

老朽化護岸の補強対策工における生物生育環境の創出効果について

高星 誠也¹

¹ 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 設計室 (〒221-0053 神奈川県横浜市神奈川区橋本町 2-1-4)

全国の護岸等のうち、既存施設の老朽化が顕在化しつつある。耐震対策の施されていない民有護岸は、大規模地震時に航路を閉塞し、物流機能を阻害する懸念があるが、大規模な工事で費用がかかるため、耐震対策が進んでいないところである。関東地方整備局では、民有護岸の耐震化促進の一助となるべく、老朽化護岸の耐震化のモデルケースとして、リサイクル材を活用した補強対策を施し、生物生息場の機能を併せ持つ生物共生型の護岸を提案し、試験的に整備した。本紙では、整備対象地区で継続して行っているモニタリング調査の結果を踏まえて、補強対策工による耐震機能の向上と環境改善効果について報告する。

キーワード 耐震対策, 民有護岸, リサイクル材, カルシア改質土, 生物共生型護岸

1. 概要

全国の護岸等のうち、築造年数50年以上を経過した施設や築造年数が不明な施設は2035年頃には約70%に達すると見込まれており、既存施設の老朽化が顕在化している。¹⁾東日本大震災では、民有護岸が被災し、航路に土砂が流出したことにより、長期間にわたって船舶交通に支障が生じ、緊急物資等の輸送に影響を及ぼした。(図-1)

しかしながら、耐震改修およびその前提となる耐震性調査は、事業活動に少なからず影響を及ぼし、かつ多額の資金が必要となる一方で、護岸等は収益等に直接結びつく施設でないため、耐震対策が進んでいないところである。ソフト対策としては、民間事業者が所有する護岸の耐震改修を促進し、大規模地震発生時の航路機能を確保するため、2014年の税制改正と港湾法の改正により、特定技術基準対象施設の耐震改修に対する法人税の特別措置および民有護岸等の耐震改良のための資金の無利子貸付制度が創設されている。

また、我が国の港湾施設は河川の河口部に建設されることが多く、河川から流下する大量の泥土が、泊地や航路に堆積し、維持浚渫工事に伴う大量の浚渫土が発生している。浚渫土は、土工用材料としてのリサイクルが望まれているが、強度が小さく圧密沈下も大きいため、そのままではリサイクルは困難であり、土砂処分場や埋立地に投入処分されることがほとんどである。このような背景のもと浚渫土に、銑鉄製造段階で副生される転炉系製鋼スラグを混合し、一定の強度を発現するリサイクル材「カルシア改質土」の開発が進められてきた。カルシア改質土は実験レベルでその有用性が確認されているが、実海域で確認された例は少ない。

関東地方整備局では、老朽化した民有護岸の耐震化促進とリサイクル材の効果的な活用という2つの社会的課題に対して、カルシア改質土等のリサイクル材を補強対策工に活用しつつ、付加価値として生物生息場の機能を併せ持つ生物共生型護岸をモデルケースとして提案し、2017年から千葉県の本木津沖で実証実験を行っている。現在、対象地区で生物生育状況および施設の健全性について経年的なモニタリング調査を行っている。(図-2)

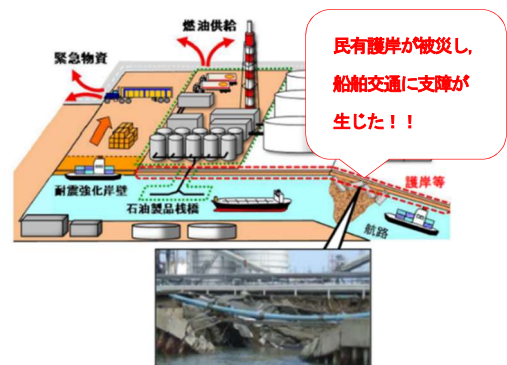


図-1 民有護岸の被災に伴う船舶交通への支障



図-2 対象位置図

2. 補強対策工の検討

補強対策の基本方針として、既設護岸に対し耐震機能の向上と環境改善効果を付与すること、さらにリサイクル材を活用することを目的として検討を行った。検討段階で抽出された補強対策断面から耐震性、環境改善効果、経済性および施工工期などを総合的に評価し、**図-3（右図）**に示す断面形状とした。

(1) 耐震機能の向上

護岸が地震等によって被災し、航路を閉塞することが生じず、かつ有事の際の緊急輸送物資の停滞や近隣港湾の入港・出港が困難となることが生じない耐震性能の確保を想定し検討した。

現況断面を現在の設計基準で永続状態・変動状態（L1地震動）に対する安定性の照査を行ったところ、前面の矢板や控え工などの一部の部材が許容値を満足しない結果となった。そこで、安定性確保のための補強対策として、護岸の受動抵抗の増加を見込んで護岸前面にカウンター工を設置した**図-3（右図）**の断面形状を対象に再度、安定性の照査を行ったところ、各部材ともに永続状態・変動状態における許容値を満足する結果となった。

(2) 環境改善効果

東京湾奥部の水質・底質等は高度経済成長期からは改善傾向にあるものの、海水の富栄養化などによる赤潮、それに伴い発生した貧酸素化による青潮がしばしば発生している現状である。港湾の自然再生の観点から、**図-4**に示すような港湾構造物の機能を有しながら、生物共生と環境改善の効果が見込める護岸構造を「生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン」²⁾に基づき検討した。

構造形式を藻礁や魚礁となるブロックを設置し、多様な生物の生息を期待する被覆形式のブロックタイプとし、浅場の地盤高さは、東京湾周辺における既往の調査結

果や事例を鑑み、光条件、塩分およびDO（溶存酸素量）から藻場の形成が期待できる地盤高さ（A.P.-1.50m程度）を設定した。また、護岸の前面に港湾築堤マットを用いることで、人工漁礁や稚魚や稚貝の育成礁としての効果を期待した。浅場造成の中詰材には、カルシア改質土を用いた。「港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル」³⁾に基づき、浚渫土とカルシア改質土の配合計画を検討し、設計基準強度を設定した。（**図-5**）

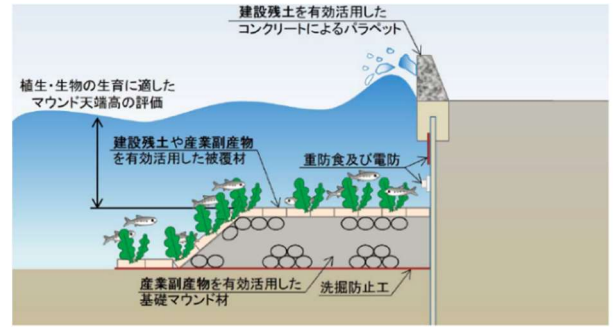


図-4 生物共生型港湾施設の例



図-5 カルシア改質土について

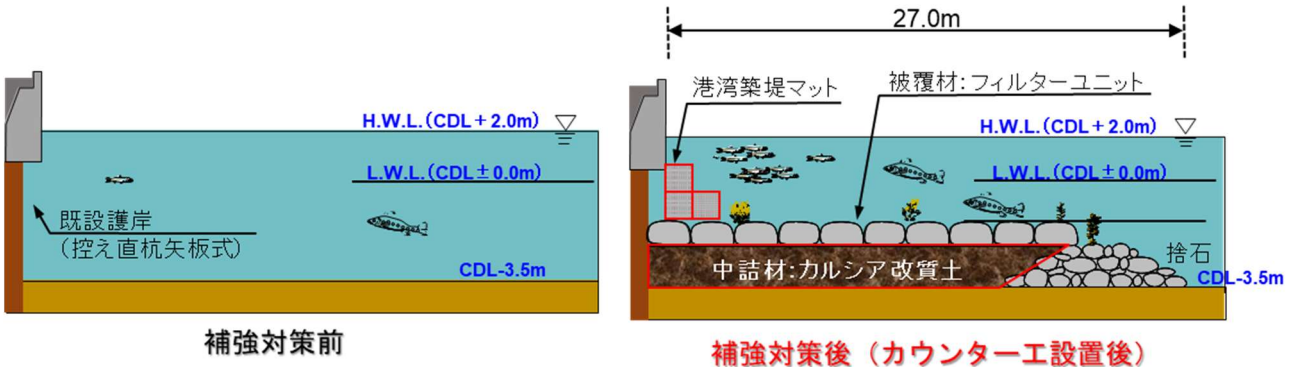


図-3 補強対策断面図（左図：補強対策前 右図：補強対策後）

3. 検討対象護岸の概要

本実証実験の対象護岸の概要を下記に記す。

○ 実証実験対象護岸（写真-1）

- ・対象位置：千葉県木更津沖
- ・対象護岸延長：約45m
- ・設計水深：AP.-6.50m
- ・護岸形式：控え直杭矢板式護岸
- ・築造年：1980年（昭和55年）
- ・潮位：H.H.W.L. A.P.+2.75m
 : H.W.L. A.P.+2.00m
 : L.W.L. A.P.±0.00m



写真-1 実証実験対象護岸正面（2016年撮影）

4. モニタリング調査

2017年に当該施設を設置後、2019年に至るまで、対象地区の継続したモニタリング調査を行っている。調査の目的は、補強対策に伴う浅場造成によって生物生育環境への効果、カルシア改質土による環境影響および生物生育状況および整備施設の健全性について把握するためである。

(1) 水底等状況調査・付着生物調査

補強対策に伴う浅場造成によって創出される生物生育環境の効果を把握するため、ダイバーによる目視・写真撮影および間欠撮影カメラを4季に渡って24時間ずつ設置した。また、対象範囲に50cm×50cm方形枠を設置し、ダイバーにより枠内の構造物等に付着している生物を剥ぎ取り、採取し出現種について調査した。調査の結果、植物の種類数は整備前から20種類程度の増加が確認された。（図-6）また、2019年の調査ではワカメとアカモクなどによる大規模な藻場が整備後、初めて観測され

た。（写真-2）動物の種類数も整備前と比較し、20種類程度の増加傾向である。浅場造成による生育環境への効果が窺える。

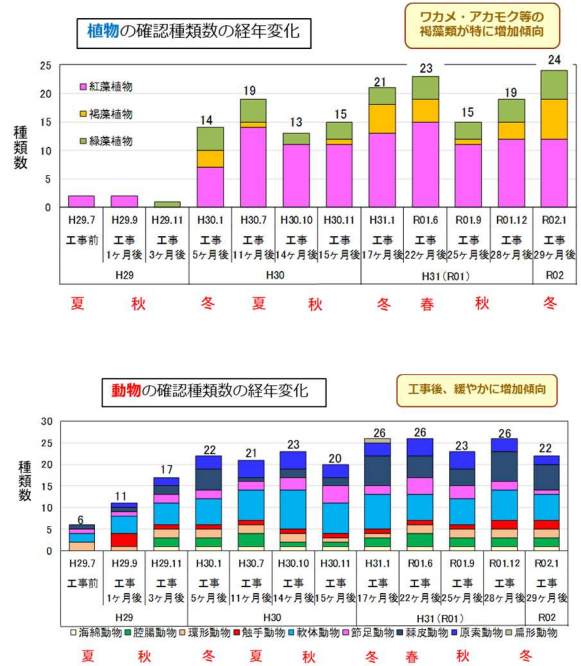


図-6 水底等状況調査（目視観察）の経年の調査結果

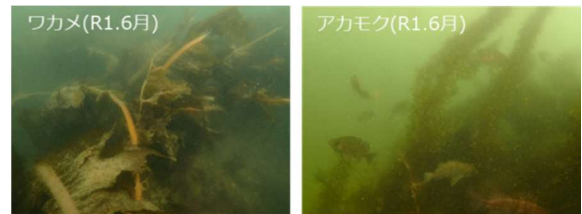


写真-2 水底等状況調査

(2) 水質調査・有用水産生物調査

カルシア改質土を用いたことによる重金属等の有害物質溶出の有無を把握するため、採水を行い水質分析を行った。また、有用水産生物を採取および分析し、重金属

等の有害物質の含有量について調査を行った。各調査は、整備を行った施工区と整備の影響が無いと想定される対照区での調査結果を比較した。

水質分析結果については、2017年の設置以降、水質基準値を超えた項目はなく、2019年の調査についても施工区および対照区ともに全ての水質検査項目で基準値以下であり、施工区と対照区で大きな数値の差は見られなかった。(表-1)

表-1 水質調査結果 (令和元年度調査結果)

分析項目	報告下限値	施工区	対照区	基準値
カドミウム	0.003mg/L	<0.0003	<0.0003	0.003mg/L以下
全シアン	0.01mg/L	<0.01	<0.01	検出されないこと
鉛	0.001mg/L	<0.001	<0.001	0.01mg/L以下
六価クロム	0.005mg/L	<0.005	<0.005	0.05mg/L以下
塩素	0.001mg/L	0.001	0.001	0.01mg/L以下
遊水銀	0.0005mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0005mg/L以下
アルキル水銀	0.0005mg/L	<0.0005	<0.0005	検出されないこと
PCB	0.0003mg/L	<0.0003	<0.0003	検出されないこと
ジクロロメタン	0.002mg/L	<0.002	<0.002	0.02mg/L以下
四塩化炭素	0.002mg/L	<0.0002	<0.0002	0.002mg/L以下
1,2-ジクロロエタン	0.0004mg/L	<0.0004	<0.0004	0.004mg/L以下
1,1-ジクロロエチレン	0.01mg/L	<0.01	<0.01	0.1mg/L以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.004mg/L	<0.004	<0.004	0.04mg/L以下
1,1,1-トリクロロエタン	0.1mg/L	<0.1	<0.1	1mg/L以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.0006mg/L	<0.0006	<0.0006	0.006mg/L以下
トリクロロエチレン	0.001mg/L	<0.001	<0.001	0.01mg/L以下
テトラクロロエチレン	0.001mg/L	<0.001	<0.001	0.01mg/L以下
1,3-ジクロロプロペン	0.0002mg/L	<0.0002	<0.0002	0.002mg/L以下
チオラム	0.0006mg/L	<0.0006	<0.0006	0.006mg/L以下
シロジン	0.003mg/L	<0.003	<0.003	0.03mg/L以下
チオバクカルブ	0.002mg/L	<0.002	<0.002	0.02mg/L以下
ペンゼン	0.001mg/L	<0.001	<0.001	0.01mg/L以下
セレン	0.001mg/L	<0.001	<0.001	0.01mg/L以下
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	0.02mg/L	<0.02	<0.02	10mg/L
1,4-ジオキサン	0.005mg/L	<0.005	<0.005	0.05mg/L以下
ほう素	0.1mg/L	32	3	-
鉛素	0.08mg/L	1.0	1.0	-
ダイオキシン類	-pgTEQ/L	0.076	0.073	1pg-TEQ/L以下

注1: ■は報告下限値未満を示す。
注2: 基準値は「水質汚濁に係る環境基準について」(昭和46年環境省告示第59号)の「別表1 人の健康の保護に関する環境基準」を示す。

2019年の有用水産生物の調査結果については現在、分析中であるが、過年度までの調査の結果からは、問題となるような値は検出されておらず、設置前からの著しい値の増加も見られていない。また対照区の値との顕著な差も見られていない現状であり、重金属等の有害物質の溶出の影響はないと言える。

(3) 健全度調査

補強対策を行った施設についてダイバーによる目視調査を行い、施設の健全度について評価した。

2019年の調査結果では、千葉県木更津市で最大瞬間風速49.0m/sを記録した台風15号の影響などから、一部の港湾築堤マットの沖側への傾斜と0.5mから1m程度の移動、また、根固め用袋材の破損が見られたが、施設全体構造としての変状は見られない。「港湾の施設の点検診断ガイドライン」⁴⁾に基づき、変状はあるが、施設の性能の低下がほとんど見られない状態と評価した。(写真-3)



写真-3 健全度調査による施設の健全度状況

5. おわりに

老朽化した民有護岸の耐震化促進の一助となるべく、リサイクル材を用いた護岸の耐震性向上に併せて、生物生育環境の創出効果や環境改善効果が見込まれる生物共生型護岸を提案、そして試験整備を行い、試験整備後の環境影響についてモニタリング調査を行った。

モニタリング調査の結果、整備前と比較すると、施工区では、多くの藻類、底生生物、魚類が確認され、特に魚類は様々な種類の魚が確認されている。補強対策による浅場の造成によって生物の餌場や生息場が形成され、生物生育環境が創出されたといえる。(図-7)

今回の試験整備とモニタリングによって耐震性と環境改善効果を併せ持つ生物共生型護岸の社会的な価値を示すことで、老朽化した民有護岸の耐震対策が進むことが大いに期待される。生物生息環境や環境への影響を引き続きモニタリング調査で確認していくことが重要だと考える。

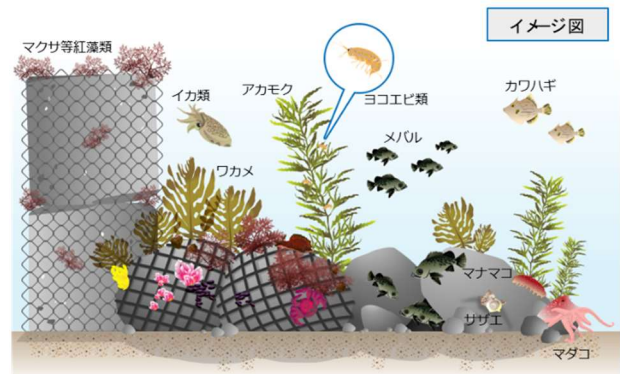


図-7 対象施設の生物生育環境イメージ

参考文献

- 1) 「海岸保全施設維持管理マニュアル 平成30年5月」 国土交通省 港湾局
- 2) 「生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン 平成26年7月」 国土交通省 港湾局
- 3) 「港湾・空港・海岸等におけるカルシウム改質土利用技術マニュアル 平成29年2月」 (一財) 沿岸技術研究センター
- 4) 「港湾の施設の点検診断ガイドライン 平成26年7月、平成30年6月一部変更」 国土交通省 港湾局