

I - B 261

土留め構造が栈橋の地震応答に及ぼす減衰影響

鳥取大学工学部 正 会 員 上田 茂
 横河技術情報 正 会 員 伊藤 甲
 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

本論文においては、鋼直杭栈橋の地震時応答に及ぼす土留め構造の影響について、模型実験 1) の結果に基づいて検討した結果を述べる。ここでは栈橋上部工と土留め構造との間に設置される渡版の有無が栈橋の応答に及ぼす影響について述べる。また、地震応答における減衰定数を、自由振動実験および地震応答模型実験によって求め、基礎地盤、捨石層および土留め構造との関連について示した。

2. 渡版および荷重計の設置

図-1 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。渡版は計測栈橋に3個設置し、荷重計は計測栈橋の各渡版の栈橋上部工側の両端に1個ずつ合計6個設置した。渡版と栈橋上部工および土留め構造天端との間には摩擦力が作用するので、両面にテフロン（摩擦係数 0.04）を貼りつけた。

3. 実験結果および考察

(1) 渡版を介して栈橋上部工に作用する荷重

図-2 は渡版を介して栈橋上部工に作用する荷重（以下これを渡版荷重とする）の時刻歴を示したものである。両端の荷重計を除いた中央の F1～F5 の荷重計については、1.13s 附近で衝撃的な渡版荷重が検出されている。これは栈橋上部工と土留め天端の相対変位に起因するものである¹⁾。この衝撃的荷重は栈橋および土留めの応答が最大のときに生じたものであるが、このときの渡版荷重が加震中の最大値ではなく、その後入力加速度が小さくなった 2.0s 以降に渡版荷重の最大値が生じる。つまり、土留め背後および基礎の砂層の液状化は、栈橋応答のピークの後に土留めの変形に影響を及ぼし、土留めが次第に海側へ変位するとともに、その荷重の一部が渡版を介して栈橋上部工に伝達される。

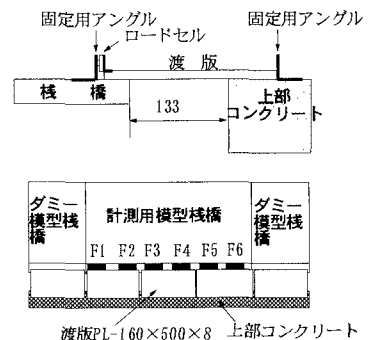


図-1 渡版および荷重計の設置方法

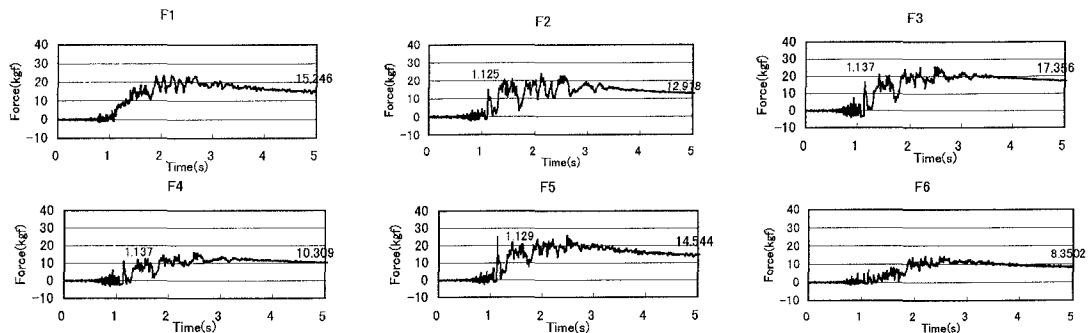


図-2 栈橋上部工に作用する荷重の時刻歴 (CASE1)

キーワード: 鋼直杭式栈橋, 地震応答, 模型振動実験, 減衰定数, 残留変位

連絡先 (〒680-0945 鳥取市湖山町南1丁目101、TEL:0857-31-5286、FAX:0857-28-7899)

(2) 渡版による栈橋の応答の減衰特性

ここでは、CASE 1 と CASE 3 の実験結果を比較して、渡版の有無による応答の減衰特性を減衰定数を求めて比較検討する。減衰定数は二通りの方法で求めた。一つは、栈橋を 1 質点系モデルで置き換え減衰定数を変えて時刻歴応答計算を行い、模型実験で得られた加速度応答と比較して推定するものである。栈橋の復元力特性を表すバネ定数 K として、次の (i) 線形バネ定数 1、(ii) 線形バネ定数 2 の 2 通りを考えた。線形バネ定数 1 は地盤の N 値を 10 で一定の C 型地盤とし港研方式によって杭の横抵抗を計算し杭頭部固定の条件での杭頭降伏時のバネ定

表-1 ハーフパワー法による栈橋の固有周期および減衰定数

方法	実験ケース	固有周期 (s)	減衰定数 (%)
A ばね 1	CASE1	1.041	20.3
	CASE2	1.041	8.79
	CASE3	1.041	4.02
A ばね 2	CASE1	1.021	22.0
	CASE2	1.021	10.7
	CASE3	1.021	5.22
B	CASE1	0.163	11.9
	CASE2	0.106	4.37
	CASE3	0.105	2.38

数を求めたもので $K=6.231\text{f/cm}$ となる。また、線形バネ定数 2 は捨石の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バネ定数を変えたもので、上記と同じ条件で計算すると杭の変位が海側の場合 $K=6.091\text{f/cm}$ 、陸側の場合 $K=6.891\text{f/cm}$ となる。いま一つは、模型実験で得られた栈橋の加速度応答の時刻歴を用いてハーフパワー法によって推定するものである。表-1 はその結果を示したものである。その結果減衰定数は、杭頭固定で渡版がある CASE 1 で 20~21%、杭頭ヒンジで渡版がある CASE 2 で 8~11%、杭頭固定で渡版がない CASE 3 で 4~5% である。また、固有周期がやや長くなっている。

表-2 は地盤を製作する過程で、I 固化地盤製作後、II 砂層地盤製作後、III 捨石投入後に渡版がない状態で自由振動実験を行ったときの固有周期と減衰定数である。地盤モデルを制作していくにつれ固有周期が短くなり、かつ減衰定数が大きくなることからわかる。しかし、捨石投入後であっても 3% 程度である。この自由振動実験の結果と、CASE 3 の減衰定数はほぼ対応するものと考えられる。振動実験のときに減衰定数が大きいのは、基礎地盤および捨石層の中で杭が大きく変形したためである。

以上のことから、渡版によって栈橋および土留め構造が一体となって振動し、そのためあたかも減衰定数が増加したかのような現象を示したといえる。

表-2 自由振動実験結果

	CASE1		CASE2		CASE3	
	固有周期 (s)	減衰定数 h (%)	固有周期 (s)	減衰定数 h (%)	固有周期 (s)	減衰定数 h (%)
I 固化地盤製作後	0.19	0.020	0.19	0.018	0.19	0.009
II 砂層地盤製作後	0.16	0.038	0.15	0.077	0.17	0.028
III 捨石投入後	0.083	0.031	0.085	0.030	0.08	0.031

(3) 栈橋上部および土留めの残留変位

表-3 は栈橋および土留めの残留変位を実物換算して示したものである。CASE 1 および CASE 2 では全く差がないが、CASE 3 では栈橋の残留変位は小さく、逆に土留めの残留変位は大きい。この意味では、栈橋が土留めの海側への変位を抑制したものと考えられる。

表-3 栈橋および土留めの残留変位 (m)

	CASE1	CASE2	CASE3
栈橋上部工	0.582	0.581	0.390
栈橋下部	0.312	0.312	0.194
土留め上部	0.649	0.691	1.032
土留め下部	0.593	0.581	0.899

4. あとがき

本研究は、鳥取大学、運輸省港湾技術研究所および五洋建設の共同研究として行った。実験は五洋建設技術研究所の水中振動台で行った。この実験では、杭材については剛性を相似則で合せて作り、アルミ材を用いた。したがって、杭材には実物の杭の降伏ひずみに相当するひずみが発生しているものの、模型杭は降伏していない。したがって、栈橋の残留変形は実構造物よりやや小さい。今後は、杭頭部および地中部での杭の塑性変形後の非線形解析を進めたい。

参考文献：1) 上田茂ほか；模型実験による鋼直杭栈橋の地震被害の検討、第 53 回土木学会年次講演会