

# 新型離岸堤設置から30年、これまでの 施設効果と今後の課題

橋本大資<sup>1</sup>

<sup>1</sup>静岡河川事務所 海岸課（〒420-0068 静岡市葵区田町3-108）

駿河海岸および富士海岸（蒲原工区）では直轄化以降、波浪対策および侵食対策として、堤防・消波堤およびブロック式離岸堤等による対策が進められていたが、近年は維持管理の観点から、離岸堤形式を有脚式離岸堤に替えて整備し、これまで両海岸で計14基の設置が完了している。波浪低減効果に加え、汀線安定化効果や漁礁効果など、当初期待した効果が確認されている一方、いくつかの有脚式離岸堤においては函体や鋼管杭等の損傷が確認されている。そこで、有脚式離岸堤の現状について既存資料を基に整理・考察し、今後の運用における課題を提示する。

キーワード：有脚式離岸堤、維持管理、洗掘、鋼管杭

## 1. はじめに

駿河湾は、最も深いところで水深2、500mにも達する日本有数の急峻な湾であり、その湾口は太平洋に向かって南側に位置している。そのため、昔から台風などの高波浪が減衰せずに進入しやすいという特徴を有している。

そのため両海岸とも古くから幾度となく被災を受けており、駿河海岸では昭和36年9月の室戸台風を契機に昭和39年より直轄海岸に指定され、また富士海岸（蒲原工区）は昭和41年9月の台風26号による大災害を契機に昭和42年より直轄に指定され、それぞれ海岸保全施設整備事業が進められてきた。当初は堤防整備を主に進め、昭和40年代後半からは消波堤、昭和50年代からはブロック式離岸堤の整備に着手している。

昭和60年代に入り、社会的な親水・海洋性レクリエーション需要が増大したことから、海岸環境を保全しつつ、越波及び侵食防止の国土保全機能をあわせ持った海域制御構造物を開発設置し、沿岸域に創成される多目的利用空間を行動に活用していく、マリン・マルチ・ゾーン（MMZ）計画が立ち上がった。このような背景のもと、当時越波・侵食の対策を進めていた駿河海岸および富士海岸（蒲原工区）では、全国に先駆け有脚式離岸堤が導入されることとなった。

有脚式離岸堤は、ブロック式離岸堤に比べ初期用は割高となる一方、沈下・転出に強い耐性を持ち、ブロック式と比べ維持管理費が大幅に低減できることから、トータルでは経済性に優れるとされていた。しかしながら近年、想定外の損傷が複数箇所の有脚式離岸堤において見つか

り、対応を余儀なくされている。このため、有脚式離岸堤の現状について、これまでの整備状況やその効果、施設の点検結果、被災の状況と補修実績等を基に整理・考察し、今後の運用における課題を提示する。

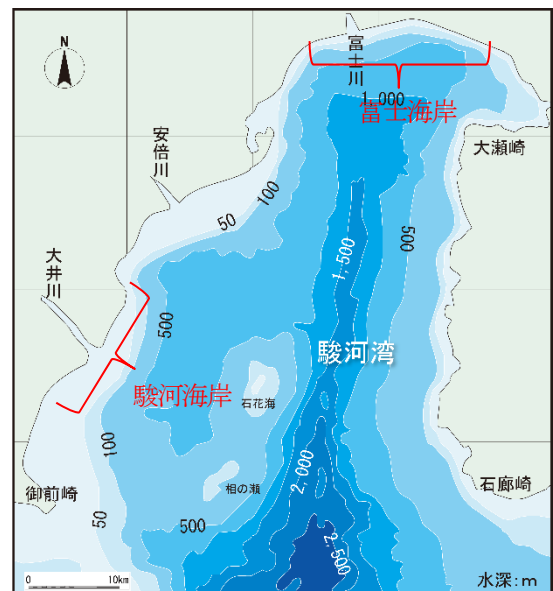


図-1 駿河海岸・富士海岸（蒲原工区）位置図



### 3. 有脚式離岸堤の効果

#### (1) 駿河海岸の地形変化

図- 3. 27に、昭和58年2月の断面地形を基準とした各測量時期における変化土量、各時期における養浜量と養浜量の累計、および有脚式離岸堤施工時期を示す。海域と陸域の土量変化傾向は比較的一致しており、ともに平成6年頃までは増加傾向であったが、その後平成16年まで侵食傾向となる。これは、平成6年度から平成7年度にかけて養浜投入が中断され、平成8年度以降も投入量が減少したことが要因であると推察される。また平成17年からは一転して急激な堆積傾向となっており、合計で見ると約4.6万m<sup>3</sup>/年の速度で堆積が進行している。これは、平成16年度から継続的にまとまった量の陸上養浜が実施されたこと、CALMOSの整備が完了し、対象海域の静穏度が向上したことによるものと推察される。

昭和58年から平成19年までの総養浜量は、陸上養浜のみで約100万m<sup>3</sup>、海上養浜も含めると約132万m<sup>3</sup>に上る。これに対し、昭和57年地形に対する地形変化量は合計約25万m<sup>3</sup>である。この変化量が有脚式離岸堤のみで実現できる訳では無論ないが、一方で離岸堤整備前後における変化量に着目すると、昭和60年代に見られる急激な乱高下は、平成に入り離岸堤の整備が進むにつれ穏やかなものとなっており、一定の効果が発揮されているものと考えられる。

なお、前述のように養浜の中断により顕著な減少が生じるが、安定的な養浜量の確保は侵食対策の大前提であり、有脚式離岸堤の効果とは分けて考えるべきである。

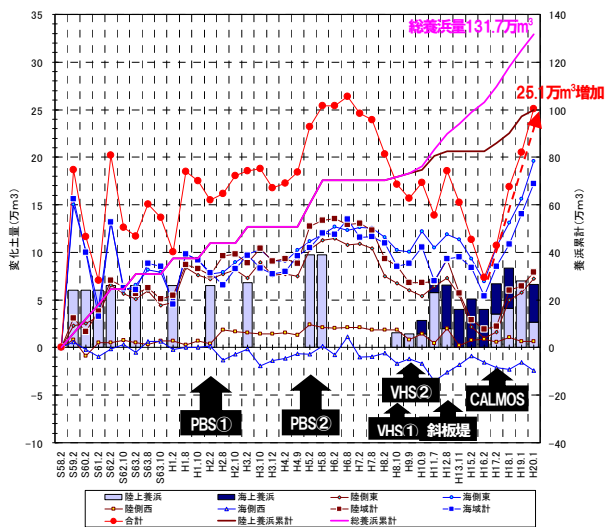


図-4 駿河海岸の地形変化

#### (2) 富士海岸(蒲原工区)の地形変化

図- 3. 39に、昭和58年2月の断面地形を基準とした各測量時期における変化土量と有脚式離岸堤施工時期、お

よび各時期における養浜量を示す。有脚式離岸堤の設置以降、陸側で土砂が徐々にではあるが増加傾向となっていることがわかる。また、H9.2およびH17.2において変化量が突出しているが、No.99において断面増加が確認できる(図- 3.40)。H17.2に関しては養浜の効果ともとれるが、養浜を実施していないH9においても同程度の堆砂が生じており、堆積要因についてははっきりしない。また近年の養浜が実施されていない状況下においても、顕著な土量変化は見られず一定の範囲を上下している。これを有脚式離岸堤のみの効果と見るのは早計であるが、急激な土量変化を抑制している点においては評価できるものと考えられる。

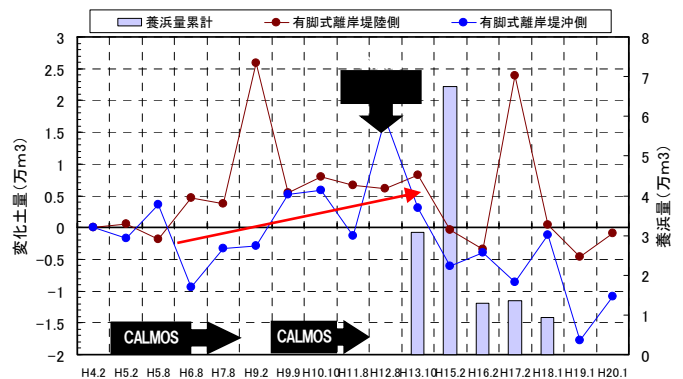


図-5 蒲原工区の地形変化

#### (3) 環境・利用面の効果

既往の調査により、多様な生態系が創成されていることが確認されている。また、今年度目視調査においても、様々な生物が確認されており(表- 3.26)、構造物による漁礁効果や静穏息の創出により、良好な生物環境が創出されていることが伺える。また、海岸形状の安定化が図られたことで、レジャー・スポーツ・レクリエーションでの利用が広がり、イベント会場としての利用も年々増加している。



図-6 設置から数年が経過した離岸堤の状況



図-7 蒲原工区におけるイベント開催状況(ビーチフェスタinかんばら)

#### 4. 有脚式離岸堤の被災

##### (1) PBS工法の杭破断（平成22年度）

平成22年2月、駿河海岸第一離岸堤（PBS）において4本の鋼管杭に損傷が発見された。平成22年12月の追加調査では別の3本の杭でも亀裂が見つかった。

損傷箇所は初期（昭和62年度）に施工された鋼管杭36本の内の7本で、損傷箇所は全て設計最大洗掘水深（計算により求めた海底地形が最も低くなる位置）であり、鋼管杭の継目箇所（接合面）であった。既存の情報から推定される被災メカニズムは以下のとおりである。

- ① 元々の設置地盤が1m程度低い状態であった（計画地盤T.P. -7.0m、施工時地盤T.P. -8.0m）
- ② 洗掘により接合面が海中に露出、その状態で繰り返し波力が接合面に長期間に渡り作用した
- ③ 巻き上がった海底土砂によるサンドブラストで部材厚が摩耗し低減した
- ④ 繰り返す波力に摩耗した鋼管が耐えきれず部分的に亀裂が生じる
- ⑤ 腐食が広がり、断面方向に亀裂が拡大、損傷に至る

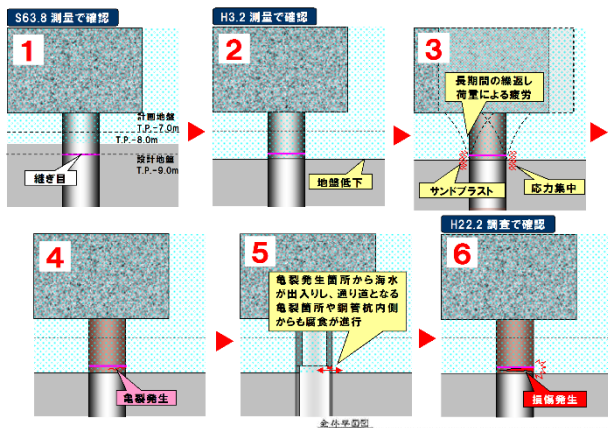


図-8 PBSの被災メカニズム

##### (2) CALMOS工法の杭破断（平成23～25年度）

平成23年・24年の台風後に発見された損傷について、「駿河海岸有脚式離岸堤損傷に関する対策検討委員会」の指導、助言を得て補修方法を平成25年3月に決定し、平成25年台風期までに対策工事を施工、完了させる予定であった。補修工事のうち、最初に施工する杭の沈下防止対策工が、当初想定した地盤条件よりさらに悪い状態であったため、その対応の検討と工法見直しに時間を要し、予定した補修工事が完了できず、平成25年9月16日台風18号による高波を受けさらに損傷が拡大した。

被災メカニズムは、設計波相当の高波浪が作用し、不同沈下による歪みが発生した状態の部材に、さらに高波浪が作用し、水平消波版や仮受杭がジャケットを拘束したために鋼材（水平ブレース等）が破断したと推察される。

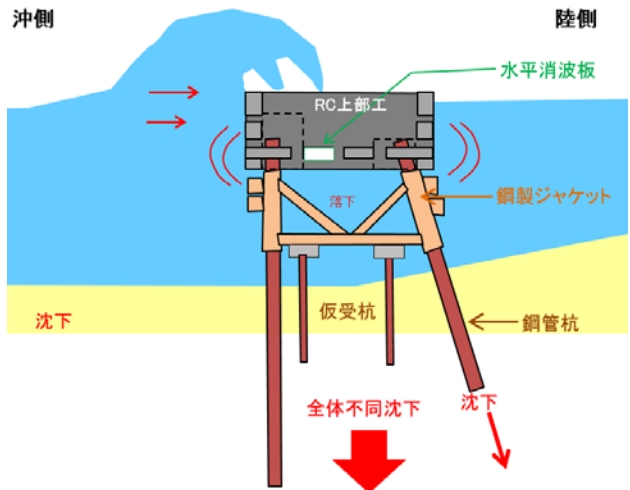


図-9 CALMOSの杭破断メカニズム

##### (3) CALMOS工法の水平消波板損傷等（平成29年度）

駿河海岸では、台風21号の影響により10月22日から各地で波が高くなり、特に台風が接近した23日には観測史上最大の有義波高、瞬間最大風速を、潮位を観測した。

これにより、駿河海岸に設置した複数の有脚式離岸堤が被災を受けた。PBS工法では、全12函体(L=155.7m)の内、西側から1函目の鋼管杭（沖側から2列目）及び鋼製枠、並びに築堤マットが沈下した。CALMOS工法では、2基のうち1基は水平消波版の損傷と築堤マットの沈下が確認され、もう1基は鋼製ジャケットの水平ブレースに8mmの破断が確認された。

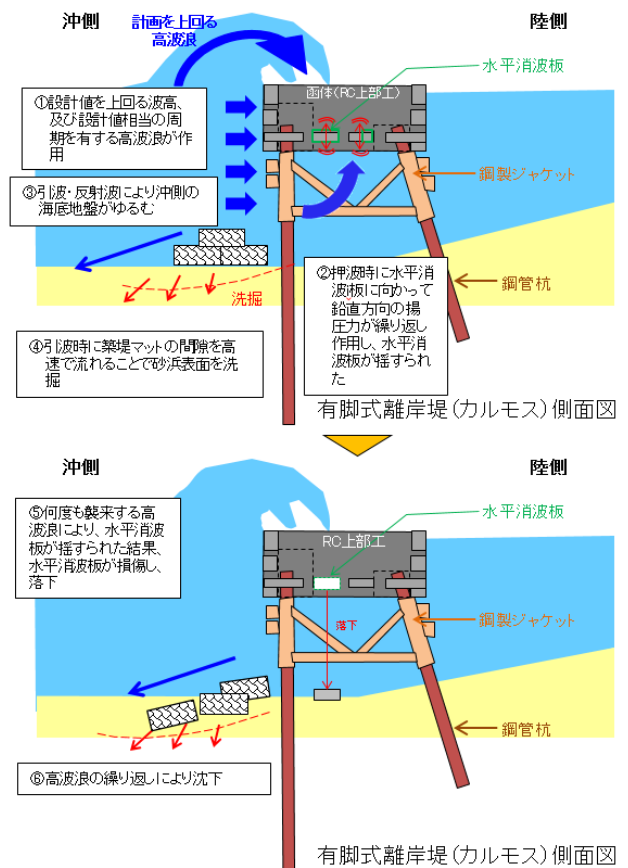


図-10 CALMOSの水平消波板損傷の経緯

#### (4) 洗掘の発生と鋼管杭腐食の進行

現地調査において、有脚式離岸堤近辺の地形(海底面)が周囲よりも低くなっている箇所があり、鋼管杭を調べたところ、地形変化が大きい西端(函体①)の沖側の鋼管杭において顕著な腐食が確認された。

設計上、鋼管杭の大部分は土中に存在することから、海中に比べて腐食速度は低いものとし、土中部は0.03mm/年、海中中部は0.10mm/年に相当する腐食代を予め鋼管厚に含めている。

顕著な腐食が確認された箇所は海中中部よりも深い所に位置しており、本来は土中にあるべき部分である。

このことから、腐食が顕著な箇所においては、著しい地形変化により広い範囲で鋼管杭が海中に露出し、長期に渡り晒されることで腐食が過度に進んだものと推察される。

また、海中に露出することで電気防食の作用範囲に含まれることも考えられるが、既設の陽極(アルミ合金)に顕著な消耗が見られないことから、腐食箇所は防食作用範囲外に位置していたものと見られる。

当該案件は杭の露出が見られた函体①を中心に調査を実施したが、函体②～⑨付近にかけても地形の変異が見られることから、更に広い範囲で腐食が加速した可能性は否定できず、次回調査時には対象範囲を拡大し点検を実施する。

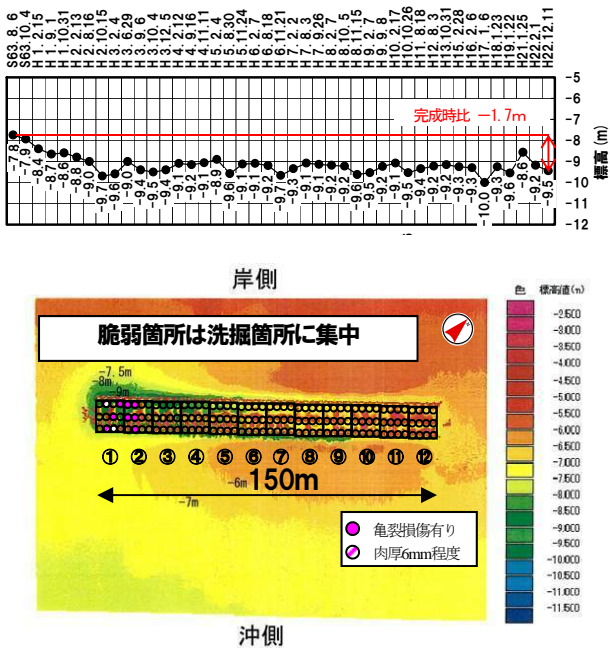


図-11 CALMOS周辺の地形変化と鋼管杭の老朽化状況

#### 5. 有脚式離岸堤の課題

有脚式離岸堤がその効果を発揮し続けるためには、本体部分が健全であることは勿論のこと、それを支える杭(鋼管)が健全であることが必須である。

これまでに整備された有脚式離岸堤においても、被災の多くは杭やそれに接するジャケット等の鋼管部分に集中している。

従来の考えでは、有脚式離岸堤を構成する鋼管は電気防食と腐食代の確保により対処可能としていたが、局所洗掘に伴う腐食加速の事例を鑑みるに対応としては不十分であり、近辺の地形変化や被災事例を踏まえつつ、電気防食の範囲の拡大や脚部の洗掘防止対策を実施することが重要となる。

また、既設の有脚式離岸堤においては、周辺地形の変化を適切に調査すると共に、各離岸堤の杭設置時の状況を踏まえてその変化を評価し、必要に応じて鋼管の劣化・損傷点検を実施することで、より早く問題箇所を特定できると考えられる。

#### 6. おわりに

有脚式離岸堤は必ずしもメンテナンスフリーではなく、コストや整備速度等からもブロック式離岸堤に劣る面がある。また、構造的弱点(接続面や部材厚の変化点)は存在し、超大型台風が毎年のように接近する昨今、その波浪がもたらす繰り返し疲労や海底地形の異常洗掘などにより、被災に至る案件は増加し続けている。

一方で、適切な点検や早期の対策を実施することで、長寿命化を図ることは可能であり、その点では一般的な土木構造物と同様といえる。また、有脚式離岸堤自体の効果は実際に発揮されており、全ての面でブロック式離岸堤に劣るものではない。

今後は、UAVレーザー測量や海中ドローンの積極的な活用などを図り、コストを抑えつつ適切な頻度で調査・点検を実施し効果検証を継続することにより、有脚式離岸堤の適切な運用方法が確立できるものと考えている。