

津波浸水被害を軽減する沖側防護ラインの 中枢を担う琴ノ浦水門について

藤田 涼平¹

¹近畿地方整備局 和歌山港湾事務所 海岸課 (〒640-8404和歌山県和歌山市湊葉種畑の坪1334)

和歌山下津港海岸（海南地区）において津波浸水被害を軽減するため海岸保全施設整備事業を進めている。2019年3月末には、本事業により沖側防護ラインの整備が完了した。沖側防護ラインを構成する護岸、水門及び津波防波堤の中でも中枢的な役割を担う琴ノ浦水門は、国内でも最大級の規模を誇り、その施工に際しては、大規模であるが故の様々な工夫・対応を行ってきた。また、同水門を安全かつ迅速・確実に動作させるための遠隔操作システムを導入しており、これらの水門整備の取り組みについて報告するものである。

キーワード 津波対策、水門、ひび割れ対策、被圧水対策、遠隔操作システム

1. はじめに

紀伊半島に位置する和歌山県では、今後30年以内に70%～80%程度の確率で発生するとされている南海トラフで発生する地震に伴う津波により、広範囲にわたり甚大な被害を受けることが危惧されている。和歌山下津港海岸は紀伊水道に面したリアス式海岸の湾奥部に位置し、その地形的特性からこれまで昭和南海地震やチリ地震等による被害を受けてきた。1)2)

(図-1)

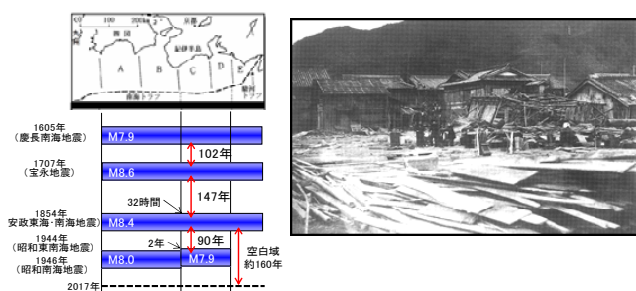


図-1.昭和南海地震の被害状況

和歌山下津港海岸（海南地区）背後地においては、行政・防災中枢機能や主要交通施設に加え、世界的シェアを誇る高付加価値製品の製造企業群が集積しており、海南市における東海・東南海・南海3連動地震の津波による被害額は約5,000億円に上ると試算している。このため、近畿地方整備局和歌山港湾事務所では、当地区の人命、財産を守るため、護岸、水門、津波防波堤の新設・改良により、津波浸水被害の軽減を目的とした海岸保全施設の整備を推進中で

ある。(図-2)

このうち本稿では、沖側防護ラインの整備が完了し、その一端を担う国内最大級の琴ノ浦水門について報告するものである。

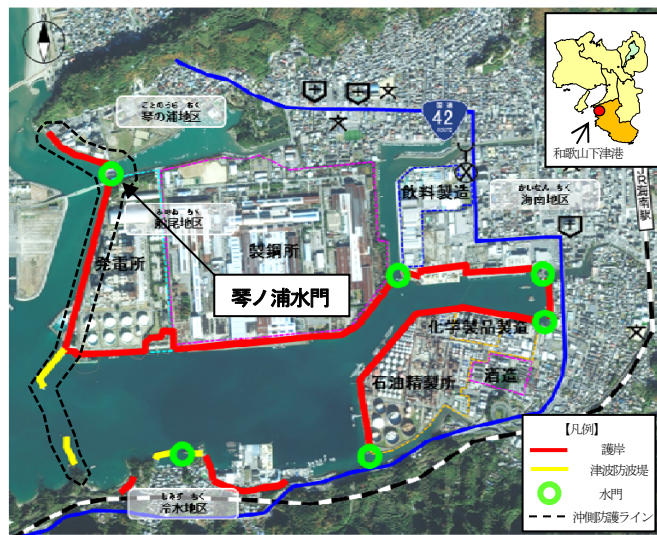


図-2.海岸保全施設整備事業の概要

2. 水門の構造

琴ノ浦水門は日本最大級のステンレス鋼製シェル構造ローラーゲート式の水門である。水門本体が底版、堰柱、門柱及び操作台で構成され、躯体高さ36.4m、径間長30m、扉体高さ9.5mとなっている。底版は厚み4mの広がりのあるスラブ、堰柱・門柱は最大

幅5mの壁または柱状であり、いずれも大断面のコンクリート部材であることから、マスコンクリート構造物に位置づけられる。また、本体基礎となる鋼管杭については杭径900mm、杭長68.0mの超長尺杭を使用しており、最大長10.0mものとして分割搬入し、現場溶接継ぎ手を6箇所設けた継ぎ杭構造としている。

(図-3、図-4)

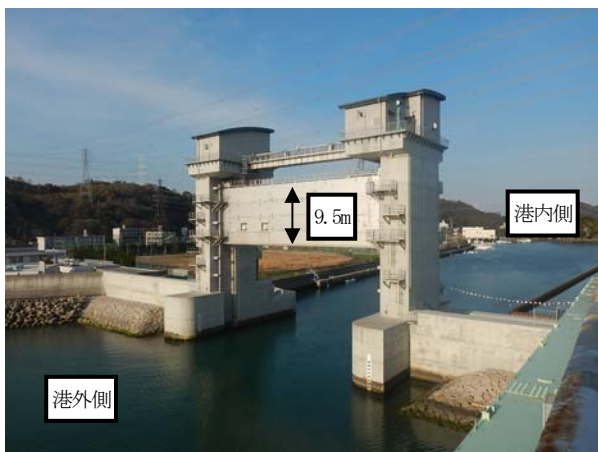


図-3.水門完成写真

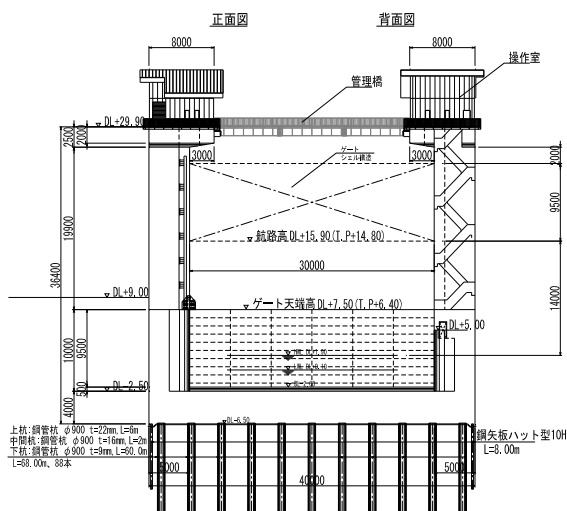


図-4.水門一般図

本構造を施工するにあたり、課題とその対応について紹介する。

3. 大断面のマスコンクリートひび割れ対策

コンクリート標準示方書およびマスコンクリートのひび割れ制御指針に準じて、3次元温度応力解析を行った結果、本施工で打設するマスコンクリートにおいて、温度応力によるひび割れ指数が安全レベルを下回ったため、対策工法として以下2点を実施した。

3)

(1) パイプクーリング工法の実施

施工時期が9月頃の比較的外気温が高い時期に施工したものについては、コンクリート打設時の内部温度を下げる目的として、パイプクーリング工法を実施した。鉄筋・型枠組立時にコンクリート断面内に配管を行い、打ち込み完了直後から5日間20℃の水を継続的に通水した。通水には、貯水タンク内の水を通水温度が常に20℃に保たれるよう、冷却装置を使用しながら施工を行った。(図-5)

その結果、コンクリートのひび割れ防止につながり、施工後に実施した表面点検では、約0.2mm未満のひび割れがごく一部に発生したのみで品質向上につながった。



図-5.クーリングパイプ配管状況

(2) 保温型枠・湿潤養生マットの設置

施工時期が12月頃の寒冷期にあたる時期に施工を行ったものについては、鋼製型枠の放熱性の高さから、内部と表面部との温度差が大きくなるため、型枠の裏側に熱伝導率が小さい発泡ポリエチレン製の断熱材を取り付け、保温効果を高めた型枠を使用した。その結果、コンクリート保温性に優れ、品質の良いコンクリートに仕上がった。(図-6)

また、保温効果も兼ね備えた湿潤養生マットを型枠脱型後の断面に敷設することで、湿潤効果に加え、コンクリート表面の急冷によるひび割れ防止につながった。(図-7)

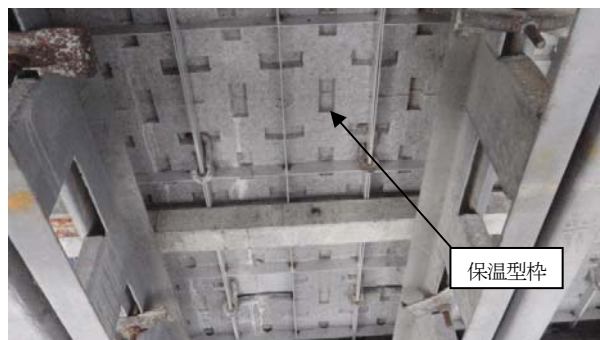


図-6.保温型枠設置状況



図7.湿潤養生マット設置状況

4. 深度が深い基礎杭の被圧水対策について

本体基礎杭の打設にあたり、中掘工法を採用し、所定の高さまで打設を行っていた。しかし、打設中に大量の泥水が噴き出す現象が発生した。これは、互層状態となる砂礫層から想定以上に被圧された地下水が杭中空部に流入し、排土作業と共に吹き出してきたものと考えられた。被圧地下水の噴出により泥水・泥土が鋼管杭周辺一帯に拡がってしまうため、杭打ち機等の重機足場が軟弱状態となり、作業を行うことが出来なくなった。また、継ぎ溶接時において、鋼管杭下端部が被圧帯水層に位置すると、管内中空部より被圧地下水が上昇して杭頭部より溢れてくる状況となり、継ぎ杭溶接が不可能となった。

この事象を解消するため、次の2つの対策を実施した。⁴⁾

(1) 土堤および仮設排水処理施設の設置

大量に発生する被圧地下水から健全な施工基盤を維持するため、泥水・泥土の拡散防止と排水処理を目的として、セメント安定処理を行った杭掘削残土を土堤として構築し、巨大な泥水ピットを設置した。鋼管杭施工中に発生する大量の泥水は、土堤で囲んだ泥水ピット内に一旦溜め、排水処理については仮締切間に設置する場所がないことから、既設護岸と仮締切間に仮設の排水処理施設を別途設け、サンドポンプで徐々に送水した。送水された泥水は、シルト分が沈降した上澄み水のみを海上排水し、沈降シルトはベッセル車で搬出した。なお、排水箇所には汚濁防止膜を設置し、濁度・PHによる水質監視を実施した。(図-8)

その結果、被圧地下水が発生したが、土堤および仮設排水処理施設の設置により迅速かつ適切に泥水

を処理することで、施工基盤上のドライワークを確保し、施工効率の低下を防いだ。

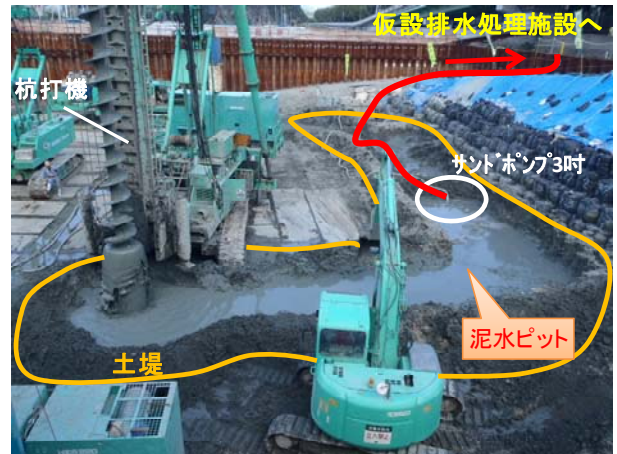


図-8.泥水ピット設置状況

(2) 中掘掘削の深度調整

通常の中掘掘削ではオーガーヘッドを鋼管杭下端より1D先行して掘削を行い、先行掘削した箇所までを圧入し、このサイクルを繰り返すことで鋼管杭を徐々に沈設させていく。しかし、今回の施工では、継ぎ杭溶接時において被圧地下水上昇を抑える必要があったことから、被圧地下水の発生が予想される砂礫層の手前(砂混じり粘土・シルト層)からオーガー掘削を止めて排土を中断させ、鋼管杭のみを先行圧入させて継ぎ杭溶接位置まで下げていく方法をとった。(図-9)

その結果、鋼管杭下端部に粘土・シルトの蓋が形成され、被圧水が杭中空部に流入してくるのを抑制することで、被圧地下水が継ぎ杭から溢れ出ることはなかった。

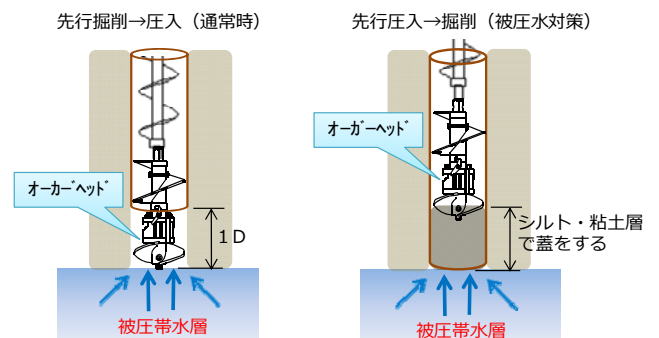


図-9.中掘掘削調整イメージ図

5. 施工上の工夫

本施工エリアは、琴ノ浦地区の港口に挟まれた水域に位置している。港内にはプレジャーボート等約

200隻が係留しており、狭隘な現場の中で船舶の航行を確保しながら施工を行う必要が生じた。そのため、ドライ施工を行う上での仮締切の形状を工夫し、仮航路を確保しながら、施工を行った。(図-10)

また、施工位置の近隣には火力発電所が立地しており、施工位置の上空には発電所からの高圧送電線(275,000V)が架空していることから、施工にあたってはレーザーバリアシステムを活用し、大型船舶・陸上クレーンのブームがレーザースキャナーが感知する危険エリア内に被らないよう、保安距離の確保を行いながらの施工を行った。(図-11)

その結果、周辺環境への影響を抑え、事故等なく工事完了まで終えることができた。



図-10.周辺環境状況図

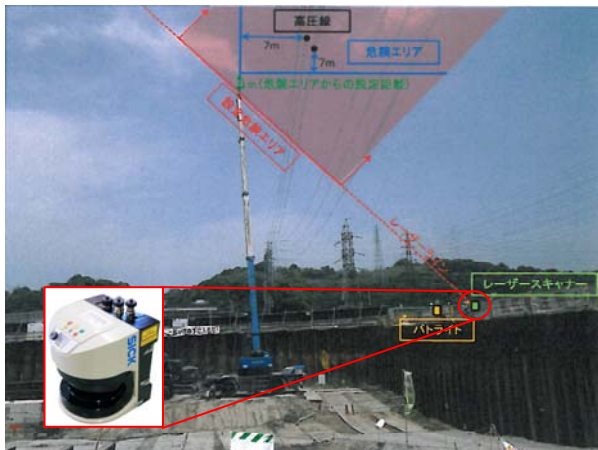


図-11.レーザーバリアシステムの概要

6. 遠隔操作システムの運用

3連動地震が発生した場合、海南地区には約1時間以内で津波が襲来する。また、2011年3月に発生した東日本大震災において、宮城県石巻市の河口付近では、地震発生後約40分で津波が到達し水門閉鎖に携わった

多くの操作員が被災した。

そこで、琴ノ浦水門では、津波襲来時における操作員の安全性と水門操作の迅速性・確実性を考慮し、大津波・津波警報発令時の津波対応操作は、原則、現場にて機械操作は行わない遠隔操作システムを導入した。

遠隔操作システムの運用状況として、操作・制御する機器は、制御局である海南市役所・和歌山市消防局・海南市消防本部の3箇所に設置している。

水門の閉鎖完了までには、制御局で気象庁の津波警報をもとにしたJアラート信号を受信した後、約3分で水門側へ信号を送信し、扉体の閉鎖までに約5分間の注意喚起を行い、約10分かけてゲート降下を行い、扉体閉鎖が完了する。なお、停電等により遠隔操作システムが作動しない場合の操作を考慮し、UPSや発電機などによるシステムの二重化を図っている。また、地震時に有線による通信環境が途絶えた場合にも、無線による通信ができる環境を整えている。

(図-12)

操作員の安全確保、水門の迅速・確実な操作に加え、閉操作時のヒューマンエラーによる操作ミスを防ぐことに加え、夜間や閉庁時など水門操作施設に操作員が不在の際にも早急な閉操作を可能にしている。

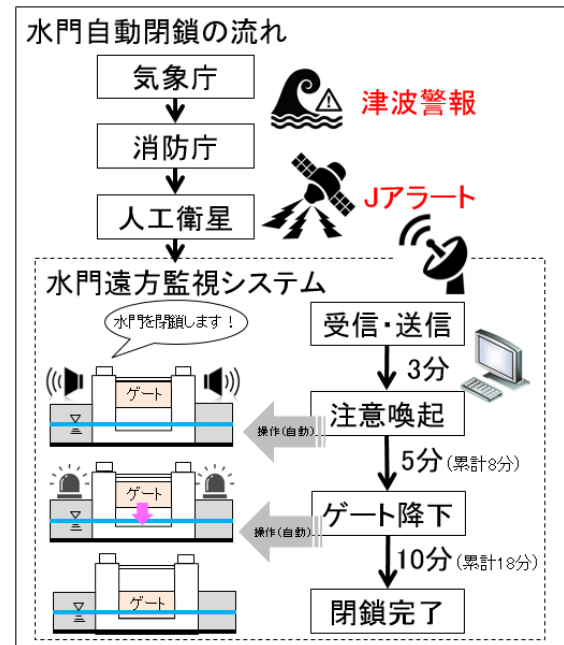


図-12.緊急時のシステム動作

7. おわりに

沖側防護ラインについては、2019年3月末に完成し、

琴ノ浦水門の運用を開始した。これにより、津波対策に一定の効果が期待される。リアス式海岸の湾奥に位置し、背後地に行政機関を含む市街地や企業群、重要交通網を有する本地区では、引き続き、地域の安全・安心に寄与すべく、和歌山下津港海岸の津波対策事業を進めていきたい。

参考文献

- 1) 南海道地震から50年 和歌山県総務部消防防災課編 1996年12月
- 2) 東海地震、東南海・南海地震対策 内閣府HP (<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>)
- 3) 「パイプクーリングにおけるコンクリート温度管理について」 あおみ建設株式会社
- 4) 「長尺中掘鋼管杭の被圧対策について」 あおみ建設株式会社