

液状化解析プログラム LIQCA による液状化対策効果に関する研究

岡 二三生*・木元小百合**

1. 研究目的

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では、関東平野の埋立地を中心に広い範囲で液状化が発生した。その結果、公共施設のほか、造成宅地の住宅においても大きな被害が発生した。震災復興においては、2011 年度第 3 次補正予算により「市街地液状化対策事業」が創設されるなど、今後、既存宅地における液状化対策が積極的に実施されることが予想される。一方で、既設住宅に適用可能な液状化対策工法は限定されており実績も少なく、経済性の改善も望まれている。

本研究では、既存宅地を対象に数値解析を行い、各種液状化策工法の効果について検討を行った。解析は、3 次元液状化解析コード LIQCA3D11¹⁾を用いて実施した。

2. 解析の方法

解析は、図-1 に示すような既存宅地を対象とした。全 16 宅地のうち 4 宅地に住宅が配置されている。3 次元 FEM メッシュを図-2 に示す。側面境界は周囲に幅広要素 100m 程度を設置し、その外周の同一深度節点を等変位条件とした。底面は粘性境界とした。

地盤は水平成層で、図-3 に示すように表層、液状化層、非液状化層の 3 層からなっている。地下水位は GL-1m である。砂地盤は、繰返し弾塑性モデル、粘性土地盤は R-O モデルによりモデル化した。モデルパラメーター一覧を表-1 に示す。住宅は、木造 2 階建てを想定した 1 質点系モデルであり、その固有振動数は 6Hz である（図-4）。解析ケースを表-2 に示す。対策工として、地下水位低下工法と格子状地中壁を対象とした。地中壁はセメント改良体を想定し弾性要素でモデル化し、壁厚は 1m である。地盤と地中壁の間に 10cm の薄層要素を配置した。

入力地震動は、平成 23 年東北地方太平洋沖地震における夢の島観測波の引戻し波を 1.5 倍して用いた（図-6）。加震は水平 2 方向同時とし、最大加速度は X 方向 161Gal, Y 方向 118Gal であ

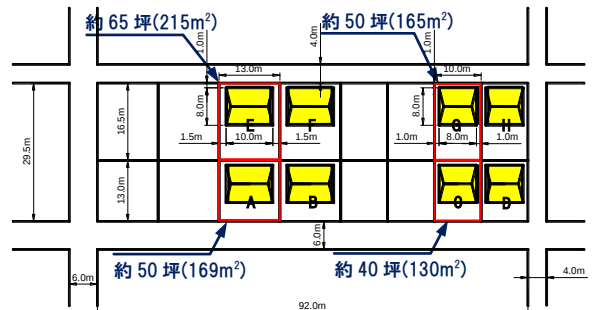


図-1 対象宅地

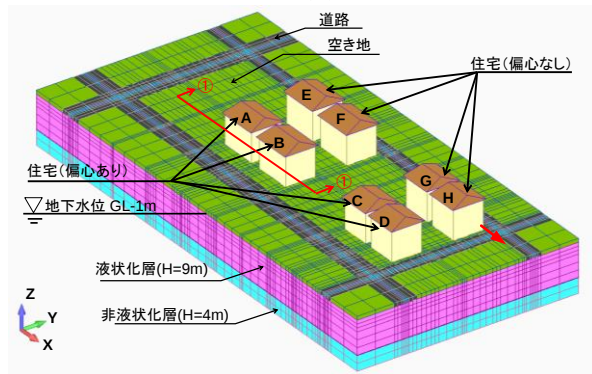


図-2 3次元 FEM モデル

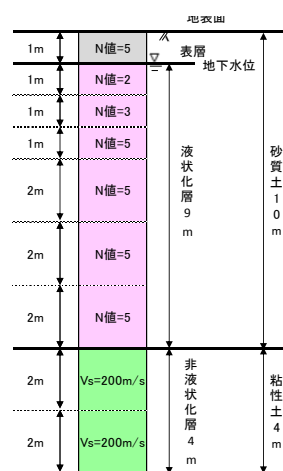


図-3 土層構成

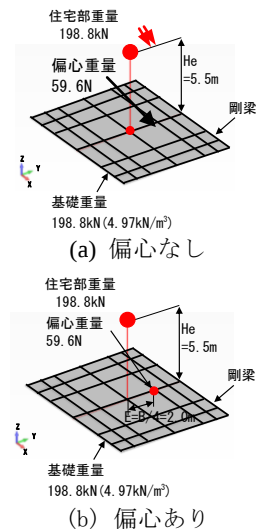


図-4 住宅のモデル化

*京都大学名誉教授, **同大学院工学社会基盤工学専攻准教授

表-1 地盤条件

パラメータ名		非液化化層 [Aa] 【繰返し弾塑性】	液化化層 [Ab] 【繰返し弾塑性】	非液化化層 [Ac] 【R-O】	格子状地中壁 【弾性】			
N値	N	5	2	3	5			
単位体積重量	γ	$[kN \cdot m^{-3}]$	18.0	18.0	17.0	18.0		
透水係数	k	$[m \cdot s^{-1}]$	5.0E-05	5.0E-05	3.9E-11	1.0E-08		
せん断弾性係数	G_0	$[kN \cdot m^{-2}]$	130	89	105	130	200	
初期間隙比	e_0	-	31.009	14.534	20.229	31.009	68.000	74.405
繰返し強度比	R_{L20}	-	0.80	0.83	0.82	0.80	1.410	0.80
繰返し強度比	R_{L20}	-	0.18	0.11	0.15	0.18	-	-
圧縮係数	λ	-	0.025	0.033	0.029	0.025	-	-
膨張係数	κ	-	0.0025	-	0.0025	-	-	-
臨界過圧留比	OCR*	-	1.0	-	1.0	-	-	-
有効土重り圧	σ_v'	$[kN \cdot m^{-2}]$	54.0	30.0	30.0	54.0	-	-
静止土圧係数	K_0	-	1.0	-	1.0	-	-	-
無次元化	G_0/σ_v'	-	574.2	484.5	674.3	574.2	-	-
初期せん断係数	ϕ_0	$[deg.]$	35.0	-	35.0	-	-	-
内部摩擦角	ϕ_m	$[deg.]$	28.0	-	28.0	-	-	-
変相角	ϕ_m	$[deg.]$	28.0	-	28.0	-	-	-
破壊応力比	M_f'	-	1.16	-	1.16	-	-	-
変相応力比	M_m'	-	0.91	-	0.91	-	-	-
液化強度	R_{L20}	-	0.18	0.11	0.15	0.18	-	-
硬化パラメータ	B^*	-	1800	900	1350	1800	-	-
	B^*	-	50	30	30	50	-	-
	C_1	-	0	-	0	-	-	-
	C_2	-	2000	-	2000	-	-	-
異方性消失パラメータ	D^*	-	1.00	1.70	2.00	1.00	-	-
ダイラタンション係数	η	-	4.00	2.90	4.00	4.00	-	-
塑性規準ひずみ	γ_{ref}^{pl}	-	1000	0.005	0.009	0.005	-	-
塑性規準ひずみ	γ_{ref}^{pl}	-	1000	0.010	0.050	0.100	-	-
R-Oモデル	-	-	-	-	-	-	-	-
ポアソン比	ν	-	-	-	-	0.35	0.26	-
粘着力	c	$[kN/m^2]$	-	-	-	100	-	-
内部摩擦角	ϕ	$[deg.]$	-	-	-	0	-	-
せん断弾性係数のパラメータ	α	-	-	-	-	1.00	-	-
	β	-	-	-	-	0.00	-	-
	γ	-	-	-	-	1.85	-	-
R-Oパラメータ	a	-	-	-	-	1.92	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-

表-2 解析ケース

No.	工法	仕様
1	無対策	-
2	地下水位低下工法 1m	地下水位低下量 1m (地下水位 GL-2m)
3	地下水位低下工法 2m	地下水位低下量 2m (地下水位 GL-3m)
4	格子状地中壁工法	設計基準強度 $F_c=1.5MPa$, 1 住戸 1 格子, 壁厚 1m, 深さ 9m (GL-1~10m)

る。加震終了後、約 5 時間の圧密解析を実施した。

3. 成果

図-7, 8 に有効応力減少比および地表面沈下量の時刻歴を示す。また、図-9 に地表面沈下量の時刻歴を示す。

地下水位を地表面から-3m 程度に低下することで住宅の地表面沈下量を 10cm 程度に抑制可能である。格子状地中壁工法の実施に当たっては格子形状など詳細な検討が必要であると考えられる。

4. 謝辞

本研究は、(株)安藤・間よりの委託によって実施された。研究を行うにあたり、(株)安藤・間の浦野和彦、足立有史、永井裕之の各氏にお世話になった。記して関係各位に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ：LIQCA2D11・LIQCA3D11 (2011 年公開版) 資料、平成 23 年 12 月。

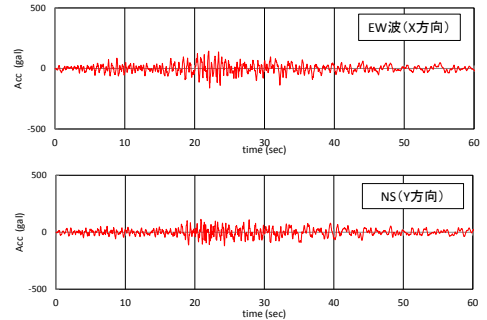


図-6 入力地震動 (夢の島波)

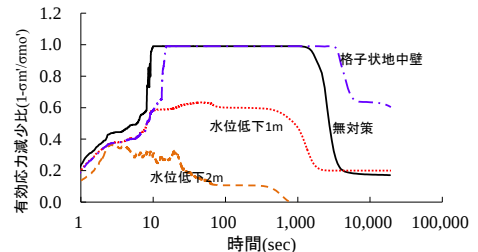


図-7 有効応力減少比 (A 宅地中心, GL-3~4m)

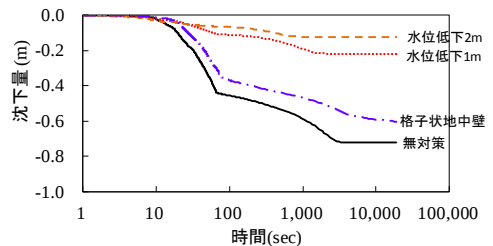


図-8 地表面沈下 (A 宅地地表面中心)

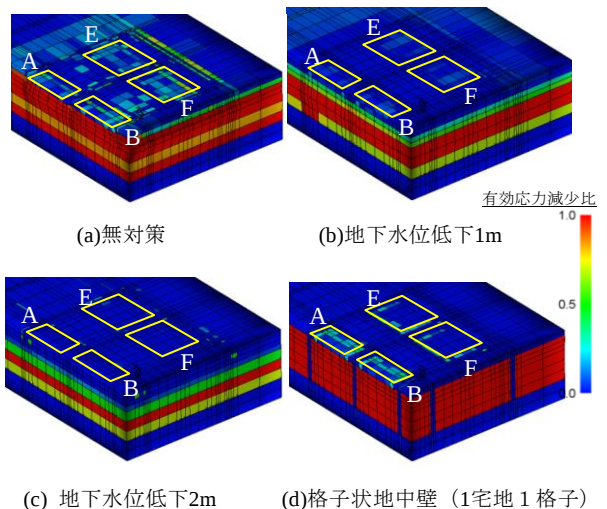


図-9 加震終了時 (20sec) の状況 (①-①断面)