

斜杭を有する横橋の振動特性

九州大学 学生員 ○麻生 稔彦

九州大学 正 員 成 富 勝

九州大学 正 員 鳥 野 清

九州大学 正 員 小 坪 清 真

1. はじめに

地震、噴火などの災害が発生した場合、避難や後の復旧のための交通施設の確保は重要な問題である。特に離島を多く持つわが国においては海上輸送路の果たす役割が大きく、そのため港湾施設は大規模災害に耐えるものであることが強く要求される。そこで本研究では現在多く用いられている直杭式横橋と、これより水平方向に対する剛性が大きな斜組杭式横橋の地震時振動特性を比較・検討した。解析にあたっては、まず代表的な地盤モデルを作成し、このモデル上で直杭式横橋の解析を行い、さらに直杭のいくつかを斜杭に置き換えた斜組杭式横橋の解析を行った。なお、解析には全てFEMを用いた。

2. 解析モデル

図-1に直杭式横橋の解析モデルを示す。これは15000ton級貨物船を対象とし、設計水平震度は0.2を用いた。支持杭は全て外径 $\phi=800\text{mm}$ 、肉厚 $t=16\text{mm}$ の鋼管杭である。また、地盤はいくつかの実際の横橋設置地点の地盤を参考にしてそれらの平均的な地盤をモデル化したものである。図-1のB-B断面における柱状図を図-2に示す。この直杭式横橋のP2杭を斜組杭に置き換えたものが図-3に示すモデルである。このモデルではP2杭およびP3杭には鉛直とそれぞれ 10° の傾斜をつけている。またこの場合の支持杭は $\phi=800\text{mm}$ 、 $t=16\text{mm}$ のものと $\phi=500\text{mm}$ 、 $t=14\text{mm}$ の2種類を考える。本研究においては直杭のみの横橋と直杭と斜杭を合わせ持つ横橋との振動特性を比較す

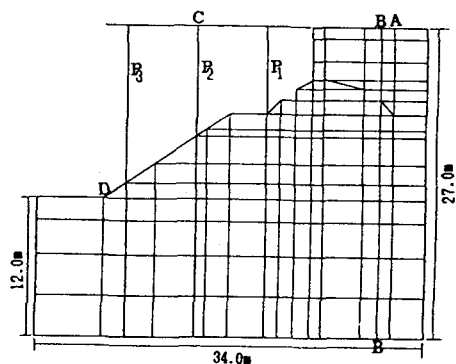


図-1 直杭式横橋モデル図

0.0	粘性土	$\gamma=1.3\text{t/m}^3$	$V_s=197\text{m/s}$
- 1.0	砂質土	$\gamma=1.7\text{t/m}^3$	$V_s=155\text{m/s}$
- 6.4	捨石	$\gamma=1.5\text{t/m}^3$	$V_s=170\text{m/s}$
- 7.6	置換砂	$\gamma=1.9\text{t/m}^3$	$V_s=226\text{m/s}$
- 9.0	砂	$\gamma=1.8\text{t/m}^3$	$V_s=182\text{m/s}$
- 12.0	粘土	$\gamma=1.6\text{t/m}^3$	$V_s=197\text{m/s}$
- 17.0	粘土	$\gamma=2.0\text{t/m}^3$	$V_s=249\text{m/s}$
- 27.0			

図-2 B-B断面柱状図

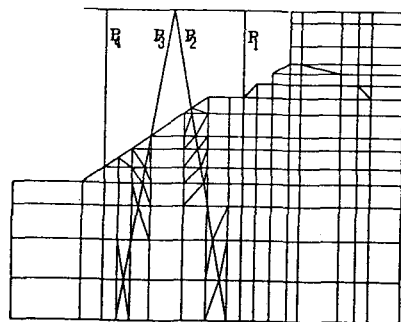


図-3 斜組杭式横橋モデル図

るために、水圧及び波の影響は無視した。また、杭が排除した海水の質量を付加質量とした。

3. 計算結果

図-4に本解析で用いた八戸地震波E-W成分(100gal換算)のハースペクトル図を示す。この地震波は地表面において記録されたものを基盤でのものに変換したものである。この地震波を基盤に入力し地表面と栈橋上部の加速度及び変位を求めた。図-1に示すモデルの周波数特性を明らかにするために図-1中の点A、Cにおける周波数応答関数を図-5、図-6に示す。地盤についてはAでは最大応答加速度170gal,最大変位12mmとなり、図-5よりその卓越振動数は1.32Hzである。栈橋ではCにおいて最大応答加速度359gal,最大変位41.8mmである。また周波数応答関数より求めた固有振動数は1.71Hzとなる。直杭式と斜杭式の点Cにおける最大応答値を表-1に示す。表より固有振動数については大きな変化はみとめられないが、変位については斜杭は変位の抑制について大きな効果を発揮することがわかる。最大加速度については $\phi=500$ の斜杭では直杭の場合より大きくなり、 $\phi=800$ の斜杭では小さな値となる。各杭ごとの応力をみまると、直杭式の場合には応力が最大となるP1杭と最小となるP3杭ではその値に約2倍の開きがあるのに対し、同じ径の斜杭を使用した場合にはその開きは3倍程度となるが応力は直杭式の場合の1/3~1/7となる。これから、斜杭の使用により応力を低下できることがわかった。また、直杭では軸力に比べモーメントが大きくなるが、斜杭では逆に軸力が大きくなる。このことより、軸力による支持という杭本来の機能を考えると地震時の斜杭の有効性が明かとなった。

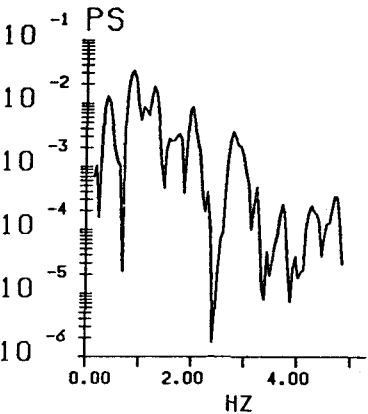


図-4 地震波パワースペクトル図

4. 結論

ここで示したケースでは水平振動を受ける栈橋では、特に変位を抑えるという点で斜杭の有用性が明かとなった。なお、斜杭の構造形式を変えた場合を含め、本解析の詳細は講演時に発表する。

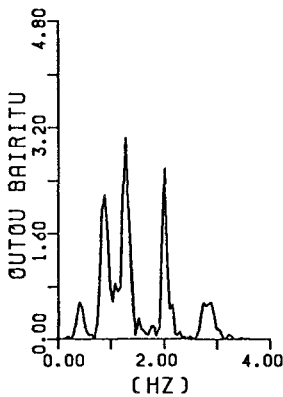


図-5 周波数応答関数(A)

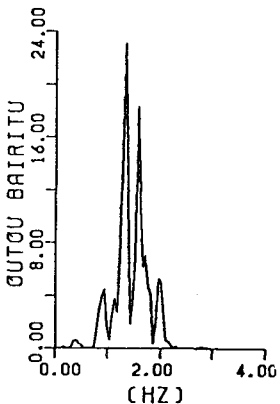


図-6 周波数応答関数(C)

〈参考文献〉

- 1) 日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 2) 日本鋼管株式会社, 鋼管杭協会 鋼管杭 その設計と施工
- 3) 長尾 義三 港湾工学

表-1 最大応答値

	加速度 (gal)	変位 (mm)	固有振動数 (Hz)
$\phi=800$ 直杭	359	41.8	1.71
$\phi=800$ 斜杭	213	11.9	2.00
$\phi=500$ 斜杭	376	28.5	1.95