

背後に土留め構造物を有する鋼直杭式棧橋の液状化を考慮した地震応答解析

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
鳥取大学工学部 正会員 池内 智行
鳥取大学大学院 学生員 ○間屋口 栄次

運輸省港湾技術研究所	正会員	上部	達生
五洋建設（株）	正会員	三藤	正明

1 はじめに

神戸港のT 栈橋は、昭和 63 年に建設された水深-7.5m の鋼直杭式栈橋である。図-1 は栈橋の断面である。T 栈橋は、平成 7 年の兵庫県南部地震において、杭頭部および地中部の鋼管が座屈し、また、栈橋全体が 1.5m 程度せり出す等の変状が生じた。昨年、鋼直杭式栈橋の模型振動実験を行い、渡版および捨石層の土圧が栈橋の応答に及ぼす過程が推定できた。本研究では、液状化による構造物被害予測プログラム FLIP を用いて動的応答解析を行い、実験結果と比較検討をし、解析により栈橋の被災状況を再現する。

2 T 桂橋の概要¹⁾

栈橋は、図-1 に示す通り 3 列の $\phi 700$ mm、 $l=19.5$ m の鋼管杭で構成される。床版は厚さ 300 mm の RC スラブと、断面 700 mm $\times$ 1200 mm の RC 梁で構成されている。栈橋上部工と土留壁の距離は 2 m で、ここには厚さ 0.4 m の鉄筋コンクリート製の渡版（長さ 2.4 m $\times$ 幅 4.6 m）が置かれている。

3 模型振動実験

自由振動実験および観測地震波による実験を以下の 3 ケースで行った。

実験ケース	陸側杭頭部の固定条件	渡版の有無
CASE1	固定	有
CASE2	ヒンジ	有
CASE3	固定	無

本加振においては、ポートアイランド観測波 (K. P. -28m) の水平 1 成分 (EW) と鉛直 1 成分 (UD) の計 2 成分を入力地震波とした。この際、岸壁法線直角方向に東西成分を用いる。加振時の計測項目は、地盤及び棧橋の加速度、地盤内部の過剰間隙水圧、棧橋及び岸壁上部工の変位、棧橋杭ひずみ、捨石層の土圧、渡版に作用する荷重などとした。また、実験は井合の相似則を適用し縮尺比 1/15 で行った。

4 解析結果および考察

解析において、固化地盤には線形平面要素を、緩詰め砂層および埋立土、捨石はマルチスプリング要素を使用した。また、杭および栈橋上部工、渡版には梁要素を使用した。今回は、陸側杭頭部固定・渡版ありのCASE1の解析を有限要素法を用い節点数 644、要素数 903 で行った。T 栈橋の解析において用いた地盤定数を表-1 に示す。

表-1 解析に用いた地盤定数

[illegible]

図-2 に栈橋の水平成分の応答加速度をまた、図-3 にケーソンの水平成分の応答加速度を示す。この図より栈橋とケーソンはほぼ同じ応答を示しており、一体となって挙動していることがわかる。図-3 に実験値と解析値を比較した栈橋の水平変位の時刻歴を示す。実験値では残留変位が約 1.2cm であるのに対し、解析

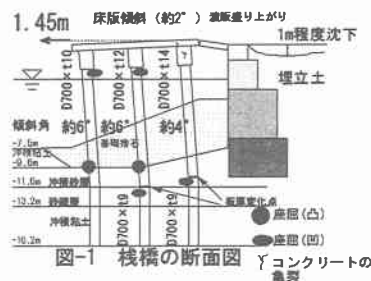


図-1 棧橋の断面図

では約 1.0cm となった。実験値と解析値とでは残留変位にやや差があるが、振動の経過とともに漸増し回復せず、最大変位相当の残留変位が生じる傾向は一致した。図-4 に背後地盤の過剰間隙水圧比を示す。背後地盤の過剰間隙水圧比は値が上下しながら時間の経過とともに上昇していく様子がわかる。実験では 0.6~0.7 の過剰間隙水圧比が得られ、解

析とはほぼ同様の結果が得られた。また、過剰間隙水圧比が上昇するとともに栈橋の水平変位は漸増しており、背後地盤の液状化によりケーソンが押され栈橋に荷重が伝わったのではないかと推定できる。図-5 に地盤の残留変形図を示す。ケーソン背後の地盤においては、ケーソンの変位に伴い広い範囲にわたって地表面残留水平変位（側方流動）および沈下が発生する解析結果となっている。このように広い範囲にわたって水平変位が発生した理由は、背後地盤の内陸部での液状化の影響と思われる。実験においても背後地盤が沈下しており同様の結果が得られた。

まとめ

今回の解析では、栈橋上部工の水平変位が実験値とは異なっていた。この理由として実験では加振終了後背後地盤の液状化に伴いケーソンが滑ったが、解析ではこの滑りを考慮していなかったためと考えられる。また、今回は CASE1 のみの解析を行ったが、渡版がない場合の解析を行い、渡版が栈橋に及ぼす影響を研究していく予定である。

参考文献

- 1) 南 兼一郎, 高橋 邦夫, 園山 哲夫, 横田 弘, 川端 規之, 関口 宏二, 辰見 ター: 神戸港における横栈橋の被害調査と動的相互作用解析, 第 24 回地震工学研究発表会講演論文集, 1997 年 7 月。
- 2) 井合 進・松永 康男・亀岡 知弘 (1990): ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモビリティのモデル, 港湾技術研究所, 第 29 巻, 第 4 号, pp. 27-56

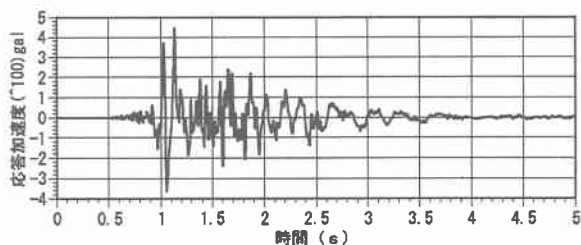


図-2 栈橋の応答加速度（水平成分）

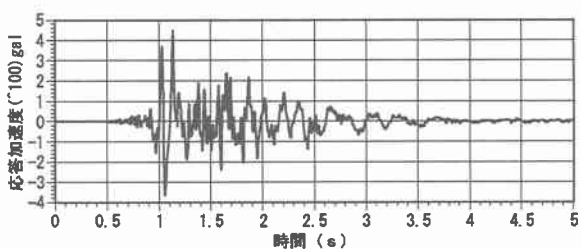


図-3 ケーソンの応答加速度（水平成分）

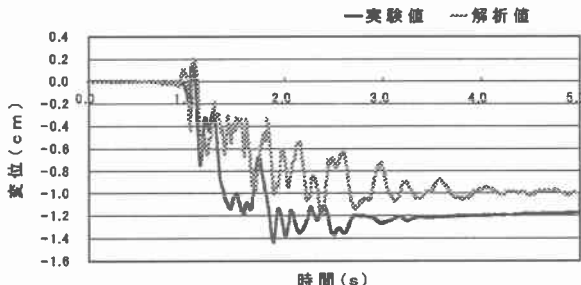


図-4 栈橋の水平変位（水平成分）

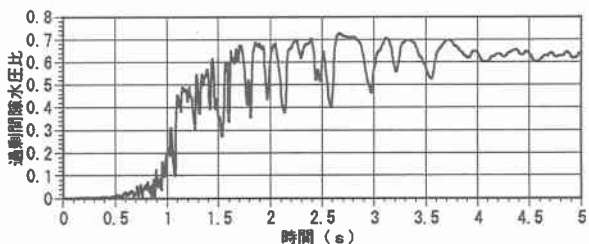


図-5 過剰間隙水圧比

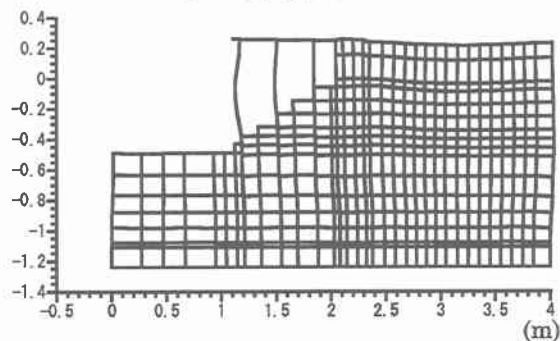


図-6 残留変形図