

◆ 特集：新しい時代の社会資本整備の視点 ◆

住宅・社会資本のストック・マネジメント

栗原真行*

1. はじめに

我が国では、長期間にわたる社会資本及び民間建築物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。

国土技術政策総合研究所では、今後ますます重要になるとと思われる公営住宅・官庁施設等の建築物と土木構造物等の住宅・社会資本ストックの戦略的マネジメント手法についての技術開発を行っているところであり、本稿ではそのうちの土木構造物のマネジメントに関する成果の一部を紹介するものである。

2. 我が国の住宅・社会資本ストックの現況

(1) 社会資本ストック

我が国がかかえる社会資本ストックは着実に増加しており(図-1)、金額にして約 600 兆円に達している(旧電電・国鉄分を除く。1998年現在、1990年価格)。その内訳は道路約 32%、治山治水約 12.5%、下水道約 6.7%、公共住宅約 3.9%などとなっている(図-2)。

国が管理する国道を例にとると、年間予算のほぼ 4 分の 1 が維持修繕費にあてられ、延長 1km あたりの費用は 1990 年度に約 1,560 万円だったも

のが 2000 年度には約 3,220 万円と着実に増加している。その理由としては、橋梁などの構造物の修繕費用の増加していることがあげられる。このような修繕費用の増加傾向については、下水道、公営住宅等においても同様であり、今後ますます厳しくなる財政・経済社会環境のもと、これら社会資本の効率的な管理運営が求められる。

(2) 民間建築ストック

高度成長期を通じて、大量に建設・供給されてきた建築物が構造的劣化や機能の陳腐化により、更新需要が今後集中的に高まると予想される。これらの建築物が役目を終えて更新されることになれば、廃棄物の最終処分場の逼迫、不法投棄等などの環境問題が顕在化するおそれがある(図-3)。現在でも最終処分される廃棄物あるいは不法投棄される廃棄物のうちの相当量を建物や土木施設の

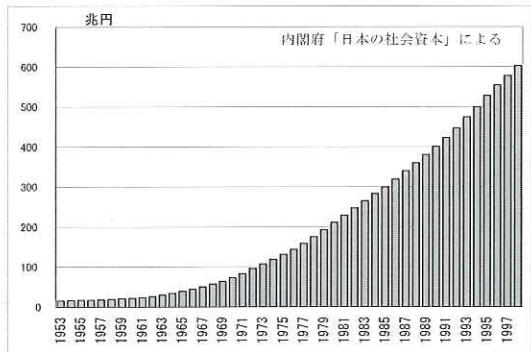
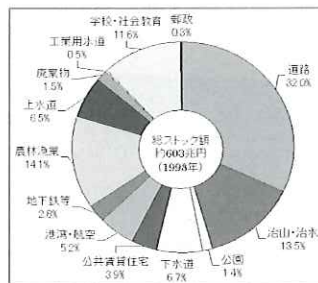
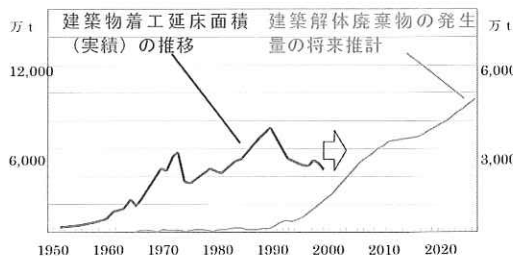


図-1 社会資本ストックの推移

内閣府「日本の社会資本」による
図-2 社会資本ストックの分野別内訳



「建築統計年報」による
図-3 建築廃棄物の将来予測

建設・解体に伴う廃棄物が占め、リサイクル率も高いとはいえない状況にあるため、既存ストックの有効活用により廃棄物の発生を抑えていくことが求められる。

3. 戦略的ストックマネジメントの必要性と目的

住宅・社会資本ストックが直面している諸問題に対応し、既存ストックを有効活用するためには戦略的ストックマネジメントが必要である。

戦略的ストックマネジメントとは、個々の構造物・建築物及びこれらを含む社会資本全体の状態を把握し、それに対応して必要な維持補修その他の管理を効率的に行うための計画の策定や必要な資金の配分等の一連の意思決定を行うことである。

なお、土木構造物と建築物では次のように異なる視点もある。

- ・土木構造物は、いちど設置されるとその機能の永続的な確保が求められる。また適切に維持管理すれば、相当長期間にわたる使用に耐える。したがって効率的な維持管理が最も重要である。
- ・建築物は、土木構造物と比較して寿命が短く、機能的陳腐化が寿命の決定要因になる場合が多い。したがって機能の向上や転用により利用期間を伸ばすなどの方策が重要となる。

しかしながら、マネジメントの最適化により既存ストックの活用を図るといった基本的な考え方は共通のものと考えられる。

以下、土木構造物のマネジメントについての成果を紹介する。

4. 土木構造物の戦略的ストックマネジメント

近年の厳しい財政状況下では、個々の構造物の補修等に必要費用を積み上げた予算をそのまま確保するという事は困難になってきている。

そのため、構造物群全体を見渡したうえで例えば、より重要なところ、より状態が劣るところに予算を優先的に配分するなどのマネジメントが必要になる。しかしながら、現在のところこのような優先判断の手法が確立されていないため、望ましいマネジメントができにくい状況にある。

以上の課題を解決するため、次のようなマネジメントの枠組みを提案する。

ストックマネジメントには、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と、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がある。

前者では、構造物全体の状態が向上または悪化しているのかあるいは地域間のバランスがどうなっているかなどの情報が重要になるのに対し、後者では個々の構造物・部材レベルの劣化状況などが重要となる。

維持管理予算に着目すると、前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のに対し、後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。

また全体としてのマネジメント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必ずしも合理的ではないためこのようなことは現場のマネジメントに任せるのが適当と考えられる。

このように、ストックマネジメントの2つの側面においては必要とする情報も活動内容も異なっている。そのため、これらをマクロマネジメントとミクロマネジメントとよび、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考える。

(1) マクロマネジメント

① 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機関（本省・本庁など）におけるマネジメントである。

ここでは、多数の構造物からなる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。

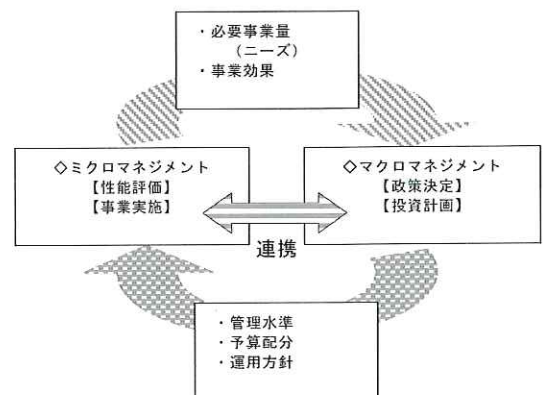


図-4 マクロとミクロのマネジメント

②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(後述)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や一定の基準を満足しない構造物の数や割合などの指標が考えられる。

③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、全体としての健全度の確保と年次補修費用の平準化に配慮した投資計画の策定などの意思決定を行う(図-5)。

(2) ミクロマネジメント

①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組織(管理事務所などの)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。

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

表-1 損傷度の評価例(道路橋)

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(要観察) ・同種構造形式に損傷が発生 ・塩害等を受ける環境条件 ・大交通量・高齢構造物
III	・損傷と認識される状態 ・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

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の基準などについては、マクロの側で考慮すべきものと考えられる。

②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。

損傷度は、構造物の個々の部材の損傷の種類ごとにその程度・広がりにより定める。表-1にその考え方の一例を示す。損傷度は、部材ごとの安全性、補修必要性の評価指標として用いるほか健全度(後述)の算出根拠ともなる。

健全度は個々の土木構造物の構造的な機能の低下の度合いを示す指標で、部材ごとに重みを付けて次のように算出する方法などが考えられる。

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

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

③ミ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、ミ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構造物間の相互比較、劣化の将来予測、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の根拠ともなる。なお構造物の劣化予測と補修費の見積もりは点検データに基づ

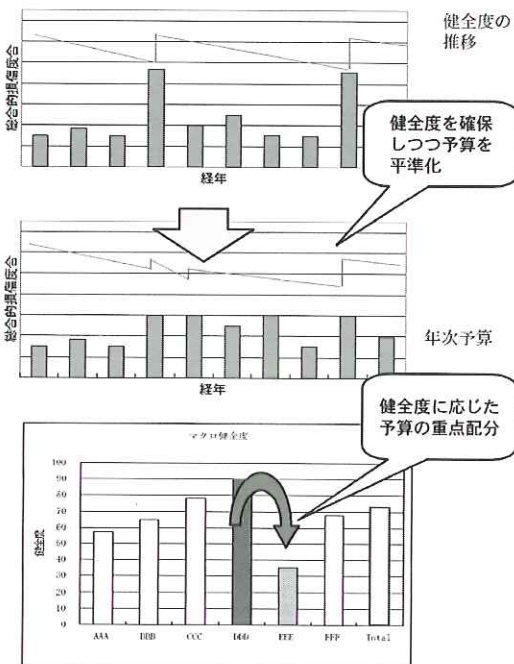


図-5 マクロマネジメントの例

いて部材ごとにシナリオ（後述）を作成して行う。

5. ケーススタディ

前項で提示した戦略的マネジメントの可能性を確認し、その有効性を検証するため、実際の点検データを用いたケーススタディを行っている。

ストックマネジメントの対象となりうる社会資本は多岐にわたるが、ここでは次の理由により道路橋をとりあげる。

- ・社会資本ストックの中で大きなウエイトを占める道路施設を構成する主要な構造物である。
 - ・維持管理費に占めるウエイトが高い。
 - ・全体的な高齢化の進行により維持管理の重要性が今後も高まるが見込まれる。
 - ・鋼・コンクリート及び基礎からなる構造物であり、マネジメントの基本的な考え方が他の土木構造物や建築物に応用できることが期待できる。
- ケーススタディは、構造物単体と構造物群に関して一定の条件に基づくシナリオを設定し、実際の橋梁点検データ、構造物諸元等のデータを用いてシミュレーションを行うこととした。

(1) 構造物単体のケーススタディ

① ケーススタディの内容

橋梁点検データに基づく部材の劣化予測、維持補修シナリオの選択と補修計画の策定、LCCによる各シナリオの評価についてシミュレーションを行う。概要は以下のとおり。

(ケーススタディの対象)

ある直轄道路事務所が管理する鋼橋（22橋、建設年代 1966～92年）とし、時間的な劣化傾向が明確で LCC への影響が大きい部材（床版、主桁、支承）を対象とする。

(ケーススタディの流れ)

次の手順で実施する。

- ・対象事務所を含む地域の橋梁点検データにおける部材の劣化度合い（損傷度）と経過年数記録をもとに部材ごとの劣化曲線を作成する。
- ・マネジメントの3つのシナリオ（使い捨て型、対症療法型、危機管理型）を部材ごとに設定し、各シナリオに対応する各橋・部材の補修計画の案を以下の考え方にに基づき作成する。
 使い捨て型：修繕は行わず、損傷が大きくなったら取り替え
 対症療法型：目立った損傷が出てから従来型の補修を実施
 危機管理型：損傷の兆候がみられた段階で早期に対処、高性能の補修を実施
- ・各シナリオについて LCC 分析による評価を行

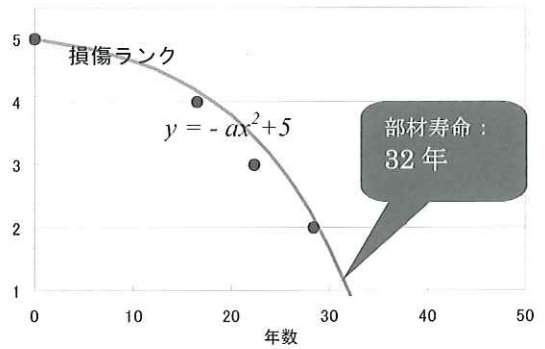


図-6 劣化曲線（床版）

う。

② ケーススタディの結果

対象橋梁単体の LCC 評価結果（床版・主桁・支承を合わせたもの）の一例を図-8 に示す。長期的（おおむね 35 年以上）には危機管理型が最も有利となることが示された。今回のケーススタディで対象とした橋梁ではいずれも同様の結果となった。

なお、今回の事例にはないが、劣化が著しく健全度が低い状況にある橋梁については使い捨て型または対症療法型の選択が有利となることも考えられる。

対象橋梁すべてについて同一のシナリオ（上記 3 シナリオから選択）を適用して毎年の補修費用と平均的な健全度を予測したものを図-9 に示す。いずれのシナリオでも健全度は一定の範囲に維持されるが、使い捨て型、対症療法型では各年の維持補修費用に大きな増減がみられる結果となる。したがって、構造物単体のマネジメントの最適化では不十分であり、構造物群を対象とするマネジメントの必要性が示される結果といえる。

(2) 構造物群のケーススタディ

① ケーススタディの内容

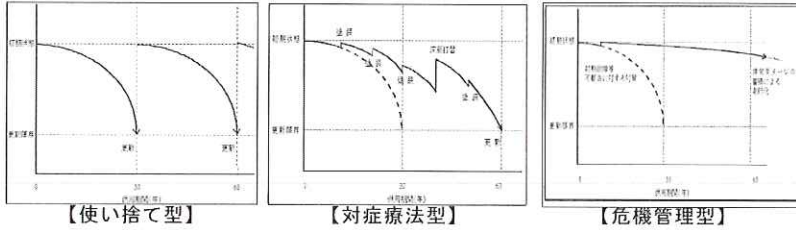
国道を管理する機関（事務所等）が所管する橋梁群について、「全体としての健全度を著しく低下させることなく毎年の維持補修費用を平準化させる」マネジメントのシミュレーションを行う。

ケーススタディの対象は、構造物単体のケーススタディで取り上げた橋梁群（22橋）とした。

シミュレーションは、初期条件（マクロマネジメント適用前）として全橋梁が対症療法型で維持管理されているものとし、これに対して予算平準化を行ったときの健全度の変化を確認することで行うものとした。

② ケーススタディの結果

平準化適用前後の毎年の維持補修費と橋梁群全



損傷度	位置 (X)	深さ (Y)	長さ (Z)	損傷状態	シナリオ								
					① 使い捨て型		② 対症療法型		③ 危機管理型				
					補修工法	回復率	高耐久性	補修工法	回復率	高耐久性	補修工法	回復率	高耐久性
OK	—	—	—	軽微な損傷によるのみ劣化程度	対処なし		対処なし		対処なし				
IV	小	小	小	ひび割れが、並列し、10%	対処なし		対処なし		対処なし				
		大	中	小	損傷が広がる	対処なし		対処なし		対処なし			
III	小	大	大	ひび割れが格子状となり、	対処なし		対処なし		③ 補修工法 + 床掘削工		OK	50年	
		中	小	増加する過程	対処なし		③ 補修工法 + 床掘削工		③ 補修工法 + 床掘削工		OK	50年	
II	大	中	大	格子状のひび割れが連続し、	③ 打替え + 床掘削工 + 床掘削工		IV	15年	③ 打替え (合材) + 床掘削工		OK	100年	
		小	大	劣化が拡大する過程	③ 打替え + 床掘削工 + 床掘削工		IV	15年	③ 打替え (合材) + 床掘削工		OK	100年	
		大	大	格子状のひび割れが連続し、	③ 打替え + 床掘削工 + 床掘削工		IV	50年	③ 打替え (PC) + 床掘削工 + 床掘削工		OK	100年	

図-7 維持補修シナリオ (床版)

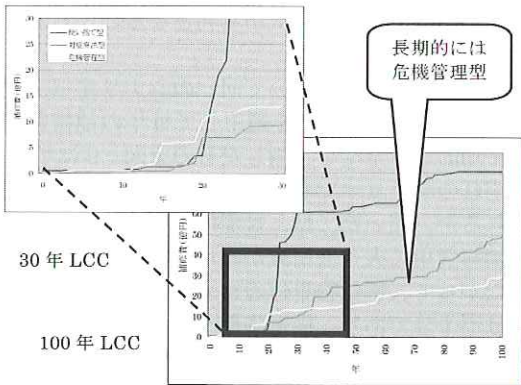


図-8 LCC 評価結果

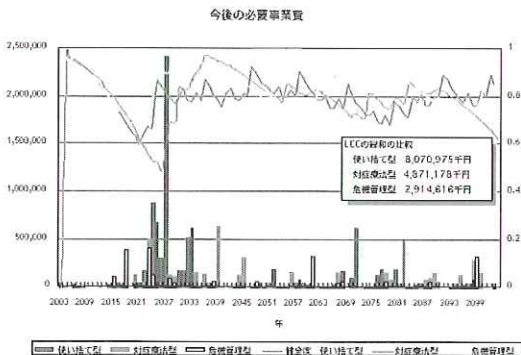


図-9 年次補修費用と健全度の推移

体の健全度の変動を図-10に示す。

平準化の適用前は2021、39、81年に事業費の集中がみられるので、一部の橋梁(上記の各年に大規模な補修が発生するものを選定)の維持補修計画を危機管理型に変更したところ、ピーク時の事業費がおよそ半分に軽減されるとともに全体の健全度の変動も小さくなった。全体のLCCも約49億円から約43億円となり、1割強の低減が図られることが示された。

6. まとめ及び今後の課題

本稿では住宅・社会資本の戦略的マネジメントに関する技術開発のうち、土木構造物についてマクロとミクロの視点によるマネジメントの大枠を示すとともに、実際の構造物データに基づくシミュレーションを行って、構造物単体と構造物群を対象に維持補修経費の軽減と健全度の確保を主眼とするマネジメントの可能性と有効性が確認できた。

今後はマクロとミクロの連携とくに両者をつなぐ指標・情報の流れと意思決定についてのシミュレーションを行うこととしている。

今回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等の社会資本ストックについて、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

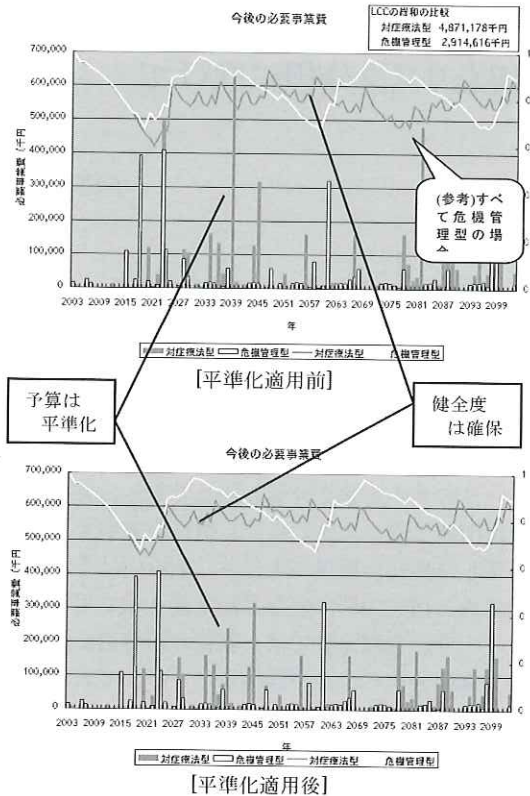


図-10 マクロマネジメントのケーススタディ

る。

その信頼性を高めるとともに、多様な環境にある住宅・社会資本管理者における戦略的マネジメントを実現していくためには、次のことが課題である。

① 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、損傷度を数値で示す(点検データの5段階表示を点数化)とともに、部材ごとに重み付けする等の方法によりひとつの指標として表すことになる。数値化の手法はいくつか提案されているが、どれが最も有効かについては明らかになっていないため、当面は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とし、今後の研究成果をふまえてその改良を図っていく必要がある。

② 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。

戦略的マネジメント普及のためには、部材・損傷の程度に応じた補修工法・コスト及び損傷度の

回復効果を整理し、マネジメントに適用しやすい形で示すことが必要である。

今回は土木構造物のうち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成果の一部を紹介したものであるが、マネジメントの基本的な考え方は他の構造物や建築物にも応用できるものと考えている。引き続き、ケーススタディの事例の追加による信頼性の向上を図るとともに、他の構造物・建築物等への展開方策等の検討を進め、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ることとしている。

参考文献

- 1) 中村俊行：戦略的ストックマネジメントシステムの開発とその必要性，国総研アニュアルレポート No.3, 2004.3
- 2) 栗原真行：土木構造物の戦略的マネジメントシステムの確立に向けて，国総研アニュアルレポート No.3, 2004.3
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 内閣府：日本の社会資本—世代を超えるストック—, 2002.7
- 6) 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
- 7) 全国道路利用者会議、国土交通省道路局：道路統計年報 2002 (2002.11) ほか

栗原真行*



国土交通省国土技術政策
総合研究所建設経済研究
室主任研究官
Masayuki KURIHARA