構造物の劣化予測の違いが年度コスト平準化に与える影響に関する研究

京都大学工学部　学生員　○西村　昌朗
京都大学工学研究科　正会員　服部　篤史
京都大学工学研究科　正会員　河野　広隆

1. はじめに

社会基盤構造物の劣化予測には，劣化のメカニズムに基づく物理化学モデル式，実構造物の測定データの統計処理による式，簡易な既定形の式の当てはめ，などの方法がある．これらのうち，構造物に対する維持管理のシナリオについて専門家および一般市民の両者へのアカウンタビリティーを適切に果たす必要性を考慮すると，劣化のメカニズムに基づく物理化学モデル式を用いることが理想であると考える．一方，構造物の種々の劣化機構（例えば，コンクリート構造物の塩害など）ごとの劣化過程のモデル式が必ずしも明らかになっていないのも実情であり，取り掛かりやすいという意味で実用的な手法として，健全度（1～5 の 5 段階などで表現）の経時変化に簡易な既定形の式を当てはめる方法が検討されている[1)]．この方法を用いるにあたっては，塩害劣化を想定したと思われる，上に凸な 2 次曲線を用いる例が多いが，他の劣化要因に基づいた，これとは異なる劣化曲線に関しても考慮するべきであると考える．

また，これらの劣化予測に基づいてライフサイクルコスト（以下，LCC）が算出され，その総額が構造物群の管理者にとって妥当な値（最小）でも，年度によってコストの変動が激しい場合がある．コストの変動は，必要となる予算額や人員数の年度による変化を意味するので，大きい場合は，予算折衝に大きな困難を発生させうる．このとき平準化の操作を行うことで，年度コストのばらつきを抑え，より無理のない予算計画を策定することができる．この操作の結果に対して，劣化予測の違いが影響を与えることが予想されるものの，その影響がどの程度のものなのかは未だ分かっていない．

以上より，本研究では劣化予測の違いが年度コスト平準化の結果に与える影響について検討した．このとき，実構造物に対する診断（点検，劣化予測，評価・判定）において目視や打音法程度のごく簡易な方法が広く用いられ，大雑把な健全度を把握するに留まっているとの実情をあわせて考慮し，先述の健全度の経時変化に簡易な既定形の式を当てはめる方法を採用する．劣化予測に違いを出す方法としては，物理化学モデル式を念頭に，既定形の式の形を種々に与えることで対応した．

2. 研究概要

2.1　検討要因

検討要因を表 1 に示す．劣化曲線とする既定形の式の形として，既往の研究で用いられている 2 次式に加え，1 次式（耐久年を同一とした場合に初期の劣化速度が速くなる）および 0.5 次式（他の式において耐久年を迎えた時点で健全度が 3 とした式であり，初期に劣化速度は速いが全般には最も緩やかな劣化速度となる）を用いた．耐久年を 40 年とした場合のこれらの劣化曲線の例を図 1 に示す．2 次式は塩害による劣化，1 次式は疲労による劣化，0.5 次式は ASR による劣化を想定した式である．

耐久年に関しては，感度分析を行うため変化させた．

どの健全度でどの対策を行うかを決定する対策シナリオについては，予防保全的な危機管理型に統一した．

表 1　検討要因

検討要因	本研究での条件	
	条件数	備考
劣化曲線形状	3種類	2次式，1次式，0.5次式
耐久年	3種類	基準耐久年および，その1.2倍，0.8倍

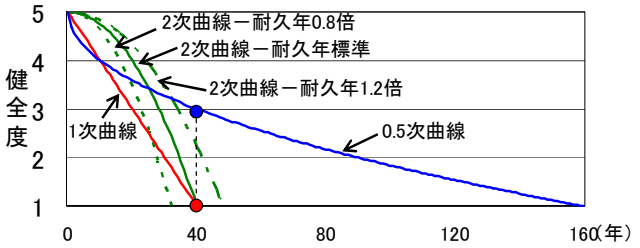

図 1　劣化曲線設定の例

2.2　LCC 算出方法

コンクリート製，鋼製の道路橋群を対象とし，部材を主桁，床版，支承に限定した．対象期間を 100 年間とし，この期間にかかる維持管理コストを，対策シナリオ・単価を定めて算出した．

キーワード　劣化予測，LCC，コスト平準化
連絡先　〒615-8540　京都市西京区京都大学桂　TEL 075-383-3321　FAX 075-383-3324

2.3　年度コスト平準化の操作方法

図 2 に示すように，年平均コストに対し「山」を崩し「谷」を埋めるという考え方のもと，対策の「前倒し」「先送り」を行い，コスト平準化を行った．また，「前倒し」「先送り」可能な期間については，図 3 に示すような劣化曲線に基づいた階段状の管理曲線を設定し，同一段にある期間（健全度ランク維持期間）内とした．すなわち，簡略化のため平準化によって健全度ランクは変わらず，それに伴って対策工法も不変とした．

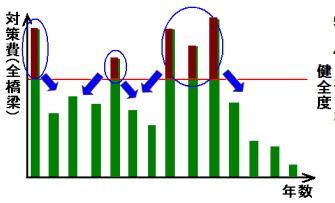

図 2　平準化イメージ

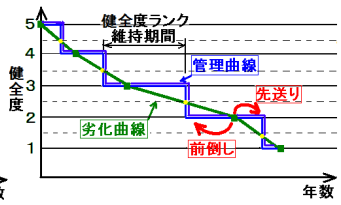

図 3　健全度ランク維持期間

優先的に前倒しする対策の順位については，表 2 の通りである．以上のルールに基づいて操作を行ったが，手順は必ずしも一意的に定まるわけではなく，高い平準化達成度を目途に試行錯誤を繰り返した．

表 2　年度コスト平準化操作における優先順位

部材種類	健全度	橋梁の種類	対策費	優先順位
主桁	低	コンクリート	大	高↑↓低
床版	中			
支承	高	鋼橋	小	

2.4　平準化達成度の評価指標

各年度コストが予算額を超過しても大幅に下回っても，事業の連続性の観点から望ましくない．また，同じく，突発的な大コストも許容することはできない．

前者の考え方に基づき，年平均の予算額に対して平準化後の各年度コストがどの程度ばらついているかを評価する指標を用いた．この第一の指標「平準化指標」は変動係数に相当するもので，0 に近づくほど，ばらつきが小さい，つまり，より平準化されていることを示すものである．この考え方に基づくものとして，他に標準偏差（金額）に相当する指標を用いることもできる．

また，後者の考え方に基づいたものとして，対象期間内で最大となる年度コストを年平均の予算額で除した指標を用いた．この第二の指標「最大比率」が小さいほど，より平準化がなされていることを示す．

今回は紙面の都合上，平準化指標についてのみ示す．

3. 結果および考察

平準化後の年度コストの推移の一例を図 4 に，劣化曲線形状および耐久年と平準化指標との関係を図 5 に示す．

図 5 において，異なる次数間で比較すると 1 次式を用いた場合に，同じ次数間で比較すると耐久年が短い場合に，平準化が進んだことがわかる．この理由として，1 次式を用いた場合や耐久年が短い場合は，他の場合に比べて（初期の）劣化速度が速いことが挙げられる．このため，頻繁に対策を行う必要があり，図 4 に示すような「谷」が狭まり，密になったと考えられる．

また，穏やかな劣化を想定した 0.5 次式において，あまり平準化が進んでいないこともわかる．この原因として，図 4 に示すような，1 径間 1 部材当りのコストが大きい大規模橋梁と LCC との関係が挙げられる．0.5 次式の場合，穏やかな劣化を想定していることから，対策を頻繁に行う必要がなく，LCC，つまり年平均の予算額が低くなる．しかし，大規模橋梁に対するコストは，劣化曲線形状とは関係なく一定であるので，低く抑えられた年平均の予算額を（相対的に）大きく超過してしまう．これにより，平準化が進まなかったものと考えられる．

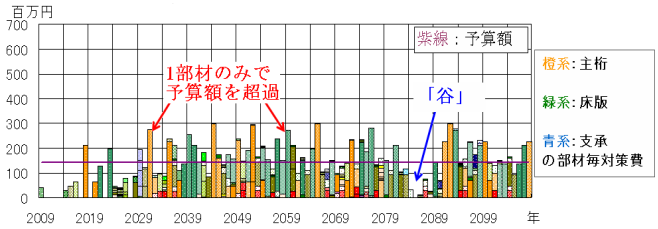

図 4　部材ごと年度コスト推移グラフの一例

(0.5 次式-耐久年標準/平準化後)

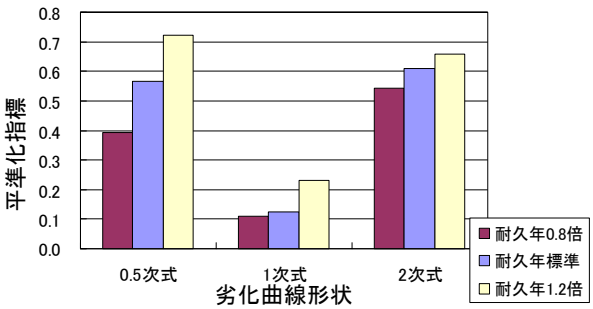

図 5　劣化曲線形状および耐久年と平準化指標との関係

4. まとめ

(1)　1 次式の場合や，耐久年が短い場合に，ばらつきが少なくできた．つまり平準化がより進んだ．

(2)　穏やかな劣化を想定した場合に，より平準化されるというわけではない．この原因としては，大規模橋梁の存在が考えられる．

【参考文献】

1)　(社)建設コンサルタンツ協会近畿支部　アセットマネジメント研究委員会：アセットマネジメントの普及を目指して，2007