

# 「戸建住宅の液状化対策(ハイスピード工法)」

東日本大震災の教訓から学ぶ、住宅地盤の重要性！



JSPA日本砕石地盤改良協会会長  
ハイスピードコーポレーション株式会社  
代表取締役 堀 田 誠

# 私の生まれ

▶ 四国 愛媛県 佐田岬半島の先っぽ



## 3. 11 東京では帰宅難民が・・・

東京では一時的に帰宅難民は発生しましたが、深夜1時ごろ鉄道が運転し始め、羽田空港は翌日7時前から、航空機の発着が始まりました。インフラは液状化対策がなされており、交通機関は無傷だった。

東京都内では、国、都、区等により、東京都庁をはじめとした所管施設、関係施設等を一時滞在施設（一時受入施設）として案内し、帰宅困難者を收容した。

一時滞在施設：1,030施設  
收容者数：約94,000人

出典：東京都災害即応対策本部「東北地方太平洋沖地震に伴う被害状況等について（第7報）」

その他、東京都以外においても多くの公共施設及び民間施設において、帰宅困難者の受け入れが行われた。

例)さいたまスーパーアリーナ、横浜アリーナ等



発災当日の都庁内の状況（東京都撮影）

【参考：発災当日の帰宅しなかった人数】

推計人数：約200万～300万人（廣井悠助教（東京大学大学院工学系研究科消防防災科学技術寄付講座）による推計）



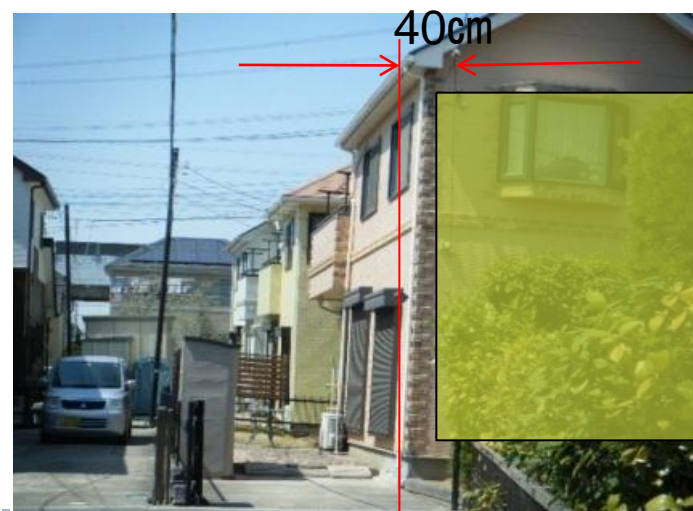
発災当日の新宿駅前の状況（新宿区撮影）

# 液状化による不同沈下の傾向

- ▶ 住宅は隣家と近い方向に傾く。
- ▶ 接道の反対方向に傾く。
- ▶ 世界中で最大規模の液状化となった。
- ▶ 浦安では、大きな不同沈下(20~40/1000)となった。



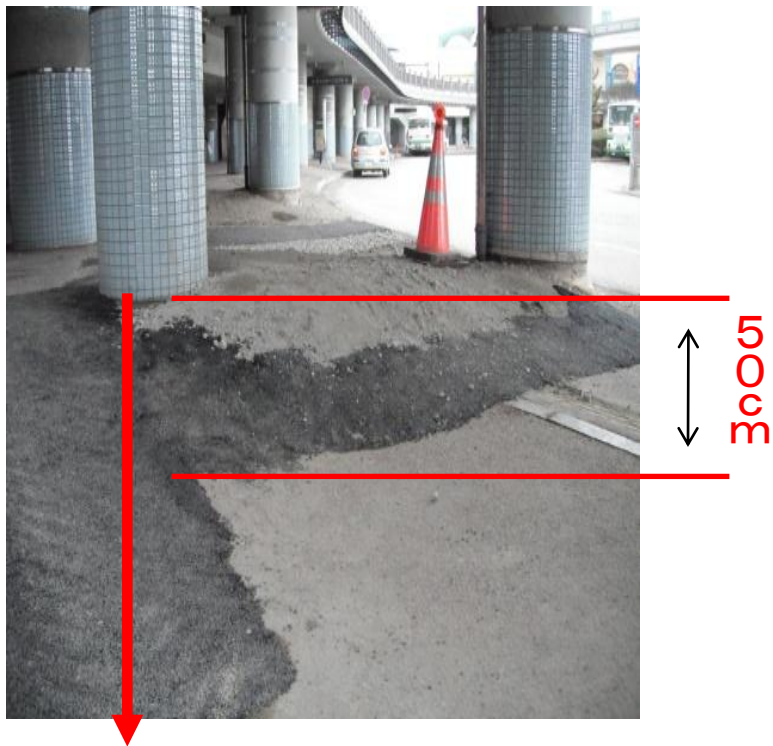
傾いた家



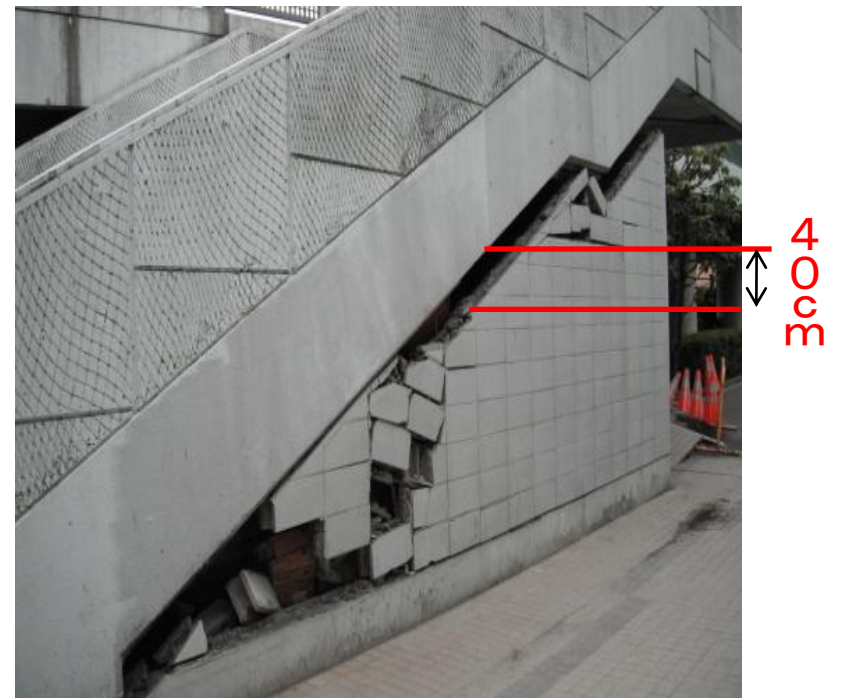
傾いた家

# 浦安市舞浜駅の 液状化による地盤沈下例

舞浜駅正面の地盤沈下



舞浜駅正面の歩道橋下地盤沈下



柱の下は支持杭40m、液状化発生後周辺は50cmの地盤沈下を起こしている。

# 不同沈下を修復した事例

---

- ・約80cm(80/1000)の不同沈下を修正した例
- ・沈下修復工事費用は新築工事なみ



(修復前)



(茨城県神栖市)

(修復後)

# 戸建て住宅の不同沈下被害

---

- ▶ NHKの2011年7月7日報道によると**液状化**により被害を受けた住宅は**23,700棟**！
- ▶ 日本の住宅は震度6～7にも耐えたが、地盤の液状化に備えていない！



**・やるべきことは液状化対策！**

---

# 建築基準法にあるビルダー責任

---

- ▶ 国土交通省告示1113号第2(平成13年7月2日)により**地震時の液状化による地盤の変形について有害な損傷、変形及び沈下が生じないことを確かめること**を定義している。



- ▶ 設計士(ビルダー)の責任として避けられない。



- ▶ 液状化の危険性を判定し、進言する。





# 液状化被害により、浦安市で大手企業が相次いで訴えられる

液状化により家が全壊したのは、大手ビルダーが選択した布基礎のせいだ。

- ・2001年告示1113号以前の住宅ですら訴えが提起される。
- ・告示1113号以降の物件は必須。

「法が液状化を想定しているにもかかわらず、『天災』だと言い切れるのか。」(弁護士談)

(日経ホームビルダー3月号より抜粋)

**Part3 地盤**  
**液状化被害でも責任を問われる?**

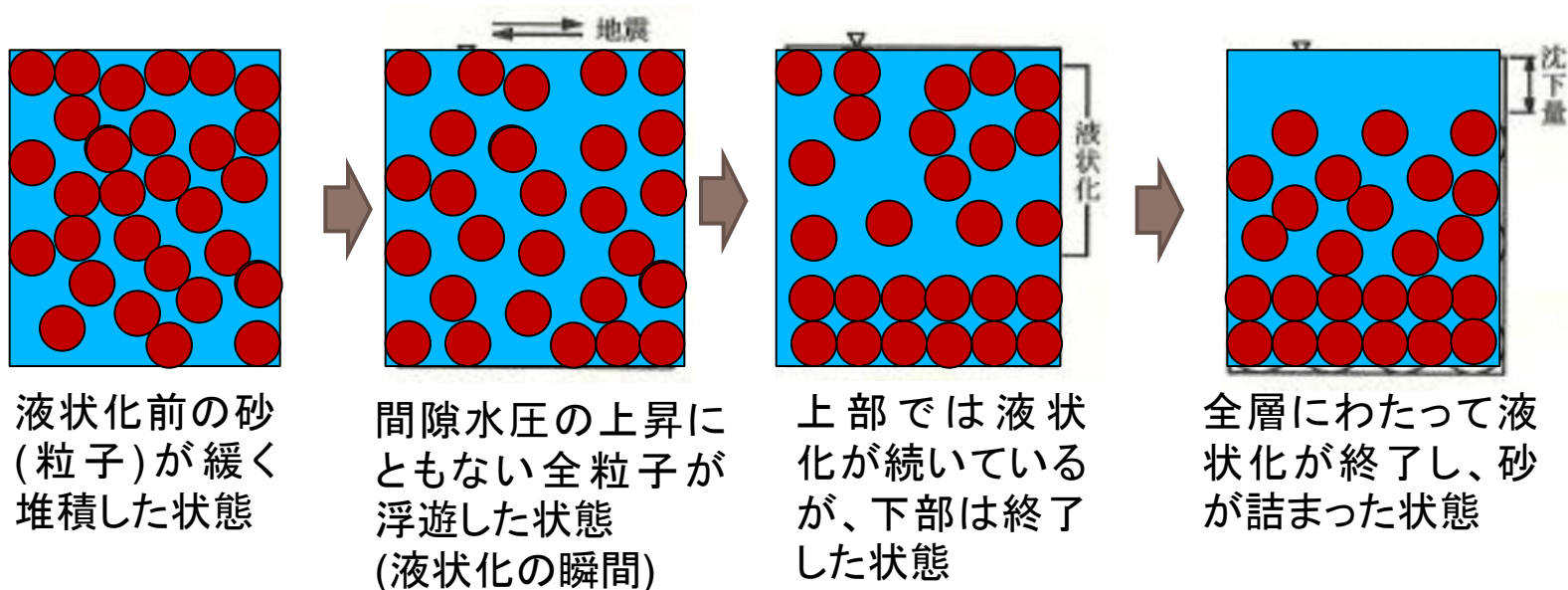
東日本大震災の液状化被害  
全壊したのは布基礎のせいだ—積水ハウスを提訴

「法が液状化現象を想定しているにもかかわらず、『天災』だと言い切れるのか。判断が覆れば、いったんユーザーが負担した補修費は住宅会社が返金せざるを得なくなる。大会社が返金せざるを得なくなる。大

規定が出来る以前の住宅ですら訴えが提起されるなか、築10年以内の住宅ならなおさら、基礎形式の選定責任を問われても不思議はない。ある弁護士はこう指摘する。

「法が液状化現象を想定しているにもかかわらず、『天災』だと言い切れるのか。判断が覆れば、いったんユーザーが負担した補修費は住宅会社が返金せざるを得なくなる。大会社が返金せざるを得なくなる。大

# 液状化のメカニズム



## 地震時に液状化しやすい地盤

柱状図からの即時判定

- ・液状化マップに入っている
- ・地下水位が高い (GL-3mより上)
- ・砂地盤
- ・緩い地盤 (N値7以下)



## 【必要な情報】

N値

地下水位

土質(砂)の判定

細粒分含有率

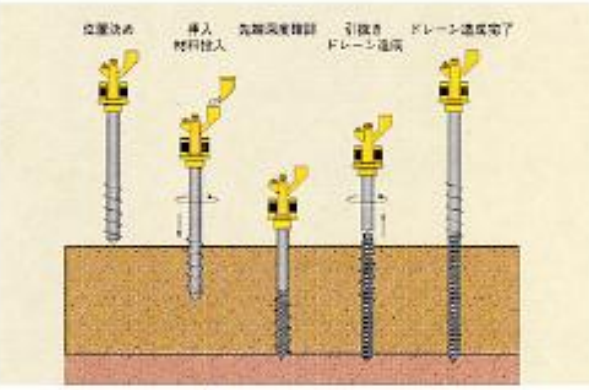
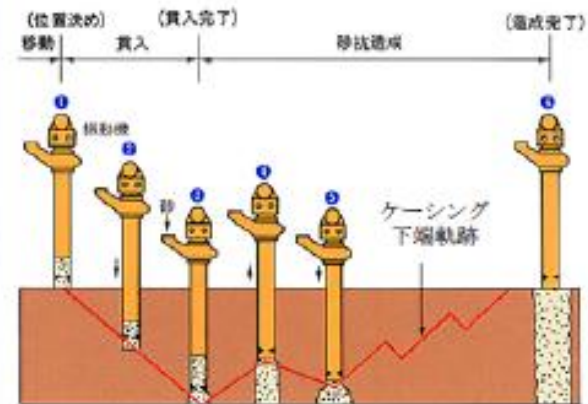
35(50)%未満

# 浦安の噴砂による液状化実験

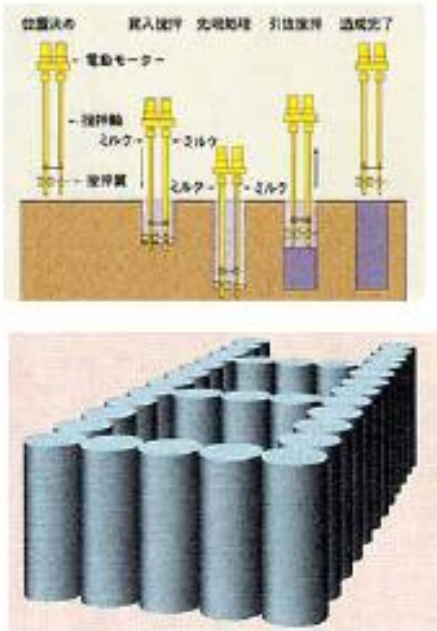
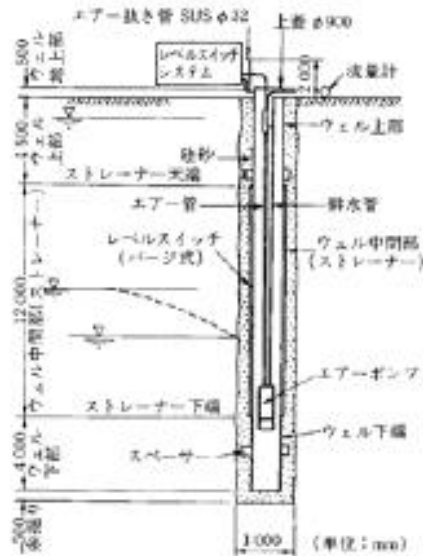
ガイアの夜明けで放映された液状化実験は浦安市の高須小学校でいただいた噴砂を使っています。



# 主な液状化対策工法

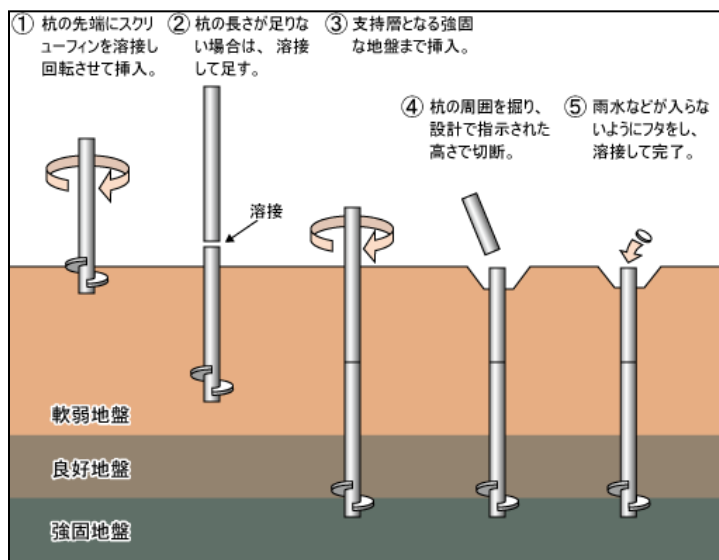
工法名	排水（過剰間隙水圧の消散）	締固め（密度の増大）
	グラベルドレーン工法	サンドコンパクションパイル工法
工法概要	<p>砂地盤中に透水性の良い砕石の杭を造成することによって、地震発生時の過剰間隙水圧を消散させ、液状化を防止する工法である。</p>  <p>The diagram illustrates the five steps of gravel drain construction: 1. Positioning (位置決め), 2. Insertion and material filling (挿入 材料投入), 3. Initial vibration (初期振動), 4. Withdrawal and drainage (引き上げ ドレーン完成), and 5. Completion of drainage (ドレーン完成完了). It shows a vertical pipe being inserted into the ground, filled with gravel, and then vibrated to create a drain.</p>	<p>ケーシングパイプを先端閉塞の状態では中に貫入させ、所定の深度に達したところでケーシング内に砂を入れ、ケーシングを引き抜きながら、砂を地中に圧入することにより、締固められた砂杭を形成する。この時、周辺地盤を側方に圧縮するとともに振動締固めを行う。</p>  <p>The diagram shows the four stages of sand compaction pile construction: 1. Positioning and movement (位置決め 移動), 2. Insertion (貫入), 3. Sand filling and vibration (砂杭造形), and 4. Completion (造成完了). It depicts a casing pipe being inserted into the ground, filled with sand, and then vibrated to compact the sand and surrounding soil. Labels include '振動機' (vibrator), '砂' (sand), and 'ケーシング 下端軌跡' (casing bottom track).</p>

# 主な液状化対策工法

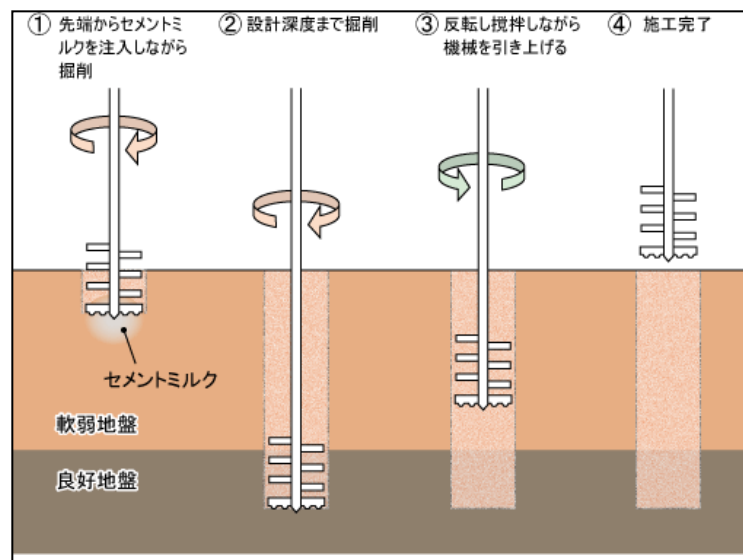
固結	地下水低下
<p>深層混合処理工法（格子状改良）</p>	<p>ディープウェル工法</p>
<p>セメント系等の改良材を水と混合して地盤に圧送し、攪拌翼により攪拌混合することにより地盤中に強固なセメントパイルを造成する。地盤を格子状に改良し、固化体で囲まれた砂地盤のせん断変形を抑止することにより、液状化の発生を防止する。</p>	<p>対象砂質土中に 0.5~1.2m の径で削孔し、直径 0.3~0.8m のストレーナー管を挿入して、その周囲をフィルター材で充填して井戸をつくる。その中に排水ポンプを設置・揚水することにより地下水位を低下させる工法である。</p>
 <p>The diagram illustrates the deep mixing process in four stages: 1. Positioning (位置決め), 2. Injection and mixing (注入攪拌), 3. Completion of mixing (攪拌終了), and 4. Completion of the pile (造成完了). Components shown include an electric motor (電動モーター), mixing shaft (攪拌軸), mixing blades (攪拌翼), and mixing water (混合水). Below the diagram is a 3D perspective view of a grid of grey cylindrical cement piles.</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a deep well with various components and depth markers. Key components include: Air pipe (エアースキ管 SUS φ32), Level switch (レベルスイッチ), Flowmeter (流量計), Well top (ウェル上部), Sand (砂), Strainer top (ストレーナー上端), Air pipe (エアースキ管), Level switch (ボージ式) (レベルスイッチ (ボージ式)), Water pipe (排水管), Well middle section (ストレーナー) (ウェル中間部 (ストレーナー)), Air pump (エアージェンワ), Strainer bottom (ストレーナー下端), Well bottom (ウェル下端), and Spacer (スペーサ). Depth markers on the left indicate 500m (ウェル上部), 1500m (ウェル上部), 12000m (ウェル中間部), 4000m (ウェル下部), and 500m (ウェル下部). A scale bar at the bottom indicates 1000 units (単位: mm).</p>

# 液状化しても家を傾けない工法

- ▶ 地盤の液状化は止められないが、家が宙吊りになっても不同沈下を防ぐ。



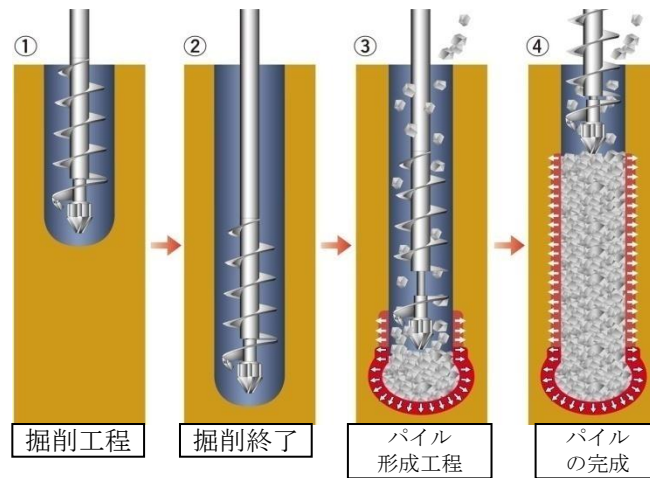
鋼管杭(支持杭)



セメント柱状改良(摩擦併用柱状体)

# 技術の概要

- 軟弱地盤を掘削し、天然碎石パイルを構築することにより、碎石パイルと原地盤を複合的に作用させ、支持力を増加します。(複合地盤理論)



- 許容支持力算定式(建築基礎のための地盤改良指針案・日本建築学会)

$$q_a = (1 - a_s) \cdot q_{a1} + a_s \cdot q_{a2}$$

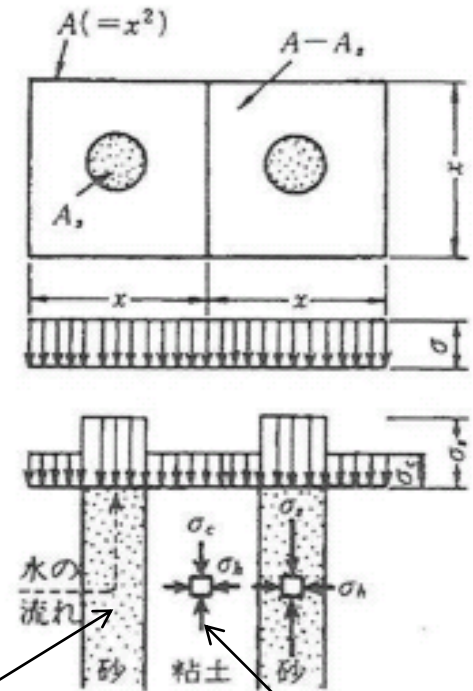


図-1.2 複合地盤の基本概念

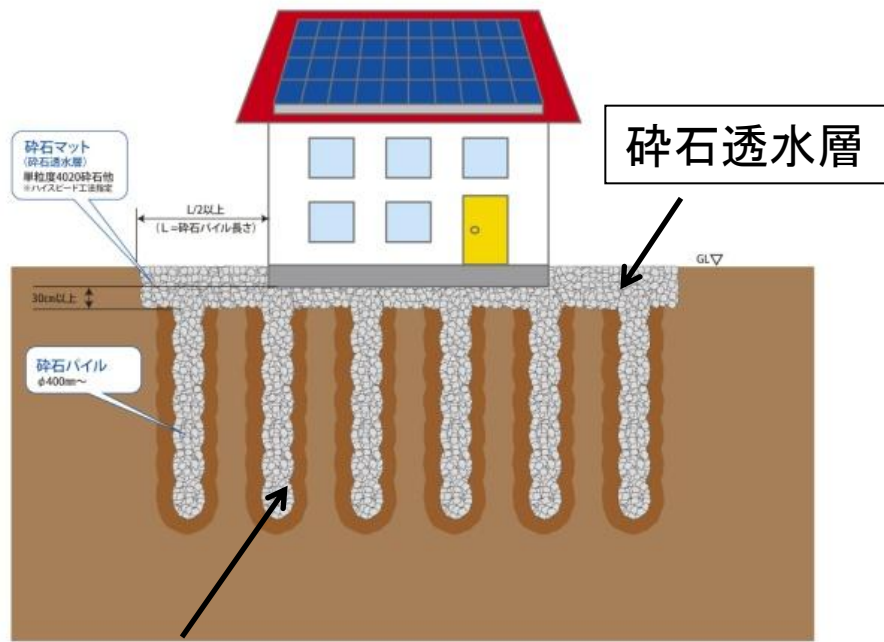
$q_{a1}$  (碎石パイルの長期支持  
力度

$q_{a2}$  原地盤の長期支持力  
度

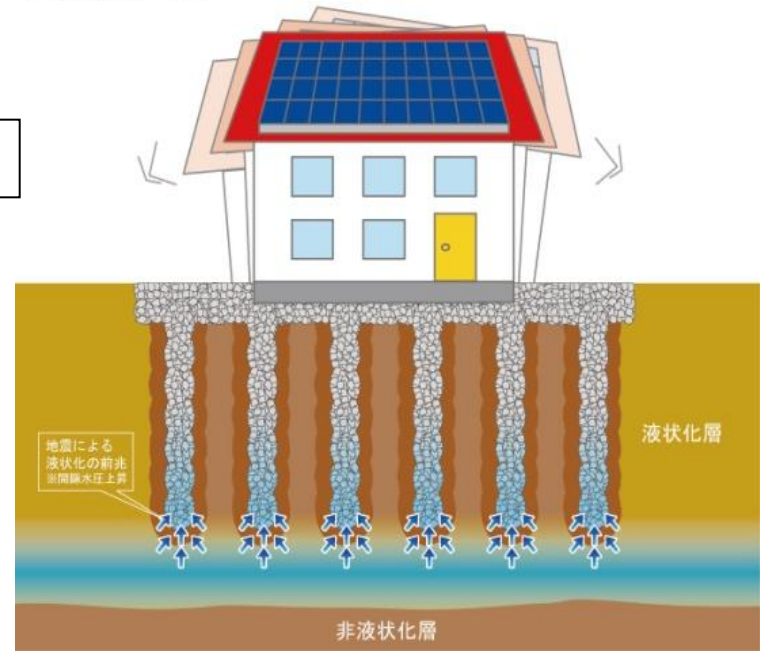
# ハイスピード工法による液状化対策例



地震前



地震発生時



(砕石柱状体と砕石透水層)

(地震により余剰間隙水発生)

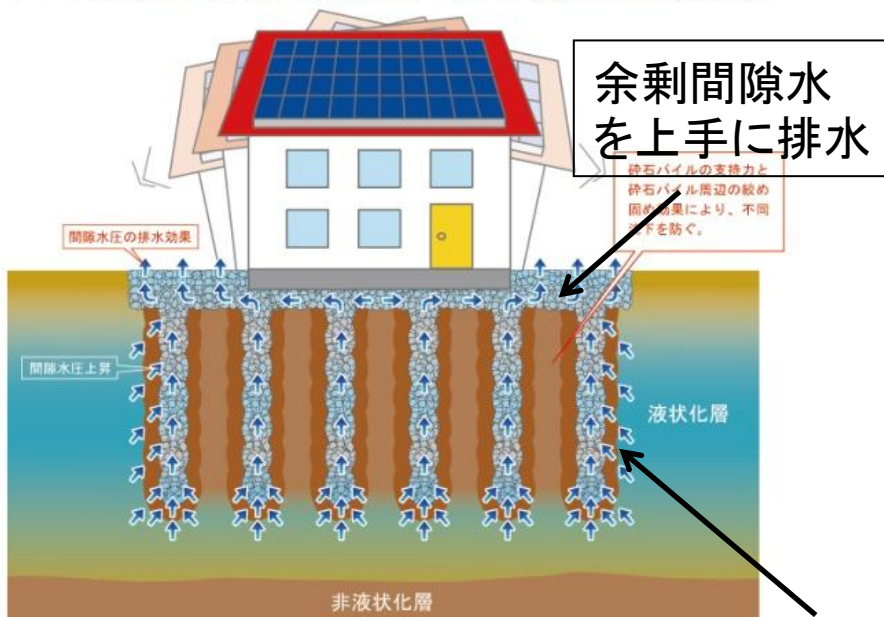


# ハイスピード工法による液状化対策例



間隙水圧を消散しながら、砕石パイルと  
パイル周辺の圧密効果により液状化を抑制

地震終了



(余剰間隙水の消散状況)

柱状体周辺の  
地山圧密効果

(地震終了)

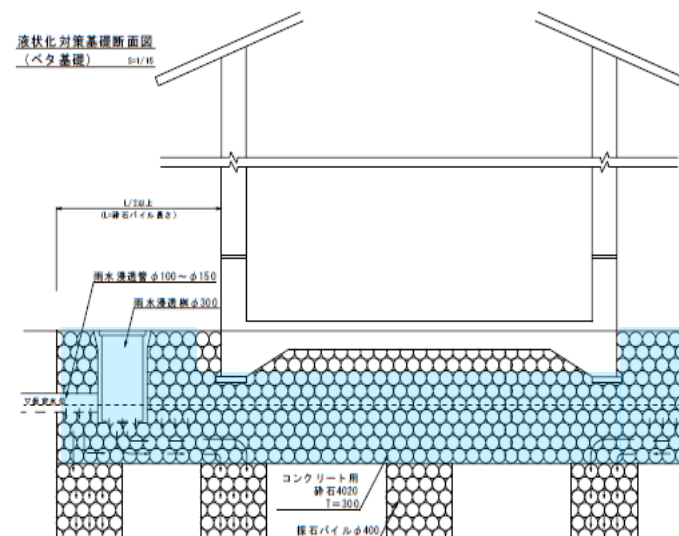
# 液状化地域の碎石パイル (ハイスピード工法)の実績

茨城県	神栖市賀	木造	2階建て	ベタ基礎	6.4/1000
茨城県	神栖市深芝	木造	2階建て	ベタ基礎	6.0/1000
茨城県	神栖市深芝	木造	2階建て	ベタ基礎	2.2/1000
茨城県	潮来市	木造	2階建て	ベタ基礎	被害なし
茨城県	稲敷市	木造	2階建て	ベタ基礎	被害なし

(ガイアの夜明け・日経ホームビルダー掲載物件)

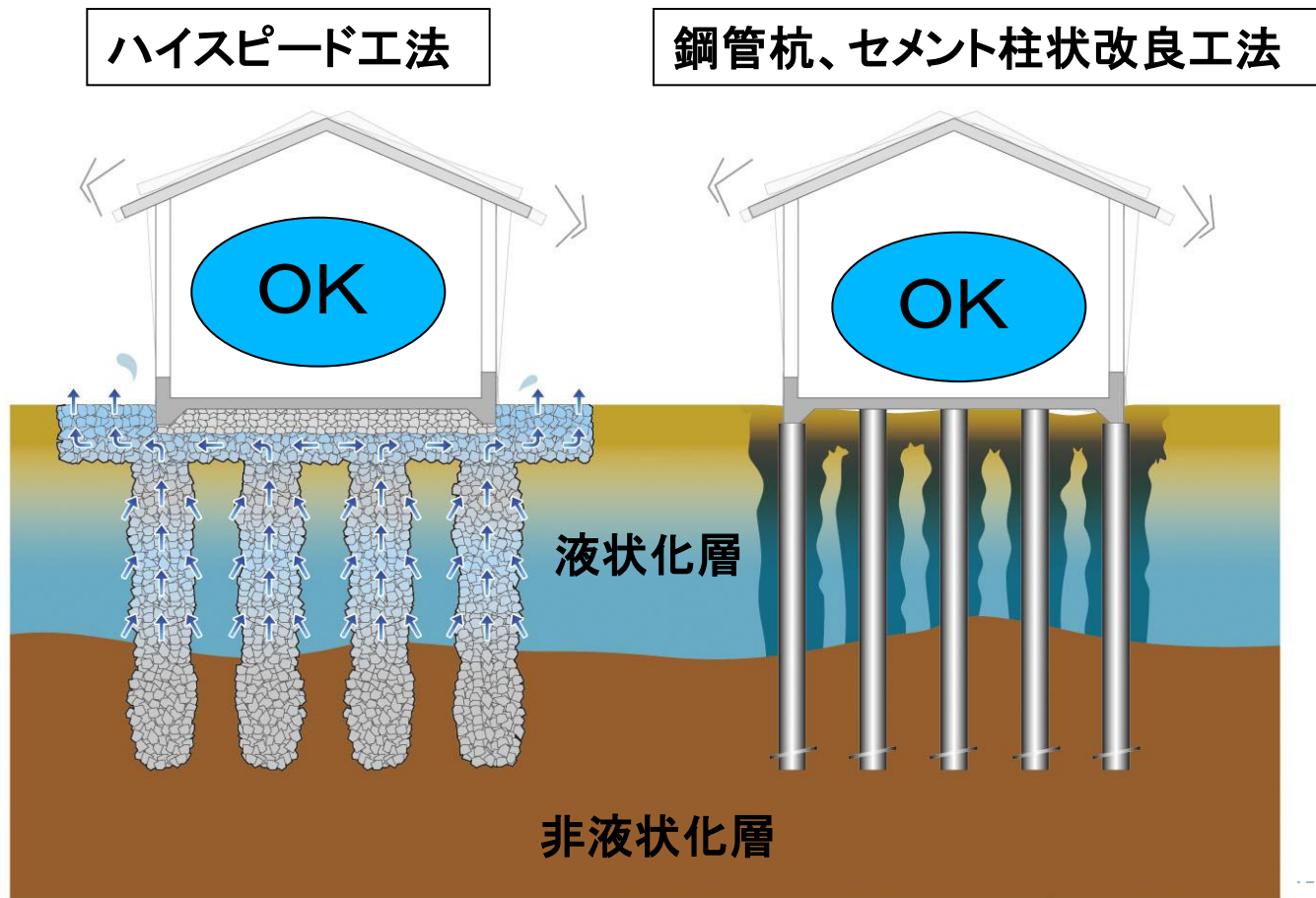
(建築知識掲載物件)

- ① 周辺が目測で20～60/1000の傾斜角の中、**2～6/1000程度で、被害が少なかった。**
- ② 今回の該当現場の設計は**液状化対応をしていないにもかかわらず、被害が小さかったことは、液状化対策設計をすることで、より有効であることを確認できた。**
- ③ 液状化地域では液状化対策の設計をしていなくても、基礎下に碎石(40 - 20mm)透水層を作っておくことで被害を軽減できる可能性が高い。



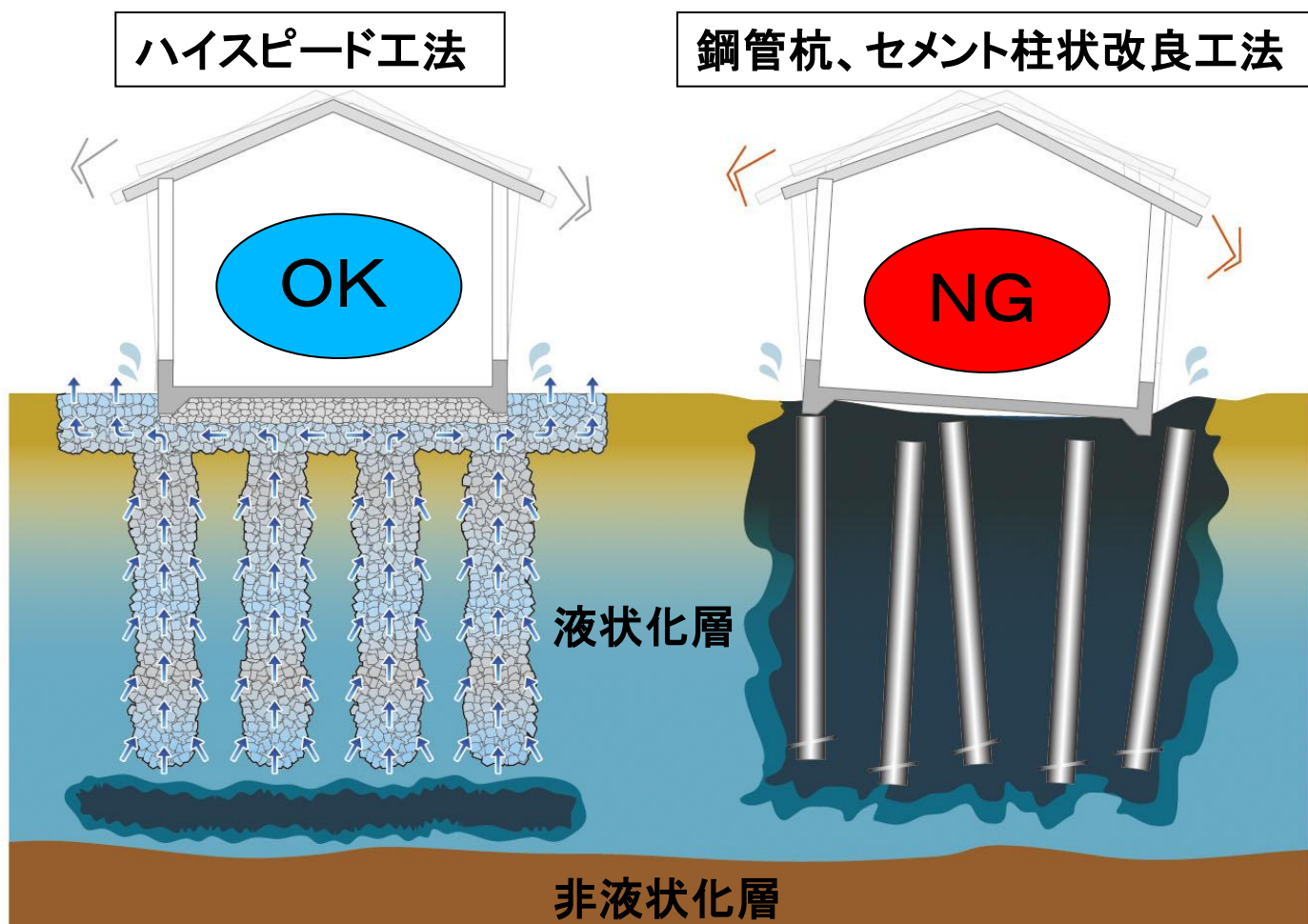
碎石透水層標準図

# 想定内の液状化はOK



「杭が液状化層の下にある場合は大丈夫！」

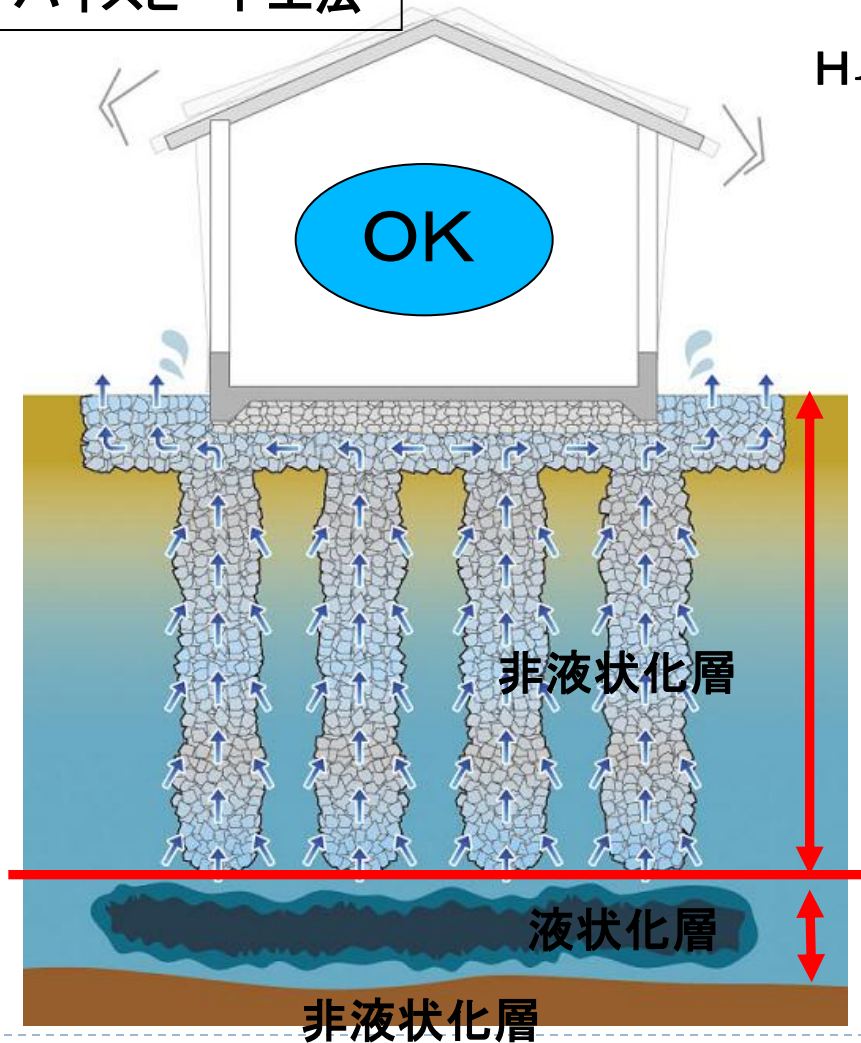
# 想定外の液状化は危険



▶「杭は予想される最大深さまで、施工しないと効果がないことも」

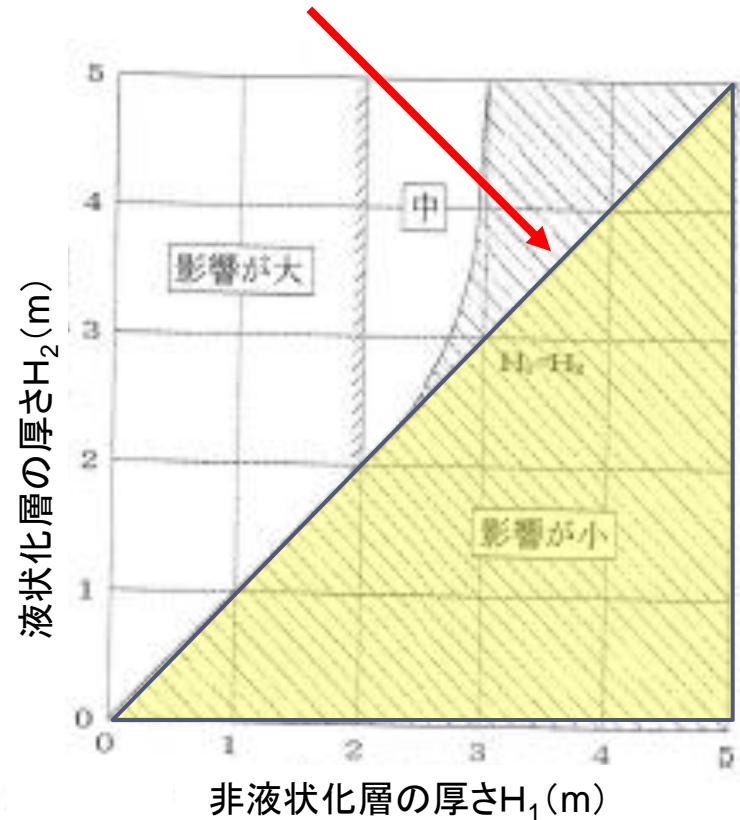
# 砕石工法の液状化特性

ハイスピード工法



$H_1 \geq H_2$  であれば液状化の影響は小さい

(1 : 1のライン)



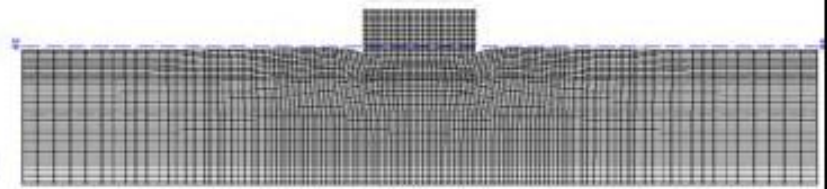
▶「砕石柱状体の下が液状化してもOK！」

# 締め固め工法の特徴

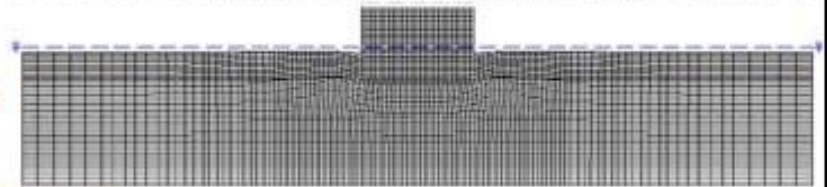
東京電機大学 安田 進教授の資料より

地下水位, 締め固め深さが沈下量に与える影響の試算 (ALIDによる)

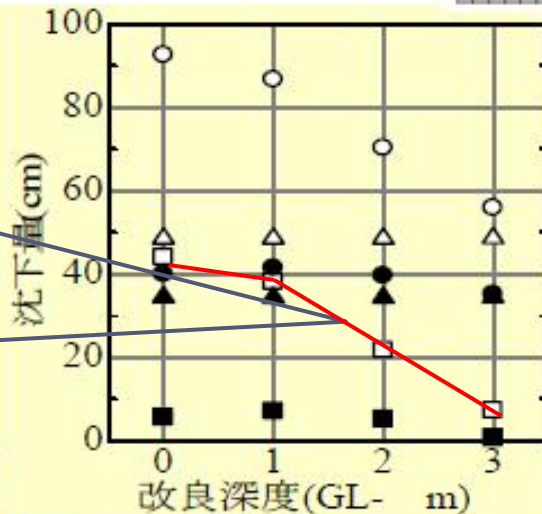
a) 無対策(地下水位GL-0.0m)



b) 締め固め工法(改良深度3.0m, 地下水位GL-0.0m)



締め固め工法改良長3mで、沈下量は激減する。



<地下水位 GL-0.0m>

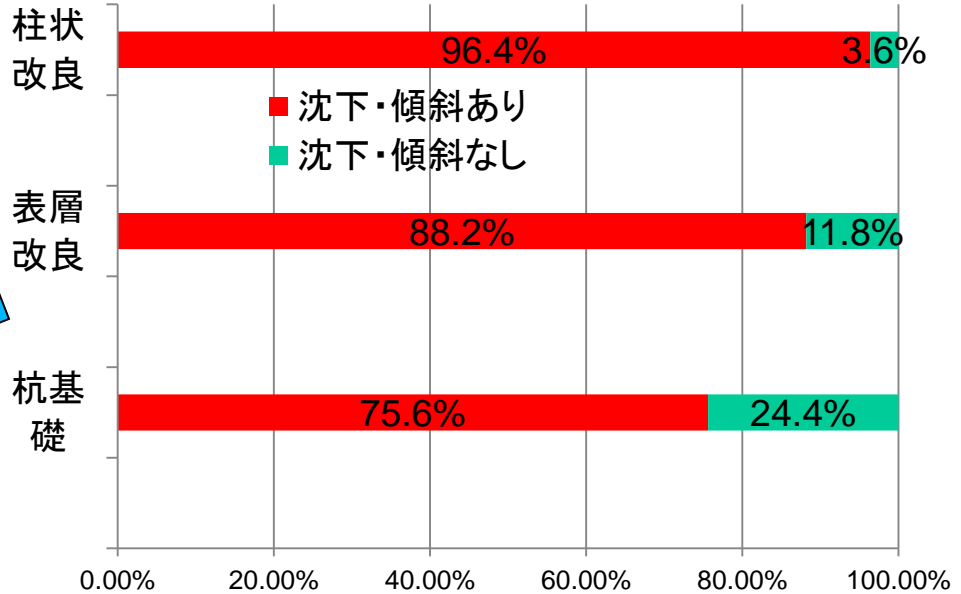
- 家屋絶対沈下量
- △地盤の沈下量
- 家屋めり込み沈下量
- ◇家屋両端から1.0m程度改良幅を広げた時の家屋めり込み沈下量

<地下水位 GL-1.0m>

- 家屋絶対沈下量
- ▲地盤の沈下量
- 家屋めり込み沈下量

# 杭の液状化対策は深さが大事

液状化の被害が甚大だった**浦安市**のある地区で、**杭基礎**を使っていた住宅の**75.6%**が**不同沈下**していた。



（日経ホームビルダー12月号掲載記事）

**柱状改良の96.4%は不同沈下！**

ご清聴に感謝いたします。

---

