

第 3 章 護 岸

3.1 護岸の要求性能

護岸の要求性能は、構造形式に応じて、以下の要件を満たしていることとする。

1. 漁港区域内に侵入する波を低減することができるよう適切なものとする。
2. 自重、浮力、波、レベル 1 地震動等の作用に対して構造上安全なものとする。
3. 不特定多数の利用者に供する護岸にあつては、利用者の安全を確保できるよう適切なものとする。

3.2 護岸の性能規定

護岸の性能規定は、以下に定めるとおりとする。

1. 波又は高潮による海水の侵入を防止できるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
2. 不特定多数の利用者に供する護岸にあつては、風、波等の自然状況及び施設の利用状況等に応じて、利用者の安全を確保できるよう、適切な諸元を有すること。
3. 津波から背後地を防護する必要がある護岸にあつては、設計津波による海水の侵入を防止できるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
4. 構造物の安全性については、構造形式に応じて、「重力式係船岸」、「普通矢板式係船岸」、「自立矢板式係船岸」、「二重矢板式係船岸」又は「柵式係船岸」の規定を準用する。ただし、漁船による接岸及びけん引に関する規定は除くものとする。

3.3 護岸の性能照査の基本

3.3.1 性能照査の手順

護岸の設計にあたっては、自然条件、施工条件、経済性等を考慮することを原則とする。

護岸は、波浪、流れ、高潮等から、背後の漁港の施設等を防護する目的で築造されることから、堤体の安全性とともに背後への波の打ち上げ高や越波量について十分検討する必要がある。

護岸の設計は、次の手順により行うことを原則とする。

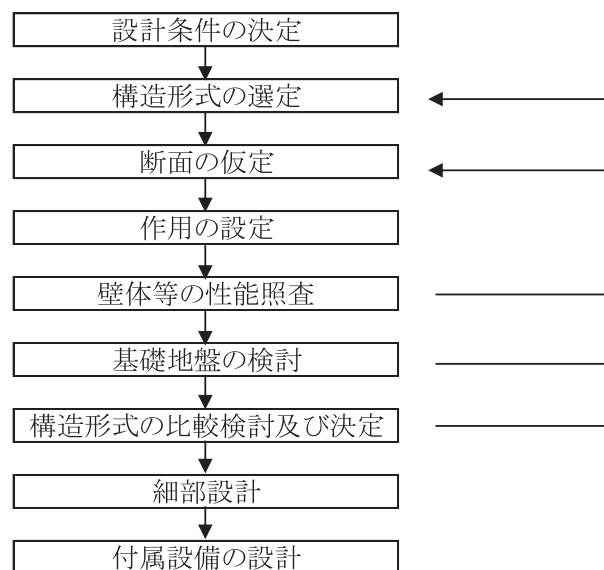


図 5-3-1 護岸の設計のフロー

3.3.2 構造形式の設定

護岸の構造形式は、配置条件、自然条件、材料条件、工事期間、経済性等を考慮し、適切なものを選定することを原則とする。

護岸の構造形式は大別して、直立型、傾斜型、混成型の3つに分類される。各形式別にそれぞれの特徴を有していることから、次に示す(1)、(2)を参照して適切な構造形式を選定することを原則とする。

(1) 構造形式の分類

護岸の構造形式は、図5-3-2のとおり分類できる。

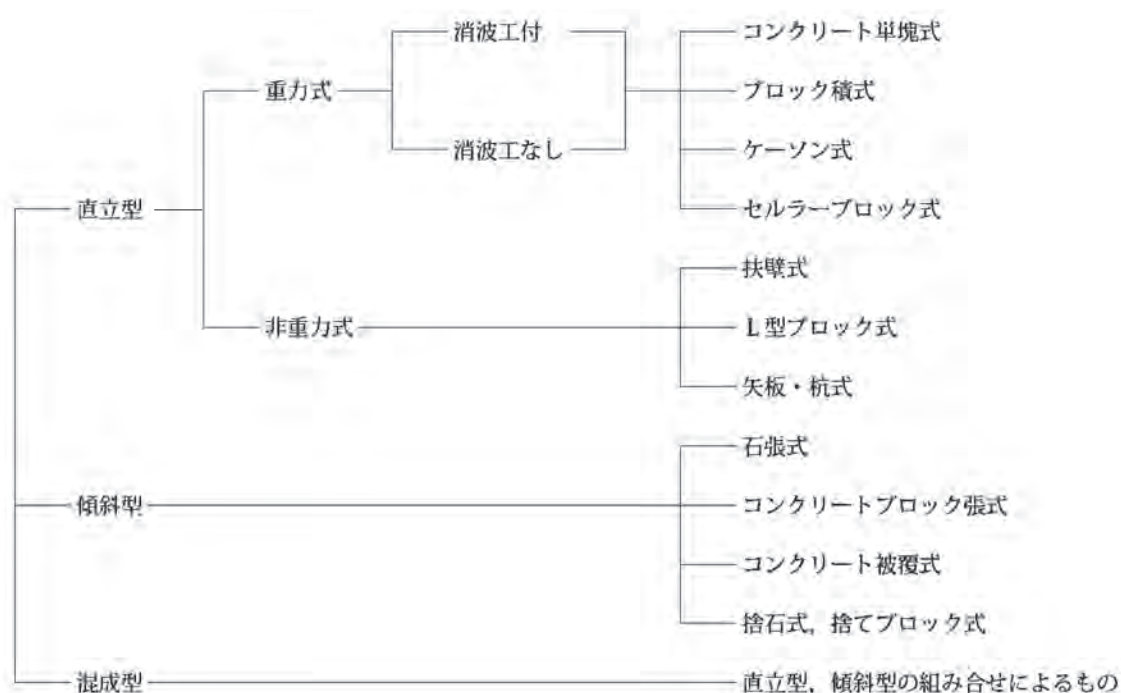


図5-3-2 護岸の構造形式別分類

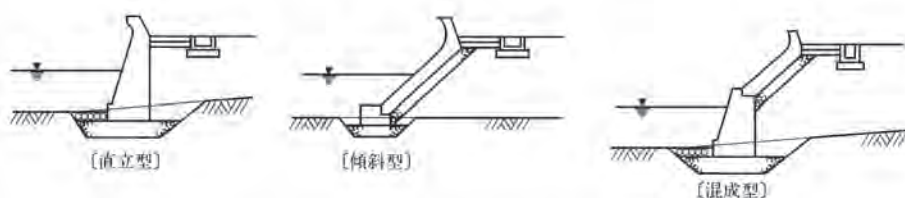


図5-3-3 形式別概要図

(2) 各形式別の特徴

① 直立型

一般に前面の勾配が1割未満の護岸を直立型としている。

他の2つの型に比べて占有する面積が少なくすむことから、設置箇所において、用地の制約

がある場合には、有利な構造である。ただし、その構造から波力の影響を直接受けるため、水深の浅い箇所では、基礎部の洗掘を受けやすい。また、底面反力が大きく出るため、地盤が比較的良好な箇所に設置されることが望ましい。

② 傾斜型

一般に前面の勾配が 1 割以上のものを傾斜型としている。

直立型と比べて波圧を直接受ける構造となっておらず、漸減的に受けるが波は遡上しやすい。

直立型に比べて底面反力が小さいので、比較的軟弱な地盤にも適用できる。

波による基礎の洗掘が少ないので、土砂の移動の激しい箇所に適する。

また、特に前面勾配が 3 割以上のものを緩傾斜型としている。緩傾斜型は、海へ容易にアクセスでき、見た目として柔らかなイメージがあることから、自然とのふれあい、周辺の景観への配慮が可能となる。

③ 混成型

直立型と傾斜型を適当に組み合わせることにより両者の利点を併せもつことができるが、一般には、工事日数が長くなり、施工も難しくなることから、工期や現場条件に制約のある箇所には適さない。

3.4 護岸の性能照査に用いる主な作用

護岸の性能照査に用いる主な作用については、潮位、波及び波力、土質、土圧、残留水圧、基礎、材料、地震力、漂砂、流れ及び流れの力等を考慮することを原則とする。

- (1) 潮位については、「第 2 編第 2 章 潮位」を参照する。
- (2) 波及び波力については、「第 2 編第 3 章 波」、「第 4 章 波力」を参照する。
- (3) 土質、土圧及び残留水圧については、「第 2 編第 9 章 土の性質」、「第 10 章 土圧及び水圧」を参照する。
- (4) 基礎については、「第 4 編 基礎」を参照する。
- (5) 材料については、「第 3 編 材料及び諸係数」を参照する。
- (6) 地震力については、「第 2 編第 11 章 地震力」を参照する。
- (7) 漂砂の卓越した箇所では、漂砂による影響を考慮する必要がある（「第 2 編第 8 章 漂砂」を参照）。
- (8) 流れの卓越した箇所では、流れ及び流れの力を考慮する必要がある（「第 2 編第 6 章 流れ」を参照）。
- (9) 重要度の高い護岸（例えば耐震強化岸壁へのアクセス道路を防護する護岸等）については、液状化の検討を行う必要がある（「第 2 編第 12 章 液状化」を参照）。

漁港の利用状況等により、やむを得ず護岸に係船するケースがあるが、この場合、荷重や漁船により生じる作用を考慮する必要がある（「第 2 編第 13 章 荷重」、「第 14 章 漁船」を参照）。

また、風対策を講じる必要のある箇所においては、風及び風圧力を考慮する必要がある（「第 2 編第 7 章 風」を参照）。

さらに、自然環境との調和を図る必要のある箇所では、「本編第 12 章 環境への配慮」等を参考に

する。

3.5 護岸の性能照査

3.5.1 利用性に関する性能照査

護岸の天端高は、自然条件や護岸背後の状況、要求される機能及び構造形式等を考慮し、適切な算定式又は水理模型実験により決定することを原則とする。

護岸の天端高の算定は以下を標準とする。

天端高＝設計潮位＋設計波に対する必要高＋余裕高

(1) 設計潮位

以下に示す 2 つの方法のいずれかを標準とする。

- ① 既往最高潮位 (H.H.W.L.)
- ② 朔望平均満潮面 (H.W.L.) ＋既往の最大潮位偏差 (実測値又は推算値)

(2) 設計波に対する必要高

設計波に対する必要高を求める方法としては、次のようなものがある。

- ① 越波量による必要高の算定方法（「第 2 編 3.7.1 越波量」、「資料 2.6 直立護岸と消波工付護岸の越波流量」を参照）
- ② 打ち上げ高による必要高の算定方法（「第 2 編 3.7.2 打ち上げ高」、「資料 2.7 許容越波流量と限界越波流量」を参照）
- ③ 簡便法による必要高の算定方法

それぞれの方法の使い分けは、以下を標準とする（「漁港海岸事業設計の手引」¹⁾に準拠）。

- a) 設置位置における設計高潮位からの水深が換算沖波波高 H_0' の 1 倍程度以上の深さである場合は、越波流量から算定することを原則とする。
- b) 設置位置が設計高潮位時の汀線より陸側の場合は、打ち上げ高から決定することを原則とする。
- c) 設置位置における設計高潮位からの水深が換算沖波波高 H_0' の 1 倍程度以下の深さで、設計高潮位時の汀線より海側の場合には、原則として、打ち上げ高及び越波流量の 2 つの方法で計算し、両方の結果と既存施設又は隣接施設の過去の越波状況等を勘案して決定する。
- d) 打ち上げ高及び越波流量より天端高を決定することが困難な場合には、簡便法により天端高を求め、判断基準としてもよい。

簡便法は、図 5-3-4 を用いて係数 α を算定し、設計波に対する必要高 $= \alpha \cdot H_0'$ とするものである。なお、簡便法は打ち上げ高及び越波流量の実験結果並びに既設構造物との釣り合いを考慮し、海底勾配と天端高との関係を定めたものである。このときの沖波の波形勾配は、0.01～0.03 程度、越波流量は 0.005～0.01 m³/m/s 程度である。

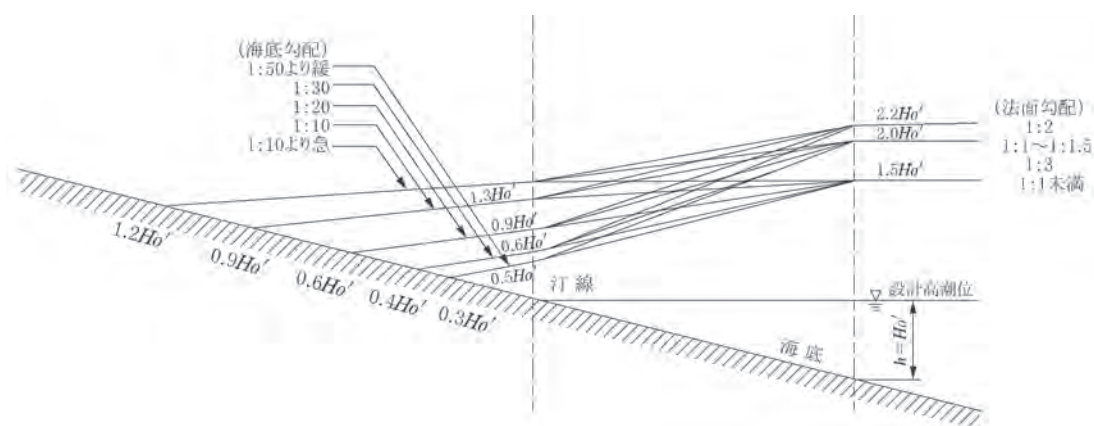


図 5-3-4 海底勾配と天端高の関係

(3) 消波工設置による天端高の低減²⁾

護岸の前面に消波工を設置した場合には、打ち上げ高により求める方法及び簡便法によって求められた天端高を 70% まで下げてもよい。

その場合の消波工の天端幅及び天端高は、表 5-3-1 を満足することを原則とする。

表 5-3-1 消波工の所要天端高

消波ブロックの天端幅 (B)	消波工の所要天端高 (h_m)
ブロック 2 個並び	0.8h 以上
ブロック 3 個並び	0.7h 以上
ブロック 4 個並び	0.5h 以上

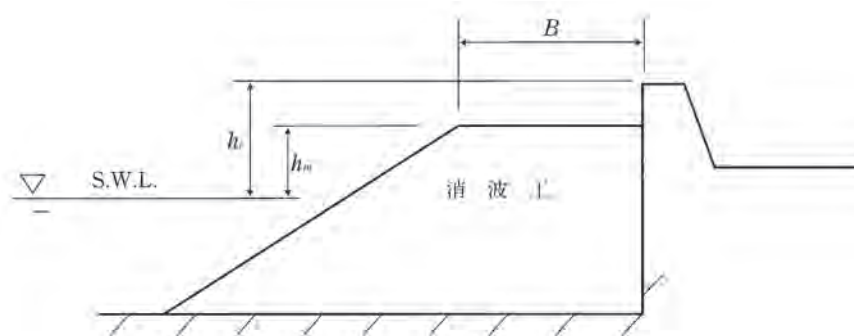


図 5-3-5 消波工の天端高

(4) 余裕高

地盤の沈下傾向や背後地の重要度に応じて余裕高を設定してもよい。

3.5.2 安全性に関する性能照査

護岸の安全性に関する性能照査においては、堤体の滑動及び転倒、基礎の支持力及び円弧すべり等について検討することを原則とする。

(1) 安全性に関する性能照査の基本

護岸壁体の性能照査にあたっては、「第6編 3.4 重力式係船岸」、「3.5 普通矢板式係船岸」、「3.4.6 階段式係船岸」等に準拠することを原則とする。波力の強大な箇所などについては、必要に応じて引き波による負圧（「第2編第4章 波力」を参照）、加えて下向き（負）の揚圧力、残留水压を考慮した設計とする。ただし、消波工により被覆されている場合は、その受働抵抗や負圧の低減効果を期待できるから負圧に対する検討を行う必要はない。上載荷重の作用範囲は照査項目に応じて適切に設定し、土圧による滑動・転倒については背後のみとし堤体直上は除く。安全率は滑動・転倒・直線滑りで1.2以上、偏心傾斜で1.0以上（砂質土地盤）又は2.5以上（粘性土地盤）を標準とする。また、自然条件、施工条件から裏込工を同時施工できない場合の設計については、「本編 2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」の性能照査に準拠することを原則とする。

基礎地盤の支持力については、「第4編第2章 平面基礎の支持力」を参照する。

円弧すべりについては、「第4編第5章 斜面の安定」を参照する。

(2) 暫定裏込めをした場合

直立部の港内側を割石で補強した場合の滑動抵抗を考慮した性能照査は、次式によることを原則とする。

$$\frac{\mu W + R}{P} \geq 1.2 \cdots \cdots \text{(式 5-3-1)}$$

ここに

W ：護岸の自重（浮力、揚圧力考慮）

R ：裏込めの水平抵抗

μ ：摩擦係数

P ：波圧合力

裏込めの水平抵抗については、図 5-3-6 に基づいた以下の数式で示す方法を参考としてもよい。

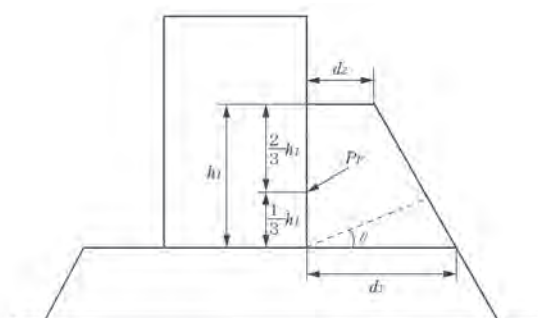


図 5-3-6 暫定裏込めに関する変数の定義

$$R = P_p' \cos \delta \cdots \cdots \text{(式 5-3-2)}$$

$$P_p' = P_p \frac{(d_2 + d_3)(h_1 - d_3 \tan \theta) + d_3^2 \tan \theta}{h_1^2} \tan \theta \dots\dots\dots (式 5-3-3)$$

$$d_3 = \frac{d_1}{1 + \frac{d_1 - d_2}{h_1} \tan \theta} \dots\dots\dots (式 5-3-4)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma h_1^2 K_p \dots\dots\dots (式 5-3-5)$$

$$K_p = \frac{\cos^2 (\phi - \theta')}{\cos \theta' \cos (\delta - \theta') \left[1 - \sqrt{\frac{\sin (\phi - \delta) \sin (\phi - \theta')}{\cos (\delta - \theta')}} \right]^2} \dots\dots\dots (式 5-3-6)$$

$$\cot \theta = \tan (\phi - \delta) + \sec (\phi - \delta) \sqrt{\frac{\cos (\delta - \theta') \sin (\phi - \delta)}{\sin (\phi - \theta')}} \dots\dots\dots (式 5-3-7)$$

ここに、

R ：裏込めの滑動抵抗（作用点は底面より $h_{1/3}$ の高さ）

P_p' ：裏込めの受働土圧

h_1 ：裏込め高さ

d_1, d_2 ：裏込めの底面幅及び天端幅

θ ：裏込めのすべり面

ϕ, γ ：裏込めの内部摩擦角、単位体積重量

δ ：裏込めの壁面摩擦角

θ' ：地震合成角（ $= \tan^{-1} k$ or $\tan^{-1} k'$ ）

P_p ：暫定裏込め及び護岸背面が全て裏込材で満たされているときの受働土圧合力

K_p ：裏込材の受働土圧係数

3.6 構造細目

基礎工、堤体工、上部工の設計細目については、吸い出し、洗掘、越波等を考慮し、適切に定めることを原則とする。

護岸の基礎工、堤体工、上部工の設計細目については、「本編 2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」、「第 6 編 3.4 重力式係船岸」、「3.5 普通矢板式係船岸」、「3.4.6 階段式係船岸」、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」²⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」¹⁾に準じてよい。

ただし、護岸の水叩きについては、コンクリートで舗装する場合は、その圧縮強度は、材齢 28 日で 18 N/mm^2 を標準とし、その厚さは 20 cm とする。また、コンクリートの下には、クラッシャーランによる基礎工を 20 cm 厚で設けるのがよい。

（参考文献）

- 1) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.73，p.99
- 2) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3－57

第 4 章 堤 防

4.1 堤防の要求性能

堤防の要求性能は、「護岸」の規定を準用する。

堤防の設計にあたっては、自然条件、背後の利用状況及び求められる機能等を考慮し、適切な構造形式、法線、天端高等を決定することを原則とする。

堤防とは、洪水時に流水の氾濫を防ぐために築造される構造物のことをいう。堤防には、その目的により数種類のものがあるが、特に海水の侵入を防ぐ目的で築造されるものを海岸堤防あるいは防潮堤と呼んでいる。

4.2 堤防の性能規定

堤防の性能規定は、「護岸」の規定を準用する。

堤防の設計は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準拠することを原則とする。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3-19
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.59

第 5 章 防潮堤

5.1 防潮堤の要求性能

防潮堤の要求性能は、「護岸」の規定を準用する。

防潮堤の設計にあたっては、自然条件、背後の利用状況及び求められる機能等を考慮し、適切な構造形式、法線、天端高等を決定することを原則とする。

防潮堤は、堤防と施設の機能や構造、設計の考え方に差はない。

5.2 防潮堤の性能規定

防潮堤の性能規定は、「護岸」の規定を準用する。

防潮堤の設計は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準拠することを原則とする。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3-62
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.59

第 6 章 胸 壁

6.1 胸壁の要求性能

胸壁の要求性能は、「護岸」の規定を準用する。

胸壁の設計にあたっては、自然条件、背後の利用状況及び求められる機能等を考慮し、適切な構造形式、法線、天端高等を決定することを原則とする。

胸壁は、海岸線に堤防や防潮堤及び護岸を設置することが困難な場合に、陸上に設置される壁体のことをいう。

6.2 胸壁の性能規定

胸壁の性能規定は、「護岸」の規定を準用する。

胸壁の設計は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準拠することを原則とする。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3-72
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.148

第 7 章 水 門

7.1 水門の要求性能

水門の要求性能は、以下の要件を満たしていることとする。

- 1.高潮、津波等による越流（外水）の侵入を防止することができるよう適切なものとする。
- 2.設計対象施設背後の不要な内水を排除することができるよう適切なものとする。
- 3.自重、水圧、波、レベル 1 地震動等の作用に対して構造上安全なものとする。

水門は、海水等の外水の侵入を抑えながら不要な内水を排除し、漁港施設等の背後にある人命及び資産を湛水の被害から防護することを目的として設置される施設である。同施設は、内水位を計画水位以下に維持する機能を有するものである。

水門の設計にあたっては、自然条件、材料条件、背後の利用状況及び求められる機能などを考慮し、適切な構造形式、法線、天端高などを決定することを原則とする。

7.2 水門の性能規定

水門の性能規定は、以下に定めるとおりとする。

- 1.高潮、津波等による越流（外水）の侵入を防止できるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
- 2.設計対象施設背後の不要な内水を排除できるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
- 3.自重、水圧、波、レベル 1 地震動等の作用に対して、水門の構造及び水門システムが安定であること。
- 4.特に重要な施設にあつては、前項に規定するほか、自重、水圧等及び設計津波又はレベル 2 地震動の作用に対して、水門の構造及び水門システムが安定であること。

(1) 性能照査の基本

水門の性能照査は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準じるものとする。また、他の基準等³⁾⁴⁾を参考として用いてもよい。

ゲート（扉体）の材質は軽量で耐久性の良いものが適しているが、維持管理まで含めたトータルコストも考慮に入れて選択するのがよい。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004）
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013）
- 3) 日本河川協会：建設省河川砂防技術基準（案）・同解説－設計編一，山海堂（1997）
- 4) 土木重構造物委員会・アルミニウム合金製水門研究委員会：アルミニウム合金製水門設計製作指針案，社団法人軽金属協会（1999 から社団法人日本アルミニウム協会が取り扱い）（1979）

第 8 章 閘 門

8.1 閘門の要求性能

閘門の要求性能は、以下の要件を満たしていることとする。

1. 漁船の航行に影響を及ぼさないよう適切なものとする。
2. 高潮、津波等による越流（外水）の侵入を防止することができるよう適切なものとする。
3. 自重、水圧、波、レベル 1 地震動等の作用に対して構造上安全なものとする。

閘門は、護岸又は胸壁などの前面の漁港や海浜などを利用するために、車両及び人の通行のために設けるものである。閉鎖時には、護岸又は胸壁などの機能を有するものである。

閘門の設計にあたっては、自然条件、材料条件、背後の利用状況及び求められる機能などを考慮し、適切な構造形式、法線、天端高などを決定することを原則とする。

8.2 閘門の性能規定

閘門の性能規定は、以下に定めるとおりとする。

1. 漁船の航行に影響を及ぼさないよう適切に配置され、所要の諸元を有すること。
2. 自重、水圧、波、レベル 1 地震動等の作用に対して、閘門の構造及び閘門システムが安定であること。
3. 特に重要な施設にあっては、前項に規定するほか、自重、水圧等及び設計津波又はレベル 2 地震動の作用に対して、閘門の構造及び閘門システムが安定であること。

(1) 性能照査の基本

閘門の性能照査は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準じるものとする。また、他の基準等³⁾⁴⁾を参考として用いてもよい。ゲート（扉体）の材質は軽量で耐久性の良いものが適しているが、維持管理まで含めたトータルコストも考慮に入れて選択するのがよい。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004）
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013）
- 3) 日本河川協会：建設省河川砂防技術基準（案）・同解説－設計編一，山海堂（1997）
- 4) 土木重構造物委員会・アルミニウム合金製水門研究委員会：アルミニウム合金製水門設計製作指針案，社団法人軽金属協会（1999 から社団法人日本アルミニウム協会が取り扱い）（1979）

第 9 章 突 堤

9.1 突堤の要求性能

突堤の要求性能は、「防砂堤」の規定を準用する。

突堤の設計にあたっては、自然条件及び求められる機能等を考慮して、適切な構造形式、法線、天端高等を決定することを原則とする。

突堤の主たる機能は、沿岸流による土砂の流れを制御し、漁港内の航路や泊地に土砂が流入・堆積するのを防止することであるが、副次的に外海から来襲する波を遮り港内を静穏に保つ機能も併せ持っている。したがって、港内静穏度に関する事項については、「本編第 2 章 防波堤」、「2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」を参照することを原則とする。突堤は一般に複数築造し突堤群として機能を発揮させるが、その配置については、設置箇所の沿岸流の流れや、漂砂の移動状況を十分調査のうえ適切な配置とするのが望ましい。

突堤の天端高の決定については、その機能特性から、一概に防波堤と同様の考えで天端高を決定する必要はなく、構造上の制約、経済性などから越波を許す場合もある。ただし、浮遊砂の打ち込みを防ぐためには越波を許さないことが望ましい。漁港内の静穏度を確保する機能が大きい場合であれば、波浪に対する越波量や伝達波高などを考慮して、防波堤と同様に天端高を決定してもよいが、静穏度確保の機能が小さい場合の天端高は、以下を参考としてもよい。

① 基部付近

遡上波により砂が天端を越さないよう、遡上波が越えない十分な高さをとる。

② 碎波線より浅い部分

越波中の浮遊砂密度が高いため、次式の高さを確保する。

$$(\text{天端高}) = \text{H. W. L.} + (\text{偏差}) + 0.6 H$$

ここに、

H : 堤体先端位置での進行波としての有義波高 (m)

③ 碎波線より深い部分

漂砂の鉛直分布が海底近くに集中するので、越波を許して差し支えない。

$$(\text{天端高}) = \text{H. W. L.} + (\text{偏差}) + 1.0 \text{ m 程度}$$

9.2 突堤の性能規定

突堤の性能規定は、「防砂堤」の規定を準用する。

突堤の設計は、「本編 2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」に準拠することを原則とするが、これらに拠りがたい場合には「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準じてよい。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3－77
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.156

第 10 章 防砂堤

10.1 防砂堤の要求性能

防砂堤の要求性能は、「防波堤」の規定のうち、第 2 項を準用するほか、漂砂を制御することができるよう適切なものとする。

防砂堤の設計にあたっては、自然条件及び求められる機能等を考慮して、適切な構造形式、法線、天端高等を決定することを原則とする。

突堤は一般に突堤群として配置するが、単堤で設置し漂砂の移動方向の下手側への土砂の供給を完全に遮断するものを防砂堤とよんでいる。港内静穏度に関する事項及び配置、天端高の決定については「本編第 9 章 突堤」に準じることを原則とする。

10.2 防砂堤の性能規定

防砂堤の性能規定は、以下に定めるとおりとする。

1. 水域施設、漁場の施設等の埋没等を抑制するために、漂砂が制御できるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
2. 構造物の安全性については、構造形式に応じて「重力式防波堤」、「矢板・杭式防波堤」又は「二重矢板式防波堤」の規定を準用する。

防砂堤の設計は、「本編 2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」に準じることを原則とするが、これらに抛りがたい場合には「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾に準じてよい。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3－77
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.156

第 11 章 導流堤

11.1 導流堤の要求性能

導流堤の要求性能は、「防砂堤」の規定を準用するほか、河川の出水に影響を及ぼさないよう適切なものとする。

導流堤の設計にあたっては、自然条件及び求められる機能等を考慮して、適切な構造形式、法線、天端高等を決定することを原則とする。

導流堤の主たる機能は、漁港に隣接した河川からの流出土砂を制御し、漁港内の航路や泊地に土砂が流入・堆積するのを防止することであるが、突堤、防砂堤と同様に副次的に外海から来襲する波を遮り港内を静穏に保つ機能も併せ持っている。港内静穏度に関する事項は「本編第 9 章 突堤」に準じることを原則とする。

また、導流堤は、河口に設置されることが多く、配置や構造については、河川の特性和土砂の流出状況を把握するとともに、事前に河川管理者と十分協議して設計する必要がある。

11.2 導流堤の性能規定

導流堤の性能規定は、「防砂堤」の規定を準用するほか、河川の出水に影響を及ぼさないよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。

導流堤の設計は、「本編 2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」に準じることを原則とするが、これらに拠りがたい場合には「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾及び「漁港海岸事業設計の手引」²⁾及び「建設省河川砂防技術基準（案）・同解説－設計編一」³⁾に準じてよい。

(参考文献)

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，社団法人全国海岸協会（2004），p.3－77
- 2) 漁港海岸事業設計の手引，社団法人全国漁港漁場協会（2013），p.156
- 3) 日本河川協会：建設省河川砂防技術基準（案）・同解説－設計編一，山海堂（1997）

第 12 章 環境への配慮

12.1 環境への配慮の基本

- (1) 外郭施設の配置に伴う海浜変形、海水流動環境などの変化を適切な手法で予測し、施設の機能を確保しつつ、周辺の藻場、水質、海水流動などの自然環境に可能な限り影響を及ぼさないよう適切な処置を講じることを原則とする。
- (2) 親水型防波堤など、不特定多数の利用者に供する施設にあつては、施設の機能を確保しつつ、利用者の安全性を確保することを原則とする。

12.2 水域環境への配慮

12.2.1 水域環境への配慮の概要

水域の利用にあたっては、利用水域の環境を良好に保つことが必要であり、特に蓄養、中間育成及び養殖を行う場合には対象生物の生息環境に十分配慮する必要がある。

海水交流施設の設計に係る検討は、一般に図 5-12-1 に示す手順により行うことを標準とする。

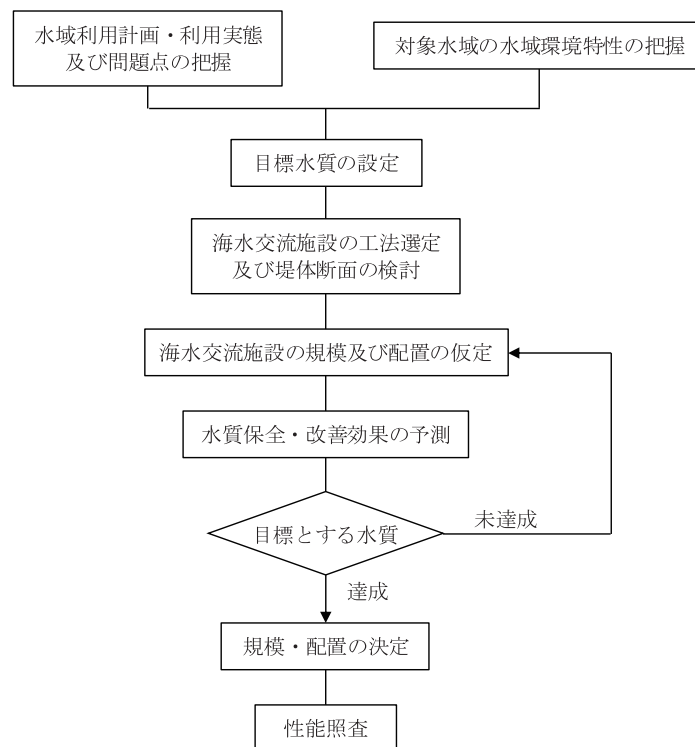


図 5-12-1 海水交流施設の設計フロー

(1) 水域利用計画・利用実態及び問題点の把握

対象水域での利用計画・利用実態及び生起している問題点の抽出を行う。特に蓄養、養殖及び中間育成する場合には、対象魚種、利用規模、利用期間及び利用方法等を明らかにし、水質保全・改善を図る対象時期の明確化を図ることが重要である。

(2) 対象水域の水域環境特性の把握

対象とする水域環境の特性（波浪、流況、水質、底質、生物等）について把握する。既存の調査結果で不十分な場合には、必要に応じて現地調査を実施するのが望ましい。

なお、漁港内を対象とした水質保全・改善を図るための考え方、検討手順及び内容等については「自然調和型漁港づくり技術マニュアルー水質浄化技術ー」¹⁾があるので参考にしてもよい。

(3) 目標水質の設定

(1)及び(2)で把握した事項を踏まえ、対象水域に望ましい目標水質の設定を行う。特に、蓄養、養殖及び中間育成を行う際には、水温、塩分、DO 等の対象生物に適した生息条件を踏まえ、適切な水質項目とその目標値を設定する必要がある。

なお、目標水質の設定にあたっては、環境基準や水産用水基準等を参考としてもよい。

(4) 海水交流施設の工法選定及び堤体断面の検討

同様に、水域利用計画・利用実態、問題点及び水域環境の特性を踏まえ、かつ各海水交流施設の有する導水性能のほか経済性及び施工性等を考慮し、海水交流施設の工法を選定することを原則とする。また、選定した工法の導水性能が、対象水域及び対象期間に十分に発揮されるよう堤体断面を適切に定めることが望ましい。このため、必要に応じて水理模型実験を行うことが望ましい。

(5) 選定工法の規模・配置の決定

選定した工法による水質保全・改善効果を予測し、適切な規模・配置について決定することを原則とする。また、水質保全・改善効果の予測にあたっては、予測に用いる手法が有する長所・短所を踏まえたうえで、対象水域での課題・問題に応じた適切な手法を用いるのがよい。

12.2.2 設計の基本方針

外郭施設として海水交流施設を整備する場合は、外郭施設本来の機能を確保しつつ、漁港の水域環境を保全・改善するための適切な工法を選定することを原則とする。

(1) 水質保全・改善の必要性

漁港内の水域環境については、下記のような観点から水質等を良好に維持する必要がある。^{2)・7)}

- ・ 蓄養や中間育成を行う対象生物に適した生息環境の確保
- ・ 荷さばき所や市場での洗浄水として、利用する場合の安全性の確保
- ・ 都市漁村交流による水辺空間に対する国民意識の向上

一方、外郭施設としての防波堤は漁船の安全な出入港・繰船・停泊のための静穏性確保を目的に整備される。このため、港形、波浪、潮汐及び立地条件などによっては、港内の海水は一般に滞留しやすく、水質・底質は悪化しやすい。

(2) 海水交流施設の種類

海水交流施設は、漁港内に滞留しやすい港内水と外海水との交流を図ることで水質を保全・改善

する施設である。この施設には、潮汐を利用する方法及び波浪を利用する方法の 2 タイプがある。特に近年では、後者の方法による研究・開発が進められている。この方法は、砕波による水位上昇や越波を利用し、港内への 1 方向流を発生させて海水導入を図り、海水交換を促すものである。また、波浪を利用するタイプでは、渦を利用して流れを発生させる海水交流施設も研究・開発されている。遊水室式⁸⁾¹¹⁾はこのタイプの海水交換施設で、異吃水二重壁防波堤の遊水室内に没水平板を設置した断面構造をしている。遊水部の水面が波周期に応じて上下するピストンモードの波動運動に伴う大規模渦の発生により、冲向きの平均流が生成されることが特徴である。

ここでは、波浪を利用し、かつ伝達波高を抑えるために沈水型の導水孔としたタイプの中から、施工実績のある代表的な工法を取り上げ、その特徴を以下に示す。なお、波除堤や内突堤等の波当たりの弱い場所に用いる海水交流施設としては、導水孔を水面付近に設置した堤体¹²⁾の適用事例が多い。

① 潜堤式（図 5-12-2①参照）¹³⁾¹⁷⁾

堤体の水面下に港内外を結ぶ導水孔があり、その前面に潜堤を設置した断面形状をしている。潜堤上での強制砕波によって生じる遊水部（潜堤と堤体との間）での水位上昇を利用する工法で、遊水部と港内との水位差により港内への 1 方向流を発生させる。

波高数十 cm の低波浪時でも導水が可能であり、かつ水深 5 m 程度の比較的浅い場所でも有効な工法である。ただし、潮位の変化によって導水量が変化することに留意が必要である。潮位変化の比較的大きな地域への対策としては、潜堤の天端高を 2～3 段に変化させた多段潜堤式の工法がある。

なお、いずれも水深の深い場所では施工費が高くなるので、③及び④のようなケーソンタイプを採用する方が経済的となる。

② 消波ブロック被覆式（図 5-12-2②参照）¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾

堤体の水面下に港内外を結ぶ導水孔があり、その前面を消波ブロックによって被覆した断面形状をしている。波が作用したときの消波ブロック内で生じる水位上昇を利用する工法であり、港内外での水位差によって港内へ導水する。

対象とする波高が数 m と比較的高く、水深の比較的浅い場所への設置が想定される場合に有効な工法である。なお、水深の深い場所では施工費は高くなる。

③ 鉛直板式（ケーソン一体型）（図 5-12-2③参照）²¹⁾²²⁾

堤体の水面下に導水孔があり、その堤体前面に鉛直板を設置した断面形状をしている。鉛直板での越波によって生じる遊水部での水位上昇を利用する工法で、遊水部と港内との水位差により港内への 1 方向流を発生させる。

鉛直板及び堤体がケーソンとして一体となっているため、水深の浅いところから深いところまで有効な工法である。ただし、激浪時の波当たりの強い地域への適応にあたっては、鉛直板に作用する波力に十分留意する必要がある。また、潮位差が大きい海域で、かつ対象とする波高が比較的小さな場合には不向きであるものの、鉛直板の天端高を変化させるといった対応が可能である。

④ 円孔式(ケーソン一体型) (図 5-12-2④参照) 23)24)25)

堤体の港外側の水面付近に設置した円孔及び港内側の水面下に設置した円孔を、貯水部によって繋いだ断面形状をしている。進行波の峰部分における岸向きの質量輸送を利用する工法であり、水面付近の水粒子が円孔を通して貯水部に輸送されることで貯水部での水位が上昇し、その貯水部と港内との水位差により港内への 1 方向流を発生させる。ケーソンとして一体となっているため、水深の浅いところから深いところまで有効な工法である。なお、貯水部の上床版には、上床版面積の 0.5～1%に相当する通気孔を設ける必要がある。

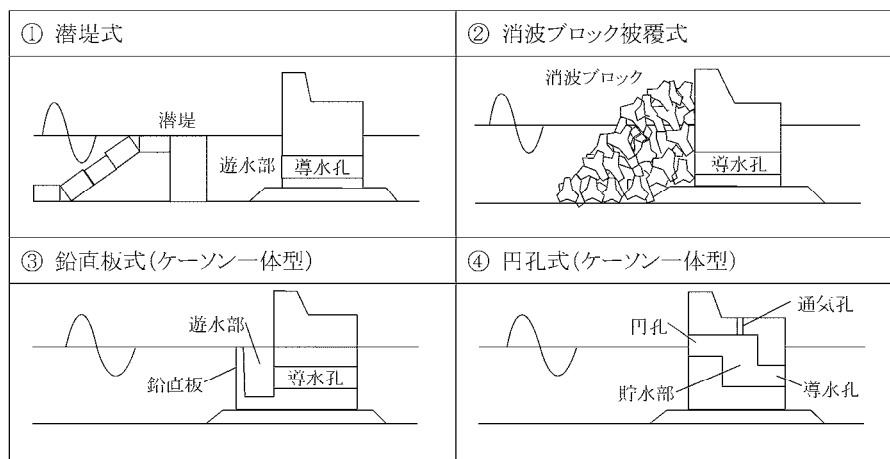


図 5-12-2 代表的な海水交流施設の模式図

(3) 水質保全・改善策としての海水交流施設の位置付け

海水交流施設は、種々ある水質保全・改善策のひとつと位置付けられ、この防波堤の整備のみでは港内の水質保全・改善が十分に実現されない場合があることに留意する必要がある。

したがって、海水交流施設の導入にあたっては、直接的な水質悪化の要因となっている荷さばき所や市場を含む背後地からの流入汚濁負荷量の削減策、底質環境の改善及び適切な水域利用との総合的な連携を考慮する必要がある。

(4) 海水交流と海水交換の違い

海水交流とはある時間当たりにおける港口での海水の出入りを指す。一方、海水交換とは海水交流の中で港外水と港内水との実質的な入れ替わりを指す。また、海水交流量 Q に対する海水交換量 q の割合 q/Q を海水交換率といい、海水交換の度合いを表す指標である。

海水交流施設の設計にあたってはこの海水交換率を上げ、所要の海水交換量が保たれるように配慮する必要がある。

(5) 海水交流施設による発生流速

海水交流施設の設計にあたっては、海水導入孔を通じて発生する流速にも着目し、港内の水域利用に与える影響に留意する。特に、激浪時の発生流速に留意する必要がある。

12.2.3 海水交流施設（潜堤式）の設計

海水交流施設（潜堤式）の設計にあたっては、原則として自然条件、水域の利用計画及び海水導入量等を考慮しつつ、潜堤、遊水部、孔空き堤体部の断面を適切に決定する。

海水交流施設（潜堤式）は、構造的には潜堤部、遊水部及び孔空き堤体部の3つの部分から構成される。この設計にあたっては、対象とする時期の波浪及び潮位等の自然条件を踏まえ、適切な導水が図れるような潜堤部、遊水部、孔空き堤体部の断面形状とする。

(1) 海水導入量の算定

海水導入量の算定にあたっては、図 5-12-3 に示す手順によって行ってもよい¹⁵⁾。また、多段式潜堤や導水距離が長い場合には、大村の提案した手法²⁰⁾を参考とすることができる。ただし、対象地域自然条件を踏まえた水理模型実験を行うことが望ましい。

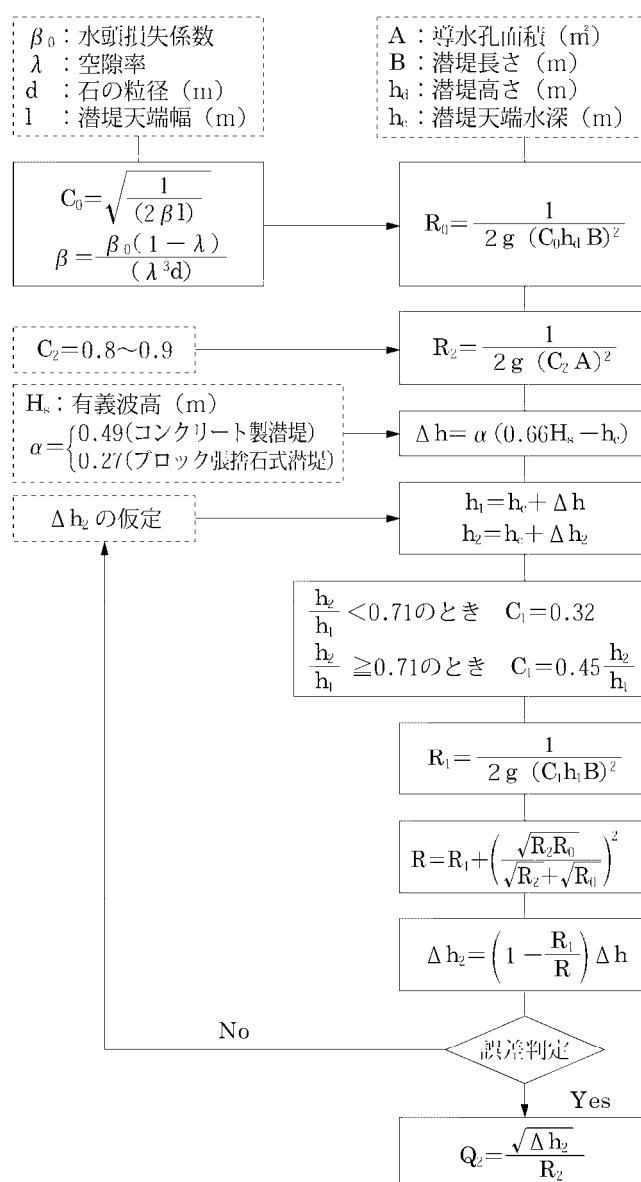


図 5-12-3 海水交流施設（潜堤式）による海水導入量の算定手順

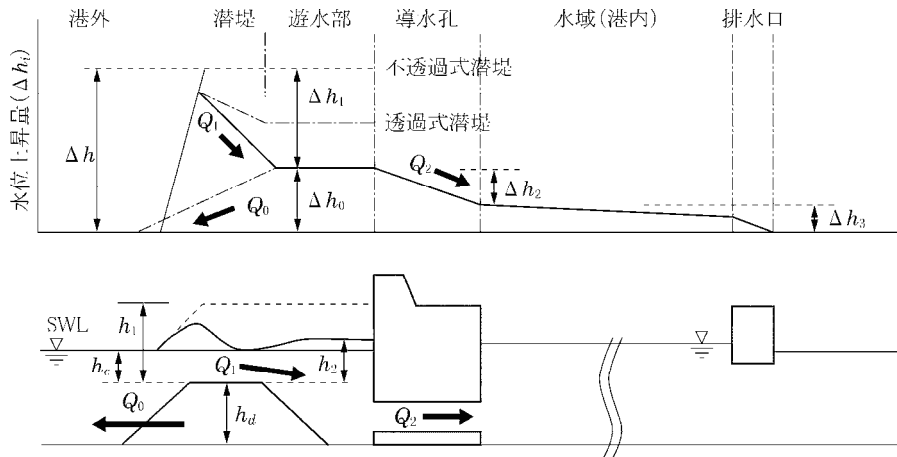


図 5-12-4 導水量計算法の説明図

算定式については図 5-12-4 に示すように、本施設を水理計算上、潜堤部、孔空き堤体部、排水部を含む 3 つの流路から成立っているものと見なし算定する。そして、潜堤で発生した水位上昇量 Δh は 3 つの部分でそれぞれ Δh_1 , Δh_2 , Δh_3 だけ費やされる。すなわち、

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 \cdots \cdots \cdots \text{(式 5-12-1)}$$

なお、 Δh_3 について、一般には背後に十分な泊地面積を有しているため無視して差し支えない。 Δh は実験結果¹³⁾より式 5-12-2 で表わされる。 H_s は有義波高、 h_c は潜堤天端水深である。ただし、 $0.66H_s \leq 0.78h$ ($h = h_c + h_d$) が適用範囲となる。また、 $h_c < -0.66H_s$ 、あるいは $h_c > 0.66H_s$ のとき、 $\Delta h = 0$ とする。 h_d は潜堤高さを示す。

$$\Delta h = \alpha (0.66H_s - h_c) \cdots \cdots \cdots \text{(式 5-12-2)}$$

$$\alpha = \begin{cases} 0.49 & \text{(コンクリート製潜堤の場合)} \\ 0.27 & \text{(ブロック張捨石式潜堤の場合)} \end{cases}$$

各部での流量は図 5-12-4 の上図に示すとおりであり、潜堤部流量 Q_1 は導水孔流量 Q_2 と潜堤での戻流量 Q_0 に分れる。

$$Q_1 = Q_2 + Q_0 \cdots \cdots \cdots \text{(式 5-12-3)}$$

潜堤部での流量 Q_1 は、台形せきの公式 (本間の式)²⁷⁾を準用し式 5-12-4 となる。ここに、 C_1 は流量係数、 h_1 , h_2 は潜堤天端上の上流側及び下流側での水位 ($h_1 = h_c + \Delta h$, $h_2 = h_c + \Delta h_2$)、 B は潜堤の長さ、 g は重力加速度、 $\Delta h_1 (=h_1 - h_2)$ は潜堤天端上の上下流での水頭差である。なお、斜め入射となる場合の潜堤長さ B は、波向に直角成分をとる。

$$Q_1 = (C_1 h_1 B) \sqrt{2g \Delta h_1} \cdots \cdots \cdots \text{(式 5-12-4)}$$

上式中の流量係数 C_1 は、不透過式潜堤の実験結果より式 5-12-5 で表わされる。なお、このときの Δh_2 は値を仮定する。

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h_2}{h_1} < 0.71 \text{ のとき } C_1 = 0.32 \\ \frac{h_2}{h_1} \geq 0.71 \text{ のとき } C_1 = 0.45 \frac{h_2}{h_1} \end{array} \right\} \dots\dots\dots \text{(式 5-12-5)}$$

そして、式 5-12-4 を展開すると損失水頭差 Δh_1 は式 5-12-6 の様になる。

$$\Delta h_1 = \frac{1}{\{2g(C_1 h_1 B)^2\}} Q_1^2 = R_1 Q_1^2 \dots\dots\dots \text{(式 5-12-6)}$$

透過式潜堤の場合、遊水部での損失水頭 Δh_0 に起因する潜堤中での戻流れ量 Q_0 があり、これを式 5-12-7²⁸⁾で評価する。ここに、 C_0 は流量係数で捨石マウンドでは式 5-12-8 で算定される。 l は潜堤の天端幅、 β_0 は 2.2、 λ は空隙率で 0.45 程度、 d は石の粒径である。

$$Q_0 = (C_0 h_d B) \sqrt{2g \Delta h_0} \dots\dots\dots \text{(式 5-12-7)}$$

$$C_0 = \sqrt{\frac{1}{2\beta_0 l}} \dots\dots\dots \text{(式 5-12-8)}$$

$$\beta = \frac{\beta_0 (1-\lambda)}{(\lambda^3 d)}$$

式 5-12-7 を展開すると、損失水頭 Δh_0 は式 5-12-9 の様になる。

$$\Delta h_0 = \frac{1}{2g(C_0 h_d B)^2} Q_0^2 = R_0 Q_0^2 \dots\dots\dots \text{(式 5-12-9)}$$

導水孔内部の壁部での損失水頭 Δh_2 は、式 5-12-10 の様になる。ここに、 C_2 は流量係数 (=0.8～0.9)、 A は断面積、 Q_2 は通過流量である。

$$\Delta h_2 = \frac{1}{2g(C_2 A)^2} Q_2^2 = R_2 Q_2^2 \dots\dots\dots \text{(式 5-12-10)}$$

また、 $\Delta h_2 = \Delta h_0$ より

$$R_2 Q_2^2 = R_0 Q_0^2 \dots\dots\dots \text{(式 5-12-11)}$$

上式を式 5-12-3 に代入すると式 5-12-10 との関係より、 Δh_2 は式 5-12-12 となる。

$$\Delta h_2 = \left(\frac{\sqrt{R_2 R_0}}{\sqrt{R_2} + \sqrt{R_0}} \right)^2 Q_1^2 \dots\dots\dots \text{(式 5-12-12)}$$

よって、 Δh は式 5-12-13 となる。

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = \left\{ R_1 + \left(\frac{\sqrt{R_2 R_0}}{\sqrt{R_2} + \sqrt{R_0}} \right)^2 \right\} Q_1^2 = R Q_1^2 \dots\dots\dots \text{(式 5-12-13)}$$

さらに、上式を式 5-12-6 に代入すると、 Δh_1 は Δh の関数として式 5-12-14 のように表せる。

$$\Delta h_1 = R_1 Q_1^2 = \left(\frac{R_1}{R} \right) \Delta h \quad \dots\dots\dots (式 5-12-14)$$

したがって、 Δh_2 は上式を式 5-12-1 に代入することで式 5-12-15 と表せる。

$$\Delta h_2 = \Delta h - \Delta h_1 = \left(1 - \frac{R_1}{R} \right) \Delta h \quad \dots\dots\dots (式 5-12-15)$$

以上より、上式から算定される Δh_2 と先に仮定した Δh_2 との誤差を比較し、有意な誤差と判断される場合には、その Δh_2 を式 5-12-16 に代入することで、導水量 Q_2 が求まる。

$$Q_2 = \sqrt{\frac{\Delta h_2}{R_2}} \quad \dots\dots\dots (式 5-12-16)$$

(2) 配置・構造

① 潜堤

- a) 漏水の少ない構造とする。
- b) 天端部分の構造は、コンクリート方塊式とするのが望ましい。
- c) 設置水深は、機能上の設計波高の 2 倍程度の水深に設置することが望ましい。
- d) 前面法勾配は、1 : 1～1 : 3 とする。
- e) 天端幅は機能上の設計波高の 5～10 倍程度とする。
- f) 天端高は、対象とする期間の海水導入が円滑に行われる潮位に一致させることが望ましい。
 現地観測結果によれば、潜堤の天端高と水位がほぼ一致、あるいはやや水位が高いときに効率的に海水導水されているとの報告がある²⁹⁾。また、潮位変化が比較的大きな地域への適用にあたっては、潜堤の天端高を 2～3 段に変化させる¹⁷⁾等の工夫も検討することが望ましい。

② 遊水部

- a) 遊水部の長さは、当該堤体部に衝撃砕波力が発生しないような配置にする必要がある。
 その場合、「第 2 編 4.2 直立壁に作用する波力」により算定してもよい。ただし、ここに示す潜堤や堤体の位置関係に適合しないような場合に関しては、堤体部に要する波力に関する水理模型実験を行うことが望ましい。

③ 孔空き堤体部

- a) 堤体部には複数の孔を設けると効率的な海水導入が行われるが、高波浪時には大きな流速が発生し港内の静穏度の悪化を招く恐れがあるため、適切な数及び配置とすることが望ましい。
- b) 海底面の性状によっては、導水孔の出口付近で生じる流速により洗掘が発生する場合があるので留意する必要がある。

12.3 周辺の藻場への配慮

12.3.1 周辺の藻場への配慮の概要

外郭施設の整備にあたっては、原則として漁港の施設としての機能を確保しつつ、周辺の藻場に配

慮した設計を行う。

防波堤、護岸等の外郭施設の整備にあたって、周辺に良好な天然藻場（人為的な管理なしに岩礁、砂泥域、既設防波堤等に形成されている藻場）が形成されている場合には、原則として天然藻場に配慮した構造とする。本節では、周辺の天然藻場に配慮して、防波堤に藻場形成機能を付加したものを藻場造成型防波堤と称し、これについて記述する。

藻場造成型防波堤は、防波堤本体と消波機能を有する潜堤を組み合わせた潜堤付防波堤、混成堤の捨石マウンドを延伸した幅広捨石マウンド式混成堤、並びに潜堤（人工リーフ）単体などを想定しており、漁港の施設として機能を保持しつつ、潜堤本体や混成堤の捨石マウンド上、潜堤の背後などの静穏水域において、併せて藻場の造成を図るものである。

藻場造成の規模としては、まず、堤体設置により消失する天然藻場に相当する面積が考えられるが、建設箇所周辺において過去に消失した藻場面積を視野に入れることも考えられる。また、防波堤の整備によって消失する天然藻場がない場合であっても、藻場が着実に造成されることが見込まれる場合については、藻場造成型防波堤とすることが望ましい。

ただし、海底勾配が急なため、捨石マウンドを延伸すると、その体積が著しく大きくなる場合については、防波堤を藻場造成型とするより、天然藻場に隣接した他の場所に藻場を造成する方が効果的・経済的となると考えられるので留意する必要がある。

また、藻場造成型防波堤は、整備後に藻場の維持管理を行わないことを前提としている。ただし、ホンダワラ類やアマモのように周辺からの幼胚・種子の供給がなければ藻場の形成が期待できない場合は、施工時に、母藻の移植による幼胚の供給、前もって海藻を着生させたブロックの設置等を行うことは、藻場造成のために必要かつ有効な手段である。

藻場造成型防波堤の構造形式の例を図 5-12-5 に示す。

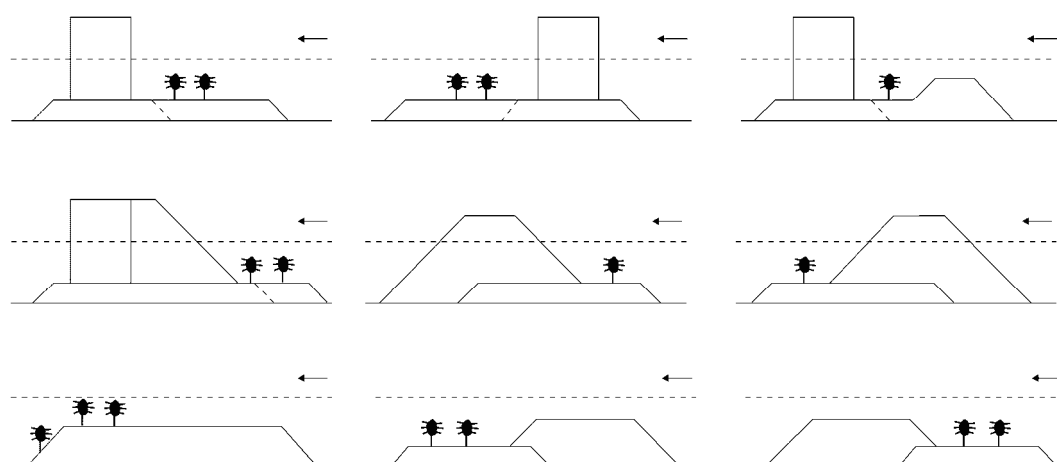


図 5-12-5 藻場造成型防波堤の構造形式

12.3.2 設計の基本方針

藻場造成型防波堤は、防波堤本来の機能を確保しつつ、周辺の天然藻場と類似の物理環境を創出するように設計することを原則とする。

藻場造成型防波堤の設計は、「藻場造成型漁港構造物調査・設計ガイドライン」³⁰⁾等を参考として、一般に図 5-12-6 に示す手順により行ってもよい。

なお、藻場造成型防波堤の施工にあたっては、海藻の成熟期に、石材、ブロック等の着定基質を設置することが望ましく、施工後は、天然藻場と類似した藻場の形成が確認されるまで継続してモニタリング調査を実施することが望ましい。

(1) 事前調査

事前調査は、予備調査と現地調査に分けられる。予備調査は、主に文献調査や漁業者等への聞き取り調査から、藻場の選定や構造物の平面配置・断面を検討するための基礎資料を得ることを目的に実施する。現地調査は、予備調査で得られなかった詳細な藻場分布等の生物条件、水深・流れ等の物理条件を把握するために実施し、藻場の種類の特定、造成規模の決定、藻場造成の設計条件の決定、事業実施後の効果評価のための資料を得ることを目的に実施する。

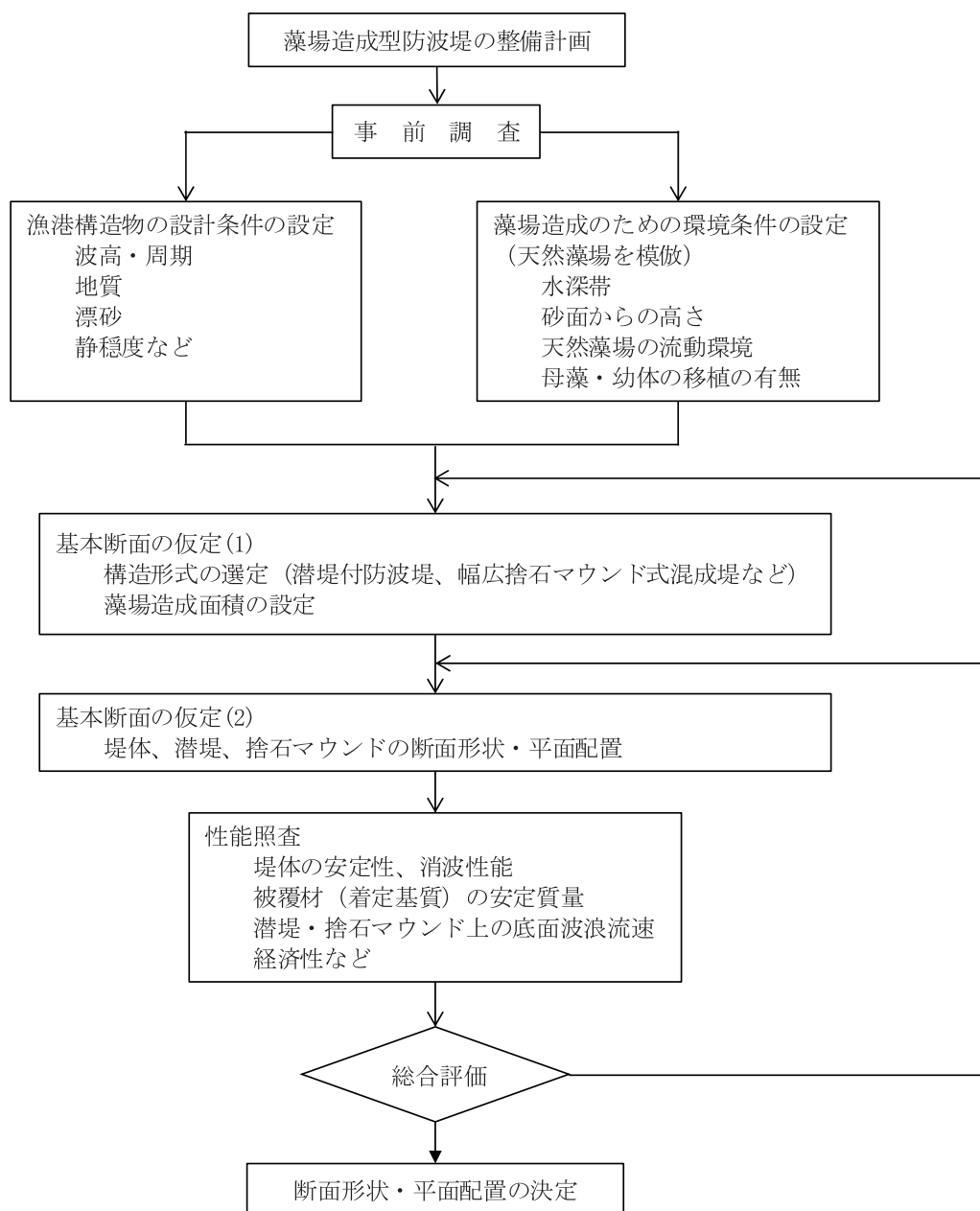


図 5-12-6 藻場造成型防波堤の設計フロー

表 5-12-1 植生被度の区分³¹⁾

被度区分の基準	区分	被度階級	植被率 (%)
海底面がほとんど見えない	濃生	5	75<
海底面より植生の方が多い	密生	4	50～75
植生より海底面の方が多い	疎生	3	25～50
植生はまばらである	点生	2	5～25
植生は極くまばら	極く点生	1	< 5
植生はない	なし	0	0

(2) 藻場の種類の選定条件

藻場の種類については、事前調査の結果から、表 5-12-1 に示す植生被度の区分が濃生（被度階級 5）、あるいは密生（同 4）の海藻草類で構成されている藻場を選定することが望ましい。

(3) 造成規模の決定

藻場の造成規模は、堤体設置により消失する天然藻場の面積、建設箇所周辺において過去に消失した藻場面積、地域の自然条件や漁業実態、経済性等を考慮して適切に決定する必要がある。

(4) 基本断面の決定

基本断面の決定にあたっては、次の事項に配慮する必要がある。

- ① 天然藻場の消失を極力少なくすること
- ② 自然の地形及び水深を有効に利用すること
- ③ 潜堤や捨石マウンドによる浅瀬の創出や砕波・反射波の発生が、航路、漁場、漁業の操業に影響を及ぼさないこと

12.3.3 藻場造成のための設計

藻場造成のための設計にあたっては、周辺の良い天然藻場を事前調査したうえ、その生育環境と類似の環境条件を形成する必要がある。

藻場造成型防波堤の藻場造成機能の設計にあたっては、建設予定地周辺に形成されている良好な天然藻場の水深・砂面からの高さ・底面波浪流速を事前に調査し、この環境条件と類似の環境となるようマウンド形状を決定する必要がある。

詳細については、「第 16 編第 2 章 着定基質」を参考とする。

12.3.4 性能照査

藻場造成型防波堤の性能照査においては、潮位、波力、土質等を設計条件として、堤体と捨石マウンド被覆材（着定基質）の安定性を検討することを原則とする。

藻場造成型防波堤の代表的な構造としては、潜堤付防波堤、幅広捨石マウンド式混成堤、潜堤（人工リーフ）などがある。着定基質となる被覆材は、一般的に石材、コンクリートブロックが用いられる。

潜堤付防波堤及び幅広捨石マウンド式混成堤の設計にあたっては、堤体へ衝撃砕波力が作用したり、越波量が増大しないように留意する必要がある。衝撃砕波力については、「第 2 編 4.2.1 直立壁に作用する波力」を参照し、捨石マウンド・潜堤の天端高の調整、堤体と潜堤の距離の調整、消波工の設置などにより、発生することがないようにする。

構造形式別のその他の設計上の留意点は以下のとおりである。

(1) 潜堤付防波堤

堤体と潜堤の距離は、「第 2 編 4.2.4 潜堤を有する直立壁に作用する波力」に示される関係を満たすように決定し、堤体に作用する波力についても同項により算定することを原則とする。

潜堤の被覆材の安定質量については、「第2編 4.4 波力に対するブロック等の安定質量」により算定することを原則とする。また、遊水部については、水理模型実験により決定することが望ましいが、潜堤の存在により遊水部への波の打ち込みが懸念されることから、潜堤の被覆材の安定質量と同等としてもよい。

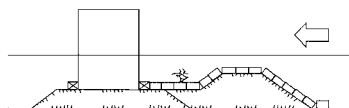


図 5-12-7 潜堤付防波堤

(2) 幅広捨石マウンド式混成堤

幅広捨石マウンド式混成堤の捨石マウンドの天端高は、藻場にとって良好な環境条件を満足するように決定されるが、天端高が高く、混成堤の堤体に衝撃砕波力が作用する恐れがある場合には、十分な幅を確保し衝撃砕波力の発生を回避する必要がある。この幅 B は、「第2編 4.2.4 潜堤を有する直立壁に作用する波力」における l' に相当するものと考えることができ、堤体に作用する波力も本節に基づき算定できる。また、捨石マウンドの被覆材の安定質量は、「第2編 4.4 波力に対するブロック等の安定質量」の潜堤に関する記述に基づき算定することができる。

捨石マウンドの天端高が低く、堤体に衝撃砕波力が作用する恐れがない場合については、堤体に作用する波力は、「第2編 4.2.1 直立壁に作用する波力」の混成堤の波圧分布を参照し、捨石マウンドの被覆材の安定質量は、「第2編 4.4 波力に対するブロック等の安定質量」の混成堤捨石マウンドの安定質量の算定方法を参照する。

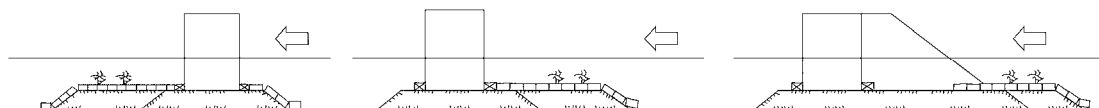


図 5-12-8 幅広捨石マウンド式混成堤

(3) 傾斜堤（潜堤を含む）

潜堤（人工リーフ）や天端が水面上に出る傾斜堤については、背後にトンボロが形成され、天然藻場や造成藻場が埋没しないよう、潜堤等の配置、砂面からの高さに留意する。

傾斜堤を堤体の前面に十分離れて設置する場合の堤体に作用する波の波高は、「第2編 3.7.3 伝達波高」を用いて算定する。潜堤（人工リーフ）の場合については、平面波浪場の解析モデルを用いた数値計算により算定することが望ましいが、実施が難しい場合、伝達波高と潜堤両端から回り込む波の波高を重ね合わせた式 5-12-17 を参考としてもよい。

$$H = \sqrt{H_t^2 + H_{d1}^2 + H_{d2}^2} \dots\dots\dots (式 5-12-17)$$

(1) 親水型防波堤の基本

近年の漁港利用者の多様なニーズに応えるべく、また親しまれる漁港づくりを推進するため、散策の場や釣りなどのマリンレジャーの場、海に気軽にふれ親しむ場となる親水型防波堤を整備することがある。

その際には、防波堤の構造物としての安定性を検討することはいうまでもないが、波浪、流れ、風などに対して利用者の安全性の確保並びに利便性や快適性についても十分配慮した設計とすることが望ましい。

(2) 天端高

親水型防波堤の天端高は、「防波堤本来の機能上の天端高」と「親水目的上の天端高」の2つを考慮する必要がある。

「防波堤本来の機能上の天端高」については、「本編 2.2 重力式防波堤」、「2.3 矢板・杭式防波堤」に準じることを原則とする。

一方、「親水目的上の天端高」については、安心感をもって利用できるよう波の遡上や打ち上げに配慮する必要があるので、利用形態、自然条件などにより決定する必要がある。利用上の安全な天端高の算定にあたっては、「本編第3章 護岸 3.5.1 利用性に関する性能照査」を準用することを原則とするが、利用形態や避難勧告を行うときの設定波高等を考慮して決定してもよい。

(3) 天端幅

親水型防波堤の上部工の天端幅は、防波堤本来の機能を確保したうえで、円滑に利用できるように以下の点を考慮する必要がある。

- ① 利用面……散策、釣り、休憩、移動、甲羅干し等
- ② 管理面……人のみによる管理、車両等による管理
- ③ 安全面……避難、待避

(4) 付加する設計条件

① 波浪

親水型防波堤の設計において、一般的な防波堤における設計条件以外に付加される波浪の条件としては、利用限界波浪を検討することを原則とする。

利用限界波浪とは、防波堤を安全に利用できる限界を示す波浪条件である。利用限界波浪の条件は、防波堤の設置位置、天端高、利用目的、波浪特性、避難方法、安全対策、供用日数、安全管理方法等を総合的に検討したうえで慎重に決定するのがよい。

また、利用限界波浪は強風波浪注意報や警報の発令基準と現地での波浪観測結果を組み合わせ定めてもよいが、この場合も事前に強風波浪注意報や警報の発令時の発生波浪を適切に推定し、安全性を確認するのが望ましい。

安全性の検討を行うにあたって、既に天端高が決定されている場合（既設の防波堤を親水型として利用する場合など）は、波しぶきの高さから越波が生じる波高に至る時間を当該海域の波浪特性より推定し、防波堤の延長、避難勧告に要する時間等を考慮して、利用者が待避できる時間的余裕が十分あるかをチェックする必要がある。

一方、新たに親水型防波堤として設計する場合は、当該海域の海象条件、利用目的等を勘案し

て年間あるいは季節ごとの親水型防波堤の稼働率を定めた後、波高度分布図を作成し当該稼働率に相当する波高を施設の利用限界波高とすることができる。なお、この場合においても、十分な待避時間が確保できるかどうかを確認する必要がある。

ところで、波浪による防波堤上の人への危険には、次のような段階がある。

- ア) しぶきの発生する段階
- イ) 越波の発生する段階
- ウ) 越波によって人が転倒する段階
- エ) 越波によって人が海中に転落する段階

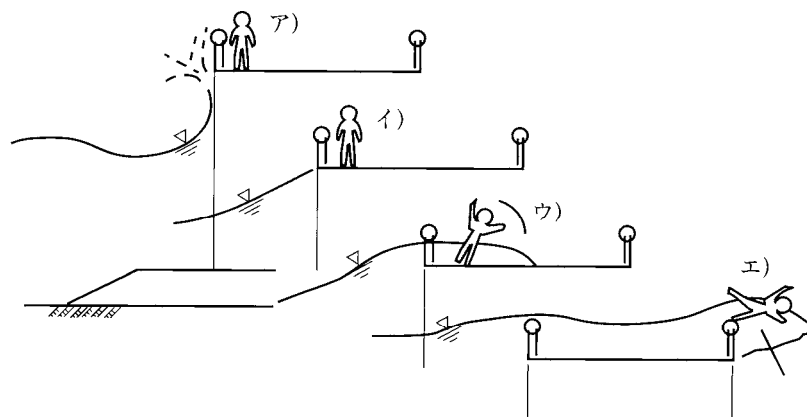


図 5-12-12 越波による人の危険状況

しぶきが発生する波高になると、通常は事故防止の観点から利用を停止することが望ましく、一般にその波高を利用限界波高とする場合が多い。

しぶきや越波が起きる波高については、水理模型実験や適切な算定式により具体的な数値を把握しておく必要がある。ただし、越波に対する人の安全性を検討するには、平均越波流量のみならず、1波当たりの最大越波流量、越波頻度等を参考にして限界波高を設定することが望ましい。また、その波高が堤体の構造条件だけでなく周期や波向、潮位等によっても異なること、あるいは防波堤の法線の位置によっても異なることに留意する必要がある。

② 流れ

親水型防波堤の設計において、一般的な防波堤における設計条件以外に付加される流れについては、少なくとも以下の場合を考慮する必要がある。

- ア) 河口部付近に隣接し河川流が防波堤法線方向に作用する場合で、かつ海水と直接ふれあえる空間を有する施設を計画する場合
- イ) 干満差が著しく大きく潮汐流が卓越することが多い場所に計画する場合

③ 風

親水型防波堤の設計において、一般的な防波堤における設計条件以外に付加される風の条件としては、利用限界風を検討する必要がある。

利用限界風とは、防波堤の利用期間、利用目的に応じて定められるもので、利用者に対する安

全性、利便性から防風施設の諸元等を決定する際や、緊急時の避難経路上の通行安全性を検討する際に用いられる。

利用限界風については、地域ごとに気象庁から発令される強風波浪注意報等の基準となる風速を参考とすることができるが、強風波浪注意報等は地域により発令の基準値が異なるので設定に際しては確認することが必要である。なお気象庁風力階級表（ビューフォード風力階級表）によると、風力階級 7 程度から風に向かって歩きにくくなり、利用者の歩行に支障が出ると判断することができる。

(5) 付加する作用

① 人及び群集荷重

人及び群集荷重は施設の種類、利用状況により異なるので、施設ごとに利用形態を想定し適切に設定する必要がある。

② 付属物に作用する越波波力

越波時には防波堤天端面に越波水による力が作用する。越波波力は複雑であり、また施設の形状や位置によって特性が変化する。

ア) 柱状の施設

柵型の手すり、ベンチ、照明施設等比較的細い柱状の構造物の場合には、流速に依存する力が支配的となる。柱状の施設に働く越波波力は、防波堤上での越波時の最大流速から「第 2 編 第 6 章 流れ」により算定してもよい。

イ) 壁状の施設

壁型の手すりや板状の標識、案内板等の構造物の場合には、通常の防波堤前面（直立壁）に作用するような波力が作用すると考えられる。ただし、防波堤前面から後退した位置に構造物が設置されている場合は、越波した水塊が流れとなって衝突するので、水理模型実験や適切な算定式を用いて算定することが望ましい。

ウ) 意匠材

防波堤上部工にタイル等の意匠材を用いる場合には、越波水の流速により作用する力による剥離や、越波水の打ち込み波力によるひび割れ及び剥離に対する検討が必要となる。

(6) 安全性の確保

利用者の安全性を確保するためには、波浪、流れ、風などに対して利用者の安全性を考慮するだけでなく、適切に安全対策施設を設置する必要がある。安全対策施設としては、次のようなものが考えられる。

① 危険を未然に防止するための施設

ア) 転落防止施設（柵、手すり）

イ) 侵入防止施設

ウ) 滑り防止施設

エ) 照明施設

- オ) 避難施設（避難場所、避難路）
- ② 危険を告知するための施設
 - ア) 標識
 - イ) 警報施設（安全情報伝達施設）
- ③ 緊急時対応の施設
 - ア) 救難施設（救命浮環、非常用梯子、ロープ、救命ボート、救命用階段等）
 - イ) 救急通報施設（防災無線、非常ベル、電話等）
- ④ その他
 - ア) 障害者用安全施設
 - イ) 避雷針、アース等

(7) 利便性や快適性の確保

利用者の利便性や快適性については、防波堤の利用形態や地域特性などを考慮する必要がある。
利便施設としては、次のようなものが考えられる。

- ① 展望施設（通路、階段、スロープ、展望台）
- ② 休憩所（ベンチ、水飲み場等）
- ③ 魚釣り施設（釣り台、竿置き場等）
- ④ その他施設
（波風防止施設、植栽、照明施設、意匠材、排水施設、駐車場等）

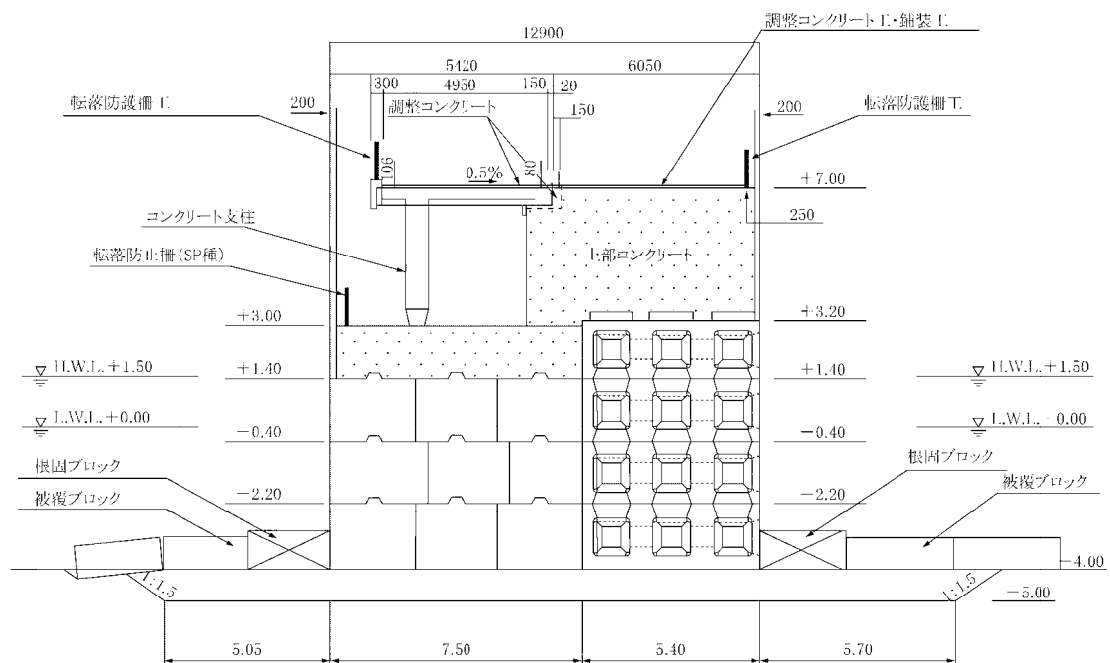


図 5-12-13 親水性防波堤の例（千葉県鴨川漁港）

(8) その他

その他親水性防波堤の設計にあたっては、既往の調査、研究成果³²⁾³³⁾³⁴⁾等を参考とすることができる。

(参考文献)

- 1) 水産庁漁港漁場整備部：自然調和型漁港づくり技術マニュアルー水質浄化技術ー（2000）
- 2) 山本潤・仲本豊・大村智宏・伊藤勝一・種市俊也・丹羽真：水産物の衛生管理に対応した漁港整備，海洋開発論文集，第 16 卷（2000），pp.535－540
- 3) 仲本豊・生駒潔・大村智宏・宇賀神義宣・池田順・種市俊也・丹羽真：環境・衛生管理型漁港整備の考え方，平成 13 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集（2001），pp.191－194
- 4) 水産庁漁港漁場整備部（平成 13 年 3 月）：環境・衛生管理型漁港づくり基本計画策定の手引き（2001），101p.
- 5) 国土庁地方振興局離島振興課・特別地域振興課・水産庁漁政部企画課・漁港部計画課（平成 11 年 3 月）：ブルー・ツーリズム推進のための手引書（1999）
- 6) 水産庁漁港部計画課・沖縄総合事務局農林水産部林務水産課：沖縄における海洋性リゾートと調和した水産基盤整備構想策定調査（2000）
- 7) 大村智宏：新世紀の水産基盤整備の一展望と海水導入工による水域環境保全技術の現状，水産工学，38(1)（2001），pp.69－77
- 8) 中村孝幸・大村智宏・大井邦昭：渦流制御を利用する海水交換促進型防波堤の効果について，海岸工学論文集，第 50 卷（2003），pp. 806－820
- 9) 大村智宏・中村孝幸・大井邦昭・高橋通夫：渦流制御を利用する海水交換促進型防波堤の平面波浪場における効果について，海洋開発論文集，Vol. 20（2004），pp. 227－232
- 10) 大村智宏・中村孝幸・榎木 亨・中山哲巖：波による渦流れを利用する遊水室型海水交換防波堤に関する研究，全国漁港漁場協会，第 5 回全国漁港漁場整備技術研究発表会講演集（2006），pp. 82－104
- 11) 大村智宏・中村孝幸・大井邦昭・中山哲巖・榎木 亨：波による渦流れを利用する遊水室型海水交換防波堤の研究開発ー波浪制御特性および海水交換特性についてー，水産工学研究所技報，第 29 号（2007），pp.1－20
- 12) 小田一紀・真栄平宜之・中西昭人・田中彬夫：波浪によるパイプ式透過堤の海水導入特性，海岸工学論文集，第 42 卷（1995），pp.1116－1120
- 13) 山本正昭・中泉昌光・間辺本文・森口朗彦：海水導入を目的とした潜堤付孔空き防波堤の開発，水産工学研究所技報，第 13 号（1992），pp.11－30
- 14) 山本潤・武内智行・中山哲巖・田畑真一・池田正信：志賀島漁港外港の導入工による環境改善効果に関する現地観測，海岸工学論文集，第 41 卷（1994），pp.1096－1099
- 15) 山本正昭：潜堤付海水導入工の計画と設計，水産工学研究所技報，第 16 号（1994），pp.1－12
- 16) 山本潤・中山哲巖・中村克彦：大水深における海水導入施設と防波堤の一体化に関する実験的研究，水産工学研究所技報，第 19 号（1997），pp.45－56
- 17) 大村智宏・中山哲巖：潜堤付き海水導入工の適用範囲拡大に関する研究，水産工学研究所技報，第 20 号（1998），pp.1－11
- 18) 柳瀬知之・谷野賢二・水野雄三・梅沢信敏・桑原伸司：有孔堤の海水交換機能に関する研究，海岸工学論文集，第 38 卷（1991），pp.856－860
- 19) 猿川弦・水野雄三・笹島隆彦・木村克俊・高橋哲美：消波ブロック被覆型有孔堤の海水交換特性に関する研究，海岸工学論文集，第 40 卷（1993），pp.971－975
- 20) 明田定満・山本泰司・谷野賢二・木村克俊・小野寺利治：浦河港水中荷捌場における海水交換

- 特性について，海岸工学論文集，第 43 卷（1996），pp.1221－1225
- 21) 佐藤仁・明田定満・谷野賢二・小柳一利・宮部秀一・神瀬哲：遊水部付き有孔堤の海水交換機能について，海洋開発論文集，第 10 卷（1994），pp.103－106
- 22) 塩崎禎郎・磯崎総一郎・中村滋・堀内博：海水交換機能を有する透過型スリットケーソンの水理特性，海岸工学論文集，第 43 卷（1996），pp.1226－1230
- 23) Ohmura, Y.: Mass transport induced flow in seawater exchange structures with perforated wall, Coastal Engineering 2008 – Proceedings of the 31st International Conference – (2009), pp. 3509－3521
- 24) 中山哲厳：海水導入工の計画と設計，第 44 回全国漁港建設技術研究発表会講演集（1999），pp.75－84
- 25) 大村智宏：円孔式海水導入工の開発研究，水産工学，第 39 巻第 2 号（2002），pp.131－138
- 26) Ohmura, Y.: Wave set-up induced flow in seawater exchange structures with blockwork mounds, Coastal Engineering 2006 – Proceedings of the 30th International Conference – (2007), pp.4374－4385
- 27) 土木学会編：水理公式集－昭和 60 年度版（1985），p.288
- 28) 近藤叔郎・竹田英章：消波構造物，森北出版（1983），p.88
- 29) 山本潤・武内智行・中山哲厳・田畑真一・池田正信：志賀島漁港外港の導入工による環境改善効果に関する現地調査，海岸工学論文集，第 41 卷（1994），pp.1097－1099
- 30) 水産庁漁港漁場整備部：技術資料・藻場造成型漁港構造物調査・設計ガイドライン（2003）
- 31) 海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル－海洋生物編－（1998），p.152
- 32) 高橋重雄・遠藤仁彦・室善一朗：親水性防波堤上の越波水の運動に関する実験的研究，海岸工学講演会論文集，第 38 卷（1991），pp.536－540
- 33) 中道正人・森田博史・口田登：親水性施設に設置する安全・利便施設の材料及び維持管理について，港研資料，No.715（1991）
- 34) 水産庁・財団法人漁港漁村建設技術研究所：平成 7 年度親水性漁港構造物設計マニュアル策定調査報告書（1995）