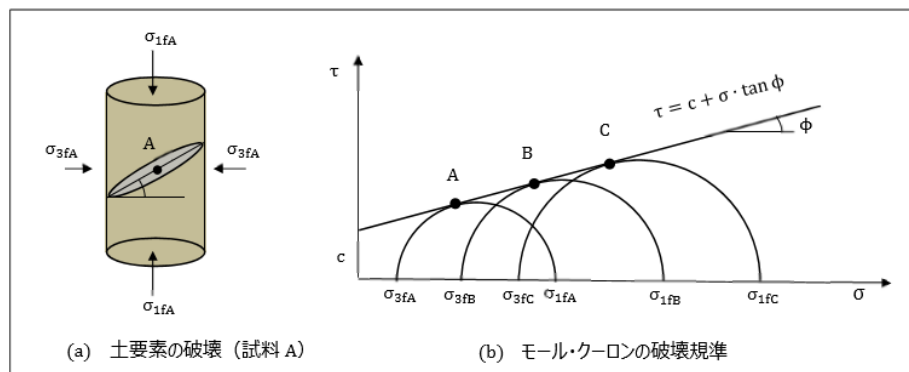


図 11A-20 モール・クーロンの破壊規準

11A.4.4.4

圧密及び排水の条件等により、三軸圧縮試験には表 11A-1 の 4 種類がある。このうち洋上風車が設置される地盤に適用される試験は、主に非圧密非排水（UU）三軸圧縮試験と圧密排水（CD）三軸圧縮試験の 2 つであり、それぞれ粘性土及び砂質土に適用される。

表 11A-1 三軸圧縮試験

試験の種類	試験規格	圧密条件	排水条件	備考
(a) 非圧密非排水（UU）三軸圧縮試験	JGS 0521	非圧密	非排水	
(b) 圧密非排水（CU）三軸圧縮試験	JGS 0522	圧密	非排水	(b) 間隙水圧の測定なし
(c) 圧密非排水（CUB）三軸圧縮試験	JGS 0523			(c) 間隙水圧の測定あり
(d) 圧密排水（CD）三軸圧縮試験	JGS 0524	圧密	排水	

11A.4.5 非圧密非排水（UU）三軸圧縮試験

11A.4.5.1

非圧密非排水（UU）三軸圧縮試験（unconsolidated undrained triaxial compression test）は、非圧密・非排水の条件で実施される三軸圧縮試験であり、略して UU 試験（UU test）という場合もある。主として粘性土地盤における構造物の急速な載荷直後の安定性（短期安定性）の検討、支持力の算出等に用いられる。地盤定数は、粘着力を c_u 、せん断抵抗角を ϕ_u として示される。

飽和粘性土の場合の非圧密非排水三軸圧縮試験の結果を図 11A-21（記号は図 11A-20 と同様）に示す。各試料に対する試験は、拘束圧 σ_3 を変えて実施される。例えば試料 A の拘束圧を σ_{3fA} とすると、試料 B の拘束圧 σ_{3fB} は σ_{3fA} に増分 $\Delta\sigma_3$ を加えたものとなる。11A.4.4.1 で示したようにせん断破壊は軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ で定まるが、拘束圧を変えてもこの軸差応力は変化しないため、試料 A と試料 B の破壊時のモール円の半径は同一となる。試料 C についても同様であるため、結局、3 つの円の包絡線は水平となり、せん断抵抗角は $\phi_u = 0$ となる。また、この試験で得られた c_u を用いた解析を $\phi_u = 0$ 解析法という場合もある。

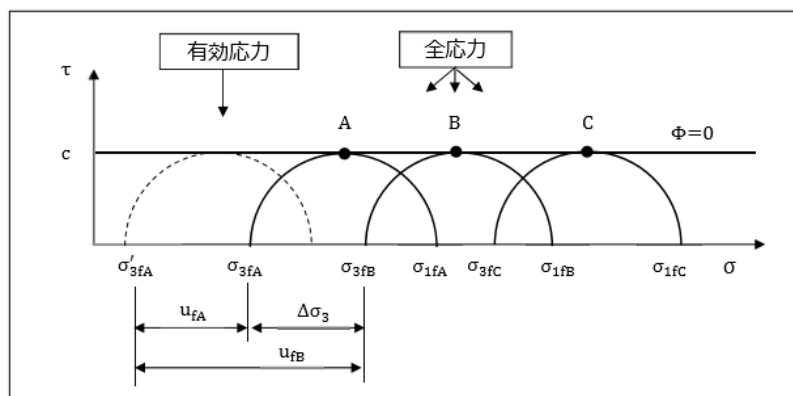


図 11A-21 非圧密非排水三軸圧縮試験のモール円（粘性土）

非圧密・非排水の条件では、拘束圧を増加させた分はすべて間隙水圧の変化（間隙比は一定）となるため、有効応力は変化しない。従って、試料 A 及び試料 B の間隙水圧はそれぞれ u_{fA} 及び u_{fB} となり、有効応力のモール円（図の点線の円）を描くと、常に同じ円を描くことになる。

11A.4.6 圧密排水（CD）三軸圧縮試験

圧密排水（CD）三軸圧縮試験（consolidated drained triaxial compression test）は、試料を圧密した後に排水の条件で実施される三軸圧縮試験であり、略して CD 試験（CD test）という場合もある。主として構造物を地盤の上に建造して長期間が経過し、地盤の圧密が完了して過剰間隙水圧が消散したときの安定性（長期安定性）の検討、砂質土地盤の支持力の算出等に用いられる。地盤定数は、粘着力を c_d 、せん断抵抗角を ϕ_d として示される。

粘性土の場合は、軸方向の圧縮を開始する前に排水弁を開として拘束圧を載荷し、圧密が終了するまでこの状態を維持する。圧密が終了すると拘束圧は有効応力となる。砂質土の場合は圧密はすぐに終了するため、すぐに圧縮を開始することができる。圧縮は排水弁を開とし、11A.4.4.3 に示した手順で実施され、最終的に複数のモール円の包絡線（モール・クーロンの破壊規準線）の勾配からせん断抵抗角 ϕ_d が求められる。砂質土の場合、破壊基準線の切片（すなわち、粘着力 c_d ）はゼロとなる。砂質土の例を図 11A-22 に示す

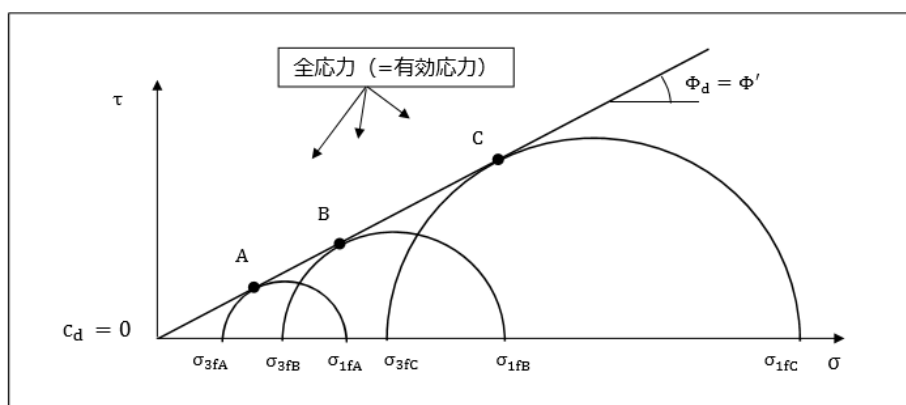


図 11A-22 圧密排水三軸圧縮試験のモール円（砂質土）

排水条件の場合は間隙水圧はゼロであり、土粒子間には有効応力だけが作用している状態（すなわち、全応力=有効応力）となる。従って、 $\phi_d = \phi'$ であり、地盤の支持力の計算では有効応力表記の ϕ' が使用される。

附属書 11B

スパッドカン基礎の極限支持力

11B.1 一般

11B.1.1

この付属書は、海底地盤の極限支持力・貫入量曲線を作成するための極限支持力（ultimate bearing capacity）の計算方法を示すものである。

【解説】

本附属書では、スパッドカンを基礎（foundation）として基礎の極限支持力の計算方法が示されている。地盤の極限支持力については、これと識別できるよう、「地盤」の極限支持力として示す。

11B.1.2

SNAME 5-5A 又は ISO 19905-1 に従った極限支持力の計算方法は、この付属書と同等とみなされる。

【解説】

本附属書に示す極限支持力は、ISO19905-1 及び “InSafeJIP” , Improved Guidelines for the Prediction of Geotechnical Performance of Spudcan Foundations during Installation and Removal of Jack-up Units (2011) を参考として定めたものである。

11B.1.3

本附属書で使用する記号を次に示す。

A	: スパッドカンの最大等価断面積
A_{eff}	: スパッドカンの海底面における等価断面積
B	: スパッドカンの最大等価直径
B_{eff}	: 海底面における等価直径
B_s	: スパッドカンのフーチング部の土質浮力
c_v	: 土質の圧密係数（coefficient of consolidation）
D	: スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ
D_R	: 相対密度（relative density）
FC	: 細粒分含有率（fines content）
F_{mob}	: モビライゼーション係数
F_R	: 正規化摩擦抵抗比（%）
f_s	: 周面摩擦抵抗
H_{cav}	: 空洞（cavity）の深さ
H_{layer}	: 2 層の土質における上層の厚さ
H'_{layer}	: スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）から上層の下面までの厚さ。
H_{plug}	: 砂質土プラグの高さ
H_t	: スパッドカンの最大直径部分の高さ。
I_c	: 土質性状タイプ指標（Soil behavior type index）
I_{RD}	: 相対ダイレイタンス（relative dilatancy）

K_0	: 静止土圧係数 (coefficient of earth pressure at-rest)
K_s	: パンチングシア係数
n	: スクイジング係数
N	: 標準貫入試験 (SPT) で得られる N 値
N_1	: 換算 N 値
N_c	: 支持力係数
N'_c	: 修正支持力係数
N_{kt}	: コーン係数
N_q	: 支持力係数
N_γ	: 支持力係数
m	: ϕ' の推定で I_{RD} にかける係数
p'	: 平均有効応力 (mean effective stress)
p_{ref}	: 大気圧 ($p_{ref} = 100 \text{ kPa}$)
q_c	: コーン抵抗又は先端抵抗
q_{net}	: 正味 (net) のコーン抵抗又は先端抵抗
q_t	: 補正コーン抵抗 (測定されたコーン抵抗を間隙水圧で補正したもの, 附属書 11A 参照)
q_u	: 一軸圧縮試験で得られた圧縮強度
$Q_{crushing}$	: 粒子破砕強度 (particle crushing strength)
Q_t	: 正規化コーン抵抗又は先端抵抗
Q_v	: 地盤の極限鉛直支持力
S_u	: 粘性土の非排水せん断強さ
S_{u0}	: スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) の貫入深さにおける非排水せん断強さ
S_{ua}	: ($h - h_t$) から ($h + h_{plug}$) の範囲で平均された非排水せん断強さ
S_{ubs}	: 粘性土層表面の非排水せん断強さ
S_{utop}	: 粘性土 (上層) の非排水せん断強さ
S_{uh}	: 空洞の深さにおける非排水せん断強さ
S_{um}	: 海底面近傍の非排水せん断強さ
$S_{u,plugbase}$	: 砂質土プラグ底面の位置に対応する非排水せん断強さ
v	: スパッドカン又はコーンの貫入速度
V_D	: スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) よりも下の部分の体積
V_{eff}	: スパッドカンの海底面より下の部分の体積
V_n	: 貫入に関する正規化速度 (normalized velocity)
V_{soil}	: スパッドカン上部のバックフィルの体積
V_L	: スパッドカンの極限鉛直支持力
W_{BF}	: バックフィルの水中重量
y_m	: スパッドカンのコーン先端から最大等価直径位置までの高さ
z	: スパッドカンのコーン先端の貫入深さ
α_{LP}	: せん断面 (破壊面) と鉛直線とのなす角
γ'	: 土の水中単位体積重量 (submerged unit weight)
$\gamma'_{clay.top}$	: 粘性土 (上層) の水中単位体積重量
$\gamma'_{clay.b}$	: 粘性土 (下層) の水中単位体積重量
γ_{sat}	: 土の飽和単位体積重量 (saturated unit weight)
γ'_{sand}	: 砂質土の水中単位体積重量

γ_w	: 海水の単位体積重量 (unit weight)
γ_t	: 土の湿潤単位体積重量 (wet unit weight)
ξ_{hy}	: 貫入深さに関する係数
ξ_{sq}	: 経験的な形状係数
ξ_{hq}	: 経験的な深さ係数
ρ	: 非排水せん断強さの単位深さ当たりの増加率
ρ_t	: 土の湿潤密度 (wet density)
ρ_w	: 海水の密度
σ'_v	: 砂質土プラグ底面の位置での有効応力
σ_{v0}	: 試験した深さにおける全応力としての垂直応力
σ'_{v0}	: 試験した深さにおける有効垂直応力 (有効上載圧, 又は有効土被り圧ともいう)
ϕ'	: 有効せん断抵抗角又は有効内部摩擦角
ϕ_{cr}	: クリティカル状態のせん断抵抗角
ϕ_{cv}	: 臨界状態摩擦角 (critical state friction angle)

11B.2 地盤定数又は土質定数

11B.2.1 一般

11B.2.1.1

計画されているジャッキアップのスパッドカンの場所における土質層を決定するためには、一般に、机上調査や物理探査のほかに原位置試験やサンプリングによる室内試験が必要となり、これらのデータを総合的かつ統一的な方法で検討して地盤特性のプロファイルを作成しなければならない。最も重要な地盤定数は、非排水せん断強さ (s_u , 解説参照) や排水条件における有効せん断抵抗角又は有効内部摩擦角 (ϕ' , 解説参照) であるが、これらの地盤定数は原位置試験とサンプリングによる室内試験の両方の結果を考慮して定めるべきである。

【解説】

非排水せん断強さを表す記号として、この附属書では s_u を使用する。附属書 11A 等では粘着力 c_u として示してる箇所があるが、同一のものである。また、排水条件における有効せん断抵抗角 ϕ' (' は有効応力表記を意味する) は、附属書 11A の圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験によるせん断抵抗角 ϕ_d と同一のものである (排水条件の下では、全応力=有効応力となる)。

11B.2.1.2

土質が均質な粘性土 (clay) 及び砂質土 (sand) の場合のジャッキアップ基礎の評価に必要な土質特性を表 11B-1 に示す。シルトの場合は、粘性土で定義される特性を適用できるが、部分的な排水特性を考慮する必要がある (11B.2.4 参照)。

表 11B-1 ジャッキアップ基礎の評価に必要な特性

土質のタイプ	強度特性	指標特性及び追加の特性
粘性土	非排水せん断強さ: s_u	- 水中単位体積重量: γ' - 圧密係数: c_v
砂質土	有効せん断抵抗角: ϕ'	- 水中単位体積重量: γ' - 相対密度: D_R

11B.2.1.3

土の水中単位体積重量 (submerged unit weight) γ' は、土の飽和単位体積重量 (saturated unit weight) γ_{sat} から海水の単位体積重量 γ_w を差し引いたものと定義されるが、サンプリングによる室内試験 (湿潤密度試験) による湿潤単位体積重量 (wet unit weight, bulk unit weight 又は total unit weight) γ_t が飽和土とみなせる場合は、次式のように γ_t から求めることができる。

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \cong \gamma_t - \gamma_w = (\rho_t - \rho_w)g$$

ここで、

γ' : 土の水中単位体積重量, kN/m^3

γ_{sat} : 土の飽和単位体積重量, kN/m^3

γ_w : 海水の単位体積重量, kN/m^3

γ_t : 土の湿潤単位体積重量, kN/m^3

ρ_t : 土の湿潤密度, Mg/m^3

ρ_w : 海水の密度, Mg/m^3 (一般に, $1025 \text{ kg/m}^3 = 1.025 \text{ Mg/m}^3$)

g : 重力加速度 ($=9.81 \text{ m/s}^2$)

11B.2.2 粘性土

11B.2.2.1 室内試験による s_u の推定

11B.2.2.1.1

乱れの少ない試料をサンプリングし、次に示す室内試験を実施することにより粘性土の非排水せん断強さ (s_u) を求めることができる。

- 一面せん断試験
- 一軸圧縮試験
- 非圧密非排水 (UU) 三軸圧縮試験

上記の試験のうち、一般に使用されるものは一軸圧縮試験と非圧密非排水三軸試験である。一軸圧縮試験の場合は、試験で得られた圧縮強さ q_u から、次式を用いて s_u を求めることができる。

$$s_u = \frac{q_u}{2}$$

11B.2.2.1.2

サンプリングによるデータは離散的 (断続的) に得られるデータであるため、均質な層内で s_u の分布を調査する場合は、適切な統計処理を行い、図 11B-1 のように直線近似すべきである。

$$s_u = s_{um} + \rho z$$

ここで、

- s_u : 粘性土の深さ z における非排水せん断強さ
- s_{um} : 粘性土層の上部表面における非排水せん断強さ
- ρ : 非排水せん断強さの深さに対する勾配
- z : 粘性土層の上部表面からの深さ

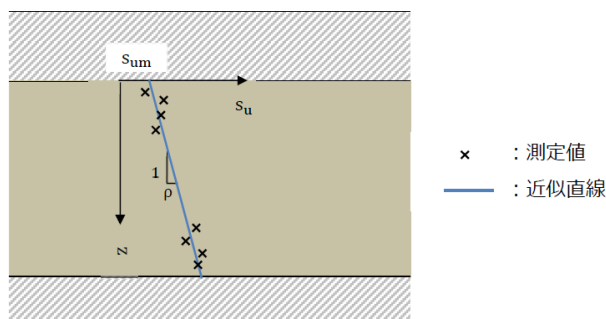


図 11B-1 粘性土層内における s_u の直線近似

11B.2.2.1.3

日本の海域で洋上風車が設置されるサイトでは、一般に標準貫入試験 (SPT) 及び/又はコーン貫入試験 (CPT) が実施され、さらにサンプリングによる土質の室内試験が実施されている。ジャッキアップ場所の s_u を推定するにあたり、コーン貫入試験 (CPT) の結果を使用する場合は次の 11B.2.2.2 の方法を採用することができるが、CPT を実施していない場合は室内試験の結果のみから対象とする粘性土層内の s_u の分布を推定することが推奨される。粘性土層内の s_u の値は直線的に分布すること一般に知られていることから、室内試験データの数が限定されているとしても、前 11B.2.2.1.2 の直線近似により試験データがない深さの s_u の値を推定することができる。

これは、SPT により N 値を測定している場合も同様である。粘性土の N 値は、値そのものが小さく、かつ、離散的な値であるため信頼性が低い。従って、N 値が測定されている場合を含め、 s_u の分布は CPT データを使用するか、又は室内試験の結果のみから推定すべきである。

11B.2.2.2 コーン貫入試験（CPT）による s_u の推定

11B.2.2.2.1

土質の特性を連続的に測定できる原位置試験として、代表的なものはコーン貫入試験である。コーン貫入試験の結果による非排水せん断強さ s_u は次式で与えられる。

$$s_u = \frac{q_{net}}{N_{kt}} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

ただし、

- s_u : 粘性土の非排水せん断強さ
- q_{net} : 正味 (net) のコーン抵抗 (又は先端抵抗)
- q_t : 補正コーン抵抗 (測定されたコーン抵抗を間隙水圧で補正したもの, 附属書 11A 参照)
- σ_{v0} : 試験した深さにおける全応力としての垂直応力 (上載圧, 又は土被り圧ともいう)
- N_{kt} : コーン係数

コーン係数 N_{kt} の値としては、海域毎に表 11B-2 のような例が示されている。

表 11B-2 コーン係数 N_{kt}

海域	コーン係数 N_{kt}
(a) 北海 (InSafeJIP ガイドライン)	15~20
(b) メキシコ湾 (InSafeJIP ガイドライン)	15~20
(c) 上記 (a), (b) 以外の海域 (InSafeJIP ガイドライン)	12~18 又は 15~25
(d) 日本の海域 (港湾基準)	8~16

11B.2.2.2.2

ジャッキアップ場所の s_u を推定するにあたっては、前 11B.2.2.2.1 の推定式を室内試験（通常は UU 試験）の結果との比較により校正された値とすべきである。コーン貫入試験の結果を使用する場合は、表 11B-2 を参考値として室内試験の結果から逆算でコーン係数 N_{kt} を求め、この N_{kt} を使用して s_u を推定することになる。粘性土層ごとに N_{kt} を設定することで、比較的精度の高い s_u の推定が可能となる。

11B.2.3 砂質土

11B.2.3.1 室内試験による ϕ' の推定

11B.2.3.1.1

乱れの少ない試料をサンプリングし、次に示す室内試験を実施することにより砂質土の有効せん断抵抗角又は有効内部摩擦角 (ϕ') を求めることができる。

- 一面せん断試験
- 圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験

ただし、粘着力がない試料をサンプリングした場合、試料の乱れは避けられない。一般に、試料は、(コーン貫入試験で得られる) コーン抵抗から推定される相対密度で、おおよそのサイト状態に再構成され、次に、室内せん断試験の前に適切な有効応力が加えられる。この場合、せん断試験中のせん断速度は、過剰間隙水圧 (excess pore pressure) の発生を防止できるよう十分遅くすることが重要である。

室内試験で得られた ϕ' の値は、規定の荷重条件 (すなわち、三軸又は平面ひずみ) の下で結集された (mobilized) 摩擦強度を示すものである。理論的には、所定の応力レベルの下で、一面せん断試験による内部摩擦角は圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験による摩擦角よりも大きくなることが予想されるが、設計で問題となるほどの大きな差は生じないことが知られている。

11B.2.3.1.2

上記の試験の結果は、土質の平均応力レベルの影響を含め、摩擦のピーク角（peak angle of friction）の推定値に基づいたものであるが、実際のスパッドカンの継続的な貫入では、変形する土質全体でピーク強度が同時に結集しないことに注意すべきである。硬質・塑性土質のピーク強度のみに基づいたスパッドカン抵抗の計算は、結果として抵抗の過大評価をもたらすことになる。このことを考慮し、本附属書では、計算された抵抗にモビライゼーション係数を適用する方法が提案されている（11B.6.2.1 参照）。

11B.2.3.2 コーン貫入試験（CPT）による ϕ' の推定

11B2.3.2.1

コーン貫入試験の結果を使用できる場合、 ϕ' は、次式のように臨界状態摩擦角（critical state friction angle） ϕ_{cv} と相対ダイレイタンス（relative dilatancy） I_{RD} から求めることができる。これ以外の計算式であっても、室内試験の結果と十分な相関があることが検証された計算式であれば使用することができる。

$$\phi' = \phi_{cv} + m \cdot I_{RD}$$

$$I_{RD} = D_R [Q_{crushing} - \ln(p')] - 1 \quad (0 \leq I_{RD} \leq 4)$$

$$D_R = 0.338 \times \ln \frac{q_c}{p_{ref}} - 0.155 \times \ln \frac{\sigma'_{v0}(1 + 2K_0)}{3 \cdot p_{ref}} - 1.087$$

ここで、

- ϕ' : 砂質土の有効せん断抵抗角又は有効内部摩擦角
- ϕ_{cv} : 臨界状態摩擦角（critical state friction angle, 「乱された砂」を用いた一面せん断試験による、試験の最終段階の安定状態の摩擦角（11B.2.3.2.2 参照））
- m : 荷重条件により定まる一定値
 - $m=3$: 三軸又は一般的な荷重条件の下での破壊の場合
 - $m=5$: 平面ひずみの条件
- I_{RD} : 相対ダイレイタンス（relative dilatancy）
- D_R : 試験した深さにおける相対密度（relative density, D_R の式は q_c の値から得られた経験式であり、北海の砂質土に幅広く適用されている）
- $Q_{crushing}$: 粒子破碎強度（particle crushing strength, 11B.2.3.2.2 参照）
- p' : 平均有効応力（mean effective stress, p' は本来 ϕ' の値に依存するが、概略計算として、 p' を最大のプレロード圧力として扱うことが推奨される）
- q_c : コーン抵抗又は先端抵抗（厳密には q_{net} （11B.2.2.2.1 参照）とすべきであるが、砂質土の場合は間隙水圧と上載圧との相関を無視できるので q_c として差し支えない）
- p_{ref} : 大気圧（ $p_{ref} = 100 \text{ kPa}$ ）
- σ'_{v0} : 試験した深さにおける有効垂直応力（有効上載圧、又は有効土被り圧ともいう）
- K_0 : 静止土圧係数（coefficient of earth pressure at-rest, 通常は、 $K_0 = 0.5 \sim 1.0$ の値をとり、0.5 及び 1.0 の値はそれぞれ D_R の上限及び下限に対応する）

11B.2.3.2.2

前 11B.2.3.2.1 の計算式で、 $Q_{crushing}$ 及び ϕ_{cv} については、表 11B-3 を参考として設定することとして差し支えない。

表 11B-3 三軸圧縮試験で得られた $Q_{crushing}$ 及び ϕ_{cv}

砂質土	鉱物	$Q_{crushing}$	ϕ_{cv} (°)
Ticino	Siliceous (containing comparative amounts of quartz and feldspar grains)	10.8	33.5
Toyoura	Quartz	9.8	32
Hokksund	Siliceous	9.2	34
Mol	Quartz	10	31.8
Ottawa	Quartz (with varying fine content from 0 to 20%)	9.8 to 10.9	30 to 33.5
Antwerpian	Quartz & Glauconite	7.8 to 8.5	31.5
Kenya	Calcareous	8.5	40.2
Quiou	Calcareous	7.5	41.7

11B.2.3.2.3

ジャッキアップ場所の ϕ' を推定するにあたっては、前 11B.2.3.2.1 の推定式を砂質土層ごとに CD 試験の結果で校正し、補正係数を設定して使用すべきである。ただし、直径 10m~20m のスパッドカンの砂地盤での貫入量は 3m 程度とされていることから、海底面近くの CD 試験データが最も重要なものとなる。

11B.2.3.3 標準貫入試験 (SPT) の N 値による ϕ' (又は ϕ_d) の推定

11B.2.3.3.1

標準貫入試験 (SPT) の実施により N 値がわかっている場合は、N 値から ϕ' の値を推定することができる。排水条件が成立する場合、 ϕ' は圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験による ϕ_d と等しい ($\phi' = \phi_d$)。N 値から ϕ_d の値を推定できる式としては、建築基礎構造設計指針、港湾基準及び道路橋示方書で示されている計算式 (表 11B-4 参照) の使用が推奨される。なお、これら以外の計算式であっても、室内試験の結果と十分な相関があることが検証された計算式であれば使用することができる。

11B.2.3.3.2

参考として、沖積砂層 (As) と洪積砂層 (Ds) から採取された試料の CD 試験の結果と表 11B-4 の計算式で推定した ϕ_d とを比較したものを図 11B-2 に示す。同図で、CD 試験で得られた ϕ_d は有効上載圧 (又は有効土被り圧) σ'_{v0} の範囲で分類されている。これらの計算式の中で、建築基礎構造設計指針の式は、CD 試験結果の平均値を推定できるものとして定式化されたものである。それに対して、港湾基準及び道路橋示方書の式は、より安全側に (すなわち、 ϕ_d を低めに見積もって) 定式化されたものである。このような状況は、CD 試験結果のばらつきが大きいものの、図 11B-2 の比較からも見てとれる。

11B.2.3.3.3

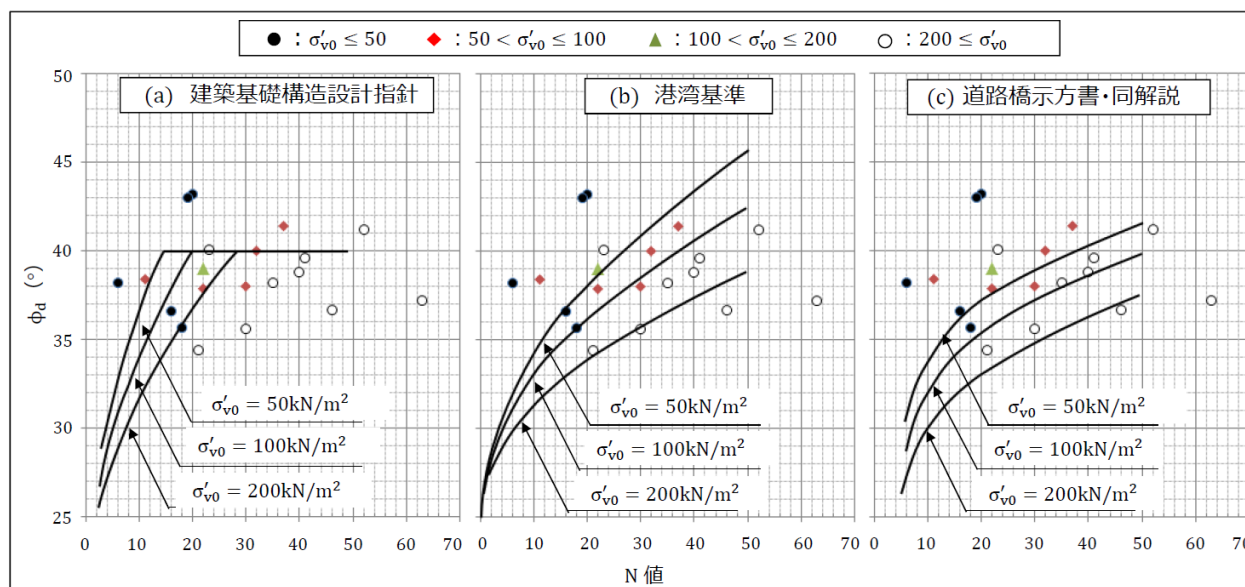
ジャッキアップ場所の ϕ' を推定するにあたっては、表 11B.4 の推定式を砂質土層ごとに CD 試験の結果で校正し、補正係数を設定して使用すべきである。校正に使用する CD 試験データとしては、海底面近くの CD 試験データが最も重要なものとなる。

11B.2.3.3.4

コーン貫入試験 (CPT) と標準貫入試験 (SPT) の両方の試験が実施されている場合は、SPT の測定データを優先して使用すべきである。

表 11B-4 N 値から ϕ_d を推定する計算式

基準・指針	計算式
(a) 建築基礎構造設計指針	細粒分含有率が 20%以下の砂質土を対象として $\phi_d = \begin{cases} \sqrt{20N_1} + 20 & (3.5 \leq N_1 \leq 20) \\ 40 & (20 < N_1) \end{cases}$ $N_1 = N \cdot \sqrt{\frac{98}{\sigma'_{v0}}}$ ここで、 N_1 : 換算 N 値 N : 標準貫入試験で測定した N 値 σ'_{v0} : N 値を測定した深度における有効上載圧又は有効土被り圧 $(\sigma'_{v0} \geq 98 \text{ kN/m}^2 \text{ の範囲で適用することが望ましい})$
(b) 港湾基準	$\phi_d = 25 + 3.2 \sqrt{\frac{100N}{\sigma'_{v0} + 70}}$ ここで N : 標準貫入試験で測定した N 値 σ'_{v0} : N 値を測定した深度における有効上載圧又は有効土被り圧
(c) 道路橋示方書・同解説	$\phi_d = 4.8 \log N_1 + 21$ $N_1 = \frac{170N}{\sigma'_{v0} + 70}$ ここで、 N_1 : 換算 N 値 N : 標準貫入試験で測定した N 値 σ'_{v0} : N 値を測定した深度における有効上載圧又は有効土被り圧

図 11B-2 N 値と ϕ_d の関係

11B.2.4 中間的な排水特性を有する土質

11B.2.4.1

シルトや中間土では、スパッドカンの支持力に影響を及ぼす部分的な排水挙動の特性を求めることが困難である。コーン貫入試験時には、ある程度の部分的な圧密（consolidation）が生じ、また、これよりも低い程度の圧密がスパッドカン貫入時にも生じる。表 11B-5 は、次式で定義される正規化速度を用いてスパッドカン貫入時及びコーン貫入試験時の部分的な圧密の程度を示したものである。

$$V_n = vB/c_v \text{ 又は } V_n = vd/c_v$$

ここで、

- V_n : 正規化速度（normalized velocity）
- v : スパッドカン又はコーンの貫入速度
- B : スパッドカンの最大等価直径
- d : コーン貫入試験装置の直径
- c_v : 土質の圧密係数（coefficient of consolidation）

貫入は、約 30 を超える V_n で完全に非排水モードで発生し、約 0.03 未満の V_n で完全に排水モードとなる。スパッドカンの設置プロセス中は、ある範囲の貫入速度が（従って、ある程度の土質の圧密が）発生するが、一般的な貫入速度は 1mm/s～10 mm/s（0.4m/hour ～4 m/hour）であると推定される。この範囲では、透過性が比較的高いシルトと砂を除き、非排水条件下でスパッドカンが貫入する傾向が見られる。このことは、 $c_v > 10000 \text{ m}^2/\text{年}$ の土質を除き、非排水支持力理論を適用して、中間土質のスパッドカン貫入を予測できることを示唆している。

表 11B-5 異なる土質タイプでの貫入における V_n 値

土質タイプ	c_v (m ² /年)	$V_n = vD/c_v$ 又は vd/c_v	
		コーン貫入試験 ¹⁾ $d=45.7\text{mm}$ 又は 43.7mm	スパッドカン $10\text{m} < D < 20\text{m}$
粘性土	0.1 ～ 100	> 30	> 30
シルト質の 粘性土～シ ルト質の砂 質土	100 ～ 750	> 30	> 30
	750 ～ 800	28 ～ 37	> 30
	800 ～ 1,000	22 ～ 35	> 30
	1,000 ～ 1,200	18 ～ 28	> 30
	12,00 ～ 5,000	4 ～ 23	> 30
	5,000 ～ 10,000	2 ～ 6	> 30
	10,000 ～ 30,000	0.7 ～ 3	10.5 ～ 630
砂質土	> 30,000	< 0.9	10.5 ～ 210

注1) v (貫入速度) = 20mm/s とした計算

11B.2.4.2

日本の海域でコーン貫入試験を実施している場合は、前 11B.2.4.1 に替えて、次式（解説参照）で定義される細粒分含有率（Fines content） FC により粘性土と砂質土を区分けすることができる。この場合、 $FC \geq 50\%$ であれば粘性土、 $FC < 50\%$ であれば砂質土に区分される。計算例を図 11B-3 に示す。

$$FC = 1.0 \times I_c^{4.2}$$

$$I_c = \{(3.47 - \log Q_t)^2 + (1.22 + \log F_R)^2\}^{0.5}$$

ここで、

- FC : 細粒分含有率（Fines content, $FC \geq 100\%$ となる場合は $FC=100\%$ とする）
- I_c : 土質性状タイプ指標（Soil behavior type index）

Q_t : 次式で与えられる正規化コーン抵抗（又は正規化先端抵抗）

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

ここで、

q_t : 補正コーン抵抗（測定されたコーン抵抗を間隙水圧で補正したもの、附属書 11A 参照）

σ_{v0} : 試験した深さにおける全応力としての垂直応力（上載圧，又は土被り圧ともいう）

σ'_{v0} : 試験した深さにおける有効垂直応力（有効上載圧，又は有効土被り圧ともいう）

F_R : 次式で与えられる正規化摩擦抵抗比（％）

$$F_R = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} \times 100$$

ここで、

f_s : 周面摩擦抵抗

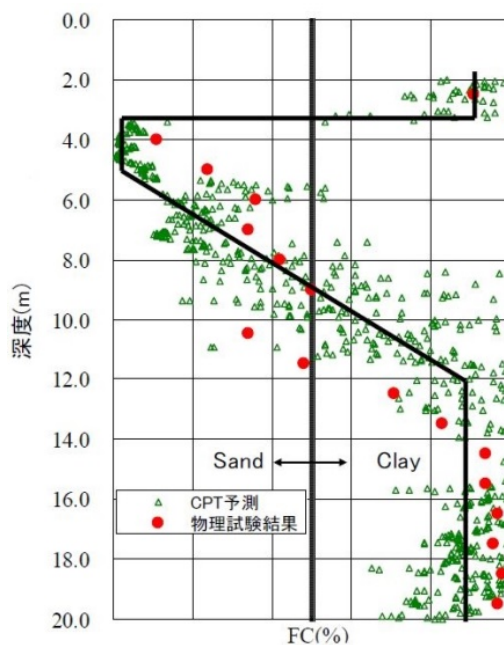
q_t : 補正コーン抵抗（測定されたコーン抵抗を間隙水圧で補正したもの、附属書 11A 参照）

σ_{v0} : 試験した深さにおける全応力としての垂直応力

【解説】

細粒分含有率 FC の計算式は、以下の論文で提案されたものである。

鈴木康嗣，時松孝次，實松俊明：「コーン貫入試験結果と標準貫入試験から得られた地盤特性との関係」，日本建築学会構造系論文集，第 566 号，73-80，2003 年 4 月



＜ 出典：宮坂，兵頭，西村，岡，岩崎，北条：「CPT データを利用した設計強度定数の推定—その 2 砂質土の内部摩擦角について—」，第 45 回地盤工学研究発表会 C-03（2010 年 8 月，松山）＞

図 11B-3 細粒分含有率 FC の計算例

11B.3 スパッドカンのモデリング

11B.3.1

スパッドカンは、通常、円形平板基礎としてモデル化される。円形平板の等価直径 (B) は、スパッドカンが海底面に接している場合は海底面での断面から、スパッドカンが完全に貫入している場合は、最大の断面積から決定される (図 11B-4 参照)。基礎の解析は、この最大断面積部分の最大の深さ D で計算される。

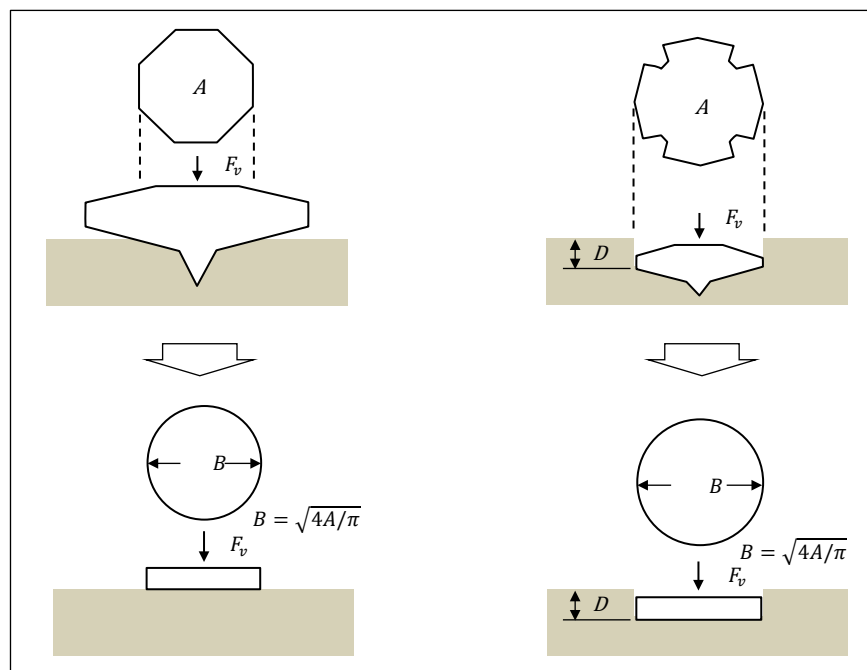


図 11B-4 スパッドカン基礎のモデリング

貫入解析が、スパッドカン下部の円錐形を考慮する支持力係数 (bearing capacity factor) を使用する場合は、等価コーン角 (β , 図 11B-5 参照) によりスパッドカン貫入量が計算される。スパッドカンの最大直径の下面 (フーチング部) が海底面より上の位置 (部分的な貫入) にある場合は、海底面より下の部分が、最大直径の下面が海底面より下の位置にある場合は、最大直径より下の部分が、体積が同じとなる単純な円錐形に置き換えられ、この円錐形で等価コーン角が計算される。

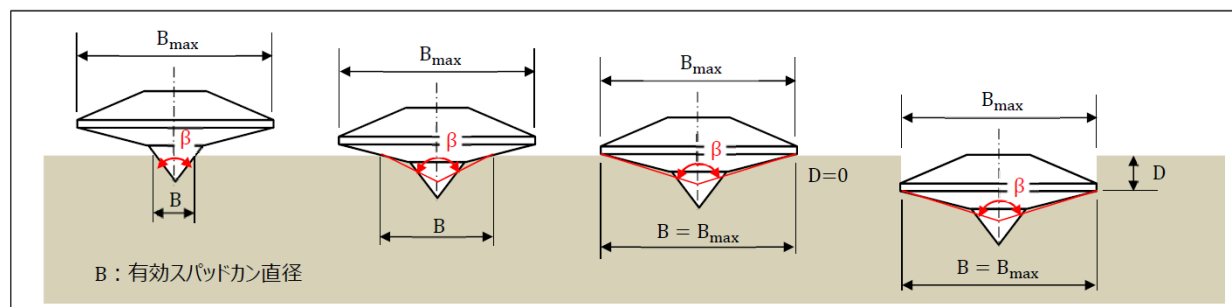


図 11B-5 等価円錐スパッドカンの計算

11B.4 バックフィル

11B.4.1

土質のスパッドカン上部へのバックフィル (backfill, 埋戻し) は、バックフロー (Backflow) 又はインフィル (infill) で生じる場合があります (図 11B-6 参照), 結果として次のような影響を及ぼす。

- (a) プレローディング中に生じた場合, 貫入量が増大する。
- (b) プレローディング後に生じた場合, スパッドカンでの下向き構造荷重を支持する能力が低減する。
- (c) スパッドカンのアップリフト抵抗が常に増大する。

11B.4.2

バックフローは, 土質がスパッドカン真下から, 側面を通り, スパッドカン上部へ流れ込む現象 (又は, その土質) であり, 砂質土よりも粘性土のほうが起こりやすい。バックフローは, 浅い貫入で起こるが, 深い貫入でもさらに起こりやすい。非常に軟弱な粘性土では, 完全なバックフローが起こりがちである。スパッドカン貫入量が小さいものと予想される硬い粘性土及び粒状体 (granular material) では, バックフローの可能性は低減する。一般に, ジャッキアップ状態での追加の貫入ではバックフローは起こらないと考えてよいが, 起こるものと予測される場合は考慮すべきである。

11B.4.3

インフィルは, 粘性土の上に砂層がある場合, 空洞 (cavity) 壁の崩壊や堆積物 (sediment) の移動により土質がスパッドカン上部へ落ち込む現象 (又は, その土質) である。空洞壁の崩壊はプレローディング中, 及びプレローディング後に起こりうる。プレローディング中に突然生じた場合は, 貫入量の急速な増大をもたらす。堆積物の移動は, プレローディング後に生じた場合, 重大なものとなる。

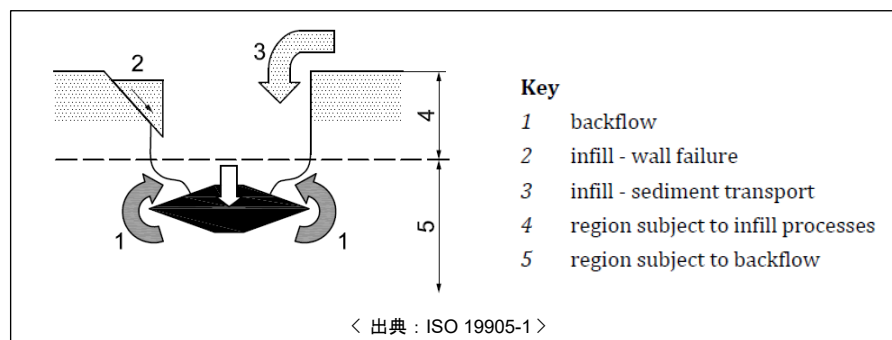


図 11B-6 バックフロー及びインフィル

11B.4.4

一定のせん断強さを有する又はせん断強さが深さと共に一定の割合 (ρ) で増大する単層の粘性土の場合, 次式により限定された空洞 (cavity) の深さ (H_{cav}) を求めることができる (図 11B-7 参照)。

$$\frac{H_{cav}}{B} = S^{0.55} - 0.25 \cdot S$$

$$S = \left(\frac{S_{um}}{\gamma' \cdot B} \right)^{\left(1 - \frac{\rho}{\gamma'} \right)}$$

ここで,

H_{cav} : 空洞の深さ

B : スパッドカンの最大等価直径 (一般に, 10m~20m)

- s_{um} : 海底面近傍の非排水せん断強さ
 γ' : 水中単位体積重量
 ρ : 非排水せん断強さの単位深さ当たりの増加率

せん断強さが緩やかに変化する多層の粘性土の場合は、空洞の深さは次式から計算されるが、 H_{cav}/B と s_{uH} との繰り返し計算が必要となる。

$$\frac{H_{cav}}{B} = \left(\frac{s_{uH}}{\gamma' \cdot B} \right)^{0.55} - 0.25 \cdot \left(\frac{s_{uH}}{\gamma' \cdot B} \right)$$

ここで、

- s_{uH} : 海底面の下 H_{cav} の深さにおける非排水せん断強さ

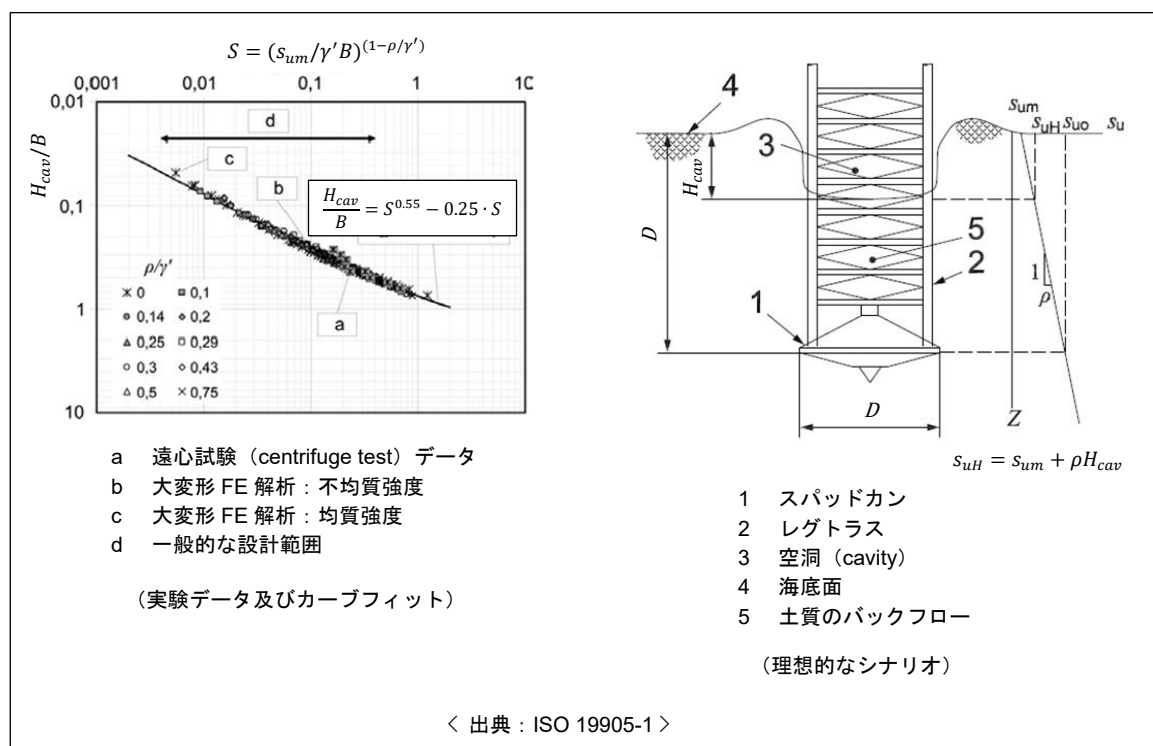


図 11B-7 設置中のバックフローによる限定空洞深さ (H_{cav}) の計

11B.4.5

砂質土の場合、コーン形状スパッドカンがその最大等価直径の位置を超えて貫入するのは一般的ではない。ただし、このような貫入が予想される場合は、砂質土が安息角の状態にあるものと仮定し、プレローディングの間にスパッドカンの上部への砂のインフィルが生じる可能性を考慮すべきである。

11B.5 要求される支持力

11B.5.1

最大プレロード時において、地盤の極限支持力 Q_{V0} は次式で表される（図 11B-8 参照）。

$$Q_{V0} = V_{L0} + W_{BF,0} - B_s$$

ここで、

- Q_{V0} : 最大プレロード時の地盤の極限支持力
- V_{L0} : 最大プレロード時にスパッドカンを貫入させる力（すなわち、プレロード反力）
- $W_{BF,0}$: 最大プレロード時におけるバックフィルの水中重量
- B_s : 次式で与えられるスパッドカンのフーチング部の土質浮力（すなわち、深さ D より下の部分のスパッドカンで置き換えられる土質の水中重量）

$$B_s = \gamma' \cdot V_D$$

ここで、

- γ' : 土質の水中単位体積重量
- V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ D より下の部分のスパッドカンの体積

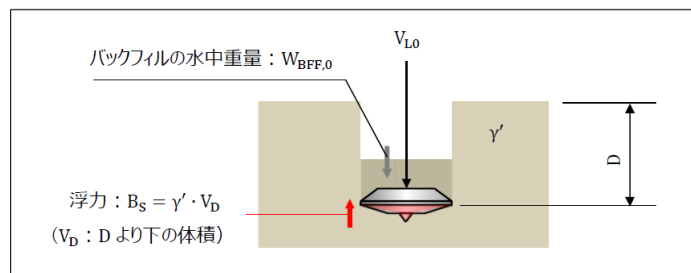


図 11B-8 地盤に作用する荷重

11B.5.2

プレローディング時に使用される極限支持力・貫入量曲線（図 11-9 参照）は、貫入深さに対するスパッドカンの反力 V_L を示したものとし、以下のように、必要に応じてバックフィルとフーチング部の浮力を考慮したものではない。

$$V_L = Q_v + B_s \quad (\text{バックフィルがない場合})$$

$$V_L = Q_v - W_{BF} + B_s \quad (\text{バックフィルがある場合})$$

ここで、

- V_L : プレローディング時にスパッドカンを貫入させる力（すなわち、プレロード反力）
- Q_v : 地盤の極限支持力
- W_{BF} : プレローディング時におけるバックフィルの水中重量
- B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力

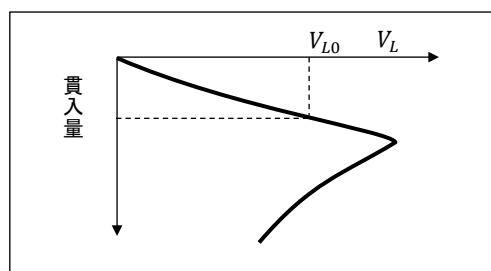


図 11B-9 極限支持力・貫入量曲線の概念図

11B.6 単一層の土質における貫入

11B.6.1 粘性土における貫入

11B.6.1.1

一定のせん断強さを有する又はせん断強さが深さと共に一定の割合で増大する粘性土（粘性土における非排水破壊、 $\phi' = 0^\circ$ ）の場合、特定の深さにおけるスパッドカンの極限鉛直支持力 V_L は次式で与えられ、式を構成する Q_V 、 W_{BF} 及び B_s は表 11B-6 のように表される（図 11B-10 参照）。

$$V_L = Q_V - W_{BF} + B_s$$

表 11B-6 極限鉛直支持力 V_L の式を構成するパラメータ

Case	Q_V	$W_{BF}^{1)}$	B_s
Case A: $z \leq y_m$	$s_{u0} \cdot N_c \cdot A_{eff}$	-	$\gamma' \cdot V_{eff}$
Case B: $z \geq y_m$ かつ $D \leq H_{cav}$	$s_{u0} \cdot N_c \cdot A + \gamma' \cdot A \cdot D$	-	$\gamma' \cdot V_D$
Case C: $z \geq y_m$ かつ $D \geq H_{cav}$	$s_{u0} \cdot N_c \cdot A + \gamma' \cdot A \cdot D$	$\gamma' \cdot A \cdot H_{BF}$	$\gamma' \cdot V_D$
注1) この表では、Case A から Case C までバックフィルなしで貫入が進行し、Case C の貫入後、11B.5 に示すバックフィルが生じるものと仮定している。			

ここで、

V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力

Q_V : 地盤の極限鉛直支持力

W_{BF} : バックフィルの水中重量

B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力

z : スパッドカンのコーン先端の貫入深さ

y_m : スパッドカンのコーン先端から最大等価直径位置までの高さ

H_{cav} : 空洞の深さ、11B.4 参照

s_{u0} : スパッドカンの深さ D における非排水せん断強さ

N_c : 支持力係数（11B.6.1.2 参照）

A_{eff} : スパッドカンの海底面における等価断面積（ $A_{eff} = \pi B_{eff}^2/4$ 、 B_{eff} : 海底面における等価直径）

A : スパッドカンの最大等価断面積（ $A = \pi B^2/4$ 、 B : 最大等価直径）

γ' : 水中単位体積重量

D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ

H_{BF} : バックフィルの高さ（ $H_{BF} = D - H_{cav}$ ）

V_{eff} : スパッドカンの海底面より下の部分の体積

V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）よりも下の部分の体積

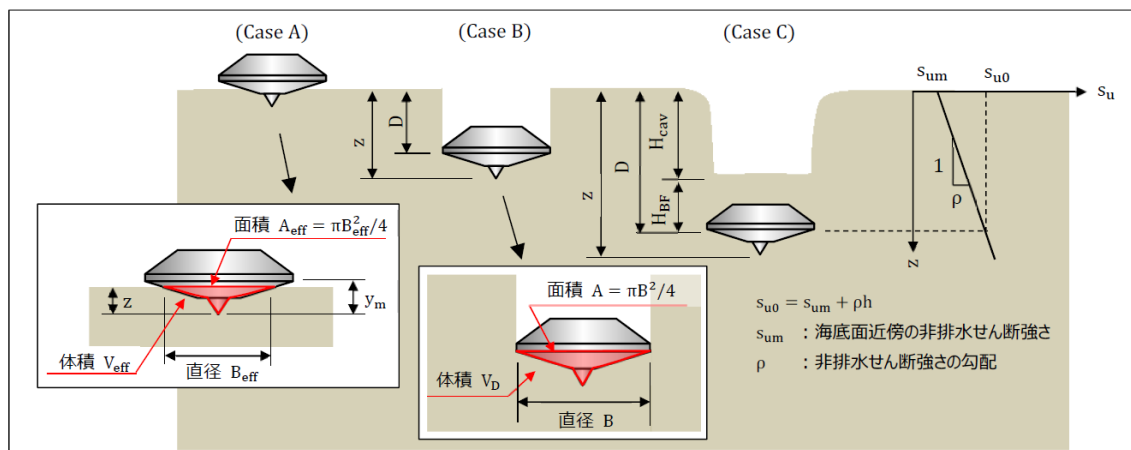


図 11B-10 粘性土における貫入

11B.6.1.2

前 11B.6.1.1 で、支持力係数 N_c の値は、表 11B-7 のように表される。同表の値は、ISO 19905-1 Annex E の表を簡略化したものである。支持力係数は、コーン角 β ，無次元貫入深さ D/B ，表面粗さ係数 α ($0 \leq \alpha \leq 1$)，及び無次元せん断強さ増加率 $\rho B/s_{um}$ の関数となっているが、表面粗さ係数が不明の場合は $\alpha = 0.5$ の値を使用することが推奨される。

表 11B-7 コーン形状スパッドカンに対する粘性土の支持力係数 N_c

$\rho B/s_{um}$	D/B	$\beta = 60^\circ$			$\beta = 90^\circ$			$\beta = 120^\circ$		
		$\alpha = 0$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1.0$	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1.0$	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1.0$
0.0	0.0	4.45	5.68	6.69	4.64	5.52	6.17	4.96	5.62	6.05
	0.1	4.68	5.90	6.90	4.90	5.76	6.41	5.23	5.88	6.30
	0.25	4.98	6.18	7.18	5.22	6.08	6.71	5.57	6.21	6.62
	0.5	5.41	6.59	7.57	5.68	6.51	7.14	6.04	6.66	7.05
	1.0	6.07	7.22	8.18	6.37	7.19	7.79	6.74	7.34	7.72
	2.5	7.33	8.46	9.39	7.65	8.46	9.05	8.07	8.65	8.99
1.0	0.0	5.81	7.46	8.87	5.57	6.67	7.53	5.69	6.51	7.09
	0.1	5.92	7.53	8.89	5.74	6.81	7.65	5.89	6.69	7.26
	0.25	6.04	7.59	8.91	5.94	6.98	7.79	6.12	6.89	7.45
	0.5	6.20	7.69	8.94	6.16	7.18	7.97	6.39	7.14	7.66
	1.0	6.43	7.85	9.03	6.50	7.47	8.21	6.80	7.49	7.97
	2.5	6.97	8.31	9.39	7.25	8.10	8.78	7.52	8.19	8.61
2.0	0.0	7.14	9.22	10.99	6.46	7.78	8.82	6.38	7.33	8.04
	0.1	6.92	8.85	10.50	6.41	7.66	8.65	6.41	7.32	7.97
	0.25	6.74	8.51	10.03	6.41	7.56	8.65	6.46	7.32	7.94
	0.5	6.59	8.22	9.61	6.40	7.49	8.35	6.56	7.36	7.92
	1.0	6.55	8.05	9.30	6.54	7.55	8.33	6.80	7.53	8.03
	2.5	6.99	8.27	9.37	7.16	8.02	8.72	7.43	8.10	8.53
3.0	0.0	8.49	10.96	13.10	7.36	8.87	10.08	7.04	8.12	8.93
	0.1	7.77	9.97	11.85	6.99	8.35	9.45	6.84	7.83	8.57
	0.25	7.24	9.17	10.82	6.70	7.95	8.94	6.71	7.61	8.27
	0.5	6.82	8.54	10.00	6.54	7.68	8.57	6.66	7.49	8.08
	1.0	6.60	8.15	9.43	6.56	7.60	8.39	6.81	7.54	8.06
	2.5	6.99	8.25	9.36	7.12	7.99	8.46	7.38	8.06	8.51
4.0	0.0	9.83	12.70	15.18	8.22	9.95	11.33	7.70	8.90	9.81
	0.1	8.51	10.93	13.00	7.49	8.95	10.14	7.20	8.26	9.03
	0.25	7.61	9.65	11.41	6.94	8.25	9.29	6.88	7.82	8.53
	0.5	6.97	8.75	10.26	6.63	7.80	8.72	6.72	7.57	8.18
	1.0	6.64	8.20	9.51	6.57	7.62	8.42	6.80	7.55	8.08
	2.5	6.86	8.24	9.35	7.05	7.97	8.67	7.39	8.04	8.49
5.0	0.0	11.17	14.45	17.26	9.11	11.01	12.56	8.35	9.66	10.67
	0.1	9.14	11.76	13.99	7.87	9.45	10.75	7.52	8.63	9.95
	0.25	7.90	10.03	11.87	7.12	8.48	9.57	7.01	7.98	8.72
	0.5	7.08	8.90	10.45	6.70	7.88	8.82	6.77	7.62	8.25
	1.0	6.66	8.24	9.56	6.57	7.63	8.44	6.80	7.56	8.09
	2.5	6.85	8.23	9.35	7.03	7.96	8.66	7.34	8.03	8.48

表 11B-7 コーン形状スパッドカンに対する粘性土の支持力係数 N_c (続き)

$\rho B/s_{um}$	D/B	$\beta = 150^\circ$			$\beta = 180^\circ$		
		$\alpha = 0$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1.0$	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1.0$
0.0	0.0	5.32	5.82	6.05	5.69	6.00	6.05
	0.1	5.60	6.08	6.30	5.97	6.27	6.30
	0.25	5.94	6.42	6.61	6.31	6.59	6.61
	0.5	6.41	6.87	7.05	6.79	7.04	7.05
	1.0	7.13	7.56	7.72	7.49	7.71	7.71
	2.5	8.46	8.87	8.99	8.82	8.99	8.99
1.0	0.0	5.94	6.57	6.97	6.25	6.72	6.95
	0.1	6.16	6.77	7.15	6.48	6.94	7.14
	0.25	6.41	7.00	7.36	6.74	7.17	7.35
	0.5	6.71	7.27	7.60	7.05	7.45	7.60
	1.0	7.13	7.65	7.95	7.47	7.84	7.94
	2.5	7.91	8.38	8.61	8.26	8.56	8.61
2.0	0.0	6.50	7.23	7.73	6.73	7.30	7.63
	0.1	6.59	7.28	7.74	6.85	7.38	7.68
	0.25	6.69	7.34	7.76	6.98	7.47	7.72
	0.5	6.84	7.44	7.82	7.15	7.60	7.80
	1.0	7.11	7.66	7.99	7.45	7.84	7.98
	2.5	7.81	8.28	8.53	8.16	8.47	8.53
3.0	0.0	7.03	7.85	8.43	7.16	7.80	8.21
	0.1	6.94	7.69	8.21	7.13	7.72	8.07
	0.25	6.88	7.57	8.03	7.15	7.67	7.96
	0.5	6.91	7.53	7.94	7.21	7.68	7.91
	1.0	7.10	7.66	8.00	7.43	7.84	7.99
	2.5	7.76	8.24	8.49	8.13	8.44	8.49
4.0	0.0	7.55	8.44	9.10	7.56	8.27	8.73
	0.1	7.23	8.03	8.59	7.38	7.99	8.39
	0.25	7.02	7.74	8.23	7.26	7.80	8.13
	0.5	6.95	7.60	8.01	7.25	7.73	7.98
	1.0	7.09	7.66	8.00	7.44	7.83	8.00
	2.5	7.72	8.21	8.47	8.09	8.40	8.47
5.0	0.0	8.05	9.03	9.74	7.94	8.70	9.23
	0.1	7.46	8.30	8.90	7.56	8.21	8.64
	0.25	7.13	7.87	8.37	7.34	7.91	8.25
	0.5	6.99	7.64	8.07	7.27	7.76	8.02
	1.0	7.09	7.66	8.01	7.43	7.83	8.00
	2.5	7.70	8.20	8.46	8.07	8.39	8.46

11B.6.2 砂質土における貫入

11B.6.2.1

砂質土における貫入は、通常、過度の間隙水圧が生成されない排水プロセスとして解析される。排水条件の下で、均質な摩擦土質中のスパッドカンの極限鉛直支持力 V_L は次式で与えられ、式を構成するパラメータは表 11B-8 のように表される（図 11B-11 参照）。

$$V_L = Q_V - W_{BF} + B_s$$

表 11B-8 極限鉛直支持力 V_L の式を構成するパラメータ

Case	Q_V	W_{BF}	B_s
Case A: $z \leq y_m$	$\frac{1}{2} \gamma' \cdot B_{eff} \cdot N_\gamma \cdot F_{mob} \cdot A_{eff}$	-	$\gamma' \cdot V_{eff}$
Case B: $z \geq y_m$	$F_{mob} \left(\frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \xi_{hy} + \gamma' \cdot D \cdot N_q \cdot \xi_{sq} \cdot \xi_{hq} \right) A$	$\gamma' \cdot V_{soil}$	$\gamma' \cdot V_D$

ここで、

V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力

Q_v : 地盤の極限鉛直支持力

W_{BF} : バックフィルの水中重量

B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力

z : スパッドカンのコーン先端の貫入深さ

y_m : スパッドカンのコーン先端から最大等価直径位置までの高さ

γ' : 水中単位体積重量

B_{eff} : 海底面における等価直径

N_γ : 支持力係数（11B.6.2.2 参照）

F_{mob} : モビライゼーション係数（一般に、 $F_{mob} = 0.25 \sim 0.50$ ）

A_{eff} : スパッドカンの海底面における等価断面積（ $A_{eff} = \pi B_{eff}^2 / 4$ ）

B : スパッドカンの最大等価直径

ξ_{hy} : 貫入深さに関する係数（ $D > 0$ の場合は $\xi_{hy} = 1.0$ ）

D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ

N_q : 支持力係数（平面歪表面フーチングの場合、有効せん断抵抗角 ϕ' を用いて次式で与えられる）

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \cdot \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

ξ_{sq} : N_q を軸対称の数値に変換するための形状係数：

$$\xi_{sq} = 1 + \tan \phi'$$

ここで、

ϕ' : 有効せん断抵抗角

ξ_{hq} : N_q に対する深さ係数：

$$\xi_{hq} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \tan^{-1} \left(\frac{D}{B} \right)$$

ここで、

ϕ' : 有効せん断抵抗角

D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ

B : スパッドカンの最大等価直径

- A : スパッドカンの最大等価断面積 ($A = \pi B^2/4$)
 V_{eff} : スパッドカンの海底面より下の部分の体積
 V_{soil} : スパッドカン上部のバックフィルの体積 (バックフィルの体積は砂質土の安息角 (angle of repose) から求められる。安息角は、図 11B-9 のクリティカル状態のせん断抵抗角 ϕ_{cr} にほぼ等しい)
 V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) よりも下の部分の体積

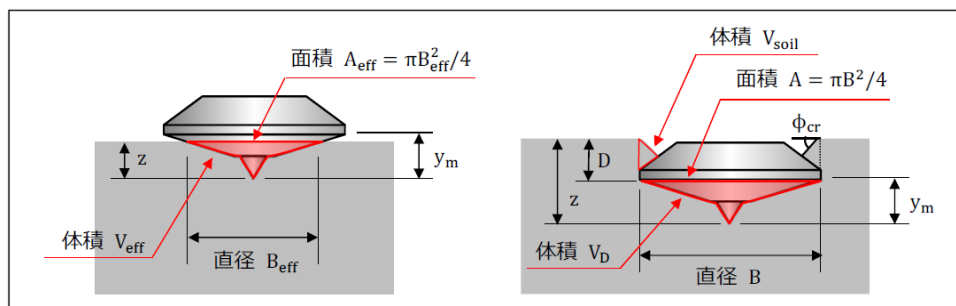


図 11B-11 砂質土における貫入

11B.6.2.2

前 11B6.2.1 で、支持力係数 N_γ の値は、Cassidy and Houlsby (2002, 解説参照) による理論計算により表 11B-9 のように表され、コーン角 β 、有効せん断抵抗角 ϕ' 及びスパッドカンと土質との表面粗さ係数 α ($0 \leq \alpha \leq 1$) の関数となっている。ここで、 α は土質と鋼との摩擦角を δ として次式で定義される。

$$\alpha = \tan \delta / \tan \phi'$$

N_γ の値は、 ϕ' と非線形の関係であり、このことは表中の値を内挿する場合に考慮すべきである。 δ の値は一般に $22^\circ \sim 29^\circ$ の範囲にあり (すなわち、 $\tan \delta = 0.40 \sim 0.55$)、粒子サイズの増加とともに減少する。このことから、摩擦角が $\phi' = 30^\circ \pm 5^\circ$ の土質に対し、 α の値は 0.6 以上となる。

【解説】

参考文献：Cassidy, M. J. and Houlsby, G. T., "Vertical bearing capacity factors for conical footings on sand", Geotechnique 52, No. 9, 687–692.

表 11B-9 コーン形状スパッドカンに対する砂質土の支持力係数 N_γ

有効せん断抵抗角 ϕ'	$\beta = 60^\circ$			$\beta = 90^\circ$			$\beta = 120^\circ$		
	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 1.0$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 1.0$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 1.0$
20°	5.64	6.55	7.33	3.62	4.11	4.54	2.81	3.15	3.37
25°	10.94	12.99	14.69	7.26	8.50	9.58	6.05	6.99	7.46
30°	22.50	27.45	31.99	15.58	18.87	21.12	14.30	16.80	17.58
35°	48.81	62.95	79.26	37.01	47.42	51.76	35.79	42.99	44.73
40°	122.3	163.2	209.2	99.18	123.6	142.8	103.3	124.9	129.4

表 11B-9 コーン形状スパッドカンに対する砂質土の支持力係数 N_γ (続き)

有効せん断抵抗角 ϕ'	$\beta = 150^\circ$			$\beta = 180^\circ$		
	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 1.0$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 1.0$
20°	2.39	2.61	2.72	1.99	2.04	2.16
25°	5.60	6.13	6.44	5.14	5.37	5.27
30°	14.02	15.13	15.93	12.98	13.91	14.13
35°	36.41	40.42	42.36	36.81	40.93	42.56
40°	110.5	120.5	128.1	117.0	121.5	129.4

11B.7 2層の土質における貫入

11B.7.1 一般

11B.7.1.1

多層の土層の中での貫入では、次の3つの基礎の破壊メカニズムを考慮しなければならない。

- (a) 一般的なせん断
- (b) パンチスルー (punch-through)
- (c) スクイジング (squeezing, 絞り)

最初の (a) の破壊メカニズムは、上層と下層との土質強度が大きく変化しないときに生じる。平均的な土質の強度 (ϕ' 又は s_u) は、スパッドカンの下値として定められる。極限支持力・貫入量曲線は、前 11B.6 のクライテリアを使用して求められる。(b) 及び (c) の破壊メカニズムは、後述の 11B.7.2～11B.7.4 で与えられる。パンチスルーは、軟弱層の上に硬質層がある場合、潜在的な危険な状況を示すものであるため特に重要である。従って、スパッドカン貫入量の僅かな追加であっても、鉛直支持力の大きな低下につながることであり、レグの急速な貫入を引き起こすことになる。バックフロー及びインフローについても考慮すべきである。

11B.7.2 砂質土（上層）と粘性土（下層）(sand over clay)

11B.7.2.1

砂質層（上層）が粘性土（下層）の上にある場合、砂質層内を貫入するときのスパッドカンの極限鉛直支持力は、スパッドカンの貫入深さにより (a) $D < H_{layer}$ と (b) $D \geq H_{layer}$ (H_{layer} : 上層の厚さ) の2つのケースに分けられる。

- (a) スパッドカンの貫入深さが砂質層の厚さ未満 ($D < H_{layer}$) の場合 (図 11B-12 参照)

緩い砂質土から中密度の砂質土 ($D_R < 0.65$ 又は $\phi' < 36^\circ$, D_R : 相対密度) までの範囲では、時々刻々と変化する破壊メカニズム又はプラグの進展 (plug progression) をモデル化できないという限界はあるものの、一般に知られている Hanna 及び Meyerhof (1980) による次のパンチングシア法 (punching shear method, 図 11B-13

- (i) 参照) が提案される。

$$V_L = Q_V - W_{BF} + B_s$$

$$Q_V = N_c \cdot s_{ubs} \cdot A + \frac{1}{2} \gamma'_{sand} \cdot (H_{layer}^2 - D^2) \pi \cdot B \cdot K_s \cdot \tan \phi' + \gamma'_{sand} \cdot A \cdot D$$

$$W_{BF} = \gamma'_{sand} \cdot V_{soil}$$

$$B_s = \gamma'_{sand} \cdot V_D$$

ここで、

- V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力
- Q_v : 地盤の極限鉛直支持力
- W_{BF} : バックフィルの水中重量
- B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力
- N_c : 粘性土の支持力係数 (11B.6.1.2 参照)
- s_{ubs} : 粘性土（下層）表面の非排水せん断強さ
- A : スパッドカンの最大等価断面積 ($A = \pi B^2/4$)
- γ'_{sand} : 砂質土（上層）の水中単位体積重量
- H_{layer} : 砂質土（上層）の厚さ
- D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ
- B : スパッドカンの最大等価直径
- K_s : パンチングシア係数 ($25^\circ < \phi' < 35^\circ$ かつ $0.1 < s_u/(\gamma'_{sand} \cdot B) < 0.5$ (s_u : $D + B/4$ の深さにおける非排水せん断強さ) の場合、次式が成立する)

$$K_s \cdot \tan \phi' \approx 2.5 \left(\frac{s_u}{\gamma'_{sand} \cdot B} \right)^{0.6}$$

ϕ' : 砂質土の有効せん断抵抗角

V_{soil} : スパッドカン上部のバックフィルの体積

V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）よりも下の部分の体積

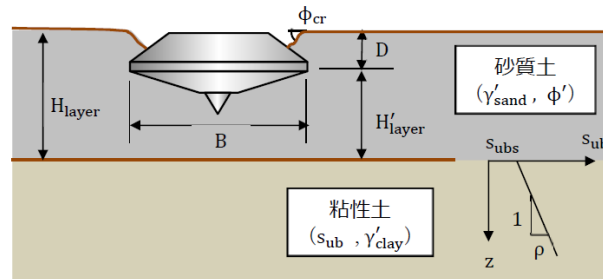


図 11B-12 粘性土の上にある砂質土における貫入 ($D < H_{layer}$)

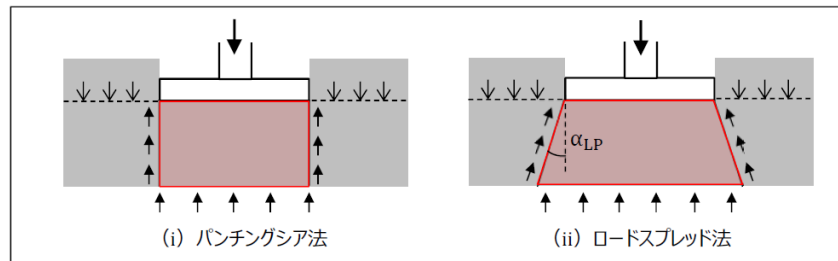


図 11B-13 パンチスルーのモデリング

高密度の砂質土の場合は、上記の式では支持力を低く見積もる傾向があるため、次のロードスプレッド法 (load spread method, 仮想フーチング法という場合もある) による計算が望ましい (図 11B-13 (ii) 参照)。

$$V_L = Q_V - W_{BF} + B_s$$

$$Q_V = \left(1 + 2 \cdot \frac{H'_{layer}}{B} \cdot \tan \alpha_{LP} \right) \cdot N_c \cdot s_{ubs} \cdot A + \gamma'_{sand} \cdot A \cdot D$$

$$W_{BF} = \gamma'_{sand} \cdot V_{soil}$$

$$B_s = \gamma'_{sand} \cdot V_D$$

ここで、

V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力

Q_v : 地盤の極限鉛直支持力

W_{BF} : バックフィルの水中重量

B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力

H'_{layer} : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）から砂質層（上層）の下面までの厚さ

B : スパッドカンの最大等価直径

α_{LP} : せん断面（破壊面）と鉛直線とのなす角 (図 11B.11 参照, SNAME (2008) では, $\tan^{-1}(1/5)$ (緩い砂質土) から $\tan^{-1}(1/3)$ (高密度の砂質土) の値が推奨されているが、高密度の砂質土の場合は $\tan^{-1}(1/1.5) \sim \tan^{-1}(1/2)$ 程度の値とすることが望ましい)

N_c : 粘性土（下層）の支持力係数 (11B.6.1.2 参照)

s_{ubs} : 粘性土（下層）表面の非排水せん断強さ

- A : スパッドカンの最大等価断面積 ($A = \pi B^2/4$)
 γ'_{sand} : 砂質土 (上層) の水中単位体積重量
 D : スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) の貫入深さ
 V_{soil} : スパッドカン上部のバックフィルの体積
 V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) よりも下の部分の体積

(b) スパッドカンの貫入深さが砂質層の厚さ以上 ($D \geq H_{layer}$) の場合 (図 11B-14 参照)

上層と下層の境界を越えて貫入が進んだ場合、粘性土における極限支持力は、上部の砂質層による上載応力 (overburden stress) を考慮し、基本的には 11B.6.1 に従って計算される。ただし、上層からの砂質土は、図 11B-14 のようにスパッドカンの下に落とし込まれる。落とし込まれた砂質土のプラグは、 $D \geq H_{layer}$ のときに予測される極限支持力を増大させるものである。この増大量は、主に砂質土のプラグの側面の摩擦と支持力への深さの影響によるものである。極限鉛直支持力 V_L は次式で与えられ、式を構成するパラメータは、表 11B-10 のように表される。

$$V_L = Q_V - W_{BF} + B_s$$

表 11B-10 極限鉛直支持力 V_L の式を構成するパラメータ

Case	Q_V	W_{BF}	B_s
Case A: $D = H_{layer}$	$\left(N_c \cdot s_{u,plugbase} + \sigma'_v + \frac{4 \cdot s_{ua} \cdot H_{plug}}{B} \right) \cdot A$	$\gamma' \cdot V_{soil}$	$\gamma'_{sand} \cdot V_D$
Case B: $D \geq H_{layer} + H_t$	$\left(N_c \cdot s_{u,plugbase} + \sigma'_v + \frac{4 \cdot s_{ua} \cdot (H_{plug} + H_t)}{B} \right) \cdot A$	$\gamma' \cdot V_{soil}$	$\gamma'_{sand} \cdot V_D$

ここで、

- V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力
 Q_v : 地盤の極限鉛直支持力
 W_{BF} : バックフィルの水中重量
 B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力
 H_{layer} : 砂質土 (上層) の厚さ
 H_t : スパッドカンの最大直径部分の高さ
 N_c : 粘性土 (下層) の支持力係数 (図 11B-15 参照, 11B.6.1.2 の N_c を使用した計算は、 $D \geq H_{layer}$ のときの下限値を与えることになる)
 $s_{u,plugbase}$: 砂質土プラグ底面の位置に対応する非排水せん断強さ
 σ'_v : 砂質土プラグ底面の位置での有効応力
 s_{ua} : ($D - H_t$) から ($D + H_{plug}$) の範囲で平均された非排水せん断強さ
 H_{plug} : 砂質土プラグの高さ (高密度の砂質土 (上層) で $H_{layer}/B \leq 1$ の場合、 H_{plug} は (0.6 ~ 1.0) $\times H_{layer}$ の範囲となることが知られている。緩い砂質土から中密度の砂質土の場合は、これよりも短い H_{plug} となる)
 A : スパッドカンの最大等価断面積 ($A = \pi B^2/4$)
 γ' : バックフィルの土質の水中単位体積重量
 V_{soil} : スパッドカン上部のバックフィルの体積
 γ'_{sand} : 砂質土 (上層) の水中単位体積重量
 V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) よりも下の部分の体積

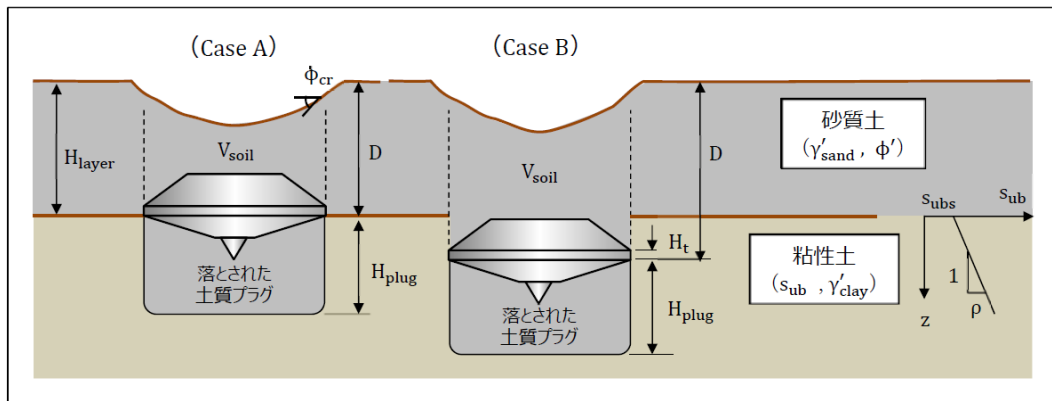
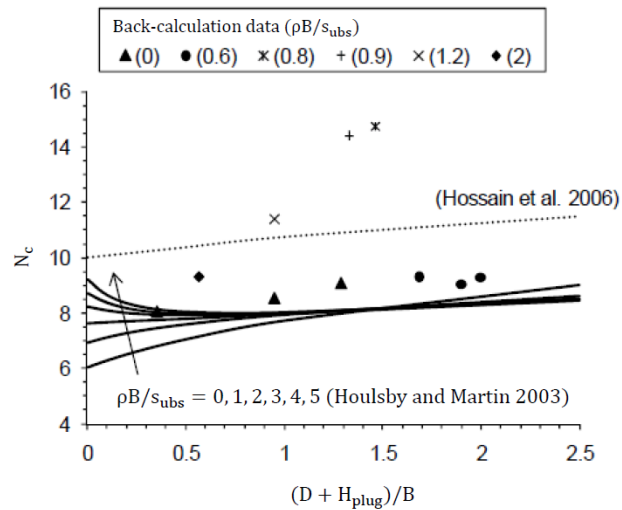


図 11B-14 粘性土の上にある砂質土における貫入 ($D \geq H_{layer}$)



＜ 出典：“InSafeJIP”（2011），記号変更あり ＞

図 11B-15 スパッドカンの極限支持力計算のための N_c ($D \geq H_{layer}$ の場合)

11B.7.3 硬質の粘性土（上層）と軟弱な粘性土（下層）（strong clay over soft clay）

11B.7.3.1

硬質の粘性土の層（上層）が軟弱な粘性土の層（下層）の上にある場合、上層の抵抗を評価する場合は、次の事項を考慮しなければならない。

- 2層システムの抵抗の下限は下層の粘性土により、上限は上層の粘性土により決定される。
- 上層で土質のバックフローが生じる可能性は、単一層のための手順（11B.6.1 参照）で評価される。土質のバックフローは、次式による H_{cav} が H_{layer} を超える場合は、下層においても生じる（図 11B-16 参照）。

$$H_{cav} \approx 1.4 \cdot \left[\frac{s_{utop} \cdot H_{layer}}{\gamma'_{clay,b} \cdot \left(1 + \frac{\rho \cdot B}{s_{ubs}}\right)} \right]^{0.5}$$

ここで、

H_{cav} : 空洞の深さ

s_{utop} : 硬質の粘性土（上層）の非排水せん断強さ

H_{layer} : 硬質の粘性土（上層）の厚さ

$\gamma'_{clay,b}$: 軟弱な粘性土（下層）の水中単位体積重量

ρ : 軟弱な粘性土（下層）の非排水せん断強さの勾配

B : スパッドカンの最大等価直径

H'_{layer} : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）から砂質層（上層）の下面までの厚さ

s_{ubs} : 軟弱な粘性土（下層）表面の非排水せん断強さ

- 貫入するスパッドカンの下の硬質粘性土のプラグが下層の粘性土に落とし込まれる。この粘性土のプラグの定式化と進展を考慮すべきである。

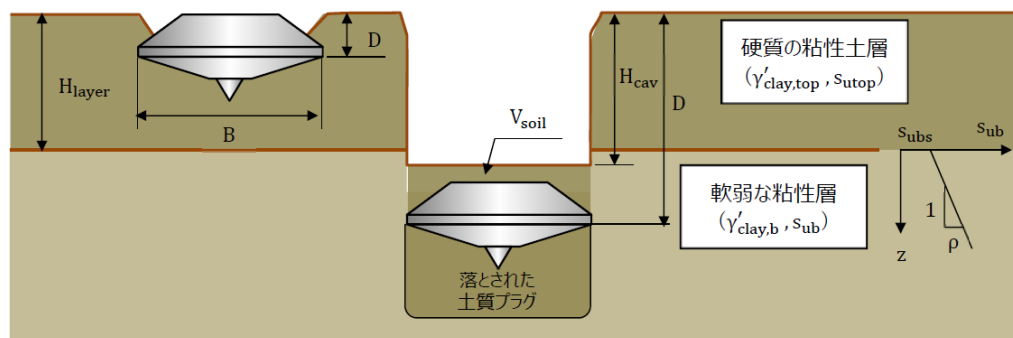


図 11B-16 軟弱な粘性土の上にある硬質の粘性土における貫入

11B.7.3.2

硬質の粘性土の層（上層）が軟弱な粘性土の層（下層）の上にある場合の極限支持力の計算は、次の 3 ステージからなる Hossain 及び Randolph の方法*で実施することが推奨される。

- ステージ 1 : ピーク支持力の初回の計算
- ステージ 2 : ピーク支持力の後の計算
- ステージ 3 : $D \geq H_{layer}$ のときの支持力の計算

注*) Hossain, M.S. and Randolph, M.F. (2009), New mechanism-based design approach for spudcan foundation of stiff-over-soft clay, Offshore Technology Conference, OTC19907.

Hossain, M.S. and Randolph, M.F. (2010), Deep-penetrating spudcan foundation on layered clays: numerical analysis. Geotechnique, 60(3), 171-184

11B.7.4 軟弱な粘性土（上層）と硬質の粘性土（下層）（soft clay over strong clay）

11B.7.4.1

軟弱な粘性土の層（上層）が非常に硬質の粘性土（下層）の上にある場合、軟弱な粘性土中にあるスパッドカンのスクイジングによる極限鉛直支持力 V_L は次式で与えられる（図 11B-17 参照）。

$$V_L = Q_v - W_{BF} + B_s$$

$$Q_v = \left(N_c + \frac{B}{n \cdot H'_{layer}} - 1 \right) A \cdot s_{utop} + \gamma'_{clay.top} \cdot A \cdot D$$

$$W_{BF} = \gamma'_{clay.top} \cdot V_{soil}$$

$$B_s = \gamma'_{clay.top} \cdot V_D$$

スクイジングが発生する条件は次のとおり。

$$\frac{H'_{layer}}{B} \leq \frac{1}{n}$$

ここで、

- V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力
- Q_v : 地盤の極限鉛直支持力
- W_{BF} : バックフィルの水中重量
- B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力
- N_c : 支持力係数（11B.6.1 参照）
- B : スパッドカンの最大等価直径
- n : スクイジング係数（Meyerhof 及び Chaplin（1952）により $n=3$ が提案されたが、最近の解析によれば $n=8$ とすることが適切と考えられる）
- H'_{layer} : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）から軟弱な粘性土（上層）の下面までの厚さ
- A : スパッドカンの最大等価断面積（ $A = \pi D^2/4$ ）
- s_{utop} : 軟弱な粘性土（上層）の非排水せん断強さ
- $\gamma'_{clay.top}$: 軟弱な粘性土（上層）の水中単位体積重量
- D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ
- V_{soil} : スパッドカン上部のバックフィルの体積
- V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）よりも下の部分の体積

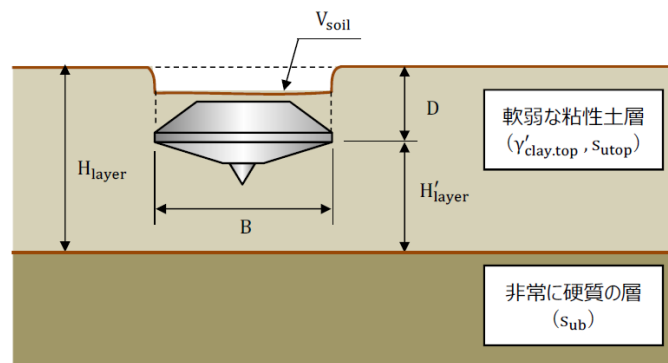


図 11B-15 非常に硬質の粘性土層の上にある軟弱な粘性土層における貫入

11B.7.4.2

前 11B.7.4.1 に示される上層の極限鉛直支持力の下限值は、11B.6.1 で与えられる値となる。上限値（ $H'_{layer} \ll B$ の場合）は下層の極限鉛直支持力で決定される。

11B.7.4.3

前 11B.7.4.1 で、下層の土質が上層の土質と比較し、“非常に硬質”とみなせない程度の硬質の場合は、前 11B.7.4.1 の式に替えて次の式を使用することができる。

$$V_L = Q_v - W_{BF} + B_s$$

$$Q_v = A \cdot N'_c \cdot s_{utop} + \gamma'_{clay,top} \cdot A \cdot D$$

$$W_{BF} = \gamma'_{clay,top} \cdot V_{soil}$$

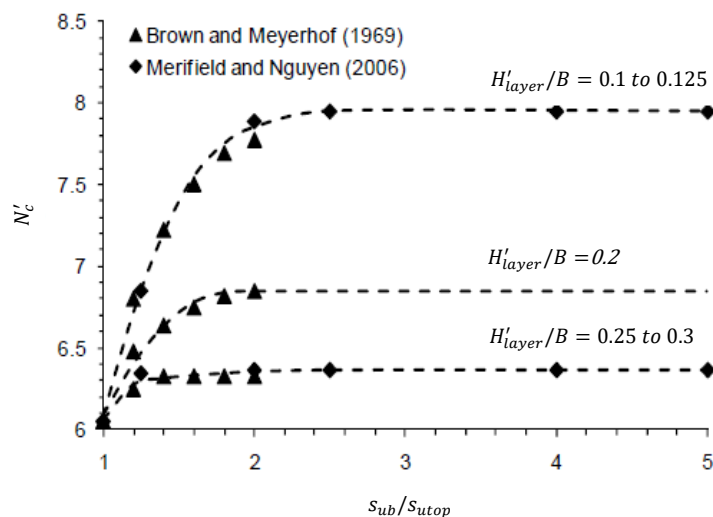
$$B_s = \gamma'_{clay,top} \cdot V_D$$

ここで、

- V_L : スパッドカンの極限鉛直支持力
- Q_v : 地盤の極限鉛直支持力
- W_{BF} : バックフィルの水中重量
- B_s : スパッドカンのフーチング部の土質浮力
- A : スパッドカンの最大等価断面積 ($A = \pi B^2/4$)
- N'_c : 修正支持力係数 (11B.7.4.4 参照, 下層と上層との非排水せん断強さの比 (s_{ub}/s_{utop}) による)
- s_{utop} : 軟弱な粘性土 (上層) の非排水せん断強さ
- $\gamma'_{clay,top}$: 軟弱な粘性土 (上層) の水中単位体積重量
- D : スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) の貫入深さ
- V_{soil} : スパッドカン上部のバックフィルの体積
- V_D : スパッドカンの最大等価直径の位置 (底面) よりも下の部分の体積

11B.7.4.4

前 11B.7.4.3 で、修正支持力係数 N'_c の値は図 11B-16 で与えられる。他の値であっても、正当性を示すことができる場合は使用することができる。



< 出典: “InSafeJIP” (2011), 記号変更あり >

図 11B-16 N'_c の値

11B.8 他のアプローチによる支持力の計算（貫入試験との直接相関）

11B.8.1

高品質のほぼ連続した貫入試験データ（通常はコーン貫入試験のデータ）が利用できる場合は、代替手段を利用できる。これにより、粘性土のスパッドカン抵抗を迅速かつ簡単に推定することができる。ただし、この方法は細心の注意を払って使用する必要があり、層状の土質では推奨されない。スパッドカンの極限支持力 V_L は、コーン貫入試験の正味（net）の貫入抵抗を用いて、次式で表される。

$$V_L = Q_V - W_{BF} + B_s$$

$$Q_V = \frac{N_c}{N_{kt}} \cdot q_{net} \cdot A + \gamma' \cdot A \cdot D$$

$$W_{BF} = \gamma' \cdot V_{soil}$$

$$B_s = \gamma' \cdot V_D$$

ここで、

V_L	: スパッドカンの極限鉛直支持力
Q_V	: 地盤の極限鉛直支持力
W_{BF}	: バックフィルの水中重量
B_s	: スパッドカンのフーチング部の土質浮力
N_c	: 支持力係数（11B.6.1 参照。深く浸透したスパッドカンの代表的な N_c 値は約 9.0 である）
N_{kt}	: コーン係数（室内試験の結果との比較により校正された係数，11B.2.2.2.1 参照）
q_{net}	: コーン貫入試験による正味（net）のコーン抵抗（11B.2.2.2.1 参照）
γ'	: 水中単位体積重量
A	: スパッドカンの最大等価断面積
D	: スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）の貫入深さ
V_{soil}	: スパッドカン上部のバックフィルの体積
V_D	: スパッドカンの最大等価直径の位置（底面）よりも下の部分の体積

なお、土質が十分に粗い場合は、スパッドカンの貫入が非排水であっても、貫入試験の間に部分的な排水が発生するため、 N_c/N_{kt} の比を減じる必要がある。

11B.8.2

前 11B.8.1 の式で、 N_c と N_{kt} との比は一般に 0.48～0.67 となる。従って、 N_c 及び N_{kt} として確信できる値が得られない場合は、両者の比を

$$\frac{N_c}{N_{kt}} = 0.58$$

とする計算であっても妥当な結果を与えるものと考えられる。

附属書 11C

推奨事項

11C.1 一般

11C.1.1

この附属書は、洋上風力発電施設を設置するために使用される SEP 船のジャッキアップ作業に関する推奨事項を示すものである。

11C.1.2

この附属書では、ジャッキアップレグがコード (chord) とブレース (brace) で構成されるトラス構造であることを前提としており、トラス構造のレグに要求される RPD (Rack Phase Difference, 11C.2.5 の解説参照) の管理に関する推奨事項を記載している。トラス構造以外のレグが装備され、運転マニュアルでレグの安全性を確認する方法が示されている場合は、その方法に従ってレグの安全性を確認しなければならない。

11C.2 困難な場所 (difficult locations) でのプレローディング

11C.2.1

設置中に急速沈下 (rapid settlement)、急速貫入 (leg run) 又はパンチスルー (punch-through) の可能性がある場所でプレローディングを計画する際は、この附属書が考慮されるべきである。

11C.2.2

急速沈下、急速貫入又はパンチスルーのリスクがある場合、SEP 船及びジャッキアップレグは慎重なアプローチをとるべきである。特に、

- 最初のプレローディングはレグ 1 本ずつ行うべきである。
- プレローディングは、潮位変化を考慮し、船体が海中にある状態で実施すべきである。エアギャップを設ける場合であっても、パンチスルーのリスクが高い場所では、状況により最小エアギャップ (一般に、0.25m 以下) が要求されることがある。

11C.2.3

SEP 船が固定構造物付近に置かれる場合、

- (a) クリアランスを最大限に確保し、接触の危険性を最小限に抑えるように置かれるべきである。
- (b) 横方向移動及び接触の潜在的可能性を評価しなければならない。
- (c) 衝突が発生する可能性がある場合、構造物から最も遠いレグを最初にプレロードし、予期せぬスパッドキャン貫入があっても船体が構造物から離れるようにする。

11C.2.4

障害物のない場所で、最初にプレロードされるレグは、3 本レグの場合は他の 2 本のレグの中央を通る線までの距離が最大であるレグとすべきである。4 本レグの場合は、そのような距離が最大となるレグのうちの 1 本とすべきである。ただし、予測される急速貫入が各レグで変化するような場所では、予測される急速貫入が最も大きいレグを最初にプレロードすべきである。

11C.2.5

SEP 船の据え付けは、計画される作業のためだけでなく、不良貫入事象からの回復のためにも、十分な期間の気象ウィンドウがある場合に実施されるべきである。ジャッキアップの操作要員は、RPD (Rack Phase Difference, 解説参照) の監視及び低減並びにパンチスルーからの回復についても訓練されるべきである。

【解説】

RPD は、トラス構造のレグにおいて、レグを構成する隣接するコードの長さ方向の移動量の差と定義される。レグが 3 本のコード (コード A～コード C) で構成される場合、RPD は次式で定義される。

$$\text{RPD(AB 面)} = \Delta A - \Delta B$$

$$\text{RPD(AC 面)} = \Delta A - \Delta C$$

$$\text{RPD(BC 面)} = \Delta B - \Delta C$$

ここで、 ΔA 、 ΔB 及び ΔC は、それぞれコード A、コード B 及びコード C の移動量である (図 11C-1 参照)。

コード B がコード A よりも相対的に上方に移動した場合、A1-B2 間のブレースには引張が作用し、B1-A2 間のブレースには圧縮が作用する。RPD はラックの歯の位置で測定される。

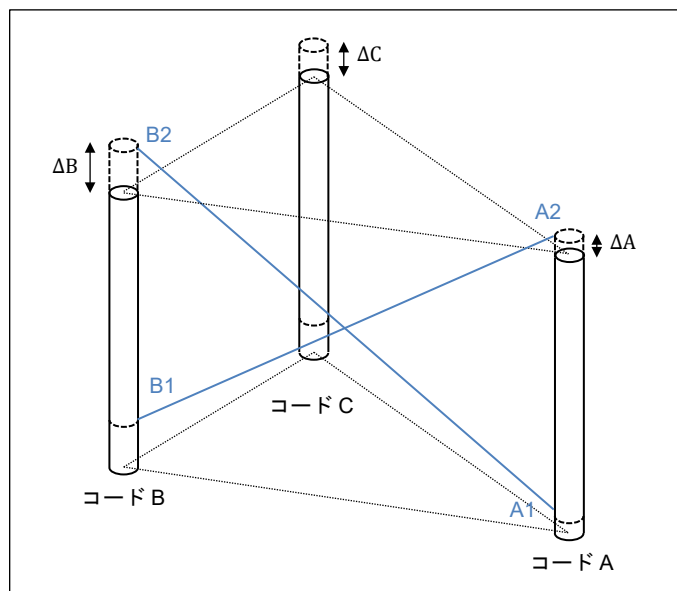


図 11C-1 RPD の定義

11C.2.6

SEP 船のジャッキアップリグは、適切に準備され、ジャッキアップ作業に関連するアイテムは固定しておくべきである。

11C.2.7

要求されるプレロードを達成するため、不必要な変動荷重は除去されるべきである。そうでない場合は、最悪のケースで予想される傾斜であっても残存できることを示すための計算を実施すべきである。

11C.2.8

プレローディングの際は、 $0.5^{\circ}\sim 1.0^{\circ}$ の限界傾斜角を設定し、それを超えた場合は、船体が海中にある場合であってもジャッキングを停止すべきである。急速貫入の初期の段階に船体を水平に保つ目的で船体のハイサイド (high side) を下げる場合は、この限界傾斜角以内にジャッキングを停止することが特に重要である (パンチスルーレグのチェーシング ("chasing") と呼ばれることもある)。かなりの傾斜があった場合は、後述の 11C.3 に示すパンチスルーからの回復のための推奨事項を参照のこと。

11C.2.9

損傷の潜在的な可能性を低減させるためには、最適な喫水は、ビルジ半径*、船尾傾斜部などが没水するような喫水である。ただし、タンクの制限により喫水での完全なプレロードができない SEP 船が多く存在する。可能な場合は、(船体浮力を考慮した) レグ荷重が目標値に達したことを確認するため、レグ荷重監視システムを使用すべきである。喫水の正確な記録を維持し、潮位の影響と貫入の変化による喫水の変化を考慮に入れることが重要である。

注*) 船底と船側との間の湾曲部の半径

11C.2.10

プレローディングの完了後、少なくとも 1 時間はその状態を保持すべきである。ただし、パンチスルーのリスクが高い場所や非常に柔らかい地盤でレグの貫入がゆっくりと少しずつ進行するような場所では、これよりも長い保持時間が必要となる場合がある。

11C.2.11

すべてのレグが成功裏にプレロードされ、潮位変化を考慮した静的な保持段階が完了するまで、船体は最小エアギャップよりも上方に上昇させるべきではない。

11C.2.12

困難な場所でのプレローディングで、すべてのレグに同時にプレロードすることは、次の状況を除き認められない。

- すべてのフーチングが急速沈下領域を通過したこと。かつ、
- 極限支持力・貫入量曲線により、さらなる貫入がほとんどないか、又は全くない強固な基礎であること。

このような状況では、最小エアギャップでの通常のレグ同時プレローディング及びプレロート保持は許容できる。

11C.2.13

極限支持力・貫入量曲線により予想されるプレローディング完了時の貫入量が、急速沈下/急速貫入/パンチスルーを起こす可能性がある場合 (ハングアップシナリオ) は、エアギャップでの同時プレローディングは実施すべきではない。

11C.2.14

船体が海中にある状態でプレローディングを実施した場合、そのときのプレロードはタンクの制限により、通常最小エアギャップで得られるプレロードよりも小さくなる可能性がある。これは、喫水での浮力に抵抗するための十分なバラスト調整ができないことが多いためである。ただし、単一レグでのプレローディングは同時プレローディングよりも、個々の高いレグ荷重を達成できることが多く、そのため、このような不足は最初に予測されるほど大きくない可能性がある。

11C.3 パンチスルーからの SEP 船の回復

11C.3.1 一般

11C.3.1.1

この節は、パンチスルーからの回復に関する次のような側面について示すものである。

- (a) パンチスルー事象後及びレベリング実施前にとるべき措置
- (b) 傾斜が閾値（限界）を超えた場合、陸上の管理者又は事務所へ提供されるべきデータ
- (c) 傾斜が閾値（限界）以下の場合のレベリングへのアプローチ
- (d) 船体が傾斜している場合、ジャッキング時にとるべき措置

11C.3.2 パンチスルー事象後及びレベリング実施前にとるべき措置

11C.3.2.1

レベリング実施前に、以下の事項を実施すべきである。

- (a) 状況进行评估・記録し、安定させる。
- (b) プレロードバラストの排出により、すべての又はできる限りのプレロードを除去する。タンク水位が海面位より上である場合は、ダンプバルブを使用する。タンク水位が海面位より下である場合は、ビルジポンプ、ポーダブルポンプ等を使用する。
- (c) 一旦プレロードバラストが除去/ポンプ排出されたならば、次に液体/非液体の VDL（Variable Deck Load）を可能な限り除去する。

11C.3.3 閾値（限界）を超えた傾斜の場合

11C.3.3.1

傾斜が閾値（限界）を超えた場合は、（エンジニアリングサポートを手配すべき）陸上の指名された管理者又は事務所に報告する。当該事象に関する次の詳細を提供すべきである。

- (a) SEP 船の向き、及び陸地から離れているか又は接舷しているかの確認
- (b) 場所の詳細及び地質工学的データ
- (c) ハザード（プラットフォーム、パイプライン等）に対する近接性、既に経験した（又は経験しそうな）接触の詳細、及びそれによって予想される結果
- (d) レグが位置する地層内でのレグ荷重・貫入量の履歴及び評価
- (e) パンチスルー開始時の時間、载荷状態及び各レグに作用する合計荷重
- (f) パンチスルー開始時の RPD 及びパンチスルー事象後の RPD
- (g) パンチスルー開始時のエアギャップ/喫水、貫入量、及びヒール/トリム
- (h) パンチスルー開始後のジャッキングの詳細（パンチスルーレグのチェーシングを含む）及びジャッキングが停止したときのヒール/トリム傾斜
- (i) パンチスルー事象前後の、船体に対する各レグの位置（レグマーキング）
- (j) 各レグでのエアギャップ/喫水及び事象後の傾斜
- (k) 事象時の潮位及び今後数日間の潮位予測
- (l) 予想・推定されるピーク潮流速及びパンチスルーに対する潮流の向き
- (m) 現在の気象及び気象予報
- (n) ガイドの中のレグの位置（上部及び下部ガイドでどの位置で接触しているか）
- (o) すべてのピニオンがラックの歯のフランク上部で接触していることの確認（そうでない場合は詳細を提供のこと）
- (p) ピニオンのトルク/荷重測定値（入手可能な場合）
- (q) 損傷の詳細（レグ、ガイド/ウェアプレート、ジャッキハウス/フレーム、昇降システム及びタンク部分の船体

の損傷を含む)

11C.3.3.2

前 11C.3.3.1 の項目を報告後、VDL をできる限り減らして助言を待つこと。一般に、11C.3.2.1 (C) で述べたように、はじめに液体を除去/排出するほうが速く、クレーンが使用できない場合はこれが唯一の選択肢となる。

11C.3.3.3

天候悪化の場合には、後述の 11C.3.4 のように進めることが必要となる可能性がある。そのため船上での計画の準備は、その後 陸上からの計画に置き換えられるとしても、価値のある活動である。いかなる場合であっても、確実に全般的なレグの挙動を監視・報告し、ジャッキングされるレグの各コードに関する RPD を測定するための十分な説明を受けた要員を確保する必要がある。

11C.3.3.4

閾値（限界）を超える傾斜であっても、パンチスルー直前のエアギャップが非常に小さく、潮位が著しく低下していない（すなわち、パンチスルー事象後にプラスの喫水がある）場合には、持ちこたえる可能性がある。

11C.3.4 傾斜が閾値（限界）以下の場合のレベリングへのアプローチ

11C.3.4.1

傾斜が閾値（限界）を超えておらず、かつ、次のような場合にのみ外部からの助言なしで船体のレベリングを検討すべきである。

- (a) プレロードと VDL ができる限り除去されている。
- (b) 観察される損傷がない。
- (c) RPD は限度内である。
- (d) 悪影響を与えるレグ・船体の干渉がない。

11C.3.4.2

ただし、先に進む前に、確実に計画が準備されており、全般的なレグの挙動を監視・報告し、ジャッキングされるレグの各コードに関する RPD を測定するための十分な説明を受けた要員が確保されていること。そのようなレベリングは、一般に、1 本のレグでジャッキングするのが最善であり、結果としてその状況における初期の最大の改善策をもたらすものである。船体が浮力を得ている場合は、パンチスルーしたレグに対して船体をジャッキアップするのが一般的である。

【解説 1】

運転マニュアルに記載の船体のハイサイドを下げるための一般的な推奨事項は、ここで検討しているような、より大きな傾斜角については通常適切ではない。これは、ジャッキングされたレグ上のモーメントがジャッキングされていないレグに移る傾向があるためである。さらに、傾斜角が大きい場合は、パンチスルーレグ側の船体の浮力があるはずであり、これがジャッキング作業を支援することになる。ただし、このようなアプローチをとる場合は、すべてのジャッキングは後述の 11C.3.5 のガイダンスに従うべきである。

【解説 2】

船上の要員が代替的な戦略を考慮できるほど十分な理解、能力及び経験を有している場合があるが、経験を不適切に拡大して適用しないようにすることが重要である。例えば、浅水域で成功した戦略は深水域では適用できないことがある。

11C.3.4.3

最初に必要なのは、バラストの除去及び変動荷重の積戻し（back-loading）/除去の後に予想されるレグ荷重を決定することである。この決定では、傾斜の影響及び浮力を考慮すべきである。実行可能である場合、船上で計算されたデータは陸上で検証されるべきである。ジャッキングされるレグに作用する荷重がそのレグの（マニュアルに記載の）定格支持力を超える場合は、次の場合にのみジャッキングすべきである。

- (a) レグに作用する荷重が、極限支持力よりも十分小さい。又は、
- (b) 定格支持力が十分でない場合は、船体に不足を補うだけの十分な浮力がある（又は、満潮時に十分な浮力が得られる）。

11C.3.4.4

低いコーナーをジャッキで上昇させることができない場合は、船体のハイサイドを低くすることが必要になる。そのような場合は、後述の 11C.3.5 の推奨事項に従って、ハイサイドの各レグに対して船体を順にジャッキダウンすることになる。

11C.3.5 船体が傾斜している場合、ジャッキング時にとるべき措置

11C.3.5.1

ジャッキング時には、次の措置をとるべきである。

- (1) RPD が急速に増大し、レグが損傷する可能性が高くなるため、ジャッキング前にはトルクを均等化してはならない。
- (2) 力量を有する要員で監督されるチームにより常時監視を行いながら、一度に 1 本のみのレグでジャッキングを行うこと。
- (3) ジャッキングはいずれも少しずつ（一般に、0.15m/15～20 秒）行うべきである。高スリップ電気ジャッキモータ、リンクした油圧ジャッキモータ、又はその他、1 本のレグのコード間のピニオン荷重を均等化する手段を備えた SEP 船の場合は、それよりもさらに少しずつ（一般に、0.05m/5 秒）行うのが適している。このような少しずつのジャッキングは、以下を目的としている。
- (4) RPD の増大を最小に抑えること。
- (5) 不良な挙動を検出し、損傷が起こる前に解決できるようにすること。
- (6) ジャッキング中又はジャッキング後に、ジャッキングされるレグを監視するチームにより何らかの不具合が観察された場合は（例えば、ガイドのウェアプレートからの異常なレベルの材料剥離、ラック又はピニオンの歯先の欠け、ガイドからのレグの外れ/ピニオンラックのミスアライメント/レグと隣接タンクとのニアコンタクト）、即時停止し、再評価すること。
- (7) 少しずつの各ジャッキングの後、RPD を測定し、例えば単一レグでのジャッキングで、適切に制御を実施すること。RPD が過剰の場合はブレースの損傷を起こし易く、また、RPD がより低い場合はピニオンが過負荷となる可能性があるため、PRD にはトレードオフの関係があることに留意すること。
- (8) 運転マニュアルにより特別に推奨されている場合、又はその使用がエンジニアリングサポートにより推奨されている場合を除き、このような回復状況ではラックチョック（rack chock）を使用すべきではない。

【解説】

ラックチョックの採用は、次のような望ましくない結果をもたらす可能性がある。

- (a) かなりの荷重が作用した場合に、それを除去する上での問題
- (b) それが取り外された後のピニオンの過負荷及び/又は RPD の急速な増大

GUIDELINE

NKRE-GL-MWS01 / 2023年3月

ClassNK

洋上ウィンドファーム建設のための MWSガイドライン

一般財団法人 日本海事協会

〒102-8567 東京都千代田区紀尾井町4番7号 TEL 03-5226-2032 E-mail re@classnk.or.jp

 **RENEWABLE ENERGY**