

液状化被災住宅地の復旧に向けた国総研の技術支援

国土技術政策総合研究所
都市研究部 都市計画研究室
主任研究官 大橋征幹

東日本大震災による住宅地の液状化被害

■ 被害の状況

液状化による住家の被害 26,914棟 (H23.9都市局調べ)

千葉、茨城など9都県80市区町村に及ぶ広範囲の液状化被害



液状化では、人命にかかわる人的被害はまれ。

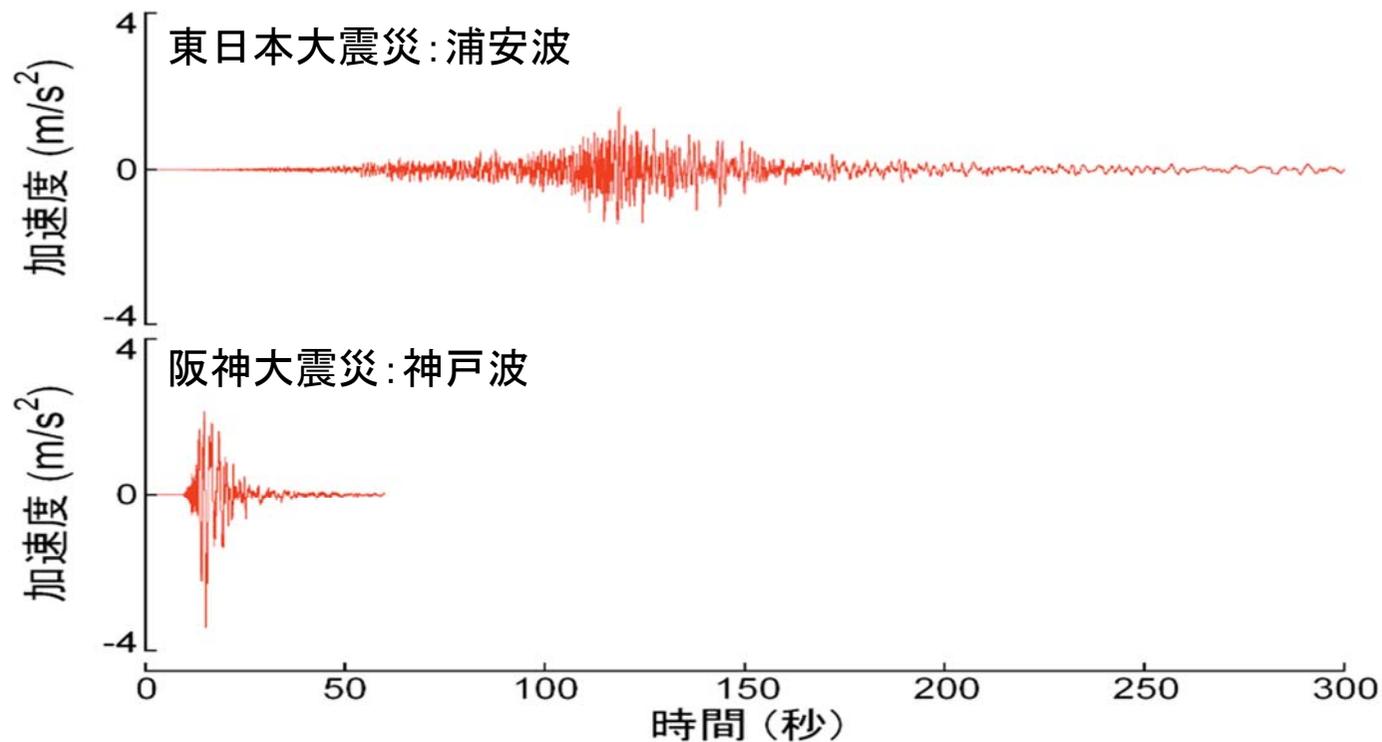
しかし、健康や財産に対する被害は大きい。

- ・液状化被害にあった3分の1の人がめまいなど体調不良。
- ・住宅の傾斜・沈下の復旧工事 平均400～500万円。

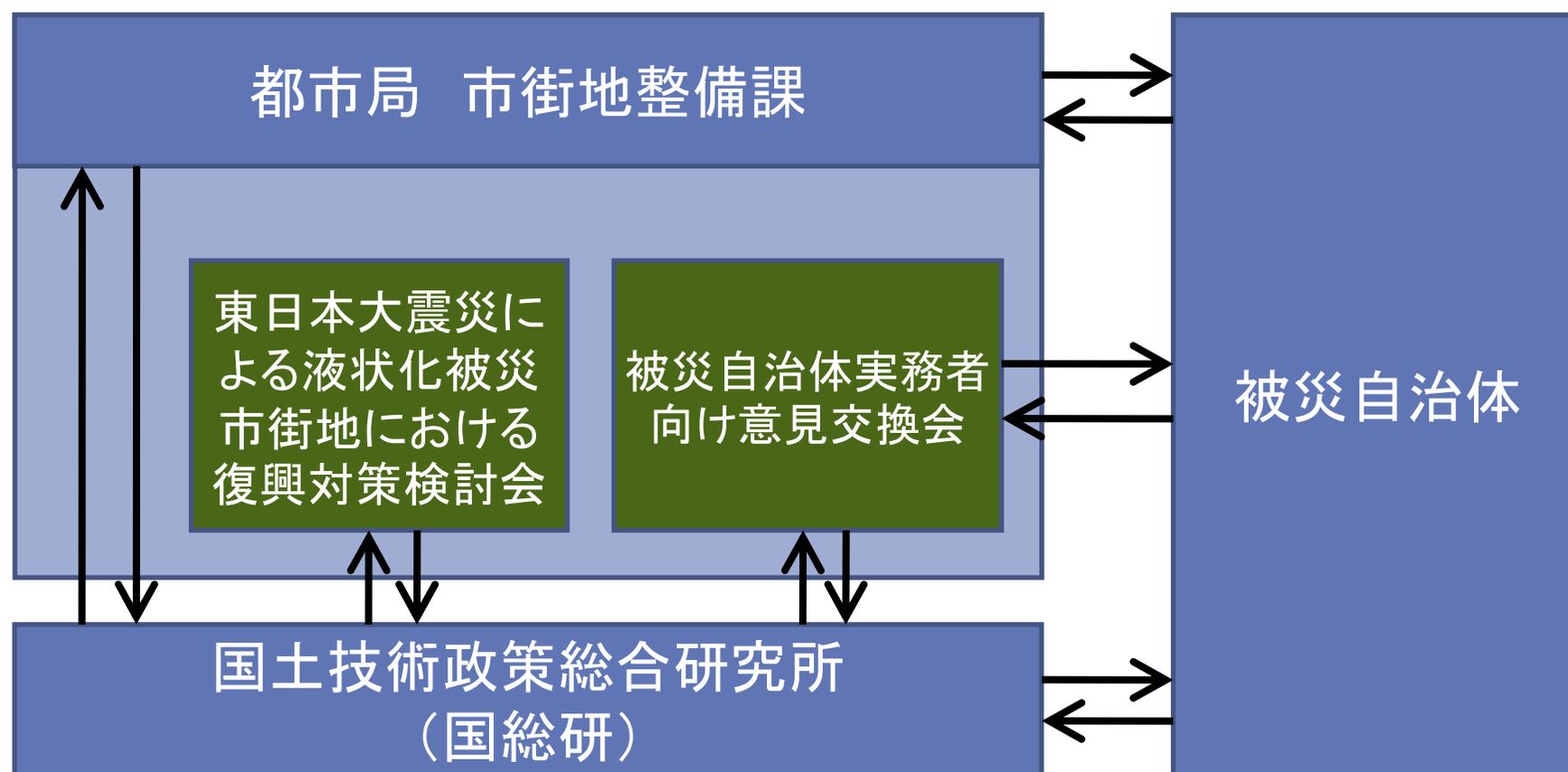
(明海大学調べ)

東日本大震災の地震波の特徴

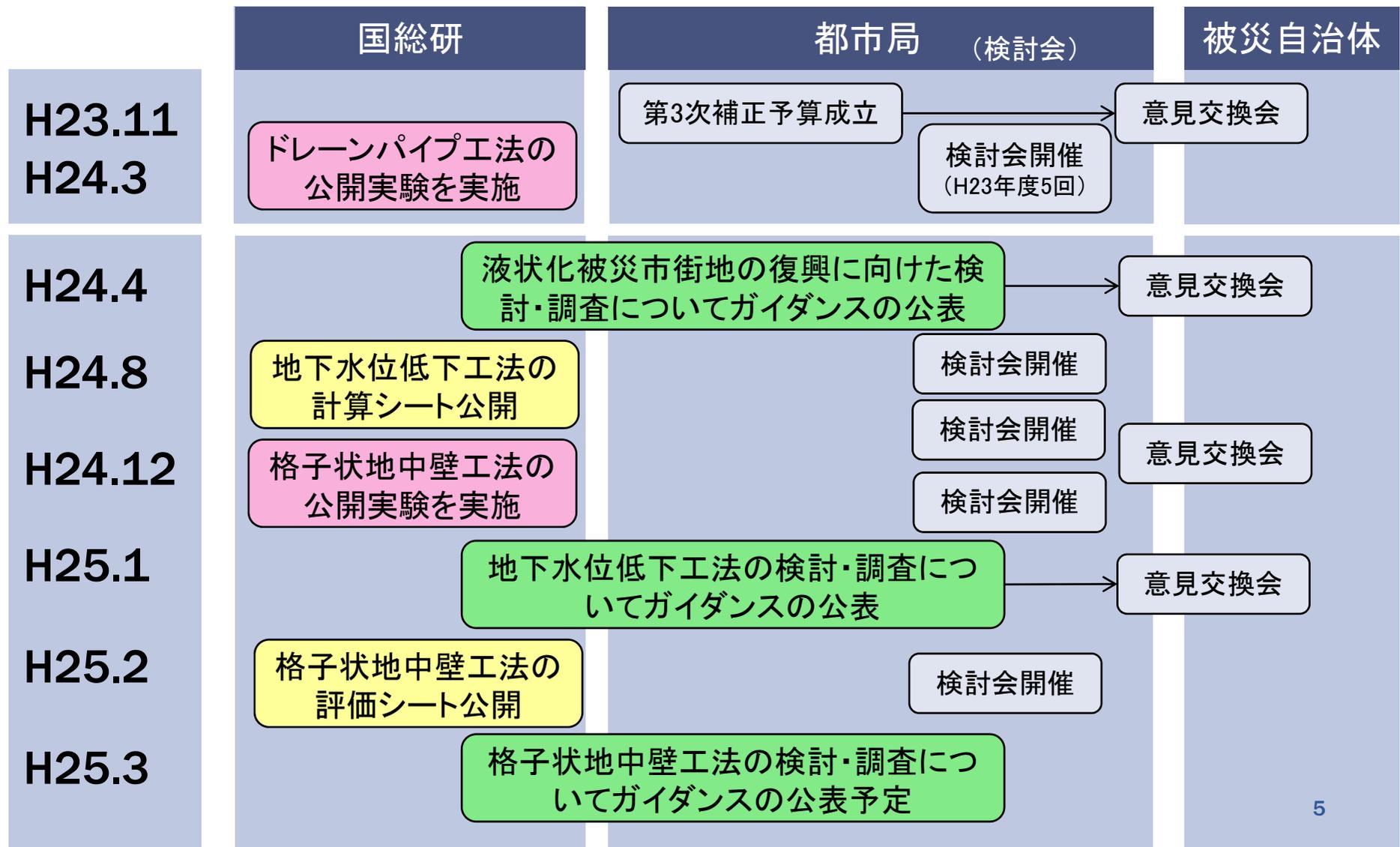
- ・東京湾埋立地では、震度5程度の揺れであったが、**継続時間の長い地震**であったために広範囲に被害が発生。



液状化被災市街地の復興・復旧への支援体制



液状化市街地の復興・復旧への支援の状況



液状化被災市街地の復興・復旧の課題

1) 住宅が建ったままで行う宅地の液状化対策が確立されていない

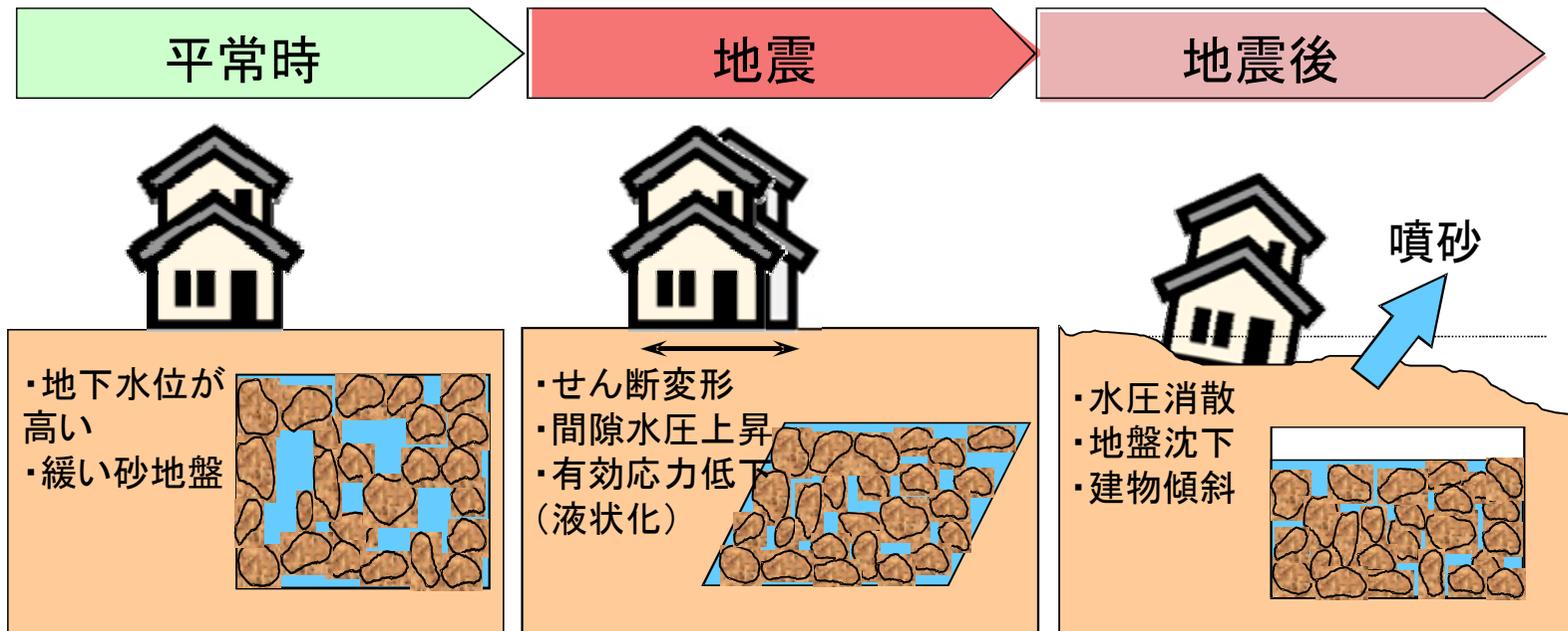
住宅が既に建ち並んでいる状態で宅地に対して対策を行わなければならない。既成住宅地を対象とした対策工法に関する技術的知見が不足。

2) 地域一体となって対策を行う必要がある

(公共施設と宅地の一体的な液状化対策工法)

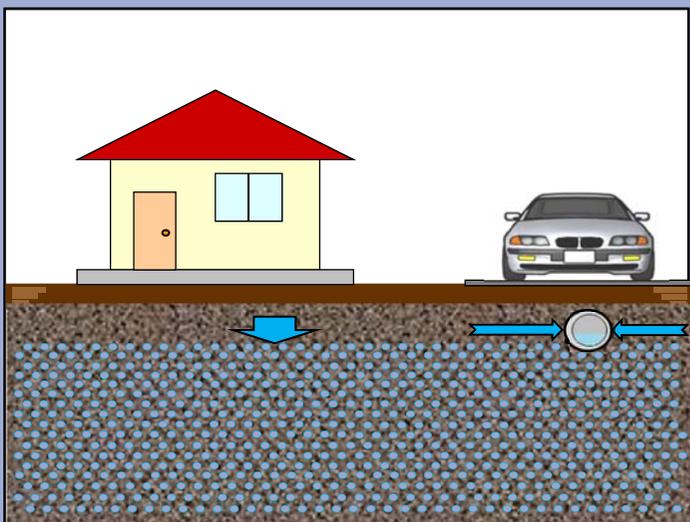
街区単位、地域単位の面的な被害に対応するため、道路部分と宅地部分の対策を同時に行う必要がある。また、地域全体としてコストの低減を図る。

液状化発生のメカニズム



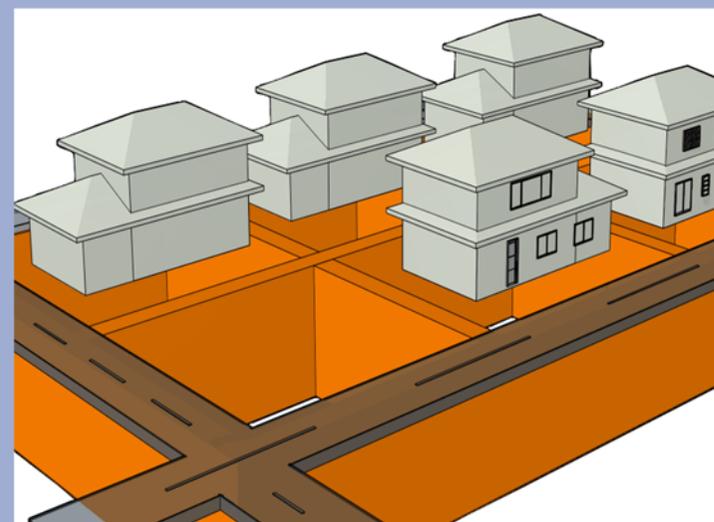
地下水位が高い緩い砂地盤が、地震の揺れによって大きな繰返しせん断力を受けると、過剰間隙水圧が上昇して有効応力が低下し液状化が発生する。

これまでの検討で有力な対策工法



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

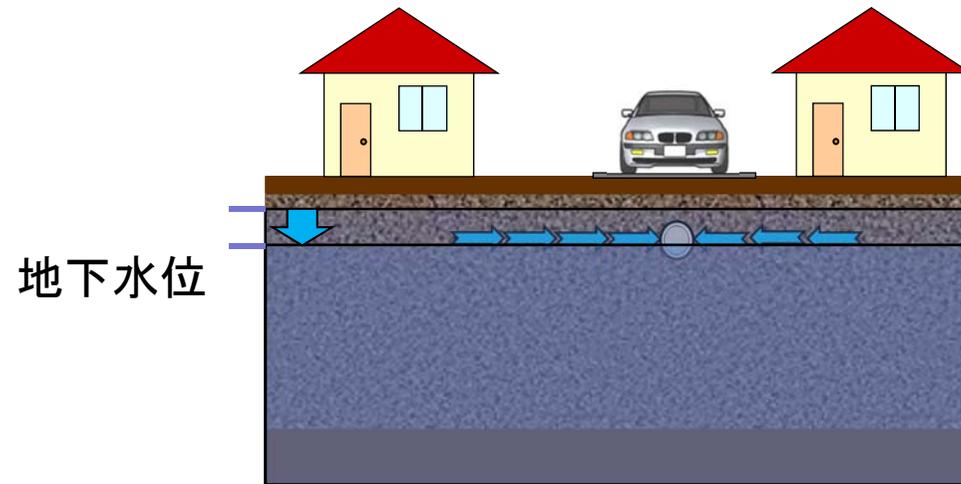
せん断変形を抑制する

2つの工法の特長と課題

	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)
備考	潮来市、神栖市で採用。	浦安市、千葉市が検討中。

地下水位低下工法

地下水位低下工法は、住宅地の道路部分に地下水を浸透・流下させる管路などを埋め込み、地下水位を下げ、地盤面下数メートルを非液状化層にする工法。



- ・地下水位低下工法は、わずかな地下水位低下でも大きな液状化抑制効果が得られる場合がある。
- ・しかし、「下部粘土層の圧密沈下」の副作用がある。

- ・何メートル下げれば有効か？
- ・圧密沈下は、どの程度か？

この計算をする簡易計算シートを開発

地下水位低下工法の効果・影響計算ソフトの開発 (国総研シート)

- 被災地の対策工法選択を迅速化するため、「地下水位低下工法」をその被災地において対策工法として検討することが妥当かどうかを簡易に判断するための計算シート。
- 調査地点の液状化危険度を簡易に計算・表示します。

【入力するデータ】

- ① ボーリング調査及び土質試験のデータ(深さごとのN値、細粒分含有率、単位体積重量、地下水位)
- ② 想定地震動(地表面加速度及び震源のマグニチュード)
- ③ 圧密沈下を計算する場合、初期間隙比など



【得られる値】

- ① 深さ0.5mごとのFL値(液状化低効率:値とグラフ)
- ② PL値(液状化指数)
- ③ Dcy値(液状化による沈下量)
- ④ 圧密沈下量(近似式)

ダウンロードは、国総研トップページから「宅地防災」バナーをクリック、
または <http://www.nilim.go.jp/lab/jbg/takuti/takuti.html>
(エクセルのマクロ機能を有効にしてご利用ください。)

液状化危険度: エクセルシートの計算例(1: 現状)

プレゼンテーションシート

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

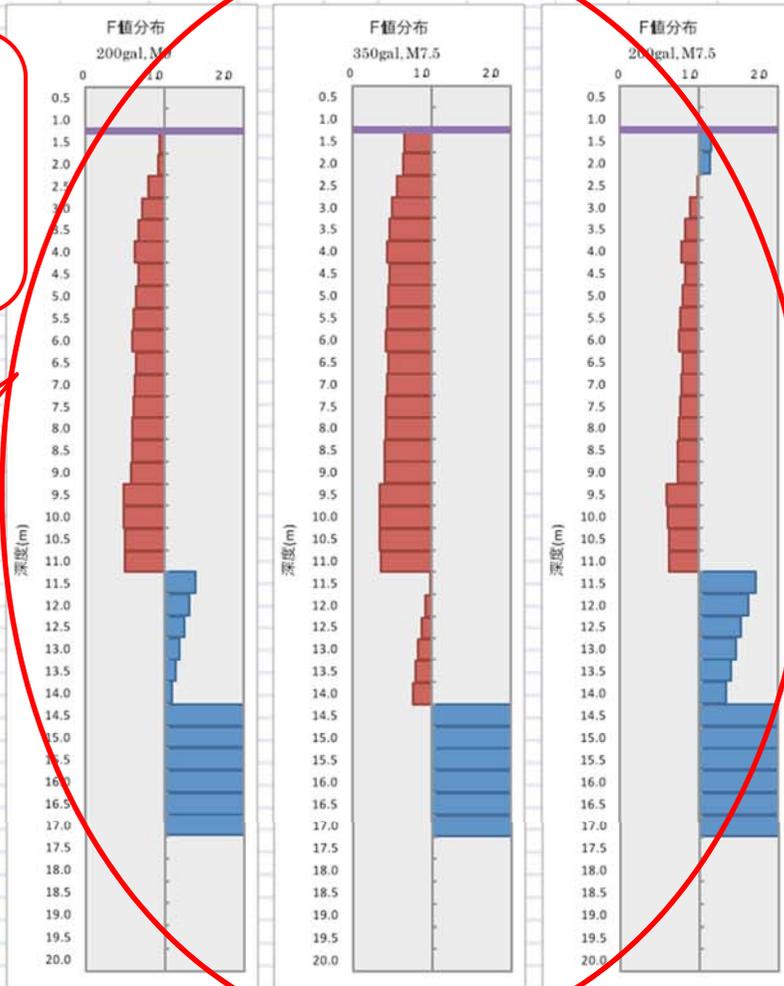
— 初期地下水位 (m)
— 低下後地下水位 (m)

深度 (m)	土質	細粒分 (%)	200gal, M9		350gal, M7.5		200gal, M7.5	
			液状化判定 (赤)	液状化安全率 F1	液状化判定 (赤)	液状化安全率 F1	液状化判定 (赤)	液状化安全率 F1
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			
13.0	砂質土	6.0	22	100	1.19			
13.5	砂質土	6.0	22	100	1.14			
14.0	砂質土	6.0	22	100	1.09			
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								

現状の地下水位 1 m

液状化による沈下量 15 cm

液状化判定結果



液状化危険度: エクセルシートの計算例(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	○○ ㊦
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 cm
	200gal, M7.5	5 cm

圧密沈下量	
e-bgp	2 cm
Cc	7

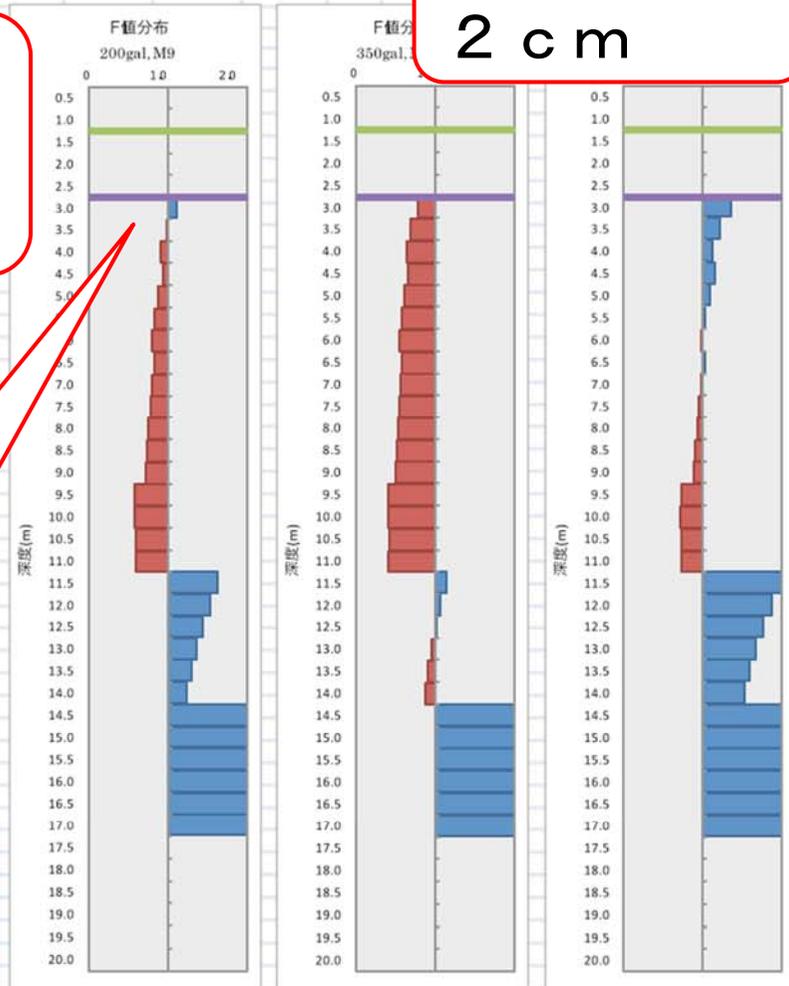
低下後地下水位
2.5m

液状化による沈下量
10cm

圧密沈下量
2cm

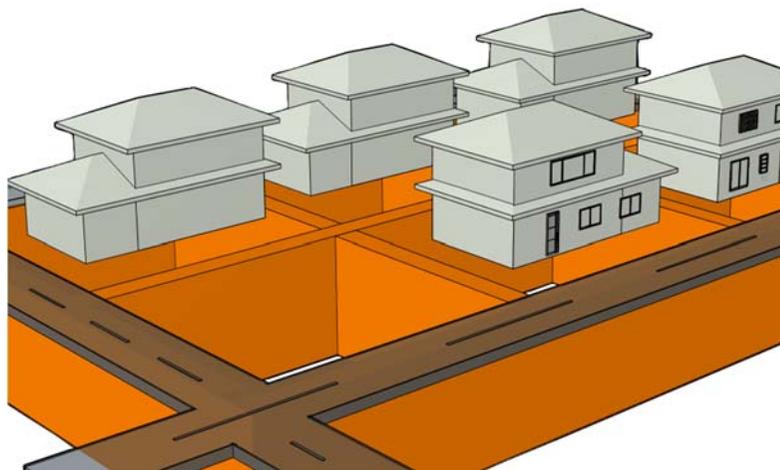
深度 (m)	土質	細粒分 含有率	地盤内 埋入深度	200gal, M9				液状化 安全率	液状化 危険度	液状化 判定	液状化 安全率
				液状化 安全率	液状化 危険度	液状化 判定	液状化 安全率				
0.5	表土										
1.0	砂質土										
1.5	砂質土										
2.0	砂質土										
2.5	砂質土										
3.0	砂質土										
3.5	砂質土										
4.0	砂質土										
4.5	砂質土	21.0	6	100	0.94	0.22	*	0.66	1.30	*	1.16
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

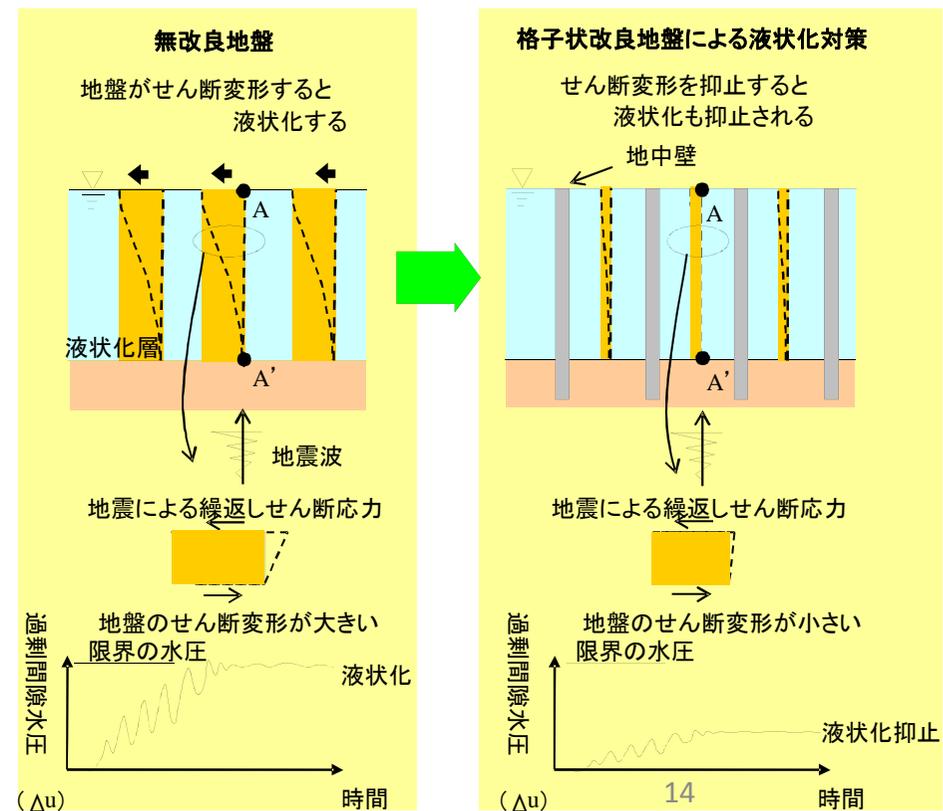


格子状地中壁工法

格子状地中壁工法は、セメントなどの改良材を地中で土と混合攪拌してつくる改良体で壁をつくり、軟弱地盤を囲い込むことで、地盤のせん断変形を抑止して、液状化を抑制する工法。



格子状地中壁のイメージ



格子状地中壁工法の簡易評価シートの作成

格子状地中壁工法の液状化抑制効果の計算には、高度なコンピュータ解析が必要。

(東日本大震災の液状化被災自治体において、工法選択の検討を迅速に進める上での障害。)

地盤や地中壁格子の多様なケース約18,000通りの解析計算を高速コンピュータを用いてあらかじめ行い、その解析結果を評価シートにまとめた。

地盤モデルの基本ケース

下端深度(m)	液状化層厚			
	5m	10m	15m	20m
5	砂	砂	砂	砂
10			砂	砂
15	粘土(200)			
20		粘土(200)		
25			粘土(200)	
30				粘土(200)
35	砂(250)			
40		砂(250)		
45			砂(250)	
50				砂(250)
55	工学基盤(400)			
60		工学基盤(400)		
			工学基盤(400)	
				工学基盤(400)

()内はVs値(m/s)

地盤の状況	設定ケース
液状化層の厚さ	5m、10m、15m、20m
N値	3、5、10、15
細粒分含有率	0%、10%、20%、30%
地下水位	GL-1m、-2m

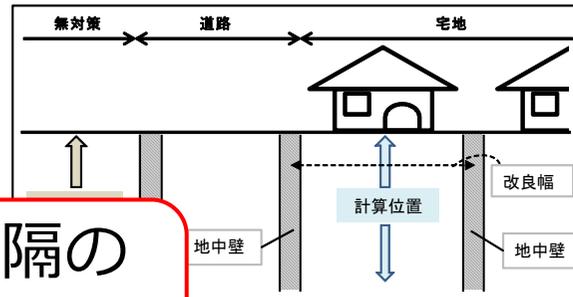
敷地の奥行き	敷地の幅
10m	6m、8m、10m、12m、14m、16m、20m
15m	6m、8m、10m、12m、14m、16m、20m
30m	15m、20m、30m、40m
地中壁の強度	0.75、1.0、1.5、3.0 (N/mm ²) 15

格子状地中壁工法の効果の簡易評価シート

格子状地中壁工法の効果の簡易評価シート

入力条件		地中壁	
地盤		改良間隔(幅×奥行)	14×15 m ²
N値	5	強度	1.5(標準) N/mm ²
液状化層厚	10 m		
細粒分含有率F _c	10 %		
地下水位	1 m		

地震波	a	b
マグニチュード	9.0	7.3
想定地表加速度(gal)	200	350



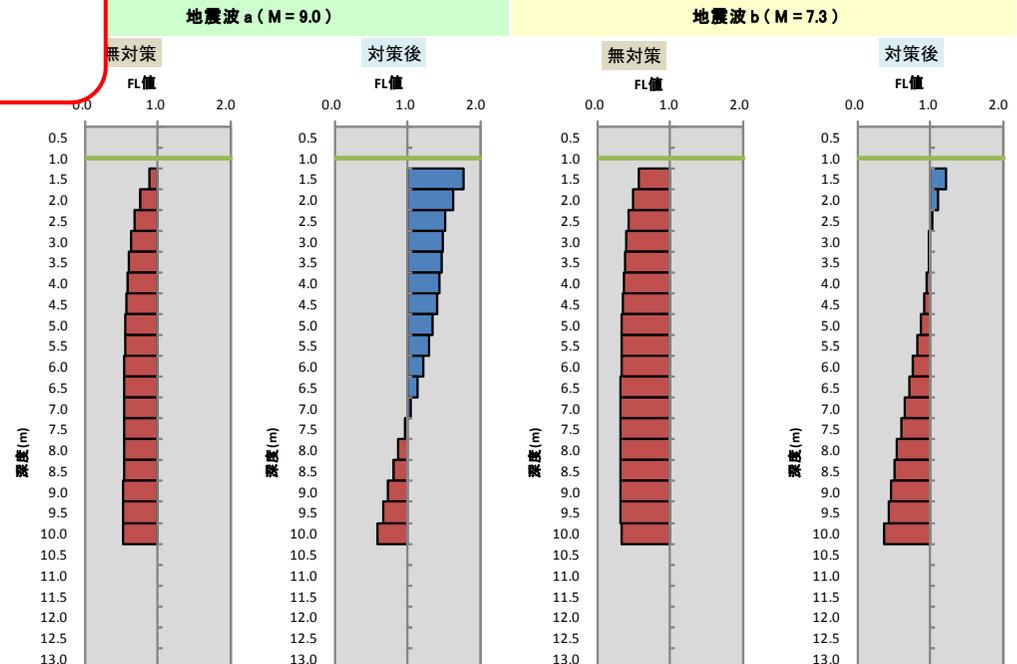
液状化による沈下量

液状化による沈下量D _{cy} 値(cm)			
地震波 a (M = 9.0)		地震波 b (M = 7.3)	
無対策	対策後	無対策	対策後
19.7	5.7	22.8	14.2

格子間隔の設定

地盤条件の設定

		地震波 a (M = 9.0)								
深度 (m)	土質	細粒分含有率 F _c (%)	無対策		対策後		安全率		判定	
			液状化安全率 FL値	液状化判定 (赤)	液状化安全率 FL値	液状化判定 (赤)	FL値 (赤)	FL値 (赤)		
0.5	表土									
1.0	表土									
1.5	砂質土	10.0	0.89	X	0.57	X	1.22	X		
2.0	砂質土	10.0	0.76	X						
2.5	砂質土	10.0	0.68	X						
3.0	砂質土	10.0	0.64	X						
3.5	砂質土	10.0	0.61	X						
4.0	砂質土	10.0	0.58	X						
4.5	砂質土	10.0	0.57	X						
5.0	砂質土	10.0	0.56	X						
5.5	砂質土	10.0	0.55	X						
6.0	砂質土	10.0	0.55	X						
6.5	砂質土	10.0	0.54	X						
7.0	砂質土	10.0	0.54	X	1.04	X	0.32	X	0.65	X
7.5	砂質土	10.0	0.54	X	0.97	X	0.32	X	0.60	X
8.0	砂質土	10.0	0.54	X	0.88	X	0.32	X	0.55	X
8.5	砂質土	10.0	0.53	X	0.81	X	0.32	X	0.50	X
9.0	砂質土	10.0	0.53	X	0.73	X	0.32	X	0.46	X
9.5	砂質土	10.0	0.52	X	0.67	X	0.32	X	0.42	X
10.0	砂質土	10.0	0.52	X	0.59	X	0.33	X	0.36	X
10.5	砂質土									
11.0	砂質土									
11.5	砂質土									
12.0	砂質土									
12.5	砂質土									
13.0	砂質土									



格子状地中壁工法の遠心振動実験

- 格子間隔による液状化抑制効果の確認
- 併用工法を用いる効果の確認



せん断土層



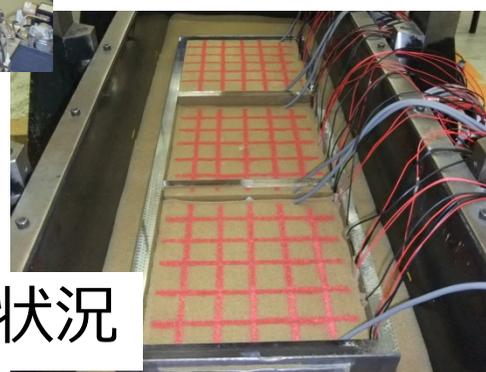
遠心装置



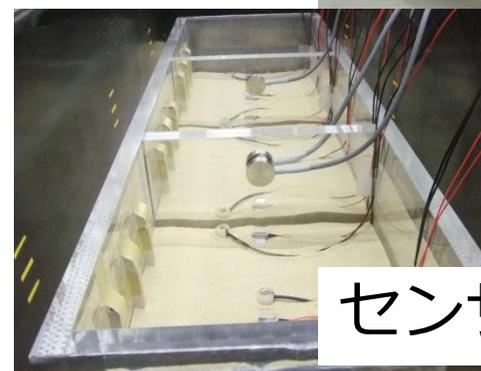
地中壁模型



公開実験



試験体設置状況



センサ類の配置¹⁷

今後の予定

【東日本大震災復興・復旧】

- まもなく、格子状地中壁工法のガイダンス公表（都市局市街地整備課・国総研）
- 今後、工法選択の体系的ガイダンスの作成
⇒これに関して3次元FEM解析を実施中

【全国の防災・減災、国土強靱化】

- まもなく、宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針公表（都市局都市安全課、国総研は研究会委員として貢献）
⇒液状化マップ等の情報提供の促進
- H25年度予算「宅地耐震化推進事業（滑動崩落）」を液状化に拡大
- 今後、新規開発・造成時の基準づくりへ