

人工リーフ改良（離岸堤化）における 構造検討について

高知河川国道事務所 工務課 立花 朱葉
高知河川国道事務所 地域防災調整官 富永 剛史
高知河川国道事務所 海岸係長 岡崎 聡

高知海岸南国工区において計画している高潮侵食対策について、全国的にも例の少ない既設の人工リーフの改良（離岸堤化）を進めるにあたり、水理模型実験を実施して最適なブロック配置等の構造検討を行った。

キーワード： 高知海岸、人工リーフ、消波ブロック、水理模型実験

1. はじめに

高知海岸は、土佐湾の湾奥部にあたる高知県中央部に位置し、西は土佐市荻岬から東は香南市夜須町手結岬に至る延長約30kmの砂浜海岸である。

高知海岸の背後地は高知市、南国市、土佐市、香南市の4市からなり、人口・資産が集中しており、多くの地域整備計画の中で重点整備地域として位置づけられている。

高知海岸では、仁淀川からの供給土砂の減少や、砂利採取等による砂浜海岸の侵食、海岸堤防の老朽化が進行しており、抜本的な対策を早急に講じる必要性から、昭和44年に南国工区、平成6年に長浜～新居工区が直轄工事区域に指定された。（図-1）

本稿では、この内の南国工区における既設の人工リーフ（図-2）の改良（離岸堤化）について、その構造検討について報告する。

2. 南国工区の事業経緯

昭和44年、物部川河口から高知港との境界に至る

8.15kmの区間が直轄化され、直轄海岸保全施設整備事業に着手した。南国工区では、離岸堤（52基）及び人工リーフ（1基）の計画で海岸保全施設の整備を進め、平成10年に全ての離岸堤を完成し、その後、人工リーフの整備に着手し平成16年に完成している。なお、平成7年には物部川河口から東沢放水路に至る約4.6kmの区間（旧南国工区）における離岸堤の整備が完了したため、海岸管理者である高知県に移管している。

平成16年の人工リーフ完成をもって全体計画（当初計画）に位置づけられた南国工区における施設整備は完了しており、昭和30年代以降、汀線が後退傾向にあったが、近年、南国工区全体では砂浜が概ね安定してきている状況である。しかし、物部川からの土砂供給の漂砂系最下手に位置する南国工区西端においては、目標とする砂浜幅が確保されておらず、高波浪による越波被害等が解消されていない。平成26年台風第11号時には、堤防の倒壊や離岸堤の沈下等の被害が発生している。（図-3）このような状況を踏まえ、南国工区西端を対象に施設被災の防止や越波被害の解消等を課題として、平成27年度より南国工区における新たな高潮侵食対策の検討を進めており、全体計画見直し（変更計画）により、後述のとおり整備内容を追加している。



図-1 直轄高知海岸の位置図



図-2 既設人工リーフ



図-3 平成26年台風第11号による被災状況

3. 南国工区における新たな高潮侵食対策

人工リーフ区間（高知新港～離岸堤52号付近）においては、台風等の高波浪時において冲向きの局所的な流れが生じ、沖合への土砂流出による侵食と、その後の再堆積を繰り返しており、目標砂浜幅を満たしていない状況である。人工リーフ周辺の対策の検討にあたり、人工リーフ背後の高波浪時の土砂流出を施設整備により軽減させ、次に、施設整備だけでは砂浜幅が不足する部分等に養浜を実施するという考え方により進めた。その結果、人工リーフが現在有する漂砂制御機能を向上させるため、離岸堤化する案が適していると判断し、既設人工リーフの天端上に消波ブロックを配置し、かさ上げすることで離岸堤化する形式を選定した。

4. 水理模型実験による構造検討

施設の構造形式設定の次のステップとなる詳細構造の検討に際して、消波ブロックの配置位置や、消波ブロックの基本断面形状（ブロックの積み方、重量、天端高、天端幅等）の設定及び改良後の施設の安定性の評価を課題として取り上げ、水理模型実験の実施により確認することとした。

(1) 実験による確認事項

実験によって確認及び把握する事項を以下に整理する。

- ①既設人工リーフの上部に設置した消波ブロックの安定性の評価
- ②既設人工リーフ部の安定性（被災の有無）の評価
- ③人工リーフ改良による施設背後の水位や水理現象の状況

(2) 実験の概要

実験は国土技術政策総合研究所の実験水槽において実施し、海底地形は縮尺1/60の固定床により再現した。人工リーフ及び離岸堤化部は、被覆・消波ブロック模型や碎石によって再現した。

(3) 予備実験による本実験の条件設定

実験の検討フローを図-4に示す。まず、既設人工リーフのみの状態で、人工リーフ部の安定性の確認（予備実験1）後、実験時の与条件とする計画波浪の再現性の確認を行った。（予備実験2）

次に、人工リーフの背後にあたる人工リーフと堤

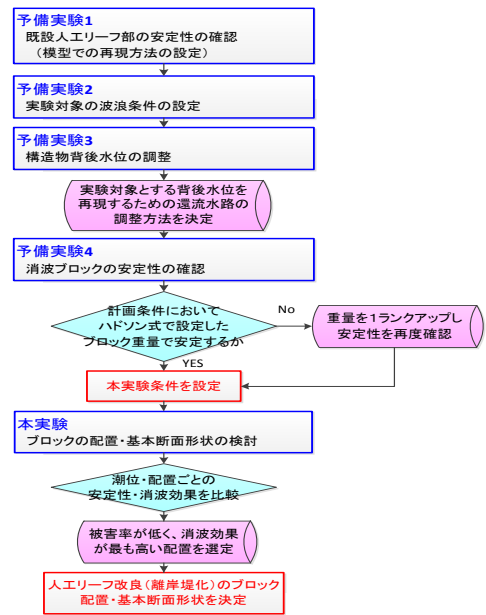


図-4 実験の検討フロー

防の間における水位上昇量について、実際の現地海岸における水位に合うよう、数値シミュレーションの結果を踏まえ水位の調整を行った。（予備実験3）

a) 消波ブロックの安定性の確認

消波ブロックの安定性について確認を行い（予備実験4）、ハドソン式によって設定したブロック重量で被災する場合には、重量を1ランクアップすることとした。

- ①ステップ1：ハドソン式より算定したブロック重量30トン、天端3個並び、沖側・岸側配置による実験を行った。いずれの場合においても、ブロックが被災（移動、回転）した。
- ②ステップ2：ステップ1において被災したことより、ブロック重量を1ランクアップし、ブロック重量50トンによる実験を行った。沖側配置の場合に被災し、岸側配置の場合は被災が見られなかった。（潮位条件：H.H.W.L）
- ③ステップ3：ステップ2において岸側配置の場合にブロックの安定性が確認されたため、潮位条件L.W.Lによる追加実験を行った。既設人工リーフ岸側の捨石法面部及び離岸堤化部のブロックの被災が見られ、既設部への影響が確認された。

b) 本実験の条件設定

前述した予備実験の結果を踏まえ、ブロック配置の条件を以下の3ケースとし、岸側配置の場合は、既設人工リーフの捨石法面部が被災することより、その対策として法面部を補強することとした。

- ①沖側配置・ブロック重量50トン・天端4個並び
- ②中央配置・ブロック重量50トン・天端4個並び
- ③岸側配置・ブロック重量30トン・天端3個並び
+ 背後法面補強

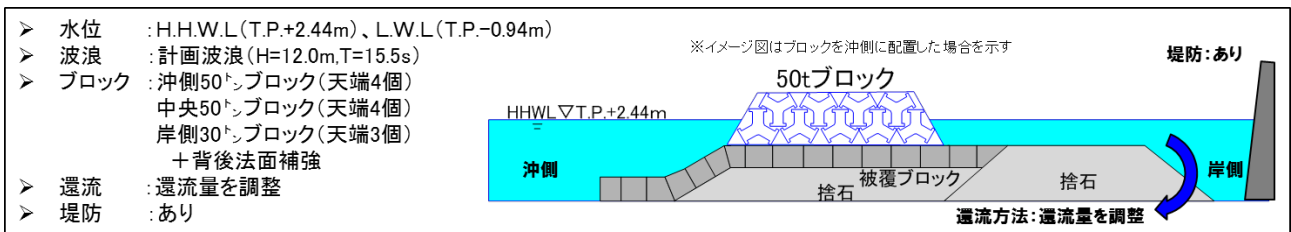


図-5 実験条件 (本実験)

(4) 本実験

実験は、計画波浪を対象に、H.H.W.LとL.W.Lの2つの潮位条件で実施し、消波ブロックの安定性についてはブロックの被害率、消波機能(波浪低減効果)については透過率・波高伝達率により評価した。実験条件を図-5に示す。

a) 沖側配置

沖側配置の場合の波浪状況の模式図と砕波状況を図-6に示す。沖側で砕波した後、波が再生しながら伝搬し、人工リーフ前面(岸側法面部)~ブロック上部で2回目の砕波が発生する傾向が確認された。沖側に配置することで、人工リーフ前面が急勾配となり、波高が増大し、より沖側で砕波する。

b) 中央配置

中央配置の場合の波浪状況の模式図と砕波状況を図-7に示す。沖側で砕波した後、波が再生しながら伝搬し、人工リーフ中央(ブロック上部)で2回目の砕波が発生する傾向が確認された。ブロックを中央に配置した場合、沖側配置と比較して、人工リーフ

フ前面の海底勾配が緩く、波高が減衰し、より中央側で砕波する。

c) 岸側配置(法面補強あり)

岸側配置の場合の波浪状況の模式図と砕波状況を図-8に示す。沖側で砕波した後、波が再生しながら伝搬し、人工リーフによりブロックの手前付近で2回目の砕波が発生する傾向が確認された。ブロックを岸側に配置した場合、他の配置と比較して、人工リーフ前面の海底勾配が緩く、波高が減衰し、ブロック手前付近で砕波する。

(5) ブロック配置の選定結果

以上の実験結果を踏まえ、既設人工リーフと消波ブロックの安定性及び消波機能の観点から、ブロックの配置位置を設定した。ブロックの配置について、ブロックの被災が生じない岸側配置が最適であることが分かった。ただし、既設人工リーフの捨石法面部が被災する恐れがあるため、背後の法面補強が必要であることも分かった。(図-9)

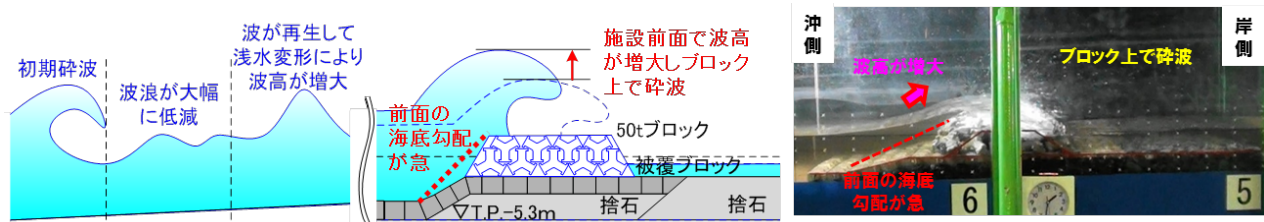


図-6 沖側配置の実験結果(左:波浪状況模式図、右:砕波状況)

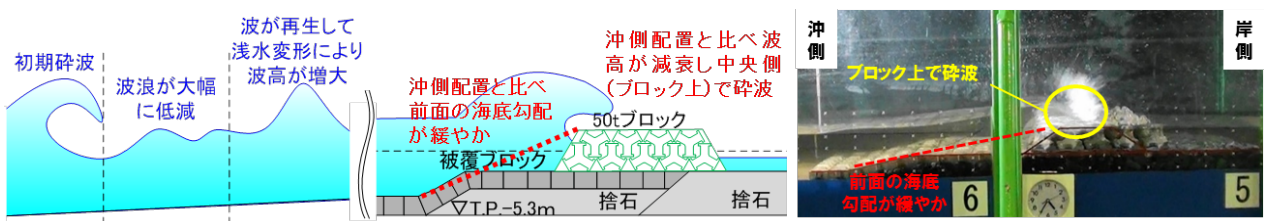


図-7 中央配置の実験結果(左:波浪状況模式図、右:砕波状況)

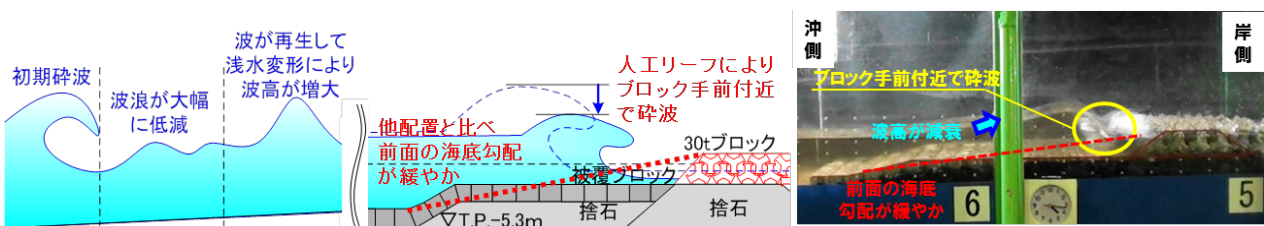


図-8 岸側配置の実験結果(左:波浪状況模式図、右:砕波状況)

項目	沖側50トブロック(天端4個)	中央50トブロック(天端4個)	岸側30トブロック(天端3個)+背後補強
ブロック配置イメージ			
波浪低減効果 ※透過率 (波高伝達率)	HHWL:0.31(0.17) LWL :0.11(0.04)	HHWL:0.31(0.16) LWL :0.13(0.05)	HHWL:0.32(0.17) LWL :0.13(0.05)
安定性 ※被災有無 (被害率)	消波ブロック HHWL:被災(14%) × LWL :被災(17%) × 既設人工リーフ HHWL:被災なし ○ LWL :被災なし ○	消波ブロック HHWL:被災(5%) × LWL :被災(9%) × 既設人工リーフ HHWL:被災なし ○ LWL :被災なし ○	消波ブロック HHWL:被災なし ○ LWL :被災なし ○ 既設人工リーフ HHWL:被災なし ○ LWL :被災なし ○
被災メカニズム ※不規則波実験に基づく被災イメージ	ブロック上部で砕波し岸側へ流れが発生することで岸側端部付近が被災 	ブロック上部で砕波し岸側へ流れが発生することで岸側端部付近が被災 	被災なし(ブロック手前で砕波しブロック上では波浪が減衰)
総合評価	× 設計外力において要求性能を満たさない。	× 設計外力において要求性能を満たさない。	○ 設計外力において要求性能を満足する。

図-9 ブロック配置の検討のまとめ

5. まとめ

人工リーフ改良(離岸堤化)について本稿をまとめると以下のとおりである。

- ①高知海岸南国工区における新たな高潮侵食対策として、既設人工リーフの改良(離岸堤化)を計画している。
- ②人工リーフの天端上に配置する消波ブロックの配置位置や基本的な断面形状について決定することを目的として、水理模型実験(断面実験)を実施した。
- ③実験結果より、ブロックを人工リーフの沖側または中央に配置した場合は被災が生じ、岸側に配置した場合は被災が生じないことから、岸側配置が最適であることが分かった。ただし、人工リーフの背後(捨石法面部)が被災する恐れがあるため、背後の法面補強が必要である。
- ④ブロックを岸側に配置し、背後の法面補強を行う場合、ハドソン式によって算定したブロック重量

30トンで被災が生じない。30トンと50トン(1ランクアップした場合)ブロックによる、総合的な比較を行った場合、30トンブロックの方が経済性等で優位である。

- ⑤以上より、人工リーフ改良(離岸堤化)における基本的な断面形状を決定した。

今後の予定として、更に平面実験を実施し、離岸堤化のための消波ブロックの設置延長や端部等の構造検討を行っていく。なお、本事例については、全国的にも例の少ないことから、他海岸における同様の事例の検討に際して有用であると考えられる。地域の方々の安全・安心が確保される高知海岸を目指して、引き続き検討に努めてまいりたい。

謝辞: 本検討に際し、様々なご指導を頂いた「高知海岸保全フォローアップ委員会」(委員長: 磯部雅彦 高知工科大学学長)の委員の皆様に深く感謝いたします。