

国総研技術速報 No.4: 地域で取り組む住宅地の液状化対策のための  
「格子状地中壁工法の効果の簡易評価シート」(試行版)公開

国土交通省国土技術政策総合研究所 都市研究部

1. この技術支援ツールの特徴

この「格子状地中壁工法の効果の簡易評価シート」は、地域で取り組む地盤の液状化対策のための「地下水位低下工法の効果・影響簡易計算シート」(平成24年8月、国総研技術速報 NO. 2)に続く、宅地の液状化対策用技術支援ツールの第2弾です。主に自治体の宅地防災・復興部局をユーザーと想定して開発しました。

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なため、地域ごとに多様な地盤条件の下、自治体や住民がこの工法の効果の有無に関する情報を得ることは、簡単にはできません。そのことが、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となってきました。そこで、国土技術政策総合研究所では、地盤や地中壁格子の多様なケースについて、大量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、その解析結果を一般の人にもなじみのあるエクセルシートベースのソフトにまとめました。具体的には、地盤条件、地中壁格子の規模や強度、地震動のレベルといった計算条件をプルダウンメニューから選択すると、対策の効果の程度がわかりやすいグラフで簡単に表示される仕組みとなっています。

このツールは、国総研ホームページからダウンロードできます。

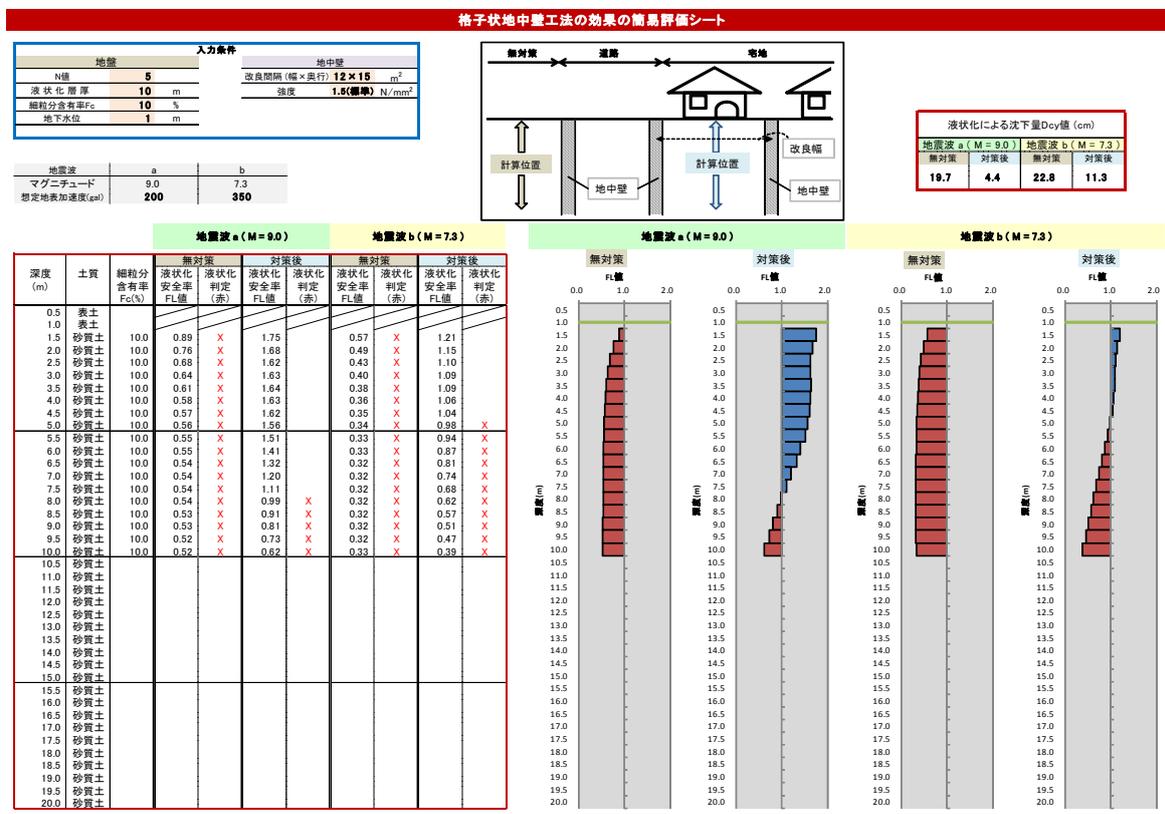


図1 技術支援ツールのプレゼン用シート

## 2. 開発の背景

東日本大震災では、住宅地が広範に液状化の被害を受けました。宅地地盤の液状化対策は、建物のない「更地」に対しては実施されていますが、住宅が建て込んだ「市街地」に対しては講じられた例がほとんどありません。このため、液状化被災住宅地の再液状化対策については、どのような工法が選択肢になり得るのかといったこと自体が、各自治体において手探りで検討されているのが実情です。

そのため、国土技術政策総合研究所では、国土交通本省都市局とともに、液状化の被害を受けた住宅地の復興に向けて、被災地自治体に対する技術支援として、街路と宅地を一体的に行う液状化対策の実用的な工法の研究を進めています。

これまでの検討により、戸建て住宅地に適用可能性のある有力な工法が、2つ浮上してきました。地下水水位低下工法と格子状地中壁工法です。どちらも、東日本大震災の復興における公共施設と宅地との一体的な液状化対策として実施される場合には、社会資本整備総合交付金及び東日本大震災復興交付金による国の財政支援の対象となります。

地下水水位低下工法は、住宅地の道路部分に地下水を浸透・流下させる管路を埋め込むなどにより、地下水水位の高さを下げて地盤面下の数メートルを非液状化層とすることにより、液状化の被害を抑制する工法です。液状化は、地下水に浸かっている砂地盤が、地震の振動で高まった水圧に耐えきれずに破壊されて発生する現象です。このため、地下水が抜けた層では水がないため液状化が発生しなくなるとともに、その下の層も従前の浮力相当分の重さが砂粒子を抑えつける力として加わるため、液状化が起きにくくなります。また、工事は道路等の公共施設の区域内で行えば足りるため、住宅が建ったままでも実施可能という点で優れています。

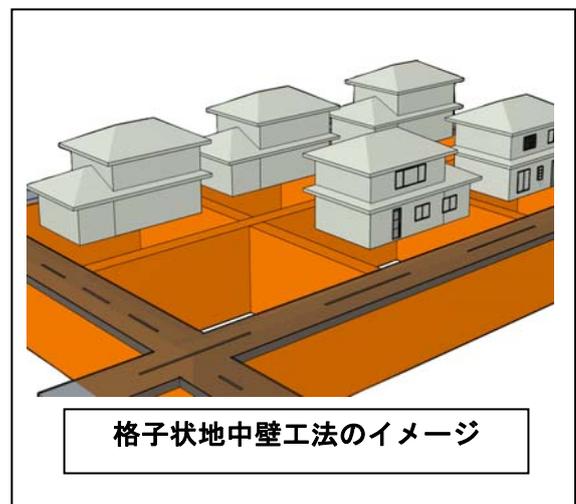
しかしながら、地下水水位低下工法にも、弱点があります。それは、深層部に緩い粘土層がある地域において発生する圧密沈下という副作用です。特に、液状化層が分厚い地域では地下水水位を大幅に低下させなければ効果が出にくいいため、圧密沈下が大きくなりやすいことが問題です。また、砂層に粘土粒子が多く混じった地域でも地下水が透過しにくい難点から、地下水水位低下工法に向きません。

そこで、次に有力候補と考えられる工法が、「格子状地中壁工法」です。

格子状地中壁工法は、地中にコンクリートの壁を格子状に形成し、液状化しやすい砂地盤をこの地中壁でがっちりとり囲むことにより、砂層の対液状化を制御する工法です。この工法は、比較的大がかりな工事を要しますが、圧密沈下を招くことはなく、透水性の低い地盤にも適用できるという特徴から、地下水水位低下工法に不向きな地域において、次に検討すべき有力な工法と考えられます。

しかし、住宅が現に建っている市街地では、住宅の真下に地中壁を造ることは困難であるとともに、敷地の境界線や埋設管路もあることから、地中壁を形成できる位置には制約があり、地中壁格子の間隔が住宅敷地の区分けに対応して広くならざるを得ません。そのような物理的な特性があるため、この工法を適用した場合に果たして十分な液状化抑制効果が見込めるのかどうか問題となります。また、コストダウンには逆に地中壁の量や排土を少なくすると有利ですが、それで必要な効果が得られる見込みがあるのかどうかの情報が重要です。そして、それを知るには高度なコンピュータ解析が必要であり、そのことが、被災地自治体における検討において障害となってきました。

そこで、国総研では、この障害を解消するため、地



域の地盤条件等の多様なタイプに対応した約 18,000 通りのケースに対して、高度な解析計算を高速コンピュータを用いてあらかじめ行い、その大量の解析結果を使いやすいソフト(技術支援ツール)にまとめ、ホームページからダウンロードできる環境を整備することと致しました。

### 3. 解析計算の概要

#### (1) 地盤モデル

液状化のおそれのある宅地地盤といっても、液状化層となる砂層地盤の層厚、固さ(又は緩さ)、土質など地域の状況により、条件は多様です。そこで、多様な地域が各々の状況に比較的近い条件による計算結果を得ることができるようにするため、液状化層厚(4種類)、砂層地盤のN値(4種類)、細粒分含有率(4種類)、地下水位(2種類)を設定しました。

表1は解析計算を行った地盤モデルの断面パターン、表2は地盤状況の設定ケースを示しています。

表2 地盤状況の設定ケース

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

表1 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	粘土(200)	粘土(200)	粘土(200)	粘土(200)
15				
20	砂(250)	砂(250)	砂(250)	砂(250)
25				
30	工学基盤(400)	工学基盤(400)	工学基盤(400)	工学基盤(400)
35				
40	砂(250)	砂(250)	砂(250)	砂(250)
45				
50	工学基盤(400)	工学基盤(400)	工学基盤(400)	工学基盤(400)
55				
60	工学基盤(400)	工学基盤(400)	工学基盤(400)	工学基盤(400)

( )内は Vs 値 (m/s)

#### (2) 格子状地中壁のモデル

格子状地中壁のモデルは、住宅敷地の多様な規模・形状を想定して、表3に示す18ケースを設定し、解析計算を行いました。また、地中壁の強度について、機械式攪拌を想定した 1.5N/mm<sup>2</sup>を標準と想定して、表3下欄に示す4種類により解析計算を行いました。

表3 住宅敷地(格子形状)と地中壁強度の設定ケース

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 <sup>2</sup> )

#### (3) 入力地震動

入力地震動は、(a) 地表最大加速度 200 ガル、震源規模マグニチュード 9.0 と、(b) 地表最大加速度 350 ガル、震源規模マグニチュード 7.3 の2種類で行いました。地震波の波形には、(a) に東日本大震災の夢の島観測波、(b) にいわゆる首都圏直下型地震を想定した中央防災会議による東京湾本大地震の想定地震波を用いました。

特に、(a) 波は「液状化対策のメルクマール」と呼ぶこととしている地震動で、震度5強の長時間の揺

れを表しています。これは、地盤の液状化が、一般の構造物の破壊とは違って、たとえ加速度が大きくなくても、地震動の継続時間が長いと大きな被害を発生しやすいという特有の性質があることに対応したものです。

表4 入力地震動

地震動の種類	地表加速度	震源規模	波形
(a) (液状化対策のメルクマール)	200ガル	M9.0	東日本大震災の夢の島観測波
(b) (直下型地震想定)	350ガル	M7.3	中央防災会議東京湾北部想定波

#### (4) 解析計算

解析計算は、等価線形解析(2次元 FEM)により行いました。地震動の入力は工学的基盤で行い、入力振幅を地表面最大加速度が(a)波、(b)波それぞれ 200 ガル及び 350 ガルとなることを目標に調整しました。なお、解析プログラムには Super FLUSH(等価線形解析)を用い、計算機には高速コンピュータ (IBM System x3850 M5)を使用しています。

## 4. 解析結果の概要

解析計算の結果は、1頁の図1に示すように、地盤の深さ 0.5mごとに FL 値(液状化抵抗率)の表とグラフ、及び、液状化による予想沈下量の値(Dcy 値など)により表示されます。これらの4つの表示区分は、(a)「地表加速度200ガル、震源規模M9.0」(震度5強程度であるが長時間継続する地震)の場合の「無対策」と「対策後」、(b)「地表加速度350ガル、震源規模M7.3」(直下型の大地震)の場合の「無対策」と「対策後」に、それぞれ対応しています。

図2-1及び図2-2は、計算結果の一部を、液状化による予想沈下量(Dcy 値)の分布により表示したものです。学会基準に照合すれば、白色(Dcy=0cm)が液状化の被害なし、水色(Dcy≤5cm)又は緑色(Dcy≤10cm)の部分が液状化の程度が軽微又は小、黄色(Dcy≤20cm)、橙色(Dcy≤40cm)又は赤色(Dcy>40cm)の部分が液状化の程度が中、大又は甚大に相当しています。このように、格子状地中壁工法により効果が見込まれる地盤及び格子の規模等の条件が、示されています。

## 5. ツールのダウンロード

国総研ホームページ(トップ)の「宅地防災」バナーをクリック、又は、下記 URL からダウンロードできます。利用上の詳細な手引きは、ツールの「解説シート」欄にありますので、ご参照ください。

なお、このツールは、エクセルファイルです。使用にあたっては、マクロ機能を有効にしてください。

<http://www.nilim.go.jp/lab/jbg/takuti/takuti.html>

## 6. 留意事項

このツールの計算結果は、一定の条件を前提にして2次元 FEM 解析を行った計算値を示したものであり、概括的な予測を目的としています。工法を実際に適用する場合には、各地域の詳細な地盤状況や、住宅地の敷地割りなどを考慮して、設計・施工のための具体的な検討が必要です。

ここでの解析計算は、N値を深さによらず一定としています。一般に実地盤では深くなる程N値が大きくなる傾向があります。このため、実地盤の場合には、解析計算と比較して FL 値が浅い層ではや

や低く、深い層ではやや高くなる傾向があります。

また、地中壁格子の幅と奥行きの比が1:1.5を超えるケースについては、地震波の入力も縦横2方向で行い、厳しい方の値を採用していますが、幅・奥行き比が大きいケースの検討に当たってはさらに安全率の余裕を見込むことを推奨します。

ここでの計算は、地盤の状態が一様であるなどの仮定を前提としています。しかし、実際の地盤は必ずしも一様ではなく、地震波も地震ごとに多様なため、工法適用の検討においては適切な余裕幅や安全率を考慮することが必要です。

このツールを使用する際には、上記のことにご留意ください。

		沈下量(cm)	液状化の程度				0				なし				0-5 軽微				5-10 小				10-20 中				20-40 大				40- 甚大			
地震波 a	N値	液状化深さ(m)	3				5				10				15																			
			5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20																
			無対策	11.6	29.4	48.3	64.4	7.0	19.7	35.4	51.1	0.9	5.7	13.5	21.9	0.0	0.0	3.0	6.0															
地中壁強度 (N/mm <sup>2</sup> )	4×12	1.5	1.7	1.9	1.9	0.9	1.3	1.5	1.5	0.0	0.5	0.7	0.8	0.0	0.0	0.3	0.3																	
1.5(基準)	6×12	1.5	1.7	3.7	2.7	1.0	1.3	2.9	2.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.0	0.0	0.3	0.3																	
9×12	2.4	2.8	4.2	2.9	1.5	2.5	3.3	3.0	0.3	0.5	1.1	1.1	0.0	0.0	0.3	0.3																		
6×10	1.5	1.7	2.6	1.8	0.9	1.3	2.2	1.5	0.3	0.5	0.7	0.8	0.0	0.0	0.3	0.3																		
8×10	2.0	2.5	2.9	1.8	0.9	2.0	3.0	2.2	0.3	0.5	1.1	1.1	0.0	0.0	0.3	0.3																		
10×10	3.1	3.5	4.1	2.8	1.8	2.6	3.4	3.0	0.3	0.8	1.5	1.3	0.0	0.0	0.3	0.3																		
12×10	5.1	4.0	4.4	3.9	2.7	3.0	4.3	3.4	0.3	0.9	1.7	1.8	0.0	0.0	0.3	0.6																		
14×10	6.6	5.0	5.5	4.3	3.5	3.7	5.2	4.2	0.3	1.2	2.1	2.2	0.0	0.0	0.6	0.6																		
16×10	8.3	6.5	7.0	5.6	4.5	4.7	6.3	5.3	0.3	1.3	2.6	2.4	0.0	0.0	0.6	0.6																		
20×10	9.7	11.0	10.7	7.5	5.2	7.6	8.3	6.4	0.5	2.0	3.1	2.9	0.0	0.0	0.5	0.8																		
地下水位(m) 1																																		
対策後	改良間隔 (幅×奥行) (m <sup>2</sup> )	6×15	1.5	2.7	4.8	2.7	1.0	2.5	3.9	2.9	0.3	0.5	1.4	1.2	0.0	0.0	0.3	0.3																
		8×15	2.4	3.7	5.2	3.7	1.5	2.8	4.2	3.2	0.3	0.8	1.6	1.6	0.0	0.0	0.3	0.3																
		10×15	4.1	4.1	6.3	4.2	2.2	3.5	5.3	4.2	0.3	0.9	2.0	1.8	0.0	0.0	0.3	0.6																
		12×15	6.5	5.3	6.9	5.6	3.5	4.4	6.2	5.2	0.3	1.2	2.5	2.4	0.0	0.0	0.6	0.6																
		14×15	7.9	6.6	8.1	7.0	4.2	4.8	6.6	5.7	0.3	1.3	2.7	2.9	0.0	0.0	0.6	0.9																
		16×15	9.4	8.8	9.9	8.5	5.1	6.3	7.9	7.5	0.6	1.7	3.2	3.4	0.0	0.0	0.8	0.9																
	20×15	10.1	16.2	16.2	11.8	5.5	9.6	11.4	9.7	0.6	2.4	4.1	4.0	0.0	0.0	0.8	1.1																	
	10×30	6.0	6.3	11.2	10.7	3.1	4.6	8.8	8.5	0.3	1.2	2.9	3.1	0.0	0.0	0.6	0.6																	
	15×30	9.0	10.2	12.8	9.8	4.9	6.7	9.7	8.6	0.6	1.7	3.3	3.6	0.0	0.0	0.8	0.9																	
	20×30	10.4	16.3	14.6	12.9	5.8	9.8	11.8	10.4	0.6	2.5	4.4	4.7	0.0	0.0	0.9	1.2																	
	30×30	11.1	23.4	28.3	20.1	6.6	15.0	19.8	15.4	0.9	3.8	6.3	6.4	0.0	0.0	1.1	1.5																	
	40×30	11.3	26.7	41.6	51.7	6.8	16.9	26.9	32.5	0.9	4.9	9.1	9.6	0.0	0.0	1.7	2.0																	

図2-1 解析結果におけるDcy値の分布(一部)(200ガル、M9.0の場合)

		沈下量(cm)	液状化の程度				0				なし				0-5 軽微				5-10 小				10-20 中				20-40 大				40- 甚大			
地震波 b	N値	液状化深さ(m)	3				5				10				15																			
			5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20																
			無対策	12.5	30.6	49.2	65.7	8.4	22.8	39.0	54.6	2.1	9.4	18.7	28.9	0.0	2.7	7.5	13.7															
地中壁強度 (N/mm <sup>2</sup> )	4×12	3.0	12.7	14.4	15.3	1.7	7.4	13.1	15.8	0.4	2.3	5.4	7.2	0.0	0.4	1.3	2.4																	
1.5(基準)	6×12	6.5	13.5	15.9	16.8	3.0	8.4	14.3	17.1	0.5	2.9	5.9	8.0	0.0	0.4	1.7	2.7																	
9×12	8.8	16.0	15.6	16.4	4.5	8.5	14.8	16.8	0.8	3.1	5.5	7.4	0.0	0.7	1.9	2.5																		
6×10	3.7	12.5	18.6	20.8	2.6	6.5	18.0	24.3	0.5	2.2	4.2	6.2	0.0	0.4	1.2	1.7																		
8×10	4.7	9.0	13.3	20.1	3.2	6.3	17.3	24.8	0.7	2.6	4.2	5.4	0.0	0.6	1.5	2.1																		
10×10	7.7	9.1	10.4	10.9	4.6	6.9	12.7	18.3	1.1	2.9	4.6	5.9	0.0	0.7	1.9	2.3																		
12×10	9.7	9.0	10.6	11.6	5.8	7.8	10.8	12.2	1.2	3.4	4.9	6.3	0.0	1.0	2.0	2.8																		
14×10	10.8	11.3	12.1	11.9	6.7	8.9	11.2	12.5	1.5	3.9	5.5	6.7	0.0	1.0	2.4	3.3																		
16×10	11.3	18.4	13.7	13.4	7.2	11.0	13.0	14.1	1.6	4.5	6.3	7.7	0.0	1.3	2.5	3.7																		
20×10	11.8	27.5	36.1	25.8	7.7	17.5	28.4	27.8	1.9	6.2	8.7	9.7	0.0	1.4	3.3	4.6																		
地下水位(m) 1																																		
対策後	改良間隔 (幅×奥行) (m <sup>2</sup> )	6×15	7.0	24.6	33.5	42.2	3.7	12.8	26.7	36.4	0.7	3.9	9.1	14.6	0.0	0.7	2.4	4.6																
		8×15	8.3	21.7	36.2	42.8	4.8	11.8	27.8	37.5	0.8	3.7	8.9	15.2	0.0	0.9	2.3	4.4																
		10×15	9.8	17.3	32.2	45.3	6.1	11.0	27.4	37.1	1.1	3.9	8.2	14.5	0.0	1.0	2.7	4.4																
		12×15	10.7	16.4	22.4	37.5	6.7	11.2	19.5	33.6	1.2	4.4	7.6	12.4	0.0	1.0	2.8	4.4																
		14×15	11.3	21.9	28.4	28.7	7.2	12.8	18.2	25.1	1.6	4.6	7.4	10.8	0.0	1.3	2.9	4.6																
		16×15	11.7	24.5	24.1	28.9	7.6	15.2	21.2	29.3	1.6	5.6	8.7	12.3	0.0	1.3	3.3	5.1																
	20×15	12.0	29.0	43.8	53.7	7.9	19.4	33.7	43.4	2.0	6.9	11.9	16.1	0.0	1.7	4.1	6.0																	
	10×30	10.9	25.6	41.9	56.8	6.9	17.4	33.2	46.3	1.2	5.4	12.3	20.4	0.0	1.3	3.8	7.4																	
	15×30	11.7	28.1	43.9	53.6	7.6	18.1	32.2	42.2	1.6	6.1	10.5	15.3	0.0	1.4	3.6	5.4																	
	20×30	12.1	27.7	37.4	31.1	7.9	18.5	27.3	36.6	2.0	6.8	11.1	15.0	0.0	1.7	4.1	6.1																	
	30×30	12.3	29.9	44.1	46.7	8.2	21.1	30.9	35.8	2.1	7.9	13.0	15.3	0.0	2.0	4.7	7.1																	
	40×30	12.4	30.5	48.2	63.0	8.3	22.1	36.7	49.3	2.1	8.7	16.2	23.2	0.0	2.4	5.9	9.5																	

図2-2 解析結果におけるDcy値の分布(一部)(350ガル、M7.3の場合)

## 7. 問合せ先

国土技術政策総合研究所都市計画研究室 (電話:029-864-3934, FAX: 029-864-6776)