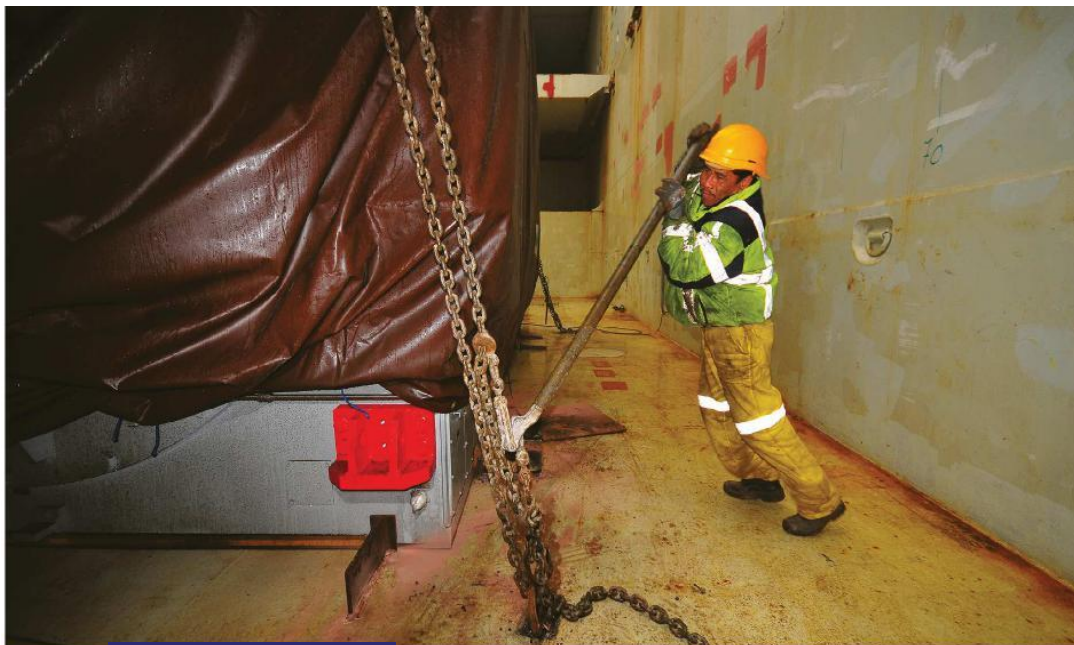




第 54 章 -

甲板貨物の固縛と固定

本章の目的上、IMO の貨物の積付けと固縛に関する安全実施基準(CSS コード、参照 22) 及び SOLAS の貨物固縛マニュアル(CSM)の要件(参照 18)を参照すること。

54.1 貨物固縛マニュアル(CSM)

1974 年 SOLAS 条約第 VI/5 規則及び第 VII/5 規則では、貨物ユニット及び貨物輸送ユニットは、政府によって承認され、少なくとも IMO が作成したガイドラインと同等の基準で作成された CSM に従って、航海をととして積載、保管及び固縛することを義務付けている(参照 18)。

ガイドラインは、CSS コード(参照 22)、同コードの改正、*甲板積み木材運搬船舶に関する安全実施規則*(TDC コード、参照 23)、RORO 船、穀物貨物、コンテナ及びコンテナ船、核廃棄物及び類似の放射性物質を運搬する船舶に関するコード及びガイドラインの規定を考慮するために拡張された。このような個々の出版物は改正される可能性があり、その都度 CSM の適切なセクションに反映される必要がある。

1998年1月1日以降、個体バルク、液体バルク、液化ガス専用船のような免除対象船舶を除くすべての船舶は、承認された最新のCSMを船上で保持することが義務付けられている。一部の関係当局は、500総トン未満の貨物運搬船や特定の特殊船舶を免除することがあるが、正式な免除証明書がない場合、そのような免除を想定すべきではない。

船長や本船士官は、CSSコードとCSMガイドラインに精通し、自身が乗船する船舶への適用条件を理解し、それらに付随するハードウェアを正しく配備できることが必須条件である。CSMとその関連ハードウェアは、ポートステートコントロール(PSC)の検査の対象となる。CSMガイドラインに違反した場合、船舶の拘留及び／または船長及び船主が訴追の対象となる。

CSSコードとCSMガイドライン及びその改訂版には、十分に検討された健全な助言が多く含まれており、軽んじてはならない。しかしながら、多くの例外があり、適用される文章は、安全な慣行や健全なシーマンシップと調和させることが困難な場合もある。

54.2 甲板貨物

「甲板貨物」とは、船舶の暴露甲板及び／又はハッチカバー上に積載され、日光、風、雨、雪、氷及び海水に晒される物品及び／又は商品を指す。それゆえに、梱包されていても、剥き出しの状態であっても、そのように晒されることに耐性があるか、変性することがないことが求められる。RORO船でさえ、実際の船倉スペースより上の多くの場所は、風や海に完全に晒されていないとしても、「甲板上」と考えるのが妥当である。風、海、うねりの複合的な影響は悲惨なものとなりうる。誰かのリスクと費用負担により甲板上に積まれた貨物に損害や損失が生じた場合、船主、船長、本船士官、用船者は、過失やデューデリジェンスの欠如がなかったことを証明する立場になければならない。

甲板貨物は、その位置と固縛手段から、ほとんどの場合、甲板下に積載された貨物よりも大きな速度と加速度の応力を受ける。2つ以上の波が組み合わさると、深い谷の前に高い波が発生することがある。これは、「エピソード波」と呼ばれる場合がある。即ち、その前駆波や後続波よりも顕著に高い、ランダムな大波である。これは、1つまたは複数の波列が別の波列と同位相になり、大きな振幅の波が発生するもので、船舶に突然、急で激しいローリング及び／またはピッチング運動を生じさせる場合がある。このような波はどの海域でも発生する可能性があるため、そのリスクは広範囲に広がっている。従って、不必要なリスクを回避するためには、貨物の積み付け、固縛、及び固定に関し、その方法と詳細に特別な注意を必要とする。



Courtesy of Danny Cornelissen/portpictures.nl

図 54.1: RORO 船の実際の船倉スペースより上の多くの場所は、風や海からの猛攻撃に完全には晒されていないでも「甲板上」と考えるのが妥当である。

54.3 損害の原因

残念なことに、あらゆるロスプリベンションガイダンスが入手可能であるにもかかわらず、甲板貨物の海上での倒壊及び／または紛失事件が後を絶たない。損害には、大型車両、鉄道車両、ケース入り機械、鋼管、構造物鉄骨、梱包された木材、貨物コンテナ、危険化学物質、ボート、ランチなどが含まれる。このような損害の原因を十分に調査すると、一般的に以下のカテゴリーに分類されるが、これらは網羅的でも、相互に排他的なものでもない：

- 厳しい悪天候
- 関係するさまざまな力に対する認識不足
- 関連規則や推奨事項の誤った適用
- 適切な固縛方法に対するコストの限界
- 本船が出港する前に必要な作業を完了する時間や人員が不十分
- 効果的な方法でダンネージが利用されていない
- ラッシングの強度、バランス、数が不十分である
- ブルドッグ・グリップの誤った使用方法を含め、ワイヤ・アタッチメント・アイやループが正しく取り付けられていない
- さまざまな固縛部品間の強度の連続性が欠けている
- 保護されていない鋭利なエッジの周囲にラッシング資材が配置されている
- 不適切／不均衡な積載、不適切な重量配分
- 供給され承認された固縛方法が、検討中の航海では十分に活用されていない

この最後の点は、暴露甲板に積載される ISO 貨物コンテナや木材貨物、RORO 船に積載される大型商用車に特に当てはまる。

甲板貨物の固縛と固定に関わる全ての関係者は、固縛資材の購入に多額の費用がかかったとしても、固縛作業を開始する前に、簡単な設計といくつかの基本的な計算には代えられないことを心にとめておく必要がある。



図 54.2: コンテナ内で貨物を固定する際のベストプラクティスの例。

RORO や専用コンテナ船以外、すなわちギアの標準化や迅速な積込み、あるいは航海時間が異なるという問題を引き起こす船舶の運航においては、船長は、ラッシング作業完了時に使用した資材をメモし、ラッシングシステムの代表的なスケッチを作成することが推奨される。関係するすべてのラッシングコンポーネントの試験／証明書の提供を要求し、作業全体の説明写真を撮る必要がある。これらは、将来関連する訴訟に発展した場合、本船の利害関係者にとって大きな助けとなる。

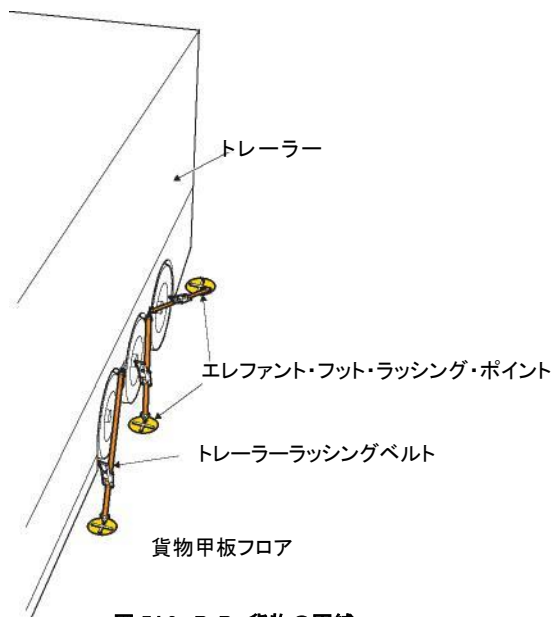


図 54.3: RoRo 貨物の固縛

54.4 一般ガイドライン

1968 年商船（喫水線）（甲板貨物）規則（英国 1968 年法定文書第 1089 号）（参照 84）は、甲板貨物を固縛する際に従うべきガイドラインを定めている。1968 年の規則は、1998 年の商船（喫水線）規則によって正式に失効し、その規定はもはや必要要件ではないが、甲板貨物に関して考慮すべき要素のリスト（全てではないが）は、以下に示すように、より理解を得るためには役立つものである：

「2. 甲板貨物は、以下のように配分し、積載しなければならない：“

- 1) 甲板及び船舶の一体的な支持構造の強度を考慮し、過大な荷重を回避するようにすること；
- 2) 航海のあらゆる段階において、特に以下の点を考慮し、船舶が適切な安定性を保持できるようにすること：
 - a) 甲板貨物の垂直分布；
 - b) 航海中に通常予想される風のモーメント；
 - c) 船舶の重量損失、特に燃料と船用品の消費によるものを含む；また
 - d) 船舶又は甲板貨物の重量増加の可能性、特に吸水及び着氷によるものを含む；
- 3) 船舶のいかなる部分又はその付属品、若しくは器具の耐候性又は水密性を損なわないようにし、かつ、換気装置及び空気管の適切な保護を確保すること；
- 4) 甲板上又は船舶の他の構造物の高さが、船舶の航行又は作業を妨げないこと；
- 5) 緊急操舵装置を含む、船舶の操舵装置へのアクセスに干渉したり、妨げたりしないこと；
- 6) 乗組員の居住区や機関室、または船の作業に使用される他の部分との間の安全かつ効率的なアクセスを妨げないこと、特に、これらの位置へのアクセスを可能にする開口部を妨げないこと、又は耐候性を確保しようとするのを妨げないこと。

54.5 ダンネージ

全ての甲板貨物が、許容される強度の部材を使用して、暴露甲板に構造的に溶接することができれば、貨物の基部とその貨物が置かれている甲板又はダンネージとの間の摩擦係数を考慮する必要がなくなる。多種多様な甲板貨物は、様々な固縛方法があるため、貨物が甲板上を滑る可能性が高く、そのため固縛計算においては摩擦力を考慮する必要がある。

乾燥木材と乾燥鋼材の間の摩擦係数は、0.3 (17°) から 0.7 (35°) と様々である。鋼材と鋼材の間のスリップは、わずか 6° の傾斜角で発生する。

(海上の甲板貨物に関する) 素材の相対的なすべり特性に関するデータが不足していたため、9 インチ×3 インチ×8 フィートの松の製材板を使った実験が行われた。いくつかの板は、実験前に水に浮かべられていた。その他の板は、通常の大気中の湿度条件にできるだけ近づけるため、覆いをした状態で保管されていた。

実験は、塗装され、異常な粗さや障害物のないきれいな状態のヒンジ開閉式油圧式鋼製マクレガーハッチカバーで行われた。試験には、乾燥したハッチカバーに乾燥した木材、乾燥したハッチカバーに濡れた木材、濡れたハッチカバーに乾燥した木材、最後に濡れたハッチカバーに濡れた木材を使用した。最も低い値である 0.51 (27°) は、濡れたハッチカバーの上の濡れた木材で発生し、最も高い値である 0.645 (33°) は、乾いたハッチカバーの上の濡れた木材で発生した。

このような結果に基づけば、0.51 (27°) という最低値は、船舶の暴露甲板で最も一般的にみられる状態、つまり濡れた甲板上の濡れた木材と同様のものと考えられる。従って、傾斜はあるが、ローリングやピッチングによる速力や加速度応力による影響がない場合、木材ダンネージ単独では 27° の傾斜角度で勝手に滑り始める。その後、徐々に小さな角度で滑り続ける。従って、船舶がローリングやピッチングの状態にあり、木材ダンネージが固定されていない場合、27° よりかなり小さい傾斜角度で滑り始めることになる。

木材ダンネージを利用し、下向きのラッシングをできるだけ短く、しっかり締めるという通常の習慣が奨励される。垂直に近いラッシングは、貨物が傾くのを防ぐのに非常に有効である。水平に近いラッシングは、滑る力に大きく抗うことができる。

ラッシング終端部やシャックルに過負荷をかけないことが重要で、ラッシングの「有効強度」、つまり「保持力」を考慮する必要がある。ひとつのワイヤーのアイの「滑り荷重」は、シャックル、ボトルネジ、チェーンの強度とバランスが取れている必要がある。ラッシングは、その最も弱い部分よりも強いわけではない。

54.6 荷重分散

一点積みや貨物の重量の不均等な分散は、甲板やハッチカバーに不必要な損傷を与える可能性がある。暴露甲板が特別に強化されていない限り、最大許容荷重が 3 T/m² を超えることはまずない。同様に、ハッチカバーが特別に強化されていない限り、1.8T/m² 以上の最大許容加重を持つことはまずない。本船のキャパシティープランや一般配置図を常に確認する必要がある。具体的な数値が船上で入手できない場合、暴露甲板区域は 2.5T/m² 以下、小型船舶のハッチカバーは 0.75T/m² 以下、全長 100m 以上の船舶は 1.30T/m² 以下を許容値とすること。

一点積みの悪影響は、必ずしも十分に理解されていない。例えば、平板面積 3 m² 上の 6T の機械は、2T/m² の下向き荷重が発生する(図 54.4 参照)。

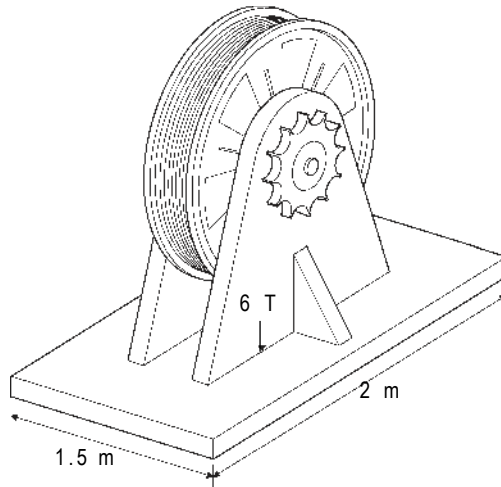


図 54.4: 6T の重量は、2T/m²の下向き荷重が発生

特に重い重量物を運ぶ場合、暴露甲板を下から支える必要があるが、被覆部に過負荷をかけないよう、ツインデッキ（中甲板）に荷重を分散させるよう注意しなければならない。20～40T の貨物単位が一般的で、単位重量を積み重ねることが広く行われている。

例えば、重量 30T、底面積 6 m²のある機械が暴露甲板に直接置かれた場合、点荷重は $30/6 = 5\text{T/m}^2$ となる。しかし、甲板の最大許容荷重が 2.5T/m^2 である場合、30T の荷重がかかる最小面積を $30/2.5 = 12\text{ m}^2$ に広げなければならない。

荷重を分散させるために適切なダンネージを使用しなければならないが、ダンネージの面積を計算する前に、積載重量に常に 5%を加えておくのがグッドプラクティスである。例えば 30T の場合、31.5T で計算すると必要なダンネージ面積は 12 m² から 12.6 m² になる。

ダンネージ材は、多くの場合、6×1 インチ (150×25mm) 以下の粗い板材であるが、重量のある貨物が含まれる場合は、厚さ 2 インチ (50mm) × 幅 6 インチ (150mm) 以上、できれば 3 インチ (75mm) × 9 インチ (225mm) のダンネージが望ましい。厚いダンネージは「ベアラー (bearer)」と呼ばれることが多い。ダンネージの幅は、9 インチ (225mm) ～ 12 インチ (305mm) など、150mm 以上であれば常に許容されるが、厚さが 3 インチ (75mm) の場合は、できるだけ幅の広い柱目の木材を選び、木目が甲板と平行かつ水平になるように敷き詰めるよう注意しなければならない。ダンネージの施工が不十分だと、材木が破断し、ラッシングが緩むという連鎖反応が起こる可能性がある。その結果、貨物の加速度モーメントが増大し、ついにはラッシングが破断することもある。

厚いダンネージ材は木目が不規則であるため、板を釘で打ち付けて厚みを持たせることができる。

厚さ 2 インチのダンネージ材は厚さ 1 インチの板材を 2 枚使って、また厚さ 3 インチのダンネージ材は厚さ 2 インチの板材と厚さ 1 インチの板材を使い、すべてしっかりと釘打ちして作ることができる。こうすることで、木目の揃いの悪い木材の剥離傾向をかなり改善することができる。

荷重を分散するダンネージの効果を十分に発揮させるには、下向きのラッシングを実施すると同様に、低い位置のフットラッシングを実施することも重要である。良好なフットラッシングの例は、第 51 章の図 51.5 を参照のこと。

54.7 横揺れ周期(ローリングピリオド)

船舶の横揺れ周期とは、直立状態から右舷傾斜、右舷傾斜から直立状態への復帰、左舷傾斜を経て直立状態への復帰というように、横揺れを 1 回完全に行うのにかかる時間のことである。したがって、横揺れ周期が 15 秒で、右舷への横揺れが 10° 、左舷への横揺れが 11° の場合、15 秒間の横揺れ周期内の「スイープ(sweep)」の合計は、 $10^\circ + 10^\circ + 11^\circ + 11^\circ = 42^\circ$ となる。

船が横揺れするとき、横揺れが起こる軸は正確には決められないかもしれないが、船の重心を通る縦軸に近いと言われている。一般に、横揺れ角が大きい限り、横揺れの周期は横揺れ角とは無関係である。したがって、15 秒の横揺れ周期を持つ船は、横揺れ角(左右舷の両方)が例えば 2° から 30° の範囲である場合、1 回の全横揺動に 15 秒かかる。貨物のラッシングの観点からすると、横揺れ角 2° で 15 秒の横揺れ周期では 8° 以下のスイープであるが、横揺れ角 20° で 15 秒の横揺れ周期では、同じ時間内に 80° (円弧の 10 倍) のスイープとなる。これは、特に直立姿勢に戻るときに大きな横加速度応力を伴うことになる。同様に重要なのは、船がピッチングにより上昇する際の垂直加速度を考慮することである。この力の計算は難しいが、実測値では、船中部の $0.5g$ (重力加速度) から船首の $2g$ まで様々な結果が得られている。

「硬い(stiff)」船とは、メタセンター高さ(GM)が大きく、傾斜しにくく、すぐに直立状態(およびそれを超えて)戻る船のことである。これは貨物のラッシングに過大な加速応力を与える。「柔かい(tender)」船とは、GM が小さく、傾斜しやすく、直立状態にゆっくり戻る船である。加速応力は小さいが、傾斜角度が 30° に達することもあり、このような角度とゆっくりとした戻りによる単純な重力の影響により、貨物のラッシングにも同様に過大な応力がかかる可能性がある。このような極端な状態はどちらも避けるべきである。甲板貨物が厳しい悪天候の間、安全に定位置に留まるためには、ラッシングの配置は、13 秒間の横揺れ周期に伴う 30° の横揺れ角と、 $1g$ 以上の垂直加速度に伴う 5° のピッチング角に耐えるのに十分でなければならないという前提で作業する必要がある。

54.8 ラッシング強度の経験則

航海中、穏やかな天候の中で移動する可能性のある貨物を固縛するための一般的な原則は、全てのラッシングの最小破断荷重(MBL)の合計が、固縛する貨物の静止重量の 2 倍以上であることである。例えば、10 T の重量の貨物が 1 つある場合、ラッシングが総てバランスよく、効率的で、摩耗しない方法で配置されているという前提で、ラッシングの合計破断荷重は 20 T 以上でなければならない。この規則は甲板下では過大となる場合がある。

航海中、BF6 以上の風とそれに伴う波の高さに遭遇する可能性がある場合、発生する応力の増加はここでは考慮すべきであり、13 秒以上の横揺れ周期で 30°の横揺れ角が許容される。(CSS コードと CSM ガイドラインから引用した表 54.3 と 54.4 も参照)。

このような状況では、通常、すべてのラッシングの SWL は、固定される貨物の重量の 3 倍にすることが推奨される。即ち、10T の貨物は 30T 相当のラッシングを必要とする。これもまた、ラッシングがバランスよく、効率的に、かつ摩耗しない方法で展開されることが条件である。

このアプローチは、1966 年の満載喫水線に関する国際条約に由来するもので、その枠組みの中で、当時の英国運輸省は、サーベイヤーに対する以前の指示の中で、次のような指針を示している：

「厳しい気象条件（BF スケール 6 と同等かそれ以上の海象）が運航中に発生する可能性がある場合、甲板の貨物固定の設計において以下の原則を守るべきである：

(iv) 貨物または車両を固定するために使用されるラッシングは、設計荷重の少なくとも 3 倍の破断荷重を持つべきである。設計荷重とは、次の加速度を受ける貨物または貨物と車両の総重量である：

- 0.7 'g' 船幅方向、
 - 1.0 'g' 垂直方向 かつ
 - 0.3 'g' 船縦方向、
- 船の主軸に対して。

航行中に BF スケール 6 より悪い海象に遭遇する可能性が低い場合、そのような貨物の固縛は、より低い基準でも、主任船舶検査官の承認を得られる可能性がある。

甲板貨物の固縛に使用される装置や付属品は、定期的に保守点検する必要がある。」

「保持力」という用語を使用して、破断荷重/スリップ荷重/保持力を示すが、これは次のことを意味する：

- 貨物を甲板に垂直に固定するラッシングの総保持力(トン)は、貨物の通常の静止重量(トン)の 3 倍に相当する必要がある。即ち、10T の貨物は 30T 相当の保持力を擁するラッシングを必要とする。
- 貨物が左舷と右舷に移動するのを防ぐラッシングの保持力(トン)は、上記 1 の保持力の 10 分の 7 に相当する必要がある。即ち、10T の貨物は 21T 相当の横方向の移動を防ぐ保持力を擁するラッシングを必要とする。
- 貨物の船首及び船尾への移動を防止する全てのラッシングの保持力(トン)は、上記 1 の保持力の 10 分の 3 に相当しなければならない。即ち、10T の貨物は 9T 相当の船縦方向の移動を防ぐ保持力を擁するラッシングを必要とする。

CSS コードに対する IMO1994/1995 年の修正(参照 22)(これは CSM の作成要件に引き継がれた)により、次のように強調事項が変更された。

CSM の経験則は、表 54.1 に示すように、異なるラッシング構成部品の最大固縛荷重(MSL)によって異なる。垂直加速度は 1g の横加速度に置き換えられ、放射性廃棄物の容器の例を除き、垂直加速度と縦加速度は定量化されない。

現行の CSS コード(2021)の附属書 13 の第 5 節に示されている経験則によれば、貨物ユニットの両側(左舷と右舷)の固定装置の MSL 値は、ユニットの重量に等しくなければならないとされており、コードの附属書 13 の表 1 は、現在、MSL を以下のように規定している：

Material	MSL
軟鋼製のシャックル、リング、デッキ・アイ、ターンバックル	破断強度の 50%
ファイバーロープ	破断強度の 33%
ワイヤーロープ(一回使用)	破断強度の 80%
ウェブラッシング	破断強度の 50% (以前は 70%)
ワイヤーロープ(再使用可)	破断強度の 30%
スチールバンド(一回使用)	破断強度の 70%
チェーン	破断強度の 50%
CSS コードの附属書 13 には、次のような記述もある： <i>「特殊な固縛装置(例えば、テンショナー付きファイバーストラップやコンテナ固定用の特殊装置)には、適切な関係当局が規定する許容使用荷重を表示することができる。これを MSL とみなしてよい。ラッシング装置の構成部品が直列に接続されている場合(例えば、ワイヤーシャックル→デッキ・アイ)、その直列の最小 MSL がその装置に適用されるものとする。」</i>	

表 54.1 : 破断強度から MSL を決定する

シャックル、ウェブラッシング、チェーン、ターンバックル(すべて破断強度(BS)50%のMSL)のみを使用して固定される、質量 18 トンの貨物ユニットを考える。このユニットに必要な MSL は、両側で 18 トン、合計で 36 トン(これらのアイテムの BS は 72 トン f)となり、ラッシングの破断強度の貨物質量に対する比率は $72/18=4$ となる。

同じ貨物ユニットをスチールバンドのみで固定する場合、必要な MSL の合計は 36 トン f (72 トン f BS)であることに変わりはないが、スチールバンドの MSL はその破断強度の 70%として指定されている。このため、ラッシングの総破断強度は $(36 \times 100)/70=51.42$ トン f となり、ラッシングの総破断強度と貨物の質量比は $51.42/18=2.86$ となる。

同じ貨物を再使用可能なワイヤーロープで固定する場合は、答えは $(36 \times 100)/30=120$ トン f: 比率 $120/18=6.67$ となる。一回使用のワイヤーロープの場合、答えは

(36 × 100)/80=45 トン f: 比率 45/18=2.5、ファイバーロープの場合、比率は 6 である。これらの比率(または乗数)は、貨物の質量が等しい場合には一定のままである。

CSS コードでは、MSL のパーセンテージを挿入することで、「経験則」という用語(つまり使いやすく一般的な適用が可能な単一の乗数)の一般的な理解を変更し、経験則の乗数の範囲を作り出している。

表 54.2 を利用することで、どのような貨物の質量に関しても、前述したすべての計算を行うことなく、乗数を使用することが可能である。さらに重要なことは、MSL の乗数が、一般に受け入れられている 3 倍規則をどの程度劣化させるか、あるいはアップグレードさせるかを簡単に見ることができることである。

上記の 18 T 貨物ユニットの例では、ラッシングの総破断強度は、3 倍則を適用すると 54 トンfになる。簡単に表現すると、 $18 \times 3 = 54$ トンfの合計 BS、つまり:

貨物の質量 × 倍則数 = ラッシングの総破断強度

材質	MSL	ROT 乗数
軟鋼製のシャックル、リング、デッキ・アイ、ターンバックル	破断強度の 50%	4.00
ファイバーロープ	破断強度の 33%	6.06
ワイヤーロープ(単回使用)	破断強度の 80%	2.50
ウェブラッシング	破断強度の 50% (以前は 70%)	4.00
ワイヤーロープ(再使用可)	破断強度の 30%	6.67
スチールバンド(単回使用)	破断強度の 70%	2.86
チェーン	破断強度の 50%	4.00
(一般部品全体との比較)	(破断強度の 60.67%)	(3.00)

表 54.2: ROT 乗数を含む破断強度から MSL を決定する

54.9 補正係数

上記の一般的な条件では 3 倍則が適切であると考えられるが、CSS コード(2021)の附属書 13 の第 7 節では、GM が大きく、横揺れ周期が 13 秒未満の場合に、表 3 と表 4 が記載されている。これらの表はこのセクションで再現され、追加の強度を適用するための測定方法を提供している。

長さ (m)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
速度 (kn)											
9	1.20	1.09	1.00	0.92	0.85	0.79	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49
12	1.34	1.22	1.12	1.03	0.96	0.90	0.79	0.72	0.65	0.60	0.56
15	1.49	1.36	1.24	1.15	1.07	1.00	0.89	0.80	0.73	0.68	0.63
18	1.64	1.49	1.37	1.27	1.18	1.10	0.98	0.89	0.82	0.76	0.71
21	1.78	1.62	1.49	1.38	1.29	1.21	1.08	0.98	0.90	0.83	0.78
24	1.93	1.76	1.62	1.50	1.40	1.31	1.17	1.07	0.98	0.91	0.85

表 54.3: 船の長さとの速度の補正係数

B/GM	7	8	9	10	11	12	13 以上
On deck, high	1.56	1.40	1.27	1.19	1.11	1.05	1.00
On deck, low	1.42	1.30	1.21	1.14	1.09	1.04	1.00
Tween deck	1.26	1.19	1.14	1.09	1.06	1.03	1.00
Lower hold	1.15	1.12	1.09	1.06	1.04	1.02	1.00

注: 表 54.3 の基準点は船の長さ 100 m、船の速度 15 ノット、表 54.4 では B/GM < 13

表 54.4: B/GM < 13 の補正係数

すべての係数が 1 より小さい場合は、乗数として 1 を使用する方が安全である。1 より大きい値については、表 54.3 を適用することができる。

現行の CSS コード(2021)の附属書 13 のセクション 6 には次のように書かれている:

「6 安全係数

6.1 固縛装置の強度を評価するためにつり合い計算法を使用する場合、装置間の力の不均等な配分や、装置の不適切な使用方法やその他の理由による能力の低下の可能性を考慮するために、安全係数が使用される。この安全係数は、MSL から計算強度 (CS) を導き出す式に使用され、使用される関連方法に示されている。

$$CS = \frac{MSL}{\text{安全係数}}$$

6.2 このような安全係数の導入にもかかわらず、固縛装置内で均一な弾性挙動を保持するために、同様の材料及び長さの固縛要素を使用するよう注意すること。」

54.10 破断強度

「破断強度」という用語は、CSS コード及び CSM ガイドラインでは定義されておらず、IMO が何らかの修正を加える可能性については保留中であるが、これら 2 つの文書の文脈では、**部品、材料又は要素がもはや荷重を支持または維持できなくなるポイント**を意味すると考えるのが妥当であろう。

CSS コード(参照 22)は、固縛のための軟鋼部品の MSL の値を破断強度の 50% と定義している(表 54.1 参照)。CSM の第 2 章では、このような部品には、識別表示、強度試験結果または極限引張強さの結果、MSL¹ のすべてを製造者／供給者が個々の用途に関する情報とともに提供することを求めている。CSS コードでは、製造者は強度/MSL の値をキロニュートン(kN)で表示するよう求めている。(kN をトンに換算するには、0.1019761 を掛けるか、大まかな値として 10 で割る)。

このような用語の混在は、これまでに発行・承認された CSM の有効性に疑問を投げかける可能性が高い。少なくとも MSL で部品を識別できなければ、CSM ガイドラインに準拠していないことになる。この問題を克服するため、例えば甲板積み木材貨物の固縛資材に使用されるような資材に、MSL が刻印されている着色された小さな金属タグを適切なワイヤーで取り付けすることで、すべての側面を安全に満たすことができると提案されている。業界からの回答はこの提案を支持しているというものであった。

CSM/CSS コードの要件を適用しようとする本船職員等は、使用可能なチェーン、シャックル、リング等の MSL が明確に識別できない場合、CSM/CSS コードの要求に従って、刻印されたリフティングシャックルの SWL を使用することを推奨する。これは、必要な強度の 2 倍以上の破断強度を持つ資材を使用することを意味するが、規則への準拠は保証される。あるいは、刻印された SWL の値に 4 を掛けて破断強度を求め、表 54.1 に示されたパーセンテージを適用して MSL を求め、タグをつけることによって、その部品がリフティング目的で使用される可能性をすべて取り除く。これは、最後の手段として大幅に過大なラッシング資材の使用に頼ることなく、規則の精神を満たすものである。

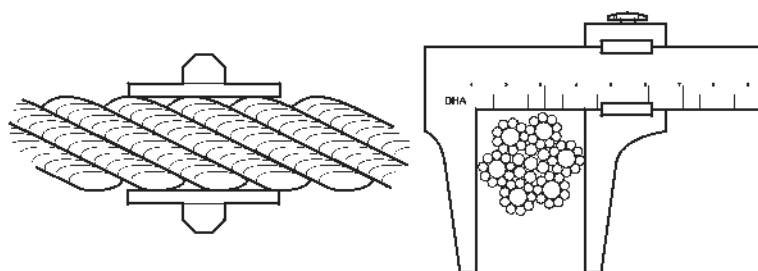
54.11 ワイヤーロープ

効率的なラッシングのためには、ワイヤーロープは丸撚りで、柔軟性があり、扱いやすく操作しやすいものでなければならない。最も一般的に使用されるワイヤーは、直径 16mm(円周 2 インチ)の 6×12 構造の垂鉛メッキ丸ストランドで、7 本のファイバーコアを持ち、MBL は 7.74 トンである。このワイヤーは、シンプル(thimble)やラッシング・ポイントの周囲で容易に曲がり、スブラISING やブルドッグ・グリップ(ワイヤー・グリップ)も問題なくでき、取り扱いも容易である。

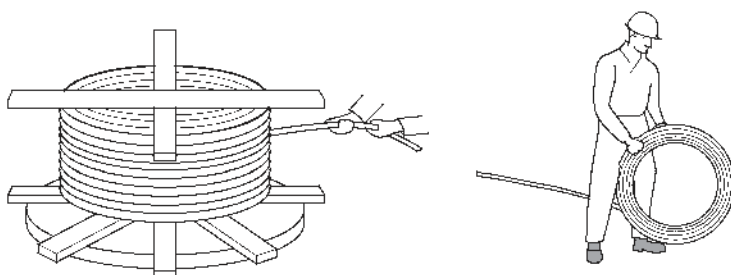
ラッシングの目的によっては、構造やサイズ、強度の異なる他のワイヤーが必要になる場合があり、そのようなワイヤーを使用する前に、必ず認証された MBL を確認する必要がある。

¹ CSM の 1.1 章には以下の定義がある:

「最大固縛荷重 (MSL) とは、貨物を船舶に固縛するために使用される装置の許容荷重を定義するために使用される用語である。安全作業荷重(SWL)は、MSL で定義された強度と等しいか、それ以上であれば、固縛目的のために MSL に代えることができる。」



ワイヤーロープの直径の正しい測り方



ワイヤーロープの解き方: 正しい方法



ワイヤーロープの繰り出し方: 間違った方法

図 54.5 : ワイヤーロープ

ラッシングに使用されるワイヤーは、あらかじめ正確な長さにカットされ、片端または両端にアイや取り付け具が形成された状態で供給されることがある。このような特定の目的のために作られた製品は、通常、適用される試験荷重と最小破断荷重を記載した証明書とともに販売される。試験証明書が提供されていない場合は、要求する必要がある。より一般的には、ワイヤーはコイルの状態で供給され、船上で長さに合わせて切断し、必要に応じてアイや取り付け具を作成して取り付けなければならない。この場合、ブルドッグ・グリップで形成されたアイは、製造者の指示に従わなければならない。正しく取り付けられていない場合、MBLに記載されているよりも小さな力でスリップする可能性がある。

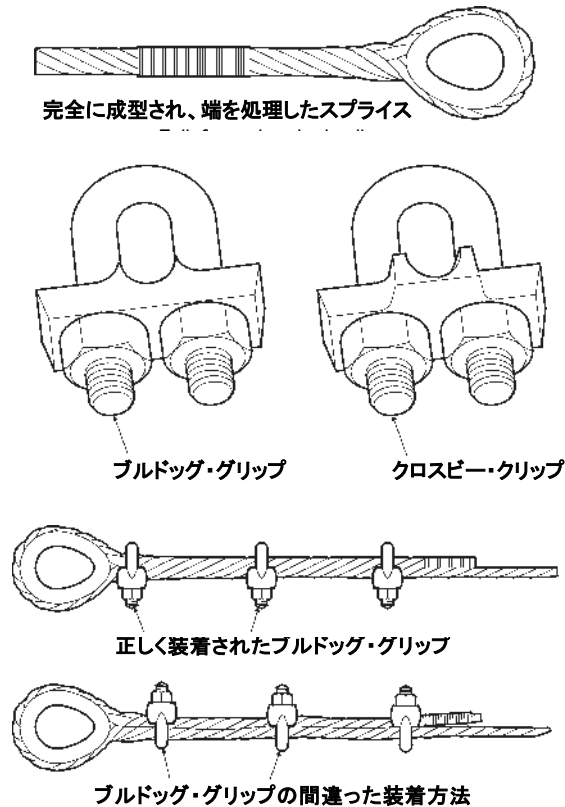


図 54.6: グリップとクリップ

54.12 ブルドッグ・グリップ(ワイヤー・グリップ)

ラッシングに失敗する最も一般的な原因は、ブルドッグ・グリップを正しく装着していないことである。正しい方法でシンブルの周囲にアイが形成されている場合、ラッシング・アレンジメントは、ワイヤーの公称破断荷重(NBL)の 90%までの荷重、あるいはそれ以上の荷重がかかっても、スリップしたり破断したりすることなく固定される。シンブルがない場合、アイが正しく作られていれば、NBL の約 70%の荷重でスリップすると予想される。正しい手順が守られていない場合、スリップはもっと低い荷重で発生する可能性が高い。

厳密に管理された条件下で、16mm と 18mm のワイヤーロープのラッシング構成について、認可された試験台で 100 回以上の試験が行われた(図 54.7a、b、c 参照)。このような試験の結果、本節の勧告がなされた。

これらの勧告は、カーゴ・ラッシングのみに関するものであることを強調しておく。リフティング・ギアやその他の法定用途では、直径 16 mm 以上のワイヤーに対して、それぞれ最低 4 個、5 個、6 個のグリップが必要である。また、ブルドッグ・グリップのサイズがラッシング・ワイヤーの直径に合っていることが最も重要である。

ワイヤロープの直径 (mm)	ワイヤロープグリップ
19 以下	3
19 を超え 32 まで	4
32 を超え 38 まで	5
38 を超え、44 まで	6
44 を超え、56 まで	7

表 54.5: 各アイに対するブルドッグ・グリップの推奨最小数 - ラッシングのみを目的とする

最後のブルドッグ・グリップと デッド・ワイヤーの端との間に、150 mm の余裕を持たせること。ラッシング・ワイヤーがブルドッグ・グリップのすぐ近くで短く切断されないようにすることが重要である。デッド・ワイヤーの端はしっかりとテープで留めておくこと。

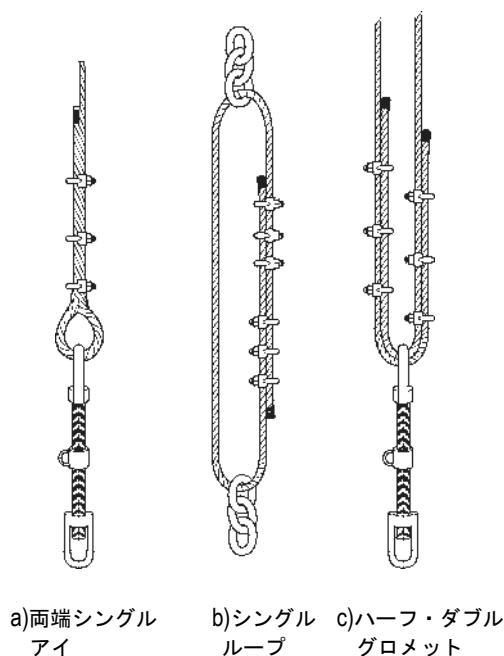


図 54.7: 試験済の構成

- ブルドッグ・グリップのブリッジ・ピースの表面には溝があり、6 本のストランドを持つ右巻きの標準的なワイヤーに適している。このグリップは、左巻きや異なる構造のロープには使用しないこと。クロスビー・グリップは、ブリッジ・ピースの表面が滑らかである。最初のグリップはシンブルの近くか、シンブルを使用しない場合はアイのネックに付ける。他のグリップは、凡そロープ 6 本分の直径の間隔で配置する(即ち、直径 16mm のワイヤーを使用する場合は 96mm、直径 18mm のワイヤーを使用する場合は 108mm)。

- グリップはすべて同じ方向を向いていなければならない。ロープの作業部分または牽引部分には、サドルまたはブリッジを取り付けなければならない。リボルトはロープの尾部またはデッド・エンドに適用する必要がある。グリップが指示どおりに使用されていない場合、アイの有効性に重大な影響を与える可能性がある。
- 理想的には、グリップのすべてのナットをトルクレンチを使用して締め、製造メーカーの指示に従って設定すべきである。実際には、リングスパナを使用するだけで十分であるかもしれないが、その後はすべてのナットを定期的にチェックし、必要に応じて調整する必要がある。

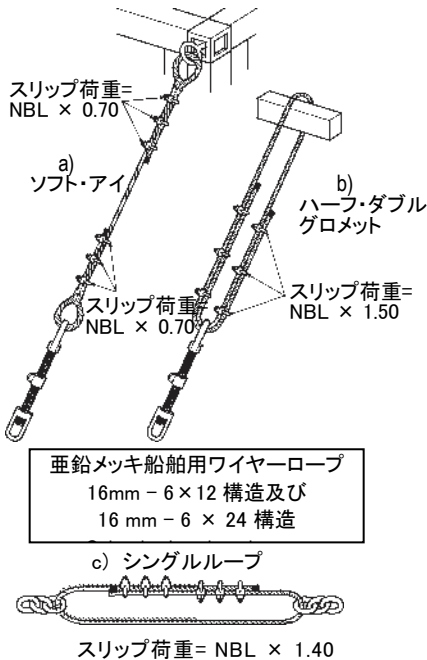


図 54.8: ブルドッグ・グリップの正しい適用方法

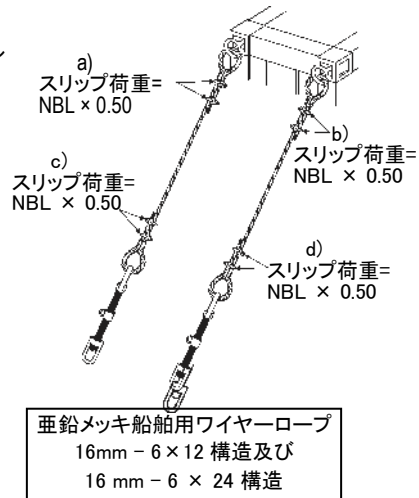


図 54.9: ソフト・アイ・他の代表的なスリップ荷重

- 負荷がかかって接続部分がスリップした場合、最初にスリップ速度が加速する場合がある。その後速度は低下するかもしれないが、荷重が取り除かれるまでスリップは完全には停止しない。
- ハーフ・ダブルグロメットの使用が一般的である。テストでは、この配置のスリップ荷重はわずか $1.5 \times NBL$ であることが示された (図 54.8b を参照)。グリップの数が減ると、保持力も低下する (図 54.12 を参照)。

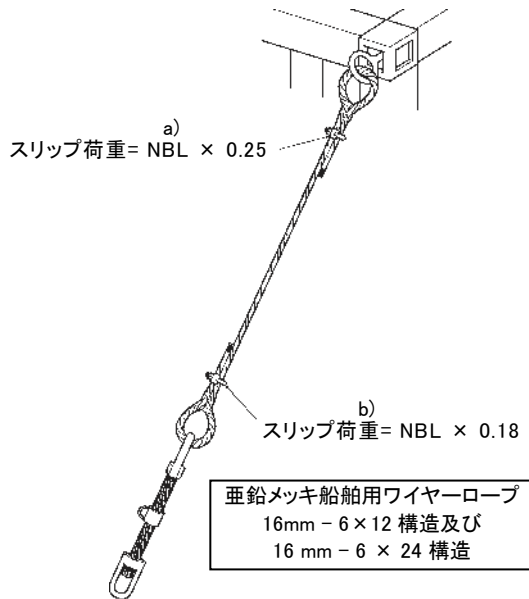


図 54.10: ソフト・アイ・ブルドッグクリップの安全でない適用事例

- ワイヤロープの両端を接続するためにブルドッグ・グリップを使用することは避けるべきである。これにより $2 \times NBL$ の保持力が得られると誤って認識されている。6 つのグリップを使用したシングルループ (図 54.8 を参照) では、スリップ荷重は約 $1.4 \times NBL$ になる。グリップの数が減ると保持力が低下する (図 54.10 および 54.11 を参照)。
- 2 つのグリップと一方または両方を逆の方法で使用するソフト・アイでは、アイは NBL の約 50% の荷重で滑ることが予想される。これらの構成は最も効率が低くなる (図 54.9 を参照)

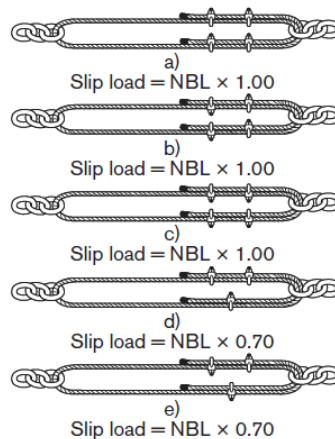


図 54.11: ハーフ・ダブルグロメット - 他の代表的なスリップ荷重。

- ソフト・アイでグリッパを1つだけ使用した時、グリッパが正しく配置されている場合(図 54.10a を参照)のスリッ荷重は 0.25 NBL、グリッパが逆の場合(図 54.10b を参照)は 0.18 NBL であることが判明した。

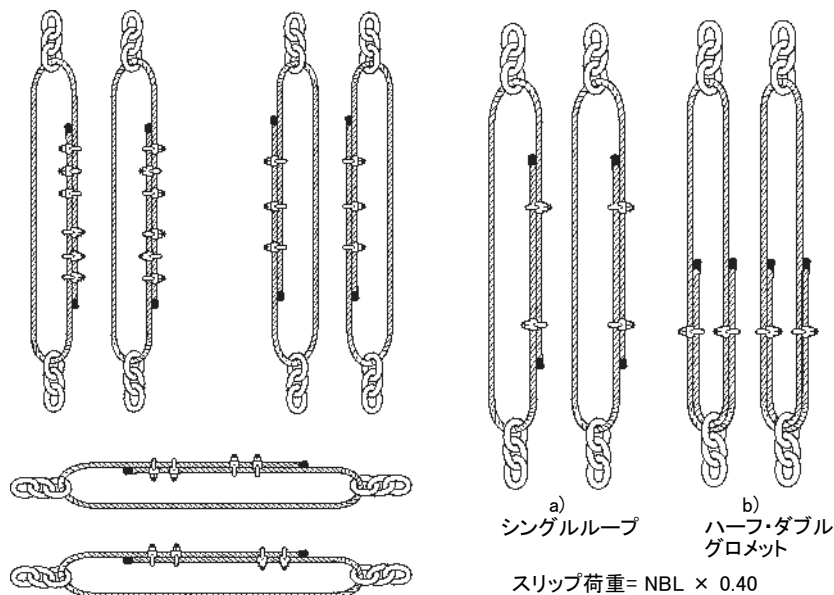


図 54.12 : シングルループ - 他のいくつかの代表的なスリッ荷重

図 54.13 : 推奨されない例

- ネジ径 24mm 以上のターンバックルでは約 2T のプリテンションを調整可能である。もしそのようなターンバックルを 16 mm のワイヤーで作られたアイに取り付けたとしたら、ワイヤーの張力は完全には得られず、アイはターンバックルの引っ張りだけではグリッパのところで滑ってしまうであろう。

シングルアイ(NBL×0.7) に対してハーフ・ダブルグロメット (NBL×1.5) やシングルループ (NBL×1.4) の使用を決定する前に、ハーフ・ダブルグロメットの場合は片方の端に、シングルループの場合はそれぞれの端に、ソフト・アイの端よりも多くの材料が存在しないことを忘れてはならない。

適切に構成されたシングルループやハーフ・ダブルグロメットが破断すると、ソフト・アイで許容される 2 倍の保持力の損失と同等になる。従って、終端部がシャックルや鋭利なエッジのない滑らかな部品で接続されていることを確認することが最も重要である。

ワイヤー・ラッシングのアイや同様の端部は、ラウンド・ターンやハーフ・ヒッチを使って成型してはならない。ターンやヒッチはスリッして鋭利なニップを作り、ブルドッグ・グリッパを使用して適切に形成されたアイに想定される荷重をはるかに下回る荷重でワイヤーが破損する可能性がある。

船の構造物や貨物自体のラッシングの終端部にワイヤーを取り付ける際は、硬いエッジや荒い擦過点、アイの鋭利な切込みを避けるため、あらゆる手段を講じる必要がある。シンブルを使用しない場合でも、適切なサイズと破断荷重のシャックルを使用することで、ワイヤのアイをラッシングの終端部に取り付けることができる。

船舶のラッシングポイントは、そのラッシングポイントが保持するラッシングに対して、十分な数、適切な強度があることを確認しなければならない。

54.13 プラスチック被覆ワイヤー

プラスチック(PVC)で被覆された直径 18mm、6×24 構造の標準的な船舶用ワイヤーは、切断や擦過のリスクを避けるため様々な目的で一般的に使用されている。このようなワイヤーは、プラスチックで被覆されたワイヤーをグリップと一緒に使用すると、同じサイズと特性の、被覆のないワイヤーの場合よりも低い荷重でスリップが発生する可能性が高いため、注意して使用する必要がある。プラスチックの被覆は、ブルドッグ・グリップを装着するワイヤや、互いに接触するワイヤの表面から剥がすこと。

54.14 火災と爆発の危険性

貨物の積み込み中または積み込み後にラッシングの終端部を溶接する場合は、十分な注意が必要である。あらゆる高温作業を行う前に、現地の港湾当局から高温作業証明書を取得することが重要である。また、港湾当局は、船舶と貨物に関するすべての関連情報を把握する必要がある。溶接作業員は、適切な資格と能力を有し、溶接が甲板上または甲板下で行われる場合は、溶接現場とその下部の両方に火災見張員を配置すること。溶接箇所の下には、適切な防火シートを敷かなければならない。甲板上では、消火ラインを全圧にした消火ホースを装備すべきである。

溶接終了後、少なくとも 4 時間は見張員を配置し、最終的にハッチを閉鎖する前に、船舶士官がすべてのスペースを検査しなければならない。これらの予防措置は決して怠ってはならず、安全性に疑義がある場合は、溶接を続行してはならない。

54.15 積極的な行動

作業のすべての段階で警戒することが重要である。もし士官や乗組員が間違った作業を行っているのを見かけたら、作業を中止し、再評価すること。

54.16 チェーン

チェーンは、貨物コンテナ、木材貨物、車両トレーラーの固定に広く使用されている。

甲板貨物の固定にチェーンだけを使用することは一般的ではない。チェーン・ラッシングを使用する場合、通常、終端部や締め付け装置を取り付けた正確な長さで供給される。

チェーンを使用する利点は、チェーンが設計されている通常の荷重下では、チェーンが伸びないことである。

したがって、航海前にすべてのチェーンの固縛をしっかりと行えば、貨物が安定したり動いたりしなければ、チェーンの張りが失われることはない。

一般に、特殊な用途以外のチェーンは扱いが厄介で、装備に手間がかかり、適切な長さに切断するのが難しく、用意することも簡単ではない。一般的な用途では、比較的短い長さで、ワイヤーやウェビング（ベルト）で構成されたラッシングと組み合わせて、あるいはその一部として使用するのが最も効果的である。

54.17 ウェビング（ベルト）

ウェビング・スリングやウェビング・ラッシングの貨物固定目的での使用は、ここ数年着実に増加しているが、運用結果は千差万別である。ウェビングが甲板貨物の固定に理想的な場合もあれば、慎重に使用すべき場合もある。

強化プラスチック製の特殊な大口径パイプや、接触到に敏感な外装コーティングを施したパイプは、ウェビングが理想的な固縛媒体となる。ウェビングの表面は広く平らで、切断しにくいいため、ウェビングの向きを変えてパイプを締め付けることができ、非常に安全な保管形態を生み出すことができる。

大型で重量のある木箱や、高所に設置された、比較的長いスパンで保管される重機には、ワイヤーやチェーンのラッシングが必要となる。ウェビングだけでは十分な非支持張力をかけることが困難である。

ウェビングは通常、ポリエステル繊維を編んで製造されるため、ワイヤーロープより

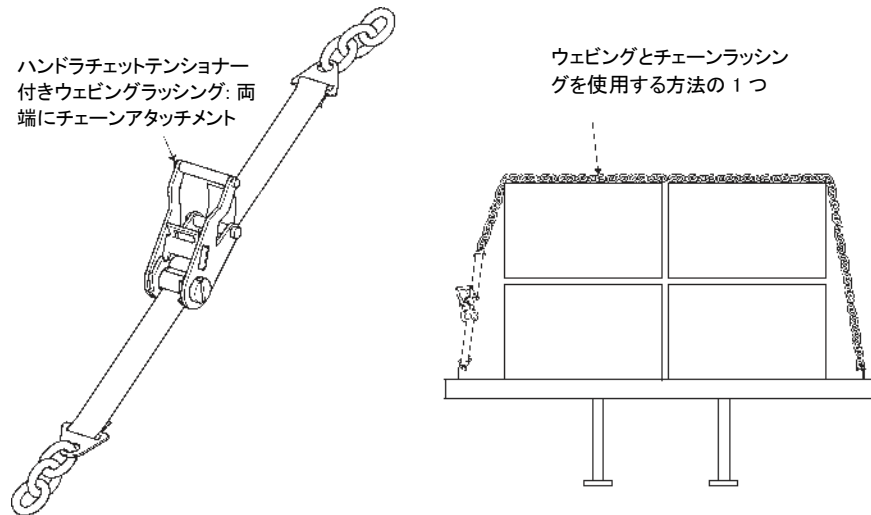


図 54.14: ウェビング

も伸縮性がある。ウェビングはリールで供給され、必要な長さに簡単に切断できる。

ウェビングは、その性質、破断荷重、用途をメーカーのマニュアルで確認してから使用すること。ハンドラチェットの張力は、0.54T までは簡単に得ることができるが、その後は徐々に難しくなり、最大 0.60T までかかる。

反動で大怪我をする可能性があるため、ハンドテンションラチェットの締め付けには、スパナやバーを使用してはならない。

ウェビングは、酸やアルカリから遠ざけ、腐食性の素材や化学物質の入ったドラム缶や梱包を固定するために使用しないこと。すべてのウェビングは頻繁に点検し、再使用する場合は、すべての長さに欠陥がないことを確認するよう注意すること。

ウェビングと磨耗箇所との間には、保護スリーブを使用すること。ISO 貨物コンテナは、そのような目的のために設計されたウェビング・システムを使用してのみ固定する必要がある。

54.18 ファイバーロープ

直径 24mm までのロープの使用は便利であるが、甲板下に積載される貨物に使用される可能性が高い。暴露甲板上の貨物にファイバーロープを使用する場合は、船体構造によって部分的に保護されている場所で、容積の限られた軽い荷物に限定すべきである。このようなロープが甲板上で使用される場合、ラッシングが負荷応力や、露出した状況での濡れや乾燥の影響を受け、ラッシングの張力を維持することが困難になる可能性が高い。ターンバックルの使用は、ロープ・ラッシングに過負荷をかけやすいので避けるべきである。ロープ・ラッシングを実施する場合、引っ張り用ロープ (bowsing rope 及び trappings) を使用するのが最適である。直径 24mm のサイザル麻ロープの破断ひずみは 7.5T、ポリエステルロープの破断ひずみは 9T である。

コンポジット・ロープは、しばしば「ラッシング・ロープ」と呼ばれ、ワイヤー・ファイバーとサイザル麻またはポリプロピレン・ファイバーが織り込まれたものである。コンポジット・ロープの破断ひずみは、サイザル麻ベースのロープで約 0.8T、ポリプロピレンベースのロープで 1.8T と考えるのが妥当である。

ナイロン繊維は吸水性があり、荷重がかかると有効強度が約 15% 低下する。ナイロンロープの早期破損は、有効強度の 70% までの限定された繰り返し荷重の下で発生する。従って、ナイロンロープは甲板貨物の固縛目的には推奨されない。

破断ひずみの数値は、新品のロープのものであり、長期間使用されたロープのものではない。

54.19 シャックル

シャックルには、いくつかの形状、サイズ、強度がある。一般的な貨物の固縛に最もよく使用される形状は、D シャックルとバウ・シャックルの 2 つで、それぞれにアイの付いたスクリュー・ピンが付いている。シャックルを使用する場合、その強度は安全使用荷重で定義するのが正しいが、表 54.1 に示すように、GSS コード (参照 22) や CSM ガイドラインでは、その MSL は破断強度の 50% と定義されている。従って、複合的なカーゴ・ラッシングを準備する際には、選択したシャックルの MSL が、ワイヤロープや類似の素材で形成されたアイやその他の構成の有効強度を下回らないことを常に確認する必要がある。

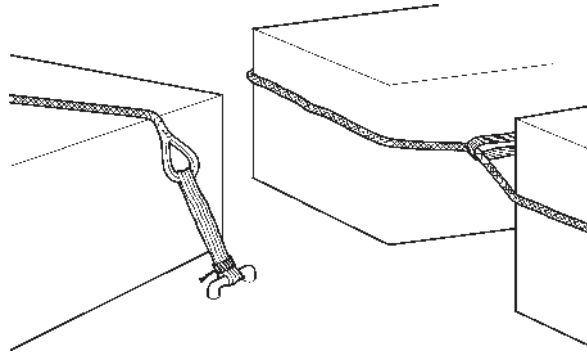


図 54.15: ロープ・ラッシングの締め付け

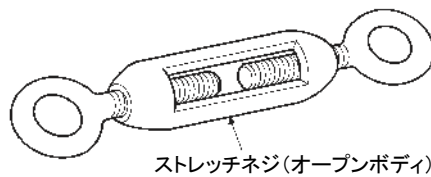
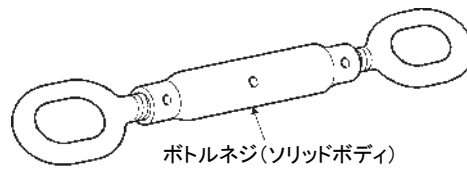
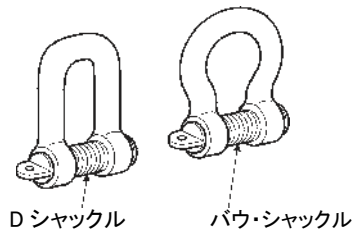


図 54.16 : シャックルとネジ

54.20 ターンバックル

シャックルに関する注意事項は、ターンバックルの使用にも適用される。「ターンバックル」という言葉は、ソリッドケースのボトルネジ及びオープンサイドのリギングネジ、またはストレニングネジやストレッチングネジを総称して使われる。これらは、一般的な貨物のラッシングに最もよく使用され、両端にクローズドアイが付いた、さまざまなサイズと強度のものが供給されている。オープン・サイドのリギングネジやストレニングネジは、同じサイズのソリッド・ボトルネジに比べて強度が著しく低い傾向がある。ラッシングを開始する前に、正しい MSL または SWL を確認できるように、サプライヤーまたはメーカーへ関連するテストデータの提供を依頼する必要がある。

ソリッドボトルネジは通常、ネジピンの直径の大きさで販売されている。直径 24mm のものは耐荷重 4T、38mm のものは耐荷重 10T である。上記のターンバックルよりもはるかに高い強度を備えた特殊用途のターンバックルが入手可能である。これらは、コンテナ輸送で使用されるような特殊な金具や改造が施されている場合がある。この場合も、資材を使用する前にメーカーのマニュアルを参照することが重要である。

ターンバックルは常に、引っ張る力が一直線に作用するように使用する必要がある。決して角度のついた力の支点になってはならない。

貨物を最終的に固定する際、ネジが適切な伸びになるよう常に注意すること。こうすることで、航海中に貨物とラッシングが落ち着いてきたときに、必要に応じてさらに締め付けることができる。メインラッシングに大きなトルクがかかる場合は、航海中に負荷がかかってもネジが戻らないように、ターンバックルのアイを固定するか、本体に止めておく必要がある。