

下関港湾空港技術調査事務所 技術開発課 ◎高山 優
○横山 直弥

1. はじめに

豊かな自然を有する沿岸域の環境保全・再生・創出や、海域の環境を美しく健全な状態で将来世代に継承するため、港湾においても経済活動との両立を図りつつ、自然環境への影響を軽減する環境施策に取り組んでいる。特に、港の自然再生を巡っては、浅場や干潟の重要性が指摘されており、港湾構造物に対しても生物との共生に配慮することが求められている。

一方、近年では、平成23年に発生した東日本大震災及び今後予想される南海トラフ等の巨大地震・津波対策として、港湾・海岸施設には効果が粘り強く発揮されるような「粘り強い構造」の導入等の防災・減災対策の実施が求められている。

本報告は、これら港湾の環境施策及び港湾・海岸施設の防災・減災対策の必要性を踏まえ、対策の実施に合わせて、環境へ配慮した機能を付加する技術の適用性について報告するものである。

2. 環境配慮付加技術

環境配慮付加技術とは、既設の港湾・海岸施設が有する機能を確保しつつ、環境改善技術を付加することにより生物の生息や藻場の形成等の機能を発揮させるものである。

環境改善効果を付加できる材料として、図-1に示すブロック系のコンクリート二次製品、石材や貝殻等を詰めた蛇カゴ、産業副産物を活用した再生資源材、底質改良材などがあり、これらを防波堤や護岸等の構造物や底質土砂への適用が想定される。

適用したイメージとしては、防波堤の津波対策として、背後のマウンドの嵩上げを行う際に海藻の生育が可能となった深度に、藻場が形成しやすい形状や材質のブロックを付加（図-2）、既設護岸の高潮対策として、護岸天端の嵩上げを行うとともに、護岸の沖に潜堤を設け、潜堤と護岸前までの間に浚渫土砂等を入れた浅場を付加すること（図-3）等が考えられる。



図-1 環境改善効果を付加できる材料の種類

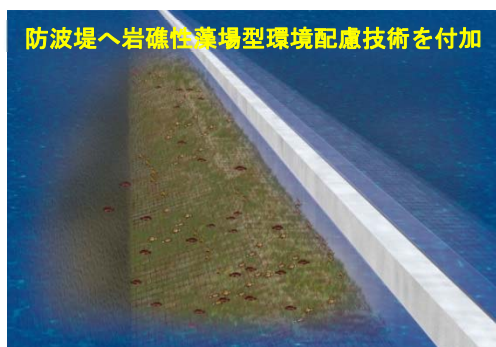


図-2 防波堤への適用イメージ

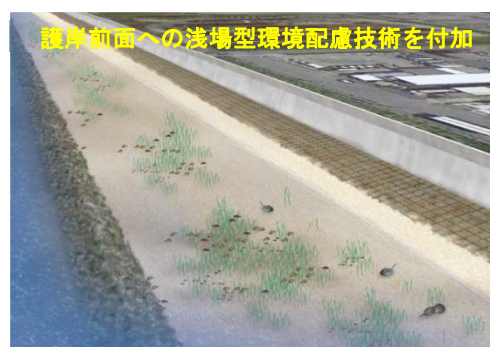


図-3 護岸への適用イメージ

防波堤の現況断面では、津波の際に沈下や倒壊が懸念されており、基礎マウンドの嵩上げや、被覆石の増量が検討されている。このマウンドの設置深度が生物生息に適切な深度となるため、この部分に、海藻が着生しやすい被覆石や魚が付きやすい構造体を設置することで、生物の生息が期待できる。検討時の留意点を表-1にまとめた。

表-1 検討時の留意点

視点	留意点
基盤の勾配や地盤高	基礎マウンドの嵩上げにより、藻場の着生に適した地盤高に基盤が設置される。
波浪や流状	事前の調査から、同程度の水深の磯に植物や魚類がっていたことから、適した波浪条件にあると考えられる。
使用材料	・粒径は、安定した着生基盤がえられる礫が妥当と考えられる。 ・海藻が着生しやすいよう、表面に凹凸のあるブロックや、鉄分を多く含んだスラグといった材料から成る人工石などを用いるのが妥当と考えられる。
生物生息のための工夫	・隙間や影になる部分を持った構造体の設置も有効であると考えられる。

4. 1. 3 防災・減災機能への影響の検討

本検討断面においては、防波堤におけるマウンドの被覆石もしくは被覆ブロックを藻場が生育しやすい材質や形状にすることを基本としており、防災・減災施設の断面に大きな変更を加えることは無いことから、防災・減災機能への負の影響は無いものと考えられる。

4. 2 海岸における断面構造の検討

4. 2. 1 方向性（目標）

対象とした海岸の沿岸部では、定置網やタコ漁などが行われており、護岸整備にあたって、環境に配慮した整備が必要だと考えられる。また、検討している護岸の堤前波高は2m程度と藻場に適度な波浪条件であり、周辺に藻場も見られることから藻場の生育に必要な環境条件が整っている。以上のことから、水産協調及び環境保全に資することを目標に「岩礁性藻場型」の環境配慮施設の付加を検討する。

4. 2. 2 環境配慮付加断面のイメージ

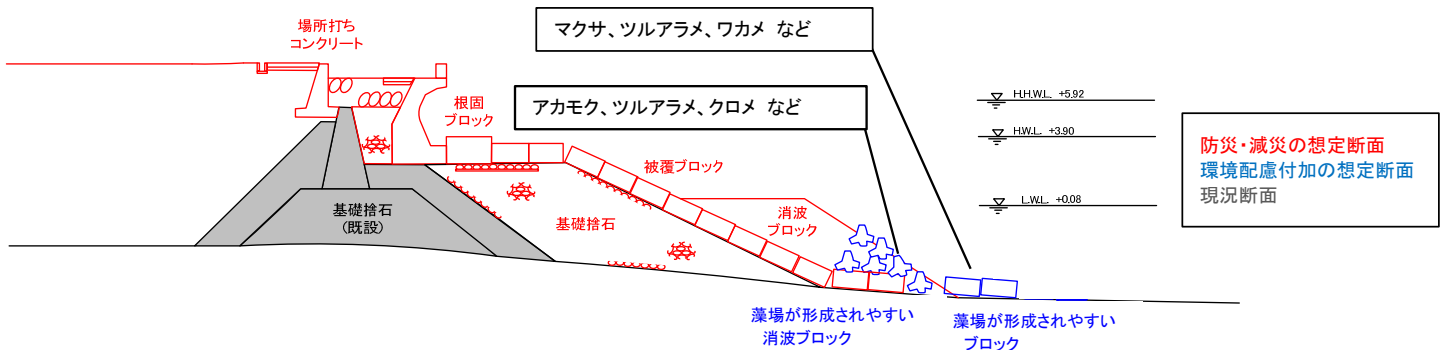


図-7 環境配慮付加の想定断面図

環境配慮付加のイメージを図-7に、検討時の留意点を表-2に示した。

既設護岸の高潮対策として、護岸天端の嵩上げを行うとともに、前面に消波ブロックの設置を検討している。この消波ブロックのうち、藻場が形成されやすい水深となる潮間帯から潮下帯の消波ブロックに、藻場を形成しやすい形状や材質の消波ブロックを用いる。

また、周辺の水産資源の増殖を促進するように法尻に海藻が付きやすいブロックを設置することも有効であると考えられる。

表-2 検討時の留意点

視点	留意点
基盤の勾配や地盤高	・藻場が形成される潮間帯から潮下帯の消波ブロック箇所に基盤を配置可能である。 ・藻場帯の勾配は1:1.5程度と急になることが予想されるが、付近の藻場でも同程度の勾配の箇所に海藻は着生しており藻場の形成が期待される。
波浪や流状	・堤前の波高は、2m程度と高く、藻場の形成に適している。
使用材料	・消波ブロックとしての機能を損なわないよう十分な強度と重量を持った材料を選定する必要がある。 ・海藻が着生しやすいよう、表面に凹凸のあるブロックや、鉄分を多く含んだスラグといった材料から成る人工石などを用いるのが有効と考えられる。
生物生息のための工夫	・海藻のみでなく、周辺での重要な水産物の増殖に役立つよう、藻場ブロックや漁礁を消波ブロックの法尻に設置することが有効と考えられる。

4. 2. 3 防災・減災機能への影響の検討

本検討断面においては、防災・減災施設の消波ブロックを海藻が生育しやすい材質や形状に変更することを基本としており、防災・減災の断面に大きな変更を加えることは無いことから、防災・減災機能への負の影響は無いものと考えられる。また、法尻に海藻が付きやすいブロックを置いたことで、消波ブロック前面の洗掘が防止されることも期待できる。

4. 3 有効性と有用性の評価

事業実施にあたっては、一般的に費用便益分析により費用対効果を明確にすることが必要となる。しかし、環境改善効果を便益として貨幣換算する手法が十分には確立されていないのが現状である。また、港湾・海岸施設において、「粘り強い構造」の導入が始まったばかりであり、防災・減災対策に環境付加技術を採用した案件は、全国的にほとんど無いものと思われる。

表－3 環境配慮付加施設の有効性評価のカテゴリー

以上のことから、防災・減災対策に環境配慮付加する技術の適用性を検討するにあたって、類似の実証試験例を参考に、定性的な評価を試みることにした。

カテゴリー	内容
生物生息機能	・生物の量や種の多様性の増加が見込めるか。 ・稚仔魚の生育場の提供が見込めるか。
水質浄化機能	・二枚貝による過や海藻による栄養塩吸収といった水質浄化効果が見込めるか。
水産機能	・水産有用種の増殖や保全に寄与することが見込めるか。
親水機能	・潮干狩りや散歩などへの利用など、親水性を高めることが見込めるか。
防護補助機能	・リーフや浅場による消波効果など、環境配慮施設の設置により、付随的な防護機能が見込めるか。
経済性	・防災・減災技術へ経済的に付加が可能であるか。

環境配慮付加施設を設置する

ことにより期待する効果を、表－3のカテゴリーに着目して評価を行った。また、この有効性の評価結果をもとに、地域が受けると考えられる恩恵（有用性）について整理を行った。有効性と有用性の評価結果を表－4に示す。

表－4 環境配慮付加による有効性・有用性の評価

	ケース1 港湾施設 (防波堤への岩礫性藻場型環境配慮施設の付加)	ケース2 海岸施設 (護岸前面での岩礫性藻場型環境配慮施設の付加)
有効性の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・生物生息機能が得られることが期待される。 ・設置を予定していた被覆石の形状等を変更するだけなので経済性に優れる。 ・防御補助機能については被覆石の形状等を変更するだけなので見込めない。 ・生物が生息するため水質浄化機能や水産機能が得られることも期待できる。 ・設置箇所は潮下帯になるため直接的な親水機能は得られない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生物生息機能が得られることが期待される。 ・防御補助機能として、防波堤法尻にブロックを配置することで洗掘を防止されることが期待できる。 ・海藻のつきやすいブロックの設置により費用がかかるが、本来の防災断面の材料の変更による部分が大きく、費用増は軽微と考えられる。 ・設置箇所は潮下帯になるため直接的な親水機能は得られない。
有用性の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・水産有用種が増加することにより、地元水産業振興の一助となることを期待される。 ・生物の増加や水質浄化機能の向上により良好な海域環境が保全されることが期待される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水産有用種が増加することにより、地元水産業振興の一助となることを期待される。 ・生物の増加や水質浄化機能の向上により良好な海域環境が保全されることが期待される。

5. おわりに

港湾・海岸施設の防災・減災対策における環境配慮付加技術の適用性の検討を行った。本文では、ケーススタディーとして2つの検討ケースを紹介し、有効性・有用性の評価を行った。両ケースとも、防災・減災対策で設置するブロックの形状等を変えることを基本としており、コスト増をおさえた環境付加を行うことができるものと考えられる。また、生物生息機能等については、類似の事例から効果が期待できると考えられるが、実施事例が殆ど無いことから、実証試験により効果を検証し、今後の事業実施へとつなげていくことが必要であると考えられる。