有限要素法を用いた地下構造物の資産価値評価の試み

早稲田大学　正会員　赤木　寛一
早稲田大学大学院　学生会員　原　昌成
千葉工業大学　正会員　小宮　一仁
鉄道建設・運輸施設整備支援機構　正会員　滝山　清美

1. 研究背景と目的

これまでわが国では不足する社会資本を建設してきたが、40 年以上経過したストックに老朽化が見られ、更新・補修時期に入っているものが多く存在する。また社会経済状況も変化し、財政的にも厳しい状況の中で、現存する社会資本の効率的な運用・維持管理が重要な課題となっている。

その中で社会資本を「資産(アセット)」とみなして、民間企業などで用いられているマネジメント手法を活かそうという動きが起こってきた。例えば、国土交通省では平成 15 年度から「道路について、コスト縮減等を目指し、道路の管理手法にアセットマネジメントの考え方等を導入する」とされるなど、その取り組みが始まっている。

効率的な維持管理・補修計画を立てるためには、構造物のライフサイクルコストを考えるとともに、現存する社会資本の資産としての価値を適切に評価する必要がある。ここでは、有限要素法を利用して地下構造物の資産価値評価を試みた事例について報告する。

2. 社会資本におけるアセットマネジメント

アセットマネジメントという言葉は、もともと利潤を追求する民間分野で使われている言葉で、物理的施設だけでなく、資本・人材・技術・アイディアを含む「資産」を全体としてマネジメントすることである。つまり一般的にアセットマネジメントとは、個人資産を、リスク・収益性などを勘案し、適切に資産配分を行う活動を指す。

この考え方を社会資本整備に導入すると、広義では公共サービスを価値としてとらえ、そのサービスと更新・維持等の収支をバランスさせることと解釈でき、また狭義には当面の維持管理面に焦点を絞り、ライフサイクルコストを勘案して効率的な補修計画を立てることととらえることができる。社会資本整備にアセットマネジメントを導入していくに当たって、まずは後者の維持管理面に焦点を絞った狭義の意味を考えることが必要である。

本研究でもアセットマネジメントをこの狭義の意味でとらえるが、共通する視点は構造物のライフサイクルコストを考えること、またそのためには構造物の現状資産価値を把握する必要があるということである。

3. 資産価値評価法

社会資本の資産価値評価法は明確な指針が存在しないのが現状だが、一般的には有形不動産の評価法に基づいた価格算定法が用いられることが多い。その中でも原価法とは、構造物の原価から減価償却額を控除して資産価値を算定する方法である。構造物の原価は建設費に基づき考えることができ、減価償却は構造物の劣化によるものと考えることができる。したがって、土木工学、地盤工学的視点から評価し易い方法といえ、本論ではこの原価法の考え方を資産価値評価に採用する。

資産価値算定式として、以下の式を用いる。

$$V = C - C \times \frac{t}{T}$$

ここに、V：構造物完成時から t 年後の資産価値
C：構造物の再調達原価
T：構造物の耐用年数
t：構造物完成時からの経年

(1) 再調達原価

再調達原価とは、価格時点において対象構造物を再建設する場合に必要とされる原価の総額である。建設時からの物価変動を考慮するため、構造物の建設費に建設デフレーターを乗じて算出する。建設デフレーターとは、ある年度に要した工事額を実際の価値額に換算するための指数であり、国土交通省により定められている。

(2) 減価償却

減価償却とは、減価の要因に基づき発生した減価額を対象構造物の再調達価格から控除して、価格時点における対象構造物の適正な資産価値を求めることである。本報告では、減価の要因を構造物の劣化による物理的・機能的なものとし、毎年定額ずつ控除する。減価償却の評価には耐用年数を用いることとし、構造物の再調達原価を耐用年数で除した額を毎年の減価償却額とした。

(3) 耐用年数

耐用年数とは、固定資産または構造物の部材などが使用に耐えられなくなるまでの効用持続年数または可能年数である。基本的に耐用年数を決定づける要因は、部材の破損などの物理的なものが挙げられるが、市場性の視点を含めた経済的要因も存在する。本報告では土木工学、地盤工学的観点から物理的要因を考えることとし、その評価には有限要素法による構造物の変形予測結果を用いる。

キーワード：地下構造物、管理、有限要素法、原価法
連絡先　〒169-8555　東京都新宿区大久保 3-4-1　早稲田大学理工学部　社会環境工学科　赤木研究室
TEL　03-5286-3405　FAX　03-5272-6905

4.　資産価値評価法の適用事例

(1)対象構造物概要

前述した資産価値算定式を実際に適用してみる。対象構造物として、軟弱地盤中のシールドトンネルを想定する。このトンネルの当初耐用年数は 60 年とする。解析対象区間メッシュ図を図 4.1 に、入力パラメータを表 4.1 に示す。土の構成則には Cam-clay モデルを使い、トンネルは梁とした。メッシュ側面・最下面は変位固定、メッシュ側面のみ非排水境界とした。

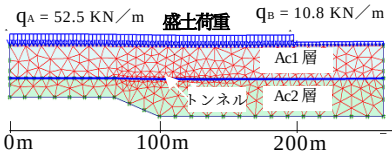

図 4.1 解析メッシュ図

表 4.1　入力パラメータ

	Ac1層	Ac2層
γ (KN/m³)	17.3	17.3
λ	0.191	0.456
κ	0.06	0.143
k (cm/s)	2.0*10⁻⁷	1.3*10⁻⁷

	EI (KN/m2)	EA(KN/m)
梁要素	1.22E+06	1.84E+05

(2)トンネル補修の概要

軟弱地盤中に建設された構造物は、周辺地盤沈下に伴い変形する。そしてシールドトンネルなどでは継手部分の損傷によってトンネル内部に漏水が起こり、トンネル変形が促進される例も見られている [1)]。そこで本報告では、トンネル変形に伴う継手部分の漏水の有無に注目し、補修前はトンネル継手部を排水に、補修後は継手部からの漏水を止めたものと考え、継手部を非排水に条件を設定し解析した。

(3)有限要素法によるトンネル変形解析

解析はトンネル補修をした場合としない場合の 2 ケース、トンネル完成時から 60 年間行った。解析結果を図 4.2 に示す。ただし、補修はトンネル完成から 18 年後に行われたと想定し、補修によって継手部分からの漏水は防がれたものと考え、防護後(t=18 年以降)はトンネル継手部分を非排水境界にした。図より、補修をした場合は沈下を最大約 10cm 程度遅延抑制していることがわかる。

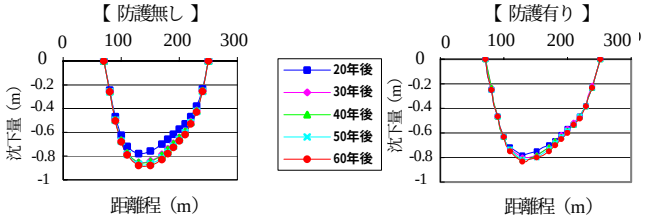

図 4.2　トンネル沈下形状

(4)トンネル耐用年数評価

耐用年数の評価にはトンネル軸方向の曲率半径を用い、これが設計許容曲率半径を下回った場合、トンネルが使用限界に達したものと考える。なお曲率半径は沈下形状図の 3 点から幾何学的に求めた近似円の半径とした。図 4.3 にトンネル縦断箇所別曲率半径の時間的変化を示す。

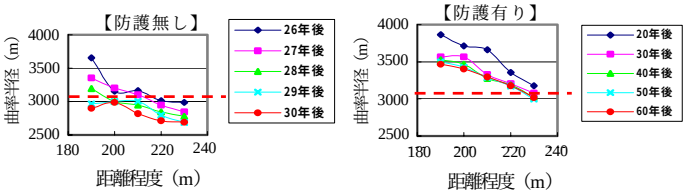

図 4.3 トンネル軸方向の曲率半径変化

図 4.3 の赤破線は設計許容曲率半径を表しているが、補修をしない場合では、29 年後に 190m~220m 地点の全区間で許容値を下回るが、補修をした場合は 60 年間許容値を下回らないことがわかった。なお、補修をした場合でも 230m 地点付近においては許容値を下回るが、これは近傍でトンネル変位を固定したという境界条件のためと考えられる。以上より、本トンネルの耐用年数は、補修無しの場合 T_1=29 年であり、補修有りの場合 T_2=60 年と判断できる。

(5)資産価値評価

3.で提案した資産価値算定式により資産価値を算定する。ここでトンネルの再調達価格を 100 とすると、例えばトンネル完成から 29 年経過時の補修無しのトンネルと補修有りのトンネルの資産価値は、それぞれ

（補修無し）　$V_1 = C - C \times \frac{t}{T_1} = 100 - 100 \times \frac{29}{29} = 0$

（補修有り）　$V_2 = C - C \times \frac{t}{T_2} = 100 - 100 \times \frac{29}{60} = 51.7$

となる。トンネル完成から 29 年後までの資産価値変化を図 4.4 に示す。

また、補修をした場合としない場合の資産価値額の差を、補修による資産価値上昇額と考えることができ、これを補修費用で除した値は対費用効果と言える。対費用効果が 1 を下回らなければ、資産価値の面から見て、補修は妥当であるといえる。補修無しの耐用年数である 29 年経過時点における補修した場合の対費用効果を図 4.5 に示す。

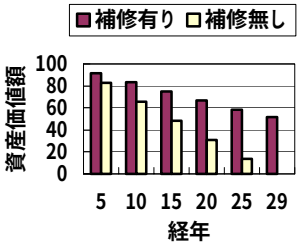

図 4.4　資産価値額の変化

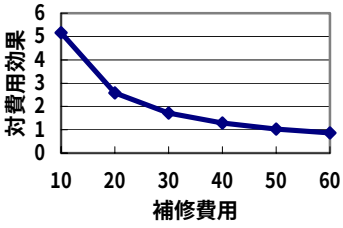

図 4.5　補修費用による対費用効果

図 4.5 から、トンネルの建設費を 100 とした場合は、補修費用が 51.7 までは対費用効果が 1 以上になることから、補修は妥当であるといえる。

5.まとめ

本報告では地下構造物の資産価値評価法に原価法の考え方を用い、資産価値算定式を提案した。これは構造物の建設費と構造物の物理的な劣化による減価償却に基づくものである。減価償却は、有限要素法を用いて求めた耐用年数により評価した。その適用事例として、沈下未了の軟弱地盤内のシールドトンネルを想定し、初期建設費を 100 とした場合には補修費用が 51.7 までの範囲内であれば対費用効果が 1 を上回ることを実証した。

参考文献：

1)有泉ほか：周辺地盤の圧密沈下に伴う既設シールドトンネル作用荷重の変化メカニズム　土木学会論文集 No.750 / III -65、pp115~134、2003.12