

道路ネットワーク上の劣化を考慮した道路構造物耐震補強・補修の優先順位設定におけるゲーム理論の適用

金沢大学

金沢大学

(株) 日本海コンサルタント

金沢大学

学生会員

正会員

正会員

正会員

○牧野信吾

近田康夫

喜多敏春

小川福嗣

1. はじめに

現在、多くの自治体では道路構造物の補強・補修順位の設定にあたり、耐震レベルの低い道路構造物が優先されて補強・補修されている。しかし、耐震レベルの低い道路構造物が優先されて補強・補修を進める場合、補強・補修期間中に災害が発生した際に道路ネットワークが寸断されることにより、避難路や緊急輸送路が失われる危険性が生ずる。そのため、道路構造物の補強・補修順位付けを行うにあたり、避難路や緊急輸送路の確保といった道路ネットワークのつながりを確保するという考え方も必要となる。

道路構造物の補強・補修順位の設定に関する研究には多くの事例があるが、いずれも交通容量や道路ネットワークの連結性の強さを指標として補強・補修順位を設定しており、個々の構造物の状態が考慮されていない。これらに対して、経済学におけるゲーム理論を適用することにより、道路ネットワークをプレイヤーとし各プレイヤーの効用が最も高くなるよう補強順位付けを行う方法が、喜多ら¹⁾により提案されている。本研究は喜多らの研究を基に、道路構造物の健全度を考慮することで、より現実に即した補強・補修順位付けを可能とすることを目的としている。

本研究では、補強・補修順位付けを行うにあたり、ゲーム理論のナッシュ交渉解を適用する。このとき、各道路構造物や区間をプレイヤーと考え、耐震補強・補修後のナッシュ積が最大となるナッシュ交渉解により補強・補修順位を決定する方法を用いる。また、補強・補修順位を求めるにあたり、遺伝的アルゴリズム (GA) を適用する。

2. 解析条件

道路ネットワークモデルは図-1 に示したものをを用いる。道路構造物として橋梁を設定し、耐震レベルを常時対応、レベル1地震動対応、レベル2地震動対応の3段

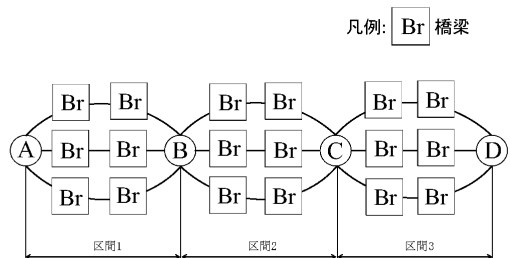


図-1 道路ネットワークモデル

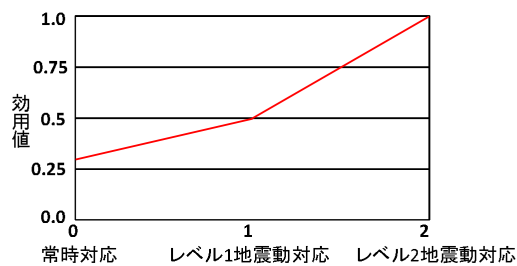


図-2 橋梁の効用関数

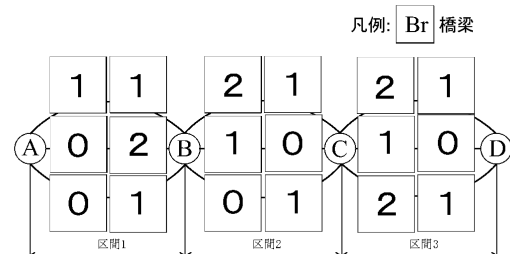


図-3 耐震レベルを与えた道路ネットワークモデル

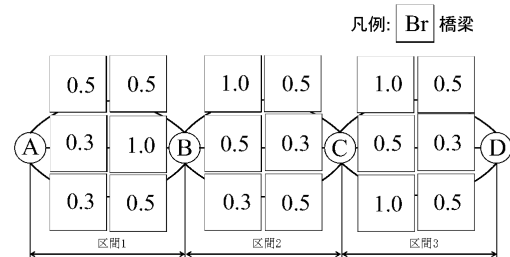


図-4 効用値を与えた道路ネットワークモデル

階で与える。橋梁の耐震レベルの効用関数を図-2 に与える。耐震補強前の耐震レベルを図-3 と仮定すると、このときの効用値は図-4 のようになる。

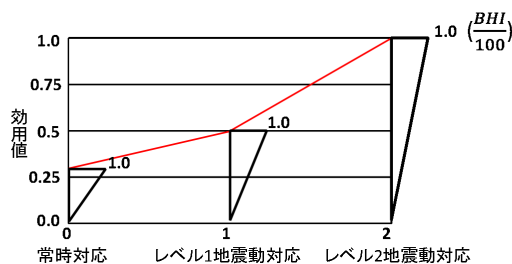


図-5 効用値の比例低減モデル

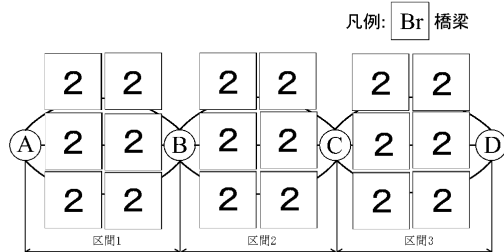


図-6 単一の耐震レベルの道路ネットワークモデル

3. 健全度の考慮

構造物の健全度指標である BHI(Bridge Health Index)を用いた、健全度を考慮した補強・補修順位の設定方法を確立するにあたり、以下の作業を行う。

健全な場合の効用値(図-2)に、BHI に応じた係数を乗ずることにより、道路構造物の健全度を考慮した効用値を考える。BHI に応じた係数を定めるための根拠資料を示すことはできないが、BHI の低下に対応して効用値も減少することは定性的に受け入れられるだろう。そこで、本研究では図-5 に示す通り、健全度に応じて係数が比例的に変化すると仮定して解析を行う。

計算式は式(1)の通りである。

$$Y = \frac{BHI}{100} \times X \quad (1)$$

X: 健全度を考慮しない場合の効用値

Y: 健全度を考慮する場合の効用値

4. 健全度を考慮したことによる効果

本研究における健全度を考慮することにより補強・補修順位を一意に定められる例について説明する。喜多らの研究による補強・補修順位付けでは各道路構造物の耐震レベルが異なる場合には、効用値に差が生ずることから各道路構造物の健全度は考慮できないものの補強・補修順位は一意に定まる。しかし、図-6 のように各道路構造物の耐震レベルを同一とする場合、図-7、図-8 のように本研究における全道路構造物の BHI が 100 の場合に相当することから、全道路構造物の効用値が等しい値となり補強・補修順位が一意に定まらない。しかし、本研究における補強・補修順位付けでは、各道路構造物の

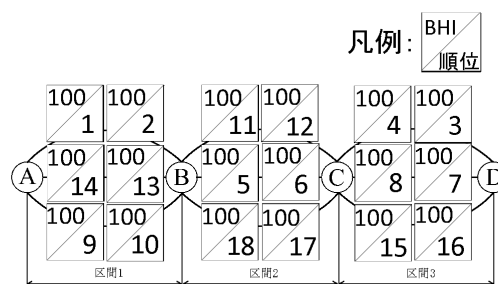


図-7 全道路構造物の耐震レベルと BHI が等しい場合の補修順位 (1)

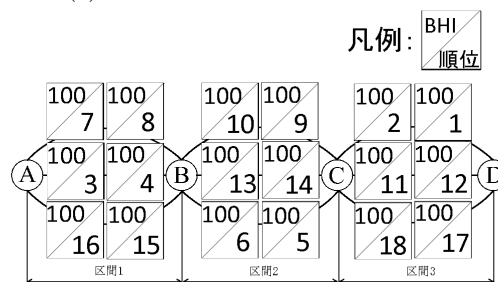


図-8 全道路構造物の耐震レベルと BHI が等しい場合の補修順位 (2)

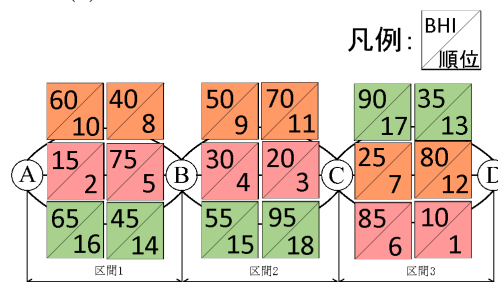


図-9 全道路構造物の耐震レベルが等しく、BHI が異なる場合の補修順位

健全度に応じて効用値に BHI を乗ずることによって各道路構造物における効用値に差が生じることから、道路構造物の耐震レベルが同一でも図-9 のように補強・補修順位が一意に定まる。また、耐震レベルの与え方が同一でも、健全度を考慮しない場合と考慮する場合では得られる補強・補修順位が異なる結果となることがわかる。

戦略として、ネットワークの潜在的弱点を補修し、かつ図の A-D 間の健全な連結を早期に確保する場合には、図-9 が最適解となる。

5. まとめ

本研究では、耐震レベルを指標としたネットワーク上の道路構造物の補強・補修順位の最適化手法に、現時点での健全度(劣化状態)を考慮することで、より現実的な補強・補修順序設定に対する一つの方向性が示せた。

参考文献

- 1) 喜多敏春, 近田康夫: 道路ネットワークを考慮した道路構造物耐震補強の優先順位設定におけるゲーム理論の適用, 構造工学集, Vol.59A, pp.244-251, 2013.3.