

長期橋梁修繕計画の最適化と社会的割引率の影響

株式会社 渋谷工業（北海学園大学大学院工学研究科） 学生員 渋谷 直隆
北海学園大学工学部社会環境工学科 正会員 ○杉本 博之
北海学園大学大学院工学研究科 学生員 工藤 正行

1. まえがき 近年の橋梁の老朽化に伴い、橋梁の管理者である地方自治体は橋梁長寿命化修繕計画を作成している。計画の策定は、橋梁の定期的な点検、点検結果の蓄積と劣化予測、LCC の計算というプロセスで行われ、社会的割引率は考慮されない場合が多い。LCC の算出は計画において重要なものとなり、その計算は将来的な劣化予測とコストモデルを対応させることで長期間を対象とし行われる。このような長期的な公共事業の費用便益分析を扱う際には発生する時期の異なる費用便益を適切に足し合わせる必要があり、本研究では、遺伝的アルゴリズム（以下、GA とする）を用いた 300 橋の実橋梁を対象とした維持管理計画の最適化において、社会的割引率を導入した計算を行い社会的割引率の影響を考察する。

2. 社会的割引率¹⁾ 本研究においては発生する時期の異なる費用便益を適切に足し合わせる手法として社会的割引率の導入を行った。社会的割引率は長期にわたる計画において、その期間における技術的な発展や新技術の開発などを反映するために用いられる。その国の国債の実質利回りなどより算出した割引率を用いた積算を行い、その計画において将来的に発生する費用便益を現在価値に置き換えることで計画の評価を行う。ここで、参考として各国の社会的割引率を表-1 に示す。表からもわかるように我が国では社会的割引率を国債の実質利回りを基に 4% を基本としている。本研究においては以下に示す定式化を行った橋梁維持管理計画の最適化問題において、社会的割引率を 0%、4% および 10% とした場合の設計解を比較する。

表-1 各国の社会的割引率

国名	社会的割引率
日本	4.0%
イギリス	3.5%
ドイツ	3.0%
ベルギー	4.0%
フランス	8.0%
スウェーデン	4.0%
ニュージーランド	10.0%
アジア開発銀行	10.0%~12.0%

3. 最適設計問題の定式化²⁾ ここでは維持管理計画策定の最適化における問題の定式化を行う。社会的割引率を導入した場合の目的関数は各年度において割引率が影響することから式 (1) のように示される。

○ 目的関数：
$$OBJ = \sum_{i=1}^{NB} \sum_{y=1}^{NY} \frac{C_{iy}}{(1+\eta)^y} \rightarrow \min \quad (1)$$

ここで、式中の OBJ は目的関数、 NB は対象となる橋梁数、 NY は計画期間、 C_{iy} は橋梁 i において y 年度に発生する維持管理費用、 η は社会的割引率を表す。本研究における目的関数は現在価値の合計である。また、制約条件は一般的な維持管理計画において設定される年度予算の制約と健全度の制約を設けている。設計変数は補修レベルと点検間隔とした。ライフサイクル期間内において、生成された点検間隔で全部材の点検を行い、健全度が補修レベル以下となった部材に対し点検年度の翌年に補修を行う。それぞれの設計変数の取り得る候補値は、補修レベル：4.0、3.5、3.0、2.5、点検間隔：2~9 年としている。また、本研究では実務において一般的に行われている維持管理区分の設定を行い通常橋梁と優先橋梁を考慮した最適化計算を行う。

4. 計算結果 以上の定式化において、対象橋梁数を 300 橋 ($NB=300$)、計画期間を 50 年 ($NY=50$)、優先橋梁数を 20 橋、初期²⁾ を 10 年間とした場合の補修費用を比較する。ここで、社会的割引率を採用しない計算を通常モデルとする。はじめに社会的割引率を採用した場合の目的関数と社会的割引率を考慮しなかった場合の総費用（以下、実総費用とする）の比較を表-2 に示す。表-2 に示すように、通常モデルでの実総費用の値は 163 億 1493 万円、4% の社会的割引率を導入した場合での実総費用が 165 億 6624 万円、10% の社会的割引率を導入した場合での実総費用が 167 億 6181 万円と社会的割引率の値が高い値を採用した場合におい

キーワード 橋梁長寿命化計画、社会的割引率、最適化

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 条 11 丁目 北海学園大学工学部社会環境工学科 TEL011-841-1161

表-2 各社会的割引率における総費用の比較

計算モデル	目的関数(億円)	実総費用(億円)	通常モデルからの増加率(50年間)	30年以降の実総費用(億円)	通常モデルからの増加率(30年以降)
通常モデル	163.149	163.149		70.888	
社会的割引率4%	81.153	165.662	1.54%	71.449	0.79%
社会的割引率10%	46.279	167.618	2.74%	74.059	4.47%

ては実総費用が増加する傾向が確認できた。

また計画期間の30年度以降の実総費用に着目すると、通常モデルでは30年度以降に70億8878万円、社会的割引率4%の場合は同様の期間に71億4490万円、また社会的割引率10%の場合は74億0588万円の補修費用が発生していた。どちらの場合においても社会的割引率を導入することにより、30年度以降の補修費用の増額が確認できた。これは社会的割引率を導入すると、計画後期になればなるほどその資産の価値が割り引かれることから補修を先送りにする効果が影響し、計画の後半に費用の発生を集中させた結果と考えられる。このことから、社会的割引率を採用することが計画期間に発生する費用を後期に分散させる結果が得られたと考えられる。

次に、図-1に示すように、通常モデルと社会的割引率を採用したモデルの部材健全度の平均値を比較する。

図において社会的割引率を0%とした通常モデルを青に、4%の社会的割引率を採用した場合のモデルを緑に、10%の社会的割引率を採用した場合のモデルを赤に示す。通常モデルと比較すると社会的割引率が4%の場合に計画後期において約0.02程度、社会的割引率が10%の場合に計画後期において約0.2から0.3程度、平均健全度の値が低い値を示した。このことから、高い社会的割引率が選択される場合においては、採用しない場合に比べ平均健全度が若干であるが低下する。対象橋梁の全体的な健全性の低下が確認できることから、実務における社会的割引率の適用は慎重な判断が必要となる。

最後に、最適化の結果より得られた点検間隔を図-2に示す。図中の破線においてそれぞれのモデルでの点検間隔の平均値を示している。社会的割引率の値が大きいほど短い点検間隔を採用する傾向を得ることができた。これは工事を先送りにすることにより計画前半において健全度を回復させることができないため長い点検間隔を採用できないことおよび、短い点検間隔を採用することにより計画後半に多くの補修を行う事を選択したことに起因すると考えられる。

5. まとめ 本研究においてはGAを用いた橋梁維持管理計画の最適化問題に社会的割引率を導入することで中長期的な橋梁の長寿命化修繕計画における社会的割引率の影響の検証を行った。社会的割引率を導入した結果、橋梁の補修を計画後期に先送りする傾向が確認できると共にそのことに起因し実総費用が増加することが確認できた。また平均健全度の推移に着目すると、社会的割引率を考慮した場合に平均健全度の低下が確認できた。平均健全度の低下は少ないものの社会的割引率の採用には慎重な判断が必要と考えられる。

参考文献 1) 国土交通省：公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針，2009.6.

2) 澁谷直隆，杉本博之：地方公共団体のBMSの現実的問題設定とGAによる最適化に関する研究，構造工学論文集 Vol.59A，230-243，2013.3.

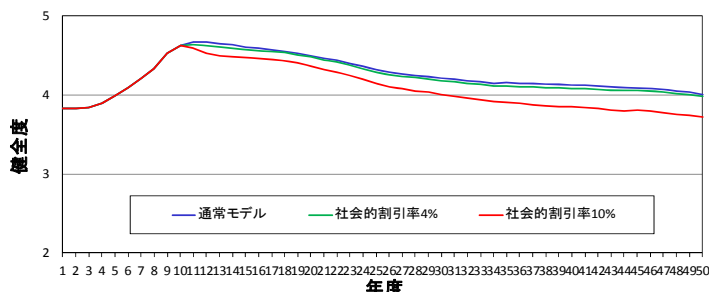


図-1 各モデルにおける平均健全度の推移

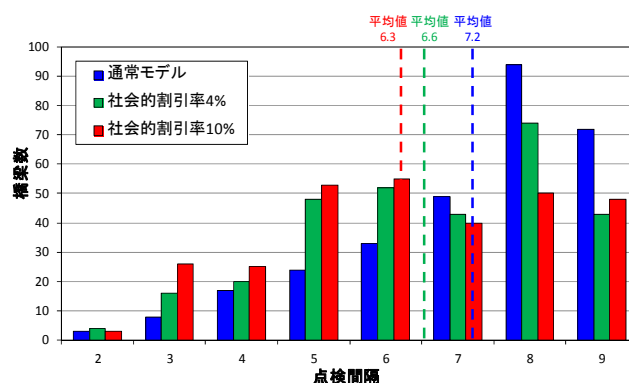


図-2 各モデルにおける点検間隔