

ライフサイクルコストを考慮した橋の計画・設計

PLANNING AND DESIGN OF BRIDGES IN THE LIGHT OF LIFE CYCLE COST

阿部雅人*

Masato Abe

ABSTRACT Design of bridges, from conceptual stage to life cycle, is discussed. At the first half of the paper, basic notions of life cycle cost and management is introduced. Emphasis is placed on application of real option, construction of balance sheet, and appropriate management of information. Then, methodology for actual bridge design is introduced from the view point of LCC, and its practical implementation is discussed.

KEYWORDS 橋, 構造計画, 設計, ライフサイクルコスト
bridges, planning, design, life-cycle-cost

1. ライフサイクルコストをなぜ考えるのか?

ライフサイクルコストは、ある物を使っていく間にどれだけのお金がかかるかということである。特に難しいことは無く、自動車を買うときなどに誰でもやっていることである。購入してから廃車あるいは転売するまでにいくらかかるか大体考え、その間の所得や住宅ローンなどを考えながら何を買うか決めたり、また、故障の場合にどれぐらいの修理をするか決めたりする。大量生産大量消費時代になる前の我国では、桐の筆筒や着物一つでも、最初は高くても良い物を買っておいて大切に使用して何代も持たせ、最終的には安く上げるという知恵があった。橋の設計や施工でも、明文化はされてはいなくても、技術者の良心に基づいて、あとで修理しやすいようにとか長持ちするようにとか、いろいろな工夫がされてきたのが実態であろう。しかし、世の中が少子高齢化を迎え、低成長を前提として厳しい財政のもと社会を運営していかなければならなくなった以上、具体的にライフサイクルにかかるお金を考え、また、自らの払えるお金を考えて身の程にあった買い物をしていかなければ社会が持たない。それに対して、これまで、技術者が良かれと思ってやってきたことをきちんと明文化して世の中の人に説明する行為が、ライフサイクルコスト評価である。したがって、ライフサイクルコスト評価は財政支出と関連した、説得力のあるわかりやすいものでなければならない。

ライフサイクルコストの用い方には、大きく分けて2通りあると考えられる。一つは、新しいものを作るときになるべくライフサイクルコストを低く抑えることであり、もう一つは、既存の社会資本ストックをマネジメントしていく際に全体のライフサイクルコストを低減するという用い方である。新設の際にライフサイクルコストを用いる難しさは、新しい技術や知見が生まれたり、あるいは荷重自体変わったりするから将来のことは本当にはわからないという不確定性の問題を有することである。

* Ph.D. 東京大学助教授 大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区 7-3-1)

不確定性が伴うわけであるから、基本的にはある想定のもとで確率的予測をせざるを得ない。確率的予測である以上は、ある特定の橋の予測を緻密に分析しても限界があり、むしろ統計的にある橋梁群全体の挙動を予測する方が合理的である。また、社会的割引率の考え方一つで、ライフサイクルコストは何とでも操作しえる、ということは多くの技術者が経験していることである。例えば、米国で橋梁マネジメントに使われているソフトウェア Pontis¹⁾では、割引率 4.75%を用いるのが一般的だが、それは、割引率自体を理論的に考えて導出したというよりは、20年ぐらい先までは考えよう、という一種の工学的割り切りから逆算された値と考えられる。したがって、新しいものを作るときにライフサイクルコストを考える場合には、緻密に追求するよりも、予想外のことが起こることを想定したフレキシブルかつ大雑把な検討が適している。

それに対して、既存ストックのマネジメントにおいては、既に構造物が存在しているのだから、出来る限り科学的な方法を用いて体系的かつ詳細に管理し、また必要経費を精度良く積算することが求められる。したがって、詳細な既存ストックのマネジメントシステム構築が前提となる。具体的には現実をなるべくリアルタイムかつ詳細に記録したデータベースが必須となる。なお、このデータベースが充実してくると、新設の場合にもそれに基づいて不確定性を評価可能となるから、新設構造物のライフサイクルコスト評価にあたっては既存構造物のデータベースが重要である。実は、現在のライフサイクルコスト評価の問題は、既存ストックのデータベースの整備が進んでいないので、そもそもライフサイクルコストを算定しようが無いというところに起因している場合がほとんどである。

以上の観点から、ここでは、前半で、ライフサイクルコストを財政に反映する一手段としてのバランスシート化への試みと、高い不確定性を有する場合の意思決定の手法としてのリアルオプションの考え方を紹介し、後半で、実際の橋およびマネジメントシステムの例をいくつか挙げ、解説する。

2. 財務管理とライフサイクルコスト

ここでは、橋梁を例として構造物のライフサイクルを反映した財務管理手法として現状の財務諸表を修正し、維持管理の正当性を財務的に評価する手法を考えたい。橋梁や社会基盤施設は、一般に、その社会的性質上、寿命がきたからといって破棄するのが困難である。したがって、維持管理をしなかった場合に生じる架け替えコストは社会に対して潜在的な負債であると考えられる。それをバランスシートに反映することを考えた。橋梁は高価であるから、一括で架け替え費用を用立てるよりも毎年一定額を積み立てて備えた方が発生する利息も含めて財政負担は軽い。ただし、橋梁の更新時期を正確に予測することは困難であるため、予測と実際の更新時期には少なからずずれがあることを前提に、更新時期を三角分布でモデル化する。その上で、確率論的に必要な積立額の期待値を算定した。土木研究所による試算²⁾では、図1に示すように橋梁の更新時に費用が急増するが、更新までに毎年一定の費用が発生しているものとみなすと平滑化されて費用が増加するようになり、より長期的な視点を現在の意思決定に反映可能となる。

また、供用後に維持管理を行うことによって、更新時期の分布が変化すると考

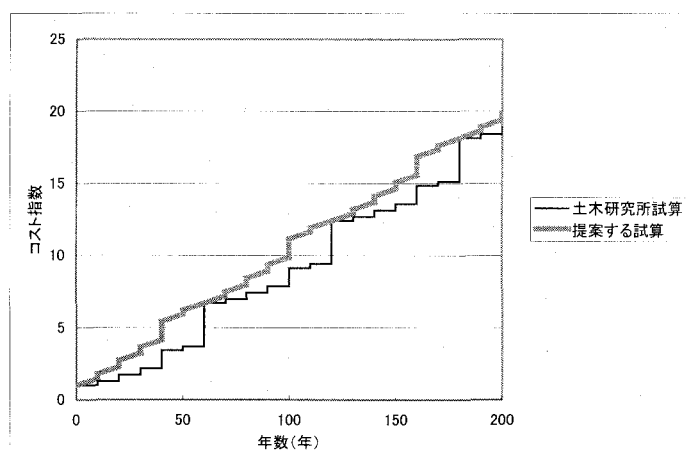


図1. LCC 試算例

えられる。維持管理で延命がなされれば、延命後の分布に対して必要な積立額は、それ以前の積立額よりも少なくなり、それまでは余剰の積立を行っていたことになる。この余剰の積立分は更新時期の分布を変化させるような維持管理に費用として捻出することが正当化される。つまり、維持管理の適切な費用とみなすことができる。図2のようにPremiumおよびStockを設定すれば、Premiumは更新時期の分布を変化させるような毎年の維持管理の適切な費用、Stockはt年目に行う大規模補修の適切な費用である。図3は金利rとPremium・Stockのグラフである。これを見ると、高金利（高度成長）の間は、維持管理へのインセンティブが働きにくく、低金利（低成長）の時代になると維持管理の価値が上がるのがわかる。

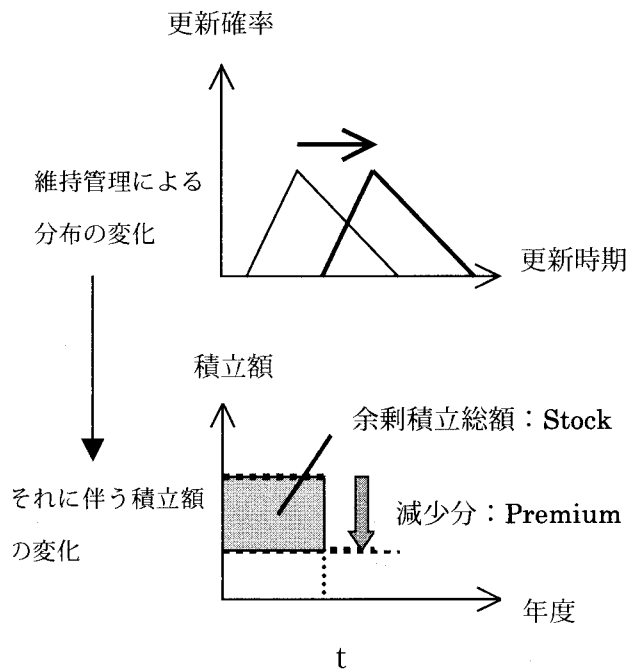


図2 分布の変化と積立額の変化

現状の財務諸表には、維持管理による延命効果が反映されていないため、表から維持管理の経済的正当性を議論することが出来ない。そこで、維持管理費用から更新時期の延命効果を算出し、結果を減価償却期間の延長とみなすことで、財務諸表に反映させた。さらに、a)将来の更新への備えを一切しない場合、b)引当を行う場合、c)積立を行う場合、の3通りの計上を行い、財務諸表上の主要値の変化を見た。例として、首都高速道路公団の財務諸表³⁾を参考とした。なお、維持管理を一切しない場合の耐用年数として、30年を用いた。また金利は0とした。表1、表2は得られた結果である。それぞれの主要値を見ると、補修によって優良化するものと悪化するものがあることがわかる。ここでの試算は多くの仮定に基づくものであって、結果数値自体は、ここでの簡単な試算からは評価できないが、このように、更新時期の分布の変化と、それに伴う積立額の変化から、維持管理の延命効果を経済学的に評価することが可能である。そして、その

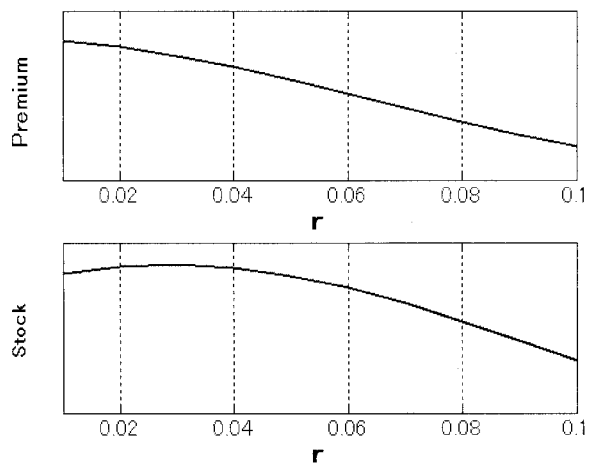


図3 金利rとPremium・Stockの関係

表1 修正後の負債償還能力(現状は0.83)

	耐用年数(年)	a)	b)	c)
補修しない	30	0.85	0.89	0.85
現状補修	32.2	0.90	0.94	0.90

表2 修正後の期間損益(現状は-8,129)(百万円)

	耐用年数(年)	a)	b)	c)
補修しない	30	-36,510	-261,674	-36,510
現状補修	32.2	-51,783	-252,883	-51,783

結果を財務諸表に反映させることで実状に近い財務諸表を作成することが可能となり、主要値に注目することで維持管理の正当性を評価することが出来る。

3. 社会資本ライフサイクルマネジメントとリアル・オプション

社会資本整備を取り巻く環境は大きく変化している。戦後 50 年以上を経て全国には膨大な量の社会資本が既にストックとして蓄積されている。既存ストックの維持更新投資は大幅に増加すると見込まれ、既に多額の債務を抱えている公的部門は、今後新規施設の整備には慎重とならざるを得ない。また、環境問題に対する関心も高まっており、廃棄物に関する規制も強化されつつある中、従来のような解体⇒新設の繰り返しは困難になってきている。一方、国民の嗜好は多様化・高度化し、変化のスピードは加速している。社会資本のように耐用年数の長い施設の陳腐化も早まっている。

従って、今後は財政制約、環境負荷、社会変化などの制約要因に対応しながら社会資本を提供していく方法を考える必要がある。ここでは、社会資本ライフサイクルマネジメントの枠組みを提示したうえで、特にリアル・オプションという理論に基づいた施設設計について考察する⁴⁾。

3.1 社会資本ライフサイクルマネジメント

社会資本ライフサイクルマネジメントという概念は、社会資本の寿命を通して最適な管理を行うことで、十分なサービス水準を維持しながら資源生産性を高め財政負担を極小化しようとする取り組みである。特に、既存ストックの有効活用や、社会変化に対応させやすい施設整備を推奨しており、そのために必要なハード面の対応、ソフト面の対応、制度面の対応が検討されている。

ハード面の対応とはすなわち技術による対応である。例えば新設時には、橋梁や建築物のミニマム・メンテナンス化、及びスケルトン・インフィル建築物のようなモジュール化の技術、既存ストックには耐震改修など維持補修に関する技術の蓄積が重要である。

ソフト面の対応とは、マネジメントや意思決定プロセスであり、開発された最新技術を含め、入手可能な技術を適切に選択し、活用していくために重要である。

具体的には、ライフサイクルを通して適切に費用と便益を評価する方法、施設設計における柔軟性やメンテナビリティを正当に評価する方法、既存ストックをタイム・シェアにより複数主体が有効に活用する方法、などが挙げられる。特に、施設設計における柔軟性の評価については、本稿の後半でリアル・オプションという考えを紹介しながら詳細に説明したい。

ハード、ソフトの対応を可能にするために制度面でも見直すべきことは多い。たとえば、住宅、教育など既存施設の用途は、物理的には十分に他用途に変更可能な場合が多い。海外の都市で、オフィスやホテルが住宅に転換されたり、住宅がオフィスに改装されていたりという例を目にした方も多はずである。

しかし、わが国では建築基準法、消防法などの法規制のほか、税制、建物登記制度などによって用途転換が実質的に制限されている場合が多い。必要な用途は新設により提供するのが常識だった時代には問題が小さかったものの、既存ストックを有効活用しなくてはならない時代を迎え、大きな問題として浮上してきている。

また、公的施設の場合は補助金の運用が既存ストック有効活用の足かせとなっている場合も多い。学校施設から社会教育施設への変更などごく一部の例外を除いて、補助金対象施設の用途を変更する際には過去に投入された補助金を返還しなくてはならない。結果として、施設の利用目的が社会ニーズの変化により現実にそぐわないものとなっても、過去の意思決定が尊重され、現に存在するストックの最大限の有効活用が阻害されてしまっている場合がある。

いずれにしても、財政負担と環境負荷を最小限に抑えながら、変化の激しい需要に対応していくためには、ハード、ソフト、制度のいずれの側面においても柔軟性を確保することが重要となる。そこで、次に施設設計や投資の意思決定の分野で大いに期待されているリアル・オプションという理論の概略を説明したい。

3.2 リアル・オプション

リアル・オプション理論とは、金融におけるオプション価格理論を金融以外の意思決定、資産評価、契約・施設の設計に適用するものである。端的に言うと、リアル・オプション理論とは将来が確定的にはわからない不確実な状況下で、フレキシビリティ（環境変化に合わせて対応を変化させられる余地）の価値を評価し、最適な契約や投資計画の内容を検討し、ひいては投資行動などの最適なタイミングを検討するための理論である。

土木施設など社会資本整備においては、望ましい施設設計を行うために用いたり、受発注の契約条項と契約価格の設定に用いたりすることが可能である。

土木施設にしろ生産設備にしろ、投資の決定をする際には何らかの形で費用と便益を比較して、最も妥当だと判断される選択肢を選ぶ。一例は、将来の金額はリスクに応じた適切な割引率で現在価値に割引いた上で、費用の現在価値と便益の現在価値を比較する方法である。民間設備投資決定における伝統的 DCF（割引キャッシュフロー）法や公共投資における費用便益分析等は、この考え方の枠組みに沿っている。

しかし、DCF など従来の価値評価手法は、暗黙のうちに固定的な将来シナリオを仮定しており、柔軟性、すなわち将来の意思決定によるシナリオ変化の可能性をうまく評価することができない。そこにオプション価格理論の考え方を適用して、柔軟性を評価しようとするのがリアル・オプション理論である。

オプションとは、ある資産を将来あらかじめ決めておいた価格で売ったり買ったりすることのできる契約上の権利（義務は伴わない）である。オプションの特徴は、権利を行使するかどうかを損得を見極めた後で決定できる点にある。例えば「1 年後に A 社株式を 100 円で買える権利」を保有している投資家は、1 年後に実際に A 社の株価を見て、株価が 100 円より高ければ権利を行使し（A 社株式を 100 円で購入し）、100 円より低ければ権利を放棄することができる（支払いは生じない）。

オプションの価値を評価するには、通常市場リスク（資産価格変動リスク）に加えて、現時点では確定していない将来の意思決定をも織り込む必要がある。オプション価格理論の一つのポイントは、将来の意思決定の自由度（選択肢を持っていること）がもたらす価値を合理的に評価できることである。

紙幅の関係から本稿で理論や分析の詳細を説明することはできないため、簡単な例をもって概略を説明したい。施設 A は単一の利用形態（利用 I）しかとることができず、施設 B はコスト高だが柔軟性を持っており、二種類の利用形態（利用 I、及び利用 II）をとることができる。

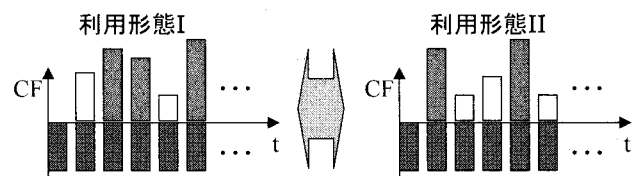


図 4. 利用形態の例

施設 A では利用 I の需要が高いときも低いときもそれを受け入れなくてはならない。DCF などの従来型の手法で評価できるのはこのタイプの施設である。一方施設 B は、利用 I と利用 II の需要を見比べて、常に需要が高いほうの利用形態を選ぶことができる。施設 B には、将来需要動向が明らかに

なった時点でより望ましい利用形態を選択することができるオプションが備わっているのである。このようなオプション性を備えた施設の評価には、リアル・オプション理論を用いるのが適当である。

たとえば道路の中央分離帯の位置を上下それぞれの方向の交通量にあわせて柔軟に変更させられる設計とすると、固定された中央分離帯より余分な費用がかかる。しかし、交通容量を交通需要にあわせて変化させられるので施設の価値は増す。現状想定される交通需要変化を前提として、どの程度の費用増までが正当化されるのかをリアル・オプションにより分析することができる。

橋梁においては、構造を一体化させてシステムとしての強度を増すと、個々の部材強度は低くて済むことがある。一方モジュール化された部材を組み合わせた構造では、部材レベルでより高い強度が求められるが、将来一部に不都合が生じた場合に部分的維持補修が可能となる。このように、例えば、モジュール化もオプション性が高い選択として評価できる。

柔軟性を得るには通常追加的費用がかかる。柔軟性の価値を正しく評価することができないと、常に固定的でコストの低い選択肢が選ばれることとなり、最適な意思決定がなされない。柔軟性を捨ててコスト削減を図るべきか、コストをかけても柔軟性を組み込むべきかという、LCM の観点で極めて重要な判断を行うための枠組みとして、リアル・オプションの広範な活用が期待される。

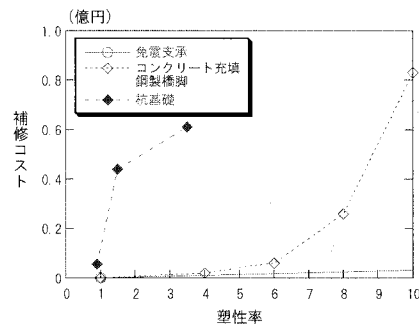


図5. 補修コスト曲線

4. 橋の計画設計の例

4.1 耐震設計の例⁵⁾

1995年兵庫県南部地震レベルの強い地震動に対しては高架道路橋に補修可能な損傷を許すという前提に立つと、桁、支承、橋脚、基礎に損傷を合理的に配分するという考え方が必要になる。ここでは、高架橋をこれらの要素で構成される構造システムにとらえ、高架橋全体で耐震性能を確保するために配分すべき損傷量の算定方法について提案した例を示す。具体的には、高架橋の耐震設計レベルを反映する建設コストと被災後に予想される補修コストとの和が最小となる損傷配分を試算した。まず、兵庫県南部地震で得られた高架橋の実被害データを用いて、図5、6に示すように、各要素の物理的な損傷度(塑性率)と補修コストを結びつける補修コスト曲線を作成した。また、橋梁関係の専門家に対する調査によって耐震設計レベルに応じた建設コストの変化を表す建設コスト曲線を作成した。次いで、基礎のスウェイとロッキングを加味した3質点4自由度系を対象とする高架橋をモデル化し、各要素の降伏震度をパラメータに、神戸海洋気象台の強震記

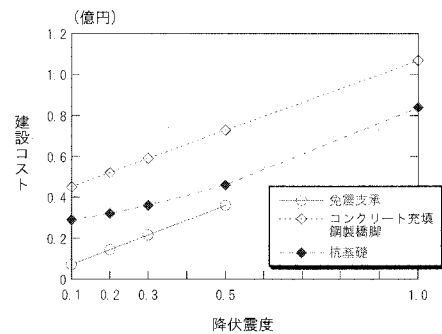


図6. 建設コスト曲線

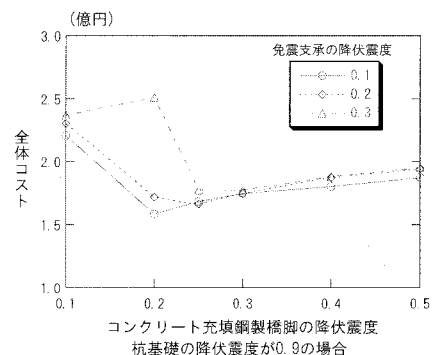


図7. 全体コストと設計震度

録を入力して非線形動的地震応答解析を行った。その結果、ある要素の設計レベルの変化が他の要素の損傷に与える影響は大きく、力学的にトレードオフの問題があることが明らかとなった。さらに、補修コスト曲線と建設コスト曲線を用いて、各要素の降伏震度を変化させ、その組み合わせの中から建設コストと補修コストの和が最小となる好ましい損傷配分を、非線形動的地震応答解析を介して求めた。図7に示したように、免震支承の降伏震度を0.1程度に、コンクリート充填鋼製橋脚の降伏震度を0.2程度に、杭基礎の降伏震度を0.9程度に設計したケースがバランスのとれた損傷配分をもたらすことが示された。同時に、この時の塑性率は、免震支承が10程度、コンクリート充填鋼製橋脚が5から6、杭基礎が1.0から1.5の範囲にあり、設計においても十分に対応できる値であることを確認した。この設計レベルは、免震支承には可能な限りの塑性変形を許し、コンクリート充填鋼製橋脚には補修可能な程度の塑性変形を許し、杭基礎は軽微な損傷に抑えるという設計を意味する。

高架橋システムとしてここで用いているモデルは単純化されたものであり、また入力地震動も限定しているため、結果数値自体はさほど意味を持つものではないが、検討のフローと考え方は、耐震性能を含めたライフサイクルを考える上で参考になると考える。また、結果を見ると技術者の経験的な感覚とも近い値となっているところも興味深い。

4.2 既存橋のLCC

未来を予測するのは困難であるが、既存の橋のLCCを検証することで多くの教訓を得ることが出来よう。戦前期の橋は比較的堅牢であって、高度経済成長期のものは耐久性に劣る、などの指摘がなされることも多い。設計基準から考えてもおそらくそういう傾向があると予測されるが、これについても、本来LCCの観点から検証されるべきであって、例えば高度経済成長期の橋のLCCが割高なのかどうか、割高であればどれくらいであるのか、等を検証することは、工学的観点からも、将来の財務予測の観点からも、有益であろう。

定量的なデータに基づくものではないが、隅田川の震災復興橋梁では、かなり強度に余裕がある設計がなされたことが指摘されている⁶⁾。結果として、震災以前に主に用いられていたトラス橋に比べて、かなり高価な橋が造られたのではないかと考えられる。それは、その当時の交通などを考えればまさに一見無駄であったわけであるが、震災で生き残った新大橋が架け替えられたことを考えると、その余裕があればこそ、今日でも重交通に耐えていると言うことも出来、今日から振り返れば、将来の東京の発展を考えに入れたオプション価値のある設計であったということも出来よう。

戦後になると、耐荷力の面から合理的な設計が追求されるようになる。その中で、耐久性を含め、将来の不確定性に対する備え、という、先人が意図的、あるいは無意識に行ってきた配慮が行われにくくなってきたと考えられる。特に、高度経済成長期の橋にはその傾向が強いように思われる。一例として、兵庫県南部地震において、その当時の設計基準に基づいて最適設計されて作られたピルツ高架橋が倒壊し、国民の批判が集中したことは記憶に新しい。ピルツ高架橋は、完成当時は、経済性と周辺環境への影響を考慮した構造物であると高く評価されていた構造物である。前提条件を寄与として行う最適化は、構造物のオプション価値を低下させる行為であったということが言えよう。

将来の不確定性に備えて設計をすることは、このように極めて困難である。良かれと思ってやったことが裏目に出ることもある。しかし、将来の不確定性をどう考えて設計をしたのか、という意図を明示し、可能であれば経済的に評価することがLCC評価では求められよう。また、過去の構造物のLCCを評価しなおすことで、その意図を検証し、後世に教訓として残すというような取り組みも重要であると思われる。

5. マネジメントシステムの例

前述したように、膨大な劣化構造物に対し、予算・人員を効率的に配分するための手段としてマネジメントシステムの開発・運用が行われている。橋梁に関しては、アメリカにおいて各州が包括的な橋梁マネジメントシステム(BMS)の運用を行っており、また日本においても BMS の研究・開発が行われている。BMS には継続的に膨大な情報が蓄積されるが、そのデータをどのように運用・再利用して、維持管理業務にフィードバックするかが大きな命題となっている。そこで本研究では蓄積された情報の再利用・有効活用に着目したシステムの構築手法の検討を行い、プロトタイプを構築した。

5.1 橋梁維持管理

維持管理業務の例を図 8 に示す。既設構造物において定期的な検査またはモニタリングが行われ現状を把握するための基礎データが取得される。これらの情報をもとに健全度や耐久性などの現況把握を行い、また必要に応じて劣化等の将来予測を行う。その後、当該構造物に関して補修・補強の要否や監視項目といった要求項目をまとめる。対象とする構造物が交通ネットワークに属するように他の構造物と併せて管理・運用する必要がある場合、ボトムアップ方式で構造物群として要求項目をまとめることになる。これら要求項目は、構造物管理者側の制約によりトップダウン方式に最適化が行われる。構造物群、個別構造物の順に要求項目の最適化が行われ最終的に構造物の維持管理計画が策定される。

5.2 橋梁マネジメントシステムの構成

維持管理業務のそれぞれのステップに置いて意志決定・判断が行われている。構造物マネジメントシステムはそれら意志決定・判断を支援するアプリケーションと維持管理に必要なとされる情報を保存・管理するためのデータベースにより構成される。

本研究では図 9 に示すような橋梁マネジメントシステムを提案する。システムの構成要素は、データベース、アプリケーションおよび Web インターフェースである。アプリケーションは維持管理業務を支援するためのツールを提供し、またユーザがデータの追加・削除・更新等の操作を行うデータ管理機能を含む。Web サーバはシステムをインターネットを通じて利用するためのインターフェースを提供する⁷⁾。データベースに関しては、構造物諸元・履歴等のテキスト情報に加えて、CAD、GIS、モニタリングシステムと連携させてこれらをデータソースとして利用することを現在検討している⁸⁾。

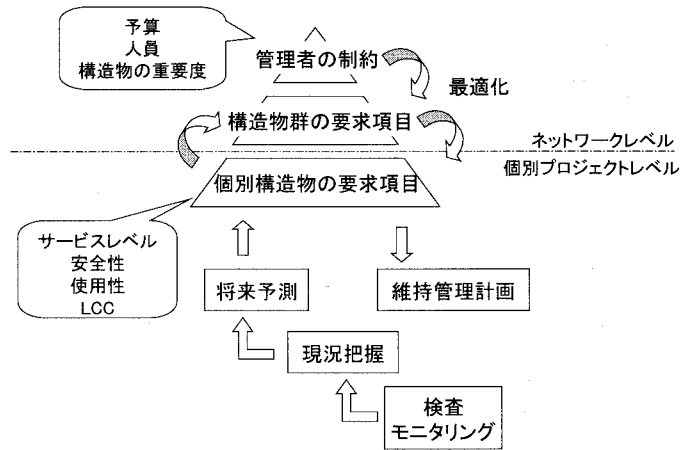


図 8 維持管理業務の流れ

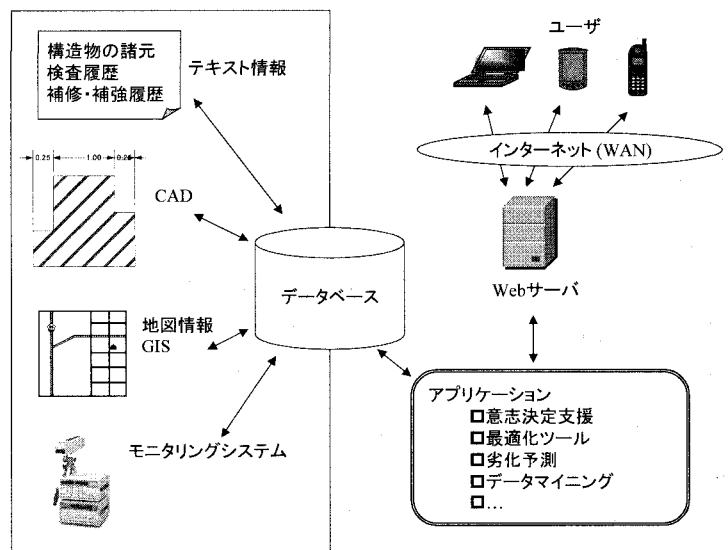


図 9 橋梁マネジメントシステムの構成

5.3 意思決定支援システム

橋梁マネジメントシステムのアプリケーションとして、本研究ではすでに知識ベース化された AA 変状の判断基準をプロダクションルールとしてシステムに実装することを試みた。AA 変状は、建造物保守管理の標準(案)同解説 鋼構造物⁹⁾で「AA の判定は現場の全般検査において、運転保安および旅客公衆などの安全を脅かす重大な変状や欠陥に対して与えられるもので、直ちに何らかの措置をとる必要のあるものである。」と規定されている。プロトタイプでは、目視検査員が現場で作業を行い変状記録を入力する際に、AA 変状のおそれのあるものに対して図 10 のように判定基準を提示する。これにより、現場での意思決定の迅速化・信頼性の向上が見込まれる。

プロトタイプでは、実際に橋梁データの入力・閲覧・更新が可能であり、インターネットを通じて現場からも情報が参照可能である。また、保守標準の情報をプロダクションルールに変換し、システムに実装した。ここで用いた情報は、変状を発見した際に、その変状が重大で直ちに何らかの措置をとる必要がある AA 変状の判定基準である。この支援情報を用いることで検査員は容易に AA 変状の判定を行うことができる。



図 10 意思決定支援の例

5. まとめ

本稿では、ライフサイクルマネジメントから個別の設計に至るまで包括的な意思決定のあり方を論じた。橋梁群全体のマネジメントが問題である場合には実際のデータに基づいた統計分析が重要であり、それを財務諸表的にあらわしていくことがきわめて重要である。しかし、具体的なこの橋の設計において統計分析や確率モデルを敷衍して用いるのには無理がある。むしろ、リアルオプション的な考えでじっくりとした意思決定を行う方が工学的センスに近く、また、国民に対する説明も容易である。また、既存ストックのマネジメントの観点からは、現況の把握と情報のマネジメントが現在ボトルネックとなっている最重要課題であり、一例を示してそのポイントを論じた。具体的には、橋梁維持管理のプロセスを整理し、マネジメントシステムの構成、実装すべき機能について検討を行った。

未来予測の不確定性を考えると、個々の橋について、未来が予測できるかのようなストーリー立てをして詳細かつ緻密な計算を行い、優劣を論じるアプローチには違和感を覚える。むしろ、今までノウハウ的に培ってきた技術や考え方を如何に明示化するか、というスタンスが大切であって、そのときには、旧来の最適化手法ではなく、リアルオプション的な考え方が重要である。また、それを裏打ちするものとしての、過去と現況の正確な把握が必須のものであると考える。

謝辞

本稿の執筆にあたって多くの方にご示唆とご協力をいただいた。特に、東京都高木千太郎氏、株式会社 BMC 阿部允氏、貝戸清之氏、東京大学藤野陽三氏、中井祐氏、水野裕介氏、能勢和彦氏、カリフォルニア大学バークレー校吉田二郎氏には、多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) P. D. Thompson, E. P. Small, M. Johnson, A. R. Marshall : The Pontis Bridge Management System, Structural Engineering International 4/98, IABSE, 1998, pp.303-308
- 2) 土木研究所資料第 3506 号, 1997
- 3) 首都高速道路公団ホームページ(<http://www.mex.go.jp/>)
- 4) 吉田二郎 : 社会資本ライフ・サイクル・マネジメントとリアル・オプション, 土木学会誌, 2001 年 12 月号
- 5) 庄司学・藤野陽三・阿部雅人 : 高架道路橋システムにおける地震時損傷配分の最適化の試み, 土木学会論文集, No.563, pp. 79-94, 1997.
- 6) 座談会・橋 土木学会誌, 1970 年 11 月号
- 7) 水野裕介, 阿部雅人, 藤野陽三, 阿部允: 情報技術 (IT) 援用による橋梁の目視検査支援システムの構築, 土木情報システムシンポジウム論文集, Vol.9, pp.11-18, 2000.10.
- 8) 水野裕介, 阿部雅人, 藤野陽三, MERET Sandy, 阿部允: データベース技術を用いた社会基盤構造物に関する維持管理データ管理手法の提案, コンクリートの耐久性データベースフォーマットに関するシンポジウム論文集, 土木学会, pp.77-82, 2002.12.
- 9) (財)鉄道総合技術研究所: 建造物保守管理の標準(案)同解説 鋼構造物 1987.9.