

液状化を考慮した鋼直杭式棧橋の地震応答解析

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂 運輸省港湾技術研究所 正会員 上部 達生
 やまこう建設(株) 正会員 間屋口 栄次 運輸省港湾技術研究所 正会員 野津 厚
 五洋建設(株) 正会員 三藤 正明

1 はじめに

神戸港のT棧橋は、昭和63年に建設された水深-7.5mの鋼直杭式棧橋である。図-1は棧橋の断面である。T棧橋は、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、棧橋全体が1.5m程度せり出す等の変状が生じた。平成9年度、鋼直杭式棧橋の模型振動実験を行い、渡版および捨石層の土圧が棧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、解析により棧橋の被災メカニズムを解明する。

2 T棧橋の概要

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

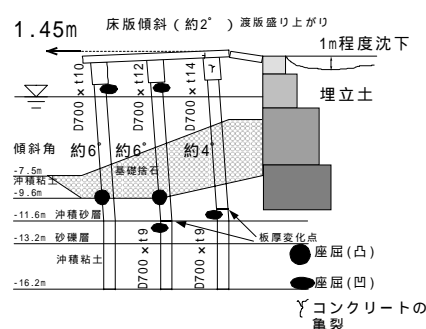


図-1 棧橋の断面図

3 解析結果および考察

解析は、平成9年に行った模型振動実験¹⁾のうち、陸側杭頭部固定・渡版ありのケース1について行った。固化地盤、緩詰め砂層、背後地盤、捨石、裏込石にはマルチスプリング要素を使用した。地盤定数は以下の方法により求めた。初期せん断剛性は、パルス試験により得られたせん断波速度から求めた。基準有効拘束圧は静止土圧係数と有効上載圧から算定した。内部摩擦角は実験に用いた相馬砂の試験結果から求めた。捨石、裏込石、固化地盤については45°とした。液状化パラメータは、要素シミュレーションを行い決定した。解析において用いた地盤定数を表-1に示す。

表-1 地盤定数

層名	単位体積重量 (tf/m ³)	せん断波速度 (m/s)	初期せん断剛性 (tf/m ²)	基準有効拘束圧 (tf/m ²)	内部摩擦角 (°)	変相角 (°)	w1	P1	P2	c1	s1
背後地盤	1.8	70	900	0.51	35	28	40.0	0.5	1.0	1.0	0.005
緩詰め砂層	1.8	70	900	0.717	35	28	39.0	0.5	1.0	1.0	0.005
捨石	1.9	50	485	0.3	45						
裏込石	1.9	50	485	0.5	45						
固化地盤	2.04	1000	208163	0.83	45						

また、杭および棧橋上部工、渡版には梁要素を使用し、杭と地盤の隣接部には線形のばね要素、また、ケーソンの底背面にはジョイント要素を入れた。その際、減衰パラメータは等価線形手法の1つであるSHAKEの計算結果と比較して0.0005とした。解析は有限要素法とし節点数663、要素数999で行った。

キーワード：鋼直杭式棧橋,地震応答,模型振動実験,有限要素法,液状化

連絡先(〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101、TEL:0857-31-5286、FAX:0857-28-7899)

図-2、図-3に栈橋およびケーソンの水平成分の応答加速度を示す。この図より、実験値と解析値は、ピーク値にやや差異が見られるもののほぼ同位相でかつ同程度の応答をしており、計算結果は現象をよく再現していると考えられる。図-4に栈橋水平変位の実験値と解析値の時刻歴と、解析時の背後地盤の過剰間隙水圧比との関係を示す。解析では、実験より緩やかに変位して残留変位に至る。実験では3秒以降は振動することなく残留変位に至っているが、解析では振動が残り、4秒で残留変位に至っている。しかし、振動の経過とともに変位が漸増し回復せず、最大変位相当の残留変位が生じる傾向は一致している。

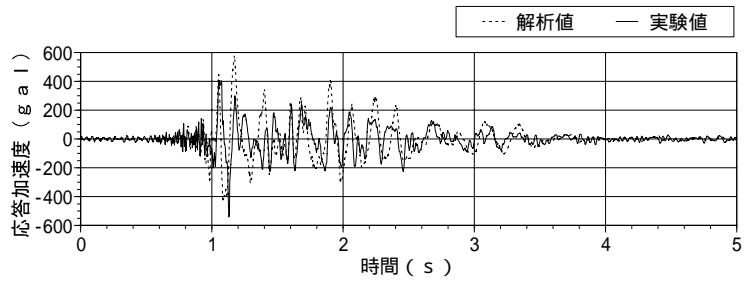


図-2 栈橋の応答加速度（水平成分）

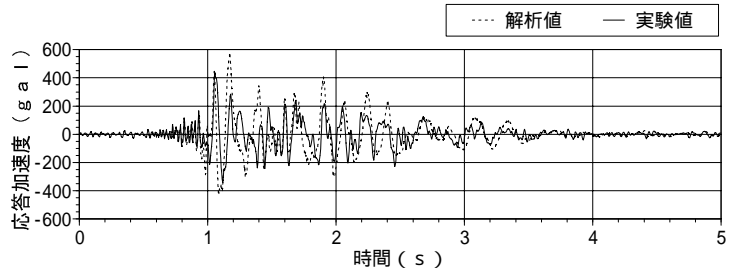


図-3 ケーソンの応答加速度（水平成分）

残留変位は実験値で約 1.17cm、解析値は約 1.31cmとほぼ一致している。過剰間隙水圧比は変動しつつも時間の経過とともに 0.8 程度まで上昇し、背後地盤は液状化に近い状態であったと、また、過剰間隙水圧比の上昇とともに栈橋の変位も漸増していることより、背後地盤の液状化によりケーソンが押し込まれ捨石層が変位し、渡版および捨石を介して栈橋に荷重が伝わったものと推定できる。図-5に杭に作用するモーメントを示す。図中の印は、実験においてひずみゲージを貼付した位置を表している。海側杭・中間杭は実験とほぼ整合性のとれた結果となっているが、陸側杭で異なる。これは、捨石層の土圧の影響と思われるが、本解析では考慮されていない。今後の検討課題である。

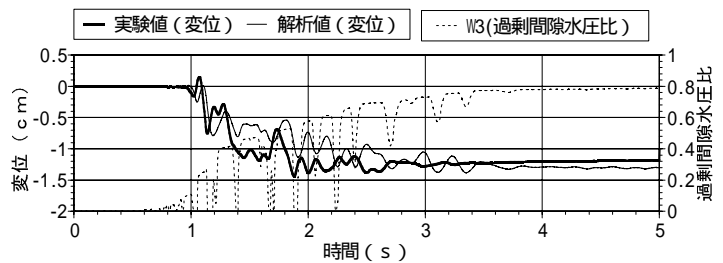


図-4 栈橋の変位と過剰間隙水圧比の関係

4 まとめ

捨石の側方流動が発生する場合の栈橋の変位をある程度精度良く再現できる解析モデルを提示することができた。この結果は今後、捨石の側方流動を考慮して栈橋の変形照査を実施する際の一つの参考になるだろう。

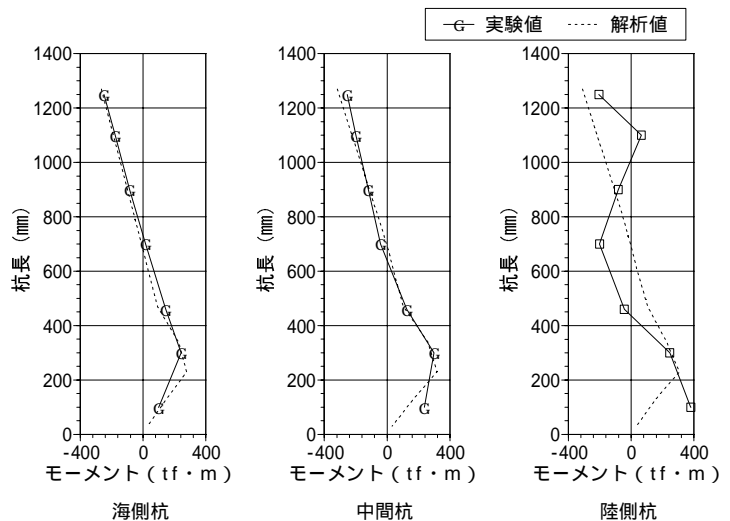


図-5 杭に作用するモーメント

参考文献

- 1) 上田 茂・上部達生・伊藤 甲・三藤 正明・間屋口 栄次: 模型実験による鋼直杭式栈橋の地震被害の検討, 第 53 回年次学術講演会講演概要集第 1 部 (B), 平成 10 年 10 月, pp526-527
- 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