

第5章 設計

5.1 一般

藻場造成型漁港施設は、漁港施設本来の機能を保持しつつ、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。

<解説>

(1) 藻場造成型漁港施設の設計フロー

藻場造成型漁港施設は、図 5-1 に示す手順に従って設計する。

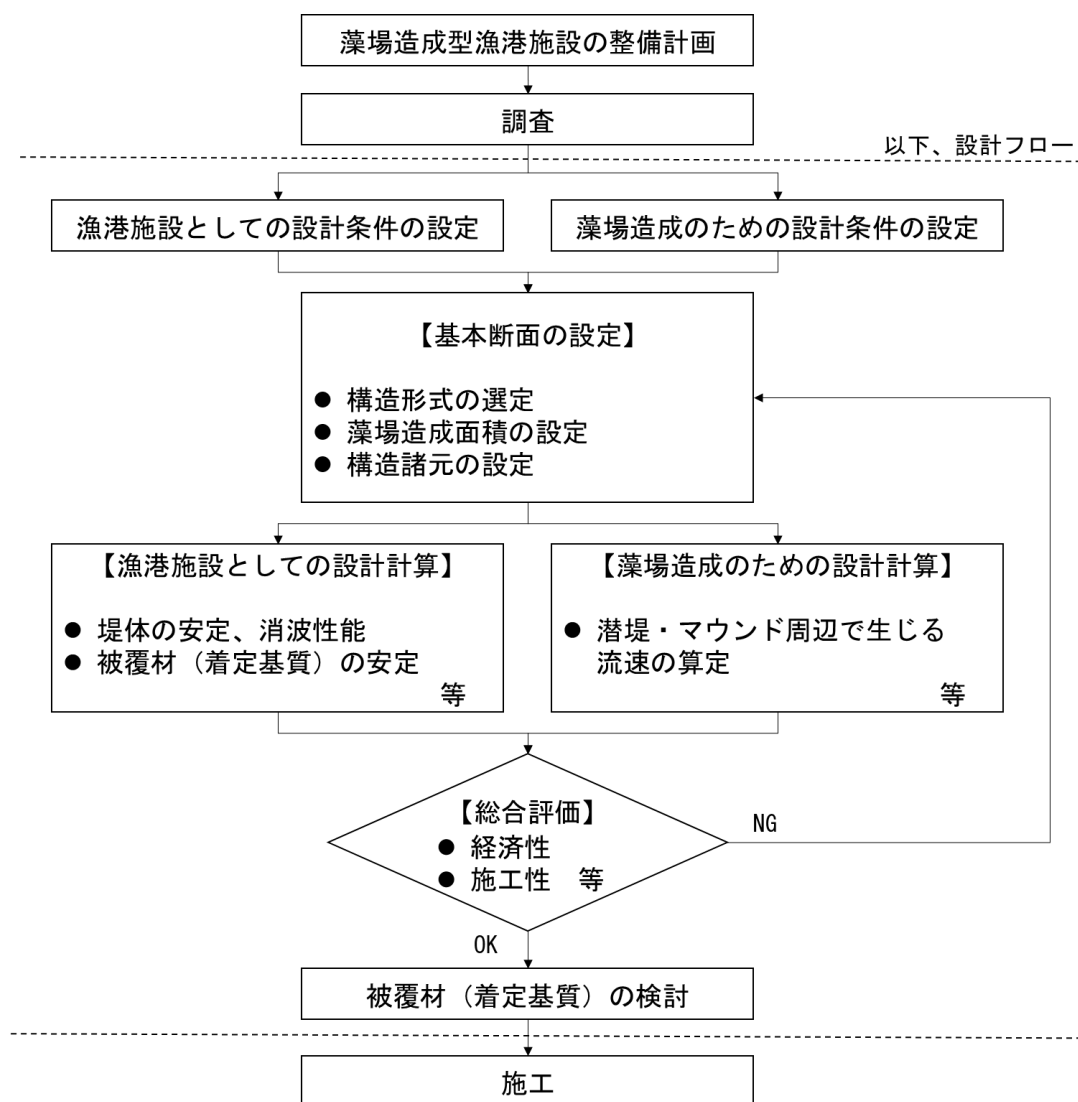


図 5-1 藻場造成型漁港施設の設計フロー

(2) 設計条件の設定

藻場造成型漁港施設の設計に必要な各種の条件を図 5-2 に示す。図 5-2 のうち、網掛けのないものは通常の漁港施設として行う設計に必要な条件、網掛けで示すものは藻場造成型漁港施設として設計する場合に必要な条件である。漁港施設としての条件と藻場造成のための条件が相反することもあるが、事業の効率性、施工性および経済性等から総合的に判断して設計条件を決定する。

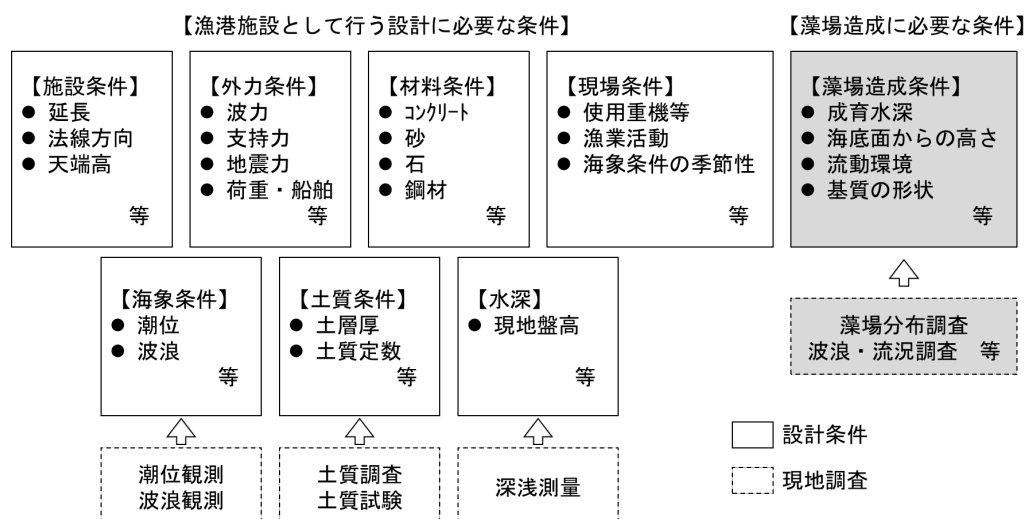


図 5-2 藻場造成型漁港施設の設計条件

なお、藻場造成の設計条件を設定するにあたって、藻場の種類を選ぶ際には、調査の結果から、表 5-1 に示す植生被度区分が濃生（被度階級 5）、あるいは密生（被度階級 4）の海藻・海草類で構成されている藻場を選ぶことが望ましい。

また、整備予定箇所周辺において高水温の影響やそれに伴う食害が疑われる場合には、海水温情報の取得、藻体の異常の確認、植食動物の有無の確認等とともに、今後の海水温上昇予測や生育上限温度、漁業関係者の意見を踏まえて海藻種を検討することが必要である。これらの考え方については、「海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法（暫定版）（令和 6 年 4 月、水産庁）」に紹介されているので参考にとよい。

表 5-1 植生被度の区分¹⁾

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

(3) 基本断面の設定

1) 構造形式の選定

藻場造成型漁港施設は施設の没水部である基礎捨石マウンド等に藻場を造成することを基本的な考え方とし、基本断面には防波堤本体と潜堤を組み合わせた「潜堤付き防波堤」、防波堤の基礎マウンドを延伸した「幅広捨石マウンド式混成堤・傾斜堤」、または「潜堤・人工リーフ」が想定される。決定にあたっては、次の事項に配慮して適切に決定する。

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

参考までに、「第8章 藻場の保全・創造の実施事例」に事例を紹介した。なお、この中の基本断面を選定する場合は、地域特性に留意し、整備予定箇所への適応性を慎重に検討した上で採用する。

2) 藻場造成面積の設定

藻場の造成規模は、堤体設置に伴い消失する天然藻場の面積、整備予定箇所周辺において過去に消失した藻場面積、地域の自然環境、漁業実態、地元関係者の要望、経済性等のほか、維持管理の体制を踏まえ、総合的に判断して適切に決定する。また、ブルーカーボンクレジット申請を視野に入れる場合は、申請面積の目安があるので、その規模以上の面積を設定する必要がある。なお、申請面積の目安は、「J ブルークレジット認証申請の手引き 第3章 調査・算定の手順」に示されているので参考にとよい。

3) 構造物諸元の設定

藻場造成に配慮したマウンド形状を考えるにあたっては、藻場形成の阻害要因（「第2章 藻場造成機能について」を参照）を除去し、藻場形成にとって好ましい環境を作り出す必要がある。

藻場形成の阻害要因には、物理的要因（光、波浪・流速、底質の移動、基盤不足等）、化学的要因（水温、栄養塩等）、生物的要因（食害、付着競合生物、タネ不足等）が挙げられるが、土木技術で除去可能な一部の物理的要因や化学・生物的要因を、漁港施設としての機能の確保を勘案しつつ、漁港施設の断面や平面配置等によって制御する。

このためには、整備予定箇所周辺に形成されている良好な天然藻場の環境を事前に調査し、生育水深帯、砂面からの高さ、底面波浪流速等を把握し、図 5-3 に示す各部位の天端が、これらの環境条件と類似となるようにマウンド形状を決定する。ただし、マウンド形状では対応できない孢子等の供給については、母藻の投入、移植等の補完的作業も必要となる。

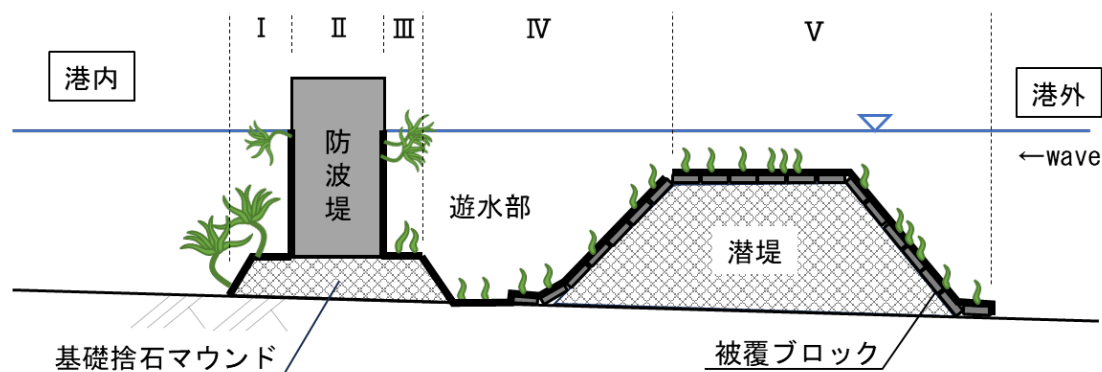


図 5-3 海藻類の生育が可能と考えられる部位

潜堤付き防波堤を例に藻場造成型漁港施設の一般的な海藻の生育状況を図 5-3 と以下に示す。なお、図 5-3 中の太線箇所が海藻の生育が期待できる部位である。

- I：港内側は、一般的に港外側に比べて流れが滞留しやすいため、浮泥が堆積しやすい場所であるが、光環境と水質に恵まれ、浮泥の堆積がない場所では、大型海藻の生育がみられる。
- II：堤体の垂直壁は、コンブ類やアラメ・カジメ類の着生はみられるが、ホンダワラ類はほとんど着生しない。また、垂直壁では、光と流動が水深とともに弱くなるため、比較的低潮線付近に、密に分布する傾向がみられる。
- III：堤体からの反射波によって流れが比較的強い場所であるため、流れの強い場所に適応した種が生育する。
- IV：比較的流れが弱く、光も弱い場所であるため、水深の深い場所に適応した種が生育する。
- V：一般的に、天端上は碎波による一方向の流れが発生する場所であるため、流れの強い場所に適応した種が生育する。また、法面の海底面近くは、砂の堆積・設置面の洗掘による基質の埋没、砂礫の衝突の影響を受けやすいので、砂の移動範囲より上部から法肩までの間で、流れの強い場所に適応できる種が生育する。

5.2 藻場造成型漁港施設の構造形式と基本事項

藻場造成型漁港施設の構造形式は、自然条件（外力、海象、土質、水深）、材料条件、現場条件、施工条件等を考慮の上、マウンド被覆材（着定基質）を含む施設全体が安定し、基礎マウンドや潜堤等を天然藻場と類似した環境となるように適切に決定する。

<解説>

藻場造成型漁港施設は、潜堤付き防波堤、防波堤の基礎マウンドを延伸した幅広捨石マウンド混成堤、傾斜堤、潜堤・人工リーフ等が考えられ、これらの基礎マウンドや潜堤の天端等を利用して藻場造成を行うものである。設計にあたっては、漁港施設として求められる機能が十分発揮できるように、自然条件等の設計条件に対して堤体とマウンド被覆材（着定基質）の安定性を検討するとともに、整備予定箇所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、底面波浪流速等を把握し、この環境条件と類似するように構造形式を決定する。

以下に本書で取り上げる藻場造成型漁港施設の各構造形式について、設計の参考となる「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版」の該当箇所を示す。藻場造成のための設計については「5.3 岩礁性藻場を対象とした設計」、「5.4 海草類を対象とした設計」に詳述する。なお、本書で取り上げる藻場造成型漁港施設のうち、「潜堤付き防波堤」の波浪制御機能等の技術情報は令和6年度現在では「漁港・漁場の施設の参考図書 2023 年版」に未記載であるため、本書巻末に「【参考】潜堤付き防波堤の波浪制御機能」として示す。

(1) 潜堤付き防波堤

混成堤・直立堤等の防波堤の前面に潜堤を築造した「潜堤付き防波堤」の模式図を図 5-4 に示す。

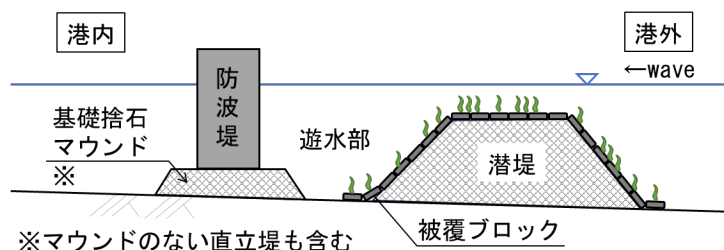


図 5-4 潜堤付き防波堤

i) 設計上の留意点

防波堤の前面に潜堤を設置する場合、防波堤に作用する波力の増大および衝撃砕波力が発生しないように防波堤前面壁と潜堤の距離を適切に設定する必要がある。このことについては「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第2編 4.2.4 潜堤を有する直立壁に作用する波力」を参照する。なお、防波堤に作用する波力は潜堤天端高さが大きくなると低下するが、潜堤天端が干出する場合は藻場造成機能が低下する可能性がある。

ため、潮位変動の大きさに鑑みて適切な範囲で構造諸元を設定することが望ましい。

ii) 越波流量

潜堤付き防波堤の越波流量は「【参考】潜堤付き防波堤の波浪制御機能 (2) 越波流量」を参照して算定する。

iii) 反射波高

潜堤付き防波堤からの波の反射率は「【参考】潜堤付き防波堤の波浪制御機能 (3) 反射波高」を参照して算定する。

iv) 伝達波高

潜堤付き防波堤を越える波の波高（伝達波高）は「【参考】潜堤付き防波堤の波浪制御機能 (4) 伝達波高」を参照して算定する。

v) 被覆材の安定質量

潜堤の被覆材の安定質量は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 4.4 波力に対するブロック等の安定質量」を参照して算定する。なお、遊水部に被覆材を設置する場合の安定質量は水理模型実験により決定することが望ましいが、潜堤上で碎波した波による影響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。

vi) 堤体に作用する波圧式

防波堤の前面に潜堤を設置する場合の防波堤に作用する波力は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 4.2.1 直立壁に作用する波力」に示される方法（合田式）で算定する。ただし、同手法の中で用いられる補正係数 $\lambda_{1,2,3}$ は構造諸元ごとに

「【参考】潜堤付き防波堤の波浪制御機能 (5) 波力算定における補正係数」を参照して設定する。なお、波力の算定にあたっては潜堤周辺で生じる水位上昇は考慮しないものとする。

(2) 前面幅広捨石マウンド混成堤

混成堤の捨石マウンドを前面に拡幅した「前面幅広捨石マウンド混成堤」の模式図を図 5-5 に示す。(混成堤の前面に消波工がある場合もこれに類する (図 5-6))

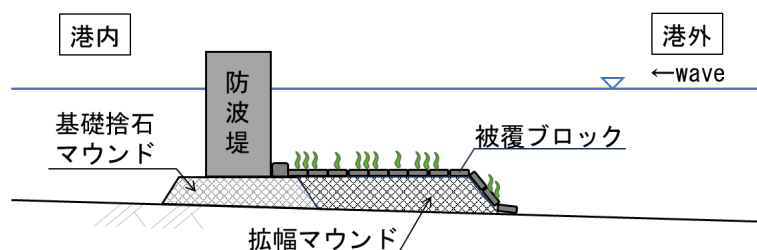


図 5-5 前面幅広捨石マウンド混成堤

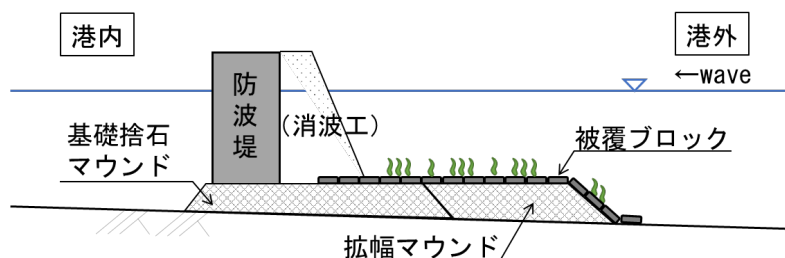


図 5-6 前面小段付消波工

i) 設計上の留意点

混成堤の捨石マウンドを前面に拡幅する場合、防波堤に衝撃砕波力が発生しないようにマウンド天端幅を適切に設定する必要がある。このことについては「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 4.2.1 直立壁に作用する波力」を参照する。

ii) 越波流量

前面幅広捨石マウンド混成堤の越波流量は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 3.7.1 越波量 (1) 直立護岸と消波工付き護岸の越波流量」を参照して算定する。

iii) 反射波高

前面幅広捨石マウンド混成堤からの反射波高は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 3.4.4 波の反射」を参照して算定する。

iv) 伝達波高

前面幅広捨石マウンド混成堤を越える波の波高（伝達波高）は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 3.7.3 伝達波高（2）③混成堤、または④消波ブロック被覆堤」を参照して算定する。

v) 被覆材の安定質量

マウンド被覆材の安定質量は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 4.4 波力に対するブロック等の安定質量」を参照して算定する。

vi) 堤体に作用する波圧式

衝撃砕波が発生しない条件における前面幅広捨石マウンド混成堤の作用波力は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 4.2.1 直立壁に作用する波力、または 4.2.2 消波工で被覆された直立壁に作用する波力」を参照して算定する。なお、藻場形成において良好な環境条件を満足するためにマウンド天端を高くする場合は衝撃砕波力を回避するためにマウンド天端幅を拡幅する必要がある（「2）前面幅広捨石マウンド混成堤 i）設計上の留意点」参照）。捨石マウンド天端上水深 d が設置水深 h の半分以上となる場合、構造形式としてはあたかも「1）潜堤付き防波堤」の遊水部を埋めたものと類似してくる。このため、マウンド天端幅は「1）潜堤付き防波堤 i）設計上の留意点」を踏まえて設定する必要がある。このとき、潜堤天端上水深 h_c は捨石マウンド天端上水深 d に、潜堤離岸距離 l' は捨石マウンド天端幅 B に置きかえて算定する。このようにして設定した前面幅広捨石マウンド混成堤に作用する波力は「1）潜堤付き防波堤」の作用波力と同様とする。

(3) 背後幅広捨石マウンド混成堤

混成堤の捨石マウンドを背後に拡張した「背後幅広捨石マウンド混成堤」の模式図を図 5-7 に示す。

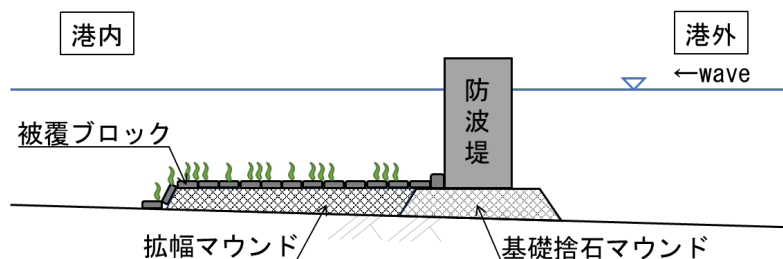


図 5-7 背後幅広捨石マウンド混成堤

i) 設計上の留意点

背後（港内側）に捨石マウンドを造成する場合は、流動が比較的弱くなるため、藻食動物による食害、浮泥の堆積、透明度の低下等を招きやすい。そのため、不透過構造の場合は、海水交流型として流動を増加させる必要がある。構造形式としては通常の混成堤とほぼ類似するため、越波流量・反射波高・伝達波高・被覆材の安定質量・堤体に作用する波圧式等は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版」にある混成堤の各記述を参照する。

(4) 前面小段付傾斜堤・背後小段付傾斜堤

傾斜堤の捨石マウンドを前面に拡幅した「前面小段付傾斜堤」、および背後に拡幅した「背後小段付傾斜堤」の模式図を図 5-8、図 5-9 示す。

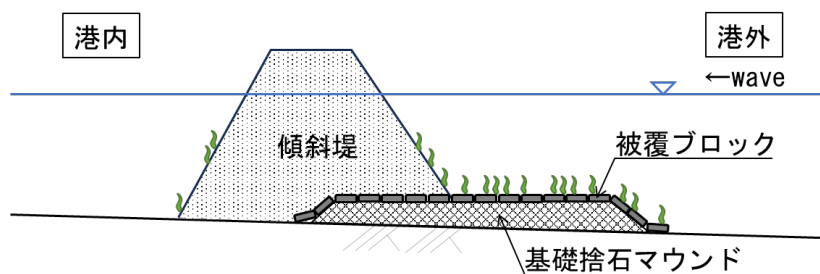


図 5-8 前面小段付傾斜堤

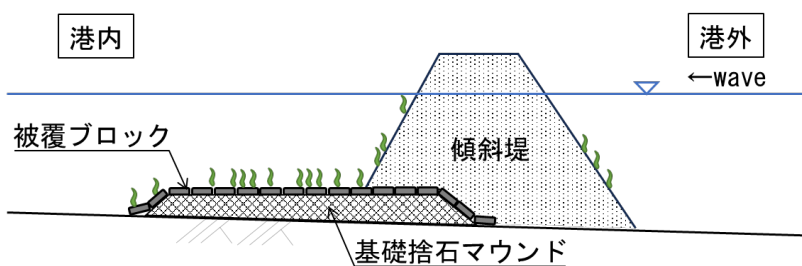


図 5-9 背後小段付傾斜堤

i) 設計上の留意点

構造形式としては通常の傾斜堤とほぼ類似するため、反射波高・伝達波高・被覆材の安定質量等は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版」にある傾斜堤の各記述を参照する。

(5) 潜堤・人工リーフ

潜堤、人工リーフ（図 5-10）は藻場にとって良好な環境条件となるように天端高を調整することで、天端を中心に藻場を造成することができる。また、砂泥域であれば、背後の静穏を活用してアマモ場の造成が可能である。なお、本項目に示す潜堤・人工リーフは「(1) 1) に示す潜堤付き防波堤」とは異なり、背後に防波堤等の施設がなく天端が静水面以下の傾斜堤として単体で設置されるものを指す。このため、静穏度等の漁港施設として必要な性能を確保するため天端高を途中で切り替える複断面構造とする場合もある（図 5-11、図 5-12）。また、潜堤付き防波堤のうち、防波堤と潜堤・人工リーフ間の距離が十分に離れている場合は本項目を参照する。

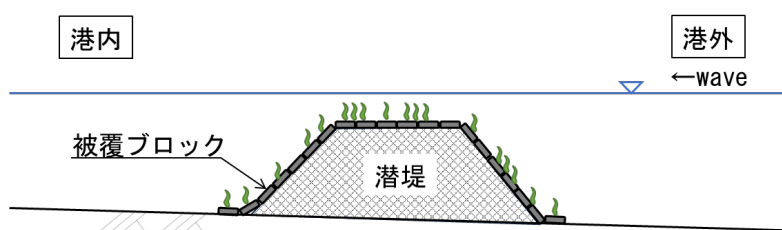


図 5-10 潜堤・人工リーフ

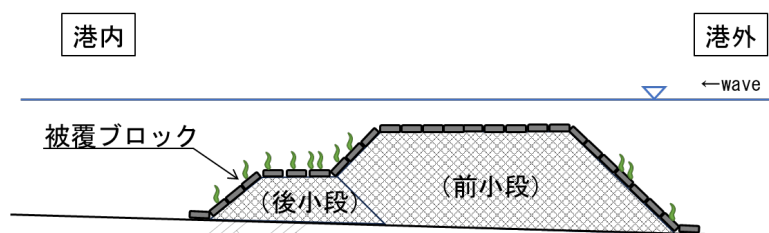


図 5-11 前小段が高い複断面潜堤・人工リーフ

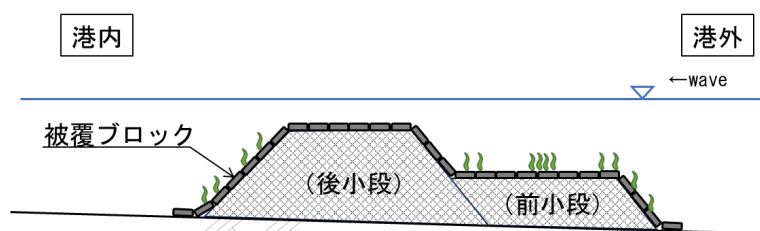


図 5-12 前小段が低い複断面潜堤・人工リーフ

i) 設計上の留意点

背後にトンボロ（砂州）が出現し、天然藻場や造成藻場が埋没しないように、潜堤・人工リーフの配置、砂面からの高さに留意する。

ii) 伝達波高

潜堤・人工リーフが防波堤の前面に十分離れて設置されている場合、防波堤に作用する波高 H は潜堤・人工リーフを通過したもの（伝達波高 H_t ）と潜堤・人工リーフを回折したもの（回折波高 $H_{d1,d2}$ ）から（式 5.1）により算定する。伝達波高・回折波高は、「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 3.7.3 伝達波高②傾斜堤（人工リーフを含む）、および資料 2.3 不規則波の回折図」を参照して算定する。

$$H = \sqrt{H_t^2 + H_{d1}^2 + H_{d2}^2} \quad \text{-----} \quad (\text{式 5.1})$$

iii) 被覆材の安定質量の算定

潜堤・人工リーフの被覆材の安定質量は、「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版 第 2 編 4.4 波力に対するブロック等の安定質量」を参照して算定する。