

LCC と NPV による最適維持管理シナリオの評価に関する研究

北海道大学大学院 学生会員 ○佐藤 互
 北海道大学大学院 フェロー 横田 弘

1. 背景および目的

コンクリート構造物において塩害劣化による耐久性低下の問題が顕在化してきており、維持管理への関心が高まっている。効率的な維持管理のためには、維持管理前に維持管理計画および性能確保のための維持管理シナリオを設定することが必要である。維持管理シナリオには通常複数のシナリオが検討され、ライフサイクルコスト (LCC) 等の指標によって最終的な意思決定が行われる。一方、より直接的に便益を考慮できる純現在価値 (NPV) の考え方も指標として用いることが検討されている。そこで、本研究ではこれら2つの指標により、維持管理シナリオの評価を試みた。

2. 研究概要

本研究では、H 港の栈橋上部工を検討対象とし、シナリオ評価の指標として、LCC および NPV を用いた。LCC とは、計画・建設での初期コスト、維持・補修の維持管理コスト、解体・撤去の処分コストの総計である。また、NPV は、構造物が生み出す便益から費用を引いて求めた純現在価値である。

2.1 性能低下の予測と維持管理シナリオ

図 1¹⁾に示す 4 段階の劣化度を用いて構造物の性能低下予測を行う。その際、式(1)に示すマルコフモデルを用いた。

$$\begin{pmatrix} d \\ c \\ b \\ a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-P_x & 0 & 0 & 0 \\ P_x & 1-P_x & 0 & 0 \\ 0 & P_x & 1-P_x & 0 \\ 0 & 0 & P_x & 1 \end{pmatrix}^t \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 P_x : 遷移率、 t : 経過時間である。

マルコフモデルでは、遷移率 P_x を求めることが必要になるが、H 港栈橋は新設構造であるため P_x を確定することができない。そこで、近隣の条件が似た M 港の点検診断結果を式(1)でフィッティングし、 $P_x=0.14$ (床版) および $P_x=0.15$ (梁) と設定 (モデル A とする) した。また、さらに劣化進行速度が大きい場合を想定し、遷移率 $P_x=0.5$ と仮定した場合 (モデル B とする) も検討した。補修管理シナリオ²⁾については、(1)予防保全型、(2)事後保全型、(3)事後保全改良型 (交換可能型)³⁾および(4)大規模補修型を設定した。

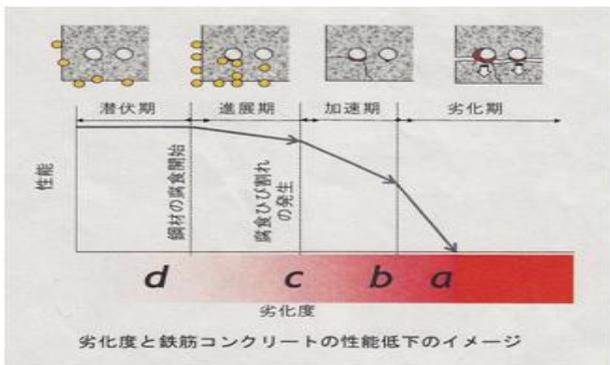


図 1 劣化度と性能低下のイメージ

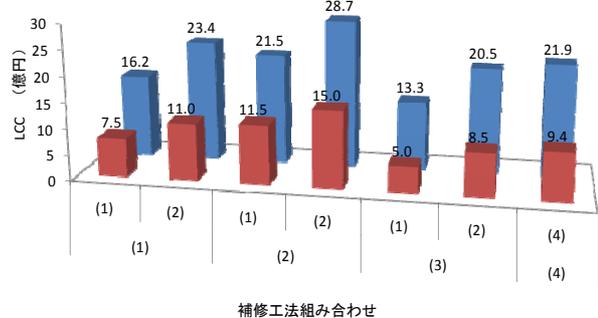


図 2 LCC 計算結果

キーワード コンクリート構造物, 維持管理シナリオ, LCC, NPV, マルコフモデル

連絡先 〒060-0808 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 Tel : 011-706-6204

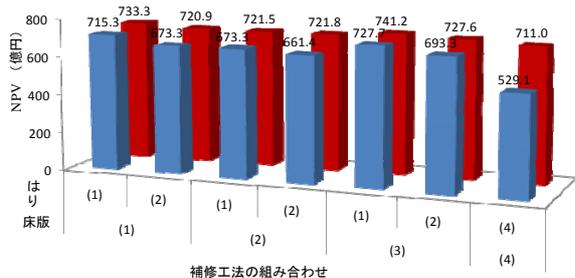


図3 NPV 計算結果

表4 LCC と NPV の計算結果

LCCとNPV		LCC (億円)		NPV (億円)	
床版	はり	モデルA	モデルB	モデルA	モデルB
予防保全型	予防保全型	7.5	16.2	733.3	715.3
	事後保全型	11.0	23.4	720.9	673.3
事後保全型	予防保全型	11.5	21.5	721.5	673.3
	事後保全型	15.0	28.7	721.8	661.4
事後保全改良	予防保全型	6.2	14.1	740.3	727.7
	事後保全型	9.7	21.3	726.7	693.3
大規模補修型	大規模補修型	9.4	21.9	711.0	529.1

2.2 LCC および NPV の算出

図2に示す維持管理シナリオの工法ごとに、マルコフモデルによる対策発生時期の予測結果から対策費用を算出した。その際、補修単価および初期建設費は、港湾栈橋の標準的な数値^{2),3)}をそのまま設定した。図2に、LCCの算出結果を示す。赤がモデルA、青がモデルBの場合である。これより、モデルAとモデルBのどちらにおいても、床版に事後保全改良型、梁に予防保全型を適用する場合にLCCが最も低くなることが示された。

施設建設による総便益から初期建設費、維持・補修コスト等の総費用を差し引いて純現在価値(NPV)を算出した。このとき、社会的割引率として4%を設定した。NPVの計算式を式(2)に示す。また、図3にNPVの計算結果を示す。赤がモデルA、青がモデルBの場合を示している。これより、床版に事後保全型、梁に予防保全型を適用する場合に、NPVが最も高くなることが示された。

$$NPV = \sum_{n=0}^{20} \frac{(B_n - C_n)}{(1+r)^n} \tag{2}$$

ここで、 n : 経過年数、 B_n : n 時点の便益、 C_n : n 時点の費用、 r : 社会的割引率(4%)である。

2.3 維持管理シナリオの評価

表4に上記のLCCとNPVの計算結果を示す。赤色はシナリオとしては最もよくないと考えられるLCCが1番高いかNPVが1番低いもの、緑色は逆にシナリオがもっともよいと考えられるLCCが1番低いかNPVが1番高いものを示している。これより、LCCおよびNPVのいずれの指標を用いても、床版に事後保全改良型、梁に予防保全型を適用することが維持管理のシナリオとしては最適であると評価された。一方、最もよくないと評価されるシナリオは、LCCとNPVでその評価結果が異なった。

3. まとめ

本研究の結果、事後保全改良型と予防保全型の補修工法の組み合わせが劣化速度にかかわらず、最も適した維持管理シナリオであることが示された。また、事後保全型は、LCCでは低い評価にも関わらず、NPVでは高い評価結果となった。一方、劣化速度が遅い場合に大規模補修型のLCCは低くなるが、NPVでは便益と費用の差が小さく、最もNPVが低いことが示された。以上のように、LCCとNPVでことなる結果が生じるため、LCCだけで最適な維持管理シナリオを決定することは危険な場合もあり、便益の評価も含めたNPVのような指標が有用である可能性があることが示された。

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の維持管理技術マニュアル，2007。
- 2) 加藤絵万，岩波光保，横田弘：栈橋のライフサイクルマネジメントの構築に関する研究，港湾空港技術研究所，第48号，第2号，2009。
- 3) 港湾空港技術研究所，日本埋立浚渫協会：高性能栈橋上部工の構築に関する共同研究報告書，2008。