

GAを援用した橋梁群の経時的補修費用均等化に関する研究

金沢大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○ 新谷光平
 金沢大学大学院自然科学研究科
 (KK 日本海コンサルタント) 正会員 阿曾克司
 金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 近田康夫
 金沢大学 正会員 城戸隆良

1. 背景・目的

我が国では、現在まで多数の橋梁が建設されており、その多くが将来劣化が進行すると予想されている。そこで、橋梁を資産としてとらえ、管轄下にある橋梁群の状態を把握・評価し限られた予算の範囲内で費用対効果の高い補修を行っていく、アセットマネジメントといった考え方が提案されている。アセットマネジメントを実現するためのアプローチには複数あり、これまでに様々な考え方が提案されている。単年度における費用対効果の高い補修橋梁と補修部位の組み合わせを得ようと試みたもの、1つあるいは少数の橋梁を対象として、LCCの最適化、確率的な手法から補修部位の詳細な劣化予測、そして中長期的に補修費用を年度ごとに均等化しようと試みたものなどがある。

しかし、実務で想定される100橋以上を対象とした研究事例はほとんど見当たらない。本報告では、2次元線列で構成される遺伝的アルゴリズムを適用し、多数の橋梁を対象として年度補修費用を均等化する管理アプローチを試みた。

2. システムの概要

(1) 劣化予測について

年度ごとの補修費用を算出するためには、各補修部位に関して劣化予測を行い補修年度を決定しなければならない。これは各補修部位ごとに一律に劣化曲線を仮定して補修年度を算出することとした。補修を行う健全度のレベルは一定とする。また、補修を行うことで部材の健全度は完全に元に戻り、補修を繰り返しても劣化速度は変わらないものとする。

予算の制約がなく、劣化予測どおりに理想的な補修が行われる補修計画を初期計画とし、各補修部位における補修年度の前後において、ある一定の期間内であれば健全度が変わらないとする。この期間内で各補修部位における補修年度をずらし、年度毎の補修費用を均等化する。ずらし幅は、各部位ごとに仮定した劣化曲線から補修間隔を算出し、その任意の割合分、ずらすことが可能とした。ずらし幅が1年未満の場合は、前後1年のみずれることが可能とした。

(2) 補修対象

使用するデータはI県が昭和57年から63年に行った定期点検に基づく橋梁点検台帳のデータである。ここから、欠値のない204橋を対象とし、さらに14点検項目から10項目を補修対象とした。

各橋梁の各部位は仮定した劣化曲線に従って経年劣化するものとする。

部位によっては足場費用などを考慮すると、同時に補修する方が合理的かつ経済的である場合が多い。これを考慮するための組み合わせ表を表-1を示す。

表-1 同時に補修することが好ましい項目

タイプ	点検項目	舗装	高欄	床版	主構	支承	継手	排水	塗装	材質
1	橋面舗装							2		
2	地覆高欄		1	2				2		
3	床版			2	2	3			2	
4	主構			2	2					4
5	支承						3		2	
6	伸縮継手									
7	排水装置							2		
8	塗装				2	3			2	
9	安定材質				2	3				4

数字は足場の種類（同じ番号であれば共有可）
 1,2 つり足場, 3 張り出し足場, 4 枠組み足場

(3) GAの適用

遺伝子フォーマットは、初期計画における補修時期から前後何年ずらすかの移動量を遺伝子とし、部位毎に初回、2回目…の補修時期が行を構成。数行でひとつの橋梁の補修計画部分線列となる。これを全橋梁分組合わせて2次元の全体線列となる(図-1)。

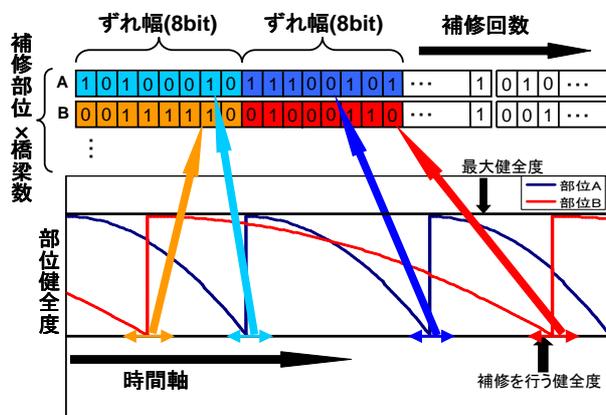


図-1 線列構造

目的関数は以下の4つから任意に2つを組合わせて選択できるようにした。

- ① 計画年数内における年度補修費用の最大値を最小化，
- ② 年度補修費用が初期平均費用（初期計画における平均年度補修費）を上回る年度のみ対象として，年度補修費用と平均値との差を最小化，
- ③ 各年度補修費用と初期平均費用との差を最小化，
- ④ 橋梁群のLCCを最小化する。

橋梁群のLCCが初期計画のLCCを上回った場合に，これをペナルティとして評価する。また，それぞれの目的関数に対応する評価値が初期計画の評価値を下回った場合にのみペナルティを課すこともできるようにした。

3. シミュレーション結果

現在までに構築したプログラムでのシミュレーション結果についての考察を述べる。計算は，個体数200，交叉率0.9，突然変異率0.01，最大世代10000とした。

図-2は，横軸に年度，縦軸に年度補修費用をとり，計画年数を100年，各補修部位がずれることのできる幅は各標準補修間隔の5%，目的関数は①と②の組合わせによる均等化を行った結果を一例を示している。

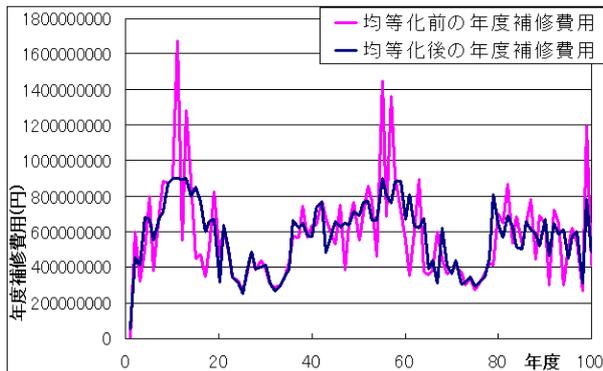


図-2 年度費用均等化

均等化前では，10年，55年，100年前後に3度ピークがあり，最も高い10年前後のピークでは約17億円であったが，均等化後は約9億円までピークを下げる事ができた。同じく，2度目，3度目のピークも下げている。これは，ピーク年度の補修が前後に分散したためである。図-3，図-4は橋梁毎の補修費用の内訳を表している。最初のピークを例にとると，11年度に比較的大きな補修を行う橋梁が4橋あるが，均等化後にはこれらが前後に分散することでピークを下げていることがわかる。

図-4から，もともと橋面積の大きな橋梁では，床版や主構といった補修単価の高い部材の補修費用が非常に高くなる。そのため，均等化が進むと1つの橋梁の補修費用が当該年度の予算をほぼ占める結果となり，それ以上の均等化が困難となる。

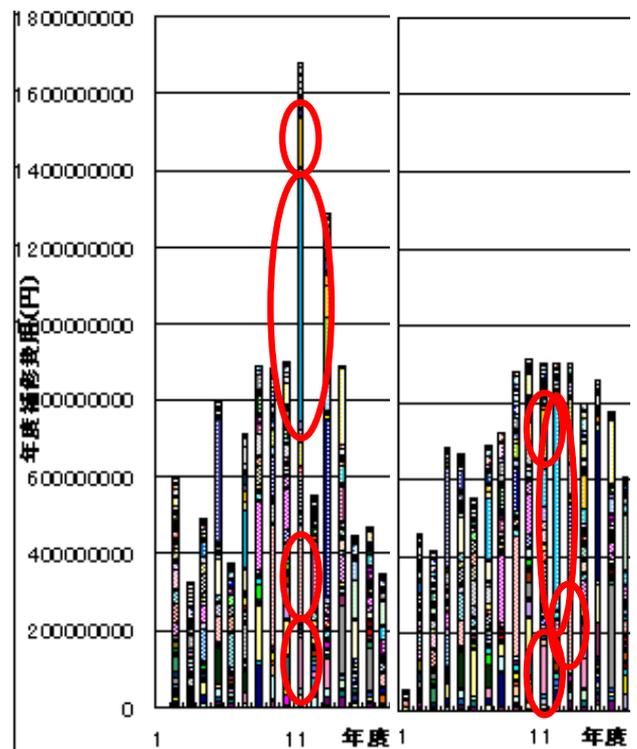


図-3 補修費用内訳1

図-4 補修費用内訳2

GAで求められた準最適解における，初期計画からのLCCの増減は，LCCをペナルティとして与える，与えないに関わらず，ほぼ同じ結果となった。これは，100年度付近のピークを下げるには，個々の補修部位を後年へずらしていき，補修回数を少なくした方が下げ易かったからであろう。実際，初期計画で100年度付近のピークの大部分を占めていた補修部位が，後年へずれることによって計画年数からはずれ，補修回数が少なくなっていた。本研究では，補修時期をずらせる範囲内であれば補修工法・補修費用が変化しないため，補修を後回しにする計画と，前倒しにする計画に補修費用の差が生じない。このため，後回しにする計画が選択されたと考えられる。

4. 結論

個々の橋梁のLCC最小化を指標とした場合には，年度予算のばらつきが極端になり，全体として非現実的な管理計画となることから，年度予算の平坦化が求められている。これを解決するためのひとつのアプローチを試み，効果を確認することができた。

基本的なスキームを構築できたことから，今後は実務的に考慮すべき事柄，例えば，予算制約を行った場合の合理的な処理などを実装していく予定である。

参考文献

- 1) 中谷昌一：国土交通省における道路アセットマネジメントの考え方，土木学会誌 Vol.89, pp.24-26, 2004年8月
- 2) 小澤一雅：アセットマネジメントシステム導入の考え方，土木学会誌 Vol.89, pp.10-11, 2004年8月
- 3) 河村圭：Bridge Management System(BMS)の開発および実用化に関する研究，山口大学博士論文，2000年3月