

維持補修計画での社会的割引率の設定と 補修工事の最適実施時期に関する研究

国土交通省国土技術政策総合研究所 高橋宏直*¹

By Hironao TAKAHASHI

わが国の社会経済が持続的に発展するためには、既存の社会資本の機能を保持することが必要不可欠である。そのためには、従来の事後保全型の対応から予防保全型の対応に転換して、適切な維持補修計画を策定することが重要である。しかしながら、この維持補修計画の策定において社会的割引率の適用の考え方については十分には整理されていない。

このため、本研究では、これまでの社会的割引率に対する概念を分析したうえで、適用しない場合と適用すべき場合との考え方を整理する。さらに、維持補修計画で重要となる補修工事の最適な実施時期を明らかにする具体的なモデルを示す。

【キーワード】維持補修計画，社会的割引率，ライフサイクルコスト

1. はじめに

国土交通白書（平成 15 年版）¹⁾ では、社会資本のストック量（国土交通省所管分）は、1950 年の 8 兆円から 2001 年には 405 兆円になり、近年の 50 年間にストック量は約 50 倍にも達していることが示されている。

わが国の社会経済が今後も持続的に発展するためには、この大量の社会資本の機能を保持することが必要不可欠である。しかしながら、社会資本は一般的に物理的な耐用年数を有しており、一定期間の経過後には補修、改良、更新等が必要となる。この耐用年数を平均的に 50 年間で想定すると、先に示したように 1900 年代後半、特に高度成長期において整備された大量の社会資本の補修・改良・更新等の維持管理に要する費用が、21 世紀において急激に増大することが確実に予想される。

このため、社会資本全体を効果的・効率的に維持管理するための方策を構築することが求められており、その具体的方策として、社会基盤メンテナンス工学（2004）²⁾、さらにはアセットマネジメント

（2005）³⁾ 他が提案されている。この文献 3) では、社会資本のアセットマネジメントを「国民の共有財産である社会資本を、国民の利益向上のために、長期的視点にたって、効率的、効果的に管理・運営する体系化された実践活動」と定義している。これまでの主要な考え方の一つとして、従来での劣化が進展して施設の機能に対する支障が明確になってから補修する「事後保全」の対応から、劣化が進展する以前に小規模の補修を繰り返すことで大規模な補修の実施に至らないようにする「予防保全」に転換することが挙げられている。

しかしながら、実際の現場においてこの「予防保全」を実施する場合には、さまざまな課題が生じる。この予防保全を実施するには、費用対効果（いわゆる B （便益）／ C （費用） >1.0 ）を確保した上で補修工事を実施する最適なタイミングを選択した維持補修計画の策定が必要であるが、ここでの社会的割引率の適用が課題の一つとして挙げられる。

単純な事例として、事業費 100 億円の現場事務所が所管する施設について、現時点で「予防保全」としての補修工事を実施すれば 15 億円であるのに対して将来時点（20 年後）に予想される「事後保全」での補修工事では 2 倍の 30 億円にまで増大することが予想される場合に、現時点と将来時点のどちら

*1 港湾研究部港湾計画研究室 046-844-5027

takahashi-h92y@ysk.nilim.go.jp

を選択すべきかという状況を想定する。この事例を単純に比較すれば、現時点での 15 億円と将来の 30 億円であれば絶対額の安い現時点での実施が遙かに有利と判断される。文献 2), 3) においても時点の相違は評価せずに単純な費用（コスト）の比較により補修工事の実施時期を評価している。

一方で、新たな社会資本整備をする際の事業評価として用いられる費用便益分析手法では、将来の価格は社会的割引率により現在価格に割り引いて評価することを基本としている。このため、一般的な社会的割引率である 4.0%をこの事例に適用すると、20 年後の 30 億円の現在価値は 13.7 億円となることから、「現時点」で実施するよりも「将来時点」で実施した方が有利であるという結果になる。しかしながら、このことは補修工事を 20 年先まで先送りするほうが望ましいということであり、現場での感覚には必ずしも馴染まない。

このため、本研究では 2. において社会的割引率の概念を整理し、3. において維持補修計画の観点から社会的割引率を適用しない場合の考え方と適用法について、一方で 4. において社会的割引率を適用すべき場合の考え方とモデル化について明らかにする。特に、4. でのモデル化では補修工事を実施する最適なタイミングについて分析する。

2. 「社会的割引率」に対する考え方の整理

(1) 「社会的割引率」の考え方

社会的割引率は、土木工学ハンドブック第 4 版では「現在手に入る財と、同じ財だが将来手に入ることになっている財との交換比率」とされている。しかしながら、社会的割引率の具体的な値のみならずその推計手法についてこれまでに多様な研究がなされているものの、明確な結論は得られていない。その一方で、国土交通省における技術指針⁴⁾では年率 4.0%という値が現実的に適用されている。

この社会的割引率に関するこれまでの議論および実際に適用されている社会的割引率を整理した代表的な文献の一つとして IPCC 地球温暖化第二次レポート（第 3 作業部会第二次評価報告書）⁵⁾を挙げることができる。このレポートでは「社会的割引率」に対するアプローチは、「社会的時差選好率」を用い

るアプローチと「市場における投資収益率」を用いるアプローチとを用いる 2 つに区分できるとしている。

第 1 のアプローチは、異なる世代の消費を「社会的時差選好率」を用いて割り引くことであるとしている。この「社会的時差選好率」は「純粋時差選好率」（我慢の無さ）と将来における一人当たりの所得水準による「厚生の上昇率」との 2 つの要素の合計値であり、具体的な値として世界的には年率 0.5～3.0%の範囲にあることを示している。

ここでの「純粋時差選好率」とは、「時間選好」（以下では、この「時間選好」を用いる）とも呼ばれている。この「時間選好」は、「人は今日得ることができる収入を来年に約束された収入よりも好む」あるいは「現在の 1 個のリンゴの方が将来の 1 個のリンゴよりも価値が高いと評価される」⁶⁾として一般的に説明される。この原因は、人が「我慢が無い」あるいは「せっかちである」として説明され、人が有する「時間選好」を評価することが「割引率」の対象になると考えられている。

また、「厚生の上昇率」は「限界効用の逓減率」として説明されて一般的に次式により表される。

$$\text{限界効用の逓減率} = g \cdot \theta \quad (1)$$

ここで

g : 経済成長率あるいは消費成長率

θ : 限界効用の弾性値

すなわち、「限界効用の逓減」とは時間経過にともない社会がより豊かになると、言い換えれば経済が成長すると、あるいは消費可能量が増大するほど同じ効用に対する感じ方（ありがたさ、楽しさ、嬉しさ）が相対的に小さくなること（逓減）である。言い換えれば、「年収 200 万円の新入社員にとっての 20 万円の価値（効用に対する感じ方）は、その後の年収 1000 万円になってからの 20 万円の価値（効用に対する感じ方）よりも遙かに大きい」ことで説明される。

第 2 のアプローチは、「市場における投資収益率」または「市場利子率（＝民間投資の収益率）」（以下では、この「市場利子率」を用いる）を用いて割り引くことであるとして、具体的な値としてリスクの

ない長期の公共投資については年率で 3～6%の範囲にあることを示している。

このことは、「公共投資の機会費用」を考慮することともいわれている。この点について文献 7) では次のように整理されている。すなわち、公共主体が投資計画を自ら実施する場合には、公共部門にまわされる分だけ民間部門での資源が減少して消費や民間投資が犠牲になる。したがって、消費や民間投資が社会的にもたらす便益を犠牲にして公共投資が行なわれる以上、公共投資の決定についても民間部門に与えるコスト（公共投資の機会費用）を考慮する必要があるとされている。さらに、文献 7) では既往の研究成果等も踏まえて公共投資の割引率（＝社会的割引率）として「市場利子率」を適用する考え方を条件別に整理している。例えば、政府が無期限存続するので将来世代の経済厚生も考慮して公共投資計画を実施する場合で、且つ一括税により世代間の所得再配分ができる場合には、社会的割引率＝市場利子率が成立するとしている。ただし、世代間の再配分に一括税を使えない場合には、この等式は成立しないとしている。

（２）社会的割引率に対する批判

「社会的割引率」については、その値あるいは推計方法に関する議論以前に、そもそも適用自体について反対する考え方もある。この反対論について文献 8) では環境経済学の観点から次のように整理している。ただし、これらの反論によって「社会的割引率」の適用が完全に否定されているとはしていない。

a) 時間選好に基づく割り引きへの反論

①個人の時間選好は個人の生涯福祉の最大化とは必ずしも整合しない。

②個人の欲求は公共政策を左右するのに必要な重要性はない。

③明日の満足については明日の満足が重要なのであって、今日の評価は重要ではない。

b) 限界効用逓減に基づく割り引きへの反論

①消費の限界効用を計測することは困難である。

②限界効用逓減が、割り引きの根拠として論理的明白にみえるのは 1 人当たり実質消費が増加し続けると安心して期待できるときだけである。

c) 市場利子率に基づく割り引きへの反論

市場利子率に基づく割り引きへとしてゼロよりも大きな割引率を設定することは世代間公平の概念に反するからとして、以下の反論を示している。

①将来の被害について現時点で同様に判断することは妥当ではない。

②将来の被害を補償できる方法を構築できるとは限らない。もし、投資ではなく消費された場合には補償することは困難になる。

さらに、市場利子率を適用する場合においても、市場利子率が個人または企業の行動に基づく結果であるに対して国家は集団の福祉と同様に将来世代の福祉を守る責任を持つ独立した存在であるので、国家として用いられる社会的割引率は市場利子率よりも低いことが期待されるという考え方も示されている。

（３）社会的割引率の具体的な適用

これまで整理してきたように、社会的割引率の設定および具体的な値については多様な議論、反論があるものの、一方で、現実的には政策判断の場において適用されている。以下に、国内外の代表的な事例について整理する。

a) IPCC 地球温暖化第三次レポート⁹⁾

先に IPCC 地球温暖化第二次レポートでの内容を引用したが、その後の IPCC 地球温暖化第三次レポートでは、割引率について次のように整理している。

「割り引きについては広くいって二つのアプローチがあり、これはどの割引率を適用するべきかに基づく倫理的な、また対処的なアプローチと、人々（節減者および投資家）が毎日の意思決定で実際に適用する割引率は何かというベースにした説明的なアプローチである。緩和分析では、各国とも、その意思決定の少なくとも一部に対し、資本の機会コストを反映した割引率をベースとすべきである。先進国では、4～6%の範囲のレートがおそらく正当である。開発途上国では、10～12%からそれ以上のレートとなる可能性がある。……」

b) 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」¹⁰⁾

国土交通省の「公共事業評価の費用便益分析に関

する技術指針」では社会的割引率の考え方を以下のように示している。

「社会的割引率は、全事業において当面 4%を適用する。

・社会的割引率については、理論的には①資本機会費用により設定する方法と②社会的時間選好により設定する方法が考えられるが、実務的には②の考え方にに基づき、社会的割引率を設定することは困難である。そこで、現在、課題はあるものの、①の考え方にに基づき、市場利子率を参考に社会的割引率が設定されている。具体的には、国債等の実質利回りを参考値として、社会的割引率を 4%と設定している。

・なお、国債はわが国における代表的なリスクの少ない債権である。現状の費用便益分析においては、社会的割引率の中でリスクを考慮していないので、国債の実質利回りが参考値として用いられる。また、国債の実質利回りは、政府の資金調達コストを表していることも考えられる。」

この「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」⁹⁾の内容については、本研究での維持補修計画での社会的割引率を検討する場合に最も重要となることから、これまでの分析と比較すると以下のよう整理される。

①基本的な考え方

社会的割引率の設定方法を、i) 資本機会費用により設定する方法と ii) 社会的時間選好により設定する方法として区分し、課題があることを前提とした上で i) の考え方に基づいて市場利子率を参考に社会的割引率を設定する手法は IPCC 地球温暖化第二次および第三次レポートでの考え方と同様となっている。

②社会的割引率として 4%の適用

4%を適用した根拠として過去の国債の実質利回りとして 1986～1995 年の平均値として 3.85%を示している。これに対して、文献 7) では 1986～1996 年における民間投資の実質利子率の平均値が 4.9%程度であったことを示している。すなわち、この民間投資の実質利子率を≒市場利子率とするならば、ほぼ同時期において国家として用いられる社会的割引率<市場利子率が成立しており、上記の(2)で示された社会的割引率に対して期待されている要件を満足している。また、さらに、この 4%の値は I

PCCE 地球温暖化第三次レポート⁹⁾での先進国における正当な値の範囲としている 4～6%の下限値に相当している。

これらのことから 4%という値が不適切であるとする積極的な根拠は無く、概ね妥当であると判断される。

ここで整理したように、社会的割引率については適用すべきかどうか、また適用とした場合にはその具体的な値の設定についてどうすべきかという点に多くの議論があるものの、一定の前提のもとに適用することが基本的な方向になっている。

したがって、これまでの分析結果を踏まえて本研究の対象とする社会資本の維持補修計画の策定に際しては、以下のように適用しない場合と適用すべき場合の考え方に区分して整理できると考える。

3. 社会的割引率を適用しない場合

(1) ライフサイクルコストを検討する場合の特徴

社会資本としての道路橋での LCC (ライフサイクルコスト) を対象とする場合について、西川¹⁰⁾は「有限の資本に対する最適活用の検討が目的ではなく、毎年確保される予算を前提として、その額を最小にしようとするのが目的である」ことから、社会的割引率を考慮する必要は無いとしている。ただし、そのかわりに十分に長い期間を想定し、年間当たりの経費を最小とすることを提案している。先にも示したように社会的割引率を用いて算定されるライフサイクルコストの結果が実際の感覚には馴染まないことから、この考え方は多くの現場の担当者からは支持されている。ただし、この理由だけでは 1. で例示した維持補修計画での現時点と将来時点での補修費の比較の際に社会的割引率を適用しないことを明確に説明するためには必ずしも十分ではないと考えられる。

ここで、維持補修計画でのライフサイクルコスト等の補修費を検討する場合に、2. で分析した一般的な社会的割引率を適用する費用対効果分析の場合とは異なる特徴を以下に整理することができる。

①供用期間中の便益を算定する場合のように連続的に発生する事象の比較評価ではなく、現時点と将来

表－１ 補修比率の将来推計

総事業費の減少率	-1.0%	-2.0%	-3.0%	-4.0%	-5.0%
将来時点(20年後)での総事業費(億円)	81.8	66.8	54.4	44.2	35.8
将来時点(20年後)での補修費 30(億円)	(将来時点での補修費比率)				
	36.7%	44.9%	55.2%	67.9%	83.7%

の１時点という離散した２つの時点間事象の比較評価であること

すなわち、現時点から毎年が発生する事象に対して社会的割引率が適用された結果の合計値に対して、将来の１時点のみを対象とする場合にはその時点までの社会的割引率が累積して適用されることから、現場の担当者の感覚とは乖離した著しく小さい結果になると考えられる。

②ライフサイクルコストの定義では一般に便益は含まれず、対象となる項目に差異はあるものの費用のみが対象となること

すなわち、先に示した「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」⁴⁾他、一般的な社会的割引率は便益と費用の両者を対象として適用されるのに対して、維持補修計画でのライフサイクルコストの評価では維持補修に関する費用のみを対象とする場合がある。さらに、２．で示した社会的割引率は、第一義的には便益を想定して議論がなされており、費用に関してはそれに準じると考えられていることから費用に特定された議論は十分ではない。

③公共事業費全体の減少が前提となること

この点は社会的割引率に対する一般論ではないものの、近年および今後の日本における維持補修計画を検討する場合には非常に重要な点である。例えば、国土交通白書⁹⁾等で社会資本に対する将来の維持補修対策の重要性を指摘していることは、１．でも示したとおりの維持補修費自体の増大に加えて、今後のわが国における社会経済の動向を踏まえた公共事業費の減少が想定されることを挙げている。

(２) 社会的割引率を適用しないとする考え方

およびその適用

この(１)で整理した維持補修計画のライフサイクルを検討する場合の特徴を踏まえて、あらためて２．での社会的割引率の内容について再考する。特に、社会的割引率に対する第１のアプローチでの「限

界効用の通減率」に対する考え方が異なる。すなわち、「③公共事業費全体の減少」を前提とすることは、式(１)の g (経済成長率または消費成長率)の値をマイナスとして評価することであり、先に示した例は、「現在年収１０００万円の人にとって２０万円を支払う価値よりも、年収が減少して２００万円になってから２０万円を支払う価値のほうが遙かに大きい」と言い換えられる。このことは、限界効用通減に基づく割り引きへの反論で示された「②限界効用通減が、割り引きの根拠として論理的明白にみえるのは１人当たり実質消費が増加し続ける」に該当する。例えば、１．での事務所の事例では、現時点での補修費(１５億円)は総事業費(１００億円)の１５.０%(補修費比率)である。今後の総事業費の減少率として－１.０%～－５.０%とした場合での将来時点(２０年後)での補修費(３０億円)の比率を算定した結果を表－１に示す。例えば国土交通白書¹⁰⁾での試算で用いられている－３.０%の場合(国の場合)では、５５.２%にまでに増大することから補修費に対する効用は現状よりも遙かに大きくなっていることが確認される。

すなわち、わが国のライフサイクルコストを対象とした社会的割引率を第１のアプローチとして限界効用通減から設定する場合にはマイナス値とすべきだと判断される。なお、ここでは「時間選好」については考慮していない。しかしながら、一方で第２のアプローチとしての「市場利子率」として設定する場合には、従来通りのプラス値とすることの妥当性を否定できない。

このように維持補修計画でのライフサイクルコストを対象とする場合には、第１のアプローチとしてはマイナスの値、第２のアプローチとしてはプラスの値が想定される。しかしながら、どちらを優先するか、またそれぞれの具体的な値の設定についても必ずしも明確にはならないことから、補修費(コスト)のみを対象とするライフサイクルコストを評価する場合の社会的割引率については(０：ゼロ)、す

なわち「適用しない」とせざるを得ないと考える。

したがって、現状で十分に活用されており便益が十分に評価される施設（費用対効果が議論にならないほどに利用がなされている施設）あるいは便益を評価することが困難な施設では、将来に劣化が進展した段階において想定される補修費に対して社会的割引率を「適用しない」ことが妥当と考える。これにより、現状での補修費と将来に想定される補修費を単純に比較することができ、さらにその差額は予防保全を実施することに起因する効果（便益）として評価することができると思う。

4. 社会的割引率を適用すべき場合

（1）社会的割引率を適用すべき場合とモデル化

社会的割引率を適用しない場合以外の施設、すなわち、便益の算定のもとに費用対効果の評価が求められる施設等に対しては逆に社会的割引率を適用することが必要であると考え。

特に、実際の現場ではこのような施設に対する維持補修計画の策定に際しては、補修事業に対する費用対効果（ B （総便益）／ C （総費用） >1.0 ）が確保されていることを適切に説明することが求められる。この場合での便益に対しては社会的割引率を適用することが必要となる。さらに、「今実施すべきなのか、先送りすることができないのか」という指摘に対して、施設の劣化の進行状況と社会経済動向を考慮したうえでの実施すべき適切な時期を説明することが必要である。

これに関連した研究事例としては、西川¹⁰⁾の研究以外にも、小林¹²⁾は維持補修に社会的割引率を用いることの是非について理論的に分析している。ここでは、複数インフラあるいは個別インフラを対象とした最適修繕政策に関して分析して、平均費用法の適切性と特殊なケースにおける割引現在価値法の適用について示している。さらに、貝戸ら^{13) 14)}のストック価値を考慮したトータルコスト最小化に関する研究および平均費用法に基づいた最適補修戦略に関する研究、山口ら¹⁵⁾の社会的損失を考慮したライフサイクルコスト評価に関する研究、田村ら¹⁶⁾の予算制約を考慮した修繕ルールに関する研究、栗野ら¹⁷⁾の不確実性下における最適補修投資ルールに関する

研究、織田澤ら¹⁸⁾の経済的寿命を考慮した最適修繕政策に関する研究他がある。

これらに対して、本研究では実際の現場での想定される次のような事例を想定して、現場で適用できる現実的な手法を提示する。なお、以下の事例では、一般的な事業評価と同様にデフレーターによる物価変動を考慮しないとしている。

具体的な事例としては、1987年に建設されて、翌年の1988年から現時点の2007年までの20年間（1988～2007）を当初の想定とおりに十分に活用されてきた施設を想定する。

この施設の事業実施に先立つ事前（1987年時点）の事業評価の条件は次のとおりであった。

- ・初期総費用 C : 50 億円
- ・毎年の便益 b_0 : 5.0 億円／年
- ・社会的割引率 r : 4.0%
- ・施設供用期間 50 年間（1988～2037）

この条件に基づく当初の事業評価結果は、 B （総便益）／ C （総費用） $=107/50=2.14$ となることから事業実施が採択された。さらに、実際の初期総費用およびその後の便益算定の根拠となる指標も当初の想定とおりであった。

しかしながら、現時点の2007年に施設に対する点検・診断が実施された結果、劣化の進展が著しいことから補修工事が必要であることが明らかになった。この補修費の現時点での算定額は以下のとおりであった。

- ・ I_0 : 補修費（2007年時点） 20 億円

ただし、この補修費は時間の経過とともに劣化が進展し、次式により増大することが予想されている。

$$T \text{ 年次の補修費予測値} = I_0 \cdot \exp(\beta \cdot T) \quad (2)$$

ここで

β : 劣化進行度を示す指標

T : 現時点(2007)を0年としてそれ以降の経過年数

$\beta=0.03$ とした場合の補修費の増加傾向を図-1に示す。この状況では10年後の2017年には27億円までに増大すると予測される。なお、劣化の進展状況にともなう補修費の推移予測は、例えば高橋ら¹⁹⁾によるマルコフ連鎖モデルによる劣化予測に基づい

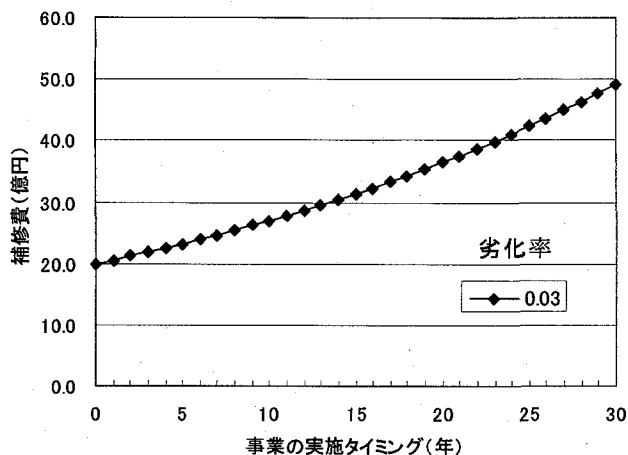


図-1 補修費の将来推移

て適切に実施することが必要であるが、ここでは指数関数で近似できるとしている。

また、補修を実施しない場合には当分の期間において供用停止となる状況ではないものの、毎年の維持管理のための費用が次のように算定された。

・ c_0 : 維持管理費 (2007 年時点) 1 億円/年間

この維持管理費用についても補修費と同様に次式のように増加することが想定されている。

$$T \text{ 年次の維持管理費予測値} = c_0 \cdot \exp(\gamma \cdot T) \quad (3)$$

ここで

γ : 劣化進行度に対応した維持管理費に関する指標

T : 現時点(2007)を 0 年としてそれ以降の経過年数

なお、 β および γ については対象とする施設の劣化状況に応じて適切に設定することが必要である。ただし、本研究ではこれを詳細に検討することは主旨ではないために、 $\beta = \gamma$ と仮定できるとするともにあわせて劣化率として表記する。

このような条件のもとで、現場担当者にはこの施設に対する維持管理計画を策定して、そこでは以下の点を明確にすることが求められている。なお、維持管理計画の対象期間は 10 年間とする。

① 初期建設費の 40% にも相当 (2007 年時点) する補修を実施することによる費用対効果

② 計画対象期間 (10 年間) での最適な事業実施時期のタイミング

この①について、「公共事業評価の費用便益分析に

関する技術指針」⁴⁾ の適用が基本となるが、便益算定の対象期間の設定が重要になる。当然に、この期間を長くすると多くの便益が算定される一方で、短くするほど便益が小さくなるために補修の必要性を説明できないことになる。このため、計画対象期間が 10 年間であることも踏まえると非常に長期間を設定することは有意と判断されないことから、一つの割り切りとして当初に想定した 2037 年までの施設供用期間での残された期間である 30 年を対象とする。なお、この期間についても当初に想定したとおりの便益 (5.0 億円/年) が発生することを前提とする。

また、②に関しては上田ら²⁰⁾ の公共事業の投資タイミングについての研究をもとに次式によりモデル化を行う。なお、このモデルでは次の設定している。

- ・ T 年次に実施する補修工事は短期間で完了し、この年次にも 1 年間の便益が発生する。
- ・ $T-1$ 年次までは維持管理費が発生するが、 T 年次の補修工事の実施以降では維持管理費は発生しない。

$T=1$ (2008 年)

$$B(1) = -\frac{I_0 \cdot \exp(\beta)}{(1+r)} + \sum_{t=1}^{30} \frac{(b_0) \cdot (1+\omega)^t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

$T \geq 2$

$$B(T) = -\frac{I_0 \cdot \exp(\beta \cdot T)}{(1+r)^T} + \sum_{t=1}^{T-1} \frac{(b_0 - c_0 \cdot \exp(\beta \cdot t)) \cdot (1+\omega)^t}{(1+r)^t} + \sum_{t=T}^{30} \frac{(b_0) \cdot (1+\omega)^t}{(1+r)^t} \quad (5)$$

ここで

$B(T)$: 補修を T 年次に実施した場合の純現在価値 (対象期間 30 年間)

ω : 年当たり純便益の変化率

すなわち、 T 年次に補修工事を実施するとして、 $(T-1)$ 年次までの維持管理費が差し引かれた便益および T 年次以降の 30 年間の便益との合計と T 年次の補修費として割り引かれた値との総計額が最大となる年次 (T) が最適な補修工事実施時期と判断

する。

なお、このモデルでは上田ら²⁰⁾の取り入れている年当たりの純便益の変化率（以下 純便益率）が含まれていることで、その施設を取り巻く社会経済動向をも考慮して、最適な事業実施時期のタイミングの説明が可能となる。

この純便益率は、次のような意味を持っている²⁰⁾。単位需要当たりの一般化費用の節減やサービスレベルの向上が一定であり、また、運営費用が需要量に比例的であると近似できるなら、社会的純便益は総需要量に比例するとみなせる。総需要の変化率は、将来の人口や経済の成長と連動しているため、それらの成長率が純便益率に相当すると考えられる。

したがって、順調な経済成長が期待できる場合や、人口の増加が見込める場合などは総需要の増大を介して、純便益が増大することが期待できる。このような場合にはプラスで設定される。一方で、経済規模が縮小に向かうと予想される場合や、人口減少が予想される場合などにはマイナスで設定される。また、既に成熟した都市域で人口や経済活動の変動が想定し難い場合にはゼロで設定される。

(2) モデルに基づく解析結果

ケース 1 として劣化率を図-1で示した 0.03 とし、純便益率については 0.0%とした場合において、社会的割引率を 0.0~4.0%の 5 段階に変化させた場合の結果を図-2に示す。この図-2およびこれ以降の図においては、計画対象期間は先に設定した 10 年間ではあるが、傾向を明確にするために事業の実施タイミングとして 20 年間までを示している。

この結果、先ず純現在価値は全ての実施タイミングにおいて 20 億円を超えており、費用対効果の観点からは B （総便益）／ C （総費用） >1.0 であるので補修工事の必要性を説明することができる。

次に、社会的割引率を適用しないとする場合と同等になる社会的割引率 0.0%は、実施のタイミングを遅らせるほどに純現在価値は減少しており、補修工事の必要性を認識した年次（2007 年）の翌年 2008 年（1 年目）に実施することが最大の便益を確保できると判断される。

さらに、社会的割引率が大きくなるに従い、これまで指摘してきたように純現在価値が小さくなると

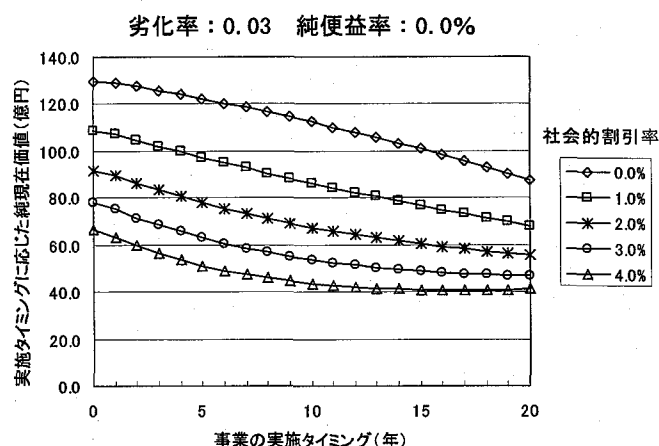


図-2 純現在価値の推移（ケース 1）

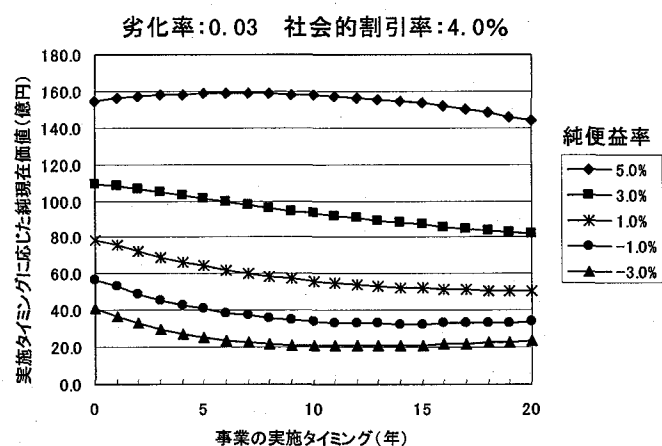


図-3 純現在価値の推移（ケース 2）

ともにある時期を経過すると（例えば、社会的割引率 4.0%の場合には 10 年を経過すると）、実施のタイミングに起因する純現在価値の差がほとんど無くなることが明らかになる。

また、純便益率を想定しない場合には、社会的割引率の値にかかわらず出来るだけ早い時期に事業を実施することが望ましいという結果になる。

ケース 2 では劣化率は同じく 0.03 とし、社会的割引率を「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」⁴⁾において適用を基本としている 4.0%とした場合において、純便益率を 5.0~−3.0%の 5 段階に変化させた場合の結果を図-3に示す。この結果においても、先ず、純現在価値は全ての実施タイミングにおいて 20 億円を超えており、費用対効果の観点から、すなわち B （総便益）／ C （総費用） >1.0 であることから補修工事の必要性が説明することができる。ただし、純便益率が −3.0%の場合での最小

の純現在価値は 20.7 億円で、 $B/C \approx 1.0$ の状態になっている。

このように一般的な社会的割引率を設定した場合においても純便益率の設定，すなわち対象とする施設を取り巻く社会経済動向により純現在価値の変動が明らかになる。

特に，社会的割引率よりも純便益率が大きな場合においては，補修工事の実施を「先送り」することが最適となる結果が得られている。この場合（劣化率：0.03，社会的割引率：4.0%，純便益率：5.0%）を拡大した結果を図-4に示す。増加額は僅かであるものの7年目に純現在価値が最大となる。純便益率の考え方，例えばバブル期のような状態が継続するような場合では補修工事の先送りが妥当な場合が生じている。

さらに，劣化率を 0.07 とし，それ以外についてはケース 1 と同様の場合をケース 3，ケース 2 と同様の場合をケース 4 として実施した結果を図-5，6に示す。基本的な傾向は劣化率 0.03 の場合と同じであるものの，このように劣化の進行が著しい場合には先送りした結果， B （総便益）/ C （総費用） >1.0 を確保できない状況が生じることが明らかになる。

このモデルを用いて現場に対応した条件を設定することで，維持管理計画の策定に際して現場で求められる

①補修工事の費用対効果

②事業実施時期の適正なタイミング

について明確に説明することができる。

しかしながら，維持補修計画の策定に際しての課題としてさらに以下の点が挙げられ，引き続き検討を実施することが必要であると考える。

- ・将来の補修費および維持管理費の正確な推計
- ・劣化率，純便益率等の指標の具体的な数値設定
- ・補修で対応できる状況から更新（作り換え）が必要となる時期の判断
- ・物価変動を考慮した場合での補修工事を最適な実施時期を検討できるモデル

劣化率：0.03 社会的割引率：4.0% 純便益率：5.0%

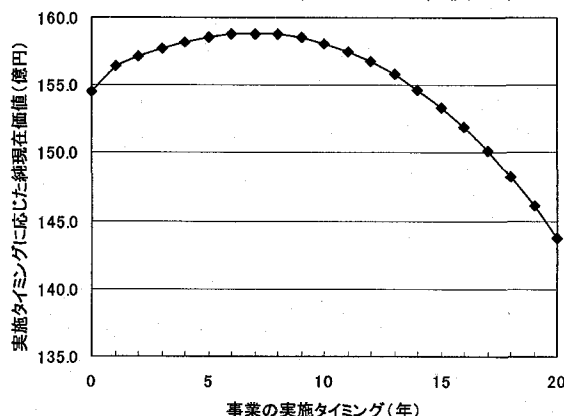


図-4 純現在価値の推移（先送りが妥当なケース）

劣化率：0.07 純便益率：0.0%

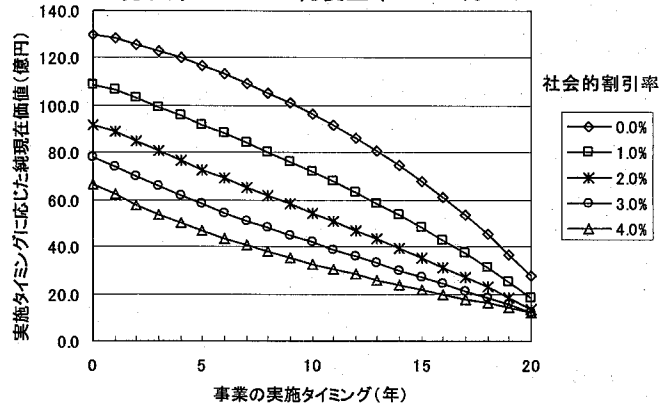


図-5 純現在価値の推移（ケース 3）

劣化率：0.07 社会的割引率：4.0%

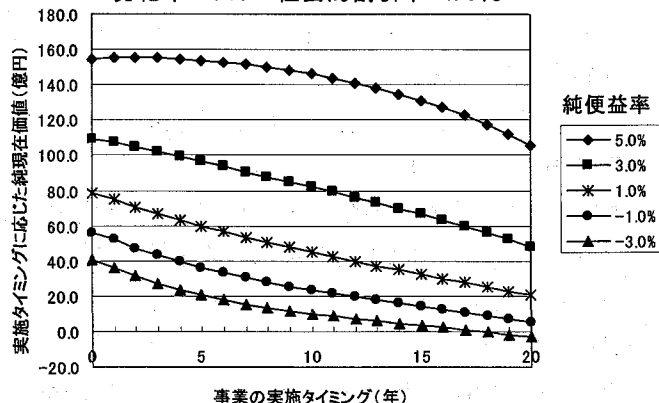


図-6 純現在価値の推移（ケース 4）

5. おわりに

本研究では、維持補修計画の策定における社会的割引率設定の考え方を整理するとともに補修工事の最適な実施時期を検討するモデルを構築した。

まず、現状で十分に活用されて便益が十分に評価される施設あるいは便益を評価することが困難な施設では、将来に劣化が進展した段階において想定される補修費のみを対象とする場合には社会的割引率を適用しないことが妥当であるとした。これにより、現状での補修費と将来に想定される補修費とを単純に比較することができ、さらにその差額は予防保全を早期に実施することに基づく便益として評価することができるとした。

次に、便益の算定のもとに費用対効果の評価が求められる施設等に対しては逆に社会的割引率を適用することが必要であるとした。さらに、補修工事の費用対効果および補修工事の最適な実施時期を示すことができる現場で対応可能な現実的なモデルを提示した。

ただし、未だ残された多くの課題に対処するために、引き続き検討することが必要であると考えます。

【参考文献】

- 1) 国土交通省編：平成 15 年版国土交通白書，ぎょうせい，2003.4
- 2) 土木学会メンテナンス工学連合小委員会編：社会基盤メンテナンス工学，東京大学出版会，2004
- 3) 土木学会編：アセットマネジメント導入への挑戦，技報堂出版，2005
- 4) 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，2004
- 5) 環境庁地球環境部監修：IPCC 地球温暖化第二次レポート，中央法規出版株式会社，1996
- 6) 野口悠紀雄・藤井眞理子：金融工学，ダイヤモンド社，2000
- 7) 社会資本整備の費用効果分析に係わる経済学的問題研究会：費用分析に係わる経済学的基本問題 第 3 章，建設省建設政策研究センター・(財)建設経済研究所・全宅連不動産研究所，1999
- 8) D.W.ピアス・A.マーカンジャ・E.B.バービア：新しい環境経済学，ダイヤモンド社，1994
- 9) 気象庁・環境省・経済産業省監修 IPCC 編：IPCC 地球温暖化第三次レポート，中央法規出版株式会社，2002
- 10) 西川和廣：道路橋の寿命と維持管理，土木学会論文集，No.501/I-29，1994
- 11) 国土交通省編：国土交通白書 2006（平成 17 年度年次報告），ぎょうせい，2006.4
- 12) 小林潔司：分権的ライフサイクル費用評価と集計的効率性，土木学会論文集，No.793/IV-68，2005
- 13) 貝戸清之，安部允，公門和樹，藤野陽三：ストック価値を考慮したトータルコスト最小化に基づく橋梁マネジメント，構造工学論文集，Vol.47A，2001
- 14) 貝戸清之，保田敬一，小林潔司，大和田慶：平均費用法に基づいた橋梁部材の最適補修戦略，土木学会論文集，No.801/I-73，2005
- 15) 山口亮太，伊藤裕一，三木千尋，市川篤司：社会的損失を考慮したトータルコスト最小化に基づく橋梁マネジメント，構造工学論文集，Vol.47A，2001
- 16) 田村謙介，慈道充，小林潔司：予算制約を考慮した道路舗装の修繕ルール，土木計画学研究・論文集，Vol.19 No.1，2002.9
- 17) 栗野盛光，小林潔司，渡辺晴彦：不確実性下における最適補修投資ルール，土木学会論文集，No.667/IV-50，2001
- 18) 織田澤利守，石原克治，小林潔司，近藤佳史：経済的寿命を考慮した最適修繕政策，土木学会論文集，No.772/IV-65，2004
- 19) 高橋宏直，横田弘，岩波光保：港湾施設のアセットマネジメントに関する研究，国土技術政策総合研究所報告，No.29，2006
- 20) 上田孝行，Ma.Sheila A.Gaabucayan，森杉尋芳：公共事業の投資タイミングについて，運輸政策研究，Vol.5 No.1，2002

Discussion on Social Discount Rate and Most Suitable Timing for Repair Work in Maintenance Planning of Infrastructure

By Hironao Takahashi

It is essential to keep functions of existing infrastructure over their required levels, which may contribute sustainable social and economic development in Japan. For this purpose, it is important to plan an appropriate maintenance strategy based on the preventive maintenance scenario rather than the collective maintenance one.

However, the significance of the social discount rate has not been made clear when estimating the life cycle cost for necessary interventions in the preventive maintenance scenario. There still remain controversial issues on either the discount rate should be taken into account or not.

This paper firstly examines the concepts of the social discount rate in various fields. Then, the differences were made clear when the social discount rate is taken into account or not. Finally, a calculation model was formulated to propose the most suitable timing for repair work when the social discount rate is taken into account.