

宮崎海岸侵食対策検討委員会 第8回技術分科会

埋設護岸の工法選定及び基本設計

国土交通省・宮崎県

平成25年8月12日

第 1 章 埋設護岸の工法選定..... 1

1.1 現時点で埋設護岸として可能性がある工法 1

1.2 工法選定..... 2

第 2 章 埋設護岸(浜崖後退抑止工)の基本設計 4

2.1 基本方針..... 5

2.1.1 定義・特徴..... 5

2.1.2 浜崖後退抑止工の設置目的..... 6

2.1.3 浜崖後退抑止工の適用範囲..... 6

2.1.4 想定する作用..... 6

2.1.5 要求性能の設定の考え方..... 7

2.1.6 性能の照査..... 7

2.1.7 浜崖後退抑止工の限界状態..... 8

2.1.8 照査方法..... 8

2.1.9 照査外力の設定..... 8

2.2 浜崖後退抑止工の照査..... 9

2.2.1 浜崖後退の機構..... 9

2.2.2 浜崖後退抑止工の被災機構..... 9

2.2.3 要求性能（目的達成性能）の設定..... 9

2.2.4 浜崖後退抑止工の設計手順..... 9

2.2.5 サンドパック断面諸元の設定..... 10

2.2.6 波力安定性の照査..... 11

2.2.7 根入れ・自立性の照査..... 12

2.2.8 斜面安定性の照査..... 17

2.2.9 浜崖後退量の算定方法..... 18

2.2.10 吸い出し、施工端処理の照査..... 25

2.2.11 修復性の照査..... 29

2.3 サンドパック袋材の性能照査..... 30

2.3.1 サンドパック袋材の被災機構..... 30

2.3.2 サンドパック袋材の要求性能..... 30

2.3.3 サンドパック袋材の引張り強度に関する要求性能 30

2.3.4 施工時に袋材に作用する張力の評価方法..... 31

2.3.5 供用時にサンドパック袋材に作用する張力の評価方法..... 32

2.3.6 摩耗劣化外力の評価方法と照査性能..... 33

2.3.7 気象要因劣化外力の評価方法と照査性能..... 33

2.3.8 劣化後袋材引張り強度の評価方法..... 33

2.3.9 摩耗劣化の評価方法..... 33

2.3.10 気象要因劣化の評価方法..... 33

2.3.11 人為外力及び漂流物の衝突に対する安全性の評価方法..... 33

2.3.12 袋材からの有害物質の溶出の照査..... 33

2.3.13 中詰め材保持性能..... 34

2.3.14 海浜利用に関する留意事項..... 35

2.4 施工管理、点検・維持管理..... 36

2.5 サンドパック袋材の性能試験..... 37

2.6 設計結果のまとめ..... 38

本検討資料は、今後新たな知見・情報、検討手法等によって、
変更の可能性がある数値情報を含みます。

第1章 埋設護岸の工法選定

1.1 現時点で埋設護岸として可能性がある工法

現時点で埋設護岸としての目的達成性、耐久性、安定性、安全性が確保可能な工法を表－ 1.1 に示す。

表－ 1.1 現時点で埋設護岸として可能性がある工法の概要

工法	外観イメージ	目的達成性	耐久性	安定性	安全性
コンクリート工	 コンクリート工	○ ・背面に吸出し防止材等を用いることで、波が砂丘に作用すること及び背面の土砂が流出することを防止し、浜崖頂部高の低下を防ぐことが可能	◎ ・常時露出した状況でも、耐候性・耐摩耗性ともに問題ない ・常時露出した状況でも、30年程度以上強度を確保できる	○ ・波浪に対して安定な重量のタイプを使用することで、安定性を確保可能	○ ・吸い出し防止材等を用いることにより、護岸背後や周辺部での土砂の吸い出し、陥没により人が落ち込むなどの事故は生じない ・海浜利用者が転倒した時に接触すると負傷する可能性がある
袋詰玉石工	 袋詰玉石工	○ ・背面に吸出し防止材等を用いることで、波が砂丘に作用すること及び背面の土砂が流出することを防止し、浜崖頂部高の低下を防ぐことが可能	△ ・常時露出した状況での耐候性については問題ない ・耐摩耗性は、波が作用した際、中詰材の石の移動による摩耗が懸念され、他工法に比べて劣る ・常時露出した状況で耐摩耗性を考慮した耐久性は不明である。	○ ・波浪に対して安定な重量のタイプを使用することで、安定性を確保可能	○ ・吸い出し防止材等を用いることにより、護岸背後や周辺部での土砂の吸い出し、陥没により人が落ち込むなどの事故は生じない ・海浜利用者が転倒した時に接触すると負傷する可能性がある
強化かごマット工	 強化かごマット工	○ ・背面に吸出し防止材等を用いることで、波が砂丘に作用すること及び背面の土砂が流出することを防止し、浜崖頂部高の低下を防ぐことが可能	○ ・常時露出した状況でも、耐候性・耐摩耗性ともに問題ない ・常時露出した状況でも、30年程度強度を確保できる	○ ・波浪に対して安定な重量のタイプを使用することで、安定性を確保可能	△ ・吸い出し防止材等を用いることにより、護岸背後や周辺部での土砂の吸い出し、陥没により人が落ち込むなどの事故は生じない ・海浜利用者がかご材の鉄線切断面で負傷する可能性が高い
浜崖後退抑止工 (サンドバック)	 浜崖後退抑止工 (サンドバック)	○ ・サンドバックの材料が吸出し防止材と同等(布材)であるため、波が砂丘に作用すること及び背面の土砂が流出することを防止し、浜崖頂部高の低下を防ぐことが可能	○ ・常時露出した状況でも、耐候性・耐摩耗性ともに問題ない ・常時露出した状況でも、10年程度以上強度を確保できる	○ ・波浪に対して安定な重量のタイプを使用することで、安定性を確保可能	◎ ・吸い出し防止材等を用いることにより、護岸背後や周辺部での土砂の吸い出し、陥没により人が落ち込む等の事故は生じない ・海浜利用者が転倒した時に接触しても負傷する可能性は低い
宮崎海岸におけるサンドバックの現地実験結果も踏まえた「浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル」が作成され、第7回技術分科会時点では検証が不十分とされていた安全性、耐久性等について検証された。					

1.2 工 法 選 定

- 1.1 の工法について、宮崎海岸保全の基本方針との適合性、経済性、施工性を比較した結果を表－ 1.2 に示す。

➤ 経済性の検討においては標準断面図を作成して概算直接工事費を試算して比較検討を行った。なお、標準断面図を作成するにあたり設定した条件は下記のとおりである。

①構造形式：自立構造

②天端高　：T.P.+4.0m， T.P.+5.5m（後述の 2.2.7　3）（A）　より）

③安定性　：計画外力に対して安定な質量

④根入れ　：T.P.+1.0m（後述の 2.2.7　3）（B）　より）
- この比較検討結果より、宮崎海岸保全の基本方針における“新たに設置するコンクリート構造物は出来るだけ減らす”、“それぞれの区域の特徴に応じたものとする”、“豊かな自然環境を最大限残す”、“直轄工事完了後も維持管理に過剰な負担がかからない”、“山、川、海における土砂の流れに出来るだけ連続性を持たせ、将来は自然の力による砂浜の回復・維持を目指して、様々な取り組みを行っていく”という配慮事項に最も合致し、経済性及び施工性を確認した結果においても特に問題はないことから、浜崖後退抑止工(サンドバック)を埋設護岸の工法として選定する。

表－ 1.2　埋設護岸の工法比較検討及び選定結果

宮崎海岸保全の基本方針との適合性									経済性・施工性の確認		評価
宮崎海岸保全の基本方針	新たに新設するコンクリート構造物は出来るだけ減らす	それぞれの区域の特徴に応じたものとする	豊かな自然環境を最大限残す		(直轄)工事完了後も維持管理に過剰な負担がかからないようにする		山、川、海における土砂の流れに出来るだけ連続性を持たせ、将来は自然の力による砂浜の回復・維持を目指して、様々な取り組みを行っていく	経済性※2	施工性		
埋設護岸への適用	上記のとおり適用する	砂丘と砂浜が連続する景観※1	アカウミガメの産卵	砂丘と砂浜が連続する環境	通常の維持管理	被災した場合の復旧の容易さ	上記のとおり適用する				
コンクリート工	△	△ ・コンクリートがむき出しになり、違和感が生じる可能性がある	○ ・護岸表面を養浜により覆土するため、ウミガメの産卵に対する影響はない。	△ ・傾斜堤、直立堤の場合、コンクリート面の透水性は無く、地下水による海域への栄養塩供給等に影響する可能性がある。	○ ・露出により耐久性に影響は生じないため、特段の維持管理は必要ない。	△ ・他工法と比較して、構造が複雑であるため、撤去・再設置に時間と費用を要する。	△ ・砂浜が回復して護岸を撤去することになった場合、コンクリートであるため、砂浜の一部として再利用できない。	△	○	△ ・隣接海岸で施工実績がある。ただし、仮締切が必要となり、施工時の背後地への影響が懸念される。	△
袋詰玉石工	○	△ ・袋材、石材がむき出しになり、違和感が生じる可能性がある	○ ・護岸表面を養浜により覆土するため、ウミガメの産卵に対する影響はない。	○ ・コンクリート工に比べて透水性が高く、地下水による海域への栄養塩供給等に影響する可能性は低い。	△ ・露出時の摩耗で耐久性が落ちるため、埋設状態を維持するための管理が必要である。	○ ・材料が袋材と石のため、コンクリート工に比べて、短期間での積み増しによる対応が可能である。	○ ・砂浜が回復して護岸を撤去することになった場合、中詰材が石であるため、砂浜の一部として再利用が可能である。	○	×	○ ・緊急対策として使用実績があり、特に問題なく施工可能である。	×
強化かごマット工	○	△ ・かご材、石材がむき出しになり、違和感が生じる可能性がある	○ ・護岸表面を養浜により覆土するため、ウミガメの産卵に対する影響はない。	○ ・コンクリート工に比べて透水性が高く、地下水による海域への栄養塩供給等に影響する可能性は低い。	△ ・露出時の地形変化で施設形状が変形するため、埋設状態を維持するための管理が必要である。	○ ・材料がかごマットと石のため、コンクリート工に比べて、短期間での積み直し（再利用）・積み増しによる対応が可能である。	○ ・砂浜が回復して護岸を撤去することになった場合、中詰材が石であるため、砂浜の一部として再利用が可能である。	○	△	○ ・隣接海岸で施工実績があり、特に問題なく施工可能である。	○
浜崖後退抑止工 (サンドバック)	○	○ ・袋材がむき出しになるが、目立たない色調を用いることが可能である	○ ・護岸表面を養浜により覆土するため、ウミガメの産卵に対する影響はない。	○ ・コンクリート工に比べて透水性が高く、地下水による海域への栄養塩供給等に影響する可能性は低い。	△ ・露出時の紫外線で耐久性が落ちるため、埋設状態を維持するための管理が必要である。	○ ・材料が袋材と砂のため、コンクリート工に比べて、短期間での補修・再設置による対応が可能である。	○ ・砂浜が回復して護岸を撤去することになった場合、中詰材が土砂であるため、砂浜の一部として再利用が可能である。	◎	○	○ ・新しい工法であるが、宮崎海岸で試験施工の実績があり、特に問題なく施工可能である。	◎

※1：埋設護岸は養浜により埋められるが、高波時には露出する可能性があるため、露出した場合の景観を評価した。

※2：概算直接工事費の試算結果は表－ 1.3 参照

表一 1.3 埋設護岸の構造形式比較一覽

	天端高 T.P.+4.0m の場合	天端高 T.P.+5.5m の場合	堤体の安定性の考え方
コンクリートブロック工	概算直接工事費 54.5 万円/m（仮締切工込み）	概算直接工事費 80.6 万円/m（仮締切工込み）	波力に対する安定性は、被覆ブロック固有のKD値を用いて、ハドソン式により照査を行った（海岸保全施設の技術上の基準・同解説平成16年6月）。
袋詰玉石工	概算直接工事費 89.1 万円/m	概算直接工事費 171.5 万円/m	波力に対する安定性は、メーカーの実験結果に基づくKD値を用いて、ハドソン式により照査を行った（海岸保全施設の技術上の基準・同解説平成16年6月）。
強化かごマット工	概算直接工事費 71.1 万円/m	概算直接工事費 125.7 万円/m	波力に対する安定性は、メーカーの実験結果に基づくKD値を用いて、ハドソン式により照査を行った（海岸保全施設の技術上の基準・同解説平成16年6月）。
サンドバック工	概算直接工事費 36.4 万円/m	概算直接工事費 58.4 万円/m	波力に対する安定性は、浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアルに基づくKD値を用いて、ハドソン式により照査を行った。

第2章 埋設護岸（浜崖後退抑止工）の基本設計

- 浜崖後退抑止工の検討にあたっては、“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-, 国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室・ナカダ産業株式会社・前田工織株式会社・三井化学産資株式会社：平成 25 年 7 月（DRAFT）”（以降、マニュアルと略す）に準じて行った。
- 具体的にはマニュアルの項目毎に、宮崎海岸の埋設護岸としての適用、照査、検討を行い、埋設護岸の配置、断面形状等を設定した。

表ー 2.1 マニュアルの目次

第 1 章 基本方針	第 3 章 サンドパック袋材の性能照査
1.1 定義・特徴	3.1 サンドパック袋材の被災機構
1.2 浜崖後退抑止工の設置目的	3.2 サンドパック袋材の要求性能
1.3 浜崖後退抑止工の適用範囲	3.3 サンドパック袋材の引張り強度に関する要求性能
1.4 想定する作用	3.4 施工時に袋材に作用する張力の評価方法
1.5 要求性能の設定の考え方	3.5 供用時にサンドパック袋材に作用する張力の評価方法
1.6 性能の照査	3.6 摩耗劣化外力の評価方法と照査性能
1.7 浜崖後退抑止工の限界状態	3.7 気象要因劣化外力の評価方法と照査性能
1.8 照査方法	3.8 劣化後袋材引張り強度の評価方法
1.9 照査外力の設定	3.9 摩耗劣化の評価方法
第 2 章 浜崖後退抑止工の照査	3.10 気象要因劣化の評価方法
2.1 浜崖後退の機構	3.11 人為外力及び漂流物の衝突に対する安全性の評価方法
2.2 浜崖後退抑止工の被災機構	3.12 袋材からの有害物質の溶出の照査
2.3 要求性能（目的達成性能）の設定	3.13 中詰め材保持性能
2.4 浜崖後退抑止工の設計手順	3.14 海浜利用に関する留意事項
2.5 サンドパック断面諸元の設定	第 4 章 施工管理、点検・維持管理
2.6 波力安定性の照査	4.1 浜崖後退抑止工の施工管理
2.7 根入れ・自立性の照査	4.2 サンドパックの充填率管理
2.8 斜面安定性の照査	4.3 袋材の品質管理
2.9 浜崖後退量の算定方法	4.4 施工時の留意事項
2.10 吸い出し、施工端処理の照査	4.5 施工計画
2.11 修復性の照査	4.6 点検・維持管理・応急復旧
	4.7 維持管理計画
	4.8 詳細点検
	4.9 補修・撤去計画
	第 5 章 サンドパック袋材の性能試験

2.1 基本方針

2.1.1 定義・特徴

1) マニュアル本文

本マニュアルは、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」を踏まえ、国土技術政策総合研究所とサンドバックメーカー（ナカダ産業（株）、前田工織（株）、三井化学産資（株））が行った共同研究「海岸保全における砂袋詰め工の性能評価技術の開発」における実物大実験、現地実験、水理模型実験、袋材の試験等の検討結果等現時点の知見に基づき、浜崖後退抑止工に関する性能照査、施工、維持管理等についてとりまとめたものである。浜崖後退抑止工の設置を行う当該海岸の侵食対策計画や浜崖後退抑止工全体の配置計画については本マニュアルの活用前に別途検討がなされている前提で作成されている。

浜崖は、砂丘等に堆積した砂の自分自身の締固めと砂粒が適度な水分を保持することによる水の表面張力に起因するせん断抵抗で急斜面を維持していると考えられる。波浪が砂丘等の足元を洗うことにより砂が飽和状態となり表面張力によるせん断抵抗が失われる。そこに波浪の衝突による波力や流れが作用しせん断抵抗を失った砂粒を流し去る。これにより急斜面下部の土砂体積が減少し、急斜面の安定を失い上部の土砂が崩壊するプロセスを繰り返すことにより後退していくと考えられる。

「浜崖後退抑止工」は、浜崖前面の砂浜上に、養浜盛土とそれを保護する不透過構造のサンドバック単体または積層体を海岸線及び浜崖と平行に設置し、浜崖下部を保護することにより波浪による浜崖の後退の第一段階である浜崖下部の土砂体積減少を緩和して、浜崖の後退を抑制する工法である。天端高はその目的から、浜崖下部を保護する程度、計画波の打ち上げ高よりも低く設定し、計画波等の越波・遡上を許容する。この点が通常の護岸とは異なり、侵食対策に特化した護岸の一種に分類できる。設計波等の越波を許容し背後の養浜盛土や浜崖を守る点では消波堤と同じであるが、設置場所を砂浜の後浜上とし不透過構造とする点が水中に設置し消波性能を高めるために透過構造とすることが一般的な消波堤とは異なる。

サンドバック積層体の作成方法は、自立式のピラミッド状に設置することを基本とする。これは、自立式で設置することにより、万が一一部区間のサンドバックが損傷する等して養浜盛土が流失してもサンドバック積層体で消波堤としての役割を果たし、浜崖の後退を抑制することが期待できることと、破損個所のサンドバック修復と背後の養浜盛土により浜崖後退抑止機能の回復を比較的容易に行えることを意図したものである。

サンドバックを用いる長所としては、砂浜の砂や養浜材をサンドバック中詰め材として用いることにより安価かつ迅速に浜崖後退の抑制を図ることができ、コンクリートブロックを使えない場所に用いることができる点である。短所としては、サンドバック袋材の耐久性がコンクリートに比較して弱いために施工上留意が必要となるほか、砂浜が消失した砂礫浜海岸の波打ち際のような摩耗外力が大きい場所には寿命が短くなり適さない。また、撤去が容易であることから、構造物による効果や副作用を確認する現地実験の試験構造物、仮設物としての利用にも向いている。

<マニュアルの骨子>

本マニュアルの適用可能箇所は、前提として、長期的に侵食していかない海岸又は侵食対策が別途計画されておりその中で浜崖後退の抑止が必要と位置づけられている海岸とされている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- 宮崎海岸の長期的な侵食に対しては、養浜及び突堤による侵食対策を計画している。
- また、浜崖頂部高の低下を防ぐために、浜崖の後退を抑止するための対策として、埋設護岸の設置を侵食対策計画に位置づけている。
- 宮崎海岸保全の基本方針において、新たに新設するコンクリート構造物は出来るだけ減らすということを定めている。

以上より、宮崎海岸は本マニュアルの適用可能箇所と考える。

2.1.2 浜崖後退抑止工の設置目的

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工は、サンドバック積層体背後に行う養浜盛土と一体となって浜崖の後退を防止または抑制することを目的とする。これにより浜崖背後の砂丘等を保全でき、砂丘等有する津波や高潮・高波からの浸水防護機能や塩害・飛砂の抑制機能の発揮を助ける。コンクリートブロックによる砂浜環境や景観の喪失を軽減できる可能性がある。

<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、“浜崖後退抑止工”はサンドバック積層体と背後の養浜盛土が一体となって砂丘の侵食を防止することを目的としており、これによって砂丘が有する背後への浸水等の被害から防護する機能の発揮を助けるとしている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- 宮崎海岸における“埋設護岸”は、浜崖頂部高の低下を防ぐ対策であり、越波・浸水の防止に対し、自然堤防として重要な役割を果たす砂丘の高さを確保することを目的に設置するものとしており、本マニュアルで規定する“浜崖後退抑止工”の設置目的と合致する。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- “埋設護岸”とマニュアルにおける“浜崖後退抑止工”は、呼び方が異なるが目的・機能は同じであることから、埋設護岸はマニュアルに従い設計する。
- なお、“埋設護岸”は、マニュアルに従いサンドバック積層体とその背後の養浜盛土をセットとして考える。

2.1.3 浜崖後退抑止工の適用範囲

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工は、前面に砂浜が存在する場所に設置することを原則とする。底質が細砂で構成される緩勾配砂浜海岸等波打ち際であっても摩耗外力が小さいことが確認できる海岸においては、砂浜が喪失した場所に設置することも可能とする。サンドバックは袋材の摩耗に対する耐久性がコンクリートブロックに比較して小さいことから、浜崖前面の砂浜が消失した砂礫浜海岸のような摩耗外力が大きい場所には、寿命が短くなり適さない。摩耗外力の強さは、既に設置されているコンクリート製構造物の摩耗状況を調査することにより確認できる。

<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、サンドバックは袋材の磨耗に対する耐久性がコンクリートブロックに比較して小さいことから、砂浜が消失した砂礫浜海岸のような磨耗外力が大きい場所では、寿命が短くなり適しないとされている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い、適用可能箇所を判断する。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 宮崎海岸におけるコンクリート摩耗量調査の結果（下図）によれば、磨耗外力が大きいことから、砂浜が消失している場所にはサンドバックは適用できないが、大炊田海岸等、現在、前面に砂浜を有する海岸では、侵食対策の実施によって砂浜の保全を図っていくことから、適用可能と考える。

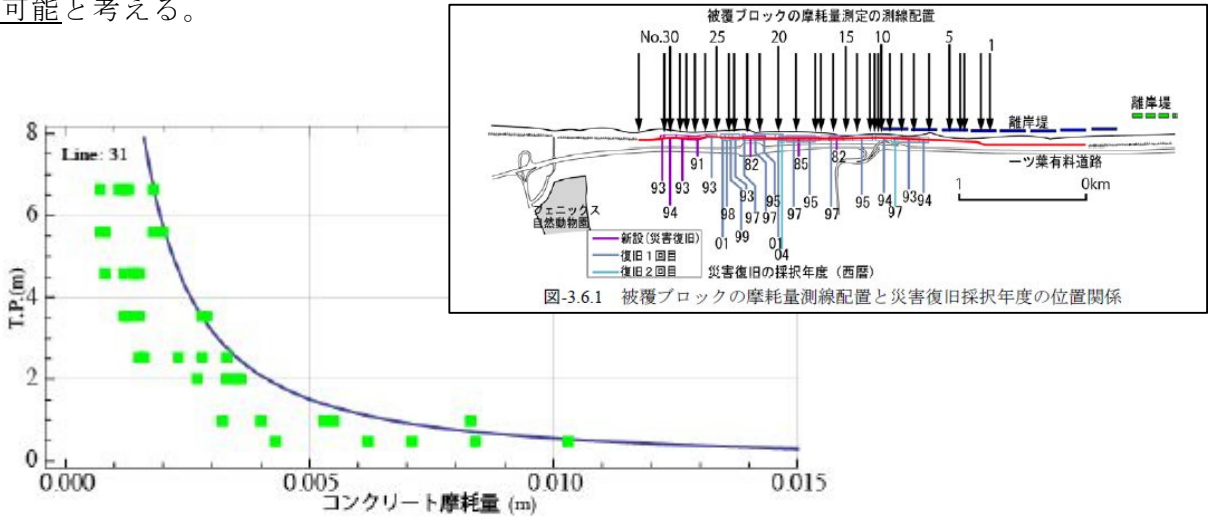


図-3.6.3 測線 No.31 で測定されたコンクリート摩耗量と標高の関係

2.1.4 想定する作用

1) マニュアル本文

- 浜崖後退抑止工の設計にあたって想定する作用は以下に示すものを基本とする。
- (1) 施工時の重機・ポンプ等による作用
 - (2) 供用時の荷重・自重・背面養浜盛土土圧（降雨の影響含む）
 - (3) 波浪・津波の作用
 - (4) 地震動の作用
 - (5) 前面砂浜の地盤低下の作用
 - (6) 波浪による底質砂礫の衝突・磨耗による袋材の強度劣化作用
 - (7) 紫外線・水分変動による袋材強度劣化の作用
 - (8) その他（漂流物の衝突・人為的な袋材の切創・袋材の燃焼・薬品等による化学劣化の作用）

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- マニュアルでは、浜崖後退抑止工の設計にあたって想定する外力が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.1.5 要求性能の設定の考え方

1) マニュアル本文

(1) 目的の達成、構造物の安全性について、目的達成性、修復性、安全性の観点から以下の(2)～(4)に従って要求性能を設定することを基本とする。	
(2) 要求性能の水準は以下を基本とする。	
性能1：想定する作用によって浜崖後退抑止工としての健全性を損なわない性能 (目的達成性・安全性・修復性すべてを満足)	
性能2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、浜崖後退抑止工としての機能の回復がすみやかに行いうる性能(安全性・修復性を満足)	
性能3：想定する作用による損傷・変形が周辺海域利用に致命的な影響を与えない性能(安全性のみを満足→漁業者に迷惑をかけない)	
(3) 浜崖後退抑止工の重要度の区分は、以下を基本とする	
<u>重要度1：万が一損傷すると浜崖が許容量以上に後退する場合、あるいは漁業者等沿岸域利用者に重大な影響を与える場合</u>	
<u>重要度2：上記以外の場合</u>	
(4) 浜崖後退抑止工の要求性能は、想定する作用と浜崖後退抑止工の重要度に応じて上記(2)に示す要求性能の水準から適切に選定する。	

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、要求性能の水準（性能1～3）、重要度の区分(重要度1,2)が示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- 現状では背後地に人家等が近接せず保安林等の緩衝帯が存在するため、浜崖が許容量以上に後退し、また越波が生じた場合においても、直ちに背後地に重大な影響を与えないと考えられるため重要度2に分類される。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 重要度2の要求性能を満たすように設計を行う。

表 I-1.1 要求性能の例

重要度		重要度1	重要度2
想定する作用			
① 施工時荷重		性能1	性能1
② 供用時荷重		性能1	性能1
③ 波浪・津波	目的達成性能	性能2	性能2
	波力安定性	性能1	性能1
	沖合流失	性能3	性能3
	吸出し・施工端への流れ集中	性能1	性能2
	レベル1津波	性能2	性能2
	レベル2津波	—	—
④ 地震動	レベル1地震動	性能1	性能2
	レベル2地震動	— (性能3)	— (性能3)
⑤ 前面砂浜の地盤低下	予期している低下量	性能1	性能2
	それ以上の低下量	性能3	性能3
⑥ 砂礫衝突による袋材摩耗劣化	目標寿命期間	性能1	性能2
	それ以降	性能2	性能3
⑦ 紫外線・水分変動による袋材劣化	目標寿命期間	性能1	性能2
	それ以降	性能2	性能3
⑧ その他		性能2	性能2

2.1.6 性能の照査

1) マニュアル本文

(1) 浜崖後退抑止工の設計にあたっては、原則として要求性能に応じて限界状態を設定し、想定する作用に対する浜崖後退抑止工の状態が限界状態を超えないことを照査する。
(2) 設計にあたっては、前提とする浜崖後退抑止工の要求性能を実現できる施工、充填率等の品質管理、維持管理の条件を定めなければならない。
(3) 2章～3章に従って設計し、4章以降に基づいて施工・維持管理を行えば、上記(1)、(2)を行ったとみなしてよい。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- マニュアルでは、マニュアルに沿って設計、施工・維持管理を行えば、要求性能に応じた限界状態の設定及び照査、要求性能を実現できる施工・管理の条件設定を行ったとみなしてよいとされており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.1.7 浜崖後退抑止工の限界状態

1) マニュアル本文

(1) 性能1に対する浜崖後退抑止工の限界状態は、想定する作用によって生じる浜崖後退抑止工の変形・損傷が浜崖後退抑止工の設置目的（浜崖後退の防止・抑止）の達成を確保しうる範囲内で適切に定めるものとする。

(2) 性能2に対する浜崖後退抑止工の限界状態は、想定する作用によって生じる浜崖後退抑止工の変形・損傷が修復を容易に行いうる範囲内で適切に定めるものとする。

(3) 性能3に対する浜崖後退抑止工の限界状態は、想定する作用によって生じる浜崖後退抑止工の変形・損傷が、周辺海域への利用に致命的な影響を防止しうる範囲内で適切に定めるものとする。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- マニュアルでは、性能 1～3 の限界状態の考え方及び照査項目が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.1.8 照査方法

1) マニュアル本文

照査は、浜崖後退抑止工の全体、構成部分ごとに、想定する作用、限界状態に応じて適切な方法に基づいて行うものとする。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- マニュアルでは、サンドバック積層体、背後養浜盛土の性能 1 及び 2、サンドバック袋材の性能 1～3、サンドバック単体の性能 3 の限界状態、照査項目、照査方法が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.1.9 照査外力の設定

1) マニュアル本文

要求性能の照査にあたって、それぞれの要求性能の目的に適う照査外力を設定する。

1) 施工時：サンドバック自重、重機・養浜等上載荷重、充填ポンプ圧、つりあげ荷重

2) 供用時：サンドバック自重、重機・養浜等上載荷重、残留水圧

3) 波浪・津波と地盤低下：浜崖後退波浪・計画波浪うちあげ高、波力、津波高、地盤低下量、吸出し、施工端引波集中

4) 地震動：L1 地震動水平方向慣性力

5) 袋材の強度劣化：コンクリート摩耗量、紫外線暴露・加水分解暴露時間

6) その他：損傷状態での供用時張力、たき火等

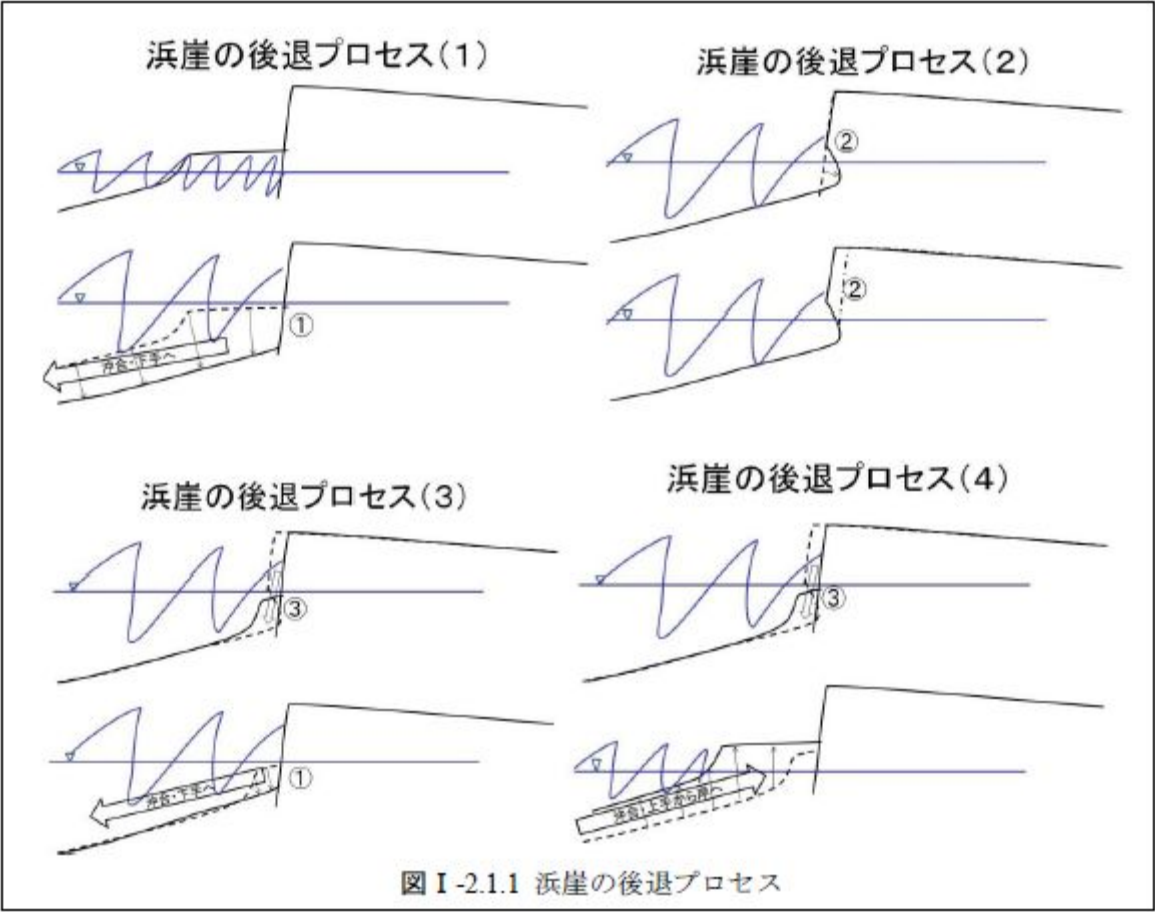
2) 宮崎海岸への適用の考え方

- マニュアルでは、要求性能の照査にあたっての想定する作用及び考慮する外力・荷重が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.2 浜崖後退抑止工の照査

2.2.1 浜崖後退の機構

マニュアルでは、浜崖の後退プロセスが示されており、宮崎海岸においても同様の機構により砂丘侵食が生じている。



2.2.2 浜崖後退抑止工の被災機構

マニュアルでは、サンドバックの被災機構が示されており、宮崎海岸においても被災が生じないようにマニュアルに従い設計・施工・管理を行う。



写真 I-2.2.1 海浜の短期的地形変化による地盤低下による下層の破損と上層の変形破裂



写真 I-2.2.5 突き合わせが悪い場合に生じる局所的な侵食

2.2.3 要求性能（目的達成性能）の設定

マニュアルでは、設計の手順から考えた照査の考え方、要求性能別の照査項目・照査方法が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.2.4 浜崖後退抑止工の設計手順

マニュアルでは、浜崖後退抑止工を設計する際の照査項目が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従い設計を行う。

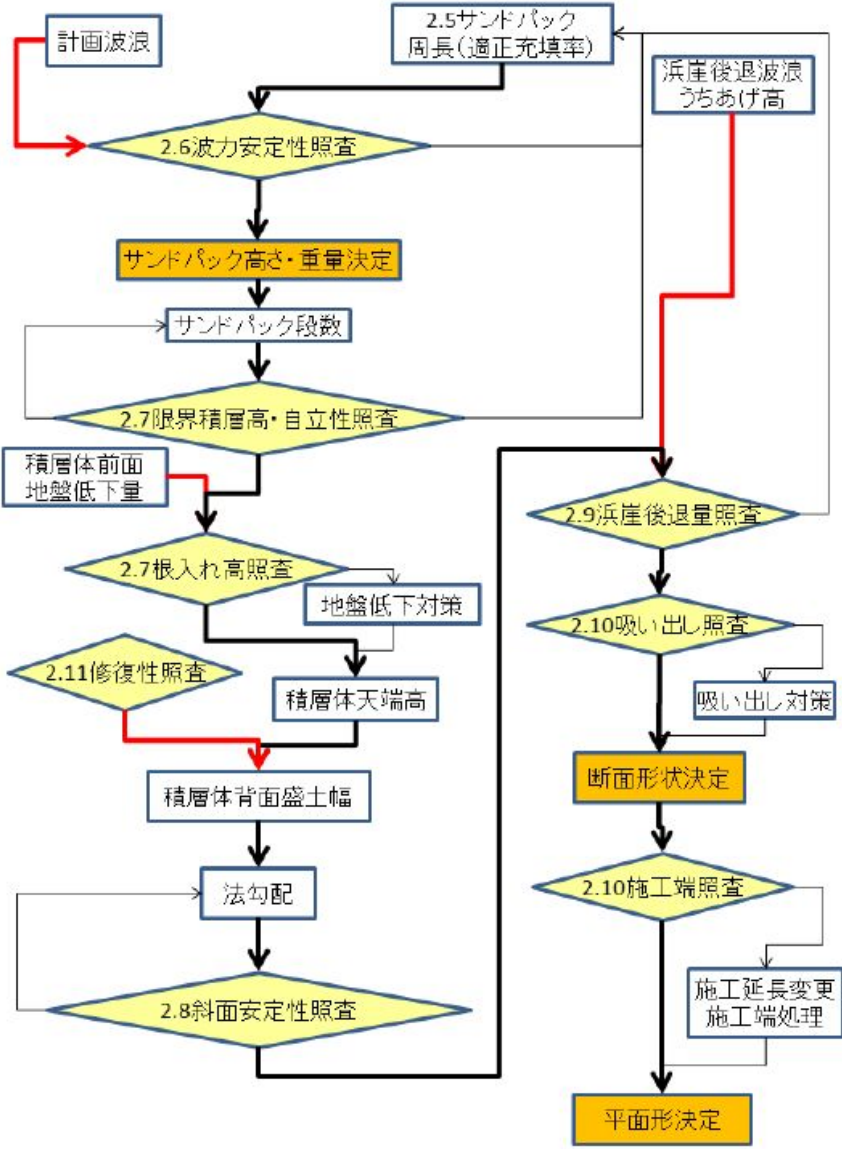


図 I-2.4.1 浜崖後退抑止工の設計手順

2.2.5 サンドバック断面諸元の設定

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工のサンドバック積層体を構成するサンドバックはチューブ型を標準とし、計画波浪に対して十分な波力安定性を有する断面諸元とする。中詰め材の単位体積重量は大きく変わらないので、サンドバックの断面諸元は袋材の周長と充填率（断面積比で定義）で決まる。サンドバックには、移動変形に対する抵抗力を効率的に発揮できる充填率許容範囲（65～80%）があるので、充填率がこの範囲内となるよう照査・施工管理を行う。

袋材の周長を仮設定し、充填率許容範囲をもとにサンドバックの断面諸元を設定して波力に対する必要諸元を満足しているか照査する。必要諸元を満足していなければ必要諸元を満足するよう周長を大きくする必要がある。また、実際のサンドバックにおいては理論では考慮していない袋材の伸びが袋材の種類に応じて発生することから、メーカーが行う施工実験・実績をもとに周長の設定において袋材の伸びを考慮する必要がある。

4.2 サンドバックの充填率管理に示すとおり、施工時に充填率を直接測定することは煩雑かつ困難なことから、施工管理はサンドバックの高さと幅を測定し、これらが施工許容範囲を満足しているか確認することにより行う。施工許容範囲は、サンドバックメーカーが入念な施工実験を実施し、目標高さ及び充填率許容範囲を満足するサンドバックの高さと幅の範囲を設定するものである。共同研究の施工実験実績では施工許容範囲は充填率 67%～72%程度である。しかし、性能照査で用いる充填率と中詰め材の密度は、性能を過大評価することがないよう、目的に応じて充填率については 65%（例えば必要重量算定）及び 80%（例えば袋材の張力算定等）、中詰め材の密度については 15kN/m³（例えば波浪安定性の照査等）、19kN/m³（例えば袋材の張力算定等）を用いることを標準とする。

＜マニュアルの骨子＞

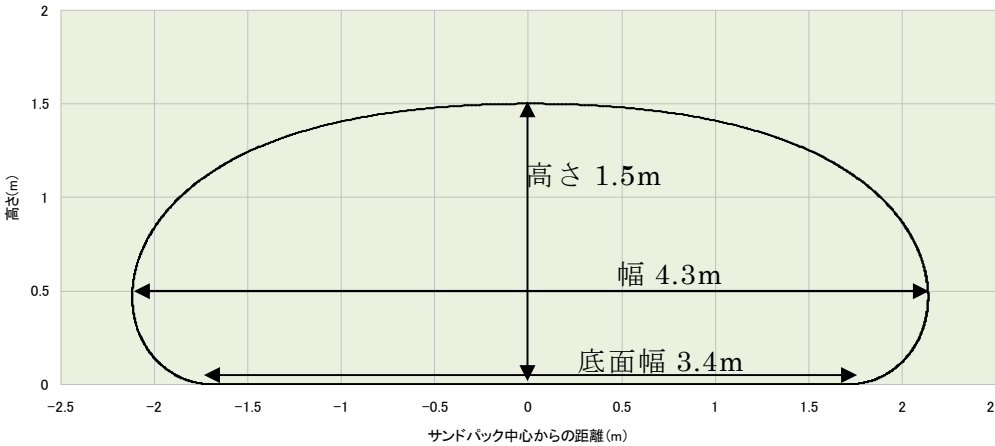
マニュアルでは、サンドバック単体の断面諸元の設定として、充填率の定義、チューブ型サンドバックの形状の算定方法、サンドバックの充填率と移動抵抗の関係について示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計を行う。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 宮崎海岸におけるサンドバックの諸元は、平成 23～24 年度に宮崎海岸において実施した現地実験諸元（高さ 1.5m×幅 4m×延長方向長さ 20m、袋材周長 10m）を基本として考える。
- 周長 10m の袋材、高さ 1.5m を規定して、幅 4m を満足するサンドバックは、マニュアルの算定式（Namias の式）によると、中詰め材充填率 69.0%により築造が可能と算定される。（計算上、このときの幅は 4.3mとなる。）
- マニュアルの算定式（Namias の式）によると、袋材の周長 10m、延長方向長さ 20m の時の充填率 65%、中詰め材の単位体積重量 15kN/m³でのサンドバックの質量は 158.2t となる。
- マニュアルの算定式（Namias の式）によると、袋材の周長 10m、延長方向長さ 20m の時の充填率 80%、中詰め材の単位体積重量 19kN/m³でのサンドバックの張力は 20.56kN/m となる。



図ー 2.1 宮崎海岸におけるサンドバック基本断面諸元
高さ 1.5m×幅 4.3m（周長 10m、充填率 69.0%）

表ー 2.2 宮崎海岸におけるサンドバック基本断面諸元の算定結果

項目	数値	単位	備考
1. 袋材の周長	10	m	平成 23～24 年度宮崎海岸現地実験諸元
2. サンドバックの延長方向長さ	20	m	平成 23～24 年度宮崎海岸現地実験諸元
3. サンドバック断面諸元※			高さ 1.5m を確保するための充填率 69.0%
高さ	1.5	m	
幅	4.3	m	
底面幅	3.4	m	
4. サンドバックの質量※	158.2	t	充填率 65%, 中詰め材単位体積重量 15kN/m ³
5. サンドバックの張力※	20.56	kN/m	充填率 80%, 中詰め材単位体積重量 19kN/m ³

※マニュアルの算定式（Namias の式）を用いて算定

2.2.6 波力安定性の照査

1) マニュアル本文

サンドパックの波力安定性は、計画波浪以下の波浪に対して単体重量がサンドパックの設置場（法肩、斜面）に応じた必要重量以上であることを照査することを標準とする。性能3が要求される場所では、砂浜上に単体で置かれた状態で沖合に流失しない重量とすることを標準とする。

必要重量算定手法は、（１）水理模型実験に基づく波浪からの算定法、（２）流体力学による算定法のいずれかによっておこなうことを標準とする。

（１）水理模型実験に基づく波浪からの重量算定法

１）波高一必要重量関係式による算定法

２）波浪と海浜断面勾配を再現した縮小模型実験による確認

（２）流体力学による算定法

１）流体場の諸量を用いた算定式

２）中込材の移動を考慮した算定法

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、サンドパックの波力安定性の照査として、計画波浪以下の波浪に対して単体重量が必要重量以上であることを照査することとされており、その必要重量の算定は、「水理模型実験に基づく波浪からの算定法」か、サンドパックの形状や構造が比較的単純な場合には「流体力学による算定法」のいずれかの算定法によって行うことと示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

- 宮崎海岸では下記の理由から「水理模型実験に基づく波浪からの算定法」によって設計を行う。
- ①宮崎海岸を対象としたサンドパックの安定性に関する水理模型実験が実施されており、その成果を活用できる
 - ②必要重量の算定に必要な外力条件が明確に規定されている
 - ③サンドパックを複数段積した自立構造で築造するため、構造が単純ではない

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 宮崎海岸における計画波に対するサンドパック単体の所要質量は、マニュアルの算定法によると 77.5t 以上（天端高 T.P.+4.0m（2 段積）の場合） となる。
- 先に設定した宮崎海岸におけるサンドパックの基本断面諸元（高さ 1.5m×幅 4.3m×延長方向長さ 20m）の質量は 158.2t（充填率 65%）であり、これは、計画波に対する所要質量 77.5t 以上であることから、波力安定性を満足する。
- 沖合に流失しないこと（性能 3）の照査については、宮崎海岸は、平成 23～24 年度に宮崎海岸において実施した現地実験時に国総研が縮小模型実験により確認しており、現地実験と同様の諸元（高さ 1.5m×幅 4m×延長方向長さ 20m）程度以上であれば性能 3 を満足する。

表ー 2.3 宮崎海岸におけるサンドパックの波力安定性照査結果

	項目	細項目	数値	単位	備考
条件	外力条件	計画潮位 H.H.W.L.	2.42	T.P.m	既往最高潮位
		計画沖波波高 Ho'	11.24	m	30 年確率波
		設計波高 H	4.26	m	水深 5.62m(0.5Ho')地点の波高
		周期 T	15	s	
		沖波波長 L。	351	m	
	サンドパック条件	サンドパックの天端高	5.5	T.P.m	3 段積の場合
			4.0		2 段積の場合
		サンドパック全体の密度 ρ_r	1.53	t/m ³	15kN/m ³
		海水の密度 ρ_o	1.03	t/m ³	
		サンドパック全体の海水に対する比重 S_r	1.49	t/m ³	ρ_r / ρ_o
		法面勾配 $\tan \alpha$	2.00		1/0.5(斜面部の所要質量が最大となる法面勾配)
	斜面部安定数	斜面部安定境界数 C_w	9.5		扁平楕円型形状
			18		箱型形状
		サーフ・シミラリティパラメータ ξ_o	11.18		$\tan \alpha / (Ho' / Lo)^{0.5}$
		斜面部安定数 N_s	2.8		扁平楕円型形状
			5.4		箱型形状
	法肩部安定数	サンドパックの水面からの天端高 h_o （サンドパックの天端高－計画潮位）	3.08	m	3 段積の場合
			1.58		2 段積の場合
		天端高波高比 h_o / H (h_o / Ho')	0.27		3 段積の場合
			0.14		2 段積の場合
		法肩部安定数 N_s （算定図読み取り）	2.5		3 段積の場合
			2.35		2 段積の場合
照査結果	所要質量	斜面部 M	45.8	t	扁平楕円型形状
			6.4	t	箱型形状
		法肩部 M(共通)	64.3	t	3 段積の場合
			77.5		2 段積の場合
	サンドパックの質量	周長 10m、長さ 20m 充填率 65% 中詰材単位体積重量 15kN/m ³	158.2	t	所要質量を満足する

2.2.7 根入れ・自立性の照査

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工は自立構造とすることを標準とし、サンドバックの積層体は3段積みを上
限とする。また、できるだけ低い構造物で浜崖の後退を抑止するという浜崖後退抑止工の
主旨から、サンドバック積層体の天端高は計画波浪よりも頻度の高い設計波浪（例えば 1/10
確率波）のうちあげ高を上限とする。
サンドバックは前面地盤の低下に伴う変形により、袋材に大きな張力が作用する可能性が
増す。サンドバックに変形が生じないよう前面の地盤低下を考慮してサンドバック積層体
の根入れを設定する必要がある。サンドバック積層体の根入れが前面の地盤低下量を考慮
した高さよりも低いことを照査する。サンドバック底面に洗掘対策を施す場合にはこの効
果を考慮することができる。

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、サンドバック積層体の天端高は、計画波浪よりも頻度の高い設計波浪（例え
ば 1/10 確率波浪）の打ち上げ高を上限とするとされている。

根入れは、前面の地盤低下量を考慮した高さより低くすること。また、洗掘対策を実施する場
合はその効果を考慮できるとされている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計を行うが、宮崎海岸においては以下を踏まえて検討する必要がある。

(A) 天端高、構造

- 天端高は、宮崎海岸侵食対策検討委員会第7回技術分科会（平成23年11月21日開催）に
おいて暫定形として検討された“平成16年台風16号時の潮位+10年確率波を対象とした
波のうちあげ高の算定結果”より、T.P.+5.5mを基本としている。
- 完成形としては、“既往最高潮位+30年確率波を対象とした波のうちあげ高の算定結果”よ
り、T.P.+7.0mを基本としている。
- 宮崎海岸侵食対策検討委員会第7回技術分科会（平成23年11月21日開催）において、埋
設護岸の天端の高さの考え方について、“浜崖の基部を護るという通常の護岸とは違う目的の
構造物なので、天端高は打ち上げ計算結果から決める必要はないのではないか。基準がない
ため、打ち上げ計算結果を根拠に天端高のあたりを付けることは良いと考える。まず暫定形
まで施工して、モニタリングしながら現地で高さの基準を作っていくしかないと考える。”と
の助言を頂いている。
- 一方、マニュアルでは、できるだけ低い構造物で浜崖の後退を抑止するという主旨から、計
画波浪よりも頻度の高い設計波浪に対する波の打ち上げ高さを天端高の上限としている。そ
れ以上の高波に対しては、「護岸背後の浜崖高さが越波を防止できる高さを確保できれば護岸
の越波は許容する」としている。これは、通常の護岸に求める「計画外力に対して護岸の高
さにより越波を防止する」という性能と異なる。

(B) 根入れ

- 根入れは、既往の測量成果よりサンドバック積層体の海側法尻位置の最低地盤高を整理して、
その高さよりも低くするように設定する必要がある。

(C) 洗掘対策

- 埋設護岸の設置は、現在も侵食が進行している中で、養浜及び突堤による侵食対策と並行し
て実施するため、埋設護岸設置完了後の当面の間は、砂浜が十分に回復していない状態で砂
丘侵食の防止を期待することになる。
- そのため、設置当初のサンドバック前面の最大洗掘深は、浜崖後退抑止工マニュアルに記載
されている数値（最大1m）よりも大きくなる可能性が高いと考えられる。

表 I-2.7.1 サンドバック前面における最大洗掘深

設置位置（沖側底面）	海底勾配	最大洗掘深（m）
陸上（M.W.L.以上）	-	1
海中（M.W.L.以下）	$\tan \theta < 1/80$	1

※出典：浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル

- 洗掘対策が十分でない場合は、サンドバックが被災し、埋設護岸の機能が十分発揮されない
可能性がある。したがって、砂浜が十分に回復していない現状において、サンドバック前面
の洗掘が生じてもサンドバックが被災しない洗掘対策が必要と考えられる。
- 上記を踏まえ、宮崎海岸における埋設護岸の洗掘対策の設計においては、現状で計画波浪が
来襲しても対応可能な規模の洗掘対策を実施する。
- 計画外力作用時の最大洗掘深の推定は、海岸構造物の洗掘対策として多くの実績を持つアス
ファルトマットの規模を決定する際に用いる算定式※を準用して検討する。
- 洗掘対策の工法は、現状でサンドバック前面の洗掘対策工法として可能性のあるアスファル
トマット工、グラベルマット工、強化かごマット工、袋詰玉石工の4種類について比較する。
また、比較検討におけるグラベルマット工、強化かごマット工、袋詰玉石工の規模は、アス
ファルトマットの算定式より得られる最大洗掘深に対応できる規模とする。

※大波浪に耐える孔あきアスファルトマット―洗掘防止用アスファルトマットの水力機能と設計法―，電力土木 No.232 別刷

3) 宮崎海岸における現時点の案

(A) 天端高、構造

a) 天端高の検討方法

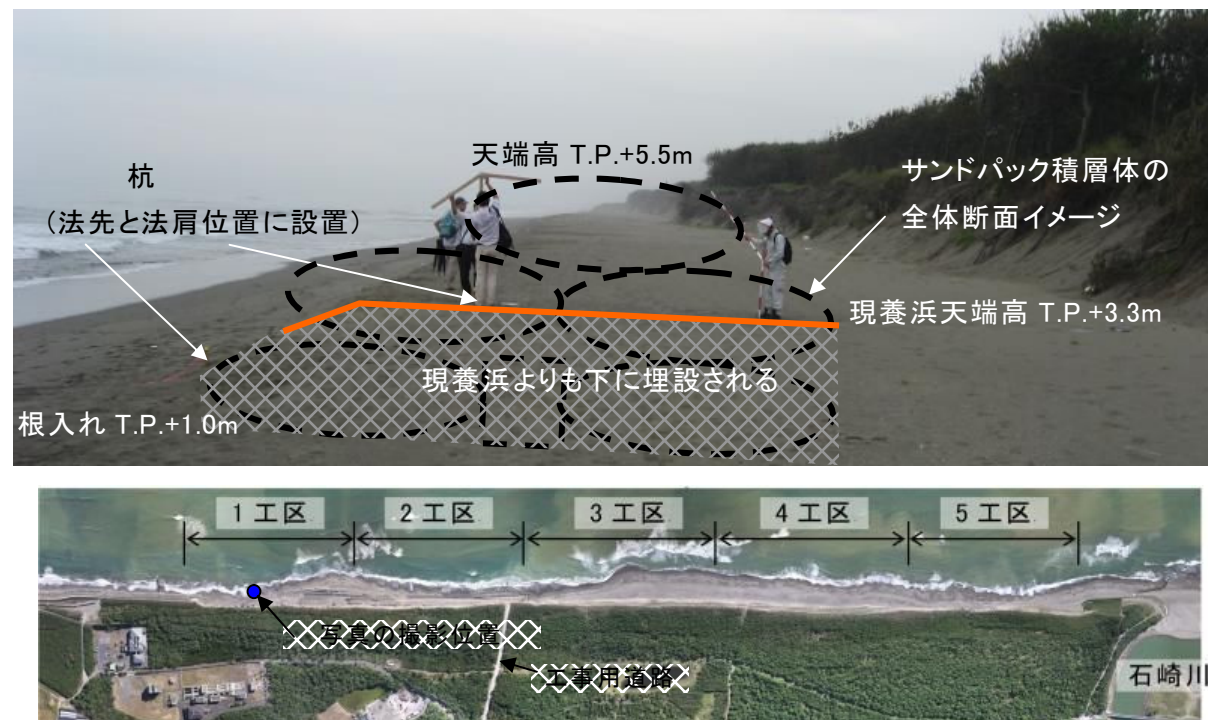
- 先述の 2.1.2 3) に示したとおり、宮崎海岸における“埋設護岸”とマニュアルにおける“浜崖後退抑止工”は、呼び方が異なるが目的・機能は同じであることから、天端高はマニュアルに従い設計する。

b) 埋設護岸の本体構造

- 宮崎海岸の埋設護岸の本体構造は、マニュアルに従いサンドバック積層体とその背後の養浜盛土を一体とした構造とする。

c) サンドバック積層体の天端高を T.P.+5.5m とした場合

- サンドバック積層体の天端高を第 7 回技術分科会における暫定天端高 **T.P.+5.5m** とする場合について、現地踏査等により検討した結果、覆土している養浜材が高波等で流出してサンドバック積層体が露出した際に、サンドバック積層体の圧迫感を強く感じ、また砂浜から背後の保安林もサンドバック積層体で見えなくなる可能性が高いことがわかった。
- 砂丘侵食の防止に対する安全性を確保できる天端高を確保することは当然のことであるが、このように、埋設護岸設置後においても宮崎海岸らしい海岸を維持していくためには、景観面にも配慮した天端高とすることが望ましいと考えられた。



写真－ 2-1 天端高 T.P.+5.5m とした場合のサンドバック積層体の全体断面イメージ

d) サンドバック積層体の天端高の再検討及び設定（T.P.+4.0m に変更）

- マニュアルによると、浜崖面とサンドバック間の距離を一定以上確保できれば、天端高を低くしても計画外力作用時の越波及び砂丘侵食を防止できるとされている。
- そこで、サンドバック積層体の天端高を T.P.+5.5m よりも低く抑え、浜崖面とサンドバック間の距離を一定以上確保し、その間に背後養浜盛土を設置することとした場合に計画外力作用時の越波及び砂丘侵食を防止できるサンドバック積層体の天端高について、再検討を行った。
- まず、埋設護岸としては、サンドバック積層体の露出を避けたい。そのためには、高波時にサンドバック積層体が露出しても砂浜回復時に埋設状態に戻ることが期待できる高さとすることが有効である。その高さは、現状の砂丘の浜崖基部の高さ（植生帯の境界位置であり年数回波の打上げ高とほぼ同等の高さ）である T.P.+4.0m 程度が望ましいと考えられる。
- そこで、サンドバック積層体の天端高を T.P.+4.0m とした場合について、マニュアルに従い計画外力作用時の越波及び砂丘侵食を防止できるかを検討した結果、後述する 2.2.9 3) (A) によると、浜崖面とサンドバック間の距離を 18m 以上確保して、その間に背後養浜盛土を設置すれば、計画外力作用時にも砂丘頂部高の低下を伴う浜崖後退を防止することが可能と考えられた。
- さらに、現状の海岸地形であれば、浜崖面とサンドバック間の距離を 18m 以上確保することが可能と判断された。
- 以上より、サンドバック積層体の天端高は T.P.+4.0m とする。

e) 天端高の設定を含む埋設護岸に関する留意事項

- 今後の地形変化によって、浜崖面とサンドバック間の距離を 18m 以上確保できない状況になった場合には、天端高 T.P.+5.5m として浜崖面とサンドバック間の距離を 9m 以上確保する等の対応を検討する。
- また、浜崖後退抑止工は新たな対策工法であり、今後、この宮崎海岸での知見や他海岸等での新たな知見等を踏まえて、より良い対策工法として改訂される可能性がある。したがって、サンドバック積層体の天端高 T.P.+4.0m で実施する埋設護岸は暫定形として位置づける。
- なお、サンドバック積層体とその背後の養浜盛土による埋設護岸設置後に、サンドバック積層体背後の養浜盛土を越えて砂丘が侵食した場合には、効果検証においてその原因を検証し、その結果を踏まえた対策の修正・改善を行う。また、対策の修正・改善では対応が不可能と判断した場合には、侵食対策計画全体の抜本的な見直しを含めた検討を実施する。

(B) 根入れ

a) サンドバック積層体の海側法尻位置における既往最低地盤高を考慮した根入れ高

- 対象地点に位置する定期測量測線 No.O5～O12 における平成 16 年 1 月～平成 25 年 2 月の既往測量成果を用いて、後述する 2.2.9 3) (B) の法線 E 案におけるサンドバック積層体の海側法尻位置におけるこれまでの最低地盤高を測線毎に整理した。その結果、対象区間の海側法尻位置における最低地盤高は T.P.+1.33m であることを確認した。
- サンドバックは、前面地盤の低下に伴う変形により袋材に大きな張力が作用して被災する可能性があるため、サンドバック積層体は、この最低地盤高 T.P.+1.33m よりも低い高さまで根入れをして設置する必要がある。

b) 施工性を考慮した根入れ高

- 平成 24 年 2 月のサンドバックの現地実験時は根入れ高 T.P.+1.5m で施工していたが、この高さで施工した際、高波時の越波等により施工面に水が浮き出すことがあった。朔望平均満潮位 (H.W.L.) が T.P.+1.09m であることを考えると、施工性の観点では、現地実験時の高さよりも 0.5m 程度深い T.P.+1m 程度が施工の限界高さになると考えられる。

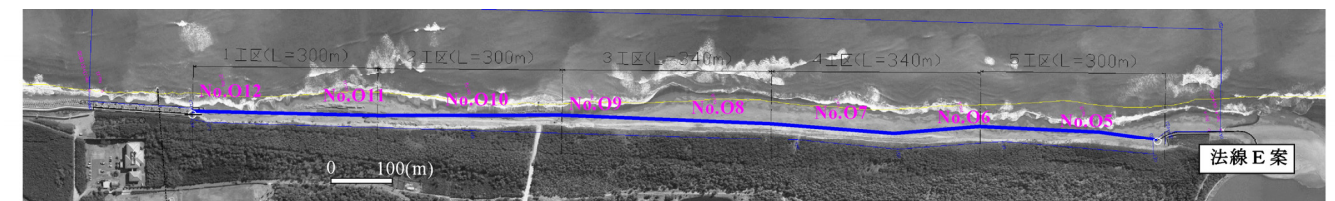
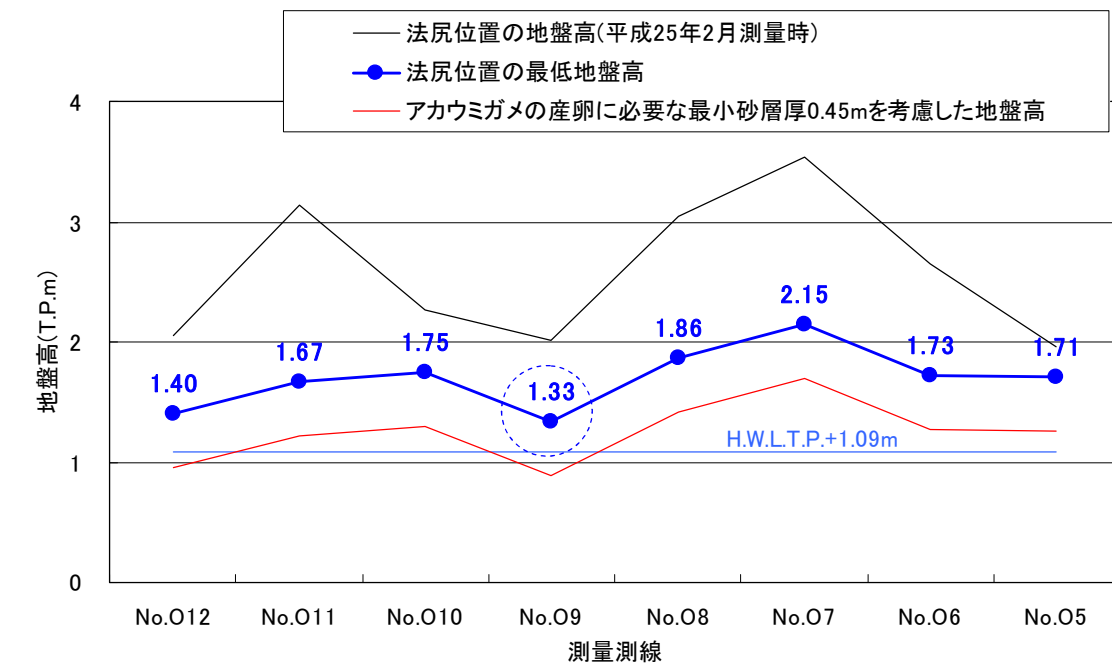
c) アカウミガメの産卵への影響を考慮した根入れ高

- 護岸が設置された海岸でのアカウミガメの上陸・産卵行動の調査結果※によると、産卵に成功した最浅の深さは 45cm と推定されている。仮に、最低地盤高の状態ではアカウミガメが産卵しようとした場合、No.O9 及び No.O12 周辺の一部を除き朔望平均満潮位 (H.W.L.) T.P.+1.09m より高い地盤高での産卵となる。また、アカウミガメの産卵は、海水に浸かる可能性のある高さよりも低いところには産卵しないと考えられる。以上より、アカウミガメの産卵に配慮すると、洗掘対策等の埋設物は朔望平均満潮位 (H.W.L.) T.P.+1.09m より低い高さに入れることが望ましいと考えられる。

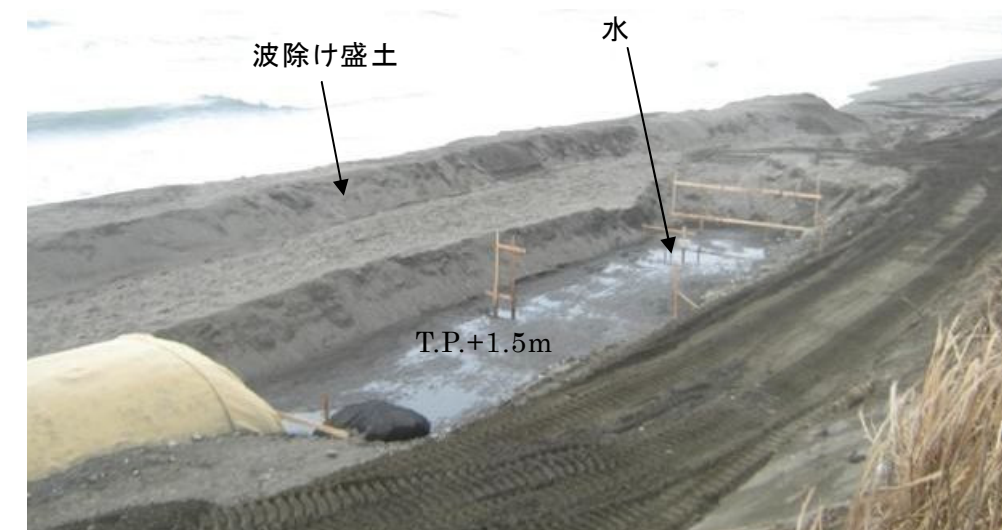
※緩傾斜護岸が設置された海岸におけるアカウミガメの上陸・産卵行動(宮崎野生動物研究会, 岩本, 平成 25 年 7 月 23 日)

d) 根入れ高の設定

- 以上より、根入れは最低地盤高、施工性、アカウミガメの産卵への影響等を考慮して T.P.+1.0m とする。
- なお、施工時の高波時の越波等により施工面に水が浮き出した場合は、施工箇所の海側に波除け盛土を設置することで対応が可能であったことから、今回の施工においても同様の対応により施工を進める予定である。



図－ 2.2 埋設護岸法先位置における過去の最低地盤高の沿岸分布



※出典：浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアルの施工時写真に加筆

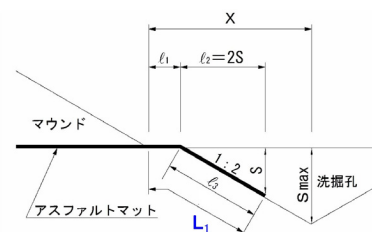
写真－ 2-2 平成 24 年 2 月の現地実験の床掘施工時に水が出ていた時の様子

a) サンドバック前面の最大洗掘深 S_{max} の検討

- ※最大洗掘高：T.P.-1.56m（根入れ高(T.P.+1m)-Smax(2.56m)）

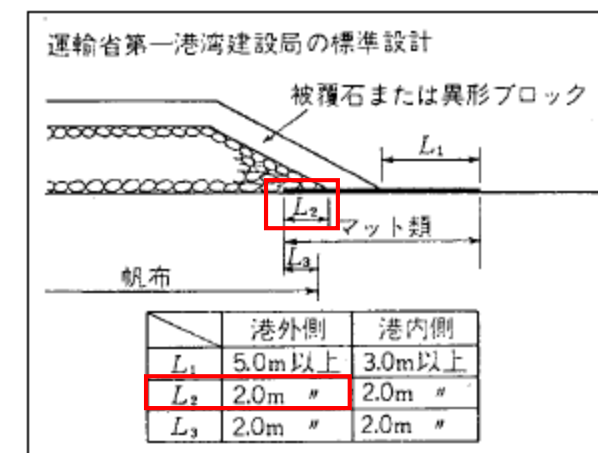
$$\begin{aligned} S_{\max} &= 4.26\text{m} \times 0.6 \\ &= 2.56\text{m} \end{aligned}$$

➤ 最大洗掘深 S_{max} が生じた際にもサンドバックに影響が生じないための洗掘対策の必要規模は、下記アスファルトマットの設計方法（算定式②～④）より、サンドバックの海側法尻より海側に 6.5m 必要となる。

$$\begin{aligned} S &= S_{\max} \times 0.9 \\ &= 2.3 \text{ m} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} l_2 &= 2S \\ &= 4.6\text{m} \\ l_3 &= (S^2 + l_2^2)^{0.5} \\ &= 5.14\text{m} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} L_1 &= l_1 + l_3 \\ &= 6.14 \text{ m} \\ &\div 6.5 \text{ m} \end{aligned}$$


図一 2.3 アスファルトマットの必要規模（張り出し長）算定の概要図

- また、サンドバックの下面にアスファルトマットを挟み込む長さは、アスファルトマットの設計方法に準じて **2m** とする。
- 以上より、最大洗掘深に対応するための洗掘対策工法の必要規模は 8.5m (=サンドバックに踏ませる長さ 2m + 最大洗掘深に対応する長さ 6.5m) とする。

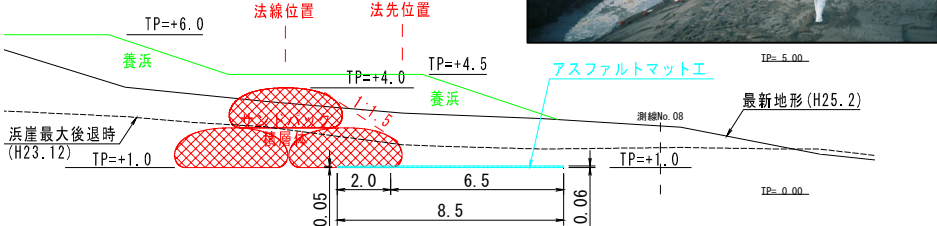
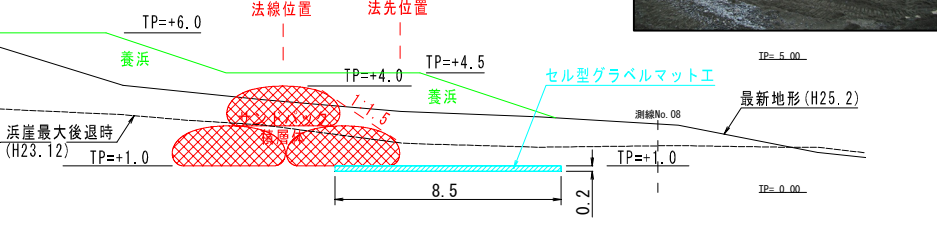
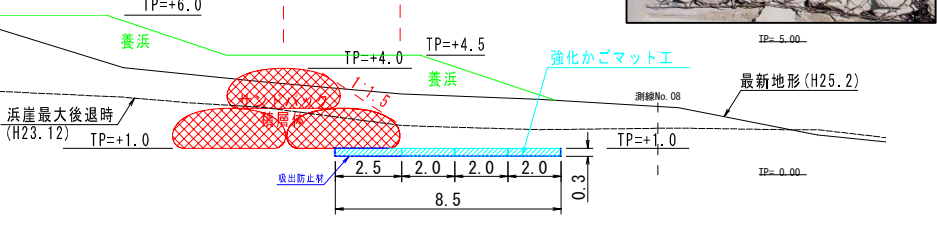
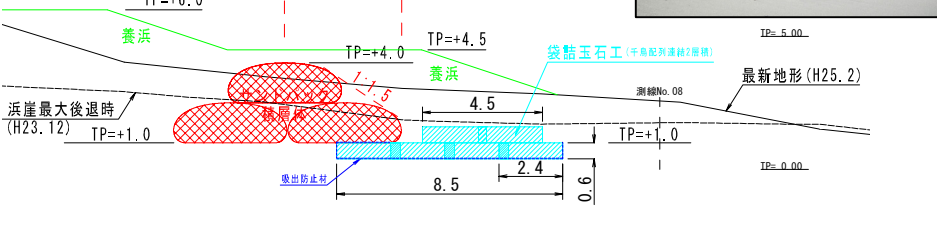


図一 2.4 アスファルトマットの長さの基準

- 現時点で洗掘対策工法として可能性のある「アスファルトマット工」、「セル型グラベルマット工」、「強化かごマット工」及び「袋詰玉石工」の比較検討結果を表－ 2.4 に示す。
- ここで、埋設護岸の本体となるサンドバックは新技術であり、現時点では、サンドバックの耐久性を確保するためには、しっかりとした洗掘対策工を設置する必要があると考えられる。このような状況の中、洗掘対策工法について比較検討をした結果、目的達成性を満足し、かつ波浪安定性及び耐久性を確実な工法は、「アスファルトマット工」のみであった。
- 以上より、**洗掘対策工法は「アスファルトマット工」を基本として考えることとする。**

- ただし、「アスファルトマット工」は、他の工法と比較してやや高価である。したがって、「アスファルトマット工」以外の工法についても、目的達成性、波浪安定性及び耐久性における現状の懸案事項について技術的な検証がなされれば、サンドバックの洗掘対策工として採用することは可能と考えている。

表－ 2.4 現時点で考えられる洗掘対策工法(案)

	工法の概要・イメージ	目的達成性			波浪安定性	耐久性	施工性	経済性 (直接工事費)	評価
		地形追随性	サントパック底面からの砂流出防止	サントパックへの影響 (過剰な張力がかかる不陸は生じないか)					
アスファルトマット工	・アスファルトのできたマット ・W:5.5m×L:8.5m×H:5～6cm/枚 (7t/枚) を沿岸方向に0.5m重複させて設置 	○ 撓み性が大きく、地形変化への追随性は問題ない ・海岸構造物の洗掘対策工としての実績も多い	○ 不透水性であり、砂の流出を防止できる	○ サントパックを面的に支えるため不陸は生じにくい	○ 洗掘対策として、波浪安定性に対する定量的な評価方法があり、問題ない	○ 洗掘対策工としての実績も多く、耐候性・耐摩耗性ともに問題ない	△ 陸上輸送の場合、コストが高くなるため、海上輸送での対応となる。この場合、汀線際に船をつけて搬入するため、作業が海象条件に左右される。	13.6 万円/m	◎
セル型グラベルマット工	・10～15mm 網目の袋材に、20～40mm の砂利材を充填したマット ・W:2m×L:8.5m×H:0.2m/袋 (6.1t/袋) を沿岸方向にロープで結束して設置 	○ 撓み性が大きく、地形変化への追随性は問題ない ・水理模型実験により、洗掘対策としての効果も確認されている	○ 透水性はあるが、中詰材が砂利材のため空隙が少なく、フィルター効果により砂の流出を防止できる	○ 中詰材が粒径の小さな砂利であり、高密度で充填するため、不陸は生じにくい	△ 洗掘対策として、波浪安定性に対する定量的な評価方法はない ・ただし、透過構造のため揚力は小さく、また結束による一体構造のため、波が作用しても飛散せずに地形変化に追随する	△ 耐候性は問題ない ・耐摩耗性は、中詰材が砂利であり、空隙が少ないため移動による摩耗は小さいと考えられる。 ・現場での長期間の実績がないため、不明な点は残る	○ 陸上運搬・陸上施工が可能である。	10.5 万円/m	○
強化かごマット工	・低密度ポリエチレンで被覆した100mm 網目の鉄線かご材に、150～200mm の割栗石を充填したマット ・W:2m×L:8.5m×H:0.3m/体 (9.2t/体) を沿岸方向にコイルで結束して設置 	○ 撓み性が大きく、地形変化への追随性は問題ない	○ 透水性は高いが、かご内部に吸出し防止材を設置することで、砂の流出を防止できる	△ かご材の表面に凹凸があり、また、中詰材が石のため不陸が生じやすい ・サントパックとの接地面に吸出し防止材を挟むことで、不陸の緩和を図る	△ 洗掘対策として、波浪安定性に対する定量的な評価方法はない ・ただし、透過構造のため揚力は小さく、また結束による一体構造のため、波が作用しても飛散せずに地形変化に追随する	○ 耐候性・耐摩耗性は問題ない	○ 陸上運搬・陸上施工が可能である。	10.0 万円/m	○
袋詰玉石工	・50mm 網目の袋材に、75mm～200mm の割栗石を充填した円形の袋詰 ・直径2.4m/袋 (4t/袋) を千鳥配置して沿岸・岸沖・上下層方向にロープで結束して設置 	○ 撓み性が大きく、地形変化への追随性は問題ない	△ 透水性は高いが、袋詰玉石工と地盤の間に吸出し防止材を設置し、2層積の千鳥配置とすることで、砂の流出を防止できる ・地形変化追随による袋詰材移動時に、吸出し防止材が飛散せずに追随するか不明である	△ 中詰材が石のため不陸が生じやすい ・サントパックとの接地面に吸出し防止材を挟むことで、不陸の緩和を図る	△ 洗掘対策として、波浪安定性に対する定量的な評価方法はない ・ただし、透過構造のため揚力は小さく、また結束による一体構造のため、波が作用しても飛散せずに地形変化に追随する	△ 耐候性は問題ない ・耐摩耗性は、波が作用した際、中詰材の石の移動による摩耗が懸念される ・現場での長期間の実績がないため、不明な点は残る	△ 陸上運搬・陸上施工が可能である。 ・T.P.+1m よりもさらに0.6m掘削する必要がある。	12.1 万円/m	△

2.2.8 斜面安定性の照査

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工の斜面安定性の照査は、養浜盛土全体のすべり安定計算とサンドバックの滑動・転倒に関する安定性照査を平常時および地震時について下記の通りおこなうことを標準とする。

(1) 平常時

盛土全体のすべりの安定計算：安全率 1.2 以上

サンドバックの滑動：安全率 1.5 以上

サンドバックの転倒： $e < B/6$

(2) 地震時

震度法による慣性力のみを考慮

盛土全体のすべりの安定計算：安全率 1.0 以上

サンドバックの滑動：安全率 1.2 以上

サンドバックの転倒： $e < B/3$

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、斜面安定性の照査として、平常時及び地震時について、養浜盛土全体の円弧すべり、試行くさび法による土圧に対する滑動・転倒に対する安定性について照査することとされている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

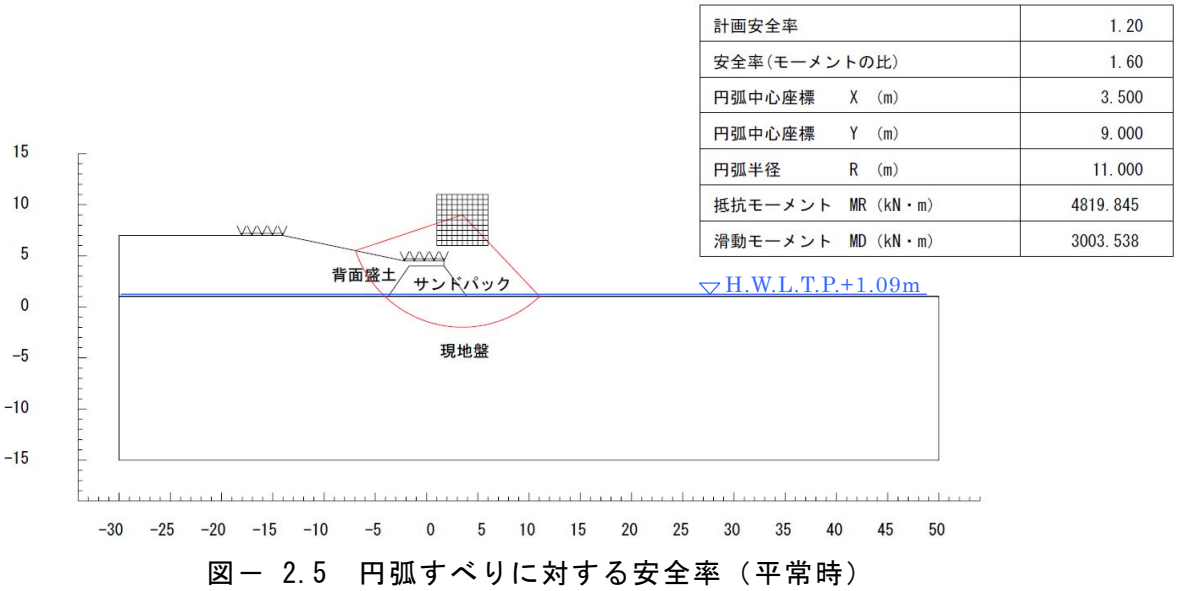
マニュアルに従い照査を行う。

3) 宮崎海岸における現時点の案

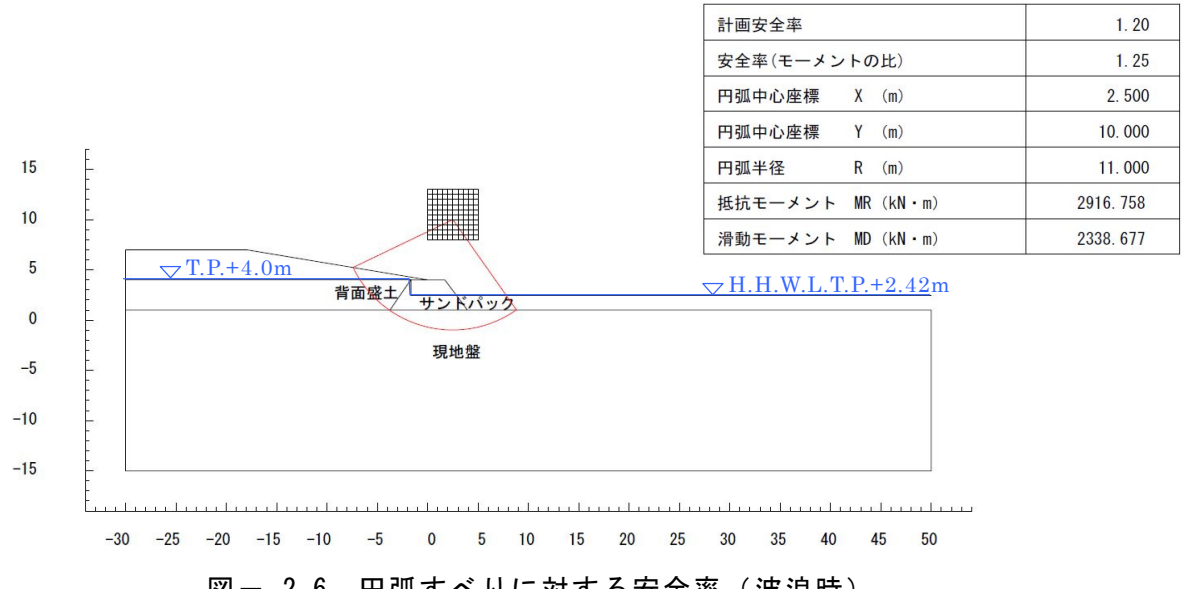
- 現時点で想定しているサンドバック積層案に対して照査した結果は、斜面安定性に関しては問題ない。

表－ 2.5 斜面安定性の評価結果（天端高 T. P. +4. 0m, 2 段積）

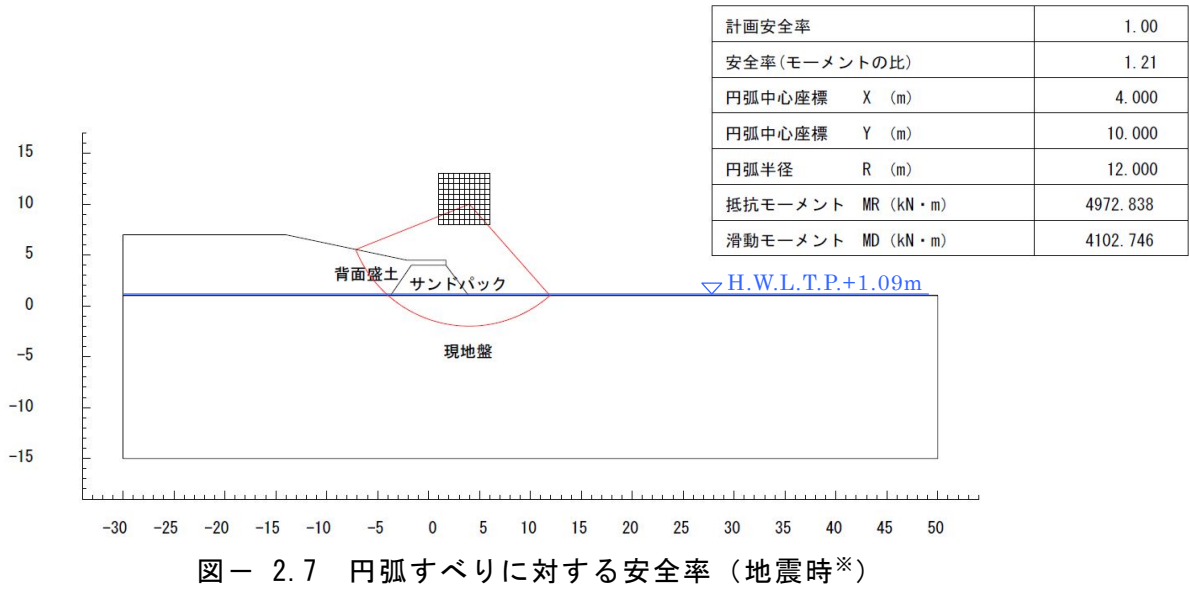
①常時				
検討 段数	検討高さ (m)	滑動に対する安全率 【許容安全率1.50】	転倒に対する偏心量 【許容偏心量1.85】	円弧すべりに対する安全率 【許容安全率1.20】
2段目	1.5	7.488 (OK)	—	—
1段目	3.0	7.176 (OK)	0.581 (OK)	1.60 (OK)
②波浪時				
検討 段数	検討高さ (m)	滑動に対する安全率 【許容安全率1.50】	転倒に対する偏心量 【許容偏心量1.85】	円弧すべりに対する安全率 【許容安全率1.20】
2段目	1.5	3.490 (OK)	—	—
1段目	3.0	2.949 (OK)	0.067 (OK)	1.25 (OK)
③地震時※				
検討 段数	検討高さ (m)	滑動に対する安全率 【許容安全率1.20】	転倒に対する偏心量 【許容偏心量3.70】	円弧すべりに対する安全率 【許容安全率1.00】
2段目	1.5	3.544 (OK)	—	—
1段目	3.0	3.530 (OK)	0.423 (OK)	1.21 (OK)



図－ 2.5 円弧すべりに対する安全率（平常時）



図－ 2.6 円弧すべりに対する安全率（波浪時）



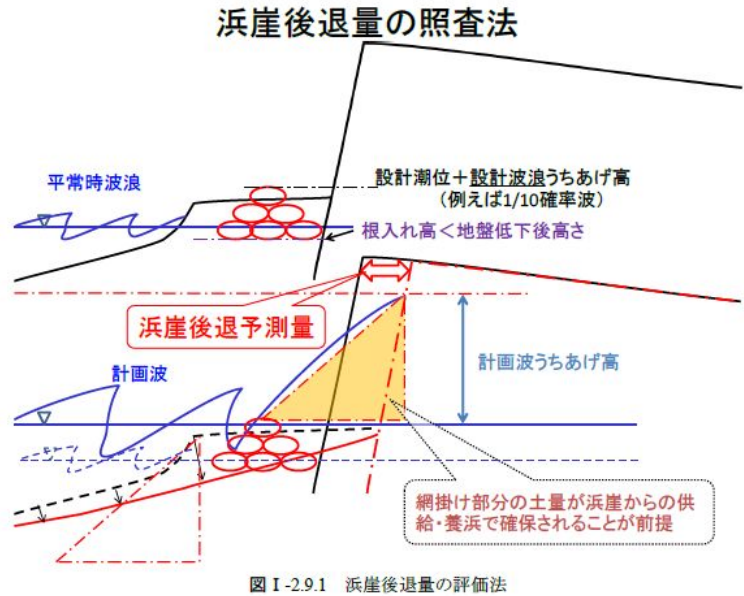
図－ 2.7 円弧すべりに対する安全率（地震時※）

※レベル1地震動

2.2.9 浜崖後退量の算定方法

1) マニュアル本文

浜崖後退量の上限は、サンドバック積層体天端高を起点にバームを形成する勾配で引いた線が、計画波浪のうちあげ高（海底地形と浜崖後退抑止工の断面形状によって決まる）に相当する高さにぶつかる位置で算定することを推奨する。



<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、浜崖後退量をサンドバック積層体の天端高及び設置位置と、波の打上げ高により推定する方法が示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計を行うが、宮崎海岸においては以下を踏まえて対応する必要がある。

(A) 浜崖後退量

- 宮崎海岸の侵食対策は、砂丘頂部高の低下を伴う浜崖後退は許容しない計画(浜崖後退量＝ゼロ)である。このことを踏まえ、宮崎海岸では、現状の浜崖面とサンドバック積層体の間の距離を浜崖後退予測量以上確保し、併せて計画外力作用時にも砂丘頂部高の低下を伴う浜崖後退を防止することができる背後養浜盛土を実施する。

(B) 法線位置

- 現地状況、施工、砂丘侵食防止等に関する下記条件を考慮して、最適な法線位置を設定する必要がある。
 - ⇒陸側に設置すると浜崖を削る／海側に設置すると浜漂砂を阻害する
 - ⇒陸側の工事用道路の確保
 - ⇒砂丘侵食を防止できる(浜崖後退量＝ゼロ)
 - ⇒既設護岸とのすりつけ

3) 宮崎海岸における現時点の案

(A) 浜崖後退量

- 宮崎海岸では、計画外力（1/30 確率波）が来襲した際にも砂丘侵食を防止する（砂丘頂部高の低下を伴う浜崖後退は許容しない）ものとして浜崖後退量の照査を実施しており、サンドバックの天端高 T.P.+4.0m の場合、浜崖面とサンドバック間の距離を 18m 以上とすれば、計画外力作用時にも砂丘頂部高の低下を伴う浜崖後退を防止することが可能と考えられる。
- なお、浜崖後退量の推定線の勾配は、マニュアルに従いバーム勾配(宮崎海岸では 1/6)として浜崖後退量の照査を実施している。

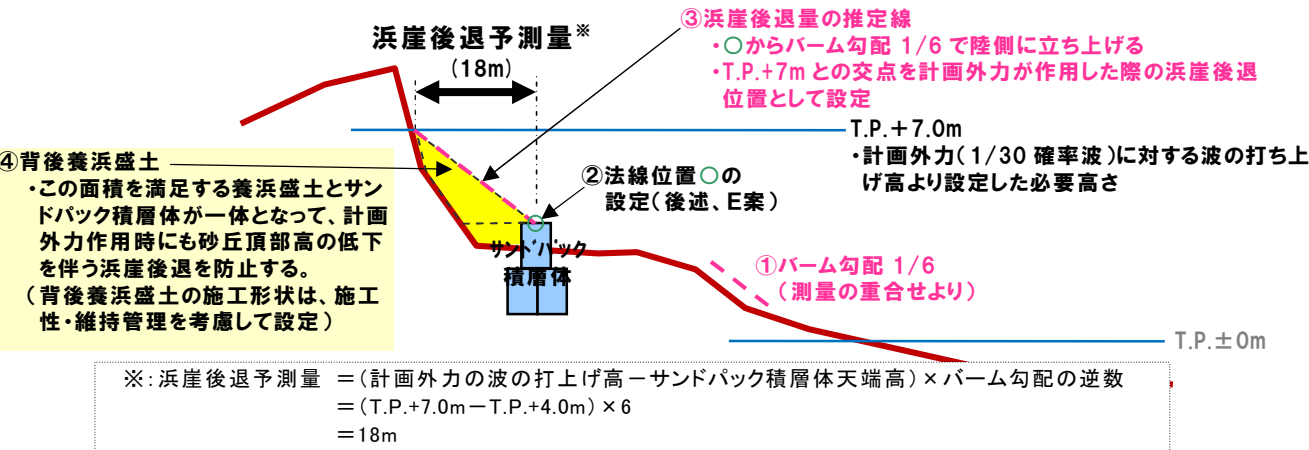


図 2.8 宮崎海岸における浜崖後退量の照査と背後養浜盛土の関係

(B) 法線位置

- 法線位置は、1 本の直線とした場合（A 案）、埋設護岸の施工幅（施工時の安全性・実現性）を考慮した場合（B～D 案）、砂丘侵食の防止に必要な幅を考慮した場合（E 案）について比較検討した。
- その結果、砂丘侵食を防止するために浜崖面とサンドバック間の距離を一定以上(サンドバックの天端高 T.P.+4.0m の場合 18m 以上) 確保した上で、現状の浜崖の変化点を基点として、できるだけ浜崖に近づける法線（E 案）とする。

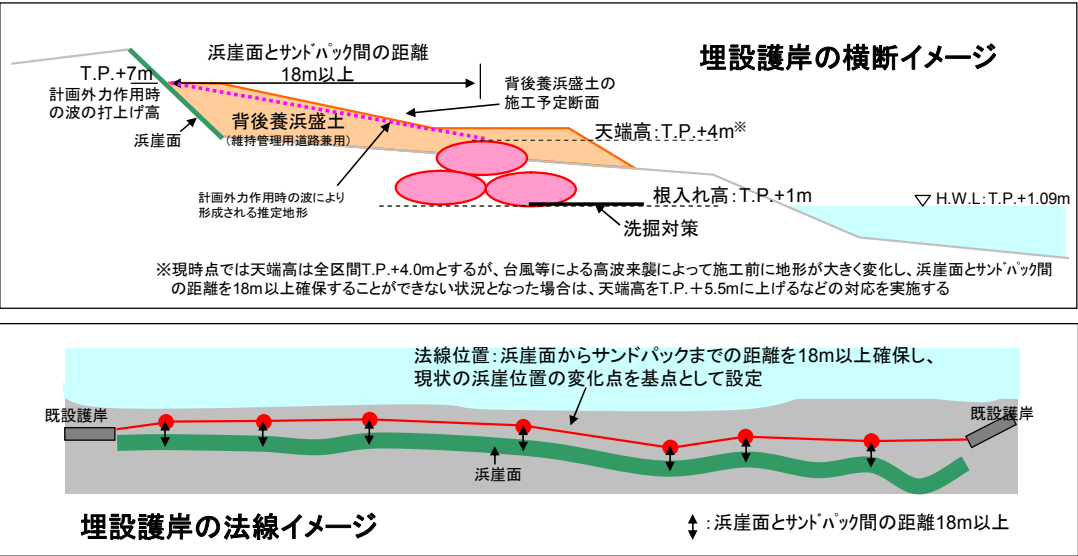


図 2.9 法線位置検討における施工幅の考慮イメージ図

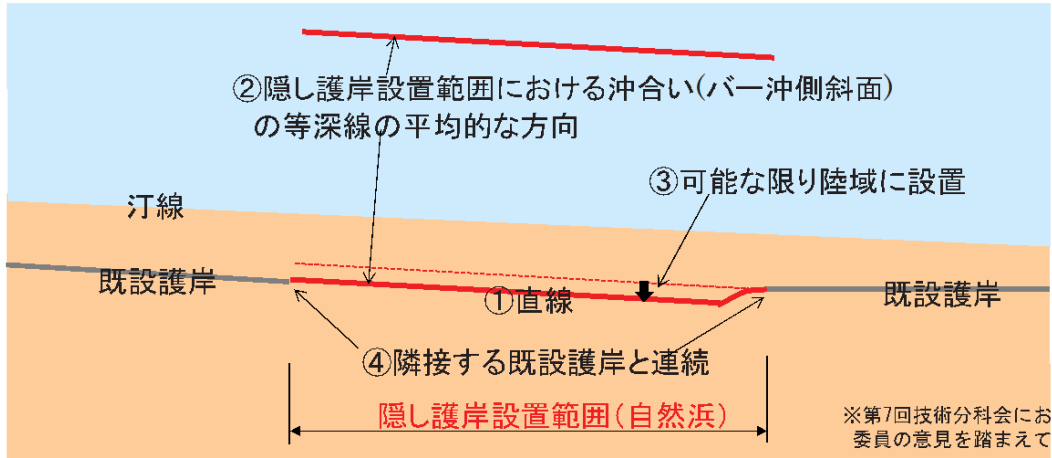
表－ 2.6 既往の法線位置の検討結果

検討事項	考慮・配慮事項	検討結果
基本形状	波の収れん	・隅角部や法線の不連続により、波の収れんが生じないように、直線を基本とする。
方 向	波の収れん	・隠し護岸が露出した際に、護岸への波の作用ができるだけ均一となり、波の収れんが生じないように、設置区間前面の等深線の平均的な方向と同じ方向を基本とする。
	海浜地形	・隠し護岸が露出した際に、沿岸漂砂の移動を阻害して、海浜地形に影響が生じないように、設置区間前面の等深線の平均的な方向と同じ方向を基本とする。
岸沖方向の設置位置	竣工後の維持管理	・隠し護岸本体の安全性(安定性)を考慮して、根固め効果のある砂浜部分ができるだけ広くなるように、可能な限り陸域に設置する。
	海浜の環境・利用	・環境・利用に対する安全性(陥没事故の防止、露出時の安全性)に配慮するため、平常時に護岸周辺の土砂移動が生じない(波が作用しない)、可能な限り陸域に設置する。
		・砂浜部分ができるだけ広くなるように、可能な限り陸域に設置する。
	隣接する既設護岸との設置位置	・隣接する既設護岸との設置位置と連続させる。

設置位置等は、直線で等深線の平均的な方向と同方向を基本とし、可能な限り陸域に設置する。また、隣接する既設護岸の設置位置と連続させる。

(出典:宮崎海岸侵食対策検討委員会第7回技術分科会(平成23年11月21日開催),資料7-3 , p.34)

- ①直線:凹凸がある法線(隠し護岸設置ライン)では、波あたりの集中箇所が発生し弱点となる恐れがあるため、法線は「直線」とする。
- ②前面海域の等深線となるべく平行:波はその前面海域の等深線に直角になるように屈折するので、等深線に平行でない法線であれば波が直角に当たらず、沿岸方向への流れが発生するため、等深線となるべく「平行」とする。
- ③可能な限り陸域に設置:汀線に近い位置に設置すると相対的に砂浜は狭くなり、その消波効果が期待できないため、可能な限り「陸域」に設置する。
- ④隣接する既設護岸とのなめらかなすり付け:不連続な法線は波の集中を受けて弱点となる恐れがあるため、隣接する既設護岸とは「なめらかにすり付ける」こととする。



※第7回技術分科会における委員の意見を踏まえて追加

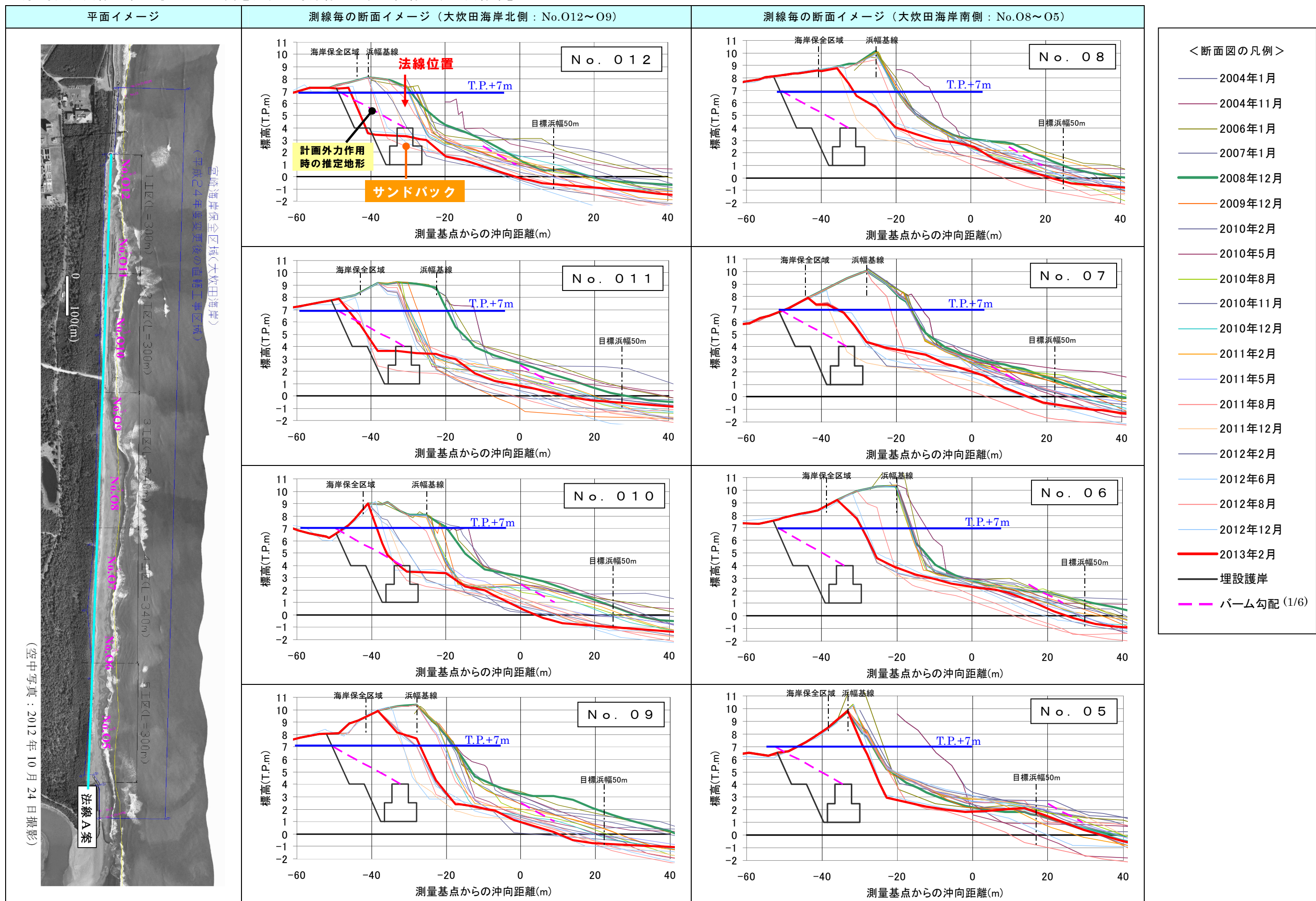
(出典:第10回宮崎海岸侵食対策検討委員会(平成23年12月13日開催),参考資料1第7回技術分科会資料(抄),p.45)

図－ 2.10 埋設護岸の法線位置の検討結果イメージ

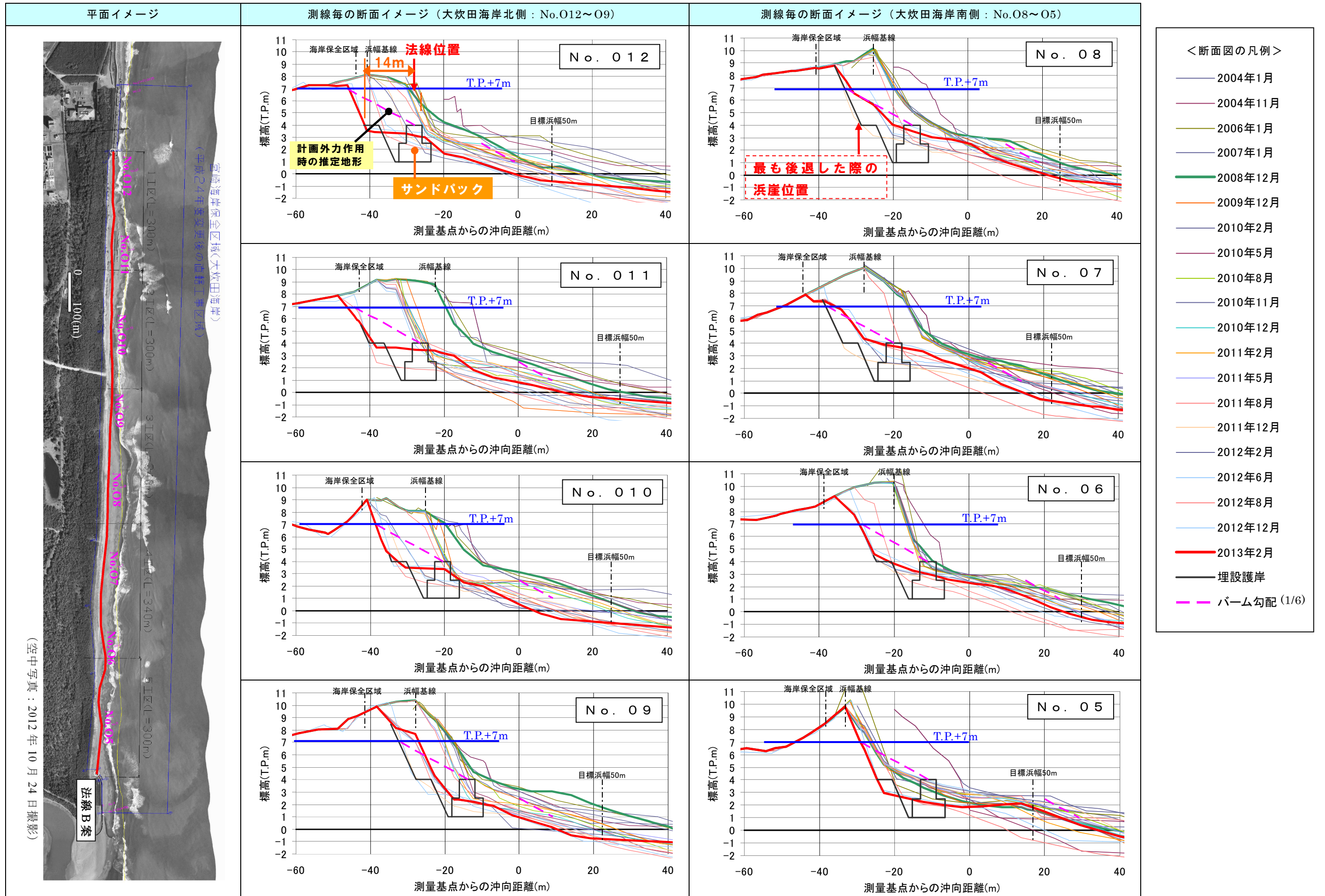
表－ 2.7 各法線案の概要、特徴及び問題点と評価

案	概要	特徴	想定される問題点	評価
法線 A	一連の区間を沖合の等深線と平行な直線とする法線案 	一連の区間を直線で結ぶため局所的な弱点ができるにくい法線である。	現状の浜崖面よりもさらに陸側に護岸を設置する必要があり、施工時に砂丘を切土する必要があるが生じる。	－ 対象区間中央部(No. 08, 09)での砂丘切土幅が 30m 程度必要であり、砂丘の改変が大きく、A 案の採用は難しい。
法線 B	浜崖位置を基点とした埋設護岸の施工に必要な幅を考慮した法線案 	現状の浜崖に触らずに施工可能な法線である。	施工時の浜崖面の位置に沿った法線となり、法線形状が凹凸となることから、法線形状に隅角部が多く生じる。	－ 法線形状が凹凸となり、隅角部が多く生じることによる施工性への影響、波あたりの集中箇所の発生が懸念されるため、B 案の採用は難しい。
法線 C	施工時の汀線位置を基点とした埋設護岸の施工が可能な砂浜幅を考慮した法線案 	平成 24 年 2 月の試験施工時における埋設護岸前面の砂浜幅を確保した法線である。	汀線が後退している箇所は、施工時に砂丘を切土する必要があるが生じる。また、汀線位置は日々変化するため、施工管理が困難である。	－ 砂丘を切土する必要があるが生じ、施工管理が困難であるため、C 案の採用は難しい。
法線 D	上記 B, C 案で必要とされる幅を踏まえつつ、できる限り 1 本の直線とした法線案 	一連の区間を最小限の折れ点(1 点)で結ぶため、B, C 案に比べて局所的な弱点ができるにくい法線である。	南側の箇所(特に 4 工区)で、必要以上に砂浜が狭くなり砂浜が狭くなる。	－ 直線にこだわると必要以上に砂浜が狭くなり得策でないため、D 案の採用は難しい。
法線 E	浜崖位置の変化点を基準としつつ、施工性も考慮して工区内はできるだけ直線とした法線案 	浜崖面とサンドバック間の距離を一定以上確保することで越波・砂丘侵食を防止し、かつ施工性にも配慮した法線である。	浜崖面から汀線までの距離が狭い箇所では、施工時に波除け盛土等の一定の規模の仮設工が必要となる可能性がある。	○ 採用 他案に比べて、砂丘面の切土が生じず、砂浜を必要以上につぶさない。 また、工区内をできるだけ直線とすることで折れ点も少なく、施工管理上も優れる。 以上より、E 案を採用する。

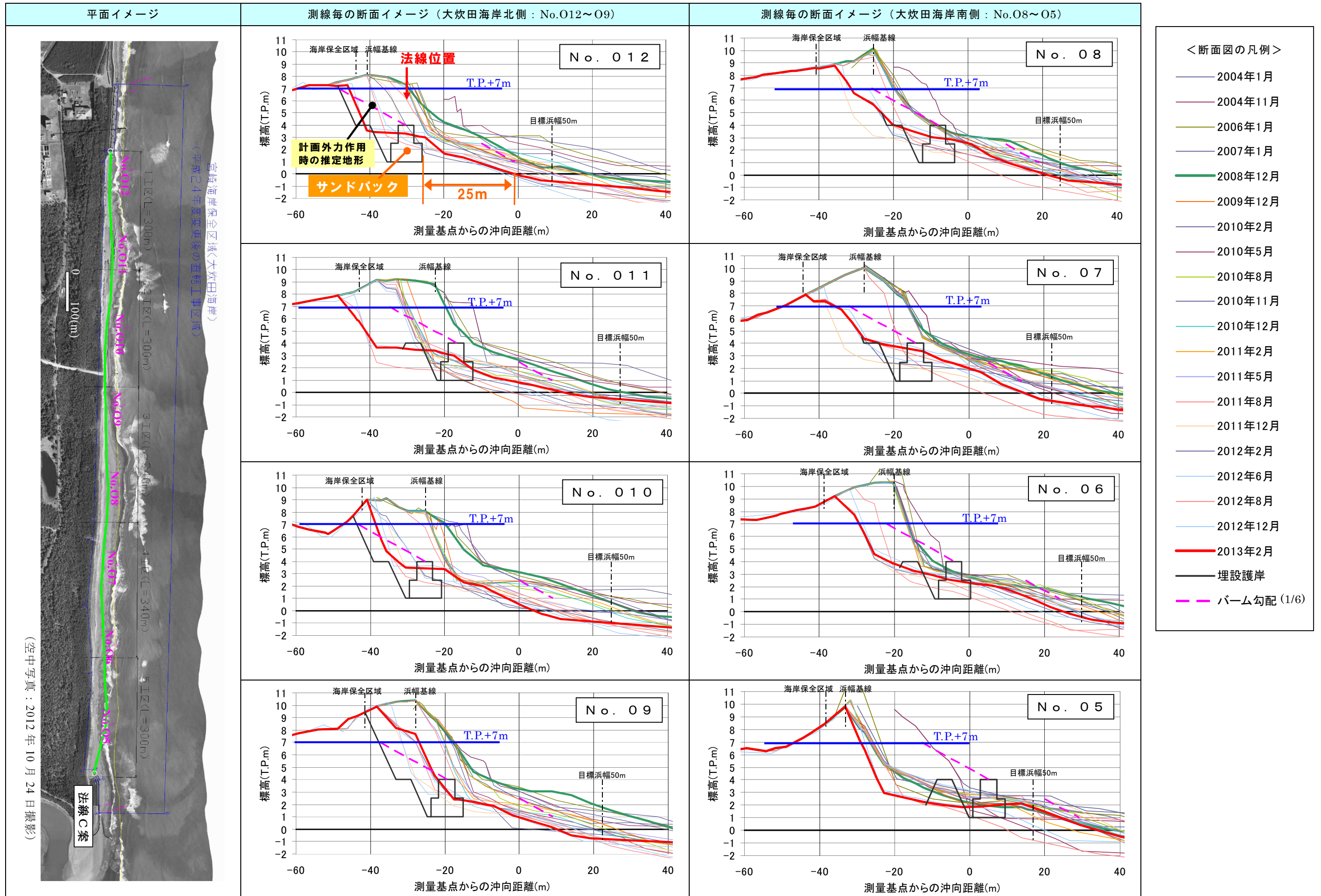
(参考図) 法線 A 案 『一連の区間を沖合の等深線と平行な直線とする法線案』



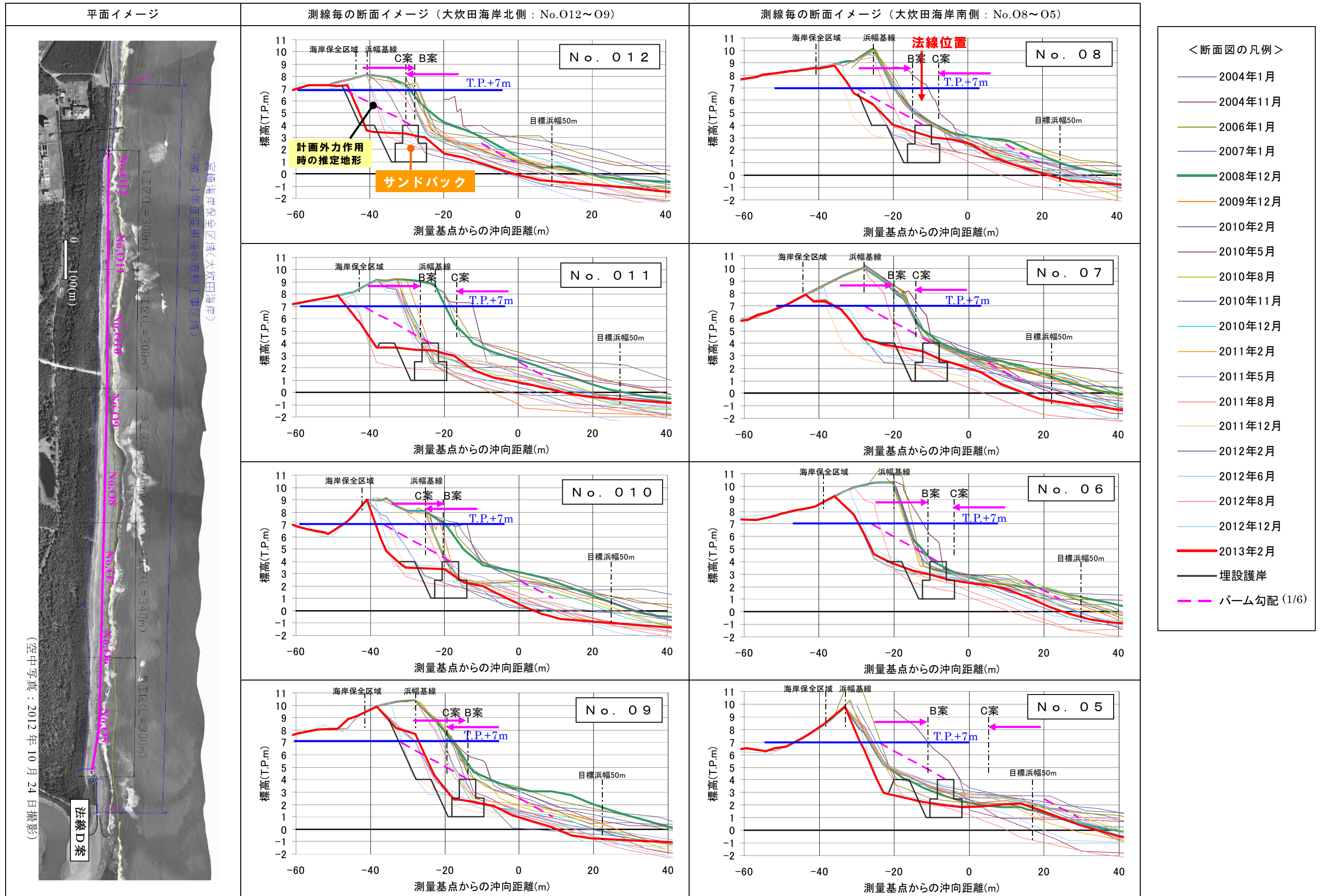
(参考図) 法線B案 『浜崖位置を基点とした埋設護岸の施工に必要な幅を考慮した法線案』



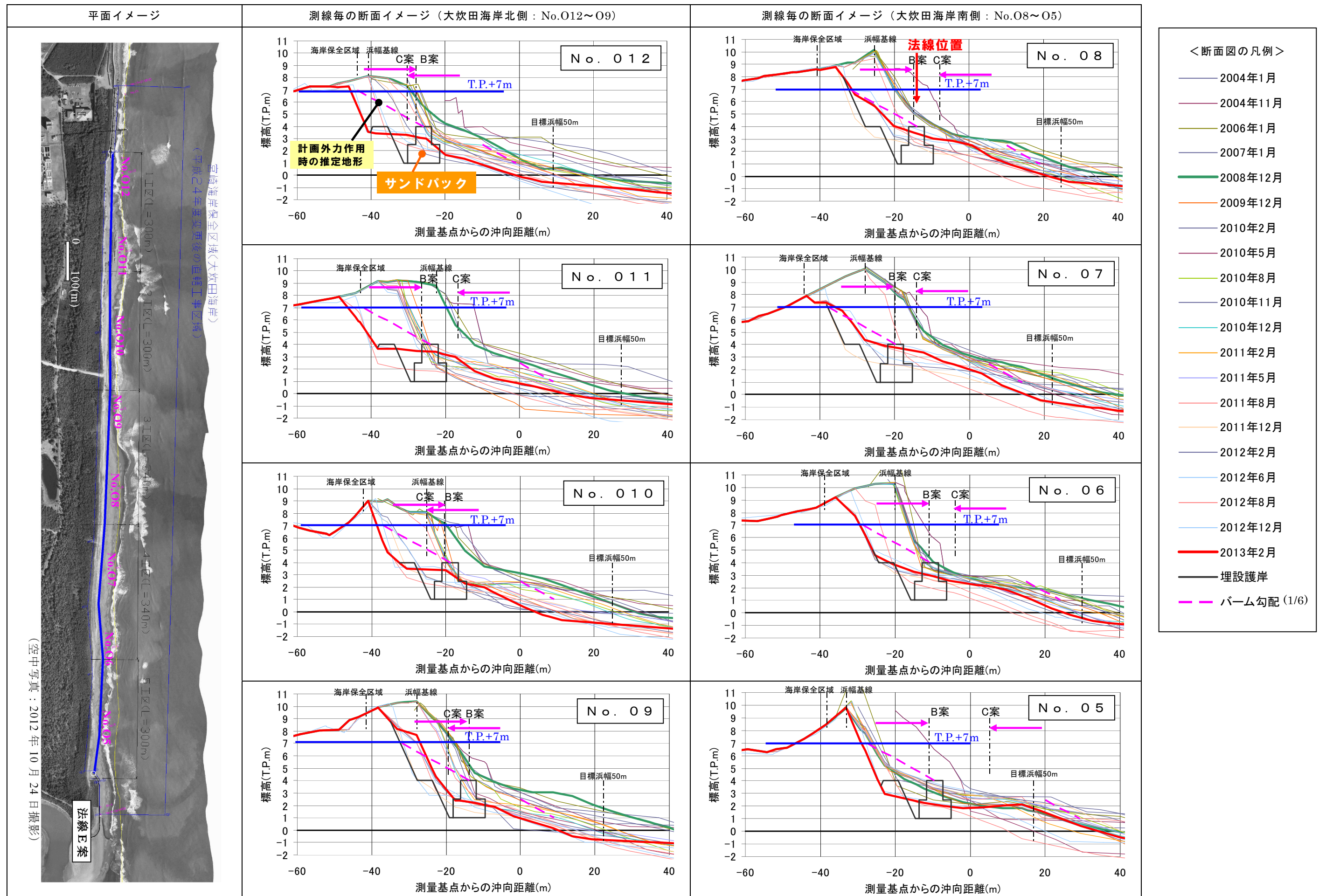
(参考図) 法線C案 『施工時の汀線位置を基点とした埋設護岸の施工が可能な砂浜幅を考慮した法線案』



(参考図) 法線D案 『上記B, C案で必要とされる幅を踏まえつつ、できる限り1本の直線とした法線案』



(参考図) 法線E案 『浜崖位置の変化点を基準としつつ、施工性も考慮して工区内はできるだけ直線とした法線案』



2.2.10 吸い出し、施工端処理の照査

1) マニュアル本文

サンドバック積層体を構成するサンドバック間から養浜材が吸い出されると浜崖の後退抑止効果が低下する。サンドバック積層体には吸い出しを防止する措置を講じる必要がある。サンドバック間に吸い出し防止措置が講じられていることをもって照査とする。
越波時にはサンドバック積層体の端部に引き波時の流れが集中し、養浜材が流出する。施工端に流れが集中しにくくなるよう処理を施す必要がある。施工端処理が講じられていることをもって照査とする。

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、サンドバック積層体には吸出しを防止する措置及び施工端に流れが集中しにくくなるような処理を施す必要があるとされている。

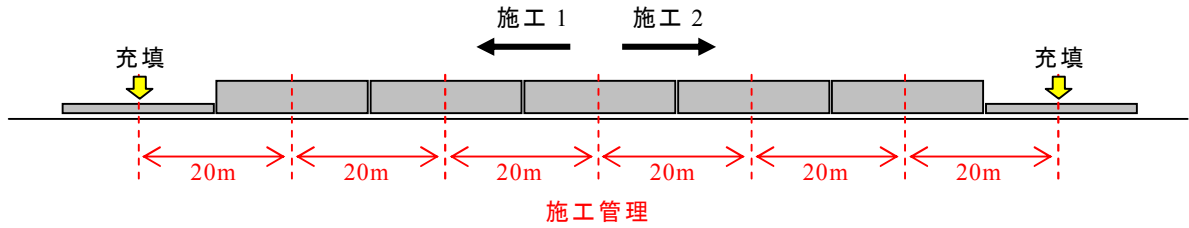
2) 宮崎海岸への適用の考え方

(A) 吸い出し

➤ マニュアルに従い、サンドバック間を接続する。

(B) 施工端処理

➤ 宮崎海岸では、サンドバックの敷設位置を長さ方向の中心で管理し、サンドバック同士を密着させた突合せで施工を進めていく。



図ー 2.11 サンドバックの施工管理方法（正面図）

➤ なお、サンドバック積層体露出時においても点検・維持管理等が可能となるように、海浜へのアクセスが可能となる付帯施設を設けることとし、施工端処理の一環として検討する（図ー 2.17 参照）。

3) 宮崎海岸における現時点の案

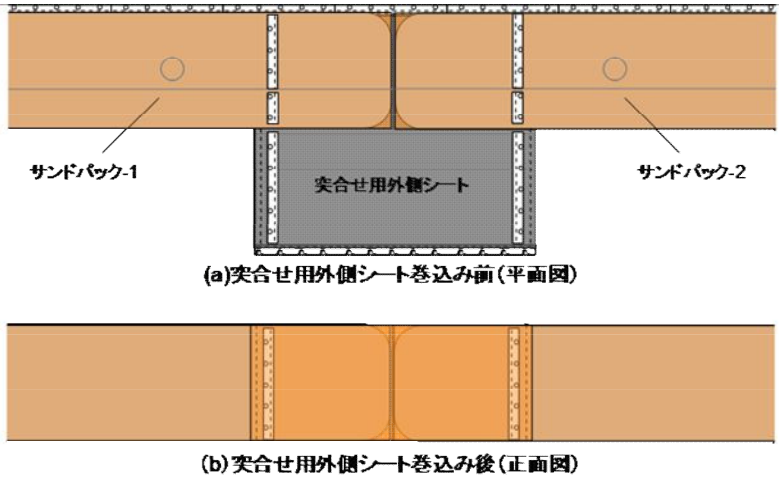
(A) 吸い出し

a) サンドバック同士の接続

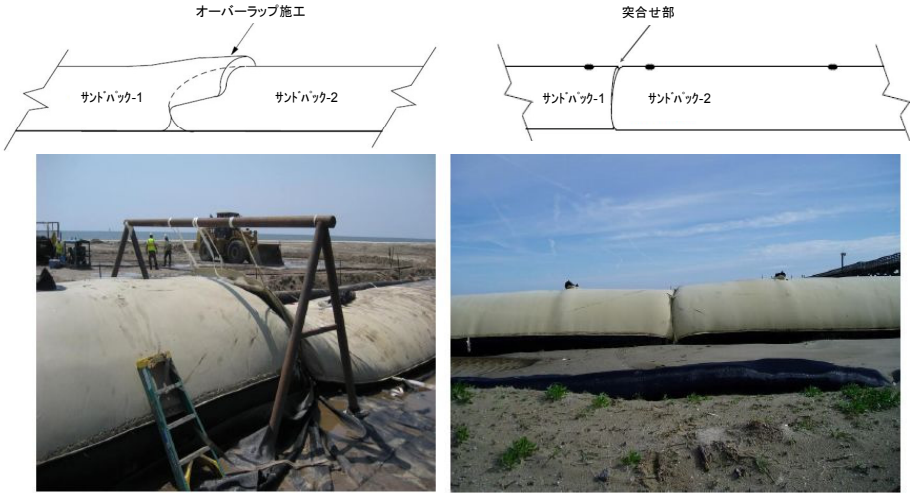
- 宮崎海岸での現地実験時と同様に、サンドバックが連続した形状となるように袋材を重複させて、差込結合により接続する。
- なお、サンドバックを密着した突合せとするために、図ー 2.13 のように充填するサンドバックを事前に吊り上げた状態で施工するといった対応も考えている。



写真ー 2-3 サンドバック接続部の処理（差込結合方法 1）



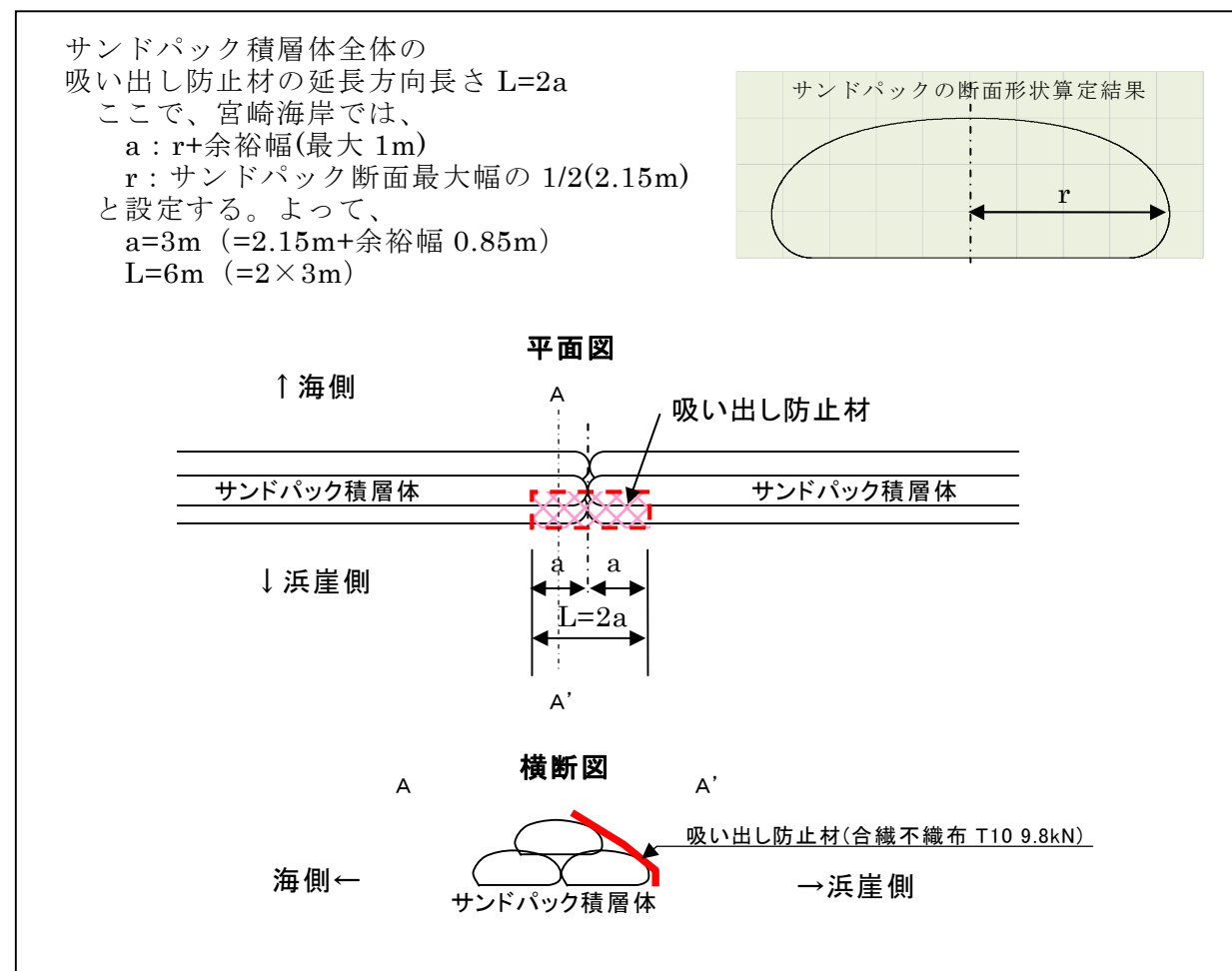
図ー 2.12 サンドバック接続部の処理（差込結合方法 2）



図ー 2.13 サンドバックを密着して接続するための処理方法

b) サンドバック積層体の接続部全体の吸い出し防止工

- また、サンドバック同士を連続した形状に接続した場合でも、サンドバック積層体の接続部全体の中では間隙が生じて水みちが発生する可能性があるため、その対応として、サンドバック積層体全体の背面を覆うように吸い出し防止材を設置する。
- この吸い出し防止材の沿岸方向の設置範囲は、サンドバックの充填後の断面形状特性（図－2.1）を踏まえると、サンドバックの高さが十分確保できている範囲まで設置することが望ましいと考えられるため、サンドバック接続端部から 3m（＝サンドバック断面最大幅の 1/2 となる 2.15m（＝4.3m/2）＋余裕幅(0.85m)）以上確保する。サンドバック同士の接続部の場合は、接続部を中心に両側に各 3m 幅必要となるため、吸出し防止材の幅としては 6m となる。



c) サンドバックの接続位置の配置

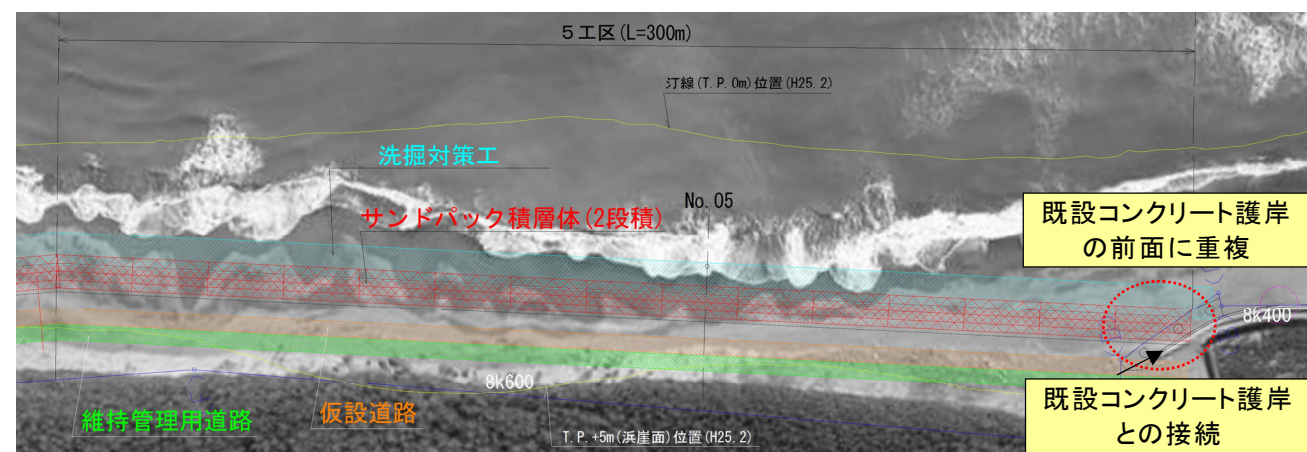
- サンドバック積層体は、サンドバックを複数積重ねて築造する。そのため、サンドバックの沿岸方向の接続位置は、突合せ部を「千鳥配置」とする方法と、「同じ箇所」とする方法の 2 通り考えられる。
- 「千鳥配置」とする方法では、吸い出しが生じる可能性のある弱部（リスク）を分散できるという点でメリットがあると考えられる。
- 他方、同じ箇所での突合せとした場合は、接続部の吸い出し防止の設置が千鳥配置に比べて少なくすることができ、また、弱部を集中させることで重点的にチェックをすることができ、維持管理しやすいというメリットがある。
- 以上を踏まえて、宮崎海岸におけるサンドバック積層体は、修復性・点検の容易性を考慮して同じ箇所での突合せとする。

図－ 2.14 サンドバック積層体全体の接続部の吸出し防止材のイメージ（案）

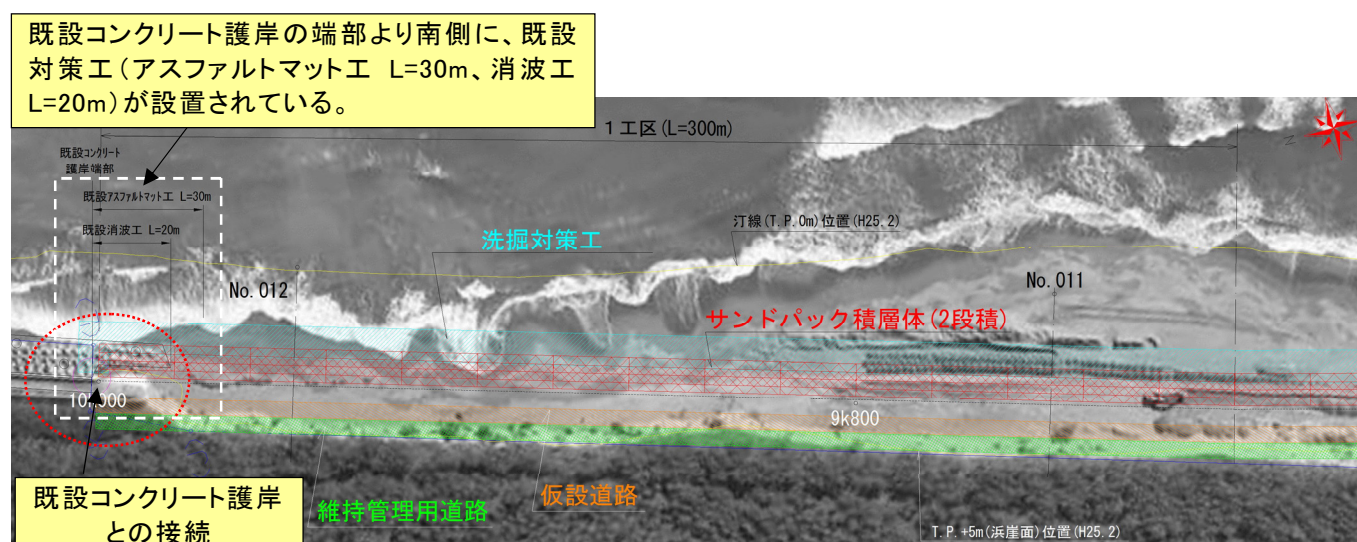
(B) 施工端処理

a) 埋設護岸の南北端部の既設コンクリート護岸との接続

- 施工端処理は、埋設護岸の南北端部の既設コンクリート護岸との接続においても必要となる。
- 既設コンクリート護岸での接続においては、図－ 2.15 に示すように、サンドバック積層体を既設コンクリート護岸の前面に重複させて接続する予定である。
- ただし、1 工区の既設コンクリート護岸（佐土原浄化センター排水管の南の護岸）は、図－ 2.16 に示すように、コンクリート護岸端部より南側に、既設対策工（アスファルトマット工 $L=30\text{m}$ 、消波工 $L=20\text{m}$ ）が設置されている。この既設対策工の現在の設置状況及び撤去が可能かについては、サンドバック設置の施工前に調査を実施して判断するが、状況によっては、既設コンクリート護岸の背後に巻き込んで接続する又は後述するサンドバック積層体同士の施工端処理の方法に準じて接続することを考える。



図－ 2.15 既設コンクリート護岸との接続（5 工区）



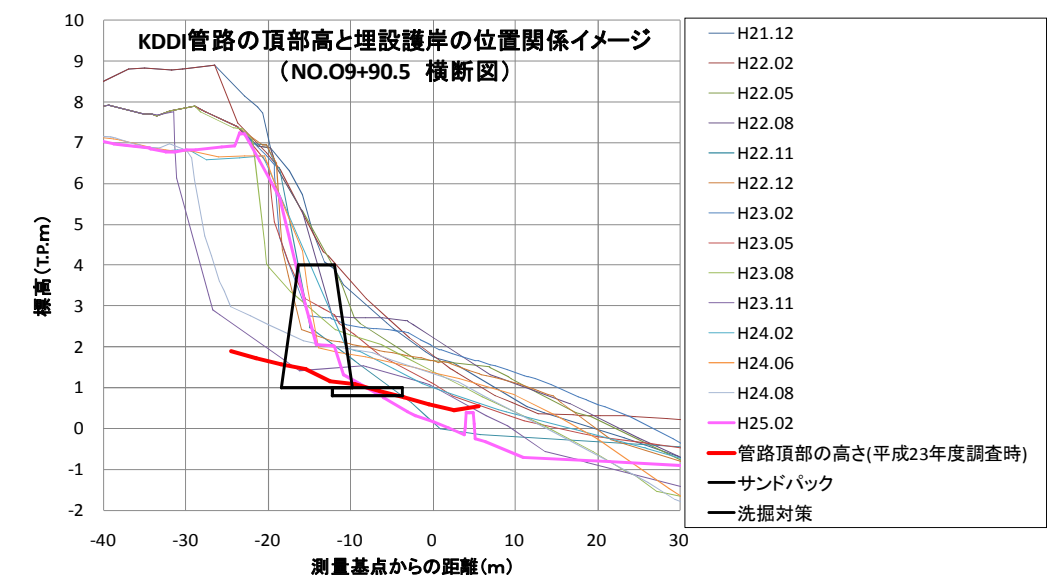
図－ 2.16 既設コンクリート護岸との接続（1 工区）

b) サンドバック積層体露出時にも海浜アクセスを可能とするための付帯施設

- サンドバック積層体は、養浜により埋設されている状態であれば、サンドバック積層体背後から海浜へのアクセス等が問題になることはないが、高波によりサンドバック積層体が露出した際には、背後から海浜にアクセスできる方法を確保しておく必要がある。そのため、階段形式の付帯施設をサンドバック以外の構造で複数点設ける予定である。
- このようにサンドバックと構造形式が異なるものをサンドバック間に挟む場合は、マニュアルにおける施工端処理の考え方を満足する必要があると考える。
- ここで、マニュアルによると、施工端処理に求められることは、サンドバック積層体背後の養浜盛土が、サンドバック積層体越波時にこの施工端から流出しないことであり、そのためには、越波後の引き波の集中を発生させないこと、引き波時の流速を十分低下させて背後の土砂損失を防ぐことが重要とされている。
- そこで、付帯施設部において越波後の引き波を施工端に集中させない方策として、付帯施設の高さはサンドバック積層体の高さ以上とする。
- また、付帯施設部において引き波時の流速を十分低下させて背後の土砂損失を防ぐための方策として、付帯施設とサンドバックの接続部及びその隣接範囲にフィルター工を設置する。
- フィルター工は、20～40mm 程度の粒径の小さな碎石、吸出し防止材、強化かごマット工、袋詰玉石工等により築造する。なお、表法面に用いる強化かごマット工、袋詰玉石工等は、階段式形状に積層する。
- フィルター層の沿岸方向の設置範囲は、先に設定したサンドバックの吸い出し防止材設置範囲（施工端からサンドバック側に 3m）及びサンドバックが連続していない接続区間とする。
- フィルター層の高さ方向の設置範囲は、根入れ高 $T.P.+1.0\text{m}$ からサンドバック積層体の天端高 $T.P.+4.0\text{m}$ までとする。
- フィルター層のサンドバック積層体よりも背後方向の設置範囲は、仮設道路までとする。
- 以上の付帯施設のイメージを図－ 2.17 に示す。

c) KDDI 海底ケーブル管路周辺の処理

- なお、大炊田海岸においては、2 工区に位置する KDDI 海底ケーブル管路周辺の処理も必要となる。この範囲の処理は、海底ケーブル管路上をサンドバックが跨がないように施工前の調査結果を踏まえて間隔をあける（2～3m のイメージ）。サンドバックの間隔を開けた箇所周辺の処理は、先に示したフィルター層による施工端処理構造を基本とする。なお、詳細については KDDI と協議・調整の上、対応する。



2.2.11 修復性の照査

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工を構成するサンドバックおよびサンドバック積層体、背面養浜盛土について下記に示す修復性が確保されており、維持管理計画も適切に作成されていることを確認する。

(1) サンドバック

破損が発生した場合に縫合等の補修が可能である。

(2) サンドバック積層体

袋詰め玉石や大型土のう等による応急復旧措置が行える。

(3) 背面養浜盛土

養浜盛土の修復に必要な重機が走れるだけの幅がある。

<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、万が一、損傷等が生じた場合にも修復が可能なおくしておく必要があり、維持管理計画を適切に作成することとされている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い、修復性を確保し、維持管理計画を立てる。

3) 宮崎海岸における現時点の案

(A) 修復性の確保

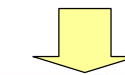
- サンドバック背後に実施する養浜盛土の一部は、維持管理用道路兼用とする。埋設護岸の点検の結果、サンドバック、サンドバック積層体、養浜盛土の修復が必要となった場合には、その維持管理用道路を含むサンドバック背後及びサンドバック積層体上面のスペースを利用して修復する。
- なお、修復作業等における重機作業時には、サンドバックを破損しないように留意する。監視員の配置、旗などの目印を設置するなどの対応により破損を防止する。
- また、サンドバック上面を重機が走行する際には、サンドバック上面に 50cm 以上覆土すること、重機により過剰な荷重がかからないようにすること、方向転換時に急旋回しないことについて、施工業者に周知する。

(B) 維持管理計画

- 現在 1 週間に 1 度の頻度で海岸巡視を実施している。埋設護岸の維持管理につながる点検方法を検討し、海岸巡視に埋設護岸の点検を組み込む。
- 埋設護岸の維持管理計画（案）は、参考資料 2 参照。



写真 I-4.4.1 掘削機バケットによる引裂き状況



重機による破損防止のための対応イメージ



写真 I-4.4.5 監視員の配置



写真 I-4.4.6 端部の目印例

※出典：浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル

写真－ 2-4 重機作業時におけるサンドバックの破損を防止するための対応イメージ

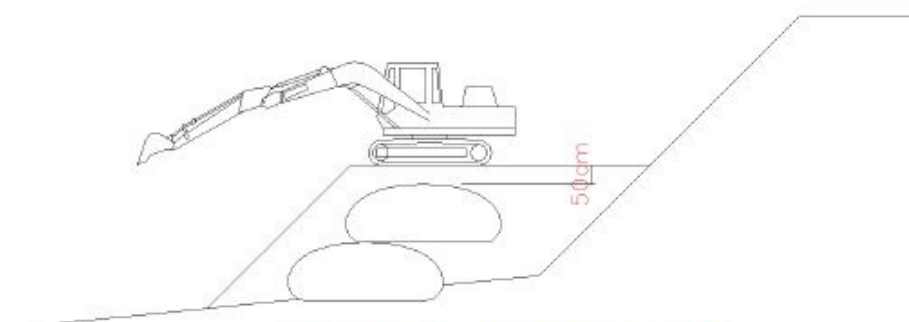


図 I-4.4.1 サンドバック上作業時の覆土



(カタピラの先端に荷重がかかった状態)

(急旋回)

※出典：浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアル

図－ 2.18 重機走行時の留意事項

2.3 サンドバック袋材の性能照査

2.3.1 サンドバック袋材の被災機構

マニュアルでは、サンドバック袋材の被災につながる作用が示されており、サンドバック袋材とサンドバックの施工は、それら作用に対して安全なものとする示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.3.2 サンドバック袋材の要求性能

マニュアルでは、サンドバック袋材の初期性能、劣化後性能、対燃焼拡大性能、損傷拡大防止性能、中込材保持性能、環境に影響を及ぼさない性能が示されており、その性能評価に必要な張力の算定方法が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.3.3 サンドバック袋材の引張り強度に関する要求性能

1) マニュアル本文

サンドバック袋材の引張強度は、以下の要求性能を両方満たす必要がある。

1) 初期引張強度>施工時作用張力

2) 劣化後引張強度>供用時作用張力

縫製加工された袋材の引張強度は、基布及び縫製部の両方の引張強度ともに上記要求性能を満足しなければならない。

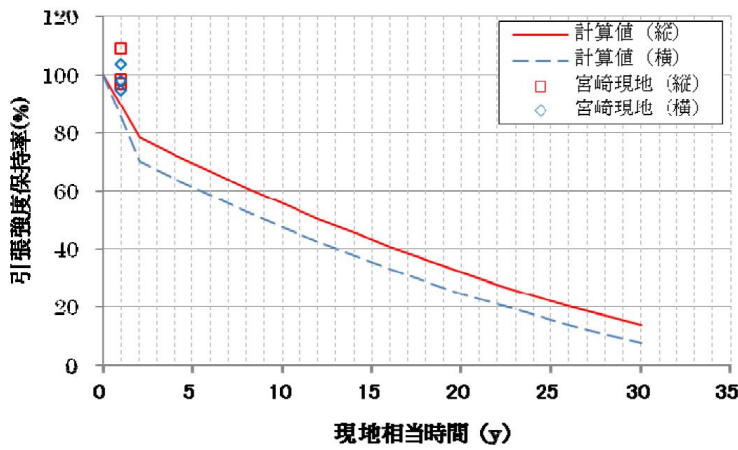
劣化後の引張強度を算出するために、目標寿命期間に予想される強度劣化外力を設定しなければならない(3.6、3.7)。

<マニュアルの骨子>

施工時の引張張力に耐えうる初期引張強度、供用期間における張力に耐えうる劣化後引張強度を確保する必要がある。劣化後の引張強度を算出するために、目標寿命期間に予想される強度劣化外力を設定しなければならないとされている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計、照査を行う。



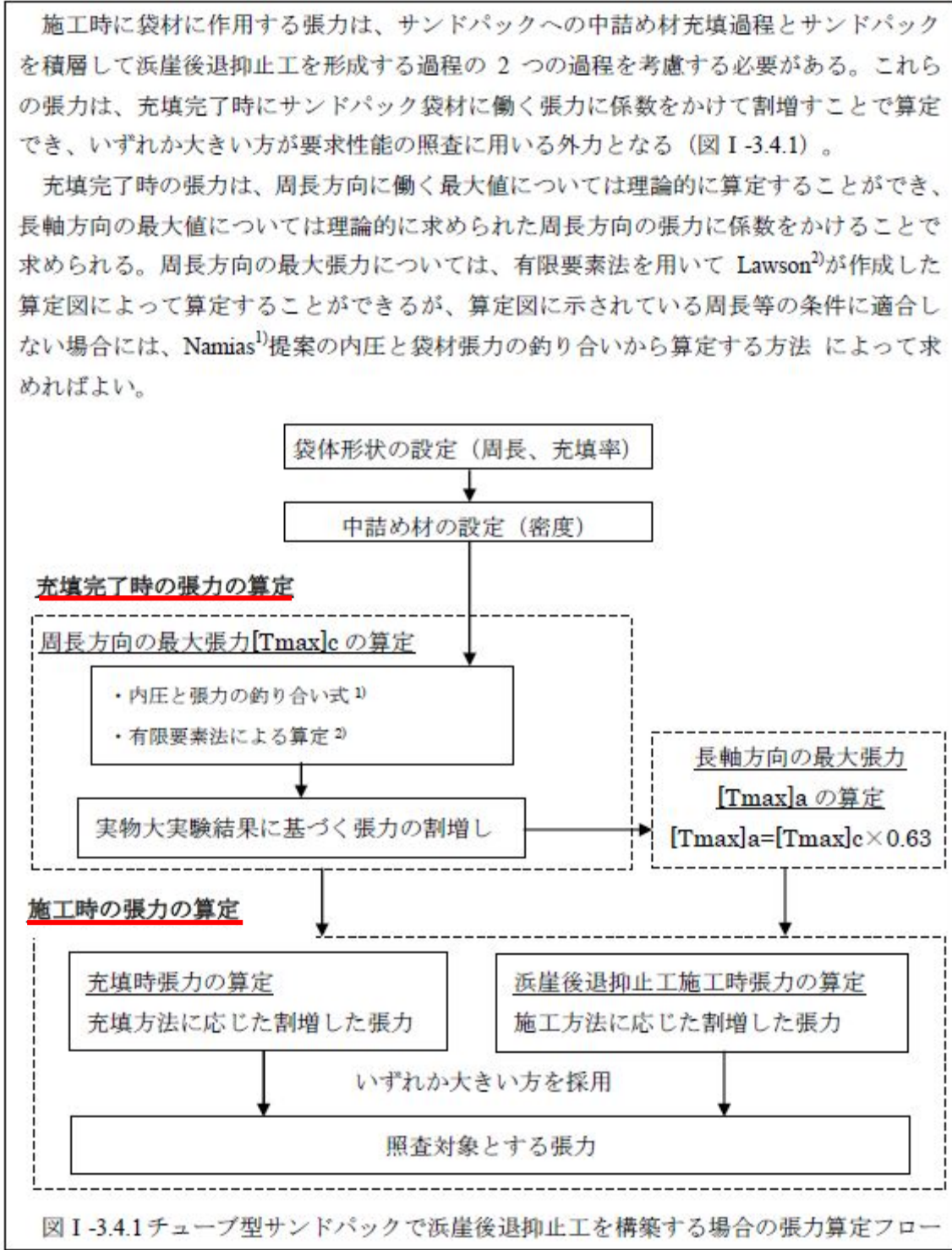
図ー 2.19 宮崎海岸現地実験結果(引張強度の保持率)

3) 宮崎海岸における現時点の考え方

- 宮崎海岸では、サンドバック積層体を養浜で埋設する計画であり、常にサンドバックが露出する状況ではないため、耐用年数は延びると考えている。サンドバックが砂で覆われる状態次第では、寿命は延びると考えられるが、現状ではそれを計画で見込むことは困難と考えられる。
- なお、現状の浜幅では夏季の高波浪時にはサンドバックが露出することは避けられないと考えるが、露出した際には、養浜による覆土を実施する。(露出期間の想定は参考資料3参照)

2.3.4 施工時に袋材に作用する張力の評価方法

1) マニュアル本文



<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、充填完了時の張力の算定方法、施工時に袋材に作用する張力の算定時に考慮する係数が示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計、照査を行う。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- サンドバック袋材周長 10m の場合、施工時に袋材に作用する張力の最大値は 92.52kN/m である。
- したがって、サンドバック袋材の初期強度が 92.52kN/m 以上であれば、施工時作用張力を満足することとなる。

表ー 2.8 サンドバックの施工時に袋材に作用する張力の算定結果（袋材周長 10m の場合の試算）

	条件	周長方向の張力		長手方向の張力	
		Tc (kN/m)		Tc × 0.63 (kN/m)	
理論値	周長10m, 充填率80%時の張力をNamiasの式より算定		20.56		12.96

	条件	周長方向の張力		長手方向の張力	
		割り増し係数 α	完成時張力 (kN/m)	割り増し係数 α	完成時張力 (kN/m)
完成時張力 ＝理論値 × α	中詰め材が礫混じり	1.5	30.84	1.5	19.44
	中詰め材が砂				

	事象	条件	周長方向の張力		長手方向の張力	
			割り増し係数 β	施工時作用張力 (kN/m)	割り増し係数 β	施工時作用張力 (kN/m)
施工時作用張力 ＝完成時張力 × β (最大値を採用)	中詰め材充填	ポンプ充填時	3	92.52	3	58.32
		ホッパー充填時	1	30.84	1	19.44
	設置	ベルト吊り上げ時	15	実施しない	15	実施しない
		吊り上げ(補助具あり)	4	実施しない	4	実施しない
		吊り上げなし	1	30.84	1	19.44
	施工時作用張力(最大値)			92.52		58.32

2.3.5 供用時にサンドバック袋材に作用する張力の評価方法

1) マニュアル本文

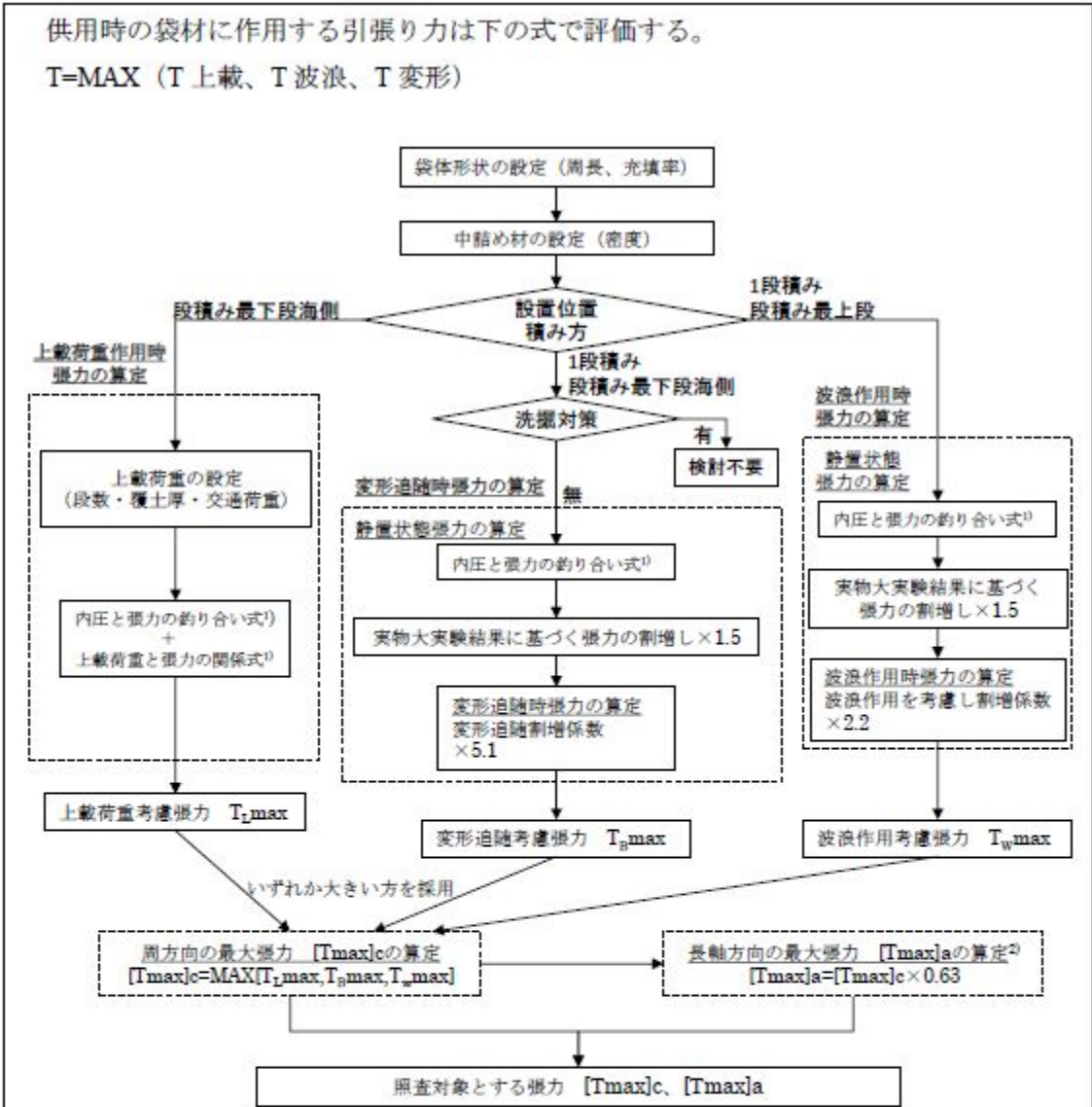


図 I -3.5.1 供用時サンドバック張力算定フロー

<上載荷重作用時>

施工後の供用時に、自重や上載荷重、背面の養浜盛土の土圧によりサンドバック袋材に張力が作用する。この張力は最下段のサンドバックで最大となることから、最下段に設置されるサンドバック袋材の張力を Namias¹⁾の上載荷重と張力の関係式によって求める。上載荷重は上に積み上げた養浜盛土の高さ分の質量と重機を想定した交通荷重を考慮する。サンドバックを2段もしくは3段の積層体とする場合には、積層される分を養浜盛土とみなして計算する。上載するサンドバックおよび養浜盛土は降雨や波浪により湿潤化することを想定して設定することを標準とする。

<波浪作用時>

波浪作用を直接受ける場所にサンドバックを設置する場合には、目視できるほどの変形がサンドバックに生じていなくても、袋材には波浪の進行方向に微小なひずみの変動（伸縮）が生じ、張力は静置時の2.2倍にもなる。

<変形追隨時>

サンドバックは、前面地盤が沈下する等した場合に、それに追従して変形することで袋材に作用する張力が増大する。変形時に袋材に作用する張力の増大は周長方向よりも長手方向で顕著であり、静置時の5.1倍もの張力が働くことがある。

<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、上載荷重作用時、供用期間における波浪作用時、変形追隨時に袋材に作用する張力の算定方法が示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計、照査を行う。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- サンドバック袋材周長 10m の場合、供用時に袋材に作用する張力の最大値は、洗掘対策なしの場合 157.29kN/m、洗掘対策ありの場合 69.23kN/m と算定される。
- 宮崎海岸では、T.P.+1m までの根入れ+最下段のサンドバックの下及び前面に洗掘対策を設置する。したがって、サンドバック袋材の劣化後強度が 69.23kN/m 以上（洗掘対策ありの場合）であれば、供用時作用張力を満足することとなる。

表ー 2.9 サンドバックの供用時に袋材に作用する張力の算定結果（袋材周長 10m の場合の試算）

	条件	周長方向の張力		長手方向の張力		
理論値	周長10m、充填率80%時の張力をNamiasの式より算定	T _c (kN/m)	20.56	T _c × 0.63 (kN/m)	12.96	
	条件	周長方向の張力		長手方向の張力		
		割り増し係数 α	完成時張力 (kN/m)	割り増し係数 α	完成時張力 (kN/m)	
完成時張力 ＝理論値 × α	中詰め材が礫混じり	1.5	30.84	1.5	19.44	
	中詰め材が砂					
供用時作用張力 ＝完成時張力 × β (最大値を採用)	上載荷重	上載荷重を考慮したNamiasの式より算定	表法勾配1:1.5、2段積、養浜盛土高0.5mで算定	69.23	周長方向張力 × 0.63	43.62
	波浪作用時	－	2.2	67.85	2.2	42.77
	地形変化追従性	－	5.1	157.29	5.1	99.15
	供用時作用張力(最大値)	洗掘対策なし		157.29		99.15
		洗掘対策あり		69.23		43.62

2.3.6 摩耗劣化外力の評価方法と照査性能

マニュアルでは、磨耗劣化外力は現地で生じるコンクリートの磨耗量とすると示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従い評価する。

2.3.7 気象要因劣化外力の評価方法と照査性能

1) マニュアル本文

気象要因劣化外力は、目標寿命期間内にサンドパック袋材が曝露される紫外線と水分によって生じる劣化作用とする。これらの曝露は、紫外線照射と水分供給を反映した耐候性試験機により促進試験ができるものとして評価する。サンシャインカーボンアーク灯式の耐候性試験機であれば、250 時間で 1 年とみなすことができる。目標寿命を設定し、目標寿命年数×250 時間の耐候性試験機による劣化促進試験を気象要因劣化外力とする。ただし、袋材が覆土されていれば作用する紫外線や水分供給量が低減されるため、養浜による覆土管理が行われる場合には、覆土による曝露量の減少分を考慮して評価することができる。照査性能は、目標寿命期間の強度劣化を見越した引張強度とする。

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、気象要因劣化外力は目標寿命年数×250 時間のサンシャインカーボンアーク灯式の対候性試験機による劣化促進試験結果とすると示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い評価する。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 宮崎海岸では、独自の調査等、マニュアル記載以上の知見がないことから、マニュアルに示された標準値である 250 時間／年とする。
- 埋設護岸であるため、曝露時間は短いことが想定されるが、曝露時間を正確に見込むことは困難であるため、現状では養浜覆土による曝露量の減少分は見込まない。(曝露時間の推定及び覆土のための養浜必要量は参考資料 3 参照)
- 現時点で既存の専用機械はないと考えられるが、大型重機によらない背後土砂の盛りこぼし、土砂の散布等により曝露後に早期に曝露量の低減を図ることを検討することが有効と考える。
- なお、あらかじめ背後に盛土（ストック）しておき、曝露後に覆土材として利用するという対応も維持管理の一環として検討していく。



項目	シューティングマシン方式
最大撒きだし距離	3～30m
撒きだし距離調整	可変
材料	砂、碎石(粒径50mm以下)、山砂
ベルト耐久性	4万m3実績
駆動装置	小型

(NETIS 登録 No.QSK-100008-A)

図－ 2.20 シューティングマシンによる土砂の散布イメージ

2.3.8 劣化後袋材引張り強度の評価方法

マニュアルでは、劣化後袋材引張強度の評価方法が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従い評価する。

2.3.9 摩耗劣化の評価方法

マニュアルでは、磨耗劣化促進試験は、砂質海岸ではウォータージェット式磨耗促進試験で実施できると示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.3.10 気象要因劣化の評価方法

マニュアルでは、気象要因劣化促進試験は、サンシャインカーボンアーク灯式の対抗性試験機で実施できると示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.3.11 人為外力及び漂流物の衝突に対する安全性の評価方法

マニュアルでは、損傷が拡大しないことが求められており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

なお、マニュアルに則った評価の袋材を使用することに加えて、養浜により覆土し、サンドパックが極力露出しないように維持管理を行っていく。

2.3.12 袋材からの有害物質の溶出の照査

マニュアルでは、サンドパックに使用する袋材は環境ホルモンや重金属などの有害物質が溶出して周辺環境を悪化させるものであってはならないと示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.3.13 中詰め材保持性能

1) マニュアル本文

サンドバック袋材は、使用する中詰め材を保持する性能を有しなければならない。袋材の見かけの開孔径 (O_{95}) は中詰め材の 60% 粒径 (d_{60}) よりも小さいものを基本とする。中詰め材の 60% 粒径はふるい分け試験により、見かけの開孔径 O_{95} は開孔径試験により確認する。

$O_{95} < d_{60}$

なお、ポンプ圧送にて中詰め材を充填する場合、中詰め材の粒径過積曲線や相対密度が一定の条件を満たせば、ブリッジング層の形成等により $O_{95} \geq d_{60}$ であっても中詰め材を保持することができる場合があると考えられる。ポンプ充填の場合には $d_{60}/d_{10} \leq 4$ かつ O_{95}/d_{85} が図 I -3.13.1 の「中位の砂」の線よりも下にあれば中詰め材保持性能を有するものと評価できる。 d_{10} 、 d_{60} 、 d_{85} はふるい分け試験により、見かけの開孔径 O_{95} は開孔径試験により確認する。

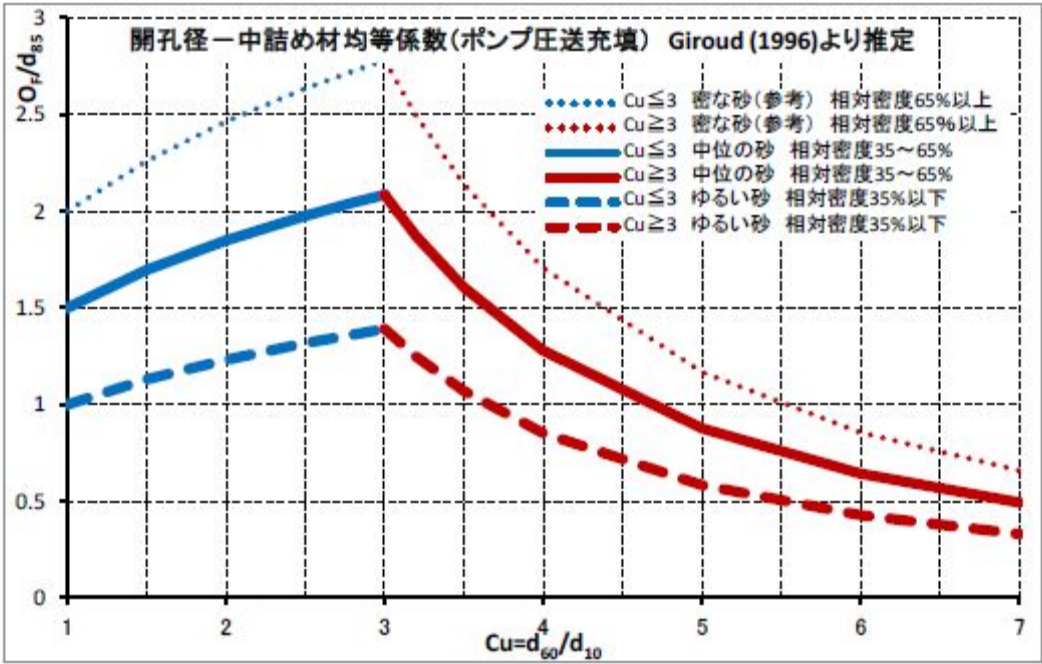


図 I -3.13.1 開孔径と中詰め材粒径・均等係数等との関係

<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、サンドバック袋材は、使用する中詰め材を保持する性能を有しなければならないと示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従い設計を行うが、以下について留意が必要である。

- ①植物の根の貫入の影響
- ②貝殻等による破損への対応

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 植物によるサンドバックへの影響(内側からの突き出し、外側からの根の侵入)は、点検・維持管理で対応せざるを得ないとする。
- 中詰め材には貝殻等の鋭利な破片の混入が顕著なものは極力使用しない。状況によっては、現地の砂と置きかえるなどの対応を検討する。

2.3.14 海浜利用に関する留意事項

1) マニュアル本文

サンドバック工法の設計にあたっては、海岸域に生育・生息する動物・植物などの生育・生息条件について正しく認識するとともに、整備に伴う影響について十分に検討し、環境との調和を図る。また、景観および海岸利用者の安全性についても十分に配慮するために、海岸管理者との打ち合わせだけでなく、現地海岸の利用者からの意見聴取もおこない、可能な場合には設計や袋材等に工夫を加えるものとする。

<マニュアルの骨子>

マニュアルでは、サンドバック工法の設計にあたっては、環境、景観及び海岸利用者の安全性についても十分に配慮するために、現地海岸の利用者からの意見聴取もおこない、可能な場合には工夫を加えることと示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従って配慮方法を検討するが、以下について対応することが必要である。

(A) 利用・アクセス

- 露出した際の埋設護岸上への緊急避難路の確保、親水性の保持
 - ・通常の階段工に相当する施設
 - ・工区境界の接統部の処理による対応

(B) 景観

- サンドバック露出時の景観検討が必要である。

3) 宮崎海岸における現時点の案

(A) 利用・アクセス

- サンドバック設置後に養浜により埋設状態とすることで、背後の砂丘から波打ち際にアクセスが可能な連続的な海浜断面形状とする。
- また、サンドバックが露出した際にも、サンドバック背後から波打ち際にアクセスが可能となるように、2.2.10 3) (B) の施工端処理のイメージに示した階段形状の付帯施設を工区境界等に設ける。

(B) 景観

- サンドバック袋材の色は、露出時にも目立たない色とする（できるだけ彩度を下げる）。
- サンドバックの種類の違いによる色の違いが大きく異ならないようにする。
- ここで、箱型サンドバックは、現地実験時の袋材では、景観（色や質感）の面で宮崎海岸に馴染まないことから今回の採用は見送り、チューブ型（扁平楕円型）サンドバックを採用する。
- なお、景観上は、横方向（汀線方向）の統一が望ましいと考えられる。したがって、サンドバックの種類の違いで横方向のモザイクにならないように上下段で種類を区分するなど工夫する。
- また、サンドバック積層体の天端高は、砂丘侵食を防止するために必要な高さを確保した上で、サンドバックが露出した時の圧迫感、砂浜からの景観等に考慮してできるだけ低くする。露出しても砂浜回復時に埋設状態に戻ることが期待できる高さという点も考慮する。

2.4 施 工 管 理、点 検・維 持 管 理

(1) 浜崖後退抑止工の施工管理

マニュアルでは、サンドバックの充填率は、施工後の高さと幅を計測して充填率が許容範囲内であることを確認すること、また、サンドバックは厳密な精度を要求することが適するものではないため袋材の強度等品質の管理方法を定めることが重要と示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

(2) サンドバックの充填率管理

マニュアルでは、施工中及び施工後のサンドバックの充填率が適正範囲にあることをサンドバックの高さの計測によって確認すると示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

(3) 袋材の品質管理

マニュアルでは、品質管理システムが実施された製品製作過程であることを確認しつつ、所要の性能を有していることを確認しなくてはならないと示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

(4) 施工時の留意事項

マニュアルでは、埋戻しや覆土を行う際、基本的には、サンドバックの上方から土砂を撒くこと、サンドバック上で重機が作業する際には、サンドバック上に均一に 50cm 以上の覆土を行った上で走行するもの等の施工時の留意事項が示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

(5) 施工計画

マニュアルでは、標準的な施工フロー及び方法が示されており、宮崎海岸においてもその方法に準じて施工する。

(6) 点検・維持管理・応急復旧

マニュアルでは、適正な点検や維持管理が行われることにより、目的達成性、修復性、安全性が確保されると示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

(7) 維持管理計画

1) マニュアル本文

浜崖後退抑止工の性能を維持するために維持管理計画を立てる。維持管理計画には、点検の項目・方法、健全度評価の方法、健全度に応じた点検の内容と点検間隔、補修の目安、補修の方法、施設の目的達成性能が確保不能となる変状の限界を示すことが望ましい。

＜マニュアルの骨子＞

マニュアルでは、浜崖後退抑止工の性能を維持するために維持管理計画を立てることと示されている。

2) 宮崎海岸への適用の考え方

マニュアルに従って点検・維持管理計画を立案する。

3) 宮崎海岸における現時点の案

- 埋設護岸の点検・維持管理計画（案）について、マニュアルに準じて立案した（参考資料 2 埋設護岸の維持管理計画（案）参照）。
- 維持管理計画は、関係機関・市民との連携による維持管理の効率化等について、今後も検討を進め、適宜見直しを行っていく。

(8) 詳細点検

マニュアルでは、サンドバック袋材は劣化に留意する工法であり、劣化が予断を許さない状態になった場合には、劣化度合いについて詳細に点検することが望ましいと示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

(9) 補修・撤去計画

マニュアルでは、自然又は人為的な原因による損傷が生じたときに備えて、補修計画を事前に定めるものとする示されており、宮崎海岸においてもマニュアルに従う。

2.5 サンドバック袋材の性能試験

本項に記載されている以下の試験は、サンドバック袋材を製作するメーカーが実施するものであり、この試験によって、サンドバック袋材が要求するスペック（強度等）を満たしているかを確認することになる。

①袋材及び基布に関する試験法

②基布の引張強度試験

③縫合部の引張り強度試験

④気象要因劣化促進試験

⑤砂礫の摩耗・衝突に対する摩耗促進試験（ドラム試験）

⑥砂の摩耗に対する劣化促進試験（ウォータージェット摩耗促進試験）

⑦損傷拡大抵抗性試験

⑧たき火試験

⑨煮沸試験

⑩金魚飼育試験

⑪開孔径試験

⑫摩耗係数試験

2.6 設計結果のまとめ

(1) 基本諸元

項目	現時点案	備考
サンドパックの種類	・チューブ型(扁平楕円型)サンドパック	
サンドパック単体規模	・幅 4.3m(周長 10m)、高さ 1.5m、長さ 20m	
根入れ高	・T.P.+1.0m	
洗掘対策	・アスファルトマットを基本 (岸沖方向の長さ 8.5m＝挟み込み 2m＋張り出し長さ 6.5m)	
天端高※1	・浜崖面とサンドパック間の距離を 18m 以上確保できる場合 T.P.+4.0m ・距離を 18m 以上確保できない場合 T.P.+5.5m	
サンドパック積層体	・天端高 T.P.+4.0m の場合、自立構造で 2 段積 ※天端高 T.P.+5.5m の場合、自立構造で 3 段積	
法線位置※1	・現状の浜崖位置の変化点を基点として、できるだけ浜崖に近づける ・浜崖面とサンドパック間の距離を 18m 以上確保	
背後養浜盛土※1 (維持管理用道路兼用)	・サンドパックの天端高に応じた背後養浜盛土を実施し、サンドパック積層体を埋設	

※1:天端高・法線位置・背後養浜盛土は相互に関係しており、ある項目の諸元を変えると他の項目の諸元も変わる。

(2) 平面配置(法線位置)及び標準断面図(案)

参考資料 1 大炊田海岸における埋設護岸の概略図(案)及び施工関係資料 参照。

(3) 端部処理・付帯施設のイメージ

参考資料 1 大炊田海岸における埋設護岸の概略図(案)及び施工関係資料 参照。

(4) 仮設計画・施工計画のイメージ

参考資料 1 大炊田海岸における埋設護岸の概略図(案)及び施工関係資料 参照。

(5) 維持管理計画(案)

参考資料 2 埋設護岸の維持管理計画(案) 参照。