

特定非営利活動法人 (NPO) 「社会資本アセットマネジメントコンソーシアム (AMCI)」の活動紹介

その3 橋梁の長寿命化計画の具体的な内容と NPO の支援事業

AMCI 理事 (ティーネットジャパン CS 事業本部技師長) 工博 技術士 (総監・建設部門) 牛島 栄
 AMCI 理事 (篠塚研究所取締役) 工博 中村孝明
 AMCI 副代表理事 (東京都市大学教授) 工博 技術士 (建設部門) 皆川 勝
 AMCI 代表理事 (筑波大学名誉教授) 工博 PhD 技術士 (建設部門) 山本泰彦

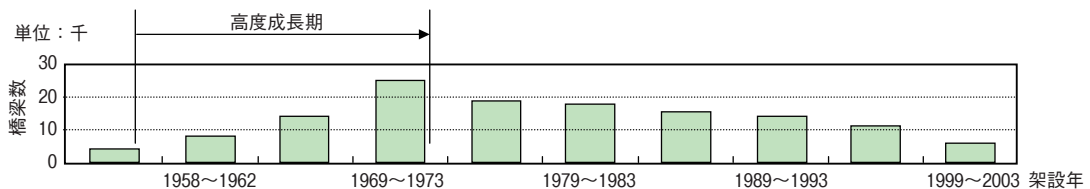
1. はじめに

我が国では、公共インフラの投資は主に高度経済成長期の1960年代から1970年代に本格化し、この時代に構築された公共インフラは2010年代から供用年数が更新維持管理の目安となる50年～60年に到達する。これらの公共インフラの効果的な維持管理と利用者に対する安全・安心の良好なサービス水準を確保することが、少子高齢化と財政的課題を抱えるなかで公共インフラの管理者に社会的な要請として求められている¹⁾。

土木学会では、図1に示すように1980年代から

コンクリート構造物の早期耐久性低下の主な原因と考えられた塩害対策や ASR 対策などを学会の基準として規定し、自動車などの大型化に伴うコンクリート床版の疲労対策として、設計荷重の見直しや疲労対策の強化を図ってきた。さらに、塩害の中でも海洋飛沫帯での PC 橋梁の PC 鋼材の早期腐食に対してもその対策を図っている。耐震設計法に関しては、宮城県沖地震や兵庫県南部地震を受け、耐震設計方法を変わり、その後の既存構造物の補強なども取り組んでいる。

ところで「長寿命化修繕計画」の策定にあたっては維持管理に関する基本的な土木学会規準類の事項なども十分に考慮する必要がある。



塩害対策	1984年 (初めて塩害について規定)	2002年 (対策内容を拡充)		
疲労対策		2002年 (疲労設計の義務化)		
アルカリ骨材反応 (ASR) 対策		1990年 (ASR対策の導入)		
コンクリート床版の疲労対策	1972年 (疲労への対策強化)	1980年 (疲労への対策強化)	1990年 (疲労への対策強化)	
PC鋼材の腐食対策		1996年 (腐食への対策強化)		
耐震設計基準の見直し	許容応力度法による弾性設計	1980年 (橋脚の補強対策、落橋防止対策の強化)	1990年 (関東地震のような大地震に対する照査を導入)	1996年 (兵庫県南部地震による地震動相当を考慮)
	1978 ↑	宮城県沖地震 (M7.4)	1995 ↑	兵庫県南部地震 (M7.3)

図1 年代別の橋梁の整備量と主な土木学会示方書等の改訂内容

2. 予防保全による維持管理

構造物の維持管理は、従来は事後保全を中心として対処療法的に実施されてきたが、維持管理予算のコスト縮減が求められる時代では、調査点検と予防保全による適切な維持管理が求められる。「長寿命化修繕計画」の基本となる予防保全の概念を、図2に示す。例えば、ある時点(t)において二つの構造物AとBを点検調査し、それぞれの構造物の劣化速度が求まる。それぞれの構造物の必要寿命と劣化の許容限界が同じであると仮定すると次のことが分かる。

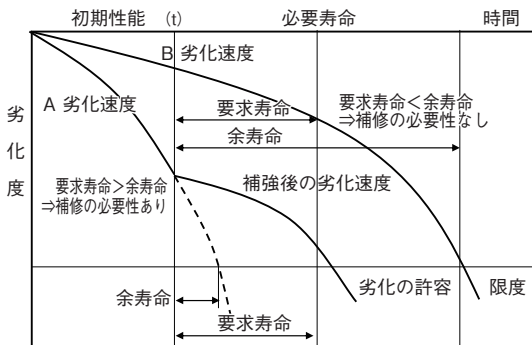


図2 予防保全の概念図

①構造物Bは、構造物の劣化が許容限度に達するまでの「余寿命」が必要寿命に達するまでの「要求寿命」を超えているので、構造物の補修の必要はないものと判断できる。

②構造物Aは、構造物の「余寿命」が「要求寿命」より短いため、構造物の補修が必要であり、(t)時点において適切な補修を行って劣化速度が緩和されれば「余寿命」が「要求寿命」を超えることになる。

このように、予防保全による維持管理を導入するためには、構造物の「要求寿命」を予め設定し、構造物の劣化速度や劣化の許容限界を定める予測技術が伴ってはいくならない。これらが明確であれば、必要な時期に必要な補修を適切に行って、構造物の所要の性能を回復することができる。仮にこれらが不明確であれば、不要な補修を行うことや必要な時期を逸して構造物を補修することになり、劣化の許容限度を超え本来は補修よりも補強が求められることになる。その結果として構造物の維持管理費のコスト増大を招くことになる。

3. 補修

補修は、構造物の劣化進行の抑制・第三者障害の抑制・構造物の美観対策などを目的に行われ、補修計画・施工・管理および検査によって構成さ

れる。

補修に際して最も重要な補修計画では、補修による目標とする構造物の性能回復水準と補修後の耐用年数(補修水準)を定め、劣化原因に適合した補修工法を選定し、補修材料の仕様や施工方法を決定するなどのことが極めて重要な項目である。

コンクリート構造物の劣化原因には種々のものがある。その補修工法の選定に際しては、劣化原因や劣化機構に対して補修方針を明確にして選択可能な補修工法のなかから、補修の目的や劣化程度に相応した補修水準を考慮して、例えば表1のような補修工法を選定することになる。

補修工法は、例えば土木学会では「表面保護工法 設計施工指針(案)」(2005年4月)、「電気化学的防食工法 設計施工指針(案)」(2001年11月)および「吹付けコンクリート指針(案) 補修・補強編」(2005年7月)などがある。

補修工法や補修材料の研究は日進月歩であるので、補修に際する再補修をも前提に、補修水準を満足する工法や材料を選定することが重要である。その選定に際しては、工法や材料の特性を詳細に把握し、その使用実績やその後の供用実績なども評価することも重要である。

4. 補強

補強は、構造物を構成する主要な材料の劣化や過大な外力作用により、構造物の耐力・剛性・じん性などの構造物の耐荷性能に障害が生じた場合に、構造物の耐力や剛性の回復や向上を目的に行われ、補強計画・施工・管理および検査によって構成される。

補強に際して最も重要な補強計画では、補強による目標とする耐荷性能回復水準を定め、適合した補強工法を選定し、補強設計を行って作用荷重に対する耐荷性能の回復あるいは向上の度合い・劣化度の評価判定・劣化原因・構造物の特性や重要度・補強後の構造物に期待される耐用年数や経済性を決定するなどが、極めて重要な項目である。

補強水準としては、建設時の耐荷性能の回復を目標とすることが多いが、政令で定める荷重が大きくなった場合などに、その構造物の建設時よりも高い耐荷性能を求めるグレードアップなどもある。また、応急的に構造物やその部位の補強を行う場合や補強後の構造物に期待する耐用年数が短い場合などでは、建設時の水準に満たない耐荷性能が目標とされることもある。

構造物の設計では耐震設計の考え方の変化に伴い補強が実施されることも多く、この場合には、建設時の耐荷性能よりも高い性能まで回復することが目標とされる。

補強工法は、各種の工法が図3のように実用化

されている。工法の選定に際しては、補強しようとする耐荷性能・補強工法の効果と耐久性・劣化

原因・劣化程度の評価判定・構造物の特性や重要度・施工性（作業空間の確保や周辺環境への影

表1 劣化機構に基づく耐久性の回復もしくは向上を目的とした補修の方針と工法

劣化機構	補修方針	補修工法の構成	補修水準を満たすために考慮すべき要因
中性化	・中性化したコンクリートの除去 ・補修後のCO ₂ 、水分の侵入抑制	・断面修復工法 ・表面保護工法 ・再アルカリ化工法	・中性化部除去の程度 ・鉄筋の防錆処理 ・断面修復材の材質 ・表面被覆材の材質と厚さ ・コンクリート中のアルカリ量のレベル
塩害	・侵入したCl ⁻ の除去 ・補修後のCl ⁻ 、水分、酸素の侵入抑制	・断面修復工法 ・表面保護工法 ・脱塩工法	・侵入部除去の程度 ・鉄筋の防錆処理 ・断面修復材の材質 ・表面被覆材の材質と厚さ ・Cl ⁻ 量の除去程度
	・鉄筋の電位抑制	・陽極材料 ・電源装置	・陽極材の品質 ・分極量
凍害	・劣化したコンクリートの除去 ・補修後の水分の侵入抑制 ・コンクリートの凍結融解抵抗性の向上	・断面修復工法 ・ひび割れ注入工法 ・表面保護工法	・断面修復材の凍結融解抵抗性 ・鉄筋の防錆処理 ・ひび割れ注入材の材質と施工法 ・表面被覆材の材質と厚さ
化学的侵食	・劣化したコンクリートの除去 ・有害化学物質の侵入抑制	・断面修復工法 ・表面保護工法	・断面修復材の材質 ・表面被覆材の材質と厚さ ・劣化コンクリートの除去程度
アルカリシリカ反応	・水分の供給抑制 ・内部水分の散逸促進 ・アルカリ供給抑制 ・膨張抑制 ・部材剛性の回復	・水処理工法 (止水・排水処理工法) ・ひび割れ注入工法 ・表面保護工法 ・巻立て工法	・ひび割れ注入材の材質と施工法 ・表面被覆材の材質と厚さ
疲労 (道路橋鉄筋コンクリート床版の場合)	・ひび割れ進展の抑制 ・部材剛性の回復 ・せん断耐荷力の回復	・水処理 (排水処理) ・床版防水工法 ・接着工法 ・増厚工法	・既存コンクリート部材との一体性
すり減り	・減少した断面の復旧 ・粗度係数の回復・改善	・断面修復工 ・表面処理	・断面修復材の材質 ・付着性 ・耐磨耗性 ・粗度係数

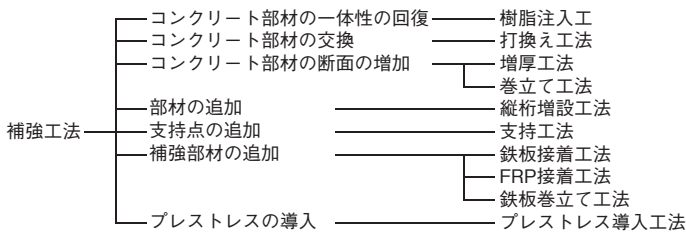


図3 各種補強工法とその分類

響）・美観・維持管理のしやすさ、などを考慮して選定することになる。土木学会では、「コンクリート構造物の補強指針（案）」(1999年9月)、「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針」(2000年7月)などがある。土木学会「コンクリート標準示方書〔維持管理

表2 安全性や使用性の力学的な性能の回復あるいは向上を目的とした工法の例と適用部材

適用対象	工法の概要	主な工法の例*1	適用部材					
			全般	はり	柱	スラブ	壁*2	支承
コンクリート部材	接着	接着工法		○	○	○	○	
	巻立て	巻立て工法			○			
	プレストレスの導入	外ケーブル工法	○	○	○			
	断面の増厚	増厚工法		○	○			
構造体	部材の交換	打換え工法		○	○	○	○	
	はり(桁)の増設	増厚工法		○		○		
	壁の増設	増厚工法					○	
	支持点の増設	増厚工法		○		○		
	免震化	免震工法	○					○

◎：実績が比較的多いもの、○：適用が可能と考えられるもの

*1：接着工法：鋼板接着工法、FRP接着工法（連続繊維シート接着工法、連続繊維板接着工法）

巻立て工法：鋼板巻立て工法、FRP巻立て工法（連続繊維シート巻立て工法、連続繊維板巻立て工法）、RC巻立て工法、モルタル吹付け工法、プレキャストパネル巻立て工法

プレストレス導入：外ケーブル工法、内ケーブル工法

増厚工法：上面増厚工法、下面増厚工法、下面吹付け工法

増設工法：はり(桁)増設工法、耐震壁増設工法、支持点増設工法

*2：壁式橋脚を含む

編]では、補強工法と適用部材の関係について、表2のような例が示されている。

5. アセット・マネジメント

老朽化や劣化の進み具合を予測し、維持・補修費が一時期に集中しないように費用の平準化を図り、限られた予算の中で、一定の安全性を保持しつつ、インフラ施設を効率的に維持管理していく必要がある。これを具体的且つ効率的に実施する枠組みとしてアセット・マネジメントの考え方が創生された。

アセット・マネジメントでは、予防保全を基本理念に置き、維持管理等の諸費用を総和する、いわゆる Life Cycle Cost (以下 LCC) を一つの道具として、効率的な保全計画を実現するものである。LCC を利用したマネジメントの基本は、「掛かる費用を最小にすることで効率化が達成される」という明快な考え方をベースとしており、この点を分かりやすく民間資本、社会資本を問わず有形資産を対象とした様々なマネジメントのツールとして利用されている。また、自然災害や突発的な事故や火災など、施設の供用期間といった長期の観点が必要とされる、いわゆる低頻度事象についても LCC が使われ、費用効率の高い対策工法選定に有用されている。

一方、公共事業費の制約的予算下での維持管理は、必ずしも LCC の最小化を目指すのではなく、制約的予算の中で最も効果的な維持管理を目指すことになる。この場合、制約的予算が必ずしも

適切でない場合、施設の性能は抑えられ、結果として安全性は犠牲にされる可能性がある。そこで、「一定の安全性能を維持しつつ適切な予算とは」といった難題と対峙しつつ、財政事情による制約的予算と安全性の関係について検討しなければならない。図4に示す保全計画の全体の流れは、道路を例に短期的な対応と中長期的な対応に区分し、施設保全の流れを示した図である。

まず、地震や風水害等の自然災害に対する安全性を検討する。そして災害時の道路機能の維持、あるいは許容できる道路機能の性能を勘案し、緊急対応が必要と判断される場合には、必要な耐雨・耐震対策を実施する。

中長期的には、外生的な要因による公益性や安全性などから、目標となる性能について具体的に設定する。例えば100年再現期間の豪雨時には、道路機能は1日程度停止してよい。あるいは、関東大震災規模の地震時には、道路機能は3日程度停止してもよいが、補完道路の利用や対面通行等の緊急対応により、一定程度の機能は維持できるようにする、などである。ここでは、公益財として機能しない期間を性能と捉えている。

そして、中長期的な性能が目標性能を満たすように、耐雨・耐震性能等の改善策を含めた保全計画の代替案を複数策定する。これらの案をベースに、目標性能を継続的に維持するための維持管理費用、いわゆる LCC を推計する。評価された複数案の LCC の中で、最小の案を選択し、制約予算と比較・検討した上で、十分(図中 OK で示す)であれば、中長期的な保全計画を実施する。

一方、不十分であれば、予算制約あるいは目標性能を再検討し、保全計画を再度検討することになる。

この保全計画の全体の流れの特徴は、目標性能と制約予算については、公益性や安全性、経済状況や財政事情などの外生要因に依存することを明確にした点にある。つまり、中長期的には外生要因の変化により、保全計画は柔軟な対応が求められることを示唆している。保全計画の策定は、基本的には制約的予算下での最適保全を目指すことになるが、目標性能も制約予算も変数として扱うことで、安全性と経済事情とを量りにかけることを想定していることである。これは、安全性を一定程度犠牲にすることで、より現実的な保全計画の策定を可能にするものである。

もう一つ見逃してならないことは、税金が正しく使われているのか、税の用途に対する透明性の確保である。

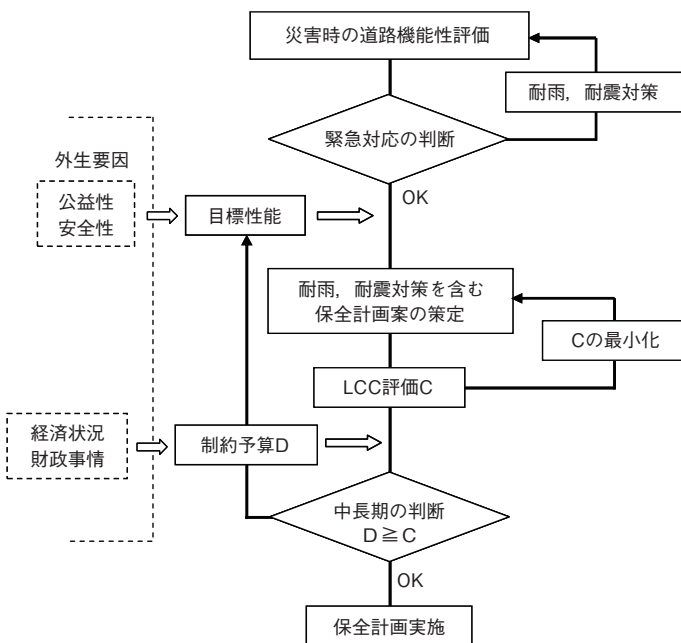


図4 保全計画の全体の流れ

国や地方自治体はこれまで、必要だから必要という上意下達のお考えの下に十分な説明責任を果たしてこなかった。このため、多くの納税者は公共投資に疑問を持ち、不信感すら抱いている。今後はインフラ施設の維持・補修に使った費用は妥当かどうか、ムダではないかを納税者に分かりやすく説明しなくてはならない。アセット・マネジメントに基づいて維持・補修費用の決定プロセスを科学的な根拠をもって明らかにすれば、説明責任を果たす一助になると考える。

この方針に従って、維持管理を行うために具体的な維持管理に関する行動指針を作成し、例えば、アセットマネジメントを導入する施設の運営や維持管理に関して、計画・実施・評価・改善といったそれぞれのプロセスにおける基準を作成する必要がある。その基準を作成する際には施設の維持管理の目標設定が重要で、施設単位（例えば道路など）、工種単位（例えば橋梁）、実施部位（例えば〇〇橋の支保部）などに階層的に分類される。維持管理目標の設定に際しては、施設管理者と施設利用者の二つの視点があるが、施設管理者は維持管理の目標設定を、工種や施設の物理的（フィジカル）な状態であるひび割れや劣化度とするが、施設利用者は施設の安全性や快適性などのサービスレベルの満足度などソフト面からの影響が大きく作用する。このように維持管理の目標設定に際しては、施設管理者と施設利用者の共通する視点に基づくよう試みると、施設管理者は維持管理における施設の性能や機能により評価することになり、施設の建設後の時間経過による性能低下のシナリオをどのように考えるかも重要である²⁾。

6. 維持管理のLCC

補修・補強技術に関しては、土木学会や日本建築学会、日本コンクリート工学協会において幾つかの基準や指針類が策定されている。公共施設の管理者では、国・JRやNEXCOおよび電力会社などを含め、多くの基準やマニュアル類が整備されている。今後は、これまでに開発された多くの補修・補強工法に関して、個別の技術やその組み合わせについての評価技術や効果の予測技術などが求められるものと考えられる。

さらに、公共インフラは、構造物の老朽化やその耐震補強化によって、所要の要求性能を満足するために維持管理費用が増大するので、如何にその増大する維持管理コストを低減するかが重要な課題となる。そのためには維持管理に際して、先に述べたアセットマネジメントの手法に基づいて、最適なりスクを考慮した構造物の維持管理シナリオを策定し、LCCを用いて多くの補修補強の維持管理の代替案を提示し、評価する手法が必要と

なる。

一般に、維持管理費にコストをかければかけるほど、何らかの損失が生じる可能性（リスク）は小さくなる。従って、構造物の供用期間中のトータルコスト（LCC）を維持管理費（a）と損失期待値（b）の和として以下のように表すことができる。

$$LCC = C_i + C_d + C_m + C_f + \sum_j^n P_j \times C_{jR}$$

ここで、

C_i ：初期建設費用

C_d ：運営費用

C_m ：維持管理費用

C_f ：解体撤去費用

P_j ：j番目のリスク事象の発生確率

C_{jR} ：j番目のリスク事象の発生時の損失

n：リスク事象の種類

これを用いて複数の維持管理シナリオごとのコストとリスクを算定すると、初期建設費用が同じ場合には、図5のような関係が示される。

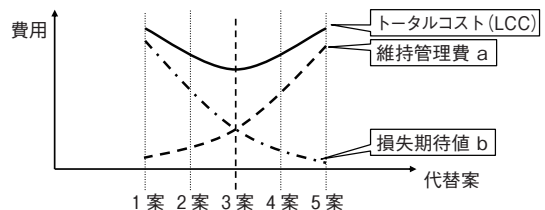


図5 LCCを用いた代替案の評価

1案は維持管理費（a）が最小であるが損失期待値（b）は大きく維持管理におけるリスクを伴うもの、5案は維持管理（a）に巨費を投じるが損失期待値（b）は小さく維持管理におけるリスクを極力削減しようとするものである。

維持管理のコストを最適化することを目的とすると、これらはどちらも好ましいものでなく、3案が最も合理的な維持管理シナリオとして選定されることになる。このように、維持管理に際して、従来の事後保全型とは異なる予防保全型の対応を図り、維持管理にLCCを用いたコスト比較を可能にできるようマネジメントすることが重要で、要素技術としての補修・補強技術とそのコストおよび効果の評価の明確な位置付けが検討される必要があると考えられる。

7. 具体的な対策工法の選定

(1) 構造物の健全度の区分

橋梁を例に、点検結果を基に橋梁の各部材を、表3に示すように次の三つに健全度を区分して分類することが出来る。

①修繕が当面不要（健全度区分Ⅰ）

②予防的な修繕が必要（健全度区分Ⅱ）

表3 健全度区分ごとの損傷パターン

損傷パターン	内 容	
健全度Ⅱ	Ⅱ-①	板厚減少が認められないが、広範囲にわたり錆が発生している状態
	Ⅱ-②	桁端部に局所的に錆が発生し、板厚減少が認められる状態
	Ⅱ-③	支承全体に錆が生じているが、著しい断面欠損までは至っていない状態
	Ⅱ-④	RC床版に荷方向ひび割れのある状態
	Ⅱ-⑤	凍害により躯体が剥離・鉄筋露出している状態
	Ⅱ-⑥	舗装に広範囲にわたる亀甲状のひび割れが発生している状態
	Ⅱ-⑦	目地材の破断や劣化、伸縮装置本体の腐食が著しい状態
	Ⅱ-⑧	構造上問題とならない損傷で、桁下に道路・線路等がない場合 (第三者被害に発展する可能性が低い損傷)
	Ⅱ-⑨	構造上問題とならない損傷で、桁下に道路・線路等がある場合 (第三者被害に発展する可能性が高い損傷)
Ⅱ-その他	上記に該当しない損傷	
健全度Ⅲ	Ⅲ-①	桁全体に板厚減少を伴う著しい錆が広範囲に発生している状態
	Ⅲ-②	主部材の接合部で5%以上のボルトの脱落が確認できる状態、遅れ破壊により第三者被害が懸念される状態
	Ⅲ-③	主桁の連結板、横桁や補剛材等の溶接部に亀裂が生じている状態 (簿材の腹板や下部工梁部腹板の亀裂以外)
	Ⅲ-④	支承全体に板厚減少を伴う著しい錆が発生し、支承の機能障害が生じている状態
	Ⅲ-⑤	支承本体の圧壊、割れにより支持機能が果たせない状態
	Ⅲ-⑥	RC床版に、幅0.2mm以上の格子状のひび割れが密集しており、著しい漏水・遊離石灰を併発している状態、 コンクリート片の落下により第三者被害が懸念される状態
	Ⅲ-⑦	構造安全性を損なう著しいひび割れがある状態
		・PC桁のシース・PC鋼材に沿った漏水・遊離石灰混じりのひび割れ ・掛け違い(ゲルバー)部に構造安全性を損なう著しいひび割れがある場合 ・桁端部に斜めひび割れが発生している状態 ・浮き、剥離が生じており第三者被害が懸念される状態 等
	Ⅲ-⑧	侵食等による下部工の著しい剥離・鉄筋露出
	Ⅲ-⑨	下部工の張り出し部の付け根や広範囲に及ぶひび割れ
	Ⅲ-⑩	沓座モルタルが欠損し、支承の浮き、沈下・移動・傾斜が生じている状態
Ⅲ-⑪	防護柵支柱基部の破断や伸縮装置の段差が大きく事故を誘発する可能性が高い状態	
Ⅲ-その他	上記に該当しない損傷	

③早期に修繕が必要(健全度区分Ⅲ)

(2) 構造物の健全度の区分ごとに損傷パターンを設定

例えば、橋梁の点検時の損傷評価(損傷等級)と損傷評価のルールを決め、点検時の損傷の評価は、損傷の種類ごとに損傷評価を行う。損傷評価の記録は、橋梁の点検時に橋梁を構成する部材単位(例えば、主桁や横桁など)で行い、部材全体に広がりのある損傷に対しては、損傷等級の発生割合を10%単位で橋梁の径間ごとに行う。

修繕が当面不要な健全度区分Ⅰを除く、表3に示すように健全度区分Ⅱおよび健全度区分Ⅲに該当する損傷のパターンを、それぞれ健全度区分Ⅱでは①～⑨とその他に分類し、健全度区分Ⅲでは①～⑪とその他に分類する。

(3) 損傷のパターンごとに対策工法を設定

表4に示すように、健全度区分Ⅰでは予防保全対策としてジョイントの伸縮装置の非排水化や床版防水などの対策を設定し、健全度区分Ⅱおよび健全度区分Ⅲでは、それぞれの損傷パターンごとの分類に併せて対策工法を設定する。

(4) 対策工法の設定に関する留意事項

損傷パターンごとに分類した対策工法の設定は、一つの目安と考えることに留意する。

実際の補修では、部分的な足場や目視などの調査・診断結果に基づいて、構造物の補修を計画(補修工法・補修数量)されることが多く、補修工事の際に全足場を用いて補修数量を確認すると、例えば、断面修復工法などでは当初のはつりの計画数量よりも、躯体のはつりを実施するとはつりの実数量が多くなるのが一般的である。同時に、当初の補修計画の工法を断面修復の数量の増や、コンクリート躯体の状況によって、変更する機会が多い。このように、補修工事では設計変更(工法の変更・工期の変更・工事数量の増減)の対象となる事例が多いのが一般的である。

(5) 対策の実施に際する優先順位

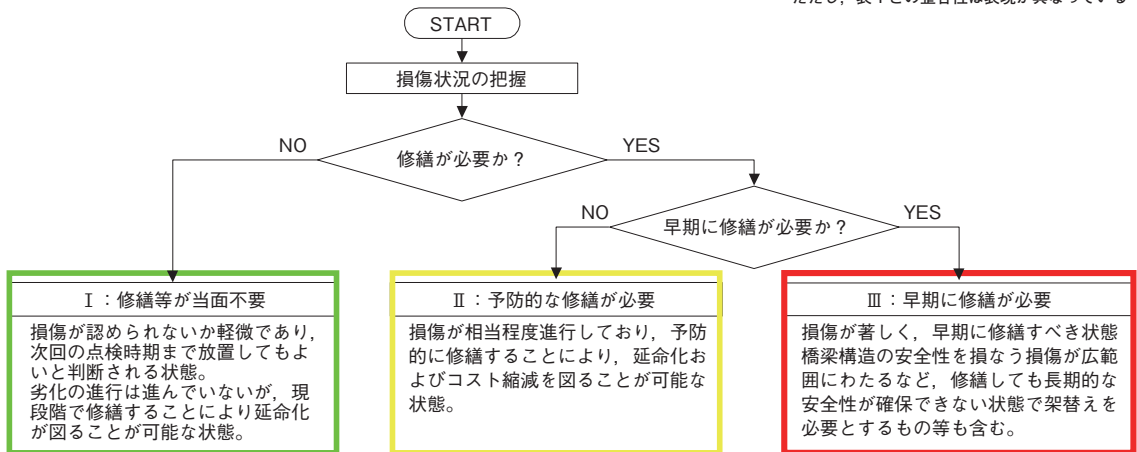
修繕の優先順位は、①健全度区分Ⅲ、②健全度区分Ⅱ、③健全度区分Ⅰ、の順に行うが、健全度区分ごとに図6に示すように順位付けを行う。この前提条件は、維持管理予算が潤沢でないことから、対策の実施に際しては優先順位を付けて行うことになる。

図7に示されるように、損傷度が一番大きな番号は健全度区分Ⅲで構造的に重要な部材をまず優先として、橋梁の各部材を①～⑪に分類した。

表 4 健全度区分ごとの損傷パターンに対応した対策工法

損傷パターン		内 容	対象部材	対策 (予防保全)	対策 (事後保全)
健全度 I	I	損傷が軽微または確認されない状態	伸縮装置	伸縮装置の非排水化	-
			床版	床版防水	
健全度 II	II-①	板厚減少が認められないが、広範囲にわたりに錆が発生している状態	主構	塗装塗替え	塗装塗替え
	II-②	桁端部に局所的に錆が発生し、板厚減少が認められる状態	主構	桁端部塗装	当て板補強
	II-③	支承全体に錆が生じているが、著しい断面欠損までは至っていない状態	支承本体	金属溶射	取替え
	II-④	RC 床版に二方向ひび割れのある状態	床版	ひび割れ注入+炭素繊維シート接着	床版打換え
	II-⑤	凍害により躯体が剥離・鉄筋露出している状態	躯体	断面修復	断面修復
	II-⑥	舗装に広範囲にわたる亀甲状のひび割れが発生している状態	舗装	打替え	打替え
	II-⑦	目地材の破断や劣化、伸縮装置本体の腐食が著しい状態	伸縮装置	取替え	取替え
	II-⑧	構造上問題とならない損傷で、桁下に道路・線路等がない場合 (第三者被害に発展する可能性が低い損傷)	高欄・防護柵	塗装塗替え	改良
	II-⑨	構造上問題とならない損傷で、桁下に道路・線路等がある場合 (第三者被害に発展する可能性が高い損傷)	高欄・防護柵	改良	改良
	II-その他	上記に該当しない損傷	全部材	個別検討	個別検討
健全度 III	III-①	桁全体に板厚減少を伴う著しい錆が広範囲に発生している状態	主構	当て板補強	部材取替え
	III-②	主部材の接合部で5%以上のボルトの脱落が確認できる状態、遅れ破壊により第三者被害が懸念される状態	主構	緩み止め機構付きボルトへの取替え	緩み止め機構付きボルトへの取替え
	III-③	主桁の連結板、横桁や補剛材等の溶接部に亀裂が生じている状態 (薄材の腹板や下部工梁部腹板の亀裂以外)	床版・主構以外	溶接補修	当て板補強
	III-④	支承全体に板厚減少を伴う著しい錆が発生し、支承の機能障害が生じている状態	支承本体	取替え	取替え
	III-⑤	支承本体の圧壊、割れにより支持機能が果たせない状態	支承本体	取替え	取替え
	III-⑥	RC 床版に、幅0.2mm以上の格子状のひび割れが密集しており、著しい漏水・遊離石灰を併発している状態、コンクリート片の落下により第三者被害が懸念される状態	床版	床版打換え	床版打換え
	III-⑦	構造安全性を損なう著しいひび割れがある状態 ・PC 桁のシーズ・PC 鋼材に沿った漏水・遊離石灰混じりのひび割れ ・掛け違い(ゲルバー)部に構造安全性を損なう著しいひび割れがある場合 ・桁端部に斜めひび割れが発生している状態 ・浮き、剥離が生じており第三者被害が懸念される状態 等	主構	断面修復	断面修復
	III-⑧	侵食等による下部工の著しい剥離・鉄筋露出	躯体	断面修復+ひび割れ注入	断面修復+ひび割れ注入
	III-⑨	下部工の張り出し部の付け根や広範囲に及ぶひび割れ	躯体	断面修復+表面被覆	断面修復+表面被覆
	III-⑩	沓座モルタルが欠損し、支承の浮き、沈下・移動・傾斜が生じている状態	沓座	モルタル打替え	モルタル打替え
	III-⑪	防護柵支柱基部の破断や伸縮装置の段差が大きき事故を誘発する可能性が高い状態	高欄・防護柵	取替え	取替え
			伸縮装置		
	III-その他	上記に該当しない損傷	全部材	個別検討	個別検討

ただし、表 1 との整合性は表現が異なっている



ここで、修繕とは補修・補強などを指す

図 6 健全度の区分付け

次に、表 5 に示す道路の重要な機能として交通ネットワークの確保の重要性から、①県や市町村などの自治体の骨格となる広域的なもの、②高速交通体系の拠点へのアクセス、③生活圏として連携強化を図るもの、④他市町村などとの連携強化するもの、⑤物流や企業活動を支援するもの、⑥

地域の観光産業の振興を支援するもの、⑦地域の主要な集落とのサービス向上を支援するもの、⑧交通量の利用度の割合、などによって対策工法の実施の順番を限られた予算を有効にするため、付けることになる。この対策の実施の優先順位の設定の利害がネットワークを図るそれぞれの地域に

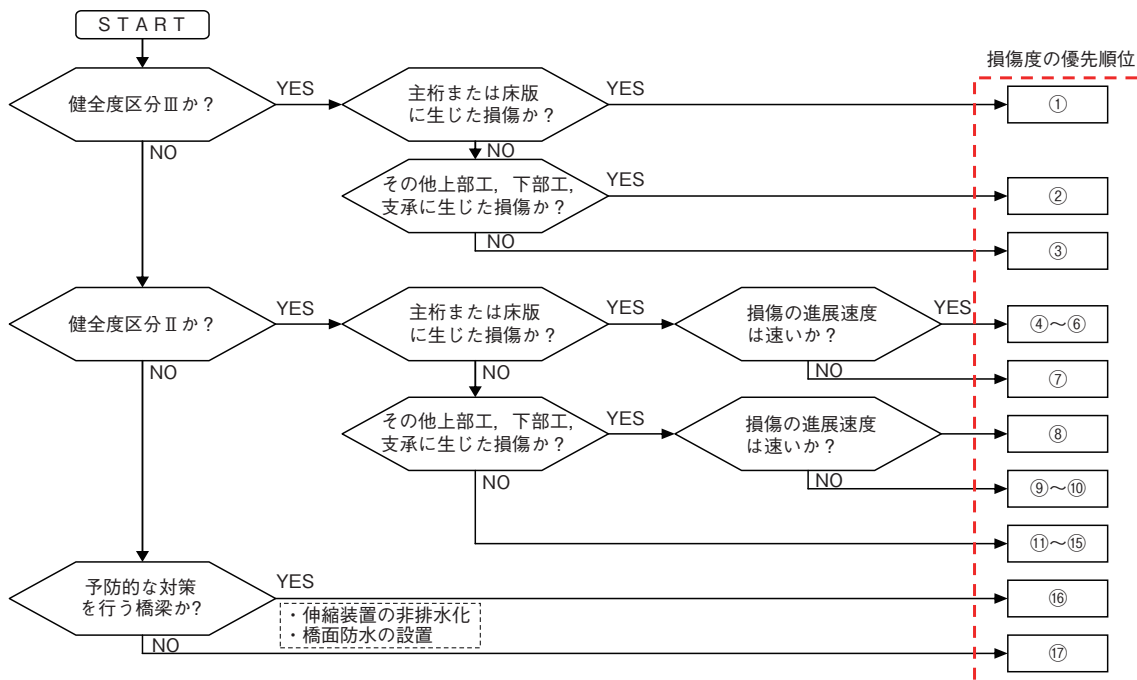


図7 損傷度の優先順位

表5 ○○管理道としての機能とネットワークへの確保

○○管理道として重要な機能	ネットワークへの展開
■ A-1：県都○○市を中心とした県土の骨格となる広域的な主軸	
①県都○○市と二次生活圏中心都市を結ぶ	中心都市 (旧) 役場間
②隣接する二次生活圏の中心都市を結ぶ	中心都市 (旧) 役場間
■ A-2：高速交通体系の拠点へのアクセス	
①高速交通体系の拠点と広域的な主軸を担う道路とを結ぶ	高速拠点と A-1の道路を結ぶ
■ A-3：二次生活圏内の連携強化	
①二次生活圏中心と生活圏内各 (旧) 市町村とを結ぶ	(旧) 役場間
■ A-4：市町村間の連携強化	
①隣接する (旧) 市町村中心を連絡する	(旧) 役場間
②合併した (旧) 市町村中心を連絡する	(旧) 役場間
■ B-1：物流・企業活動を支援する	
①物流拠点へのアクセス	物流拠点と A-1の道路を結ぶ
■ B-2：地域資源として観光産業の振興を支援する	
①観光流動を支援する	観光流動1,000人以上のルートを選定
■ C-1：主要都市のサービス向上を支援する	
①県都○○市の市街放射環状軸を形成する	放射環状の都市形成軸を選定
②高度医療施設へのアクセス	三次医療施設と A-1の道路を結ぶ
③主要駅へのアクセス	主要駅と A-1の道路を結ぶ
■量的基準の適用	
将来交通量が1,500台/日以上が見込まれる道路	区間将来交通量1,500台/日以上を対象

よって相反することもあり、優先順位の設定に際しては、地域住民に対して、透明性と説明責任をもって行うことが重要である。地域によっては、限界集落³⁾や孤立可能性集落³⁾などの課題もあり、交通ネットワークを如何に確保するかが、その集落の存続を決定することにもなり、対策の優先順位の決定は極めて重要な事項である⁴⁾。

(6) 維持管理予算額の算定

管理施設の維持管理予算額の算定を行うには、維持管理予算制約下において、維持管理の年度別の予測を行うための維持管理シナリオを設定する

ことが重要である。維持管理シナリオとしては、幾つかのシナリオを想定できるが、以下のような二つのケースを想定することができる。

① CASE 1は、橋梁の健全度が低下しないために必要な予算を確保する。

② CASE 2は、健全度Ⅲおよび健全度Ⅱの橋梁が、架け替えをしないで供用するために必要な予算を確保する。

この場合には、健全度Ⅱの橋梁が、健全度Ⅲに管理ランクが低下することは予算の関係から許容する。

これらのCASE 1およびCASE 2では、維持管理予算を平準化し、維持管理予算の削減を行うシナリオを設定することが重要である。

8. NPOの活動内容

(1) NPOの事業およびその他事業

NPO「社会資本アセットマネジメントコンソーシアム (AMCI)」の事業は表6に示すように、

表6 特定非営利活動法人（NPO）社会資本アセットマネジメントコンソーシアム AMCI の事業内容

事業	主な内容
(1) 特定非営利活動に係る事業	
公共事業者にアセットマネジメントに関わる企画提案を行う事業	「長寿命化修繕計画書」の作成業務の支援や受託等
アセットマネジメントに関する仕様書、ガイドライン等の作成支援	分かりやすい保全点検マニュアル等の作成業務の支援や受託
アセットマネジメントの実用化システムのプログラム開発支援	橋梁台帳の電子化業務の支援や受託等
本会の目的と同種の事業活動を行う地方の特定非営利活動法人の設立と活動を支援する事業	市町村を含む全国の地方自治体への支援
アセットマネジメントに関する教育・セミナー等の教育事業	技術者の育成、技術力の向上のための教材開発や教育の支援
(2) その他の事業	
企業内研修、技術支援等の人材派遣・コンサルティング事業	さまざまな公益に資する企画・事業等の支援や受託

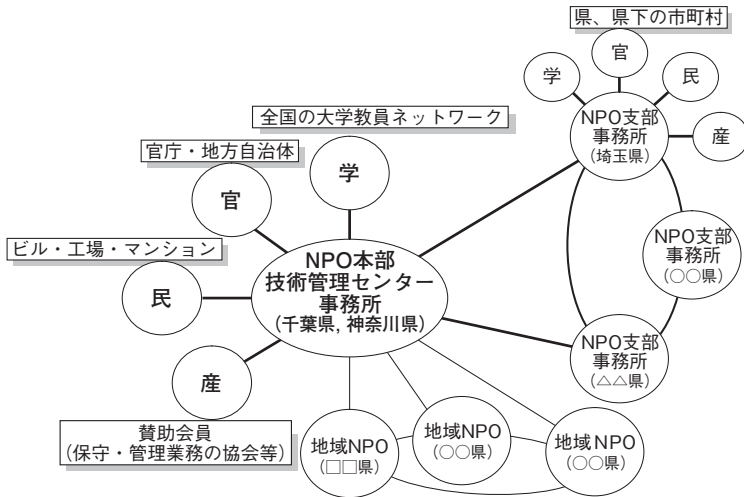


図8 AMCIのネットワーク

①特定非営利活動に関わる事業、その他の事業を実施する予定としている。この内、構造物の分かりやすい保全点検マニュアル等の作成業務の支援や受託およびアセットマネジメントに関する教育・セミナーなどの技術者の育成などの内容に関しては、その2で紹介した。図8に示すように、全国の大学教員および専門家のネットワークを活用して、産・官・学・民が、協働して社会インフラの維持管理を行う上での問題の解決を図ろうとするものである。NPOの事業計画を表7に、自治体職

表7 平成22年の事業計画

事業名（定款）	具体的な事業内容
非営利事業	
①公共事業者にアセットマネジメントに関わる企画提案を行う事業	社会資本のアセットマネジメントの理論を確立し、地方自治体に対して企画提案を行う。
②アセットマネジメントに関する仕様書、ガイドライン等の作成支援	自治体がアセットマネジメント業務執行に必要なコンクリート構造物の保安全管理、維持補修技術に関する仕様書、ガイドライン等の執筆作業を支援する。
③アセットマネジメントの実用化システムのプログラム開発支援	アセットマネジメントの実用化のためのシステム開発を支援する。
④本会の目的と同種の事業活動を行う地方の特定非営利活動法人の設立と活動を支援する事業	地方においてもアセットマネジメントが円滑に執行できるように、地方拠点にNPOを設立できるよう、組織作り、自治体との折衝活動を行う。
⑤アセットマネジメントに関する教育・セミナー等の教育事業	構造物の補修技術、コンクリート工学に関する技術指導、教育を公共事業者や施工業者に対して行う。
その他の事業	
①企業内研修、技術支援等の人材派遣・コンサルティング事業	中小企業などの企業内教育に手が廻らない企業に対して、一貫した人材教育プログラムを提案、実施し、教育を支援していく事業。

表8 計画中の研修会（一部はすでに実施済み）

自治体職員向け研修会内容

講座名称	目的	主な内容
(Ⅰ) 長寿命化修繕計画の準備	計画書作成のための橋梁点検作業の方法について解説する	1. 計画書作成手順 2. 現況把握のための点検作業 3. 点検結果のまとめかた
(Ⅱ) 維持補修技術講座	コンクリートの劣化現象と補修方法の技術的理解を高める	1. 橋梁の種類と部位の名称 2. コンクリートの特性 3. 劣化のメカニズム 4. 劣化の判定 5. 補修方法 6. 道路台帳の電子化方法
(Ⅲ) 長寿命化修繕計画書作成	長寿命化修繕計画書の作成方法	1. 保全点検簿の作成 2. 劣化度判定 3. 補修計画 ・優先順位、修繕費用平準化、費用算出方法 ・道路の重要度と点検頻度 ・道路の重要度と劣化、維持補修判定 4. 点検実施要領 5. 計画の見直し

員向けの研修内容を表8に示す。

(2) 活動に際して最も大きな課題

NPOを継続的に運営していく上での、運転資金の継続的な確保が大きな課題である。社会インフラの維持管理に行う上で、技術者が確保されていない組織体制に課題のある地方自治体のなかでも、市町村の構造物の調査・診断から長寿命化修繕計画の作成を如何に支援するかが課題であるが、従来より県などの外郭団体への委託が一般に行われており、NPO「社会資本アセットマネジメントコンソーシアム（AMCI）」の活動が堵に付いたばかりで広く認知されていないことなどと併せ、埼玉県との協働事業による埼玉県内の市町村の支援事業が初めての事例である。

また、NPOの活動を活発にするために、会員や賛助会員を募集し、調査診断予測技術の紹介や補修・補強技術の紹介なども行い、維持管理に携わるインハウスエンジニアを含めた技術者への技術的啓蒙を、NPOに属する専門家集団が継続的に実施するよう組織体制を整備しているところである。

9. まとめ

公共事業費が減少を続ける中で、既存の社会インフラの維持修繕と更新に対する需要の高まりを、どのように対処するのかといった国民的な合意形成は不十分であると考えられる。

現在の公共事業費の水準が今後も続くとして仮定すると、社会インフラのストックは、2020年代半ばをピークに減少に転じることになる。これは、新設や更新などの今後必要となる公共事業費を確保することが困難になるためである。

国や地方公共団体において、維持管理においてアセットマネジメントの導入が本格的に進んだとしても、それによって維持管理コストの縮減効果が実際にどの程度になるかは未知数である。既存の道路に代表される社会インフラを適切に維持管理し、更新して行くことは不可能な社会状況になり得る。例えば、限界集落や孤立可能性集落をどのように維持するのかの課題も山積する中で、人口の減少や利用者の減少に対応した社会インフラの間引きや破棄なども必要となる⁵⁾。また、社会インフラのメリハリを付けた維持管理を実施する必要があると考えられる^{6) 7)}。

少子高齢化による社会保障費の伸びと税収の落ち込みにより、公共事業費への財政余力はますます無くなるが、社会インフラのストックが維持できなくなり、社会インフラのサービス水準が低下すれば、将来の世代は社会の受益をさらに奪われることになり、現在の世代との間の受益と負担の

格差がますます顕著に広がることになる。⁸⁾

しかし、極めて厳しい財政下においては、今後とも公共事業費が大きく増加することは考えにくい。今後は、公共インフラの設計からその廃棄までのライフサイクルが最小となるような整備が求められるとともに、人口減少や成熟化社会に向けての社会インフラのダウンサイジングが求められ、必要な公共事業として、維持管理がますます重要になる。そのためには、我が国の人口減少に対応した公共事業としての、維持管理の戦略的シナリオを明確に示した上で、国民に対してその必要性を、説明責任と透明性をもって、「必要な公共事業を着実に実施する英断を図る」ことの合意形成を図らなければならない。

そのなかで、社会インフラの維持管理の課題が多いとされる市町村の維持管理を、NPO「社会資本アセットマネジメントコンソーシアム（AMCI）」は着実に実施出来る体制を構築し、積極的な「維持管理技術やアセットマネジメントに対する情報発信」と「補修補強技術に関する産官学の交流の場」を提供できるよう活動をしていきたいと切望する。

建設物価の2010年12月号「その1」と2011年2月号「その2」と本稿を併せて、3連載でNPO「社会資本アセットマネジメントコンソーシアム（AMCI）」の活動紹介をさせて頂いた。

これらの報文が「市町村の維持管理の現状と課題」を把握する上で読者の参考になれば、筆者らとしてはこの上のない喜びである。また、このような有益な機会を提供して頂いた、建設物価の編集部の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 牛島 栄：セメント新聞社：コンクリート構造物の維持管理特集、公共施設の維持管理の現状と課題、2010年2月22日
- 2) 牛島 栄：構造物の維持管理におけるアセットマネジメントの具体的な方策（そのセメントコンクリート、No.734、Apr.2008、PP63-69）
- 3) 国土交通省、過疎地域における集落の状況に関するアンケート調査結果（平成19年1月）
- 4) 国土交通省、国土形成計画策定のための集落の状況に関する現況把握調査（平成19年8月）
- 5) 野村総合研究所、「2010年の日本」東洋経済新報、225年、pp118-121
- 6) 小林潔司、「社会資本整備の将来像」、日経コンストラクション、392号、2006.1.27、p57
- 7) 社会整備審議会・交通政策審議会計画部会基本問題委員会、「次期社会資本整備重点計画などに向けた意見の整理」（資料2）、p2
- 8) 牛島 栄：人口減少社会における公共事業の現状と課題、建設物価、2011年1月号、記事 pp35-45