

建設用3Dプリンターを活用した 粘り強い構造の海岸堤防の施工

寺沢 祐紀

元 静岡河川事務所 海岸課 (〒420-0068 静岡県静岡市葵区田町3-108)

現 天竜川上流河川事務所 砂防調査課 (〒399-4114 長野県駒ヶ根市上穂南7-10)

駿河海岸焼津工区の既設堤防を粘り強い構造の海岸堤防に改良する施工において、土留めの鋼矢板を打設して掘削を行い、もたれ擁壁を設置する計画であった。しかし、既設堤防の地中に旧堤防のコンクリートが存置されていることが判明し、当初工法での施工が困難となった。そこで、鋼矢板打設及びコンクリート打設の型枠作業を不要とする埋設型枠ブロックを建設用3Dプリンターで製作し、施工に適用した。この埋設型枠の先行製作により工程短縮が可能となるとともに、他の代替工法と比較してコスト縮減も実現した。

本報では、この建設用3Dプリンターを活用した施工事例について報告する。

キーワード 3Dプリンター、粘り強い構造の海岸堤防、津波、駿河海岸

1. はじめに

駿河海岸は駿河湾の西側に位置し、焼津工区、大井川工区、川尻工区、住吉工区、榛原工区からなる、大井川河口の左右に広がる全長約12.1kmの海岸である。(図-1)(図-2)駿河湾は、湾口の深さが2,500mに達する我が国でも最も深い湾であり、海底地形も駿河トラフと呼ばれる非常に急峻な海底勾配を有する。そのため、外洋で発達した波は減衰することなく来襲し、過去においては甚大な被害が発生している。また、南海トラフ巨大地震に伴う津波では、駿河海岸で10mを超える津波が2～4分で到達することが想定されており、危険性が非常に高い地域であることから津波防災に対する整備の要望が強くなっている。

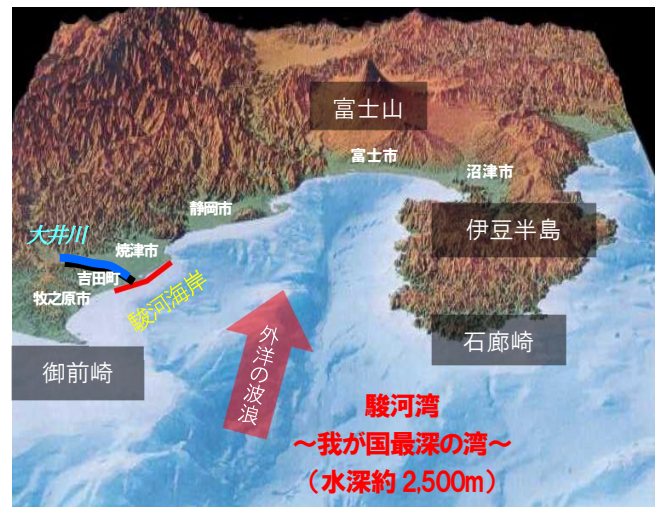


図-1 駿河海岸位置図



図-2 駿河海岸全体図

津波防災に対する基本的な考え方について、防災基本計画（中央防災会議）において、海岸堤防の整備は、比較的発生頻度の高く、津波高が低い津波「レベル1規模の津波」を対象としている。一方発生頻度は低い、津波高が最大クラスの津波「レベル2規模の津波」は、住民の生命・財産を守ることを最優先として、ハードとソフトの対策を柔軟に組み合わせた、多重防御により対処することが定められている。

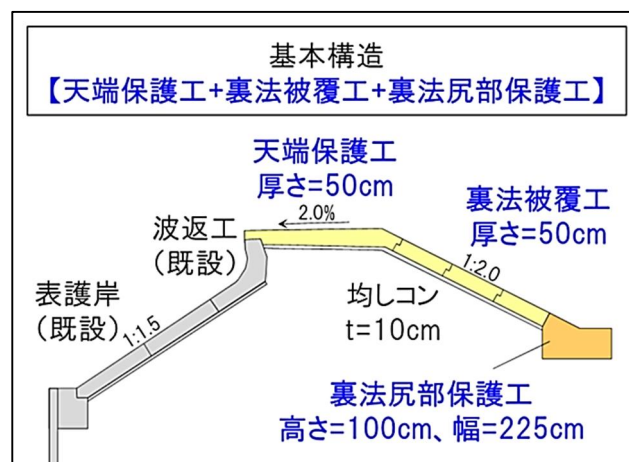
駿河海岸は、外洋に面しており、地形上津波に対して極めて脆弱な地形特性である。このため、駿河海岸での海岸堤防の整備は、防災基本計画を踏まえ、「レベル1規模の津波」に対しての整備と、それを越える津波が発生したときの粘り強い効果を発揮する海岸堤防の整備を基本とすることとしている。

本稿では、粘り強い効果を発揮する海岸堤防、いわゆる「粘り強い構造の海岸堤防」の施工における、建設用3Dプリンター採用に至る検討経緯、施工方法および導入効果について報告するものである。

2. 粘り強い構造の海岸堤防の概要

「粘り強い構造の海岸堤防」とは、東日本大震災での甚大な津波被害を受け新たに設定されたものであり、「レベル1規模の津波」を超える津波が来襲し、堤防を越流した場合でも、施設が破壊、倒壊するまでの時間を少しでも長くし、また全壊に至る可能性を少しでも減らすための構造上の工夫である。

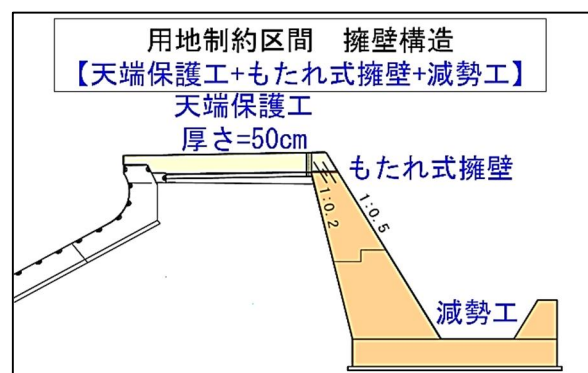
駿河海岸の粘り強い構造の海岸堤防は、破堤遅延時間（越流開始から破堤に至るまでの時間）3～5分を有する粘り強さを発揮することを目標とし、「天端保護工+裏法被覆工+裏法尻部保護工」の組み合わせを基本構造として整備を進めている。（図－3）



図－3 基本構造

しかし、今回施工した焼津工区では背後地に民家等が接近している区間があり、用地内に施設を納める場合、

基本構造では粘り強い構造の海岸堤防としての機能を満足しない。そのため、用地制約区間については擁壁構造「天端保護工+もたれ式擁壁+減勢工」としている。（図－4）



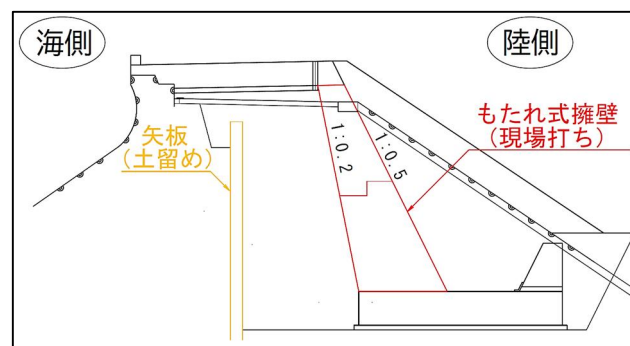
図－4 用地制約区間擁壁構造

3. 施工概要

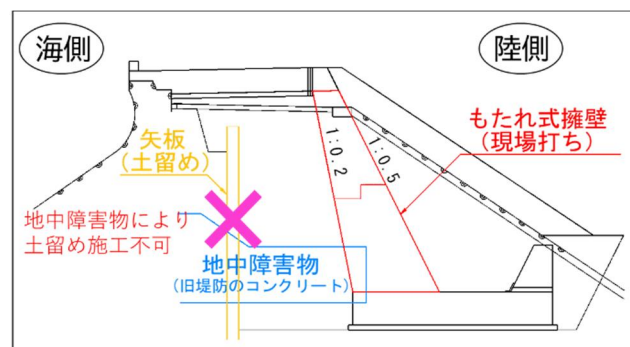
(1) 当初の工法

当初、もたれ式擁壁は、既設堤体内に鋼矢板による土留めを設置した上で堤体を掘削し、現場打ちコンクリートにより施工する計画であった。（図－5）

しかし、既設堤体内に地中障害物が存在し、鋼矢板による土留めの施工ができないことが判明した。（図－6）



図－5 当初の工法

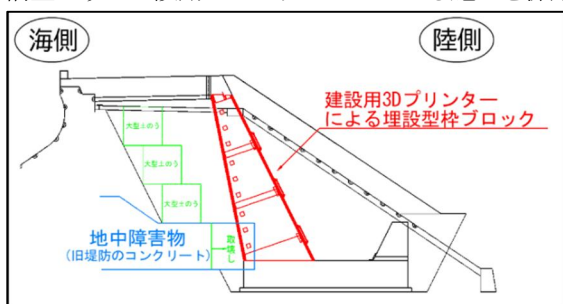


図－6 地中障害物の状況

(2) 代替工法の検討

鋼矢板による土留めの代替工法として、安定勾配掘削＋大型土のうによる土留めについて検討したが、当初計画していた現場打ちコンクリートによる施工では、背面の型枠設置、脱型の施工ヤード（離隔）を十分確保出来ないという課題があった。そこで、型枠不要な工法として建設用 3D プリンターにより製作した埋設型枠ブロックを用いた施工方法を採用した。これにより、背面の作業ヤードが不要となり、安定勾配掘削＋大型土のうによる土留めでの施工が可能となった。（図－7）

その他、施工可能な工法として、地中障害物にも鋼矢板の圧入が可能な硬質地盤クリア工法による施工についても検討したが、建設用 3D プリンターによる施工と比較し、工期及び費用の面で劣るため、安定勾配掘削＋大柄土のう＋建設用 3D プリンターによる施工を採用した。



図－7 建設用 3D プリンターによる施工

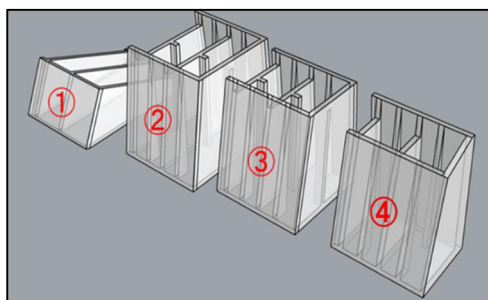
(3) 建設用3Dプリンターによる施工手順

建設用 3D プリンターは、3D 設計データに基づき専用モルタルを積層して部材を造形する技術である。（図－8）



図－8 建設用 3D プリンターによる部材造形状況

本工事では、もたれ式擁壁を4分割し、埋設型枠ブロックを各区画ごとの作製とした。（図－9）



図－9 埋設型枠の部材 3D 図

作製した埋設型枠ブロックを据付し、埋戻し、中詰めコンクリート打設を下段から繰り返すことによりもたれ式擁壁を施工した。（図－10）



図－10 埋設型枠ブロックの据付状況

4. 導入効果

建設用3Dプリンターの導入により、施工の実現に加え、従来工法で必要であった背面での型枠組立や脱型作業が不要となり、狭隘箇所での作業を大幅に低減することができた。これにより、従来工法と比較して安全性の向上が図られた。

また、埋設型枠ブロックを事前製作（先行施工）できるため、現場工程と並行作業が可能となると共に、型枠関連工程が不要となり、従来工法では約 85 日施工に必要であったところ、約 58 日で施工完了し、約 27 日（約 34%）の工期短縮の効果があつた。

5. まとめ

本工事における建設用3Dプリンターの導入は、施工条件制約への対応、安全性の向上、工期短縮による生産性向上といった複合的な効果をもたらした。

今後、建設業における担い手不足や高齢化が進展する中で、本技術は省人化および施工の高度化を実現する有効な手段として、同様の厳しい現場条件下において広く活用が期待される。

謝辞：本施工にあたり、建設用 3D プリンターを活用した施工の実施ならびに各種資料をご提供いただきました株式会社特種東海フォレスト、株式会社グロージオ、並びに技術的助言その他のご協力を賜りました株式会社 Polyuse に、ここに記して深く感謝の意を表します。