波浪による護岸基礎洗堀に伴うエプロン陥没の補修設計事例

○宮永　和明[1]・○比屋根　拓也[1]

[1](株)沖縄建設技研（沖縄県浦添市字前田１１２４番地）

キーワード： 護岸、補修設計、被災メカニズム、特殊袋体間詰充填補修

１．はじめに

A 港は、沖縄県本部半島の北約 28km の B 島の東側に位置する地方港湾で、定期船の他に不定期船が利用している。対象施設である護岸は、不定期船の荷役で利用する岸壁(-4.5m)の側壁に位置しており、土留め機能を目的する。よって、円滑な港湾物流を支えるための施設用地を守る護岸は、重要な役割を担っている。

写真-1　対象施設の全景

本業務は、一部破損した重力式護岸の補修を目的とした設計業務である。護岸の補修設計を行うにあたり、被害拡大の防止、施工期間および早期整備のためのコストといった複数の観点から最も適切な補修対策を選定した結果について報告する。

２．現地状況

(1)既存施設の構造形式および配置計画

設計対象となる護岸は、昭和 52 年に竣工した岸壁(-4.5m)(控え鋼矢板式)と側壁護岸(控え鋼矢板式)に隣接しており、構造形式は、重力式で構成されていた。

また、重力式護岸には、控え鋼矢板側のタイ材および控え壁が近接して埋設されており、重力式護岸の復旧時には、図-2 に示す控え壁や鋼矢板本体が倒壊することのないよう配慮する必要があった。

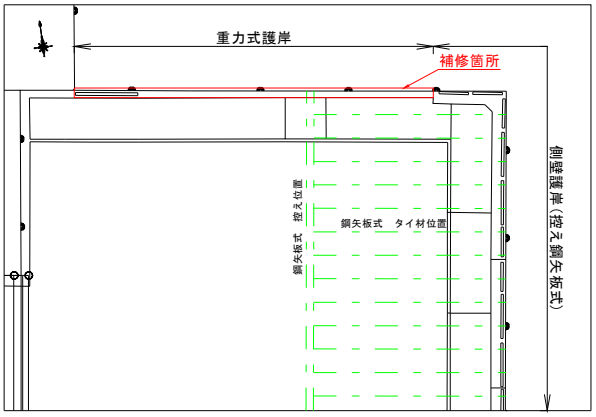

図-1　護岸平面図

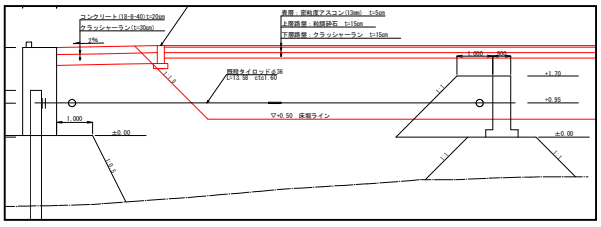

図-2　側壁護岸(控え鋼矢板式)

(2)被災状況

現地は、上部工の沈下やエプロン舗装に多数の陥没がみられ、立入禁止措置が行われていた。

既往業務より入手した被災状況の写真 2～4 に示すように経時的に写真を比べてみると、2016 年の写真-2、2019 年の写真-3、2020 年の写真-4 と徐々に陥没範囲の拡大が確認でき、埋土の土砂流出が進行していると想定された。

写真-2　護岸の破損状況(※2016 年撮影)

写真-3　護岸の破損状況(※2019 年撮影)

写真-4　護岸の破損状況(※2020 年撮影)

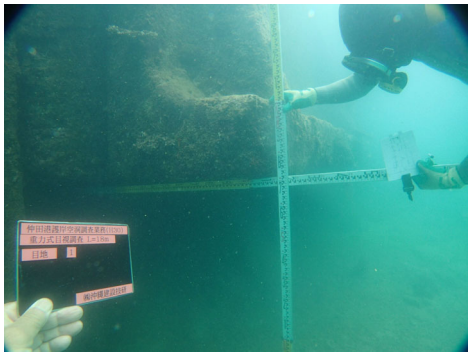

写真-5　護岸基礎部の洗堀状況

写真-5 は、護岸基礎部の洗堀状況で、2019 年に撮影されたものであり、護岸基礎部において大規模に洗堀している状況が確認された。

以上の被害拡大の履歴と調査結果により、本施設は、被害が進行しており、非常に危険な状況にあることを確認した。

3. 問題および問題分析

(1)問題抽出

重力式護岸は、基礎部が空洞で、いつ倒壊してもおかしくない状況である。また、重力式護岸が倒壊すれば、隣接する控え鋼矢板式の側壁護岸や岸壁(-4.5m)も倒壊する恐れがある。以上から、本来の機能を早急に復旧する必要があった。

(2)被災メカニズム

適切な対策を講じるには、被災メカニズムとその原因を明確にする必要がある。

護岸全面に配置されている根固ブロックは、写真-6 のように海底で散乱していた。また、海底にあるはずの根固ブロックが、写真-7 のように隣接している防波堤にまで飛散している状況が確認され、大きな波浪来襲が想定された。

写真-6　根固ブロック散乱状況

写真-7　消波ブロック飛散状況

さらに、ドローンにより上空から観察した結果、港口に対し真正面に重力式護岸が配置されている上、護岸と防波堤の隅角部に位置することから、局部的に著しく波高増大が起きている状況が想定された。

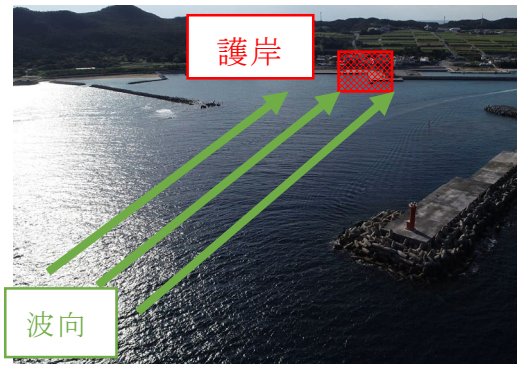

写真-8　ドローンで空撮したA港全景

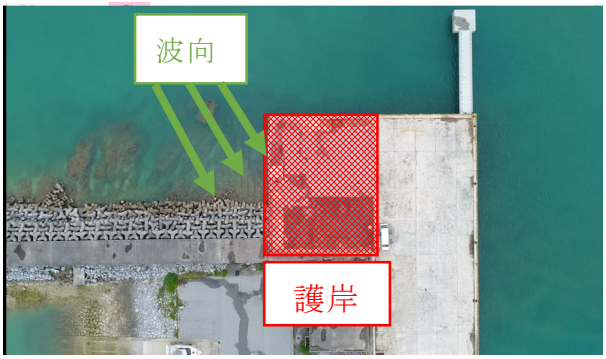

写真-9　波向に対する護岸隅角部

以上の結果から、大きな波浪来襲により被覆ブロックが散乱した後、図-3のように基礎の洗堀により基礎捨石が流出し、後に裏込栗石から埋土が流出後、エプロン舗装が陥没するという被災メカニズムが想定できた。

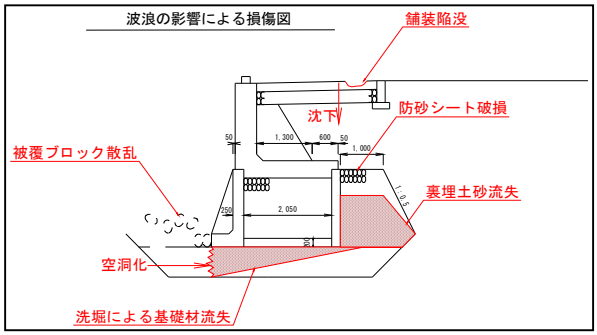

図-3　重力式護岸の変状断面図

4. 課題

護岸および岸壁の倒壊回避のため、出来るだけ早急な対策が必要であった。しかし、対象となる施設は、昭和52年に築造された老朽化した施設であり、抜本的な更新も考える必要がある反面、コストを要すれば、事業化の手続き、設計、施工に時間を要することから、以下の課題が考えられた。

(1) 補修レベルと事業費のトレードオフ

現地は、大きな波浪が来襲する場所であり、簡易な補修では、翌年には再び被災することも考えれる。しかし、補修レベルを上げれば、更新に近い形となり、費用を要する。このようなトレードオフする関係の中で、現在の現地状況に最も適合する補修レベルの対策を選定する必要があった。

(2) 早急な対策の選定

隣接する鋼矢板式護岸への被害拡大を回避するため、早急な対策が必要であった。

5. 解決策

以上を踏まえた解決策を以下に示す。

(1) 案1：コンクリート充填策

2019年実施の調査業務では、発注者から当初、空洞にコンクリートを充填して補修したい意向があり、その打設数量を把握することも目的の一つとしてレーダー探査が実施された。しかし、空洞が大きいことから、護岸背後を掘削し、背後と前面からコンクリートを流して、空洞を充填する必要

性が考えれた。（図-4 参照）

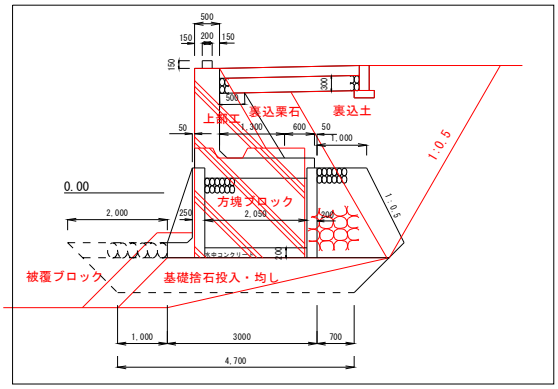

図-5 案 2　既設護岸更新

(3)案 3　特殊袋体間詰充填補修

本工法は、基礎の空洞に潜水士が特殊な布製型枠を設置した後、水中コンクリートを圧送して空洞をコンクリートで支える補修方法である。

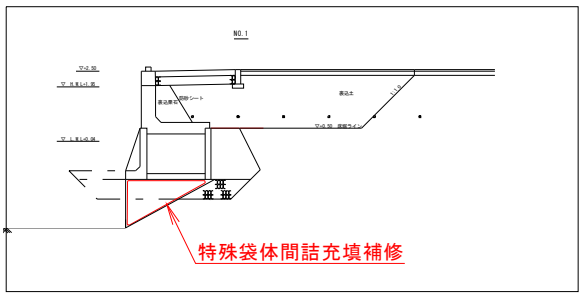

図-6　特殊袋体間詰充填補修

写真-8　特殊袋体間詰充填補修の事例

本工法により、最も問題となる水中部の補修を容易に行うことができる。陸上部は、空洞箇所を掘削した後、土砂投入、転圧、埋戻しを行い復旧する。

(4) 対策案の選定

補修後の性能は、案 2 が最も優れ、補修レベルは、3 案中最も高い。しかし、事業費が高い上、事業化、設計、施工と時間を要する。案 3 は、なんとか倒壊を防ぐという補修レベルであるが、今後、維持管理点検と両輪で供用していくことで、性能を維持できると判断し、今回、3 案中最も低い補修レベルとなるが、コストと早急性を重用して、本案を採用した。施工費で間接費込で￥1,480 万円/式である。なお、第 1 案は、空洞にコンクリートが行き届かない可能性があり、施工に不確定要素が残るため、除外した。

6. おわりに

ドローン空撮や潜水調査等、既存施設に関する情報収集に努め、被災メカニズムを的確に想定できたことは、課題解決を検討する上で、非常に有効であったと感じる。しかし、2019 年の空洞調査設計から 2020 年の本業務受注時まで結果的に 1 年を要した。本業務は、緊急性が高いことから、空洞調査設計の段階で的確な調査と対策案を提案し、1 年でも早い工事発注に協力できれば良かったと反省している。今後、本業

務のような緊急性が高い現場と関わる際は、社内で緊急会議を行い、知識、経験、情報を出し合い､速やかに最適な対策を提案し、限られた財政の中で適切かつスピィーディーに既設インフラを守っていけるよう尽力していきたい。

参考文献

1)港湾の施設の技術上の基準･同解説(平成 30 年版)