

# 沿岸防災施設のアセットマネジメントの導入に 向けた展望と課題 老朽化する社会資本への対応と今後の展望

An Approach for Asset Management of Decrepit Social Infrastructures and There  
Perspective for the Future

田中樹由<sup>1</sup>・黒川直哉<sup>1</sup>  
Kiyoshi TANAKA, Naoya KUROKAWA

<sup>1</sup>正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 東京事業本部 (〒150-0036 東京都渋谷区南平台町16-28) グラスシティ渋谷

In this paper, an approach for asset management of decrepit social infrastructures is proposed. The management system is based on a sequence of inspections. Since Japan is surrounded by sea, coastal revetment is necessary. However, a great number of the coastal facilities were built in the same period of rapid economic growth, and therefore they have aged at the same time. We need to maintain these social infrastructures efficiently in an aging society with a falling birthrate using asset management. It is important to integrate our practical knowledge, develop maintenance skills and produce a road map which indicates how to use this information in the field.

**Key Words :** Corrosion, Deterioration forecast, Monitoring, Inspection

## 1. 社会資本管理の重要性の高まり

### (1) 自然災害リスクへの対応

昨今，我が国において地球温暖化の影響ではないかと危惧される集中豪雨や，活動期に入ったとされる内陸地震の多発など自然災害が多発している(図-1)．最近の台風23号や新潟県中越地震は記憶に新しく，自然災害への危機感が高まってきている．このため，防災・減災の観点からも社会資本の維持管理を強化していくことが重要となっている．

中でも，大規模地震がいつでも発生する可能性があることや，施設能力を超える集中豪雨の発生など，我が国の置かれた厳しい自然環境の下で，災害を全て未然に防ぐことは非常に難しいことを前提に，被害の軽減に資する減災対策を早急に進めていく必要がある．そのため，ハードの整備に加え，防災情報の適切な提供や防災訓練の実施により災害に対する安全性を高めるなど，総合的なソフト対策を含めたリスクマネジメント手法の開発が望まれる．

さらに，災害リスクを前提に，対策が困難な危険箇所への居住規制や，無対策で危険箇所に居住しないように誘導すること等の規制・誘導手法の導入を進めることも必要である．



図-1 自然災害による被害

## (2)老朽化リスクへの対応

近年、建設後相当の期間を経過する社会資本のストックが増えてきており、老朽化に伴う損傷が発生している。例えば、鋼構造物では腐食の進展による部材の破断、コンクリート構造物ではひびわれの発生、進展等による経年劣化の問題が生じている(図-2)。



図-2 構造物の老朽化の現状

我が国の社会資本は、国民の豊かさを実現するという社会的ニーズに対応して着実に整備が進められてきた。その結果、なお整備をしなければならないものは依然として存在するものの、整備水準は相当程度向上し、生活・経済活動を支えるとともに、国民への豊かさや安全を提供する社会基盤として大きな役割を果たしている。

海岸保全施設に関しては、2030年にはほぼ100%が建設後50年以上を経過し、老朽化リスクが他の社会資本に比べ、非常に高いものとなっており、維持管理の重要性が今後の問題となっている(図-3)。

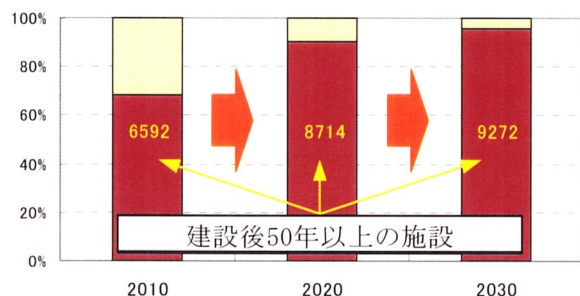


図-3 建設後50年以上の海岸保全施設の増加

## (3)先行するアメリカを教訓にする

30年代のニューディール政策により大量に建設されたアメリカの社会資本は、老朽化が進む中で適切な維持管理・更新投資がなされず、悪路や欠陥橋梁が増加し、80年代には全体の45%にも上り、経済的・社会的に大きな損失がもたらされた。その後、交通インフラへの投資の重要性が再認識され、ガソリン税の引き上げなど、着実に整備が進められてきた。しかし、現在でも依然として30%弱の欠陥橋梁が存在している。

2005年にも建設後45年経過した跨道橋が、劣化が原因で崩壊している(図-4)。アメリカでは、70年代の消極的な投資のツケをいまだに支払っている状態

であると言える。

また、費用便益分析などによる投資効果を重視したインフラ整備の結果として、定量的な事業評価の難しい自然災害対策には低いプライオリティが与えられ、ハリケーン「カトリーナ」のような自然災害に対する備えがおろそかとなっていたとの指摘もある。我が国もこれらのアメリカでの事象を教訓とし、安全・安心を確保する社会資本の維持管理を計画的に実行することが重要となる。



図-4 Federal Highway Administration HP

## 2. 点検・調査技術と管理の視点

### (1) 管理する量と質の把握

海岸保全施設は、1956年に海岸法が制定され、伊勢湾台風を契機にその多くが整備された。これらの施設は、現時点で経過年50年を超えているものが整備延長の60%程度を占めており(図-5)、また、現行の設計基準には合致していない。

効果的な維持管理には、建設時のデータと点検結果のデータを収集・蓄積することにより、管理する量と現状での施設の質を評価し、アセットマネジメントの考え方を導入した維持管理計画の策定が望まれている。

施設延長(km)

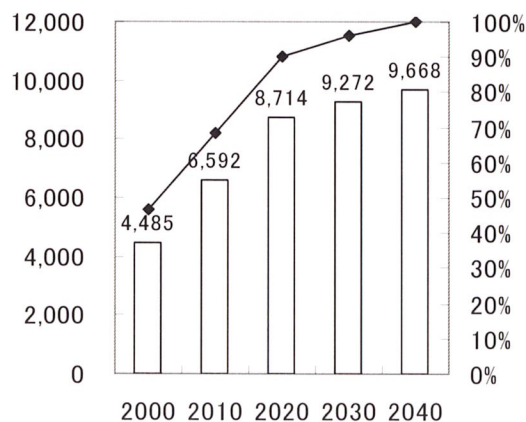


図-5 経年50年以上の施設延長

## (2) 維持管理の視点

我が国の社会資本は、高度成長期に急激に整備され、今後一斉に老朽化を迎える。一方、今後の日本は、少子高齢化の進展による経済力の低下、労働力の減少、管理者・技術者の不足などが予想される。

社会資本の整備・管理を行う各機関においては、安全・安心の社会的危機に直面する前に、これまでの知識の集約（ナレッジの整備）、維持管理に必要な技術開発、諸元や現状・対策方法などのデータ整備が必要であり、老朽化する社会資本に対し、財政、サービス、技術の3つの視点を組み合わせた管理計画がアセットマネジメントの導入に繋がると考える。

### 1) 財政的な視点

財政的視点で維持管理を考えた場合、利用者の安全性に対する支出や便益が期待できる支出に対しては柔軟に対応できる。問題が直面しない場合（LCC的に早めが効果的など）に対しては、事業として採択されにくい状況にある。

すなわち、現時点で本当に危険な箇所への事業化が進められることが事後的な対応となっている。

### 2) サービス的視点

背後地の防護についても、線的防護方式から面的防護方式への転換が推進されている。砂浜は治水施設としての機能を果たす他、海水浴などレジャー施設としての機能も考え、整備を図る（多機能型の対策）ことで、利用者へのサービスの提供を図ることが可能である。

### 3) 技術的視点

設計上の基準と管理上の規準は異なることと捉え、変状連鎖を適切に把握し、要求性能を満足するかを見極める技術が必要であり、評価技術の開発が必要となっている。

工学的な指標を設定し、技術的な裏づけが明確となれば、有効的かつ予防的な対策が可能となり、予防保全へのシフトが可能となる。

## (3) 点検の種類

社会資本に対する点検の種類は、現状把握のための目視点検、定量値の取得のための非破壊試験、計測調査、危機管理、省力化のためのモニタリング手法などがある。施設の点検・調査は、目的に応じて、頻度や調査範囲および精度に違いがある。表-1、表-2に特徴を整理する。

表-1 点検・調査の種類と特徴

| 種類     | 特徴                                     | 結果  |
|--------|----------------------------------------|-----|
| 定期点検   | 対象区間の変状を目視により発見する。                     | 定性的 |
| 非破壊検査  | 定量値取得による損傷箇所の劣化要因を特定する。                | 定量的 |
| モニタリング | 計測調査により、対象箇所の継続的な状態変化の見極め、危機管理などに活用する。 | 定量的 |

定期点検は、主に目視による調査が実施される。

アメリカの橋梁点検では、点検が制度化されており、2年に1回の目視点検が義務づけされている。点検の結果は、5段階または7段階の定性的評価となっている。近年、落橋等による事故を契機に目視点検の限界を悟り、FHWAでは新たな管理手法の構築のためのLTBPプログラムを計画し、モニタリングや載荷試験等により計画的に定量的な値の取得を始める計画となった。

表-2 施設別の特徴と点検・調査

| 施設   | 特徴                                     | 主たる外力                                | 点検・調査                   |
|------|----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 海岸施設 | 海水の侵入又は海水による侵食の防止                      | 波浪                                   | 防護高さの計測                 |
| 橋梁   | 人や物が、道路上の交差物を乗り越えるための構造物               | 地震・台風などの自然外力<br>活荷重                  | 近接目視による変状の発見            |
| 鉄道   | 固定式案内路に誘導されて旅客や貨物を輸送するシステムまたは輸送を行う交通機関 | 各 부품の正常な動作、規定の長さ<br>自然災害に対するルート上の障害物 | 打音、計測<br>モニタリングによる異常の検知 |

### (4) 点検を補う非破壊試験

目視など定性的な調査を補う調査方法として、定量値が取得できる非破壊試験や計測調査がある。これらの調査は、表面上では確認出来ない内在する問題や内部の状態を推測する目的で用いられる。

移動量、沈下量、空洞の状況、鋼材の腐食などの変状を定量値として取得することで、その変化を捉えることができる。

現在、FWD試験、地中レーダーによる空洞調査の他、コンクリート材料に対しては可視画像、レーザースキャン法、超音波探傷法（UT）、サーモグラフィ（赤外線）法、レーダー法などが活用されている。

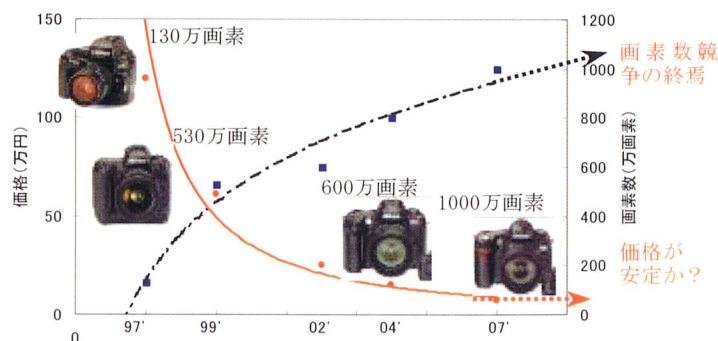


図-6 技術革新（デジタルカメラ）

表-3 非破壊試験の例

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>地中レーダー(路面下の空洞を探索する)</p>                        | <p>FWD (Falling Weight Deflectometer) 試験</p>  |
| <p>超音波探傷試験(鋼材の内部損傷を検出する試験)</p>  <p>出典：中国電力HP</p> | <p>磁粉探傷試験(強磁性体の表面及び表面近傍の欠陥を検出する方法)</p>       |

非破壊検査は、部材内部の状態が把握できる機器が開発されており、機器の価格や性能は、日進月歩で向上している(図-6)。

非破壊検査に関する課題は、構造物全体に対する定量的な評価指標が無く、調査内容によっては、経験則をベースにした専門的な知識が必要となる場合があることである。

また、鋼材に対しては、腐食の拡がり・深さを測定する超音波探傷試験、磁粉探傷試験、浸透探傷試験、渦流探傷試験、超音波厚さ測定、塗装劣化を計測するためのインピーダンス測定などの非破壊検査技術が活用されている(表-3)。

#### (5) 技術開発の必要性

今後、点検結果を有効活用するためには、取得データにより判断できるものを明確にすることが必要である。また、点検の省力化を図るための技術の開発や、評価、劣化予測に対する技術開発を同時に進める必要がある。しかし、現行の非破壊試験に対

しても以下の問題点がある。

- ① 非破壊検査はどの手法も万能なものではない。
- ② 対象構造物の調査対象項目によっては、経験則をベースに解析しているのが現状である。
- ③ 調査費が高い割には、測定精度の保証が低い。

将来の少子化、高齢化に対するために維持管理の高度化が必要であると思われる。そのためにも、管理者のインセンティブを向上させることや点検・調査技術の開発、効果的な評価技術の開発など効率化のためのこれらの課題を解決するための技術開発が望まれる。

### 3. 社会資本の保全に対する取り組み状況

#### (1) 行政の取り組み状況

従来から、社会資本の保全については着実に取り組まれてきたが、計画的な維持管理が本格的に始められたのは、コスト削減の一環としての側面が強い。

平成15年3月に策定された国土交通省コスト構造改革プログラムでは、①事業のスピードアップ、②計画・設計から管理までの各段階における最適化、③調達の最適化、の3つの柱が掲げられ、その中で「管理の見直し」として、「アセットマネジメント手法等ライフサイクルコストを考慮した計画的な管理」などの施策が打ち出された。

平成19年度の国の施策について見てみると、国土交通省のほか、農林水産省においても既存ストックの有効利用や新たな経済・社会基盤整備のための情報収集体制の整備など既存ストックの老朽化に対して施策を進めている(表-4)。

このように、効率的な維持管理の推進について、行政においても本格的な取組みが拡がりつつあり、自治体の対応も重要になると思われる。

表-4 社会資本保全に関する行政の取組み

| 行政機関  |     | 平成19年度重点施策のポイント                                                                                                   |
|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 国土交通省 | 港湾局 | 【「改良」により既存ストックを有効に活用】<br>・新規施設の「建設」のみならず、既存ストックを「改良」することによって、その質を減ずることなく有効に活用していく。                                |
|       | 河川局 | 【管理の最適化】<br>・維持管理基準の見直し等により効率的・効果的な維持管理を実現<br>・機械設備の修繕において、従来の経過年数による全部更新から、設備の劣化診断による総合評価に基づいて、部品毎の必要最小限の修繕に転換   |
|       | 道路局 | 【戦略的な道路管理手法の確立】<br>・既存の道路ストックの健全度の把握<br>・実情を踏まえた戦略的な管理手法の導入<br>・地方道の老朽化するストックの延命化等の支援                             |
|       | 都市局 | 【下水処理施設・管路施設改築・更新】<br>・効率的、効果的な機能維持のあり方および支援制度のあり方について検討する。                                                       |
| 農林水産省 |     | 【構造改革のための基盤づくりの新たな展開】<br>・基幹水利施設ストックマネジメント事業<br>・国営造成水利施設保全対策指導事業                                                 |
| 経済産業省 |     | 【「人財立国」の実現、安全・安心社会の構築など経済・社会基盤の整備】<br>・安全・安心な社会システムの構築<br>製品安全対策について総点検を実施し、消費者の視点に立って情報収集体制を整備するなど安全対策の改善・強化を行う。 |

## (2) 研究機関の取り組み状況

社会資本の保全分野においては未だ学問領域が確立されていないが、全国の大学で様々な研究が進められ、学際的な領域が形成されるなど新しい視点での取り組みが活発になりつつある。今後、更なる研究開発により高度な技術開発や新しい管理手法などの成果が得られることが期待される。

大学では、社会資本の新規建設に関する工学的研

究から、維持管理分野の領域にシフトしてきている。「21世紀COE」(Center of Excellence: 卓越した研究拠点)や科学技術振興機構(JST)の大規模研究プロジェクトにおいて、社会資本の保全に関する研究が精力的に行なわれている(表-5)。

表-5 大学での主な研究プロジェクト

| 大学                 | テーマ                        | 研究の内容                                                                                                  |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 東京大学<br>(H15年度～)   | 都市空間の持続再生学の創出              | ①環境やリスクマネジメントに関する技術<br>②歴史的文化的資産を含む既存構造物の地域性を考慮した保全・継承・再生・再利用に関する技術                                    |
| 神戸大学<br>(H15年度～)   | 安全と共生のための都市空間デザイン戦略        | ①国際的視点に立つ減災、復興への直接的貢献と内外研究者の育成<br>②自然災害からの復旧・復興や減災のためのデザイン戦略の研究                                        |
| 高知工科大学<br>(H16年度～) | 社会マネジメント・システム              | ①工学的視点を生かした社会の経営システム構築・運営を支援する「社会マネジメント・システム学」を構築<br>②広く社会科学などの学術分野との協働により、行政経営、インフラ経営、地域経営など社会システムを改善 |
| 東京工業大学<br>(H17年度～) | 鋼構造道路橋のリアルタイムモニタリング・診断システム | ①複数橋梁のリアルタイムでの車両通行状況の把握<br>②橋梁の異常把握                                                                    |

## 4. 維持管理の高度化

これまで述べたように、自然災害リスクや老朽化リスクの増大に対して、限られた予算と労働力で社会資本の保全に取り組むためには、この分野における技術開発を積極的に進め、生産性を高めることが必要である。このために必要な3つのポイントを挙げる。

### (1) 長期的な管理に関する知見・情報の収集

社会資本を適切に管理していくためには、竣工時の計画、設計、施工条件等の情報と利用環境に基づき、状態を正確に評価することが必要である。しかしながら、昔の設計や施工に関する情報は保存されていないことが多く、過去の施工上の知見も残っているものが少ない。今後は、将来の更新時代に備え、設計・施工上の情報はもとより、点検結果や劣化の進行状態、補修・補強の履歴等に関する情報を長期的な観点で蓄積する必要がある。また、データの蓄積に当たっては、管理者・技術者間の情報の共有化

を念頭にデータを集積する技術も重要である。そのためには、社会資本に関するデータベースの構築など、維持管理に関する情報集積体制の構築を進める必要がある。

## (2) 維持管理に強い人材を育成

社会資本の保全にあたっては、地域の自然環境、施設の利用条件などの特性を踏まえて適切な点検、診断、対策を実施する必要がある。このため、新しい技術の導入と、現場での実務における様々な経験に基づいた判断の両方が行える人材の育成が必要である。維持管理分野においては、過去に学び、未来を予測でき、かつ現在の適切な対応を図る人材が求められている。

今後、補修や更新などの対応が必要となる社会資本のストックが増加していくことから、それぞれの地域において工学的研究の核としての大学、新しい技術を積極的に取り入れられる民間企業、さらに社会のニーズに合わせた適切な管理水準を決定できる行政機関など、それぞれにおいて維持管理に強い人材の育成が急務である。

## (3) 技術開発の方向性を共有

社会資本の管理主体である官が産学と一体となって技術開発の方向性を検討し、将来的な展望を広く示すことにより、大学や民間企業の研究開発のインセンティブを向上させることが期待される(図-7)。

そのために、開発の方向性を技術開発のロードマップとして取りまとめ、各開発段階の到達イメージや達成のために必要な技術、及び産官学の各機関が担うべき役割を明らかにし、確実に最終的な目標への到達イメージを示すことが重要である。

向かうべき方向性を示すことにより、関連する多くの民間企業が参入して研究開発に対する競争原理が働くとともに、これまでは無関係と考えられていた多種多様な分野からの参入が促されて、様々な観点から維持管理技術の充実を図ることが可能になると考えられる。

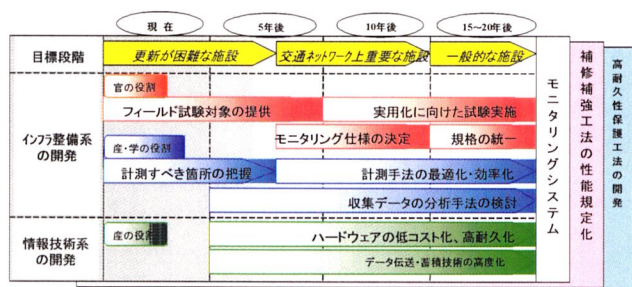


図-7 技術開発ロードマップのイメージ

## 5. 管理者のインセンティブとアカウンタビリティの向上

維持管理の難しいところに、「利用者や納税者にとっての安全は当たり前である」と思われていることがある。管理者は施設の状況を明確に開示し、適切な対応を図るための計画の立案が求められている。

管理に対する計画や調査結果を利用者や納税者が適切に評価できることで、管理者のインセンティブの向上につながると思われる。昨今、インターネットの普及によりWebアンケートを利用したフィージビリティスタディ(FS)が容易になっている。利用者・納税者満足度の調査についても定期的の実施することが維持管理の効率化につながると思われる。

従来の社会資本の保全は、現存する施設の機能を的確に維持することを目的としてきた。そのために、日常点検を行ない、損傷箇所があれば補修を実施してきた。一方、新規建設は、利便性の向上、環境の改善などの課題に対処するために施設を整備するものであり、管理とは別の判断基準で実施されてきた。つまり、管理は建設が終わった段階で引き継がれるものとして位置付けられた。

昨今、維持管理分野においても、従来の「何を修繕する」、「どれだけ修繕する」というアウトプットの視点から、「一定のサービスを提供する」というアウトカムの視点へと転換されてきている。これは、社会資本の整備によって何がどれだけ建設され、補修されるかではなく、どのような効用が得られるかを評価することが重要であることを意味している。

さらに、社会資本は国民全般の資産であることから、その保全については施設の特徴を踏まえ、地域としての取り組みや、行政だけでなく多様な民間主体を担い手とした「新たな公」の考え方を導入していく必要がある。

## 参考文献

- 1) 難波喬司, 横田弘, 橘義規, 田中樹由, 岩田好一郎, 海岸保全施設の維持管理へのライフサイクルマネジメントの導入手法の提案と検討例, 海岸工学論文集 第51巻, 2004
- 2) 難波喬司, 横田弘, 橘義規, 田中樹由, 岩田好一郎, 海岸保全施設における LCM (ライフサイクルマネジメント) の導入検討, 海岸工学論文集 第50巻, 2003