

コンクリート中の鉄筋腐食を考慮した構造解析に基づく 栈橋の維持管理の負担軽減に関する検討

東京工業大学 学生会員 中村 堯
東京工業大学 正会員 千々和 伸浩
東京工業大学 正会員 岩波 光保

1. 研究の背景と目的

栈橋は物流において大切な役割を担う港湾構造物であり、特に日本などの島国ではとても重要な施設であると言えるが、塩害の起こる環境に置かれていることから経年劣化が厳しい状況にあるものが多い。しかし現在、点検・補修の作業環境が悪いことやコストが高いことによる管理者の負担が大きいことが主な原因となり、維持管理に対するモチベーションが低く、適切に維持管理が行われていない状況にある。よって、地震時の耐震性が確保されているとは言えず、地震にあった場合、栈橋に大きな損傷が生じる可能性がある。すると物流が滞ってしまい、特に島国である我が国にとって大きなダメージとなる。また、日本は地震大国であり、栈橋がそのような地震被害にあってしまう危険性が決して低くないと考えられる。

以上より栈橋の維持管理に対するモチベーションを上げる必要があると考えられる。そこで本研究の目的を、上部工に鉄筋腐食が生じた栈橋の維持管理の負担を軽減する方策を提案することとする。本研究では、上部工の鉄筋コンクリートはりの中で、維持管理を重点的にすべき RC はりとある程度省力化できる RC はりを区別することにより負担を軽減することを考える。

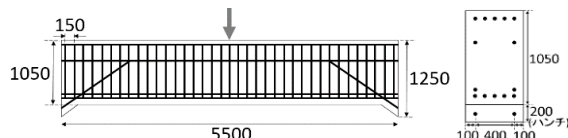


図1 解析対象 RC はりの寸法 (単位: mm)

表1 栈橋の条件のパラメーター

上部工の大きさ (d1×d2) (m ²)	25×16.5, 18.75×16, 31.25×16.5, 25×22.75, 25×29
置換砂層と粘性土層のN値	5, 10, 40
鋼管杭の長さ (m)	28, 33
地震動の種類	1995年兵庫県南部地震 2011年東北地方太平洋沖地震

2. 検討の概要

上部工において鉄筋腐食が生じている鉄筋コンクリートはりの位置と、栈橋全体としての耐震性との関係を検討することによって、維持管理を重点的にすべき RC はりと、ある程度省力化できる RC はりとを区別する。まず、健全な RC はりと鉄筋腐食が生じている RC はりが地震を受けた時の構成則を得て、次にその構成則をインプットした全体構造解析を行う。

3. 構成則を得るための部材解析

まず対象となる RC はり(図1)に、有限要素解析ソフト COM3 により、スパン中心を載荷点として両端固定の状態でも繰り返し載荷を行い、地震動を受けた時の構成則を得る。鉄筋腐食が生じている RC はりは、1 段目引張鉄筋および 2 段目引張鉄筋より下部のコンクリートは剥落しており、2 段目引張鉄筋は質量減少率 80% であるものと設定する。得られた構成則を図2に示す。

4. 全体構造解析

4-1. 解析の概要

多くの栈橋に適用できる一般的な維持管理の負担軽減方策を提案するために、様々な条件(表1)の栈橋に対して 3 次元動的解析プログラム解析 T-DAP による解析を行った。例としてある栈橋の概要を図3に示す。

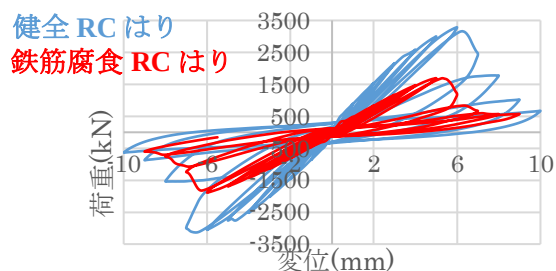


図2 部材解析によって得られた構成則

キーワード 栈橋, 維持管理, 負担軽減, 鉄筋腐食, 耐震性

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑が丘 1 号館 5 階 512 号室 (Mail Box:M1-21)

東京工業大学社会基盤マネジメント研究室(岩波研究室) TEL 03-5734-3194

4-2. 解析結果と考察

全ての条件パターンでの栈橋で、上部工において鉄筋腐食を生じている鉄筋コンクリートはりの位置と栈橋の耐震性との関係についてほぼ同じ傾向を得た。その傾向を、1つの栈橋の結果(図4)を例にとり説明する。

地震動によるはりのダメージの大きさはそれぞれのはりの剛性低下率で評価する。剛性低下率は、はりが受けた曲率—曲げモーメント関係の履歴の最初の载荷サイクルと最終载荷サイクルの傾きを比べた低下率とし、100%に達した場合そのはりは破壊したものとする。栈橋法線に平行な向きのはりをはり1、垂直な向きのはりをはり2とすると、図4(a)の横向き方向の灰色の列の中のはり1同士、縦向き方向の緑色の列の中のはり2同士はそれぞれほぼ同じ剛性低下率を示した。

全てのはりが健全である Case-a1(図4(a))では、はり1について、外側のはりが内側のはりより剛性低下率が大きくダメージを受け易かった。これは、外側のはりのほうが拘束が少なく、変形が大きくなるためであると考えられる。はり2については陸側のはりが最もダメージを受け易かった。これは、陸側の鋼管杭のほうが長さが短く変形しにくいために、鋼管杭によるダメージの吸収が小さいからであると考えられる。

はり1に注目すると、外側のはりのみで鉄筋腐食が

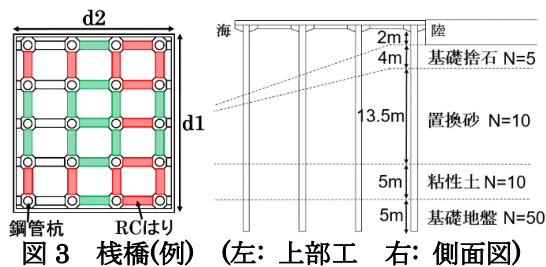


図3 栈橋(例) (左: 上部工 右: 側面図)

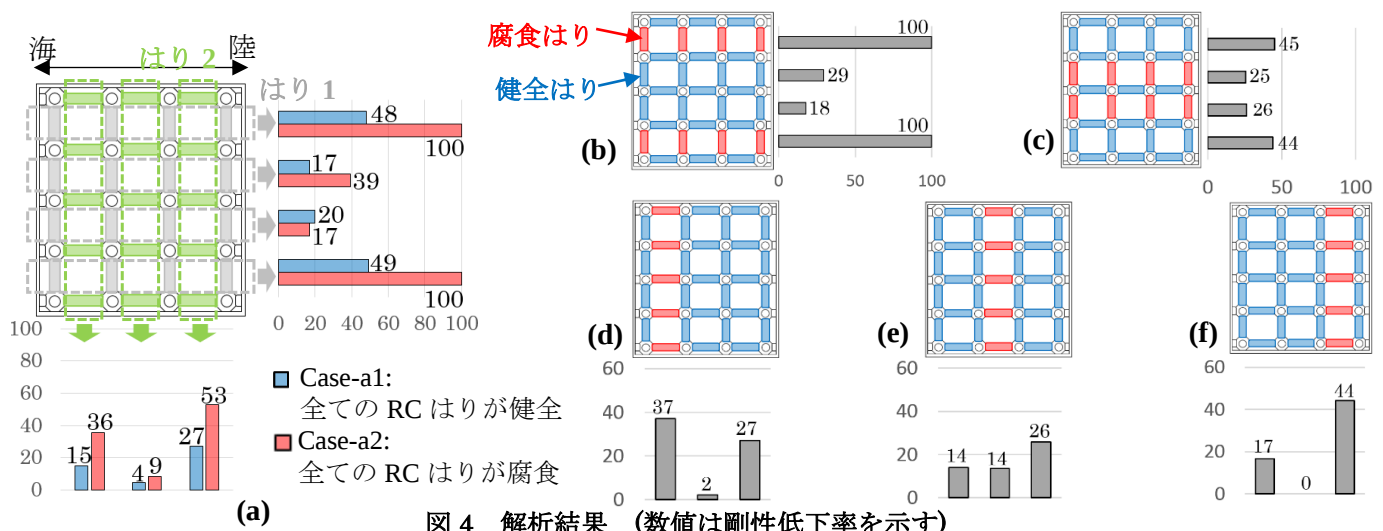


図4 解析結果 (数値は剛性低下率を示す)

生じている場合(図4(b)), 外側のはりは破壊した。しかし、内側のはりのみで鉄筋腐食が生じている場合(図4(c))には、全てのはりが健全である Case-a1 よりも外側のはりのダメージを抑えることができ、また、内側のはりの剛性低下率の増加もそれほど大きくなかった。よって、はり1については外側のはりの鉄筋腐食が、内側のはりより栈橋全体の耐震性低下に影響を与えることがわかった。

はり2に注目すると、1つの縦向き列の中のはりのみで鉄筋腐食が生じている場合(図4(d), (e), (f)), Case-a1 と比べて、鉄筋腐食が生じているはりのみの剛性低下率が上がった。このことから、もともとダメージを受け易かった陸側のはりの鉄筋腐食が栈橋全体の耐震性低下に最も影響を及ぼすことがわかった。

5. 結論

以上の結果から、外側のはり1と陸側のはり2(図3, 赤色)は維持管理を重点的にすべきであり、内側のはり(図3, 緑色)は維持管理をある程度省力化・簡易化することができると思われる。この区別によって、栈橋の維持管理の負担を合理的に減らすことができる可能性が考えられる。

参考文献

- 1) 野村 早奈美:鉄筋腐食を有する鋼管杭式栈橋の耐震性能評価と維持管理手法の提案, 東京工業大学修士論文, 2015
- 2) 財団法人 沿岸技術研究センター: 港湾の施設の維持管理技術マニュアル, 2007