

沿岸防災施設の戦略的維持管理のための 基本的考え方

PRINCIPLE OF STRATEGIC MAINTENANCE OF COASTAL DISASTER- PREVENTION FACILITIES

岩波光保¹・加藤絵万²・横田 弘³

Mitsuyasu IWANAMI・Ema KATO・Hiroshi YOKOTA

¹正会員 工博 (独) 港湾空港技術研究所 構造・材料研究チーム (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

²正会員 工博 (独) 港湾空港技術研究所 LCM研究センター (同 上)

³正会員 工博 (独) 港湾空港技術研究所 研究主監 (同 上)

Recently, severe deterioration of structures due to aging has often been observed in coastal disaster-prevention facilities such as embankment and breakwater. To keep the functions of the facilities over the required level, it is necessary to maintain the facilities appropriately according to the maintenance plan. For this purpose, the draft of maintenance manual for coastal disaster-prevention facilities was prepared in 2008.

In this study, the contents of the manual were reviewed based on the principle of strategic maintenance, pointing out the parts to be further investigated.

Key Words : *coastal disaster-prevention facility, strategic maintenance, maintenance manual*

1. はじめに

我が国の沿岸防災施設は、昭和30年代の高潮災害を契機に整備されたものが多く、図-1に示すように、老朽化による劣化や変状が顕著となった施設が増加してきている。このような施設では、今後発生する災害に対する防護機能の低下が危惧されることから、適時適切な維持補修や更新が求められている。

また近年、大きな台風被害が沿岸防災施設に発生していることに加えて、海面上昇や地球温暖化に伴う災害ハザードの上昇が懸念されている。これを受けて、国土交通省港湾局では、交通政策審議会港湾分科会の中に、防災・保全部会を設置し、「地球温暖化に起因する気候変化に対する港湾政策のあり方」について検討を行っている。

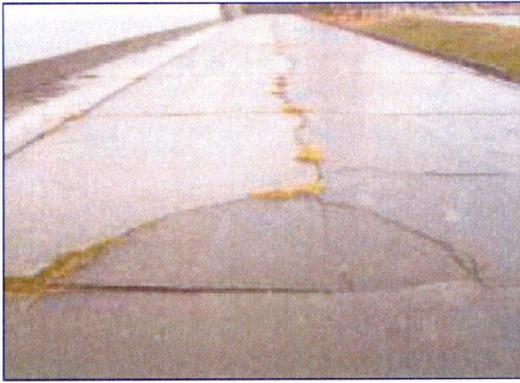
沿岸防災施設の防護機能を確保し長期間にわたる供用中のいずれの時点においてもこの機能を保証するためには、戦略的で効率的なメンテナンスが必要となる。社会基盤施設のメンテナンスについては多方面で種々の検討がなされており、鋼構造やコンクリート構造といった材料的観点から多くの研究成果が創出されており、これに基づいて、港湾施設や橋梁といった構造形式ごとに戦略的なメンテナンスのための技術マニュアル類がとりまとめられている¹⁾。

一方、施設延長の長いため十分な維持管理が行い

にくい沿岸防災施設では、戦略的なメンテナンスのための取組みとして、点検診断のためのマニュアル(案)²⁾が整備されたところであり、現在はこれを実行に移すための方策が検討されている。また、沿岸防災施設の防護機能を可視化して表現したものとして高潮・津波ハザードマップがあるが、これらは沿岸防災施設が当初設計どおりの防護機能を有していることを前提としている。つまり、劣化・変状による施設の性能低下が反映されていない点に問題がある。

沿岸防災施設は、平時には存在感が小さいが、災害時に初めてその機能が発揮されるという性格を有している。このような待機系の施設においては、現時点における防護機能がどれだけ残存しているか、すなわち、現時点でどれだけの作用外力に対して安全であるのかといったことが把握しにくいという特徴がある。したがって、港湾施設や橋梁のような一般の構造物に対するメンテナンスの考え方を直接適用することはできない。すなわち、沿岸防災施設の戦略的なメンテナンスのためには、今後発生する災害時の作用外力を的確に予測し、沿岸防災施設の現有防護機能を点検結果に基づいて適切に評価することで、災害時に起こりうる被害を軽減するための対策を予防保全的に実施することが不可欠である。

これまでの研究³⁾によれば、長期間供用された沿



(a) 水叩き部のひび割れ



(b) 吸出しによる空洞化

図-1 海岸保全施設の変状事例

岸防災施設では、コンクリートや鋼材等の材料の劣化が生じて構造体の変状として顕在化すると同時に、ひび割れ等から背後の土砂が流失したり、沈下が生じたりすることで施設の安定性や防護機能が低下する過程を経るとされている。これらの機能低下の過程は、長大な沿岸防災施設に同時に生じるわけではなく、環境条件や設計・施工条件等の影響を受けて、場所ごとに局所的に生じることになる。そのため、代表的指標として取り上げるべき変状の種類や発生箇所を予想し、効率的な点検診断を行うことが効率的な維持管理のために必要となると考えられるが、これに関する検討は現時点では不十分である。

このようなことから、沿岸防災施設において供用期間中の機能低下が生じるメカニズムを明らかにし、かつその進行状況を点検結果に基づいて定量的に、かつ精度良く評価・予測する技術が必要である。また、評価・予測結果に基づいて、施設の長寿命化のための予防保全対策を選定するプロセスが必要である。この際には、施設延長の長い沿岸防災施設の戦略的なメンテナンスのために、地域の防災計画やハザードマップへの反映方法などのソフト的な対策も含めて、維持管理費用を効率的に配分し、かつ最大の便益が得られるような計画の策定方法が必要である。

そこで本研究では、防災と国土保全のために建設された沿岸防災施設（護岸や堤防といった海岸保全施設や津波防波堤など）を合理的かつ効率的に維持管理するためのマネジメント手法を確立するため、既往のマニュアル（案）²⁾の内容を踏まえて追加的な検討を行い、その基本的な考え方を提案する。

2. 現状の問題点の抽出

既往の研究³⁾では、長期間供用された海岸保全施設では、コンクリートや鋼材等の材料の劣化が生じて構造体の変状として顕在化すると同時に、ひび割れ等から背後の土砂が流失したり、沈下が生じたり

することで施設の安定性や防護機能が低下することが明らかとなっている。そこで、海岸保全施設において供用期間中に防護機能が低下するメカニズムを変状連鎖の形で整理し、かつその進行状況を把握するための点検診断手法がマニュアル（案）²⁾の形で提案されている。このマニュアル（案）で示されている維持管理のフローを図-2に示す。

このフローによれば、定期的に行われる施設の点検診断結果に基づいて健全度判定を行い、応急措置の要否、詳細な調査の要否、対策の要否を行うことになっている。

沿岸防災施設の維持管理を戦略的に実施しようとした場合、施設の残存性能を的確に評価し、その将来予測を行った上で、適時適切な対策を施していく必要があるといえる。したがって、現状の維持管理システムにおいては、施設の残存性能に関する検討が不十分である。このためには、施設に発生した変状が施設の性能に及ぼす影響を明らかにしておくなければならない。また、あわせて施設に発生する変状をいかに効率的に発見するかも重要な検討課題である。

また、沿岸防災施設の目的・機能は台風、高潮等の異常時作用に対して背後地にある人命や資産を防護することである。この機能が異常時に発揮されることを保証するためには、想定する作用（外力）に対して施設の安全性が十分であるかどうかを照査しなければならない。しかしながら、沿岸防災施設のような待機型の施設においては、施設の安全性を照査する際に用いる作用（外力）をいかに設定すべきかが大きな問題となる。

また、施設の残存性能評価および将来予測結果に基づいて対策を実施する場合には、予防保全の概念のもとライフサイクルコストが最適化するように対策の選定をする必要があるばかりでなく、便益の最大化についても配慮することが望ましい。このような観点からの対策の計画・実施のための考え方については現時点では明確には示されていない。

3. 戦略的マネジメントのための具体的方策の提案

ここでは、2.において抽出した現状における維持管理システムの問題点・課題に対して具体的な方策を提案するとともに、今後の検討課題や調査研究の方向性を示す。

(1) 点検診断

沿岸防災施設の残存性能評価を確実に行うためには、施設の現状を的確に把握できる点検診断手法を構築しなければならない。しかし、沿岸防災施設の施設延長はきわめて長いことから、その全延長にわたって詳細な調査を実施することはコストや労力の面から現実的でない。そこで、定期的な点検診断時に特に着目すべき調査位置をあらかじめ設定しておくとともに、沿岸防災施設の機能確保にとって最も重要な施設の天端高については全延長にわたってモニタリングする。調査位置の設定にあたっては、過去の点検診断履歴から変状の進行が顕著である、あるいは今後急速な進行が懸念される部位、背後地に人口や資産が集中し被災を受けた場合のリスクが大きい部位、背後地の地形などから見て、当該部位の被災が他の部位の被災を誘発する、あるいは、背後地の被害を著しく増大させる部位などを対象とするといふ。

今後は、変状の代表的指標およびそれを評価するための部位を特定するための点検診断システム、限られた点検診断の結果から、長大な施設を代表させる性能評価結果を得るための確率的アプローチなどについて検討する必要がある。

(2) 残存性能評価・将来予測

沿岸防災施設に生じた変状から、施設の防護機能がどの程度失われ、これが将来的にどのように進行するのかを予測するモデルを構築する必要がある。沿岸防災施設の一般的な構造形式であるコンクリート構造および鋼構造については、変状の位置や程度が構造物の残存性能に及ぼす影響は、同じく海洋環境下にある港湾施設の場合と同一であると考えられることから、港湾施設を対象としたマニュアル¹⁾を準用できる。しかし、沿岸防災施設において土砂流出や沈下等が生じて機能低下に至る変状の進行過程については十分に解明されているとはいえない。今後は、現地実態調査を踏まえた室内実験や数値解析により、変状進行モデルを作成し、残存性能評価手法を確立する必要がある。

残存性能の将来予測に関しては、マルコフ連鎖モデルの適用が有効である。これは、「状態」と「推移」という2つの概念を用いて物事がある「状態」から、ある「遷移確率」で次の「状態」へと移行す

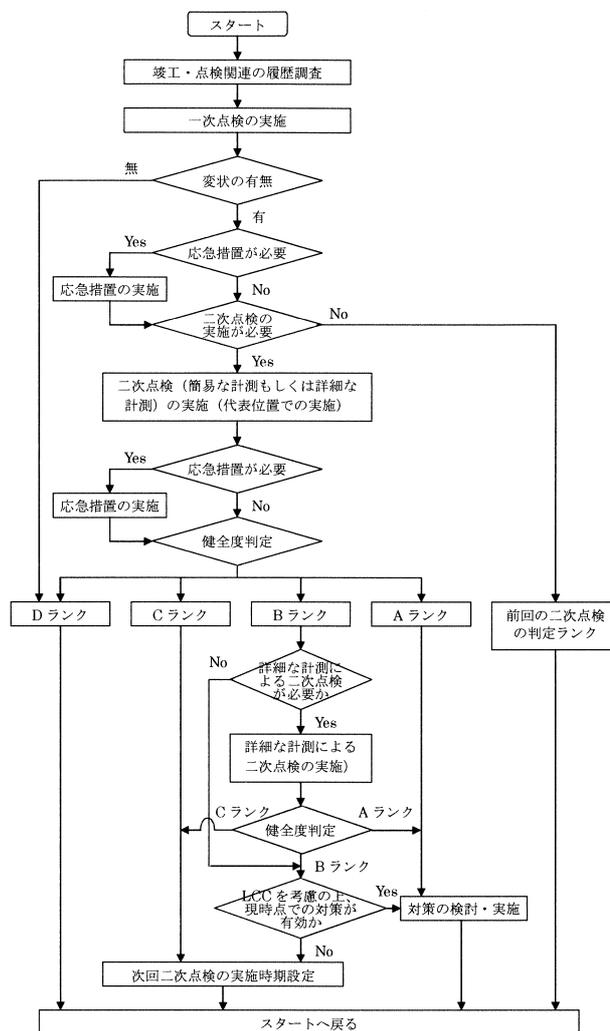


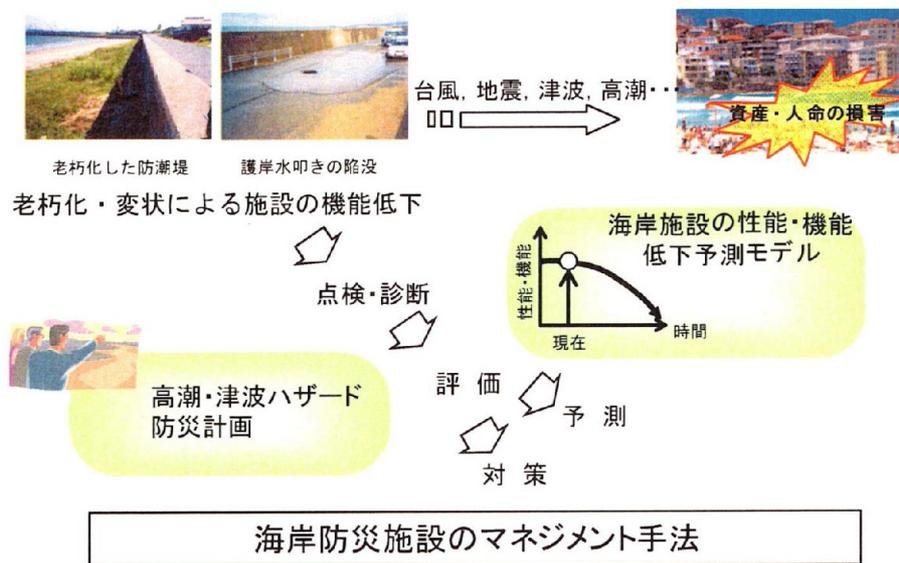
図-2 既往マニュアル(案)での維持管理のフロー

る様子を確率的に捉える統計手法で、時間の経過とともに状態が徐々に変化する現象を確率的に扱うことができる。既往の研究⁴⁾で、マルコフ連鎖モデルにより海岸保全施設の吸出し・空洞化による機能低下予測が可能であることが示されている。今後は現地データの蓄積による精度向上のための検討が必要である。

(3) 作用外力の設定

施設の安全性を照査する際に用いる作用(外力)については、これまでは現象の定常性に基づいた確率論により設定されてきたが、今後は、地球温暖化による気象現象の非定常性の顕在化などを考慮して、設計外力の見直しを行うことが必要である。また、想定される外力のもとで、老朽化により変状が生じた沿岸防災施設で生じ得る特異な現象をあらかじめ把握しておく必要がある。

今後必要な検討としては、沿岸防災施設の残存性能評価・将来予測により得られる防護機能の経時変化と作用外力の変化を同時に考慮することで実現できる沿岸防災施設の機能低下に伴う高潮・津波ハ



ライフサイクルコストの低減, 効率的維持管理, 安全・信頼の向上ほか

図-3 沿岸防災施設の戦略的維持管理の基本的な考え方

ザードへの感度分析が挙げられる。すなわち、高潮・津波によりどのような危険が発生するのか、それに伴って、既存施設の防災力がどの程度期待できるのか、あるいは実際に十分機能し得るのかについて、数値解析などを通して明らかにするとともに、その結果をハザードマップへ適切に反映することで被災リスクの軽減を図る方策を検討する。

(4) 対策の計画・実施の考え方

沿岸防災施設は施設延長が長いことから、残存性能評価の結果から対策が必要であったとしてもコスト面ですべての部位を補修・補強することは難しいケースがあると考えられる。したがって、沿岸防災施設の戦略的な維持管理のためには、補修・補強といったハード面での対策だけでなく、地域の防災計画やハザードマップへの反映などのソフト面での対策も含めて総合的な判断が必要である。限られた維持管理費用を効率的、効果的に配分し、かつ最大の便益が得られるような維持管理戦略を策定することが求められる。

沿岸防災施設に求められる機能を最大限発揮させるため、限られた予算制約の中で、どの施設から、あるいは、どの海岸から対策を実施すべきかを高い説明性を持って検討し、補修・補強等の対策に優先順位をつけていく、いわゆる、アセットマネジメントの概念を導入することも必要である。

4. まとめ

沿岸防災施設は、平時には存在感が小さいが、災害時に初めてその機能が発揮されるという性格を有

している。このような待機系の施設に対する維持管理の基本的な考え方について検討を行い、分析を行った結果、現時点で防護機能がどれだけ残存しているか、すなわち、現時点でどれだけの作用外力に対して安全であるのかを把握しにくいという特徴があることがわかった。したがって、沿岸防災施設の戦略的な維持管理のためには、図-3に示すように、今後発生する災害時の作用外力を的確に予測し、沿岸防災施設の現有防護機能を適切に評価することで、災害時に起こりうる被害を軽減するための対策を予防保全的に実施することが不可欠であることがわかった。

謝辞：本稿のとりまとめにあたっては、土木学会海洋開発委員会沿岸防災施設のアセットマネジメント研究小委員会での議論を大いに参考にした。ここに記して、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 港湾空港技術研究所編著：港湾の施設の維持管理技術マニュアル，沿岸技術研究センター，2007。
- 2) 農林水産省農村振興局防災課，農林水産省水産庁防災漁村課，国土交通省河川局海岸室，国土交通省港湾局海岸・防災課：ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル（案），2008。
- 3) 横田弘，岩波光保，関根好幸：海岸保全施設の老朽化実態とその進行モデルの構築，海岸工学論文集，Vol. 50, pp. 911-915, 2003。
- 4) 関根好幸，横田弘，岩波光保，加藤絵万：確率統計的手法による表法面コンクリート被覆構造物の変状遷移評価システム構築，港湾空港技術研究所資料，No. 1131, 2006。