特集>>>　河川・海洋・海岸・港湾

自然インフラ砂丘等を守る「浜崖後退抑止工」

サンドパックを活用した砂浜になじむ工法

諏　訪　義　雄

砂堤・浜堤は波浪によって運ばれた砂や砂礫が波によって陸上にうちあげられ小高い地形を形成するものであり，外洋沿岸に発達する。砂丘は砂浜や砂堤・浜堤の砂が飛砂として陸側に運ばれて堆積し高地を作ったものである。これらの砂丘・砂堤・浜堤は高波や津波から背後地を守る働きをしている自然インフラであるが，前面砂浜では侵食が進行している場合が多く，これら自然インフラが持つ防護機能が脅かされている。

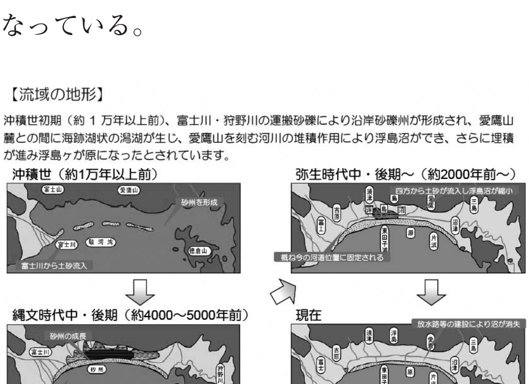
サンドパックを用いた浜崖後退抑止工は，侵食によって砂丘・砂堤・浜堤の前面に形成される浜崖の後退を抑止するものであり，自然インフラを保全する新工法である。土木繊維でできた長さ 20 m・幅 4.2 m・高さ 1.5 m の巨大な袋材に現地の砂や養浜砂を充填して波浪に対して安定するサンドパックを作成し，これで浜崖の基部を保護することにより，浜崖の後退を緩和するものであり，海浜景観になじむ特長を持つ。本稿では，まず自然インフラ保全の重要性を述べた後に，浜崖後退抑止工の概要，全国で初めて本格採用された宮崎海岸大炊田地区の事例，活用にあたっての留意点を紹介する。

キーワード：自然インフラ，砂丘・砂堤・浜堤，浜崖後退抑止工，サンドパック，共同研究，浜崖，バーム，海岸侵食，宮崎海岸，養浜，砂浜景観

1．はじめに

日本の海浜は，山地等から供給される土砂が波浪と海浜流により沿岸方向に運ばれ，バームと呼ばれる砂堤・浜堤を形成しつつ陸地を広げてきた。**図―1**は，富士川左岸に広がる富士海岸の地形形成過程である。富士川から供給された砂礫が沿岸方向に運ばれて図に「砂州」と表記される浜堤を発達させていった。この浜堤の上に東海道と宿場町が発達し，今も東海道本線が通っている。背後の浮島沼と呼ばれた低地は水田になり，現在では国道１号バイパスが作られ新たな市街地になっている。

このような地形は日本の平野部の沿岸でよく見られるものである。日本海側，遠州灘，宮崎平野沿岸のように飛砂が多い沿岸では砂堤・浜堤の背後に飛砂による標高 10 m 以上の砂丘が発達している場合も多い。これら沖積低地と海の間に形成される砂堤・浜堤や砂丘は，街道や集落等人々の生活の場を提供するとともに，高波や津波から背後の沖積平野を守る自然の防護施設の役割を果たしてきた。たとえば**図―2**は，宮崎海岸のある宮崎市の津波浸水想定である。図から砂丘によって背後の平地の浸水が防がれていることがわかる。砂丘や砂堤・浜堤のような自然地形を自然イン

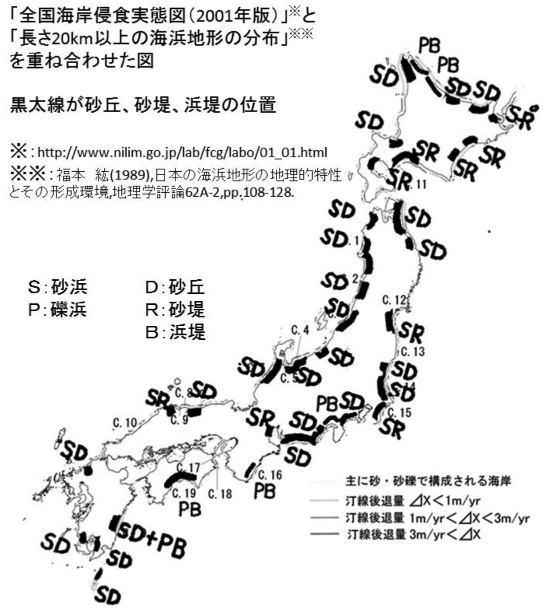


図―１　海岸地形形成過程の例（富士海岸）[1)]

図―２　自然インフラ 砂丘の津波防護効果例
宮崎海岸住吉地区

フラと呼ぶ。

海岸侵食は，当該地点に供給される漂砂量よりも波浪等により当該地点から沿岸方向等に運び去られる漂砂量が大きい場合に発生する。新潟海岸，皆生海岸等古くから侵食が問題となっている海岸もあるが，海岸侵食の問題が全国的に顕在化したのは高度経済成長期以降である。**図—3** は日本沿岸の侵食実態（2001）である。昭和 28 年頃の地形図と平成の地形図の海岸線 GIS データ等からその間の海岸線後退速度を求めて色分けし描いたものである。色が暖色になるほど海岸線後退速度が大きい。さらに，図には福本紘[2]を参考に，我が国の砂丘・砂堤・浜堤を黒太線で重ね書きしている。図から，日本の沿岸，特に外洋沿岸で砂丘･砂堤･浜堤が分布していること，多くの砂丘・砂堤・浜堤の前面海浜で侵食が進行していることがわかる。**写真—1** は，砂丘前面の侵食によって形成された浜崖の例である。侵食によって砂丘が失われると，その防護機能も失われることになるため自然インフラである砂丘・砂堤・浜堤を保全することは重要である。

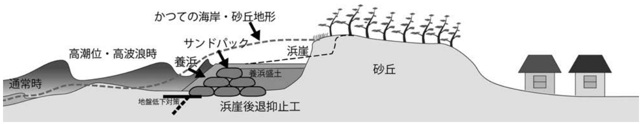


図—３　砂丘・砂堤・浜堤と海岸侵食

写真—１　浜崖の例

2．浜崖後退抑止工とサンドパック

浜崖後退抑止工は，サンドパックと養浜によって砂丘前面の浜崖基部を保護することにより，波浪による浜崖の後退を抑止するものである（**図—4**）。サンドパックとは，強度と耐久性の大きい土木繊維の袋材に現地の海浜砂あるいは養浜材を充填したものである。比重はブロックより軽いが，容積・重量を大きくすることにより波浪安定性を増している。袋材は現地の海浜に近い色とすることができ，コンクリートを用いないことからサンドパックが露出した場合でも景観に配慮できる。さらに浜崖後退抑止工はサンドパックの天端高をバーム高程度に抑えることにより，静穏波で砂浜が回復した時にサンドパックが砂に覆われ海浜地形になじんだ景観とすることができる（**写真—2**）。



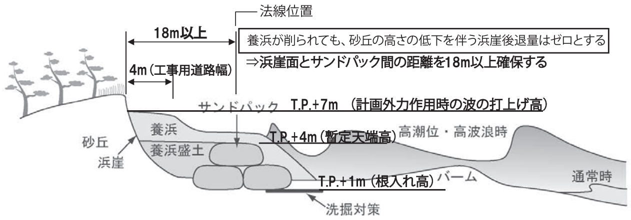
図—４　浜崖後退抑止工

写真—２　砂浜になじんだサンドパック
福井県浜住海岸

サンドパックと浜崖後退抑止工は国総研と袋材メーカーの共同研究によって開発した。開発・整理したサンドパック及び浜崖後退抑止工の性能評価方法等は，サンドパックの波浪安定性，サンドパック積層体のすべり・土圧等に対する安定性，施工許容範囲，点検支援カルテの整備，施工歩掛，サンドパック突合せ部・施工端の対策，施工時の留意事項である。サンドパック袋材の性能評価方法等は，袋材強度，紫外線・水分変動等気象要因による強度劣化，砂礫の摩耗による強度劣化，摩擦係数，中詰材保持性能，環境適合性，耐燃焼性，損傷拡大抵抗である。これらの内容は，国総研資料 No.745 にまとめており[3] また，共同研究の HP も開設しているので参照されたい[4]。

3. 宮崎海岸埋設護岸での本格採用

浜崖後退抑止工は，宮崎海岸大炊田地区約 1.6 km において埋設護岸として初めて本格施工された。完成断面は**図―５**のようになる。



図―５　宮崎海岸大炊田地区埋設護岸断面図 [5)]

サンドパックは２段積み自立式とし，天端高は T.P＋4 m，敷設高は T.P.＋1 m である。敷設高は，これ以上掘削すると地下水面以下となって施工が容易でなくなるためこれが限界であろうと考え設定した。現地の海浜断面を見ると，サンドパック前面の海底地盤が低下する可能性があることから，地盤低下対策としてアスファルトマットを敷設することにとした。

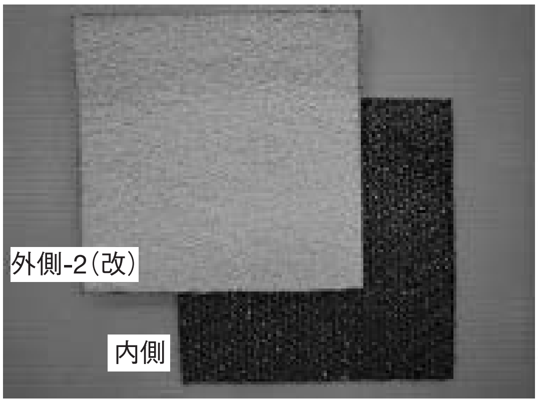
サンドパックは単体で 1.5 m の高さなので，２段積みとすると天端高は T.P＋4 m となる。この海岸の計画波浪うちあげ高は T.P＋7 m であり，計画波浪が来襲した場合にはサンドパックを越波して養浜土砂を変形させる。水理模型実験から，サンドパック背後の養浜土砂量が十分にあれば，変形後の斜面勾配は波の遡上帯に形成されるバーム前面勾配と同程度であったことから，サンドパック天端（T.P＋4 m）から T.P.＋7 m までの間に宮崎海岸のバーム勾配である６割斜面が形成されると考えた。浜崖とサンドパックの間にこの斜面を形成できる空間を確保するため，サンドパックは浜崖から 18 m 以上海側に離して設置している。

現地海浜のバーム高は T.P＋2 ～ 3 m なので，サンドパックの天端高はやや高めではあるが，現地の海浜になじんだものとなることが期待される。

採用したサンドパックは２種類である。一つは，**写真―３**のように袋材の表面を人工芝構造として耐久性を高めたものである。もう一つは，**写真―４**のように袋材を耐久性を高めるための外材と張力を持たせるための内材の２重構造としたものである。

施工の手順は以下のとおりである。T.P＋1 m までの床掘りを行い（**写真―5**），地盤低下対策であるアスファルトマットを敷設する（**写真―6**）。下段サンドパックの袋材を所定の位置に敷設し（**写真―7**），サンドポンプで砂を充填する（**写真―8**）。上段サン

写真―３　袋材表面を人工芝構造として耐久性を高めたサンドパック



写真―４　袋材を外材と内材の二重構造として耐久性を高めたサンドパック

写真―５　施工状況（床掘）

写真―６　施工状況（アスファルトマット敷設）

写真―7　施工状況（袋材敷設）

写真―8　施工状況（中詰材充填）

写真―9　施工状況（サンドパック背後養浜）

写真―10　完了後（覆土養浜後）

ドパックの敷設面を整え，上段サンドパックの袋材を敷設し，サンドポンプで砂を充填する。サンドパックの突合せ部に隙間ができないよう注意しながら，延長方向にこの作業を繰り返す。サンドパック背後を養浜材で埋戻し（**写真―9**），仕上げに全体を養浜材で覆土する（**写真―10**）。

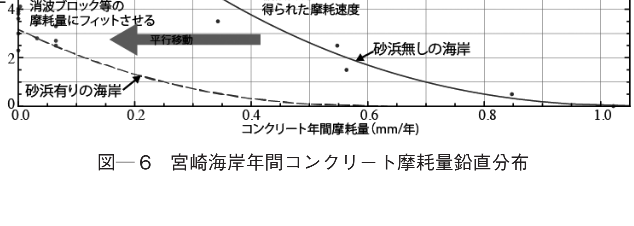
約1.6 kmの施工区間を5工区に分けて工事を行ったが，サンドパック2段積み自立式の敷設に2か月半，養浜に4か月弱と施工を迅速に行うことができた。工事コストは，通常のコンクリート護岸に比較して2～3割縮減できたと評価している[5)]。

4. 活用にあたっての留意点

サンドパックは，施工途中に波浪が侵入すると袋材が煽られる等するので，砂浜がある程度残っている場所でないと施工が困難になる。波浪の侵入を防止する仮設工を設置し，ドライにするための排水を行えば，砂浜がない場所でも施工は可能であるが，工費が増大することから現実的ではない。

袋材を強化したとはいうものの，いかなる変形にも耐えられるほどの強度を有する袋材は開発できていない。また，一旦設置した後は，撤去はできるが移動はできないため，コンクリートブロック乱積みのように様子を見ながら逐次投入していくやり方には向かない。つまり，設置前の計画･設計が重要な工法である。また，劣化の監視も重要であり手間のかかる工法である。

コンクリートブロックは経済性と耐久性に優れ，実績を積み上げて信頼性のあるものだが，海岸保全のための施設すべてがコンクリートでなければならないかどうかはこれまで精査されたことはなかった。**図―6**は，宮崎海岸の護岸のコンクリートの摩耗調査結果から年間摩耗量の鉛直分布を整理したものである[3)]。図から，常に波浪にさらされる下部ほど摩耗速度が大きいことがわかる。また，前面に砂浜があると摩耗速度が小さくなることもわかる。このように砂浜を有する海浜は，波浪外力とそれによって生じる摩耗外力の場



図―6　宮崎海岸年間コンクリート摩耗量鉛直分布

所的変化が大きい空間であり，浜崖後退抑止工はその特徴を生かした工法である。

浜崖後退抑止工は，前面に砂浜が確保できる場所，近い将来確保できる見通しのある場所に適している。また，サンドパックの設置は波浪による浜崖の後退を抑制することはできるが，侵食の原因である漂砂バランスを整えることはできないので，養浜と抜本的侵食対策は別途なされる必要がある。

5. おわりに

東日本大震災以降，減災が注目されている。砂丘・砂堤・浜堤等の自然インフラは減災に有効であることから，今後これらの保全は益々重要になると考えられる[6) 7)]。サンドパックを用いた浜崖後退抑止工は，侵食からの保全に有効である。また，サンドパック及び浜崖後退抑止工は，コンクリートをなるべく使いたくないという現場に新しい選択肢を提供できる。さらに，養浜と組合せ，波浪の作用で現場になじませることで砂浜らしい景観を損なわない保全が可能となる。

JCMA

《参考文献》

1）静岡県沼津土木事務所，安全・安心な地域づくりを目指して～沼川新放水路（仮称）～パンフレット
2）福本 紘（1989），日本の海浜地形の地理的特性とその形成環境，地理学評論 62A-2，pp.108-128，1989
3）国土技術政策総合研究所海岸研究室他，浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル－共同研究「海岸保全における砂袋詰め工の性能評価技術に関する研究」報告書－，国総研資料第 745 号，2014 年 1 月
4）国土技術政策総合研究所・ナカダ産業㈱・前田工繊㈱・三井化学産資㈱，共同研究「海岸保全における砂袋詰め工の性能評価技術に関する研究」HP，http://www.sandpack.net/
5）真鍋将一，下田勝典（2014），全国初のサンドパック工本格施工─宮崎海岸埋設護岸工事にジオテキスタイル製極大砂袋を採用─，土木施工，Vol.55，No2，pp.20-21，2014，Feb.
6）加藤史訓ほか，設計超過津波への対応策～粘り強い海岸堤防と自然・地域インフラの活用～，土木技術資料 56-1，pp.12-15，2014 年 1 月.
7）国土技術政策総合研究所，国総研の重点研究に関する H 26 年度概算要求について，http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20130829.pdf

［筆者紹介］

諏訪　義雄（すわ　よしお）
国土技術政策総合研究所
河川研究部　海岸研究室
室長