

第 2 3 編 防風施設

第 1 章 防風施設の基本

1.1 防風施設の目的

防風施設の目的は、漁港内に発生する風の影響を低減することで、漁船の安全な係留、陸揚げ等、漁港内での作業効率及び安全性を向上させることを基本とする。

1.1.1 漁港における風の障害

漁港内で特に問題となる風の障害は、これまでの実態調査¹⁾²⁾などから整理すると次の 2 つに分けられる。

- ① 風による係留漁船の被害
 - a) 漁船と係留施設との接触
 - b) 漁船どうしの接触
 - c) 係留ロープ、アンカーロープの切断
 - d) 漁船係留部の損傷
 - e) 風による越波の漁船への打ち込み（防波堤背後が係船タイプの場合）
- ② 陸揚げ等漁港内の作業への影響
 - a) 接岸時の操船障害
 - b) 陸揚げ及び船揚げ時の作業障害と危険性の増大
 - c) エプロンの凍結による転倒の危険性の増大（寒冷地の場合）
 - d) 体感温度低下による不快感の増大

1.1.2 風対策の考え方

風による障害の実態を把握するため、各種の調査や気象データを活用し、時期、場所、被害を及ぼす風の特性等を明らかにする必要がある。

なお、係留漁船の対策を検討する場合、風による障害と波や流れによる障害を分離して考える必要があるが、強風発生時は高波浪や泊地内振動が複合的に発生している場合が多く、風に起因する障害とその他の原因による障害を分離することは現実的には難しい。その場合、泊地内静穏度の検討を別途実施し、その結果と風障害に関する聞き取り調査結果等を参考にしながら対策を検討することが望ましい。

(参考文献)

- 1) 漁港新技術研究会第 6 研究部会（風対策部会）：漁港の陸上施設に係わる「風対策検討調査」報告書(1991)
- 2) 水産庁漁港部・漁港漁村建設技術研究所：漁港整備技術基準作成検討基礎調査委託事業報告書(風対策)（1988）

第 2 章 防風施設の照査

2.1 防風施設の要求性能

防風施設の要求性能は、対象施設の設置状況に応じて、以下の要件を満たしていることとする。

1. 背後地の用途及び利用状況等を考慮して、適切なものとする。
2. 風、波浪等の作用に対して構造上安全なものとする。

2.2 防風施設の性能規定

防風施設の性能規定は、対象施設に応じて以下に定めるとおりとする。

1. 漁港における風の障害が軽減されるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有していること。
2. 自重、波力、風圧力等の作用に対して、各部材に発生する応力が許容値以下となること。

防風施設の照査にあたっては、目的に応じた所要の効果を十分に発揮できるよう配慮するとともに、防風施設自体が想定される作用に耐えられるよう、部材の選定時などにおいて適切な検討を行うことを標準とする。

図 13-2-1 は、防風施設の照査フローを示したものである。

なお、屋根付きの防風施設については、建築基準法上の建築物となる場合がある。建築部局と協議のうえ、建築物と判断された場合は、「建築基準法」に準じて照査を行うことができる。

防風施設の性能照査における作用は、設計風速による風圧力が卓越すると考えられるが、設置位置によっては波浪等の作用についても検討が必要な場合がある。風又は波浪などの作用の算定は、「第 2 編 設計条件」によることを標準とする。

以下に、防風施設の照査時に検討すべき事項を示す。

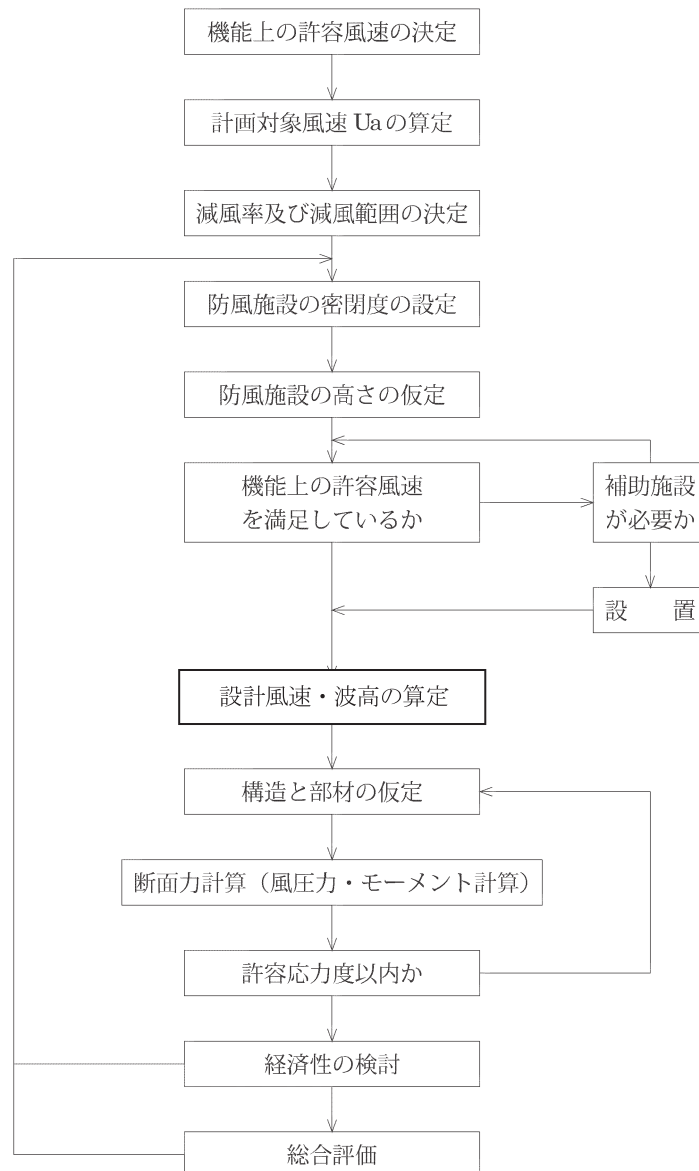


図 13-2-1 防風施設の照査フロー

2.2.1 減風域と減風率

防風施設の減風・防風原理は、施設が風の流れに対して一種の障害物となり、風の流れの向きを変え、その風下となる領域の風の流れを弱めるものである。しかし、風速が弱められる減風域といわれる範囲は、防風施設風下側の限られた範囲で、防風施設から遠ざかるにしたがって次第に減風効果がなくなり風速が回復する。減風範囲は一般的に風上側 $-5H$ （高倍距離といわれる；風対策施設の高さ H の倍数で表し、 $-$ は風上 $+$ は風下）から風下側 $20H$ といわれている¹⁾。

防風施設により風速の減ずる比率、すなわち防風施設への入射風速と防風施設背後の風速との比を減風率という。減風率は主に実験や観測により求められ、その結果は防風施設の高さと風下側の範囲における減風率分布として整理される。減風率の鉛直分布の例を図 13-2-2 に示す。

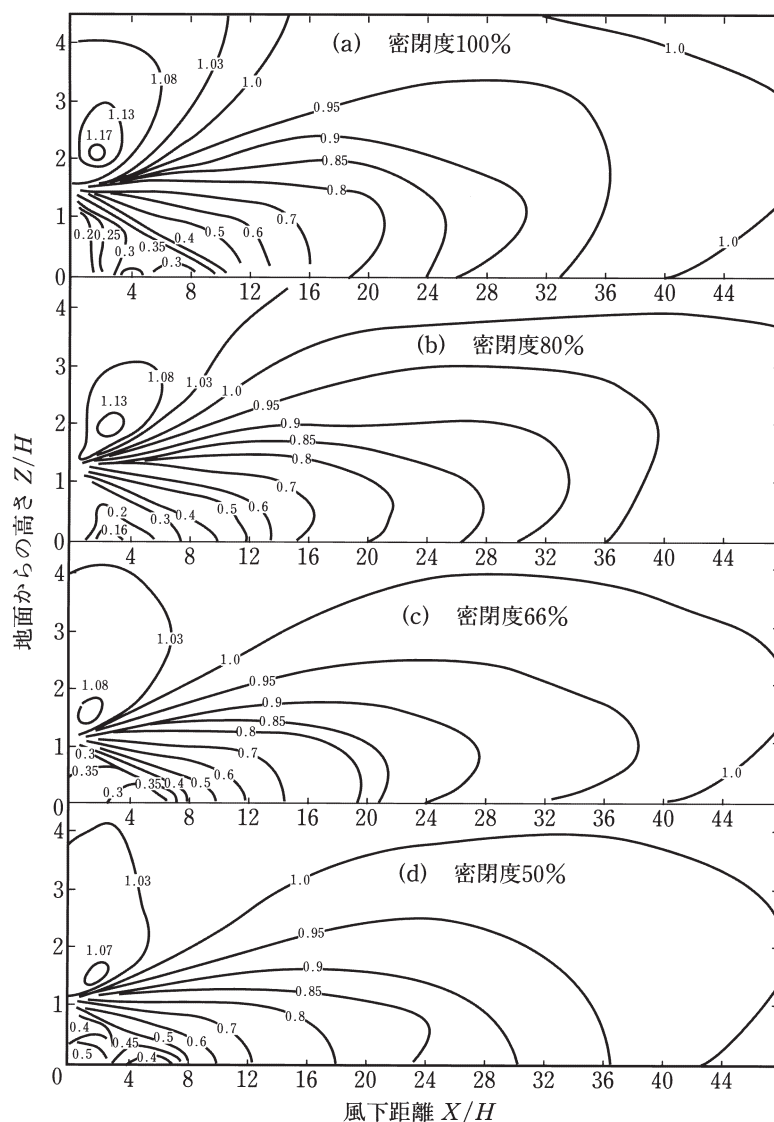


図 13-2-2 減風率の鉛直分布²⁾

2.2.2 防風施設の高さ

防風施設の高さは、計画風速を許容風速で除して減風率を算定し、防風施設の設置位置から風対策をする範囲が所定の減風率を得られるように決定することが望ましい。

防風施設の効果実験の結果は、防風施設の高さがパラメーターとなって整理されていることが多い。防風施設の高さの決定は、実験結果や観測結果より整理された図表等を用いて検討することになるが、防風施設高さと減風率の関係については十分な知見が得られていないことや、現実には景観など計画地の特殊条件などを考慮して総合的に決定することが望ましい。

2.2.3 密閉度（遮蔽率）

全く隙間のないコンクリート壁のようなものを密閉度100%として、障害物がない場合を密閉度0%とする。防風施設の密閉度は遮蔽率ともいわれることもある。（防風施設の構造によっては、密閉度とは逆に隙間の部分の比率として開口率として用いる場合もある。） 防風効果は、密閉度によって変化し、密閉度の増加に伴い減風率も高くなる。

ただし、密閉度があまり大きすぎると風下直後の減風効果は大きい、逆向きの渦が形成され風速の回復が起こりやすく減風範囲が狭くなる。これまでの実験結果や種々の条件を考えると、防風林では 60～70%、防風網・防風壁では 50～60%が適当とされている³⁾。一方、防風施設を港口付近に設置するような場合、密閉度が大きいと漁船出入港の見通しの障害になる恐れもある。密閉度は、減風効果だけでなく計画地点の諸条件を考慮して決定することが望ましい。

2.2.4 風による体感温度の低下に関する指標

屋外における体感（不快感）は、気温のみならず風速、湿度、着衣量等多くの要因によって評価される。

図 13-2-3 及び図 13-2-4 は、北海道開発局が実施した調査をもとに作成したものであり、風速及び気温と作業性（○：作業に支障なし、●：作業がしづらい）との関係を示す。調査は、漁港利用者の作業中の状態について行ったものであり、図中には体感（不快感）の指標として、気温と風速による冷却力を評価する風力冷却指数 WCI（wind-chill-index）を合わせて示した。

なお、WCI は以下の式で求められる。

$$WCI = (10.45 + 10\sqrt{V} - V) \cdot (33 - T_a)$$

ここに、

T_a ：気温（℃）

V ：風速（m/s）

図をみると、概ね $WCI = 700 \sim 900$ 以上で、作業がしづらくなることがわかる。

なお、ここでは 2 漁港の調査結果を例に挙げたが、気象条件が異なる地域では障害が発生する限界の風速が増減する可能性があるため、許容風速については計画地ごとに個別の条件を勘案のうえ、検討することが望ましい。

2.2.5 防風林

防風施設として防風林を照査する場合、樹種の選定や樹木の大きさについては、現地の環境条件を十分考慮することが望ましい。また、減風効果が期待できるような樹高の樹木は、植樹直後に強風のため倒れることもあり得る。十分な樹高に生育するまでの期間は、暫定的な対策が必要な場合もある。さらに、防風林帯の幅は減風効果を発揮できるよう十分にとることが望ましい。

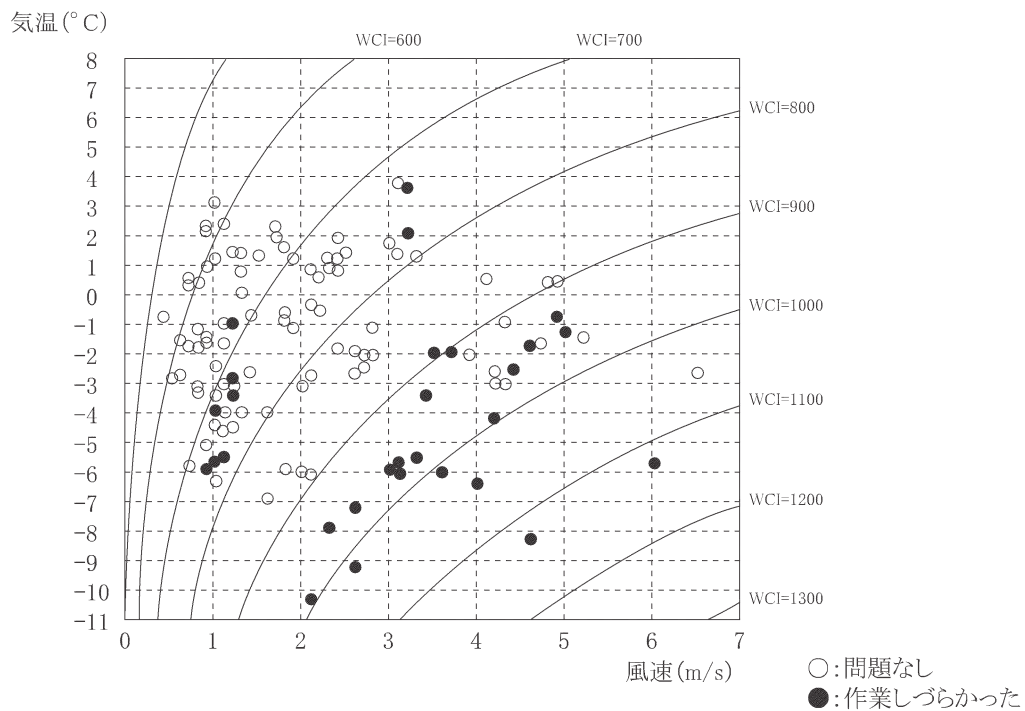


図 13-2-3 風速・気温と WCI との関係 (A 漁港)

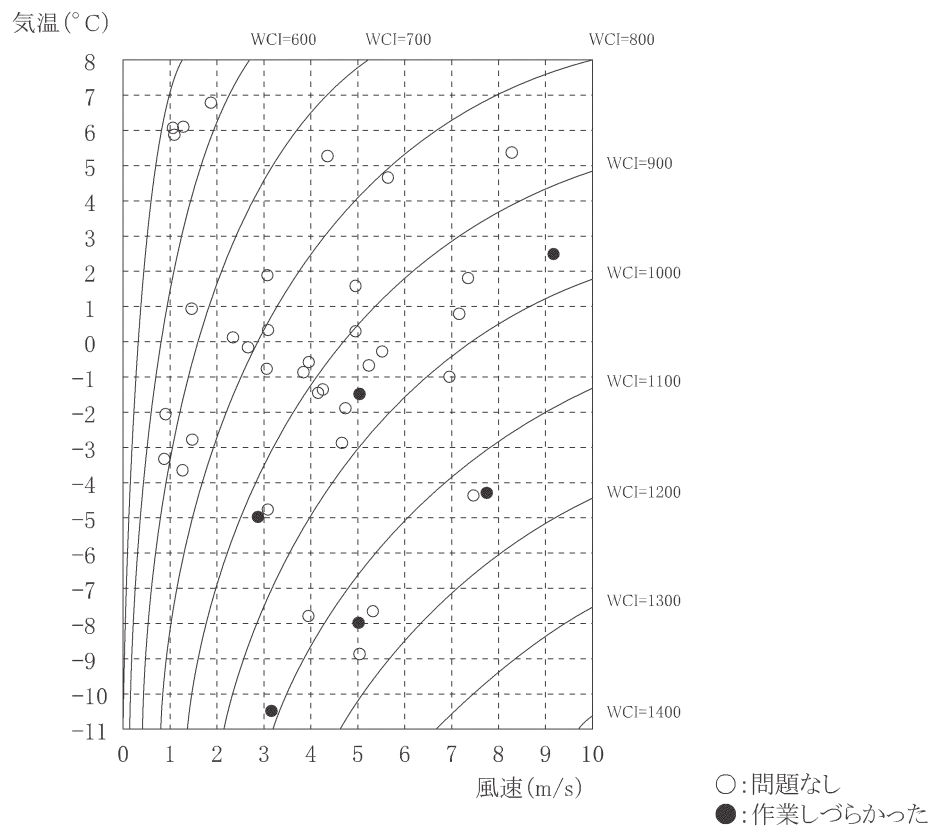


図 13-2-4 風速・気温と WCI との関係 (B 漁港)

2.3 防風施設の設計条件

防風施設を照査する際には、計画風向・風速、許容風速、設計風向・風速などを適切に定めることを標準とする。

2.3.1 計画風向・風速

防風施設の機能及び配置を決定する場合の基準となる風向を計画風向という。

計画風速は台風時や冬期季節風等の暴風時に漁船が避難する泊地か通常荒天時のみ利用する泊地かにより、30年確率風速、1年確率風速、出漁限界波高時の風速等を用いるのがよい。

2.3.2 許容風速

許容風速は風の障害が発生する限界の風速で、防風施設を照査する場合の目標値となり、防風施設の機能を決定するものとなることから的確にその値を設定することを標準とする。

許容風速は、風による障害の種類から次のとおり分けられる。

(1) 係留漁船に対する許容風速

避泊係留中の漁船が、隣接する漁船や係船岸と衝突したり横転又は沈没するような限界の風速であり、強風時における漁船の被害事例、係留方法、避難の実態等を強風記録データと対比、分析して決定する。

係留漁船に対する許容風速は、対象漁船の大きさ、船形、係留方法など種々の条件により異なるが、これまでの風対策を実施した実績を参考とすると15～20m/secを目安値としても良い。

(2) 作業上の許容風速

陸揚げ作業や、陸上作業を安全に行うことのできる限界の風速であり、作業実態に関する聞き取り調査と風の観測記録とを対比、分析して決定する。

陸揚げ作業等安全上の許容風速としては、一般的な作業の許容風速として5～6m/sec程度を目安としても良い。

2.3.3 設計風向・風速

設計風速は、防風施設の性能照査に用いる風速であり、相当期間の信頼すべきデータを用いて統計処理し、風向ごとの風速を求めることを標準とする。

その際、近傍の気象観測施設（例えば気象官署、アメダスなど）の風観測データを使用した場合には、漁港内における現地観測データと近傍観測施設の観測結果との相関による補正を行うことが望ましい。

風速の統計資料は、10分間平均風速を対象としていることが多いが、施設によってはこれより短い時間の平均風速又は最大瞬間風速を用いることもあり、このような場合は、当該地域における平均風速と最大風速の関係、突風率（ガストファクター）等の特性を把握して設計風速を決定してもよい。

設計風向は、設計対象施設に対して構造上最も危険となる風向とすることを標準とする。

2.3.4 風向、風速の定義

一般に風は、風向や風速が一定せず乱れており、風の観測においては、便宜的に風向・風速を次の

とおり定義している。このうち風障害で問題となるのは、任意の時間に発生する強風であり、対象が小さくなれば測定時間（評価時間）の短い値が問題となり、最終的には 1/100 秒のような最大瞬間風速が障害の原因となることもあるが、漁港内での風障害で問題となるのは最大平均風速であると考えられる。一般に気象官署等で観測され記録に残っている観測記録は、平均風速で必ずしも最大平均風速ではない。現地観測をする場合は、このような点に留意をして観測項目を決定する必要がある。

- ① 平均風速 (m/sec) : 毎正時前 10 分間の風速の観測結果よりその平均を平均風速としている。
- ② 風向 : 毎正時前 10 分間の風向の観測結果よりその平均を風向としている。
- ③ 最大平均風速 : 任意時間前 10 分間の風速の観測結果から求められた平均風速のうち最大のもの (m/sec) で、1 日のうちの最大平均風速、又は 1 時間のうちの最大平均風速等として用いる。最大平均風の風向は、その最大風が発生したときの平均風向をいう。
- ④ 最大瞬間風速 : 任意の時間における測定時間内における風速のうち最大のものをいい、1 日のうちの最大瞬間風速、又は 1 時間のうちの最大瞬間風速等として用いる。観測時間については、観測器の感度により異なるが、超音波風速計は音波 (m/sec) が空気中を伝わるときに風速によって変わることを利用して測定する計器で、この風速計は 1/100 秒より短い間隔の風速まで測定可能となり瞬間値と考えられる。

瞬間最大風速の風向はその瞬間風速が発生したときの風向をいう。

- ⑤ 突風率 (ガストファクター) : 突風率は、最大瞬間風速と平均風速の比として表されるが、詳しく見た場合、それぞれの測定時間（評価時間）により結果が異なる。また、最大瞬間風速は必ずしも平均風速の観測評価時間内に発生しているわけではなく、瞬間最大風速の風向と平均風速の風向が 180° 違うような全く異なった現象における比率を求めていることもある。特に漁港周辺では地形により乱れた風が発生している。観測の仕様によっては、最大平均風速が求められており、最大瞬間風速はこの最大平均風速の発生している評価時間内に発生している確率が高く、突風率は、最大瞬間風速から求められていることもある。突風率の評価については注意が必要である。

2.4 防風施設の配置

防風施設の配置は、風の条件、漁港の港形及び周辺の地形を把握し、対象とする風に対して漁船の係留や泊地、用地の利用に支障がないよう定めることが望ましい。

2.4.1 風の条件、漁港の港形及び周辺の地形の把握

防風施設の配置を検討するにあたっては、次のことに留意して風の条件、漁港の港形及び周辺の地形を把握することが重要である。

(1) 漁港の港形及び周辺の地形

漁港周辺の地形や現況の港形を調査し、現地の風況・港内波の予測及び風対策施設の配置の基礎資料とする。特に、漁港は自然の地形を利用して立地しているところが多く、漁港周辺の地形の複雑さから現地特有の風が発生している場合がある。漁港の立地条件の特殊性を認識するためにも、事前に漁業者等から現地における風の実態についての聞き取り等を十分に行うことが重要である。

(2) 気象

現地における風の実態を把握するため、現地の風向・風速等の観測調査を行う。調査にあたり長期間の観測記録を測得している近傍の気象観測施設の風観測データとの比較を行い、それらとの関係を明らかにする。

(3) 強風による被害状況

聞き取り調査結果や過去の漁船保険の記録、気象記録を参考に、漁船及び陸上での強風による被害状況、被害発生要因及び被害発生の原因となった風の特徴を把握する。

(4) 海象

風による港内発生波、長周期振動等が問題となっている場合には、風の障害が発生する時期の波浪・流況（波高、周期、波向、流向、流速）に関して現地観測を行う必要がある。

(5) 漁港の利用状況

現在及び将来において漁港を利用する漁船の規模・時期・係留方法及び陸上作業の把握を行い、風対策の目標設定のための基礎資料とする。

(6) 気温

労働環境に関して検討を行う際に、風力冷却指数 WCI (wind-chill-index) を用いる場合には、気温の観測が必要となる。

2.4.2 防風施設の配置

防風施設の配置は、次のように係船漁船の被害防止を主たる目的とするか、陸揚げ等漁港内の作業への影響緩和を主たる目的とするかにより異なる。

(1) 係船漁船の被害防止を主たる目的とする場合

係留漁船被害の要因で最も多いのは、係留中の漁船が横から強風を受ける係留形態で、係留中の漁船が強風を横風で受けたときの風圧は、縦方向の場合に比べ 6～7 倍にもなるといわれている⁴⁾。

したがって、係留中の漁船の被害を防止するうえで効果的な方法は、係留施設の法線を係留漁船が強い横風を受けないものとするとともに、既存の係留施設に係船突堤・綱取堤・定置アンカー等の付帯的な施設を加えることにより係留形態を変えることである。

また、強風又は強風に起因する港内発生波を防止するため、現地の諸条件に合わせ防風施設と係留施設による対策を組み合わせで行うのが効果的である。

防風施設の設置にあたっては、漁船航行上の視界障害や景観に対する影響などについても留意する必要がある⁵⁾。

次に効果的な風対策の例を示す。

a) 係船岸の改良

強風方向に対して縦付け係留の形が取れるように、係留突堤、浮体式係船岸、綱取堤、係留杭、定置式アンカー等を設置する。

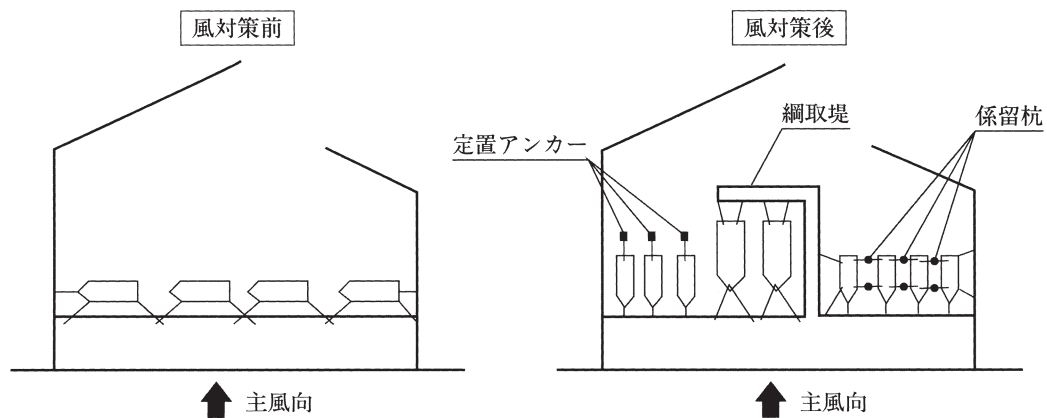
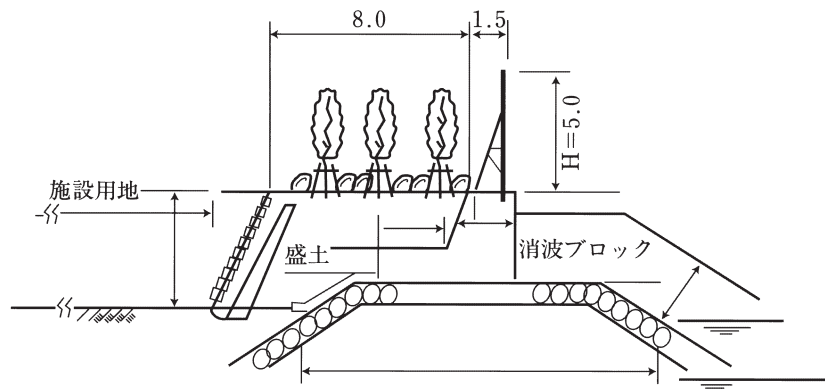


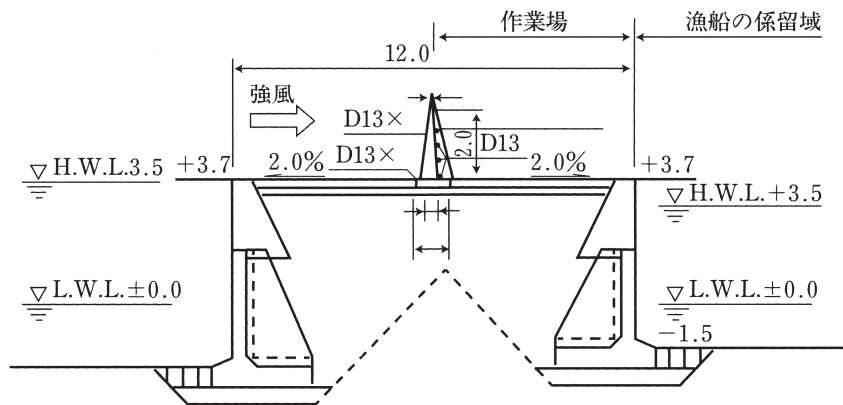
図 13-2-5 係船岸の改良例

b) 係留水域に対して効果的な風対策施設の設置

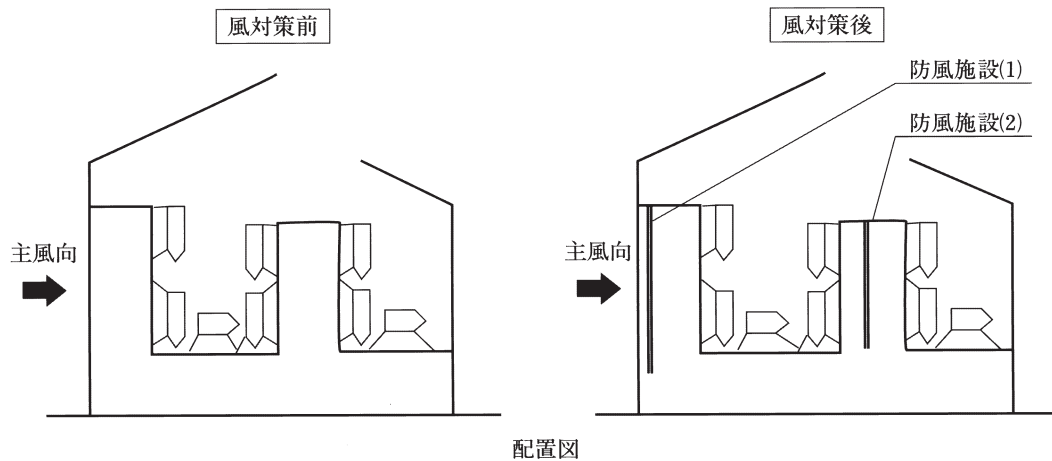
係留水域の風上側に安全係留できる風速になるよう防風壁、防風柵、防風林を設置し、漁船が強風を直接受けないようにする。



防風施設(1)



防風施設(2)



配置図

図 13-2-6 防風施設の設置例

c) a と b の組み合わせ

強風方向に対して係留漁船が縦付け係留できるように係留施設を改良し、さらに防風施設を設置する。

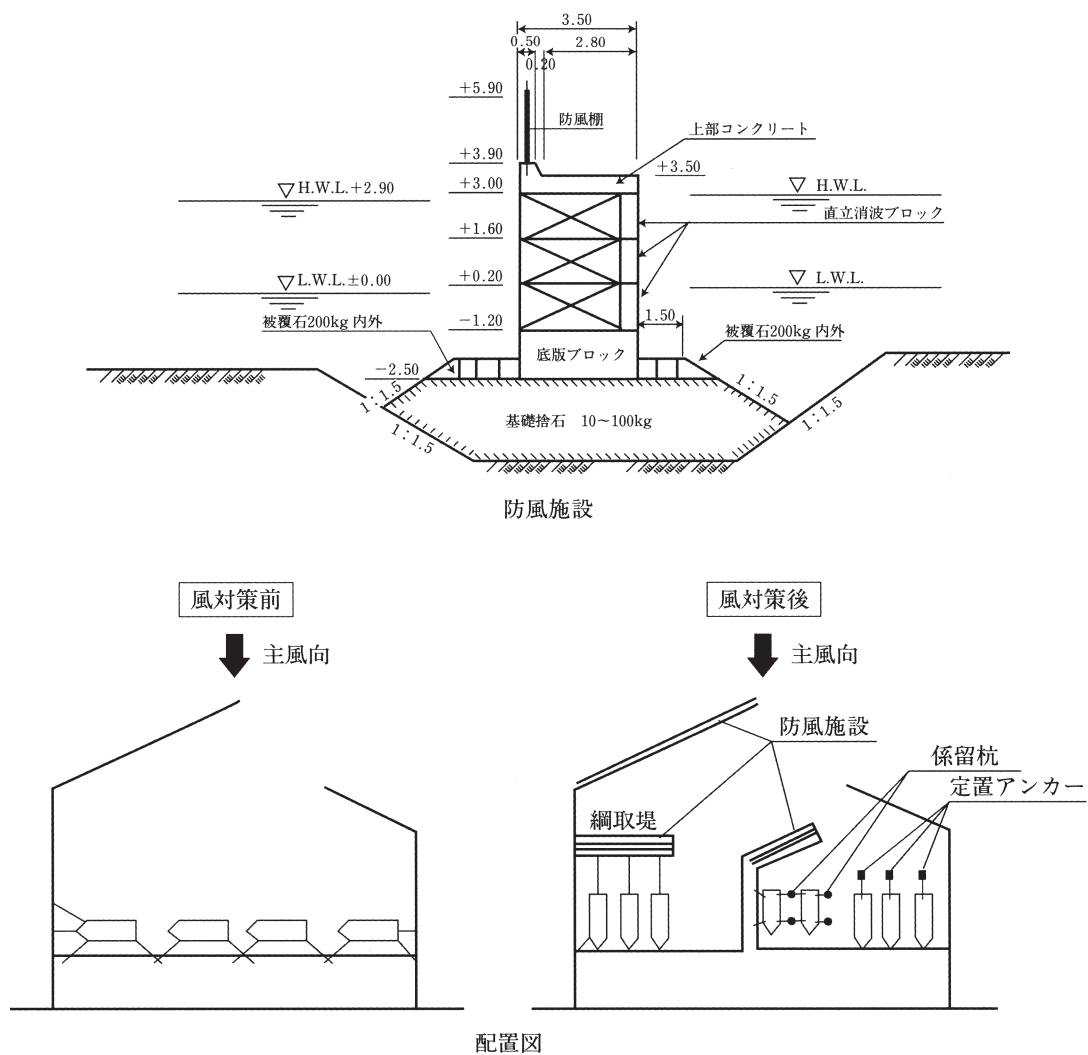


図 13-2-7 係船岸の改良と防風施設の組み合わせ例

d) 漁港内風域を分割する施設を設ける

水域が広い漁港では、強風と同時に港内で発生する風波が係留漁船に悪影響を及ぼす場合がある。そのような場合、漁港内の風域を分割し港内で発生する風波の発達を抑制する施設を設ける。

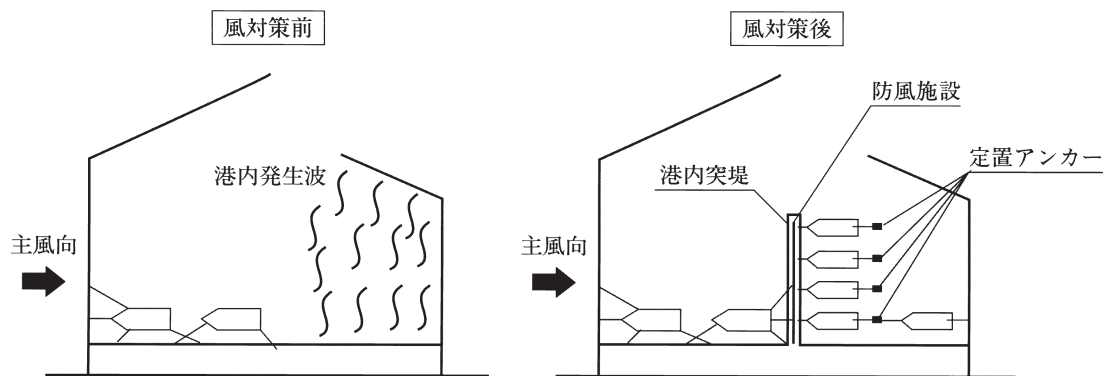


図 13-2-8 港内風域の分割例

(2) 陸揚げ等漁港内の作業への影響緩和を主たる目的とする場合

漁港内の陸揚げ等漁港内の作業への影響緩和には、作業場所の直背後に配置することが効果的であるが、人や車の動線を考慮し水産物の搬出等に支障がないような配置とすることを標準とする。

また、そよ風も遮られ、夏期の係留漁船上での作業環境を悪化させる場合があるため、年間を通じた防風効果の検証を行い、配置を決定することが望ましい。

(参考文献)

- 1) 真木太一：風に関する研究情報(1991)， p.13
- 2) 風工学研究所編：新・ビル風の知識， 鹿島出版会(1989)， pp.96-99
- 3) 農林水産省構造改善局計画部：土地改良事業計画指針－防風施設－(1987)， p.69
- 4) 根本清英・藪下孝雄・高橋昭七・井上紘哉：漁港における風対策について， 第 38 回全国漁港建設技術研究発表会(1993)， pp.64-81
- 5) 高木伸雄・真野泰人：漁港における風対策について， 日本水産工学会学術講演会講演論文集(1994)， pp.121-124