

美しい海辺を守る災害復旧ガイドラインと海岸カルテ

宇多高明* ・白井勝二** ・香取孝史***
関沢元治**** ・大谷靖郎***** ・辺見 聡*****

海岸災害復旧事業では、防災面や施工性・経済性が最優先されるとともに、災害の発生から工事までの期間が短いため、復旧対策としてコンクリートブロックを用いた工法が採用されることが多かった。その結果、再度災害の発生に加えて、海岸の景観や生態系が損なわれたり、海辺に近づけなくなったり、砂浜が狭くなったりした事例も多い。そこで、自然環境・景観と利用に配慮した適切な災害復旧を行うための「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」を作成した。ガイドラインでは、被災パターンや復旧工法を施設別に示すとともに、海岸のカルテとなる調査表の作成を提案し、海岸に関するデータの蓄積とその共有化を図ることを目指した。

1. はじめに

1999年に改正された「海岸法」では、法の目的として従来の波浪・高潮・津波等からの「海岸の防護(防災)」に「海岸環境の整備と保全」および「公衆の海岸の適正な利用」が追加され、国民共有の財産である海岸を「美しく、安全で、いきいきした海岸」にして次の世代に引き継ぐべきことが謳われている。

これまでの海岸災害復旧事業では、「海岸の防護」が第一義的に優先されるとともに、迅速性も要求されるため、波浪という大きな外力に対応が可能で、強度が大きく、重量があり、様々な形に成型でき、しかも安価なコンクリート製品が信頼され重用されてきた。なかでも、コンクリートブロックは、各種の海岸保全施設を防護するために大量に設置されてきた。こうした工法の採用が地域住民に安心感を与え、海岸災害に対する安全性が確保されてきたことは事実であるが、「美しい海辺」の景観や生態系が損なわれたり、海辺に近づけなくなったり、砂浜が狭くなったりした事例も少なくない。これからの海岸災害復旧事業においては、「海岸法」改正の精神に則り、海岸を防護するとともに、多様な生態系や独特の景観等の自然環境の保全および海岸域の利用にも配慮することが求められている。

一方、災害復旧事業では、地域住民の安全、地域社会の災害からの復興、さらに早期の復旧を図ることが重要である。このため、事業着手までに十分な検討時間を確保することが難しく、あらかじめ海岸特性等が把握されていなければ適切な工法の選定は困難である。また、海岸災害では、被災箇所やその近隣区間において再び被害

が生じることも多く、全国の海岸で進行している侵食にも対応した災害復旧のあり方が課題となっている。

こうした状況と課題を考慮し、被災した海岸の自然特性や社会的要請に基づく災害復旧を行うために、「美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン(案)」を作成し、次世代に引き継ぐことのできる美しい海岸にふさわしい災害復旧を目指すとともに、被災事例の整理や復旧後の追跡調査等により、海岸災害復旧に関する有用な知見の共有化を推進することとした。

なお、一般に、災害復旧事業では、原形復旧あるいは既存施設の持つ機能の復旧を原則としていることから、環境の保全、海岸利用との調和、再度災害の防止等への配慮に対してもおのずと限界を有している。したがって、改良復旧事業、海岸事業、都道府県単独事業等との連携により広域的、長期的視野に立った災害復旧を目指すことが重要である。

2. ガイドラインの概要

海岸災害復旧ガイドラインの主な構成は、以下の通りである。

- (1) 海岸災害復旧の基本方針
- (2) 海岸災害の実態と特徴
- (3) 被災原因の究明
- (4) 災害復旧工法の選定
- (5) 災害復旧工法の設計
- (6) 海岸災害復旧の追跡調査

ガイドラインに基づく海岸災害復旧では、図-1に示すように、初めに災害が発生した海岸の漂砂機構等の海岸特性を把握するとともに、被災の実態と過程の把握および被災の原因とメカニズムの解明を行う。次に外力の設定、復旧の範囲や方法等の災害復旧の規模の検討を行い、適切な復旧工法を選定して設計を行い、災害復旧事業に着手することになる。さらに、追跡調査を実施することにより、海岸災害復旧に関する情報の蓄積を図るとともに、分析を行って復旧工法の改良や新工法の開発等にフィードバックすることも重要である。

* 正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所研究総務官
** 国土交通省関東地方整備局渡良瀬川工事事務所長
(元国土交通省河川局防災課課長補佐)
*** 国土交通省関東地方整備局荒川上流工事事務所調査課長
(元国土交通省河川局防災課課長第二係長)
**** 正会員 工修 国土交通省東北地方整備局北上川下流工事事務所長
(元(財)国土技術研究センター調査第一部次長)
***** 正会員 (株)アルファ水工コンサルタンツ
***** 工修 (株)アイ・エヌ・エー海岸部

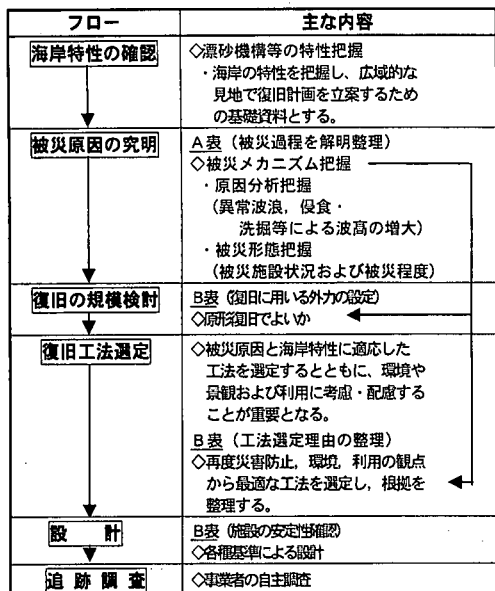


図-1 海岸災害復旧の実務フロー

また、ガイドラインでは、①自然環境の保全および利用への配慮、②被災メカニズムの理解と工法選定への反映、③再度災害防止を図るための工法選定を明確にした。

なお、ガイドラインは、近年の災害復旧事業における課題について整理し、災害復旧においてよく用いられている工法を中心にとりまとめたものであり、今後新たに生ずる災害での新たな問題点や、より良い災害復旧を行うための新たな工夫等を反映するよう、適宜見直しを行うこととしている。

3. 海岸災害の実態と特徴

1999年、2000年に各都道府県に対して海岸災害に関するアンケート調査と事例調査を実施し、被災の実態と原因および災害復旧の現状を調べた。アンケート調査では、被災施設の種類と件数、被災形態と原因、復旧対策の現状などを分析した。

被災実態では、図-2に示すように護岸と緩傾斜堤および離岸堤と消波工の被災が多く、被災要因としては、侵食・洗掘が全体の約80%で挙げられている。また、堤防・護岸、緩傾斜堤、根固工・消波工のように陸域に設置されている海岸保全施設では、図-3(a)に示すように被災箇所の砂浜幅は0mが最も多く、30m未満のものがほとんどを占めており、砂浜の保全が被災防止に重要なことが分る。

災害復旧の方法については、図-3(b)に示すように原形復旧が40%の割合であり、構造形式を変えて復旧するものや改良復旧を行うものが60%を占めている。このこ

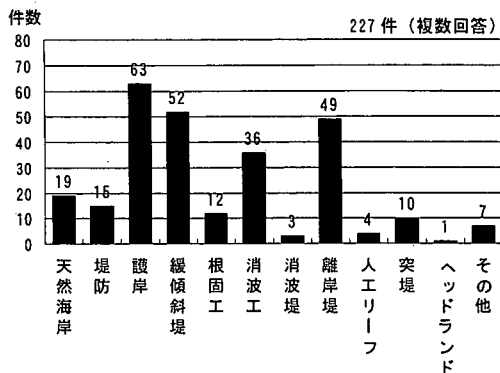


図-2 被災を受けた海岸保全施設

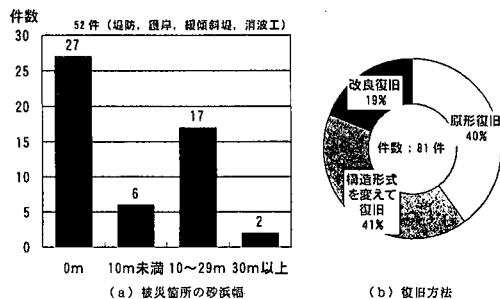


図-3 アンケート調査による被災実態

とから、海岸災害は、高波浪、高潮、津波等の異常外力によって生じるが、被災した場合には、侵食や洗掘による海底地盤の低下とこれに伴う波力の増大等によって、原形復旧（原状回復）できない場合が多いものと考えられる。

4. 被災原因の究明について

4.1 被災原因の検討

海岸の自然環境、景観、利用に配慮した災害復旧を実施するためには、被災原因や外力に応じた適切な復旧工法であることに加えて、海岸特性の把握および海岸環境や利用を踏まえた工法選定が必要であり、それらに関する調査が重要となる。また、復旧した海岸保全施設が、同じような外力によって再び被災するような事態が生じないように、被災箇所および周辺の状況についての的確な調査を実施し、被災を引き起こしたメカニズムを把握して、復旧工法の選定に反映させる必要がある。

被災原因の究明に関する調査項目を表-1に示す。被災原因を明らかにするためには、被災施設や被災箇所だけでなく海岸全体を対象として、多方面の角度から十分に検討を行うことが必要である。また、適切な災害復旧を実施するためには、被災状況の把握や被災原因の解明

表-1 被災原因の検討に関する調査項目

分類	調査項目	調査内容
被害実態	被害状況	・被災施設の被害状況 (潮位, 現場写真) ・施工時の被災施設との比較 (完成写真等) ・被災時の越波状況 ・状況写真等の整理, 痕跡調査, 聞き取り調査等
	被災箇所の保全状況	・海岸保全施設の設置状況 ・平面図, 断面図の整理
	被災履歴	・過去の被害状況・既存の被災資料整理
	海浜地形	・測量結果による法先部や砂浜幅等の海浜地形の把握
被災時の外力	地形変化	・砂浜幅や海浜地形の変化 ・被災施設の施工時等の測量結果との比較 ・被災前後の海浜の状況 ・被災前の現場写真の収集・整理
	災害発生時の風, 潮位, 波浪	・近隣観測所の資料収集と整理 ・被災時の外力の推定
	設計・計画時	・設計時の外力と根拠 ・被災施設の設計資料等の整理 ・保全計画の外力と根拠 ・海岸保全施設台帳, 全体計画書等の整理
	海象	・波浪出現頻度, 月別経年変化の解析 ・異常気象時の波浪の解析 ・潮汐変化, 異常潮位 ・津波高, 来襲状況
地形	海岸地形	・海岸線の形状, 海浜の勾配等
侵食	侵食実態	・空中写真や測量結果による汀線や海底地形の経年変化
漂砂	底質の性状	・粒径分布, 中央粒径
	漂砂特性	・卓越方向, 漂砂量, 漂砂源, 移動限界
	海岸保全基本計画	・対象地点および周辺の海岸保全施設の設置状況と計画内容の整理 ・既設の海岸保全施設の設計の整理 ・既設の保全施設の設計条件等の把握
	周辺の被害状況	・被災状況, 被災原因の整理 ・災害復旧工法の検討結果の整理

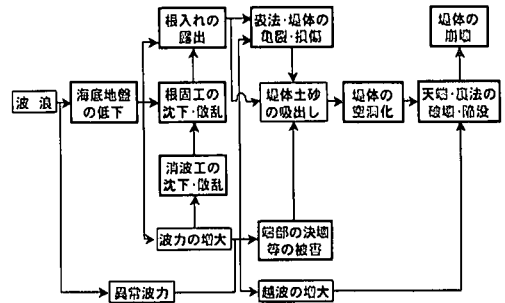


図-4 堤防・護岸の被災過程のイベントツリー

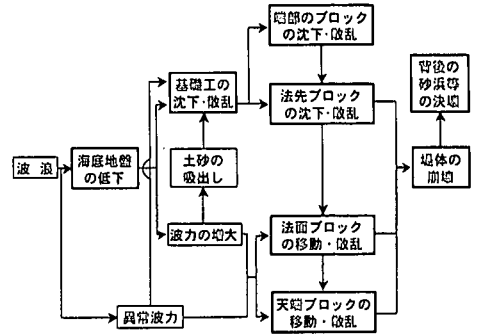


図-5 人工リーフの被災過程のイベントツリー

に加えて、気象・海象や漂砂等の海岸特性および海岸保全施設の設置状況や被災履歴等を把握するための調査が必要となる。このためには、平常時からこれらの項目に関する調査やデータの収集・整理等を行っておくことが重要である。

4.2 施設別の被災パターン

被災した海岸保全施設の被災原因を明確にすることを目的として、施設別の被災過程のイベントツリーを作成した。イベントツリーは、天然海岸、堤防・護岸、緩傾斜堤、根固工、消波工・消波堤・離岸堤、人工リーフ、突堤・ヘッドランドの7種類の海岸保全施設を対象として、既存の調査・研究成果および事例調査結果等を基に各施設の被災過程のパターンを想定したものである。

例として図-4に堤防・護岸の被災過程のイベントツリーを示す。堤防・護岸の被災過程は、侵食傾向の海岸では、海底地盤の低下およびそれに伴う波力や越波の増大によって、根入れの露出や根固工・消波工の沈下・散乱等の被害が生じ、さらに堤体の亀裂や土砂の吸出しによる空洞化が生じて、天端の陥没等から堤体の崩壊に至る。また、冬期風浪等の繰返し来襲する高波浪によっても、局所洗掘に伴って同様の被害が生じる。なお、侵食傾向の海岸では、被災箇所のみを考えて復旧を行うと、隣接区間に侵食が波及する可能性が高いため、災害復旧と併せて侵食対策の検討も必要となる。

図-5に示す人工リーフでは、侵食や洗掘による海底地盤の低下およびそれに伴う波力の増大によって、基礎工の沈下・散乱が生じ、さらに法先ブロックの沈下・散乱、法面や天端面の被災ブロックの移動・散乱から堤体の崩壊に至る。また、異常波浪によっても法面や天端面の被災ブロックの移動・散乱から堤体の崩壊に至る。

他の施設の被災パターンについては、緩傾斜堤と根固工は堤防・護岸に、消波工・消波堤・離岸堤は人工リーフに近く、突堤・ヘッドランドは、陸上部分では堤防・護岸と、海上部分では離岸堤や緩傾斜堤と同様である。

4.3 海岸災害実態調査表 (A表)

被災原因の除去や再度災害の防止が図れる適正な災害復旧の実施においては、海岸特性を踏まえた被災メカニズムおよび被災原因を明確にすることが必要である。海岸災害実態調査表 (A表) は、被災実態および被災要因を適確に把握し、復旧工法の検討に資することを目的として作成するものである。A表を災害復旧申請時に作成・提出することにより、災害査定や事前打合せが円滑に行われることに役立つ。

A表では、①被災の実態と要因の把握、②漂砂や侵食状況等の海岸特性の把握、③被災の履歴と施設緒元の整理、④周辺の自然環境と海岸域の利用状況の把握を行うために必要な項目について、具体的な内容を記入するのであり、A表には、被災過程のイベントツリーおよび

漂砂機構と侵食原因の判定表の作成も含まれている。

また、被災施設や被災状況、被災箇所周辺の状況が判断できる現地写真や空中写真を添付することに加えて、漂砂特性図や汀線変化状況図、被災前後の海岸状況や被災箇所の砂浜幅が分かる写真も必要に応じて添付する。

5. 災害復旧工法の選定について

5.1 工法選定の考え方

海岸災害は、侵食を始めとして様々な要因が複雑に関係して発生していることから、被災原因および被災箇所周辺の海岸特性を的確に把握することが復旧対策の検討においても重要である。また、海岸域の自然環境や景観および利用との調和を図ることも求められている。

復旧工法の選定においては、各対策工法の機能と効果について十分に理解し、被災原因、当該箇所の海岸特性および背後地の状況と重要性に照らし合わせて適切な復旧工法を選定し、安全の確保と再度災害の防止が図れるようにする必要がある。また、対策工法には、海岸域の生態系と景観の保全および利用に悪影響が生じないことが求められることから、これらに配慮した対策工法および構造・材料を導入する。特に、砂浜は、復旧施設の継続的な安定性の確保に加えて、海岸の自然環境を構成する重要な要素であることから、現状の砂浜を狭めるような復旧工法はできるかぎり選定しないようにする。

さらに、被災箇所を含めた周辺地域において、再び災害が発生することを防ぐためには、沿岸漂砂の連続性等の広域的な視点および海岸保全基本計画との整合や総合土砂管理等の長期的な視点からの検討も必要となる。また、海岸災害では、隣接区間が脆弱化している可能性が高いことから、改良復旧事業を積極的に活用し、復旧箇所の拡張や計画外力の見直し等の防護効果の向上を図ることも必要である。

なお、災害復旧工法の選定においては、仮設から施工に至るまでの施工性や経済性の評価に加えて、被災施設のブロック等の活用や転用、維持管理、近隣の施工実績等からの評価も必要である。また、海岸災害復旧においても、地域住民等の意見の反映や理解および漁業との調整が重要となる。

5.2 被災施設別の復旧工法

被災した海岸保全施設の被災原因および各施設の機能と効果に基づき、被災施設別の復旧工法の適用性について検討を行い、被災施設別の復旧工法の選定表を作成した。なお、海岸災害では、既設構造物との取付けなどで復旧工法が制約される場合もあることから、複数の工法の組合せによる復旧が効果的なこともある。

被災施設別の復旧工法の選定表は、天然海岸、堤防・護岸、緩傾斜堤、根固工、消波工・消波堤、離岸堤、人

表-2 堤防・護岸の復旧工法の適用性

	復旧工法	被災原因			自然環境の保全		海岸域の利用	
		異常波浪	侵食	洗掘	生態系	景観	アクセス	レク利用
堤防・護岸	原形復旧 (原状回復・構造変更)	△	×	△				
	根固工	△	△	○	-	-	-	-
	緩傾斜堤	○	×	○	-		+	-
	消波工 消波堤	○	△	○	-	-	-	-
	離岸堤	○	○	○		-		
	人工リーフ 潜堤	○	○	○				

○：機能・効果の向上が期待できる

＋：現状よりも改善される

△：機能・効果の向上が殆ど期待できない

-：現状よりも悪化する

×：機能・効果が低下する

工リーフの7種類の海岸保全施設について作成した。突堤は消波工・消波堤や離岸堤、ヘッドランドは緩傾斜堤、離岸堤、人工リーフの考え方と同様である。

表-2に復旧工法の選定表の例として、堤防・護岸のものを示す。堤防・護岸の被災は、侵食・洗掘を伴って生じている場合が多いことから、海岸の漂砂特性等の侵食・洗掘の発生機構および被災原因に適合した工法を選定することが重要である。特に侵食傾向の海岸においては、原形復旧（原状回復）では、再度災害が発生する可能性が高いことから、離岸堤や人工リーフ等の沖合消波施設との組合せによる復旧を検討するとともに、根入れや基礎工の強化等の堤防・護岸自体の構造の改良も必要となる。また、堤防・護岸の復旧では、砂浜の保全および海浜へのアクセスの確保等の自然環境や海岸利用を阻害しないことに配慮する必要がある。なお、前浜の狭い箇所における堤防・護岸の緩傾斜堤への改築は、さらに砂浜を狭めることになり、再度災害の発生および自然環境や景観の面で問題が生じることが多いことから、緩傾斜堤による復旧の選択は十分慎重に行う必要がある。

5.3 海岸災害復旧工法調査表（B表）

海岸災害復旧工法調査表（B表）は、復旧工法の検討経緯を整理するものであり、設計の根拠を明確にするとともに、追跡調査による復旧工法の効果の確認と施設改善の資料および他の海岸における災害復旧等の参考資料として有効である。

B表の主な項目は、①被災時の外力と被災施設と災害復旧の設計に用いた外力、②被災施設および復旧工法とその選定理由、③災害復旧の計画諸元、④各復旧工法の構造諸元の決定根拠であり、復旧工法の平面図および標準断面図を添付する。なお、B表の内容以外の被災原因、対策工法の検討に関する項目および設計の参考とした近隣の構造物の諸元等については、別紙の形で添付する。

また、復旧工法の検討過程を再確認することを目的として、「工法検討のチェックリスト」への記入も行う。

作成した B 表およびチェックリストは、現地での災害査定等の時に利用するものとし、A 表と合せて海岸災害復旧の適切かつ円滑な実施に役立てる。

6. 設計と追跡調査について

6.1 海岸災害復旧工法の設計

海岸保全施設は、対象とする海岸の地形、地質を踏えて地盤の変動や侵食の状況等を考慮し、水圧、土圧、波力および侵食や洗掘に伴う波力の増大等、予想される外力に対して所要の安全を確保する必要がある。海岸保全施設の災害復旧工事にあっては、各種の海岸保全施設に関する設計基準に基づいて、再度災害が生じないように復旧施設の計画の検討および設計を実施する。なお、侵食傾向の海岸における沖合消波施設の導入および自然環境や利用に配慮した復旧施設の導入が図れるような施設の工夫を行うことも必要である。

また、ガイドラインでは、設計の基礎条件、潮位・波浪等の設計外力および侵食・洗掘の考え方を示すとともに、主な復旧工法である堤防・護岸、緩傾斜堤、根固工、離岸堤、人工リーフの災害復旧における留意事項について、既存の調査・研究成果および被災事例をもとに検討を行った。

6.2 追跡調査

海岸災害は、海岸における様々な要因が複雑に関係して発生するため、被災のメカニズムの解明や適切な対策工法の選定等の災害復旧に関する課題も少なくない。また、海岸域の環境や利用に配慮した復旧工法も強く求められている。このため、工事完了後に復旧箇所周辺の海浜地形や復旧施設の状況について追跡調査を実施し、追跡調査によって得られた情報の蓄積を図るとともに分析を行って、海岸災害の発生防止および復旧工法の改良や新工法の開発等の今後の災害復旧工事の計画・設計にフィードバックすることが重要である。

追跡調査では、施設の効果と安全性の確認に加えて、施設周辺の侵食や堆積の地形変化状況を把握する必要がある。また、砂浜や干潟等に生息する多様な生態系についても十分に調査し、今後の施設計画に反映させる。

追跡調査の項目としては、①施設の効果と安全性に関する項目（施設の状況、海岸地形、波浪、潮位、流況、うち上げ高・越波量、底質、漂砂等）および②環境・利

用に関する項目（海浜植生、底生生物、海藻、付着生物、レクリエーションや漁業等の利用状況等）が考えられる。これらの調査は、必要に応じて選択して実施することになるが、再度災害や繰返し災害の発生している海岸あるいは近年侵食の著しい海岸では、汀線・深淺測量（毎年 1～2 回）、空中写真撮影（1～2 年毎の同時期）、復旧箇所周辺の状況写真撮影（毎年 2～4 回）を実施することが望ましい。

7. あとがき

従来の災害復旧では、海岸特性についての理解が十分なまま短時間で復旧計画の検討が行われたことが、再度災害の発生原因の 1 つとなっていた。また、一般に海岸事業の担当者は 2～3 年で異動してしまうために、その海岸についての重要な知見が継続的に蓄積されず、いわば海岸のカルテが残されていないことがほとんどである。これらのことが同じ過ちを繰り返し、あるいは被災の程度を高めてしまう要因となっていた。海岸災害の再発を防ぐためには、その原因の究明が不可欠であり、その海岸の過去からの変遷についての情報が必ず必要とされる。

ガイドラインで提案した海岸災害実態調査表（A 表）および海岸災害復旧工法調査表（B 表）を災害復旧の申請時や査定時に作成することにより、数年経過した後には次第に海岸カルテの集積が図られることになる。このことは、再度災害の防止および災害復旧の改善や質的な向上に大いに役立つものと考えられる。

なお、ガイドラインは、近年の海岸災害復旧事業における課題について整理し、海岸災害復旧でよく用いられている工法を中心に用語の解説も含めて現場技術者にとって解り易いようにとりまとめたものであり、今後の海岸災害で生じる新たな問題点やより良い災害復旧を行うための新たな工夫等を反映するよう、適宜見直しを行うこととしている。

最後に、ガイドラインの作成に当たり貴重な御助言と御指導を賜った佐藤慎司東京大学教授と鳥居謙一国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室長に深甚の謝意を表します。

参考文献

全国防災協会（2001）：美しい海辺を守る災害復旧ガイドライン（案），173 p.