

クレスト付型人工リーフの効果検証（中間報告）

中国地方整備局 日野川河川事務所 工務課 丸下淳一

1. 要旨

皆生海岸^{かいけ}皆生工区では、平成11年度に改正された海岸法の理念である「防護・環境・利用の調和の取れた海岸」を目指すため、老朽化した既設離岸堤の施設改良計画としてクレスト付型人工リーフを開発し、平成17年11月末までに1基目を完成させた。

クレスト付型人工リーフ開発に当たっては、水理模型実験や数値シミュレーション等で十分な検討を行っているが、施工事例がないため現地での実証データがなく、設計手法が確立されていないことから類似箇所での採用を検討する際に支障となると考えられた。

本報告はクレスト付型人工リーフの技術確立を目標として、施設の完成後にモニタリング調査を実施し、性能の検証と評価を行うものである。

2. クレスト付型人工リーフ開発の背景

2. 1 皆生海岸における海岸侵食

皆生海岸を含む弓ヶ浜半島^{ゆみがはま}は、日野川から美保湾へ流れ出した土砂が西向きの沿岸流に運ばれて、島根半島の影響で波が穏やかな海域に堆積してできあがったものである。

特に慶長（西暦1600年頃）から大正時代にかけて、日野川の上流域で「かなな流し」が行われていた時期には大量の土砂が流れ出ており、明治時代には浜辺が1年で2mずつ増していたと伝

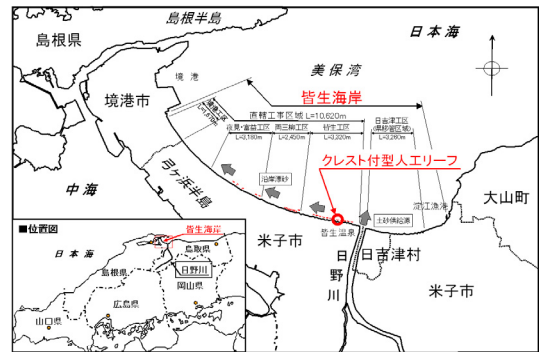


図-1 皆生海岸管内図



写真-1 皆生工区の海岸侵食(昭和30年)

えられているが、かなな流しが衰退した大正時代末期から日野川河口付近より海岸侵食が始まり、現在までに海岸線が約300m後退したと言われている。

皆生工区は皆生海岸でも特に激しい侵食が生じた箇所であったが、昭和40～50年代の離岸堤整備により砂浜が復元し維持されている。

2. 2 新型人工リーフ開発の必要性

皆生工区の離岸堤は現在まで優れた消波効果と侵食防止効果を発揮し続けているが、築造後30余年を経過してブロックの沈下や飛散など老朽化により効果が失われ始めてきた。

また、離岸堤の最大の特徴である砂の堆積(トンボロ)が結果として沿岸漂砂を阻害していることや、景観面や利用面の問題も指摘されてきた。

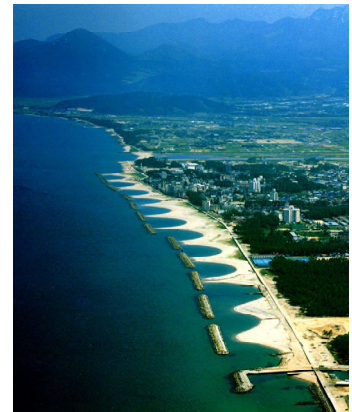


写真-2 皆生工区を守る離岸堤群

これらの問題を解決するため、従来の離岸堤により確保された安全性を損なうことなく、沿岸漂砂を阻害せず、景観や利用面に配慮した施設への改良が必要となった。

一般の海岸保全施設で上記を満たす施設として人工リーフが考えられるが、水理模型実験の結果から皆生工区に設置した場合には現在の砂浜が維持できないことが判明した。

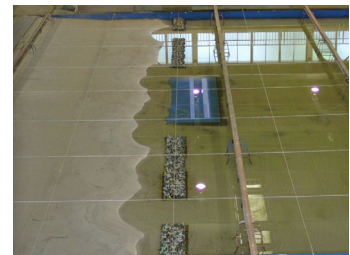


写真-3 離岸堤が景観と利用を阻害

ここで、従来の人工リーフに比べて高い防護機能を持ちながら離岸堤のように景観を大きく阻害することがない、人工リーフと離岸堤の双方の利点を生かした新しいタイプの人工リーフとして新たに開発したのがクレスト付型人工リーフである。

3. クレスト付型人工リーフ設計の概要

クレスト付型人工リーフの基本形状は、国土技術政策総合研究所の大型水理模型実験装置による水理模型実験と等深線変化モデルによる海浜変化予測の結果をもとに、皆生海岸技術検討委員会、皆生海岸利用促進懇談会において決定した。



ここでクレストの設置位置は、沖側は実際の施工においては写真-4 水理模型実験の実施状況施工可能な位置とし、岸側の位置はリーフ天端で変化した流れによる左右の離岸堤に対しての影響が少なく消波効果の高い沖側クレストから10m離れた位置とした。

人工リーフの設計は「人工リーフの手引き(国土交通省河川海岸室、国土技術政策総合研究所海岸研究室監修)」によって確立されているが、クレスト部分については確立された手法がないことから、構造的に類似する防波堤の設計手法を準用して行った。

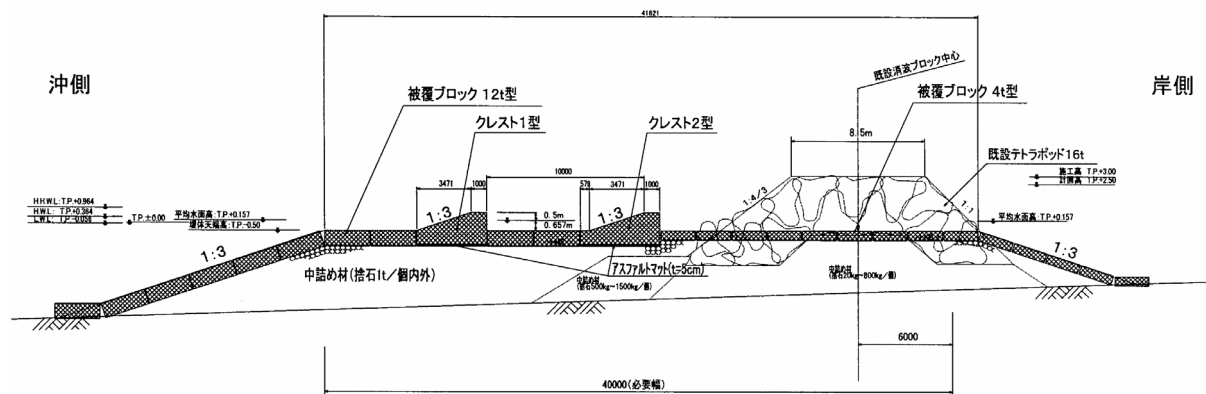


図-2 耐波設計したクレスト付型人工リーフ

4. 現地モニタリング調査

クレスト付型人工リーフ(1基目)は平成15年度からブロック製作に着手し、平成16~17年度の夏期に海上工事を実施した結果、平成17年11月末に完成した。



完成前後から効果の実証と設計 写真-5 クレスト付型人工リーフ 写真-6 遊歩道から見た状況

手法の妥当性の確認を目的として現地モニタリング調査を開始した。

調査内容は、防護・環境・利用などの機能面の客観的評価と設計手法のないクレストブロックの安定性などの構造面を中心に技術検討委員会に諮って決定した。

今回実施した調査項目と内容は表-1のとおり。

表-1 クレスト付型人工リーフの現地モニタリング調査

事項	目標	モニタリング調査			
		項目	調査手法	内容	時期・頻度
防護	①リーフ背後の土量を減少させない	地形変化	深浅測量	人工リーフの機能と現地での効果を確認するため、リーフ設置前後に周辺の範囲について地形測量を実施する(測量範囲は沿岸方向600m、岸沖方向600m(水深9m)、測線間隔は25m)	設置前に1回、設置後は3ヶ月に1回程度で1年間程度
	②開口部の汀線を前進させる	地形変化	汀線測量 ビデオ画像解析	汀線と地形の変化を確認するため、汀線測量と近傍のビル屋上から撮影したビデオ画像の解析を実施する(測量範囲は沿岸方向600m)	汀線測量は深浅測量と同時期に実施 ビデオ画像解析は冬季波浪時に適宜
	③構造物が安定であること	構造部変形	クレスト変位計測	人工リーフの構造設計を確認するため、中央部および両端部に設置した沖側および岸側のクレストブロックの各3カ所(計18カ所)でクレストブロックの変位を観測する	地形測量と同時期に実施
		波浪、流況	波圧計測	人工リーフの構造設計を確認するため、リーフ中心線上の沖側および岸側のクレストブロックの法面2カ所に各3基(計12基)の圧力センサーを設置して波圧測定を行う	冬季波浪の時期に連続2週間実施 サンプリングは1.0秒間隔
波高、流速			人工リーフの機能を確認するため、リーフ前面・背後・開口部2ヶ所、リーフ上2ヶ所の計6カ所で波高と流速を観測する	冬季波浪の時期に機材を移動しつつ2ヶ月間実施、サンプリングは2時間毎に10分間、0.5秒間隔	
環境	④解放された視界(砂浜から島根半島の展望を確保)	景観	-	(モニタリング調査とは別に鳥取大学と共同で感性工学による景観評価を実施中)	-
	⑤生物が生息可能な場とする	生物調査	ライントランセクト法	人工リーフが有する漁礁効果や生態系に与える影響を確認するため、人工リーフ上の2測線および西側に隣接する離岸堤上の1測線について生物調査(ライントランセクト法)を実施する	設置前、設置1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後、9ヶ月後、1年後とし、以後は年1回の頻度で5年間程度
利用	⑥トンボロ地形を解消し遠浅な海底面とする	地形変化	深浅測量	①の調査結果を利用	同左
		利用状況	ビデオ画像解析	海水浴客の海浜利用実態を確認するため、近傍のビル屋上から撮影したビデオ画像の解析を実施する	H18夏期に実施
	⑦急激な離岸流を発生させない	流況	波高、流速	③の調査結果を利用	同左
その他	-	飛沫調査	飛沫調査	施設改良による飛沫の低減効果を確認するため、飛沫調査を実施する	冬季波浪の時期に2回実施
		ヒアリング	ヒアリング	利用者等の評価を確認するため、ヒアリング調査を実施する	設置後に皆生温泉関係者を対象に実施 H18夏期に海水浴客等を対象に実施

5. クレスト付型人工リーフの効果検証

現時点で得られたモニタリング成果をもとに効果検証を行ったものを表-2に示す。

クレスト付型人工リーフの機能面については、地形変化など継続的な調査が必要な項目もあるが、概ね所定の目標を達しているものと言える。

表-2 クレスト付型人工リーフの検証と評価

項目	設計時	設計時		モニタリング結果	評価
		設定値	手法		
地形変化	水深5m以浅の土量の変化率(人工リーフ変更後÷変更前)	90~100%程度	平面実験	80%(H18年1月時点) 70%(H18年3月時点)	・設計ではほとんど変化しない想定であるが、現地では20~30%の土量の減少がみられた ・移動床実験では、沖側の砂が汀線付近に打ち上がる特性があるため、現地に比べて砂浜の残存率が高めになったものと考えられる ・冬季の安定性確保と同時に、夏季に地形が復元する見方もあり、夏季の回復状況も評価する必要がある
	汀線	トンボロ後退 開口部前進	平面実験	トンボロ後退 西側開口部背後後退	・背後の汀線形状はほぼ想定どおり ・西側の開口部背後の後退は、北東寄りの波浪による影響が顕著に現れた
	開口部	変化小	平面実験	東側変化小 西側大きく洗掘	・東側はほぼ想定どおり ・西側の開口部の洗掘は、汀線後退と同様の原因により、最大7mの洗掘が生じた

表-2 クレスト付型人工リーフの検証と評価(続き)

項目	設計時		モニタリング結果	評価	
	設定値	手法			
構造部変形	クレスト	32t (特殊型枠)	低天端ケーソンの設計法に準じて、最大波で安定計算	移動量の最大値 岸沖方向：4cm 沿岸方向：3cm 沈下：3cm	・概ね施工時の基礎捨石の不陸が均された程度のオーダーであり、安定性について特に問題は認められない
	表法被覆ブロック	12t (エックス)	ブレブナードネリー法	9個の散乱、5個の破損、5個の転倒	・天端水深が浅く、設計の適用範囲の限界に近い ・波高より流速による影響が大きかった ・クレストの影響が揚力を助長した
	背後の重量低減ブロック	4t (ストーン)	土研式	27個の散乱	・天端水深が浅く、特にクレストを越えて突入する流速による影響が大きかった
波浪	波高伝達率	夏季波浪 0.19 冬季代表波 0.24 暴浪波 0.38	平面実験	概ね0.25	・想定どおり離岸堤と同程度の波高伝達率が得られている
	波圧	水平力 80~85kPa 揚圧力 53~55kPa	低天端ケーソンの設計法に準じて算出	水平力40kPa (波高3.5m) 揚圧力35kPa (波高3.5m)	・設計時の水平力に比べて、揚圧力の比率が大きめである。これは、クレストの影響が原因と推測される
	水位上昇量	10~15cm程度	数値計算	平均的には堤前波高の5%程度で、観測期間中の最大値は40cm	・モニタリング結果は明確な関係ではないが、数値計算の2倍程度と大きい
流況	天端上岸向き流速 (平均流速)	1.4m/s 1.2~1.5m/s	平面実験 数値計算	平均的には堤前波高の15%程度で、観測期間中最大の最大値は0.6m/s	・想定に比べて小さい。天端上のブロック等による摩擦が大きいこと、背後の水位上昇が大きく沖向きの起流力によって減速した可能性がある
	開口部	0.9m/s 1.2~1.5m/s	平面実験 数値計算	-	
生物調査		藻類の付着		緑藻類、特に先駆種で知られるアオサ類の被度が高い エビ類などの有用動物の付着は未だみられない	・付着生物の変遷、動物の侵入など今後数年の変化を観察し、生物資源に対する供給場所としての評価をする必要がある
飛沫測定		背後の飛まつが低減すると予測	波の離岸堤への衝突時の飛散が大きいため、減少すると推定	西側離岸堤との比較では、背後での塩分濃度の分布に差がなかった	・西側離岸堤背後に浸透土砂が導入され地盤が高くなった影響で差が明確でなかった ・1号離岸堤、10号離岸堤との比較では人工リーフ背後の塩分量が小さかったことから飛まつ低減の可能性は完全に否定はできない
ヒアリング		-	-	暴浪時の波の衝撃音が小さくなった	

構造面については、クレストの影響が及ぶ範囲の被覆ブロックについて一部問題が見られたが、技術的に対応可能な範囲であり、2基目以降にクレスト付型人工リーフを採用する際にはならないと考える。

6. 今後の課題

現時点での課題は以下のとおりである。

- ①クレストの影響を受ける被覆ブロックの設計と重量低減範囲の見直し
- ②開口部の洗堀対策
- ③海面から露出するクレストブロックの構造については景観等に配慮した改良
- ④クレストブロックの形状等について最適化を行いコストを縮減

以上については、技術検討委員会に諮りながら、2基目のクレスト付型人工リーフに着工する前までに対応する予定である。

7. おわりに

クレスト付型人工リーフは開発中の技術であるが、今後さらに知見を積み重ねることによりクレスト付型人工リーフの技術が確立され、皆生海岸のように離岸堤により海浜を取り戻した海岸の施設改良工法の一つとして発展し、活用されることを期待する。