

沖縄における環境共生型防波堤

Specific image of breakwaters in Okinawa aiming of symbiosis with natural environment.

中村俊智*・小谷野喜二**・竹田哲***・前川進****

NAKAMURA Toshitomo, KOYANO Yoshiji, TAKEDA Satoshi and MAEKAWA Susumu

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹兼第一調査部長

*** 内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 港湾空港技術対策官

**** 内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部港湾計画課 建設専門官

In recent years, it has been required that the infrastructure is constructed by considering symbiosis with the environment. This paper shows the results of study on philosophy and specific design procedures of the breakwater for considering symbiosis with the environment in Okinawa.

Key Words :Okinawa, coral reef, breakwater, environment, symbiosis

1. はじめに

近年、社会資本整備において環境への配慮が特に強く求められており、今後の港湾整備においても、これまでに以上に周辺の生態系に配慮した整備手法が必要となる。

本稿は、沖縄における環境共生型防波堤の基本理念から具体的姿について、図-1 に示すフローに従い検討した結果をまとめたものである。

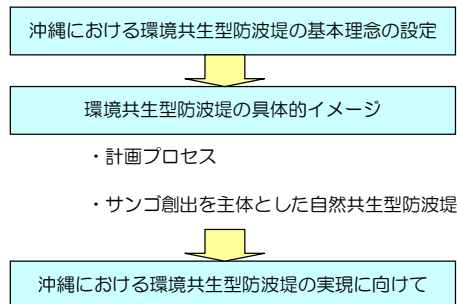


図-1 検討フロー

2. 環境共生型防波堤の基本理念

沖縄における環境共生型防波堤の基本理念については、我が国共通の港湾環境政策の指針である『今後の港湾環境政策の基本的な方向－港湾行政のグリーン化－』（平成17年3月：交通政策審議会答申）との整合性を考慮するとともに、沖縄における“自然環境、社会環境面での独自の地域性”、“港湾の概況”、さらには“港湾や防波堤への民間事業者や一般市民のニーズ”を把握して次のように設定した。

理念1：防波堤の本来機能を維持し、沖縄の暮らしを支える防波堤

荷役や人の乗降（物流・人流機能）が安全かつ安定的に行われるために、静穏海域確保に資する防波堤の本来機能を保持し、島嶼県沖縄の暮らしを支える。

理念2：自然・生物と共生する防波堤

防波堤等の整備にあたり、多様な生物の生息基盤及び

観光資源としても利用可能な良好な自然環境を積極的に創出する。

理念3：多様な利用ニーズに応え、沖縄の自立的発展に貢献する防波堤

“美しい海”が重要な観光資源となっている観光立県沖縄において、港の施設群がつくり出すウォーターフロントが魅力ある雰囲気や景観を形成し、観光資源となることで海洋性リゾート振興の一翼を担い、同時に市民にも安全に利用開放される防波堤を目指す。

3. 環境共生型防波堤の具体的なイメージ

3.1. 理念の具体化に向けた計画プロセス

沖縄における環境共生型防波堤の具体化に際しては、地域の個性に合った特徴のある環境共生型防波堤として整備することが必要であり、そのためには住民参加型の計画策定プロセスが重要となる（図-2）。

具体的には、幅広い関係者（港湾関係者、地域住民・NPO、民間事業者、専門家、関係行政機関等）の参加の下で議論を行い、地域の自然環境・社会環境に関連する様々な情報や多様なニーズ・価値観等を相互に共有化しながら、対象とする港や防波堤の位置付けについて合意形成を図る必要がある。

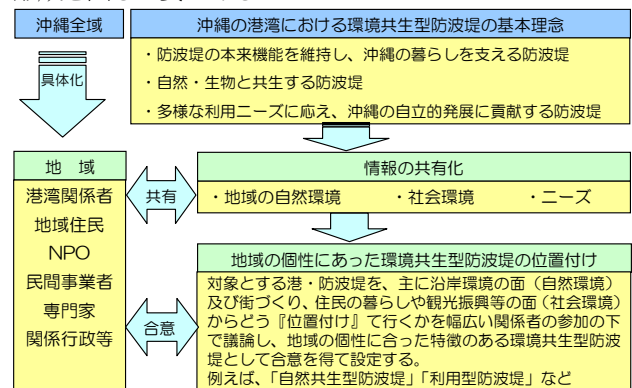


図-2 地域の個性に合った防波堤の設定プロセス

3.2. サンゴ創出を目的とした自然共生型防波堤

地域のコンセンサスが得られたら、そのコンセプトを基本に環境共生型防波堤を実現させていく。環境共生型防波堤には、周辺の生物生息環境と共生する防波堤や周囲の社会環境に配慮した利用型防波堤など様々なコンセプトが考えられるが、ここでは“サンゴ創出を目的とした自然共生型防波堤”を例に具体的イメージを決定するまでの手順を示す。

(1) 検討の手順

“サンゴ創出を主体とした自然共生型防波堤”の具体化に際しては、対象となる港湾の事業計画や港湾を取り巻く自然条件及びサンゴ等に関する既往知見を収集し整理を行う。次に、整備方針を設定し、地形特性や防波堤整備により形成される環境の変化を踏まえて、防波堤及びその周辺域をゾーニングした後、具体的イメージを作成する。検討の手順を図-3 に示す。

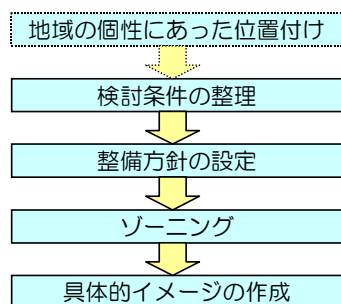


図-3 検討の手順

(2) 検討条件の整理

① 対象港湾の事業計画

整備構想、港湾計画等の基本事項、周辺の水域・土地利用計画等を整理して、制約条件や配慮事項等を把握する。

② サンゴ等の創出に関する既往技術・知見

サンゴ等の創出に関する基礎知見として、サンゴの生態及び生活史を整理し、港湾構造物とサンゴ生息条件との関係を捉えるために構造物設置後の経過年数とサンゴの成長過程、水深、構造物の傾斜や対面方位、波浪とサンゴ被度の経年変化の関係などについて把握する。また、サンゴ創出に関する既往技術や浮遊幼生の挙動に関する知見を整理し、サンゴ着生のための要素技術への基礎資料とする。

③ 広域的な環境条件

防波堤へのサンゴ着生は周辺海域からのサンゴ幼生の自然供給を期待することから、広域的なサンゴ分布状況を把握するとともに、サンゴ生息環境条件の基礎データとして、防波堤計画位置、陸域及び海底地形、対象海域の開放度、水深、河川影響、サンゴ礁地形における位置関係（リーフの内外等）などについて整理する。

④ 現地のサンゴ等分布実態及び生息環境条件

サンゴ生息環境を創出するための構造物形状等の検討や、サンゴの維持・管理の検討を行うための基礎資料として以下の項目について整理を行う。

- ・現地のサンゴ、藻場、干潟の平面・断面分布を整理し、地形、水深、波当たり、底質等とサンゴ等の分布との関係について把握する。
- ・検討対象とする防波堤の近傍地点に天然礁がある場合には、サンゴ等の断面分布を把握し、波当たりや水深、底質とサンゴの分布との関係を把握する。
- ・サンゴの害敵生物でありサンゴを創出する上での制限要因と考えられるオニヒトデ等の食害生物、レイシガイダマシや海藻等の競合生物の分布現況を把握する。
- ・既設防波堤におけるサンゴ分布状況を整理し、防波堤の向き、分布の港内外の別、水深、設置年数等とサンゴ被度や種類との関係について把握する。

(3) 整備方針の設定

“サンゴ創出を目的とした自然共生型防波堤”における整備方針は、対象となる領域の環境特性から整備目標を決め図-4 のように設定した。

- ・波当たりや潮通しが良い防波堤沖側域では、サンゴ礁地形のイノー（礁池）・干瀬を創出し、サンゴ生息場の拡大を目指す。
- ・防波堤背後の静穏海域では、浅場の創出により生物多様性を目指す。
- ・防波堤に海水交換機能を持たせ、背後海域での物理環境の改善を図り、生物生息環境の向上を図る。

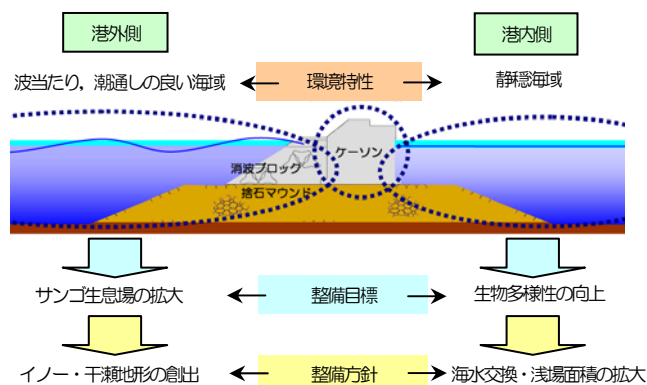


図-4 整備方針の設定

(4) ゾーニング

設定した整備方針を受け、防波堤及びその周辺域をゾーニングする。なお、ゾーニングは防波堤整備後の環境特性や地形、制約条件等を基に設定することが重要である。ここでは、対象区域を3つのゾーンに区分した。

① サンゴ生息場の拡大エリア

防波堤の港外側は波当たりや潮通しが良く水質環境が良好である。サンゴ生息の好適環境の形成が期待される防波堤沖側水域の内、現地の地形条件からサンゴ生息基

盤を比較的経済的に整備できる水深の浅い場所を中心として、面積的に広いサンゴ等の生息場を創出するエリアを選定する。

② 浅場創出エリア

防波堤の港内側は静穏度の高いエリアで潮通しが弱く水深も深いため、このままでは多様な生物の生息環境として好ましくない。よって、部分的に地形の変化に富んだ浅場を創出し、多様な生物の生息場の向上を図るエリアとする。

③ ケーソン壁面へのサンゴ創出エリア

防波堤のケーソン壁面は直立で平坦であるため、サンゴの生息基盤としては適していないが、沖縄では設置したケーソン間の隙間付近でサンゴの着生が確認された事例もある。よって、防波堤の海水交換の促進と着生基盤・基質の設置により、サンゴ等の創出を図るエリアとする。

(5) 具体的イメージ

“サンゴ創出を目的とした自然共生型防波堤”の具体的イメージ例を以下に示す。

① タイドプール型防波堤

遊水部付きケーソンを参考に生物多様性が高いタイドプールの機能を持たせることで、サンゴや多様な生物の生息場の形成を目指す防波堤である(図-5)。

タイドプールではサンゴ種苗生産・供給基地としての機能を目指し、沖縄県内各地でのサンゴ保全・再生活動に関する環境教育、エコツアーと関連付けて展開することで、サンゴの保全再生活動にも寄与していく。

実施に際しては、タイドプール内の水温上昇が重要と考えられ、タイドプールの高さ設定、区割りの大きさや潮抜き穴の有無等、詳細な条件設定が重要な検討課題となる。

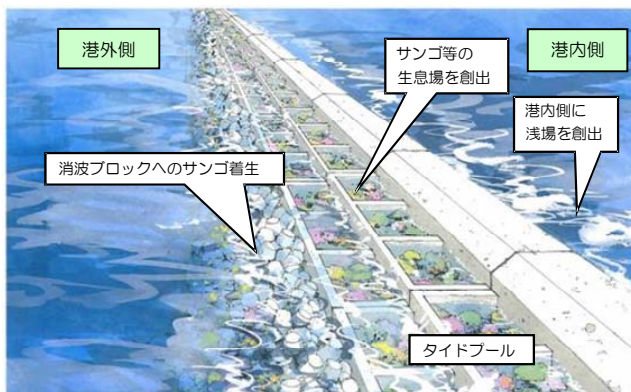


図-5 自然共生型防波堤(タイドプール型)

② イノー(礁池)・干瀬型防波堤

自然のサンゴ礁におけるイノー(礁池)地形、干瀬地形を再現することで波浪に対する面的防護を行い、さらにサンゴ等の着生を期待する防波堤である(図-6)。

堤体前後(港外側、港内側)に構築した浅場の平面形状に変化を持たせることで、物理環境の多様化や渦流の形成を図り、サンゴ等の生息環境の向上と自然環境の創

出を目指す。

平面形状については現地の地形の特徴をよく見極め、周辺地形と調和するように計画することが大切で、天然のサンゴ礁のように沖合い方向の幅の変化やチャンネル(溝)の創出などを図り、イノー内の流動環境に配慮することが重要である。

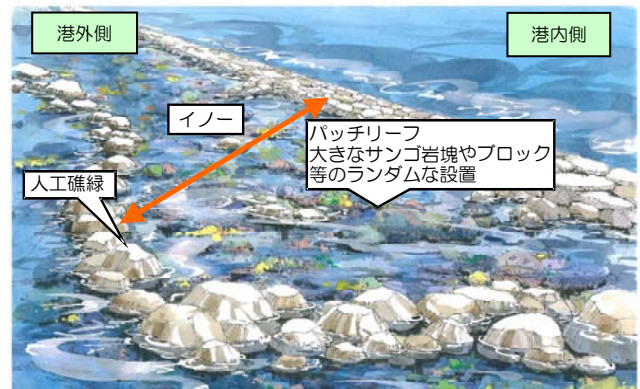


図-6 自然共生型防波堤(イノー・干瀬型)

③ サンゴ成長型防波堤

サンゴの成長を期待した構造で、消波ブロックや岩塊等でサンゴの成長に好適な幅の広い浅場地形を造成してサンゴの着生を図り、着生したサンゴ礁地形の発達による防波機能の発現を期待する防波堤である。

人工的に造成した浅場地形でのサンゴの成長と地形形成機能、これによる防波機能(消波効果、港内静穏度に対する効果等)の発現・向上を検証し知見の集積を図るため、長期的なモニタリングによりデータの収集を行う必要がある。

④ 要素技術

自然共生型防波堤の要素技術として以下に示すような5項目を提案する。なお、実現には個別に技術検討が必要である。図-7に要素技術を取り入れた防波堤のイメージを示す。

ア) 防波堤背後の浅場造成

防波堤港内側の静穏水域に浅場を造成し、例えばアマモ場など海藻草類の生育に好適水深帯となる生物多様性の高い環境の創出を図る。

イ) スリックトラップ

ケーソン背面の水際にサンゴ浮遊幼生(スリック)の滞留・着生を促進させるための鉛直突起(トラップ)を設置すると同時に、その近傍にはサンゴの付着基盤となる水平突起を配置する。

ロ) 海水交換機能

防波堤港内側の生物生息に必要な流動環境の形成を図るものであり、以下の方法などが考えられる。

- ・ケーソンに通水孔を設ける
- ・ケーソンの設置間隔を空ける
- ・ケーソンとケーソンの間に消波ブロック堤を挟む
- ・ケーソンの法線を千鳥状(凹凸状)に配置する 等。

エ) 消波ブロックの半没水化

消波ブロックの天端高さを H.W.L.と L.W.L.との間にし、海水交換機能の向上とサンゴ生息場の拡大を目指す。
 消波ブロックの緩傾斜化

消波ブロックを緩傾斜に設置することで、サンゴの生育に好適となる水深帯の生息面積の拡大を目指す。

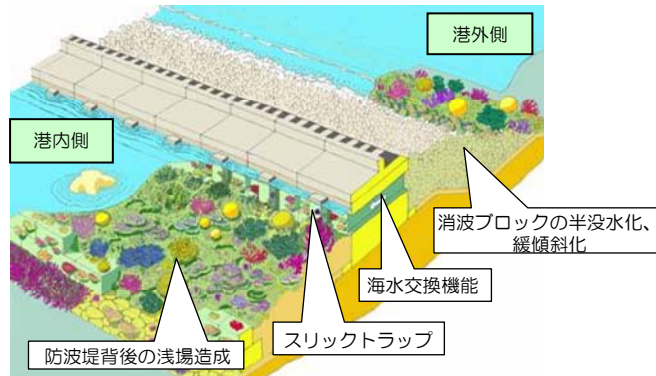


図-7 要素技術を取り入れた防波堤のイメージ

4. 実現に向けて

今後の防波堤整備では、長期整備構想及び港湾計画の中で環境共生型防波堤を位置付けることで、“港湾の物流・人流機能”と“環境機能”の調和を目指していくことが大切である。

特に自然環境との調和をテーマとした防波堤は、周辺の生態系との共生を第一に計画することが重要であり、社会環境との調和をテーマとした利用型防波堤（図-8）では、アクセスや周辺の土地利用等、背後の都市との一体的な検討が必要となる。



図-8 環境共生型防波堤（利用型）のイメージ例

以下に、沖縄における環境共生型防波堤の実現に向けた留意事項をまとめる。

① 社会的コンセンサス

観光立県沖縄に相応しい港湾整備事業のあり方等について関係者による幅広い議論を行い、環境共生型防波堤の沖縄における社会的意義や投資のあり方等について社会的コンセンサスを得る必要がある。

② 住民参加型の計画プロセス

環境共生型防波堤の具体化に際しては、地域の個性に合った特徴のある環境共生型防波堤とすることが必要で

あり、そのためには住民参加型の計画策定プロセスが大切である。

③ 生態系からの視点

サンゴ、藻場、干潟の創出は、周辺生態系との関わりの中で成り立っている。そのため、“自然・生物と共生する防波堤”の整備にあたっては、防波堤を周辺生態系の一部として捉えることが大切である。

④ 積極的な環境創出

沖縄県内の防波堤では、消波ブロックがサンゴの生息基盤となることが確認され、また防波堤整備で新たに形成された静穏水域に藻場の自然形成が確認されたケースもある。このような例からも、現地の地形条件や自然条件と調和させることによって積極的な環境創出を目指すことが大切である。

⑤ 現地地形の活用・調和

環境共生型防波堤の実現には、天然礁の活用等、現地の海岸地形、海底地形の特徴をよく見極め、現地の地形を有効に活用して地形的に調和した防波堤とすることが大切である。

⑥ 知見の集積と技術開発

サンゴ・干潟・藻場等自然と共生する防波堤を実現するためには、さまざまな知見や技術開発が必要となる。

⑦ 順応的管理の概念を取り入れた事業の進め方

環境共生型防波堤の整備では、整備後の効果発現状況をモニタリング調査し、科学的事実・知見に基づいて整備効果を評価して、その結果を次の設計・施工に反映することで整備内容を改善しながら進める順応的管理の概念を取り入れることが望ましい。

⑧ リサイクル材の活用促進

防波堤整備における使用材料の内、砂・石材等は天然素材を用いている。これらの採取にあたっては採取地に環境負荷を与える恐れがあり、また、島嶼県沖縄のリサイクル促進の必要性から、防波堤整備ではリサイクル材の積極的な採用を図ることが望ましい。

⑨ 利用開放に向けて

利用型防波堤については特に安全性の確保が重要である。港湾利用・港湾の保安管理面からの水域の利用開放の可能性や開放に対する管理瑕疵、法制度面の問題点など防波堤の目的に応じた対応が必要となる。

5. おわりに

最後に、本稿は沖縄総合事務局より受託した『環境共生型防波堤検討業務』の成果の一部をとりまとめたものであります。ここに記して関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Koichi MIYAKE and Seizou HANASHIRO : coral-friendly development of port structures in the Okinawa region, ON COURSE, July, 2006.