

長期供用した栈橋上部工の確率論に基づく保有性能評価の試行

(独) 港湾空港技術研究所 正会員 ○加藤 絵万 川端 雄一郎 岩波 光保

1. はじめに

効率的かつ効果的な社会基盤施設の維持管理の実現には、実構造物の保有性能評価手法の確立が不可欠である。本研究では、栈橋上部工から切り出したRC部材の曲げ載荷試験データを用いて、栈橋上部工全体の部材の耐荷性の極値を確率的に推定することを試みた。

2. 施設概要

検討の対象は、1964～1966年に建設され、著しい劣化により2004～2008年に撤去された栈橋RC上部工(全37ブロック)である。栈橋の標準断面図および1ブロックの平面図を図-1に示す。また、図-2に、表-1に示す基準¹⁾に従って、2002年に目視により判定された床版およびはりの劣化度分布を示す。なお、劣化度a～dは部材毎に判定されるものであるが、図-2では、各ブロックにおける床版およびはりの代表的な劣化度を示している。検討対象とした栈橋上部工では、ほぼ全ての部材で主に塩害による劣化が顕在化しており、はりよりも床版の方が劣化の進行が著しい状況であった。

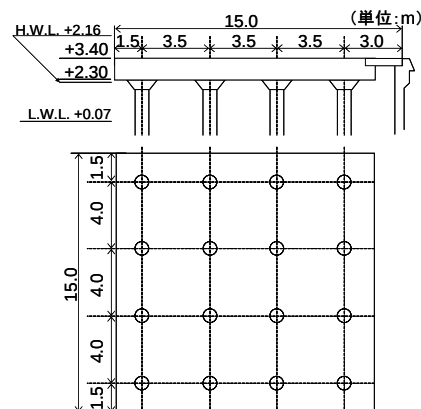


図-1 栈橋の標準断面および平面図

表-1 栈橋床版(下面部)の劣化度判定基準¹⁾

劣化度	判定基準
a	□網目状のひび割れが部材表面の50%以上ある。 □かぶりの剥落がある。 □錆汁が広範囲に発生している。
b	□網目状のひび割れが部材表面の50%未満である。 □錆汁が部分的に発生している。
c	□一方向のひび割れ若しくは帯状又は線状のゲル吐出析出物がある。 □錆汁が点状に発生している。
d	□変状なし。

上部工の撤去は、まず、床版中央部(約1.5m×1.5m)をコンクリートカッターにより切り出し、その後、はり部分をワイヤーソーにより切り出すことにより行われた。本研究では、床版中央部を対象として後述する曲げ載荷試験を行った。なお、コンクリートの配合・鉄筋種別等や、各ブロックの建設時期は不明であるため、以降、全ての部材に同材料が使用され同時期に建設されたとして取り扱うこととする。

3. RC部材の耐荷性の把握

上部工RC部材の耐荷性を把握するため、床版中央部(部材寸法 約1.5m×1.5m)、または床版中央部を3分割したRC試験体(部材寸法 約0.4～0.6m×1.5m)の曲げ載荷試験を実施した。床版中央部の部材厚さは約250～300mmであり、分割前の床版中央部には、かぶり約50～80mmに8本、かぶり約160～200mmに4本のD13鉄筋が配置されていた。

図-2に曲げ載荷試験に用いたRC試験体数、および切断前の床版中央部を1.0とした場合の換算部材数を劣化度毎に示す。曲

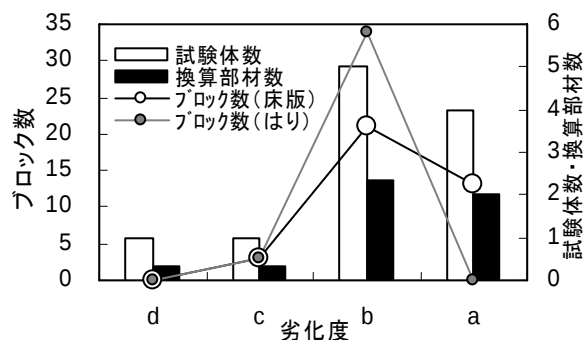


図-2 劣化度毎のブロックおよび試験体数

げ載荷試験は、単純支持1点集中載荷あるいは2点載荷で行い、いずれも荷重制御による単調載荷とした。曲げ載荷試験時のRC試験体の破壊形態は、曲げ破壊あるいは曲げ降伏後のせん断破壊であった。

図-3にRC試験体の劣化度と耐荷力比の関係を示す。ここで、耐荷力比は、劣化が生じていないとしてはり理論により求めた各試験体の計算曲げ耐力に対する実験時の最大荷重の比を示す。計算に使用したコンクリートおよび鉄筋の物性値は、コンクリートの圧縮強度 24 N/mm²、ヤング係数 25 kN/mm²、鉄筋の引張降伏強度 345 N/mm²、ヤング係数 200 kN/mm²である。耐荷力比は、劣化度aの場合は全て1.0を下回ったが、劣化度bの場合は1.0を上回るものも見られた。特に、劣化度dおよびcについては、今後のデータの蓄積により検証していくことが必要であるが、図-3より、外観に劣化・変状が認められ

キーワード 栈橋上部工、塩害、保有性能評価、耐荷性

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 (独) 港湾空港技術研究所 構造研究チーム Tel.046-844-5059

る RC 部材の曲げ耐力は、計算値を下回る可能性があるため、劣化度 c に至る以前に補修・補強等の対策を実施することが予防保全の観点から重要であるといえる²⁾。

4. 栈橋上部工全体の床版の耐荷性の推定

鋼材の腐食評価では、孔食深さデータを Gumbel 分布に近似した極値統計解析が多々適用されている³⁾。Gumbel 分布の累積分布関数 $A(x)$ は式(1)で与えられる。

$$A(x) = \exp [- \exp \{ -(x - \lambda) / \alpha \}] ; -\infty < x, \lambda < +\infty, \alpha > 0 \quad (1)$$

ここに、 λ :位置パラメータ、 α :尺度パラメータである。

図-4 に劣化度 a および b の RC 試験体の耐荷力比の Gumbel 確率プロットを示す。試験データはよい直線性を示したことから、各劣化度における RC 試験体の耐荷力比の最大(最小)分布は、Gumbel 分布に近似することが可能であるといえる。

極値統計解析では、評価対象区画に対する測定区画の比を再帰期間 T として、式(2)により対象区画全体の極値 x_m を推定できる。

$$x_m = \lambda + \alpha \ln T \quad (2)$$

検討対象とした栈橋上部工では、1 ブロックあたり 9 部材の床版が存在する。本研究では、劣化度 a および b と判定された床版数に対する換算部材数の比を再帰期間 T として、各劣化度における耐荷力比の極値を推定した。表-2 に、各劣化度における再帰期間、および床版の耐荷力比の極値の推定結果を示す。また、図-5 に各劣化度の耐荷力比の累積確率密度を示す。劣化度 a の場合、耐荷力比は 95%以上の確率で 1.0 を下回ることが推測された。劣化度 b の場合、耐荷力比の標準偏差は劣化度 a よりも大きく、耐荷力比は 70%以上の確率で 1.0 を上回るが、その最小値は劣化度 a の場合の最小値と同等と推定された。劣化度 a は最も劣化が進行した状態であるため、一般に、部材の耐荷力比の最小値は 0.0 に限りなく近づくことが予想される。劣化度 b は、塩害の劣化過程において加速期に位置するものであり、劣化度 b と判定された部材の耐荷性は、錆汁や腐食ひび割れの発生範囲や発生位置、また鉄筋の腐食による断面減少の大小に大きく影響される。このため、試験データから推測した部材の耐荷力比は広い分布を示したことが考えられる。また、いずれの劣化度の部材についても、耐荷力比の極値は再帰期間 T に大きく影響されるため、極値統計解析を行う場合は、検討対象の再帰期間の妥当性についての検討が必要である。

5. まとめ

本研究では、栈橋上部工から切り出した RC 部材の耐荷力比データを用いて、極値統計解析により栈橋上部工全体の床版の耐荷性評価を試みた。今後、塩害により劣化した RC 部材の構造性能データを蓄積するとともに、本研究で提案した保有性能評価手法の妥当性について、引き続き検証を進める予定である。

参考文献

1) (独)港湾空港技術研究所編著: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) 加藤絵万・岩波光保・横田弘:供用 30 年以上が経過した RC 部材の劣化性状と耐荷性に関する検討, 土木学会第 62 回 年次学術講演会概要集 V, pp.73-74, 2007.
3) 腐食防食協会編:装置材料の寿命予測入門, 丸善, 1984.

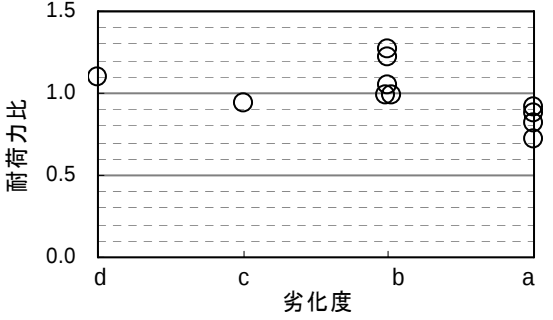


図-3 劣化度と耐荷力比の関係

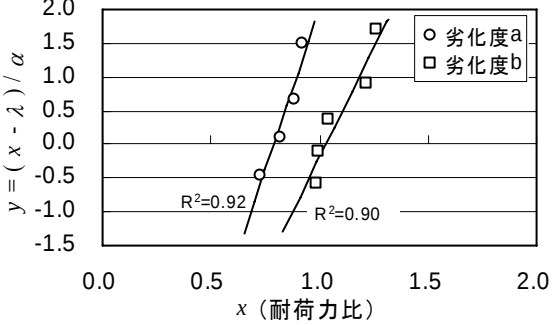


図-4 耐荷力比の Gumbel 確率プロット

表-2 栈橋上部工床版の耐荷力比の推定

	劣化度 a		劣化度 b	
	最大	最小	最大	最小
対象施設の部材数 N (1 ブロックあたり床版 9 部材)	117 (13 ブロック)		189 (21 ブロック)	
換算部材数 n	2.0		2.3	
再帰期間 $T = n / N$	58		81	
耐荷力比の極値	1.22	0.47	1.71	0.47
標準偏差	0.14	0.13	0.20	0.21

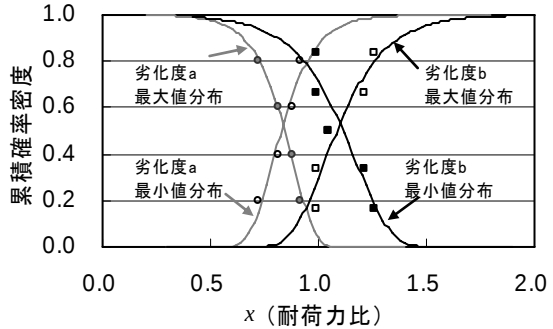


図-5 耐荷力比の累積確率密度