

大型波返し付護岸による高潮対策施設の検討

○屋良 隆司¹、宮永 和明¹、賀数 博一¹

¹ (株) 沖縄建設技研 (沖縄県浦添市三丁目7番5-103号)

キーワード：大型波返し付護岸、高潮対策施設、水槽実験、景観性、利便性

1. はじめに

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る。

ここでは、一般国道の高潮対策施設の検討にあたり、景観性や利便性に配慮して大型波返し付護岸を採用した事例を報告する。

2. 設計概要

本設計は、豊かな自然環境から「沖縄風景街道」として登録されている一般国道における高潮対策施設の護岸設計であった。

本設計区間は、湾内に位置する海岸線沿いに整備されており、海岸線の海岸景観や自然景観に恵まれた道路である。本設計区間は、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る。しかし、護岸の天端高が不

足しているため、写真-1に示すように、荒天時には沖側からの波浪による越波が著しく、交通車両が安全に通行できない状況であった。



写真-1 波浪時の越波状況

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認するため、護岸改良の検討が必要となった。本来なら護岸、砂浜、離岸堤、潜堤・人工リーフ等の海岸保全施設を面的な広がりをもって適切に配置する面的防護方式による対策が望ましいが、対象事業の性質上、護岸による線的防護方式による対策の検討を行った。

3. 現状把握

高潮対策の検討に先立ち、設計対象地周辺の地形変化、現在の整備状況および既設護岸天端高の定量的評価を行うとともに、既設護岸の健全度調査を実施した。

(1) 地形変化

写真-2に示すように、1977年(昭和52

年) 当時は、本対象区間も含めた前後の区間において、自然海浜が形成されている。その当時においては、自然海浜により波浪が減衰され、現在の護岸天端高さでも防護機能が確保されていたと考えられる。



写真-2 1977年(昭和52年)当時の海浜状況

写真-3に示す2010年(平成22年)当時と1977年(昭和52年)当時の写真を比較すると、全体的に自然海浜が消失していることから、自然海浜による面的防護機能が低下し、護岸の天端高が不足している状況に至ったと考えられた。



写真-3 2010年(平成22年)当時の海浜状況

(2) 現在の整備状況

本設計区間において、起点から100m区間では、写真-4に示すような消波ブロック被覆護岸(以下、「消波護岸」と称す)、残り130mの区間では、写真-5に示すような壁高約4.0m程度の直立護岸が整備されていた。



写真-4 消波護岸の整備状況



写真-5 直立護岸の整備状況

(3) 既設護岸天端高の定量的評価

現地に来襲する波浪推算を行い、既設護岸の必要天端高を算出した。必要天端高算出の許容越波量については、人家連担部以外であったため $0.01(\text{m}^3/\text{m}/\text{sec})$ とした。既設護岸の必要天端高の算出結果は、表-1に示すとおりである。

必要な護岸の天端高は、消波護岸区間においてはEL+5.3、直立護岸区間においてはEL+6.8mとなり、既設護岸天端高(EL+4.5m)と比較すると、天端高が0.8~2.3m不足していると評価された。

表-1 必要天端高の算出結果

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

(4) 既設護岸の健全度調査

健全度調査は、既設護岸の健全度を把握した上で、改良方針を決定するために実施したものである。既設護岸の健全度調査結果より、健全度を評価すると表-2に示すようになる。

表-2 既設護岸の健全度調査結果

護岸スパン数	要対策	重点監視 重点点検	問題なし
23	13	10	0

※護岸1スパン約10m

表-2の既設護岸の健全度調査結果より、施設の主要部に大きな変状が発生しており、対策が必要なスパン数が全体の約6割、重点監視・重点点検が必要なス

パン数が全体の4割を占める結果となった。既設護岸は全体的に変状や劣化が著しく、施設の機能低下や変状連鎖の進行が懸念されたため、既設護岸を利用することは困難であると評価した。

4. 検討に対する課題

前述したように、対象事業の性質上、面的防護方式による対策が困難であったことから、線的防護方式による対策の検討する必要があった。

(1) 直立護岸

線的防護方式による対策として、新たに整備する護岸を既設護岸と同様な一般的な直立護岸とした場合、以下のような課題が挙げられた。

図-1に既設護岸と同様な構造形式とした場合の直立護岸による対策案を示す。

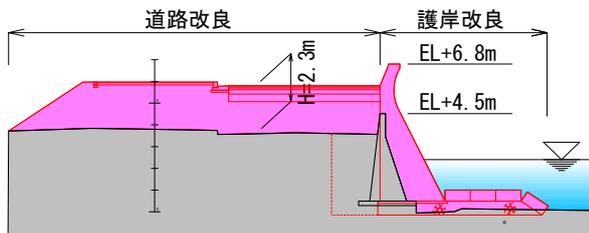


図-1 直立護岸による対策案

必要天端高の算出結果より、直立護岸により護岸を整備した案では、必要天端高(EL+6.8m)に対して、既設護岸天端高(EL+4.5m)を2.3m嵩上げする必要がある。また、道路からの景観性を阻害しないように配慮するため、護岸背後の道路も嵩上げ改良する必要がある。しかし、対象区間の終点側では、既に改良工事が進められている橋梁が隣接しており、道路を嵩上げ改良し、橋梁への摺り付けを考慮した場合、道路の縦断勾配に大きな起伏が生じる道路となり、車両の走行性が悪化することが懸念された。

(2) 消波護岸

図-2に示す消波護岸は、既設消波護岸の消波ブロックの天端個数(2個並び)を4個並びと増やし、防護機能を向上させた案である。その結果、天端高は、既設護岸と同じ高さ(EL+4.5m)を確保することができ、道路改良を必要としない。しかし、新たに大量の消波ブロックを作成する必要がある。また、地元住民より、消波ブロックによる対策案は景観性が劣ることや消波ブロック間に溜まるゴミの撤去等の維持管理の面から、賛同が得られない状況であった。

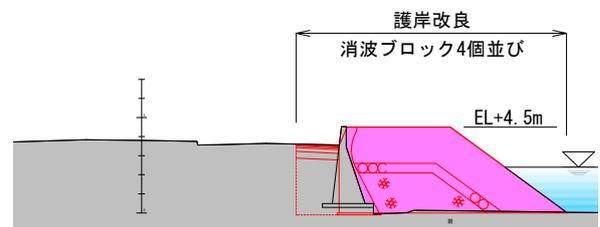


図-2 第2案 消波護岸による対策案

5. 課題に対する解決策

上記の課題に対して、本検討にあたっては、線的防護方式かつ天端高を極力抑える構造形式の選定が必要であった。

その課題の解決策として、「大型波返し付護岸」による構造形式を選定した。

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。沖縄県内での整備事例は現時点で2件と少ないが、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事例がある。

大型波返し付護岸は、図-3に示すように、堤体の独特な形状により、高い越波防止機能に優れている。大型波返し付護岸の必要天端高は、簡易法である越波流量算定図より算出した。その結果、必要天端高はEL+5.2mとなり、線的防護方式

の構造形式としては、比較的安く抑えることが可能となる。

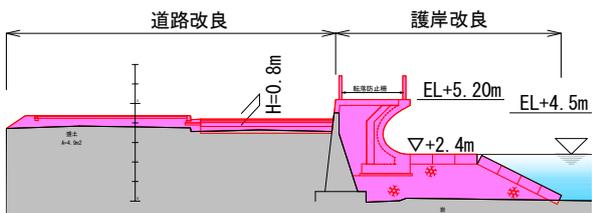


図-3 大型波返し付護岸による対策案

6. 水槽実験による効果の確認

推奨とした大型波返し付護岸の必要天端高については、現地状況を再現した水槽実験により効果を確認し、決定した。

表-3 に水槽実験の諸条件を示す。

表-3 水槽実験の諸条件

水槽規模	L30.0m×H1.2m×B0.6m
造波	不規則波
海底勾配	1/200
潮位	H. H. W. L (EL+1.4m)
波高	$H_{1/3}=2.6\text{m}$
スケール	1/30～1/50
実験項目	越波量、反射率及び流速

水槽実験の様子を写真-6 に示す。

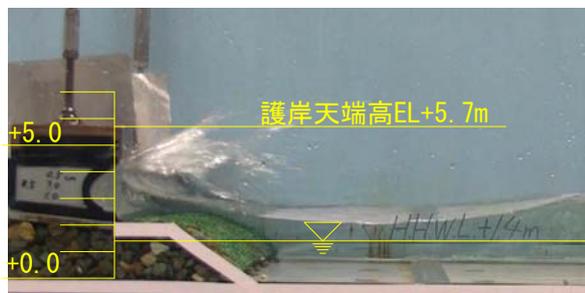


写真-6 水槽実験の様子

実験により得られた大型波返し付護岸の必要天端高は EL+5.7m となり、越波流量算定図より算出した天端高 EL+5.2m と比べて 0.5m 程度高い結果となった。

これは、現地の海底勾配による砕波や水位上昇などの特性が忠実に再現できたことによるものと考えられる。また、一般的な直立壁の反射率が 0.7～1.0 であるのに対して、実験では 0.18 と低い反射率が測定され、海域環境を大きく変化さ

せる可能性は低く、周辺環境への負荷は低いものと判断した。

7. 水槽実験を踏まえた設計への反映

水槽実験の結果を踏まえ、最終的な護岸の必要天端高は、既設護岸より 1.2m 程度高い EL+5.7m となったため、護岸天端と道路との高低差が最大 1.2m となり、景観性が損なわれる可能性がある。そこで、道路側では、図-4 に示すように、走行時のドライバーの目線高約 1.2m 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配慮した。また、広い護岸天端幅を有する構造のため、整備後は海域を眺望できるテラス的な施設としても有効利用できる。

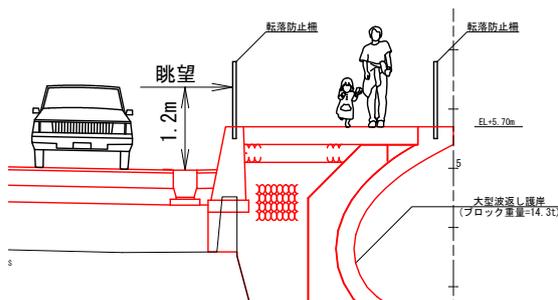


図-4 道路嵩上げ改良概要図

8. おわりに

当事例のように、線の防護方式のみで防護機能を高めようとする、既存施設より高い天端高が必要になるとともに、海域と陸域は分断され、利用性や環境性は悪化する。このような場合、大型波返し付護岸は、一般的な護岸に比べて天端高を抑制することが可能であるため、有効な工法と考えられる。

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) 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), 平成 20 年 2 月
- 3) 耐波工学, 2008 年 6 月