

I-A 399 道路橋の補強計画における Genetic Algorithms 評価システムに関する研究

(株) ガイアートクマガイ 正会員 奥野 直敬 茨城大学 フェロー 岩松 幸雄
茨城大学 正会員 呉 智深 茨城大学 正会員 原田 隆郎

1. はじめに

橋は量的増加、周辺環境の悪化による劣化損傷が喧伝されているにもかかわらず、その補修・補強の現状は事後的なものが主流となっている。又、大地震、特に兵庫県南部沖地震と一昨年のノースリッジ地震により、数多くの危険な構造物の存在、早急に耐震計画を立案することが明示された。しかし、多くの制約（費用等）により簡単に問題を解決することは出来ない。そこで本研究は、合理的な補強計画を策定するためのシステムの構築を前提とし、橋の重要性や点検結果等に基づいて橋の重要度を分析し、その結果と補強予算により、どの橋のどの部材を補強するかを決定するとともに、橋の補強優先順位を決定するための一手法を提案する。

2. 補強計画における重要度分析

本研究においては重要度を図-1に示す4要素から構成されるものと定義した。特に、「既存構造物の重要性」については、佐藤らによる「大都市における既設道路橋の地震防災上の重要度の評価手法」を参考に分析を行った。また、橋の重要度という不確実な要素を定量化し、それに基づく補強優先順位を付けることは非常に困難なことであるため、本研究においてはこの重要度を「都市のインフラストラクチャーとしての重要度」「震災時の都市の社会的損失としての影響度」の、二通りの観点から分析を行った。重要度分析の手順を図-2（図中の式は、他の要素にも同様に適用する）に示す。

3. 重要度を考慮した構造物の補強計画におけるGAシステム

(1) 構造物の補強計画とGAシステム

管理する橋梁の数、要補修点検項目数の膨大な組合せから迅速に補強計画を立案することが求められる。組合せ数の大きな組合せ最適化問題に対しては遺伝的アルゴリズム（GA）の適用が注目されている。そこで、本研究では既存橋梁の重要度に基づいて、

一定の予算内で最大の効果をもたらす補強優先順位を決定する。具体的には、点検結果による重要度分析に基づいた結果により、補強する橋梁のトータルの重要性を最大とする補強橋梁、部材の組合せ最適化問題にGAを適用する。図-3に基本フローを示す。

(2) 構造物の補強計画におけるGAシステムの構築

a) 目的関数および制約条件

橋梁の補強計画にGAを適用するにあたり、次のように目的関数、制約条件を設定した。

（目的関数）

$$F = f_{(c)} \times \sum_j \left(I \times \sum D \times T \times S \times V \right)$$

i : j 番目の橋梁の i 部材、 j : 橋梁番号

$f_{(c)}$: 補強予算に対する総補強費用の評価値

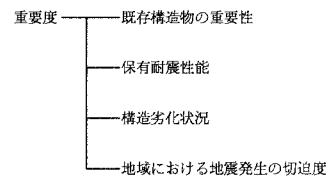


図-1 重要度構成要素

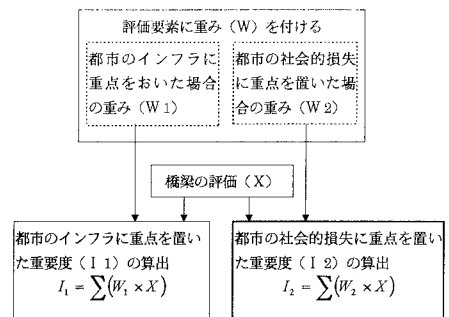


図-2 重要度に関する要因の算出手順

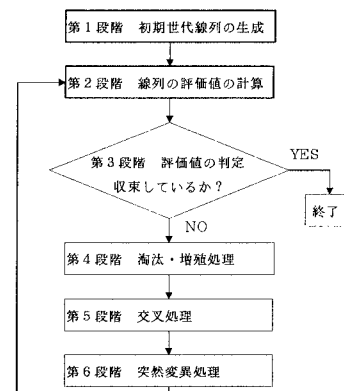


図-3 GAフローチャート

I ：既存構造物の重要性、 D ：構造劣化状況
 T ：保有耐震性能、 S ：地域における地震発生の切迫度
 V ：（0，1）線列（「0」補強不要、「1」要補強）
（制約条件） $g = C - c \geq 0$ C ：補強予算 c ：補強費用
補強は構造劣化の大きいもの、保有耐震性能の小さいものから行う
b）補強優先順位決定方法

本研究では、以下の3通りの補強優先順位決定方法を提案する。
方法①：定額の予算を与えたときの補強費用により決定
方法②：方法①で求めた結果を正規化して、その総和により決定
方法③：費用を考えないで、重要度のみで決定

4. シミュレーション

構築したGAシステムに対して、茨城県内の国道6号、国道50号、国道51号上に架かる15m以上の橋梁109橋を対象にシミュレーションを行った。その際、重要度構成要素の一つである「地域における地震発生の切迫度」は、シミュレーションの対象を茨城県としているので、今回は省略した。分析で使用したデータは、「既存構造物の重要性」については表-1に基づいた重み、項目を使用し、「保有耐震性能」については、適用耐震設計基準をもとにして限界状態Ⅰ～Ⅲに分類を行った。「構造劣化状況」は、表-2に基づいた項目により評価を行った。

5. 考察

図-4は、予算1億円を与えたときの補強優先順位を表したグラフであり、同様に様々な予算を与えて得た結果を正規化したものが図-5である。方法①の結果は、重みに極端な差がないにも関わらず、優先順位にばらつき（局所会の可能性）がみられる。よって、方法②のほうが補強計画を策定する上で有用な方法であるといえる。図-6は、方法③による結果であるが方法①②に比べ、重要でない橋梁までが判別されていないことが分かる。以上より、検討を行った3方法のうちでは、方法②が最も有用である。

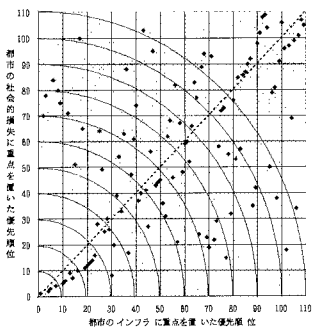


図-4 方法①による結果
（予算1億円の時）

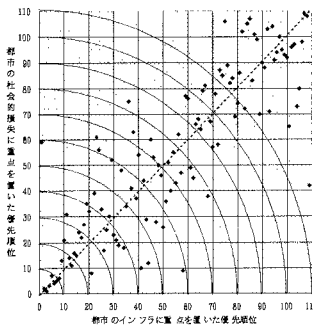


図-5 方法②による結果

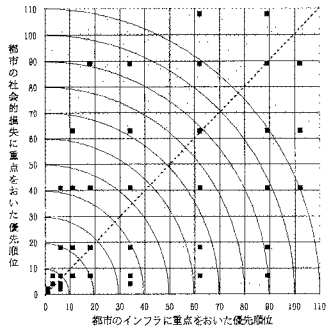


図-6 方法③による結果

表-1 重み付の例

	都市のインフラに重点を置いた場合の重み（W1）	社会的損失に重点を置いた場合の重み（W2）
路線名	7	2
車両交通量	4	4
大型車両交通量	3	10
橋下特性	10	4
迂回路の有無	3	6
交通の現況	3	4
地盤種別	5	5
橋梁形式	5	5
液状化発生の可能性	5	5
合計	50	50

表-2 構造劣化状況分析項目

点検箇所	点検項目
下部構造の変異	基礎の異常な変位 躯体の異常
支承部の変状	支承本体の損傷 アンカーボルトの抜け出し損傷 省座コンクリートの損傷 上下部構造間の異常な変位
落橋防止装置	可動支承における移動制限装置 基礎防止装置
桁等の変形	

6. おわりに

本研究は、補強計画におけるGA評価システムの構築を行った。今後、より多くのシミュレーションを行い、本システムにおける目的関数の一般化が期待されるとともに、GA自身の問題点とその改善策などについて検討する必要がある。

<参考文献>

佐藤次郎・篠崎之雄・佐伯光昭・磯山隆二：大都市における既設道路橋の地震防災上の重要度の評価手法、土木学会論文集，No.513/I-31,21