

港湾技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 557 June 1986

海岸保全施設の維持管理手法

安 間 清
石 渡 友 夫

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 維持管理の概念	4
3. 維持管理システム	4
3.1 システムの概念	4
3.2 維持管理システム	5
4. 海岸保全施設の変状現象	6
4.1 対象施設	7
4.2 変状の発生原因	7
4.3 災害型変状の発生箇所	8
4.4 変状連鎖	10
4.5 災害型変状の発生頻度	10
4.6 主要な変状連鎖	15
5. 変状の点検方法	27
5.1 点検システム	27
5.2 変状点検指標の選定	27
5.3 変状点検の位置	28
5.4 点検項目	29
5.5 変状の点検方法	31
5.6 変状点検の時期	43
6. 変状の評価方法	44
7. 補修の基本的考え方	51
8. あとがき	52

Maintenance Method of Coastal Facilities

Kiyoshi AMMA*

Tomoo ISHIWATA**

Synopsis

It is often observed that coastal facilities are damaged by undesirable impacts resulting from the settlement of structures, destruction of structure components and so on. In order to keep the function of facilities in good condition, it is important to maintain the facilities effectively.

From this point of view, this paper makes clear the characteristics of deterioration of facilities and finds out the relation between deterioration of facilities and the causes as well. Based on these results, effective maintenance method of coastal facilities is developed. The method consists of inspections, evaluations and repair works.

* Senior Reserch Engineer, Design Standard Division
** Director of Design Standard Division

海岸保全施設の維持管理手法

安 間 清 *
石 渡 友 夫 **

要 旨

現在の海岸保全施設の維持管理は、ある程度以上に施設の変状が進行して施設の機能や安全面に支障が生じた段階で、その場その場での修復工事を災害復旧として実施しているのが実状である。しかしながら、今日のように公共施設の蓄積が進み、建設後すでにかなりの年数を経過した施設の多い段階では、このような維持管理ではやがて深刻な問題に直面する等の危惧が指摘されている。このような土木施設の維持管理上の問題に対処するためには、施設の健全度を定期的に把握し、その機能を良好に保つために必要な対策を効率的に講じてゆくことが必要である。この観点にたち、本資料は、代表的な海岸保全施設である護岸、堤防および離岸堤を対象として、各構造物の変状現象の特性を把握し、変状現象の点検方法、評価方法、ならびに対策の基本的考え方について検討を行ったものである。

1. まえがき

わが国の海岸総延長は約 34,000km で、国土面積 1,000 km² 当たりの海岸延長は 92km となる。これを、アメリカの 7km、フランスの 14km、オランダの 43km と比較すると単位面積当たりの海岸線の延長はかなり長いことがわかる。海岸線総延長のうち、台風による高潮、高波、冬期風浪、津波などに対して何等かの保全施設を必要とする海岸（海岸保全区域要指定延長）は約 16,000km あり、その中で実際に保全施設が造られている海岸の延長は 8,700km（昭和 59 年度現在）である。この延長には、海岸堤防と護岸がそれぞれ 2,800km と 5,700km、計 8,500 km 設置されており、堤防、護岸で防護した後、突堤や離岸堤などが設置されているのが一般的である。

海岸事業が国の施策として行われるようになったのは昭和 25 年からであるが、最近の事業費をみると第一次五箇年（昭和 45～49 年）2,600 億円、第二次五箇年（昭和 51～55 年）5,600 億円、第三次五箇年（昭和 56～60 年）8,200 億円（計画額）となっている。一方、海岸保全施設の被災額については、この 10 年間（50～59 年）で 240 億円となっている。

海岸保全区域要指定の海岸に将来どのような施設を建設するのか明らかでないが、何兆円もの巨費が必要とな

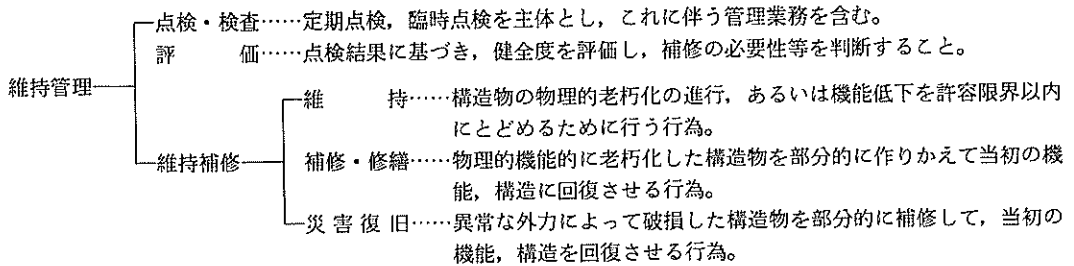
るものと考えられる。さらに、今後の海岸整備が海岸線のレクリエーションゾーンとしての利用など、今までの保全から利用等を主眼とするような施設が増加してくると、堤防・護岸の他に離岸堤や人工海浜などが重要となり、莫大な投資を必要とするようになる。そのうえ、既設の堤防や護岸なども老朽化などによって改修する必要が生じている施設も多くなっている。

このように海岸整備も行政目的の変化やサービス水準の向上にともなって多額の予算を必要とするようになると、保全施設の耐用年数をどのように考えるのか、どの程度とりうるのか、あるいは耐用年数と建設費の関係を将来を見通してどう見ればよいのかなどの問題が重要となってくる。災害をうけた時がその構造物の寿命のつきたところであるというような考えでは海岸線の有効利用はもちろん、背後地の防護を全うするためにも十分でないことは明らかである。

この耐用年数の問題に重要な意味を持つものに、施設の維持管理の問題がある。周到な維持管理の努力が耐用年数を大幅に永くできるであろうことは、他の公共施設の例をみても明らかである。しかしながら、現在港湾施設や海岸施設の維持管理に対する努力は一般に十分であるということではできない。この原因として、維持管理にあてる予算がない、あるいは維持管理の制度が確立され

* 設計基準部 主任研究官
** 設計基準部長

表-1 維持管理の概念



更新・取り替え……物理的，機能的に腐朽化した構造物，または異常な外力によって破損した構造物を全面的に取り替え，当初の機能，構造を回復させる行為。

改良……当初計画の機能を上回る機能に強化した構造に改良する行為。

ていないなどの理由があげられるが，維持管理に関する技術が十分に蓄積されていないことにもよると考えられる。

このため，本資料においては，海岸保全施設の代表的構造物である護岸，堤防および離岸堤を対象として，これらの施設に生じる変状現象を分析し，何を点検指標とするか，どのように点検を行うのか，点検結果をどう評価するか，補修をどのように考えるのか等の技術課題について検討を行い，維持管理技術の確立に資するものである。

2. 維持管理の概念

最近盛んに用いられており，本資料の主題でもある「維持管理」，「維持補修」という言葉の示す概念は必ずしも明確ではない。ここでは，検討を進めるにあたって混乱をさけるため，用語を次のとおり定義することとする。すなわち，「維持管理」とは，構造物の耐用年数内において機能を維持することを目的として行う行為とする。なお，これには構造物の更新および改良は含めない。ここで維持管理に関する用語を整理すると表-1に示すとおりとなる。「維持管理」は，点検，評価ならびに維持補修からなり，維持補修は維持，補修および災害復旧を含む。

また，災害については，公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法第2条によれば，「この法律において災害とは，暴風，こう水，高潮，地震その他の異常な天然現象により生ずる災害をいう。」と規定されている。したがって，災害復旧とは，異常な外力のため破損した構造物を補修または更新させて当初の機能を回復させることと考えることができる。この異常な外力が設計外力以上の外力であるならば，異常な外力によって生じた破損に対する手当は維持管理の範囲を越えるものである。しかし，海岸保全施設については設計外力以下の外力によって被

災することもあり，また，維持管理の面からは外力が設計外力以上であるか以下であるかは特に意味はなく，変状が生ずれば原因の種類によることなく補修を施すことを考慮しなければならない。これらのことから，災害復旧についても構造物を部分的に補修するものについては維持管理の範囲として取り扱うこととした。

3. 維持管理システム

3.1 システムの概念

海岸保全施設は，海岸線に沿って建設されるため，風雨のみならず長期間にわたってくり返される波浪にさらされており，陸上に建設される一般の土木構造物に比べて極めて厳しい環境におかれている。しかも，海岸保全施設に生ずる変状の大きなものは，主として台風時や冬期風浪時に発生し，その期間中に次から次へと来襲する強大な波浪によってさらに成長拡大し，短期間にかかなりの程度まで変状が進行してしまうことも少なくない。このため，今までの海岸保全施設の維持管理においては，ある程度以上に変状が進行して施設の機能や安全性の面に支障が生じた段階で，その場その場での修復工事を災害復旧として実施しているのが実状である。

このような施設の維持方法も一つの方法ではあるが，この場合の修復においては多額の工事費を一度に出費することになる。しかも，現在のように海岸保全施設の施設延長が増大し，そのなかには建設後かなりの年月を経た施設が増えていく段階においては，これまでのような維持方法では，修復を要する施設数の年々の増加に比例して，維持費用も次第に増加してゆくことになる。そこで，海岸保全施設の維持管理の効率化をはかり，変状が比較的軽く，したがって補修費用も少なくてすむ段階で適切な処置を実施していけるように，維持管理の方法をシステム化することが今後の重要な課題となりつつある。

そこで海岸保全施設に生ずる変状について考えてみると、この変状は損傷の規模や程度、構成部材の劣化等の状況により、次のように5段階に区分できる。

- (Step. I) 施設は健全な状態にあるか、あるいはごく微細な変状、劣化であって、まったく修復の必要のない段階。
- (Step. II) 多少の劣化や軽度の損傷等の変状がみられるが、施設の安定性の低下は少なく、機能の低下はない段階。
- (Step. III) 変状が拡大進行し、構造物の安定性低下、多少の機能低下が認められる段階。
- (Step. IV) 変状が大きく、構造物の安定性及び機能がかなり低下した段階。
- (Step. V) 施設が破壊され、機能が停止した段階。

これらの各変状段階と構造物の変状進行・修復の関係を、概念的に図示したものが図-1である。構造物は建設直後より、風雨や波浪のくり返しにより徐々に劣化や軽微な変状が生じ、時間の経過とともに微小な変状が累積されてその健全度を減じていく。変状が進行してある程度の変状になると、急速に変状が進行することがある。例えば堤防を例にとると、堤防被覆工の損傷部より堤体土がすい出され、被覆工背後の支えとなっていた土砂流

出に伴い、波力により被覆工が破壊され、その後は急速に堤体崩壊へとつながっていく。海岸保全施設は、このようなある程度の変状を過ぎると急速に変状が進行するパターンが多い。施設が機能停止やそれに近い状態になってから、その復旧を行う場合を図中に破綻線で示し、これを破壊復旧型と名づけた。これに対し、変状の軽い段階でこれを発見し、必要に応じて補修を行っていくことで経済的・効率的に施設を維持していく場合が、図中の二点鎖線である。この効率的維持補修を行うために、定期的な変状点検を組み入れた管理手法が、後述する維持管理システムである。

3.2 維持管理システム

海岸保全施設の機能を効果的に維持保全するには、施設に生ずる変状を点検し、大きな災害の前兆となる変状を早期に発見し、その変状がどの程度のものであるかを施設全体の安定性や機能面との関係において判定し、適切な処置を講じていく必要がある。つまり、海岸保全施設の維持管理システムを現場に採用するにあたっては、点検・評価・対策の3本柱からなる総合的なシステムとすることが必要である。この3本の柱からなる海岸保全施設の維持管理システムの全体像を図-2に示す。

変状点検は、施設に発生する変状の特性及び原因を考

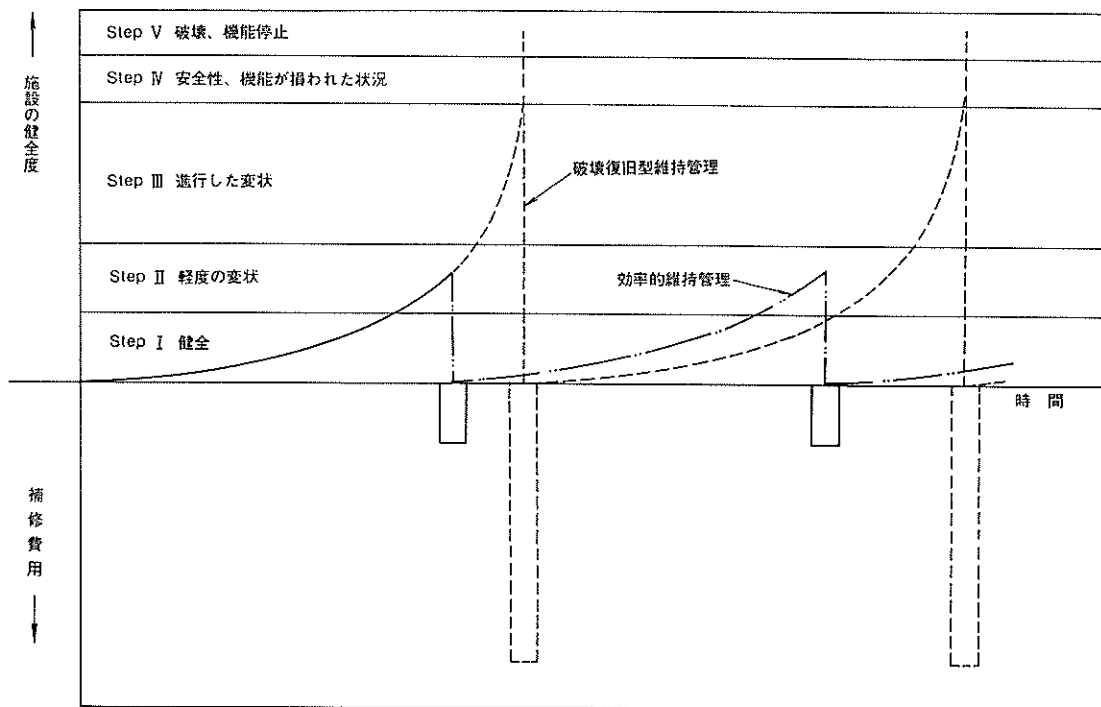
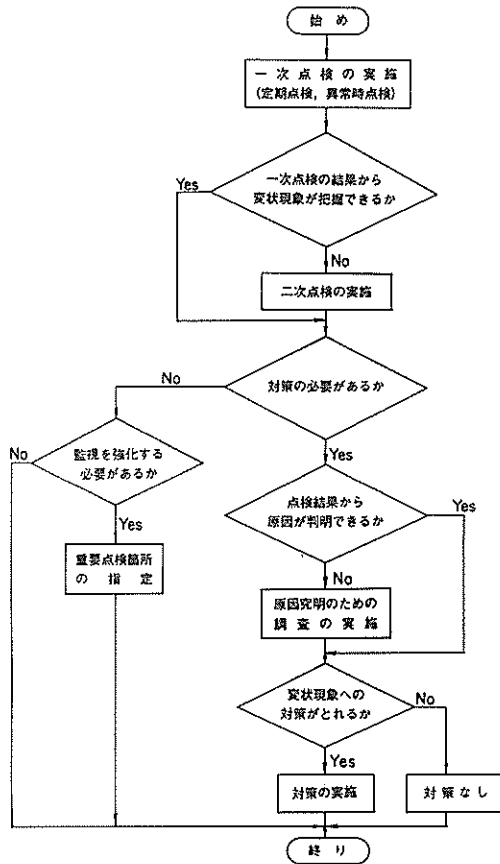


図-1 維持管理の概念図



図一 海岸保全施設の維持管理システム

慮して、効果的に実施する必要がある。変状の発生原因は荒天時の波浪や豪雨、地震等の災害型のもとの、地盤沈下やコンクリートの劣化のような常時進行型のものがある。したがって、変状現象の発生を適確に捕えるためには、荒天や地震後に実施する異常時点検と、一定の期間において実施する定期点検とを組み合わせで行う必要がある。

また、海岸保全施設は一般に長大な施設であるため、施設全長を詳細に点検してゆくことは相当な時間と費用がかかり現実的ではない。このため、比較的簡単に短期間で全体の状況を把握することのできる目視点検を主体とした一次点検と、必要に応じてより詳細な二次点検を行うことが実際的である。

変状点検システムの流れは、定期点検、異常時点検とも、まず目視を中心とした一次点検を実施する。一次点検の結果ある程度進行した変状が発見され、目視点検を

主体とする一次点検では変状の評価を十分に行うことができない場合はより詳細な二次点検を実施する。

これらの一次点検または二次点検の結果を基に、対策が必要かどうかを評価し、対策が必要と判断された場合は、必要に応じ原因究明の調査を行い、変状原因を検討する。

そして、変状の原因を考慮して補修工法や実施時期等を検討し、補修が可能な場合は補修工事を実施する。また、現段階では処置を必要としない変状であっても今後進行する恐れのある変状については、その変状箇所を重点点検箇所として今後の監視を強化してゆく必要がある。

また、一次、二次の点検記録、変状の評価結果、変状原因の検討結果、ならびに補修工事記録等はすべてデータとして利用しやすい形で集積管理しておかなければならない。

4. 海岸保全施設の変状現象

本章の目的は、海岸保全施設の代表的構造物である堤防・護岸および離岸堤について、点検・評価の対象とすべき変状現象を選定することにある。海岸保全施設に作用する外的要因は多種多様であり、施設の構成部材も相互に関連し合っているため、施設の変状機構はきわめて複雑となっている。この変状現象はすべてが発生する可能性を持つため、施設の機能を維持してゆくためにはすべての変状現象を点検・評価し、必要があれば対策を行うことが望ましい。しかしながら、この方法はその手間からして現実的ではない。このため、重要度の高い変状を点検・評価の対象とする主要な変状として選定してゆく必要がある。

この主要な変状を以下の手順で選定することとした。まず、各施設ごとに、変状の原因、変状の進行過程を検討し、変状連鎖図を作成する。つぎに、被災事例をもとに各施設の変状の発生頻度を検討する。そして、この発生頻度が高い変状を主要な変状とする。

被災事例をもとに整理される変状は、主として台風や地震を原因とする災害型の変状であり、材料の劣化や地盤沈下等の進行型の変状は直接的には取り扱われない。この進行型の変状については発生頻度に関するデータが得られていないため、一般的考察によって主要な変状を検討する。

被災事例としては、昭和46年～昭和57年に災害として査定された事例を対象とした。検討の対象とした施設は後述するように、コンクリート被覆式傾斜型、コンクリート重力式直立型、およびコンクリート壁式直立型の護岸・堤防、並びに離岸堤である。これらの施設別の被災

表-2 被災例調査の対象施設数

構造形式		対象施設数	
コンクリート被覆式傾斜型	護岸	50件	計 81件
	堤防	31件	
コンクリート重力式直立式	護岸	83件	計 106件
	堤防	23件	
コンクリート壁式直立式	護岸	67件	計 103件
	堤防	36件	
離岸堤		計 38件	
合計		328件	

事例数は表-2に示すとおりであるが、総施設数は328件である。

4.1 対象施設

本資料において維持管理システムの検討の対象とする海岸保全施設は、先にも述べたように護岸・堤防および離岸堤である。このうち、護岸・堤防の構造様式については、のり面こう配およびのり面の構成材料によって表-3に示すとおりに分類される。

表-3 堤防及び護岸の構造様式

のり面こう配による分類 のり面を構成する材料およびその構成方法による分類

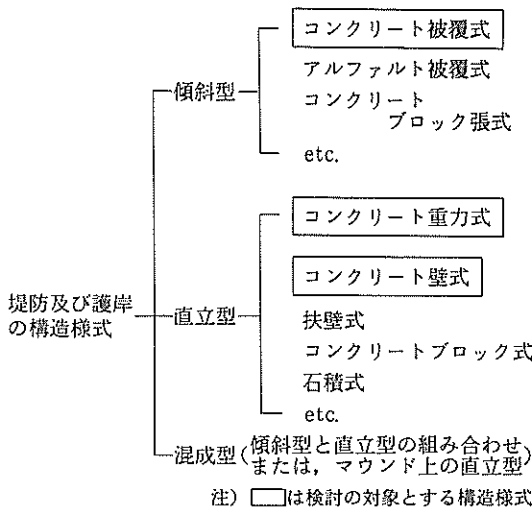
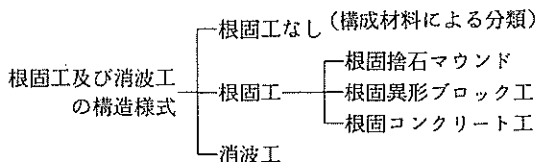


表-4 根固工・消波工の構造様式



護岸・堤防の直立式と傾斜型の区別は表のり勾配が1:1.0未満のものを直立式に、1:1.0以上のものを傾斜型とする。また、直立式のうち堤体の陸側の裏面勾配が鉛直ないし陸側に向かって下り勾配となっているものをコンクリート重力式とし、裏面勾配が表のり勾配と同一方向に傾斜しているものをコンクリート壁式に分類するものとする。さらに、堤防・護岸の前面には根固工・消波工が設置されている場合も多く、これらの分類は表-4に示すとおりである。根固工と消波工との区別は、異形ブロックにより十分に被覆(堤体天端近くまで)されており消波効果が十分に発揮されるものを消波工とし、それ以外の被覆が十分でないものを根固工として分類する。

これらの護岸・堤防の構造様式のうち、建設実績の多いコンクリート被覆式傾斜型、コンクリート重力式直立式ならびにコンクリート壁式直立式を護岸・堤防の代表的構造様式として選定し、護岸・堤防の変状現象の整理を行った。なお、護岸と堤防の違いは裏面の有無のみであり、変状現象の整理において区別する意味があまりなかったため、護岸と堤防は区別せずに取り扱うこととした。

4.2 変状の発生原因

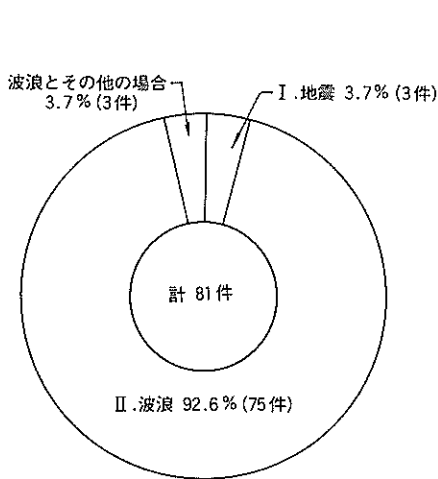
護岸・堤防や離岸堤等の海岸保全施設の変状のうち、荒天時の波力や地震力が施設構成部材に直接作用することにより生ずる変状、また荒天時の越波や雨水が堤体背後に湛水、浸透することによる残留水圧の増加や裏埋土のすい出し作用等により生ずる変状、あるいは荒天時の漂流物(木材・船舶など)の衝突力によって生ずる変状など、異常時に生ずる変状を、災害型変状ということにする。

この災害型変状は一つの異常期間内に変状の発生、連鎖を生じて、短期間に変状がかなりの程度まで進行してしまうものも少なくない。

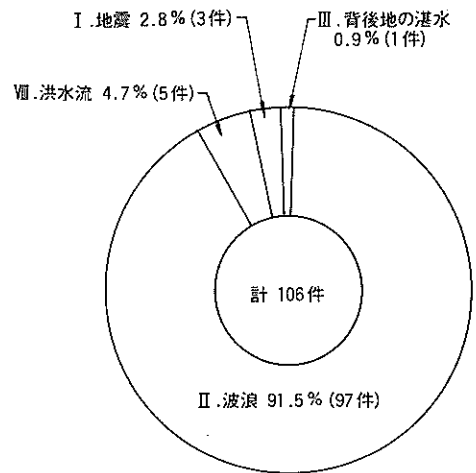
また、これらの災害等による突発的な変状のほか、地盤沈下に伴う変状やコンクリートの劣化や鉄筋等の鋼材腐食により、施設構成部材が徐々にその耐力を低下していく変状などの進行型の変状がある。

実際の海岸施設に発生する変状は、上記の災害型や進行型のほかにもこれらの複合した型の変状もあると考えられる。表-5は海岸施設に発生する様々な変状のおもな発生原因を分類したものである。

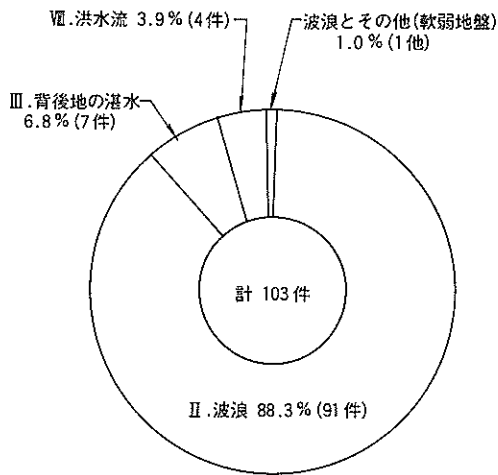
被災例調査において見られた災害型変状(災害時に見られるような短期間で変状が発生・進行するもの)の発生原因を構造様式別に整理したものを図-3に示す。これらの図に見られるように、海岸保全施設の災害型変状は暴風時の波浪を原因とするものがほとんどで発生原因



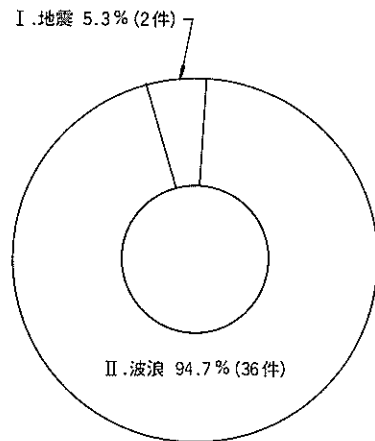
コンクリート被覆式傾斜護岸・堤防の災害原因



コンクリート重力式直立護岸・堤防の災害原因



コンクリート壁式直立護岸・堤防の災害原因



離岸堤の災害原因

図-3 災害型変状の発生原因

の9割前後を占めている。波浪以外の原因として台風や豪雨に伴う洪水流や背後地の湛水によるもの、あるいは地震によるものなどが見られる。

4.3 災害型変状の発生箇所

各構造様式別に被災事例を基に災害型変状の発生箇所について調べたものが、図-4(1)~図-4(4)である。これらの図は、変状の発生原因を分類せず、各構造物のど

の部位に変状が発生しているかを発生率で示したものである。図中の百分率は消波工を有する事例のうち消波工に変状を生じたものの発生率、あるいは根固工を有する事例のうち根固工に変状を生じたものの発生率などを示している。なお、()内は発生件数とその構造物を有する事例件数を示したものである。

これらの図によると、護岸・堤防で災害型変状の発生

表-5 変状の原因

発生原因	摘要
I 地 震	地震力・地盤の液状化・地盤のすべり破壊等
II 波 浪	波力・揚圧力・波浪による洗掘等
III 水 位 差	潮位差・残留水圧・堤背後地の湛水等
IV 圧 密	圧密沈下
V 衝 突 力	漂流物の衝突等
VI 温度変化・乾燥収縮	コンクリート等の施工・養生不良
VII 化学作用	コンクリートの中性化・鋼材の腐食作用等
VIII 水流作用	洪水流・雨水流等
IX 上 載 荷 重	車輪荷重・堤体の嵩上げ等

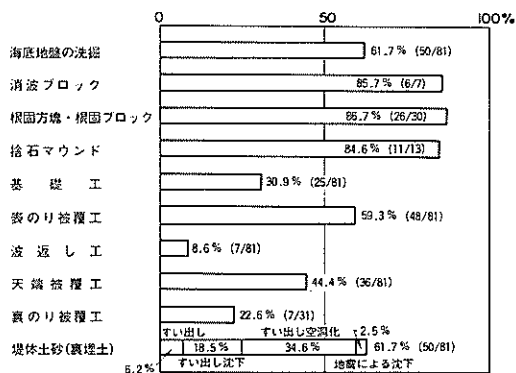


図-4(1) コンクリート被覆式傾斜堤防・護岸の災害型変状発生箇所と発生率

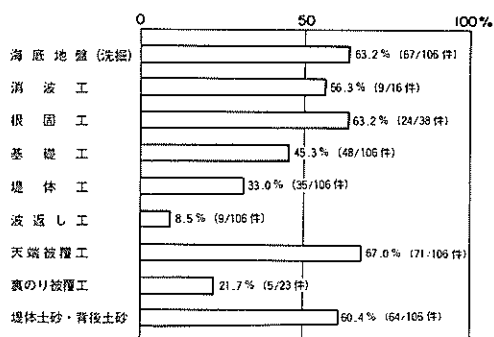


図-4(2) コンクリート重力式直立護岸・堤防の災害型変状発生箇所と発生率

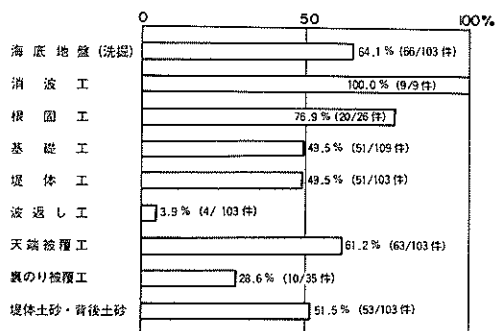


図-4(3) コンクリート壁式直立護岸・堤防の災害型変状発生箇所と発生率

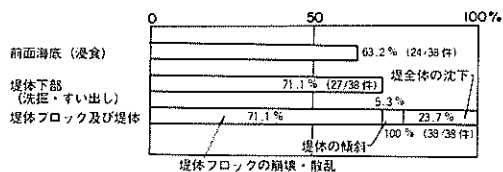


図-4(4) 離岸堤の災害型変状発生箇所と発生率

率が高いのは構造物の前面で波浪の影響を直接受ける海底地盤、消波工、根固工等となっている。また、洗掘や越波に伴う天端被覆工（水叩き工）の破損や背後土砂のすい出しによる変状も多く見られることがわかる。

離岸堤の変状は、前面海底の侵食や堤体基部の洗掘・すい出しによる変状が多く、いずれも堤体ブロックに散乱や沈下等の変状を生じている。

4.4 変状連鎖

海岸保全施設の変状機構は、種々の要素が絡み合い複雑であり、その変状機構を理解するためには、変状の発生原因、変状の発生、変状の拡大、そして機能の低下へと変状が進行してゆく過程を変状連鎖として整理する必要がある。つまり、海岸保全施設の変状は、同時に発生する場合よりも、波力等の作用によって施設のうちで作用力の大きな箇所や、作用の集中した箇所、施設の弱い箇所などで最初に変状が発生し、その変状が波力のくり返し等によって次第に拡大し、その結果施設全体に波及してゆくパターンが多く、この過程を流れ図として整理を行う。

なお、コンクリート被覆式傾斜型の護岸・堤防、コンクリート重力式直立型の護岸・堤防、およびコンクリート壁式直立型の堤防・護岸の各構造様式については、発生する変状の頻度はその構造様式によってやや異なっているが、変状連鎖のパターンについては違いがみられないため、護岸・堤防として共通の変状連鎖図として整理した。

変状連鎖図中の○は変状の原因を、□は変状を、△は変状の結果生じる影響を示す。破線については消波工がある場合の変状および変状の影響を示す。また、図中の太線は後に述べる主要な変状連鎖を示す。

(1) 護岸・堤防

護岸・堤防の代表的な変状現象の進行過程としては、①波浪によって堤体前面から堤体下部が洗掘され、堤体や基礎工が損傷を受け、堤体土砂がすい出され、さらには堤体が破壊されてゆくもの、②波浪によって表のり、堤体工、天端工、裏のり工などが損傷をうけ、堤体土砂がすい出され、堤体が破壊されてゆくもの、③波浪によって波返し工が損傷を受け、天端高が低下してゆくもの、などがある。

消波工がある場合には、波浪によって消波工や根固工が散乱・沈下を生じる。さらに、消波工断面が減少すると、越波量が増大し、堤体の破損が生じる。

以上は、護岸・堤防の変状現象の進行過程として最も代表的なものをいくつか述べたものであるが、このほかに、地震、水位差、圧密沈下など表-5の発生原因を原

因とし、発生する可能性があると考えられる種々の変状現象の進行過程を変状連鎖として整理したものを図-5に示す。

(2) 離岸堤

離岸堤の代表的な変状現象の進行過程としては、①波浪によって海底洗掘が生じ、堤体ブロックの沈下・崩壊が生じるもの、②波浪によって堤体ブロックの移動、散乱、崩壊が生じるもの、などがある。このほかに、地震、漂流物の衝突、水流作用などを原因とし、発生する可能性があると考えられる種々の変状現象の進行過程を変状連鎖として整理したものを図-6に示す。

4.5 災害型変状の発生頻度

護岸・堤防の各構造様式および離岸堤のそれぞれについて、被災事例をもとに災害型の変状の発生頻度を整理したものを図-7(1)~図-10に示す。図中の百分率で示す数値は、同じ原因で発生した変状の各連鎖においてどの変状の発生頻度が高いかを示すために、同じ原因による災害事例の総数を100%とした場合の発生率を示す。また、各変状（枠内）を結んだリンクの添数字はそのリンクを通る変状連鎖の件数を示したものである。なお、各変状連鎖のうち、相対的に発生頻度の高いものについては、図中のリンクを太線で示している。また、枠内の各変状に付けた記号は、前掲の図-5及び図-6の変状連鎖図内の記号に対応している。

(1) コンクリート被覆式傾斜護岸・堤防

a) 消波工なしの場合

消波工がない場合の最も発生頻度の高い変状連鎖は、波浪を原因とし、海底地盤の洗掘や波力によって根固工（根固異形ブロック・根固捨石マウンド）や、あるいは根固工のない場合は基礎工に変状が生じてゆくものである。この変状連鎖は、波浪を原因とする被災例71件のうち67.6%（48/71件）を占めている。そして、これらの変状から堤体土砂のすい出しを生ずる例は33.8%（84/71件）であり、うち堤体内に空洞化を生じたもの18.3%（13/71件）、すい出しにより堤体が沈下・陥没したもの14.1%（10/71件）となっている。さらに、表のり被覆工の損傷にいたった例が31.0%（22/71件）、天端工・裏のり工に損傷を生じた例が19.7%（14/71件）となっており、ついに堤体の破壊にまでいたった例が1.4%（1/71件）となっている。

次に発生頻度が高い変状連鎖は、波力によって表のり被覆工が損傷を受け（36.6%、16/71件）堤体土砂のすい出し（14.1%、10/71件）、天端工・裏のり被覆工の損傷（9.9%、7/71件）、そして堤体の破壊（5.6%、4/71件）へとつながるものである。

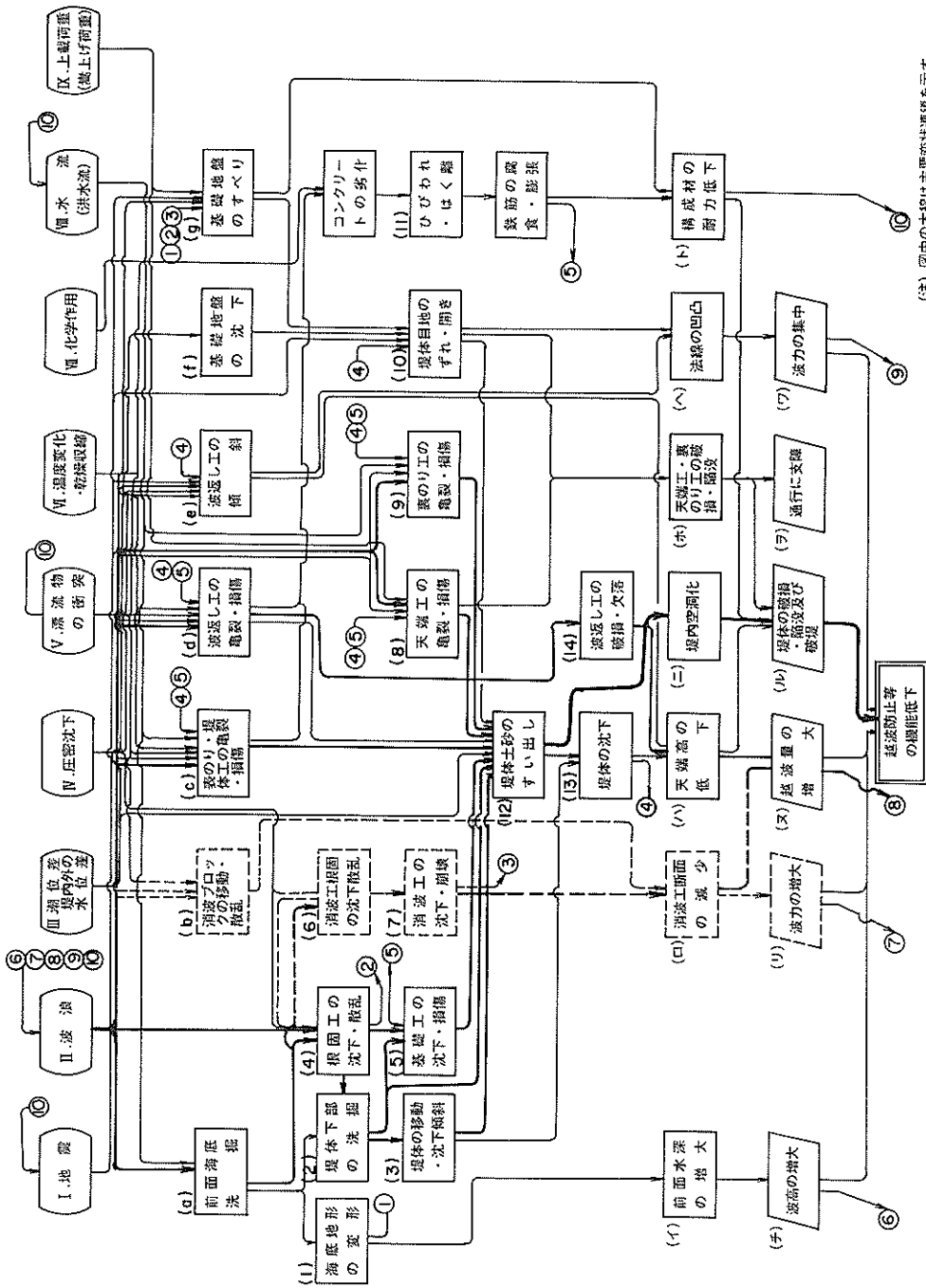


図-5 海岸護岸・堤防の変状連鎖図

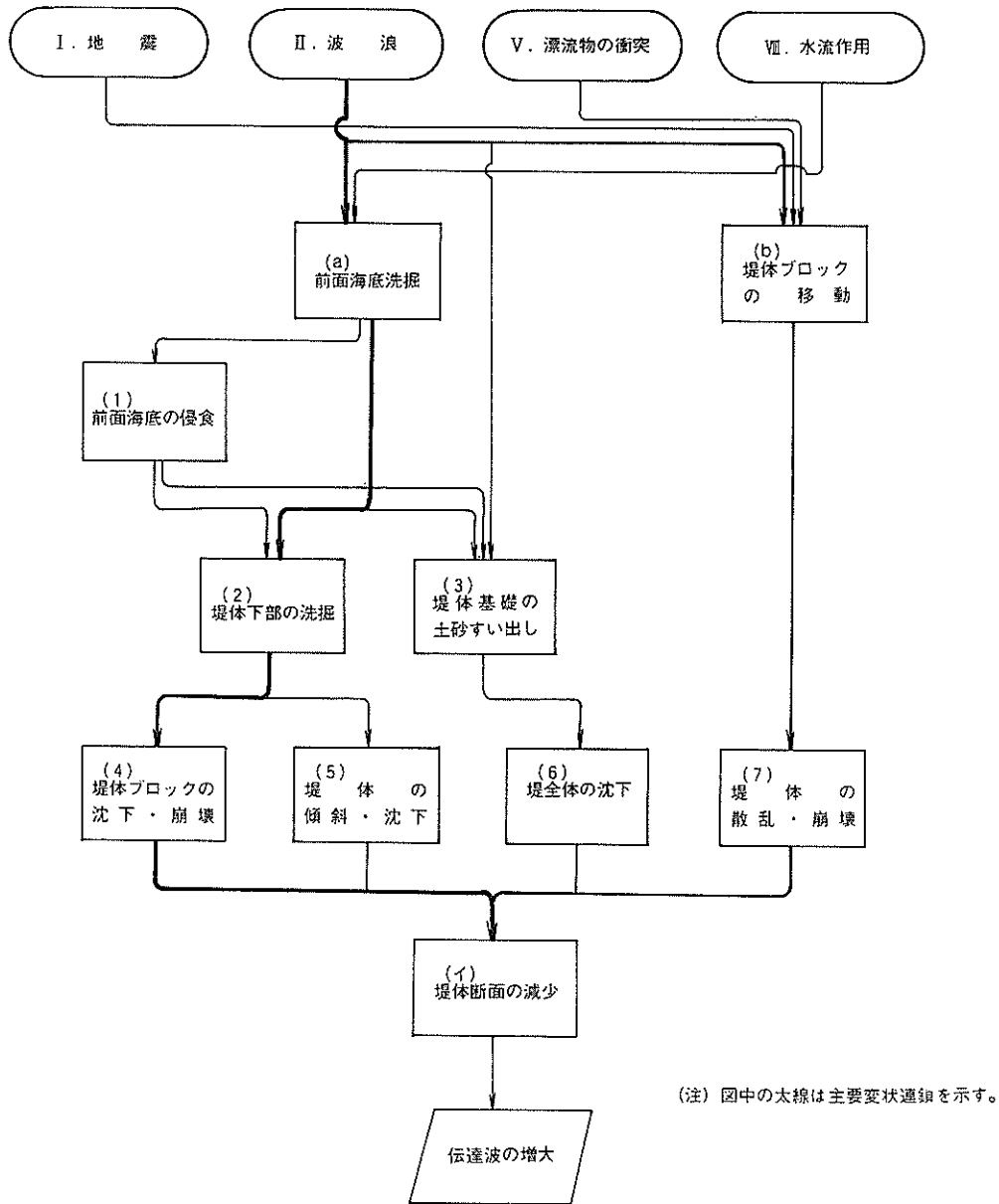


図-6 離岸堤の変状連鎖図

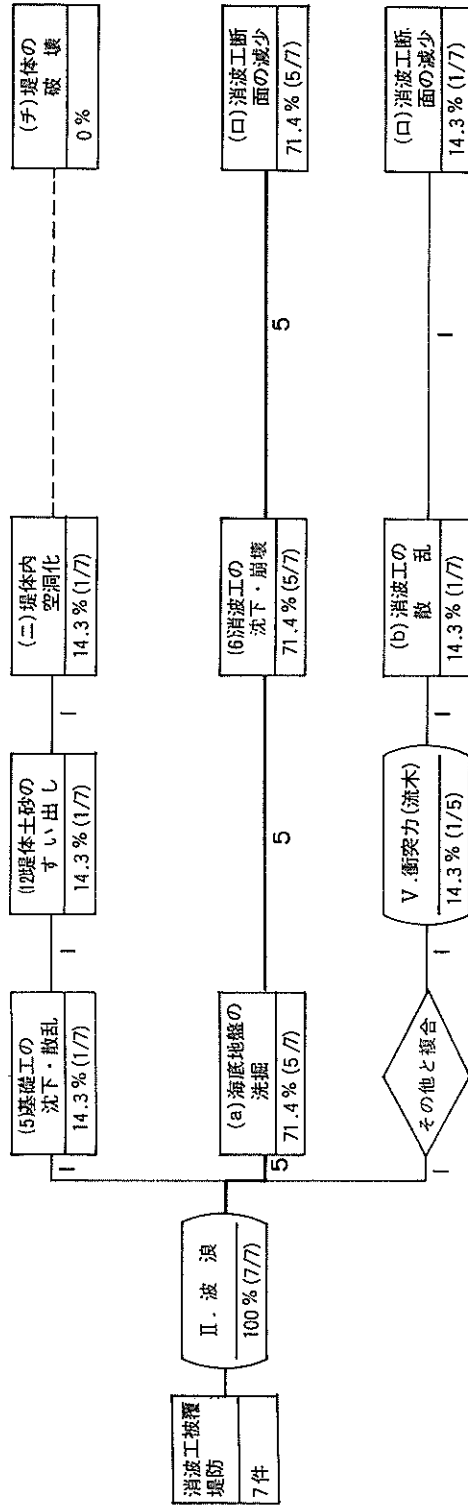
三番目に発生頻度の高い変状連鎖は、越波によって天端工や裏のり被覆工が損傷を受け（14.1%、10/71件）、堤体土砂のすい出し（12.7%、9/71件）、表のり被覆工の損傷（5.6%、4/71件）、堤体の破壊（4.2%、3/71件）へとつながるものである。

これら三つの変状連鎖以外の変状の発生頻度はかなり

低いものであり、上記の連鎖を発生頻度の高い連鎖として、図-7(1)に太線で示す。

b) 消波工ありの場合

消波工被覆されたコンクリート被覆式傾斜堤防の例は少なく7件であるが、図-7(2)に示すとおり消波工に変状を生ずる場合が6件あり、海底地盤の洗掘から消波工



(注) 太線は発生頻度の高い連鎖

図-7(2) コンクリート被覆式傾斜護岸・堤防(消波工被覆)の災害型変状連鎖

の沈下・崩壊につながる例が全体の71.4% (5/7件)で、これを発生頻度の高い連鎖とした。

(2) コンクリート重力式直立護岸・堤防

a) 消波工なしの場合

消波工なしのコンクリート重力式直立護岸・堤防の被災事例90件のうち、波浪を原因とする変状が大部分を占め83件(92.2%)となっている。変状連鎖のパターンとしては他の護岸・堤防の構造様式と同様に洗掘によるものと波力によるものとに大別される。

最も発生頻度の高い変状連鎖は、洗掘によるもので、図-8(1)に見られるように、波浪を原因とする事例の60.2% (50/83件)となっている。このうち堤体下部を洗掘された事例も多く(37件)、このためさらに変状が進行しコンクリート重力式の堤体が移動・沈下したり転倒にいたる事例や、洗掘された堤体基部より土砂がすい出され堤体背後の空洞化や水叩き工の陥没等の変状へと連鎖するものが多く見られる。

洗掘による変状連鎖に次いで波力による変状連鎖が多く、このパターンは波浪を原因とするもののうち33.7% (28/83件)を占めている。波力による変状では、越波により水叩きや裏のり部の被覆工が破損する例(15件)が多く、さらに堤体土砂のすい出し、堤体空洞化、破堤へと連鎖する。また、波力により堤体に直接変状を生ずる例として、堤体が損傷や傾斜した例が7件、また波返し工が損傷・破損した例が6件見られる。

なお、洗掘を伴う波力による変状を生じたものが上記以外の事例として波浪による変状の6.0% (5/83件)となっている。

波浪以外の原因による変状連鎖図は図-8(2)に示すように7件である。そのうちの5件は前面が河川等で洪水流による洗掘によるものである。このほか、地震を原因とする例が1件、堤背後の湛水が原因となった例が1件となっている。

以上のように、洗掘による変状連鎖と波力による変状連鎖の発生頻度が高く、これを図-8(1)に太線で示す。

b) 消波工ありの場合

消波工のあるコンクリート重力式直立護岸・堤防の例は図-8(3)に示すとおり16件で、そのうち波浪を原因とする例が14件あり、このうち消波工に沈下・散乱等の変状を生じた例が8件であった。消波工の変状は消波工の基礎洗掘による例が2件、洗掘と同時に波力の作用した例が2件、おもに波力による例が4件となっている。これらの変状連鎖が発生頻度の高い連鎖であり、図-8(3)に太線で示す。

また、波浪以外の原因による例は2件見られ、いずれ

も地震が原因となっており、消波工に変状を生じた例はそのうち1件である。

(3) コンクリート壁式直立護岸・堤防

a) 消波工なしの場合

このタイプも図-9(1)に示すとおり他の護岸・堤防の構造様式と同様に、波浪を原因とする変状事例が86.2% (81/94件)と多く、また洗掘による変状連鎖の発生もそのうちの60.5% (49/81件)と多くなっている。波力による変状の発生例は33.3% (27/81件)となっており、そのうち15件が越波によるものであり、波力により直接堤体に変状を生じた例が8件、波返し工に変状を生じた例が2件である。これらの変状連鎖が発生頻度の高い連鎖である。

波浪以外の原因による変状連鎖では、図-9(2)に示すように、堤背後地の湛水による水位差や堤体前面の河川等による洗掘など、豪雨・出水に関連するものが見られる。

b) 消波工ありの場合

消波工ありの事例は図-9(3)に示すように9件あり、いずれも波浪を原因としており、そのうち7件は洗掘による変状で、残り2件が波力による変状となっている。また、これら9件の事例はすべて消波工の散乱・沈下など消波工の変状を生じている。これらの変状連鎖が発生頻度の高い連鎖である。

(4) 離岸堤の災害型変状連鎖

離岸堤の災害事例38件のうち、図-10に示すとおり波浪に原因するものが97.4% (37/38件)とその大部分を占めており、この場合も護岸・堤防の変状パターンと同様に洗掘による変状が23件と最も高率で発生している。また、波力による堤体ブロックの散乱は27% (10/37件)となっており、これらが発生頻度の高い連鎖である。

4.6 主要な変状連鎖

これまで、護岸・堤防および離岸堤の各構造様式別に災害型変状連鎖の発生頻度の整理を行った。ここにとりあげられた変状は、すべてが補修または災害復旧の対象としてとりあげられた重要度の高い変状であり、点検・評価の対象とすることが望ましいものであるが、維持管理システムの効率性の観点から、各変状連鎖のうち発生頻度の高いものを主要変状連鎖とし、点検・評価の対象として選定する。主要変状連鎖としての選定基準としては明確な基準は設定し難いが、ここでは90%程度の変状を点検・評価の対象とすることを目的として主要な変状連鎖を選定するものとした。

なお、護岸・堤防については構造様式別に災害型の発

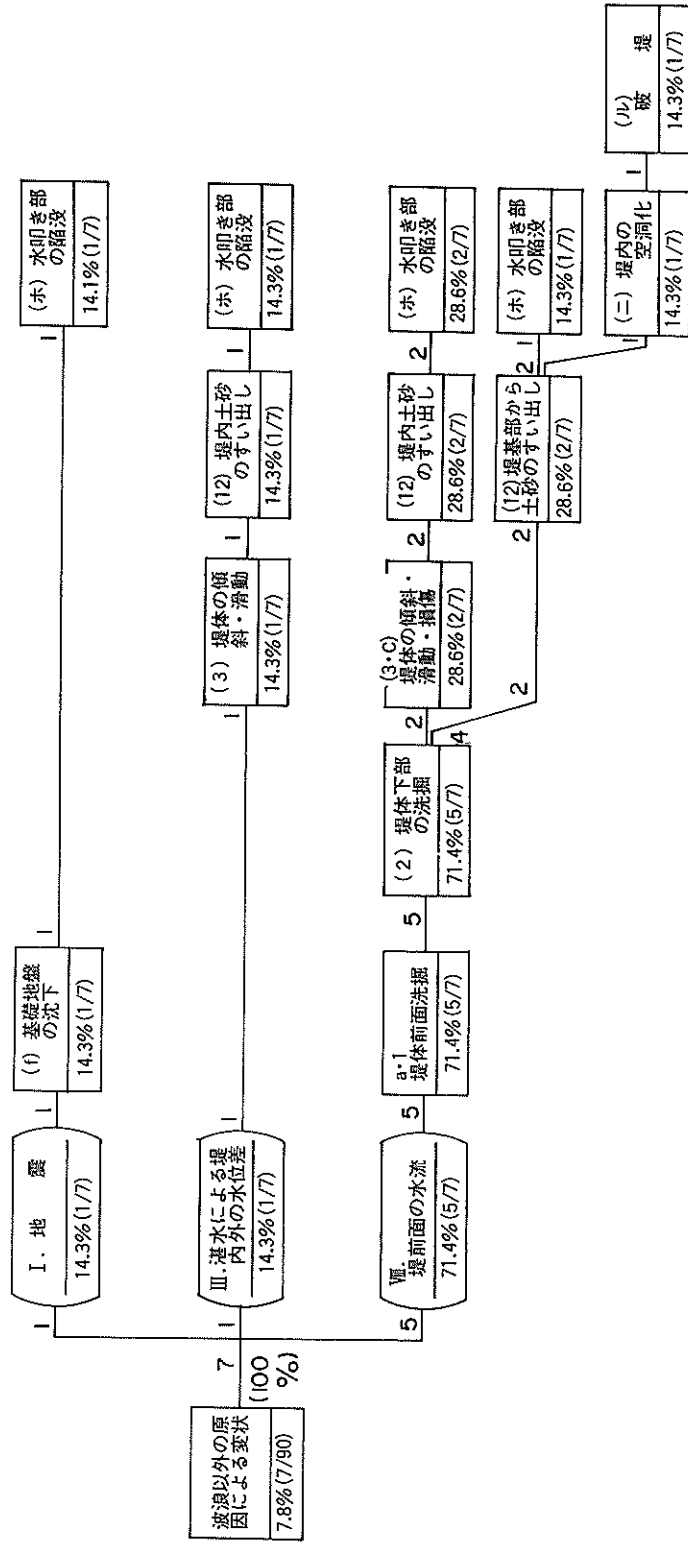


図-8(2) コンクリート重力式直立護岸・堤防（消波工なし）の波浪以外による災害型変状連鎖

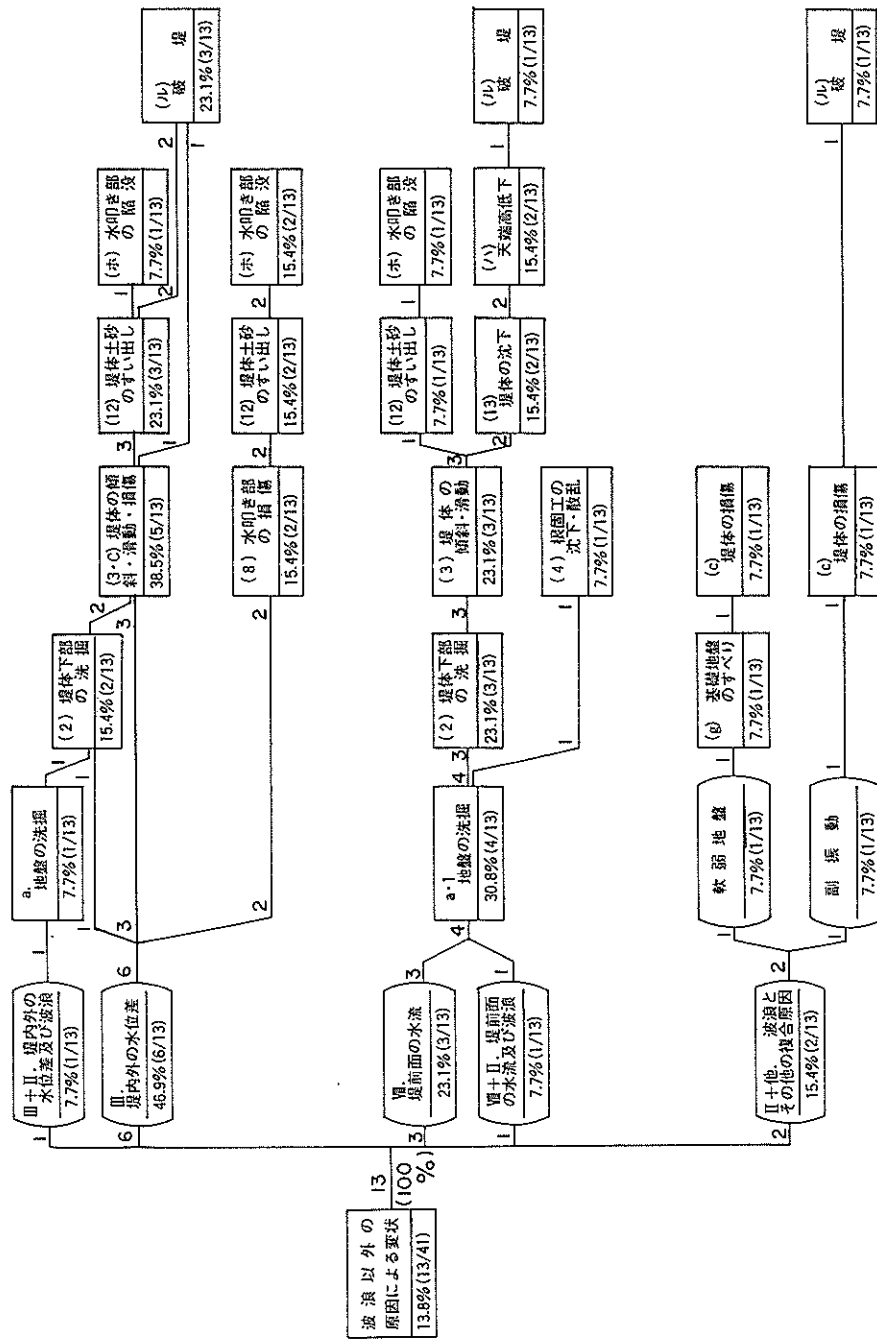


図-9 (2) コンクリート壁式直立護岸・堤防（消波工なし）の波浪以外による災害型変状連鎖

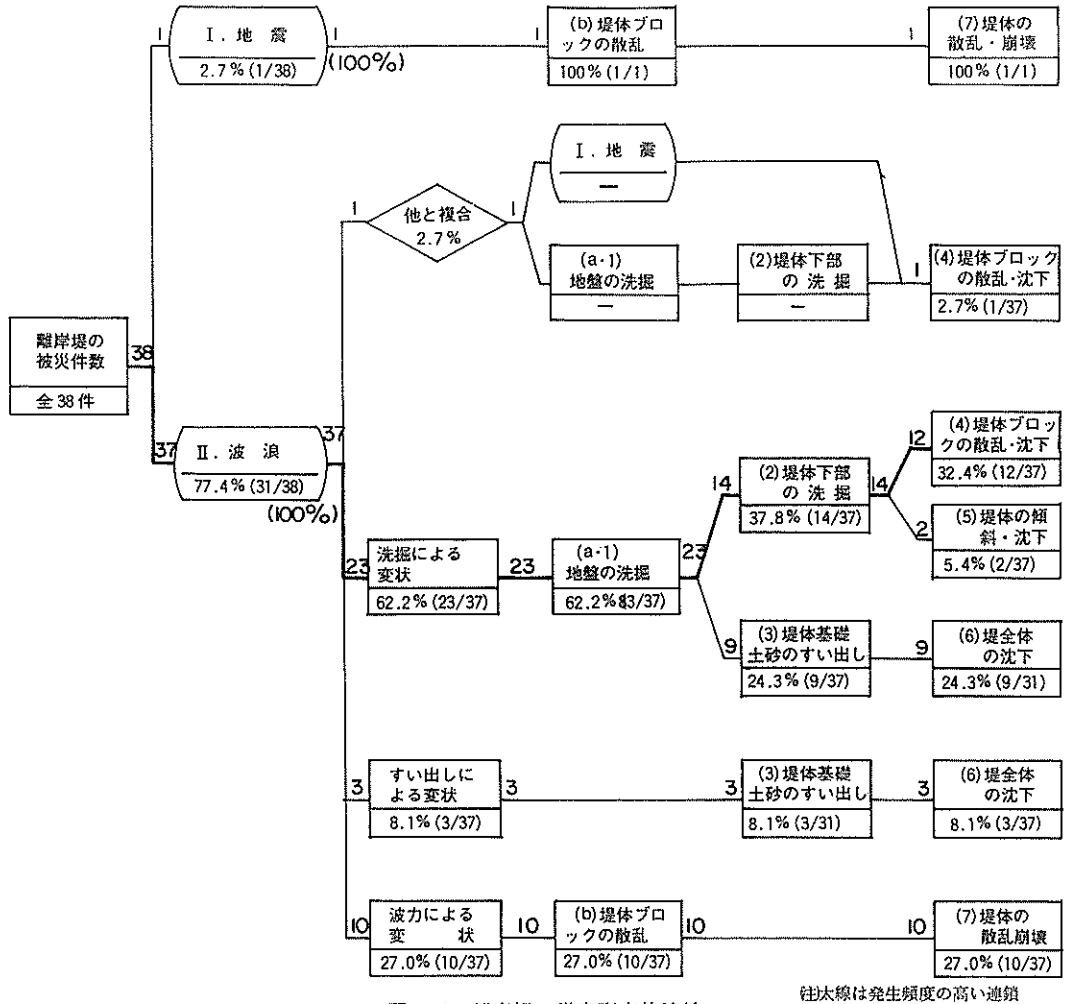


図-10 離岸堤の災害型変状連鎖

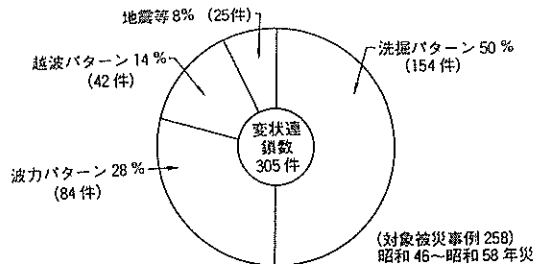
生頻度の整理を行ったが、図-7(1)~図-9(3)に示されるように構造様式別の差異は少ないため消波工がある場合とない場合の2つに大別して取り扱うものとした。

進行型の主要な変状連鎖については、発生頻度に関するデータが得られないため、一般的考察によって推定を行った。

(1) 消波工なしの護岸・堤防の災害型主要変状連鎖

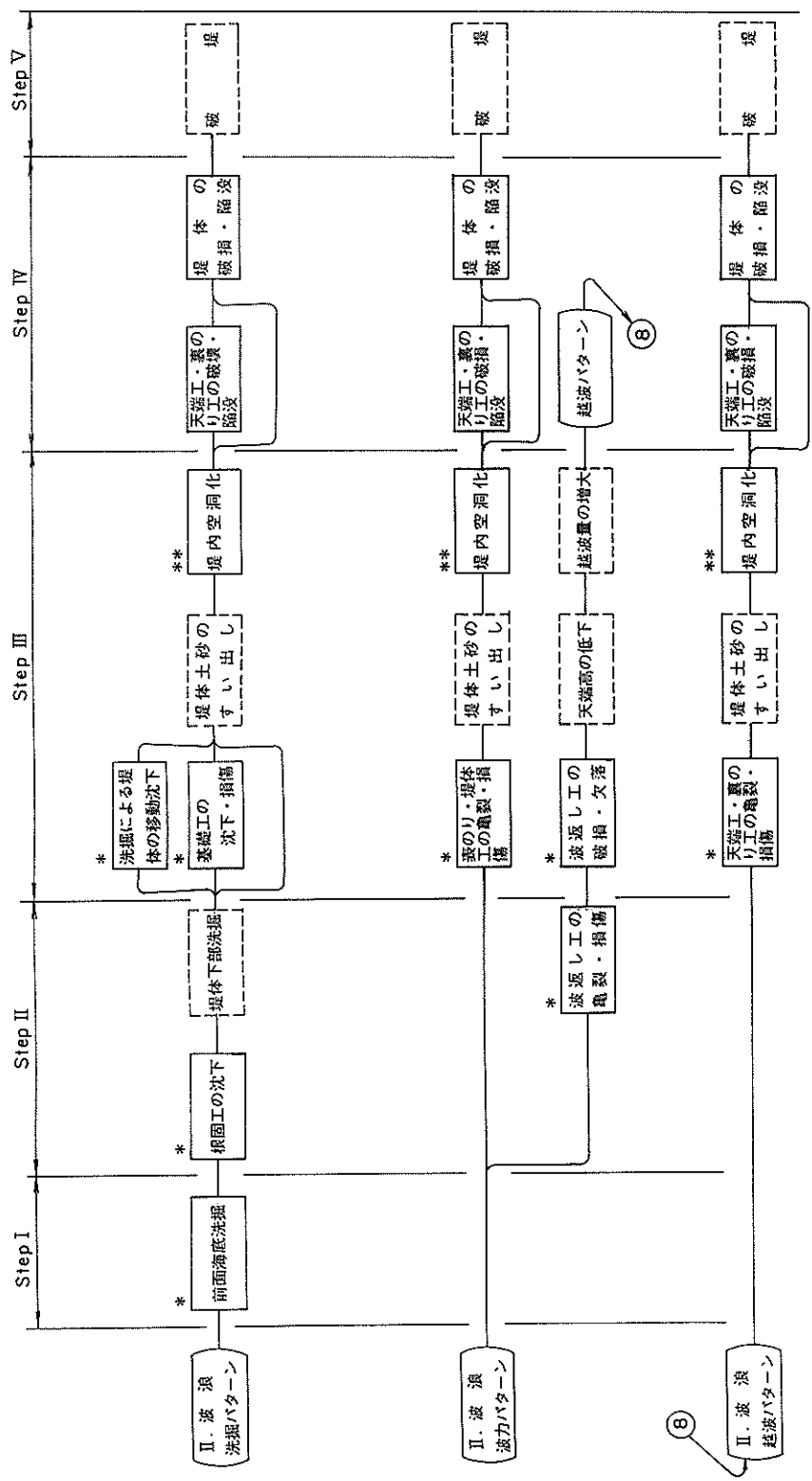
消波工で被覆されていない護岸・堤防の場合、波浪が直接作用する前面部に生ずる変状が発端となる変状連鎖が多くなっている。そのパターンを被災例について集計して見ると図-11に示すとおり変状の発生原因のほとんどは波浪によるもので、なかでも構造物前面の海底地盤を洗掘されたことを発端とする変状パターンが多く、全変状連鎖の50%はこの洗掘によるものであった(以後こ

れを洗掘パターンと称する)。次いで、波力による堤体等の破損を発端とする場合(波力パターンと称する)が



(注) 1. 被災事例に複数の変状連鎖が認められたものを含むため、変状連鎖の総数は対象被災事例数よりも多くなっている。

図-11 護岸・堤防の変状連鎖パターンの発生割合(消波工なしの施設を対象)



(注) □内は変状の点検対象とするもの(変状点検指標)。
□内は変状点検指標以外の変状
*印、**印は変状の進行発見に重要な指標。*印は特に重要な指標。

図一12 消波工なしの護岸・堤防の主要変状連鎖 (災害型)

28%、越波時の波力や越波水による場合（越波パターンと称する）が14%、とこれら3種のパターンの変状連鎖で全体の9割以上を占めていることがわかる。

図-11に示した発生頻度の高い洗掘、波力、越波パターンの代表的な変状の連鎖関係を主要な変状連鎖とし、被災事例よりとり出して整理したものが図-12である。また、この主要な変状連鎖は、図-5 海岸護岸・堤防の変状連鎖図中においても太線で示した。

図中の左端()内は、変状の原因および変状連鎖のパターンを示しており、これより右に進むほど変状の連鎖が進行した状態を示している。また、変状の進行段階を、前述(3.維持管理システム)したStep.I~Step.Vの区分に沿って目安として示す。これらの変状連鎖に基づき、変状点検を行う場合の対象とすべき変状現象

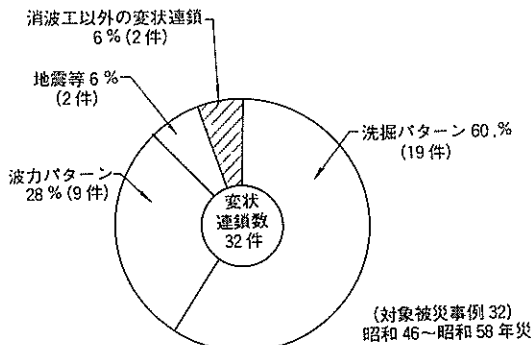


図-13 消波工被覆護岸・堤防の変状連鎖パターンの発生割合

(変状点検指標と称する)を選び、図中()内に示している。選定条件については後に述べる。

なお、図-12に示した波力パターンの中で、波返し工の破損・欠損の変状は、越波パターンの変状に連鎖することとなるが、図-11の集計ではこれを波力パターンに含めている。

護岸・堤防の主要変状連鎖の流れを総括すると、洗掘パターンの場合は堤体の基礎部分、波力パターンの場合は表のり等の堤体部、越波パターンの場合は天端部分にまず亀裂や損傷等の変状が発生し、そこから水が浸入したり堤体土砂がすい出されるため変状が連鎖してゆき、最終的には破堤につながる変状連鎖となるパターンが多く、これらの変状連鎖発生を監視すれば災害による連鎖の9割を捕えることができることになる。

(2) 消波工被覆の護岸・堤防の災害型主要変状連鎖

護岸・堤防が消波工で被覆されている場合、そのほとんどの変状がまず消波工に発生しており、図-13に示したように9割以上がこれに該当する。したがって、消波工被覆の場合は消波工に発生する変状とその変状連鎖の監視が重要となり、この場合の主要変状連鎖は図-14に示すとおりとなる。また、この主要な変状連鎖は図-5 海岸護岸・堤防の変状連鎖図中においても太い破線で示した。

消波工の変状連鎖パターンは、洗掘と波力パターンがほとんどであり、これら消波工の変状連鎖は、消波工断面の減少となってあらわれ、消波機能の低下により、波力の増大や越波量の増大となって、消波工部分の変状が堤本体部分の変状連鎖へとつながっていく。

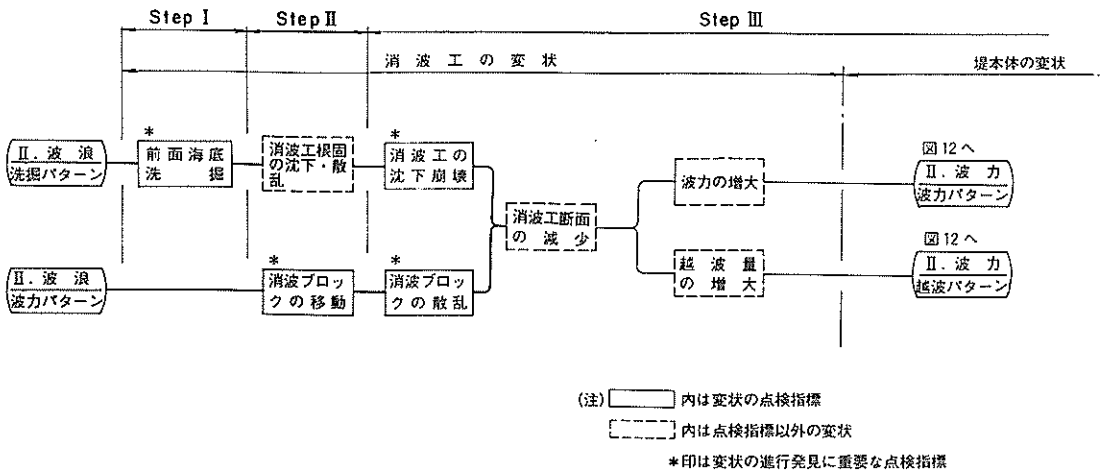


図-14 消波工被覆護岸・堤防の主要変状連鎖（災害型）

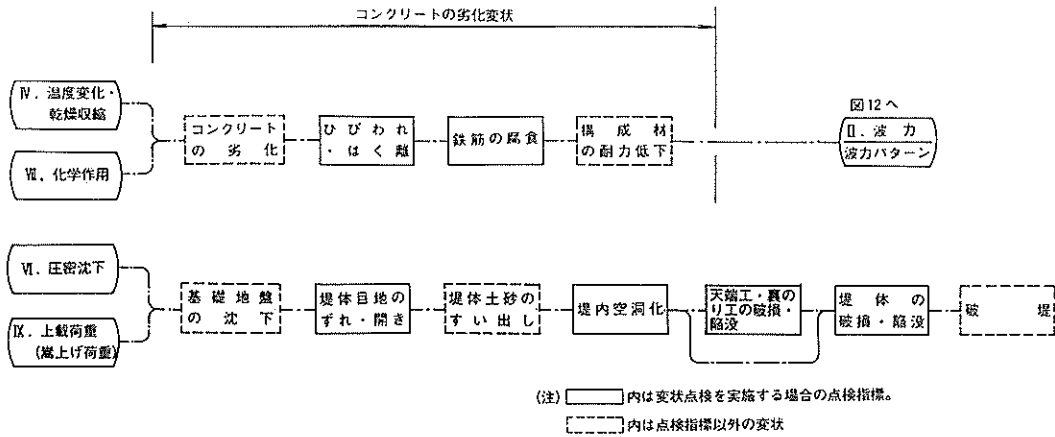


図-15 護岸・堤防の進行型変状連鎖

堤本体部の変状連鎖は、図-12に示した消波工のない護岸・堤防の変状連鎖に準じる。

(3) 護岸・堤防の進行型変状連鎖

前項までに述べてきた変状連鎖は、おもに台風や冬期風浪などの異常気象時に発生する災害型の変状を主体とした変状連鎖である。この他に、例えばコンクリートの劣化や、地盤の圧密沈下などの常時進行型の変状を発端として連鎖していく変状連鎖が考えられる。

このうち、まずコンクリートの劣化による変状連鎖について述べる。この変状連鎖の初期段階では、コンクリートの劣化により構成材（護岸・堤防の表り被覆工、堤体工、波返し工など）に細かなひびわれやはく離が生じ、コンクリートの中酸化(炭酸化)、塩分の部材内侵入、これらに伴う鉄筋の腐食、腐食による鋼材膨張のためコンクリートのき裂、はく離の増大、といった順序で変状が進行してコンクリート部材の外力に対する抵抗力を徐々に失っていく場合、あるいはコンクリート強度そのものの低下によるき裂損傷の発生に連鎖する場合などがある。これらのコンクリート劣化により構成材の耐力が低下した施設は、それほど強大な波力でなくとも波力等の外的な作用力により堤体の損傷等の変状連鎖のパターンへとつながっていく。このような変状連鎖を図示したものが、図-15の上段の図である。一般に、この種の変状を伴う被災例では、波力等の外的要因の方が支配的であり、コンクリート劣化に関する変状自体は、特に海岸保全施設を対象とする場合、施設全体の安定性や機能面に対しては重要でないことが多い。ただし、外観上の問題や、あるいは劣化が著しい場合には波力等の外力がそれ

ほど激しくなくとも施設にとって危険な変状にまで進行してしまう誘因となるなどの耐久面での問題を生ずることが考えられるため、たとえば建設後かなり年数を経た施設や施工後の養生不良を起こしやすい寒冷地の施設等については、注意が必要と考えられる。

また、施設の基礎地盤に粘性土層をもつ施設においては、築堤後、堤体の重みで圧密沈下が進行していき、堤体の目地部にずれ・開きが生じ、その部分から水の侵入、すい出しを生じて堤体内空洞化、堤体被覆工等の破損・陥没、さらに破堤へと連鎖していく場合がある。この時、圧密沈下の進行に伴う堤先端高の低下に対し、その復旧のため新たに堤体のかさ上げ施工を行うような場合は、堤体重量の増加がさらに沈下を引き起こす場合もありうる。このような圧密沈下による進行型変状連鎖は、どの施設についても発生するものではなく、施設の基礎部の地質条件を把握しておけば、その発生の可能性の有無を事前に知ることができ、したがってこの変状連鎖の点検は、該当する施設のみに対し実施しておけばよい。この変状連鎖については図-15の下段に示した。

なお、圧密沈下に伴う変状のうち、基礎地盤の地質にはかわからず、堤体盛土材自体の沈下により、堤体被覆工のすぐ背面に数 cm の空隙が生ずる場合がある。この場合、被覆工の背面は空隙かといえ空隙の存在により支持力のない状態となっており、強大な外力作用により被覆工にひびわれやき裂・損傷の変状が生じやすいとも考えられるが、とくに被覆工直下の空隙が大きな変状発生の原因となったという報告は見当たらないようである。また、このような堤体盛土材の圧密沈下のみに起因する

空隙は小さく、それ以上の進行はほとんど生じないため、定期的な変状の点検を主体とする今回のような点検システムの対象外としてよいと考えられる。

以上に述べたように、海岸保全施設に発生する進行型の変状連鎖は一般の施設にとって重要な変状連鎖ではな

いとすることができる。ただし、寒冷地におけるコンクリートの劣化や、基礎地盤に粘性土層のある場合など、施設の立地・環境条件によってはこれらの影響を無視できない場合もあるため、変状点検の実施においては留意しておく必要がある。

(4) 離岸堤の主要な変状連鎖

一般に離岸堤は、海岸の侵食対策や養浜効果を目的として設置されていることが多く、また波浪が堤体に直接作用するため、海底地盤の洗掘および波力による変状連鎖の発生事例が多い。災害型変状連鎖のパターン別発生割合を図-16に示す。

離岸堤の変状連鎖も、護岸・堤防といった海岸保全施設の場合と同様に、洗掘や波力に伴う変状連鎖パターンが離岸堤の主要な変状連鎖となり、その変状連鎖を図示すると図-17となる。また、この主要な変状連鎖は図-6 離岸堤の変状連鎖図において太線で示した。

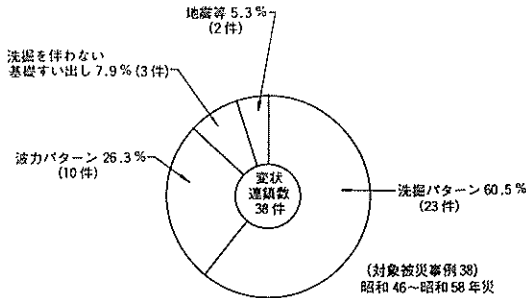
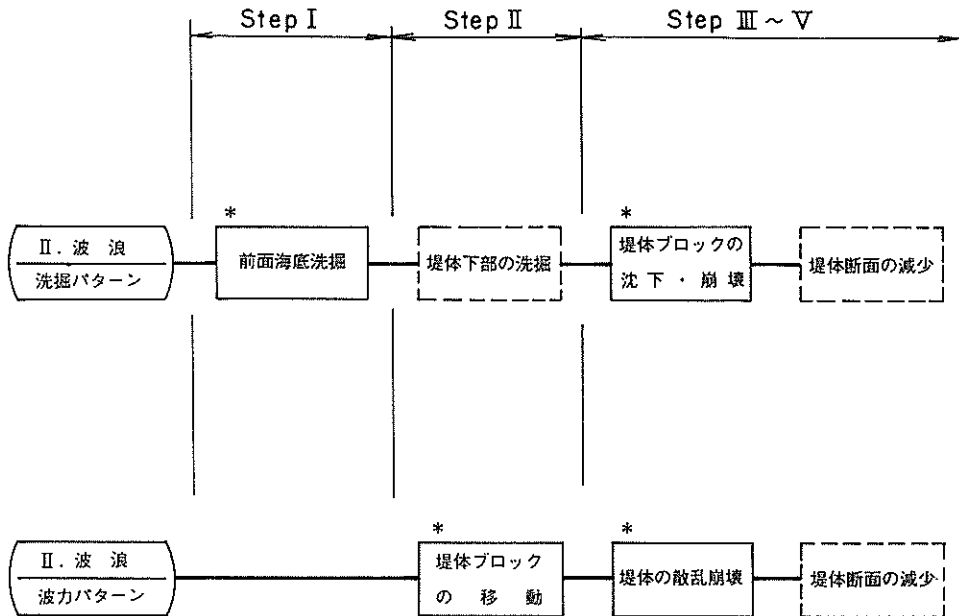


図-16 離岸堤の変状連鎖パターン発生割合



(注) 内は変状の点検指標。
 内は点検指標以外の変状。

図-17 離岸堤の主要変状連鎖 (災害型)

離岸堤の構造は比較的単純であり、変状の発生箇所は堤体ブロック部がほとんどであるため、変状の連鎖関係も護岸・堤防に比べると簡単となっている。したがって、変状の進行段階のStep.Ⅲ～Step.Ⅴについては、堤体ブロック部の変状の度合・範囲によって区分される。

離岸堤の進行型の変状連鎖については、基礎地盤に粘性土を持つ施設については護岸・堤防の場合と同様に堤体の圧密沈下に注意を払う必要があると考えられる。

5. 変状の点検方法

5.1 点検システム

海岸保全施設の変状の発生原因には、荒天時の波浪や豪雨、地震等の災害型のものと、堤体重量による地盤の圧密沈下やコンクリート劣化などの常時進行型のものがある。したがって、これらの変状発生を適確に捕えるためには、荒天や地震来襲後に実施する異常時点検と、一定期間を置いて実施する定期点検を組み合わせる必要がある。

海岸保全施設は一般にかなり長大な施設であるため、施設全長を細部まで入念に点検することは相当な日数、労力、費用がかかり、事実上不可能に近く、維持管理システムの効率的運用という観点から、点検・評価の対象とする変状現象は、これまでに述べたように主要な変状連鎖に関するものに限定すべきであると考えられる。これまでの整理において、点検・評価の対象とすべき主要な変状連鎖は、被災事例における変状の発生頻度の観点から選定した波浪を主原因とするものであった。しかし、図-5 海岸護岸・堤防の変状連鎖図および図-6 離岸堤の変状連鎖図において地震や洪水による変状連鎖が波浪による変状連鎖に重なることから明らかなように、地震等を原因とする変状現象も主要なものに関しては、波浪を原因として選定された主要な変状連鎖に関する変状点検によって把握することが可能である。また、目視による点検を実施すれば、点検の対象として選定したもの以外の変状の発生も把握することが可能であると考えられる。したがって、いままでに選定した主要な変状連鎖に関する変状の点検システムによっても、地震時や洪水時における変状点検の効率的実施が可能であるということが出来る。

また、進行型の変状については、それらは必ずしも主要な変状連鎖として選定されていないが、以下の理由から定期点検によって把握するものとする。その理由とは、第一に施設の状態を定期的に把握しておく必要性があること、そして災害型の変状といっても必ずしも異常時として定義を行った外力によってのみ発生するもので

はないこと、また、地震等による変状と同様な理由で、進行型の変状についても主要な変状を対象とした点検システムによって把握することが可能であることなどである。

変状点検システムの流れは、図-2 海岸保全施設の維持管理システムに示したように、定期点検異常時点検ともにまず目視を中心とした一次点検を実施する。そして、ある程度進行した変状が発見され、一次点検の結果のみでは補修の必要性の有無が判断できない場合や、定量的な変状度を適確に把握する必要がある場合、また変状(例えば沈下等)が施設全体に生じており、局部的な計測では変状量を十分に捕捉できない場合、あるいは変状の進行速度を推定するためのデータを得るため適確な変状量の計測を行う必要のある場合など、一次点検の結果から変状現象が十分に把握できない場合には、より詳細な二次点検を実施する。

5.2 変状点検指標の選定

護岸・堤防および離岸堤の点検・評価の対象とすべき変状連鎖として、図-12、図-14、図-15及び図-17の主要変状連鎖を選定した。この連鎖に見られる変状現象のうち、変状点検の指標となる変状現象を選び、それぞれの図中に□で囲み示している。□は、点検指標として適確でないものを示す。また、重要な変状点検指標には*印を、特に重要な変状点検指標には**をつけた。

この時、点検指標の選定条件は下記のとおりとした。

- ① 原因および最終段階での変状との関係が明確であること。
- ② なるべく経済的に維持補修が行い得る段階の変状であること。

(ただし、災害型変状のように短期間に変状が進行するものも多いと考えられるため、ある程度進行した変状現象も付け加えるものとする。)

- ③ 点検が、目視点検を主体とし容易に行えること。

(1) 消波工なしの護岸・堤防

災害型の主要な変状連鎖のうち最終段階に至る流れは図-5および図-12からわかるように二つのものがある。一つは、波浪による洗掘、波力による表のり工・堤体工のき裂・損傷、または越波による天端工・裏のり工のき裂・損傷を原因として堤体土砂のすい出しから破堤に至るものである。もう一つは、波力によって波返し工が破損し、越波量の増大へとつながるものである。

前者においては堤体土砂のすい出しより前の段階で変状現象を把握すれば、洗掘パターン、波力パターン、または越波パターンのうちどの原因による変状の発生かを

明らかにすることが可能であり、これらはまた最終段階の破壊に至る流れも明確である。補修が経済的に行うる段階は堤内の空洞化がほとんどない段階より、前の段階である。したがって、堤内空洞化が特に重要な点検指標となり、これ以前の変状が重要な変状点検指標となる。堤内空洞化以降については、変状が短期間に進んだ場合、対策を行うという観点からの点検の対象となる。

後者の波力による変状パターンについては波返し工の状態のみの問題であり、これが重要な変状点検指標となる。

進行型の変状連鎖については、図-15からわかるようにコンクリート劣化はコンクリートの変状のみを把握すればよく、圧密沈下については、堤体土砂のすい出しより前の段階の堤体目地の状態を把握すれば原因と破堤との関係が明確となり、補修も経済的に行うことができる。

ここにあげた点検指標は、後述するようにすべて目視や簡単な計測によって点検することが可能である。

(2) 消波工被覆護岸・堤防

主要な災害型の変状連鎖は図-14に示すとおり、前面海底の洗掘によって消波工が沈下・崩壊し、消波工断面の減少へつながる洗掘パターンと、波力によって消波ブロックが移動・散乱し、消波工断面の減少につながる波力パターンの二つである。これらは、前面海底地盤と消波工根固の変状、および消波ブロックの変状を把握すれば、どちらのパターンの変状連鎖かが明確となる。また、消波工の変状の初期段階で変状が把握できれば補修も比

較的経済的に行うことができる。したがって、これらが重要な変状点検指標となる。

堤体の本体工については、消波工なしの護岸・堤防に準じる。

(3) 離岸堤

離岸堤についても図-17に示すとおり消波工被覆護岸と同様に、洗掘パターンと波力パターンの二つがあり、前面海底の洗掘と堤体ブロックの状態が重要な変状点検指標となる。

ただし、点検については海底地盤の洗掘状況や海面下の堤体ブロックの状況は潜水士によらざるを得ない。

5.3 変状点検の位置

これまでに、点検の対象とすべき変状現象、すなわち変状点検指標の選定を行った。ここで、変状点検指標とその変状の発生位置を、主要な変状連鎖のパターン別に整理すると表-6、表-7に示すものとなる。この表において、○印は変状点検指標にかかわる変状の発生位置を示し、◎印は重要点検指標にかかわる変状の発生位置を示す。なお、コンクリートの劣化については、護岸・堤防の構造様式や施工条件等によって変状の危険度が異なるため、主要変状連鎖に関するものと区別して△印で表示した。また、表中に併記したローマ数字（Ⅰ～Ⅴ）は、各変状位置に変状現象が発生し始める変状段階（Step.Ⅰ～Step.Ⅴ）を参考のため示したものである。

主要変状連鎖の流れと表-6、表-7の変状発生位置を照らし合わせて見ると、施設の前面に位置する海底地

表-6 変状点検指標にかかわる護岸・堤防の変状発生位置

発生位置	堤防・護岸（消波工なし）			消波工被覆護岸・堤防		コンクリートの劣化
	洗掘	波力	越波	洗掘	波力	
海底地盤	◎Ⅰ			◎Ⅰ		
消波ブロック	/	/	/	◎Ⅱ	◎Ⅱ	
根固方塊・根固ブロック	◎Ⅱ	○Ⅱ				
捨石マウンド	◎Ⅱ	○Ⅱ				
基礎工	◎Ⅱ					△Ⅱ
表のり被覆工・堤体工	◎Ⅲ～Ⅳ	◎Ⅲ～Ⅳ			○Ⅲ	△Ⅱ
波返し工		◎Ⅲ	○Ⅲ		○Ⅲ	△Ⅱ
天端被覆工	○Ⅳ	○Ⅳ	◎Ⅲ～Ⅳ	○Ⅲ～Ⅳ	○Ⅲ～Ⅳ	△Ⅱ
裏のり被覆工	○Ⅳ	○Ⅳ	◎Ⅳ	○Ⅳ	○Ⅳ	△Ⅱ

(注1) ○印は点検指標を、◎印は重要点検指標の位置を示す。

(注2) コンクリート劣化については、護岸・堤防の構造形式により変状の危険度が異なるため主要変状連鎖に関するものと区別し、△印で表示した。

(注3) 表中に併記したローマ数字（Ⅰ～Ⅴ）は、各変状位置に変状現象が発生し始める変状段階（Step.Ⅰ～Step.Ⅴ）を参考のため示したものである。

表-7 変状点検指標にかかわる離岸堤の変状発生位置

種別 発生位置	離岸堤	
	洗掘	波力
海底地盤	◎ _I	
堤体ブロック	◎ _{III~V}	◎ _{III~V}

(注1) ○印は点検指標を、◎印は重要点検指標の位置を示す。

(注2) 表中に併記したローマ数字 (I~V) は、各変状位置に変状現象が発生し始める変状段階 (Step. I~Step. V) を参考のため示したものである。

盤、消波工、根固工等では変状段階の若い時期 (Step. I~II) に変状が発生し、堤体の基礎工、表のり工では Step. III~IV、天端や裏のり被覆工は Step. IV前後と、変状発生位置により変状の進行段階が異なってくるのがわかる。しかし、変状点検において施設に外観上大きな変状が見当たらなくとも、内部の堤体土砂がすい出されて変状が進行している場合とか、特に海岸保全施設のように災害型変状の発生が多いものは異常時波浪等により短期間で変状段階が進む場合もあるため、Step. I~IIに当たる施設前面部に変状がないといって Step. III以降に該当する堤本体部の変状点検を省略することはできない。

つぎに、変状連鎖パターンと変状発生位置について検討する。前掲したようなそれぞれの変状点検指標となる変状現象のうち早期発見の要となる点検指標 (図-12, 図-14, 図-15中の*印) の変状発生位置を、表-6, 表-7中◎印で示している。変状の点検においては、いずれのパターンに対しても点検を行う必要があるため、対象となる施設に消波工のない場合は表-6にリストアップした発生位置については一通り点検する必要がある。また、消波工ありの場合は海底地盤、及び消波工を特に重点的に点検することになる。また、洗掘パターン及び波力パターンの変状発生位置はほぼ同じとなっており、リストアップした位置の点検により、洗掘と波力の両パターンを点検できることになる。越波パターンの変状発生位置についても波力パターンに含まれる。なお、主要変状連鎖以外の発生頻度の少ない変状連鎖の場合も同表中の点検位置に変状が発生するため、これらの点検により実質的には大部分の変状パターンに対応できるといえる。

以上の検討の結果、護岸・堤防の変状点検実施位置は、消波工の有無により表-8、及び離岸堤に対しては表-9となる。

護岸・堤防及び離岸堤に発生する変状連鎖パターンは、

表-8 護岸・堤防の変状点検位置

点検位置	消波工なし	消波工あり
海底地盤	◎	◎
消波ブロック		◎
根固方塊・根固ブロック	◎	
捨石マウンド	◎	
基礎工	◎	
表のり被覆工・堤体工	◎	○
波返し工	◎	○
天端被覆工	◎	○
裏のり被覆工	◎	○

注) ○印は点検位置を、◎印は主要点検位置を示す。

表-9 離岸堤の変状点検位置

点検位置	離岸堤
海底地盤	◎
堤体ブロック	◎

注) ◎印は主要点検位置を示す。

いずれも洗掘パターンがもっとも多く全体の半分以上を占めており、次いで波力パターンが3割弱となっており、これに越波のパターンを加えると全被災例の9割を占めることになる。したがって、変状点検を実施する場合、この洗掘・波力・越波に関する変状連鎖のみを対象としても9割近くの変状連鎖を補足できるものと考えられる。

5.4 点検項目

選出した変状点検指標を基に変状点検位置別に点検項目を列記したものが、表-10, 表-11である。点検方法としては前項に述べたように一次点検と二次点検を考え、一次点検は目視を主とした施設の全般的な点検であり、変状が発見された場合に定量的な把握を行うための簡単な調査をこれに含めている。二次点検としては、施設の変状測量や場合によっては破壊調査等を含む測量・調査・試験の実施となる。表中にはそれぞれの点検調査が実施できる変状点検項目について○印を記してある。

なお、表-10は護岸・堤防の点検項目をすべて記載した一覧表であるが、実際の点検においてはこれらの施設の状況により点検項目の内、前掲の表-6の変状点検位置に該当する項目が対象となる。さらに護岸・堤防の構造形式がコンクリート重力式の場合は、コンクリートの劣化や鉄筋の腐食に関する点検はあまり重要ではなく省略できるなど、対象施設の構造により変状の点検項目は少なくなる。

表-10 護岸・堤防の変状点検項目一覧表

点検位置	変状点検項目	一次点検		二次点検
		①目視点検	②簡単な点検	③測定・調査・試験
海底地盤	洗掘・堆積	○		○
	すい出し	○		○
消波ブロック	移動・散乱	○	○	○
	沈下	○	○	○
	破損	○		
根固方塊・根固ブロック	移動・散乱	○	○	○
	沈下	○	○	○
	破損	○		
捨石マウンド	移動・散乱	○	○	○
	沈下	○	○	○
基礎※工	ひびわれ	○	○	
	はく離・損傷	○	○	
	コンクリートの劣化	○	○	○
	目地ずれ	○	○	○
	移動・沈下	○	○	○
表のり被覆工・堤体工	ひびわれ	○	○	
	はく離・損傷	○	○	
	コンクリートの劣化	○	○	○
	鉄筋の腐食	○		○
	目地ずれ	○	○	
	沈下・陥没	○	○	
波返し工	すい出し空洞化	○	○	○
	ひびわれ	○	○	
	はく離・損傷	○	○	
	コンクリートの劣化	○	○	○
	鉄筋の腐食	○		○
	目地ずれ	○	○	○
	移動・傾斜・沈下	○	○	○
天端被覆工	ひびわれ	○	○	
	はく離・損傷	○	○	
	コンクリートの劣化	○	○	
	目地ずれ	○	○	○
	沈下・陥没	○	○	○
	すい出し空洞化	○	○	○
裏のり被覆工	ひびわれ	○	○	
	はく離・損傷	○	○	
	コンクリートの劣化	○	○	
	目地ずれ	○	○	○
	沈下・陥没	○	○	○
	すい出し空洞化	○	○	○

※) 基礎工の点検には基礎矢板くい等の変状が最も重要と考えられるが、通常これらを直接点検することは困難である。このため、一次点検では基礎コンクリートや表のり工等に生ずる変位や目地ずれなどの変状、あるいは、前面の海底や根固工に生ずる変状の点検結果を総合的に検討し、判断するものとした。

表-11 離岸堤の変状点検項目一覧表

点 検 位 置	変 状 点 検 項 目	一 次 点 検		二 次 点 検
		① 目 視 点 検	② 簡 単 な 調 査	③ 測 定 ・ 調 査 ・ 試 験
海 底 地 盤	洗 掘 ・ 堆 積	○		○
	す い 出 し	○		
堤 体 ブ ロ ッ ク	移 動 ・ 散 乱	○		○
	沈 下	○	○	○
	破 損	○		○

5.5 変状の点検方法

護岸・堤防及び離岸堤の各点検指標についての標準的な点検方法を、作成した試案を表-12、表-13に示す。試案の基本的な考え方は以下のとおりである。

(1) 点検方法

① 目視点検（一次点検）

変状点検の主体とするものであり、施設の変状の有無や変状段階を短時間に定性的に把握することを目的とする。

したがって、点検においては各点検項目について変状発生の有無を調べるだけでなく、施設全体の点検結果と照らし合わせて、主要な変状連鎖が発生する予兆が見られないか、あるいは発見された変状の発生原因の推定や変状の進行性などについて、できる限り観察記録する。

② 簡単な調査（一次点検）

目視点検で変状が発見された場合に、その場において簡単に実施できる計測調査により変状の状況（度合、範囲、発生位置等）を定量的に把握し、判定の参考や今後のための資料とすることを目的とする。

a) 構造物の変位量計測（目地ずれ、移動、沈下、傾斜等）

構造物に生じた変位量の簡単な計測は、変位箇所とその周囲の正常区間との相対変位量として測定する。変位の計測位置は後日の調査において、同一箇所での計測を行えるように明確に記録しておく。

b) 変状状況の記録方法

変状の状況を記録し、後日の調査時との対比資料とする。記録方法としては比較的簡便な方法として写真を利用する方法とスケッチによる方法がある。変状の状況によりこの記録方法は使いわけてよいが、スケッチには観察者の主観がはいるがスケッチするためにより細かな観察を行うことができ、写真の場合は判読しにくい変状もあるなど、いずれも一長一短があるため変状によってはこの両者を併用するのが望ましい。なお、写真による場合は後日比較のため同一の位置で撮影できるように撮影

位置を記録しておく。また写真の読みとりのため対象物と直角方向から撮影を行い、同時にスケールを移しておくなどの配慮が必要である。

c) ハンマーを用いた検査

コンクリートの劣化による強度低下の検査として、ハンマーによる打撃検査、また堤体内部の空洞調査のためハンマーによる打音検査を行う。ただし、打音によってのみ空洞の有無を判定することは相当に熟練しないと判定が困難であることが多いが、目視点検その他ですくい出し空洞化が認められ、その変状範囲を打音の変化により推定する場合は有効な方法となると考えられる。一方、コンクリート強度の打撃検査では、相当強度が低下している場合の確認検査とし、中程度の強度低下に対してはシュミットハンマー等の測定器具が使用される。

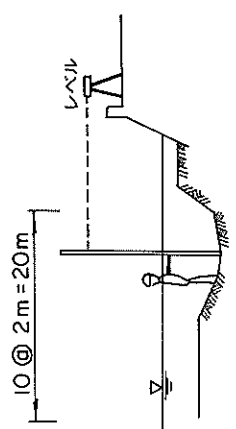
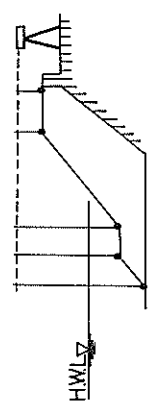
d) ひびわれ点検

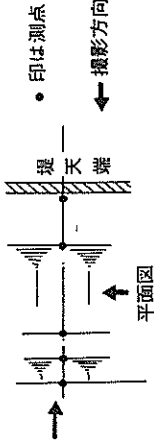
ひびわれの発生原因としては、乾燥収縮やコンクリートの劣化による場合、波力や衝撃力等の外力作用による場合、沈下や空洞化に伴う陥没など堤体の変位による場合などがある。簡単な調査で行うひびわれ点検は、外力の作用や堤体変位により生ずる荷重ひびわれのみを対象とし、乾燥収縮やコンクリート劣化により生ずるヘアークラックは対象外とする。ただし、ヘアークラックの発生状況については、目視点検の点検記録として調査しておく。

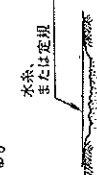
③ 測定・調査・試験（二次点検）

通常の変状点検は上記の一次点検項目のみとするが、さらに詳細に調査する必要のある場合はこの二次点検が実施される。たとえば、施設の変位が建設当初に比べてどの程度進行しているか、あるいは変位の進行速度を測定するなどのために、簡単な調査で計測するような変状部周辺との相対変位量ではなく、絶対的な変位量を得るため測量等を実施して調査する。または、一次点検において堤体内に空洞発生が想定されるが、その規模が確認できない場合など、被覆工の一部を取り除いて調査する場合などがこれに当たる。

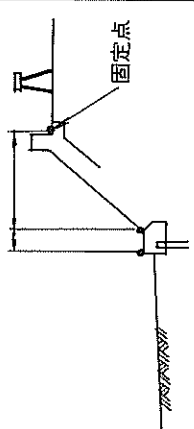
表-12 堤防・護岸（コンクリート被覆式、コンクリート重力式、コンクリート壁式）の変状現象点検表

点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	点検ピッチ	② 簡単な調査	点検ピッチ	③ 測定・調査・試験	点検ピッチ
海	洗掘・堆積	消波工・根固工・堤体前面部の海底面の起伏	海底面の起伏を目視により観察し、洗掘等の現象が生じているかどうかを点検する。また、同時に消波工・根固工や堤体基部の状況によっても海岸が洗掘傾向、堆積傾向にあるかを観察する。	全延長			消波工、根固工、または堤体前面を始点として、法線直角方向に測点間隔2mで20m沖まで海底高を測量する。測量の方法の一例として、下図のごとく堤体上のレベルにより、海中に立てたスタックを読みとる。 	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
地	すい出し	根固工の形状及び沈下量	堤前面にある根固工の形状変化や沈下が生じているかどうかを観察する。この時、根固工の法肩線を見通し、法肩や法面の乱れ等も観察しておく。	全延長			海底地盤の洗掘の測量と同様の方法により、根固工ののり肩、のり尻、その中間点等の標高を測量する。 測点間隔は根固工の形状寸法にもよるが、1m間隔を標準とする。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
消波工	移動・散乱及び沈下	消波工の外形状及び配列、沈下量	消波工の天端、のり面、のり肩等の形状が変形してないか、消波ブロックの移動や配置が乱れていないかを観察する。	全延長	法線直角線上で、消波工天端、のり肩、H.W.L.付近、のり尻にある消波ブロックを特定し、それぞれに目印（ペンキ、ワイヤーを巻く等）を付けて	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	左記の目印を付けた特定ブロックの位置を堤体天端の固定点より水平距離や高低差等を測量し、当初の測定位置との移動量を調査する。 	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所

点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	点検ピッチ	② 簡単な調査	点検ピッチ	③ 測定・調査・試験	点検ピッチ
消波工		消波ブロックの破損状況	消波ブロックの有無及び破損の個数を調査する。		おく。これらのブロックの位置関係を写真撮影により記録しておく。この時の撮影方向は法線直角方向（陸海両方向より）、及び平行方向からの撮影とし、撮影位置は測定記録して、後日の調査においても同一方向、同一位置の撮影ができるようにする。			
根固方塊・根固ブロック	移動・散乱及び沈下	根固方塊・ブロック工の外形及び配列、沈下量	根固方塊・ブロック工の外形形状が変形していないか、それぞれの方塊やブロックの移動や配置の乱れがないかを観察する。	全延長	法線直角線上にある方塊、ブロックを特定し、それらの適当な位置に目印を付けておく。調査時には一定の位置より、法線直角方向、法線平行方向で写真撮影を行い、記録しておく。	法線方向 100 mピッチ 及び 重点点検箇所	左記の目印を付けた特定の方塊やブロックの位置を、堤体天端の固定点よりの水平距離や高低差、法線方向の移動距離を測定し、当初の測定位置との移動量を調査する。	法線方向 100 mピッチ 及び 重点点検箇所
	破損	根固方塊・ブロックの破損状況	根固方塊、ブロックの損傷の有無、破損の個数を調査する。	全延長				

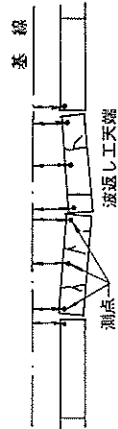
点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	点検ピッチ	② 簡単な調査	点検ピッチ	③ 測定・調査・試験	点検ピッチ
捨石マウンド	移動・散乱及び沈下	捨石マウンドの外形、沈下、及び捨石の配置	捨石マウンドの外形、特にマウンドの沈下の有無を観察する。また、被覆石や捨石の配置の乱れや移動がないかを調査する。	全延長	捨石マウンドに沿って目印を付けておき、調査時には一定の位置より、法線直角方向、法線平行方向の写真撮影を行い、記録しておく。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	点検方法は、海底地盤のすい出しの点検に述べた方法により、目印を付けた捨石マウンドの断面形状、標高を測定する。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
*) 基礎	ひびわれ	基礎工のコンクリート表面のひびわれ	基礎工のコンクリート表面の海生物等を取り除き、ひびわれが生じていないかを観察する。	全延長、または法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	クラックスケールでひびわれ幅を測定し、ひびわれ形状やひびわれ長さを計測し、スケッチ及び写真撮影により記録する。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	シュミットハンマーや超音波法によるコンクリート強度の測定。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
	はく離・損傷	基礎工のコンクリート表面のはく離・損傷	基礎工のコンクリート表面、特に隅角部等にはく離・損傷が生じていないか、底砂の衝突やコンクリート劣化に伴うはく離や豆板状の骨材の露出等がないかを観察する。	全延長、または法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	はく離・損傷部の形状、寸法やその範囲を計測し、スケッチ及び写真撮影により記録する。 	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所		
コンクリートの劣化	コンクリート強度及びコンクリート中性化	コンクリート	コンクリート表面のひびわれ、はく離、損傷の発生箇所を念に観察し、コンクリートの劣化の兆候の有無を点検する。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	ハンマーによる打撃検査（ハンマーでコンクリート面を軽くたたき、コンクリートにより、コンクリートがもる	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所		

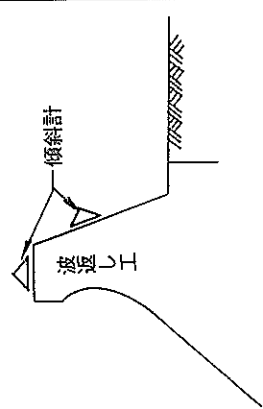
*) 基礎工の点検において、基礎くい、矢板の変状は直接点検できない場合が多いため、基礎コンクリート及び周辺部の変状(変位、目地ずれ)により、総合的に判断すること。

点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	点検ピッチ	② 簡単な調査	点検ピッチ	③ 測定・調査・試験	点検ピッチ
*) 基礎工	目地ずれ	基礎工の目地のずれ、開き、及び堤体土砂のすい出し	基礎工のコンクリートの目地部に目地ずれや目地の開きが生じているかを点検する。また、堤体土砂のすい出しの有無も調査観察する。	全延長	目地のずれ、開き、開きを計測する。この時、生じた目地ずれの相対的な方向を合わせて記録しておく。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	堤体天端上の固定点を基準に、基礎工隅角部、及び堤体と基礎工の接点位置の法線直角方向の移動距離、高低差を測量する。 可能な場合、基礎工の傾きは傾斜計によっても測定しておく。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
	移動・沈下	基礎工の移動、はらみ出し、沈下状況	基礎工を見通して、前面へのせり出し、傾斜、沈下等の生じている区間がないかを観察する。	全延長	隣接の変状のない正常区間との相対的な移動方向及び移動量を計測する。	重点点検箇所	 固定点	重点点検箇所
	ひびわれ	堤体表のり面のひびわれ	堤体表のり部コンクリート表面に、ひびわれ発生が認められないかどうかを観察する。	堤体表のり部コンクリート表面に、ひびわれ発生が認められないかどうかを観察する。	全延長	クラックスケールでひびわれ幅を測定し、ひびわれ長さやひびわれ状況を調査し、スケッチ及び写真撮影により記録する。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所	目視点検等によってコンクリートの劣化傾向の認められた箇所及びその近辺のコンクリート強度を、シュミットハンマーや超音波法により測定する。 また、場合によってはコアへの抜取りを行い、コア外観の詳細な検査、フェノールフタレイン法による中性化深さの検査、透水性・吸水性の検査、コンクリートの圧縮強度試験(JIS A 1107)、コンクリート中の塩分量測定、硬化コンクリートの配合分析等を行う。 鉄筋の腐食がかなり進行していると予想される場合には、鉄筋位置までコンクリートをはつり、その腐食状況を直接観察し、腐食量の測定を行う。
はく離・損傷	堤体表のり面のはく離・損傷	堤体表のり部のコンクリートの目地部付近、及び中央部に、はく離・損傷が生じていないか、あるいはコンクリート劣化等に伴う表面の豆板状の骨材露出などがないかを観察する。	堤体表のり部のコンクリートの目地部付近、及び中央部に、はく離・損傷が生じていないか、あるいはコンクリート劣化等に伴う表面の豆板状の骨材露出などがないかを観察する。	全延長	はく離・損傷部の形状寸法やその範囲を計測し、スケッチ及び写真撮影により記録する。	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所		

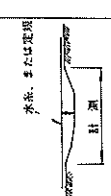
点検位置	③ 測定・調査・試験			点検ピッチ
	① 目視点検	② 簡単な調査	点検ピッチ	
表のり被覆工・堤体工	コンクリートの劣化	コンクリート表面のひびわれ、強度及びコンクリート中性化	ハンマード撃検査により、コンクリートがもろくなっていないかを調査する。	点検ピッチ 法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
	鉄筋の腐食	鉄筋の腐食による鉄筋表面の変色、ひびわれ、はく離	鉄筋に沿ったコンクリート表面のひびわれ、さびによるコンクリートの赤変、はく離の有無を観察する。	全延長
	目地ずれ	堤体表面の目地開き	目地部のずれ、段差、開き幅を計測する。この時、生じている目地ずれの相対的なずれの方向を合わせて記録しておく。	重点点検箇所
	沈下・陥没	堤体表面の沈下・陥没	隣接の変状のない正常区間との相対的な沈下量、陥没量を計測する。	重点点検箇所
すい出し・空洞化	表のり堤体工背面の土砂のすい出し	表のり面の目地ずれ、ひびわれ、及び沈下・陥没等の変状発生箇所は、特に入念に観察する。	左記の目視による点検とともに、ハンマーによる打音検査で堤体背面の空洞調査を行う。	全延長
			目地部のずれや表のり面の沈下・陥没など大きな変状の認められた場合、あるいは堤体背後の土砂流失や空洞化の発生が推定される場合は、堤体の構造にできる限り与える影響の少なく、かつ適切な位置を選び、表のり被覆工、または堤体の一部を取り除き、背面土砂の流失状況や空洞化の範囲を調査する。 (表のり面の測量は、対象部が直立やかかりの傾斜であることを考えて、測量は行わず、周辺部との相対変位の計測のみとした。)	重点点検箇所

点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	点検ピッチ	② 簡単な調査	点検ピッチ	③ 測定・調査・試験	
							点検ピッチ	重点点検箇所
波	ひびわれ	波返し工のひびわれ	波返し工のコンクリート表面のひびわれを観察する。	全延長	表のり被覆工・堤体工の場合と同様。	法線方向 100 m ピッチ 及び 重点点検箇所	表のり被覆工・堤体工の場合と同様。	重点点検箇所
	はく離・損傷	波返し工のはく離・損傷	目地部や隅角部等のコンクリートにはく離・損傷が生じていないか、あるいは表面に豆板伏の骨材の露出がないかを観察する。	全延長	同上	法線方向 100 m ピッチ 及び 重点点検箇所		
返	コンクリートの劣化	コンクリート強度及びコンクリート中性化	コンクリート表面のひびわれ、はく離、損傷の発生箇所を、入念に観察し、コンクリート劣化の兆候の有無を点検する。	法線方向 100 m ピッチ 及び 重点点検箇所	同上	法線方向 100 m ピッチ 及び 重点点検箇所		
	鉄筋の腐食	鉄筋の腐食によるコンクリート表面の変色・ひびわれ・はく離	鉄筋に沿ったコンクリート表面の赤変、ひびわれ、はく離等の変状を観察・点検する。	全延長				
工	目地ずれ	目地部のずれ、開き	波返し工の目地部におけるずれ、開きを点検する。	全延長	同上	重点点検箇所	波返し工の移動量は、調査対象ブロックの両端 2 箇所及び中央部 1 箇所にて測点を設け、基線（施設両端の基準点を結んだ法線の見直し線）からの水平距離を測定する。	重点点検箇所
	移動・沈下及び傾斜	波返し工の移動、傾斜、天端高の沈下	波返し工を法線方向に見通して、波返し工の傾斜、滑動、沈下等の生じている区間がないかを観察する。	全延長	同上	重点点検箇所		



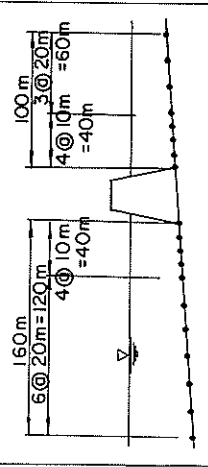
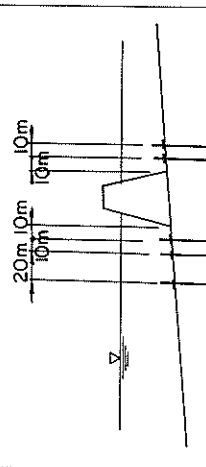
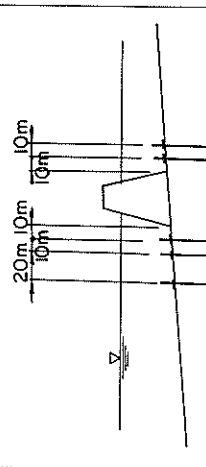
点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	② 簡単な調査		③ 測定・調査・試験		
				点検ピッチ	点検ピッチ	点検ピッチ	点検ピッチ	
波返し工							<p>③ 測定・調査・試験</p> <p>また、波返し工の沈下量は上図に記した測点(1ブロックあたり3測点)の標高をレベル測量する。</p> <p>なお、波返し工の傾斜は下図のように傾斜計を用いて計測する。計測位置は1ブロックにつき両端、及び中央部の合計3箇所とする。</p> 	重点点検箇所
天端被覆工及び裏のり被覆工	ひびわれ	被覆工表面のひびわれ	被覆工表面のひびわれを観察する。	表のり被覆工・堤体工の場合と同様。	法線方向100mピッチ及び重点点検箇所	(天端工・裏のり被覆工のコンクリート劣化は堤本体ほど重要でないため、目視による劣化調査のみとする。	重点点検箇所	
	はく離・損傷	被覆工表面、及び隅角部、端部のはく離・損傷	被覆工がコンクリート工の場合は、その表面、隅角部、端部等ではく離、損傷の発生を観察する。 被覆工がアスファルト系の場合はその沈下や凹凸、き裂、損傷の発生を観察する。 被覆工がブロックや石張りの場合は、	同上	法線方向100mピッチ及び重点点検箇所	ただし、ひびわれ、目地ずれなどは越波水や雨水の浸透をひきおこし、すい出しの誘因となるため十分に留意して点検すること。)。		

点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	② 簡単な調査		③ 測定・調査・試験	
				点検ピッチ	点検ピッチ	点検ピッチ	点検ピッチ
天端被覆工及び裏のり被覆工	コンクリートの劣化(コンクリート被覆の場合)	コンクリート強度及びコンクリート中性化	被覆がコンクリート工の場合でその表面にひびわれ、骨材露出、変色等の発生のある箇所について、その状況を入念に観察し、コンクリートの劣化の兆候の有無を点検する。	法線方向100mピッチ及び重点点検箇所	コンクリート表面のハンマー打撃検査により、コンクリートがもろくなっていないかを調査する。	法線方向100mピッチ及び重点点検箇所	
	目地ずれ	被覆工の目地部のずれ、開き	被覆コンクリート目地部の目地ずれ、開きの観察。また、被覆がアスファルト系の場合には、目地近辺のき裂・沈下の観察を行う。	全延長	目地部の段差、ずれ、開き幅や沈下量を計測する。	重点点検箇所	目地部のずれや被覆工の沈下、陥没等の大きな変状の認められた場合、堤防あるいは護岸の断面形状を測量して、その沈下・陥没の形状及び堤防全体の沈下や変位を計測する。
	沈下・陥没	被覆工の沈下・陥没	被覆工の沈下、陥没を点検する。この時、被覆工に生じているき裂や天端被覆工の場合には水たまり、あるいはその跡などとも発見の手助けとなる。	全延長	周辺の変状のない正常区間との相対的な沈下量、陥没量を計測する。		重点点検箇所



点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	② 簡単な調査		③ 測定・調査・試験	
				点検ピッチ	点検ピッチ	点検ピッチ	点検ピッチ
天端被覆工及び裏のり被覆工			し工の裏面に沿った部分や表のり堤体の目地部周辺であり、裏のり部では、のり肩及びのり尻周辺、排水溝のある場合はその周辺である。				
	すい出し・空洞化	被覆工の下部の堤体土砂すい出し	被覆工の目地すれ、沈下、陥没等の変状を伴うことが多いため、これらの変状発生箇所は特に入念に点検する。	全延長	左記の目視による点検とともに、特にコンクリート被覆工の場合は表面に大きな変状はなくとも、すい出し、空洞化を生じていることがあるので、ハンマーによる打音検査を行う。	全延長	目地部のすれや被覆工の沈下、陥没等の大きな変状の認められた場合、あるいは堤体土砂の流失や空洞化の発生が推定される場合は、堤体の構造に与える影響ができるだけ少なく、かつ適切な位置を選び、被覆工の一部を取り除いて、堤体土砂の流失状況や空洞化の範囲を調査する。
							重点点検箇所

表-13 離岸堤の変状現象点検表

点検位置	変状現象	点検項目	①目視点検	点検ピッチ	②簡単な調査	点検ピッチ	③測定・調査・試験	点検ピッチ
海底	洗掘・堆積及び洗い出し	離岸堤の前面及び背面の海底地盤の洗掘・堆砂状況	潜水士により、離岸堤の前面及び背面の海底地盤の洗掘・堆砂状況を観察し、さらに離岸堤基部の状況や洗掘防止工に異常がないか等の点検を行う。	全延長または重点点検箇所(堤端部や法線折れ曲り箇所)			<p>離岸堤の前面及び背面の海底地盤高を測定する。測量範囲は法線直角方向に離岸堤の前面は160m沖まで20mピッチ、背面は陸方向へ100mまで20mピッチとする。ただし、離岸堤近くは10mピッチ(前面、背面とも40m先まで)で測量するものとする。</p>  <p>海底の地盤高変動の測定のため、洗掘環を設置して計測する方法もある。洗掘環設置位置は、例えば下図のようになる。</p> 	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所
堤体ブロック	移動・散乱及び沈下	離岸堤の外形及び沈下量、ブロックの配列の乱れ	離岸堤水面上のブロックの配列の乱れ、移動、沈下や崩壊の兆候等がないかを目視により点検する。水面下の部分は、潜水士によりプロ	全延長	陸側からの写真撮影により天端高の不等沈下や沈下状況の把握を行う(陸側の撮影位置を固定しておき、1/100等のスケー		<p>離岸堤の外形形状及び堤天端高を測定する。測点は下図のとおりとするが、異形ブロック上の測点の選定は近辺のブロックの配列を考慮して適切な位置をとるものとする。</p> 	法線方向 100mピッチ 及び 重点点検箇所

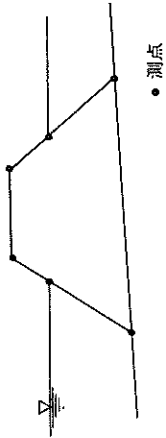
点検位置	変状現象	点検項目	① 目視点検	点検ピッチ	② 簡単な調査	点検ピッチ	③ 測定・調査・試験	点検ピッチ
堤体ブロック			ブロックの移動や沈下がないか、及びのり尻付近のブロックの海底面への潜り込み状況等を点検する。		ルに写真を引き伸ばし、水平線等を目安に状況を把握する。撮影時に長さ測るためのスケールを堤体位置に立て写しておくこと。			
	破損	堤体ブロックの破損状況	堤体ブロックの損傷の有無及び破損ブロックの個数を水面上から観察できる範囲について点検する。	全延長			潜水士により、堤体ブロックの損傷の有無及び破損ブロックの個数を調査する。	重点点検箇所

表-14 重点点検箇所

点検の種類	重点点検箇所の要件
①目視点検	<ul style="list-style-type: none"> ・施設の形状や地形条件等により、波浪集中のある区間 ・侵食海岸、地盤条件が悪いなど変状の発生の予想される区間 ・背後地の利用度が高く、災害による損失の大きい区間 ・建設後かなり年数を経た区間 ・被災や変状発生による修復工事が実施され、年数を経っていない区間 ・階段工、ひ門など付帯施設のある区間
②簡単な調査 ③測定・調査・試験	<ul style="list-style-type: none"> ・以前の点検結果により、重点点検箇所として変状の進行拡大等の監視が必要とされた部分

なお、測量点検において、レベル測量を行うときの基準点や法線設定のための基準点等、絶対的な変位量を測定するための基準点が不明確にならないよう平時より留意しておく必要がある。

(2) 点検ピッチ

つぎに、それぞれの点検作業の点検ピッチについて述べる。

目視点検については、基本的には施設の延長全体について実施するが、特に重点点検箇所については入念に行う必要がある。

簡単な調査および測定・調査・試験については、目視点検で変状の認められた区間、あるいは前回点検で変状が認められ、重点点検箇所に指定された範囲が対象となる(二次点検は必要に応じて実施)。このほか、建設初期の沈下量測定や、変状の進行速度の調査、軽度の変状がほぼ一様に長い区間に渡って発生している場合などは、一定間隔の点検ピッチで変状点検を行う。この時の点検ピッチは施設の状況に応じて任意に設定してよい。なお、表-12、表-13においてはこの間隔を100mとした。

なお、ここでいう重点点検箇所とは表-14に該当するものをいう。

5.6 変状点検の時期

変状点検の時期は施設に発生する変状の特性及び発生原因を考慮して、効果的な点検ができるように決定する必要がある。変状の発生原因には前にも述べたように、荒天時の波浪や豪雨、地震等の災害型のものと、堤体重量による地盤沈下やコンクリートの劣化、鉄筋の腐食のような常時進行型のものがある。したがって、これらの変状発生を適確に捕えるためには、荒天や地震来襲後に実施する異常時点検と、一定の期間をおいて実施する定期点検とを組み合わせるようになっていくことになる。

定期点検の実施間隔は、例えば堤体の重量による圧密沈下とか設計施工の不適切による堤体の変位やひびわれ

等の変状は建設後の比較的早い時期にその前兆が現れるため、建設後及び補修工事後の初期段階は点検間隔を短くし、その後は数年おきの点検を実施することが望ましい。おおよその目安として、施工後3年目までは、6カ月、1年目、2年目、3年目の4回程度、その後は3年間隔程度の点検を実施することが考えられる。

また、異常時点検の実施は、大きな台風や地震の来襲に応じて随時行うことになる。ただし、個々の台風や地震等の災害点検ではなく、台風期や日本海側における冬期風浪のように、毎年決まった時期に周期的に起こる現象に対しては、これらの時期の終了に合わせて全体的な点検を行うことも重要であるため、これらの季節の変わる時点に定期点検実施時期を合わせるのも一つの方法である。

いずれにしても、定期点検及び異常時点検の実施時期は、地域の特性や季節を考慮して、それぞれの施設に応じた効果的な時期を選定する必要がある。このほか、点検作業時はできるだけ波浪等が静穏であることが望ましく、またコンクリートのひびわれは冬の寒い時期ほど顕著に現れることなど、点検の行いやすい時期を考慮に入れておく必要もある。

つぎに、定期点検及び異常時点検の違いについて述べておく。これらの点検の特徴の概要は、表-15に示したとおりである。定期点検は、点検時における施設の耐用度を判定するだけでなく、その時点では目立った変状を生じていなくとも、点検時の状況を記録しておき将来変状が生じた場合に過去の測定値と比較することにより、その変状が施設の機能や安定性を損なう変状に進行していく性質のものであるとか、その進行速度及び発生原因を推定し、変状の補修の緊急度を判定する資料とするため、施工後及びその後数年おきの定期点検のうちの何回かについては、写真を利用した状況記録や変位の計測を行っておくことも重要である。また、これらの計測調

表-15 定期点検と異常時点検の特徴

	点検目的	点検内容	点検間隔	実施時期
定期点検	・施設建設や補修後の経時点検 ・施設の耐用度等の全体点検	①目視点検 ②簡単な調査 (写真による状況記録) ③測定・調査・試験 (変位の計測記録)	・初期段階 6カ月, 1年, 2年, 3年目 ・通常 3年おき	・地域特性や季節を考慮して実施時期を固定 (季節の変わり目: 冬期風浪, 台風期)
異常時点検	・異常時作用力による変状点検	①目視点検 ②簡単な調査 (変状ありの場合) ③測定・調査・試験 (変状の程度による)	・随時	・台風, 地震, 洪水, 高潮等の来襲後

査を行うことにより、目視点検では発見できなかったような、わずかな変位や全体的に変位しているため各部分における変位の少ないような変状を発見することもできる。

異常時点検の場合は、それぞれの特性を考えて変状の発生しやすい箇所を重点的に点検を行い、変状の認められた場合に簡単な調査を行い、その内とくに必要な場合はさらに詳細な測定・調査・試験を実施することになる。なお、変状が認められたが、その段階では特に緊急の処置を必要としなかったような場合は、その変状の状況やその施設及び近隣施設の変状発生履歴を参考にして、特定の項目のみの点検を適時実施するなどにより、きめ細かい対応をとることが望ましい。

6. 変状の評価方法

海岸保全施設に生じた変状を評価する、つまり変状がどこまで進んだら補修を行うかということ判断するにあたってはどのような観点に立つかによって判断基準は大きく変わってくる。この観点として考えられるのが以下のようなものである。

- ① 施設的美観上・利用上の観点
- ② 施設の機能面からの観点
- ③ 施設の構造上の安定性からの観点
- ④ 施設の維持費用からの観点

本資料においては、3.1 システムの概念で述べたとおり、上記①～③の観点からの変状の許容可能な限界（変状許容限界という）をふまえた上で、④施設の維持費用からの観点、つまり変状の軽い段階でこれを発見し、必要に応じて補修を行って経済的・効率的に施設を維持してゆくことを目標としている。このために、上記①～③の各観点からの許容限界を検討し、④の観点に基づいた変状の評価方法について述べる。

(1) 施設的美観上・利用上の観点

最近では海岸自体がレクリエーションの場として重要視されるようになってきており、今までのように海岸線の防護といった単一の機能面からだけでなく、海岸の利用面や景観面において今までのような付帯的な考え方から、むしろこれらの面を積極的に捕え、再開発が計られるようなケースも増えてきている。しかし、この観点からの評価はすべての海岸保全施設に対し同じ重みで重要というわけではなく、施設の立地条件、現在あるいは将来の利用状況等によりその重みづけは異なり、施設によっては美観上・利用上の観点より施設本来の機能面が優先されるものもある。

したがって、この観点から施設に発生した変状を評価する場合は、対象施設によりその評価の重みを変える必要がある。この美観上・利用上の観点からの評価区分を変状の軽いものから示すと次のようになる。

- 1) 外観上特に変状なし。
- 2) 海岸防護の機能面及び構造物の安定面、海岸や当施設の利用上の問題はないが、美観上変状が目立つ（評価は主観的になりがち）。
- 3) 海岸防護の機能面、構造物の安定面では問題はないが、海岸や当施設の利用上の支障が生ずる。
- 4) 美観上・利用上だけでなく、海岸防護の機能面、構造物の安定面においても支障が生ずる。

これらの評価区分に対する処置については、美観上・利用上の観点に重きが置かれるような施設では、評価区分の3)もしくは4)にあたるものは美観上・利用上の観点が重視される方向で補修を行わなくてはならない。

④の管理費用の観点をあわせて考えると、さらに進行する恐れのある変状（進行性変状）については、補修費用が小さくてすむうちに補修を施すことが重要であり、これは④施設の維持費用からの観点による。

(2) 施設の機能面からの観点

海岸保全施設（護岸・堤防・離岸堤）の機能について考えると、護岸・堤防は波浪から海岸を防護するためのものであり、具体的には波浪洗掘による汀線後退の阻止であり、また越波や高潮に対する背後地の保護とすることができる。離岸堤の場合は、護岸や堤防による海岸の防護を受動的なものとすれば、むしろ積極的に養浜や波浪減殺効果を狙ったものといえることができ、なかには養浜を主目的とする場合もある。これらの海岸保全施設の機能が阻害されるような変状を考えると、ひとつは護岸・堤防の天端高が低下し（例えば地盤沈下に伴う堤体沈下、あるいは堤体上部の欠損等）背後地に越波が生ずる場合、または護岸・堤防の破壊により汀線が後退する場合などがある。これらのうち、圧密による地盤沈下で天端高が低下し、構造物の安定性からはまったく問題がない場合については、越波防止機能に問題が生ずる時点を目標に補修を行えばよい。しかし、一般には海岸保全施設の機能面に問題が生じるような変状が発生した場合には、構造物にかなりの変状が生じており、③施設の構造上の安定性からの観点もしくは④施設の維持費用からの観点によって変状が評価される。

(3) 施設の構造上の安定性からの観点

海岸保全施設の特徴の一つとして、変状が生じた場合、一般に機能面からの許容限界よりも構造上の安定性による許容限界によって変状許容限界が決定されることがあげられる。これは、言い変えると、変状が進行して施設の機能が損なわれる以前に構造としての破損・破壊の状態に達するということであり、現在の補修方法というものが、圧密沈下によるかさ上げを除けばほとんどが破損・破壊施設の補修という形で行われていることに関連するものである。

しかし、現在のところ施設の破損・破壊の評価方法は定められておらず、一般に補修を行うかどうかは、機能喪失までの時間的余裕、機能の重要度、そのほか財政事情などを考慮した担当者の判断に委ねられている。

(4) 施設の維持費用からの観点

施設の維持費用の観点とは、施設の耐用年数内における補修費用の総額を最小にするように補修を行うてゆこうというものである。もし各変状連鎖においてある変状現象からつぎの変状現象へと変状が進行してゆく確率と、各変状段階における補修費用がわかるものとするならば、これらから期待補修費を算定し、あらかじめ期待補修費が最小となる変状の段階を決定しておき、点検された変状がこの段階に達しているかどうかで点検結果を評価することができる。しかし、実際には変状の進行に関する

確率が算定できるデータも得られていないし、評価すべき施設ごとに主要な変状連鎖のみとはいえ各変状段階における補修費をあらかじめ算定しておくことも容易なことではない。

このため、本資料においては上記期待補修費を最小にする概念に準じる方法として、変状の進行速度に基づいて変状の評価区分を設定し、さらにこの区分を構造上の安定性の観点等から細分し、それぞれの区分に応じて補修方針を決定する方法を用いた。そして、各施設の点検結果を評価する参考とするために、補修費用の観点を重視し、変状現象ごとに具体的なガイドラインを作成した。

(5) 施設の維持費用からの観点による評価区分の設定

施設の維持費用を考えるために、まず護岸・堤防の基本的な構成について述べる。護岸・堤防の主要構造物材は堤体を構成している堤体土砂とそれを被覆保護する被覆材であり、コンクリート重力式の場合は堤体自身及びその背面土砂がこれに相当すると考えられる。この主要構造部と一体化した形で、これらを堅固に防護する部分が根固工であり、天端や裏のり被覆工で、堤体前面にさらに消波工などの防護施設の設けられる場合もある。これらの各部に生じた変状は、4. 海岸保全施設の変状現象において既述したように、その変状発生の原因、状況によってはさらに他の部分の変状を誘発し、堤体主要部分の大きな被害へと連鎖することがしばしば見られる。したがって、発見された変状の評価においては、その変状が施設にとってさらに重大な（補修費用が大きな）変状に進行するものであるのか、そうでないのか大きな評価の区分点となる。

そこで、本資料においては、変状の点検結果について構造の安定性の観点に基づき変状進行速度から進行性の変状はAランク、さほど進行の怖れのない変状についてはBランク、主に外観上や美観上の観点のみに対し問題となるような変状に対してはCランク、そして変状がないものをSランクとして分類し、それぞれ補修方針を検討した。これらA、B、Cの各ランクについて、変状の範囲、程度および進行速度等によってさらに細分し、それぞれに補修方針を記述したものを表-16に示す。実際の海岸保全施設の維持管理にあたっては、以下に述べる評価区分判定のガイドラインを参考として変状の評価を行い、表-16の評価区分のいずれに該当するかを決定し、当該施設の機能の重要度や財政事情等を総合的に勘案し、その対策をたてることができる。

(6) 変状の評価区分判定のガイドライン

一次及び二次の変状点検により発見された変状は、対象施設の構造様式、変状の発生箇所と規模、進行速度、

発生原因、施設的环境条件（海象条件、海岸が侵食型であるかないか）等の条件を総合的に検討して、表-16の評価区分のいずれに該当するかを決定し、その対策をたてることとなるが、この判定の参考とするため、表-17及び表-18に示した各変状現象に対する評価判定のガイドラインを作成した。

護岸・堤防において、変状が進行性を持つ場合（Aランク）は、主要変状連鎖に見られるようにいずれの場合も最終的には堤体土砂のすい出しや堤内空洞化の変状現象につながっており、この段階から破堤までの連鎖の進行は早い場合が多い。さらに、この変状段階を越えると

一般に補修工費が高くなり、単位長当たりの工事費が初期工事費を越えることもあるため、堤体土砂のすい出し、空洞の発生等の変状が維持費用の経済性からみて一つの限界となる変状指標とすることができる。このほか、各変状位置における変状度合の区分は施設によってその違いが大きく、変状量を数値的なもので区分できないため、変状の進行段階を指標にしたランク分けを行った。護岸・堤防における上記以外の変状、および離岸堤における各変状位置における変状度合の区分は、施設によってその違いが大きく、変状量を数値的に区分できないため、変状の進行段階によって変状のランク分けを行った。

表-16 変状の度合の評価区分

評価区分	変 状 の 範 囲	変 状 の 程 度 ， 進 行 速 度	補 修 方 針	
A	AA	施設の主要部を含め、大部分の部位に大きな変状が発生。	構造物の大部分が破壊、安定性欠除。施設の機能も著しく低下。	直ちに全面復旧。
	A ₁	施設の主要部等に広範囲の変状が発生。	堤本体の安定性が非常に低下。変状が急激に進行し、崩壊につながる怖れあり。異常時再来の場合、急速に破壊する可能性大。	早急に変状進行防止処置を施し、変状区間を補修する。
	A ₂	施設の主要部等に部分的な変状が発生。	堤本体の安定性低下。変状の進行により、変状規模が拡大する怖れあり。そのまま放置すれば、いずれは大きな破壊につながる。	変状進行防止処置のみ施しておき、適当な時期に完全補修する。（消波工、根固工は修復）
	A ₃	施設の主要部やその他の部位に軽い変状（ひびわれ、損傷等）が発生。	現状では堤本体の安定性に対し問題はないが、変状が進行する怖れがある。	変状進行防止処置のみ施しておき、その後の経過を監視する。（消波工・根固工は修復）
B	B ₁	施設の主要部に微小な変状、あるいは主要部以外の部分や付帯設備に中～小規模の変状が発生。	堤本体の安定面では問題ないが、海岸や当施設利用において支障が生ずる。これ以上の変状進行の怖れは少ない。	利用上の支障が生じないように処置し、その後の監視を強化する。
	B ₂		堤本体の安定面及び海岸等の利用面でもあまり問題なし。これ以上の変状進行の怖れは少ない。	変状はそのままとし、その後の監視を強化する。なお、場合により外観の補修を行う。
C	C ₁	施設の主要部以外で軽微な変状発生が認められる。	変状は軽微で、変状進行の怖れはないが、外観上やや変状が目立つ。	外観の補修のみ行い、その後の各点検時に重点的に点検を行う。
	C ₂		変状は軽微で、変状進行の怖れはない。また、外観上もとくに問題なし。	その後の各点検時に重点的に点検を行う。
S	変状なし	変状なし	現状のまま	

表-17 護岸・堤防に発生した変状の評価のガイドライン

点検位置	変状現象	C ランク		B ランク		A ランク		
		C ₂	C ₁	B ₂	B ₁	A ₃	A ₂	A ₁
海底地盤	洗掘・堆積	前面海底に洗掘が見られる。 (例えば洗掘深0.5m未満)		大きく洗掘(侵食)を受ける。 (洗掘深1m程度, かそれ以上, または堤基礎工の露出)				
	すい出し(根固部)			根固工の沈下や部分的にはらみ出し等が見られる。		根固工の変状大, その範囲も広い。		
消波工	移動・散乱及び沈下			ブロックの一部が移動または, 若干の沈下あり。		散乱・沈下による消波工断面減少(ブロック一層分以上)		
	ブロック破損	小さなひびわれ発生		ブロックの一部破損, 変状ブロックは数個。		破損ブロック多数。配列の乱れは少ない。		
根固方塊・根固ブロック	移動・散乱及び沈下	被覆石の一部にずれ程度の移動が見られる。		被覆石, 根固ブロック等に小規模な移動・散乱, または若干の沈下あり。		広範囲に移動・散乱・沈下が発生。		
	ブロック破損	小さなひびわれ発生		ブロックの一部破損, 変状ブロックは数個。		破損ブロック多数, 配列の乱れは少ない。		
捨石マウンド	移動・散乱及び沈下	マウンドのり肩, のり尻にはらみ出しや, 部分的に小さな沈下が認められる。		被覆石の移動・散乱, 捨石マウンドの沈下, マウンドの変形が認められる。		マウンドがかなり沈下, 捨石が散乱。		
	ひびわれ	施工時乾燥収縮等によるヘアークラック		小さなひびわれ(ひびわれ幅0.2mm程度)		部材の背面まで達するひびわれ・き裂。		
基礎工	はく離・損傷	ごく小規模のはく離・損傷		広範囲であっても, 表面近くで浅いはく離・損傷。(例えば豆板状に骨材露出)		表面だけでなく, 部材の深部までのはく離・損傷が及んでいる。		
	コンクリート劣化	施工時の養生不良等による表面のヘアークラックなど。		劣化による表面のはく離や損傷発生。中性化は鉄筋位置に至らず。		部材内部まで中性化。		劣化により強度が大きく低下。

点検位置	変状現象	C ランク		B ランク		A ランク		
		C ₂	C ₁	B ₂	B ₁	A ₃	A ₂	A ₁
基礎工	目地ずれ	目地部に小さなずれ、段差、あるいは基礎工の変位に伴い堤体工、表のり工との間に目地の開きが認められる。				目地部より背面部土砂がすい出されている。		
	移動・沈下	基礎工に軽い移動・沈下が認められる、あるいは基礎工が法線直角方向に少しはらみ出している。				移動・沈下のほか、背面部土砂のすい出しあり。		
	ひびわれ	施工時乾燥収縮等によるヘアークラック。	小さなひびわれ。(ひびわれ幅0.2mm程度)	やや大きなひびわれや小さなき裂。		部材背面まで達するひびわれ・き裂。		
	はく離・損傷	ごく小規模のはく離・損傷。		広範囲であっても表面近くの浅いはく離・損傷。(例えば、豆板状に骨材露出)		表面だけでなく、部材の深部まではく離・損傷が及んでいる。		
表のり被覆工 及 び 堤 体	コンクリートの劣化	施工時の養生不良等による表面のヘアークラックなど。		劣化による表面のはく離や損傷発生。中性化は鉄筋位置に至らず。		部材の内部まで中性化。		
	鉄筋の腐食			ひびわれ・はく離部の鉄筋に赤さび、あるいはコンクリート表面が赤く変色。		鉄筋の腐食により周囲のコンクリートがはく離。		
	目地ずれ	目地部に小さなずれ、段差、あるいは堤体工の変位に伴い堤体工(表のり工)間や天端工との目地に開きが認められる。				目地部より背面部土砂がすい出されている。		
	沈下・陥没	表のり被覆工や堤体工が少し沈下し、目地ずれ、あるいは小さなひびわれが発生。				目地ずれ部や裂部よりすい出しの怖れ。		
波返し工	すい出し・空洞化					堤体土砂が部分的にすい出されている。		
	ひびわれ	施工時乾燥収縮等によるヘアークラック。	小さなひびわれ。(ひびわれ幅0.2mm程度)	やや大きなひびわれや小さなき裂。		部材背面まで達するひびわれ・き裂。		
	はく離・損傷	ごく小規模のはく離・損傷。		広範囲であっても表面近くの浅いはく離・損傷。(例えば豆板状に骨材露出)		表面だけでなく部材の深部まではく離・損傷が及んでいる。		
						表面だけでなく部材の深部まではく離・損傷が及んでいる。		

点検位置	変状現象	C ランク		B ランク		A ランク			
		C ₂	C ₁	B ₂	B ₁	A ₃	A ₂	A ₁	AA
波返し工	コンクリートの劣化	施工時の養生不良等による表面のヘアークラックなど。	劣化による表面のはく離や損傷発生。中性化は鉄筋位置には至らず。	ひびわれ・はく離部の鉄筋に赤さび、あるいはコンクリート表面が赤く変色。	部材の内部まで中性化。	劣化により強度が大きく低下。			
	鉄筋の腐食				鉄筋の腐食により周囲のコンクリートがはく離。				
	目地ずれ	目地部に小さなずれ、段差、目地の開きが認められる。			天端工との目地部より水の浸透の怖れ。				
	移動・沈下及び傾斜	波返し工の変位量はわずか、目地部にずれや開きが発生。波返し工法線にややずれが認められる。			変位に伴う目地のずれ、開き大。	変位量は、大機能の低下は小さい。	波返し部が転倒、あるいは欠損。		
天端被覆工及び裏のり被覆工	ひびわれ	施工時乾燥収縮等によるヘアークラック。	小さなひびわれ。(ひびわれ幅0.2mm程度)	やや大きなひびわれや小さなき裂。	被覆工下面に達するひびわれ・き裂。				
	はく離・損傷	ごく小規模のはく離・損傷。		広範囲であっても表面のはく離・損傷。中性化は鉄筋位置には至らず。	表面だけでなく部材の深部まではく離・損傷が及んでいる。		被覆工が広範囲に破損、または流失。		
	コンクリートの劣化(コンクリート被覆の場合)	施工時の養生不良等による表面のヘアークラックなど。		劣化による表面のはく離や損傷発生。中性化は鉄筋位置には至らず。	部材の内部まで中性化。	劣化により強度が大きく低下。			
	目地ずれ	被覆工間や堤体部・波返し工との間の目地部にずれ、段差、開きが認められる。			目地部より水の浸透の怖れあり。	目地ずれ大、堤体土砂のすい出しあり。			
沈下・陥没		被覆工の沈下に伴い目地ずれ、あるいは被覆工中央部に沈下による凹部、細かなひびわれ等が認められる。			目地部、き裂部より水の浸透・すい出しの怖れ。	堤体土砂が部分的にすい出されている。	すい出しや沈下による被覆工の沈下・陥没が目立つ。	沈下・陥没が著しく、堤体土砂がかなり流失。	
	すい出し・空洞化				堤体土砂が部分的にすい出されている。		被覆工下部に空洞、あるいは被覆工が陥没。	堤体土砂がかなり流失。	

表-18 離岸堤に発生した変状の評価のガイドライン

点検位置	変状現象	C ランク		B ランク		A ランク						
		C ₂	C ₁	B ₂	B ₁	A ₃	A ₂	A ₁	AA			
海底地盤	洗掘・堆積	前面海底に洗掘・侵食が見られる。										
	すい出し	堤下部の砂が若干すい出されている。							洗掘防止工が破損。			
堤体工 (堤体ブロック)	移動・散乱及び沈下	堤体が少し沈下、堤体ブロックが移動、配列に乱れ、ただし機能の低下はあまりなし。							堤体沈下により機能がやや低下。	堤体沈下置大、ブロック配置も乱れ不安定。	堤体が広範囲に沈下、機能がかなり低下。	堤体の崩壊・破堤。機能喪失。
	破損	小さなひびわれ発生。							ブロックの一部破損	ブロック多数、配置の乱れは少ない。		

7. 補修の基本的考え方

変状評価の結果、補修を行うものとされた変状の補修工事を行う場合、次の要件を考慮して適切な工事方法と規模を決定、施工時期及び工事計画を作成する。

- ① 対象施設の構造様式と施設の重要度
- ② 変状の状況（発生原因、規模、発生位置）
- ③ 補修の緊急度
- ④ 施設の利用状況、自然・社会環境、利用計画
- ⑤ 隣接区間との関連による制約条件、隣接区間に与える影響度
- ⑥ 気象・海象条件
- ⑦ 施工法（仮設工法、材料入手の難易等を含む）、工事費

- ⑧ 補修効果、補修後の耐用度
- ⑨ 景観、その他

補修工法を検討する際の参考となるように過去の被災事例に見られた修復例をとりまとめ、表-19、表-20に示した。

なお、海岸保全施設に発生する変状は、被災事例の調査によるとその半数は施設前面の洗掘にかかわっている。これらの海岸施設の補修対策を検討する場合、洗掘が局部的な漂砂のアンバランスの結果生じたものか、かなり広範囲にわたる侵食海岸となっているかにより、その対策を考える必要がある。とくに後者の場合は、海岸全体の侵食対策の一環として修復工法を検討しなくてはならない。

表-19 堤防・護岸の補修方法の例

工種	変状現象	補修方法	補修上の留意点
根固工	根固捨石の散乱及び沈下	根固捨石の追加、原形復旧、場合により根固ブロック（方塊、異形）の設置、あるいは消波工、離岸堤、突堤等の併設。	根固捨石の散乱・沈下は波浪洗掘に伴う場合が多く、このような場合は砂の移動の抑制対策とともに、地盤変化に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
消波工	消波工の散乱及び沈下	捨石マウンドの補修、または増強、消波ブロックの追加復旧、根固ブロックの補強。	変状発生区間の波浪条件や被災原因を検討して、再度同様の変状の発生がないようにする。
基礎工	基礎工の洗掘	基礎工前面の埋め戻し、根固工の設置、あるいは消波工、離岸堤、突堤の併設。	堤体基礎部は特に洗掘やすい出し等の変状の発生が多く、これらに対する基礎工自体の補強のほか、根固工（根固異形ブロック）設置以外に離岸堤その他の併設により、積極的に前浜を保持するよう配慮することが望ましい。
	基礎工のはらみ出し	基礎コンクリートの拡幅補強、基礎矢板前面新設、堤体部にモルタル注入、根固工の補強等。	
被覆コンクリート工・堤体工	部分的なひびわれ	ひびわれ部に樹脂やモルタル注入。	ひびわれ部の修復後の強度は期待せず、鉄筋やコンクリートの劣化を抑制、あるいは外観上の修復を目的とする場合のみ可能。
	被覆工の広範囲のひびわれ	変状発生に伴い堤体土砂がすい出され空洞を生じている怖れがあるため、十分に確認のうえ、空洞部にモルタル注入、堤体前面に張りコンクリート、または撤去張り換えを行う。場合により消波工等の併設。	堤体前面の形状は、隣接区間との調和を考慮、部分的な変断面区間となる場合も、これによる波力集中等の弱点とならないようにする。 なお、堤体盛土中に隔壁を設け堤体土すい出し部が隣接部に拡がらないようにする方法等もある。
	被覆工のへこみや陥没		
	目地ずれ、堤体の移動・傾斜		
基礎工との目地部に開き	目地の開きや周辺のひびわれが軽微であれば、基礎工の補強、モルタル注入、被覆工の変状が顕著であれば張り換え		
波返し工	波返し工の後傾・沈下、あるいは折損	旧波返し工撤去のうえ、堤体コンクリートにアンカー筋でさし筋を行い、波返し工を補強復旧。	波返し工のかさ上げ施工や大断面の波返し工（堤体工）を旧堤体に継ぎ足す場合は、下部堤体及び堤体地盤の支持力や圧密沈下を十

工種	変状現象	補修方法	補修上の留意点
波返し工	波返し工法線の出入り	波力・自重による波返し工の前・後傾によるもので、波返し工の補強、天端工の張り換え、モルタル注入、場合により堤体工の補強・張り換え。	分配慮すること。
天端工	天端工の破損・沈下	変状が軽微、あるいは堤体土が比較的健全である場合は天端工のオーバーレイや張り換えを行う。 変状が堤体の沈下や、前面堤体下部、あるいは裏のり部よりの土砂すい出しによる場合は、すい出し発生部の補強復旧、及び空洞・沈下部にモルタル注入、堤体土補充のうえ天端工張り換え。	天端工の変状の原因は、通行荷重、被覆工劣化、堤体沈下、越波、堤体土すい出し等様様あり、変状の原因を把握した上で、それぞれに応じた補強修復対策を実施する必要がある。
	波返し工、裏のり工との目地ずれ		
	法線方向のひびわれ		
裏のり工	はらみ出し	裏のり工が相対的に弱い場合に生ずることがあり、裏のり部にモルタル注入補強、あるいは張りコンクリート補強。	裏のりの変状は、越波や雨水浸透によるすい出しの他、洪水による背後地湛水、あるいは湛水がなくなった後の堤内残留水位による場合などもある。よって背後地の水は速やかに排水するための排水溝の設置も場合により有効、ただし排水溝付近が堤体の弱点とならないようにする必要がある。
	裏のり部のへこみや陥没	堤体の沈下や裏のり部からの堤体土砂すい出しの怖れがあるため、十分に確認のうえ、軽度の場合は張りコンクリート補強、すい出し部はモルタル充てんや堤体土の補充後、裏のり工の張り換え（コンクリート、アスファルト被覆）。	
	目地部や打継ぎ部の開き		

表-20 離岸堤の補修方法の例

工種	変状現象	補修方法	補修上の留意点
堤体ブロック工	波力による異形ブロックの飛散	異形ブロックを乱積みで補充復旧。場合により、ブロック重量を増加させて補強復旧。	離岸堤端部は洗掘や波力による変状が発生しやすいため、復旧断面の決定時に配慮が必要。
	洗掘・すい出しによるブロックの沈下・散乱	異形ブロックを補充して所要の天端高に復旧、及び堤体前面に根固ブロックを設置。	離岸堤の陸側洗掘の場合は、突堤の設置、海岸の反射率低下策として養浜、消波ブロックの設置などの併設も検討。

8. あとがき

本資料では、海岸保全施設の過去の被災事例を分析整理しこれらの施設に発生する変状現象及びその連鎖関係を抽出し、その結果を用いて施設を効率的に維持管理するための変状の点検方法、評価方法についての具体的な方法ならびに対策の基本的考え方について検討を行った。

今回の試案では、これまで個々に実施されがちであった海岸保全施設の維持点検を体系化することに主眼をお

いて作成したものであり、システムとして不十分な点もあるかと思われる。例えば、個々の施設にこの点検システムを適用する場合の点検方法やその評価判定については、それぞれ個別の周辺環境、立地条件や構造形態等の違いによる個々の特性により実績データを数多く集積し検討し、いくつかの試行錯誤を重ねていくことにより、より効果的な維持管理システムとして完成されていくものと考えられる。

(1986年3月31日受付)

港湾技研資料 No.557

1986・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日本製版株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.