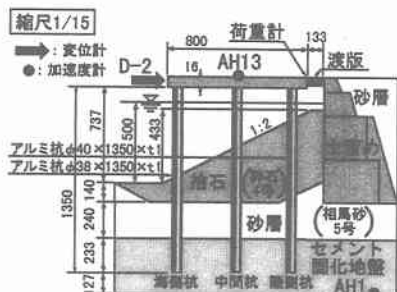


### 背後に重力式土留め構造物を有する鋼直杭横棧橋の地震応答解析に関する研究

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 学生会員 ○石田 誠

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** 兵庫県南部地震により神戸港T棧橋が被害を受けた。被害状況は海側杭および中間杭の杭頭の座屈、全ての杭の地中部での座屈、上部工の海側への1.5mもの残留変位である。このT棧橋の模型振動実験(杭頭部固定、渡版有り:以後この実験を模型実験と言う)を行い、被害には地震時に背後の土留めから渡版を介して上部工に作用する荷重(以後これを渡版荷重と言う)と土圧の影響が大きいことが明らかになってきた<sup>1),2)</sup>。本研究ではT棧橋の模型の1質点系モデルに模型実験により測定した地盤の最も深い位置での水平加速度及び渡版荷重を入力して地震応答解析を行い変位を求め、実験値と比較した。



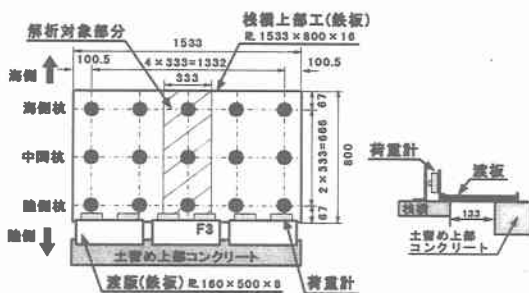
(a) 断面図

**2. 解析対象の模型棧橋** 解析対象のT棧橋模型は、図-1(a)に示す海側杭、中間杭、陸側杭の3本のアルミ杭と図-1(b)の斜線で示す幅333mm×奥行き800mm×厚さt16mmの鉄板の上部工(重量33kgf)で構成される。模型の縮尺は1/15であり、井合の相似則を適用し、アルミ杭は剛性を相似則で合わせて製作した。

### 3. 入力する地震動および渡版荷重

**(1) 入力地震動** 入力地震動は、模型実験において兵庫県南部地震のポートアイランド(K.P.-28m)の観測波のEW成分(法線直角方向に入力)とUD成分を入力したときに加速度計AH1(図-1(a))で測定された図-2に示す水平応答加速度である。

**(2) 渡版荷重** 図-1(a), (b)は模型における渡版および荷重計の設置方法を示したものである。模型実験では、渡版は棧橋1ブロックに3個設置し、荷重計は棧橋の各渡版の上部工側の両端に1個ずつ合計6個設置した。入力する渡版荷重を図-3に示す。これはF3で測定した渡版荷重<sup>1)</sup>を対象模型(幅33.3cm:図-1(b))に対する値に換算したものである。渡版荷重は6個測定したが全部合計して作用させると偏心などの問題が出てくるので、F3で測定した荷重で代表させた。



(b) 棧橋1ブロックの平面図 (c) 荷重計  
図-1 T棧橋の模型 (単位:mm)

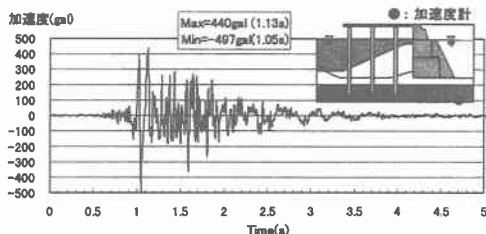


図-2 入力地震動

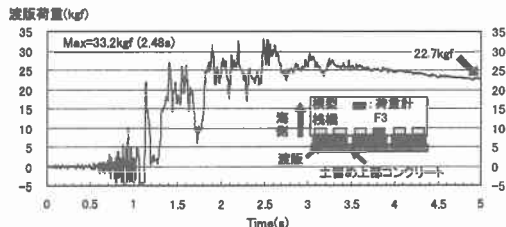


図-3 渡版荷重

### 4. 1質点系の運動方程式と解析モデル

**(1) 運動方程式** 1質点系モデルに地震動と渡版荷重が作用するときの運動方程式は次式で表される。

$$m\ddot{y} + m\omega^2 y + 2mh\dot{\omega}y = -m\ddot{z} - P(t) \quad (1)$$

ここに  $m$ : 質点の質量,  $\omega = \sqrt{k/m}$ : 固有円振動数,  $h$ : 減衰定数,  $k$ : バネ定数,  $y$ : 杭頭の地盤に対する相対変位,

ξ:地震動,  $P(t)$ :渡版荷重

(2)パネ定数 模型実験では、アルミ杭は降伏しなかったことを考慮してモデルのパネとして線形パネを表-1の2通り設定した。

図-4は杭の根入れ部がN値10で一定のC型地盤である3本杭のT栈橋断面図であり、この栈橋の杭頭降伏時のパネ定数は港研方式を用いた既往の研究<sup>3)</sup>により求められている。このパネ定数を井合の相似則を適用して対象模型に対するパネ定数に換算すると表-1のようになる。パネ1は水平な地表面を持つ地盤に垂直な杭の横抵抗を計算して求めたものである。パネ2は捨石斜面の影響を考慮して、杭の変位が海側の場合と陸側の場合とでパネ定数を変えたものである。

(3)減衰定数 モデルの減衰定数  $h$  は、地震時のT栈橋と土留めとの相互作用による減衰を考慮して  $h=20\%$ <sup>1),4)</sup> と設定した。

5. 解析結果および考察 モデルの内、パネ1の方をモデル1、パネ2の方をモデル2とする。モデル1,2に①地震動のみ入力した場合、②地震動と渡版荷重を入力した場合の変位の時刻歴をそれぞれ図-5(a), (b)に示す。また図中には模型実験における栈橋天端の水平変位 D-2(図-1(a))の時刻歴も示している。両モデル共に地震動のみ入力した場合には

残留変位が生じない。他方、地震動と渡版荷重を入力した場合のモデル1,2の海側変位の最大値はそれぞれ1.55cm(90cm:実物換算)、1.37cm(80cm:実物換算)であり、実験値1.43cm(83cm:実物換算)を概ね再現できている。また両モデル共に時刻5sにおいて約0.8cm(46cm:実物換算)の残留変位が生じているが、実験値1.2cm(70cm:実物換算)より小さい。これは解析において地震時に杭に作用する土圧<sup>2)</sup>を考慮していないためであると考えられる。

6. 結論 1 質点系モデルに地震動と渡版荷重を入力して解析することにより、模型実験による栈橋天端の海側変位の最大値を概ね再現することができた。しかしモデル1,2の実物換算の残留変位はT栈橋の残留変位1.5mよりも1mも小さくなっている。この要因として、実際には杭に座屈が生じているが、これを解析で考慮していないことが考えられる。今後はこの点に留意してT栈橋の被害の検討を行いたい。

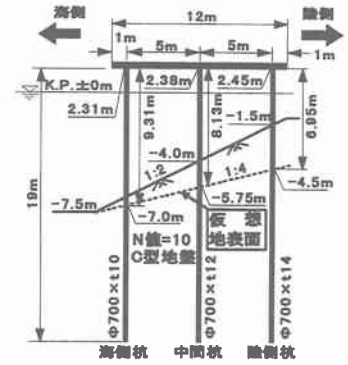


図-4 T栈橋断面図

表-1 パネ1,2のパネ定数(kgf/cm)

	海側 変位時	陸側 変位時
パネ1	27.7	27.7
パネ2	27.1	30.6

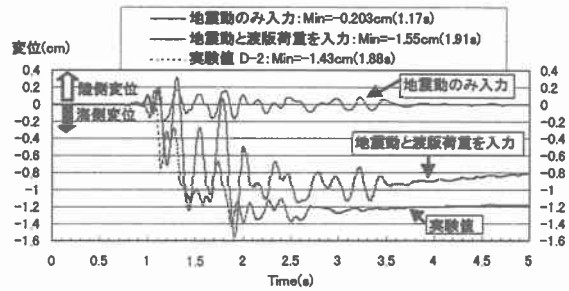


図-5(a) モデル1と実験値の変位の比較

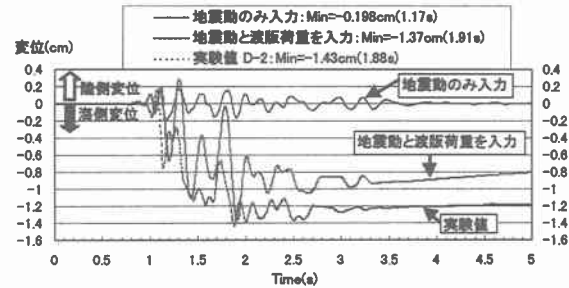


図-5(b) モデル2と実験値の変位の比較

#### 【参考文献】

- 1) 上田茂 他：土留め構造が栈橋の地震応答に及ぼす減衰影響，第53回年次学術講演会概要集(第I部)，1998
- 2) 上田茂 他：鋼直杭栈橋の変形に及ぼす地盤水平力の影響，第53回年次学術講演会概要集(第I部)，1998
- 3) 上田茂 他：鋼直杭式横栈橋の非線形復元力特性を考慮した地震応答解析，第49回土木学会中国支部研究発表会概要集，pp. 75-76，1997
- 4) 上田茂 他：鋼直杭式栈橋の減衰定数について，第50回土木学会中国支部研究発表会概要集，pp. 75-76，1998