

# 高波から国土を守る新型離岸堤

## 斜面スリット型透過式ケーソン S-VHS 工法

奥田 一弘・土岡 真樹

静岡県焼津市の駿河海岸は波浪による侵食と浸水被害が激しく、海岸保全事業の一環としてこれまでに5つの工法で計8基（1基あたり延長150m）の有脚式離岸堤が整備されてきた。本稿では、その中から、平成25年に整備が完了した離岸堤に採用されたS-VHS工法（以下「本工法」という）を取り上げる。本工法は函体と呼ばれる鉄筋コンクリート製の斜面型の上部工と鋼管杭基礎からなり、函体に設けた複数のスリットによる消波効果で離岸堤背後に静穏海域を創りだす。ここでは、本工法の特徴や施工状況に加えて、太平洋の厳しい海象条件の中で高精度な函体据付を可能にした施工管理システムを紹介する。

キーワード：S-VHS工法、有脚式離岸堤、海岸侵食、浸水被害、海岸保全、システム施工

### 1. はじめに

我が国は四方を海に囲まれた海洋国家であり、海岸線の延長は約3.4万kmにも及ぶ。古来より、人々は200海里におよぶ広大な経済水域を漁業や貿易の場として利用してきた。近年では豊富な海底資源をはじめ、洋上風力や潮流を活かしたクリーンエネルギーの生産の場としても注目されており、今後ますますの海洋空間の有効利用・開発が期待される。その一方で、外洋に面した海岸では、波浪による海岸侵食が年々進行しており、高波等による背後地での浸水被害が多々生じている。

こういった状況を受けて、今から約20年前の平成

4年に、海域制御構造物の開発・設置による国土保全を目的としたMMZ（マリーン・マルチ・ゾーン）計画策定の手引きが作成された。海域制御構造物は沖合に設置される透過性の消波構造物であり、越波および侵食防止機能を有する。その代表的な構造の一つが鋼管杭基礎をもつ有脚式の離岸堤である。我が国有数の侵食海岸であり高波による被害が甚大な静岡県駿河海岸（写真-1）と富山県下新川海岸（写真-2）では、MMZ計画策定以降、有脚式離岸堤が数種の工法によって設置されてきた。

本稿では、駿河海岸の1基、下新川海岸の3基の離岸堤に採用された本工法を取り上げ、駿河海岸での施工事例をもとに工法の特徴や施工方法を紹介する。



（国土交通省静岡河川事務所提供写真を加工）

写真-1 駿河海岸における離岸堤事業



写真-2 富山県下新川海岸の有脚式離岸堤

## 2. 本工法の特徴

本工法は鉄筋コンクリート製の上部工（以下、函体）と鋼管杭基礎からなる（図-1）。函体の前面上部は斜面構造であり、複数のスリットを有する。函体には鋼管杭を挿入・打設するための鋼管（以下、ガイド管）が埋め込まれており、ガイド管と鋼管杭の隙間に海上でグラウトを充填することで函体と杭を一体化させる。

函体に設けた複数のスリットは乱れの発生を促し、波浪の持つエネルギーを消散する（図-2）。また、上部斜面構造は越波・碎波の発生を促し、波浪の持つエネルギーを消散する。これらの効果により、本工法は消波性能（透過率0.6以下，反射率0.5以下）を有する。さらに、斜面構造は函体に作用する波力を分散させ、水平波力を低減すると同時に鉛直下向きの分力によって函体を安定させる（図-3）。

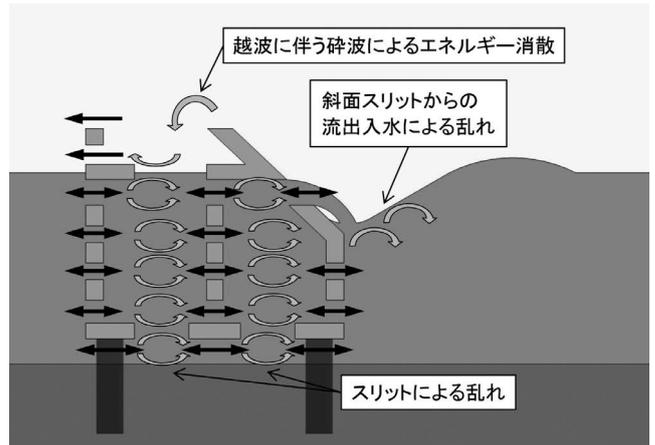


図-2 スリットによる消波メカニズム

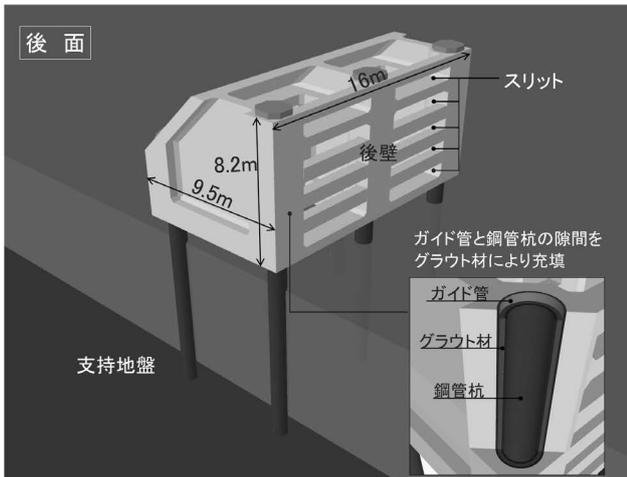
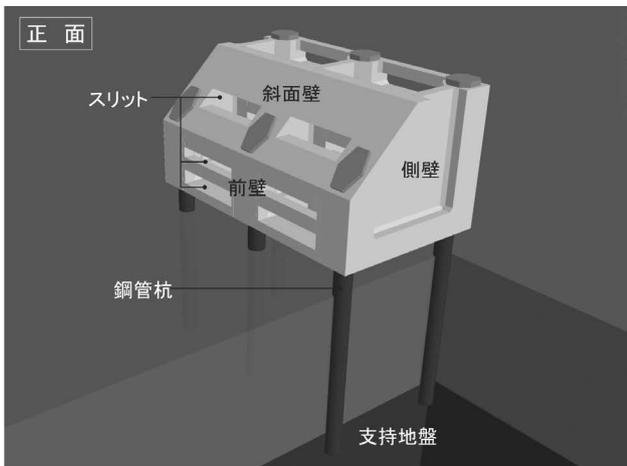


図-1 本工法構造概要

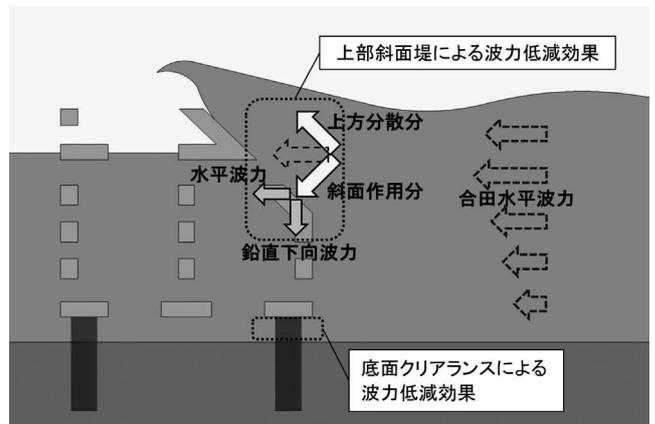


図-3 斜面構造による函体安定効果

本工法は従来型のブロック工法と同等の消波性能を有することに加え、鋼管杭をN値40程度の支持地盤まで打ち込む杭基礎構造であるため、ブロックを用いた従来工法において懸念される離岸堤周囲の洗掘に伴う沈下やブロック散乱による消波性能の低下は生じない。急峻な海底勾配を持つ地形においては波浪が特に厳しくなるため、本工法をはじめとする有脚式離岸堤が特に有効である。なお、本稿で取り上げた離岸堤の設置条件は沖合150m，水深約7m，海底勾配1/7，波浪条件は設計波高7.86m，周期16秒である。

### 3. 工事数量

本離岸堤工事の代表数量を以下に記載する。

離岸堤：1基（L = 150 m）

函体製作・据付：9函（9,330 kN/函）

ガイド管設置：54本（ $\phi$ 1,300, L = 8.2 m）

鋼管杭工：54本（ $\phi$ 1,000, L = 20.5 ~ 23.5 m）

### 4. 施工のながれ

施工は大きく陸上作業と海上作業に分かれる。陸上作業は函体製作が、海上作業は函体据付および鋼管杭打設、函体と鋼管杭の一体化が主である。主な工種について以下(1)~(4)に記す。

#### (1) 函体製作

陸上の製作ヤードにガイド管を設置し、その周囲に鉄筋を組み立てた(写真-3)。函体高8.2mを考慮し、コンクリートは4段階に分けて打上げ、全9函を製作した(写真-4)。



写真-3 ガイド管および鉄筋組立て

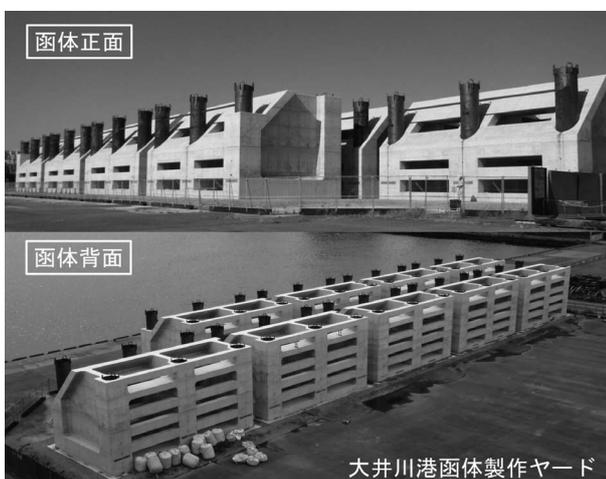


写真-4 製作が完了した函体

#### (2) 函体据付

函体(約1,000 t)の据付には大型の起重機船(2,200 t吊級)を用いた。大井川港内の製作ヤードから据付場所までの函体の海上運搬に際しては、曳船を起重機船の前後に配置し慎重に曳航した(写真-5, 6)。本工法は据付精度が離岸堤の出来形に直結するため、外洋という海象条件の厳しい中で高精度な据付が求められた。そこで、水平方向の据付精度は据付誘導システム(5章)を用いることで確保した。また、鉛直方向の据付精度は事前の潜水作業において海底面に捨石を敷均すことで確保した。



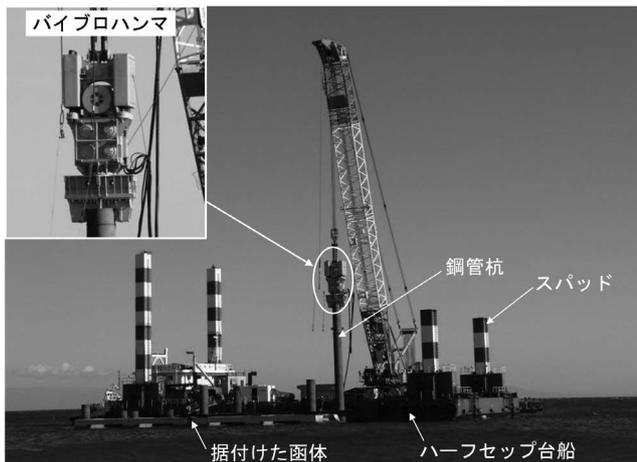
写真-5 起重機船による函体曳航



写真-6 起重機船による函体据付

#### (3) 鋼管杭打設

厳しい海象条件のため、通常の杭打船は激しく動揺し鋼管杭を効率的に打設できない。そこで、4本のスパッドにより船体をしっかりと固定できるハーフセップ台船を用いた。ハーフセップ台船に搭載したクローラークレーンにより鋼管杭を函体のガイド管内に挿入し、バイプロハンマと油圧ハンマを併用して土中の支持層(海底下約15~17 m)まで打設した(写真-7, 8)。



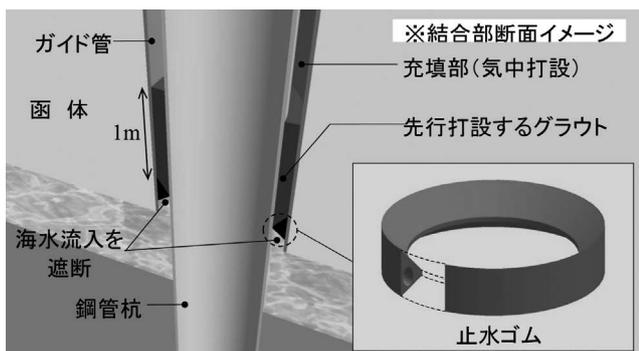
写真一七 バイプロハンマによる鋼管杭打設



写真一八 油圧ハンマによる鋼管杭打設

#### (4) 函体と鋼管杭の結合

函体と鋼管杭をグラウト材で結合するにあたり、グラウト材の函体底部からの漏洩を防止する必要がある。そこで、グラウト充填部にあたるガイド管と鋼管杭の隙間への海水の流入を遮断する目的で、ガイド管内側にリング状の止水ゴム(図一4)を工場ですべて設置した。さらに、フェイルセーフとして、構造上強度を見込まない鉛直高さ1m分のグラウト材を先行打設し、充填部への海水の流入を完全に遮断した。充填



図一四 止水構造

は溜り水の排水後とし、気中と同等の条件下で高品質なグラウト材を充填することにより、函体と鋼管杭の結合性を向上させた。

### 5. 据付誘導システムを用いた函体据付

本章では函体据付に非常に効果的であった据付誘導システムを紹介する。

函体の据付作業は海象条件の比較的穏やかな日を選定して早朝から行われる。しかしながら、本函体は重量が約1,000tと非常に重く、外洋では波浪によって激しく煽りを受ける。このため、据付に時間を要し、これに伴う天候の変化による作業条件の悪化が懸念された。また、本工法はいったん据付けると位置の修正が非常に難しく、据付精度が離岸堤の出来形に直結するため、据付けを精度良く管理する施工上の工夫が求められた。

以上のことから、据付作業の迅速化と高精度化を図る目的で、従来の無線誘導に加えて自動追尾が可能なジオジメータを利用した据付誘導システムを導入した。本システムは、据付ける函体の陸側両端2箇所に設置したミラー(写真一9)を海岸上に設置したジオジメータ(写真一10)により視準することで、函体の位置座標をリアルタイム計測・管理するものである。計測データは無線により起重機船の操作室内に設けたパソコンへ転送され、誘導に必要な情報(函体の現在位置と計画位置、相互の位置のズレ(X, Y, Z, 回転角 $\theta$ )等)をリアルタイムに計算し、結果はモニター上に表示される(図一5)。起重機船のオペレータはモニター上の数値と映像をもとに、起重機船の位置決めや据付作業を行う。

本システムの導入により、起重機船の位置決めや据



写真一九 函体陸側両端2箇所に設置されたミラー



写真-10 ジオジメータによる函体位置のリアルタイム計測



写真-11 完成した本工法による離岸堤（沖側）

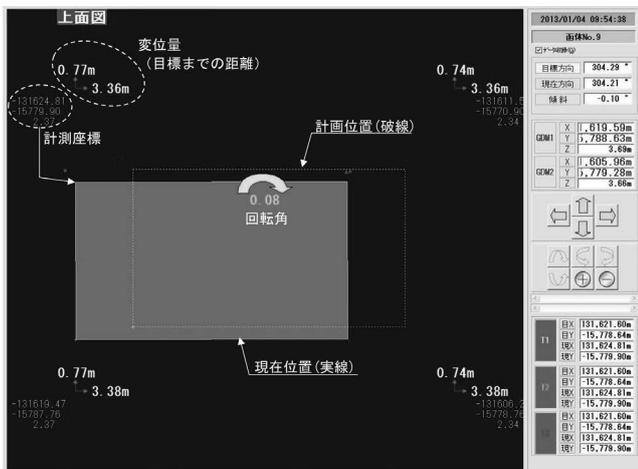


図-5 起重機船内モニター上の誘導表示



写真-12 完成した本工法による離岸堤（陸側）

付作業を円滑かつ安全に行うことができ、函体を精度良く設置するとともに、作業時間を1函あたり30分以上短縮できた。

JCMA

## 6. おわりに

本稿で取り上げた駿河海岸ではアカウミガメの上陸・産卵が確認されており、付近ではシラス漁やサクラエビ漁が盛んである。本工法 S-VHS 工法がこのような良好な海岸環境の保全や沿岸漁業の漁場創成の一助となれば幸いであるとともに、静穏海域の創出により沿岸域の安全性が確保されることを強く期待する。また、本工法をはじめ有脚式離岸堤が海岸侵食の進む我が国の国土保全対策として今後一層活用されることを期待してやまない。



【筆者紹介】  
 奥田 一弘（おくだ かずひろ）  
 五洋建設㈱  
 土木本部 土木設計部  
 主任



土岡 真樹（つちおか まさき）  
 五洋建設㈱  
 名古屋支店 一色離岸堤工事事務所  
 工事所長