

# 大型波返し護岸による高潮対策施設の検討

屋良 隆司、賀教 博一

株式会社 沖縄建設技研（〒901-2126 沖縄県浦添市宮城三丁目7番5-103号）

キーワード：高潮対策施設、大型波返し付護岸、利便性、景観性

## 1. はじめに

国民共有の財産として「美しく、安全で、いきいきとした海岸」を次世代へ継承していくことを、今後の海岸の保全のための基本的な理念とし、平成11年に改正された海岸法においては「海岸の防護」に加え「海岸環境の整備と保全」および「公衆の海岸の適正な利用の確保」を図ることを法律の目的としている。

こうした海岸法の理念や目的が達成されるように、主要防護機能のほか、利用面や環境面など、海岸の機能の多様性や配慮を適切に行うことが重要である。また、防護・環境・利用の相互間にトレードオフが発生する場合があります、多様な機能の調和に配慮する必要があります。

ここでは、一般国道の高潮対策施設の検討にあたり、護岸を対象とした線的防護のみの条件で、景観性や利便性に配慮して検討した事例を報告する。

## 2. 設計概要および課題

対象となる一般国道は、写真-1に示すように、一部区間は湾内の沿岸線沿いに整備されており、常時であれば道路から豊かな自然景色を望むことができる道路である。また、豊かな自然環境から「沖縄風景街道」として登録されており、地域の活性化や観光資源を目指す取り組みが行われている。本事例では、このうちL=540m区間が対象で、現地状況から、A区間およびB区間の2つに区分した。



写真-1 対象区間の空中写真(Google Earthより)

対象区間は、高潮対策施設として直立護岸および消波ブロック被覆護岸が整備されていた。しかし、護岸の天端高が不足しているため、写真-2に示すように波浪時は越波が顕著で、道路利用者は安全に通行できない状況にあった。

このような状況から、高潮対策施設として所要の防護機能を確保するため、護岸の改良について検討した。

検討にあたっては、対象となる事業の性質上、離岸堤や突堤等の面的防護を適用することが困難であったため、護岸による線的防護にのみが対象であった、また、道路の利用状況を勘案し、景観性や利便性に十分に配慮する必要があった。



写真-2 波浪時の越波状況

## 3. これまでの経緯と現状の把握

### (1)過去の状況の把握

1977年当時は、写真-3に示すように、部分的ではあるが海浜が見受けられることから、海浜により波浪が減衰され、現状の護岸でも防護機能が満足していたと考えられる。

しかし、現在は写真-1に示すように、1977年当時と比較すると、海浜がほぼ消失していることから、護岸の天端高が不足していると考えられた。海浜が消失した経緯を想定すると、近くに整備された漁港の外郭施設により、来襲する波浪が変化し、漂砂の収支バランスが崩れたことが要因ではないかと考えられた。



写真-3 1977年当時の対象地周辺

### (2)現在の状況の把握

#### 1)A区間

A区間は写真-1に示すように、起点からL=130mの区間で、写真-4に示すように消波ブロック被覆護岸(以下、消波護岸と称す)が整備されていた。

消波護岸は過去の事業により、当初整備されていた壁高

H=4.0m 程度の直立護岸を改良する目的で、消波ブロックが後から設置されていた。



写真-4 A区間の状況

## 2) B 区間

B区間は、A区間から終点側に向かって全体で230mの区間で、湾口正面に位置することから、A区間に比べ特に強い波浪が来襲する区間であった。

現在は、A区間に隣接したL=100区間で、A区間と同じ構造である消波護岸が整備されていた。また、写真-5に示すように残りのL=130m区間は、壁高H=4.0m程度の直立護岸が整備された。



写真-5 B区間の直立護岸の整備区間

## (3) 既設護岸の定量的評価

現地に来襲する波浪を推算のうえ、護岸の必要天端高を算定した。算定結果は表-1に示すように、直立護岸であれば2.3m、消波護岸では0.8m不足していると評価した。

なお、天端高は「沖縄県土木工事設計要領」を参考に、許容越波流量0.01m<sup>3</sup>/m/secと設定し、構造に応じた越波流量算定図を用いて算定した。

表-1 既設護岸の天端高および護岸の必要天端高

護岸構造	既設護岸高	必要天端高
直立護岸	EL+4.5m	EL+6.8m
消波護岸	〃	EL+5.3m

## 4. 健全度を考慮した検討方針

### (1) 既設護岸の健全度調査結果

既設護岸の状況を把握するため「ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)～堤防・護岸・胸壁の点検・診断～(平成20年2月)」等に準じ、既設護岸の健全度調査を実施し、既設護岸の健全度を評価した。既設護岸の健全度評価を整理すると、表-2の結果となった。

表-2 既設護岸の調査結果

区間	護岸スパン数	評価1	評価2	評価3
A	13	0	13	0
B	23	13	10	0

※護岸スパン：護岸の縁切りされた区間で1スパンは10m。

表-2に示す「評価1」は要対策、「評価2」は重点監視又は重点点検、「評価3」は問題なしを表し、評価1が最も劣化が進んでいることを示す。

### (2) 調査結果を踏まえたA区間の検討方針

A区間の調査の結果、微細なひび割れなどが確認されたものの、全体的に概ね健全であったことを踏まえ、既設護岸を有効に利用した対策を検討することとした。

### (3) 調査結果を踏まえたB区間の検討方針

B区間の調査の結果、「評価1」や「評価2」が多く、全体的な劣化が確認された。特に、直立護岸は劣化が顕著であったため、既設護岸を利用することは困難であると判断した。したがって、B区間は新たに護岸を整備することが望ましいと考えた。

## 5. 対策方法の比較検討

前述の検討方針に沿って、各区間の対策方法について比較検討した。

### (1) A区間の比較検討

A区間は、既設護岸が概ね健全であったことから、A区間およびB区間の既設消波ブロックを集積することで、防護機能を向上させることとした。表-3に消波護岸の天端ブロックの個数による比較結果を示す。

表-3 A区間 天端ブロックの個数による比較結果

案	消波ブロックの天端(下層)個数	護岸の必要天端高	評価
1案	2個並び	EL+5.3m	現状
2案	3個並び	EL+4.9m	
3案	4個並び	EL+4.5m	推奨

なお、天端高の算定方法は図-1を用い、天端2個並びを基準とした比率によって、静水面上の必要高 $h_c$ を算定できる。

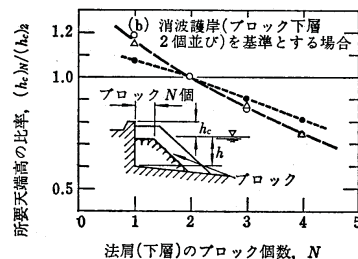


図-1 天端高の算定図<sup>\*1</sup>

以上より、A区間は消波ブロックを現状の2個並びから4個並びに増やすことで、護岸の必要天端高は、既設護岸と同じEL+4.5mとなり、既設護岸を有効に利用することが可能と判断した。

## (2)B 区間の検討

B 区間は、健全度が低下した既設護岸は取壊し、新たに護岸を整備する。現状の護岸の整備状況を踏まえ、表-4 に示す護岸案を比較検討した。以下より比較各案の概要を示す。

表-4 B 区間 護岸の比較案

案	護岸構造	護岸の必要天端高
1 案	直立護岸	EL+6.8m
2 案	消波護岸	EL+4.5m
3 案	練石積護岸	EL+6.8m
4 案	大型波返し付護岸	EL+5.2m

### 1) 第 1 案 直立護岸

図-1 に標準断面図を示す直立護岸は、既設護岸と同じ構造で、劣化が進んだ既設護岸の取壊した後、新たに壁高 6.8m 程度の護岸を整備する案である。天端高は、既設護岸より 2.3m も高くなるため、道路からの景観性を阻害しないように、護岸背後の一般国道も嵩上げ改良する必要がある。なお、地盤は N=50 以上の砂岩層粘板岩互層であり、支持力は特に問題ないことを確認している。

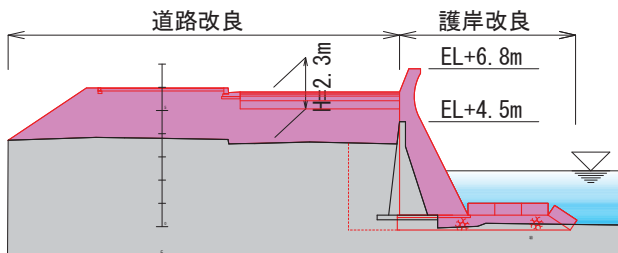


図-2 第 1 案 直立護岸の標準断面図

### 2) 第 2 案 消波護岸(4 個並び)

図-3 に標準断面図を示す消波護岸は、A 区間の推奨案と同様の構造である。ただし A 区間とは異なり、既設護岸の取壊し後に、壁高 4.5m 程度の直立護岸を新設し、さらに消波ブロック (2.0t 型) を新規に製作・据付する必要がある。なお、改良する護岸の天端高と既設護岸の天端高は同じであるため、比較案で唯一、道路の嵩上げ改良が必要としない。

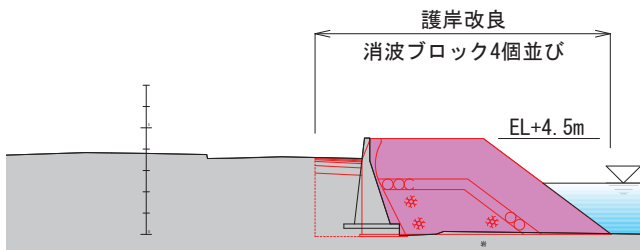


図-3 第 2 案 消波護岸の標準断面図

### 3) 第 3 案 石積み護岸

図-4 に標準断面図を示す練石積護岸は、護岸の天端高は第 1 案と同様の EL+6.8m で、壁高は H=6.8m 程度となる。対象区間に隣接して整備されている構造で、景観性に配慮して 500 kg 内外の石材を用いる構造である。

天端高は、既設護岸より 2.3m も天端高が高くなるため、第 1 案同様、護岸背後の道路の嵩上げは必要となる。

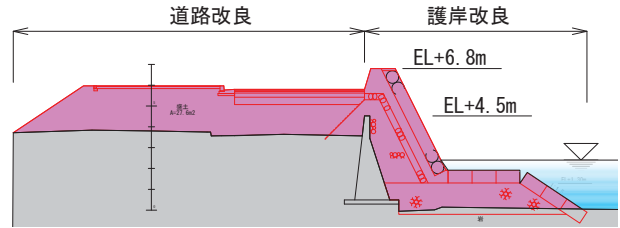


図-4 第 3 案 練石積護岸

### 4) 第 4 案 大型波返し付護岸

図-5 に標準断面図を示す大型波返し付護岸は、堤体前面に大きな弧を有するハイブリット構造で、近年開発された新工法である。沖縄県内では、現時点で 2 件の整備事例があり、当該事例のように越波が激しい道路の高潮対策施設として整備された経緯がある。

大型波返し付護岸は、独特な形状により、高い越波防止機能に優れ、また、反射率を低減することが特徴である。さらに、広い護岸天端を有することから、整備後は海域を眺望するテラス的な用が可能である。なお、天端高+5.2m は、既往の水理実験による越波流量算定図から算出した、簡易的な方法によるものである。

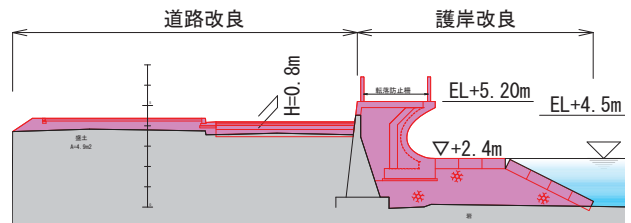


図-5 第 4 案 大型波返し付護岸の標準断面図

### 5) B 区間の比較案の総合評価

比較案は、以下の項目で評価することとした。なお、維持管理、施工性および経済性の説明は、割愛する。

#### ①景観性

周辺の環境とマッチした、良好な景観性を保持する必要がある。

#### ②海域の改変量

護岸前面の海域の改変量を抑え、自然環境を保護する必要がある。

#### ③道路の利用環境

護岸天端高が現状より上昇した場合、道路の嵩上げ改良も必要となる。その場合、道路の走行性や景観性を確保する必要がある。

#### ④利便性

整備後の護岸は、防護機能のみならず、利便性を考慮する必要がある。

以上の項目について、評価した結果を表-5 にまとめる。評価は、優(◎)、良(O)、可(△)とした。なお、経済性に示す数値は、最も安価な案を基準とした概算の金額差を示す。

表-5 比較案の評価

案	天端高(m)	景観	海域の 改変量	道路の 利用環境	利便性	維持管理	施工性	経済性	評価
1案	6.8	△	◎	△	△	○	△	○ (1.5)	
2案	4.5	△	△	◎	△	△	○	△ (1.9)	
3案	6.8	◎	△	△	△	○	△	◎ (1.0)	
4案	5.2	○	△	○	◎	◎	◎	△ (2.2)	推奨

以上の比較より、比較案の中で天端高は比較的強く抑えることができ、景観や利便性にも配慮できる「第4案 大型波返し付護岸」を推奨することとした。

## 6. 大型波返し付護岸の水槽実験による効果の確認

### (1) 水槽実験の概要および結果

推奨とした大型波返し付護岸は、越波流量算定図から簡易的に天端高をEL+5.2mと算定した。

当該護岸は、全国的にも整備事例が乏しいため、細部設計にあたっては、現地状況を再現した水槽実験により効果を確認し、最終的な護岸の天端高を決定した。表-6に水槽実験の諸条件を示す。

表-6 水槽実験の諸条件

水槽	2次元吸収制御式造波水槽 (長さ30m×高さ1.2m×幅0.6m)
造波	不規則波(波圧は規則波)
海底勾配および潮位	1/200、H.H.W.L EL+1.4m
波高	$H_{1/3}=2.6m$
スケール	1/30~1/50
実験項目	越波量、反射率および流速

なお、実験精度の向上を図るため、写真-6に示すように既設護岸を再現し、越波状況や越波流量を測定し、現状と大きな相違がないことを確認している。

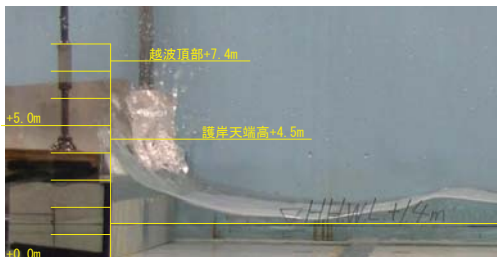


写真-6 現況を再現した実験



写真-7 現況の越波状況

表-7に水槽実験の結果、写真-8に実験の様子を示す。

表-7 実験結果

実験項目	結果
護岸の必要天端高	天端高 EL+5.7m
反射率	0.18
流速	-0.19m/s~0.43m/s

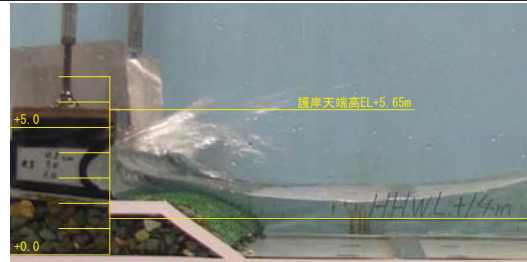


写真-8 水槽実験の様子

### (2) 水槽実験の結果の考察

水槽実験の結果は、簡易的に算出した護岸天端EL+5.2mよりも、0.5m高いEL+5.7mの天端高が必要となった。これは、現地の状況を再現したことによる相違差と考えられる。反射率は、実験により得られた現在の直立護岸の反射率0.18と同じことが確認された。また、流速もマイナス値が観測され、沖から岸に向かう流れが卓越していることから、大型波返し付護岸の整備により、海域環境が大きく変わることは少ないと判断した。

## 7. 水槽実験を踏まえた設計への反映

最終的な護岸の天端高は、既設護岸より1.2m高いEL+5.7mとなったため、道路は最大1.2mの嵩上げ改良が必要となった。道路の改良は、図-6に示すように、走行時のドライバーの視線高が約1.2mであることを考慮して、嵩上げ改良を計画し、景観性や走行性を損なわないように配慮した。

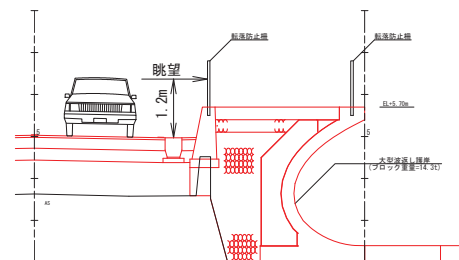


図-6 景観性を確保した道路設計の概要図

## 5. おわりに

当事例のように線の防護のみの場合、改良した護岸は天端高が高くなり、海域と陸域は護岸により分断され、利用性や環境性は悪化する。このような状況の場合、大型波返し付護岸は、特徴である天端高の低減、護岸天端の利用が有効であった。今後は、整備事例が増え、一般的な工法へ普及し、経済的にも安価になることを期待する。

### 参考文献

- 1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 平成16年6月
- 2) 耐波工学, 2008年6月