

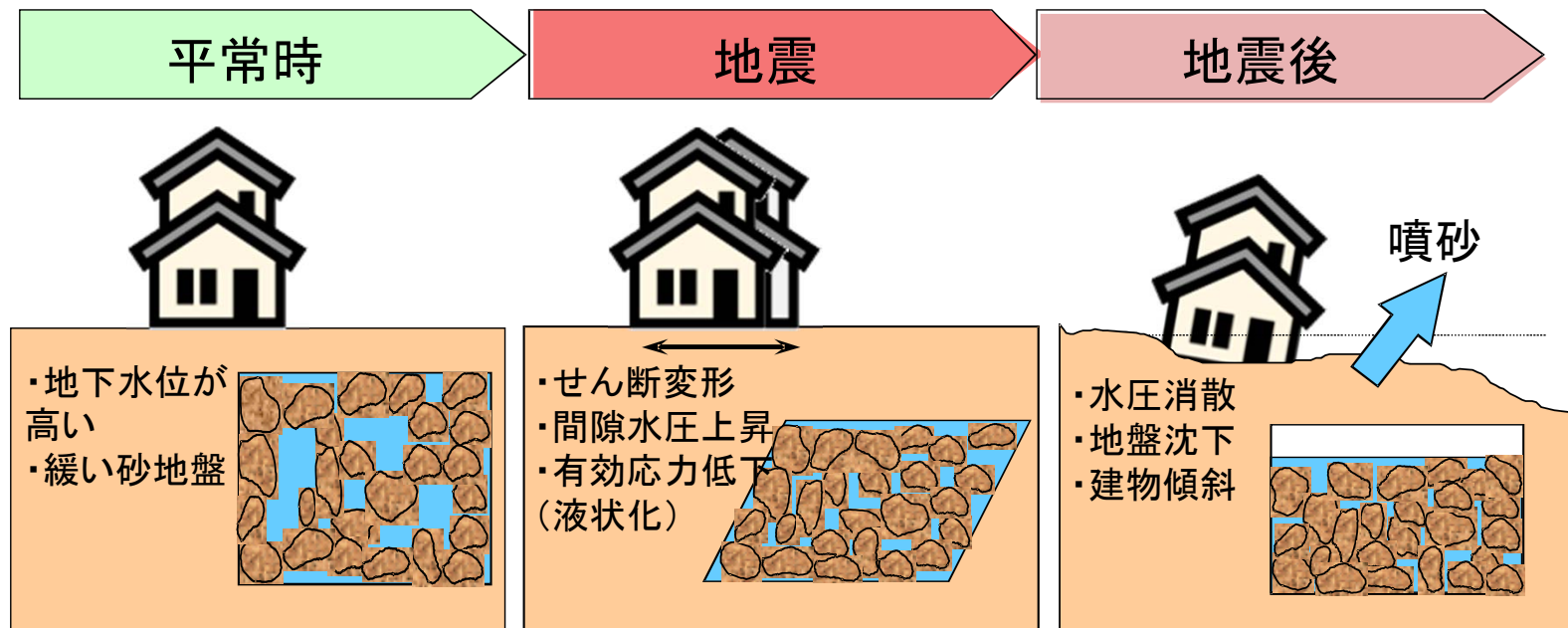
戸建て住宅地の液状化対策 今次の経験と次への備え

国土技術政策総合研究所
都市研究部 明石達生

地盤の液状化現象



液状化発生のメカニズム



緩い砂地盤が、地震の揺れによって繰返しせん断力を受けると、砂粒子のすき間を満たす地下水の水圧が高まり、組み合っていた砂粒子をばらばらにして、地盤が液状化する。

東日本大震災の液状化被害



住家の液状化被害 26,914棟

(H23.9都市局調)

⇒ 未曾有の規模

□ 復興に当たって、再び大被害を招かない住宅地にするための「地盤の再液状化対策」が求められた。

問題は、住宅が建ったまま対策を講じた先例がほとんどなかったこと。

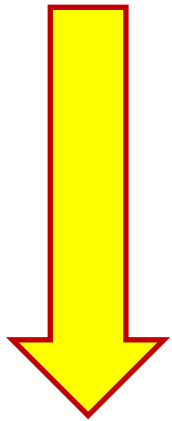
(⇔ 更地で行う工法は確立されている。)

都市局と国総研の取組み

予算補助
の創設

H23.11 第三次補正予算: 「市街地液状化対策事業」を創設
(街路と隣接宅地を一体的に講じる液状化対策)

- 国費投入の枠組みはできた。
- しかし、対策工法の実施例がほとんどない。
- 先行自治体で検討委員会が設置されたが、対策工法を絞り込めないまま、1年以上が経過した。



技術支援
に着手

都市局

検討委員会を設置

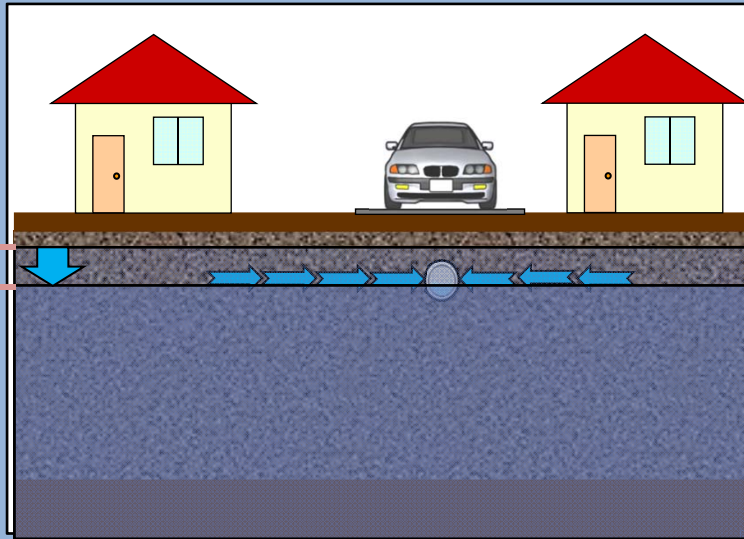
実験・解析により効果を確認

自治体向けの計算ソフトを開発

手引き書(ガイダンス)を順次発出

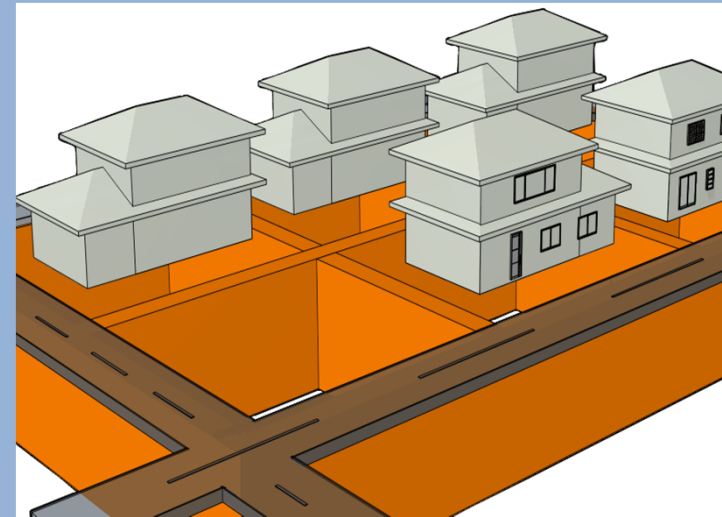
国総研

絞り込まれた2つの対策工法



地下水位低下工法

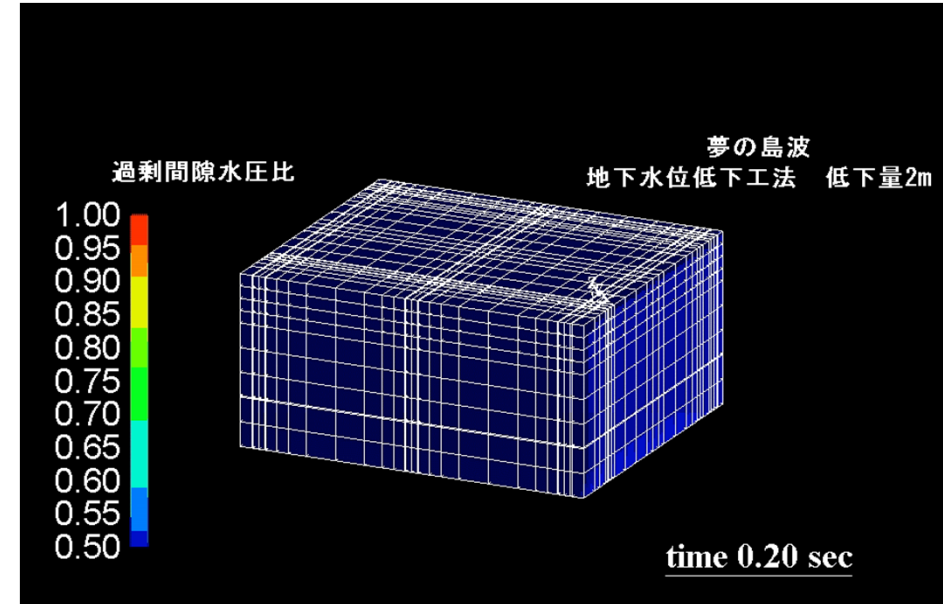
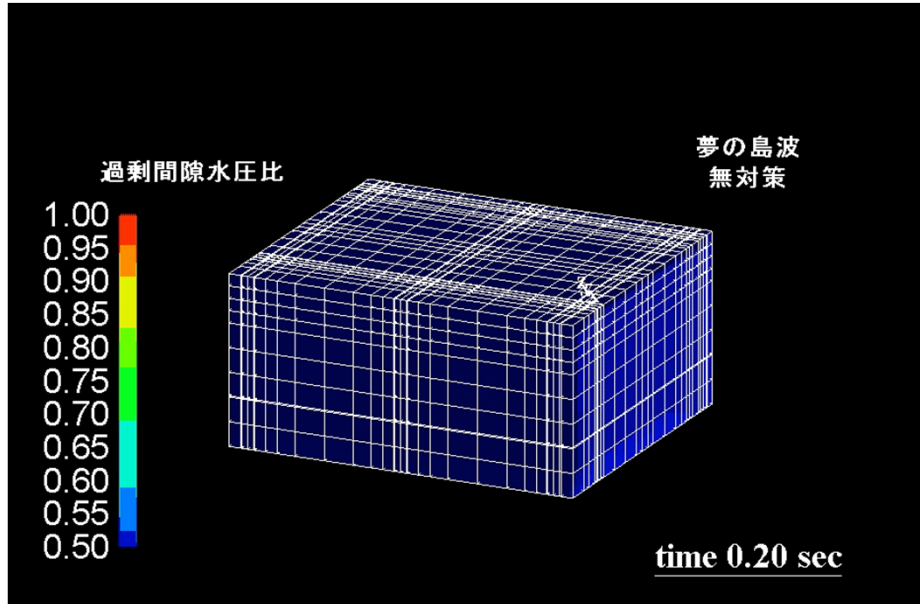
地下水位を低下させる



格子状地中壁工法

せん断変形を抑制する

地下水位低下工法の効果



無対策

地下水位低下

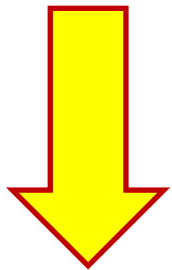
地下水位: GL-1m

⇒

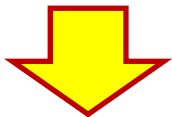
GL-3m

地下水位低下工法：自治体の悩み

被災地の
自治体



国総研



- 地下水位を何メートル下げれば効果ありと言えるのか、どう判断したらよいかわからない。
- 地下水位を下げると、副作用として下部粘土層の圧密沈下が起こると言われ、それが心配だ。

- 地盤条件・地震規模・地下水位を入力すると、液状化抵抗率・圧密沈下量などの計算結果がビジュアルに表示されるソフトを作成。ダウンロード公開。

各地の検討資料が標準化され、行政の判断が加速した。

液状化計算ソフト(国総研シート)の計算例(1:地下水水位低下前)

プレゼンテーションシート

調査地点ID	○○α
項目名	×モ等
現状地下水水位	1 m
低下後地下水水位	1 m

液状化指数	
200gal,M9	22.8
PL 350gal,M7.5	37.8
200gal,M7.5	13.5

液状化による沈下量	
200gal,M9	15 cm
Dcy 350gal,M7.5	19 cm
200gal,M7.5	11 cm

圧密沈下量	
e-bgp	0 cm
Cc	0 cm

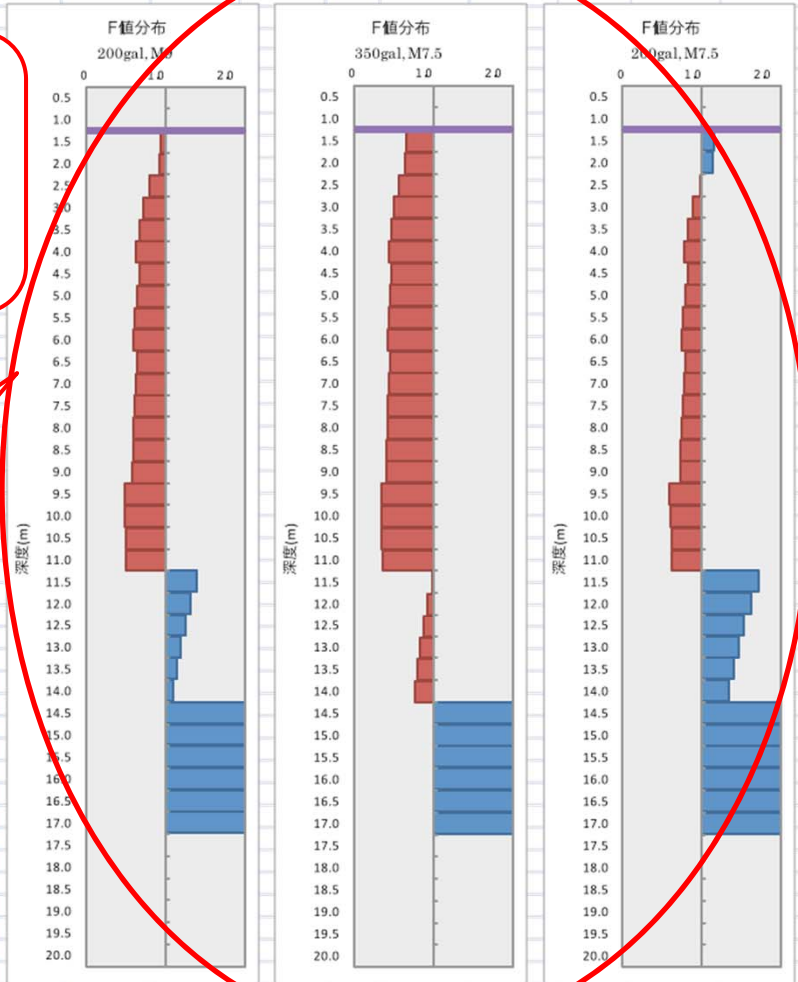
— 初期地下水水位(m)
— 低下後地下水水位(m)

深度 (m)	土質	細粒分	200gal,M9		350gal,M7.5		200gal,M7.5		液状化判定 安全率 F1
			液状化	液状化	液状化	液状化	液状化	液状化	
0.5	表土								
1.0	砂質土								
1.5	砂質土								
2.0	砂質土								
2.5	砂質土								
3.0	砂質土								
3.5	砂質土								
4.0	砂質土	21.0 5 100	0.63	1.46					
4.5	砂質土	21.0 6 100	0.67	1.26					
5.0	砂質土	21.0 6 100	0.65	1.33					
5.5	砂質土	21.0 6 100	0.62	1.37					
6.0	砂質土	21.0 6 100	0.60	1.39					
6.5	砂質土	21.0 7 100	0.65	1.19					
7.0	砂質土	21.0 7 100	0.63	1.20					
7.5	砂質土	21.0 7 100	0.62	1.20					
8.0	砂質土	21.0 7 100	0.61	1.18					
8.5	砂質土	21.0 7 100	0.60	1.16					
9.0	砂質土	21.0 7 100	0.59	1.13					
9.5	粘性土	45.0 2 100	0.49	1.35					
10.0	粘性土	45.0 2 100	0.49	1.28					
10.5	粘性土	45.0 2 100	0.51	1.17					
11.0	粘性土	45.0 2 100	0.51	1.10					
11.5	砂質土	6.0 22 100	1.40						
12.0	砂質土	6.0 22 100	1.32						
12.5	砂質土	6.0 22 100	1.25		0.88	0.23		154	
13.0	砂質土	6.0 22 100	1.19		0.84	0.29		146	
13.5	砂質土	6.0 22 100	1.14		0.80	0.32		140	
14.0	砂質土	6.0 22 100	1.09		0.77	0.35		135	
14.5	砂質土	6.0 43 100	2e		2e			2e	
15.0	砂質土	6.0 43 100	2e		2e			2e	
15.5	砂質土	6.0 43 100	2e		2e			2e	
16.0	砂質土	6.0 43 100	2e		2e			2e	
16.5	砂質土	6.0 43 100	2e		2e			2e	
17.0	砂質土	6.0 43 100	2e		2e			2e	
17.5									
18.0									
18.5									
19.0									
19.5									
20.0									

現状の地下水
水位 1 m

液状化による
沈下量
15cm

液状化判定
結果



液状化計算ソフト(国総研シート)の計算例(2:地下水位低下後)

プレゼンテーションシート

調査地点ID	○○α
項目名	×モ等
現状地下水位	1 m
低下後地下水位	2.5 m

液状化指数		
200gal,M9		10.5
PL	350gal,M7.5	23.8
	200gal,M7.5	3.7

液状化による沈下量		
200gal,M9	10	cm
Dcy	350gal,M7.5	15
	200gal,M7.5	5

圧密沈下量	
e-bgp	2 cm
Cc	7

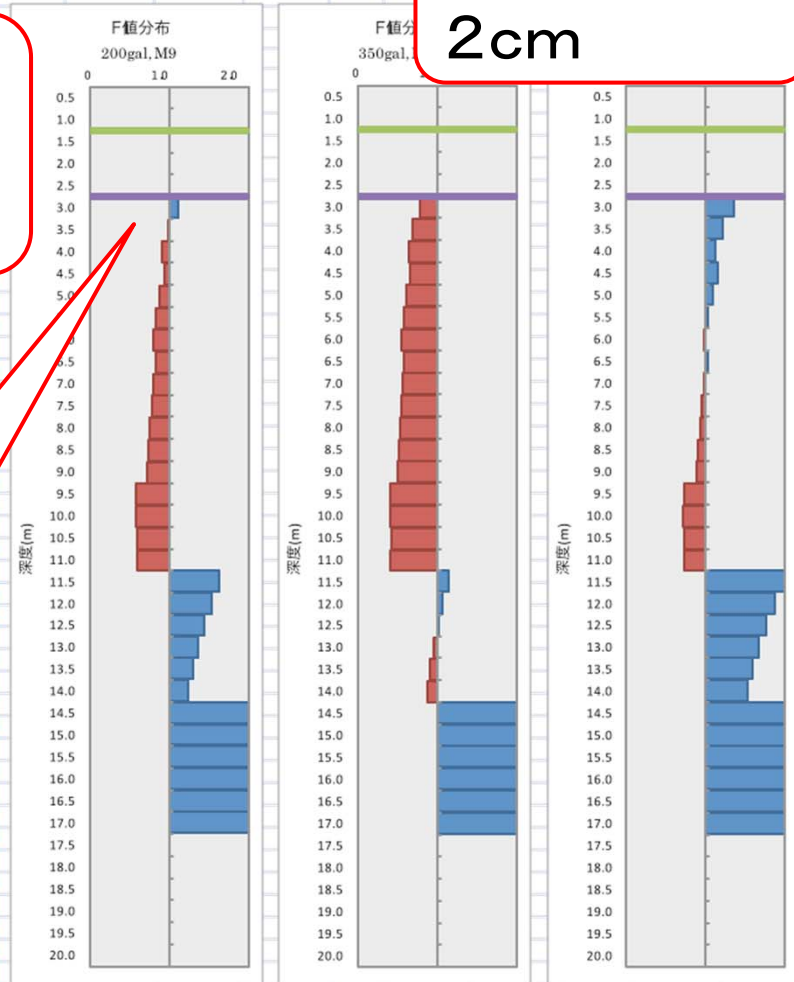
低下後地下水位2.5m

液状化による沈下量10cm

圧密沈下量2cm

深度 (m)	土質	細粒分 含有率	地盤内 地盤入化	200gal,M9				液状化 安全率	液状化 危険度	液状化 判定	液状化 安全率
				液状化 安全率	液状化 危険度	液状化 判定	液状化 安全率				
0.5	表土										
1.0	砂質土										
1.5	砂質土										
2.0	砂質土										
2.5	砂質土										
3.0	砂質土										
3.5	砂質土										
4.0	砂質土										
4.5	砂質土	21.0	6	100	0.94	0.22	*	0.66	1.30	*	1.16
5.0	砂質土	21.0	6	100	0.88	0.44	*	0.62	1.42	*	1.09
5.5	砂質土	21.0	6	100	0.83	0.60	*	0.59	1.50	*	1.03
6.0	砂質土	21.0	6	100	0.80	0.72	*	0.56	1.54	*	0.98
6.5	砂質土	21.0	7	100	0.84	0.54	*	0.59	1.38	*	1.03
7.0	砂質土	21.0	7	100	0.81	0.63	*	0.57	1.41	*	0.99
7.5	砂質土	21.0	7	100	0.78	0.69	*	0.55	1.41	*	0.96
8.0	砂質土	21.0	7	100	0.76	0.73	*	0.53	1.40	*	0.93
8.5	砂質土	21.0	7	100	0.74	0.76	*	0.52	1.38	*	0.91
9.0	砂質土	21.0	7	100	0.72	0.77	*	0.51	1.36	*	0.89
9.5	粘性土	45.0	2	100	0.59	1.08	*	0.41	1.54	*	0.73
10.0	粘性土	45.0	2	100	0.59	1.04	*	0.41	1.47	*	0.72
10.5	粘性土	45.0	2	100	0.60	0.95	*	0.42	1.38	*	0.74
11.0	粘性土	45.0	2	100	0.60	0.91	*	0.42	1.31	*	0.73
11.5	砂質土	6.0	22	100	1.63			1.15			2.0
12.0	砂質土	6.0	22	100	1.53						
12.5	砂質土	6.0	22	100	1.44						
13.0	砂質土	6.0	22	100	1.37						
13.5	砂質土	6.0	22	100	1.30						
14.0	砂質土	6.0	22	100	1.24						
14.5	砂質土	6.0	43	100	2e						
15.0	砂質土	6.0	43	100	2e						
15.5	砂質土	6.0	43	100	2e						
16.0	砂質土	6.0	43	100	2e						
16.5	砂質土	6.0	43	100	2e						
17.0	砂質土	6.0	43	100	2e						
17.5											
18.0											
18.5											
19.0											
19.5											
20.0											

3mまで液状化していない



格子状地中壁工法の遠心振動実験



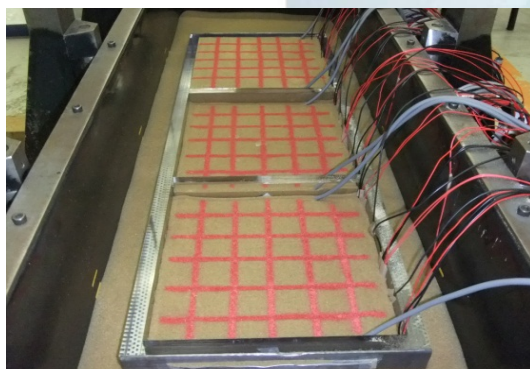
試験体設置

遠心装置

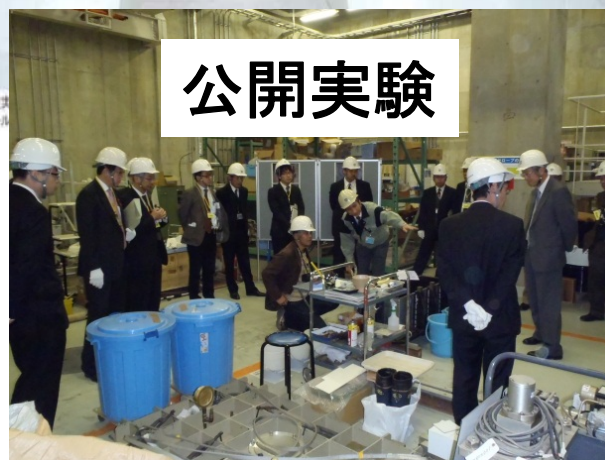


せん断土層

地中壁模型



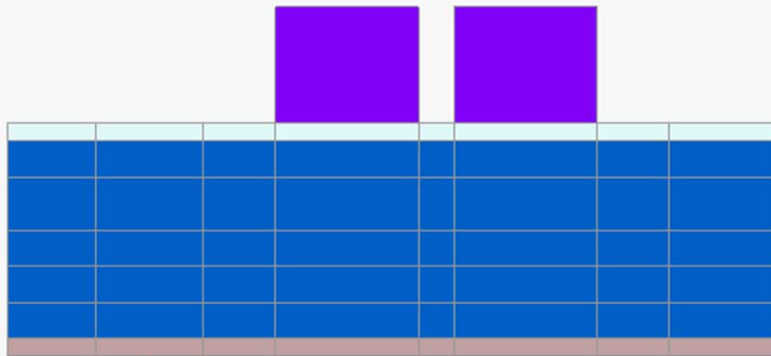
公開実験



格子状地中壁工法の実験結果

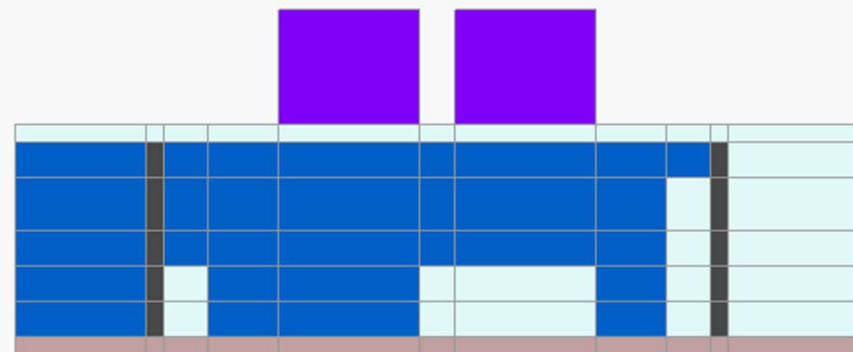
EODAS
↑ y
x

無対策

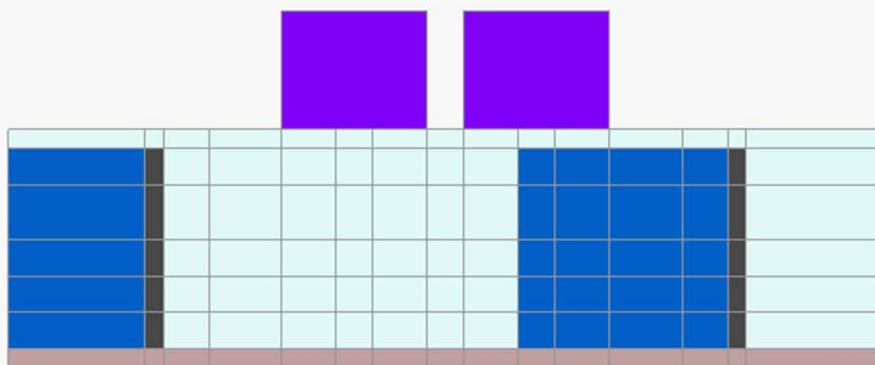


no lattice

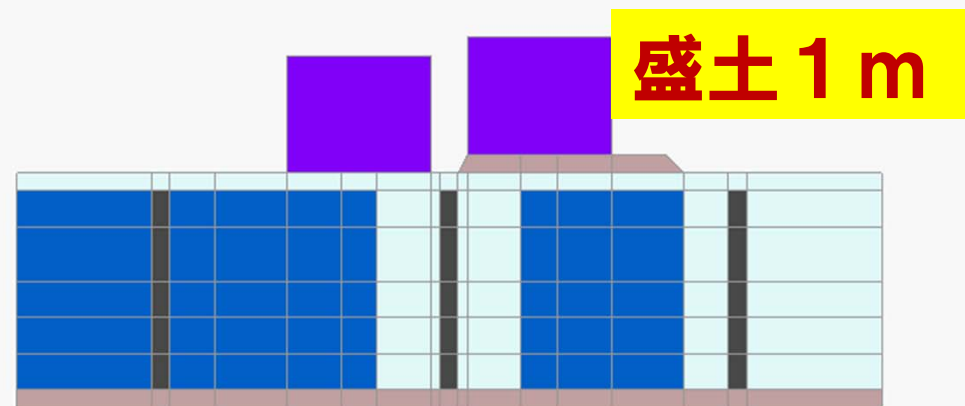
1 格子 4 宅地



32m*26m(interval of lattice)



32m*13m(interval of lattice)



16m*13m right : + bank 1m

1 格子 2 宅地

1 格子 1 宅地

2つの工法の特長・課題と適用状況

	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
特長	<ul style="list-style-type: none">・工事は、公共施設(道路)の区域だけで可能。・自然流下による場合は、メンテナンスコストも少ない。	<ul style="list-style-type: none">・粘土層の圧密沈下の心配がない。・メンテナンスコストがかからない。
課題	<ul style="list-style-type: none">・下部の粘土層が厚いと圧密沈下の副作用がある。	<ul style="list-style-type: none">・工事が大がかり。・戸建て住宅地での実績がない。(大区画の格子)・技術的課題がある。(コスト、施工機械の小型化)
適用	潮来市、神栖市で事業中。	浦安市、千葉市で住民説明。

「国総研シート」は、さらに改良

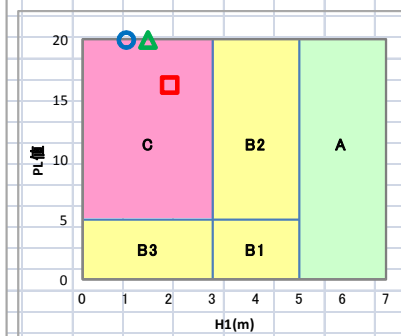
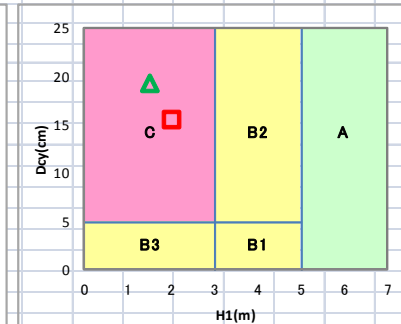
プレゼンテーションシート

調査地点ID	〇〇地区
項目名	メモ等
地下水位	1.0 m

条件	計算	建築設定項目		道示設定項目		非液化化層	地表変位量		液化化指標値		グラフ内凡例
		最大加速度 (gal)	マグニチュード (M)	水平震度 (kgL)	地震動レベル		Dcy 数値(cm)	判定	PL値 数値	判定	
1	建築	200.0	7.5	-	-	2.0	15.6	C	16.25	C	□
2	道示	-	-	0.2	レベル1	1.0	-	-	26.21	C	○
3	建築	200.0	9.0	-	-	1.5	19.3	C	23.32	C	△

深度 (m)	土質	N値	建築 200gal_M7.5		道示 0.2kgL_レベル1		建築 200gal_M9	
			液化化 安全率 FL値	液化化 判定 (赤)	液化化 安全率 FL値	液化化 判定 (赤)	液化化 安全率 FL値	液化化 判定 (赤)
0.5	砂質土	6						
1.0	砂質土	6						
1.5	砂質土	5	1.24		0.91	×	1.01	
2.0	砂質土	5	1.04		0.79	×	0.84	×
2.5	砂質土	5	0.94	×	0.74	×	0.77	×
3.0	砂質土	5	0.86	×	0.69	×	0.70	×
3.5								
4.0								
4.5								
5.0								
5.5								
6.0								
6.5								
7.0								
7.5								
8.0								
8.5								
9.0								
9.5								
10.0								
10.5								
11.0								
11.5								
12.0								
12.5	粘性土	6						
13.0	粘性土	6						
13.5	粘性土	4						
14.0	粘性土	4						
14.5	砂質土	10	1.21		0.98	×	0.98	×
15.0	砂質土	10	1.20		0.98	×	0.98	×
15.5	砂質土	11	1.24		0.99	×	1.01	
16.0	砂質土	11	1.24		0.99	×	1.01	
16.5	砂質土	21	2以上		1.24		2以上	
17.0	砂質土	21	2以上		1.25		2以上	
17.5	砂質土	23	2以上		1.34		2以上	
18.0	砂質土	23	2以上		1.34		2以上	
18.5	砂質土	40	2以上		1.83		2以上	
19.0	砂質土	40	2以上		1.82		2以上	
19.5	砂質土	41	2以上		1.85		2以上	
20.0	砂質土	41	2以上		1.85		2以上	

都市局の「宅地の液化化被害可能性判定指針」の発出(H25.4)を受けて、被災後だけでなく、事前判定用のツールに発展。



判定結果	液化化被害の可能性
C	顕著な被害の可能性が高い
B3	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	
B1	
A	顕著な被害の可能性が低い



英語版も公開

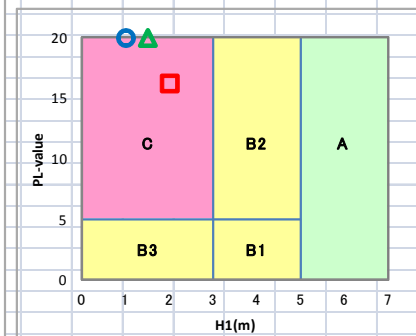
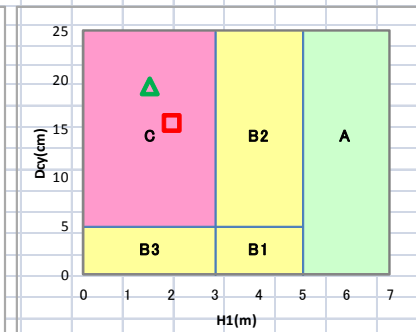
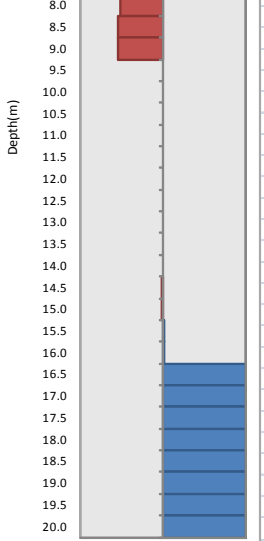
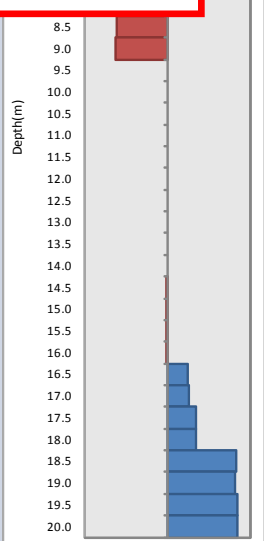
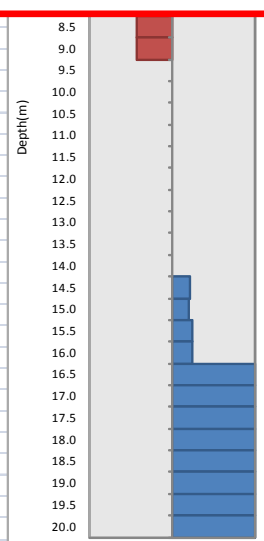
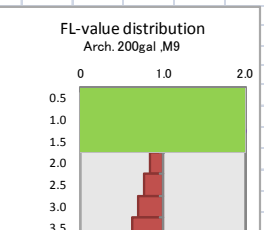
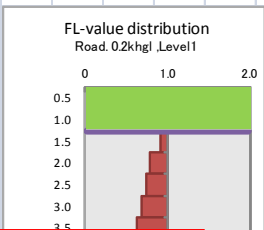
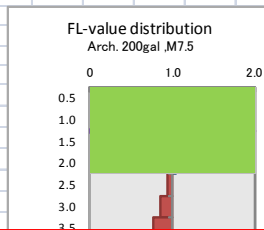
Presentation

Investigation site ID	Site XX
Item name	Note and etc.
Groundwater level	1.0 m

Criterion	Calculation method	Parameters specified by Arch.		Parameters specified by Road.		Non-liquefiable layer H1	Displacement of the ground surface		Liquefaction potential index		Legend on the graph
		Maximum acceleration (gal)	Magnitude (M)	Horizontal seismic intensity (kgL)	Seismicity level		Dcy		PL-value		
							Displacement (cm)	Evaluation result	Displacement	Evaluation result	
1	Arch.	200.0	7.5	-	-	2.0	15.6	C	16.25	C	□
2	Road.	-	-	0.2	Level1	1.0	-	-	26.21	C	○
3	Arch.	200.0	9.0	-	-	1.5	19.3	C	23.32	C	△

Depth (m)	Soil type	N-value	Arch. 200gal .M7.5		Road. 0.2kgL .Level1		Arch. 200gal .M9	
			FL-value	Potential (Red)	FL-value	Potential (Red)	FL-value	Potential (Red)
0.5	Sandy_S	6						
1.0	Sandy_S	6						
1.5	Sandy_S	5	1.24		0.91	×	1.01	
2.0	Sandy_S	5	1.04		0.79	×	0.84	×
2.5	Sandy_S	5	0.94	×	0.74	×	0.77	×
3.0	Sandy_S	5	0.86	×	0.69	×	0.70	×
3.5	Sandy_S	5						
4.0	Sandy_S	5						
4.5	Sandy_S	5						
5.0	Sandy_S	5						
5.5	Sandy_S	5						
6.0	Sandy_S	5						
6.5	Sandy_S	5						
7.0	Sandy_S	5						
7.5	Sandy_S	5						
8.0	Sandy_S	2	0.60	×	0.41	×	0.46	×
8.5	Sandy_S	2	0.57	×	0.38	×	0.46	×
9.0	Sandy_S	2	0.57	×	0.37	×	0.46	×
9.5	Cohesive_S	2						
10.0	Cohesive_S	2						
10.5	Cohesive_S	9						
11.0	Cohesive_S	9						
11.5	Cohesive_S	7						
12.0	Cohesive_S	7						
12.5	Cohesive_S	6						
13.0	Cohesive_S	6						
13.5	Cohesive_S	4						
14.0	Cohesive_S	4						
14.5	Sandy_S	10	1.21		0.98	×	0.98	×
15.0	Sandy_S	10	1.20		0.98	×	0.98	×
15.5	Sandy_S	11	1.24		0.99	×	1.01	
16.0	Sandy_S	11	1.24		0.99	×	1.01	
16.5	Sandy_S	21	2以上		1.24		2以上	
17.0	Sandy_S	21	2以上		1.25		2以上	
17.5	Sandy_S	23	2以上		1.34		2以上	
18.0	Sandy_S	23	2以上		1.34		2以上	
18.5	Sandy_S	40	2以上		1.83		2以上	
19.0	Sandy_S	40	2以上		1.82		2以上	
19.5	Sandy_S	41	2以上		1.85		2以上	
20.0	Sandy_S	41	2以上		1.85		2以上	

将来、海外支援が求められた
場合への備え。



Evaluation results	Potential for liquefaction damage
C	The potential for severe damage is high.
B3	Potential for severe damage is relatively low.
B2	
B1	
A	Potential for severe damage is low.

Groundwater Level(m)
H1(m)

次への備え 被災後の標準 タイムライン

今般の地震では、未経験ゆえに適用工法の決定までに2年前後を要したなど、試行錯誤で時間を費やした。

最終版のガイダンス(間もなく発出予定)は、「次への備え」を目標に、被災後、迅速で無駄のない調査と、速い段階での住民説明を目指して、「タイムライン」方式でとりまとめ中。

