

直杭式横棧橋の照査用震度の算出時における減衰定数に関する検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○大久保陽介
 港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司
 株式会社ニュージェック 正会員 楠 謙吾

1. はじめに

直杭式横棧橋の照査用震度は、棧橋の固有周期及び杭仮想固定点 $1/\beta$ における加速度応答スペクトルを用いて照査用震度（外力）を算出する方法（以下、応答スペクトル法）が港湾基準に例示されている。応答スペクトル法において加速度応答スペクトルを算出する際の減衰定数について、港湾基準によれば20%としてよいと記載されている。これは横田らによる1次元全応力解析と2次元全応力解析の比較を行った成果を反映したものである。また、栗原・長尾は2次元応答解析における棧橋固有周期に着目し、応答スペクトル法での減衰定数は5%程度が妥当としている。

本検討では、2次元地震応答解析（以下、2次元解析）を用いて棧橋上部工の自由振動変位を計測することにより、直杭式横棧橋の減衰定数の算定を試みた。さらに、応答スペクトル法での、骨組み解析による棧橋の固有周期、杭仮想固定点を求める際の地盤反力係数は2次元解析と同等の値とし、算定した減衰定数を用いて棧橋上部工の最大加速度を求めて2次元解析と比較した。

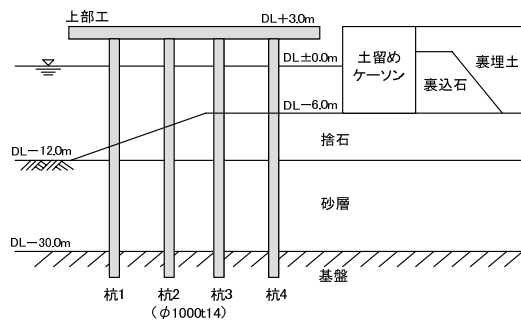


図-1 モデル棧橋図

2. 検討条件

本研究では図-1に示すようなモデル棧橋を対象とし、2次元解析にはFLIPを用いることとした。地盤条件は表-1に示すとおりであり、棧橋が採用される地盤条件の実績を考慮して緩い砂地盤を設定した。また、レベル1地震動を対象としていることから液状化が発生しない条件とした。地盤定数については、森田らによるFLIPにおいて標準的に用いられている設定方法に従い、設定した。2次元解析では、杭と地盤の動的相互作用を取り扱うため、杭要素と杭間の地盤要素を結合する地盤ばねの荷重-変位関係をモデル化した杭-地盤相互作用ばね要素を用いている。図-1に示す棧橋モデル断面に対して2次元解析を用いて基盤層に正弦波1波を与え、棧橋上部工の変位を計測することにより、減衰定数の算定を試みた。その後、算定した減衰定数を用い、応答スペクトル法において棧橋上部工の最大加速度を算出し、2次元解析結果と比較を行った。このとき、骨組み解析による棧橋の固有周期、杭仮想固定点を算出する際の地盤反力係数は2次元解析と同等の値とした。棧橋上部工の最大加速度の算出については、表-2に示す最大加速度や卓越周期の違うレベル1地震波10波形を対象とした。

表-1 土質条件

土層	γ_s (kN/m^3)	γ'_s (kN/m^3)	N値	σ_{ma} (kN/m^2)	G _{ma} (kN/m^2)	K _{ma} (kN/m^2)	拘束圧依存係数	ϕ ($^\circ$)	c (kN/m^2)
裏埋土	18.00	8.00	11.0	98.00	79270	206700	0.50	39.50	—
裏込石	20.00	10.00	—	98.00	180000	469400	0.50	35.00	20.00
捨石	20.00	10.00	—	98.00	180000	469400	0.50	35.00	20.00
砂層	20.00	10.00	10.0	98.00	75210	196100	0.50	39.30	—
基盤	20.00	10.00	50.0	98.00	188500	491600	0.50	43.27	—

表-2 検討に用いたレベル1地震波形

地震波名	最大加速度(Gal)	卓越周期(s)
常陸那珂	159.17	1.042
清水	132.02	1.587
博多	166.07	0.476
八戸	214.20	1.163
石巻	247.61	1.0
岩国	312.27	0.238
四日市	108.05	1.377
千葉	94.97	1.342
舞鶴	380.53	0.216
神戸	274.06	0.356

キーワード 直杭式横棧橋, 減衰定数, 応答スペクトル法, 2次元地震応答解析

連絡先 〒206-8550 パシフィックコンサルタンツ株式会社港湾部 Tel 042-372-6180

3. 検討結果および考察

図-3に基盤に正弦波1波を入れた場合の上部工変位の時系列を示す。同図より、上部工は自由振動しており、減衰定数を算出可能であることが確認できる。図-3に示す上部工の変位から振幅を算出し、隣り合う振幅の比の自然対数を取り、対数減衰率を算出することにより減衰定数 h を算出した。基盤に入力する正弦波の周波数を 0.7Hz~4.5Hz、加速度を 50~200Gal に変えて減衰定数を算出した結果を図-4に示す。同図より、今回検討した範囲では、減衰定数は 3~8%程度と通常用いられている 20%よりも小さく算出されていることがわかる。また、栈橋の変位が大きくなるに従い、減衰定数が大きくなる傾向が確認できる。これは、土のひずみによる減衰効果により変位が大きい方が大きな減衰が示したと考えられる。本検討で対象とするレベル1地震波形を図-1のモデル栈橋に与えた場合、栈橋上部工の変位は 0.01~0.19m となることから、栈橋の変位に合わせて、図-4の対数近似曲線より栈橋の減衰定数を 3~6%と設定する。

設定した減衰定数を用いて、応答スペクトル法による各波形における上部工位置での加速度を算出した結果を図-5に示す。比較のため、 $h=0.20$ とした結果も示している。前述のように、両ケースとも固有周期等を求める際の地盤反力係数は2次元解析と同等とした。図より、 $h=0.20$ のケースでは上部工における加速度は2次元解析の30~75%、減衰定数を修正したケースでは60~115%となっており、減衰定数を修正することにより、2次元解析で算出された栈橋上部工の加速度に近づくことがわかる。

4. おわりに

本検討では、2次元地震応答解析を用いて栈橋上部工の変位を計測することにより、直杭式横栈橋の減衰定数について算定を試みた。その結果、今回検討した範囲では、減衰定数は 3~8%程度と通常用いられている 20%よりも小さく算出された。また、土のひずみによる減衰効果の影響により、栈橋の変位が大きくなるに従い、減衰定数が大きくなる傾向がわかった。減衰定数を修正することにより、応答スペクトル法と2次元地震応答解析から算出される上部工加速度が一致することが明らかとなった。

参考文献： [1] (社) 日本港湾協会(2007)：港湾の施設の技術上の基準・同解説。 [2]横田弘，竹鼻直人，南兼一郎，高橋邦夫，川端規之(1998)：鋼管杭式栈橋の地震応答解析結果に基づく設計水平震度の考察，港湾技術研究所報告 Vol.37, No.2, pp.75-130。 [3] 栗原直範，長尾毅(2010)：直杭式栈橋の動的特性を考慮した照査用震度の算出方法に関する基礎的研究，国土技術政策総合研究所資料 No.591。 [4] 森田年一，井合進，H. Liu，一井康二，佐藤幸博(1997)：液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法，港湾技研資料 No.869。

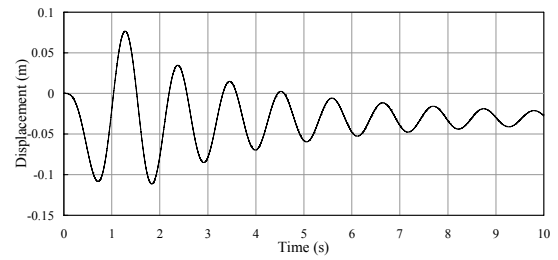


図-3 上部工の変位の時系列

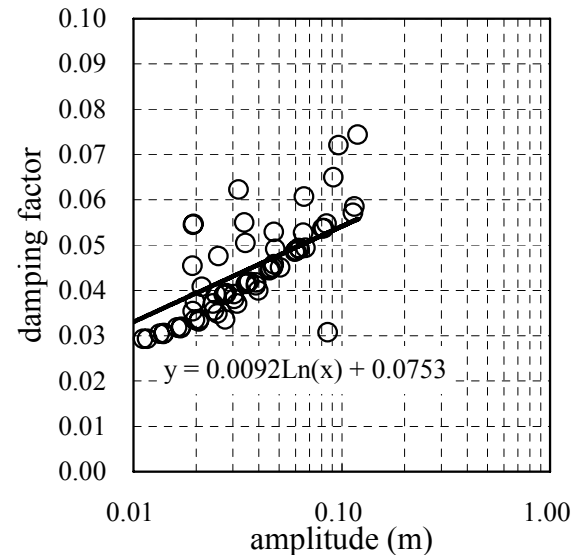


図-4 栈橋の減衰定数の算出結果

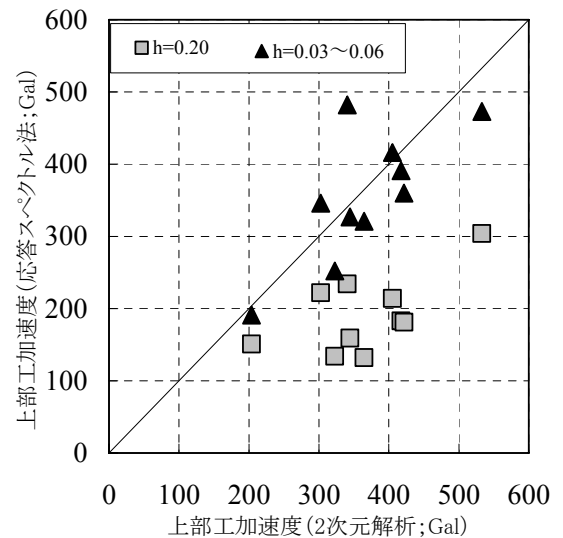


図-5 栈橋上部工における加速度の比較