

直杭式栈橋以外の栈橋の強震観測記録に基づく振動特性の考察

(株)ニュージェック 正会員 ○江口 拓生, 曾根 照人, 山田 雅行
国土技術政策総合研究所 正会員 菅原 法城, 竹信 正寛

1. 目的

栈橋は、ケーソン式係船岸や矢板式係船岸などとならび、係留施設の主な構造の1つとして広く利用されている。栈橋は、荷役機械や貨物の荷重に耐えられるよう鉄筋コンクリートなどで構成されている重量の大きな上部工を、土中に根入れされた複数の鋼管杭によって支持する構造となっている。地震時においても、上部工に対して作用する慣性力を、鋼管杭で負担することになる。そのため、耐震設計においては、栈橋の動的な振動特性を理解することが非常に重要である。

既往の検討では、栈橋の振動特性について調査するため、実際に栈橋上で観測された強震観測記録を用いて栈橋の振動特性を解析した事例がある。しかし、既往の検討では、栈橋のうち直杭式栈橋のみが対象とされていた。本検討では、直杭式栈橋以外の栈橋について、強震観測記録をもとに振動特性の解析を実施した。

2. 既往の検討

栈橋の強震観測記録を解析した既往の検討として、稲富ら(1988)と長尾(2003)がある。稲富ら(1988)は、川崎港(千鳥)と横浜港(山下)、名古屋港(稲永)の直杭式栈橋を対象として、栈橋/地表のスペクトル比からピークを読み取り、これら3施設では固有振動数1.5~2.0Hzと推定した。また、栈橋のパワースペクトルからハーフパワー法により、これら3施設では減衰定数4~7%と推定した。長尾(2003)は、川崎港(千鳥)と横浜港(山下)の栈橋を対象として、2次元FEM解析との比較の中で、これら2施設では栈橋の減衰定数5%程度が望ましいと考えた。これらの検討は、法線直角方向の検討のみに基づく。

3. 検討方法

本検討では、国土交通省の港湾地域強震観測において栈橋上の強震観測記録が得られている施設のうち、強震観測記録の分析がされていない東京港(大井)2施設、名古屋港(飛島)1施設の計3施設を対象とする。東京港(大井)の第4バースは組杭式栈橋、第5バースはジャケット式栈橋(クレーンあり)、名古屋港(飛島)はジャケット式栈橋(クレーンあり)であり、既往の検討における直杭式栈橋とは構造形式が異なる。

本検討では、稲富(1988)と同様に、栈橋/地表のスペクトル比から栈橋の固有振動数の推定を行う。まず、栈橋と地表の同時観測記録をそれぞれフーリエ変換し、バンド幅0.05HzのParzenウィンドウにより平滑化を行う。次に、平滑化されたフーリエスペクトルの比を取り、対象のすべての地震動のスペクトル比の算術平均をとる。得られた平均のスペクトル比をもとに、固有振動数と減衰定数を推定する。

なお、地震動は施設付近の地中強震計において、最大加速度5~100cm/s²程度の記録を抽出し、同時観測記録を対象とした。この理由として、小さすぎる地震動では地震計のノイズが大きく、大きすぎる地震動では地盤などの非線形性が影響すると考えられるためである。本検討では、法線直角方向と法線平行方向の2方向をそれぞれ対象として、栈橋/地表のスペクトル比を算定する。

ハーフパワー法では、以下の式に基づき、減衰定数 ζ の推定を行う。

$$\zeta = \frac{f_2 - f_1}{2f_n}$$

ここで、 f_n は周波数応答関数(スペクトル比)のピーク周波数、 f_1 と f_2 は、 f_n における振幅応答を G_{max} としたとき、 $G_{max}/\sqrt{2}$ となる周波数($f_1 < f_n < f_2$)である。

キーワード 栈橋, 耐震設計, 強震記録, 固有振動数, 減衰定数

連絡先 〒531-00074 大阪府大阪市本庄東二丁目3-20 (株)ニュージェック 港湾・海岸グループ TEL 06-6374-4038

4. 検討結果

3 施設の断面図と栈橋/地表のスペクトル比，推定された固有振動数 f_n と減衰定数 ζ を表-1に示す．固有振動数は1.5～3.0Hz程度となり，直杭式栈橋の値と同程度か少し高い結果が得られた．これは，複数の要因が考えられるものの，水平・斜め方向の部材の存在により，栈橋の剛性が上がっていることが要因として考えられる．また，減衰定数は2～10%となり，直杭式栈橋の値と同程度となった．しかし，減衰定数が2～3%と小さい値もあり，直杭式栈橋の値と比べて水深が大きく，突出長が大きいことなどが要因として考えられる．ただし，平滑化のバンド幅を0.05Hzとしている点，平均のスペクトル比を用いている点，地表の強震観測記録を分母としている点など，本検討は簡易的な検討となっているため，詳細については2次元FEM解析等を実施したうえで議論を行う必要がある．なお，法線直角方向と法線平行方向では，固有振動数は似たような値であるものの，少し異なる値となっている．

表-1 断面図，栈橋/地表のスペクトル比，推定された固有振動数と減衰定数

	東京港(大井)第4バース 組杭式栈橋(15地震動)	東京港(大井)第5バース ジャケット式栈橋(15地震動)	名古屋港(飛島) ジャケット式栈橋(12地震動)
断面図			
法線直角方向	$f_n=1.95\text{Hz}$, $\zeta=5.1\%$ $f_1=1.79\text{Hz}$ $f_2=1.99\text{Hz}$	$f_n=1.50\text{Hz}$, $\zeta=3.1\%$ $f_1=1.46\text{Hz}$ $f_2=1.55\text{Hz}$	$f_n=2.75\text{Hz}$, $\zeta=3.2\%$ $f_1=2.63\text{Hz}$ $f_2=2.80\text{Hz}$
法線平行方向	$f_n=1.77\text{Hz}$, $\zeta=8.2\%$ $f_1=1.61\text{Hz}$ $f_2=1.90\text{Hz}$	$f_n=1.78\text{Hz}$, $\zeta=10.7\%$ $f_1=1.44\text{Hz}$ $f_2=1.82\text{Hz}$	$f_n=3.01\text{Hz}$, $\zeta=1.7\%$ $f_1=2.95\text{Hz}$ $f_2=3.06\text{Hz}$

断面図の出典：港湾地域強震観測 HP(<https://www.eq.pari.go.jp/kyosin>)

参考文献

- ・ 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.615，1988.
- ・ 長尾毅：栈橋式岸壁の耐震性照査手法に関する解析的研究，国総研資料，No.61，2003.
- ・ 国土交通省：港湾地域強震観測，<https://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>.