

既設構造を活用した追設部材による耐震改良栈橋を対象とした模型振動実験の再現解析

港湾空港技術研究所 正会員 ○近藤 明彦 小濱 英司
 元関東地方整備局 正会員 遠藤 敏雄
 関東地方整備局 正会員 高橋 康弘

1. はじめに

港湾構造物の設計において考慮する地震外力の増加や経年劣化の進行に伴う構造耐力の低下を背景に、既存構造物を活用した耐震改良の需要が高まりつつある。本研究では、既存構造を利用しつつ栈橋の耐震性向上を図ることを考え、既設杭の間に新たに上部工に接続する杭を新設して、杭頭を切断した既設杭と新設杭を水平材で接続することによって、地震荷重に既存と新設構造が一体となって耐荷する構造を対象としている。これまでに、模型振動台実験により基礎的な動的変形挙動を検討しており¹⁾²⁾、本報告では、これらの加振実験結果について有限要素法解析による再現を検討した結果をまとめている。

2. 対象とする模型実験と再現解析概要

模型振動台実験は栈橋式係船岸、控え杭とタイロッドによる一般的な矢板岸壁を対象として、図-1に示す縮尺 1/40 の栈橋模型を直径 6.0m の大型三次元水中振動台を用いて実施した。主な部材の諸元として、新設杭が $\phi 17\text{mm}$ 、既設杭 $\phi 13\text{mm}$ のそれぞれアルミ中実棒、追設部材は $\phi 3\text{mm} \times t0.5\text{mm}$ のアルミパイプを用いた。これらは、一般的な栈橋構造で新設した場合と比べて、新たに用いる杭の材料費がこれよりも安価となるように、新設杭の列数を3列に低減し、鋼管径も小さくなる断面を想定したものとなっている。その他の詳細は既報^{1,2)}に詳しい。

再現解析には、二次元非線形動的有限要素法解析プログラム（以下 FLIP）を用いて検討を行った。図-2に解析断面のメッシュ図を示す。基本的に図-1に示す実験断面を再現しているが、二次元断面での再現のため、二次元断面での表現にあたり、全てのパラメータは奥行き 1.0m 当りの値に換算している。杭モデルに関しては、奥行き 1m あたりに含まれる本数（新設杭：3.33本、既設杭：5.0本、ストラット：6.67

本）を乗じた値になっている。また、水平材は岸壁法線方向に3次的に設置されていることに加え、模型実験においてトルク作用も確認されたことから、それらの影響を考慮して軸剛性と曲げ剛性を換算することで表現した。具体的には、軸剛性はフレーム解析により算出し、曲げ剛性はねじり剛性を含んだ換算曲げ剛性を算出して、部材長と断面二次モーメントの換算を加味することでパラメータを算出した。

図-3に実験と再現解析に使用する加振波を示す。震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性を考慮した想定シナリオ地震動を基盤層での地震動に変換し、時間軸について相似則³⁾を考慮したものである。

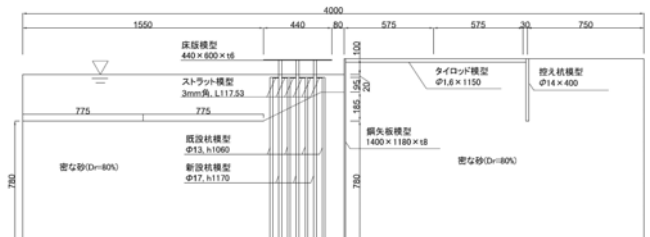


図-1 模型振動台実験における検討断面

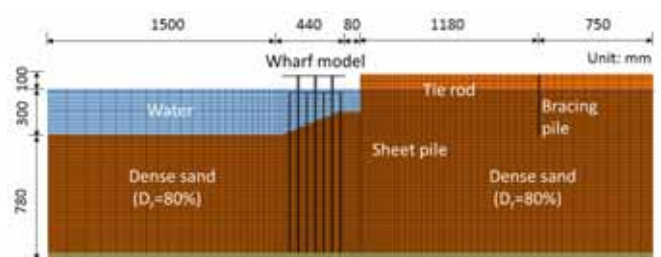


図-2 模型振動台実験における検討断面

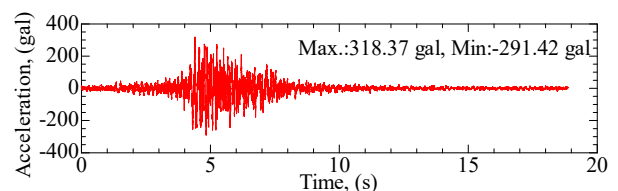


図-3 加振波形（振幅 100%）

キーワード 栈橋式係船岸、追設部材、再現解析

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (国研)海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
 地震防災研究領域 耐震構造研究グループ TEL: 046-844-5058

3. 再現解析結果

図-4に栈橋上部工の加速度応答と変位応答を示す。加速度応答では、概ね同程度の応答を示しているが、瞬間的に模型実験の最小値が解析結果より大きくなっている。これは、渡板を介して矢板に接触した際に、衝撃力として海側への加速度が発生したためと考えられる。変位応答についても、経時変化や海側への残留変位などで定量的な一致がみられる。ただし、上記の瞬間的な加速度発生時には変位にも同様の瞬間的な応答が確認できる。

図-5に模型実験で最大変位発生時における栈橋模型杭の曲げモーメント分布の比較図を示す。図より、新設杭と既設杭に発生するモーメントも実験と解析

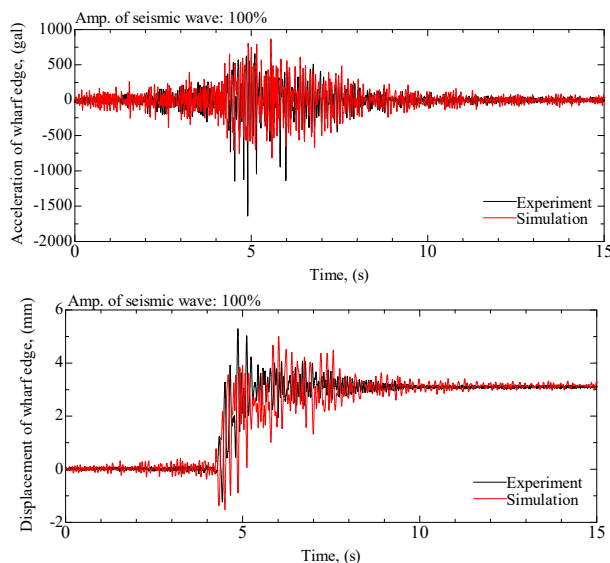
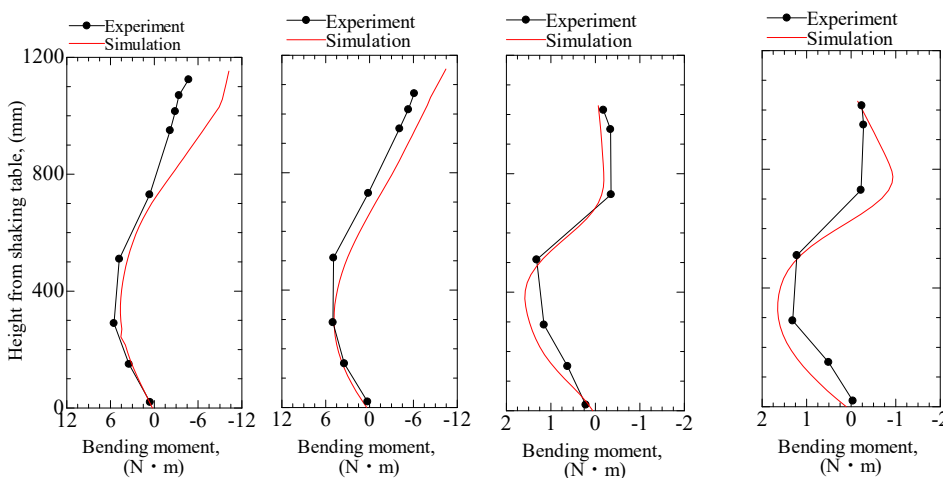


図-4 栈橋上部工における加振ステップ毎の累積残留変位の比較



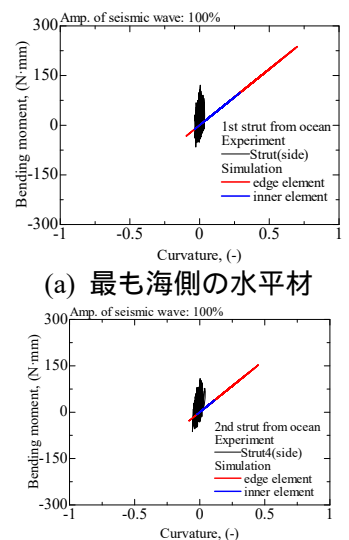
(a) 新設杭(海側) (b)新設杭(中央) (c)既設杭(海側) (d)既設杭(海側中央)
図-5 栈橋模型の杭の曲げモーメント分布の実験と解析結果の比較

において定量的に一致している。図-6には、追設部材に作用する曲げモーメントと曲率関係を示している。ここで、再現解析では、ストラットを4つの要素で再現しているため、端部の要素と内側の要素で発生する曲げモーメントが異なることから、2つの曲げモーメントがプロットされている。図より、模型実験より数値解析では曲率が大きい、概ね発生する曲げモーメントを再現できていると考えられる。

以上より、追設部材による耐震改良栈橋の模型実験結果を二次元非線形動的有限要素法解析により、定量的に再現できることを示した。今後は、同様のモデル化によって実際のスケールにおける数値実験を進めることで、最適な追設部材の諸元などを感度解析により求めていく。

謝辞：本研究の一部は、港湾空港技術研究所，横浜港湾空港技術調査事務所，あおみ建設(株)，八千代エンジニアリング(株)，新日鉄住金(株)との共同研究により実施されたものであり，深謝の意を表します。

参考文献：1) 近藤明彦，小濱英司，寺田竜二，遠藤敏雄，高橋康弘，追設部材による栈橋式係船岸の耐震補強効果に着目した基礎的変形特性の検討，土木学会第71回年次学術講演会講演論文集，pp.933-934，2016. 2) 近藤明彦，小濱英司，遠藤敏雄，高橋康弘，既設構造を活用した制振ダンパーによる耐震改良栈橋の基礎的変形特性の実験的検討，土木学会第72回年次学術講演会講演論文集，pp.1341-1342，2017. 3) S. Iai: Similitude for Shaking Table Tests on Soil-Structure-Fluid Model in 1g Gravitational Field, *Report of the Port and Harbor Res. Inst.*, Vol.27, No.3, pp.3-24, 1988



(a) 最も海側の水平材
(b) 海側から2本目
図-6 追設部材の曲げモーメント履歴の比較