

## 2011年東北地方太平洋沖地震における 相馬港鋼矢板式岸壁の被災要因に関する数値計算

(株)ニュージェック 正会員 ○八尾規子, 楠謙吾, 村上功一  
港湾空港技術研究所 正会員 小濱英司

### 1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震により、東日本各地の港湾において多大な被害が発生した。岸壁の被害は、地震動の作用に加え、津波の作用によって被害が拡大したと考えられる岸壁も見られた。そこで、図-1に示すように、タイワイヤーが破断する程に大きく崩壊した相馬港第1ふ頭1-4岸壁での被災要因に関する再現解析を行った。



図-1 被災状況

### 2. 解析概要

#### (1) 解析概要

対象岸壁は、控え組杭式矢板岸壁である(図-2参照)。再現解析には、有効応力法に基づく地震応答解析プログラムFLIPを用いた。本検討では、地震動の継続時間が比較的長いこと、そして、岸壁背後においてドレーンによる地盤改良が実施されていることから、透水を考慮できるカクテルグラスモデルを用いた。検討ケースを図-3に示す。本震のみ作用させたケース(以下「case\_0」)、本震後に津波水位重量3m分(29.4kN/m)を背後地盤に分布荷重として作用させたケース(以下「case\_1」)、地下水面に津波水位重量を強制水圧として作用させたケース(以下「case\_2」)を検討した。

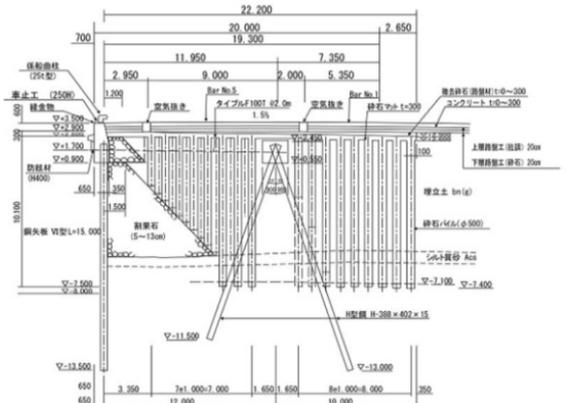


図-2 対象岸壁 断面図

#### (2) 地盤パラメータの設定

地盤パラメータは、ボーリングデータから得られたN値と、細粒分含有率Fcから簡易設定法<sup>1)</sup>により設定した(表-1)。カクテルグラスモデルの液状化パラメータは、時松・吉見による方法<sup>2)</sup>により、要素シミュレーションを行い設定した。ドレーン部については、透水係数を埋立土は約80倍、砂質土は約40倍変化させること<sup>3)</sup>により考慮した(表-2参照)。

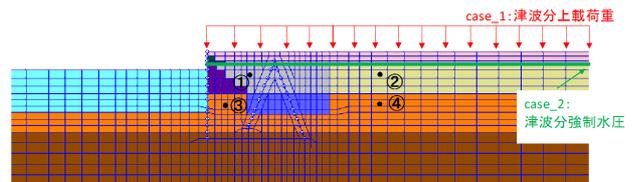


図-3 検討ケース

表-1 地盤パラメータ

土層	$\sigma_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)	$\varphi(^{\circ})$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$K_{ms}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$h_{max}$	$m_q$	$m_c$	$n$	$v$
埋立土	98	187	39.6	-	73885	192680	0.24	0.5	0.5	0.45	0.33
砂質土層	98	250	41.7	-	131714	343489	0.24	0.5	0.5	0.45	0.33
カクテルグラスモデル											
	$c_d^{cm}$	$\gamma_{dc}^n$	$\gamma_{dc}^s$	$q_1$	$q_2$	$h_{maxL}$	$l_k$				
埋立土	0.15	0.71	0.15	1	1	0.24	2				
砂質土層	0.15	0.18	0.2	1	0.23	0.24	2				
	$\gamma_k$	$\gamma_k^n$	$s_1$	$e_1$	$q_4$	$\gamma_r$	$\gamma_{ms}$				
埋立土	0.5	0.5	0.005	1.91	1	0.1	0.5				
砂質土層	0.5	0.5	0.005	4.9	1	0.1	0.5				

表-2 透水係数一覧

	平均 圧密度	透水係数	
		原地盤	ドレーン
		U (%)	k' (m/sec)
埋立土	60	5.10.E-05	4.15.E-03
砂質土	60	5.10.E-05	1.98.E-03

#### (3) 解析手順

対象岸壁は、矢板前面掘削により築造されたと考えられるため、この過程を模擬する多段階解析による透水解析を行った。地震動による解析(0~200s)を行ったあと、それぞれ津波の作用を考慮した解析を200s間行った。

キーワード 鋼矢板式岸壁, 津波, 地震, 有効応力解析

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東2-3-20 (株)ニュージェック 港湾・海岸グループ TEL 06-6374-4038

(4) 入力地震動

解析に用いた地震動は、2011年東北地方太平洋沖地震後に推定された相馬港の強震観測地点「相馬-G」の工学的基盤における2E波を用いた<sup>4)</sup>。岸壁法線直角方向に変換した地震動を入力地震動とした(図-4参照)。

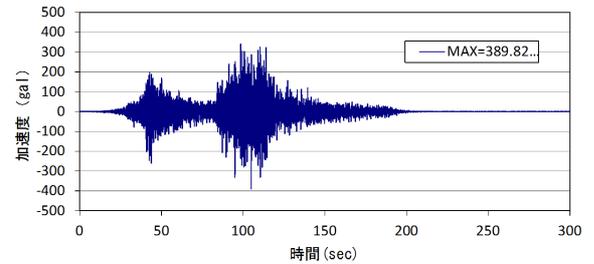


図-4 入力地震動

3. 解析結果

図-5に矢板背後地盤節点の変位時刻歴波形を示す。図-6に過剰間隙水圧比の時刻歴、図-7に残留変形および残留過剰間隙水圧比図を示す。地震動のみ作用させた case\_0 では、矢板背後地盤節点での水平、鉛直変位は20cm程度であり、地震動による被害は小さいと考えられる。津波重量を上載荷重として考慮した case\_1 は、case\_0 と比較すると、水平、鉛直変位ともに約7cm程度増加した。残留過剰間隙水圧比図もあまり大きな違いはなく両者とも地震動作用後(図-7の(a))に比べ間隙水圧が消散していることが確認できる。一方、背後地盤に強制水圧を与えた case\_2 では、ドレーン部で過剰間隙水圧が上昇している(図-6の①)。解析終了時(400s)においても矢板背後地盤節点の変位は収束しておらず、残留過剰間隙水圧も消散せず留まっていることがわかる。(図-7の(d))。

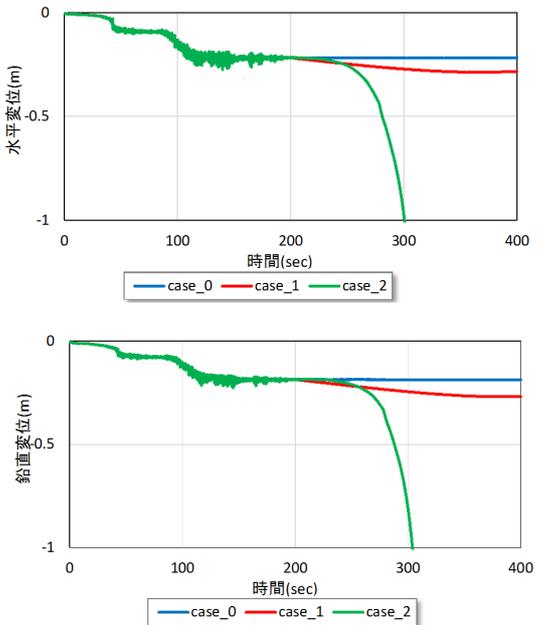


図-5 岸壁天端 変位時刻歴

4. まとめ

本解析結果より、相馬港第1ふ頭1-4岸壁は、岸壁背後においてドレーンによる改良が行われていることや、砂質土が液状化しないことなどから、地震動による被害の程度は小さく、その後の津波の作用によって被害が増大したと考えられる。特に津波による背後地盤への影響を、津波重量を上載荷重として作用させるよりも、背後の残留水圧の増加を考慮し強制水圧として与えた方が、矢板岸壁に大きな影響を及ぼすことが確認できた<sup>5)</sup>。今後の課題として、津波到達時間を考慮し、間隙水圧消散後に津波の作用が岸壁に与える影響等について検討する必要がある。

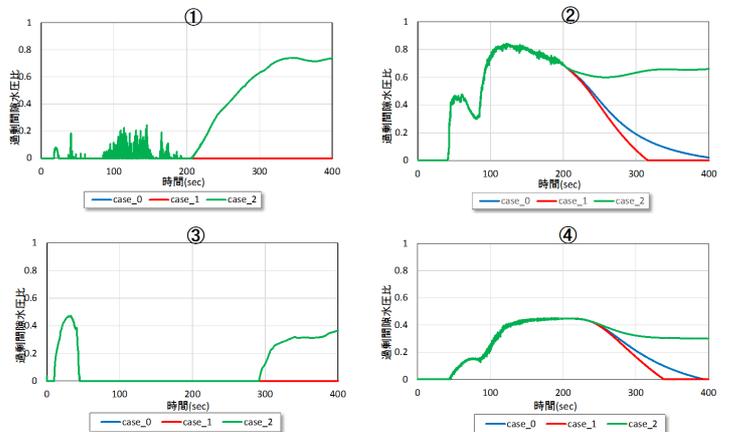


図-6 過剰間隙水圧比時刻歴 (出力要素位置は図-3参照)

参考文献

- 1) 森田ら: 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, 1997
- 2) 吉見吉昭: 第二版 砂地盤の液状化, 技報堂出版株式会社, pp.82-87, 1991
- 3) 村上ら: グラベルドレーンを考慮した鋼管矢板式岸壁の再現解析(小名浜港3号ふ頭岸壁), 中央復建C技報 pp.6-13, 2014
- 4) 2011年東北地方太平洋沖地震による地震動の事後推定: [http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research\\_jp/research\\_jpn\\_2011/jr\\_40.html](http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jp/research_jpn_2011/jr_40.html)
- 5) 小濱ら: 2011年東北地方太平洋沖地震において被災した鋼矢板式岸壁の津波の影響に関する考察, 地震工学改特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて-発表論文集, pp.312-316

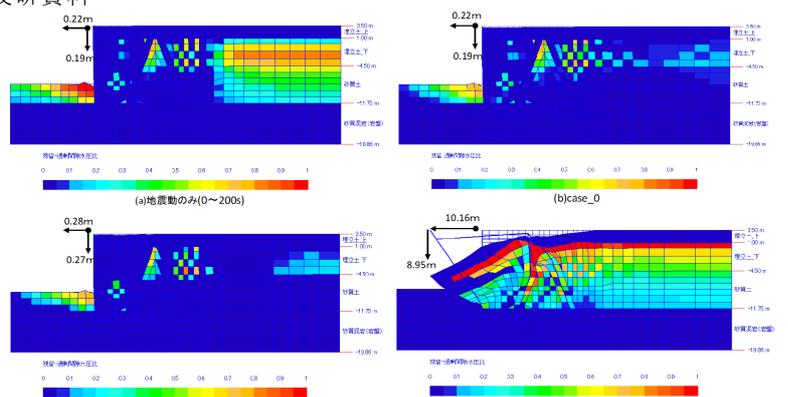


図-7 残留変形および残留過剰間隙水圧比図