

### 地震時に RC 上部工が損傷した栈橋の耐震性能

港湾空港技術研究所 正会員 ○大矢 陽介  
港湾空港技術研究所 正会員 川端 雄一郎

#### 1. 目的

港湾の係留施設のうち耐震性能が優れた栈橋構造物を対象に、地震後の供用可否判断や最適な修復シナリオ構築に活用することを目的に、本稿では、地震力や地震後の供用荷重による栈橋の RC 上部工構造の損傷が後続の地震に対する耐震性能に与える影響を模型実験および数値解析より評価した。

#### 2. 検討内容

損傷シナリオは、図 1 に示す①地震力による損傷、②上部工荷重による損傷、③後続の地震力による損傷の三段階を想定し、性能を評価した。検討対象は、栈橋の法線直角方向の杭 1 列分を約 1/4 の縮尺でモデル化した実験供試体<sup>1)</sup>で、解析では更に鋼管中心位置で対称条件を設定した 1/2 モデルとした。図 2 に有限要素モデル、写真 1 に実験供試体を示す。

実験試験体の鋼管杭には鋼種 STK400、外径 216.3mm、厚さ 4.5mm のものを使用した。栈橋 RC 上部工は幅 300mm、高さ 300mm、スパンは杭中心で 1250mm、鋼管の埋め込み長は 250mm とした。鋼管杭は、仮想地盤面から  $1/\beta$  の位置を仮想固定点とし、実験では仮想固定点以下を 2 重鋼管、解析では仮想固定点を変位拘束条件として固定した。また、鋼管杭 A、C 杭には 100kN、B 杭には 50kN の上部工の自重と上載荷重相当の軸力を与えた。第 1 段階の交番载荷では、鋼管杭のひずみが降伏ひずみ ( $2000\mu$ ) に達した際の水平変位を  $1\delta_y$  とし、これを基準に行った。 $1\delta_y$  は実験の 3 供試体で 28mm から 30mm の範囲、解析で 30mm であった。

#### 3. 検討結果

図 3 に第 1 段階 (本震時、地震力) および第 2 段階 (供用時、上部工荷重) おける RC 上部工のひび割れ図およびひび割れひずみコンター図、図 4 に上部工の水平変位と水平荷重の関係を示す。 $2\delta_y$  以降になると繰返しとともに最大荷重は小さくなり、 $3\delta_y$  のサイクル途中で荷重はピーク値を示し、これ以降は水平変位が大きくなると荷重は減少した。また、陸側の杭頭部周辺において損傷が最も早く始まり、損傷の程度が大きい。解

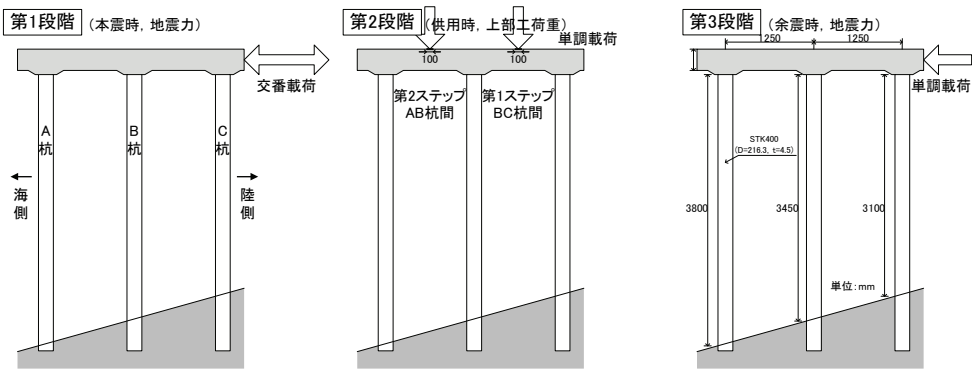


図 1 損傷シナリオと荷重载荷条件

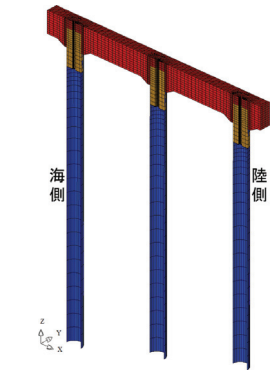


図 2 有限要素モデル



写真 1 実験供試体

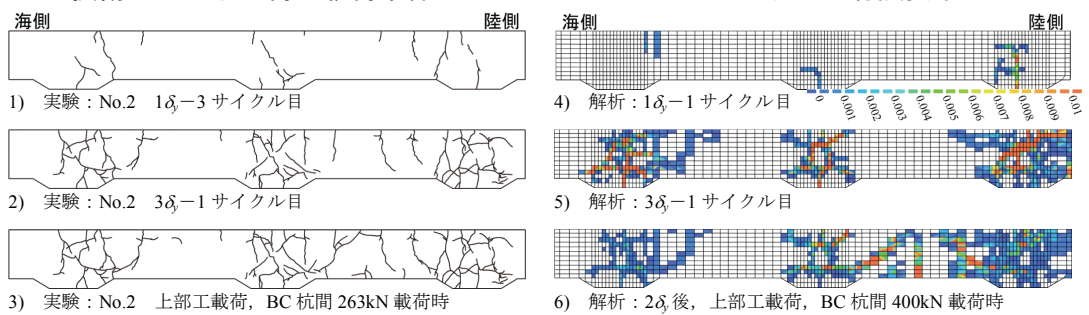
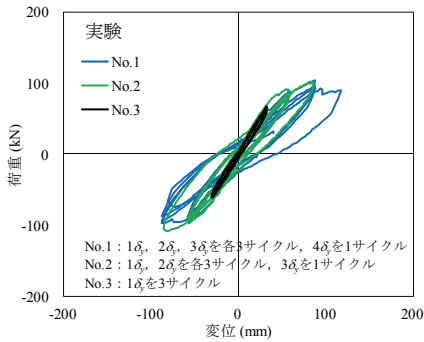


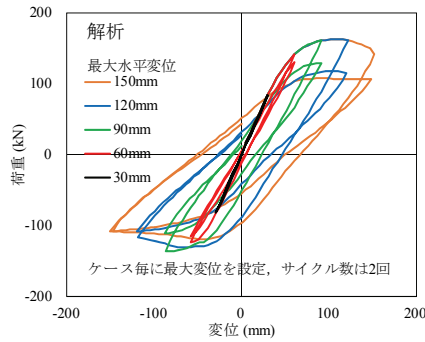
図 3 ひび割れ図 (実験) およびひび割れひずみコンター図 (解析)

キーワード 直杭式栈橋, RC 上部工, 残存性能, 耐震性能, 地震動, 有限要素法

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 TEL046-844-5058



1) 実験結果



2) 解析結果

図4 水平変位と荷重の関係 (第1段階)

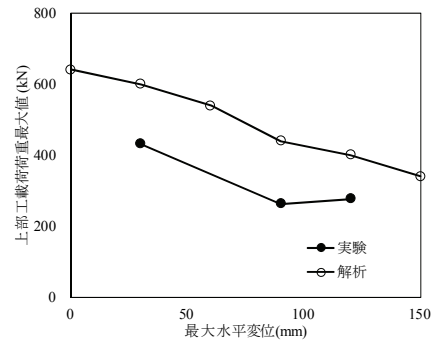


図5 最大水平変位と上部工載荷荷重最大値の関係 (第2段階)

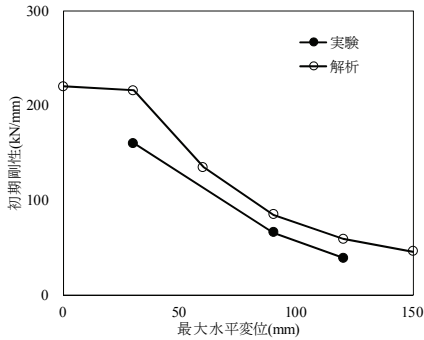


図6 最大水平変位と初期剛性の関係 (第2段階)

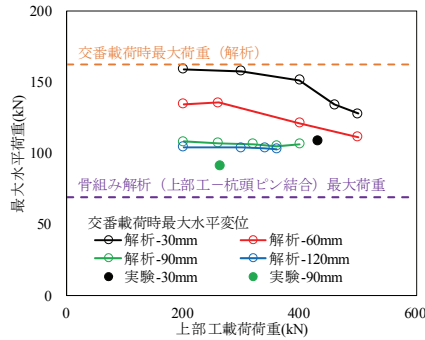


図7 上部工載荷荷重と最大水平荷重の関係 (第3段階)

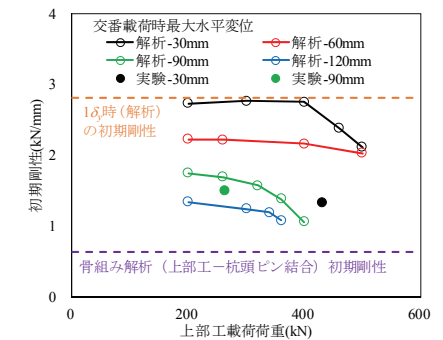


図8 上部工載荷荷重と初期剛性の関係 (第3段階)

析結果は実験の最大水平荷重の1.5倍を示し、実験結果との差異が明らかであるが、これらの傾向は両者で共通している。

第1段階の最大水平変位と第2段階の上部工荷重の最大値の関係を図5、最大水平変位と初期剛性の関係を図6に示す。第1段階における最大水平変位が大きくなると、第2段階の上部工荷重の最大値および初期剛性は小さくなった。図3に示すようにRC上部工のスパン間において地震力による損傷が小さくても、杭頭周辺部の損傷により上部工の耐荷性能は大きく低下することが分かった。

図7に第2段階の上部工載荷荷重と第3段階(余震時、地震力)の最大水平荷重の関係を示す。図中の凡例の色の違いは、第1段階における最大変位の違いである。第1段階の最大変位が $1\delta$ および $2\delta$ においては、上部工載荷荷重が大きくなると後続の地震力に対する耐力は小さくなった。一方、事前の地震力において損傷が大きい $3\delta$ および $4\delta$ においては、上部工載荷荷重の大きさによらず耐力は変わらない。これは、栈橋RC上部工が損傷しても、栈橋構造全体の水平耐力に対する鋼管杭の負担分が残存するためと考えられる。図7に示すように、鋼管杭のみの水平耐力に相当する上部工と杭頭をピン結合とした骨組み解析の最大水平荷重は70kNとなり、この考察を支持する結果である。また、図8に示すように栈橋の初期剛性は、残存耐力と比べて損傷による低下程度が大きいことが分かった。剛性低下による固有周期の長周期化といった振動特性の変化により、設計条件が変わることも修復設計の際には考慮が必要であろう。

#### 4. 結論

後続の地震に対する栈橋の残存耐力は、地震時に経験した水平変位と供用時の上部工荷重による損傷により低下する。栈橋の地震力に対する耐力におけるRC上部工の負担分には上限があり、上部工の損傷が大きくなっても、鋼管杭への水平力の荷重伝達ができれば、地震力に対する耐力は一定値を保持することが分かった。また、RC上部工の損傷により、栈橋の振動特性が大きく変わる可能性を示した。

謝辞：本研究は、平成25年度吉田研究奨励賞を授与された研究課題である。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 川端雄一郎, 岩波光保, 加藤絵万, 西田孝弘: 地震動により損傷した栈橋RC上部工の残存性能評価, 港湾空港技術研究所資料, No.1267, 2013.