

制振部材を用いた直杭式横棧橋の耐震改良効果に関する模型振動台実験

港湾空港技術研究所 正会員 ○近藤 明彦 小濱 英司
 八千代エンジニアリング株式会社 渡辺 健二 国生 隼人 天野 俊 小山 萌弥
 日本製鉄株式会社 永尾 直也 あおみ建設株式会社 吉原 到

1. はじめに

高度経済成長期に整備された多くの港湾構造物は、港湾の施設の技術上の基準¹⁾の改定における設計地震動の見直しや経年劣化の進行による構造耐力の低下により、構造物の安定性を確保できなくなる懸念がある。また、レベル1地震動に対して係留施設はすべての部材が損傷しないことが前提であり、既存施設の耐震性の向上には多大な費用が必要である。レベル2地震動に対しては要求性能に応じて一部の部材に損傷が認められているが、復旧に時間がかかることが懸念される。そこで、本研究では、棧橋式係留施設を対象に耐震性向上を容易かつ比較的安価に実施できる耐震補強・復旧工法の開発を目的として、制振部材を追設する工法について、既報²⁾³⁾を参考に模型振動台実験により検討を行った。

2. 実験条件

検討対象とする棧橋構造は、国土技術政策総合研究所資料 No.1001⁴⁾における棧橋式係留施設の照査用震度算出方法の設定に用いた断面を参考に、水深-7.5mのL型ブロック護岸を有する直杭式横棧橋を対象として、図-1に示す模型断面において振動台実験を行った。断面設定にあたっては、縮尺比 1/20 として、上部工は鉄製の板（幅 600mm, 奥行 900mm, 重量 74.2kg）、基礎杭模型はアルミ製のパイプ（直径 25mm, 肉厚 1mm）を用いている。基礎杭は曲げ剛性の相似則⁵⁾を満足する条件で $\phi 700\text{mm} \times t10\text{mm}$ （材質 SKK490）相当となる。制振部材模型は、制振材に防振ゴムを用いて、軸方向に圧縮・引張のみが作用するようリニアシャフトとリニアブッシュを並行して配置し、基礎杭との接合部ではヒンジとなるようユニバーサルジョイントを設置している。また、制振部材の挙動を計測するために渦電流式変位計とロードセルを設置した。本検討では、比較のために制振部材のない条件の現況断面も作成しており、同時に加振を行っている。模型地盤は、岐阜硅砂6号を幅 4000mm, 奥行 1400mm, 高さ 1000mmの領域に気中落下で作成し、制振部材のある断面の相対密度は 89.4%、現況断面は 85.3%だった。また、制振部材による改良効果は入力地震動の周波数特性の影響を踏まえ、図-2に示す相似則⁵⁾をもとに時間軸を換算した3種類で検討を行った。

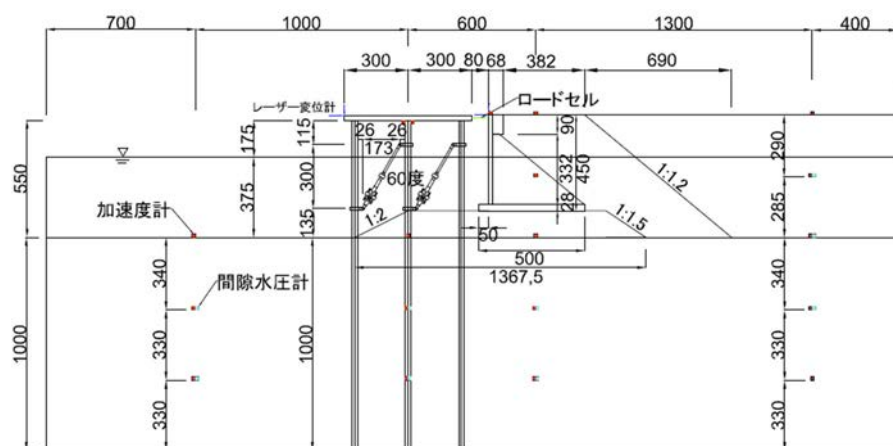


図-1 制振部材を用いた直杭式棧橋模型の概略図

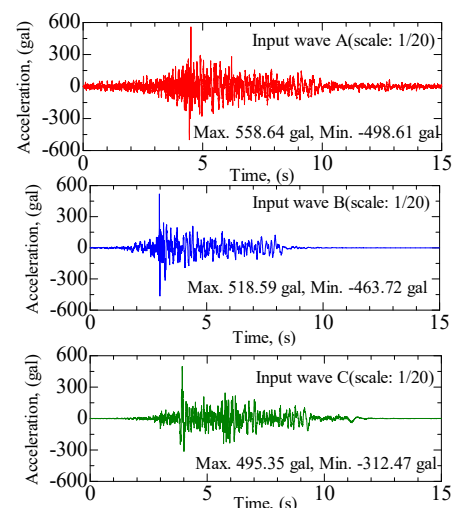


図-2 入力地震動

キーワード 直杭式棧橋, 耐震補強, 制振部材, 模型振動台実験

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. 実験結果

制振部材を用いた耐震改良効果として、栈橋上部工模型の最大応答加速度を図-3(a)に、最大応答変位を図-3(b)に示す。なお、本検討は、段階加振のため、加振ごとに栈橋模型とL型ブロック護岸の海側への変位が累積する条件となっている。最大応答加速度では、制振改良断面において一般的な栈橋のケースと比較して18-25%低減、最大応答変位では、44-59%の低減が確認できる。図-4に最も応答変位の大きかった入力地震動Cについて、各基礎杭における曲げモーメント分布を示す。いずれの基礎杭も制振部材の設置によって荷重の分担がなされることで杭頭付近の曲げモーメントが低減されており、杭頭における全ての基礎杭の最大・最小曲げモーメントが平均で38%低減されていた。

以上より、本検討では、直杭式栈橋に制振部材を設置する耐震補強・復旧工法について、制振部材の取付けによる耐震性への影響の基礎的検討として模型振動台実験における応答から検討した。今後は、既報³⁾における護岸が無い断面の結果との比較や減衰定数に関する検討などを行うことで、設計方法の検討などに活かしていく予定である。

謝辞：本研究の実施において、有益な助言をいただきました京都大学小野憲司客員教授、名古屋大学富田孝史教授、国土交通省港湾局技術企画課技術監理室、関東地方整備局に併せて深謝の意を表します。

参考文献：1)国土交通省港湾局監修，日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2018. 2)近藤ら，座屈拘束ブレースを用いた直杭式栈橋の耐震性向上に関する基礎的検討，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.75, No. 2, pp.I_563-I_568, 2019. 3) 近藤明彦，小濱英司，渡辺健二，国生隼人，天野俊，小山 萌弥，永尾直也，吉原到：制振部材を用いた直杭式栈橋の模型振動台実験による耐震性向上効果の検討，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.76, No. 2, pp.I_408-I_413, 2020.4)勝俣ら：地震動に伴う地盤の非線形性を考慮した直杭式横栈橋の照査用震度算出方法に関する研究，国土技術政策総合研究所資料 No.1001, 2018.5) Iai, S.: 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.

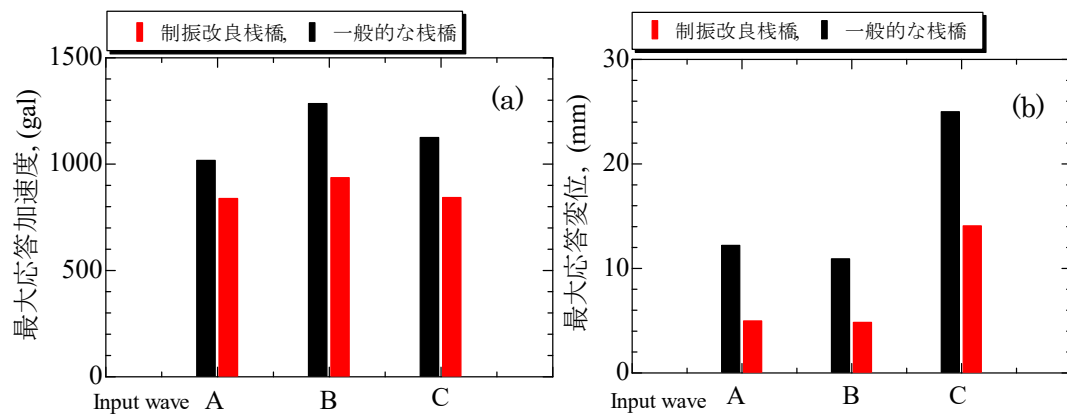


図-3 栈橋上部工の応答：(a) 最大応答加速度，(b) 最大応答変位

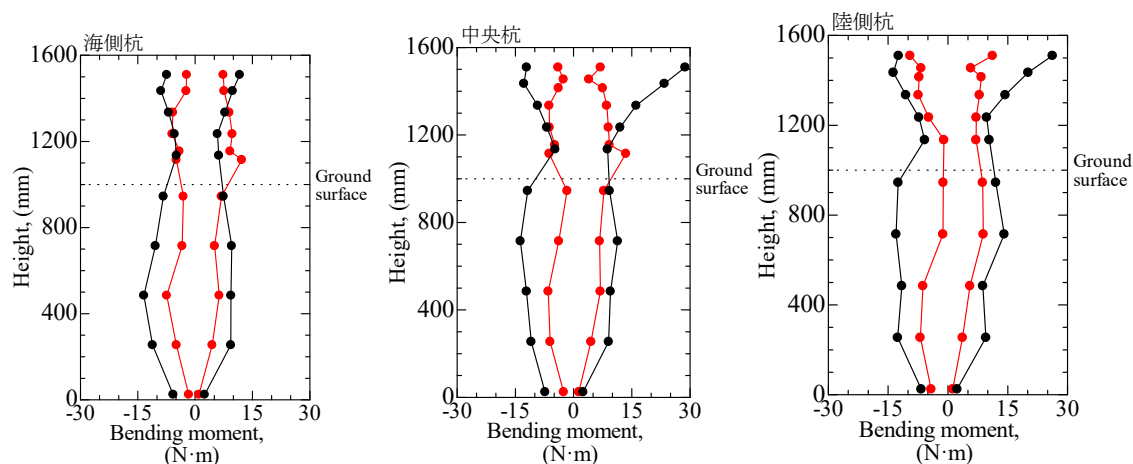


図-4 入力地震動Cにおける栈橋基礎杭の曲げモーメント分布