

部材交換構造を前提とした橋梁群のLCCによる実現可能性評価

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○内海正浩

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 内田 敬

1. 背景・目的

現在、高度経済成長期を中心に建設された社会資本は年々高経年化が進んでおり、維持管理・更新費は着実に増加している。また、従来の橋梁は主構造の交換を考慮しておらず、性能が低下した場合に、交換には困難が伴う上、その部材は多くの場合、橋梁固有の形状として製作せねばならない。

一方、環境負荷の低減が求められる近年、中小支間長の橋梁を対象とし、図-1に示す交換構造と永久構造に分化したECO-Bridgeが提案されている¹⁾²⁾。設定した短い耐用年数で定期的に交換構造部を交換し、使用後の交換構造部は工場で点検・補修を行う。つまり、現地では困難な詳細点検が容易となり、点検品質の向上も期待できる。また交換構造部は汎用化、大量生産によってコスト低減も可能とし、点検後は他のECO-Bridgeの部材として再利用可能である。

一方、現在の維持管理手法は表-1に示す3タイプに分類される³⁾。この中で最も優れている手法は危機管理型と呼ばれる補修シナリオであるが、この補修シナリオとECO-Bridgeの考えは正反対のものだと位置づけられる。

そこで本研究では、交換構造部を持つECO-Bridgeに対して、制御変数を設けてLCC(Life Cycle Cost)の感度分析を行い、従来の補修シナリオと比較することでECO-Bridgeが有利となる条件を明らかにする。

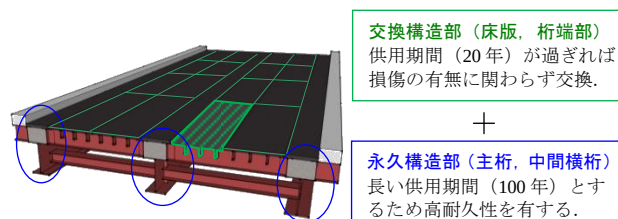


図-1 ECO-Bridge イメージ図

表-1 補修シナリオの分類

分類	詳細
使い捨て型	使用限界において床版打替えで対応。
対症療发型	耐荷力に影響が及ぼす損傷ランクまで対処せず、更新限界においてせん断補強（鋼板接着+上面増厚）を行い、その後、打替えを行う。
危機管理型	損傷度に応じて長寿命化のための補修を行う。ここでは耐荷力に影響を及ぼさない範囲で早めに繊維シート接着で対処するものとした。

2. LCC 比較モデル

実現可能性の検討にはECO-Bridgeと従来橋梁をLCCで比較評価して可能性を検討する。本研究では補修費用と補修に伴う迂回損失時間を金額換算した和LCC（評価値）として比較した。また、評価値算出に関する補修・補強の回数やタイミングは、橋梁の耐久性を模擬した健全度を用いた劣化モデルを作成することで確定的に定めた。評価値である損失時間価値は道路網に流れる交通量に大きく依存するため、H.22 交通センサスから得た各道路級での平均値を代表値として3つの交通量で比較評価を行った。なお道路網は図-2に示すよう橋梁が4橋存在する道路網を設定した。

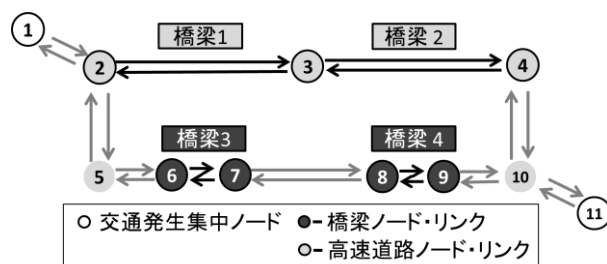


図-2 設定道路網

2.1. GAによる橋梁群最適補修シナリオの算出

ECO-Bridgeの比較対象として従来の橋梁が最適に維持管理されている状態での評価値を求める必要がある。ここでは簡易的に作成したLCC評価モデルにおいて既往文献⁴⁾をもとに、表-2に示すように8つの補修工法を遺伝子配列として各変数と結び付けることにより遺伝的アルゴリズム（以下GA）を用いることで最適補修計画を算出した。

表-2 補修シナリオ対応表

補修コード	補修工法	健全度回復度	耐用年数(年)	補修費用(円/回)	通行規制(時間)
0000	-	-	-	-	-
0001	-	-	-	-	-
0010	断面補修工法A	2	35	2,100	30
0011	床版打替え	5	50	4,500	60
0100	接着工法	0	40	1,500	30
0101	-	-	-	-	-
0110	増圧工法、床版防水工法A	0	60	1,800	30
0111	表面被覆工法	0	20	1,800	30
1000	ひび割れ補修工法	1	30	1,200	12
1001	-	-	-	-	-
1010	-	-	-	-	-
1011	-	-	-	-	-
1100	断面補修工法B	1	45	900	30
1101	増圧工法、床版防水工法B	0	60	1,200	12
1110	-	-	-	-	-
1111	-	-	-	-	-

Key Words : ECO-Bridge, 維持管理, 遺伝的アルゴリズム, 感度分析

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL:(06)6605-2713

2.2. 感度分析による ECO-Bridge の LCC 算出

新たな ECO-Bridge という橋梁システムは開発段階であり施工実績もなく、多くの条件は不確かかつ不明確である。そのなかでも評価値に大きな影響を及ぼすであろう「交換構造部の単位費用」と「交換時に要する通行規制時間」を制御変数として、表-2 に示す床版打替えの変数を上限として感度分析を行った。本研究での変数の取り扱いを表-3 に示す。

表-3 変数の橋梁モデルによる設定比較

変数の所属	変数	各モデルでの取り扱い	
		従来橋梁	ECO-Bridge
補修シナリオ	補修費用	GAIにより選択	床板交換の値を段階的に実行(制御変数)
	通行規制時間		
	健全度回復度		
	物理的寿命		任意に設定
道路網	QV式	任意に設定(文献 ⁵⁾ を基に3種類)	
	設定OD	任意に設定(交通センサスを基に3種類)	
橋梁	劣化加速度	任意に設定	
	橋梁数		
評価値	補修回数		
	損失時間価値		

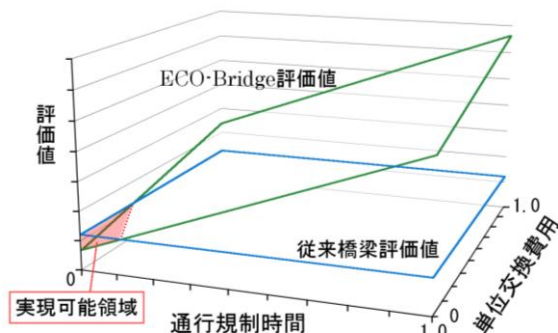


図-4 実現可能領域

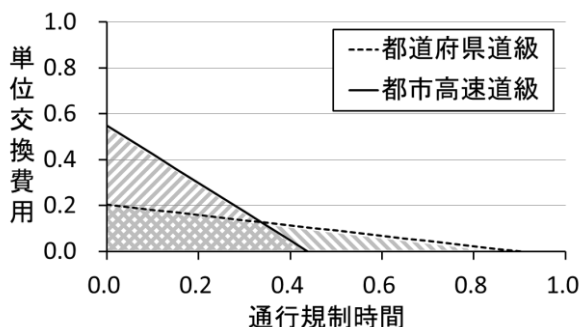


図-5 各交通量による実現可能領域切断線

3. シミュレーション結果

GA の求解は MATLAB を用いて行った。図-3 に最適化された補修シナリオで補修された橋梁の一例を示す。また ECO-Bridge の交換作業は制御変数を任意に設定することで再現した。

図-4 に示すように従来橋梁と ECO-Bridge の評価値を比較したとき、従来橋梁よりも ECO-Bridge の評価値が下回る領域が実現可能領域である。ここに各軸の値は従来橋梁の床版打替えの通行規制時間、単位補修費用を 1 とした時の交換構造部の値である。つまり図-5 では各変数が床版打替えと比較して、どの程度削減すれば実現可能領域にたどり着くのかを示している。

この結果から、都市高速道路のような交通量の多い路線の場合は交換単位費用、通行規制時間ともに床版打替えの半分以下となれば ECO-Bridge の方が優れていることがわかる。

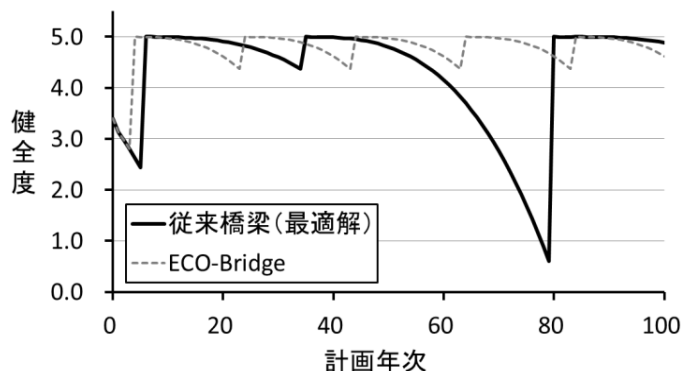


図-3 GAによる最適解（例）

4. 結論

従来橋梁の補修工法において遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて最適化し、ECO-Bridge の不確定な変数を制御変数として感度分析を行い比較することで以下のことが明らかになった。

- 1) GA を用いて、各補修工法と健全度回復度、耐用年数、通行規制時間を結び付けることで補修シナリオの最適化を行うことができた。
- 2) 交通量が多い箇所では迂回損失時間が大きくなるため、通行規制が短時間である ECO-Bridge が有利となり実現可能性が高い。

本解析で用いた道路網は簡易的かつ橋梁数も少ないものであり、費用も評価値に大きな影響を与える維持管理費用、損失時間価値に限定している。今後は運搬費用やストックヤード等の最適配置計画等を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 山口隆司, 奥井義昭, 山口栄輝, 阿部雅人: 急速架設再利用性を考慮したモジュラー型橋梁システム「ECO-Bridge」の提案と性能保証技術の開発, 報告書, 2010
- 2) 内海正浩, 山口隆司, 松村政秀, 小林茂, 美濃智広, 光川直宏: 急速施工可能な ECO Bridge の主桁構造部に関する2,3の検討, 土木学会関西支部年次学術講演会, 2012
- 3) 国土技術政策総合研究所: 住宅・社会資本の管理運営技術の開発, 国総研プロジェクト研究報告第4号, 2006
- 4) 中村秀明, 宮本文穂, 河村圭: 遺伝的アルゴリズムによる既存橋梁の最適維持管理計画の策定, 最適化に関するシンポジウム講演論文集, 1997