

南国海岸人工リーフ離岸堤化計画における 詳細設計について

高知河川国道事務所 工務課 中西 奏太
高知河川国道事務所 専門調査官 英 建一郎
高知河川国道事務所 海岸係長 川崎 智仁

直轄高知海岸の高潮・侵食対策事業として整備された南国海岸人工リーフは、設置当時に想定していた防護機能を十分に発揮することが出来ず、平成26年度に背後の堤防に被災を受けたことを踏まえ、海岸保全施設整備計画を見直した結果、離岸堤化計画を決定した。令和元年度に構造形式検討を水理模型実験により行い、令和2年度に詳細な諸元を決定するための設計を行った。

キーワード 高知海岸、人工リーフ、離岸堤化

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、東は香南市夜須町手結岬から西は土佐市荻岬に至る延長約30kmの砂浜海岸である。

昭和20年代から30年代にかけて高知県において海岸堤防が整備されてきたが、供給土砂量の減少や砂利採取等による海岸侵食が著しく、汀線後退に伴う打上高の増大や越波被害が生じたことから、昭和44年(1969年)に南国工区、平成6年(1994年)に長浜～新居工区が直轄海岸工事区域に指定された。昭和44年(1969年)に直轄化された物部川右岸から高知新港に至る南国工区(8.15km)では、52基の離岸堤群と西端部に隣接する人工リーフ1基による侵食対策が講じられている。

本稿では、この内の南国工区における既設人工リーフの改良(離岸堤化)の詳細設計について報告する。

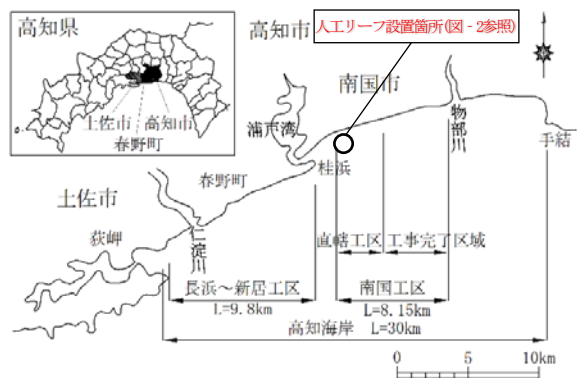


図-1 直轄 高知海岸の位置図



図-2 高知海岸 南国工区 西端周辺

2. 南国海岸人工リーフ概要

南国工区の人工リーフの設置に係る当初の思想として、土砂供給源である河川からの漂砂が期待できないことと計画当時に付近で高知新港建設・臨海公園等の緑地整備計画が予定されていたための景観面を含めた配慮が必要と考えたことにより、離岸堤・離岸堤+養浜・人工リーフの3案で比較検討を行った結果、消波効果も十分発揮でき、景観面でも優れている人工リーフの整備をする計画を考えた。

人工リーフの整備は平成16年(2004年)に完了したが、平成26年に物部川漂砂系の最下手に位置する南国工区西端の周辺において、図-3のように波浪による越波被害等が発生している。

このような状況を踏まえ、南国工区西端を対象に過去の被災事例からこれまでの計画思想を抜本的に見直し、施設の被災防止や越波被害の解消、漂砂制御機能を強化

するために、人工リーフを離岸堤化することを整備計画（変更計画）で見直した。



図-3 平成26年度災害人工リーフ背後堤防崩壊

3. 構造検討に至る経緯

海岸で新たに人工リーフや離岸堤等の海岸保全施設を設計・施工する場合は海岸保全施設の整備基準や直轄海岸での実績から設定されるのが一般的であるが、今回のような人工リーフの天端上に消波ブロックを設置しての離岸堤化の事例は極めて少ないことから施設の安定性に関して不明点が多かった。また、既設人工リーフの天端の岸沖方向の幅が広いため、改良に向けては、その天端上に設置する消波ブロックの配置についても決める必要がある。そこで今回は、消波ブロックの重量や配置など、基本的な断面形状を決定することを目的に机上のシミュレーションである詳細設計と現地の複雑な波の条件を再現した水理模型実験で検討を行い、照査することとした。

4. 水理模型実験

前述のとおり、図-4に示す令和元年度の水理模型実験により消波ブロックの基本断面形状（ブロックの配置、重量、天端高等）の設定および改良後の施設の安定性が検証された。

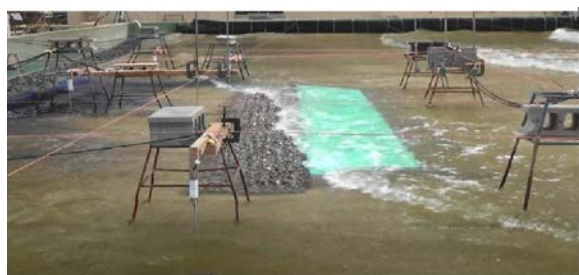


図-4 水理模型実験の様子

(1) ブロックの配置断面実験

ブロックの配置条件を沖側、中央、岸側に設定し、模型実験上での碎波状況やブロックの被害率等を比較した

結果、消波ブロックの配置は「岸側30tブロック（天端3個）+背面補強(捨石)」が採用された。

また、捨石法面が被災する恐れも考慮し、背後の法面補強が必要であることが分かったため、法面部にブロックを配置して補強することとした。（図-5参照）

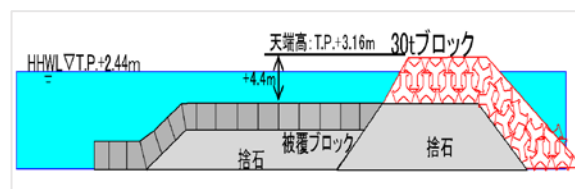


図-5 ブロック配置検討における実験結果

(2) ブロックの配置（平面）実験

水理模型の平面実験により離岸堤開口部の有無を検討し、開口部無しの場合が整備効果および安定性に優れるという結果となった。（図-6参照）

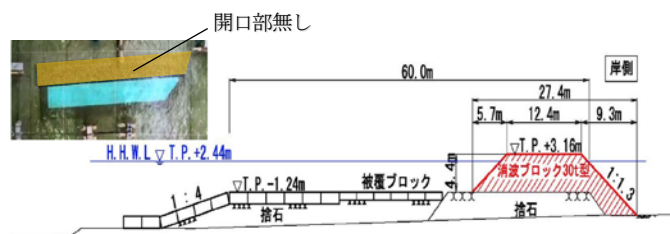


図-6 実験による構造設定結果

以上の実験結果を踏まえ詳細構造が設定された（表-1参照）。

表-1 基本構造諸元

	構造諸元
消波ブロック	30t
断面配置	岸側配置
平面配置	開口部なし
天端幅	ブロック3個並び+背面補強(1個)

5. 離岸堤の構造諸元

今後の施設の安定性には、人工リーフ上のWave-Setupと、地球温暖化による海面上昇に対応することが必須である。上記のことを踏まえ、人工リーフ改良（離岸堤化）の構造諸元の検討を行った。

(1) 計画諸元

高知海岸の計画潮位は、昭和45年の土佐湾高潮対策会議にて設定されており、計画波浪は、戸原波浪観測所の観測データより表-2のように設定されている。

表-2 計画諸元

計画外力	諸元	
計画高潮位	H.H.W.L.	T.P.+2.44 m
朔望平均満潮位	H.W.L.	T.P.+0.98 m
朔望平均干潮位	L.W.L.	T.P.-0.94 m
計画波高	H ₀	13.0 m
周期	T ₀	15.5 sec

(2) 基本構造諸元

基本構造諸元の設定には天端高と天端幅を設定するための沈下量の算出、消波ブロックの選定をしなければならない。

① 必要所要質量の設定

ハドソン式により消波ブロックの所要質量の算定を行った。堤頭部への波の来襲によるブロックの転落を防止するため、海岸保全施設の整備基準では、所要質量の1.5倍以上の質量とすることが推奨されている。離岸堤化後の人工リーフは、様々な角度から波が来襲すると予測される。そのため端部のみならず堤体全体を強化することとし消波ブロック質量はすべて算定値の1.5倍とした。

所要質量以上の消波ブロック製品から、比較検討を行い、最も経済性に優れた製品・質量（テトラネオ50型）を選定した。図-7に断面形状を示す。

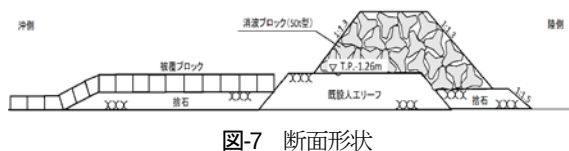


図-7 断面形状

② 沈下量の設定

沈下量は経年的に測量された深浅測量結果から推定を行った(図-8 参照)。その結果、最新の測量結果である令和元年度の人工リーフ天端で最も沈下している箇所を見ると、計画天端高(T.P.+1.26m)からおおよそ1m沈下している。したがって、人工リーフの沈下量は1mと設定した。

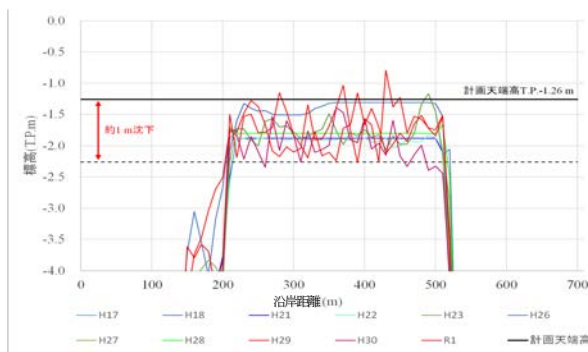


図-8 深浅測量より算出した沈下量

③ 天端高の設定

天端高については【海岸保全施設の技術上の基準・同解説, P.3-180】より以下の2つの計算方法がある。

$$1 \text{ 天端高} = \text{H.W.L.} + 1/2H(\text{ブロック高}) + \text{沈下量}(1.0\text{m})$$

$$2 \text{ 天端高} = \text{H.W.L.} + 1.0 \sim 1.5\text{m} + \text{沈下量}(1.0\text{m})$$

上記の基準で設定する天端高は、水位上昇量や波高減衰効果を見込んだ設計波高から算出しており、1は最も安全側の高さとなっている。しかし、1の場合計画天端高がT.P.+5.28mと水理模型実験結果(T.P.+3.16m)や近隣構造物(52号離岸堤T.P.+2.94m)の天端高と比べると過大評価であると考えられ、景観面も考慮し、2で設定した天端高(T.P.+3.5)を採用する。

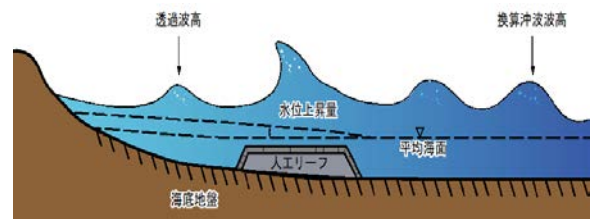


図-9 波高減衰効果と水位上昇量のイメージ

以上の結果を踏まえた基本構造諸元表-3に示す。

表-3 基本構造諸元

	構造諸元
堤長	310 m
離岸距離	170 m
天端高	T.P.+3.50 m
天端幅	消波ブロック3個並び(14.6 m) +背面補強1個

(4) 基礎工

① 捨石工

一般的には消波ブロックの沈下防止を目的として捨石工を使用するため、基礎工に採用した(50~500 kg/個)。

② 洗堀防止工

波浪による基礎地盤の洗堀、吸出しによる沈下防止を目的として、帆布および洗堀防止工を採用した。洗堀防止工は、使用実績やメンテナンス・耐久性を考慮して、アスファルトマットを採用した。

③ 隣接離岸堤の開口部

近隣で整備されている離岸堤の開口部は実際に洗堀が著しく生じており、局所的に流速が増していることから人工リーフの改良(離岸堤化)に伴い、隣接する離岸堤との開口幅が狭くなることによる流速の増大が予想される。そのため、開口部にアスファルトマット設置し、洗堀防止を図ることとした。また、アスファルトマットの両端は消波ブロックにより抑えられていることから、先端が地盤にたわみ込まず、めくれ上

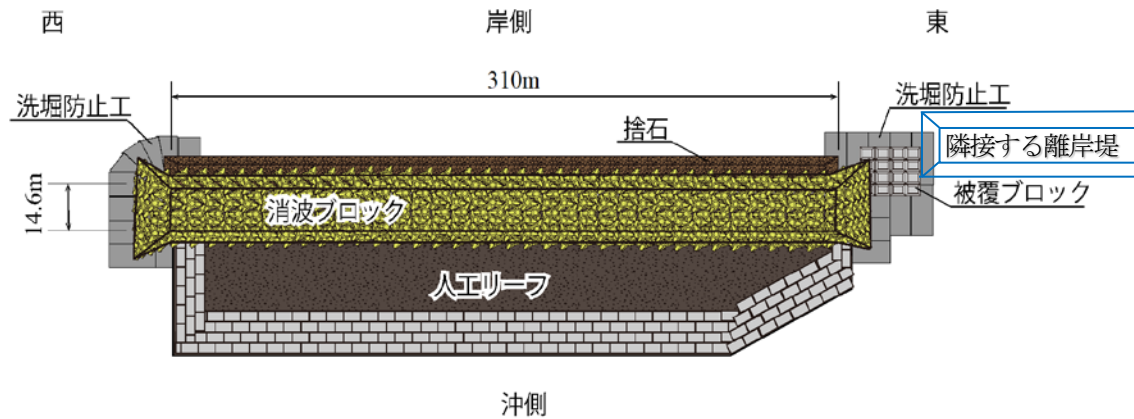


図-10 平面形状

がり、破損する恐れがあるため被覆ブロックを設置しアスファルトマットを抑えることとした。(図-10参照)

(5) 今後の展望

気候変動の影響による海面上昇は、日本近海での長期海面変動特性の解析と季節自己回帰和分移動平均過程（SARIMAPモデル）による2009年以降2070年までの海面上昇量の将来予測が示されている。海面上昇への対策として有効的な手段の1つは、構造物の嵩上げである。人工リーフの離岸堤化は、将来、海面が上昇することを想定し、嵩上げが容易な消波ブロックによる離岸堤化としている。また、嵩上げの可能性も考慮し先端幅を4個並びとし、1層程度（4m程度）の嵩上げが可能な形状とした。

参考に、図-11は、1層分嵩上げたイメージを示した標準図である。今後、嵩上げを実施する場合は、これまで整備されてきた南国工区離岸堤の形状を参考に、沖側に小段を設ける形状とすることにより、気候変動の影響による外力増加に対応した離岸堤とすることが望ましいと考える。

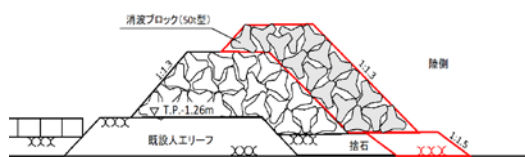


図-11 気候変動に対応した嵩上げ案

- ・海岸保全施設としての性能が十分に発揮出来ていなかった人工リーフを整備計画で改良することとした。
- ・被災履歴を参考に、実験結果による基本諸元の見直しを行い、適切な諸元設定を行った。
- ・リーフ上を通過する波に対し、水位上昇量と波浪減衰効果を考慮した諸元設定を行い、現地条件や安定性に留意した施工計画を立案した。
- ・高知海岸の気候変動に伴う海面上昇を見据え、嵩上げが容易な離岸堤の形状とした。
- ・今後は、技術的に可能であれば地球温暖化に伴う気候変動による潮位上昇及び設計外力の増大等を水理模型実験といった構造形式検討段階から盛り込むことが望ましい。

人工リーフの離岸堤化は、全国でも事例が少なく、今後の地球温暖化に対応した施設改良の先駆けとなる成果であり、他海岸における同様の事例の検討に際し、有用な成果であると考えます。

参考文献

- 1) 株式会社建設技術研究所：平成31年度 高知海岸保全技術検討業務 報告書，令和2年3月。
- 2) セントラルコンサルタント株式会社：令和2年度 南国海岸人工リーフ改良詳細設計外業務 報告書，令和3年3月
- 3) 鷲田正樹・山下隆雄・高橋智幸，太平洋・日本近海での長期海面変動特性と海面上昇の将来予測-，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.174,2018 土木学会

6. 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通りである。

謝辞：本設計に際し、ご協力及び助言をいただきました「セントラルコンサルタント株式会社」の設計担当者の皆様に心より感謝申し上げます。