

宮崎海岸におけるサンドバック埋設護岸の 浜崖後退抑止効果

村上 啓介¹・佐藤 慎司²・西 隆一郎³・松田 博貴⁴・諏訪 義雄⁵・
渡邊 国広⁶・橋本 新⁷・堀口 敬洋⁷・後藤 英生⁸・八木 裕子⁷・
竹林 秀基⁹・竹下 真治⁹・堤 宏徳⁹・下田 勝典¹⁰・上野 正弘¹⁰

¹正会員 宮崎大学准教授 工学部社会環境システム工学科 (〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西1-1)
E-mail: keisuke@cc.miyazaki-u.ac.jp

²フェロー会員 東京大学大学院教授 工学系研究科 (〒113-8654 東京都文京区本郷7-3-1)

³正会員 鹿児島大学学術研究院 農水産獣医学域水産学系教授 (〒890-0056 鹿児島市下荒田4-50-20)

⁴熊本大学大学院教授 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1)

⁵正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部海岸研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)
E-mail: suwa-y22aa@nilim.go.jp

⁶正会員 (前)国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部海岸研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

⁷正会員 (株)東京建設コンサルタント 海岸・海洋部 (〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-15-6)
E-mail: hashimoto-s@tokencon.co.jp

⁸(株)東京建設コンサルタント 海岸・海洋部 (〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-15-6)

⁹国土交通省九州地方整備局 宮崎河川国道事務所 (〒880-8523 宮崎県宮崎市大工2-39)
E-mail: tsutsumi-h8912@qsr.mlit.go.jp

¹⁰(前)国土交通省九州地方整備局 宮崎河川国道事務所 (〒880-8523 宮崎県宮崎市大工2-39)

宮崎県宮崎海岸では、砂丘海側の浜崖の後退抑制対策として、サンドバックによる埋設護岸(浜崖後退抑止工)が2013年に全国で初めて本格導入された。本研究では、埋設護岸設置区間および未設置区間を対象として、現地実測データを用いて埋設護岸の防護効果の把握を目的とした。2014年には、5つの台風が来襲し、埋設護岸に大きな外力が作用した。サンドバック設置区間では、浜崖の後退は生じなかったが、未設置区間では、台風来襲ごとに養浜砂が流出し、浜崖が大きく後退した。このことから、埋設護岸は浜崖の急激な後退を抑制できることを確認した。また、一部のサンドバックに生じた変状を踏まえた埋設護岸の改良に関する知見を得るとともに、アカウミガメの上陸や市民による景観アンケートにより、環境・利用面でも一定の評価を得た。

Key Words : sand-packed containers, erosion control of sand dunes, eco-friendly defense works

1. はじめに

砂浜の背後に形成されている砂丘は、高潮や高波による海水の浸入を防ぎ、背後地の人命、資産を護る役割を有している。砂丘前面の砂浜が後退すると、砂丘に直接波浪が作用する。この場合、遡上する波により砂丘海側に崖状の段差(浜崖)が形成される。さらに遡上波が浜崖基部に作用することによりノッチが形成され土砂の崩落が生じ、浜崖が後退する¹⁾。浜崖が後退すると、砂丘頂上部の高さが減じ、高潮や高波による海水進入の危険性が増加する。この浜崖後退の第1段階であるノッチの

形成を防止することを目的とした対策工として、「浜崖後退抑止工」が提案され、その性能照査・施工・管理に関するマニュアルが発行されている²⁾。

本研究では、宮崎海岸を対象として、サンドバックを用いた埋設護岸として設置された浜崖後退抑止工の防護効果について、波浪・潮位等の外力および海浜地形測量等の現地データにより検証した。また、一部のサンドバックおよび洗掘防止工に生じた変状の原因について推定し、主に洗掘防止工に関する改良について提案するとともに、埋設護岸の景観およびアカウミガメへの影響に関する現地データに基づく知見を得た。

2. 宮崎海岸の侵食対策事業の概要

宮崎海岸の侵食対策事業では、海岸の環境や利用と調和を図りつつ、背後地(人家、有料道路等)への越波被害を防止するために、「浜幅50mの確保」を達成することを目指している。その対策工として、これまでに失われた土砂を回復するための「養浜」および効率的に海岸の土砂を回復するために宮崎海岸よりも南に土砂が流出することを抑制する「突堤」を施工している。さらに、高波浪時により砂丘浜崖部が侵食し、自然堤防として重要な役割を果たす砂丘の高さ(浜崖頂部高)の低下が生じている³⁾ことから、その対策工としてサンドバック工およびその表面の覆土が一体となった「埋設護岸」の施工を2013年度から開始しており、2014年度末時点において、大炊田海岸1.6km(2013年度施工)、住吉海岸動物園東地区0.3km(2014年度施工)で完成している(図-1、写真-1)。

なお、養浜、突堤、埋設護岸については、対策工実施前から行っている複数年の現地データ等をもとに、調査項目毎の指標及び指標の変動範囲を設定することにより、効果及び影響の検証が継続的に実施することとされている⁴⁾。

3. 宮崎海岸の埋設護岸(浜崖後退抑止工)

2013年度に宮崎海岸大炊田海岸(L=1.6km)に設置された埋設護岸は「浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル」²⁾に準じて設計・施工された。埋設護岸は、ジオテキスタイルによるサンドバック(長さ20m×幅4.3m×高さ1.5m：下段2個・上段1個の2層構造)、アスファルトマットによる洗掘防止工(張り出し長さ6.5m×幅2.5m×厚さ6cm)、養浜盛土により構成されている(図-2)。なお、サンドバックの形状は当海岸の計画外力・地形条件における安定性の水理模型実験等により設定した。サンドバック天端高は、景観性や海浜へのアクセスを考慮し、TP.+4.0mとした(写真-2)。

サンドバックの設置地盤高さはTP.+1.0mであり、サンドバック海側には洗掘防止対策としてアスファルトマットをサンドバックが踏み込むように設置している。また、サンドバック天端から陸側に向けて、当海岸の海浜の平均的な前浜勾配を参考にし、勾配1/6で浜崖にすりつく

ように養浜盛土を行い、サンドバックおよび洗掘防止工を埋設する構造として施工された。



写真-1 埋設護岸の設置状況



写真-2 設計時におけるサンドバック天端高の比較検討状況

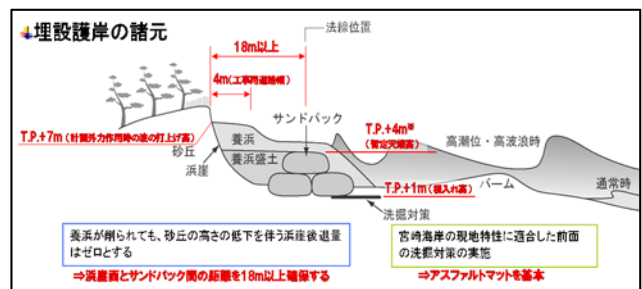


図-2 埋設護岸(浜崖後退抑止工)の断面諸元



図-1 宮崎海岸の侵食対策事業の概要と埋設護岸の施工位置

4. 2014年に来襲した外力特性

2014年に宮崎海岸に来襲した主な台風経路を図-3を示す。1408号、1419号は宮崎海岸を西から東に縦断するように通過し、1411号、1418号は宮崎海岸沖を通過した。2014年に来襲した台風の主な特徴としては、2つの台風が連続して来襲したことであり、1412号と1411号および1418号と1419号は、それぞれ1週間程度の間隔で宮崎海岸周辺を通過している。

次に、2014年7～10月の波浪(ネダノ瀬：水深約21m)・潮流(大炊田海岸：水深約4m)・潮位(宮崎港)を図-4に示す。各台風の最大有義波高は4.5m(1408号)～8.8m(1418号)であり、当海岸の年数回有義波高が5.0m、10年確率有義波高が9.9mであることを勘案すると特異な高波浪が来襲したわけではないが、年数回波以上が3回来襲している。また、宮崎海岸沖を通過した1411号、1418号では、台風通過前は北上する流れが卓越するが、通過後では反転し、南下する流れが卓越している。

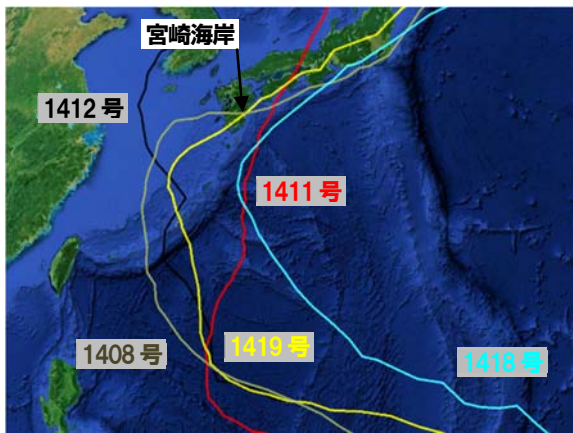


図-3 2014年に宮崎海岸に来襲した主な台風の経路

なお、直近5年の年間来襲波浪エネルギーで比較すると2014年が最もエネルギーが大きく、かつ、高波浪(有義波高4m以上)のエネルギーが大きい擾乱の大きな年であった(図-5)。

各台風の来襲時にはサンドパックの天端高あるいは浜崖基部高であるTP+4mを越えて波浪が作用した。埋設護岸設置地点の1411号通過時の波の遡上状況を写真-3に示す。越波した波浪によりサンドパック上の養浜が流出し、サンドパックが露出している。また、サンドパックを大きく越波した波浪により、背後養浜盛土が削られ、浜崖のような段差が生じている。このときの遡上痕は最高TP+6m程度であり、天然の砂丘頂部の近くまで波が遡上していた。

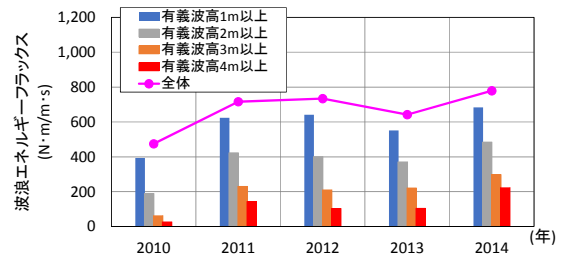


図-5 波浪エネルギーの比較(ネダノ瀬：2010～2014年)



写真-3 1411号通過時の波の遡上状況(2014年8月9日18時頃)

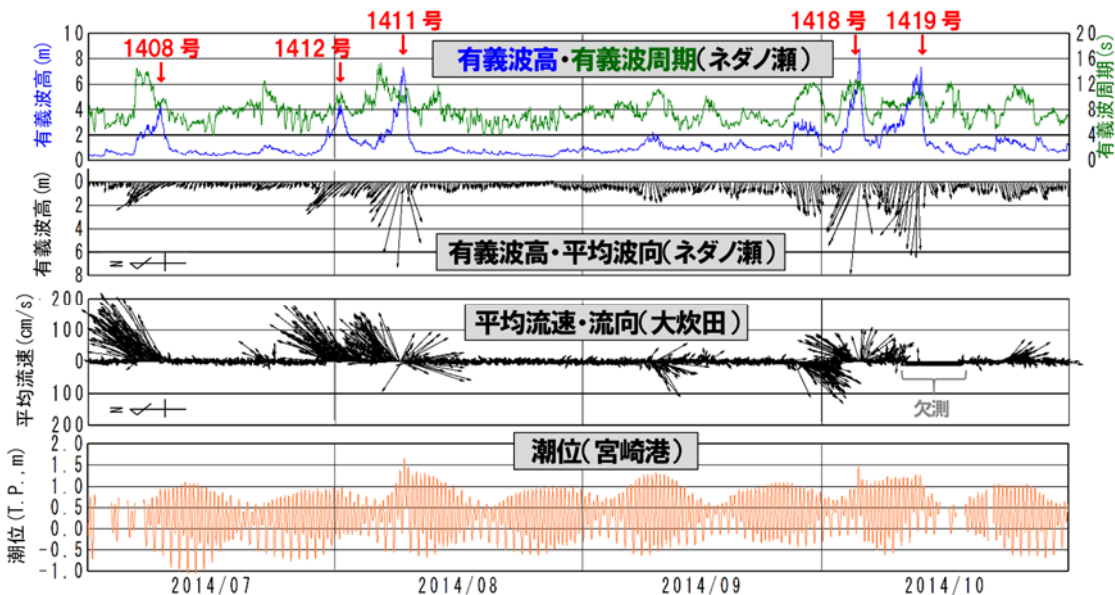


図-4 宮崎海岸に来襲した外力の経時変化(2014年7月～10月)

5. 埋設護岸の防護効果

浜幅変化の沿岸分布を図-6に示す。埋設護岸設置区間をみると、1408号通過前の2014年6月測量では、汀線位置はサンドバックに対してほぼ平行であり、均一に前浜が確保されていたが、1411号通過後の8月測量では、南側の汀線が大きく後退する一方、北側では汀線の前進が生じている。1419号通過後の10月24日測量では中央部にカスプ状の地形が2つ出現し南北の汀線はそれぞれ後退している。さらにその1週間後の10月30日では全体的に汀線が回復しており、カスプ状の地形の形状も変化している。埋設護岸未設置区間においても1408号通過前の2014年6月測量と1419号通過後の10月測量では大きく汀線形状が変化していたことがわかる。なお、台風による波浪・海浜流と地形変化については、佐藤ら(2015)⁷⁾で詳述されている。

台風通過前後の横断地形変化を図-7に示す。埋設護岸設置区間では、サンドバック海側の地形が大きく変化し、最も侵食したNo.11では、前面水深がT.P.-1m程度となっているが、埋設護岸陸側の変化は小さく、天然の砂丘は変化していない。一方、埋設護岸が未設置であり、養浜盛土のみ設置されたNo.-66やNo.-64を含む区間では、台風来襲ごとに養浜が流出し、10月に来襲した台風18号・19号により養浜および背後の天然の砂丘が大きく後退した。

次に、写真-3に示した養浜段差の沿岸分布(埋設護岸設置区間)を図-8に示す。養浜段差の基部は波が遡上した痕跡を示しており、養浜段差の頂部は基部の侵食による養浜土の崩壊により生じた境界を示している。1411号通過後では、段差は南側ほど高く、北に行くに従い低くなり、最北端付近では段差は生じていなかった。一方、1419号通過後では、南側の段差は殆ど変化がないが、北側で段差が高くなっており、各台風により波の遡上状況が異なっていたことが窺える。

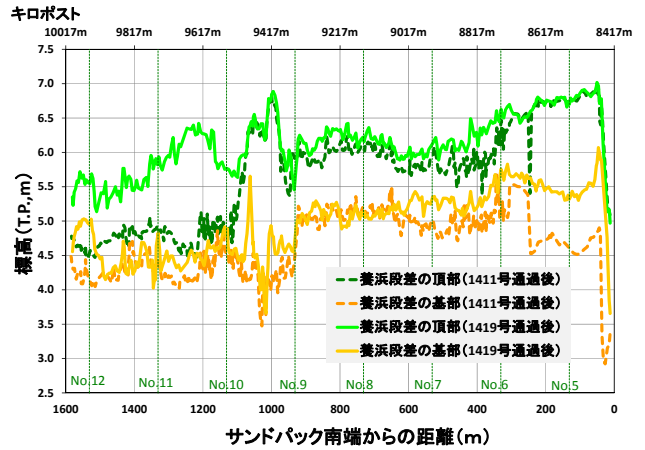


図-8 養浜段差の沿岸分布

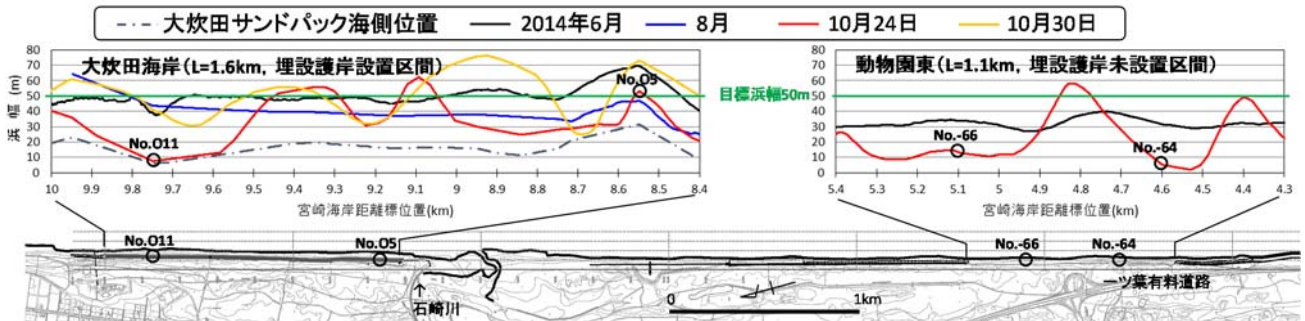


図-6 浜幅変化の沿岸分布

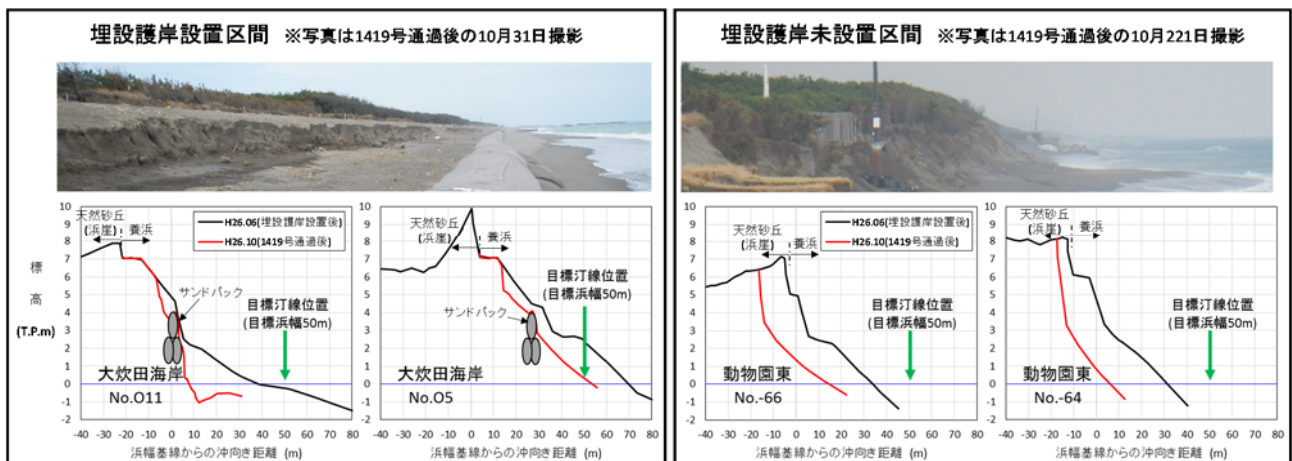


図-7 横断変化図

なお、一部の埋設護岸では養浜盛土が流出し、サンドバック、洗掘防止工が露出した。この露出した状態において次の台風による波浪が作用したことにより、洗掘防止工のめくれ・沈下等が生じ、上載のサンドバックも追従して変状した(写真-4)。この原因としては、先に示したサンドバック海側の急激な侵食(図-7)や平面的な凹凸地形の大規模な発達等(図-6)の地形変化に起因して埋設護岸の変状が進行したことが推定された。このため、急激な侵食に対して洗掘防止工が機能するように、あらかじめ洗掘防止工の先端を適当な深さまで撓ませることや、めくれや土砂の吸出しが生じにくいような改良が必要であるととも、大規模な地形変化が生じててもサンドバックが常時露出することのないように、養浜等による砂浜の回復が重要であると考えられる。

6. 埋設護岸の防護面以外の評価に関する知見

(1) アカウミガメの上陸・産卵の検証

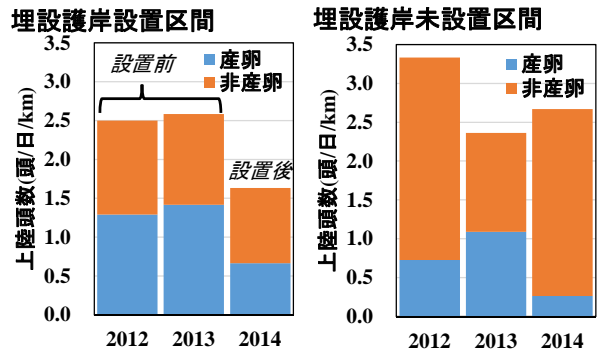
当海岸はアカウミガメの産卵地でもあるため、埋設護岸の設置による上陸・産卵について検証をおこなった。埋設護岸設置区間、未設置区間の上陸・産卵状況を図-9に示す。埋設護岸設置区間では、設置前の2012年、2013年よりも上陸・産卵数はやや減少しているが、ある程度の上陸・産卵が行われている。これは調査対象期間の7月時点で、一部区間ではサンドバックが既に露出しており、上陸することが困難であった時期を含んでいたと考えられる。このため、アカウミガメの産卵に対しては、サンドバックが露出しないように維持管理することが重要であると考えられる。

(2) 埋設護岸の景観の検証

サンドバックが露出した状態において、景観に関する簡易アンケートを実施した。調査内容を表-1に示し、結果を図-10に示す。アンケート結果では、埋設護岸整備後は整備前よりも「良い」との回答が大多数であった。これは整備前には砂浜上に消波工が設置されていたが、整備後はサンドバックが露出しても色調が砂と近いことや、コンクリートブロックよりも形状が人工的ではないことが評価されている。



写真-4 サンドバックおよび洗掘防止工の変状例



※2013、2014年は7月のうちの15日間、2014年は7月の1ヶ月間
図-9 アカウミガメの上陸頭数の比較

表-1 景観アンケートの実施概要

調査日時	2014年11月24日
場所	大炊田海岸南部
対象	ウォーキングイベント※参加者
設問内容	整備前後の写真(下記)を現地に提示し、現状の良し悪しを回答
回答者数	N=173

※広瀬西小学校区地域づくり協議会・宮崎河川国道事務所企画

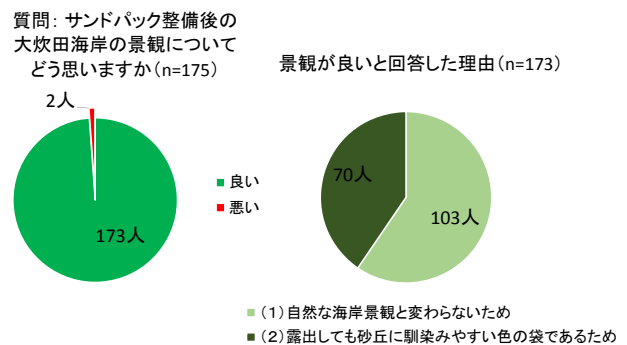


図-10 埋設護岸の景観アンケート結果

7. まとめ

- (1)埋設護岸は、浜崖の急激な後退を抑制する対策としての有用性が確認できた。
- (2)アカウミガメの上陸が確認できたことや景観においても埋設護岸整備前よりも改善されており、防護以外の効果もある程度評価できた。
- (3)2014年は多くの台風が来襲し、作用外力が大きかったが、サンドパックを用いた埋設護岸により、サンドパックを越波する条件においても、背後の浜崖の後退を抑制する効果を現地において確認できた。
- (4)サンドパックおよび洗掘防止工には一部変状が生じたが、変状原因及び変状過程を推定し、今後同様な変状が生じないための改善策を検討した。

サンドパックを用いた埋設護岸の有効性が確認された一方で、埋設護岸はあくまで補助的な対策であり、今回の現地においても、サンドパック等が露出した状態では変状が進行した。これらのことから、砂浜を回復・維持する対策(土砂供給として流域を含めた総合的な土砂管理や養浜等、漂砂制御施設としての突堤)を確実に進め、砂浜及び海浜土砂量を回復していくことが重要である。

謝辞: 埋設護岸の景観設計・評価については、福岡大学景観まちづくり研究室柴田久教授より指導・助言を頂いた。また、海浜地形変化解析については、(株)高崎総合コンサルタント近藤竜二氏、波浪・流況・潮位解析については、いであ(株)杉浦幸彦氏・大野正博氏にそれぞれ協力頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 渡邊国広, 関口陽高, 弘中淳市, 石川祐介, 土橋和敬, 野口賢二, 諏訪義雄: 浜崖後退抑止工の波浪安定性についての水理模型実験および現地試験, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 69, No.2, pp.I_1041-I_1045, 2013.
- 2) 浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル, 国土技術政策総合研究所資料共同研究報告書, 第 745 号, 2014.
- 3) 鶴崎秀樹・真鍋将一・菊地健志・下田勝典・高木利光・堀口敬洋・八木裕子・佐藤慎司: 宮崎海岸における波の作用に伴う砂丘侵食に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. I_596- I_600, 2012.
- 4) 真鍋将一・下田勝典・佐藤慎司・須田有輔・橋本新・後藤英生・堀口敬洋・八木裕子: 宮崎海岸における侵食対策事業の効果検証手法, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 70, No. 2, pp. I_721- I_725, 2014.
- 5) 国交省宮崎河川国道事務所: 宮崎海岸 Publication, <http://www.qsr.mlit.go.jp/miyazaki/html/kasen/sskondan/>, 参照 2015-05-20.
- 6) 国土交通省九州地方整備局宮崎港湾・空港整備事務所所管, 2014.
- 7) 佐藤慎司・村上啓介・諏訪義雄・西隆一郎・松田博貴・大野正博・杉浦幸彦・高島創太郎・石崎公康・近藤竜二・竹林秀基・竹下真治・堤宏徳・下田勝典・上野正弘: 宮崎海岸における台風による砕波帯内の波・流れと土砂移動, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No.2, 2015. (印刷中)

(2015.3.18 受付)

EFFECTS OF THE EROSION CONTROL PERFORMANCE OF SAND-PACKED CONTAINERS IN THE MIYAZAKI COAST

Keisuke MURAKAMI, Shinji SATO, Ryuichiro NISHI, Hiroki MATSUDA, Yoshio SUWA, Kunihiro WATANABE, Shin HASHIMOTO, Takahiro HORIGUCHI, Hideo GOTO, Hiroko YAGI, Hideki TAKEBAYASHI, Shinji TAKESHITA, Hironori Tsutsumi, Katsunori SHIMODA, and Masahiro UENO

The erosion control performance of sand-packed geotextile containers, which were installed on the Miyazaki coast, was investigated in this study. The coast is backed by eroding sand dune with 8 to 12 m height formed alongshore for a total of 7 km coastal stretch. For the purpose of dune erosion control, a series of containers was buried alongshore at the foot of dune for a 2 km coastal stretch in 2013, which were exposed to typhoon waves occasionally developed in 2014. Significant erosion was observed by typhoon waves in unprotected areas while no erosion was observed in the areas protected by containers although some containers were damaged by severe foreshore erosion. Inquiry for public use of the coast and apparently insignificant negative impact for egg laying of sea turtles supported the eco-friendly defense work.