

多様な環境に配慮した港湾工事の施工計画 ～福良港湾口防波堤の事例～

池藤 八起

兵庫県 淡路県民局 洲本土木事務所 港湾第2課 (〒656-0021 兵庫県洲本市塩屋2-4-5)

兵庫県の福良港は県内でも多様な利用がなされている地方港湾であり、湾口防波堤を中心に、防潮堤などが一体となって津波被害を軽減する整備方針を策定している。

海上施工が基本となる湾口防波堤整備は港利用や海洋生物など多方面への配慮が強く求められ、各工事の施工計画には様々な工夫を取り入れながら進めており、本論では事業関係者との合意形成を図る上での参考となる様、福良港の湾口防波堤事業を進めるにあたり、工事監理において配慮した事例を紹介する。

キーワード 港湾工事, 湾口防波堤, 合意形成, 海洋生物

1. はじめに

太平洋に面している兵庫県の淡路島南部は南海トラフ地震により発生が懸念されている巨大津波によって甚大な浸水被害が予想されている。特に南あわじ市の福良港地区では県下最大の津波(T.P.+8.1m)襲来が予想されており、本県が策定した「津波防災インフラ整備計画」の中でも重点整備地区に位置付け、湾口防波堤を中心に防潮堤や陸開が一体となって津波被害を軽減する整備方針としている。

福良港は図-1に示すとおり兵庫県の淡路島南西端に位置し、鳴門海峡に近く入り組んだ地形を有するため、古くから天然の良港と言われている。また、過去には四

国との定期航路も開かれていた多様な利用形態を持つ地方港湾の一つである。中でも漁業はいさり漁のほか、名産品である3年とらふぐやサクラマスなどの養殖業が盛んに行われており、防波堤の内外に関わらず湾内には多数の養殖筏が配置されている。加えて、福良港周辺は瀬戸内海国立公園に指定されており、本事業の整備箇所は第二種特別地域(海域は普通地域)であるため、展望や眺望の妨げとならず風致景観に配慮した工作物とする必要があることから、港内利用状況とともに円滑な事業推進のためには一定の配慮が必要であった。

2. 湾口防波堤事業の概要

(1) 整備方針

福良港の津波対策として湾口防波堤の整備方針を決定するにあたり、2013年～2014年にかけて全5回の「福良港湾口防波堤整備検討委員会」を開催し、学識者をはじめ、地元自治会や観光、漁業、造船など関係者が多様な視点から議論を行っている。この会では複数の整備ケースによる浸水や湾内環境のシミュレーションを提示し、利用形態や費用対効果とともに地域として最適な整備位置を選定している。

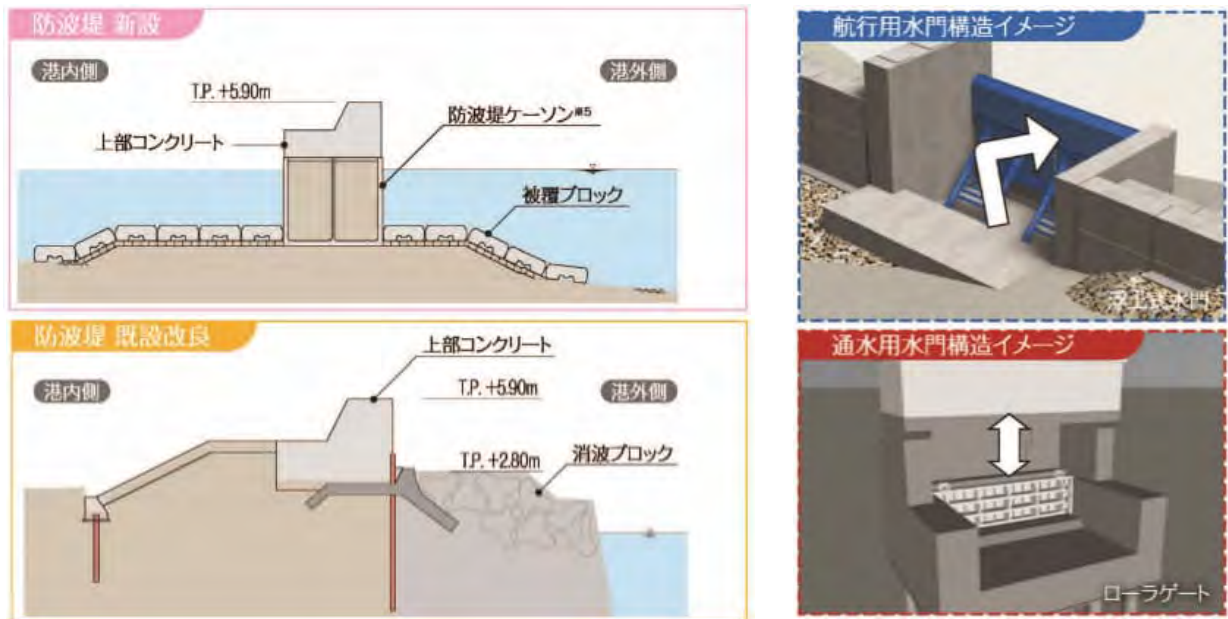
その後、実施設計や細部設計に合わせて漁協や造船、海運をはじめとした港湾利用者や地元自治会との協議を経て、最終的には図-2～3に示すとおり、全長約1.1km、天端高さT.P.+5.9mの防波堤を湾内に整備することとした。整備内容は大きく3パターンで構成され、①



図-1 位置図(福良港)



図ー2 湾口防波堤全体イメージ



図ー3 湾口防波堤の主な構造

既設防波堤の嵩上げ区間（約0.7 km）や②新設防波堤区間（約0.4km）に加え、③西日本初の海底設置型フラップゲート水門（開口幅25m）と海水交換を目的としたローラゲート式水門（開口幅10m）を2基整備する水門区間で構成している。

(2) 計画・設計段階における配慮事例

先述の計画決定に至る段階において湾口防波堤整備に対する課題とその対応例を表ー1に示す。

一つ目は湾内水質への配慮であり、湾口防波堤が新設されることで、防波堤内外の海水交換がされにくくなり、湾内水質が悪化することによる匂いの悪化や海洋生物への悪影響が懸念された。そもそも福良港は河川流入が極めて少なく、湾内水質の維持は潮流による外洋との循環に頼っている。これに対し、海水交換用の水門を2基設置し、開口を分散させることで湾内全体の海水交換を確保する構造としている。また、通水用水門は既存の防波堤がなく、イワシなどの回遊が想定されるルートに位置

しており、海洋生物の生息環境維持にも寄与すると考えられる。

二つ目は眺望の確保および風致景観への配慮である。これは地元住民の要望や国立公園を所管する環境省近畿地方環境事務所の助言に基づき、化粧型枠を採用した。当初はより景観に溶け込んだ自然石積みによる施工を提示されたが、対津波という目的には石積構造では安全性を確保することは困難である。そのため可能な限り周囲の地形・景観と調和した巨石積型の化粧型枠を提案し、周辺からの眺望をイメージパースとして提示するなどし

表ー1 計画・設計段階における課題と対応

課題・懸案	対応
湾内水質	通水用水門（開口の分散）
眺望の確保	化粧型枠（巨石積型） 海底設置型フラップゲート式水門
反射波	消波工
航路切替	港湾利用者協議会

て協議を重ね、理解を得た。さらに、水門形式に海底設置型フラップゲートを採用したことで、海上部分の構造物が最小限で抑えられ、眺望も確保できている（図-4）。

その他にも防波堤外側に位置する休暇村などの観光宿泊施設に対し、防波堤からの反射波による被害拡大が懸念されることから、防波堤の一部区間に消波工を設置している。また、航路周辺の施工では航路の切替が必要となることから、港湾利用者との協議会を立ち上げ、利用実態や安全対策への意見交換を踏まえ、事業着手に先立ち施工順序を計画するとともに早期に利用者への共有を図っている。



図-4 煙島水門

3. 施工時の課題と対応事例

本章では湾口防波堤の各工事において、施工時に生じた新たな課題とその対応事例を紹介する。福良港の利用は漁業、造船、海運、観光など多岐にわたり、定期的に船舶が航行している。そのため、作業船による海上作業が大半を占める本事業において船舶航行の切替や安全確保が重要であるが、本稿ではこの点については省略し、環境面で留意した対応を3点紹介する。

(1) 水質への対応

a) 海底掘削における対策

第1に福良港は先述のとおり、湾内での漁業活動が盛んに行われており、防波堤整備ライン周辺も漁場となっている（図-5）。中でも養殖は3年トラフグやサクラマスなどのブランド化に成功し、市をあげて推進しているため、防波堤工事による湾内水質への影響の有無を強く懸念していた。湾口防波堤は既設防波堤を活用した位置に計画しており、整備ライン上の水深は比較的浅いことから、直接基礎（捨石マウンド）による重力式防波堤を採用している。そのため、一部区間では基礎厚の確保を目的とした海底掘削が避けられず、円滑な事業推進の



図-5 養殖の分布(航空写真)

ためには海底掘削による濁りを抑制もしくは拡大を防止する対策が必須であった。

一般的に港湾・海岸工事において掘削の際に海底の砂泥を巻き上げたことによる濁りの発生に対し、汚濁防止フェンスを設置するなどして周辺への拡散防止に努めている。本事業でも掘削等の作業時には汚濁防止フェンスを設置しているが、濁りの拡散を完全に防止することは困難であり、因果関係は不明なものの施工中に養殖筏単位で衰弱、へい死が確認されたとの情報があった。

これに対し更なる対応を検討するため、養殖事業者から情報収集を行った。養殖事業者によれば掘削によって貧酸素水が拡散することのほか、濁りそのものや海底砂泥に存在する寄生虫が浮遊シエラへ付着することで養殖魚のへい死に繋がっているとの知見が得られた。また、この現象は稚魚であるほど影響が出やすく、寄生虫自体は海水温が高くなる5月以降であれば発生しなくなることから、寄生虫自体が生息しにくいとのことであった。

以上のことから掘削を実施する工事では汚濁防止フェンスの設置に加え、事業計画として施工時期（5月～10月を基本）の調整を行った。また、工事監理する上では万が一、濁りが発生した場合でも潮位が低下傾向にかかる時間帯に掘削作業を行い、防波堤の外側へ流出するよう受注者と協議を行った。これは防波堤内で耐性の低い稚魚が養殖されているため、リスクを抑えるための安全策としても実施した。

b) コンクリート打設における対策

前述の海底掘削と同様にコンクリート打設においても漏出対策の徹底を図った。過去にコンクリートが湾内に漏出した際には漁獲量への影響が甚大であった経験から漁業事業者から強く対策を求められた。重力式防波堤を整備する本事業では全工事において工事監理上の留意点として漏出対策を徹底した。

コンクリートによる海洋生物への影響が生じる原因は

①pHの変動（アルカリ化）、②細粒分の漏えいによる懸濁であることから、濁りと同様に漏出防止、拡散防止を基本的な対策と考えた。これについては打設計画の確認を徹底し、残コンクリートの処分や洗い水のpH処理などを実施する指導を徹底した。また、養生時の留意点として、一般的な湿潤養生やシート養生を行う場合は資機材の飛散防止の徹底、被膜養生剤を活用する場合は製品仕様に基づいた施工条件を満たす管理の徹底を行い、品質確保との両立に努めた。さらに海中での打設が予定されている区間では、水中コンクリートや水中不分離コンクリートを採用するなど材料の選定や打設時のホース先端をシャッター構造とし、規定量打設後にホース内に残ったコンクリートが必要以上に流出しないような取組みを実施した。

(2) 騒音への対応

最後に特殊な事例としてイルカへの対応を紹介する。本事業の施工場所は海上であり、工事騒音は人家へ影響しないと考えられるため、あまり着目していなかった。

しかしながら、福良港では観光業としてイルカを多頭飼育している事業者があり、事業に着手し、本格的に工事を推進しはじめた矢先に飼育中イルカの衰弱、へい死が頻発した。これにより飼育事業者から対応を求められ、音圧測定などによる原因究明を行った。この測定結果を元に学識者へ意見聴取をしたところ、「工事がイルカに対して聴覚障害を起こすレベルではなく短期的影響はないが、工事による船舶の増加など背景雑音レベルの上昇が長期的ストレスを生み出した可能性は否定できない」との回答を得た。またイルカの騒音に対する長期的ストレスは世界的にも研究が進んでおらず判断が困難であるものの、工事を進める上では海中騒音を減らす策を講じるべきとの意見も得られたことから、以降の近接施工では留意することとした。

具体的な対応を検討するため、事業者の飼育担当者との意見交換を行い、飼育記録（表-2に例を示す）と施工状況の共有を図った。その結果、影響の大きい作業種別は特定できないものの、比較的大きい音や長時間連続する音に過敏な反応を示し、連続すると食事を拒否するなどを経て衰弱する傾向が見られた。またイルカは1日5食で飼育管理されており、特に1食目はエネルギー確

表-2 飼育記録と施工状況の例

日時	イルカの様子	施工状況
11/8 AM	落ち着きがない 食欲の低下	基礎捨石工 (がれき音)
11/9 終 日	食欲の低下 トレーニング拒否	基礎捨石工 (がれき音)
11/10	特に異常なし	現場休工
11/11	音に挙動不審 施工場所を注視	仮設足場移設 (動力の音)
11/12	挙動不審	鋼管切断 (高音)

保に重要であるとの飼育担当者からの意見もあり、①1食目完了後に施工開始とする、②2食連続で拒否した場合は大きな音の作業を中断する、③近接区間では作業船の移動を最小限とし可能な限り停泊する、の3点を施工時の要点とした。これに加え、汚濁防止フェンスの2重化など音・振動の伝播抑制を実施し、問題は発生しなかった。

4. おわりに

大規模な海上工事である湾口防波堤では計画～施工の全ての段階において関係者から多くの懸念が示され、円滑な事業推進には適切な対応が求められた。

本事業の実施にあたっては関係者の持つ経験や感覚をといった暗黙知を明確化することに注力し、客観的にも理解しやすい対応策を見出すことができた。関係者との地道な意見交換は容易なものではないが、信頼関係の構築には必要不可欠であり結果的に事業に対する合意形成に繋がり、円滑な事業推進が図られたと考えられる。

謝辞：本事業の推進にあたり、国土交通省をはじめ地域の方々や港湾利用者など多くの関係者のご協力とご理解に感謝します。