

直杭式横棧橋のレベル2地震対応の照査断面決定手法に関する基礎検討

鋼管杭・鋼矢板技術協会 正会員 ○乙志和孝 正会員 塩崎禎郎 奥村 誠
 柿本龍二 大槻 貢

1. はじめに

2007年に改訂された港湾基準では¹⁾、直杭式横棧橋の耐震性能照査の手法として図1の方法が例示されている。レベル2地震に対する照査は2次元有効応力解析コードFLIP²⁾で行われることが多いが、レベル1地震に対して部分係数法で決定した断面では要求性能を満足しないことが多い。そのため、レベル2地震に対する照査断面の決定手法としてPush Over解析（以下、PO解析と称する）で求めた骨格曲線を用いて、質点系解析で要求性能を満足する断面を決定する手法が提案されている。ただし、この手法は、棧橋の上部工の慣性力で断面が決定する場合には有効であるが、背後の土留め構造の海側への変形により鋼管杭が地盤内で力を受ける場合には対応が難しい。結局、レベル2地震に対してはFLIPの繰り返し計算により断面を決定することになるが、計算の負担は大きい。そこで、筆者らは、「PO解析+質点系解析」の代替手法として「地盤の流動力を考慮した静的骨組解析」による方法について検討を進めている。以下に、その概要を紹介する。

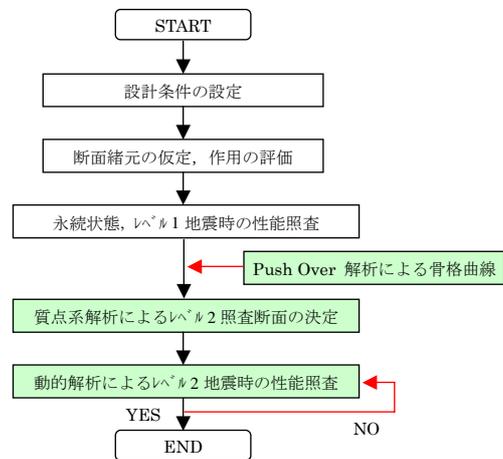


図1 棧橋の耐震性能照査フロー

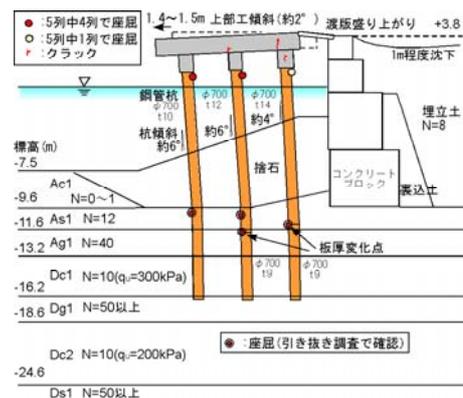


図2 T棧橋の被災状況³⁾

2. 棧橋に作用するレベル2地震時に作用する外力について

1995年兵庫県南部地震時に被災したT棧橋（図2参照）は、適切な条件設定によりFLIPによる被災の再現が可能であった³⁾。棧橋に作用する外力は、上部工の慣性力、地盤の流動力、土留めの変形により渡版を介して伝達される力（渡版圧縮力と表記）となる。それぞれの外力と棧橋床版の水平変位の時刻歴を図3に示す。外力の中では、流動力が最も大きく、流動力が大きくなる時刻から棧橋の水平変位が残留していく様子が確認できる。なお、流動力と慣性力には位相差が生じている。

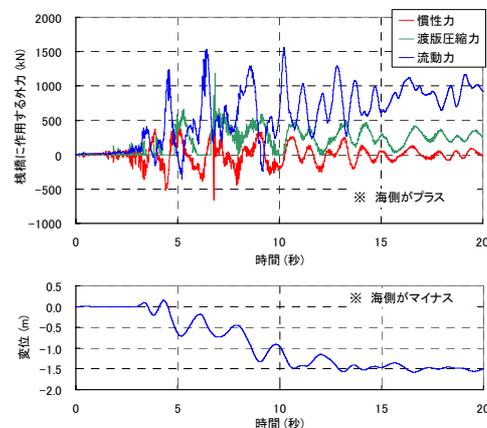


図3 外力と床版水平変位の時刻歴

3. 地盤の流動力を考慮した静的骨組解析

この手法は、棧橋に作用する外力を確定値として取り扱い、レベル2地震に対する要求性能（例えば地中部で鋼管が全塑性化モーメント以下とするなど）を満足する鋼管杭を決定し、最終照査であるFLIPの解析断面とする方法である。この手法の適用性を確認するため、T棧橋の解析で鋼管杭が初めて全塑性モーメントに達した時刻の変形と曲げモーメントを再現できるか検討を行った。

Key Words ; 棧橋, 鋼管杭, 2次元有効応力解析, Push Over解析

連絡先 ; 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 Tel ; 03-3669-2437, Fax ; 03-3669-1685

表 1 解析パラメータとその値

	従来の設定	改善検討
外力	上部工の慣性力	上部工の慣性力と地盤の流動力
地盤ばね(kN/m ³)		
捨石層	1500N* ¹ ×2	**)
As1層(液状化層)	1500N×2	1500N×1/3
Ag1, Dc1, Dg1層	1500N×2	1500N×2
受働土圧算定震度	0.10	0.10

*) N: N 値

***) 海側杭のみ 1500N×1/3 を考慮

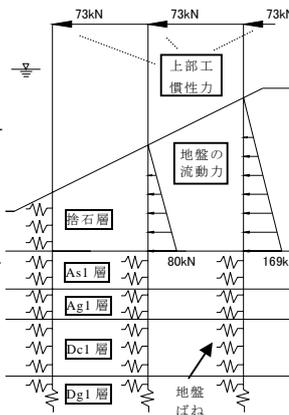


図 5 骨組解析モデル

なお、静的骨組解析では、PO 解析と同様に鋼管杭と地盤ばねを非線形扱いとした。

従来の PO 解析の特性を確認するため、上部工の慣性力のみを作用させた場合の鋼管杭の変位と曲げモーメントの分布を図 4 に示す。なお、変位の図は杭下端の変位がゼロとなるように記載している。変位、モーメントともに FLIP との乖離が大きく、地盤の流動力や、地盤ばねの違いが影響しているものと考えられる。

これらを改善するため、図 5 のように、上部工の慣性力に加えて地盤の流動力を杭に作用させ、液状化層 (As1 層) における地震時の過剰間隙水圧の上昇による地盤強度の低下を考慮し地盤ばね係数を低減させた。ここでは、地盤ばね係数およびばね力の上限值を決定する受働土圧算定震度をパラメータとし、FLIP 解析における杭頭と杭下端の相対変位量を再現するように値を調整した。その結果、表 1 の値を用いることで、図 6 に示すように、陸側杭の As1 層と Ag1 層の境界部で杭が塑性化することが再現され、杭の変形モードが大きく改善された。

4. まとめ

直杭式横棧橋のレベル 2 地震対応の照査断面決定手法の改善に向けて、地盤の流動力を考慮した静的骨組解析について検討を行った。その結果、地盤の流動力や地盤ばねを適切に設定することで FLIP と同じ変形モードとなり、照査断面決定手法として適用可能であることを確認した。

今後の課題として、土留め構造の違いや杭との離隔などを考慮した地盤の流動力の一般化、慣性力との位相差を考慮した荷重の組み合わせ方法、液状化程度による地盤ばねの設定方法などが挙げられ検討が必要である。

参考文献； 1) (社)日本港湾協会；港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007。 2) S. Iai, Y. Matsunaga, T. Kameoka; Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Report of The Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990。 3) 塩崎禎郎，長尾毅，小堤治，宮下健一郎；二次元有効応力解析による直杭式横棧橋の被災事例の再現計算，土木学会地震工学論文集，Vol.30, pp.881-891, 2009。

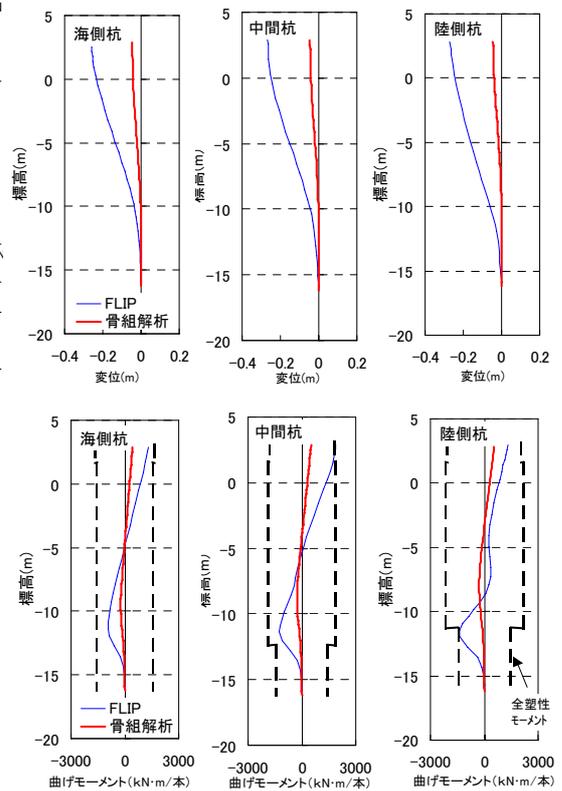


図 4 FLIP と骨組解析の比較(従来の設定)

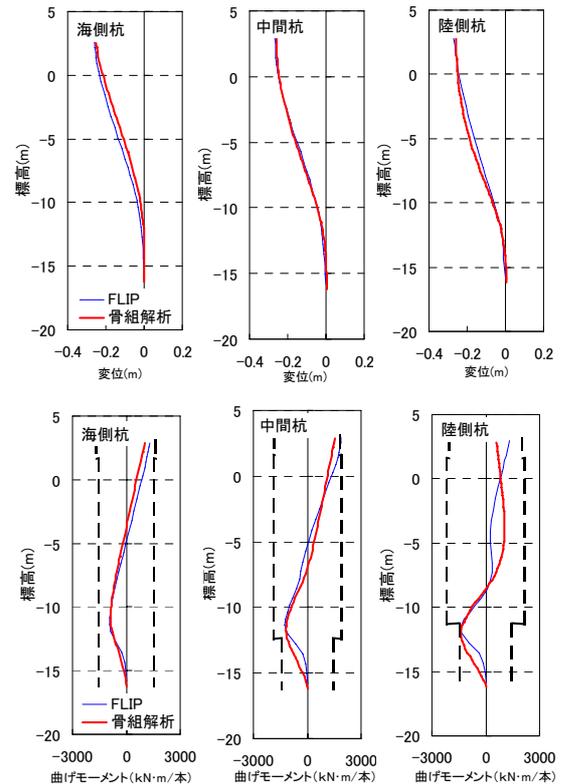


図 6 FLIP と骨組解析の比較(改善検討)