

鋼直杭式栈橋の地震時応答の実験による考察

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂 港湾技術研究所 正会員 上部 達生
 横河技術情報 正会員 伊藤 甲 港湾技術研究所 正会員 野津 厚
 鳥取大学大学院 学生員 〇間屋口 栄次 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。本研究では、背後に重力式土留め構造物を有する鋼直式栈橋の模型振動実験を行い、杭頭の固定条件および、栈橋と土留め構造物の間の渡版の有無が栈橋の応答に及ぼす影響を検討した結果について述べる。

2 T栈橋の概要¹⁾

栈橋は、図-1に示す通り3列のφ700mm、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。栈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。

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。ここでは、特にCASE1とCASE3の結果について述べる。

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地震波（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、地盤及び栈橋の加速度、地盤内部の過剰間隙水圧、栈橋及び岸壁上部工の変位、栈橋杭ひずみ、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 実験結果および考察

以下の説明においては入力地震波が360galに達したとき（図-2中のA点）を第1波、462galに達したとき（図-2中のB点）を第2波とする。

図-2はCASE1の栈橋上部工（AH13）および土留め天端（AH9）の加速度応答を示したものである。この図から、渡版がある場合、第1波までは栈橋と土留壁が、一体となって栈橋とケーソンは挙動していることがわかる。第2波で栈橋とケーソンは海側へ移動するが、このとき栈橋の方が海側への変位量が大きいので両者は一瞬離れたものと思われる。このことは図-3の荷重計の出力をみても明らかである。その後、栈橋と土留壁が陸側へ

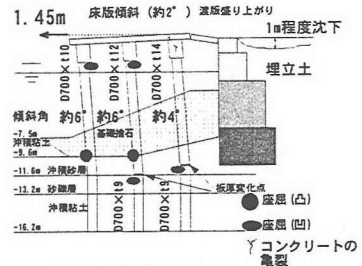


図-1 栈橋の断面図

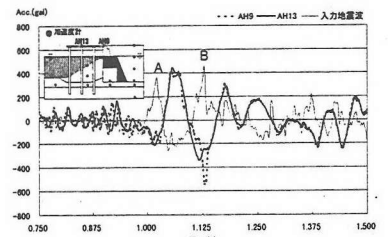


図-2 栈橋および土留めの加速度応答 (CASE1)

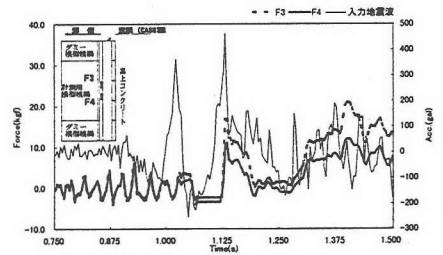


図-3 荷重計の出力 (CASE1)

変形する際に栈橋が土留壁に衝突し、荷重計には大きな衝撃がでている。栈橋の被災報告には、上部工と陸側杭頭部との接合部のコンクリート梁にクラックが生じたとされているが、おそらくこの時に生じたものと考えられ、陸側杭頭部の固定条件がヒンジになったと考えられる。その後、栈橋と土留壁は一体となって挙動する。

図-4 は CASE1 の陸側杭頭に貼付したひずみゲージから得られたひずみである。T 栈橋には SKK400 が使用されているが、この降伏応力を 2400kgf/cm^2 とすると降伏ひずみは 295μ である。図-4 では、第 1 波の作用時には、ひずみは約 250μ で、降伏ひずみ以下である。また、第 2 波作用時には約 500μ であって降伏ひずみを越えるその後は、栈橋の振動は極度に減衰するものの、土留めの変形に伴って、栈橋が海側へ押されていることが分かる。

つぎに、図-5 は CASE3 の栈橋上部工および土留め天端の応答加速度を示したものである。この図から、渡版がない場合には栈橋上部工と土留め天端は一体となって挙動していないことがわかる。栈橋上部工では 700gal もの大きな加速度が生じている。すなわち、栈橋は地震動によって共振に近い状態になっていたものと考えられる。以上の CASE1 と CASE3 を比較すると、渡版は栈橋の応答を抑制したのと考えられる。

図-6 は CASE3 の陸側杭頭部のひずみを示す。第 2 波作用時までのひずみは CASE1 とほぼ同様であるが、第 2 波の作用以降は土留めからの変形がないので、杭頭ひずみは CASE1 に比べて小さい。

以上の実験ケースから明らかなように、背後の土留め壁は、地震動の作用後海側へ大きく変形していることがわかる。そのとき、栈橋前面に投入された捨石が海側に押されて杭に捨石による土圧が作用しているものと考えられる。

図-7 は、CASE1 の地中部に設置した土圧計から求めた土圧およびひずみである。これを見ると、第 1 波作用直後に約 200gf/cm^2 の土圧が作用しているが、しだいに増加し、 1.500s では約 500gf/cm^2 に達する。それにともなって、ひずみも漸増している。すなわち、杭頭部が降伏してからも土圧が持続して作用していたと考えられる。これが、栈橋の大きな残留変形を引き起こしたのと考えられる。CASE3 においても同様の結果がみられた。

5 まとめ

- ①第 1 波作用時には、杭頭は降伏していない。
- ②第 2 波作用直前に、栈橋上部工と渡版との間に衝撃力が作用して、このとき陸側杭頭部にヒンジが発生したと考えられる。
- ③第 2 波が作用して、相前後して海側杭および中間杭の杭頭部と、全ての杭の地中部が降伏した。
- ④周辺地盤の液状化に伴って、土留め壁が海側へ変形し、そのため、捨石部が押され土圧が増加し、陸側杭、中間杭に作用した。また、渡版がある場合には渡版からも栈橋上部工に荷重が作用する。

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。

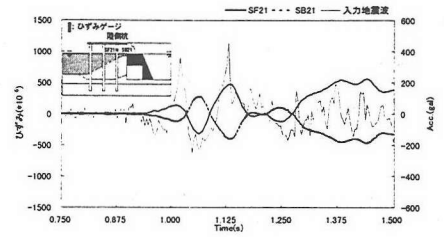


図-4 陸側杭頭部のひずみ (CASE1)

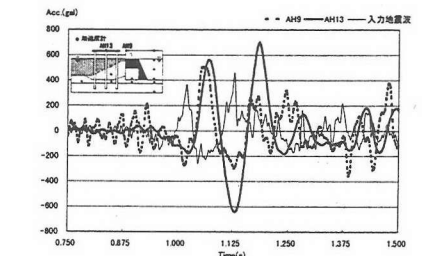


図-5 栈橋および土留めの加速度応答 (CASE3)

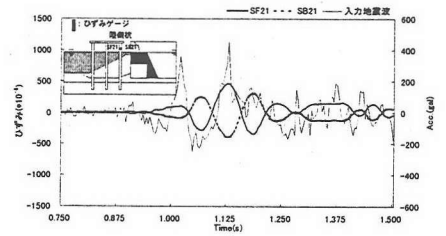


図-6 陸側杭頭部のひずみ (CASE3)

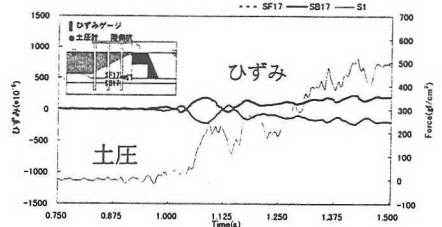


図-7 地中部の土圧およびひずみ (CASE1)