

I - 1 基本方針

I - 1.1	定義・特徴	I - 1- 2
I - 1.2	浜崖後退抑止工の設置目的	I - 1- 4
I - 1.3	浜崖後退抑止工の適用範囲	I - 1- 5
I - 1.4	想定する作用	I - 1- 6
I - 1.5	要求性能の設定の考え方	I - 1- 8
I - 1.6	性能の照査	I - 1- 1 2
I - 1.7	浜崖後退抑止工の限界状態	I - 1- 1 3
I - 1.8	照査方法	I - 1- 1 7
I - 1.9	照査外力の設定	I - 1- 2 0

I-1 基本方針

I-1 基本方針

I-1.1 定義・特徴

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パックメーカー（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パ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。

サンドパ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パックが損傷する等して養浜盛土が流失してもサンドパ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、破損個所のサンドパ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。

サンドパックを用いる長所としては、砂浜の砂や養浜材をサンドパ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、サンドパ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。

解 説

図 I-1.1.1 に示すように、サンドパック積層体及び養浜盛土に覆砂を施し埋設型施設とすることも海浜の保全上有効である。埋設型とする効果は、下手へ供給される沿岸漂砂の確保、サンドパック袋材の劣化抑制、景観の改善等が挙げられる。ただし、これらの効果は、覆土した養浜材料の残存期間に依ってしまふことに注意が必要である。

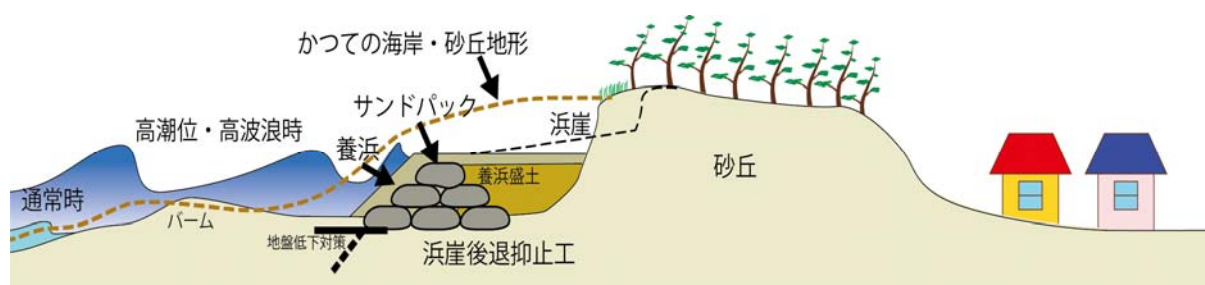


図 I-1.1.1 サンドバック工法を用いた浜崖後退防止対策工の概念図



写真 I-1.1.1 砂浜になじんだ浜崖後退抑止工

サンドバックを用いるのは、利用・環境・景観等への配慮からコンクリートをなるべく用いないことが求められる場合、今後実施する漂砂収支改善のための施策により漂砂環境が非可逆的な侵食進行状態から侵食・堆積が平衡する状態に好転することが期待される場合、工費を抑えて迅速に対策を行いたい場合等が考えられる。浜崖後退抑止工は、前面砂浜の保全・回復が期待できる浜崖に、極力高さを抑えた小さな構造物を設置することにより浜崖の後退を抑止しようとする構造物であり、サンドバックを用いる条件に適っている。

浜崖後退抑止工が保全の対象とする浜崖とは、砂丘・盛土前面に砂浜が確保され、時々来襲する時化によって生じる崖面を指している。侵食が非可逆的に進行し続ける場所で生じる浜崖は現時点のサンドバック袋材の耐久性能にとって摩耗外力が大きすぎる場合が多いことから原則対象外と整理した。また、固結した岩あるいは未固結の岩で形成された地形が波浪侵食を受けて生じる海蝕崖は、砂丘に比べて崖面を形成する岩の硬度が高く前面海浜への漂砂供給が少ないため前面の海浜幅が無いか極めて狭くなっている場合が多い。このため、前面の水深が深く来襲波浪外力が大きくなることからサンドバックの設置に適さない場合が多いと考え、原則対象外と整理した。

I - 1 基本方針

I -1.2 浜崖後退抑止工の設置目的

浜崖後退抑止工は、浜崖前面に設置されるサンドバック積層体とその背後に行う養浜盛土をさし、それらが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、砂丘等が有する津波や高潮・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。また、サンドバックは当該砂浜になじんだ色とすることができ、なるべく低く設置することから、コンクリート護岸やブロックによる良好な砂浜環境や海岸景観の喪失を軽減できる可能性がある。

解 説

浜崖後退抑止工のサンドバック積層体は、波が衝突した際にそれを反射させること及び乗り上げ波を減勢させることで浜崖急斜面に海水が到達することを防ぐ、もしくは到達した波浪による流れの流速を和らげる。さらに遡上した波の戻り流れで運び去られる砂の量をサンドバック積層体及び養浜盛土で緩和する。これらの効果により、浜崖の新たな崩壊を抑制して崖線の後退速度を遅くする。

また、後退した砂丘等の一部を復旧するための養浜盛土の前面に活用することも可能である。この場合には不用意にサンドバック設置位置を前出しすると、遡上帯で沿岸方向に生じる浜漂砂の量を減らし下手側で侵食が生じるおそれがあるので、留意が必要である。

ここで注意すべきは、サンドバック積層体は海岸侵食の根本的な原因といわれている漂砂供給量の減少を解消するものではないこと、浜崖の後退を防止・緩和する結果下手に供給される漂砂量を減らし漂砂下手で新たな侵食を発生させる可能性もあることである。これは護岸、離岸堤、突堤、消波堤等他の既存侵食対策工も同様であるが、養浜と一体で実施される浜崖後退抑止工は、下手への漂砂供給減少の緩和を期待できる点でこれら既存侵食対策工より優れている。浜崖後退抑止工は養浜を実施する予定がある場所での設置に適している。

長期的に漂砂供給が安定している場所では、完成後の定期的な養浜が予定されていなくても、時化によって短期的・局所的に生じる侵食（ホットスポット侵食(erosional hot spot)と呼ばれる）に備える工法として適している。侵食が進む厳しい海岸においても、沿岸および流域の総合的な海岸侵食への根本対策（漂砂供給の回復措置）が達成されるまでの経過措置であれば採用は可能である。

I-1.3 浜崖後退抑止工の適用範囲

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、砂浜が消失した礫まじり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。摩耗外力の大きさは、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。また、サンドバック袋材の紫外線・加水分解による劣化抑制の観点、景観の保全・改善効果の観点からも砂浜消失海岸には適さない。

サンドバックは出来高に一定の幅を許容するので、高精度の出来高を要求する場所には適さない。出来高に一定の幅を許容する場所に用いるものとする。

解 説

浜崖後退抑止工の適用可能な海岸の条件として、前面に砂浜を有する浜崖を原則としている。ただし、摩耗外力が小さいことを確認できる遠浅な砂浜海岸については前面に砂浜がなくても設置可能とする。これは、サンドバックの設置条件を規定する要素の一つである袋材の砂礫による摩耗に起因している。砂浜が消失した海岸では砂礫による摩耗外力が大きくサンドバック袋材の寿命が短くなる一方、前面に安定した砂浜を有している場合には摩耗外力が小さくなるためである。細砂で構成される遠浅の砂浜海岸では、波打ち際でも摩耗外力が大きくないのでコンクリート摩耗速度を確認した上で設置できることとした。

サンドバック袋材は紫外線・水分による劣化も生じることから自然に覆砂されやすい場所での設置が適する。波浪によるバームの形成や飛砂による覆砂が期待できない砂浜消失海岸にはこの観点からも適さない。なお、バーム形成や飛砂による覆砂は自然な砂浜景観を形成するので景観保全効果も高める。

遠浅砂浜海岸においては「なるべく硬いものを入れなくて欲しい」や「容易にやり直しがきく方法を用いて欲しい」という要望が寄せられる場合もある。

サンドバックは天端高の多少の不均一性を許容する工法なので、高い出来型精度を必要とする施設等には適用できない。

I - 1 基本方針

I-1.4 想定する作用

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）

解 説

(1) 施工時の重機・ポンプ等による作用

サンドバックの袋材に中詰め材を充填する際に、袋材に張力が作用する。特に、ポンプ圧送により充填する際には静置時より大きな張力が作用する。また、サンドバックを作成後吊り上げて移動する際にも袋材に大きな張力が作用する。サンドバック積層体を作成した後、背後に養浜盛土や覆土の養浜を行う際に重機が走行することにより袋材に静置時より大きな張力が作用する。重機の接触による袋材の損傷が発生するおそれがある。

(2) 供用時の荷重・自重・背面養浜盛土土圧（降雨の影響含む）

供用後にも積層体最下段のサンドバックには、上段のサンドバック重量、養浜盛土による土圧、管理用の走行車両等により袋材に張力が作用する。波浪越波や降雨により中詰め材や養浜盛土の単位体積重量が増すことも考慮する必要がある。

(3) 波浪・津波の作用

積層体に波浪がぶつかるとサンドバックや袋材が変形することにより袋材に静置時より大きな張力が作用する。サンドバックを移動させようとする波力・流体力も作用する。サンドバック積層体を越波する波浪では、養浜盛土や浜崖急斜面に波浪が達し、その流れが砂を持ち去ろうとする。積層体施工端やサンドバック突き合わせ部等に隙間があると、引き波時に流れが集中し、養浜盛土の流出・吸い出し等が生じる。津波が来襲した際には、サンドバック積層体に波力が作用する。越流する場合には引き波時に流れが養浜盛土を持ち去ろうとする。積層体施工端やサンドバック突き合わせ部に弱点があるところから吸い出し・養浜材流出等が発生する。

(4) 地震動の作用

地震動により、サンドバック積層体には静置時より大きな土圧が作用する。

(5) 前面砂浜の地盤低下の作用

侵食や洗掘により、前面の砂浜地盤が低下するとサンドパックが地盤低下に追随しようとして変形する。この際、サンドパック袋材には静置時より大きな張力が作用する。また、サンドパック積層体の変形が大きくなるとサンドパック突き合わせ部に開きが生じ、背後の養浜盛土が吸い出されるおそれがある。

(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

サンドパック積層体が露出し、波浪により底質砂礫がサンドパックに衝突するようになると、袋材を砂礫が衝突・磨耗することにより、袋材の強度劣化が生じる。これが進行すると袋材が損傷する。

(7) 紫外線・水分変動による袋材強度劣化の作用

サンドパック積層体が露出し、紫外線を浴びると袋材の強度劣化が生じる。また、水分による袋材の加水分解による強度劣化も生じる。これらの作用を本手引では気象要因劣化と呼ぶ。

(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）

(1)～(7)の他、サンドパック積層体には漂流物の衝突による袋材の損傷、人為的な刃物による袋材の損傷、燃焼による袋材の損傷、薬品等による袋材の劣化等の作用が考えられる。

I - 1 基本方針

I-1.5 要求性能の設定の考え方

- (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) 浜崖後退抑止工の要求性能設定の区分は、以下を基本とする
- 区分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
- 区分2：上記以外の場合
- (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要求性能区分に応じて上記(2)に示す要求性能の水準から適切に選定する。

解 説

(1) 浜崖後退抑止工に必要とされる性能

想定する作用に対して、設置目的との適合性、構造物の安全性について、目的達成性、安全性、修復性の観点から要求性能を設定することを基本とした。安全性とは、想定する作用による浜崖後退抑止工の変状によって人命を損なうことがない・海域利用に迷惑を及ぼすことがないようにするための性能をいう。目的達成性とは、想定する作用による変形や損傷に対して浜崖後退抑止工が有すべき浜崖の後退防止機能や後退抑止機能を維持できる性能をいう。修復性とは、想定する作用によって生じた損傷を修復できる性能をいう。

(2) 浜崖後退抑止工の要求性能の水準

性能1は、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と定義した。性能1は、安全性、目的達成性、修復性すべてを満たすものである。浜崖後退抑止工は、サンドバックと養浜盛土で構成される構造物であり、波浪による地盤や養浜盛土の変形、降雨や地震動による軽微な変形をまったく許容しないことは不可能である。このため、性能1には通常の維持管理程度の補修で浜崖後退抑止工の機能を確保できることを意図している。

性能2は、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と定義した。性能2は、安全性及び修復性を満たすものであり、浜崖後退抑止工の機能が応急復旧程度の作業により速やかに回復できることを意図している。

性能 3 は、想定する作用による損傷が、浜崖後退抑止工として致命的とならない性能と定義した。性能 3 は、目的達成性は満足することはできず、修復性も（災害復旧等による）施設更新を行わないと満足できないが、安全性を満たすものであり、浜崖後退抑止工に大きな変状が生じて、周辺海域への利用には致命的な影響を与えないことを意図している。

(3) 浜崖後退抑止工の要求性能設定区分

要求性能設定の区分は、浜崖後退抑止工が損傷した場合の背後砂丘等が有する機能への影響と周辺海域利用への影響を総合的に勘案して定めることとした。砂丘等の幅・高さや背後地の資産への影響等を考慮して判断することが望ましい。

(4) 浜崖後退抑止工の要求性能

浜崖後退抑止工で考慮する要求性能は、I-1.4 に示した想定する作用と上記(3)に示した設定区分に応じて上記(2)に示す性能の水準から適切に選定する。一般的には浜崖後退抑止工の要求性能は、表 I-1.5.1 を目安にするのがよい。

表 I-1.5.1 要求性能の例

想定する作用		要求性能設定区分	区分 1	区分 2
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

I-1 基本方針

① 施工時荷重の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

施工時には重機の上載荷重、中詰め材充填時のポンプ圧による荷重等が作用するとともに、養浜時には重機の走行やバケットの接触等の作用がある。これらでサンドパックスの損傷が生じないように安定している必要がある。これらの作用に対しては要求性能設定区分に関わらず性能 1 を要求することとした。

② 供用時荷重の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

サンドパックスの自重や上載荷重、背後の養浜盛土等による土圧の作用に対し安定している必要がある。降雨による浸潤線の上昇を考慮した上で、これらの作用に対しては、要求性能設定区分に関わらず性能 1 を要求することとした。

③ 波浪・津波の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

波力に対する要求性能は 3 つの観点で設定した。1 つめは、浜崖の後退を抑止する目的達成の観点からである。2 つめは、積層体として設置されたサンドパックスが計画波浪に対し移動しないことを要求する観点である。3 つめは、前面砂浜の地盤低下等によりサンドパックス積層体が崩れてサンドパックスが単体で砂浜上に置かれた場合でも沖合に流失して漁場に迷惑をかけない性能を要求する観点である。

浜崖の後退量を防止・抑止する目的達成のためには、浜崖の後退量が抑止目標以下となるようサンドパックス積層体の天端高さや背後の養浜盛土幅を確保する必要がある。一方、浜崖後退抑止工は、一般的な護岸とは異なり、浜崖の崖面全体・設計波浪のうちあげ高まで保護するのではなく、浜崖基部のみを 3 段を上限とするサンドパックス積層体と背後の養浜盛土で保護するものである。天端高の設定にあたっては、サンドパックス 3 段積及び浜崖の後退を生じさせる（安全性能を照査する外力よりも規模の小さな）外力の波浪うちあげ高程度を上限とする天端高を設定する。これはある程度の養浜盛土と浜崖の変状を許容するものであることから、養浜による機能の回復を前提とする性能 2 を要求することとした。

地盤低下等によりサンドパックス積層体が崩れた場合に沖合流失しないことを要求される場所では、サンドパックス単体が流失しない大きさ・重量を確保すること、性能 3 を要求することとした。

波浪越波等による浸透でサンドパックス間からの吸出し作用、引波施工端への集中に対しても安定である必要がある。明石の人工海浜における陥没事故の例を引くまでもなく、吸出しや施工端の洗掘による不陸の発生は利用者の安全に大きな影響を与えることから、要求性能設定区分 1 においては性能 1 を、要求性能設定区分 2 では性能 2 を要求することとした。

津波の作用について、特に砂浜や砂丘の変形に関しては、十分に解明されているとは言い難いことから、要求性能はレベル 1 津波に対してのみ性能 2 を要求することとした。

④ 地震動の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

地震動に対する浜崖後退抑止工の要求性能としては、レベル 1 地震動に対してのみ性能 1 を要求することとし、レベル 2 地震動に対しては要求性能を設定しないことを基本とする。

⑤ 前面砂浜の地盤低下の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

海岸堤防や護岸の被災は、ほとんどが、前面砂浜の侵食によるものである。浜崖後退抑止工も砂浜上に設置されることから、これらの作用を受ける。これに対しては、予想される地盤低下量より低く根入れを設定することが最善の方法であるが、そのためには水替えが必要となり工費も大きくなる。次善の策として、水替えが必要ない高さを基礎根入れ高とし、地盤低下対策を施すことが考えられ、これが現実的な方策である。また、この地盤低下量を正確に予想することは現在の技術でも難しい。要求性能設定区分 1 では性能 1 を要求し、それ以外では性能 2 を要求することとする。また、予想を超える低下もありうることから、これに対しては性能 3 を設定する。

⑥ 砂礫衝突による袋材摩耗の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

サンドパック袋材は、波浪による砂礫の衝突による摩耗で強度が劣化する。目標寿命期間においては、これらの作用による劣化が生じた状態でも②～⑤に対して必要な強度を有していることが要求される。高い性能を要求する場所では性能 1 を要求し、それ以外の場所ではいくつかのパックで損傷・変状が発生しても修復性を満足する性能 2 を要求することとした。摩耗外力は、設置条件によって大きく異なる。当初見込みよりも砂浜の状態が安定する等すれば摩耗劣化が進まず目標寿命よりも長持ちする。目標寿命以降の期間においては、性能 2 あるいは性能 3 を要求することとした。

⑦ 気象要因による袋材劣化の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

サンドパック袋材は、陸上で露出していると紫外線等による劣化で強度が低下する。目標寿命期間においては、これらの作用による劣化が生じた状態でも②～⑤に対して必要な強度を有していることが要求される。高い性能を要求する場所では性能 1 を要求し、それ以外の場所ではいくつかのパックで損傷・変状が発生しても修復性を満足する性能 2 を要求することとした。当初見込みよりも砂浜の状態が安定し、覆土された状態が続けば紫外線劣化が進まず目標寿命よりも長持ちする。その期間においては、性能 2 あるいは性能 3 を要求することとした。

⑧ その他の作用に対する浜崖後退抑止工の要求性能

①～⑦の他、サンドパック袋材への作用として、漂流物の衝突、人為的な切創、燃焼、薬品による劣化等が考えられる。漂流物の衝突、人為的切創、燃焼に対しては、袋材の損傷が拡大しないこと、性能 2 を要求することとした。薬品による劣化については特別な場所以外では考慮しないこととした。

I-1 基本方針

I-1.6 性能の照査

- (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) I-2～I-3 に従って設計し、I-4 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。

解 説

(1) 性能照査の原則

浜崖後退抑止工の性能照査の原則を示したものである。浜崖後退抑止工の設計にあたっては、要求性能に応じて限界状態を設定し、各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ことを原則とする。

(2) 設計の前提条件

浜崖後退抑止工の安定性、耐久性は、設計のみならず施工の良し悪し、維持管理の程度により大きく依存する。このため、設計にあたっては、前提とする施工、品質管理、維持管理の条件を定めなければならない。特にサンドバック袋材は、施工時においても、前面砂浜の低下に伴う変形時においても損傷する弱点となりやすいことから、設計にあたっては、前提とする荷重条件より悪くならないよう、前提とする強度が発揮されるよう、施工方法に応じた留意事項、中詰め材充填率の目標値と管理の方法を定める必要がある。袋材強度の劣化は、砂礫の衝突摩耗状況や紫外線の照射状況等により大きく異なることから、それらの状況が設計時に設定した状況を満足しているかどうかを把握するための点検の方法と頻度を定める必要もある。

ただし、設計時には用いる養浜盛土材料の土質を詳細に把握することは困難な場合もあることから、事前に材料の不確実性を考慮して、設計段階で施工時の対応を検討しておくことや安全性検討で用いる土質常数等に安全余裕を見込んでおくことが望ましい。サンドバック袋材は、現状の耐久性技術では目標寿命期間が 50 年確保できない場合が多い。浜崖後退抑止工としては寿命が長い方がよいので、袋材についても余裕が確保されるよう努めることとする。また、サンドバックメーカーは、損傷が発生した場合の修復方法を検討しておくこととする。

(3) 照査の方法

これまでの実物大等の実験や現地実験、海外における経験・実績から、I-2～I-3 に従って照査するとともに、I-4 以降の施工、品質管理、維持管理が行われる場合には、上記(1)、(2)を満足するとみなしてよい。

I-2～I-3 には、国土技術政策総合研究所等で実施した水理実験や実物大実験、現地実験の結果や、海外のジオテキスタイルを用いたバック工法の検討・実績に基づく照査方法を示している。

I-1.7 浜崖後退抑止工の限界状態

- | |
|---|
| <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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、周辺海域利用への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。</p> |
|---|

解 説

浜崖後退後退抑止工の要求性能に応じた限界状態の考え方及び照査項目を例示すると、表 I - 1.7.1 及び以下のとおりである。

(1) 性能 1 に対する浜崖後退抑止工の限界状態

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浜崖後退抑止工としての健全性を損なわないように定めたものである。浜崖後退抑止工背後の養浜盛土の波浪越波による洗掘や変形、降雨や地震動の作用による軽微な損傷を完全に防止することは現実的ではない。このため、性能 1 に対する浜崖後退抑止工の限界状態は、浜崖後退抑止工の目的達成性、修復性、安全性をすべて満足する観点から、浜崖後退量を許容量以下にできる状態を維持できるよう、サンドバックが波浪等により移動せず、背後の養浜盛土に利用者の安全を損なう有害な洗掘・空洞が生じず、養浜盛土に軽微な亀裂や段差が生じた場合でも平常時においての点検と補修、また、地震や高波浪後の緊急点検と緊急措置により、浜崖後退抑止工の目的達成性を確保できる限界の状態と設定すればよい。

I - 1 基本方針

表 I-1.7.1(1) 限界状態の考え方と照査項目（性能1）

要求性能	浜崖後退抑止工の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査方法
性能1	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、浜崖の後退を防止・抑止する機能を確保できる限界の状態	サンドパック積層体	波力や土圧(L1地震動含む)・残留水圧に対して有害な変形を生じない(サンドパックが移動しない・吸い出しが起きる隙間が空かない) 浜崖後退量が許容量以下となる	高さ	①うちあげ高・限界積層高 ②浜崖後退量
				根入れ	③地盤低下量照査
				施工端・吸い出し	③施工端・突き合わせ処理
				土圧・残留水圧安定性	③安定照査
				波力安定性	④重量照査
		背後養浜盛土	越波による洗掘・変形が生じても浜崖の後退抑止に必要な高さ(積層体天端高)を維持する。 吸い出しが起きない 浜崖後退量が許容量以下となる	越波変形	②浜崖後退量
		サンドパック袋材	施工時に袋材に作用する張力によって袋材が破れない 目標とする寿命の期間に劣化により低下した強度で積層体の状態で作用する張力によって袋材が破れない 人為的切創・燃焼・漂流物で袋材に穴があいても穴が拡大しない	初期強度	⑥初期強度照査
				劣化後強度	⑤劣化後強度照査
				損傷拡大防止	⑦損傷拡大抵抗性試験

(2) 性能 2 に対する浜崖後退抑止工の限界状態

性能 2 に対する浜崖後退抑止工の限界状態は、想定する作用に対す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目的達成性能（浜崖後退量を許容量以下にする性能）の回復を養浜やサンドパックの補修・暫定的な袋詰め玉石工の設置等によって比較的容易に行えるようにするために定めたものである。万が一、一部のサンドパック袋材が損傷を受け中詰め材が抜ける・想定以上の地盤低下で一部区間のサンドパック積層体が崩れる等して背後の養浜盛土が流失し、その一部区間で浜崖後退抑止工の目的達成性が失われても、修復性と安全性を満足する観点から、サンドパックの修復・袋詰め玉石による暫定的な積層体の構築と養浜によって浜崖後退抑止工の目的達成性能が回復できる限界の状態を限界状態として設定すればよい。

表 I-1.7.1(2) 限界状態の考え方と照査項目（性能 2）

要求性能	浜崖後退抑止工の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査方法
性能 2	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限界の状態	サンドパック積層体	万が一一部のサンドパックの袋材が損傷し背面養浜盛土が流失した場合でも、養浜盛土の修復に対して有害な変形を生じない(自立構造であること)	高さ	① うちあげ高・限界積層高
				根入れ	③ 地盤低下量照査
				施工端・吸い出し	③ 施工端・突き合わせ処理
				土圧・残留水圧安定性	③ 安定照査
				波力安定性	③ 重量照査
		背後養浜盛土	養浜盛土が流失しても修復可能であること	養浜盛土幅	② 養浜盛土修復施工性照査
		サンドパック袋材	施工時に袋材に作用する張力によって袋材が破れない 目標とする寿命の期間に劣化により低下した強度で積層体の状態で作用する張力によって袋材が破れない 人為的切創・燃焼・漂流物で袋材に穴があいても穴が拡大しない	初期強度	⑥ 初期強度照査
				劣化後強度	⑤ 劣化後強度照査
				損傷拡大防止	⑦ 損傷拡大抵抗性試験

I-1 基本方針

(3) 性能3に対する浜崖後退抑止工の限界状態

性能3に対する浜崖後退抑止工の限界状態は、想定する作用に対する損傷・変形が生じても周辺海岸の利用者に致命的な影響を与えないようにするために定めたものである。浜崖後退抑止工の目的達成性や修復性が失われても、安全性を満足する観点から、サンドパックの積層体が崩れても沖合に流失して周辺海域利用者に致命的な悪影響を与えないようにできる限界の状態を限界状態として設定すればよい。

表 I-1.7.1(3) 限界状態の考え方と照査項目 (性能3)

要求性能	浜崖後退抑止工の限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査方法
性能3	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、周辺海域の利用への致命的な影響を防止しうる限界の状態 目標寿命期間経過後、適切な点検により更新時期を見逃さない状態	サンドパック単体	変形によって崩れたサンドパックが波浪によって沖合に流失しない	波力による沖合流失	④重量照査
		サンドパック袋材	目標とする寿命の期間に劣化により低下した強度で単体の状態で作用する張力によって袋材が破れない 漂流物で袋材に穴があいても穴が拡大しない 目標寿命期間経過後、適切な点検により更新時期を見逃さない	劣化後強度	⑤劣化後強度照査
				損傷拡大防止	⑦損傷拡大抵抗性試験
				劣化点検	⑧劣化状態の点検体制

I-1.8 照査方法

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。

解 説

照査に際しては、考慮する作用及び限界状態に応じて、適切な手法を選定する必要がある。

浜崖後退抑止工は、サンドパック積層体、背面養浜盛土から構成され、サンドパックは袋材と中詰材により構成される。性能照査の対象は、①サンドパック積層体と②背面養浜盛土の波浪越波に対する浜崖後退抑止機能、③サンドパック積層体の各種荷重・波浪・地盤低下に対する安定性、④サンドパック単体の波浪に対する安定性、⑤劣化も考慮したサンドパック袋材強度の各種荷重等に対する安全性、⑦袋材の損傷が発生した場合の損傷拡大に対する安全性に分けられる。このほか、サンドパック袋材については、⑥施工時荷重に対する安全性についても照査が必要である。

実際の設計手順と照査の関係を図 I-1.8.1 に示す。設計の手順から考えた場合、照査は、浜崖後退抑止工の照査とサンドパック袋材の照査に分けることができる。浜崖後退抑止工の照査は、設計の横断面図、平面図を作成する段階にあたる。この中で波力や土圧・地震動等に対して必要なサンドパックの大きさ・重量等の諸元も設定されることになる。サンドパック袋材の照査は、浜崖後退抑止工の照査で設定された横断形状やパック諸元、目標寿命、摩耗外力等の設置環境からサンドパック袋材の強度が満足するか確認するとともに、施工方法等で決まる施工外力に対しての安全性の確認、その他劣化の影響、環境への影響について確認することになる。

照査の方法は、構成要素ごとに I-2～I-3 に示される。I-2 は浜崖後退抑止工の照査、I-3 はサンドパック袋材の照査にあたる。照査方法には、論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた解析手法によるものもある一方、論理的な妥当性までは確認できないが、現地で起こっている現象の促進試験や一定期間の試験結果の外挿による照査も含まれる。また、定性的に確認する試験等定量的照査でないものもあるが、ここでは便宜上同列に扱うこととする。

表 I-1.8.1 構成要素毎の照査方法

構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査方法
全体	性能 1 浜崖後退量を許容量以下とする	浜崖後退量	②浜崖後退量照査
サンドパック積層体	性能 1 波力や土圧 (L1 地震動含む)・残留水圧に対して有害な変形を生じない (サンドパックが移動しない・吸い出しが起きる隙間が空かない)	高さ	①うちあげ高・限界積層高
		根入れ	③地盤低下量照査
		施工端・吸い出し	③施工端・突き合わせ処理
		土圧・残留水圧安定性	③安定照査
		波力安定性	④重量照査

I - 1 基本方針

表 I-1.8.1 構成要素毎の照査方法

構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査方法
サンドパックス積層体	性能 2 万が一部のサンドパックスの袋材が損傷し背面養浜盛土が流失した場合でも、養浜盛土の修復に対して有害な変形を生じない(自立構造であること)	高さ	①うちあげ高・限界積層高
		根入れ	③地盤低下量照査
		施工端・吸い出し	③施工端・突き合わせ処理
		土圧・残留水圧安定性	③安定照査
		波力安定性	③重量照査
背後養浜盛土	性能 1 越波による洗掘・変形が生じても浜崖の後退抑止に必要な高さ(積層体天端高)を維持する。吸出しが起きない	越波変形	②越波変形照査
背後養浜盛土	性能 2 養浜盛土が流失しても修復可能であること	養浜盛土幅	②養浜盛土修復施工性照査
サンドパックス袋材	性能 1 施工時に袋材に作用する張力によって袋材が破れない 目標とする寿命の期間に劣化により低下した強度で積層体の状態で作用する張力によって袋材が破れない 人為的切創・燃焼・漂流物で袋材に穴があいても損傷が拡大しない	初期強度	⑥初期強度照査
		劣化後強度	⑤劣化後強度照査
		損傷拡大防止	⑦損傷拡大抵抗性試験
サンドパックス袋材	性能 2 施工時に袋材に作用する張力によって袋材が破れない 目標とする寿命の期間に劣化により低下した強度で積層体の状態で作用する張力によって袋材が破れない 人為的切創・燃焼・漂流物で袋材に穴があいても損傷が拡大しない	初期強度	⑥初期強度照査
		劣化後強度	⑤劣化後強度照査
		損傷拡大防止	⑦損傷拡大抵抗性試験
サンドパックス袋材	性能 3 目標とする寿命の期間に劣化により低下した強度で単体の状態で作用する張力によって袋材が破れない 漂流物で袋材に穴があいても損傷が拡大しない 目標寿命期間経過後、適切な点検により更新時期を見逃さない	劣化後強度	⑤劣化後強度照査
サンドパックス単体	性能 3 変形によって崩れたサンドパックスが波浪によって沖合に流失しない	波力による沖合流失	④重量照査

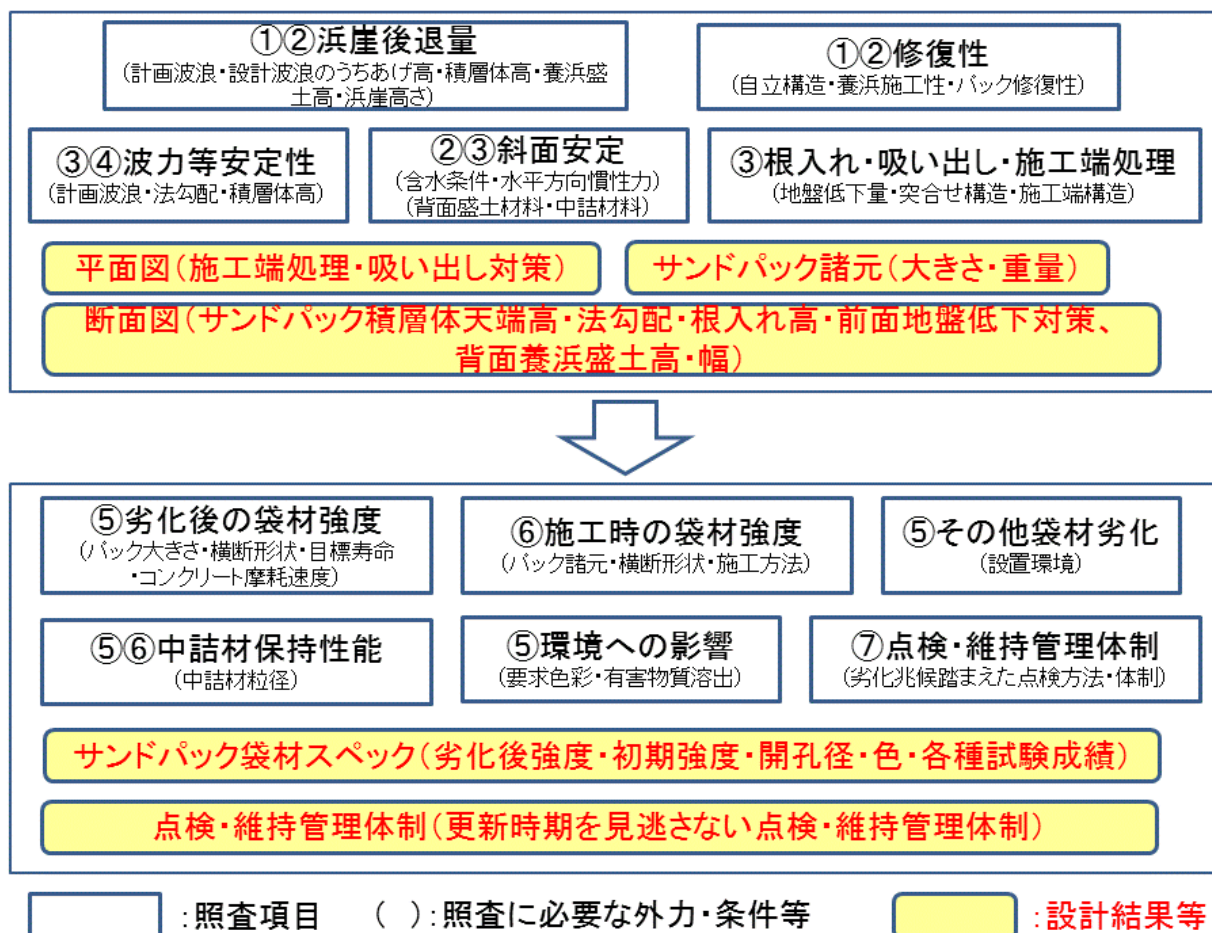


図 I-1.8.1 実際に考えられる設計フロー

I - 1 基本方針

I -1.9 照査外力の設定

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：サンドパック自重、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：サンドパック自重、重機・養浜等上載荷重、残留水圧
- 3) 波浪・津波と地盤低下：計画波浪・設計波浪うちあげ高、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・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

解 説

表 I -1.9.1 に想定する作用と照査外力の設定例を示す。詳細は I -2、I -3 を参照されたい。

表 I -1.9.1 想定する作用と照査外力

想定する作用		考慮する外力・荷重
施工時	重機	サンドパック自重 養浜盛土・重機上載荷重 つりあげ・ポンプ圧による荷重
	充填用ポンプ	
供用時	重機の走行	サンドパック自重 養浜盛土・重機上載荷重 降雨等による残留水圧
波浪・津波作用時	浜崖後退波浪	うちあげ高
	設計波浪	波力＋地盤低下＋浜崖後退＋ サンドパック沖合流失＋吸出し・ 施工端引波集中
	津波	設計津波
地震動の作用	レベル1 地震動	水平加速度による慣性力
	レベル2 地震動	－
サンドパック袋材の強度劣化・破損	砂礫衝突による摩耗	コンクリート摩耗量
	気象要因劣化	紫外線＋加水暴露時間
	人為切創・漂流物衝突・燃焼等	左記の作用によるサンドパック袋材の損傷状態での張力