

## 防波堤の補修技術に関する事例調査

前 (財) 港湾空港建設技術サービスセンター 菊池 一志  
 (財) 港湾空港建設技術サービスセンター (正) ○加藤 博敏  
 (財) 港湾空港建設技術サービスセンター (正) 島田 伊浩

### 1. 目的

防波堤は直接波浪等の厳しい自然条件にさらされ、自然劣化や外力による部材破損など生じた場合の変状確認が難しく、特に消波ブロック被覆堤の場合は目視確認も出来ないため、被災して始めて変状に気づくケースも多い。また、防波堤の損傷は規模にもよるが、港湾の機能確保に大きな影響を及ぼすことから、その補修技術については幅広く事例を収集し、常に活用しやすくしておくことが重要である。

そのため、消波ブロック被覆堤で最も事例の多いケーソン壁の損傷ケースを中心に、破損した原因、補修方法などについて、事例を収集整理しまとめた。

表-1 地域別の件数割

地 域	件数
北海道地方	1
東北地方	14
北陸地方	1
関東地方	2
中部地方	1
近畿地方	1
中国地方	1
四国地方	3
九州地方	5
沖縄地方	0
合 計	29

### 2. 収集内容

今回の調査で収集した事例は全部で29件である。収集した事例を地域別にみると東北が17件と半数近くを占め、次に九州地方の5件とつづく。また、収集した事例を損傷程度の区分について、3段階の劣化形態で分類した。分類は、ケーソン壁面のひび割れ(レベル1)、コンクリート剥落や断面欠損(レベル2)、穴あきや中詰砂流出(レベル3)とした。損傷レベルの区分では、レベル1が3件、レベル2が9件、レベル3が17件の事例を収集することができた。地域別の件数割合を表-1に示す。

また、収集した事例を供用係数のランク別に見ると、供用係数のランクが1から3が4件、4から6が8件、7から9が12件で、主要港湾以外が5件となった。防波堤の損傷については、供用係数のランクの高い地域についての損傷の度合いが高いことが伺える。

### 2. 損傷原因

表-2 損傷の原因の割合

損傷の原因は、消波ブロックの衝突、ケーソン滑動などの移動、船舶の衝突などの外力によるものに分類される。損傷の原因として多いものは、消波ブロックの衝突であり、59%と半数以上をしめる。損傷の原因の割合を表-2に示す。

	レベル1	レベル2	レベル3	合計	割合
消波ブロックの衝突	2	2	13	17	59%
波浪によるケーソンの移動	1	3	0	4	14%
船舶の衝突	0	2	1	3	10%
不 明	0	2	3	5	17%
合 計	3	9	17	29	—

### 3. 補修方法

#### (1) ケーソン壁面のひび割れ(レベル1)

ひび割れ補修においては、微細なひび割れの表面を塗膜で被覆してしまう「表面被覆後方」と、ひび割れ幅0.2mm程度から1mm程度までをカバー出来る「注入工法」と、主に0.5mm以上のひび割れに適用される「充てん工法」に大別される。表-3に各レベルの補修概要について示す。

#### (2) コンクリート剥落や断面欠損(レベル2)

コンクリート表面の剥離や断面欠損が生じた場合の補修工法としては、コテによる左官工法、吹付け工法、モルタル注入工法に大別される。ケーソン壁の損傷補修を考えた場合その施工環境と損傷形態から一般的には、モルタル注入工法が採用されることが大半である。

#### (3) 穴あきや中詰砂流出(レベル3)

キーワード 防波堤, 損傷, 補修事例, 維持管理

連絡先 〒100-0013 千代田区霞が関3-3-1 尚友会館3F (財) 港湾空港建設技術サービスセンター TEL:03-3503-2804

損傷レベル3では、ケーソン壁に外力により穴があき、そこから中詰砂が流失する状態であり、その流失量ため、施工法も規模が大きくなり、穴あきによってはケーソン自体の重量が軽くなり耐波安定性で問題が生じる。穴あき部をふさぐ工法として、一般的には「鋼製外型枠工法」もしくは「袋詰めコンクリート工法」が採用される。

また、中詰砂が流失した隔壁部にはコンクリートを充てんして塞ぐのが一般的で、確実な工法である。ただし、この場合には従来の中詰砂の重量と比較して重量が増大するこになり、このことは防波堤の滑動と転倒の安定性に寄与する傾向となるが、逆に地盤反力が増大したり、ケーソン底版が中詰自重に耐えられない状態になるなどの懸念も生じるので、これらについて事前に十分検討を加えることが重要である。代表的な「鋼製外型枠工法」と、「袋詰めコンクリート工法」の概要を以下に示す。

①鋼製外型枠工法

この工法は、穴のあいたケーソン側壁部に外側から鋼製の型枠をアンカーボルト等で取付け、内部空間を外海から遮断した状態にして空隙部にコンクリートを打設するものである。そのため、防波堤天端からあまり深くない範囲での施工が対象となり、前面部に消波ブロックが撤去できない状態で存在する場合などもこの工法は採択しにくい。

②袋詰めコンクリート工法

この工法は、ケーソン壁の穴あき部の位置が下方にあるため、壁面に型枠の取付けが出来ない場合や、上方であっても前面に設置してある消波ブロックの存在が施工を妨げる場合などに適用される。比較的実績の多い工法でもある。

表-3 に代表的な補修概要を示す。また、表-4 にレベル3での補修方法の細分の件数を示す。なお、重複している工法もあるため全体の合計は多くなっている。

表-4 代表的な補修概要

損傷レベル	補修概要
1	ひび割れにエポキシ樹脂系接着剤を注入
2	鋼板取付け及びセメントミルク注入
3	水中用エポキシ樹脂系接着剤を注入
3	補強鉄筋組み立て及びドレーン管によりコンクリート打設
3	破損部にエポキシ樹脂モルタルを打設
3	補強鉄筋組み立て及び早強コンクリート打設
3	止水蓋取付け後ミキサ船でコンクリート打設
3	中詰コンクリート打設及び袋詰めコンクリート打設
3	鋼材で止水壁を設置後中詰コンクリート打設
3	止水板設置後補強コンクリート打設
3	ケーソン外側から止水鉄板設置後流動化コンクリート打設
3	ケーソン外側から鋼板型枠設置後水中コンクリート打設
3	破損部に吊型枠取付け後ドレーン管で中詰コンクリート打設
3	残存中詰砂の薬液注入補強と隔壁内水中コンクリート打設
3	陸上で鉄板蓋設置後ケーソンの再据付け
3	水中型枠設置後高流動水中不分離軽量コンクリート充填等
3	ミキサ船で水中コンクリート打設
3	隔壁内に水中コンクリート打設及びグラウトポンプでモルタル圧入

表-4 補修方法の細分の件数

鋼板取付(型枠)	中詰コンクリート充填	中詰コンクリート(水中)	中詰コンクリート(高流動)	中詰コンクリート(袋詰)	側壁補強コンクリート	ケーソン上部全体の復旧	中詰砂薬液注固	中詰グラウト
13	5	5	3	2	1	1	1	3

4. 考察

ケーソン壁の補修については、損傷レベル毎に適切な工法を選定することとなる。その時、各補修を実施するに当たり、その構造物が当初想定していなかった条件が組み込まれることになり、特に設計面で事前検証を行い、安全性や耐久性等について確認を行うことが不可欠となる。

例えばレベル3の補修では、中詰めにコンクリートを打設した場合、堤体重量の増加や、偏荷重になることがあり、事前にケーソン底版の応力検証、捨石マウンドの支持力検証、地盤の滑りに対する検証、補修側壁の応力検証、強度確認方法の整理などについて対応する必要がある。また、施工中の安全性確保が可能な施工法や施行手順についても十分検討を行っておくことが大切である。