

高速道路アセットマネジメント情報システムの開発

名古屋工業大学 非会員 南部雄一郎
 名古屋工業大学大学院 正会員 志水 公敏
 名古屋工業大学大学院 正会員 秀島 栄三

1. はじめに

財政状況が厳しくなり長期的にみて効率的な土木施設の建設・管理が強く求められている。高速道路のような施設の場合、路線を通じて部材複合的かつ連続的な構造物をいかに効率よく維持管理していくかが重要となる。従来の維持管理は概して（１）定期的に点検を行い、損傷等がみつければ単年度予算の下で補修実施の判断を行う、（２）全路線で明確な優先順位の検討が行われることなく補修を行う、（３）施設の運用、とりわけ利用実態把握と維持管理業務は担当部門が異なることから必ずしも連携していない。これに対し、最近になってアセットマネジメントの考え方が広く認識されるようになった¹⁾。すなわち、土木施設を資産として捉え、構造物の物理的状态と利用状況を客観的かつ効率的に把握・評価し、資産の状態を中長期的に予測し、長期的にみて最適な対策を実行するとともに、納税者・利用者にわかりやすい形で現況と対策方針を説明できるようにして施設を管理するものである。本研究では、このアセットマネジメントの考え方の下で実際に施設の維持管理を効率的に行うための情報システムの構築を目指すこととする。

2. 本研究の考え方

まずアセットマネジメントの基本的な方法論として「ライフサイクルコスト最小化」がある。施設としての機能を維持しつつ、管理（と建設）に必要なライフサイクルコストを（評価期間内で）最小化するように投資を行う。アセットマネジメントに関する既往の研究でも種々の概念、考え方は示されているものの実際の事例への適用は少ない。また、国土交通省は平成15年にアセットマネジメントシステムの基本枠組みを提示し、平成16年度以降に精度の向上等を目指している。

図-1に示すように、経年により構造物の健全度が劣化していく一方、補修により健全度を確保していく²⁾。ケース1は小規模な補修を2回行う場合、ケース2は大規模な補修を1回行う場合を示す。図-2に各ケースのライフサイクルコストを示す。この場合はケース1のライフサイクルコストの方が小さく、適切である。このような判断基準から最適な補修の時期が決まる。

次に路線全体にわたって、また複数の路線を保有する経営体では全ての路線にわたって各施設の最適補修時期を決定する必要がある。限定的な単年度予算の下での判断では、全ての補修すべき施設を補修することができず、補修が後回しになった施設は劣化が進んでいたことになる。すなわち補修政策は、補修する一方で劣化が同時に進行することも踏まえて導かなければならない。

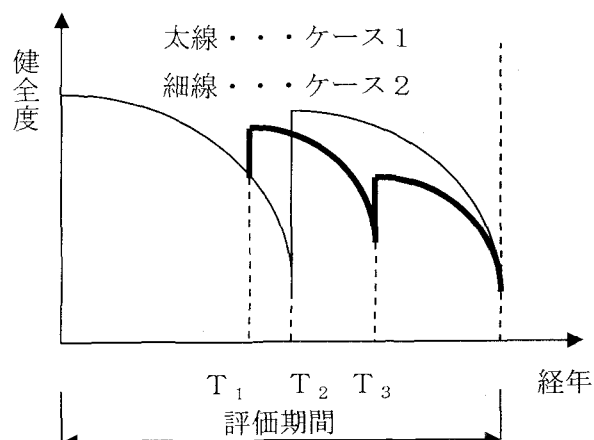


図-1 劣化補修過程

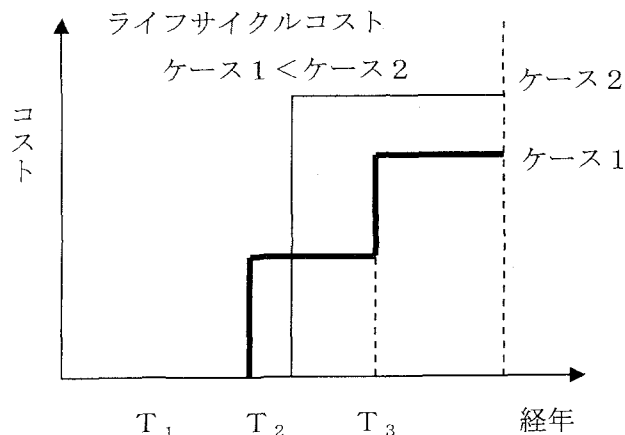


図-2 最小ライフサイクルコスト

3. 情報システムの開発

上述のような考え方の下、補修政策を導くための情報システムを開発する。具体的には構造物の劣化度（劣化曲線）、補修費、補修による回復度の関係を記述し、長期にわたっての補修費総額を最小化する計算を行わせる。ここでは本体構造物の補修費のみに着目し、経常的な点検費、組織運営費は無視する。また劣化による利用者の損失は直後の補修費に反映されるものとする。

回復度 $R(t)$ は、現在の劣化度と補修に投じる額に相応して決まる。すなわち、補修費 $C(t)$ を大きくすればするほど大きくなる。また、劣化度 $D(t)$ が低い状態にあるほど回復幅は小さくなる。

$$R(t) = R(C(t), D(t)) \quad (1)$$

$$\partial^2 R / \partial C^2 \geq 0 \quad (2)$$

$$\partial^2 R / \partial D^2 \leq 0 \quad (3)$$

このような条件を満たした上で、評価期間 $[0, T]$ において下記の(4)式が最小となるような $C(t)$ の時間経路を求める。これにはポトリーギャンの最適制御理論を用いればよい³⁾。 r は割引率を表す。

$$\int_0^T \exp(-rt) C(t) dt \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\text{s.t. } D(t) \geq D^* \text{ (定数：劣化度について最低水準を設定する)}$$

実際上は精度のよい劣化曲線を用いる必要がある。これまでに高速道路橋の床版に関する経年と劣化に関するデータを対象としてワイブル曲線を用いて劣化曲線を推定している。実際上は日常業務として観測（点検）を行った結果を逐次採用し、ベイズ学習をさせて推定精度を向上させていくべきであろう。また劣化曲線は単一種の部材に対して作成されるものである。現在まだ種類の異なる部材間で劣化が進行するメカニズムが明らかになっていないため、本稿では単一種部材の劣化曲線が構造物全体としての劣化曲線に応用可能であるものとして情報システムの構築を進めることとする。なお、事故や災害が発生した場合には、不連続な劣化が生じ、この場合には劣化曲線を修正して以降のライフサイクルコストを計算しなければならない。

さらに路線マネジメントの考え方では、一定予算のもと各施設の維持管理が相互に関わり合っている形で全てのライフサイクルを最小化する必要がある。このため(4)式を(5)式のように修正し、(5)式を最小にするような費用 $C_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, n$)を求める。これによって高速道路全路線での効率的な補修政策を導き出すことが可能となる。

$$\sum_{i=1}^n \int \exp(-rt) C_i(t) dt \rightarrow \min \quad (5)$$

ただし i ：単体施設の番号、 n ：単体施設の合計数

4. おわりに

本稿では、アセットマネジメントに対応すべく道路管理業務を実行するために利用可能な情報システムの構築について述べた。現状では劣化メカニズムに係る部材間の関係、災害事後の劣化曲線の推定のあり方や全路線マネジメントのための詳細な計算などについて課題を残している。講演時には今後の研究の展開結果についても紹介する。

【参考文献】1)土木学会：土木学会誌2004年8月号，土木学会，2004.、2)岩崎信義：道路構造物の今後の管理・更新，国土交通省，2003.、3)加藤寛一郎：工学的最適制御 非線形へのアプローチ，東大出版会，1993.