

鋼直杭式栈橋の減衰定数について

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 ○学生会員 石 田 誠 五洋建設(株) 正 会 員 三 藤 正 明

1. はじめに

栈橋の地震応答解析を行うに当たっては杭の付加質量および減衰定数を適切に定めることが重要である。そのうち減衰定数は解析的な方法では求められないので実験または観測データに基づいて決定される。しかし観測データは大きな地震動を受けたものが少なく、地盤変形が十分大きいとは考えられない。本研究においては神戸港T栈橋を対象にして振動実験を行った結果、および既往の研究成果などに基づいて鋼直杭式栈橋およびドルフィンなどの減衰定数について述べる。

2. 対象栈橋の模型振動実験

模型振動実験及び応答解析の対象とした栈橋は神戸港T栈橋である。栈橋は渡版を介して背後の重力式土留め構造物と連結している。また、杭の根入れ部には捨石が設置されている。模型縮尺は1/15とし、井合の相似則を適用した。模型振動実験及び解析に用いた地震動は兵庫県南部地震時(1995/1/17)にポートアイランドのK.P.-28mで観測された地震動の東西成分である。図-1は神戸港T栈橋の模型断面図であり、幅800mm×長さ1533mmの栈橋1ブロックとその法線方向の長さの重力式土留め構造物からなる。

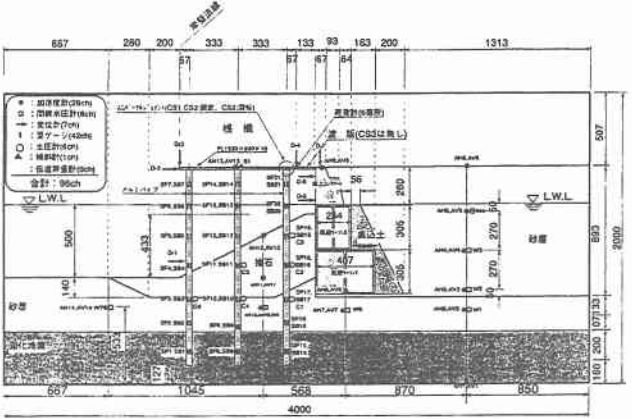


図-1 模型栈橋断面図

3. 模型振動実験とその結果

3.1 自由振動実験結果

実験のCASE1(杭頭部固定、渡版あり)、CASE2(杭頭部ヒンジ、渡版あり)、CASE3(杭頭部固定、渡版なし)のそれぞれの模型に対してⅠ固化地盤作製後、Ⅱ砂層地盤作製後、Ⅲ捨石投入後の各段階で行った自由振動実験により求めた固有周期、減衰定数を表-1に示す。これらの結果から栈橋本体の減衰定数は捨石投入後やや増加するものの3%程度であるといえる。

表-1 栈橋の固有周期および減衰定数

段階	CASE	固有周期 s		減衰定数%
		模型	実物	
Ⅰ	CASE1	0.19	1.45	2.0
	CASE2	0.19	1.45	1.8
	CASE3	0.19	1.45	0.9
Ⅱ	CASE1	0.16	1.22	3.8
	CASE2	0.15	1.14	7.7
	CASE3	0.17	1.30	2.8
Ⅲ	CASE1	0.083	0.63	3.1
	CASE2	0.085	0.65	3.0
	CASE3	0.080	0.61	3.1

3.2 観測地震波を用いた模型振動実験

図-2は模型実験の結果得られた栈橋の加速度の時刻歴を示したものである。CASE1とCASE3を比較すると渡版がない場合は渡版がある場合の応答より大きいことが分かる。渡版がある場合にはこれを介して背後地盤との相互作用により栈橋の応答に減衰効果が表れたものと考えられる。

4. 栈橋の一自由度一質点モデルによる地震応答解析

ここでは図-1に示すような法線直角方向の3本の鋼杭とそれに支持される5m(法線方向の長さ)×12m(法線直角方向の長さ)の実物栈橋について、1自由度1質点のモデルで、減衰定数 $h=1\sim30\%$ の範囲で地震応答を計算し、前章で得られた模型実験結果と比較して減衰定数

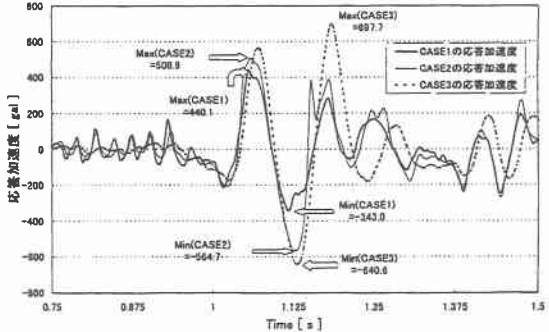


図-2 模型栈橋の応答加速度

を推定する。運動方程式は次式 (1) で与えられる。

$$M\ddot{Y} + C\dot{Y} + KY = -M\ddot{Z} \quad (1)$$

ここに、M:上部工および上載荷重の質量(=0.171tf・s²/cm)、Y:上部工の水平変位、K:バネ定数、C:粘性減衰定数(=2h√KM, h:減衰定数)、t:時間、Z:入力地震動である。

本研究では、栈橋の復元力特性を表す式 (1) のバネ定数 K として、次の (i) 線形バネ定数 1、(ii) 線形バネ定数 2 の 2 通りを考えて Runge-Kutta 法によって地震応答解析を行った。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数を求めたもので K=6.23tf/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=6.09tf/cm、陸側の場合 K=6.89tf/cm となる。

図-3 は応答加速度の全振幅と減衰定数との関係を図示したものである。図中には、線形バネ定数 1 および 2 に対する曲線上に、栈橋模型振動実験の各 CASE における全振幅をプロットし、これに対応する減衰定数を示している。この図から栈橋の杭頭固定で渡版がある場合の減衰定数 h は 20~21%、杭頭ヒンジで渡版がある場合には 8~11%、渡版が無い場合には 4~5% であると推定できる。CASE2 の減衰定数が CASE1 より小さいのは CASE2 では陸側杭頭部がヒンジであるために拘束力が固定の場合よりも弱く、そのため減衰が小さかったものと考えられる。CASE3 では渡版による拘束がないので、自由振動実験を行った状態と同一である。しかし、自由振動実験の結果より大きいのは、大きな加震により捨石および土の変形が生じ、その影響があったものと考えられる。

5. ハーフパワー法による検討

ここでは各 CASE の応答加速度のパワースペクトルからハーフパワー法によって減衰定数を求めた。表-2 はその結果を示したものであるが、一質点の応答計算から求めたものの約 1/2 程度である。図-4^{1), 2)} は既往の研究成果をとりまとめたもので、栈橋の減衰定数と固有周期の関係を示したものである。この中のジャケット構造のものは、自由振動実験によるものである。その他のものはいずれもハーフパワー法で求めたものであるが地震動は必ずしも大きくはなく 30gal~100gal 程度である。この図からは両者の相関は得られないが、減衰定数は 3~10% 程度の範囲であると考えられる。

6. 結論

本研究においては模型実験を行って大変形する栈橋の減衰特性を把握することができた。ただし本研究では、杭材はアルミを用い剛性を合わせて製作したので実物の杭の降伏ひずみに相当するひずみは発生しているものの杭は降伏していない。実際には杭頭などに塑性変形がみられているので今後はこの点を考慮して検討したい。

【参考文献】1) Shigeru Ueda, Satoru Shiraishi: Observation and Analysis of Earthquake Response of a Coupled Pile Offshore Platform, Offshore Structures Laboratory, PHRI, p. 511~522, 1982

2) 稲富隆昌, 高木保志, 風間基樹: 鋼直杭式栈橋の地震観測と動的解析, 港湾技研資料, No. 615, June, 1988

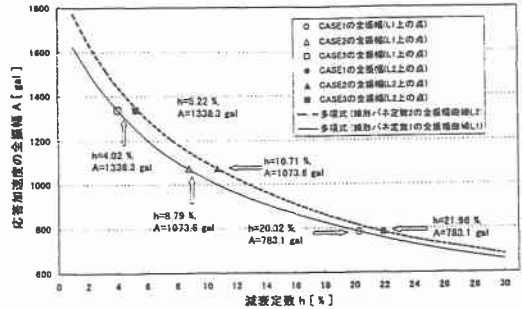


図-3 応答加速度の全振幅と減衰定数との関係

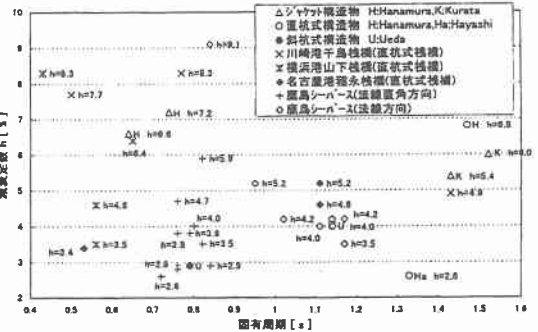


図-4 既往の研究成果による構造物の減衰定数

表-2 模型実験による減衰定数

(ハーフパワー法による)

CASE	固有周期 T_n s		減衰定数 %
	模型	実物	
CASE1	0.163	1.24	11.90
CASE2	0.106	0.81	4.37
CASE3	0.105	0.80	2.38