

社会資本アセットマネジメント（鋼橋）

藤澤 伸光, 穴見 健吾

1. 研究概要

本COE「社会マネジメント・システム」では社会資本／社会基盤施設（インフラ）のアセットマネジメントシステムの構築を研究の大きな柱としている。インフラのアセットマネジメントシステムを構築するためには、インフラ、もしくはそのネットワークのLife time simulationの構築が不可避である。このLife time simulationと費用対効果の将来を含めた分析から、有効で効率的な予算配分を含めたマネジメント（Decision making）が可能となる。図-1に、現在構想として持っているアセットマネジメントの流れ、及びそれに向けて、COE 初年度として活動を開始している研究

テーマを示している。図に示すように、アセットマネジメントシステムの構築の為に、ソフト・ハード両面の様々な成果を統合する必要があり、各論の研究を進めるとともに、全体フローの充実や改善などを目的として、高知県内道路網のアセットマネジメントシステムの構築をケーススタディーとして開始している。ここでは、鋼橋を対象として、社会資本のアセットマネジメントシステムの構築の前提になるLife time simulationへの取組みと、アセットマネジメントへの構想を述べる。

2. 鋼橋のLife Time Simulationに向けて

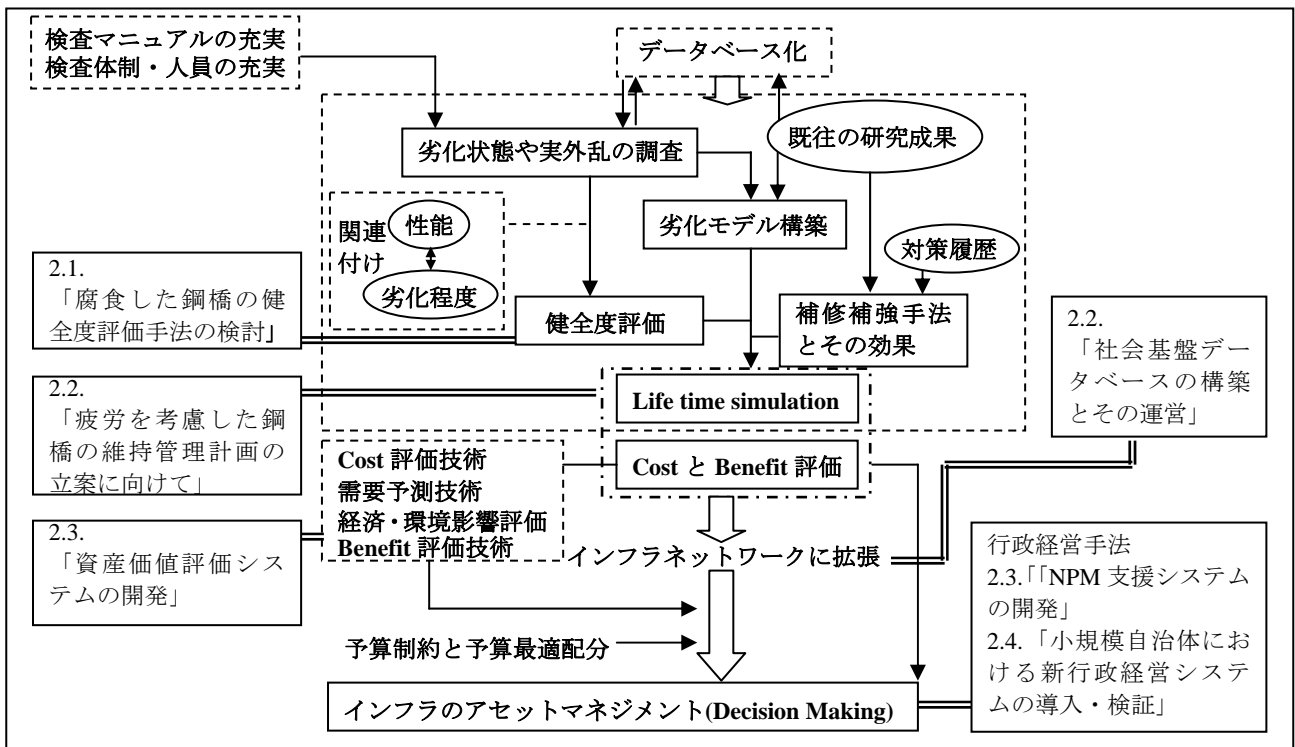


図-1 インフラのアセットマネジメントシステム（鋼橋）

この構造物の Life time simulation は、

- ① 構造物の現有性能及び健全度の把握
- ② 外乱（外力・環境因子）の把握
- ③ 劣化モデルの構築
- ④ 劣化現象と構造物の性能低下の関係の把握
- ⑤ 維持管理（補修・補強）手法とその効果の把握（モデル化）

といった観点を消化して始めて可能となる。

鋼部材の供用期間中に生じる性能低下の原因は「腐食」と「疲労」である。若干古いデータではあるが、昭和 52 年から 61 年の間に上部工の損傷・劣化が原因で取替えられた鋼橋梁の、その取替え原因は「鋼材の腐食」が 51%であり、「床版の損傷」が 48%である[1]が、そこから鋼材の腐食が橋梁の安全性に与える影響が大きいことが分かる。また、疲労については、近年話題となっているが、高度経済成長期に膨大な量建設された鋼橋が、供用開始後 30～40 年以上経ち、平成 14 年度道路橋示方書改訂まで疲労設計を義務付けていなかったことも併せて、今後更に疲労損傷が顕在化することが懸念されている。

本 COE の中でも、「腐食した鋼橋の健全度評価手法の検討」や「疲労を考慮した鋼橋の維持管理計画の立案に向けて」について検討を行っている。

前者では、鋼桁の腐食量を把握し、その腐食量から部材及び橋梁全体としての耐荷力を判断し、橋梁に作用する実外乱（実荷重）から橋梁の健全度を判断できるシステムを構築する。また、これに劣化予測、及び外乱の予測（交通需要予測など）を組合せることにより橋梁の健全度の Life time simulation を可能としようとする技術を構築することも目的の一つである。

後者で対象とする「疲労」は、亀裂がある程度進行するまでは鋼橋の耐荷力には殆ど影響せず、地震などの突発的な外力の作用時、または、亀裂がかなり進展した後に脆性的な疲労破壊を起こし、部材として、または橋梁として破壊を引き起こすことが知られている。この疲労の進展挙動を確率現象として捉え、点検・補修・補強を含め、

Life time の中でどのように維持管理を行っていかれば良いかという考え方を構築しようというものであり、対象を「疲労」ではなく、「腐食」とした場合でも、劣化進展挙動や橋梁への影響を評価できれば、適用は可能である。従って、この 2 つの研究を統合することで、鋼橋梁の Life time simulation が可能となると考えている。

一方、両研究の一つの Key となる点が、現在の劣化状況の把握と、劣化予測である。現在の劣化状況の把握に関しては、個々の橋梁、もしくは橋梁ネットワークの中の代表的な橋梁に対して実際に点検・検査を行う必要がある。劣化予測に関しては、「腐食」「疲労」現象ともに、これまで多くの研究が行われてきており、「腐食」の場合では、使用鋼材（特にその化学成分）及び環境因子、塗装の種類など、「疲労」の場合では、作用応力範囲とその回数が分かれば、ある程度の精度で予測が可能である。しかしながら、未だ不確実性を多く含み、実際に劣化進行の観察、及びデータベース化などから、劣化予測をより高精度にしていける必要がある。

この点検作業を目的として、本研究では、以下のような点検装置を購入した。また、これら購入装置の機能を表-1 にまとめる。

（1） 橋梁検査装置 KAMEN CHECKER

本報告書 2.3. 「構造物の検査装置の開発」にも述べたように、検査足場の敷設の必要がなく、また、大規模重機などを用いずに、橋梁路面から鋼桁や床版裏の点検を可能とする装置である。

（2） マイクロスコープ

鋼橋梁の最外桁の腐食状況の観察、部材の交差部や閉断面内など検査の困難な部位の点検、更には実験室ベースでの腐食状況の観察を目的として、マイクロスコープを購入した。カメラ部と本体部の間のケーブルが 5m 有り、橋梁路面からの桁の観察が可能である。また、ファイバースコープなどを組み合わせアプローチの困難な部位の点検が可能であり、またより高倍率のカメラレンズと組合せることにより実験室ベースでのより詳

細な劣化進行過程の観察が可能である。

(3) レーザー変位計

腐食による鋼材の減厚量の測定に用いる。腐食による耐荷力の低下は、鋼材の腐食による減厚によるため、その鋼桁の腐食状況を **KAMEN CHECKER** や、マイクロスコープで観察した後、購入したレーザー変位計や現有する超音波板厚計などを用いて、その減厚量及びその分布を測定し、部材及び橋梁の耐荷力評価に用いる。また今回購入したレーザー変位計は、走査機能を有しており、連続的な鋼材の減厚量分布を測定できるところに大きな特徴がある。

(コンクリート床版の損傷・劣化に対しては、購入機器による外面調査を行い、必要があればコンクリートの劣化状況を把握するために購入した鉄筋探査機及び鉄筋腐食検査機を活用して詳細な点検も行える体制を整えている)

これらの検査装置と現有する検査装置を組合せ、様々な鋼橋梁の劣化状況の把握及びそのデータ蓄積を試みる。この劣化状況の把握による現有能力評価手法と、データ蓄積による劣化予測の更なる高精度化により、鋼橋の **Life time** 全体に渡る性能(健全度)の変化、すなわち **simulation** が可能になると考えられる。

一方、橋梁などの検査を行い、また、その結果



を評価するためには、検査手法や時期などを明記したマニュアル作り、また検査やその結果を評価できる人員の育成、及び専門家による支援体制の構築、データベースの公開や例えばエキスパートシステムの構築などの支援体制の充実など、検査及び評価をシステムとして行う体制の充実が重要である。本研究では、この観点からも、高知県内道路網のアセットマネジメントシステムの構築をケーススタディーとして、高知県等と協働して研究を行っている。

3. 鋼橋の **Asset Management** に向けて

2章で論じた、鋼橋の **Life time simulation** は、これまで所謂ハードと呼ばれてきた研究分野の活用であるが、図-1に示したように、鋼橋のみならず社会基盤施設のアセットマネジメントシステムの目的は、様々な観点から構造物の **Life time simulation** を組合せ、社会資本の管理者として、社会資本の所有者である国民に最も有益な解(管理者として行うべき **Action**)を提案していくシステムを構築することにある。

図-1を参考にすると、社会資本(特に鋼橋)のアセットマネジメントシステム構築の流れは以下のように考えることができる。

表-1 鋼構造物(鋼橋)のアセットマネジメントシステム構築に向けて購入した装置

KAMEN CHECKER	マイクロスコープ	レーザー変位計と走査装置
<p>川田工業株式会社製 対象橋梁 橋梁幅員：10m以下 高欄等防護柵高さ：1.2m以下 カメラ：路面から遠隔操作可 光学10倍 Digital40倍 カメラ視野：360度回転 上方180度、下方45度 組立・解体：30分程度 組立後本体幅：700mm/1530mm 画像：静止画・動画遠隔取得</p> <p>(写真は本報告書 2.2 参照)</p>	<p>株式会社キーエンス製 VHX200 画像：1800万画素・静止画・動画 種々の長さ測定機能(3D) カメラと本体間ケーブル5m 現有レンズ：0~40倍レンズ より高倍率レンズや、ファイバースコープの取付可能</p>  <p>本体 Zoom レンズ</p>	<p>株式会社キーエンス製他 変位計：LK-080 測定距離±15mm 分解能3μm 走査システム：プログラム式走査台 (SUS株式会社製) コントローラと走査台距離5m</p>  <p>走査台 レーザー変位計</p>

- (0) 現有健全度の把握と健全度低下予測の高精度化：ここには、ソフト的には現有健全度を評価するための構造物の点検マニュアルの構築、検査員、評価員等の人材育成、ハード面では点検結果からの健全度評価技術、点検結果からの劣化予測技術などが含まれる。
- (1) 補修・補強など維持管理効果の定量化：劣化メカニズム、劣化部位、劣化程度に応じた補修・補強方法の効果、特に現有性能（耐荷力など）をどの程度回復、もしくは向上させることができるか、といった効果の定量的な把握、及び補修・補強後の性能低下予測が必要となる。特に、鋼橋の場合、腐食及び疲労による損傷では、部材交換などの大規模改修や腐食部の塗装塗替えといった初期段階に戻す対策だけではなく、例えば添接板の取付けなどといった小規模の対策が採用されることもあり、それによりどの程度性能が回復するか、また回復した後どのような過程で再び劣化が生じていくかという点を評価することは非常に難しい。しかしながら、補修・補強といった対策を組合せ、より長い **Life time simulation** を行う為には必要な情報である。そのため、過去に行われた補修・補強対策及びその事後経過の情報を収集し、データベース化し、維持管理効果の定量化を試みる。
- (2) **COST/Benefit** データの収集：(0)及び(1)が可能であれば、構造物の **Life time simulation** が現実的に可能となる。しかし、構造物を国民の資産として、より有効かつ効率的に運用していくためには、構造物の建設、運用にかかる直接的、及び間接的なコスト評価や、様々な **Action** により生じる環境へのインパクト、経済活動、国民生活へのインパクトを評価する技術の構築が不可欠である。本研究では、2.3「資産価値評価システムの開発」などの各論の研究や、事例収集、これまで様々な分野で行われている研究成果を統合し、**COST/Benefit** の評価技術を整理し、構築す

ることを試みる。

- (3) ネットワーク管理：橋梁などの交通関連施設は、交通ネットワークの一つのパーツとして存在するものであり、各 **Action** そのものや、その **Action** による **COST/Benefit** 評価や予算管理（配分）などは、交通ネットワーク全体から検討する必要がある。本研究では、ソフト面、ハード面の専門家が協働することにより、交通ネットワークを考慮した、施設のマネジメントシステムの構築を試みる。それにより、より現実的かつ効率的な構造物の運用が可能となる。
- (4) 行政手法：(0)～(3)の技術の構築により構造物、及び交通ネットワークのアセットマネジメントが可能となり、現実に今採用すべき、**Action** の提案が可能となる。しかし、システムを実際に動かす主体は行政であり、構築したシステムを効率良く運用する行政手法の検討も、必要となってくる。本研究では、2.3「NPM 支援システムの開発」や 2.4「小規模自治体における新行政経営システムの導入・検証」などの研究を通じて、構築するアセットマネジメントシステムを効率良く運営できる行政経営手法を検討する。

4. 教育

本研究を通じて、「ハードの分かるソフト技術者」「ソフトの分かるハード技術者」の育成を目指す。その為に、上記(0)～(4)の担当者が協働し、また情報交換を行っていくことが必要であり、そのような研究体制を構築しており、その体制のもと、卒業・修了研究を通じて技術者の育成を行う。

参考文献

[1]村越、名取：防錆防食ことはじめ (Part1)：橋梁と基礎：93-4