

LIQCA を用いた防潮堤に対する地盤改良補強効果の確認事例

西松建設(株)土木設計部 (正) ○齋藤 禎二郎 ・ 西松建設(株)関西支店 奥田 喜昭 (正) 今津 徹
 大阪府西大阪治水事務所 (正) 奥野 喜久 ・ (株)日建設計シビル (正) 加藤 亮輔
 京都大学名誉教授 (フェロー) 岡 二三生

1. 概要

本報文では、動的有限要素解析コード LIQCA による防潮堤に対する補強効果の確認事例を紹介する。なお、当該事例で示した左門殿川辰巳橋上流左岸の現場では、すでに補強工事としての地盤改良の施工が昨年度末に無事竣工を迎えている。

2. 解析断面および地盤改良

解析断面を図-1 に示す。地震による液状化対策として図-2 に示す TOFT 配列の地盤改良を採用し、経済性の観点から、改良径は $\phi 3500$ 、改良強度 2000 kN/m^2 に設定した。地盤的設計手法に基づき、地盤改良範囲は必要最低改良率 50% とした。動的解析に当って、地盤改良の範囲は改良率に応じた等価な連続体としてモデル化した。

3. 入力地震動

解析に用いる入力地震動は、レベル 2 の地震動とし、海溝型として福島波 (H9 大阪府土木構造物耐震検討委員会) および H25 南海トラフ (内閣府中央防災会議、図-3)、直下型として Zone14 (H9 大阪府土木構造物耐震検討委員会) を使用した。なお、H9 福島波および H9 Zone14 波については地表面波であるため、SHAKE を用いて工学的基盤に引き戻した。H25 南海トラフ地震については防潮堤に直交する方向 (北から反時計周りに 34.2° 、図-4) に補正した。

4. 地盤パラメータの設定

液状化層には繰返し弾塑性モデルを適用し、液状化試験にフィッティングするよう要素シミュレーションを行い、パラメータを設定した (図-5～図-7、表-1, 2)。非液状化層には R-O モデルを適用し、動的変形試験にフィッティングするように設定した (表-1, 3)。モデル基盤については線形弾性体とした (表-1, 3)。

5. 解析結果

解析結果の一例として、H25 南海トラフによる結果の対策前 (図-8, 9)、対策後 (図-10, 11) の地震終了

時の変形図と有効応力減少比を示す。解析結果より、地盤改良によりレベル 2 地震動による液状化を防止することで水平変位が大幅に低減され許容値 (堤体天端幅 70cm) 以下となり、構造物としての健全性を確保し、かつ、照査外水位 (想定津波高さ $\text{OP}+3.76\text{m}$) 以上の防潮堤高を保つことが出来ることが確認された。

6. 謝辞

本報文の発表をご快諾いただき執筆にご協力いただいた大阪府西大阪治水事務所の皆様に謝意を表します。

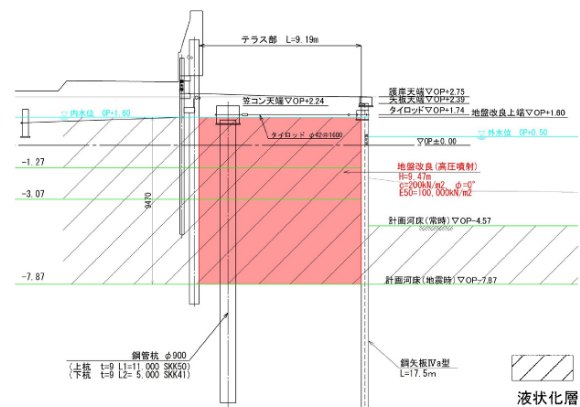


図-1 解析断面

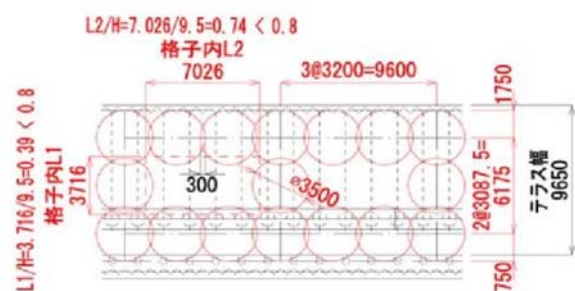


図-2 採用した TOFT 配列の地盤改良

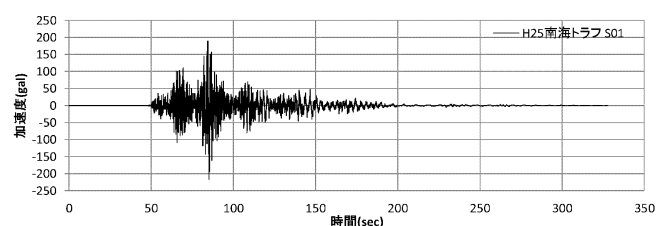


図-3 H25 南海トラフ

キーワード 動的有限要素解析, LIQCA, 液状化, 補強, TOFT, 地盤改良, 防潮堤

連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門1-23-1虎ノ門ヒルズ森タワー10階 西松建設(株)土木設計部TEL03-3502-7595



図-4 解析地点と補正方向

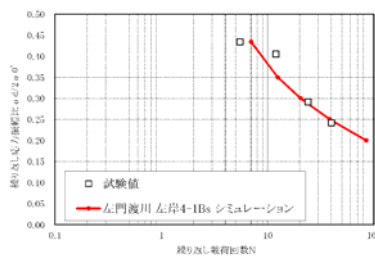


図-5 Bs 層の液化化強度比

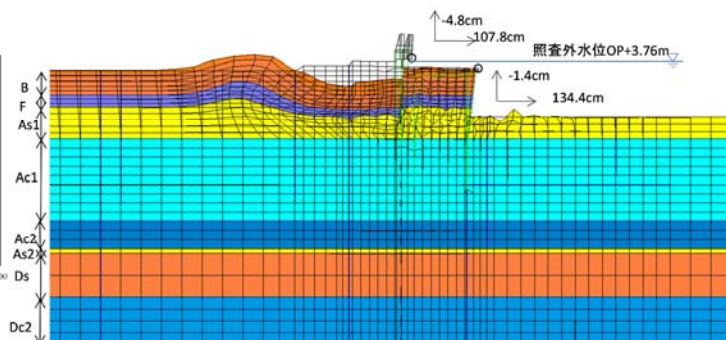


図-8 無対策の変形図 (H25 南海トラフ波)

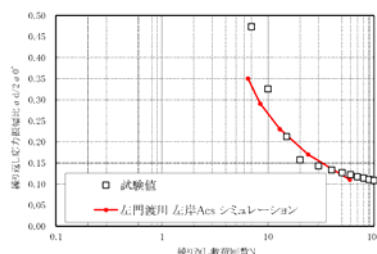
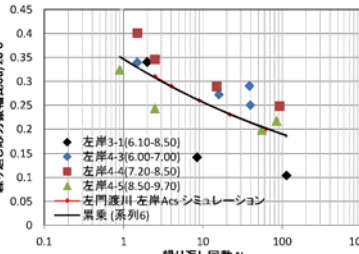
図-6 A_{S1} 層の液状化強度比

図-7 F 層の液状化強度比

表-1 主な地盤定数

[illegible]

表-2 液状化層の地盤パラメータ

		B(不飽和)	B(飽和)	F	As	
土層						
上端標高 (O.P.m)		2.73	1.57	-1.27	-3.07	
下端標高 (O.P.m)		1.57	-1.27	-3.07	-7.87	
γ		kN/m ³ 19	20	19	19	
σ_v'		kN/m ² 11.02	36.24	59.44	90.04	
σ_m'		kN/m ² 7.35	24.16	39.63	60.03	
N値		15.1	15.1	1.5	11.6	
Vs		m/sec 170	170	120	150	
Go		kN/m ² 56031	58980	29388	43622	
係数 ν		38.6	38.6	36.7	36.7	
eo		0.47	0.47	0.67	0.85	
λ		0.02	0.02	0.02	0.02	
κ		0.002	0.002	0.002	0.002	
Go/ σ_m'		2441	2441	742	727	
Mn		0.909	0.909	0.909	0.909	
Mf		1.286	1.286	1.219	1.219	
液状化試験シミュレーションにより決定	B0	8000	8000	4500	4000	
	B1	40	40	22.5	20	
	Cd	0	0	0	0	
	Cf	2000	2000	2000	2000	
	D ₀	0	3.7	0.52	6.5	
	n	0	2	0.14	6	
	γ_P	0	0.0012	0.0018	0.0015	
	γ_E	0	0.005	0.06	0.003	
	変相後低減係数		0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	水の体積弾性係数		2000000	2000000	2000000	2000000
根拠		—	左巻4-1	道路橋	No.3-No.4	

表-3 R-O モデルの地盤パラメータ

土層	上端標高 (O.P.m)	下端標高 (O.P.m)	γ kN/m ²	ν	σ'_{v} kN/m ²	σ'_{m} kgf/cm ²	N值	V_s m/sec	Go kN/m ²	R-O物性値(LIQA)		
										α	r	t
As1	-3.07	-7.87	19	0.45	90.04	0.61252	1.9	150	43622	2.9	2.57	16
Ac1	-7.87	-19.88	15	0.45	141.67	0.96371	1.6	140	30000	2	2.06	46.2
As2	-19.88	-24.07	17	0.45	196.36	1.26712	7.6	160	444408	1	2.21	50.6
As3	-24.07	-24.17	19	0.45	204.71	1.38991	24	120	85500	2.95	2.51	52.6
As4	-24.77	-31.17	20	0.45	239.32	1.62803	50	300	183673	2.95	2.57	126
De	-31.17	-37.92	16	0.45	291.57	1.98347	67	190	58933	1.9	1.92	126
Dx2	-40.96		20				50	340	235918	千円/基(端部)		

注) モデル基盤については線形弾性体とした

(参考文献)

- 1) LIQCA2D13・LIQCA3D13 (2013 年公開版) 資料、平成 25 年、(一社) LIQCA 液状化地盤研究所
- 2) Oka, F., Yashima, A., Tateishi, A., Taguchi, Y. and Yamashita, S.: A cyclic elasto-plastic constitutivemodel for sand considering a plastic strain dependency of the shear modulus, Geotechnique, 1999.
- 3) Oka, F. and Kimoto, S.: Computational Modeling of Multiphase Geomaterials, Taylor & Francis, 2012.
- 4) 岡二三生, 木元小百合: 非線形移動硬化則による繰返し弾塑性構成式について, 第48 回地盤工学研究発表会, pp.429-430, 2013.
- 5) 建設省土木研究所ほか: 液状化対策工法設計・施工マニュアル(案), 1999.3.

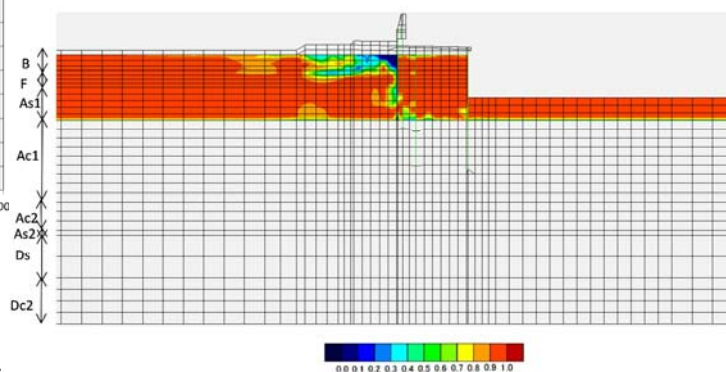


図-9 無対策の有効応力減少比（H25 南海トラフ）

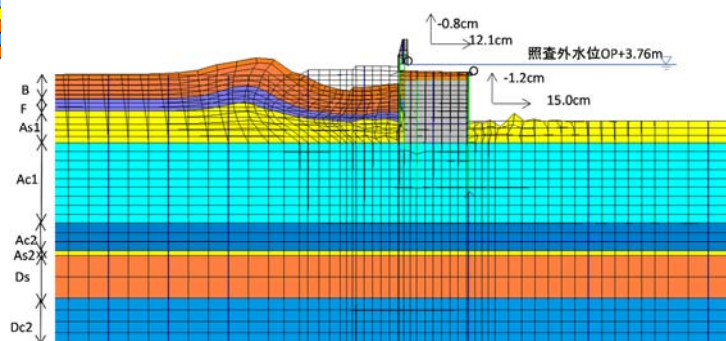


図-10 地盤改良後の変形図（H25 南海トラフ）

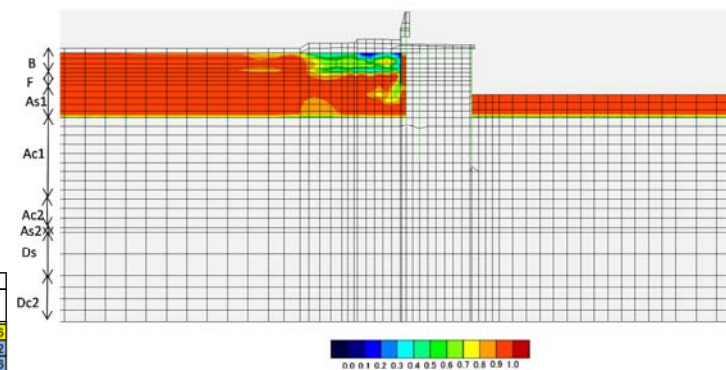


図-11 地盤改良後の有効応力減少比 (H25 南海トラフ)