

神戸港における中央航路に近接する 既設防波堤撤去について

前田 大輔¹

¹近畿地方整備局 神戸港湾事務所 建設管理官室 (〒651-0082兵庫県神戸市中央区小野浜町7-30)

近年、海上コンテナを用いた国際物流ではスケールメリットの追求による輸送船舶の大型化が進んでいる。このため国土交通省では、神戸港(阪神港)を国際コンテナ戦略港湾に位置づけて、基幹航路の維持・拡大を図っている。大水深高規格コンテナターミナル整備事業による大型船の円滑な入出港のために、航路等の拡幅・増深を行っている。この航路拡幅・増深事業の一環として、航路拡幅に支障となる既設防波堤(第六南防波堤)を撤去するものである。撤去作業にあたっては「安全確保」を前提とした上で、工期短縮・コスト縮減での検討が必要であった。

本稿では、既設防波堤撤去の実施に際しての課題と対応策を報告するものである。

キーワード 既設構造物撤去, コスト縮減, 現地破碎, 砕岩棒

1. はじめに

我が国の港湾は、海上コンテナを用いた国際物流スケールメリットの追求による輸送船舶の大型化への対応から、基幹航路の維持・拡大を求められている。この中で、神戸港は、大水深高規格コンテナターミナル整備事業による大型船舶の円滑な入出港のために、航路の拡幅・増深事業を行っている。

第六南防波堤は港内静穏維持のために1960年代～1970年代にかけて建設されたが、完成から約40年が経過し、神戸港ポートアイランド(第2期)及び神戸空港島などの埋立造成が進んだ事により、第六南防波堤がなくても港内静穏を確保出来る状況下にある。(写真-1)

このため、今般、航路拡幅・増深に際して支障となる既設防波堤(第六南防波堤)の撤去を行う事となり、2012年度から実施しているところである。(写真-2図-1)

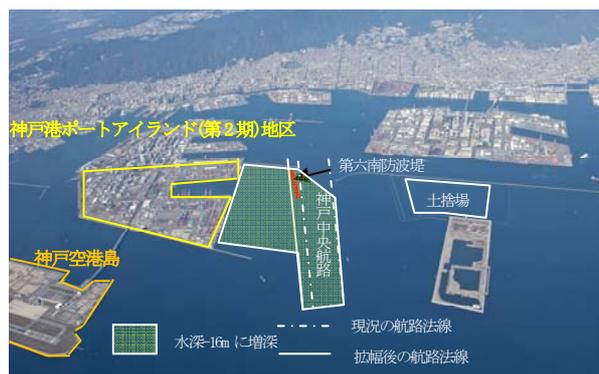


写真-1 神戸港全体図

本稿では、2012年度に引き続き実施した2014年度工事(砕岩棒による現地破碎)について、供用中の航路に隣接する区域における施工という条件の下「安全確保」を前提とした上で「コスト縮減」「工期短縮」の実現という課題とその対応策を報告するものである。

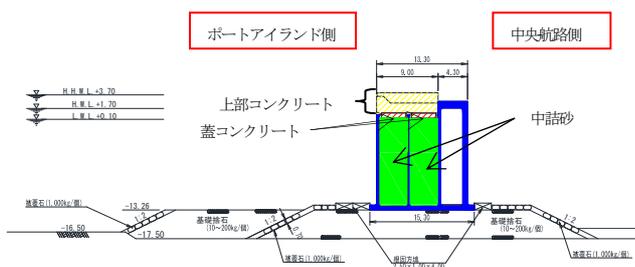


図-1 防波堤(スリットゲート)断面図

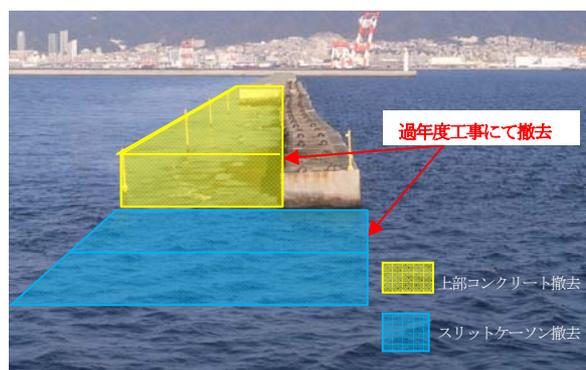


写真-2 第六南防波堤(現地破碎実施前)

2. 工事内容と施工条件

(1) 工事内容

本工事は、神戸中央航路の拡幅・増深事業の一環として、航路拡幅の支障となる既設防波堤(第六南防波堤)を撤去するものである。

- ・スリットケソン撤去 6函 (3,156m³)
- ・上部コンクリート撤去 6函 (1,774m³)
- ・蓋コンクリート撤去 6函 (365m³)
- ・中詰砂撤去・流用 6函 (5,777m³)
- ・被覆石撤去・流用 1式 (861m³)
- ・基礎捨石撤去・流用 1式 (4,732m³)

なお、ケソン内部の中詰砂及びケソンマウンドの被覆石・基礎捨石は、撤去後、別件工事で施工している浚渫工事の土捨場の土砂流出防止対策として流用する。

(図-2,図-3)

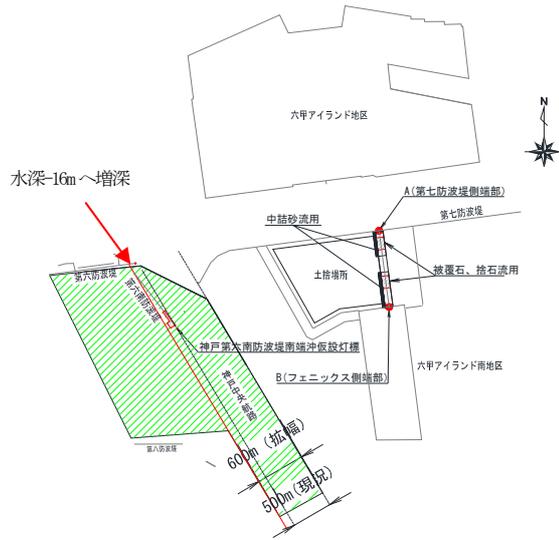


図-2 中詰砂、被覆石・基礎捨石の流用先

(2) 施工条件

第六南防波堤は神戸港の玄関とも言える神戸中央航路に隣接しているため、工事の実施に際しては、一般船舶の航行に影響を与えてはならないという制約があった。

このため、第六南防波堤の撤去作業に際しては、第六南防波堤西側から施工することを原則としているほか、撤去作業を行う作業船の本体およびアンカー等を航路内にはみ出して施工することが出来ない。

また、一般航行船舶への配慮から、大型起重機船による作業を実施する場合は、作業日を大型船の航行が比較的少ない土曜日及び日曜日に限定する必要がある他、施工実施に際しては日々、船舶の入出港情報を把握し作業船の航行を調整する必要がある。(写真-3)



写真-3 ポートアイランド2期地区入港中の大型船舶(船長316m)

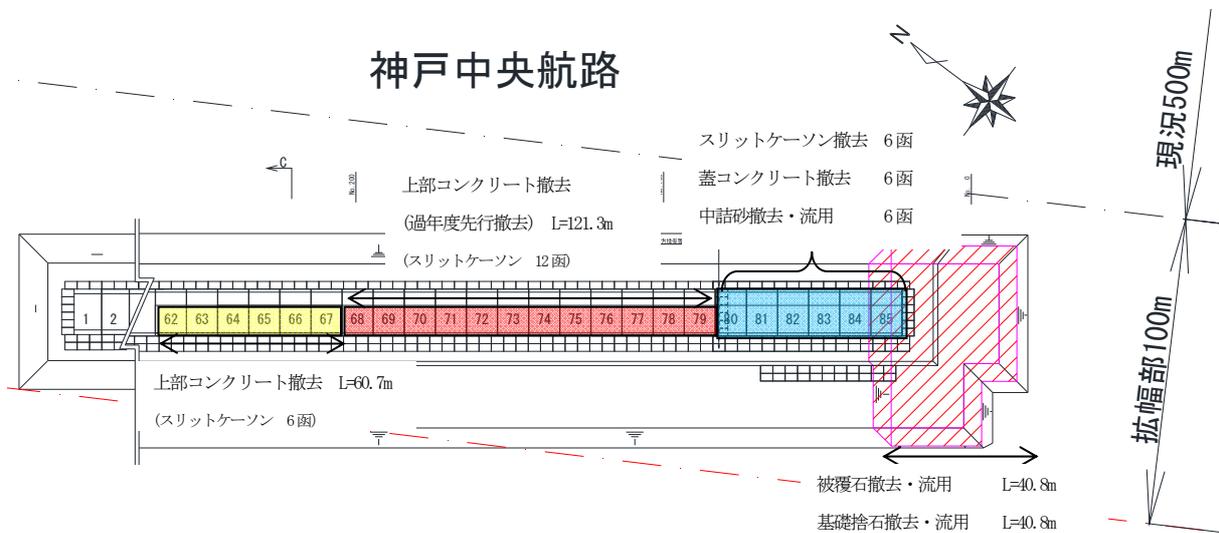


図-3 既設防波堤撤去平面図

3.2012年度工事実績

2012年度に実施した第六南防波堤撤去工事においては堤頭部ケーソン1函、スリットケーソン1函の撤去を実施しており、起重機船による「吊り上げ方式」により撤去を実施した。(写真-4)

「吊り上げ方式」により撤去を行う場合、撤去したケーソンを仮置きするための陸上ヤードが必要となるが、神戸港を含む大阪湾内の港湾において使用可能な陸上ヤードで、且つ、撤去するケーソン(1,288/函)に相当する耐荷力を有する陸上ヤードの確保が困難であった。2012年度工事の際には、期限付きで民有ヤードを有償借用することが出来たが、長期にわたる専属的な確保は出来ない状況にある。

また、撤去後のケーソンを現地調査したところ、ケーソンに甚大なクラックが確認された。今般、確認されたクラックの原因としては、埋立造成が進む前は、第1線防波堤として、厳しい条件下で、供用されていること、経年による劣化が進行したためだと考えられる。

このため、今回撤去したケーソン以外にも同様な損傷が見込まれることから、後続工事の実施にあたっては、「吊り上げ方式」に替わる撤去方法の検討のほか、安全面について再度検討を行う必要があった。(写真-5)



写真-4 ケーソン吊り上げ及び台船積込



写真-5 ケーソン底板部のクラック状況

4. 既設防波堤撤去における課題

(1) 撤去ケーソン現地調査結果

撤去されたケーソンを調査したところ、側壁下部からフーチングにかけて、ひび割れが、多数認められ、その幅も最大9.0mmであった。このことから、このクラックは、フーチング部を貫通するクラックであると想定された。また、スリットケーソンから試験体を取り出し、圧縮強度試験を実施したところ、19個の試験体の内、4個が強度不足であった。

前述のとおり、第六南防波堤撤去にあたっては、神戸港中央航路を航行する一般船舶に影響を与えない安全な施工方法とする必要があり、過年度工事と同様に、起重機船による「吊り上げ方式」により事業を継続した場合、クラック等の影響によりケーソン底版が崩落し、大規模な海上工事故につながる可能性がある。

(2) コスト面、工期面での課題

第六南防波堤は堤頭部ケーソン1函、スリットケーソン39函、標準部ケーソン47函の計87函から成り、2012年度に撤去した堤頭部ケーソン1函、スリットケーソン1函を除くと、残り85函のケーソンを撤去する必要がある。一方で2012年度工事においては堤頭部ケーソン1函、スリットケーソン1函計2函の撤去に工費6.3億円、工期11ヶ月を要している(上部工先行撤去20函分等含む)。

起重機船による「吊り上げ方式」により、事業を継続した場合、陸上ヤードの長期にわたる専属的な確保が不可能である。また、前述した施工条件により、「吊り上げ方式」による撤去作業には、制約があるため事業遅延が懸念される場所であり、航路の供用が遅れる可能性がある。

このため、残り85函のケーソン撤去に際しては、より効率的な施工方法による「コスト縮減」と航路早期供用のための「工期短縮」について検討を行う必要があった。

5. 既設防波堤撤去における課題への対応策

(1) 砕岩棒及び硬土盤グラブによる現地破碎

スリットケーソン撤去作業に際しては、起重機船による「吊り上げ方式」に替えて、グラブ浚渫船による「現地破碎方式」を採用することとした。

通常浚渫工事において使用されるグラブ浚渫船を用い、同船が装備する「砕岩棒」をスリットケーソン上で自由落下させることにより、これを破碎し、「硬土盤グラブ」を使用して海中からコンクリートガラを撤去する施工方法とした。

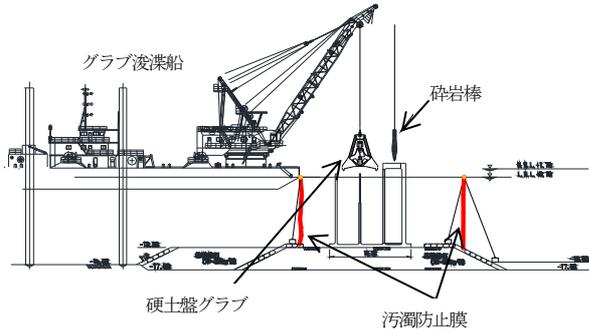
グラブ浚渫船を浚渫工事以外で使用することは極めて少なく、また、供用中の航路に隣接する場所において、

正立する構造物の破砕等を行った事例は国内において他にない。(図-4,写真-6,7,8,9)

「現地破砕方式」を採用することにより、起重機船によるケーソン「吊り上げ方式」に比べ、クラックによるケーソン崩落の危険性を回避し、グラブ浚渫船を用いるため、作業船が小型化し、かつ作業船船足が速くなるため、一般船舶による制約を受けずに施工を行うことができた。

また、現地破砕によりケーソンを仮置きする陸上ヤードを確保する必要がなく、長期にわたり専属的に作業ヤードを確保するという問題を解決した。

1. 砕岩棒及び硬土盤グラブによるスリットケーソン破砕・撤去



2. 瀬取り運搬(コンクリートガラ撤去→土運船積込→起重機船運搬)

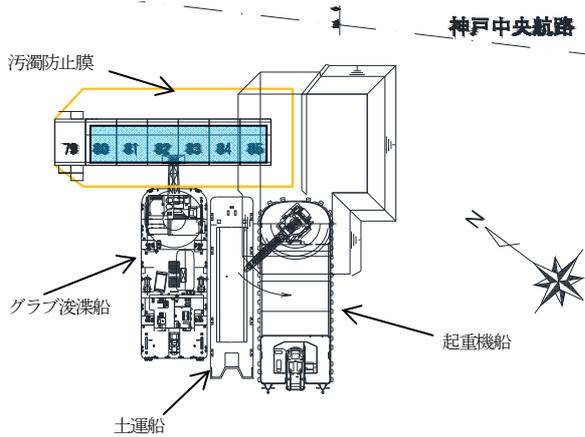


図-4 ケーソン現地破砕施工手順イメージ図



写真-7 砕岩棒による破砕状況



写真-8 硬土盤グラブによる撤去状況

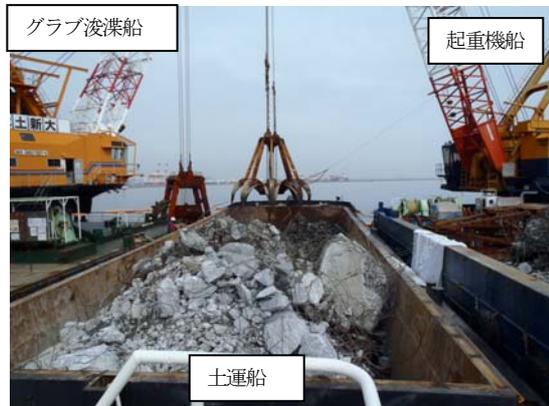


写真-9 コンクリートガラ積込状況



写真-6 グラブ浚渫船によるケーソン現地破砕の様子

(2) 現地破砕による周辺環境への影響対策

(a) 撤去ケーソン周辺に汚濁防止膜設置

現地破砕による周辺環境の影響として、周辺水域の濁りが懸念されたため、撤去するケーソン周辺に、汚濁防止膜の設置を義務付けた。これにより水域の濁り拡散を押さえるとともに、ケーソン撤去により発生するコンクリートガラが、供用中の航路へ飛散することの防止につとめた。(図-5)

(b) 施工箇所周辺での水質調査及び騒音調査

別件業務にて、ケーソン撤去作業時には施工場所周辺での水質調査および騒音調査を実施した。

水質調査及び騒音調査は、(図-6)に示す地点にて実施した。水質調査は、工事箇所を含め計4地点で、1地点毎に上層と下層での調査とし、ケーソン撤去作業日毎に実施する日調査と週1回に実施する週調査を実施した。日調査は、簡易濁度計を用いて現地測定し、事前調査にて定めたSS-濁度換算式により求めた換算SSにより現地においての濁り監視を行った。週調査は、バンドーン採水器により上層および下層の海水を採水し、室内試験によりSS等の分析を行った。調査に当たっては、C地点をバックグラウンド(以下B.G)として設定し、施工水域周辺の濁りを監視するため、B.G地点の測定値に対し、各監視地点(A,B,D)の測定値が、基準値(B.G地点測定値+10mg/L)を超えないか、監視を行った。

また、撤去作業に伴うコンクリート粒子のアルカリ成分の拡散がないかを確認するため、pH値の測定を実施し、各監視地点とB.G地点の比較を行った。

また、陸上騒音調査と水中部騒音調査を実施した。陸上騒音調査は砕岩棒でのスリットケーソン撤去作業時に8~18時まで毎正時10分間測定し、工事騒音による影響が、懸念される住宅地が多い六甲アイランド地区の工事現場近傍の岸壁際(敷地境界)で実施した。周辺海域の魚類等への影響が懸念されたため、海中での砕岩棒作業時に水中部の騒音調査を実施した。水中部騒音調査地点は、工事区域から離れた3地点で実施し、①は工事区域から200m、②は500m、③は800m離れた地点で測定を行った。

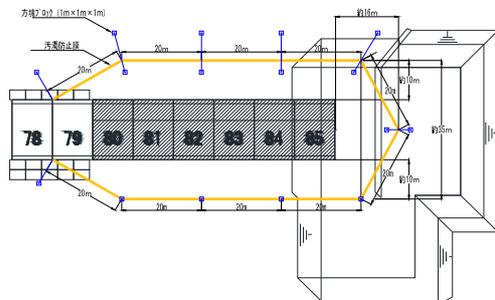


図-5 汚濁防止膜設置のイメージ図

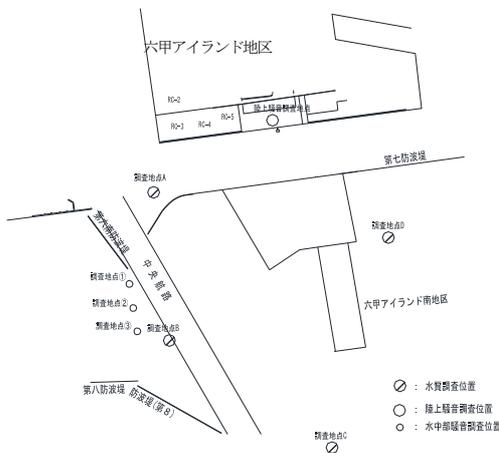


図-6 水質調査及び騒音調査位置図

6.現地破碎による成果

(1)コスト縮減、工期短縮の実現

現地破碎方式による施工方法を採用することにより、起重機船による吊り上げ方式に比べ、前述した大型一般船舶の入出港による制約を受けずに施工することができたため、工期を大幅に短縮することができた。

また、過年度工事における撤去費用と比較すると、大型起重機船及びケーソン運搬に必要な台船等の必要がないため、大幅なコスト縮減を達成することができた。

以上により、既設防波堤撤去において、砕岩棒と硬土盤グラブによる現地破碎は、優良な施工方法だと言える。(表-1)

表-1 工事費及び工期比較
(工期は2012,2014年度工事実績)

撤去工法	工事費/函	工期/函
①現地破碎方式	約35百万円	約5日
②吊り上げ方式	約83百万円	約39日
①-②	▲約48百万円	▲約34日

- ・工事費については、上部工撤去、中詰砂撤去等を除いた純粋なケーソン撤去・破碎の費用。
- ・工期については、吊り上げ方式は、3週連続の台風による延伸を含む。

(2)水質調査、騒音調査による結果

ケーソン撤去に当たり、周辺水域の濁り及び撤去コンクリートガラに含まれるアルカリ成分の影響によるpHの上昇が懸念されたが、調査の結果、濁りに関しては、換算SSの監視基準B.G値+10mg/Lを超えることはなく。また、pH値においても、B.G地点での測定値との差はなかった。これは、撤去作業時において、ケーソン周辺への汚濁防止膜で囲むことにより、濁り拡散やコンクリートガラ粒子の流出を防ぐことができたためであると考えられる。(図-7,8)

砕岩棒使用時における騒音が懸念されたが、基準を上回る騒音は検出されなかった。陸上騒音調査の結果、主な騒音源は、近傍のコンテナバースの作業音、航行する船舶の音であり、騒音の評価値は、55~68dBであった。規制基準値85dBを大きく下回っており、住宅地等に工事による騒音被害はなかった。これは、砕岩棒による作業において、気中部の破碎時は、落下高さを調整したことにより、騒音発生を抑えることができたためと考えられる。(表-2)

また、水中部騒音調査を実施したが、調査結果により工事音平均で、上述した①地点で、139dB、②地点で132dB、③地点で128dBとなっており、魚類が驚いて深みに潜るか、音源から遠ざかる反応を示す威嚇レベルである¹⁾140dB~160dBを下回っている。また、施工場所周辺

を航行する船舶航行音125dB～144dBと同程度の音圧であるため、工事による魚類等への影響はないと言える。
(図-9)

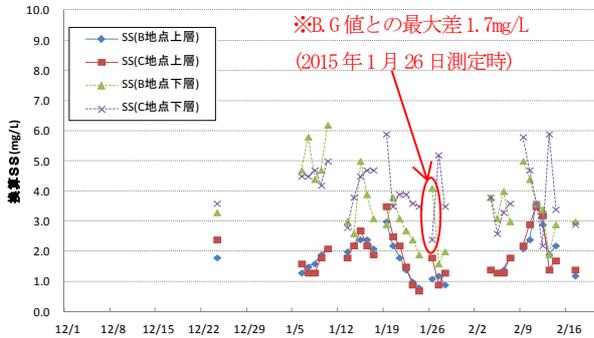


図-7 水質調査(日調査)におけるB地点とC地点の水質経時変化(換算SS)

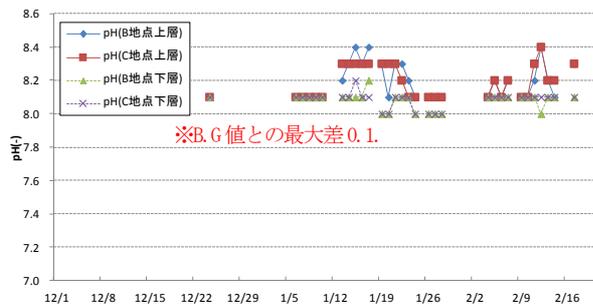


図-8 水質調査(日調査)におけるB地点とC地点の水質経時変化(pH)

表-2 六甲アイランド地区における陸上騒音調査結果
(2015年1月6日 砕岩棒による撤去作業時観測結果)

騒音 観測時間	等価騒音 レベル L _{eq}	時間率騒音レベル				評価値	評価値 決定方法	確認された主な音源 (工事騒音以外の音)
		上層値	中央値	下層値	評価値			
8:00~8:10	51.3	55	50	49	55	L ₅	コンテナパース作業、航空機、風雨	
9:00~9:10	60.6	68	55	53	68	L ₅	コンテナパース作業、汽笛(放送)、風雨	
10:00~10:10	55.2	58	55	53	58	L ₅	コンテナパース作業、風雨	
11:00~11:10	55.1	58	55	53	58	L ₅	コンテナパース作業、風雨	
12:00~12:10	66.2	68	49	48	68	L ₅	コンテナパース作業、汽笛(放送)、航空機、風雨	
13:00~13:10	54.3	56	54	52	56	L ₅	コンテナパース作業、風雨	
14:00~14:10	53.2	55	53	51	55	L ₅	コンテナパース作業	
15:00~15:10	53.3	57	52	50	57	L ₅	コンテナパース作業、船舶	
16:00~16:10	51.0	54	50	48	54	L ₅	コンテナパース作業	
17:00~17:10	49.2	53	48	44	53	L ₅	コンテナパース作業、航空機、船舶	
18:00~18:10	60.0	68	45	42	68	L ₅	コンテナパース作業、汽笛(放送)	

※等価騒音レベル及び時間率騒音レベルについては、除外音を除かず全ての音を含んでいる。

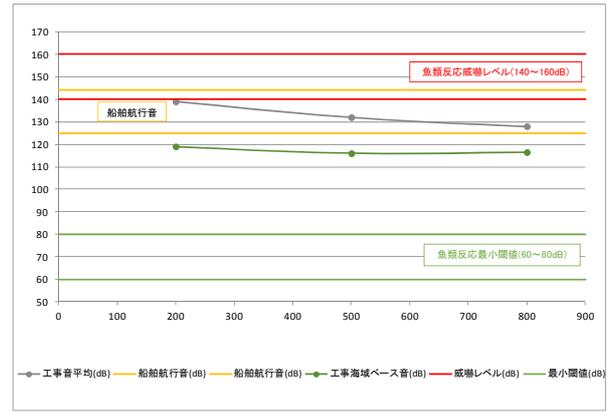


図-9 施工場所周辺の水中部騒音調査結果

7.まとめ

本稿では、供用中の航路近傍での既設防波堤の撤去にあたり、安全確保を前提として、「コスト縮減」、「工期短縮」の実現という課題と検討に基づく対応策及び成果について報告した。

既設防波堤撤去にあたっては「砕岩棒」「硬土盤グラブ」による現地破碎方式を採用することにより、供用中の航路近傍という現場条件に対して安全性を確保して施工し、作業ヤードの確保、撤去作業日による制約を解決することができたといえる。過年度工事で施工した起重機船による吊り上げ方式に比べて、大幅なコスト縮減、工期短縮を実現した。

また、現地破碎による周辺環境への影響が懸念されたが、汚濁防止膜設置による対策により、水質への影響を及ぼすことなく、施工することができた。騒音調査の結果からも、工事による騒音の影響は無いと言える。

上記により、本事例は、今後、継続して行う防波堤撤去作業において、優良な施工法であることが確認された。本事例は他の港においても既設構造物の老朽化、陳腐化が懸念され、撤去の必要があると考えられる場合において採用可能な施工方法であり、モデルケースになると考えられる。

早期航路供用に向けて、本事例を今後の防波堤撤去計画に活かしていきたいと思う。

参考文献

- 1) 社団法人日本水産資源保護協会：水中音の魚類に及ぼす影響 水産研究叢書 47