

社会資本ストックの戦略的維持管理とは何か

研究総務官

西川 和廣

社会資本ストックの戦略的維持管理とは何か

研究総務官 兼総合技術政策研究センター長 西川和廣

1. はじめに

社会資本の維持管理もいよいよ本番を迎え、様々な社会資本施設において維持管理計画の策定作業が進められている。その中で戦略的という言葉がしばしば用いられているが、そもそも社会資本の維持管理における戦略とはどんなもので、どのような観点から定められるべきものであろうか。

以下は筆者の持論であるが、最も基本的な社会資本は領土である。これが安定していなければ何も始まらない。次に基盤となるものは安全で安定的に利用することのできる土地であろうと考えられる。その次に道路、鉄道などの移動、流通の手段、水やエネルギー等ライフラインなどの基本的なサービスを提供する施設があり、このあたりまでを一般には社会資本というのではないかと考えている。これらの上で人は生活し経済活動を行うが、さらに様々な必要となる施設を構築し利用することになる。社会資本はそれらを支える重層構造の基部を支えており、いつでもあつて当たり前という暗黙の永久性を期待されている。

永久性への暗黙の期待に応えるという大目標を達成するためには、どのような戦略を立てればよいのかについて、ここではお話しすることにしたい。また、維持管理計画を策定するに当たって混乱を引き起こしている可能性のあるいくつかの言葉について、私見ながら解説を試みることにした。

なお、ここに記した内容の多くは、最近執筆した雑誌等への投稿記事を引用したものである。詳細については参考文献として列挙しておくので参照していただければ幸いである。

2. 国総研ストックマネジメント研究会

2. 1 スtockマネジメント研究会の目的と構成

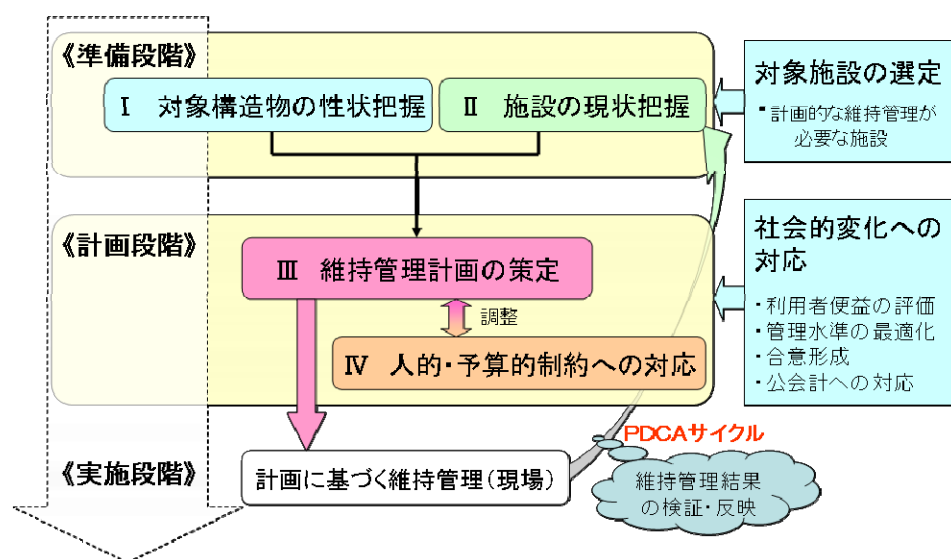
国土交通省所管の社会基盤施設が持続的に機能することを確実なものとするため、維持管理体制が速やかに確立されることが喫緊の課題である。このため、土木系インフラに関して、現場を含めた各施設におけるストックマネジメントの現状や研究開発状況等を横断的に確認するとともに、今後のストックマネジメントのあり方、情報交換、議論を行う場として、ストックマネジメント研究会を平成18年9月に設置した。同研究会の構成は表－1のとおりで、関連分野を対象に組織した。以下、ストックマネジメント研究会の活動を通じてこれまでに整理された成果の一端を紹介する。

表－１ スtockマネジメント研究会の構成

研究総務官（座長）	総合技術政策研究センター 国土マネジメント研究官
企画部 研究評価官	高度情報化研究センター 情報研究官
同 コーディネート研究官	危機管理技術研究センター 砂防研究室
下水道研究部 下水道研究室	沿岸海洋研究部 沿岸防災研究室
河川研究部 河川研究室	港湾研究部 港湾計画研究室
同 水資源研究室	空港研究部 空港施工システム室
道路研究部 道路構造物管理研究室	総合技術政策研究センター 建設システム課（事務局）

2. 2 スtockマネジメントの整備段階

構造物毎のstockマネジメントの状況把握にあたり、stockマネジメントを推進するために整備すべき項目を整理した。進捗段階に従って、準備段階である「Ⅰ対象構造物の性状把握」、「Ⅱ施設の現状把握」、計画策定段階である「Ⅲ維持管理計画の策定」、「Ⅳ人的・予算的制約への対応」、実施段階である「計画に基づく維持管理（現場）」に分類した。



図－１ スtockマネジメントの整備段階

表ー2 各施設におけるストックマネジメントの進捗状況

施設名 〔調査対象として指定された施設管理番号〕	対象構造物の性状把握				施設の現状把握		計画の策定		人的・予算制約への対応	
	編纂多岐メカニズムの解明	点検・診断手法の確立	補強工法の開発・評価	長期劣化の予測	既存施設のデータ蓄積	データベース・スキャナ・運用	管理水準の策定	維持管理計画の策定	体制の確立	更新の集中回避
下水道 〔新潟県内各市町村〕	●	●	●	●	●	●	●			
	●	●	●		●	●				
道路 〔国・県道等〕	●	●	●	●	●	●	●			
	●	●	●	●	●	●	●			
	●	●	●	●	●	●	●			
	●	●	●	●	●	●	●			
港湾 〔国土交通省新潟県内一市町村等〕	●	●	●	●	●	●	●	●		
	●	●	●	●	●	●	●	●		
空港 〔国土交通省〕	●	●	●		●	●	●			
	●	●	●		●	●	●			
河川 〔国土交通省〕	●	●	●							
	●	●	●							
砂防 〔国土交通省〕	●	●	●		●	●	●			
	●	●	●		●	●	●			
海岸 〔国土交通省新潟県内各市町村〕	●	●	●		●	●	●			
	●	●	●		●	●	●			

● 進捗度「中」(研究・データ蓄積・実施に向けた対応がある程度進捗) ● 進捗度「低」(メカニズム解明が速上、データ劣化が顕著、実施に向けた対応が速上)

《空白》 未着手、詳細不明

〔注〕 本調査は、各研究部への調査をもとに作成したものである。

2. 3 スtockマネジメントの進捗状況

ストックマネジメントの分類に従って、構造物毎の進捗状況を整理した結果、「Ⅰ対象構造物の性状把握」のうち初期段階である「損傷劣化メカニズムの解明」、「点検・診断手法の確立」、「補強工法の開発・評価」では各構造物とも概ね進展している。一方、さらに進んだ段階となる「損傷劣化の予測」、「Ⅱ施設の性状把握」、「Ⅲ維持管理計画の策定」では、下水道施設、道路施設等のサービス提供型の施設で先行していることが判明した。(表－2)

2. 4 維持管理の基本方針

各構造物の維持管理の基本的考え方を、「サービス提供型」と「防災型」に大別してとりまとめた。(表－3、4)

「サービス提供型」は道路等の継続的サービスが求められる施設で、「防災型」は堤防など災害防止を目的とする施設で継続的サービスが求められない場合もあるが機能が低下しないよう継続的な維持管理が求められる。構造物の寿命は、「要求性能向上」による機能の陳腐化による寿命、経年変化に伴う劣化等による物理的寿命があり、これらを区分した。

2. 5 研究活動の方向と目標

国総研では、技術政策上の課題を包括的に提示し、優先的に取り組むべき課題の抽出や政策目標の実現につなげていく工程、行政や他の研究機関との連携などを示した「課題の体系図」を設定している。「体系図」では12のテーマを設定し、その一つとしてストックマネジメントが含まれている。

「ストックマネジメントにおける課題の体系図」はテーマ毎に、実施すべき状態、実施すべき行動、実施すべき研究を記載することになっており、「体系図」の作成により、今後ストックマネジメントを推進するための行動・手順を示すロードマップともなっている。また、「体系図」はストックマネジメント全体および下水道、道路、港湾、空港、河川、ダム、沿岸の構造物単位で作成した。代表事例としてストックマネジメント（全体）の「体系図」を図－2に示す。

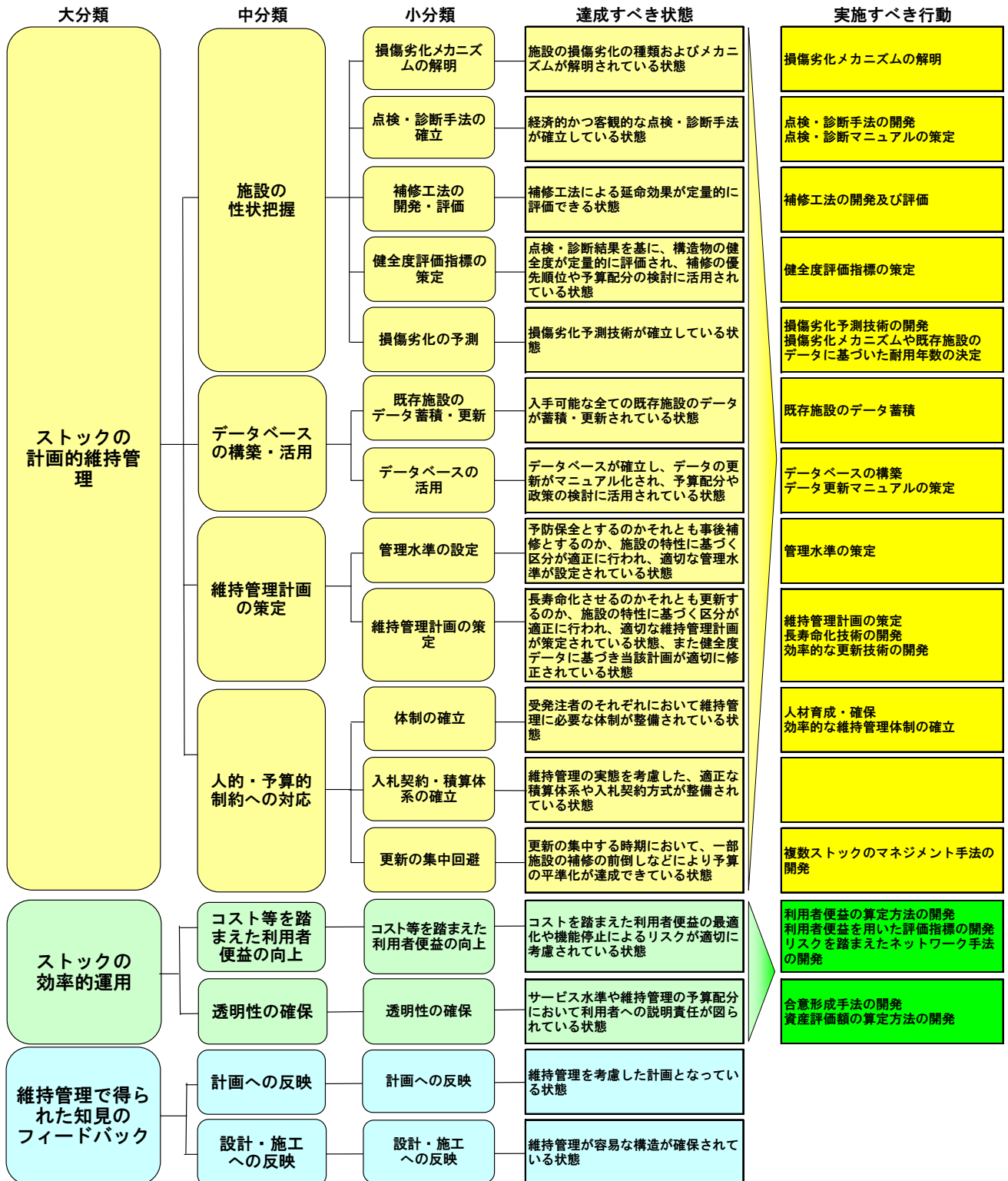
表－３ 各構造物の維持管理の基本的考え方（サービス提供型の施設）

構造物①	構造物②	要求性能向上の可能性	物理的寿命（現状）	機能停止による影響	管理の考え方	劣化予測の可否	定期点検頻度	補修工法
下水道	管渠	大都市の合流管渠は流出係数の増が予想	89年	軌道下、幹線道路下では影響大	施設に起因する突発事故や故障を未然に防ぐこと及び施設の延命化を図るために計画的維持管理を行う。 計画的維持管理とは、計画的に施設の状況を的確に調査点検し、その結果に基づいて必要な清掃や修繕等について、その手法と優先順位を定めて効率的に行い、突発事故等を未然に予防し、かつ施設の延命化を目指す維持管理方法で、維持管理費用を予防的に支出し総額の維持管理費を低減することも含んでいる。 《下水道維持管理指針》	不可能 ※資産数膨大、大多数の管は目視不可能のため診断精度に問題あり、他工事による損傷あり	3年毎(30年以上は毎年) (下水道維持管理指針)	止水工法 ライニング工法 内面補強工法 部分敷設替工法 (下水道維持管理指針 2003年版(社)日本下水道協会)
	処理場	機械・電気設備は陳腐化が予想される	不明	大	適性な日常管理・定期管理によって、施設の長寿命やLCCの低減を図る。 《日本下水道事業団・下水道構造物に対するコンクリート腐食抑制技術及び防食技術の評価に関する報告書》	部分的に可能	毎年 (下水道施設改築・修繕マニュアル(案))	処理施設・人孔: ライニング工法、吹き付け被覆工法、成形品被覆工法 (東京都下水道局施設管理部:コンクリート改修技術マニュアル(汚泥処理施設編))
道路	橋梁(床版・桁・橋脚)	設計条件(交通量・車両荷重)等の陳腐化は予想されない	不明	大	定期点検は、安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害の防止を図るための橋梁に係る維持管理を効率的に行うために必要な情報を得ることを目的に実施する。 《橋梁定期点検要領(案)》 適性な日常管理・点検データにもとづく劣化予測を行い、維持管理費用の削減及びリスクの軽減のために予防的保全を継続する。 《道路構造物管理研究室》	可能	初回は供用後2年以内、その後は5年毎 (橋梁定期点検要領(案))	①床版:鋼板接着、シート貼付、上面増厚 ②主桁: (鋼橋)、鋼板当て板高力ボルト固定(コンクリート橋)表面処理、断面修復、電気化学的補修工法(電気防食、脱塩)、ひび割れ注入、補強剤の追加(FRP接着、鋼板接着)、プレストレスの導入 ③その他の部材 (鋼床版)鋼板当て板高力ボルト固定、鋼繊維補強コンクリート(SFRC)舗装(コンクリート)表面処理、断面修復、電気化学的補修工法(電気防食、脱塩)、ひび割れ注入、補強剤の追加(FRP接着、鋼板接着)、巻立て(コンクリート、鋼板等)、(塗膜の傷(外的要因による))、局部補修
	舗装	当面なし	10年程度	中	舗装のさらなる延命および舗装補修費のコスト削減を図る観点から、アスファルト舗装の修繕候補区間のうち、予防的修繕工法を適用できる箇所にあつては、これを実施する。 《修繕候補区間の選定と同区間における工法選定の手引き(案)》	可能	3年毎	・切削オーバーレイ ・打換え ・シール注入工法 ・切削工法 ・局部打ち換え
	トンネル	当面なし	無限	大	定期点検は、トンネル本体工の変状を把握して、利用者被害の可能性のある覆工や坑口のうき、はく離箇所を撤去するなどの応急措置を講じ、必要に応じて応急対策および、標準調査の必要性を判定して点検記録を作成し、安全で効果的な維持管理を行うことを目的とする。 《道路トンネル定期点検要領(案)》	困難	初回は建設後1～2年以内 その後は2年毎または5年毎 (判定結果で異なる)	・裏込注入工 ・ロックボルト工 ・金網・ネット工、当て板工 ・繊維シート補強工、鋼板接着工 ・場所打ち工、覆工改築工 ・導水樋工、止水充填工 ・防水シート工
港湾	係留施設・外郭施設	当面なし	30～100年	大	施設の目的、供用期間、要求性能、自然環境、利用条件、構造特性、性能の経時変化を予測して、施設を構成する部材毎に維持管理レベル(事前対策・予防保全・事後保全)を設定する。 《港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き》	劣化データの蓄積により、部分的に可	数年毎	・大規模断面修復 ・小規模断面修復 ・電気防食 ・表面処理
空港	滑走路	可能性は小	10年(アスファルト) 10年以上(コンクリート)	施設の規模・機能により異なる	空港土木施設維持修繕工事マニュアルに基づき空港機能を損なわないよう適切に維持補修を行う。 羽田空港については、破損する前に補修を行う予防保全の方法について検討中。 《空港施設システム室》	困難	3年毎	①アスファルト舗装 ・オーバーレイ ・切削打換え ②コンクリート舗装 ・目地補修 ・ジャッキアップ(羽田等)

表－４ 各構造物の維持管理の基本的考え方（防災型の施設）

構造物①	構造物②	要求性能向上の可能性	物理的寿命（現状）	機能停止による影響	管理の考え方	劣化予測の可否	定期点検頻度	補修工法
河川	堤防・護岸	－	不明	大（人命・財産の損失）	劣化を予測するのではなく、構造物の状態を見（診）て、状態の変化を分析するきめ細やかな維持管理を実施する。 流下能力（治水安全度）を維持するため、堤防の断面をモニタリングし、必要に応じて維持補修。 堤防の浸透・浸食に対する強度維持のため、モニタリングを継続し、堤防の機能に影響する場合は対策。 《河川研究室》	劣化しない	5年毎（測量）	・堤防形状：盛り土、腹付け ・耐侵食：法芝の張替え 護岸打ち変え ・耐浸透：遮水壁（矢板）の設置 排水ドレーンの設置 ・護岸基礎の補修：根固め投入 矢板設置
	水門等のゲート類	可能性あり	56年	目的や規模により異なる	画一的な維持管理手法を改め、個々の施設にあったマネジメントを実施する。 《河川研究室》	統計処理によ	毎年	原動機：定期整備、部品交換、 保全予防等 鋼構造物塗装：全面塗装あるいは部分塗装
	ダム本体	－	不明	大（人命・財産の損失）	安全確保として予防保全を第一として、目視による変状把握、漏水量、揚圧力、変位計の変化により異常を確認し、異常があった場合は、さらに詳細な調査により補修方法を検討する。 《水資源研究室》	－	3年毎または5年毎（検査）	掘削 パイパストネル設置 土砂吐き設置 貯砂設置
海岸	堤防・護岸（コンクリート）	地球温暖化に伴う水位上昇の可能性あり	不明	－	点検に基づく健全度評価により、変状が著しい箇所はLCCの観点から最適な工法（予防保全or事後保全の判断を含む）を採用する。 《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）》	現状の技術レベルは十分でない	1～3年毎	波返工：かさ上げ、傾斜修正 波返工：かさ上げ、傾斜修正 消波工：追加等
砂防	砂防ダム	－	100年程度	大	施設そのものの破損などの状況把握を定期的におこない、機能を損なう前に必要に応じて補修を行う。また、施設の機能状況を把握するため堆砂状況についても定期的に把握し、必要に応じ機能回復を図る。 《砂防研究室》	－	毎年	ひび割れ：腹付けコンクリート 漏水：薬液注入 異常堆砂：除石工

図－２ スtockマネジメントにおける課題の体系図



注1) 各分野におけるStockマネジメントの現状を各研究部を通じて把握し、横断的に整理した上で大枠の体系化を図った。

注2) 「維持管理で得られた知見のフィードバック」は、維持管理に直接関わるものではないため原則として「実施すべき行動」「実施すべき調査・研究」は記述していない。

コア関連
・劣化データの収集
・データ蓄積状況の把握
・維持管理体制の把握

2. 維持管理戦略を定めるための道筋

2. 1 戦略目標、戦略、戦術

戦略といえば孫子の兵法が有名であるが、「彼（敵）ヲ知り、己ヲ知レバ、百戦殆フカラズ」という言葉がよく知られている。戦略的維持管理の要諦は、まず管理しようとする施設を様々な視点から理解し、状況を把握した上で、自らの戦力すなわち人員、技術力、予算等と照らし合わせて目標を設定し、実行に移すことにある。

道路橋では、昨年（2007 年）あたりから、長寿命化、予防保全ということばが多く用いられるようになったが、長寿命化とは道路ネットワーク機能の暗黙の永久性を達成するためのひとつの戦略であり、予防保全は長寿命化を実現するための戦術であると考えれば分かり易やすいであろう。

戦略と戦術は対になる用語として用いられることが多いが、何をどのようなレベルで達成できれば成功と言えるのかという、戦略目標を設定することがきわめて重要である。

以下、様々な社会資本施設の戦略目標を含めた維持管理戦略を策定するに当たり、「彼（敵）ヲ知ル」ことと、「己ヲ知ル」ことの意味するところについて説明することにしたい。

2. 2 彼（敵）ヲ知ル

2. 2. 1 施設の性質・性格を知ること

対象とする施設がどのような目的で造られ、どのような形で機能することを期待されているか、機能を停止するとどのような損失を誰が被るのか。また、施設の物理的な寿命はどの程度か、維持管理によりどの程度延ばせるのか、機能の陳腐化による寿命はどの程度と想定されるのか。これらの要素を知ることが戦略策定の第一歩である。

老朽化により補修・補強あるいは更新が必要になったときに、一時的に機能を停止することが容易な施設とそうではない施設がある。鉄道や道路、下水道といったネットワークとして機能する施設は、部分の機能停止が全体の機能停止につながり、港湾施設のような代替性に乏しく、機能停止による外部コストが大きいという特徴がある。

社会資本施設には、大きく分けてサービス提供型施設と防災型施設があると考えられる。自然災害による機能停止を考えると、橋梁や港湾施設のようにサービス機能の継続が期待される施設では、機能停止の期間等、影響をどの程度に押さえることができるかが重要となる。一方、防災型施設では、人命や財産を守ることができる災害のレベルが重要であり、戦略の立て方も自ずから異なる。

一般に維持管理による長寿命化が期待されるが、施設によってはどんなに手厚く行っても限界がある場合もある。道路の舗装がひとつの例である。もう一つの寿命を決める要素は機能の陳腐化である。施設の機能すなわちサービスレベルの向上圧力がどの程度あるかによって、むやみに長持ちさせるより適当な時期に更新する方が適当な場合があるので注意しなければならない。道路橋の長寿命化政策は、将来のサービスレベルの向上圧力はそれほど大きくないと判断した結果であるとも言える。

2. 2. 2 寿命を縮める損傷・劣化要因とメカニズムを知ること

施設の長寿命化を図るためには、その施設がどのような原因・要因により劣化・損傷を生じ、どのような段階を経て耐久性を失うのか、いわば死に至る病とその進行過程を知る

ことが不可欠である。これを知らずに管理しても対症療法にしかならず、損傷を繰り返しながら基礎体力を失い、いずれ寿命に至ることになる。予防保全により寿命を延ばそうとするならば、損傷・劣化の原因とメカニズムを解明し、どの時点でどのような対策を施せば死に至る病を完治することが可能なのか、どの時点では完治はせずとも延命が可能なのか、さらには手遅れなのかを知ることが重要である。

対象とする施設により、どの程度解明が進んでいるかは様々であり、しっかりと確認する必要がある。道路橋の場合、耐久性を失わせる損傷・劣化としては、鋼橋では鋼部材の腐食、鉄筋コンクリート床版の疲労（抜け落ち）、鋼部材の疲労亀裂、コンクリート橋では鉄筋やP C鋼材の腐食（塩害を含む）がほとんどで、これに基礎の洗掘とコンクリートのアルカリ骨材反応を加えればほぼカバーされる。これらの発生メカニズムは一部を除いてかなり明らかになっているが、損傷・劣化の進行を防ぎ、健全な状態に回復する工法やどの時点でどの工法を適用することが有効かつ効果的なのか、手遅れなのかなど、まだまだ解明すべきことは残っている。

2. 2. 3 何処に、どんな状況で使われているか把握すること

すなわちデータベースの構築と更新である。施設が何処に、どのような状態で設置され供用されているかを把握することは、マネジメントにおいて最低限必要な情報である。

データベースを構築する目的のひとつとして、個々の施設の詳しい情報を保存する「カルテ」としての活用があるが、施設の健全度等の変化に気がつくための助けになることとともに、人事異動による後任への申し送りの手段として重要である。したがって、点検が行われる度にしっかりした更新が行われることが不可欠である。

以上はむしろ戦術としてのデータの活用であるが、施設のデータから基本的な指標を抽出することにより、「施設群」としての状況について、空間的な傾向と経時的な変化を把握することができる。これにより予算配分など必要な対策の策定と、その効果の計測が可能となる。これを用いてP D C Aサイクルを回すことがマネジメントの眼目であり、どのような指標を用いるかが成否を握ると言って良い。

マネジメントといえばデータベースを作ることだと思っている人が多いが、ここで間違っているのはデータベースは道具であって目的では無いということである。近年、I T機器の開発がめざましく、データベースの内容が埋まらないうちに装置の記憶容量が飛躍的に拡大され、それに伴って新しいシステムが開発されるということが繰り返されている。技術の進歩への対応に忙しく、いつまで経ってもデータベースが使えるようにならないという笑話をお聞きになった方は少なくないのではないか。ハイテク化には、あらかじめローテクレベルなりのデータベース（カルテ）とその活用の仕組みが存在することが前提条件となる。もしデータベースシステムを導入したのにその効果が見られないと感じる場合には、何を目的として整備したのかに立ち戻って考え直す必要がある。

2. 2. 4 点検手法、補修工法、予防方法を開発すること

戦略的な観点から言えば、技術（＝兵器）開発への投資を意味する。日本人の平均寿命が伸び続けているが、これは病気に対する検査法、治療法、予防法の進歩によるところが大である。早期に劣化・損傷の発生が検知できれば対処法の選択肢も多く、コストの面でも有利である場合が多い。また新たな補修工法の開発により更新を免れたり、大幅なコス

トダウンが可能になることは想像に難くない。一方、データベース（カルテ）が機能すれば、どのような条件でどのような損傷・劣化が発生しやすいか傾向が見えてくるはずである。ここまで来れば予防方法を見つけだすことはそれほど難しくはない。これらの投資は、施設の長寿命化に大きく寄与するはずである。前項の指標を用いれば、投資に見合う長寿命化が実現したかどうか、将来確認することができよう。

ここで、人の平均寿命が延びたことについては技術面だけでなく、定期健康診断の普及、伝染病の予防対策など制度面での充実が寄与していることも付け加えておきたい。

2. 3 己ヲ知ル

2. 3. 1 自らの戦力を知る

高い戦略目標を立てても、数と実力において自らの戦力が太刀打ちできなければ意味をなさない。正確な情報を把握することが必要である。

必要な能力を有する技術者をどのように確保するか。インハウスの技術者で対応するのが理想であるが、道路橋の場合現実的ではない。外注するとしても請負可能な技術者はいるか、質を伴っているかなど、それぞれの地域で確認する必要がある。さらに予算の都合で外注もままならない地方自治体のような場合、一般職員、地元住民や道路利用者などの力を借りることも検討する必要があるだろう。

もし技術者が足りないか、技術レベルに問題があれば、場合によっては育成することも考えなければならない。どこかに技術者がいることを前提とした言説が多いが、慎重に見きわめる必要がある。また、外部勢力に頼るときには、道路管理者と請負者との役割と責任の分担を明確にすることが重要である。

技術力を評価する場合、資格制度が確立していれば問題は少ないが、コンクリートや鋼構造に関する診断士の資格制度はあっても、橋に特化した資格は整備されていないのが現状である。前記の有識者会議の提言にも強調されているように、橋の維持管理に特化した技術者の育成と資格制度の確立が急務である。

2. 3. 2 維持管理に必要な“脳”力を知る

蛇足になるが、維持管理技術の専門性について述べておきたい。

橋を設計したことがあれば維持管理くらいできるのではないと言われることが少なくないが、それは大きな誤りである。図－3は、設計と維持管理において脳の使い方が異なることを示している。いわば設計脳と維持管理脳の間に横たわる壁を表現している。

脳と壁といえば養老孟司氏であるが、思い通りになる**脳**と思うに任せない**身体**、脳が設計した**都市**と予測ができない**自然**、という対比を著書や講演でよくされる。脳科学者の茂木健一郎氏は、脳は必然性で満たされた状態では退屈し、半ば必然半ば偶然である偶有性の状態で活性化するとされるが、いずれも設計と維持管理との違いとよく符合している。

設計では**理論**の成り立つ**理想**の状態を想定するが、維持管理では**実際**、**現実**としての状態を前提にせざるを得ない。何よりも仮説の積み重ねである設計は、何処まで行っても**Fiction**であり、維持管理は建前がどうであれ目の前の**Realism**と対面せざるを得ない。設計が**予定**ならば維持管理は**結果**なのである。設計に**創造力**が必要ならば、維持管理には**推理力**が必要である。そしてこの壁を乗り越えるには、豊かな**実体験**とそれによって育まれた

想像力によるしかない。

設計の経験しか持たない技術者が補修・補強の設計をすると、直しているのか壊しているのか判らないこともある。このような観点からも、目の前の技術者が、維持管理技術の専門性を認識し、維持管理脳を持っているかどうかを確認することが重要である。



図－3 設計と維持管理の壁

2. 3. 3 自らの弱点を知る

「マニュアルがなければものは作れない。しかし、マニュアルが思考停止を招く」とは、「失敗学」の創始者畑村洋太郎教授の言葉である。機器やマニュアルに頼りすぎれば、前もってインプットされていない現象は見逃されるか、誤った判断をされるおそれがある。また、人は弱いもので、陥りやすい錯覚と振り払い難い誘惑を抱えている。

維持管理における点検、診断、判断と実行という各段階において、技術者が行う判断はきわめて重要である。したがって、陥りがちな錯覚や誘惑について、自らの弱点として知っておくことは非常に大切なことだと思われる。

(1) 点検

施設の変状の有無を確認し、診断に必要なデータを計測し記録する点検者に熟練が必要なことはいうまでもないが、診断については診断者の責任においてなされなければならない。予断を持って点検を行うと、重要な兆候を見逃す危険がある。一方、道路管理者は、点検と診断を一体のものとして区別していないことが多く、これも危険である。委託を受ければ点検者でもそれらしきことを言うことはできるので、裏付けのない誤った診断を受

け取ってしまうおそれがある。

また道路管理者にとって、変状が発見されることは懸案事項が増えることになる。それを慮って大事な事実を報告しないことがありがちである。いずれもいやなものは見たくない、喜ばれないことは報告したくないという誘惑によるものであるが、それにより重大な損傷を見逃すことになれば、責任を問われることを認識すべきである。

(2) 診断

点検データに基づいて損傷・劣化の種類と程度、原因を特定し、処方を示すのが診断者の仕事である。診断ミスは重大な事故の原因になりうるので、技術力や経験に裏付けられた診断能力が必要である。

医師が自ら触診や問診を行うように、診断において必要があれば自ら点検データを取得し、あるいは確認することが、責任のある診断を下すためには必要である。また、道路管理者を説得し、適切な措置を行わしめるに足る説明ができなければならない。

点検と同様、道路管理者は悲観的な診断はできれば聞きたくないし、診断者もつい希望的観測の元に楽観的な診断を下してしまいがちである。これが意図的に行われたのであれば、粉飾決算を助ける会計事務所と同様で、制裁を受け信用を失う可能性があることを認識すべきである。

(3) 判断と実行

診断を受け止め、必要な措置をどのような形で実行に移すかの判断は、道路管理者の責任である。橋は病人と違って自ら病院に出かけることはない。治療を受けるかどうかの判断は、道路管理者にしかできないのである。

一般に地震や洪水など自然災害時における管理者の行動は、研修や訓練を通じてかなり高いレベルが保たれているように思われる。一方、施設の劣化・損傷のように、緩やかに近づいてくる危険に対して、管理者としてどのような体制でどのように判断し行動するかについて、体系的な教育や研修はあまり行われていないのではないだろうか。

判断と実行において「予算がない」という制約は、一種の「麻薬」である。予算がないという制約が責任を軽くしてくれそうな錯覚を与えてくれるからである。これは「先送り」と引き続いて発生する惨事を招く最大の要因であることはいうまでもない。

3. さまざまなマネジメントとそれぞれの立場

3. 1アセット、ファシリティ、ストック

計画的な維持管理の必要性が叫ばれ始めた頃、橋梁マネジメント、舗装マネジメント等、対象とする施設の名称を冠して呼ばれることがふつうであった。その後、社会資本施設への企業会計の導入が話題になるなど、経済学的分野などの概念が導入され、様々な故障が用いられるようになったが、一方で混乱の要因となっているので、ここで整理を試みたい。

まず、アセット・マネジメントとファシリティ・マネジメントおよびストック・マネジメントを Wikipedia で検索してみたところ、下記のような記述があった。なお、ストックについては国土交通省でもっぱら用いられる用語らしく、Wikipedia に項目がなかったため、筆者の考えを記した。

アセット・マネジメント

投資用資産の管理を実際の所有者・投資家に代行して行う業務のこと

ファシリティ・マネジメント

業務用不動産（土地、建物、構築物、設備等）すべてを経営にとって最適な状態（コスト最小、効果最大）で保有し、運営し、維持するための総合的な管理手法

ストック・マネジメント・・・Wikipediaには項目なし

社会資本施設の特徴である、「必要不可欠だがあって当たり前」という永久への暗黙の期待がかかる、蓄積としての社会資本の機能を維持する業務

これらを見ると、いずれも施設の管理を対象としているが、キーワードとなる言葉が、アセットでは**投資**、ファシリティでは**経営**、ストックでは**蓄積**あるいは**維持**となり、それぞれの性格を表していて、ここで扱うべきはストック・マネジメントであることがわかる。

3. 2 アセット、マクロ、ミクロ

社会資本ストックのマネジメントには、ミクロ（個別）とマクロ（群）のふたつの立場が存在するが、これらを近年よく用いられるアセット・マネジメントとともに比較したものが表－5である。それぞれマネジメントの目的、説明責任を果たすべき相手と内容、責任者の関心事項、必要とされる指標等について整理した。それぞれの立場によって、マネジメントに対する考え方が異なることが理解できるものと思う。

表－5 マネジメントにおける3つの立場（道路橋の場合）

3つの立場	アセット・マネジメント (財政)	マクロ・マネジメント (国土交通本省)	ミクロ・マネジメント (現場事務所)
マネジメントの目的	投資効果を最大化したい	施設の機能を確保しながら総予算を抑制したい	限られた予算で施設の安全性、供用の信頼性を確保したい
説明責任の相手と内容	出資者、料金負担者 資金運用の適切性	国民全般 道路ネットワークの信頼性、健全性	管内の道路利用者 所管の橋の安全性、供用性確保
関心事項	資金運用は適切か、透明性は確保されているか	予算の額と配分、施設健全度の動向と地域間格差、必要な施策、施策効果	損傷の部位、種類と原因、深刻度、補修・補強の可能性、交通規制の要否及び可否、LCCetc.
必要とされる指標等	施設劣化の予測式 他分野、他機関等と比較可能な指標	施設の全般的な健全度 指標とその経年的推移	部材、損傷の種類ごとの損傷レベルとその動態を表す指標

4. 劣化曲線、効用と弊害

維持管理コストについて議論する際、図－4のような劣化曲線を用いることが多い。縦軸に何らかの性能を設定し、右下がりの曲線で劣化の進行を表すのが普通である。曲線が上に凸であることは、損傷の進行が次第に加速することを表し、早期治療が補修・補強コストを低減することが表現される。維持管理行為が行われるとそれにより性能は回復するが、図では曲線のギャップで表される。大きなギャップはコストが大きく技術的に困難であることを示し、性能が限界値を下回ると架替えが必要になり、更新コストが生じることを表す。このように維持管理戦略を考える上で劣化曲線を描くことは非常に有用である。

しかし、問題も少なくない。精度のいい劣化曲線を描こうとしても十分なデータはないのが普通である。また、橋のように劣化・損傷から更新を余儀なくされるまでのプロセスが単純でない構造物の性能を、一本の曲線で表現することはもともと無理がある。劣化曲線は、何処まで行っても定性的な模式図でしかあり得ないことを認識すべきである。

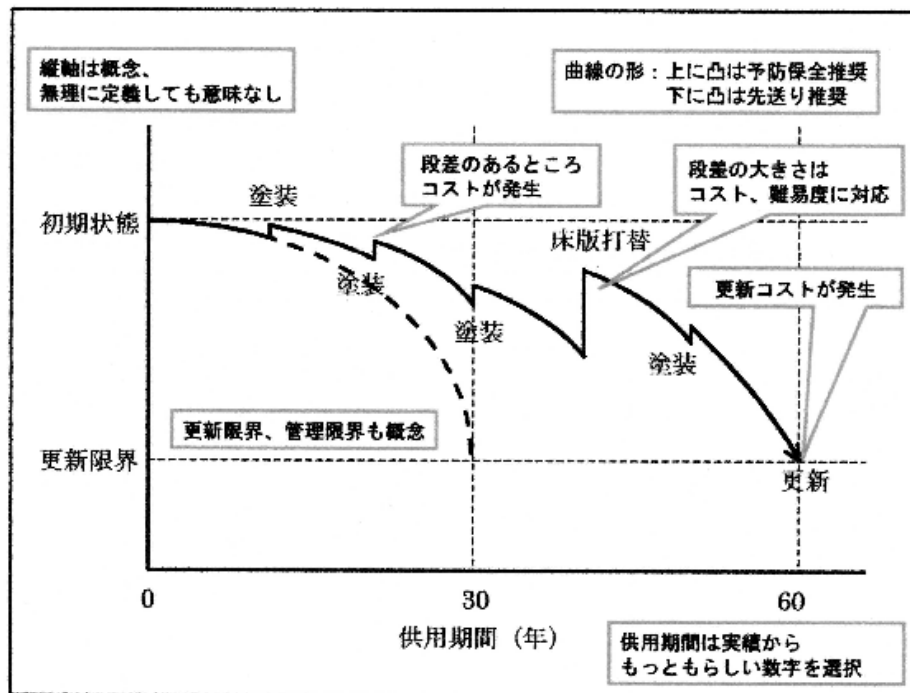
そもそも縦軸の性能を何で代表するのか。構造の専門家は、縦軸に耐荷力を設定したがる傾向があるが、耐荷力に有意な変化が生じるのは、多くの場合劣化・損傷としては末期的な段階である。維持管理の立場から見ると、すでに手遅れになった構造物の分類をすることになるが落ちである。

一方、劣化曲線が何となく減価償却を思い起こさせるためか、縦軸を資産価値とみて企業会計の方法を踏襲したいいわゆるインフラ会計に援用されることがある。減価償却に対応する耐用年数という概念は、資産価値が長期間継続する多くの社会資本には馴染まないはずである。将来予測を重視する財務分野では、あらゆる現象の定式化を求める傾向があり、求めに応じて劣化曲線の精度向上の検討も行われているが、上記のように本質的に困難であることを認識して用いるべきである。

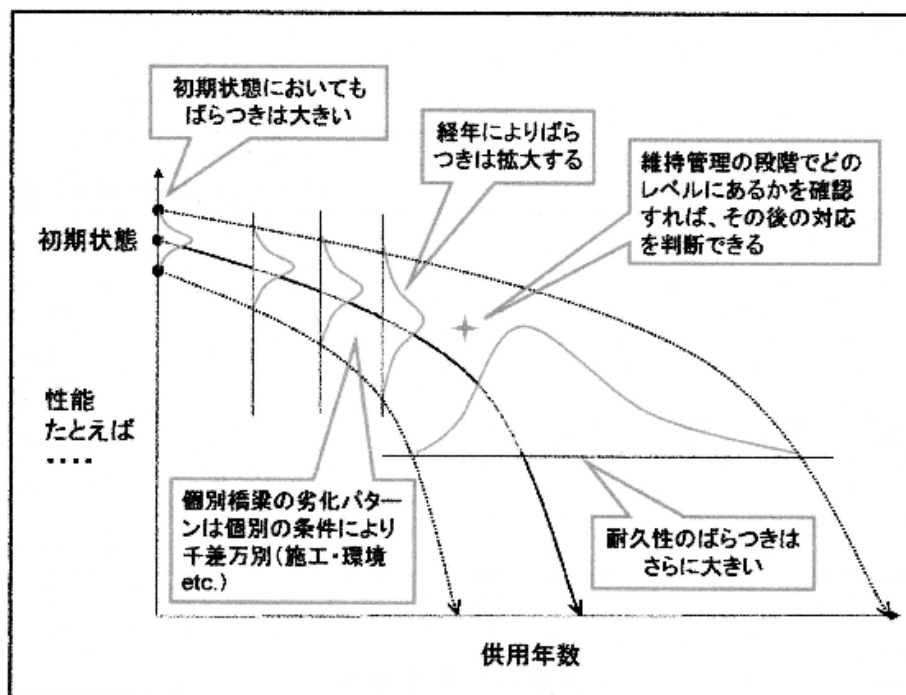
また、資金の現在価値を求めるために割引率を用いることは、曲線を下に凸の形に変化させることに相当する。すなわち維持管理行為を先送りすることが正しいという、管理技術者の感覚とは誤った結論を導きやすい。維持管理行為の先送りは橋の崩落等リスクを増大することになるので、安易にこの考え方を現場で用いると危険な判断につながることに注意すべきである。

図－5は、コンクリート構造物をイメージした劣化曲線である。鋼橋と比較すれば、現場施工となるコンクリート材料の品質は、工場製品である鋼材に比べてばらつきが大きい。さらに、時間の経過に従ってその差はより大きくなる。材料品質に関するデータは豊富に集まるかもしれないが、維持管理コストの算出に用いるためには確率論的な扱いが必要になり、ハードルは高そうである。

維持管理への応用としては、施工完了段階の検査及び一定期間経過後のコア採取により評価すれば、個別橋梁の劣化の程度が確率分布のどの辺りに相当しているのかを確認することができるので、それに応じた維持管理計画の修正が可能である。



図－４ 劣化曲線の意味すること



図－５ コンクリート構造物の劣化曲線（イメージ）

5. ライフサイクルコストについて

近年LCCと表記されることが多くなっただけのライフサイクルコストであるが、14年前に土木学会論文集に発表して以来、これまで何度も論じてきた¹⁾。橋の維持管理の世界にLCCという言葉が定着したことは良いことであるが、劣化曲線と同様、将来予測のツールとして過大な期待を抱かれているように見受けられる。いずれも概念整理と規範を示すためのツールとしては有用であるが、目的によっては個別の案件を処理するために必要な精度を持ち得ない点に注意する必要がある。

鋼橋の場合、塗装の塗り替えという義務的な維持管理が存在するため、LCCの算出は比較的容易でかつ理解を得やすい。当初は維持管理の項目として、塗装の塗り替え、支承・伸縮装置の補修、RC床版の補修といった主要なものを考慮して試算結果を示し、設計時に維持管理コストを考慮することが将来的に維持管理負担を抑制する効果があることを示すことで、初期コスト優先の鋼橋設計の軌道修正を試みた。現在鋼橋の世界ではLCCを考慮した設計が浸透し、一定の成果を上げることができたと自負している。なお、LCCを考えることの効用として、維持管理費用を軽減するための技術開発進んだことも付け加えておきたい。

一方、コンクリート橋の場合、もともとメンテナンスフリーを前提としていたこともあり、図-4と5を比較しても、鋼橋と同様の方法でLCCを算出することはできないことは明らかであろう。現時点では、鋼橋とコンクリート橋のLCCを無理に算出し、金額ベースで比較することは意味がないと考えている。むしろ施工時の品質管理の重要性を認識させるためのツールとして活用すべきである。

参考文献：

- 1) 西川和廣：道路橋の寿命と維持管理、土木学会論文集、No.501／I-29、1994.10
- 2) 西川和廣：ライフサイクルコストを最小にするミニマムメンテナンス橋の提案 橋梁と基礎 1997.8
- 3) 西川和廣：施工と維持管理を設計せよ—100年橋梁を保証するために—、橋梁と基礎 2006.8
- 4) 西川和廣：社会資本の維持管理戦略、月刊建設 2008.2
- 5) 西川和廣：「彼(敵)ヲ知り、己ヲ知レバ、百戦殆ブカラズ」、橋梁と基礎 2008.8
- 6) 西川和廣：高齢橋は老朽橋ではなく長寿橋である、コンクリート工学 Vol.46、No.9、2008.9