

ユーザーコストを考慮した道路橋の最適補修スケジュールリング支援

金沢大学大学院

金沢大学大学院自然科学研究科

金沢大学

学生会員 平田賀也

正会員 近田康夫

正会員 城戸隆良

1. 背景・目的

わが国では、地形上の制約から橋梁が存在する路線が多く、道路ネットワークの中で橋梁が非常に重要な役割を担っている。これまで多くの道路橋が整備され、橋梁の資産量は相当な量に及んできた。そのうち、高度成長期に建設された道路橋群は5年後には供用年数50年を超える高齢橋となるため、限りある予算の中で数多くの橋梁の管理と補修を行っていくために、無駄が少なく効果的な補修計画案を作成する手法を確立する必要がある。また、橋梁のライフサイクルコストには、橋梁が通行不能又は走行速度が規制される場合の利用者への影響、いわゆるユーザーコスト (User Cost, 以下, UC) が含まれる。現実的な視点から、補修橋梁が密集して大渋滞が発生するような事態を避けるため、補修計画案を作成する上でも UC を考慮する必要がある。

UC はこれまで、橋梁の重要度を評価する場合の指標やライフサイクルコストの分析等において用いられてきたが、補修計画案を策定する上で、UC を直接的に利用している例はほとんどない。本報告では、UC を評価値として、それを最小化することを考慮した詳細な補修スケジュールリングを行うことを目的とする。ここで、補修スケジュールリングには GA を援用する。これは劣化曲線に基づく中長期的なものではなく、中長期の補修計画案で確定した計画初年度から数年間の補修対象部位に関して補修時期をそれぞれ詳細に決めるといった補修の実施計画案である。

2. システムの概要

(1) UC を考慮した補修計画案

本報告では、UC を道路ネットワーク全体における走行時間費用の増加量として定める。

a) 交通規制による走行時間費用の増加橋梁の補修工事による交通規制があるリンクについては、交通規制時の Q-V 係数でリンク走行時間を計算するという形をとり、交通量配分は分割配分法で行う。

図 1-1 のような同一路線に 2 つの補修橋梁がある場合、一方の補修時期をずらすことにより同年度に両方の補修を行うことができれば UC は半分に削減されることになる。反対に図 1-2 のような補修橋梁 1 の迂回路上に他の補修橋梁 2 がある場合には、同年度に補修を行ってしまうと迂回路をさらに迂回する形となり UC が増大してしまうので、一方の補修時期をずらし別年度で補修を行った方がよい。

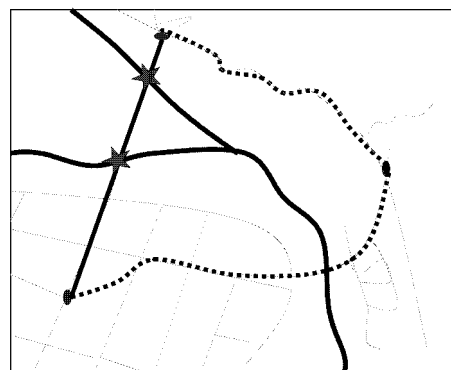


図 1-1. 道路ネットワーク図 1

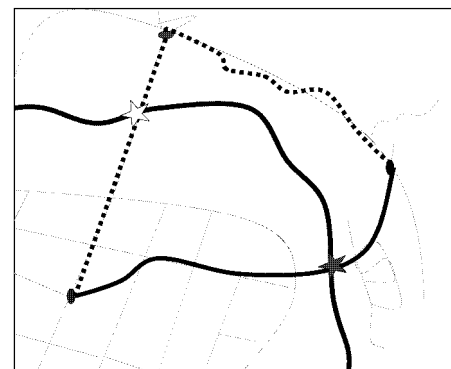


図 1-2. 道路ネットワーク図 2

実線が本線、点線が迂回路、星印が補修対象橋梁

b) ユーザーコストの算出式 UC をネットワーク全体での走行時間費用の増加量とし、その算出式を式 (1) に示す。

$$UC = C_0 \cdot \sum_{ij} (T_{ij} \cdot Q_{ij} - t_{ij} \cdot q_{ij}) \dots\dots\dots (1)$$

- T_{ij} : 通常時の ij リンクの走行時間 (時)
- Q_{ij} : 通常時の ij リンクの交通量 (台/日)
- t_{ij} : 交通規制時の ij リンクの走行時間 (時)
- q_{ij} : 交通規制時の ij リンクの交通量 (台/日)
- C_0 : 時間価値 (1800 円/時・台)

(2) 補修対象

本報告では、既存の定期点検結果(昭和57年度から昭和63年度)を基に作成された橋梁点検台帳のデータを利用する。全橋梁数は210橋で、そのうち損傷が激しく、比較的早い段階で補修が必要と考えられる数十橋を選択して補修対象橋梁とする。点検項目を表-1に示す。14個の点検項目のうち10項目を補修対象とした。

表-1 橋梁点検台帳

橋梁名	橋面舗装	地覆高欄	床版	床組	主	支	伸縮継手	排水装置	塗	洗掘変動	躯体変動	安定構造	安定材質	耐震性	損傷度評価
A橋	○	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	B
B橋	○	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	D
C橋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	A
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Z橋	○	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	C

・コンクリート橋(表では、B、C橋)に関して塗装の項目はない。

(3) 補修スケジュールリング

スケジュールリングにGAを適用する場合、線列のコーディングは、補修部位として選択された部位に通しナンバーを割り振り、図1に従うように橋梁別にランダムに左から順に並べ替える。各橋梁の補修部位数に応じた割合で乱数を発生させ、発生した乱数の橋梁の補修部位を左から1部位取り出し、線列に左から順に割り振られた通しナンバーを遺伝子としていれる。なお、線列(A)の下段に示されている”①-3”とは橋梁①の3番部位を表している。

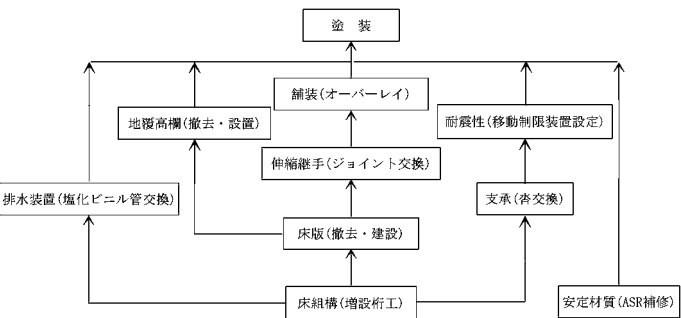
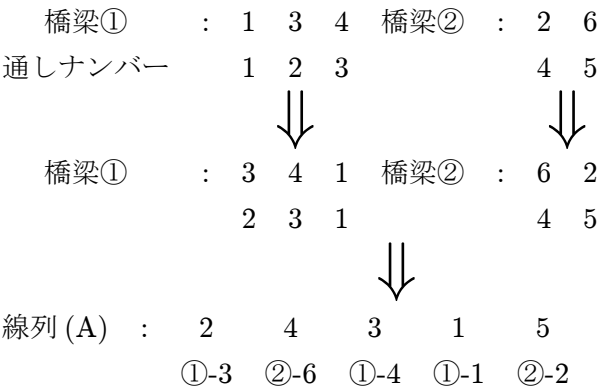


図-1 補修順序のアロー・ダイアグラム



順序に制約のあるスケジューリング問題における、交叉には順序関係が崩れないような工夫が必要となる。まず、交叉する場所を決め個体(A)の長い方の線列を残し、短い線列を個体(B)の順序関係と同じになるように並べ替える。個体(B)においても同様の作業をすることによって、図1に沿った順序関係を崩さずに交叉することが可能である。

- 個体(A) : 7 2 3 6 † 1 5 4
- 個体(B) : 6 2 3 4 † 7 5 1

- ↓
- 個体(A)' : 7 2 3 6 4 5 1
- 個体(B)' : 6 2 3 4 7 1 5

b)UCの算出

スケジュールリングでは、事業別に補修を実施するものと考え、事業ごとに1年間の補修日数を250~300日、事業年数3~5年、1年当たりの補修予算を制限して事業ごとに割り当てられた工事を実施するものとする。

なお、事業数が3事業であれば、工事の割り当ては線列の左から順に1・2・3事業という形で割り当てる。そして、補修工事の行われる路線では走行速度の減少、又は通行止めといった制限をかけて交通量を配分し、補修実施日ごとにUCを算出する。また、平日・土日祝日や大型連休・年末年始、冬期といった補修日の種類別にOD交通量・走行速度及び補修の是非を設定できるものとする。これにより、寒冷地の積雪による走行速度の減少や観光地の交通量増加など、地域の特性に対応した補修計画案が作成可能となる。

参考文献

1) 西 雄一: GA による橋梁補修計画支援, 金沢大学修士論文, 1999.
2) 杉本博之、阿部淳一、赤泊和幸、渡辺忠明: 種々の制約下における橋梁維持補修のための公共投資の最適化に関する一考察、土木学会第59回年次学術講演会、No.59/1-092,pp.183-184,2004.9