

2 固定式荷役機械及び軌道走行式荷役機械

【省令】（荷役機械の要求性能）

第四十二条 固定式荷役機械及び軌道走行式荷役機械（以下「荷役機械」という。）の要求性能は、安全かつ円滑な貨物の荷役を図るものとして、貨物の安全かつ円滑な荷役が行えるものであるとともに、当該荷役機械が、船舶の係留及び離着岸の支障とならないよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていることとする。

2 前項に規定するもののほか、次の各号に掲げる荷役機械の要求性能にあつては、それぞれ当該各号に定めるものとする。

一 船舶との荷役の用に供する荷役機械（石油荷役機械を除く。）の要求性能 自重、レベルー地震動、載荷重及び風の作用による損傷等が、当該荷役機械の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。

二 石油荷役機械の要求性能 自重、レベルー地震動、風、石油の重量及び圧力等の作用による損傷等が、当該石油荷役機械の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。

三 耐震強化施設に設置される荷役機械の要求性能 レベル二地震動等の作用による損傷等が、軽微な修復による当該荷役機械の機能の回復に影響を及ぼさないこと。

【告示】（荷役機械の性能規定）

第八十一条 荷役機械の性能規定は、荷役機械の形式に応じて、次の各号に定めるものとする。

一 対象船舶、貨物の種類及び量、係留施設の構造及び荷役の状況に応じて、適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。

二 当該施設周辺の環境保全のために、必要に応じて、粉じん、騒音等の防止ができるよう適切な機能を有すること。

2 前項に規定するもののほか、船舶との荷役の用に供する軌道走行式荷役機械の性能規定にあつては、風による逸走を防止するための適切な機能を有すること。

3 第一項に規定するもののほか、石油荷役機械の性能規定にあつては、次の各号に定めるものとする。

一 主たる作用が自重である永続状態に対して、部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。

二 主たる作用がレベルー地震動、風並びに石油の重量及び圧力である変動状態に対して、部材の健全性及び構造の安定性を損なう危険性が限界値以下であること。

4 第一項に規定するもののほか、耐震強化施設に設置される荷役機械の性能規定にあつては、主たる作用がレベル二地震動である偶発状態に対して、作用による損傷の程度が限界値以下であることとする。

- (6) 荷役機械を使用せずに荷役を行う可能性がある場合は、当該荷役作業の円滑さ、安全性が阻害されないように位置、構造を考慮することが望ましい。
- (7) ばら物貨物においては荷役作業に伴い騒音・粉じんが発生しやすいので対策を講じるべきであり、特に可燃性の粉じんについては防爆対策を行うべきである。
- (8) 関連法規及び指針
- ① 荷役機械に対する主な関連法規、指針には次のものがある。
 - (a) クレーン等安全規則（昭和 47 年労働省令第 34 号）
 - (b) クレーン構造規格（平成 7 年労働省告示第 134 号）
 - (c) 移動式クレーン構造規格（平成 7 年労働省告示第 135 号）
 - (d) デリック構造規格（昭和 37 年労働省告示第 55 号）
 - (e) クレーン製作指針¹⁾
 - (f) 電気設備技術基準（昭和 40 年通商産業省令第 61 号）
 - (g) 航空法（昭和 27 年法律 231 号）
 - (h) 大気汚染防止法（昭和 43 年法律 97 号）
 - ② クレーン等安全規則は労働安全衛生法に基づいて定められ、クレーン等の安全性を確保するため、製造から設置、使用に至るまでを一貫して規定している。
 - ③ クレーン構造規格、移動式クレーン構造規格、デリック構造規格は、労働安全衛生法に基づき、クレーンの構造部分、機械部分、ワイヤーロープ等について安全上の基準を定めている。
 - ④ クレーン製作指針はクレーンの性能照査、製造、輸送、据付け、試験について示している。
 - ⑤ 電気設備技術基準は電気事業法に基づいて定められ、電気設備に関する技術基準を定めている。
 - ⑥ 航空法は荷役機械の高さに関し、航空障害灯や制限表面による規制を定めている。
 - ⑦ 大気汚染防止法はベルトコンベアなどを粉じん発生施設として指定し、粉じん対策を規定している。
- (9) 港湾用荷役機械の基礎的な情報については、**港湾荷役機械要覧²⁾**を参考にすることができる。

2. 2 船舶との荷役の用に供する荷役機械（石油荷役機械を除く）

2. 2. 1 一般

- (1) 船舶との荷役の用に供する荷役機械とは、係留施設に設置され、船舶と係留施設との間で直接船荷の積み降ろしを行う固定式荷役機械及び軌道走行式荷役機械をいう。但し、石油荷役機械を除く。
- (2) 船舶との荷役の用に供する荷役機械の構造は、港湾の特性に応じて考慮すべき事項のほか、**労働安全衛生法**に基づくクレーン等に関する安全上の基準に従わなければならない。

2. 2. 2 性能照査の基本

- (1) 船舶との荷役の用に供する荷役機械の性能照査にあたっては、港湾の特性に応じて特に定める事項を除いては、**クレーン構造規格**を参照することができる。
- (2) 港湾の特性に応じて特に定める事項は、**2. 2. 3 耐震性能照査**および**2. 2. 4 風による逸走を防止するための適切な機能**に示す。
- (3) 自重、レベル 1 地震動、載荷重及び風の作用等、構造部分にかかる荷重に関する用語は**クレーン構造規格第 8 条（計算に使用する荷重の種類）**に掲げる各荷重に適切に置き換えるものとする（**クレーン等各構造規格の解説³⁻¹⁾**参照）。
- (4) 船舶との荷役の用に供する荷役機械の要求性能の確保にあつては、当該荷役機械が設置される係留施設の要求性能の確保が前提となる。このため、当該荷役機械の性能照査においては、当該荷役機械から係留施設に及ぼす作用が係留施設の設計条件を満たすことに留意する必要がある。

2. 2. 3 耐震性能照査

- (1) 荷役機械の耐震性能照査を行う上での留意事項

① 係留施設を考慮した荷役機械の耐震性能

一般的に、係留施設の設計が荷役機械の設計に先行するが、係留施設設計時には、あらかじめ設計・製作可能な荷役機械の諸元の範囲を用いた検討を実施する必要がある。同様に、荷役機械の設計時も係留施設設計時に定めた諸元の範囲内とする必要がある。

船舶との荷役の用に供する荷役機械は、係留施設と一体となって機能するものであるから、係留施設に要求される地震時の性能を担保するため、係留施設と併せて総合的に耐震性を照査する必要がある。また、荷役機械と係留施設とは地震時に互いに影響を及ぼし合う。例えば、軌道走行式荷役機械においては、地震時に係留施設に変形が生じることによりレールスパンの拡大等が生じ、荷役機械の損傷につながることもあるため³⁻²⁾、荷役機械及び係留施設の耐震性の照査においては、これらのことを考慮する必要がある。脚部の弾性変形範囲を越えるレールスパンの拡大が想定される場合には、必要に応じて荷役機械本体に発生する損傷程度が、設定した要求性能を満足する機構を導入する必要がある。

② 軌道走行式荷役機械の脚部浮き上がり防止及び部材に関する耐震性能

荷役機械の部材は、レベル1地震動に対しては継続して使用することに影響を及ぼすような損傷が生じてはならない。また、耐震強化施設に設置される荷役機械の部材は、レベル2地震動に対して軽微な修復による機能の回復に影響を及ぼすような損傷が生じてはならない。

軌道走行式荷役機械は、地震により脚部に浮き上がりが発生すると脚部に損傷が生じる可能性が高いため、使用性を考慮する場合には、脚部の浮き上がりを許容しないことが原則である。また、修復性を考慮する場合、免震コンテナクレーンであれば一部の車輪のツバがレールに当たる状態までを許容しており、完全に浮き上がることは許容しないことが原則である。

荷役機械の脚部浮き上がり防止及び部材に関する性能照査を実施するにあたっては、荷役機械の固有周期や減衰定数を定めて、その性能照査を行う必要がある。例えば、コンテナクレーンの振動特性（海陸方向の固有周期）は、その規模や形式により異なるが、概ね1.5～3秒程度である³⁻³⁾。また、免震機構付きのコンテナクレーンでは、固有周期を4秒程度とし、同時に減衰定数が大きくなるようその性能を定めることが多い。

荷役機械設置地点における地震動の卓越周期が荷役機械の固有周期に近く、かつ、荷役機械の減衰定数が小さい場合、荷役機械に大きな応答が生じ、脚部の浮き上がりや部材の損傷に至る可能性が高い。このような場合、荷役機械の固有周期が地震動の卓越周期に近くならないように工夫することは、荷役機械の耐震性を向上させる上で有効である。免震機構や制震機構の適用等により荷役機械の応答加速度を小さくすることは、脚部の浮き上がりや部材の損傷を防止する上で有効である。ただし、大地震時には、表層地盤の非線形挙動の影響により、地震動の卓越周期が中小地震時よりも長くなる傾向があることにも注意する必要がある。

なお、性能照査の詳細については、本編の各施設の性能照査に関する記述、**コンテナクレーン耐震設計のための手引き**³⁻⁴⁾及び参考文献3-5)を参照することができる。

③ 固定式荷役機械の部材に関する耐震性能

固定式荷役機械の部材に対する耐震性能の考え方については、②軌道走行式荷役機械の脚部浮き上がり防止及び部材に関する耐震性能の考え方に準じて照査を行う。

(2) レベル1地震動に対する軌道走行式荷役機械の性能照査の基本

レベル1地震動に対する軌道走行式荷役機械の性能照査は以下の手順で実施することができる（図-2.2.0のフロー参照）。

① レベル1地震動の設定（工学的基盤）

- ・第3編第4章1.2施設の性能照査に用いるレベル1地震動に基づいて設定することができる。

なお、レベル1地震動については国土技術政策総合研究所のホームページ

（<http://www.y.sk.nilim.go.jp/kakubu/kouwan/sisetu/sisetu.html>）からもダウンロード可能である。

② 荷役機械の最大応答加速度の算出

- (a) 係留施設が栈橋以外の場合は、表層地盤の地震応答計算（第3編第4章1.2.4）により地表面加速度時刻歴を算定し、これをレール位置における地震動とする。このとき行う地震応答計算は、背後地盤のみの1次元の地震応答計算を用いても構わない。次に、荷役機械を1質点系でモデル化し、これに上記の地震動を入力することにより、荷役機械の最大応答加速度を算出する。
- (b) 係留施設が栈橋の場合は、栈橋と荷役機械の動的相互作用を考慮するため、栈橋と荷役機械を2質点系でモデル化する。次に、表層地盤の地震応答計算（第3編第4章1.2.4）により栈橋の仮想地表面下 $1/\beta$ における加速度時刻歴を算定し、これを上記のモデルに入力することにより、荷役機械の最大応答加速度を算出する。仮想地表面および $1/\beta$ については第4編第5章5.2.2参照。2質点系によるモデル化の概念を図-2.2.1に示す。図-2.2.1において、 k

は栈橋1ブロック分の杭の等価剛性、 m は上部工質量、 c は減衰定数、 k_c は荷役機械の等価剛性、 m_c は荷役機械の質量、 c_c は荷役機械の減衰定数である。なお、等価剛性は、栈橋の場合は1ブロックの杭本数、荷役機械の場合は脚本数を図-2.2.1に示す質点系のバネに置き換えたものである。

(c) 上記(a)、(b)いずれの場合においても、振動特性については、固有周期を実際の荷役機械に合わせるものとする。荷役機械の減衰定数については、個別の情報がない場合には1~3%とすることができる。免震機構を導入することが想定される場合は、想定される免震機構に対応した剛性と減衰を与える。荷役機械の諸元が具体的に決定されていない場合には、荷役機械の製造業者が製作可能な範囲の特性を設定する。

③ 荷役機械脚部の浮き上がりの有無の検討

(a) 荷役機械の最大応答加速度を重力加速度で除した値（以下、照査用震度という）に荷役機械の垂直静荷重を乗じた荷重が荷役機械に対して水平方向に作用するものとし、震度法による脚部の浮き上がりの有無の検討を実施する。

(b) 脚部の浮き上がりが発生すると判定された場合は、荷役機械の諸元を変更して②に戻るか、免震機構の導入を検討する。後者の場合の検討は(3)参照。脚部の浮き上がりが発生しないと判定された場合は④に進む。

④ 部材応力の照査

(a) 照査用震度が0.2以下であれば、**クレーン構造規格**を満たしている荷役機械は、港湾のレベル1地震動に対する要求性能を満足していると考えられることができる。

(b) 照査用震度が0.2より大きい場合には、これに荷役機械の垂直静荷重を乗じた荷重が荷役機械に対して水平方向に作用するものとし、**クレーン構造規格**の方法で部材応力の照査を行う。問題があれば、荷役機械の部材の変更を検討し、②に戻る。問題が無ければ照査を終了する。

(c) 設計時の参考として、**クレーン構造規格**に基づいて設計された実在のコンテナクレーンに水平方向に静的な荷重を作用させた解析によると、最初に部材の応力が許容値を上回るときの水平荷重をコンテナクレーンの垂直静荷重で除した値（以下、限界震度という）は、コンテナクレーンの特性に応じ、0.20~0.29程度の値をとることが多い（ただし休業時、操業時などコンテナクレーンの種々の状態のうち最も不利な状態での数字）。このことは、照査用震度が0.20~0.29よりも大きい値をとる場合、**クレーン構造規格**のみに基づいて設計されたコンテナクレーンは、レベル1地震動に対する要求性能を満足しているとは必ずしも言えないことを意味するが、限界震度が0.20~0.25の値をとるコンテナクレーンについてさらに検討したところ、脚間斜材や脚間水平材の断面諸元を変更するといった部分的な工夫により、限界震度を0.25以上とすることが可能であった。従って、照査用震度が0.20~0.25程度の値をとる場合でも、部材の工夫により、レベル1地震動に対する要求性能を満足するコンテナクレーンの設計は可能であると考えられる。

なお、照査用震度が0.25より大きい値をとる場合、部分的な工夫だけでは、所要の性能を満足するコンテナクレーンが設計できない可能性がある。そのような場合は、必要に応じて免震機構の導入等を検討する必要がある。その場合の検討は(3)参照。

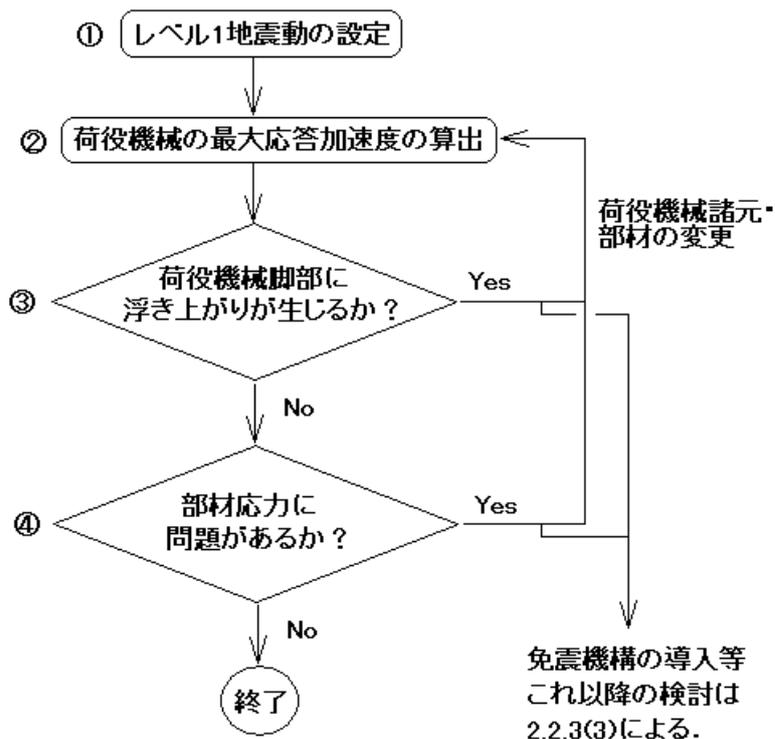


図-2.2.0 レベル1地震動に対する軌道走行式荷役機械の性能照査のフロー

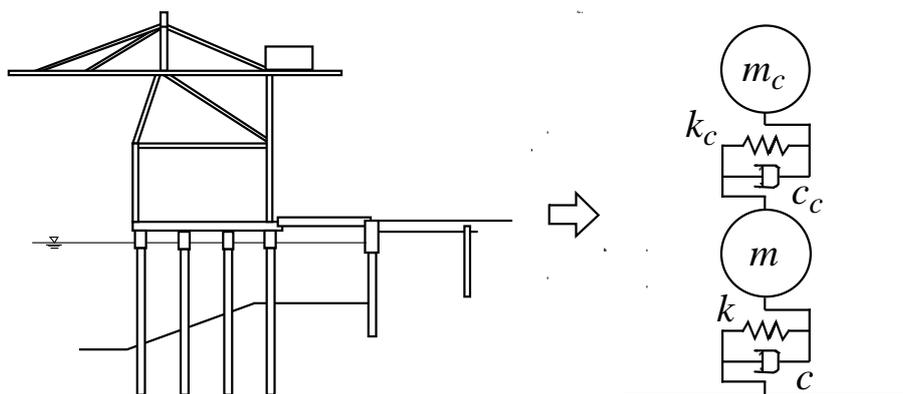


図-2.2.1 栈橋と荷役機械の2質点系によるモデル化

(3) レベル2地震動に対する軌道走行式荷役機械の性能照査の基本

レベル2地震動に対する軌道走行式荷役機械の性能照査は以下の手順で実施することができる。

① レベル2地震動の設定（工学的基盤）

第3編第4章1.3施設の性能照査に用いるレベル2地震動に基づいて設定することができる。

② 荷役機械への入力地震動

地盤・構造の地震応答解析等によりレール位置の加速度時刻歴を算定し、荷役機械への入力地震動とする。荷役機械と係留施設の動的相互作用を考慮する際には、想定される荷役機械の固有周期を再現する質量・剛性、減衰、重心位置を用いる。免震クレーンを設置することが想定される場合においても、荷役機械の製造業者が製作可能な範囲の特性を設定する。

③ 荷役機械脚部の浮き上がり、部材応力、免震機構の検討

レベル2地震動作用時においては、荷役機械の脚部の浮き上がり、部材応力、免震機構の必要性については、動的応答解析等により検討を行う。免震機構においては、求められた荷重、変位等の応答値が想定する免震機構の許容値以下であるかを照査する。

さらに、レベル2地震動作用時においては、係留施設およびレール基礎の形式によってはレールスパンの変動が生じる。このような場合において免震機構の変形は有効であり、脚部の弾性変形と合

わせて、レールスパンの変動を吸収できる。例えば、図-2.2.2 に示すように、30.5m スパンの軌道走行式荷役機械の場合、脚部の弾性変形範囲として700mm程度（参考値であり、個々の荷役機械で異なる。）のスパン拡大に追随できる。この場合、免震機構部の変位ストローク300mm程度（参考値であり、個々の荷役機械で異なる。）を加算することにより、レールスパンの変動として1,000mm程度が許容できる。但し、免震機構の変位により軌道走行式荷役機械が船舶と衝突しないことに留意する必要がある。

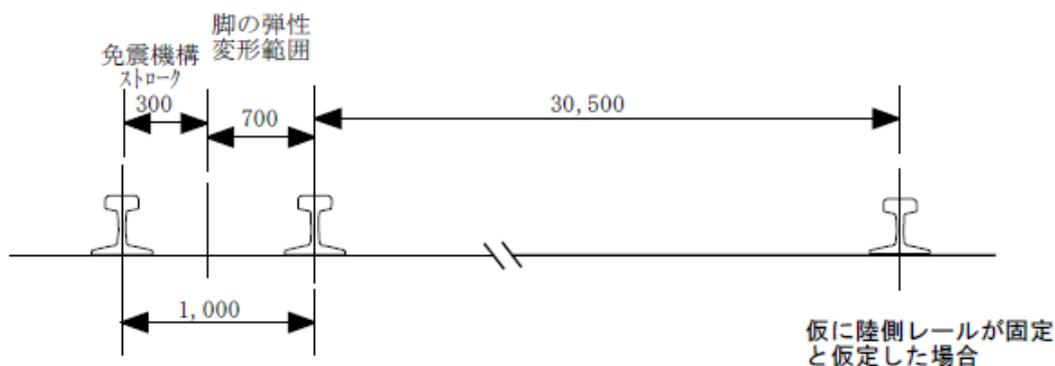


図-2.2.2 軌道走行式荷役機械の脚部の変形とレールスパンの変位との関係の例

注：本項における「免震機構」は、現時点で実用化されている機構を意味しているが、新技術の適用に当たっては、本項に準じた性能照査を実施するものとする。

2. 2. 4 風による逸走を防止するための適切な機能

(1) 船舶との荷役の用に供する軌道走行式荷役機械（コンテナクレーン、ジブクレーン等）は、逸走防止装置及び一定の風が吹いた場合においても走行させることができる出力を有する走行用原動機を備え、風による逸走を防止するための適切な機能を有する必要がある。

また、逸走を防止する措置として使用できる逸走防止関連装置及び風況を適切に監視するための風向・風速計を設置することが望ましい。

(2) 逸走防止装置

逸走防止装置は、クレーン構造規格第41条（逸走防止装置）において、風速60m/sに相当する風荷重に耐える性能を有するものでなければならないとされている。日本クレーン協会規格（JCAS1003及びJCAS1201）において、逸走防止装置の定義は、レールクランプ及びアンカーとされている。なお、レールクランプの性能は、JIS B-8828-1-2006において、風速35m/sに対応する風荷重に耐えるものでなければならないとされている。

(3) 逸走防止関連装置

逸走防止関連装置は、走行ブレーキ、レールブレーキ等、逸走を防止する措置として使用できる装置を言う。

(4) 走行用原動機

走行用原動機は、クレーン構造規格第42条（走行用原動機）において、16m/sの風が吹いた場合においても走行させることができる出力を有する原動機を備えるものでなければならないとされている。

(5) 風向・風速計

荷役作業の中止、軌道走行式荷役機械の逸走を防止するための固定措置、荷役作業再開の判断を行うため設置する風向・風速計は、コンテナクレーン等の影響を受けない場所に設置することが望ましい。

2. 3 ローディングアーム（固定式荷役機械）

2. 3. 1 一般

- (1) 石油タンカーにおける荷役は、本船側の荷役ポンプ及びストリップポンプで行われる。本船荷油ラインとバース側送油用ラインとの連結管としては、大別するとメタルアームとゴムホースがある。メタルアームは、通常、ローディングアームと呼ばれ、固定式係留施設に用いられる。ローディングアームの配管部は図-2.3.1に示すように、ベースライザー、インボードアーム及びアウトボードアームから構成され、これを数個の回転ジョイントでつないでいる。アームにはカウンターウェイトが付いておりバランスを保っているため、タンカーマニホールドにローディングアームの自重がかからないようになっている。アウトボードアームの先端は、フランジ又はカップラーとなっており、本船マニホールドに連結される。ローディングアームは、水平面での回転、船幅方向への伸展により、かなりの作動範囲を有している。ローディングアームの基数は通常、複数基である。現在、使用されているローディングアームの最大口径は24インチである。
- (2) ローディングアームにクイックカップラーを取り付けると、通常のボルトを使用したフランジ着脱作業に比べて、迅速化や省力化が可能である。特に大口径フランジの場合、ボルト本数が多いため、クイックカップラーの効果は大きい。クイックカップラーは万一の場合、ローディングアームをタンカーマニホールドから迅速に切り離すことができる。したがって、ローディングアームには、クイックカップラーを取り付けることが望ましい。
- (3) クイックカップラーを付けたローディングアームをタンカーマニホールドに接続する際、運転員がタンカーマニホールド近くに立ち、ローディングアームの先端を見ながら、安全かつ正確な運転ができるよう、無線操作装置（ラジコン）を採用することが望ましい。

2. 6 固定式荷役機械及び軌道走行式荷役機械の維持管理⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾

(1) 荷役機械は、その性能を保持するとともに、事故に対する予防措置を講じるため、適切に維持管理を行う。

- ① 荷役機械の運転状況は港湾の輸送機能に及ぼす影響が大きく、不適切な場合、港湾能力に重大な支障を与えることになる。したがって、良好なポートサービスの提供を図るためには、荷役機械を適切に管理・運営するとともに、計画的に保守・点検を行い、性能維持に努め、その能力を常に最大に発揮させることが必要である。また、港湾荷役の労働安全上の観点からも、事故の発生を未然に防止するため、荷役機械の適切な維持管理は重要である。
- ② 保守点検には日常行う点検と定期的に行う検査がある。その他に、災害に対する予防保全として固定装置等の確認及び事後の点検を行うべきである。事業者はこれらをクレーン等安全規則（昭和47年9月30日労働省令第34号）に準じて実施することが望ましい。

[点検及び検査の種類]

- (a) 日常点検（クレーン等安全規則第2章第3節第36条）
作業開始前、運転中、作業終了後
- (b) 週毎点検
- (c) 定期検査
 - 1) 月例検査（クレーン等安全規則第2章第3節第35条）
 - 2) 年次検査（クレーン等安全規則第2章第3節第34条）
- (d) 暴風後等の点検（クレーン等安全規則第2章第3節第37条）

[参考文献]

- 1) 日本機械学会：クレーン製作指針，1975
- 2) 港湾荷役機械化協会：港湾荷役機械要覧，1996
- 3-1) 日本クレーン協会：クレーン等各構造規格の解説，改訂3版，1997
- 3-2) 稲富隆昌他：1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告，港湾技研資料 No.857，1997
- 3-3) 宮田正史、竹信正寛、野津厚、菅野高弘、小濱英司、久保哲也：耐震強化施設としてのコンテナクレーンの耐震性能照査手法に関する研究（その2），国総研資料，No.540，2009.10.
- 3-4) 中園嘉治：コンテナクレーン耐震設計のための手引について，港湾荷役第43巻第6号，pp.635～640，1998
- 3-5) 宮田正史、吉川慎一、竹信正寛、菅野高弘、小濱英司、久保哲也：耐震強化施設としてのコンテナクレーンの耐震性能照査手法に関する研究（その3），国総研資料，No.563，2010.1.
- 4) 日本道路協会：石油パイプライン技術基準案，pp.46～47，1974
- 5) Spangler M.G.: Underground Condition—An Appraisal of Modern Research, Transactions of ASCE, Vol.113, 1948
- 6) 中山茂雄，清宮理，藤澤孝夫：海底パイプラインに作用する衝撃荷重の実験的研究，港湾技術研究所報告 Vol.15, No.3, pp.99～145, 1976
- 7) American Petroleum Institute：Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe, and Line Pipe Properties, API BULLETIN 5C3 SIXTH EDITION, 1994
- 8) 港湾荷役機械化協会：引込みクレーン式アンローダ保守点検基準，1979
- 9) 港湾荷役機械化協会：コンテナクレーン保守点検基準，1980
- 10) 港湾荷役機械化協会：コンテナクレーン保守点検表，1983