

丸太打設による既設戸建て住宅の液状化対策の 液状化が生じた地盤での数値解析による検討

三輪 滋¹・沼田 淳紀²・村田 拓海³・吉田 雅穂⁴

¹フェロー会員 飛島建設（〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号）

E-mail: shigeru_miwa@tobishima.co.jp

²正会員 飛島建設技術研究所（〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号）

E-mail: atsunori_numata@tobishima.co.jp

³正会員 飛島建設技術研究所（〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472）

E-mail: takumi_murata@tobishima.co.jp

⁴正会員 福井工業高等専門学校（〒916-8507 福井県鯖江市下司町）

E-mail: masaho@fukui-nct.ac.jp

著者らは、小規模な構造物にも適用できる丸太を用いた液状化対策を開発し、適用事例も増えている。その原理は地盤に丸太を打設し、地盤の密度を増大させることであり、木材を利用することで、CO₂を半永久的に固定し、地球温暖化緩和にも効果があることがわかっている。一方で、戸建住宅などの既設小規模構造物の対策については、効果を定量的に検証した工法が適切な価格で提供されていない。著者らは、既設構造物の周囲に丸太を打設して液状化の被害を低減する工法を提案し、振動台実験や数値解析で沈下抑制効果を確認している。ここでは、実際に液状化した地盤を対象として数値解析を行い、効果を検討した。

Key Words : log, liquefaction countermeasure, existing residential house, densification

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震における東京湾岸や利根川下流域での激しい液状化によって、住宅など多くの小規模構造物が沈下や傾斜といった被害を受けた^{1),2)}。この地震に限らず、1995 年兵庫県南部地震、2000 年鳥取県西部地震、2007 年新潟県中越沖地震といった過去の地震でも液状化による住宅の被害が発生している。また、2016 年熊本地震でも多くの地点で液状化が発生し、住宅などの小規模構造物に大きな被害をもたらした⁴⁾。被害の一例を図-1 に示す。

このような小規模な構造物に対する液状化対策は対象が非常に多く合理的な対策の提供が急務である。著者らは、すでに、図-2 に示すような、新設の小規模な構造物にも適用できる丸太を用いた液状化対策を開発している^{3),5)}。その原理は地盤に丸太を打設し、地盤の密度を

増大させることであり、木材を利用することで、CO₂を半永久的に固定し、地球温暖化緩和にも効果があることがわかっている^{3),5),6),7),8),9)}。振動台での実験^{10),11)}や、現場での実証³⁾も行われ、実際の工事での適用事例^{12),13),14)}も増えつつある。



図-1 液状化による小規模構造物の沈下・傾斜

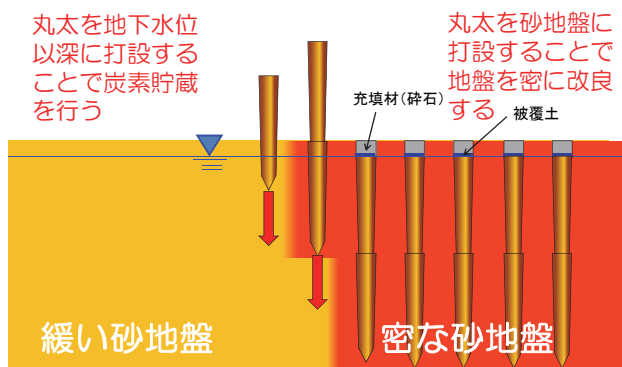


図-2 丸太打設液状化対策の原理

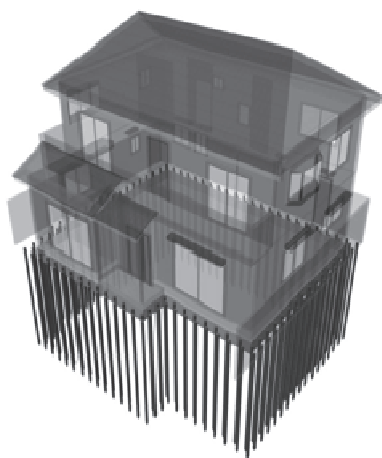


図-3 既設建物に対する丸太打設による液状化対策
(建物の周囲のみ丸太打設)

一方で、戸建て住宅などの既設小規模構造物の液状化対策については、効果を定量的に検証した工法が適切な価格で提供されていないのが現状である。そこで、著者らは、図-3のように既設構造物の周囲に丸太を打設して液状化の被害を低減する工法を提案し、振動台実験や数値解析によって沈下抑制効果を確認している^{15),16),17),18)}。この方法は、丸太を既設建物の下へ打設するのは難しく、建物周囲のみに丸太を打設するので、建物下を全面的に

改良する場合に比べて効果が限定的となると考えられる。ここでは、実際の地盤における効果を検討するため、2011年東北地方太平洋沖地震で液状化により大きな被害を受けた浦安市の地盤を想定して3次元非線形有効応力解析¹⁹⁾、および2次元非線形有効応力解析²⁰⁾を行った。さらに過剰間隙水圧の消散も考慮した解析²¹⁾も実施した。

2. 有効応力解析による検討

(1) 解析の条件

検討対象は、2011年東北地方太平洋沖地震で液状化した浦安市を想定した地盤として、浦安市の平成24年度市街地液状化対策実現可能性検討調査²²⁾で示された地盤モデルを用い、その地盤上に建つ80m²の広さを有する2階建て戸建て住宅とする。地盤条件を表-1に示す。埋土層Bs(地下水位以下)、埋立土層Fs、沖積砂層As1、As2が液状化の可能性がある層である。実際の検討においては、3次元解析に必要な膨大な計算時間を軽減するため、要素数が限定されたため、小規模構造物への影響は浅い部分の寄与が大きいことを考慮し、埋立土層Fsのみを対象とした解析を行った。解析対象の概念図を図-4に示す。丸太は地下水位である深さ1mから深さ5mまで打設し、下に3mの液状化層が残るようにしている。丸太は長さ4m、先端の径を14cmとし、地表に行くに従い1mで直径が1cm太くなるものとした。丸太の配置間隔は、計算時間からくる地盤要素数の制約で1mとしており、やや広い設定となっている。丸太は、梁要素でモデル化している。地表面から地下水位面の丸太の頭部まではコンクリート製の円柱(梁要素)を設置して丸太と連結した。また、地表では、建物の周囲のたたきの部分(板要素)と連結するようにした。建物のモデル図を図-5に、物性値を表-2に示す。丸太、コンクリート部材の物性値をそれぞれ表-3、表-4に示す。建物、基礎の重量はそれぞれ4.97kN/m²とし、基礎はべた基礎を想定し剛体として板要素でモデル化し、荷重は等分布荷重

表-1 地盤の物性値(文献22)より引用)

土質名	N値	層厚(m)	細粒分含有率(%)	密度(t/m ³)	せん断波速度(m/s)	初期せん断剛性(kPa)	ポアソン比	内部摩擦角(度)	粘着力(kPa)	間隙比
			Fc	ρ	Vs	G0	ν	ϕ	c	θ_0
Bs(乾燥)	6	1	18	1.8	145	38,038	0.3333	31	0	0.79
Bs(飽和)	6	1	18	1.8	145	38,038	0.3333	31	0	0.79
Fs	4	6	22	1.8	127	29,029	0.3333	30	0	1.02
As1	15	2	21.9	1.8	197	70,067	0.3333	35	0	1.03
As2	7	2	31	1.7	153	39,813	0.3333	30	0	1.25
Ac1	2	20	93.6	1.5	133	26,534	0.3333	0	13	2.34
Ac2	14	13	93.6	1.5	220	72,600	0.3333	0	91	2.58
Ds	74	—	10	2	388	301,088	0.3333	38	0	0.71

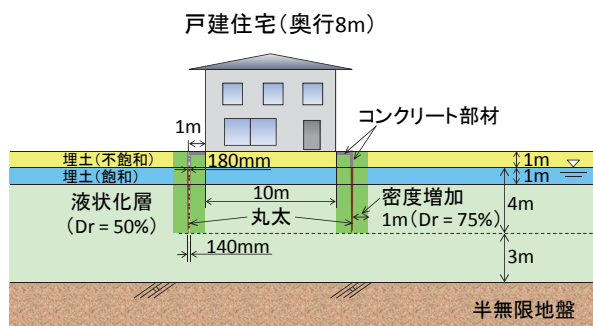


図-4 解析対象の概念図

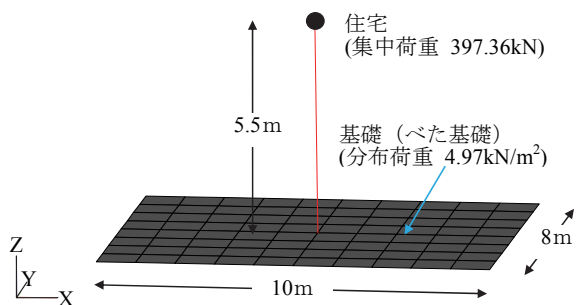


図-5 戸建住宅のモデル

表-2 住宅部分の物性値

せん断剛性 G [$\times 10^5$ kN/m ^{2}]	ポアソン比 ν	質量密度 ρ [t/m ^{3}]
6.37	0.4	0.001
断面積 (m ^{2})	断面二次モーメント [$\times 10^2$ m ^{4}]	固有周期 (s)
80	6.67	0.259

表-3 丸太の物性値

せん断剛性 G [×10 ⁵ kN/m ²]	ポアソン比 ν	質量密度 ρ [t/m ³]
6.37	0.4	0.33

G.L [m]	直径 [m]	断面積 [m ²]	断面二次モーメント [×10 ⁻⁵ m ⁴]
-1.5	0.175	0.0241	4.60
-2.5	0.165	0.0214	3.64
-3.5	0.155	0.0189	2.83
-4.5	0.145	0.0165	2.17

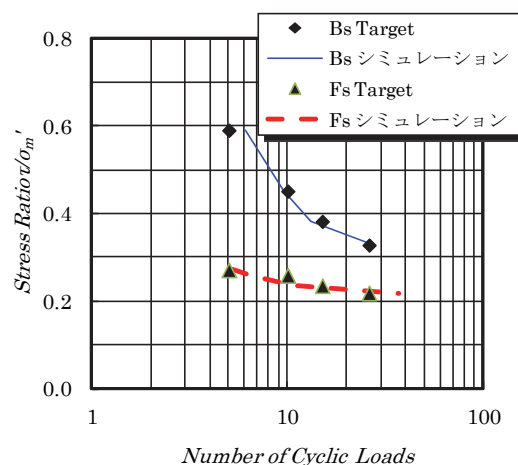
表-4 コンクリート部材の物性値

せん断剛性 G [$\times 10^6$ kN/m ^{2}]	ポアソン比 ν	質量密度 ρ [t/m ^{3}]
9.17	0.2	2.35
直径 [m]	断面積 [m ^{2}]	断面二次モーメント [$\times 10^{-5}$ m ^{4}]
0.175	0.0241	4.60

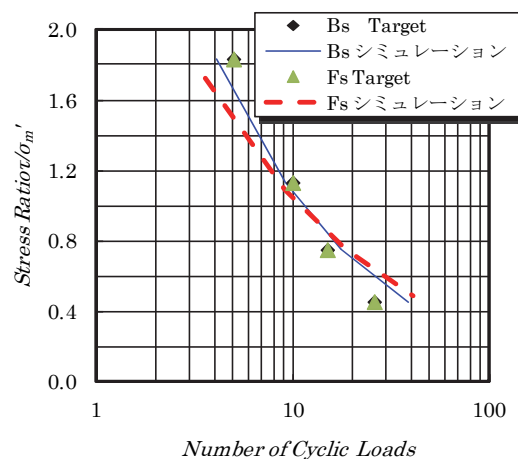
(地中の梁要素の部分)

として考えた。建物は基礎から梁要素で立ち上げ、高さ 5.5m に集中荷重を持つ一質点系でモデル化した。

液状化対策として丸太を打設した両側 50cm の範囲は、密度増加により相対密度が 75% となるものとした。密度が増加した範囲は N 値が上昇しており、それに伴ってせん断剛性も大きくなると考えられる。本来は、剛性の増加により、せん断変形を抑制する効果が期待されるが、効果の影響度を区別して検討することを考え、今回の検討では、液状化強度のみを考慮し、せん断剛性の上昇は考慮していない。液状化強度は、 N 値をもとに文献 23) の方法により設定し、それを目標値として、要素シミュレーションにより液状化パラメータを設定した。要素シミュレーションの結果を図-6 に示す。



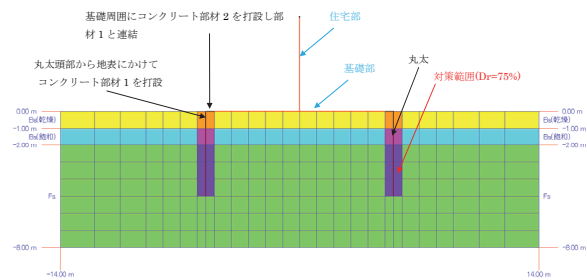
a) 未改良部



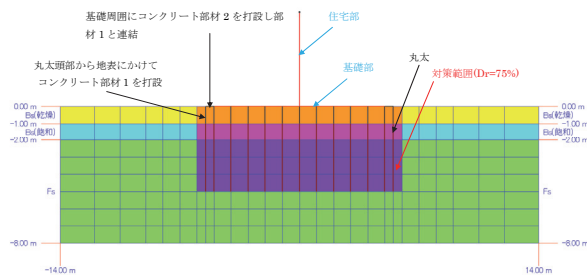
b) 改良部

図-6 液状化強度の要素シミュレーション

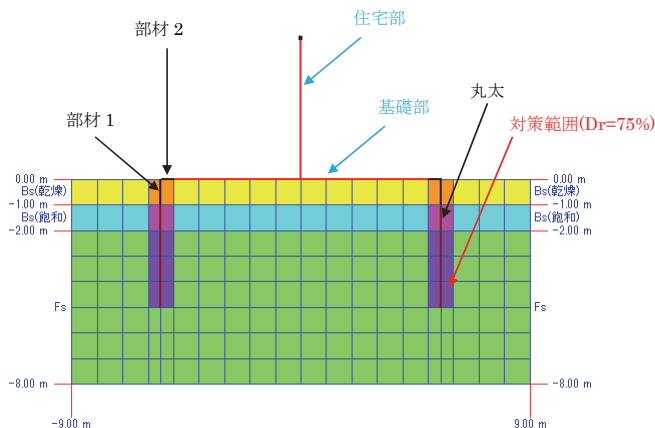
これらを 3 次元、2 次元でモデル化し、効果を検討した。なお、ここでの検討では、非排水条件で検討したため、間隙水圧の消散に伴う沈下や噴砂の噴出による沈下は考慮されていない。浦安での実際の被害状況を考える上では、少なくとも排水に伴う沈下を考慮する必要がある。



b) 対策（建物中心線）



c) 対策（ $y=5\text{m}$ の丸太列をモデル化）



d) 対策（建物中心線+副断面）

図-12 2次元解析モデルの主要部分

表-5 にそれぞれのモデルの基礎中心位置の沈下量を示す。図-13 に無対策と対策のうちモデル d の基礎中央の沈下の時刻歴を示す。対策を施したモデルで、基礎中心線で両側の丸太のみ考慮したモデル b では、無対策と

違いが見られない。丸太の列を考慮したモデル c は沈下が大きく低減される。このモデルは建物下全面を改良した場合に相当するが、やはり全面の改良効果は非常に大きい。モデル d はモデル b に加えて、面外の列状の部分を副断面で考慮したもので、沈下は 30% 低減される。両側の丸太だけでなく、囲い込む効果を適切に考慮することで、効果を表すことができるものと考えられる。

沈下の時刻歴を見ると、無対策は 150 秒以降も沈下が進行するが、対策を施した場合（モデル d）は 150 秒以降沈下が進まない。無対策では 27mm 沈下するが、丸太を打設することにより沈下は 19mm と 30% 減少する。建物基礎下の地盤で過剰間隙水圧比が 0.91 以上となった要素の面積は無対策の 60m^2 に対し、対策では 48m^2 と約 25% 減少する。面外の効果を考えない場合は、無対策とあまり沈下が変わらず、効果を表すには面外の丸太列も考慮することが必要と考えられる。

本解析では、地盤の剛性の増加については考慮していない。振動台実験では、丸太の挟まれた地盤の応力一ひずみ関係から、地盤の剛性が増加していることが確認された^{15),18)}。この効果を考慮することで、無対策との効果の違いは、より明瞭になると考えられる。

なお、2 次元解析では、さらに深い地盤の影響を見るため、深さ 50m の洪積砂層までモデル化したモデルでも検討を行った。基礎中心位置の沈下は 30mm であり、埋立層のみをモデル化した場合とあまり変わらない。表層のみをモデル化して検討することでも、結果に大きな違いはなく、適切な評価が可能と考えられる。

沈下量の大きさは、数十 mm であり、実際に生じた沈下量とは違いがある。これは、過剰間隙水圧の消散に伴う沈下、大量の砂の噴出の影響を考慮していないためと考えられる。

表-5 2次元モデルの基礎中心位置の沈下量の比較

	モデルa 無対策	モデルb 中心線、 両端のみ	モデルc 列状	モデルd 中心線、 面外考慮
沈下量 (mm)	27	27	7	19

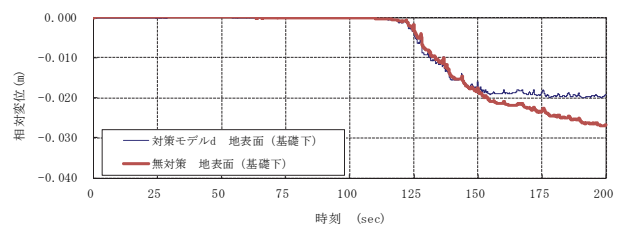


図-13 2次元解析による基礎中央の沈下の時刻歴

3. 水圧の消散を考慮した2次元解析による検討

(1) 解析の条件

前述の解析では、過剰間隙水圧の消散を考慮していないことなどから、沈下量が小さく評価された。そこで、過剰間隙水圧の消散による沈下についても検討するため、カクテルグラスモデル²⁾を用いた FLIP を用いて 2 次元有効応力解析を行った。埋土層 Bs (地下水位以下)、埋立土層 Fs の下にも、液状化の可能性がある沖積砂層 As1, As2 が存在するが、排水を考慮した解析では、計算時間が膨大となるため、小規模構造物への影響は浅い部分の寄与が大きいことを考慮し、前述の解析と同様に、埋立土層 Fs のみを対象とした解析を行った。

解析対象となる住宅や丸太による液状化対策は、図-4 に示したもので、前の解析と同様である。そのほかの条件も、先の解析と同様である。さらに、この解析では、図-14 に示すように、丸太を埋立層下端(深さ 8m)まで伸ばした場合についても検討した。この時、深さ 5m~8m の間は、径 14cm の丸太が同径で続くものとしている。液状化強度は、N 値をもとに文献 23) の方法により設定し、それを目標値として、要素シミュレーションにより液状化パラメータを設定した。要素シミュレーションの結果を図-15 に示す。

解析モデルは先の2次元解析と同じである。底面および加振方向の左右の側方境界は粘性境界とした。モデル化では基礎中央を解析断面として、奥行き方向の面外前後にある丸太列をモデル化するため、副断面を用いてモデル化した。解析は、入力地震動を300秒とし、地震動終了後の過剰間隙水圧の消散時間を7時間として検討した。

なお、この解析条件においても、事前に、深さ8mのモデルと深さ50mのモデルで1次元解析を行い、沈下量を比較した。全沈下量は50mモデル28cmであった。2011年東北地方太平洋沖地震において、浦安市では数十cmの沈下が生じており、解析で得られた沈下量は妥当な数値と考えられる。さらに砂の噴出による影響などを考慮すれば、より大きな沈下が生じたところもあることも説明できると考えられる。

深さ8mのモデルでは沈下量は23cmであり、深い部分の影響はそれほど大きくはない。また、大きな沈下が生じている両モデルとも深さ4mまでであり、これらのことから深さ8mまでのモデルでの検討を進めることとしている。

(2) 2次元解析による検討

2次元解析では、無対策と建物周囲に丸太を打設して対策を施した場合について検討した。

図-16に地震動終了時点までの基礎中央の沈下の時刻

歴を示す。300秒後の沈下は、無対策では約6cm沈下するが、丸太を打設した場合は、いずれのケースも約2cmと1/3に減少する。図-17に水圧の消散を考慮し、地震動終了から7時間後までの基礎中央の沈下の時刻歴を示す。

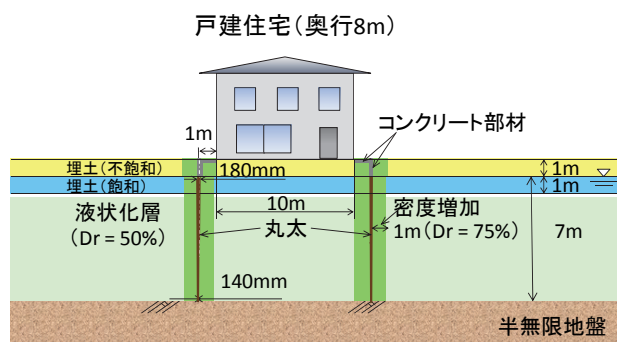
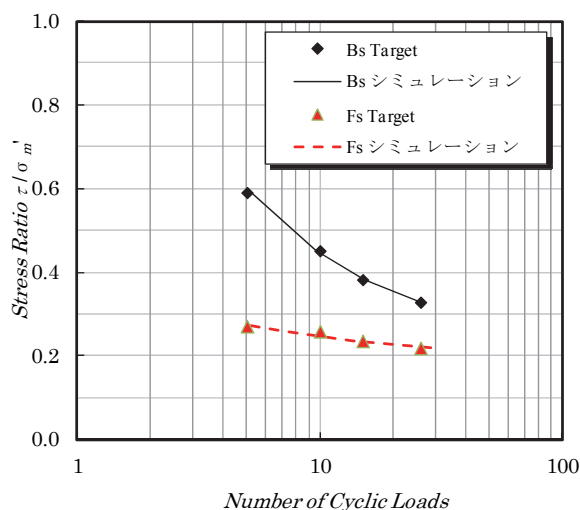
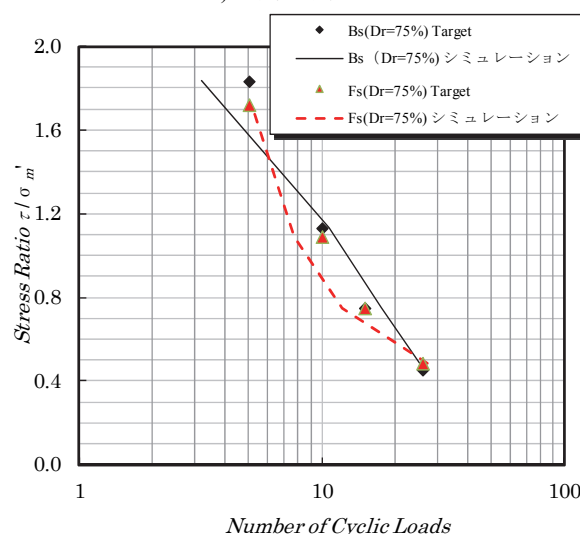


図-14 丸太を埋立層下端まで伸ばした場合の解析モデルの概念図

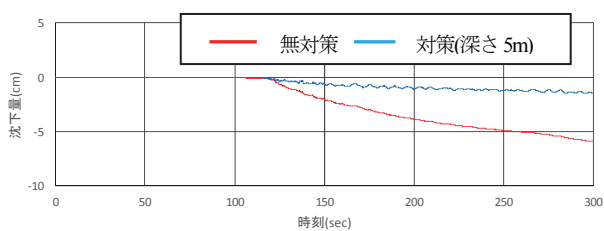


a) 木改良部

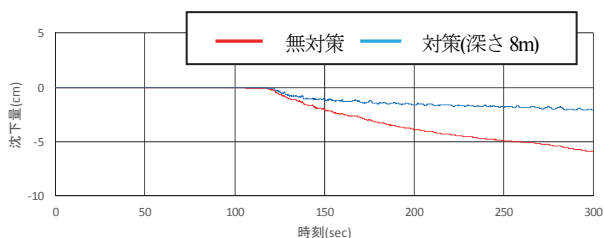


b) 改良部

図-15 液状化強度の要素シミュレーション

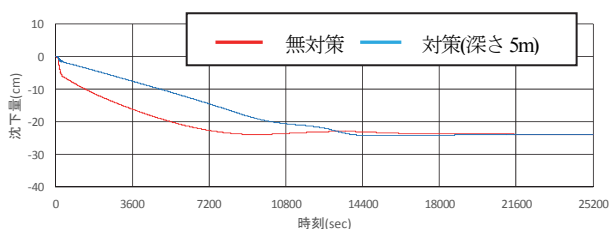


a) 無対策と対策(深さ5m)の比較

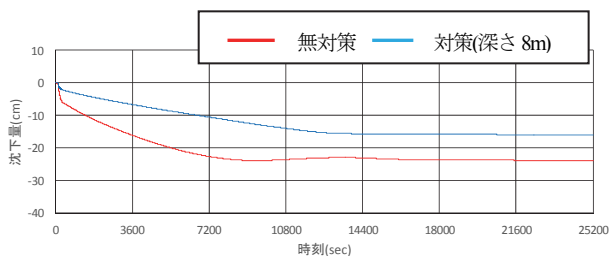


b) 無対策と対策(深さ8m)の比較

図-16 地震動作用時の基礎中央の沈下の時刻歴



a) 無対策と対策(深さ5m)の比較



b) 無対策と対策(深さ8m)の比較

図-17 水圧消散による基礎中央の沈下の時刻歴

無対策の地盤は、2時間後で約23cm、7時間後で約24cm沈下している。一方、丸太を打設したモデルでも、水圧の消散に伴って、沈下は進行し、沈下量が増加する。改良深さ5mのモデルは、2時間後で約15cm、7時間後で約23cmの沈下となり、無対策と沈下量が同程度となる。改良深さ8mのモデルは、2時間後で約10cm、7時間後で約16cmの沈下と、無対策の約2/3の沈下量となる。建物直下の地盤も水圧消散に伴って沈下が進行するため、丸太もそれに引きずられて沈下していくと考えられる。また、この解析では、丸太と地盤間の剥離を考えていないため、一層その傾向が強く表れたと考えられる。液状化層の下端まで丸太を伸ばした8mのモデルは、周囲の地

盤に引きずられるものの、先端での支持の効果などで沈下が抑制され、全沈下量は、7時間後で、無対策に比べ33%減少しており、丸太を建物の周囲に打設することで、液状化による沈下を軽減できることがわかる。過剰間隙水圧の消散まで考慮した解析で、より詳しく評価していくためには、地盤と丸太間の滑りも考慮することが必要と考えられる。

無対策の場合は、全体の沈下量のうち、地震動終了直後で1/4の沈下が生じるが、丸太を打設した場合は、全沈下量のうち、1/8～1/10であり、水圧消散過程での沈下の割合が相対的に大きい。これは、丸太が建物周囲にのみ打設され、建物直下にはないため、水圧消散で直下の地盤の沈下が進むためと考えられる。

4. 結論

既設の戸建て住宅の液状化対策として提案した丸太で建物周囲を囲む方法の有効性を、2011年東北地方太平洋沖地震で液状化被害が生じた千葉県浦安市の地盤を想定したモデルを対象にして、3次元非線形有効応力解析、2次元非線形有効応力解析、さらに水圧の消散を考慮した2次元有効応力解析によって検討した。得られた結果を以下に示す。

1)地震で実際に液状化した地盤での検討でも、建物の周りにのみ丸太を打設することで、沈下が15%から30%抑制され、液状化対策効果のある程度期待することができる。なお、地盤の剛性の増加は考慮していないため、さらに沈下は抑制される可能性がある。

2)2次元解析では、建物奥行き方向の対策範囲を考慮した副断面を有するモデルにより、対策効果を表現できる。

3)水圧の消散過程を考慮して検討し、深さ50mまでの地盤モデルで、沈下量は28cmと、実際の被害程度と比べて妥当な沈下量を得た。

4)水圧の消散過程を考慮した検討では、建物周囲のみに丸太を打設していて、建物の直下には丸太がないことから、地震動終了直後までの沈下に比べて、水圧の消散に伴う沈下の割合が、相対的には大きい。

5)建物の周りにのみ丸太を打設した場合、非液状化層まで打設することで、水圧消散後の沈下が33%抑制され、液状化対策として建物の沈下を軽減する効果があることが分かった。

6)丸太を打設した領域でのせん断剛性の増加の効果を考慮することでより効果が期待できる。また、水圧の消散を考える場合は、丸太と地盤の滑りを考慮することでより適切な評価ができると考えられる。

謝辞：本研究は、科研費（基盤B、課題番号25282115）の助成を得て実施いたしました。ここに記して、深く感

謝の意を表します。

参考文献

- 1) Yasuda S., Harada K., Ishikawa K. and Kanemaru Y. Characteristics of Liquefaction in Tokyo bay area by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku earthquake, S&F, Vol. 52, Issue 5, 793-810, 2012.
- 2) 三輪滋, 筒井雅行, 本山寛, 池田隆明, 沼田淳紀: 2011年東北地方太平洋沖地震における関東地方の液状化調査, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4, pp.I-1250-I-1265, 2012.7.
- 3) Numata A., Miwa S., Tsutsui M., Hara T., Mimura K. and Ikeda H. Use of wood for Countermeasure Against Liquefaction. World Conference on Timber Engineering, wcte-2014 PAP694, 2014.
- 4) 三輪滋, 村田拓海, 沼田淳紀: 2016年熊本地震における液状化の調査, 日本地震工学会・大会-2016 (投稿中) .
- 5) 富松義晴, 沼田淳紀, 濱田政則, 三輪滋, 本山寛: 持続可能社会に向けた土木事業における木材利用の提案, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol.68, No.2, pp.80-91, 2012.7.
- 6) 沼田淳紀, 筒井雅行, 三輪滋, 三村佳織, 池田浩明: 丸太打設液状化対策工法における炭素収支原単位, 土木学会第69回年次学術講演会概要集, V-394, pp.787-788, 2014.9.
- 7) 村田拓海, 沼田淳紀, 三輪滋, 松橋利明, 奈良岡勲: 漁港岸壁の LP-LiC による耐震補強工事における炭素貯蔵効果, 第71回土木学会年次学術講演会, 2016.9, (投稿中) .
- 8) 沼田淳紀, 村田拓海, 三輪滋, 飯田達夫, 川崎淳志, 松下克也: 大規模分譲住宅地における LP-LiC による炭素貯蔵効果, 第71回土木学会年次学術講演会, 2016.9, (投稿中)
- 9) Numata A., Hamada M., Yoshida M., Tonosaki M., Nakamura H. and Kubo H. Effect of Carbon storage due to Ground Improvement by Log Piling, International symposium on Ground Improvement Technologies and Case Histories, 783-789, 2009.
- 10) Riaz S., Numata A., Mimura K., Ikeda H. and Hori T. The Effect of Log Piling on Liquefaction. Journal of JSCE, Vol.2, 144-158, 2014.
- 11) 沼田淳紀, 村田拓海, Saima RIAZ, 三村佳織, 原忠: 大型振動実験による丸太打設の液状化対策効果, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 71, No. 4, p.I_274-I_283, 2015.
- 12) 三輪滋, 沼田淳紀, 村田拓海: 丸太打設液状化対策&カーボンストック工法の特徴と最近の適用事例, 第12回地盤工学会関東支部発表会講演集, pp.238-241, 2015.10.
- 13) 沼田淳紀, 松下克也: 丸太打設液状化対策&カーボンストック(LP-LiC)工法の適用事例, 基礎工, Vol.44, No.4, pp.64-67, 2016.4.
- 14) 三輪滋, 沼田淳紀, 村田拓海, 松橋利明, 奈良岡勲: 漁港岸壁の LP-LiC による耐震補強工事の事例, 第71回土木学会年次学術講演会, 2016.9, (投稿中) .
- 15) 村田拓海, 吉田雅穂, 五十島康平, 三輪滋: 丸太を用いた戸建住宅の液状化対策工法の開発に関する研究, 第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.550-558, 2014.12.
- 16) 吉田雅穂, 坂下和也, 三輪滋: 既設戸建住宅の基礎に丸太を連結する液状化対策に関する模型振動実験, 第50回地盤工研究発表会平成27年度発表講演集, pp.1813-1814, 2015.9.
- 17) 吉田雅穂, 塚本湧正, 三輪滋: 既設戸建住宅の基礎に丸太を連結する液状化対策に関する振動台実験, 第71回土木学会年次学術講演会, 2016.9, (投稿中) .
- 18) 三輪滋, 吉田雅穂, 村田拓海, 沼田淳紀: 丸太打設による既設戸建て住宅の液状化対策の小型振動実験および数値解析による検討, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.72, No.4, p.I_117-I_128, 2016.5.
- 19) Iai S. Three dimensional formulation and objectivity of a strain space multiple mechanism model for sand, Soils & Foundations, Vol.33, No.1, pp.192-199, 1993.
- 20) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol. 29, No. 4, pp. 27-56, 1990.
- 21) Iai S, Tobita T, Ozutsumi O, Ueda K. (2011): Dilatancy of granular materials in a strain space multiple mechanism model. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.35, No.3, pp.360-392.
- 22) ベタリーピング: 平成24年度市街地液状化対策実現可能性検討調査報告書, 2012.11.
- 23) 森田年一, 井合進, Hanlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラムF L I Pにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法, 港湾空港技術研究所資料, No.869, 1997.6.
- 24) 防災科学技術研究所: 全国強震観測網K-NET, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> (参照2015.10).

(... 受付)

NUMERICAL ANALYSIS ON LOG PILING AS A LIQUEFACTION COUNTERMEASURE FOR EXISTING HOUSES ON LIQUEFIED AREA

Shigeru MIWA, Atsunori NUMATA, Takumi MURATA and Masaho YOSHIDA,

The 2011 Great East Japan Earthquake caused significant soil liquefaction, and many residences were

damaged as a result of associated settlement and inclination. This highlighted the importance of seismic countermeasures for small-scale structures. One such measure involves driving logs into the ground to add density. As trees store carbon during growth, logs placed underground below the water table are not prone to deterioration. Based on this characteristic, subterranean log piling represents a dual measure against both global warming and liquefaction. In case of existing house, log-piles can be set only around house, so the effect of densification by log-piles are limited. The effect of suppressing the deformation of ground by the rigidity of log-pile and densified soil are expected. In this study, numerical analyses are conducted on the case of the ground in Urayasu city, which had been severely liquefied during the 2011 Tohoku-chiho Taiheiyo-oki earthquake to clarify the effect of log-piles around existing house.