

市街地液状化対策事業に関する課題およびハイブリッド工法

（傾斜修復・液状化低減一体化工法）の開発と施工例

国は、道路・下水道等の公共施設と隣接する宅地を対象に一体的に液状化対策を推進する「市街地液状化対策事業」制度を新たに創設し、液状化対策に取り組む自治体を支援する方針を示しました。

しかし、戸建住宅など小規模建築物で構成される既存街区において、道路等の公共施設と既存建築物の一体的な液状化防止・軽減対策を推進するためには、様々な課題を総合的に検討した上で、実現可能な対策を選定する必要があります。

そのため、具体的な対策案として、地盤改良工法などを始め幾つかの案が提案されてきており、それらの評価については既に示されてきていますが、一方課題も見えてきました。

現在、浦安市では液状化対策としての地盤改良工法の相談会と並行して、液状化により傾斜した住宅の復旧工法に関する相談会も実施しております。

以上のような背景を踏まえ、今回、市街地液状化対策事業の課題と新たな液状化対策案について検討しました。

課題

市街地液状化対策事業においては、液状化対策実施区域が指定されます。この場合、液状化発生後、指定区域と非指定区域とでは地盤・建物の沈下量が違うため、指定区域と非指定区域の境界付近では指定区域の抜け上がりが見込まれます。また東京湾北部地震相当の地震動（以後レベル2という）では、浦安市ほぼ全域が液状化する可能性が示されています。

それゆえ、浦安市全域が液状化対策実施区域に指定されることが必要となり、宅地部分の対策に必要な経費は、それぞれの所有者が負担しなければならず、各戸の費用は高額なものとなります。

新たな液状化対策案

浦安市の液状化は、埋立土層と沖積砂層から成る厚さ 10～15m の液状化層によるものとされています。東日本大震災における浦安市での地震動（以後レベル1という）に対して、浦安市の代表的地点においては、数値計算によって、2階建木造住宅では震災前地盤高より 36cm 沈下し、住宅周辺地盤では 8cm 沈下し、住宅と地盤の相対沈下量は 28cm と予想されました。また、レベル2に対して、震災前地盤高より2階建木造住宅では 45cm 沈下し、住宅周辺地盤では 17cm 沈下し、住宅と地盤の相対沈下量は 28cm と予想されました。

液状化被害により傾斜した住宅の復旧については、様々な修復工法が提案されてきてい

ます。しかし、それらは沈下傾斜を修復するため工法であり、液状化対策としての工法ではないため、更に液状化防止・低減対策を行うためには更なる費用負担が掛かります。

そこで、液状化による沈下傾斜修復工法と液状化低減工法を一度で行えるハイブリッド工法（傾斜修復・液状化低減一体化工法）を開発しました。この工法について以下に簡単に説明致します。

通常、震災後の住宅傾斜の修復を行ってから、次に地盤改良などの液状化対策を行うこととなります。しかし、それらに費やす時間とコストを低減するため、新工法は液状化低減対策を行いながら、住宅の沈下傾斜修復を同時に行うというこれまでの常識とは全く逆の発想に基づいています。そのため、時間と費用の観点からは、ハイブリッド工法であるがゆえに、「エコ液状化低減工法」と称されうる工法となっています。

次に、ハイブリッド工法を用いた場合の液状化対策手順を示します。まず、液状化対策を時間的に2段階に分けて考えます。第1段階として、震災後、宅地について狭小地でも施工可能な改良工法（薬液注入工法など）により、浦安市の代表的な地点における例ですが、深度約 7m 程度までを改良地盤とします。ただし、改良地盤の深度は地盤調査と地盤設計により決定されます。

ここではハイブリッド工法を適用していますので、地盤改良工事完了時には同時に住宅の沈下傾斜修復工事も完了しています。この約 7m 程度の地盤改良によって、将来起こりうる地震動レベル1では、震災前地盤高より2階建木造住宅では 8cm 沈下し、周辺地盤でも 8cm 沈下し、住宅と地盤の相対沈下量はほぼ零と地盤設計から予想されました。この結果、住宅と地盤を接続する下水道施設などには被害が発生しにくいこととなります。

また、地震動レベル2では震災前地盤高より2階建木造住宅では 13cm 沈下し、周辺地盤では 17cm 沈下し、住宅と地盤の相対沈下量は 4cm と地盤設計から予想され、住宅が周辺地盤から抜け上がる結果となりました。

間近に予想される地震に対して、震災後の生活の利便性を確保することが必要であり、特に下水道は重要であり、ハイブリッド工法による地盤改良の場合、下水管が逆勾配になりくいいため下水道の復旧は比較的早いものと思われます。

次に第2段階として、住宅建替時に、柱状改良工法などの液状化対策工法を確実に非液状化層まで実施します。ただし、第1段階から第2段階までの間、再液状化に備えて、傾斜修復工事が簡易に行えるようにしておく必要はあります。この場合についても、ハイブリッド工法は時間と費用の観点から容易に傾斜修復工事ができます。

以上のような現実的液状化対策案も考えられますので、今後、地盤調査、液状化解析および液状化対策を含む実現可能性に関する調査を実施し、その結果を検討しながら事業に伴うリスクや費用負担について行政と地域住民とが意見交換を行い、事業の実施について慎重に判断する必要があると思われます。

ハイブリッド工法の設計と施工例

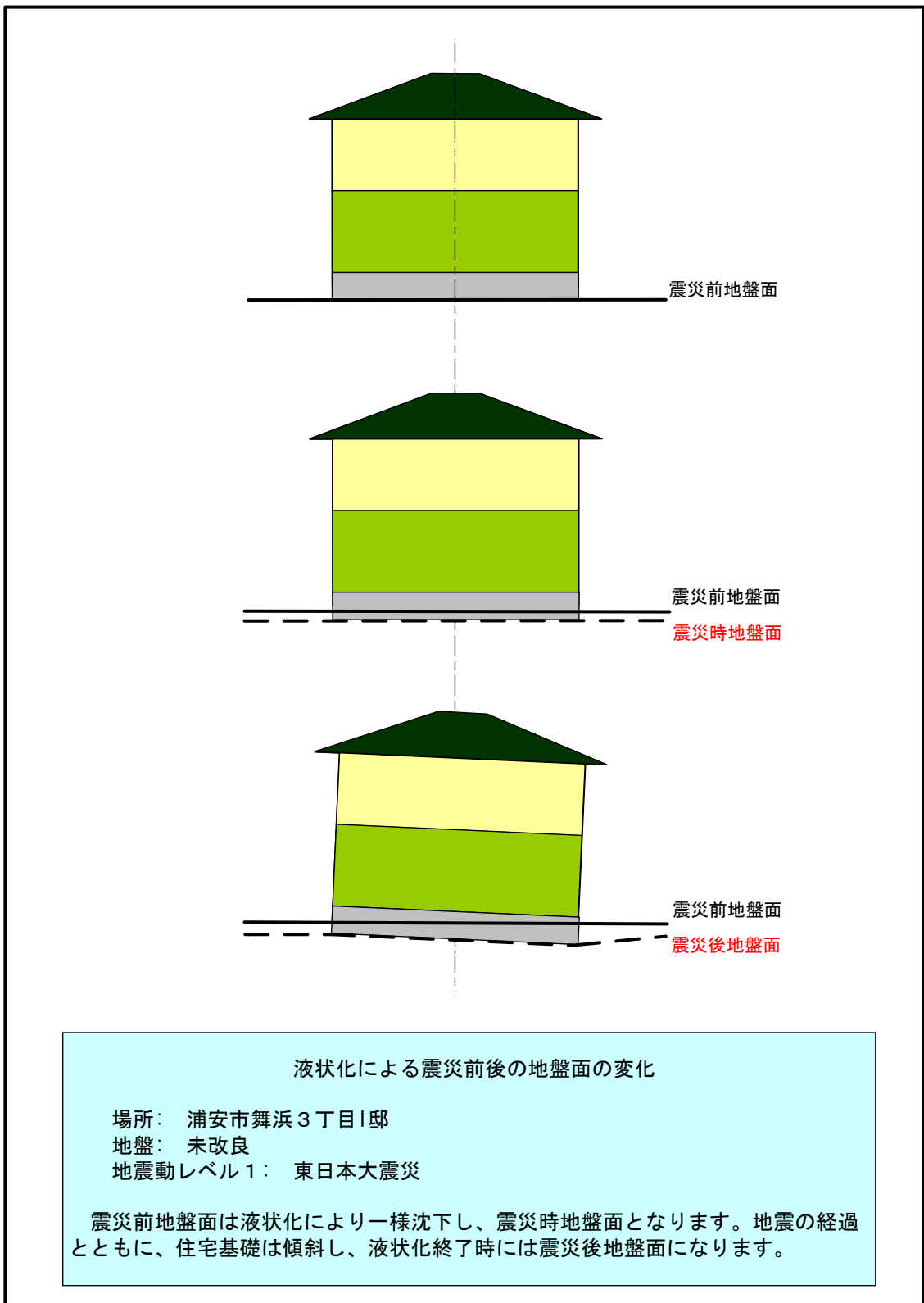
プロジェクト浦安再興：我々は浦安再興のため、液状化対策技術のすべての英知を結集します

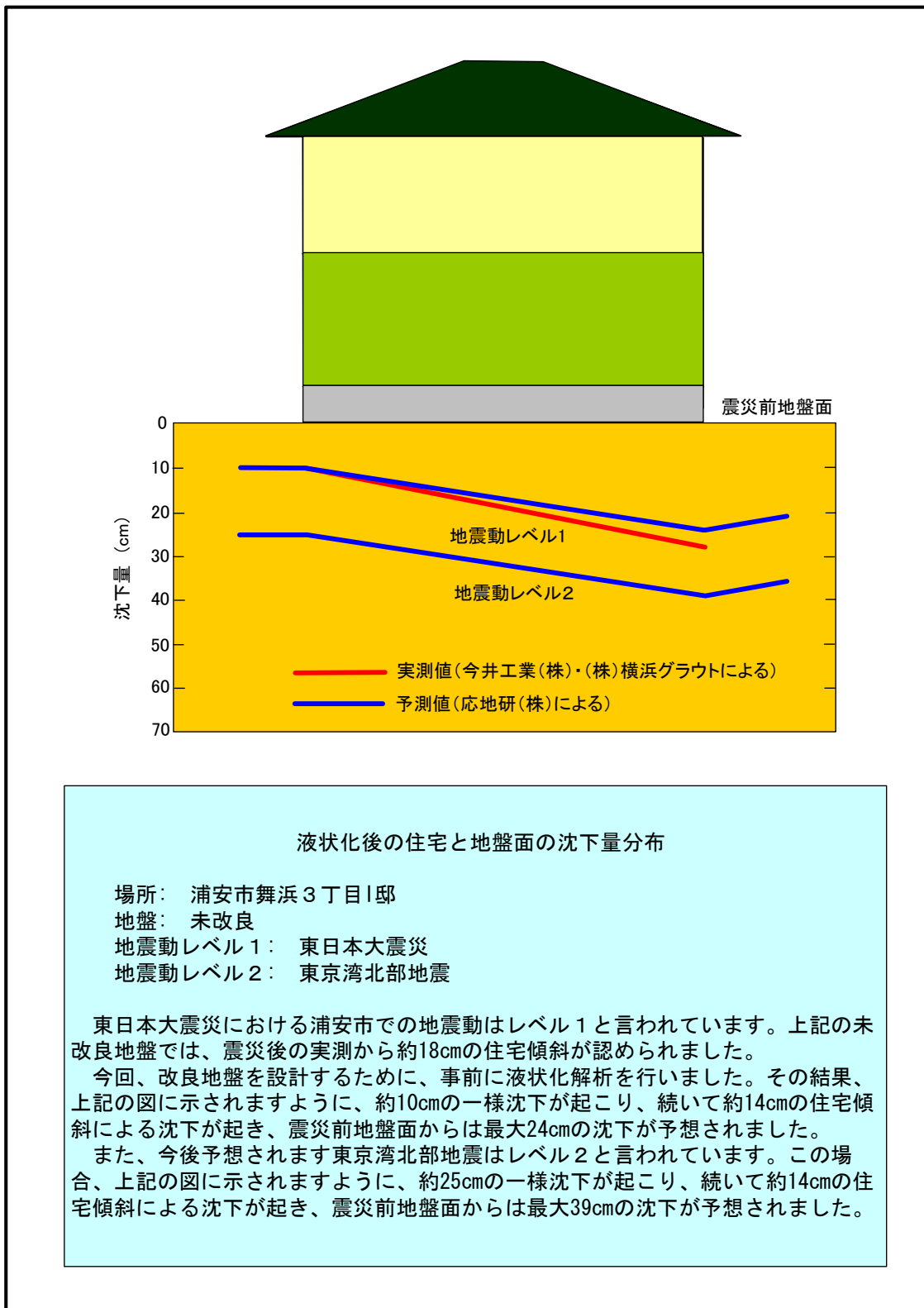
液状化対策としての地盤改良は、大きく液状化防止工法と液状化低減工法に分けられます。今回は費用負担の少ない液状化低減工法について検討します。まず、液状化低減工法の設計ですが、既往の設計図書として「建築基礎のための地盤改良設計指針案(2006, 日本建築学会)」があります。また、改良地盤に関する国際的評価の高い最新の研究成果を取り入れ、上記指針案に準拠した液状化解析プログラムを弊社は開発しました。このプログラムを今回の液状化低減工法の設計に適用いたしました。

今回、今井工業株式会社様と株式会社横浜グラウト様の御協力を頂き、ハイブリッド工法の施工例について検討した結果、多くの利点があることがわかりました。

以下示されます沈下予測値は、すべて前出二社様の施工管理データに基づき、得られたものであります。この場をお借りして、貴重なデータを御提供頂きましたことに心より感謝申し上げます。

応地研株式会社
代表取締役 平井弘義





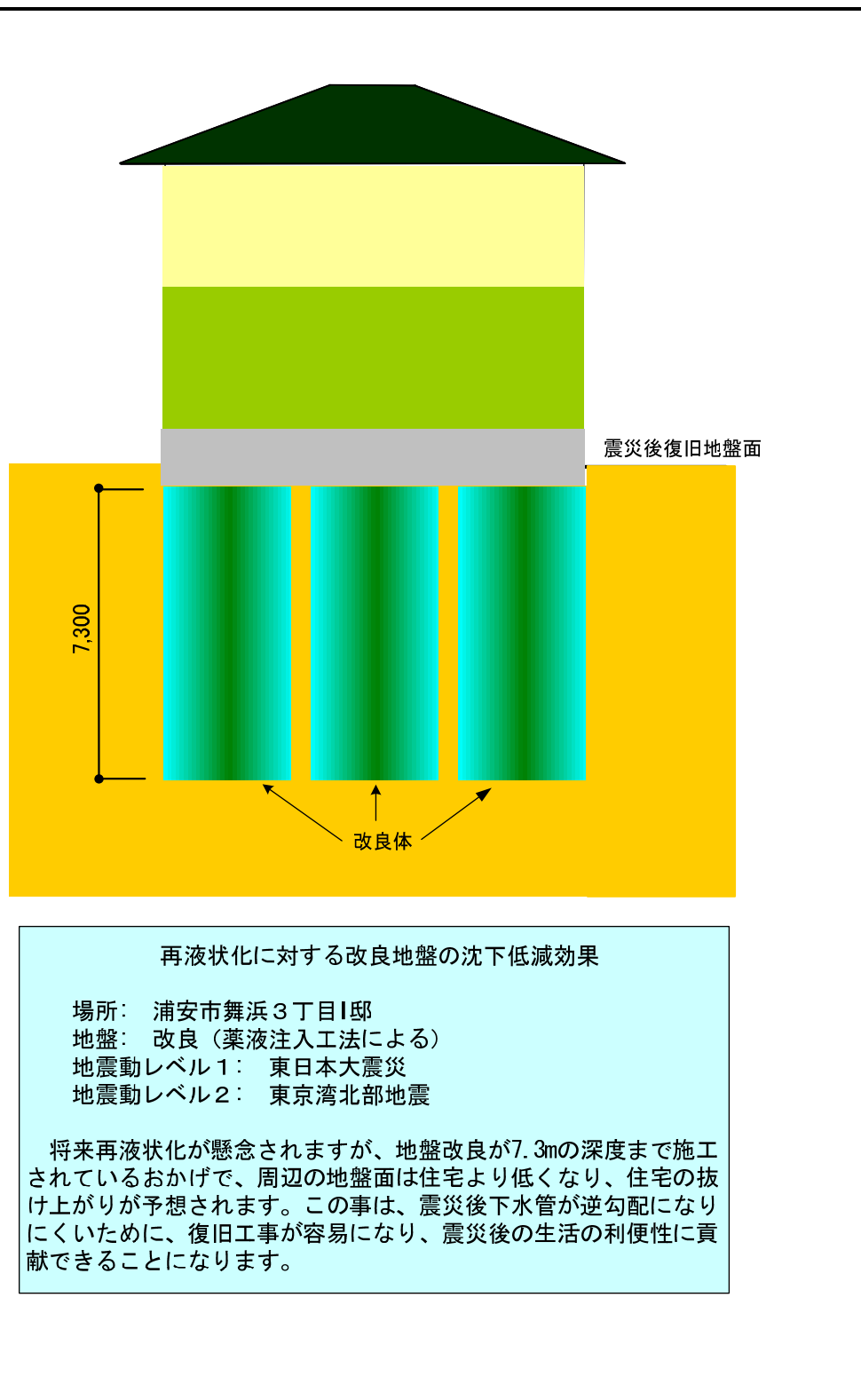
スウェーデン式サウンディング試験結果と設計改良深度

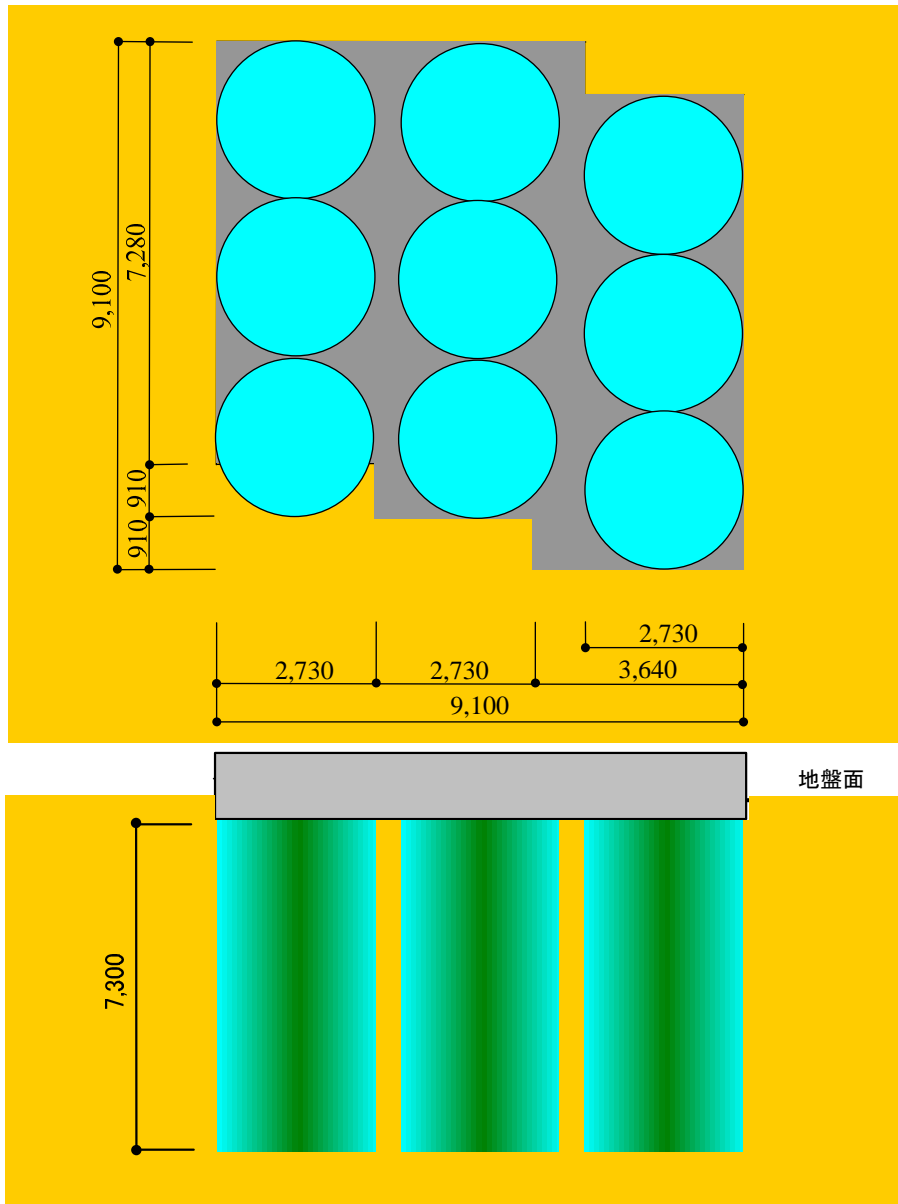
土層番号	土質名	深度 m	推定水位 m	換算N値					設計改良深度	
				0	10	20	30	40		50
1		1	▽ = 2m	3.2						改良地盤
2	粘性盛土	2		4.0						
3		3		4.0						
4	シルト	4		2.2						
5		5		4.4						
6		6		4.4						
7		7		3.3						
8		8		13.2						
9		9		11.9						
10	砂質土	10		9.5						砂質土
11		11		12.1						
12		12		6.5						
13		13		5.2						
14		14		3.6						
15		15		4.9						

再液状化に対する改良地盤の沈下低減を設計で予測

場所： 浦安市舞浜3丁目I邸
 地盤： 改良（薬液注入工法による）
 地震動レベル1： 東日本大震災
 地震動レベル2： 東京湾北部地震

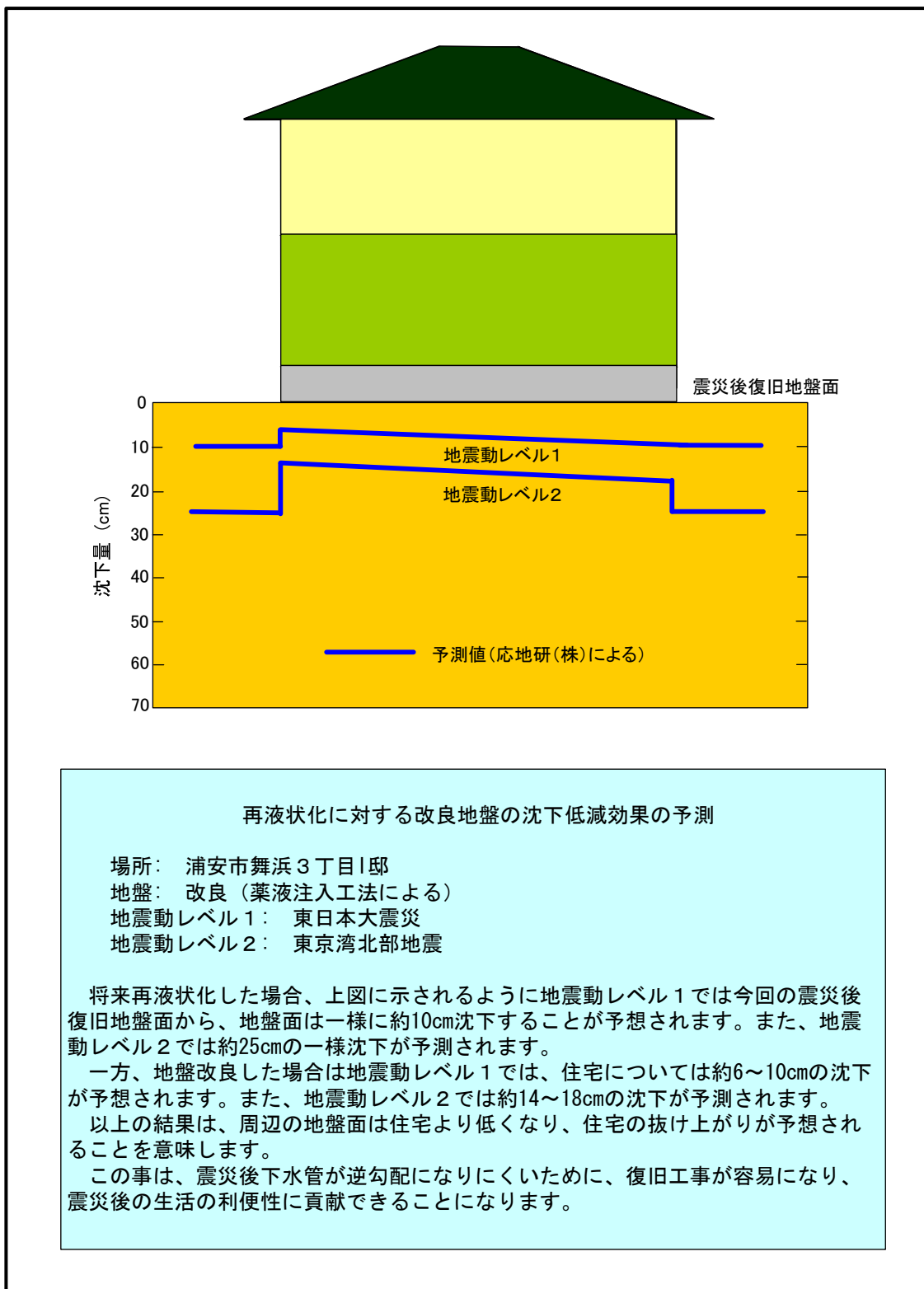
将来再液状化が懸念されますので、少し大きめの換算N値が認められる7.3mの深度まで地盤改良されています。この場合、液状化解析から、周辺の地盤面は住宅より低くなり、住宅の抜け上がりが予想される計算結果がでました。この事は、震災後下水管が逆勾配になりにくいために、復旧工事が容易になり、震災後の生活の利便性に貢献できることとなります。





改良体の配置図

場所： 浦安市舞浜3丁目1邸
地盤： 改良（薬液注入工法による）



未改良地盤の沈下実測値と沈下予測値および改良地盤の沈下予測値

No.	住宅	住所	未改良地盤		改良地盤			
			沈下 実測値 cm	沈下 予測値 cm	改良 深度 m	沈下 予測値 cm	住宅に対する地盤の 相対沈下予測値 (cm) 地震動レベル1	住宅に対する地盤の 相対沈下予測値 (cm) 地震動レベル2
1	F邸	浦安市舞浜2	6	20	6.3	4	3	9
2	M邸	浦安市弁天2	9	18	5.7	5	1	4
3	S邸	浦安市弁天1	22	16	6.0	4	0	5
4	E邸	浦安市舞浜3	5	9	9.0	3	5	14
5	Y邸	浦安市舞浜3	9	14	7.0	3	1	9
6	N邸	浦安市舞浜2	10	30	6.5	7	2	8
7	K邸	浦安市舞浜3	9	16	7.0	4	3	11
8	I邸	浦安市舞浜3	17	14	7.3	4	1	9
9	T邸	浦安市舞浜2	7	13	6.5	4	2	7
10	A邸	浦安市舞浜3	13	10	7.0	3	1	6

【備考】未改良地盤の沈下実測値は、震災後の住宅四隅の基礎天端の最高高さと最低高さの差を示す。
改良地盤について住宅に対する地盤の相対沈下は、上記の表からすべて0及び正值であり、負値にはなっていない。この事は地面から住宅が抜け上がることを意味している。

未改良地盤の沈下の実測値と予測値および改良地盤の沈下予測値

住宅：2階建木造、対象戸数10
場所：浦安市舞浜2、3丁目および弁天1、2丁目
地盤：未改良と改良(薬液注入工法による)
地震動レベル1：東日本大震災
地震動レベル2：東京湾北部地震

将来再液状化が懸念されますが、地盤改良が5.7m～9.0mまでの深度まで施工されているおかげで、周辺の地盤面は住宅より低くなり、住宅の抜け上がりが予想されます。この事は、震災後下水管が逆勾配になりにくいために、復旧工事が容易になり、震災後の生活の利便性に貢献できることとなります。