

港湾構造物の劣化速度のばらつきに関する一考察

○ (財)港湾空港建設技術サービスセンター 正会員 加藤 博 敏
(財)港湾空港建設技術サービスセンター 正会員 北里新一郎

1. はじめに

2007 年の港湾法に基づく「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」の改正等を受け、港湾施設を維持管理計画等に基づき適切に維持することが、法令の枠組みの中で明示された。これを受けて、「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」¹⁾や「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き(増補改訂版)」²⁾なども発刊され、各々の港湾施設で、体系的な維持管理の取り組みが開始されている。

しかし、港湾管理者は、自ら整備した施設に加え、国が整備した国有港湾施設についても、港湾法 54 条に基づき管理を担うこととなっており、これら膨大な数の港湾施設に対して、体系的な状態の把握、所要の補修工事を実施することは、組織的・財政的制約から、厳しい状態にある。

本報告では、劣化の進行速度を表す遷移率の確率密度分布を用いて劣化進行の予測・分析を行い、点検の実施に基づく適切な維持管理を行うことの重要性を改めて確認した結果を報告する。また、設計供用期間 50 年間の係留施設の劣化状態に関して、6 割以上の施設は更新を必要とする状態まで至らない一方で、1 割以上の施設は十数年で事後保全を必要とする水準まで劣化が進行することを明らかにした。

2. 劣化の予測等の方法

(1) マルコフ連鎖モデル

劣化予測は、確率モデルによって変状の進行を再現するマルコフ連鎖モデルを用いる。初期状態として、全ての部材の劣化度が d であるとし、劣化過程を、式-1 で表す。

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

ここで、 P_x : 遷移率、 t : 経過年数。なお、遷移率 P_x は劣化速度を表す指標であり、ここでは一定値として扱う。

(2) 遷移率

式-1 に用いる遷移率は、古谷ら³⁾が、国内の 335

係留施設の代表劣化度(A ~ D)と劣化評価時点の供用後の経過年数の分析から近似できるとして報告した対数正規分布(表-1)に基づき設定した。

表-1 遷移率の確率密度分布のパラメーター

構造形式	近似分布系	μL	σL
重力式	対数正規分布	-2.746	0.701
栈橋式		-2.582	0.638
矢板式		-2.749	0.701

μL : $\ln x$ の標準偏差、 σL : $\ln x$ の平均値

(3) 劣化度ポイント

劣化進行状態を総合的に示す指標と補修工事のタイミング相当する判断指標値は、著者ら⁴⁾が報告した指標「劣化度ポイント DP」を用いる。(式-2)

$$DP = W_1 a + W_2 b + W_3 c + W_4 d \quad (2)$$

ここで、DP: 劣化度ポイント、 $W_1 \sim W_4$: 各劣化度に対する重み係数($W_1=4$, $W_2=3$, $W_3=2$, $W_4=1$)、 $a \sim d$: 劣化度 a ~ d がそれぞれ占める割合。

また、補修工事のタイミングに相当すると判断する DP の指標値としては、表-2 を用いる。

表-2 劣化度ポイントDPの対策工等の実施指標値

対策工	予防保全型	事後保全型	更新
DP	2.5	3.15	3.8

3. 設計供用期間内に更新を必要とする状態に至る施設の割合

栈橋を例にとると、累積度数が 50 % となる中間値の遷移率 $P_{x50}=0.076$ で劣化が進行した場合、供用開始後 34 年目に事後保全の目安 $DP=3.15$ を越えるが、本格的な補修対策を講じずに放置した場合、更新の目安となる $DP=3.8$ を越えるのは、供用開始後 62 年目までとなるのが計算上確認される。

港湾構造物の設計供用年数は一般的に 50 年間を想定している。遷移率の中間値を用いて試算する限り、この 50 年間は更新を必要とする $DP=3.8$ を平均的には下回ると予想される。

しかし、この試算は中間値に基づくものであり、累積度数 60 % の遷移率 $P_{x60}=0.0889$ を上回ると供用開始後 50 年を待たずに DP が 3.8 を上回る。即ち、4

キーワード: 港湾施設, 維持管理, 劣化速度, 劣化度ポイント

連絡先: 〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-3-1 尚友会館 3 階, 電話: 03-3503-2803, FAX: 03-5512-7515

割の施設は、設計供用期間を迎える前に更新を必要とするほど劣化が進むことが予想される。

重力式、矢板式でも同様に、遷移率 P_{x50} で劣化が進行した場合、更新の目安となる $DP=3.8$ を越えるのは、共に、供用開始後 74 年目となり、重力式で $P_{x70}=0.0927$ 、矢板式で $P_{x70}=0.924$ までの遷移率では、50 年目まで $DP \leq 3.8$ を保つ。即ち、3 割の施設は、設計供用期間を迎える前に、更新を必要とするほど劣化が進む計算となる。

港湾の構造物の劣化状況を遷移率とそれに伴う劣化度ポイント DP の推移で見た。この結果、平均的な構造物は、設計供用期間の 50 年間は、更新を必要とする迄の劣化には至らないものの、個々の施設毎の劣化進行状況のバラツキが大きく、3 割以上の割合の構造物が、50 年目迄に更新を必要とする状態になる可能性が、計算上確認された。

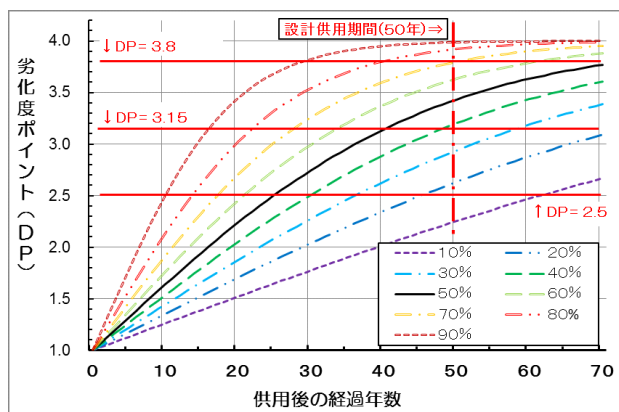


図-1 累積度数毎の遷移率 P_x による劣化度ポイント DP の経年変化(栈橋式)

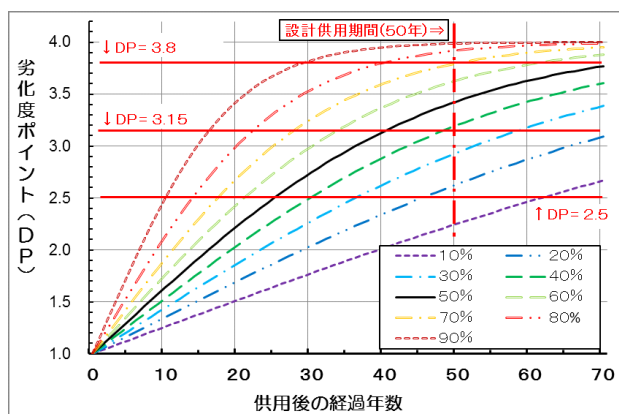


図-2 累積度数毎の遷移率 P_x による劣化度ポイント DP の経年変化(重力式)

4. 劣化速度の速い施設の補修工事実施時期目安

前章の分析結果の内、遷移率の累積度数が 90 % となる大きな遷移率 P_{x90} で、劣化予測計算を行った場合に、劣化度ポイントが対策の目安となる指標値を超過する年数を表-3にまとめる。

前述のように 6 ～ 7 割の施設が、設計供用期間 50 年の間に、更新を必要としない状態を維持し続けられる。

表-3 P_{x90} で劣化進行した際の指標値到達年数

	$DP \geq 2.5$	$DP \geq 3.15$	$DP \geq 3.8$
重力式	10年目	16年目	29年目
栈橋式	10年目	15年目	27年目
矢板式	11年目	17年目	29年目

これに対し、表-3から読み取れるように、全体の 1 割相当の施設では、30 年を経過せずに更新を必要とする目安の指標値 ($DP=3.8$) を迎えることとなり、これを回避するための事後保全の補修工事の目安 ($DP=3.15$) を、供用後 15 ～ 17 年目に迎えることを意味する。

15 ～ 17 年目に補修工事を実施することや、累積度数 90 % よりも大きな遷移率の施設の存在を考えると、遅くとも建設後 10 年目頃には、全ての施設で、各々適切な点検を実施し、必要な場合には関係者調整や補修工事の準備に移行できるよう取り組むことが適当と考えられる。

5. おわりに

本報告では、平均的な港湾施設は、設計供用年数の期間中は、更新を必要とする状態にまでは至らないことを確認する一方で、約 1 割の施設は、供用後十数年で事後保全の対策を講じないならぬ程、劣化が早期に進むことが確認できた。

点検や補修の実施などに様々な制約を伴う維持管理ではあるが、1 割もの施設が十数年目には補修工事が必要となるほどの劣化が進行していることを再認識し、より適切な維持管理が進められる一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) (独) 港湾空港技術研究所：港湾の施設の維持管理技術マニュアル,(財) 沿岸技術研究センター, 2007.
- 2) 国土技術政策総合研究所・(独) 港湾空港技術研究所・(財) 港湾空港建設技術サービスセンター：港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き (増補改訂版),(財) 港湾空港建設技術サービスセンター,2008.
- 3) 古谷宏一・横田弘・橋本勝文・花田祥一：マルコフ連鎖モデルを用いた係留施設の劣化進進行予測の信頼性評価, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント) Vol.67, No.4, pp.I159-I168,2011.
- 4) 佐藤互・横田弘・橋本勝文・古谷宏一・加藤博敏：マルコフモデルにより劣化予測を行った係留施設のライフサイクルコスト分析,土木学会論文集 F4(建設マネジメント) Vol.67, No.4, pp. I159-I190, 2011.