

直杭式横栈橋の二次元有効応力解析における 解析精度向上に関する検討

塩崎禎郎¹・長尾 毅²・宮下健一郎³・小堤 治⁴

¹鋼管杭協会 (〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10)

E-mail: y-shiozaki@jfe-rd.co.jp

²国土技術政策総合研究所 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: nagao-t92y2@ysk.nilim.go.jp

³パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5)

E-mail: kenichirou.miyashita@os.pacific.co.jp

⁴株式会社明窓社 (〒170-0014 東京都豊島区池袋1-8-7-408)

E-mail: ozutsumi@meisosha.co.jp

栈橋構造に対する二次元有効応力解析コードFLIPの解析精度向上を目的として、1995年兵庫県南部地震時の栈橋構造の被災事例、無被災事例に対する検討を行った。その結果、以下のことが明らかになった。1)被災事例であるT栈橋の解析結果から、杭間を地盤がすり抜ける現象を再現するために用いる「杭～地盤相互作用パネ」に関して、パネ力を調整する比例係数(PFACT)は1.0として、地表面付近の杭による受働破壊領域では、低減させる設定が良いことがわかった。2)無被災事例であるN栈橋の解析結果から、栈橋鋼管杭の断面力の評価では、土留護岸の変形挙動の再現が重要であることがわかった。

Key Words : Open-type wharves on vertical piles, Effective stress analysis, Pile-ground interaction spring

1. はじめに

港湾構造物の性能設計において、レベル2地震動に対する照査では、二次元有効応力解析が有効な手法となっている。しかし、二次元有効応力解析は、地盤の材料定数や、境界条件、地盤と構造物の接触条件など、検討すべきパラメータが多く、解析担当者の熟練度の違いによって答えが多少ばらついてしまうことが問題となっている。そのため、港湾構造物の性能照査で用いられることの多い二次元有効応力解析コードFLIP¹⁾では、解析対象構造物ごとに、標準的なモデル化手法について検討が進められ、公表されてきている²⁾。

直杭式横栈橋に関しては、1995年の兵庫県南部地震時に被災した神戸港のT栈橋について、FLIPの適用性が検討されている³⁾。ただし、同じモデル化で、無被災の事例が再現できるか十分に検討がなされていなかった。そこで、本研究では、被災事例として神戸港のT栈橋を、無被災事例として尼崎西宮港のN栈橋（兵庫県南部地震時の被災程度が小さい事例であるが、本論文では便宜的に無被災と表記した）をとりあげ、特に杭～地盤相互作用パネ³⁾の設定に着目して検討を行った。

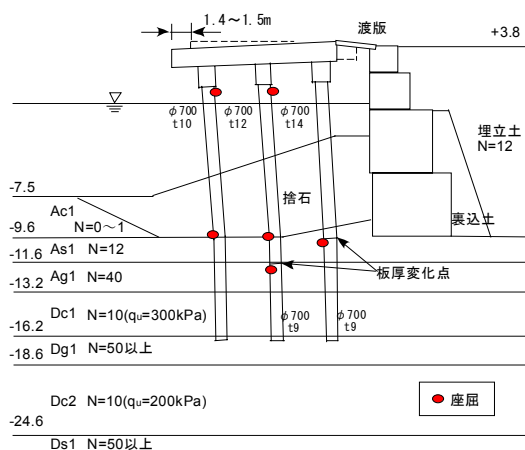


図-1 T栈橋の被災状況の断面図⁴⁾

2. T栈橋に対する検討

(1) 検討概要

神戸港のT栈橋は、設計震度0.15で設計された岸壁である。T栈橋の被災状況の断面図を図-1に示す。T栈橋は被災後に鋼管杭の引き抜き調査が行われ、地盤内で座屈が生じていたことが確認されている。

表-1 T栈橋の被災シミュレーションの解析条件

項目	内容
構成則	修正モデル (tmp7法) 変相線を超えた応力空間におけるせん断仕事の負のダイレタンシーの寄与率を従来法から変えたモデル。tmp7法とは、変相角と破壊角の中間に第2変相角をとり、第2変相角を超えた応力空間における塑性せん断仕事は負のダイレタンシーに寄与しないとする。
非線形反復計算法	改良型非線形反復法 各時間ステップ内で応力～ひずみ関係の変動を追従しながら非線形反復計算を行う方法。
レーレー減衰	自由地盤部の非液状化・非線形解析を実施し、最大応答変位分布が収斂する β 値を使用($\beta=0.0005$)。
捨石の材料定数	捨石新定数 $c=20\text{kPa}$ 、 $\phi=35^\circ$ 。間隙水の体積剛性を通常の1/100とする。

表-2 T栈橋の被災シミュレーションの地盤定数

土層名	湿潤密度	間隙率	変形特性					
			初期せん断剛性	基準化拘束圧	拘束圧依存係数	内部摩擦角	粘着力	履歴減衰上限値
	ρ_t (t/m^3)	n	G_{ma} (kPa)	σ_{ma}' (kPa)	m	ϕ_f ($^\circ$)	c (kPa)	h_{max}
As1	1.8	0.45	111900	98.0	0.5	40.7	0	0.24
Ag1	2.0	0.45	226500	98.0	0.5	44.4	0	0.24
Dc1	1.9	0.44	51000	43.4	0.0	0.0	150	0.20
埋立土	1.8	0.45	65840	98.0	0.5	38.9	0	0.24
捨石	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
裏込土	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
Ac1	1.5	0.67	3750	5.0	0.5	25.0	0	0.20
Dc2	1.7	0.55	34000	86.4	0.0	0.0	100	0.20
Dg1	2.0	0.45	228200	98.0	0.5	44.5	0	0.24

土層名	液状化特性					
	変相角	液状化パラメータ				
	ϕ_p ($^\circ$)	W_l	p_l	p_2	c_l	S_l
As1	28.0	20.0	0.50	0.764	1.00	0.005
埋立土	28.0	6.0	0.50	0.98	1.80	0.005

被災原因としては、土留護岸背後の埋立土と沖積砂層（As1層）の液状化によって、土留護岸が大きく海側に変位して渡版を介して栈橋上部工に力が作用したことと、地盤の海側への移動による力が鋼管杭に作用したためと推定されている⁴⁾。

FLIPを用いた検討では、ポートアイランドで観測された基盤波形を岸壁法線直角方向に方位変換した入力波形を用いて、表-1に示す解析条件と表-2に示す地盤条件の組み合わせで、被災状況を概ね再現できると報告されている³⁾。表-1の解析条件には、「修正」「改良型」「新」という表現があるが、FLIPの開発初期段階のモデルから、解析精度を向上するために順次考案されたものである。これらの諸条件の組み合わせによって解析結果が変わるため、重力式岸壁や矢板式岸壁の被災事例・無被災事例の再解析による検討結果から、最適な組み合わせが提案

されてきている²⁾。今回は、このケース（CaseT）をもとに、杭間を地盤がすり抜ける現象を表現するために用いる杭～地盤相互作用バネの設定の違いが解析結果に与える影響について検討した。

(2) 杭～地盤相互作用バネの設定方法

FLIPで用いる杭～地盤相互作用バネとは、杭間を地盤がすり抜ける現象を再現するための要素で、杭近傍の地盤の「応力～ひずみ関係」と相似な「力～バネ変位関係」を有する非線形バネ要素である。この非線形バネは、地盤が液状化する場合も含めて、地中の比較的深い位置における相互作用を模擬するように作られている。バネ特性は、FLIPによる2次元水平断面における杭の水平載荷解析を種々の条件に対して実施して決定したもので、バネ力は、杭と地盤の相対変位と地盤の状態に基づき自動的に算定される仕組みになっている。適用性については、杭の挙動に関する実験の再現解析などによって検証が進められている⁵⁾。また、相互作用バネには、バネ力を調整する比例係数PFACTが用意されている。この係数は、相互作用バネが2次元平面解析で設定されたことに対して、地表面付近の3次元的な挙動を考慮する場合等の補正係数的な位置づけで用意されたものである。実大の群杭に対する水平載荷試験に対する検討例では、表層付近のPFACTを低減してバネ力を小さくする設定の方が、良好な結果が得られている⁶⁾。地表面の相互作用バネの低減は文献5にならって、以下の方針で定めた。

地表面に近い部分では、杭前面の楔状のすべり土塊が押し上げられる受働破壊により極限地盤反力が規定される。したがって、地表面付近に配置する相互作用バネについては、そのバネ力を低減させることで、上記破壊モードを表現することにする。バネ力を低減させる範囲については、以下に示す岸田らによる方法⁷⁾を用いた。砂質土の場合、地表面付近で、杭前面の楔状のすべり土塊が押し上げられるような受働破壊により決まる極限地盤反力 P_{y1} は(1)式を用いて算定する。

$$P_{y1} = \gamma' z \left\{ \frac{K_o \tan \phi \cdot \sin \beta}{\tan(\beta - \phi)} \cdot \frac{z}{B} + K_o \tan \beta (\tan \phi \cdot \sin \beta - \tan \alpha) \frac{z}{\beta} - K_A \right. \\ \left. + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} \left(1 + \frac{z}{B} \tan \alpha \cdot \tan \beta \right) \right\} \quad (1)$$

ここに、 z ：地表面からの深さ
 γ' ：土の単位体積重量
 K_o ：静止土圧係数
 K_A ：Rankineの主働土圧係数
 ϕ ：砂の内部摩擦角
 B ：杭径

$$\alpha = \frac{\phi}{2}, \quad \beta = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$$

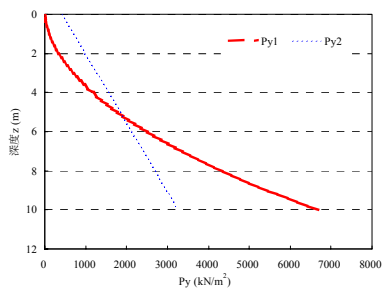


図-2 PFACTの低減の算定結果 (T栈橋)

表-3 解析ケース一覧 (T栈橋)

ケース名	PFACT
CaseT	1.0 (オリジナルケース)
CaseT-2	100 (地盤と一体の状態)
CaseT-3	0.01
CaseT-4	地表面のPFACTを低減 捨石表面から2.5mまでは0.2, 2.5~5.0mまでは0.72, それ以深は1.0

表-4 栈橋と護岸の残留水平変位(T 栈橋)

ケース名	栈橋残留水平変位 (cm)	護岸残留水平変位 (cm)
CaseT	159	160
CaseT-2	165	165
CaseT-3	186	186
CaseT-4	158	158
実測値	140 ~ 150	

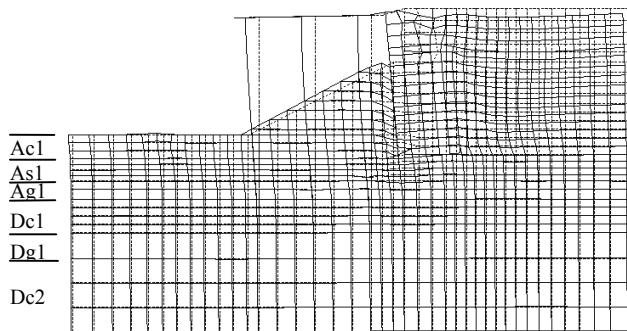


図-3 残留変形図 (N栈橋)

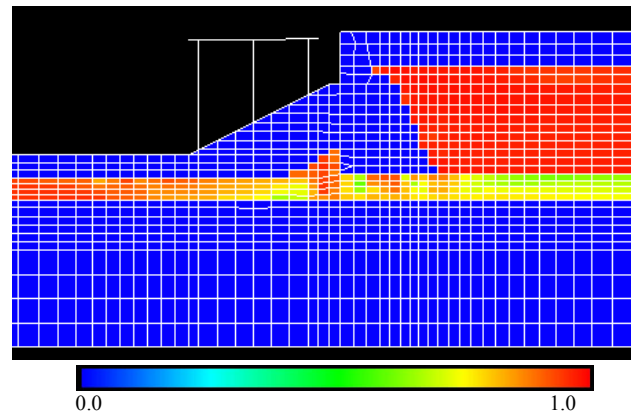


図-4 過剰間隙水圧比の時間最大値分布図 (T栈橋)

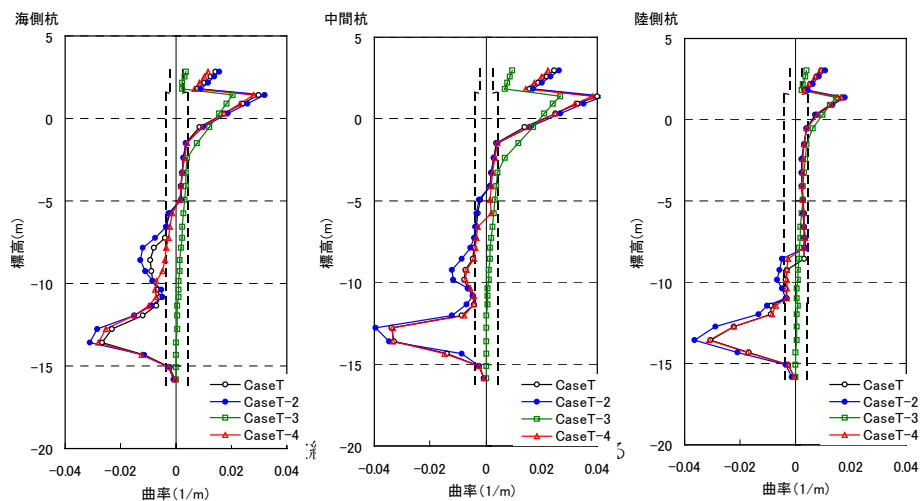


図-5 鋼管杭の曲率の時間最大値の分布図 (T栈橋)

一方、地盤深部における支持力破壊については、極限地盤反力 P_{y2} を(2)式により算定する。

$$P_{y2} = c_u N_c + q_h N_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma \quad (2)$$

ここに、 N_c, N_q, N_γ : 支持力係数。

q_h : 静止土圧 $q_h = \gamma' z K_0$

極限地盤反力は P_{y1} と P_{y2} の小さい方の値であり、 P_{y1}

の方が小さい領域ではPFACTを低減させることとする。さて、T栈橋に対する検討では、捨石層に対して $B = 0.7$ m (杭径)， $\gamma' = 9.8$ kN/m³ (土の単位体積重量)， $\phi = 40$ 度 (土の内部摩擦角) の値を用いて、(1)式、(2)式により P_{y1} と P_{y2} を算定した。算定結果を図-2 に示す。同図によれば、深度 5.2m より浅いところでは、PFACT を 1.0 未満として、バネ力を低減させる必要がある。バネ力の低減率は(3)式を用いた。

$$PFACT = \frac{P_{y1}}{P_{y2}} \quad (3)$$

捨石表面から2.5mまでは、その間の P_{y1}/P_{y2} の平均値である0.20を、2.5m～5.0mでは、同様に0.72をPFACTとした。この条件による解析をCaseT-4とする。この他、PFACTを100として杭間を地盤がすり抜けないようにしたCaseT-2と、杭と地盤の相互作用を限りなく小さくするためPFACTを0.01としたCaseT-3についても比較対象として解析を行った(表-3参照)。

(3)解析結果

表-4に栈橋と土留護岸の残留水平変位を示す。PFACT=0.01としたCaseT-3以外は、概ね実測値と整合的な結果が得られている。CaseTの残留変形図(等倍スケール)を図-3に、過剰間隙水圧比の時間最大値分布図を図-4に示す。埋立土は完全に液状化し、As1層も栈橋直下では過剰間隙水圧比が0.8程度まで上昇している。そのため護岸が海側に大きく変形している。なお、Ag1層は $N=40$ であるが、有効上載圧が小さいためにせん断強度($\tau = \sigma'_m \sin \phi_f$)が低く評価される影響で、この層でも変形が生じている。CaseT-2～CaseT-4に関しても、CaseTとほぼ同じ挙動を示している。

栈橋の鋼管杭の曲率の時間最大値分布図を図-5に示す。どの杭も杭頭と地中部で全塑性モーメントに対応する曲率を超えて座屈が発生する結果となっており、大枠で捉えると被災を再現しているものと言える。ただし、地中部で曲率が最大となる地点は13m付近でAg1層とDc1層の境界である。これは、Ag1層のせん断強度が低く評価されてしまうことが影響している。以下に詳細に考察する。

海側杭の-8m付近(捨石層)では、CaseTとCaseT-2は全塑性モーメントに対応する曲率を超えており座屈が発生してもおかしくない。ところが実際には、捨石層内では座屈は観測されていない。これは、捨石部分の相互作用バネが強すぎるためである。したがって、CaseT-4のように、地表付近でバネ力を低減する方法が最良と考えられる。

中間杭の-9.5m付近でも、曲率のピークが生じている。ここは、捨石層とAs1層の境界付近である。いずれのケースも、全塑性曲率を程度の差はあるが超えており、実際に捨石層とAs1層の境界付近で座屈が観測されたことと整合する。

陸側杭ではAs1層内の板厚変化点(-11.3m)の直下で座屈が生じていた。解析では、すべてのケースで全塑性モーメントに対応する曲率を超えている。ただし、曲率の極大値の場所と一致していないのは、他の杭と同様にAg1層のせん断強度が低く評価されてしまうためと考えられる。

以上のことから、T栈橋に対する検討では、PFACT=1.0として、地表付近のPFACTを低減してバネ力を小さくするCaseT-4が、最もよく被災状況を説明する結果となった。

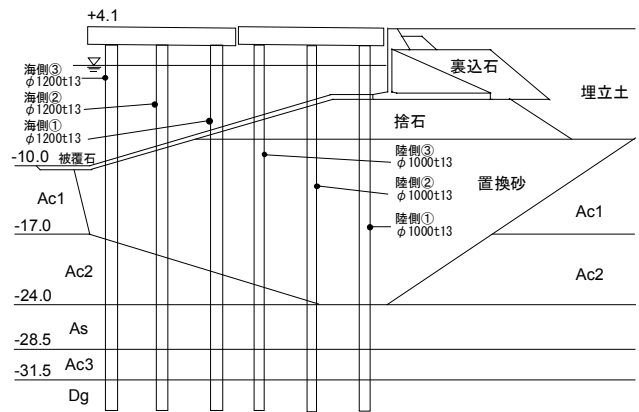


図-6 N栈橋の断面図と土層区分

土層名	湿潤密度	間隙率	変形特性					
			初期せん断剛性	基準化拘束圧	拘束圧依存係数	内部摩擦角	粘着力	履歴減衰上限値
	ρ_t (t/m ³)	n	G_{ms} (kPa)	σ_{ms} (kPa)	m	ϕ_f (°)	c (kPa)	h_{max}
海側								
Ac1	1.5	0.55	4929	12.9	0.5	0	14	0.20
Ac2	1.5	0.55	2093	38.6	0.5	0	60	0.20
As	2.0	0.45	269380	178.3	0.5	39.0	0	0.24
Ac3	1.65	0.55	67280	91.7	0.5	0	198	0.20
Dg	2.0	0.45	336200	221	0.5	43.0	0	0.24
置換砂下								
置換砂(六甲)	2.0	0.45	44010	93.3	0.5	37.0	0	0.24
置換砂($N_{63}=15$)	2.0	0.45	109207	98	0.5	40.6	0	0.24
Ac2	1.5	0.55	65516	124.6	0.5	0	193	0.20
As	2.0	0.45	269380	178.3	0.5	39.0	0	0.24
Ac3	1.65	0.55	126040	171.8	0.5	0	371	0.20
Dg	2.0	0.45	336200	221	0.5	43.0	0	0.24
陸側								
埋立土	2.0	0.45	160642	98	0.5	42.4	0	0.24
裏込石	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
捨石	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
被覆石	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
Ac1	1.5	0.55	44894	117.2	0.5	0	132	0.20
Ac2	1.5	0.55	77976	148.3	0.5	0	229	0.20
As	2.0	0.45	269380	178.3	0.5	39.0	0	0.24
Ac3	1.65	0.55	148500	202.5	0.5	0	437	0.20
Dg	2.0	0.45	336200	221	0.5	43.0	0	0.24

土層名	液状化特性					
	変相角	液状化パラメータ				
	ϕ_p (°)	W_l	p_1	p_2	c_l	S_l
置換砂(六甲)	28.0	5.8	0.75	0.5	3.6	0.005
置換砂($N_{63}=15$)	28.0	14.35	0.50	0.778	5.517	0.005

3. N栈橋に対する検討

(1)検討概要

尼崎西宮港のN栈橋は、設計震度0.25で設計された岸壁である。1995年兵庫県南部地震時には、栈橋本体の損傷は見られず、栈橋背後の護岸部分で15cm程度の沈下と、栈橋と護岸の間で5～20cmのズレが生じたと報告されている⁸⁾。

N栈橋の断面図と土層区分を図-6に示す。また、FLIPの解析で用いる地盤定数を表-5に示す。

表-6 解析ケース一覧 (N栈橋)

ケース名	置換砂 地盤定数	PFACT
CaseN	六甲	1.0
CaseN-2	$N_{0.66}=15$	1.0
CaseN-3	$N_{0.66}=15$	地表面のPFACTを低減 海側杭 (3列) は、捨石表面から4.5mまでは0.20, 4.5~9.0mまでは0.73, それ以深は1.0 陸側杭 (3列) は、捨石表面から3.6mまでは0.21, 3.6~7.2mまでは0.73, それ以深は1.0

表-7 栈橋と護岸の残留水平変位(T栈橋)

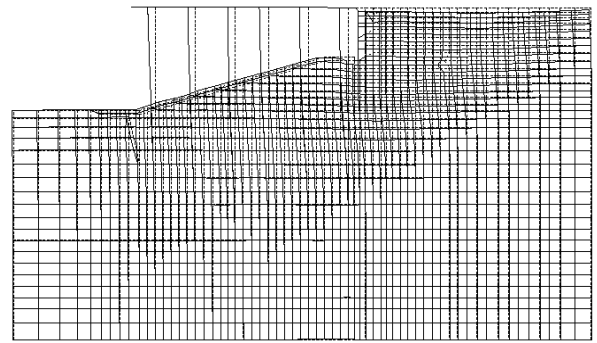
ケース名	栈橋残留水平変位 (cm)	護岸残留水平変位 (cm)
CaseN	99	95
CaseN-2	30	26
CaseN-3	23	23
実測値		5~20

地盤定数は、設計図書、周辺のボーリングデータを参考にして決定したほか、正確な地盤S波速度構造を検討するため、栈橋背後において常時微動観測を実施した。常時微動観測は3成分観測とアレー観測を実施した。アレー観測結果をもとに空間自己相関法¹⁰⁾を適用して位相速度を算出し、得られた位相速度を対象として、遺伝的アルゴリズムを用いた逆解析を行い、得られた複数のS波速度構造のうち観測位相速度と残差自乗が最小となるS波速度構造を求めた。さらに、得られたS波速度構造をもとに基本モードレーリー波のH/Vスペクトルを算出し、これと常時微動H/Vスペクトルの整合性を確認して推定したS波速度構造の妥当性を確認している。

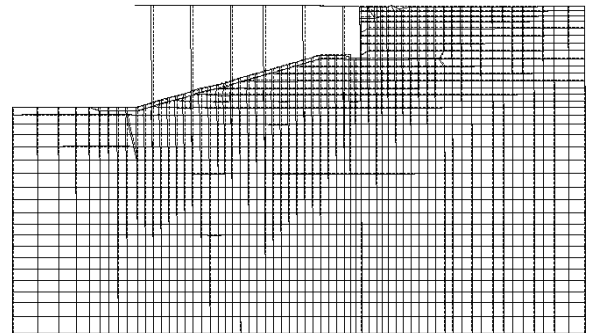
ただし、置換砂に関しては明確な情報が無く、かつ局所的な置換砂の剛性を常時微動により推定することはできないと考えられたため、六甲アイランドのケーソン式岸壁の検討で用いられた値⁹⁾と、等価N値 (N_{65}) =15の2種類で検討した。 $N_{65}=15$ は近傍の別の護岸のボーリングデータ $N=6\sim25$ という値を参考に定めた値である。解析条件はT栈橋と同じであり、レーレー減衰は自由地盤解析の応答変位が収斂する $\beta=0.0002$ を用いた。入力地震動は、尼崎港の港湾強震観測地点 (地表面) で計測された地震波 (<http://www.eq.ysk.nilim.go.jp/>) をDYNEQ¹¹⁾を用いて基盤に引き戻した波形を用いた。解析は、置換砂の地盤定数と杭～地盤相互作用バネのPFACTをパラメータとして表-6に示すケースを実施した。なお、PFACTの低減はT栈橋と同様に、(1)式、(2)式により P_{y1} と P_{y2} を算定して、(3)式で低減係数を求めた。

(2) 解析結果

表-7に栈橋と土留護岸の残留水平変位を示す。CaseNとCaseN-2に対する残留変形図 (等倍スケール) を図-7に、過剰間隙水圧比の時間最大値分布図を図-8に示す。CaseNでは護岸直下の置換砂部分ま

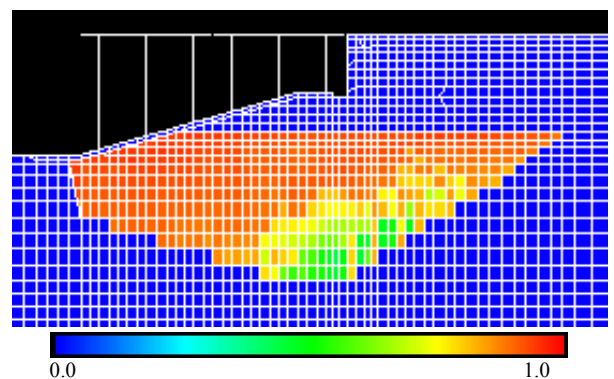


(CaseN)

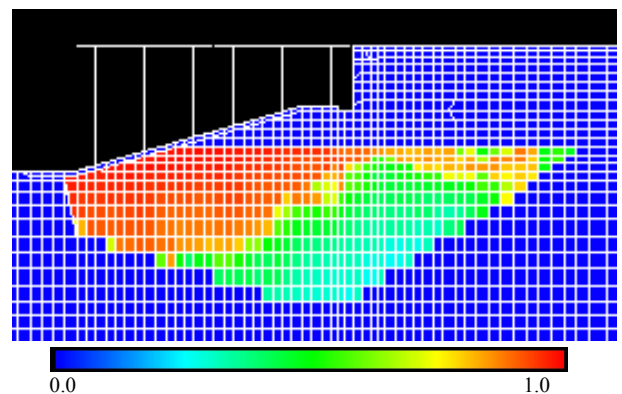


(CaseN-2)

図-7 残留変形図 (N栈橋)

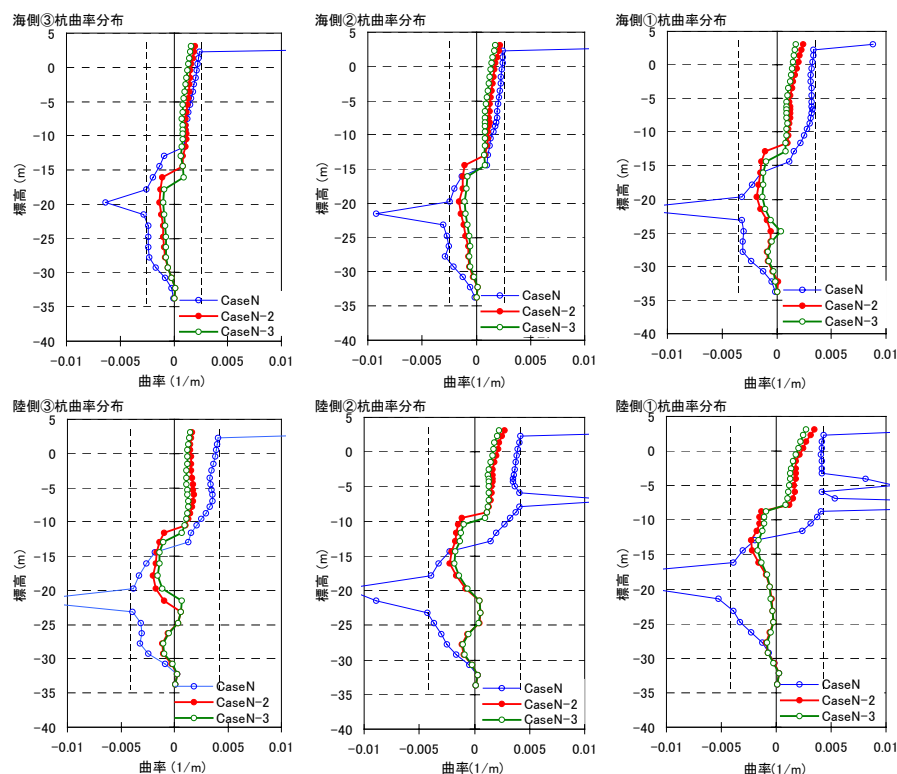


(CaseN)



(CaseN-2)

図-8 過剰間隙水圧比の時間最大値分布図 (N栈橋)



(破線は全塑性モーメントに対応する曲率)

図-9 鋼管杭の曲率の時間最大値の分布図 (N 栈橋)

で過剰間隙水圧比が1.0に達しており、護岸背後から置換砂部分に沿って大きな滑り変形が生じていることがわかる。その結果、護岸の残留水平変位が95cmに達して、実測値の5~20cm程度とは大きく乖離している。一方、置換砂を $N_{65}=15$ としたCaseN-2では、栈橋直下の置換砂部分では過剰間隙水圧比が1.0まで達している領域があるが、護岸直下ではCaseNに比べると過剰間隙水圧の上昇の程度が抑えられており、大きな滑り変形は生じていない。護岸の残留変位は26cmであり、実測結果と整合的である。これらのことから、置換砂の地盤定数としては、 $N_{65}=15$ の方が適切であることがわかる。なお、CaseN-3の残留変形と過剰間隙水圧分布は、CaseN-2と概ね同等の結果となっている。

栈橋の鋼管杭の曲率の時間最大値分布図を図-9に示す。CaseNでは置換砂を横切る大きな滑りが生じている影響で、すべての杭で杭頭および地中部で座屈が生じており、無被災を再現できていない。CaseN-2とCaseN-3は全塑性モーメントに対応する曲率以下で、弾性範囲内である。両者を比較すると、地表面付近のPFACTを低減した効果で、若干CaseN-3の方が曲率が小さくなっている。

以上の結果から、栈橋の鋼管杭の断面力の評価に際しては、土留護岸の変形挙動の再現が重要であることが確認できた。なお、N栈橋のように土留護岸および栈橋直下の地盤変位が小さいケースでは、杭～地盤相互作用パネの設定の違いによる影響は小さかった。

4. 結論

本研究では、栈橋構造に対する二次元有効応力解析コードFLIPの解析精度向上を目的として、被災事例、無被災事例をとりあげ、特に杭～地盤相互パネの設定に着目した検討をおこなった。その結果、以下のことが明らかになった。

1) 被災事例であるT栈橋の解析結果から、杭間を地盤がすり抜ける現象を再現するために用いる「杭～地盤相互作用パネ」に関して、パネ力を調整する比例係数(PFACT)は1.0として、地表面付近の杭による受働破壊領域では、低減させる設定が良いことがわかった。ただし、解析では鋼管杭の座屈の場所までは完全に再現できていないため、地盤定数の見直しを含めた検討が必要である。

2) T栈橋とN栈橋の解析結果から、鋼管杭の被災程度を再現するためには、護岸の変形程度の再現が重要であることがわかった。特に無被災事例であるN栈橋では、鋼管杭が降伏しない状態を再現するためには、土留護岸の変形状態の再現が必須であった。なお、無被災事例では鋼管杭周辺の地盤変位が小さいため、地表面付近のパネ力を調整する比例係数(PFACT)の低減が解析に与える影響は小さかった。

謝辞：国土交通省近畿地方整備局神戸港湾空港技術調査事務所から貴重なデータを提供していただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Susumu Iai, Yasuo Matsunaga, Tomohiro Kameoka : Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Report of The Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990
- 2) 小堤 治, 塩崎禎郎, 一井康二, 井合 進, 森 玄 : 二次元有効応力解析法の解析精度向上に関する検討, 海洋開発論文集, 第 20 巻, pp.443-448, 2004
- 3) 小堤 治 : 液状化地盤上の地盤・構造物系の地震被害推定に関する数値解析法の研究, 京都大学学位論文, 2003
- 4) 南 兼一郎, 高橋邦夫, 園山哲夫, 横田 弘, 川端規之, 関口宏二, 辰見ター : 神戸港における横棧橋の被害調査と動的相互作用解析, 第 24 回地震工学研究発表会, pp.693-696, 1997
- 5) 第 2 期 FLIP 研究会杭基礎作業部会 : 杭基礎のモデル化方法の検討 (平成 14 年度成果報告書), 2003
- 6) 第 3 期 FLIP 研究会 3 次元解析 WG : 平成 17 年度中間成果報告書, 2006
- 7) 岸田英明, 中井正一 : 地盤の破壊を考慮した杭の水平抵抗, 日本建築学会論文集, 第 281 号, pp.41-53, 1979.7
- 8) 稲富隆明ほか : 1995 年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告, 港湾技研資料, No.857, 1997
- 9) 一井康二, 井合 進, 森田年一 : 兵庫県南部地震におけるケーソン式岸壁の挙動の有効応力解析, 港湾技術研究所報告, 第 36 巻第 2 号, pp.41-86, 1997
- 10) Aki, K. : Space and time spectra of stationary stochastic wave, with special reference to microtremors, *Bulletin, Earthquake research Institute*, Vol.35, pp.415-456, 1957
- 11) 吉田 望, 末富岩雄 : DYNEQ : 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業 (株) 技術研究所報, pp.61-70, 1996

(2007. 4. 6 受付)

A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF ACCURACY FOR THE 2-DIMENTIONAL EFFECTIVE STERESS ANALYSIS METHOD FOR OPEN-TYPE WHARVES ON VERTICAL PILES

Yoshio SHIOZAKI, Takashi NAGAO, Kenichiro MIYASHITA and Osamu OZUTSUMI

This paper explores the possibility of improving the accuracy for the 2-dimentional effective analysis code FLIP for open-type wharves on vertical piles. We picked up both the damaged and no-damaged wharves by 1995 Hyogoken Nambu earthquake as study subjects. Through this study, the following conclusions are drawn. 1) The analysis results of damaged T-wharf indicated that the adequate proportional coefficient of the pile-ground interaction spring (PFACT) is 1.0 and while it is better to be less than 1.0 near the ground surface. 2) The analysis results of no-damaged N-wharf indicated that the accurate simulation of the deformation of the earth retaining wall is important to predict the steel piles stress resultants. The reduction of PFACT near the ground surface has a minor influence on the analysis in the case of small ground deformation around the steel piles.