

土木構造物の戦略的マネジメントの確立に向けて



総合技術政策研究センター 建設経済研究室 主任研究官 栗原 真行

1. はじめに

長期間にわたり建設された社会資本ストックの蓄積とそれらの高齢化により、その維持管理・更新が大きな課題になっている。

国が管理する直轄国道においては、毎年予算のほぼ4分の1が維持修繕費にあてられているが、管理するストックの量と比較してその伸びは大きなものとなっている。すなわち、ストック量当たりの維持修繕費は着実に増加している。その大きな理由として、橋梁をはじめとする構造物などの修繕費用の増加があげられる(図-1, 2)。

直轄国道においては、都道府県、市町村など他の機関が管理する道路と比較して良好な維持管理がなされているといえるが、将来にわたり維持修繕費の確保が容易になされるとは考えにくい。

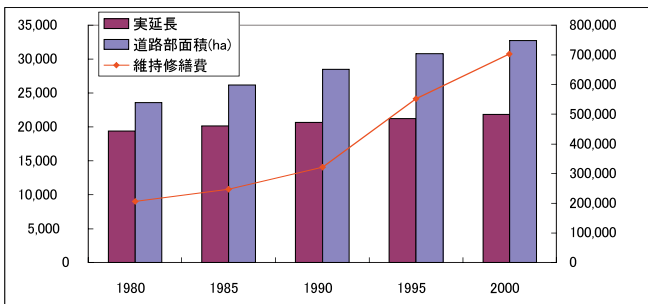
国土技術政策総合研究所では、今後ますます重要になってくるとされる土木構造物ストックのマネジメントのあ

り方について、道路橋を事例として検討を行っているところであり、その概要を報告するものである。

2. ストックマネジメントと意思決定

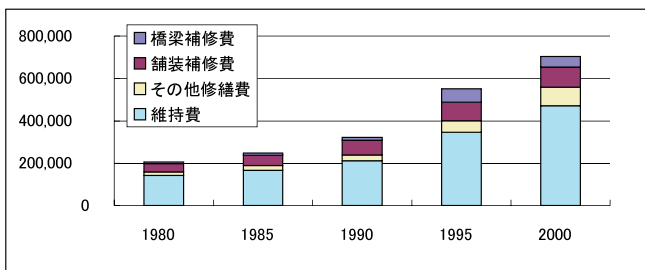
厳しい財政状況下での確かつ効率的な維持管理を行い、構造物の機能を確保していくためには、戦略的なストックマネジメントが求められる。ストックマネジメントの流れは図-3のとおりである。重要なことは、個々の構造物の状態の把握とそれに対応して必要な維持管理が効率的に行われることと、そのための計画の策定や予算配分等の意思決定が的確に行われることである。

現在でも、一定の基準による定期的な点検等による構造物の劣化状況等の把握及びそれにもとづく維持補修等の計画の立案と予算の配分の仕組みは存在し、その実施のための点検要領やマネジメントシステムなどのツールは整備されてきている。しかしながら、近年の厳しい財政状況下では全体的な金額の抑制が優先され、本来望まれる機動的できめ細かな予算の配分、例えば、より状態が劣る地域・路線のストックに補修費を重点的に配分する等が行いにくい状況になってきている。



左目盛：道路延長(km), 道路部面積(ha)
右目盛：維持修繕費(百万円)
横軸は年度(「道路統計年報」による)

図-1 直轄道路ストックと維持修繕費の推移



単位：百万円 横軸は年度
(「道路統計年報」による)

図-2 直轄道路維持修繕費の推移

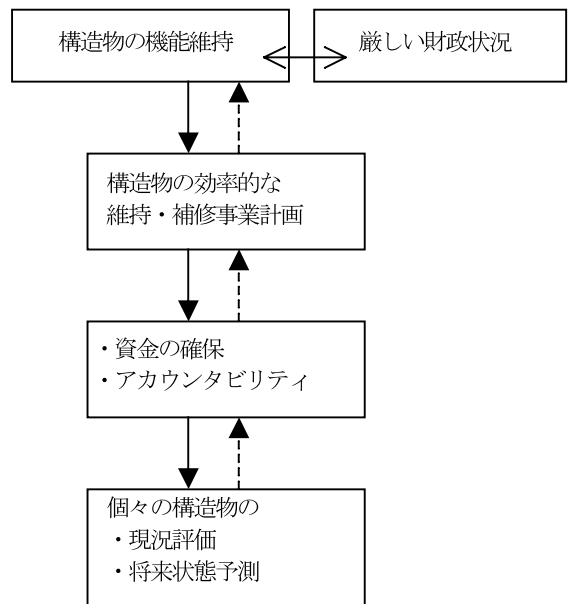


図-3 ストックマネジメントの流れ

3. スtockマネジメントの新たな仕組み

社会資本のストックマネジメントにおいては、個々の構造物を状態を把握し必要な維持補修等を行う側面と、道路ネットワークなどこれらの構造物が構成する一連の社会資本全体として最適に維持管理するための計画、予算配分等を行う側面がある。

これらの2つの側面のマネジメントは、社会資本を管理する機関の中でも、前者は管理事務所など、後者は本省・本庁などというように、それぞれ異なる部局が担当するのが一般的である。維持管理予算に着目すると、前者では担当するストックの維持管理の実施に必要な予算の確保が課題となるのに対し、後者では機関が管理するストック全体の維持管理及び新規投資などの他の施策を含めた全体のバランスのなかでの予算配分が課題となる。

それぞれのマネジメントにおいては、必要となる情報の内容も異なっている。前者では、あくまでの個々の構造物・部材レベルの劣化状況などが重要となるのに対し、後者では構造物の状態が全体として向上または悪化しているのがあるいは地域間のバランスなどが重要になる。

また、全体としての予算配分において個々の構造物・部材の劣化状況のデータを取り扱うことは煩雑であり、必ずしも合理的ではない。

このような課題をふまえ、ストックマネジメントをマクロとミクロの2つに分離し、それぞれにおいて最適なマネジメントを行いながら両者の連携を図ることにより全体としてのマネジメントの向上を目指す仕組みをつくることを提案するものである(図4)。

(1) ミクロマネジメント

ミクロマネジメントの内容

主に維持管理を直接担当する管理事務所などの機関におけるマネジメントである。

ここでは、個々の構造物について、経年的な劣化・損傷に対する構造的な機能の確保の観点から、最適な維持管理を行うことを目的とする(表1)。

最適な維持管理とは、構造物の劣化状況の把握、それに基づく予算の確保、配分された予算その他の制約条件に基づく維持補修等の実施である。

ミクロマネジメントにおける基本的なルール及び安全性以外の要素、例えば路線・構造物等の重要度による優先判断、機能的陳腐化等に伴う廃止の判断などについては、マクロマネジメントの側で考慮すべきものと考えられる。

表-1 ミクロマネジメントの内容

ミクロマネジメント	
事項	内容
性能評価	・損傷のタイプとレベルによる健全性評価
個別事業計画	・性能評価結果をベースとした事業計画
事業実施	・事業の実施、効果の確認と記録

ミクロマネジメントの指標

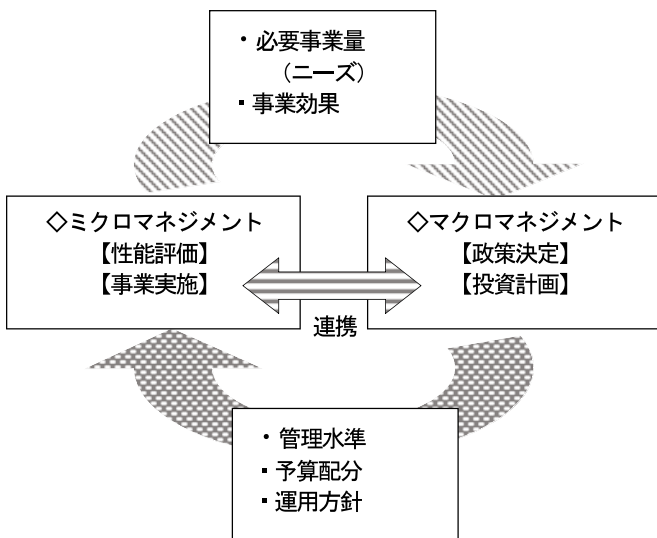
ミクロマネジメントでは、個々の構造物の安全性を表す指標(健全度)と構造物を構成する部材の劣化・損傷の程度を表す指標(損傷度)によりマネジメントを行う。

【健全度】

健全度とは個々の土木構造物の安全性を表す指標で、おもに経年劣化による構造的な機能の低下の度合いを示すものである。

指標の表示方法は、劣化していないと認められる健全な状態を基準とする100点満点や5段階評価などが考えられる。

健全度は、構造物が部材の集合体であるという視点から、各部材の痛み具合(損傷度)が重ねあわされて構造物全体の健全度に影響すると仮定して部材の損傷度と健全度の関係が「損傷度(大) 健全度(低)」となる



ミクロマネジメント

- 現場の維持管理実施機関が予算制約下において適切な維持管理を実現するためのマネジメント
- 個々の構造物の状態の把握、それにもとづく予算確保と維持補修の実施

マクロマネジメント

- 社会資本ストック全体としての管理運営の最適化の観点から、管理目標の設定、予算・人材の適正配分などの施策立案等を行うためのマネジメント
- 地域・路線など広い視点での状況の把握と方向性の決定がポイント

図-4 マネジメントのイメージ

ように算出する。

$$\text{健全度} = (AX + BY + CZ + \dots) / (A + B + C + \dots)$$

ここにX, Y, Z, ... 各部材の損傷度を「損傷度（大）
数値（低）」となるよう数値化したもの
A, B, C, ... 個々の部材の重み係数

【損傷度】

損傷度は、土木構造物単体の個々の部材の損傷の種類ごとに定める。損傷のタイプごとに定める損傷の程度・広がりによりに表-2のように表し、部材ごとの損傷に対する安全性評価及び構造物としての健全度の算出の根拠指標として用いる。

この損傷度は現在の橋梁点検要領において定められているものと同様のものである。

表-2 損傷度の評価例（橋梁の場合）

損傷度	損傷等の所見
V (OK)	以下に該当しないもの
IV	注意すべき所見、同種構造に損傷、環境条件（塩害）、大交通量、高齢
III	損傷と認識 予防的保全の対象
II	補修を前提とした調査が必要
I	危険・要危機管理

【劣化シナリオ】

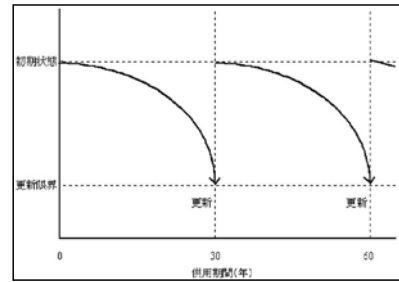
ストックマネジメントにおいては、健全度の経年変化を考慮した維持管理の視点が重要となるため、次のような劣化シナリオを設定する。

健全度は個々の部材の損傷の進行に基づくものであるが、それらの進行のメカニズムは必ずしも明らかになってはいない。そのため、当面はひとつの構造物として想定した劣化シナリオに基づき劣化予測等を行う。劣化シナリオは、想定される維持管理パターンと寿命から次の3通りを設定する（図-5）。

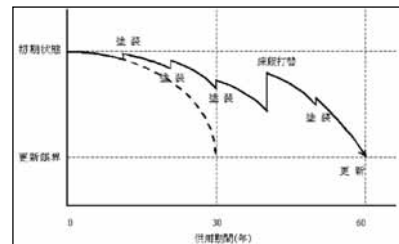
- ・使い捨て型：維持補修せずに放置（寿命30年）
- ・対症療法型：損傷が進んだ時に補修（寿命60年）
- ・危機管理（トラブルシューティング）型：
 予防保全と初期不良の徹底除去、
 新技術の適用による長寿命化など
 （寿命120年以上）

以上のシナリオにより、構造物ごとの寿命の予測、中長期的な維持補修費用の見積もりが可能となる。

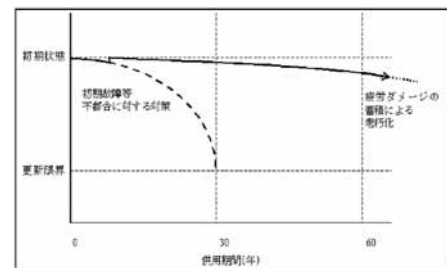
シナリオ設定の根拠は、橋梁架け替え実態調査（1997年、建設省道路局・土木研究所）において橋梁の架け替え時期が建設後30年、60年前後に集中していたことをふまえたものであるが、今後の点検・調査データ等の蓄積



【使い捨て型】



【対症療法型】



【危機管理型】

図-5 想定する劣化シナリオ

により随時修正をしていくことで精度の向上が図られるものと期待できる。

マイクロマネジメントの進め方

個々の部材の劣化状況の把握と補修方法の選択は、損傷度に基づき行う。維持補修は、配分された予算の範囲で一定のルールに従って実施する。その結果は損傷度の変化さらには健全度の向上に反映される。

健全度は、マイクロマネジメントにおける個々の構造物の劣化等の現況や進行状況の把握及び将来予測、維持補修費の見積もりなどに用いるほか、マクロマネジメントにおける評価指標としても使用する。

さらに健全度は、構造物群の平均値や標準偏差等の指標を用いて全体的な状況と傾向、個々の構造物の健全度のばらつきと特性などを把握することにより、中長期的な視点でのマネジメントにも活用できる。

2) マクロマネジメント

マクロマネジメントの内容

ストック全体の維持管理に責任を負い、維持管理計画の

策定・予算配分等を担当する本省・本庁などの機関におけるマネジメントである。

ここでは、表3に示すように、多数の構造物を含むストック全体について、管理水準を含む要求性能の規定、運用方針の策定などの政策決定や、それに対応した最適な予算配分等の投資計画の判断を行うことを目的とする。

表-3 マクロマネジメントの内容

マクロマネジメント	
事項	内容
政策決定	・インフラの要求性能(管理水準)を規定 ・重点項目を考慮した「運用方針」の作成
投資計画	・事業量の把握と予算の配分 ・予算の平準化

マクロマネジメントの指標

マクロマネジメントでは、個々の構造物の健全度をもとに算出したストック全体、場合によっては路線、地域ごとに区分した構造物群の健全度を表す指標によりマネジメントを行う。指標としては各構造物の健全度の加重平均値などが考えられる。

マクロマネジメントの進め方

マクロマネジメントにおいては、対象となるストック全体の健全度を把握したうえで中長期的な目標を設定し、全体としての健全度の向上又は維持、相対的に水準が劣る路線・地域への重点配分の是非の判断などの意思決定を行う

(図-6)

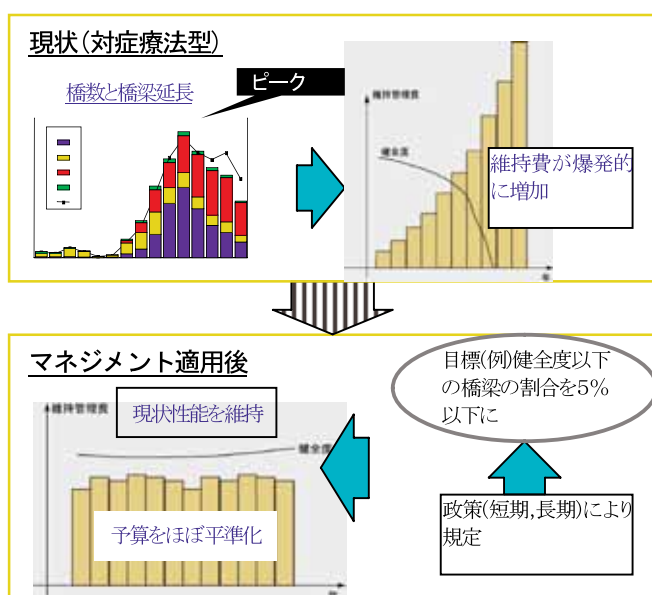


図-6 マクロマネジメントのイメージ

4. 今後の展開

本稿ではマクロとミクロのマネジメントの大枠を示した。現在、実際の橋梁データに基づくシミュレーションにより、ストック群における健全度の確保と維持補修経費の軽減等の観点から検証を行っているところである。

ここで提案したマクロとミクロの連携によるマネジメントの仕組みは、いまだ劣化・損傷のメカニズムが明らかになっていない土木構造物について、いくつかの仮定を導入することでそのマネジメントを可能とするものである。

その信頼性を高め、よりよいマネジメントの実現につなげていくためには、次のことが課題である。

①補修工法・コストと損傷度回復効果の把握

部材・損傷の程度に応じた補修工法はほぼ確立されているが、どの工法を選べば具体的にどの程度の回復が図られるかといったことは必ずしも明らかになっていない。ライフサイクルコストの評価や補修計画の立案にあたっては、部材・損傷の程度に応じた補修工法・コスト及び損傷度の回復効果を把握・整理し、わかりやすい形で示すことが必要である。

②損傷度の数値化、健全度の算出方法

健全度の算出にあたっては、健全度を数値で示すこと(点検データの5段階表示を点数化)と、部材ごとに重み付けしてひとつの指標として表すことになる。その手法については必ずしも確立されていないため、劣化シナリオの設定と同様に当初は既往研究成果等にもとづく暫定的な方法でスタートすることになるが、今後の研究成果をふまえてその改良を図る必要がある。

今回は道路橋を事例にストックマネジメントの検討を行っているが、道路橋が鋼構造、コンクリート構造、基礎構造で構成される構造物であるという観点から、その考え方は他の構造物や建築物にも応用できるものである。さらに検討を進め、土木構造物・建築物を通じて適用しうるストックマネジメントの基本的な指針をとりまとめたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 西川和廣: 橋梁マネジメント分野における技術展望(九州橋梁・構造工学研究会 土木構造・材料論文集2003.12)
- 2) 土木学会アセットマネジメント小委員会: アセットマネジメントへの挑戦(2003.8)
- 3) 建設省道路局、土木研究所橋梁研究室: 既設橋の架替実態に関する調査(建設省技術研究会報告書,1997.11)