桟橋 RC 上部工の劣化評価について

東洋建設㈱　正会員　○中川　将秀・正会員　中村　亮太・正会員　佐野　清史
五洋建設㈱　正会員　　内藤　英晴・港湾空港技術研究所　正会員　濱田　秀則

１．はじめに

桟橋は，港湾荷役を司る上でも重要な構造物であり，その機能が麻痺した時の損失や費用の効果的投資を考えると維持管理を計画的に行っていくことが必要である．そのためには，現時点での劣化状況や今後の劣化進行を適切に評価した上で，所要の機能を所用期間保持するための最適な維持管理計画を立案する必要がある．

そこで本研究では，桟橋 RC 上部工における劣化の実態に関する評価，および今後の劣化を精度よく表現できる劣化度判定と劣化予測のあり方について検討した．

２．劣化の実態に関する評価

2.1 評価対象　評価対象とした調査桟橋の概要を**表-1** に示す．これらの桟橋は，大型タンカー等が接舷することもあり，H.W.L.からの高さが高いという特徴がある．このうち 17 桟橋については，2～3 回の複数回調査を行っており，劣化の進行具合を見ることによって，実態が把握できるものと考えた．

表-1 調査桟橋の概要

調査桟橋数	31 桟橋
経過年数	14～39 年
場所（都道府県）	千葉県・神奈川県 愛知県・大阪府 徳島県・香川県 広島県・佐賀県
H.W.L.から部材下端までの高さ	（床版）1.94～3.24m （梁）　1.19～2.30m
設計かぶり	（床版）　5～10cm （梁）　5～15cm
複数回調査桟橋数	17 桟橋

2.2 評価方法　外観目視による劣化調査資料（スケッチや写真）から既往の判定基準[1)]を用いて劣化度の判定を行った．その後，参考文献[2)]に示されている**式-1** のような劣化進行モデルを適用し，遷移確率をもとに算出した劣化度分布の評価を行った．

$$\begin{pmatrix} \mathrm{O} \\ \mathrm{I} \\ \mathrm{II} \\ \mathrm{III} \\ \mathrm{IV} \\ \mathrm{V} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x & 1-x & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x & 1-x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x & 1-x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & 1-x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x & 1 \end{pmatrix}^{t} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \cdots \quad \text{式-1}$$

t ：経過 年数，x：遷移確率

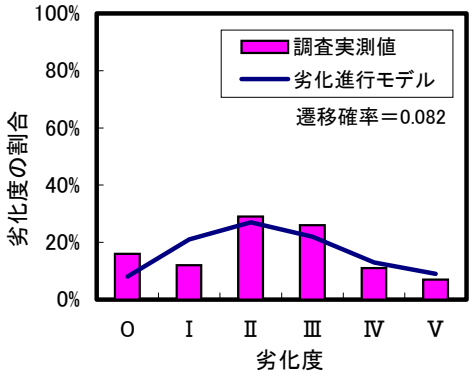

図-1 調査実測値と劣化進行モデルの比較

2.3 評価結果

2.3.1 調査結果と劣化進行モデルの比較　経過年数 30 年の桟橋の梁部材の劣化度について，目視調査から判定した結果（調査実測値）と劣化進行モデルで表現した結果の一例を**図-1** に示す．図のように，ある遷移確率を与えることによって劣化進行モデルで表現した劣化度の割合は，調査実測値と良く合致したものとなった．したがって，適切な遷移確率を設定することで定量的に桟橋の劣化評価を行うことができると考えられる．

2.3.2 遷移確率と H.W.L.からの高さの関係　遷移確率と H.W.L.から桟橋の床版下面，または梁下面までの高さとの関係を**図-2** に示す．床版，梁ともにばらつきが大きいが，H.W.L.からの高さが低くなるほど遷移確率は大きくなる傾向が認められる．すなわち，H.W.L.からの高さが低くなると飛来塩分の浸透が多く

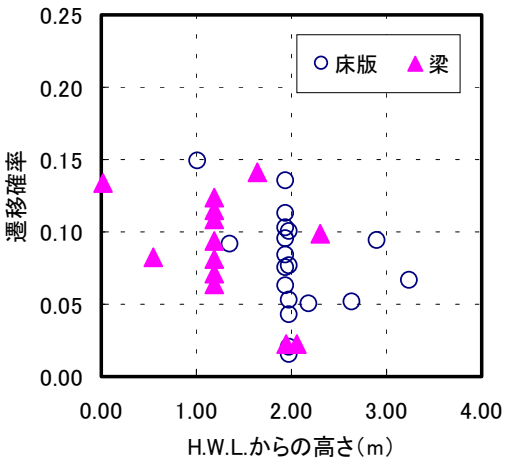

図-2 遷移確率と H.W.L.からの高さの関係

キーワード　桟橋 RC 上部工，塩害，目視調査，劣化度判定，劣化進行モデル，劣化予測
連絡先　　〒300-0424　茨城県稲敷郡美浦村受領 1033 番 1　東洋建設㈱美浦研究所　ＴＥＬ029-885-7511

なり，塩害による劣化が促進されて遷移確率（劣化速度）が大きくなるものと考えられる．また，ばらつきが大きくなるのは，実際には波浪条件や使用頻度等の様々な環境条件が影響しているものと考えられる．

2.3.3 遷移確率と設計かぶりの関係　遷移確率と設計かぶりの関係を**図-3** に示す．床版については遷移確率と設計かぶりとの関係が不明確であるが，梁については設計かぶりが小さいほど遷移確率が大きくなる傾向が認められた．すなわち，ここでも塩分の浸透が遷移確率（劣化速度）に影響していることが分かる．今回は設計かぶりとの関係を示したが，実際のかぶりは施工によるばらつきが存在するものと考えられる．

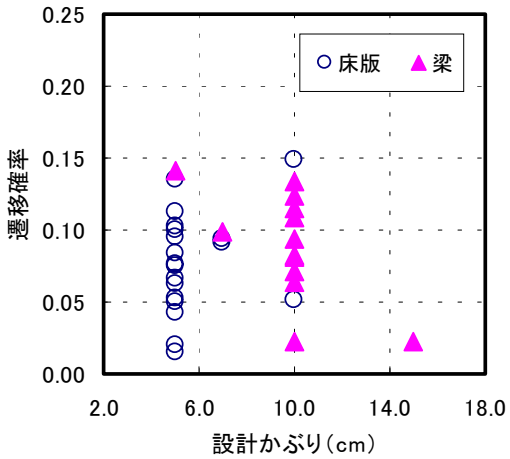

図-3 遷移確率と設計かぶりの関係

2.3.4 同一桟橋における遷移確率の変化　同一桟橋において複数回調査した結果をもとに遷移確率が経過年数に対してどのように変化したか調べた結果を**図-4** に示す．劣化進行モデルでは経過年数に対する遷移確率は一定と考えているが，図から分かるように実際にはばらつきが生じており，各調査毎に遷移確率が異なることが分かる．また，調査初回から４年後の調査では遷移確率が大きくなる傾向が見られたが，調査初回から４年後以降の調査では遷移確率の変化量が小さくなる傾向が見られた．

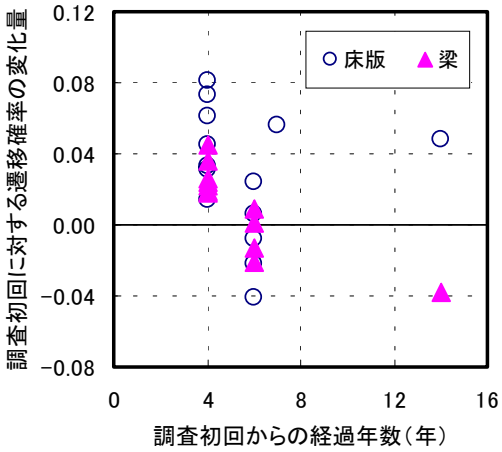

図-4 同一桟橋における遷移確率の変化

３．劣化度判定および劣化予測のあり方

3.1 劣化度判定のあり方　劣化度判定の際，既往の判定基準[1)]では，定性的な表現により，判定者によって劣化度に差を生じる恐れがあった．そこで，判定者 A（年齢：29 才，専門分野：コンクリート，塩害に関する経験年数：2 年）と判定者 B（コンクリート劣化診断エキスパートシステム[3)]で判定）がそれぞれ劣化度判定を行い、ばらつきを調べた．比較結果を**図-5** に示す．図のように，判定者の違いによる劣化度のばらつきが認められた．今後，劣化進行モデルを適用して精度のよい劣化予測を行うためには，判定しやすく，判定者によるばらつきがより小さい判定基準を作成する必要がある．

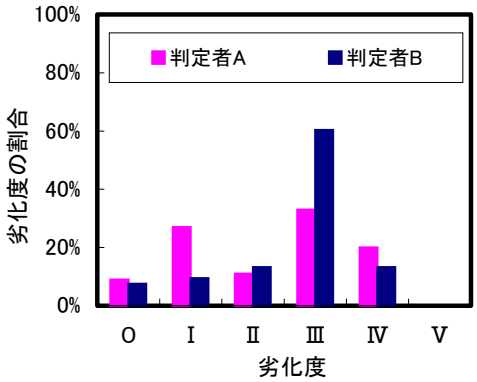

図-5 判定者による劣化度のばらつき

3.2 劣化予測のあり方　前述したように同一桟橋においても遷移確率が変化し，ばらつきが生じることが分かった．その要因として H.W.L.からの高さやかぶりが小さい桟橋ほど遷移確率が大きくなる傾向や波浪条件，使用頻度等が考えられる．今後，実態をよく表現した劣化予測を行うためには，これらの要因を考慮した劣化進行モデルの確立が必要である．

４．まとめ

精度のよい劣化予測を行うためには，より定量的に表現した，より分かりやすい判定基準の作成や，設計かぶりが小さいほど，あるいは H.W.L.から桟橋（床版・梁）下面までの高さが低いほど，遷移確率が大きくなる（劣化速度が速い）こと等を考慮した劣化進行モデルの確立が必要である．

参考文献　1) 港湾構造物の維持・補修マニュアル，(財) 沿岸開発技術研究センター，1999.6，pp97　2)小牟禮建一，濱田秀則，横田弘，山路徹：RC 桟橋上部工の塩害による劣化進行モデルの開発，港湾空港技術研究所報告，第 41 巻，第 4 号，2002.12　3)大音宗昭，佐野清史，渡辺英市，森悦栄：海洋コンクリートの劣化診断・補修設計エキスパートシステム，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15，No.2，1993，pp767-770