

---

# 液状化による 傾斜住宅の補修方法

平成23年3月18日



社団法人 日本建築構造技術者協会 (JSCA・千葉)

---

# 平成23年東北地方太平洋沖地震

平成23年3月11日 午後2時46分

マグニチュード 9.0

震度 7

千葉市美浜区 震度 5強

東北地方太平洋地震は、各地に甚大な被害をもたらしています。

千葉市でも液状化により、多くの住宅に傾きがみられます。

被害に遭われた皆さまやご家族の方々にはお見舞いを申し上げますとともに、被災された皆さまの一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。

社団法人 日本建築構造技術者協会(JSCA・千葉)

---

# 目次

## 1. 液状化とは

木造住宅の

## 2. 応急危険度判定とは

## 3. 傾斜住宅に住む弊害

液状化による

## 4. 傾斜住宅の補修方法

木造住宅の

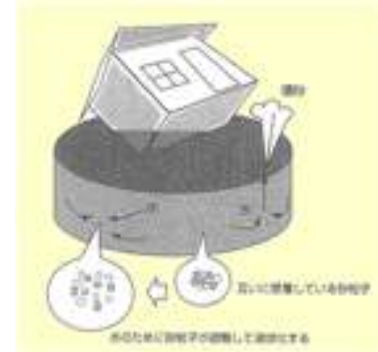
## 5. 液状化対策

## 6. おわりに

---

# 1. 液状化とは

## i) 液状化のメカニズムとは



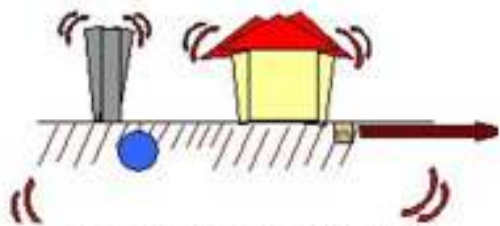
「液状化」とは、水で飽和した砂地盤に振動が作用することにより、それ以前は安定していた地盤が、液状になり流動しやすい状態になることを指します。液状化した部分が圧力を受けたときに、完全に密閉状態にあれば、流動化することはありませんが、水道(みずみち)ができるとそこを流れて液状化した部分が流れ出し、地上に水と砂が噴き出します。これにより、地盤が沈下します。



液状化前の地盤



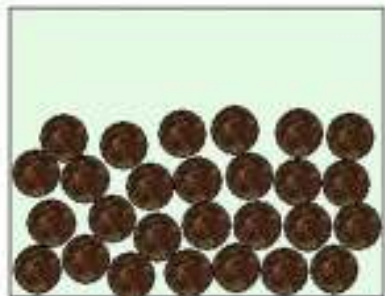
安定している地盤が地震でゆさぶられる。



右図のように砂の粒同士が離れて、水に浮いた状態。



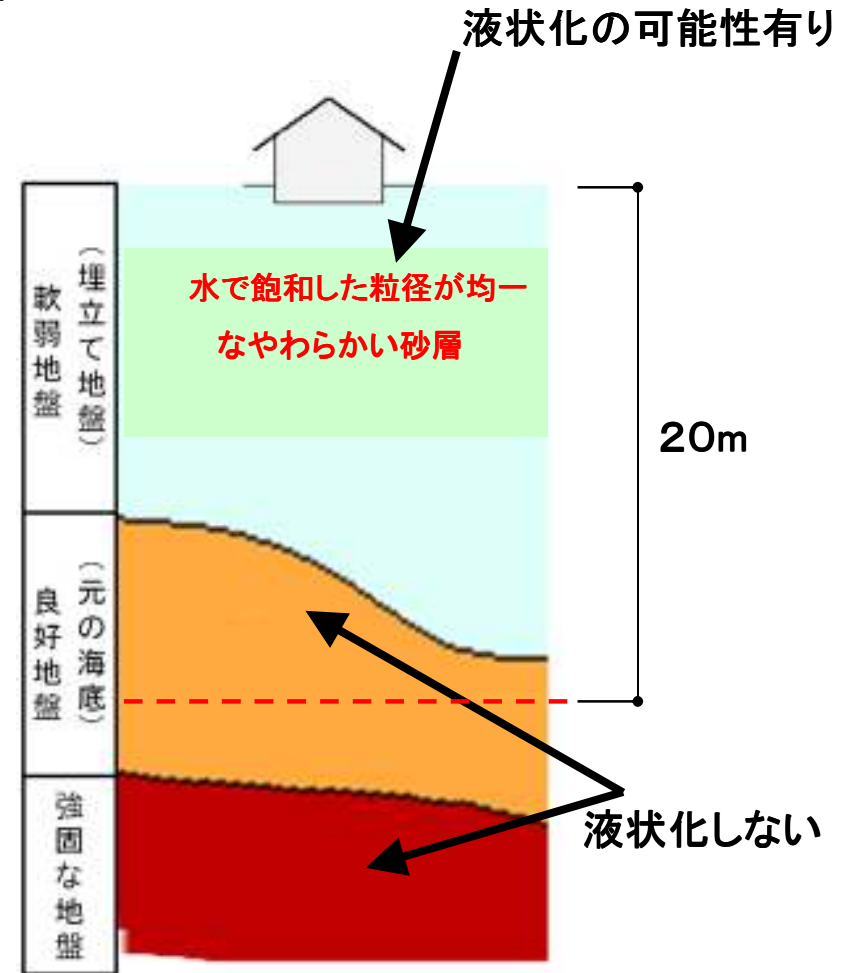
液状化した地盤



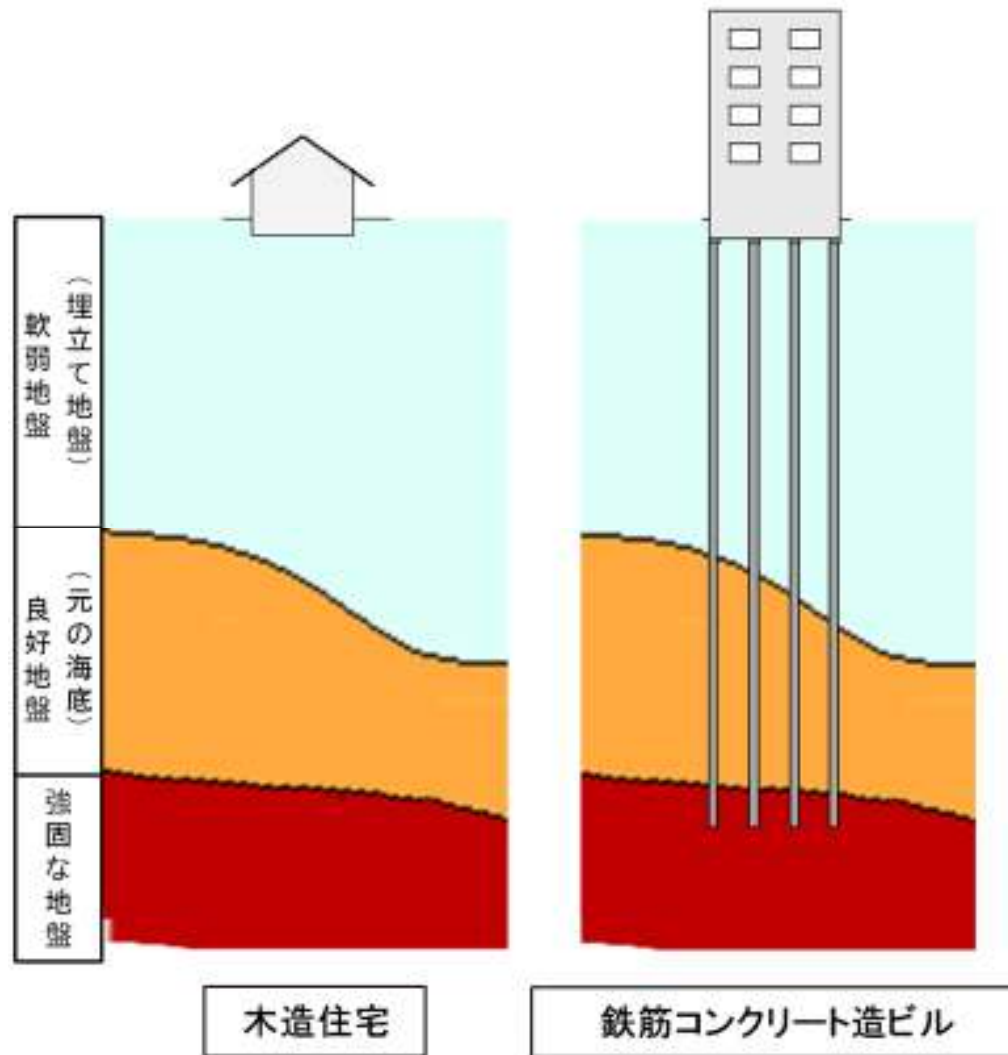
液状化した後の地盤

## ii) 液状化の生じやすい地盤とは

液状化は、水で飽和した粒径が均一なやわらかい砂層(平均粒径0.15~1.0mm)が地表面から20m程度の深さまでに存在する場合に、液状化しやすいと、一般的に言われております。



### iii) 建物による支持方法の違いとは



#### 【木造住宅】

住宅等の軽い建物は、一般的に上部のやわらかい地盤に基礎を設けております。

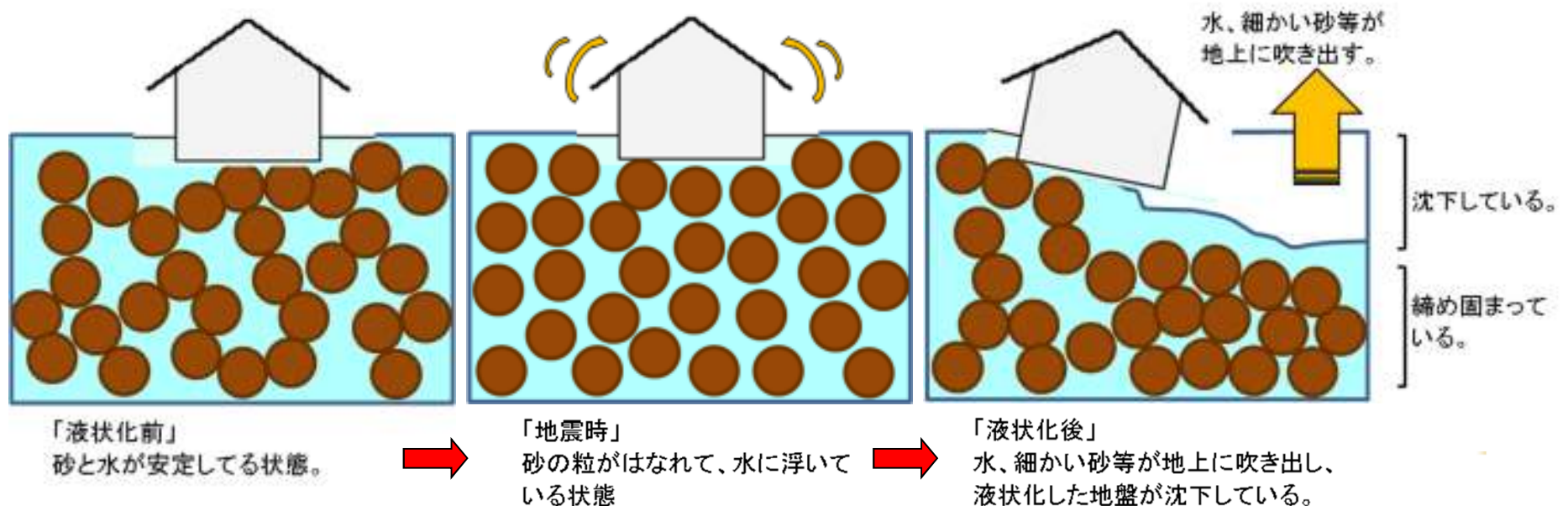
#### 【鉄筋コンクリート造ビル】

マンション等は、一般的に杭を固い地盤まで設けております。

## v) 液状化したあと、どうなるの？

一般的に液状化により、液状下層中の水と砂が地上に排出され、その部分は地盤が下がるため、空洞になることは少ないと考えられます。

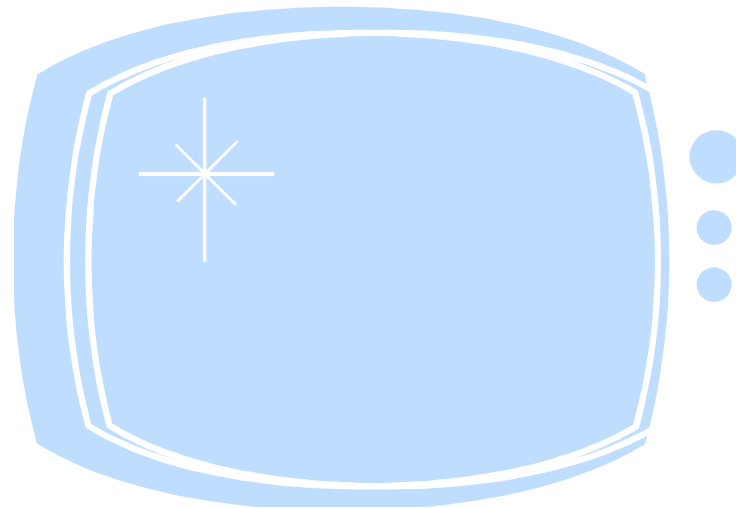
また、液状化した地層は液状化後水分が抜け、地震時の振動によって締め固まることが多いと考えられます。**その後、水分が進入した場合は、地震により表層の液状化の可能性は否定できません。**





---

## v) 液状化の動画



## 木造住宅の

# 2. 応急危険度判定とは

i) 応急危険度判定とは  
 大地震により被災した建築物を  
 調査し、その後に発生する余震な  
 どによる倒壊の危険性や外壁・窓  
 ガラスの落下、付属設備の転倒な  
 どの危険性を判定することにより、  
 人命にかかわる二次的災害を防  
 止することを目的としています。  
 今回の調査は、これを準用して  
 安全性を確認しました。

**木造建築物の応急危険度判定調査表**

※計量は数字で記入  
 木

整理番号 \_\_\_\_\_ 調査日時 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 午前・午後 \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分 調査回数 \_\_\_\_\_ 回目  
 調査者氏名 (都道府県/No) \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

**建築物概要**

1 建築物名称 \_\_\_\_\_ 1.1 建築物番号 \_\_\_\_\_ 建築物番号  
 2 建築物所在地 \_\_\_\_\_ 2.1 住宅地図整理番号 \_\_\_\_\_ 住宅地図整理番号  
 3 建築物用途 1.戸建て専用住宅 2.長屋住宅 3.共同住宅 4.併用住宅 5.店舗 6.事務所  
 7.旅館・ホテル 8.庁舎等公共施設 9.病院・診療所 10.保育所 11.工場  
 12.倉庫 13.学校 14.体育館 15.劇場、遊戯場等 16.その他 ( \_\_\_\_\_ ) 3  
 4 構造形式 1.在来軸組構造 2.枠組(壁)工法(-----) 3.プレファブ 4.その他 ( \_\_\_\_\_ ) 4  
 5 階数 1.平屋 2.2階建て 3.その他 ( \_\_\_\_\_ ) 5  
 6 建築物規模 1階寸法 約 \_\_\_\_\_ m× \_\_\_\_\_ m 階 \_\_\_\_\_ m 幅 \_\_\_\_\_ m 深 \_\_\_\_\_ m

調査 調査方法：(1.外観調査のみ実施 2.内観調査も併せて実施)  
 1 一見して危険と判定される。(該当する場合は○を付け危険と判定し調査を終了し総合判定へ)  
 2 内観調査も併せて実施

1 建築物全体又は一部の崩壊・陥没	2.基礎の著しい破壊、上部構造との著しいずれ
3.建築物全体又は一部の著しい傾斜	4.その他 ( _____ )

**2 隣接建築物・周辺地盤等及び構造躯体に関する危険度**

	Aランク	Bランク	Cランク
①隣接建築物・周辺地盤の破壊による危険	1.危険無し	2.不明確	3.危険あり
②構造躯体の不同沈下	1.無し又は軽微	2.著しい床、屋根の落ち込み、浮き上がり	3.小規模の破壊、床全体の沈下
③基礎の被害	1.無被害	2.部分的	3.著しい(破壊あり)
④建築物の1階の傾斜	1.1/60以下	2.1/60～1/20	3.1/20超
⑤壁の被害	1.軽微なひび割れ	2.大きな亀裂、剥落	3.落下の危険有り
⑥腐食・錆害の有無	1.ほとんど無し	2.一部の断面欠損	3.著しい断面欠損
危険度の判定	1.調査済み 全部Aランクの場合(要内観調査)	2.要注意 Bランクが1以上ある場合	3.危険 Cランクが1以上ある場合

**3 落下危険物・転倒危険物に関する危険度**

	Aランク	Bランク	Cランク
①瓦	1.ほとんど無被害	2.著しいずれ	3.全面的にずれ、破損
②窓枠・窓ガラス	1.ほとんど無被害	2.歪み、ひび割れ	3.落下の危険有り
③外装材 湿式の場合	1.ほとんど無被害	2.部分的なひび割れ、隙間	3.顕著なひび割れ、剥離
④外装材 乾式の場合	1.目地の亀裂程度	2.板に隙間が見られる	3.顕著な目地ずれ、板破壊
⑤看板・機器類	1.傾斜無し	2.わずかな傾斜	3.落下の危険有り
⑥壁外階段	1.傾斜無し	2.わずかな傾斜	3.明瞭な傾斜
⑦その他 ( _____ )	1.安全	2.要注意	3.危険
危険度の判定	1.調査済み 全部Aランク	2.要注意 Bランクが1以上ある場合	3.危険 Cランクが1以上ある場合

総合判定 (調査の1で危険と判定された場合は危険、それ以外は調査の2と3の大きい方の危険度で判定する。)

1. 調査済 (緑)      2. 要注意 (黄)      3. 危険 (赤)

コメント (構造躯体等が危険か、落下物等が危険かなどを記入する。)

コメントは判定ステッカーの注記と同じとする。

## 2 隣接建築物・周辺地盤等及び構造躯体に関する危険度

	Aランク	Bランク	Cランク
①隣接建築物・周辺地盤の破壊による危険	1.危険無し	2.不明確	3.危険あり
②構造躯体の不同沈下	1.無し又は軽微	2.著しい床、屋根の落ち込み、浮き上がり	3.小屋組の破壊、床全体の沈下
③基礎の被害	1.無被害	2.部分的	3.著しい（破壊あり）
④建築物の1階の傾斜	1. 1/60以下	2. 1/60～1/20	3. 1/20超
⑤壁の被害	1.軽微なひび割れ	2.大きな亀裂、剝落	3.落下の危険有り
⑥腐食・蟻害の有無	1.ほとんど無し	2.一部の断面欠損	3.著しい断面欠損
危険度の判定	1.調査済み 全部Aランクの場合（要内観調査）	2.要注意 Bランクが1以上ある場合	3.危険 Cランクが1以上ある場合

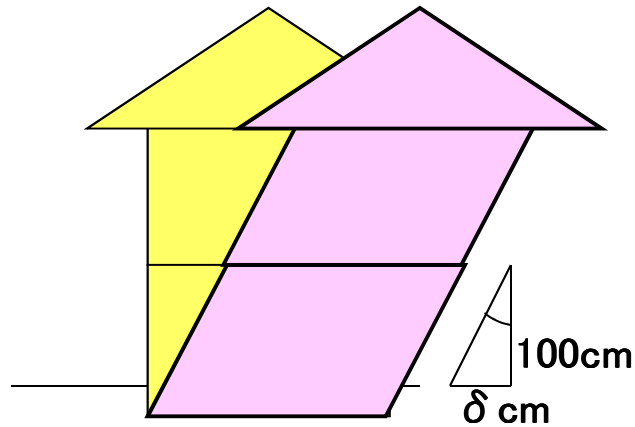
---

## ii) 応急危険度判定の傾斜の考え方とは

液状化による変形に対しての判定方法はないため、応急危険度判定を参考とし、傾斜角 $1/20$ を危険の目安としております。

---

## ii) 応急危険度判定の傾斜の考え方とは

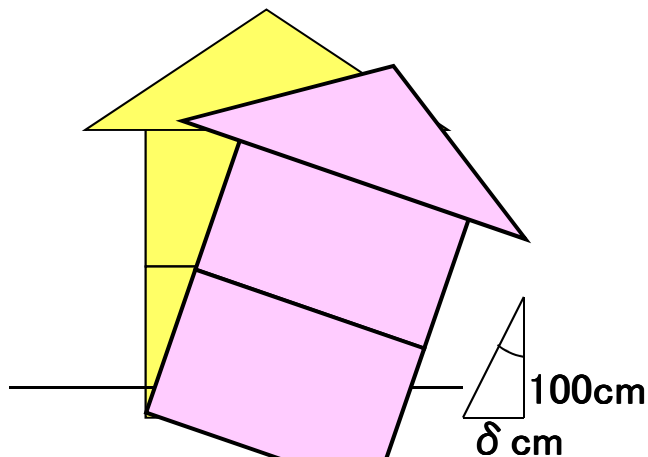


地震による柱の傾斜

$$\delta/100 > 1/20$$

(5cm/100)

変形 $\delta$ が5cmを越えると  
建物が余震で倒壊する危  
険性有ります。



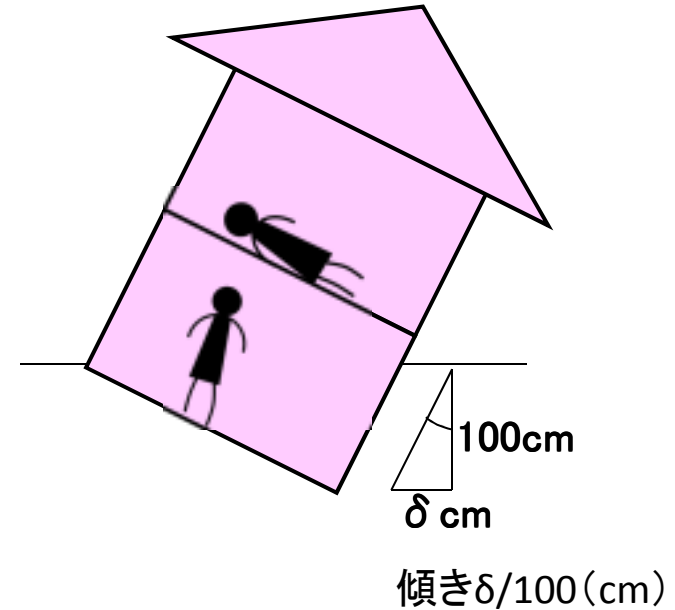
液状化による柱の傾斜

$$\delta/100 > 1/20$$

(5cm/100)

変形 $\delta$ が5cmを越えると  
建物が倒壊する可能性  
は低いですが、余震で転  
倒する可能性が有ります。

### 3. 傾斜住宅に住む弊害



#### i) 傾斜による感じ方

	傾き(cm)	角度	感じ方
a)	0.1/100	$0.06^\circ$	違和感を感じません。
b)	0.3/100	$0.17^\circ$	違和感を感じます。
c)	0.6/100	$0.34^\circ$	傾いていることを認識します。
d)	1/100	$0.57^\circ$	傾いていることを認識し、苦痛を感じます。
e)	1.5/100	$0.86^\circ$	気分が悪くなるなど、健康に被害が起きます。

## ii) 居住性の問題とは

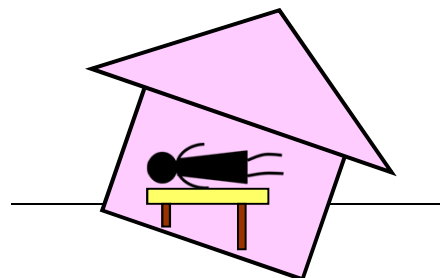
### 【居住性の問題】

床面の傾斜は住む人の健康被害を誘発するケースがあります。傾斜した所で長く生活すると、三半規管に障害が発生し、その結果**原因不明の頭痛、めまい、吐き気**が起きる等の後遺症が残るケースがあり注意が必要です。



### 【対策】

応急対策として、傾斜は立っている時より寝ている時の方が感じやすいので、ベッド等を水平にして就寝する事が良いと思われます。ただし、大きい傾斜の場合は、出来るだけ早く傾斜を改修することが望ましいと思われます。



---

液状化による

## 4.傾斜住宅の補修方法

### i)はじめに

補修方法は、インターネット又は補修会社等からJSCA千葉が補修方法の例として示したものであります。その他、多数の方法がインターネットやチラシ等であると思いますが、業者の勧誘には十分注意してください。

今回、工法比較表を作成しましたが、JSCA千葉で工法のあっせんを行う事では有りませんが、工法選定を行う目安としてご利用していただければと思います。

---



## ii) 各種の工法

工法名	①硬質ウレタン注入工法	②グラウト注入工法	③アンダーピニング工法 (ジャッキアップ)	④耐圧板工法 (ジャッキアップ)	⑤プッシュアップ工法 (あげ舞い工法)	※1・建坪15～20坪程2階建て の場合 ・積料改修に伴い合わなくな った設備配管等の改修費 は含まず。(約30～50万 円程度です。但し、地震に よって破損した設備配管等 の改修費は含まれていま せん。) ※2・既存建物を持ち上げるた め、内外に多少のひずみが生 じ、天井・壁にしわが寄った りする可能性があります。ま た、ひずみ、しわの状態によ り費用が異なるので別途費 用がかかる場合があります。
工法の内容	1階床下に溜り込み、基礎 下にウレタン樹脂を注入し その発泡圧力で基礎を押し 上げ、傾斜した住宅を基礎 ごと元に戻す工法です。	1階床下に溜り込み、セメ ント系薬剤を家屋下に注入 し、注入量と注入圧により 傾斜した住宅を基礎ごと元 に戻す工法です。	家の基礎下の土を掘り起 こし、家の荷重とジャッキ の力を利用して地盤に杭を 打ち込んで支持させ傾斜し た住宅を基礎ごと元に戻す 工法です。	家の基礎下の土を掘り起 こし固定ベースジャッキを 設置し、ジャッキで修正 後、地盤との隙間に無収縮 グラウトを圧入し傾斜した 住宅を基礎ごと元に戻す工 法です。	土台よりジャッキアップ し、あげ舞い後、隙間を無 収縮モルタルにて閉塞する 工法です。	
施工条件	基礎形式	べた基礎	べた基礎、布基礎	べた基礎、布基礎	べた基礎、布基礎	
	傾き	5cm程度	条件無し	条件無し	10cm程度	
	隣地関係	条件無し	100cm程度	100cm程度	条件無し	
工事費 <sup>※1</sup>	350～600万円程度	300～600万円程度	600～1000万円程度	500～700万円程度	200～300万円程度	
工期	1～3週間	1～2週間	1～2ヶ月	2～5週間	2～3週間	
床又は壁の補修 <sup>※2</sup>	床面の撤去復旧必要無し。	床面の撤去復旧必要無し。	1階床面の解体復旧の必要 有り。	床面の撤去復旧必要無し。	床面の撤去復旧必要無し。	
居ながら	施工可能	施工可能	施工可能	施工可能	施工可能	
工法の特徴	床下から施工をするので生 活にほとんど支障が無く工 事が可能。部分沈下の修正 に最適。また、液状化した 地盤の上層は、一部改善で きます。	工期が短く、比較的安価で ある。工法によっては、敷 地内の空き地面積(2.0㎡ 程度)により内部床解体復 旧工事が必要となります。 また、液状化した地盤の上 層は、一部改善できます。	打ち込んだ杭をそのまま支 持杭にするので再沈下の危 険が少ない。杭のつなぎ目 が溶接とボルトジョイント がある。	支持層が深い場合や、地盤 沈下が終息している場合に 適しています。べた基礎の 場合、基礎中央部は地盤を 掘削し施工する。布基礎の 場合は、床下から施工をす る。	工期が短く、費用が安価で ある。鋼板にて高さ調整 後、プライマーを塗布した 隙間を無収縮モルタルにて 閉塞する。	
備考	4月上旬に工事見学有				基礎が傾斜した状態での 応急措置の為、傾斜の大き なものは注意が必要であ る。	

# ①硬質ウレタン注入工法

基礎下にウレタン樹脂を注入しその発泡圧力で基礎を押し上げ、傾斜した住宅を元に戻す工法です。

## 特徴



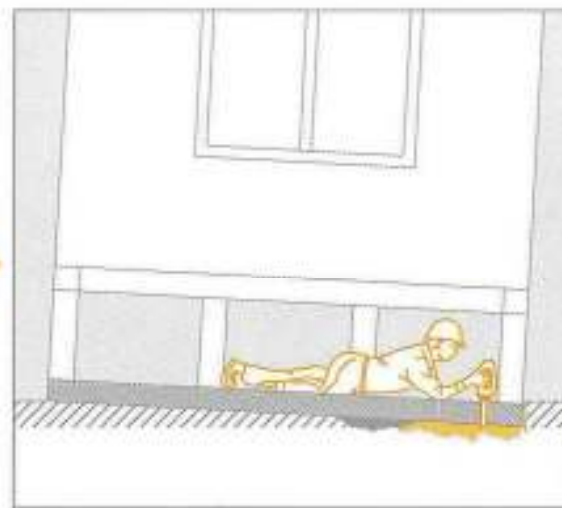
床下での注入作業

適応基礎形状	ベタ基礎
施工深度	表層
隣地との距離	制限なし

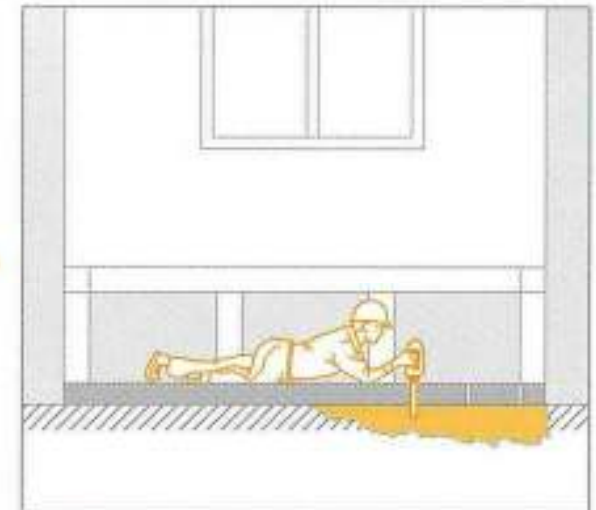
- 施工期間が短い
- 土の掘り起こしが不要



小さな工事車両で伺います



床下から樹脂を注入

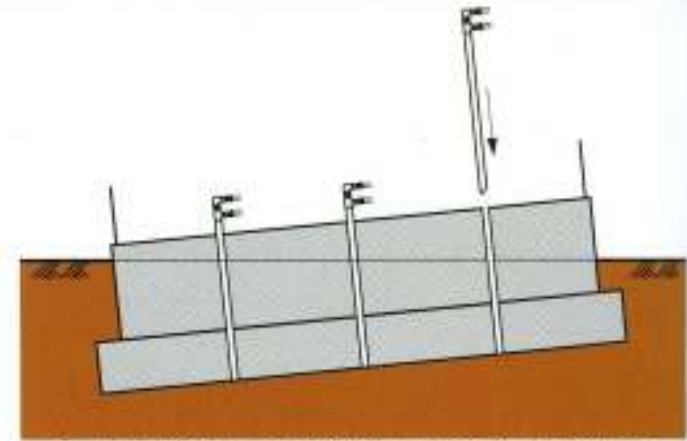


傾き修正後、隙間もしっかり充填

## ②グラウト注入工法

セメント系薬液を家屋下に注入し、注入量と注入圧により傾斜した住宅を元に戻す工法です。

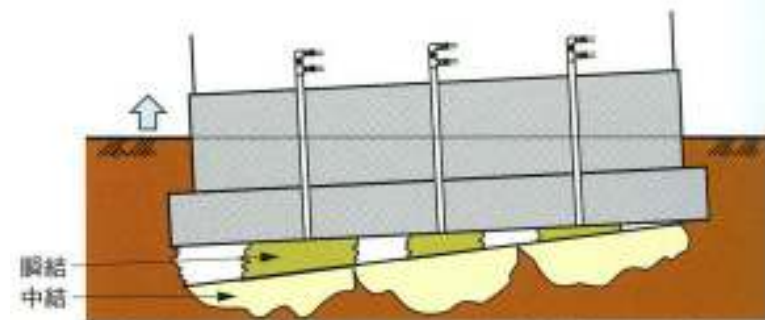
### ①削孔及び注入管設置



① 基礎下部まで貫通削孔しJOG管を設置する



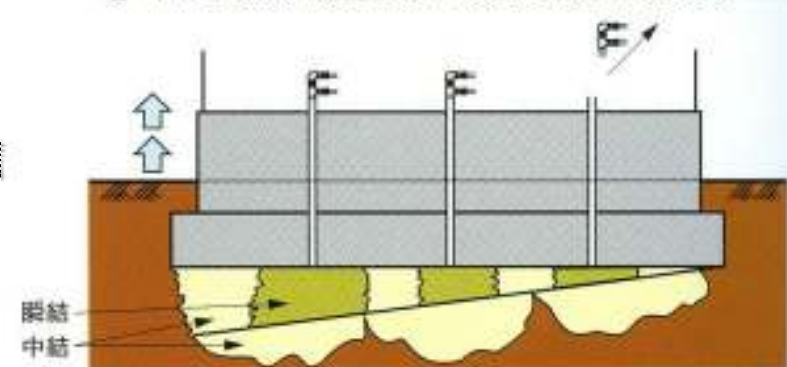
### ②反力形成注入



② 中結注入で初期反力の改良支持層を形成し



### ③注入及び隙間充填



③ 中結、瞬結注入を繰り返して復元し  
クリアランスの充填をする  
注入管の切断、撤去

### ④再沈下測定



### ③アンダーピニング工法

家の基礎下の土を掘り起こし家の荷重とジャッキの力を利用して地盤に杭を打ち込んで支持させ傾斜した住宅を元に戻す工法です。



ジャッキにより打ち込まれた鋼管杭

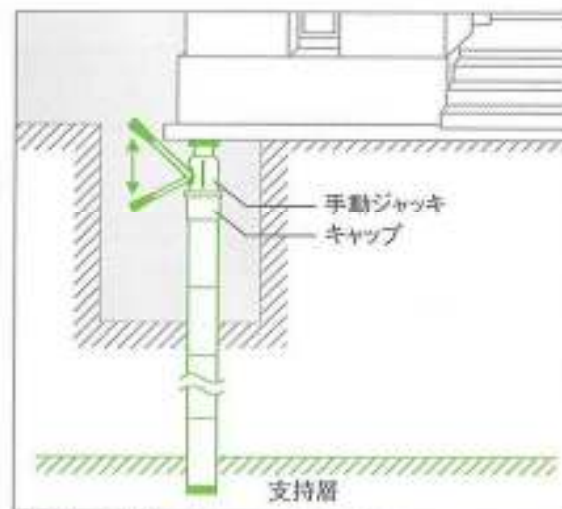
#### 特徴

適応基礎形状	全ての直接基礎対応
施工深度	10~15m程度
隣地との距離	制限なし

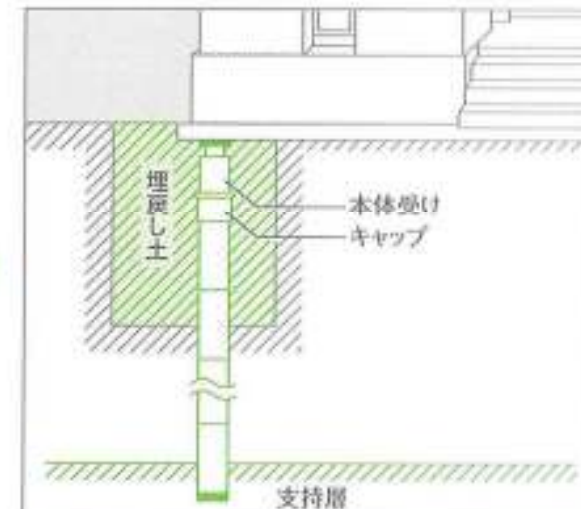
- 再沈下の危険性がない
- 3階建てまで対応



鋼管建て込み(家の荷重を反力として鋼管杭を建て込む)



鋼管杭に設置されたジャッキによる傾き修正



傾き修正後の埋め戻し

## ④耐圧板工法(ジャッキアップ)

家の基礎下の土を掘り起こし固定ベースジャッキを設置し、ジャッキで修正後、地盤との隙間に無収縮グラウトを圧入し傾斜した住宅を基礎ごと元に戻す工法です。



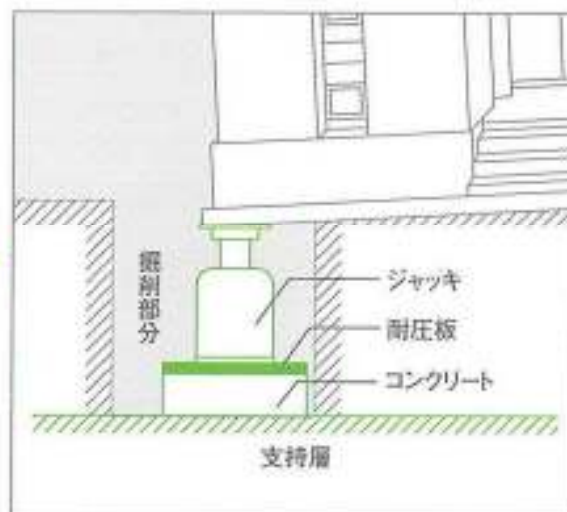
### 特徴

適応基礎形状	全ての直接基礎対応
施工深度	表層
隣地との距離	50cm程度

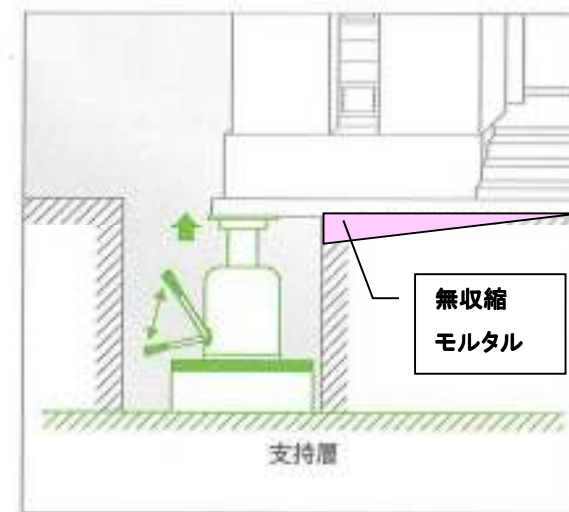
- 家全体の傾きにも対応
- 屋内からの施工も可能



地盤の掘削



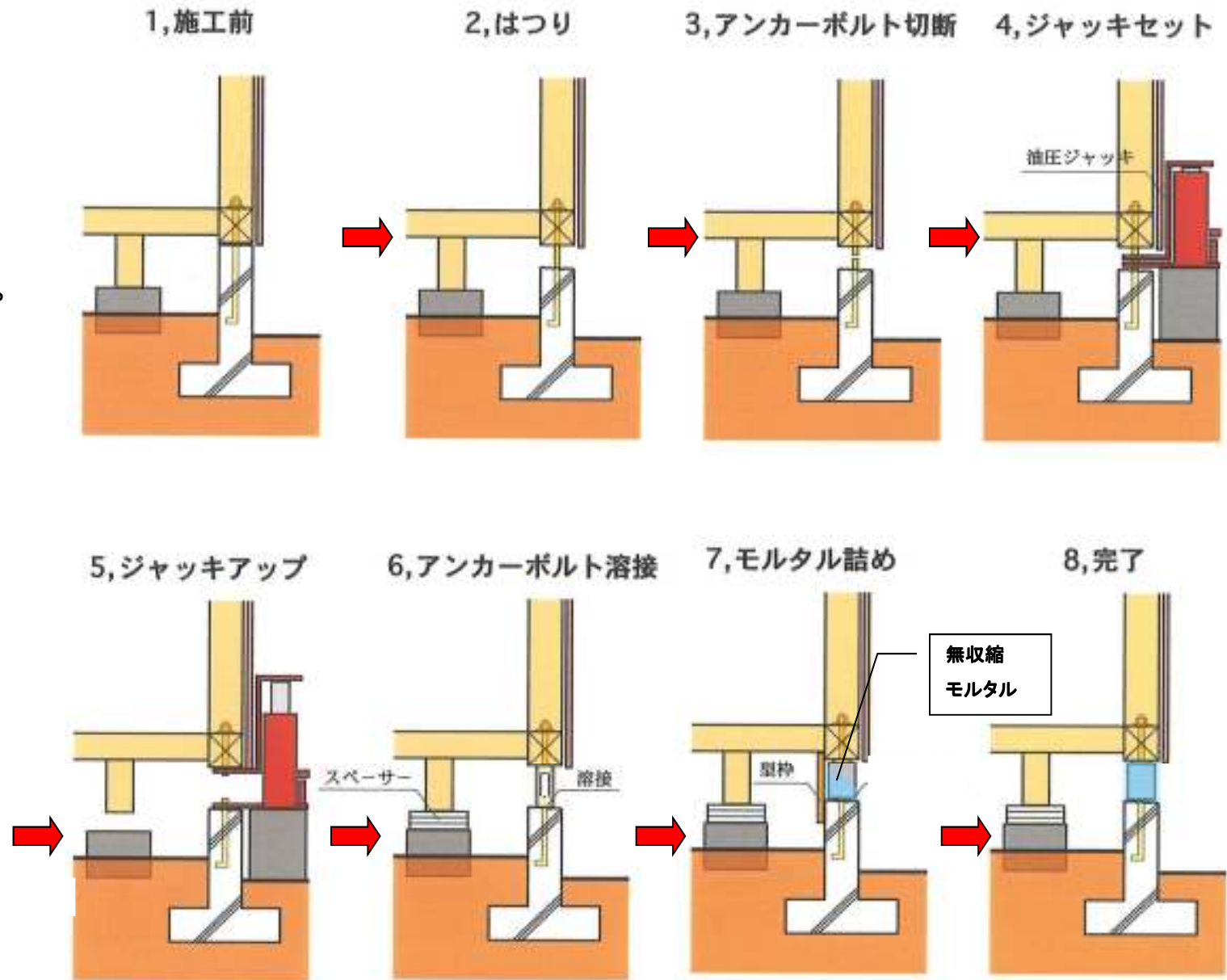
耐圧板の上にジャッキを設置



ジャッキによる傾き修正

## プッシュアップ工法(あげ舞い工法)

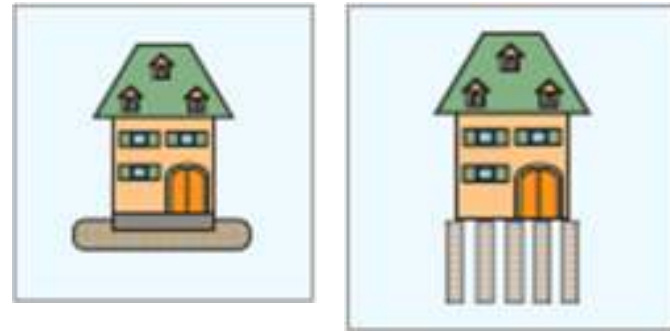
土台より  
ジャッキアップ  
し、あげ舞い  
後、隙間を無  
収縮モルタル  
にて閉塞する  
工法です。



## ii) 地盤改良とは

地盤改良とは、基礎下の地盤を締め固めることで、液状化を防ぐだけでなく、軟弱地盤を補強して、基礎を設置しやすい状況に改良することです。

建物がすでに建っている場合は、建物周囲や床下部分で施工し、液状化を防ぐ方法も有ります。



---

木造住宅の

## 5.液状化対策

### i)はじめに

今回の震災により、今後、建物の建て替えや既存地盤の液状化対策を行うことをご検討される場合の参考として、工法比較表を作成しましたので、工法選定を行う目安としてご利用していただければと思います。

---



### iii) 各種の工法

工法名		①硬質ウレタン注入工法	②柱状改良工法	③表層改良工法	④杭工法	※1・建坪15～20坪超2階建ての場合
工法の内容		建物下の弱い地盤に膨張性硬質ウレタンを注入し地盤を強化し、沈下の進行を止める工法	水を加えて液状にした地盤専用のセメント系固化材を地盤に注入しながら柱状に混合攪拌する施工法。 柱状(杭状)に固化させることで建物の荷重を良好な地盤まで伝達させる。	建物の基礎下端の地盤を全面的に粉体状のセメント系固化材を用いて掘削機のバケットで混合攪拌する工法。	鉄筋コンクリート製杭もしくは鋼製杭(羽根付き等)を支持層に貫入させ支持する工法。	
施工条件	既存建物	既存建物下の地盤に設定	不可	不可	不可	
	敷地面積	条件無し	100㎡以上	80㎡以上	100㎡以上	
	その他	-	-	-	-	
工事費 <sup>※1</sup>		500～800万円程度	300～400万円程度	150～200万円程度	400～500万円程度	
工期		2～5日	3～4日	2～3日	5～6日	
工法の特徴		地中に注入された硬質ウレタン樹脂は数十秒で膨張し地盤の弱い部分の土を押し固めます(強制転圧効果)。同時に弱い部分を押し固めた事で発生する地中の空隙をしっかりと充填します。砂礫・砂層には効果が期待できるが水分の多い粘土には不向き(シルト質)	特殊な攪拌翼で施工を行うため均質な固結柱体を造る事ができ、施工管理に依りリサイクルで施工管理が可能。	改良深さは基礎スラブ直下2m以内で、水位が高い場合は別途仮設工事が必要。改良深さが2.0mを超える場合は不適格。	杭により支持するため、沈下の可能性は低い。	
備考						

# ①硬質ウレタン注入工法

建物下の弱い地盤に膨張性硬質ウレタンを注入し地盤を強化し、沈下の進行を止める工法



注入作業

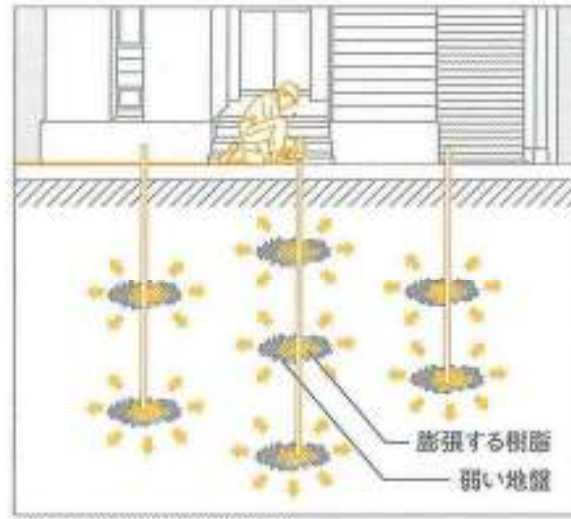
## 特徴

適応基礎形状	全ての直接基礎対応
施工深度	深さ 4m
隣地との距離	40cm程度

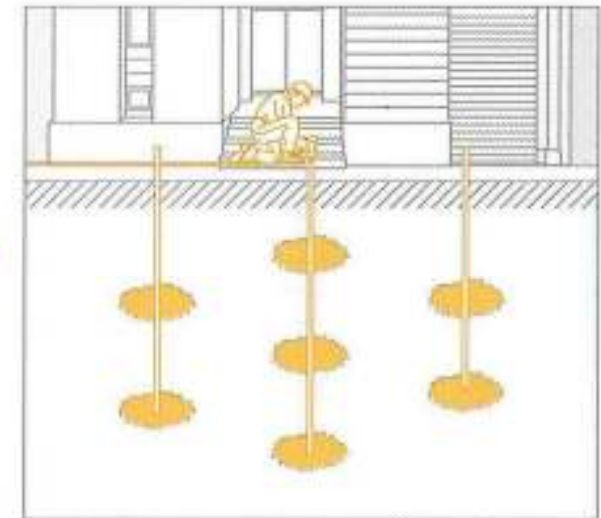
- 沈下の抑制・防止
- 地中の隙間・空洞を充填



注入管設置



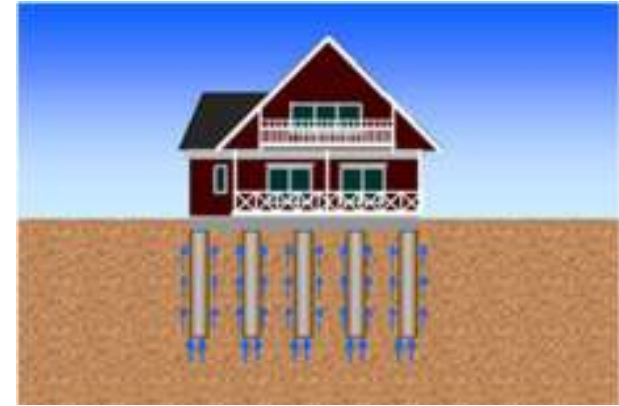
膨張力が弱い地盤を押し固める



樹脂に置き換えられた弱い地盤

## ②柱状改良工法

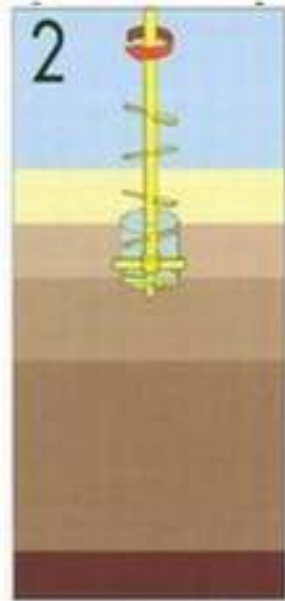
水を加えて液状にした地盤専用のセメント系固化材を地盤に注入しながら柱状に混合攪拌する施工法。



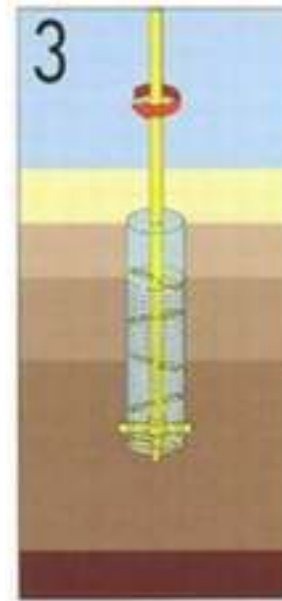
①掘進



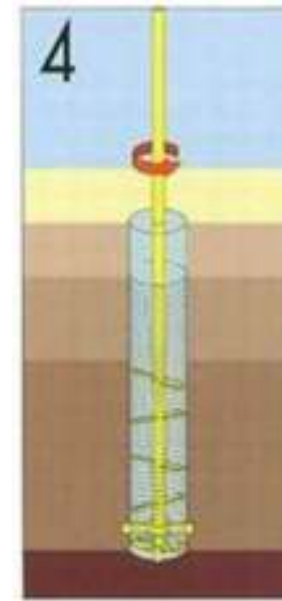
②注入掘進



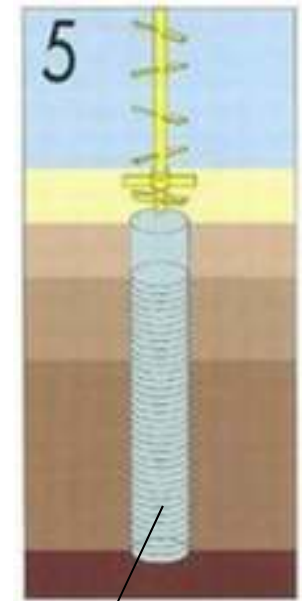
③注入掘進



④攪拌混合



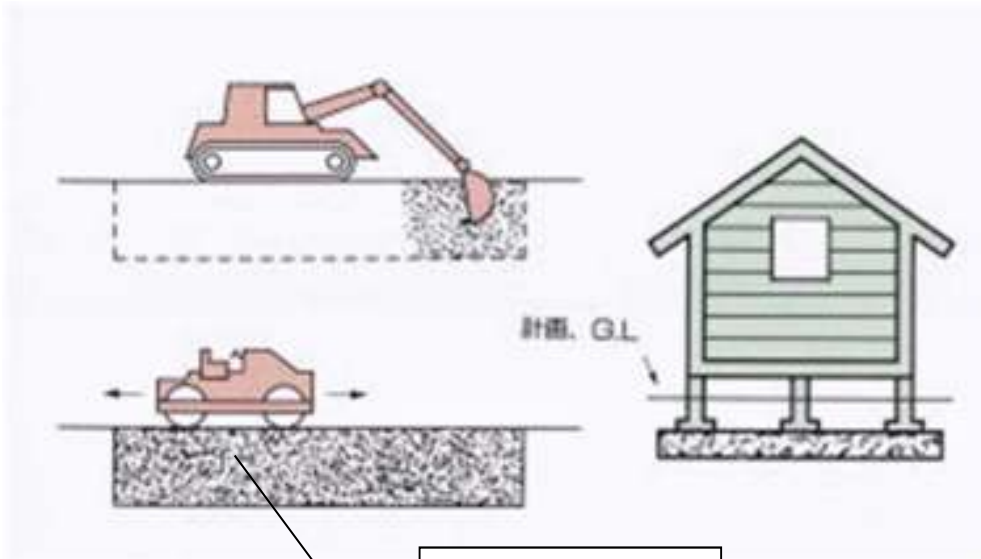
⑤完了



セメント系固化材

### ③表層改良工法

建物の基礎下端の地盤を全面的に粉体状のセメント系固化材を用いて掘削機のバケットで混合攪拌する工法。



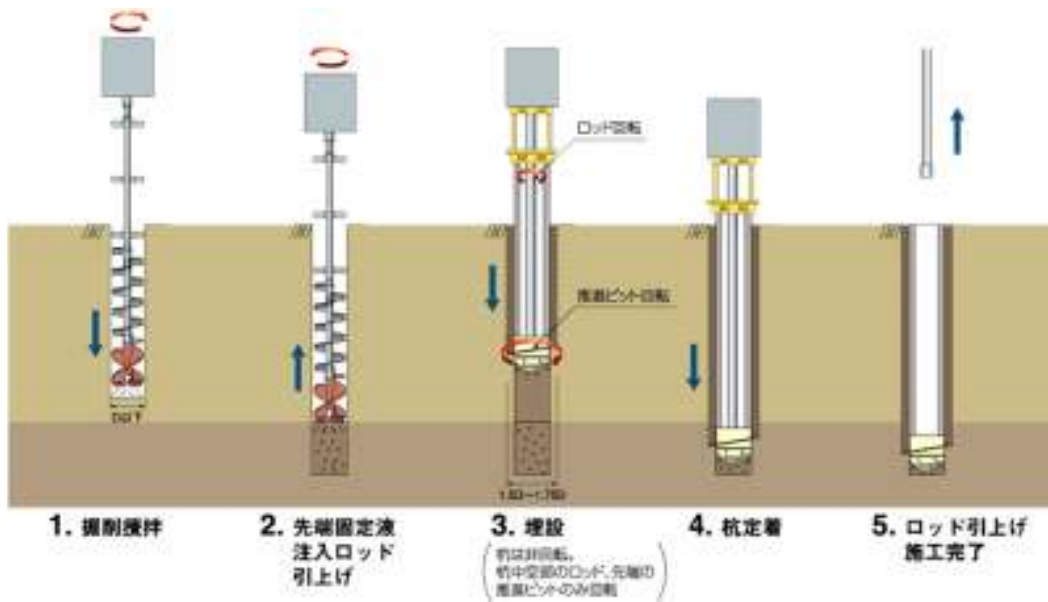
セメント系固化材



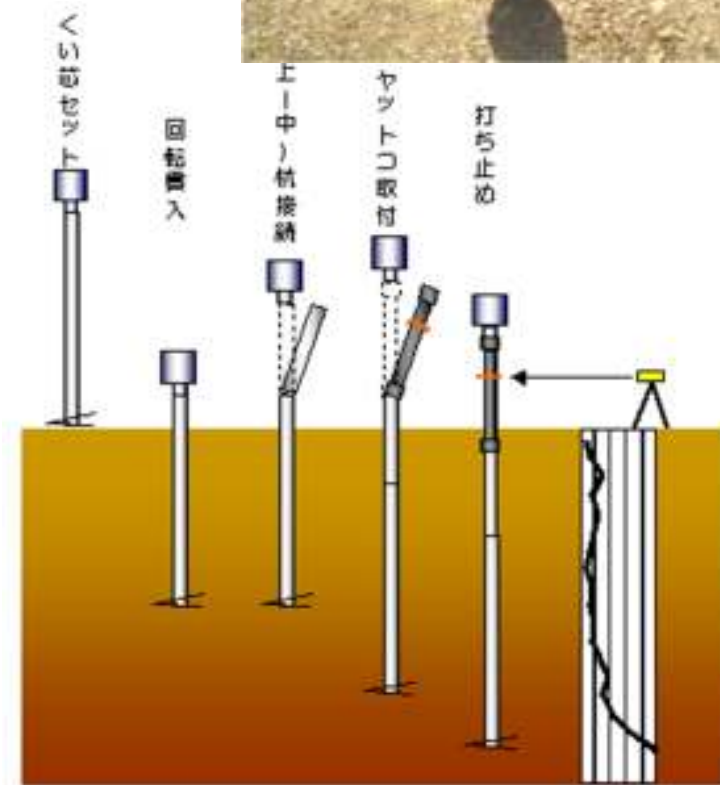
## ④杭工法



鉄筋コンクリート製杭もしくは鋼製杭(羽根付き等)を支持層に貫入させ支持する工法。



鉄筋コンクリート製杭



鋼製杭

## 6. おわりに

ご静聴ありがとうございました。

皆様の安全とご健康、一日も早い復旧、復興をお祈り  
申し上げます。



社団法人 日本建築構造技術者協会 (JSCA・千葉)