

主催：総合土木研究所

第7回「これからの戸建て住宅基礎・地盤」 技術講習会

—最近の地盤補強工法の動向と課題—

2013年10月22日

株式会社設計室ソイル

真島 正人

目 次

1. 地盤補強の分類

- 1.1 目的による分類
- 1.2 形状・支持機構による分類

2. 小規模住宅を対象とした技術認証工法

- 2.1 杭(大臣認定を受けた工法)
- 2.2 鉛直支持力に対する性能証明を受けた工法
- 2.3 施工技術に対する性能証明を受けた工法

3. 地盤補強工法の最新動向

4. 地盤補強工法適用上の課題

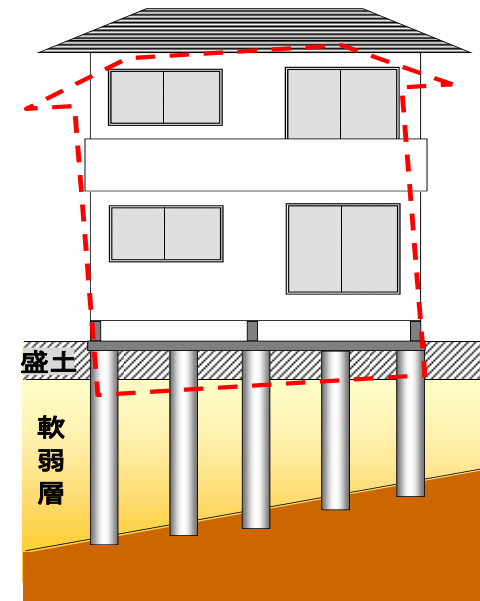
- 4.1 複合地盤系
- 4.2 無筋コンクリート・モルタル系
- 4.3 杭状地盤補強系

5. まとめ

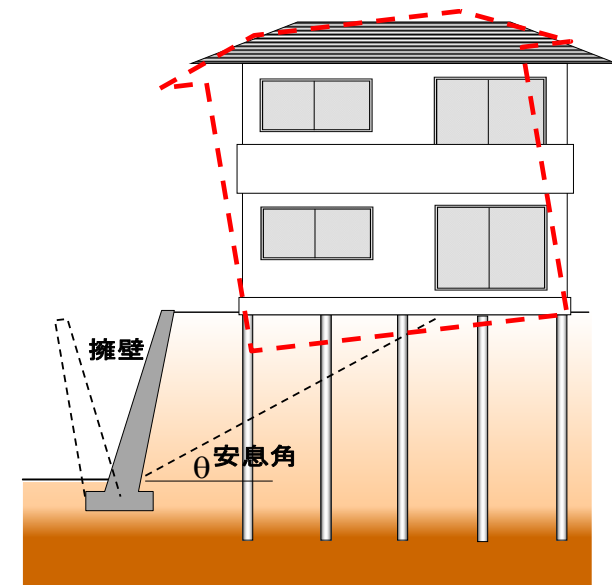
1.1 地盤補強の目的による分類-1

1. 地耐力増加

- 1) 鉛直支持力を増加する。
- 2) 建物荷重や盛土荷重による建物の有害な(不同)沈下を抑制する。



- ## 2. 擁壁・法面(安息角)対応
- 安息角より上部の地盤に建物荷重を作用させず、擁壁(背面地盤)や法面が崩壊しても、建物に被害を及ぼさないようにする。

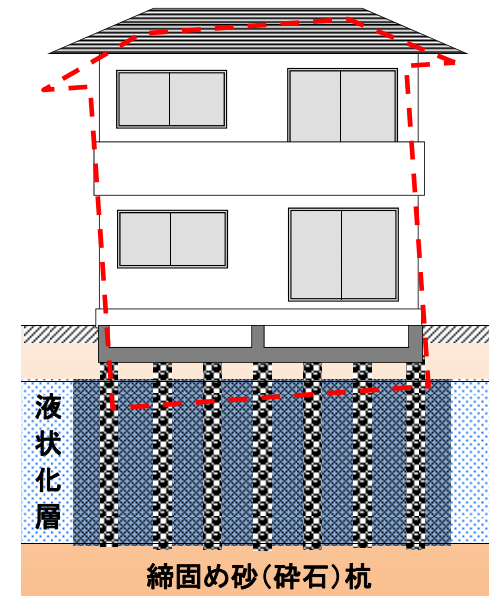


1.1 地盤補強の目的による分類-2

3. 液状化対策

1) 液状化防止対策

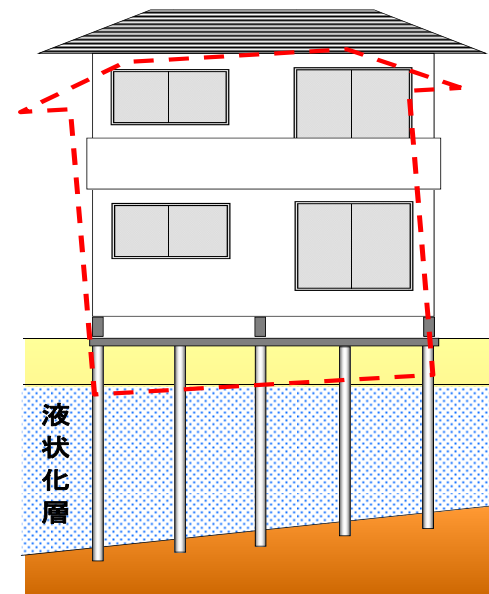
建物下部地盤の液状化を防止することにより、
建物に被害を及ぼさない。



2) 液状化を許容した対策

(液状化による被害低減対策)

液状化により地盤沈下や
地盤変状を生じてても、建物
に被害を及ぼさない。



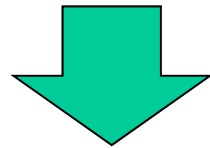
適用上の留意点

2. 安息角対応

擁壁（背面地盤）や法面が崩壊あるいは変状しても、建物に被害を及ぼさない。

3. 液状化対策

2) 液状化により地盤沈下や地盤変状を生じても、建物に被害を及ぼさない（鉛直支持能力）。



地盤の（水平）変位

- 1) 補強体が地盤の（水平）変位に追従でき、かつ、沈下しない。
- 2) 補強体は、地盤が（水平）変位しても、それに耐え得る曲げ・せん断強度を有する。

1.2 形状・支持機構による分類-1

1. 杭的支持

- ・杭または杭状補強体の支持力のみで
建物を支える。

2. 複合地盤的(パイルド・ラフト的)支持

- ・杭状補強体(または碎石パイル)の支持力と
原地盤の支持力を併用して建物を支える。

3. 面的支持(地盤強化、軽量化、剛性増加)

- ・全面(またブロック状)改良
- ・全面(またはブロック状)置換
- ・特殊材料を敷設

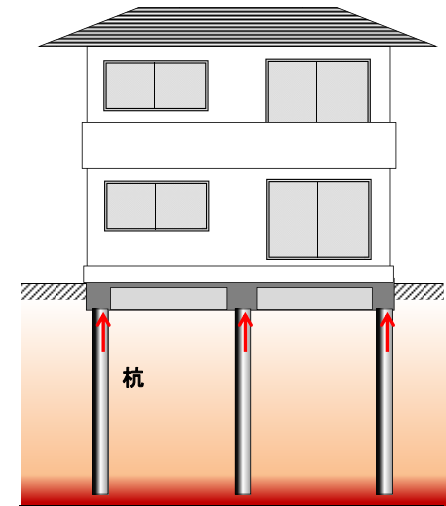
して建物を支える。

1.2 形状・支持機構による分類-2(杭的支持工法)

杭または杭状補強体の支持力のみ考慮

1) 杭基礎：鋼管，鉄筋コンクリート

- ・鉛直荷重だけでなく，
水平荷重も負担できる。



杭基礎

2) 杭状地盤補強

- ・鉛直荷重は負担するが、原則として水平力は負担しない
(または、水平力の検討を省略する)。

既製品：小口径鋼管，鉄筋コンクリート，丸太

⇒地盤変形(水平)に追随可能

現場造成：深層混合処理(柱状改良)

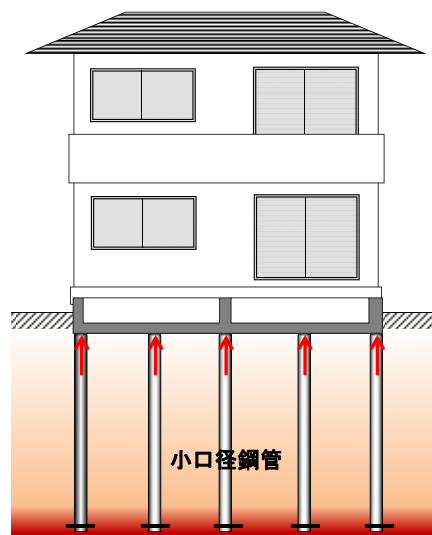
深層混合処理(芯材入り柱状改良)

⇒地盤変形(水平)に追随可能

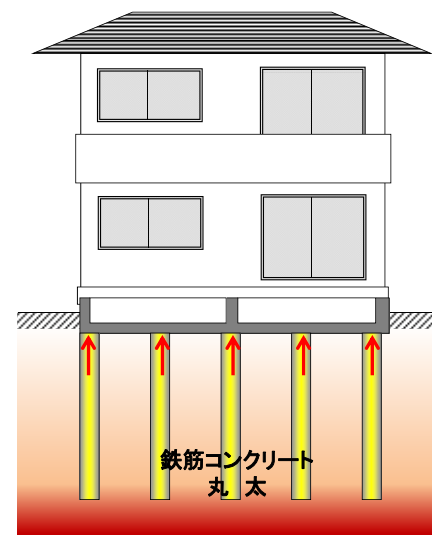
コンクリート，モルタル(無筋)

地盤補強(杭的支持工法)の概念図

既製品 →

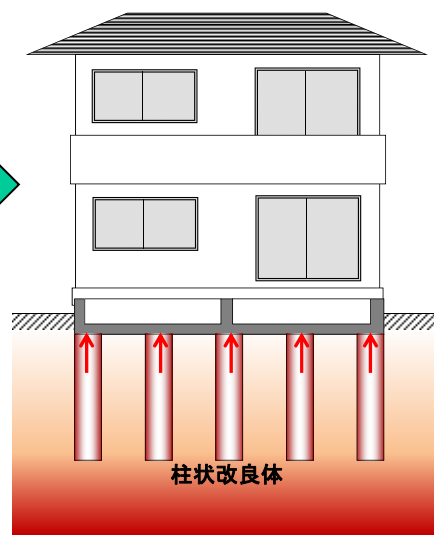


小口径鋼管

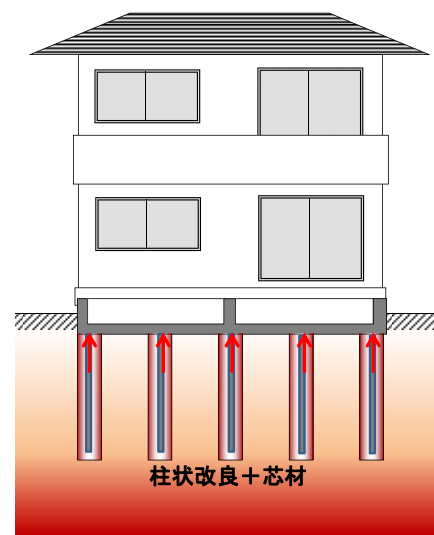


鉄筋コンクリート・丸太

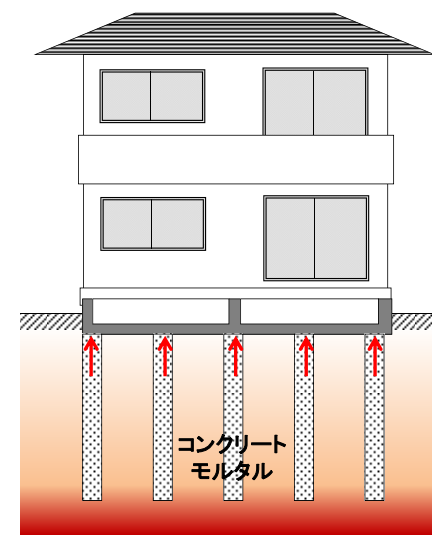
現場造成 →



深層混合処理



深層混合処理(芯入り)



コンクリート、モルタル(無筋)

1.2 形状・支持機構による分類-3(複合地盤工法)

杭状補強体(または碎石パイル)と原地盤の支持力を併用する。

- ・鉛直荷重は負担するが、原則として水平荷重は負担しない。
- ・杭状補強体や碎石パイルへの荷重集中を期待するが、荷重の一部は地盤でも負担。

1) 杭状補強体＋地盤

既製品

- ・鋼管＋地盤
- ・プラスチック管＋地盤
- ・丸太＋地盤

現場造成

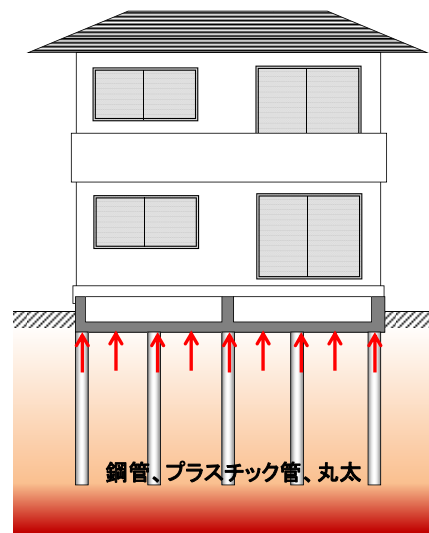
- ・柱状改良体(芯入り)＋地盤
- ・モルタル＋地盤

2) 碎石パイル＋地盤

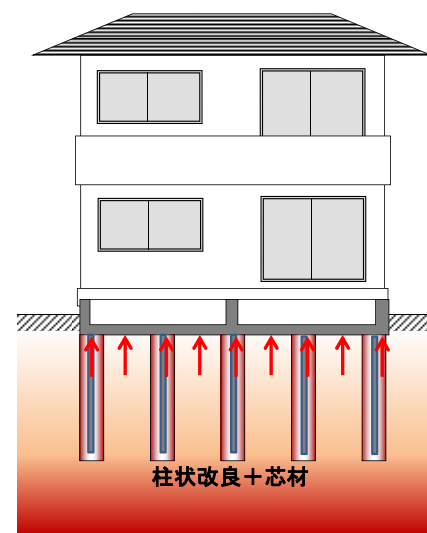
- ・天然碎石、再生碎石、スラグ、砂

地盤補強(複合地盤工法)の概念図

杭状補強体 →

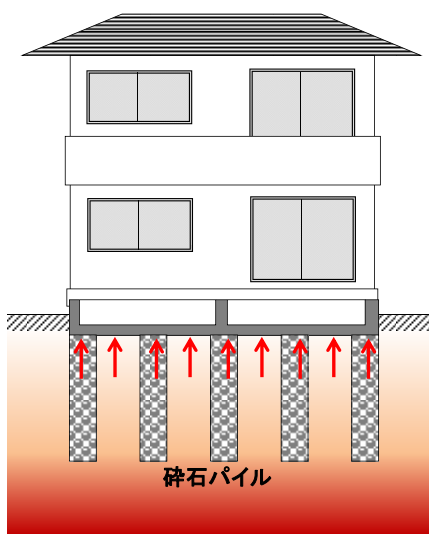


鋼管、プラスチック管、丸太

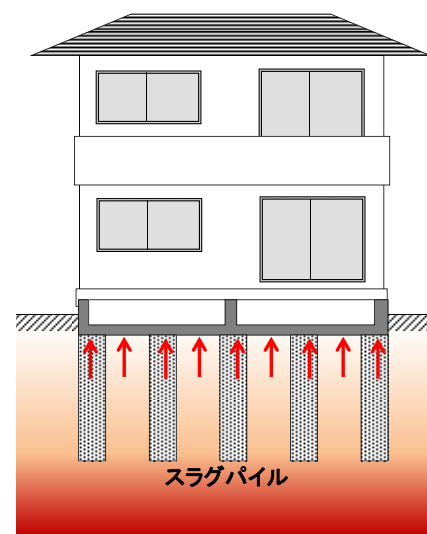


柱状改良(芯入り)

碎石パイル →



碎石パイル



スラグパイル

1.2 形状・支持機構による分類-4(面的支持工法)

1. 表層改良(目的:地盤強化、剛性増加、荷重分散)

1) 全面改良

2) ブロックまたは格子状改良

2. 置換(目的:剛性増大、荷重分散、軽量化)

1) コマ型ブロック+砕石

2) EPSブロック

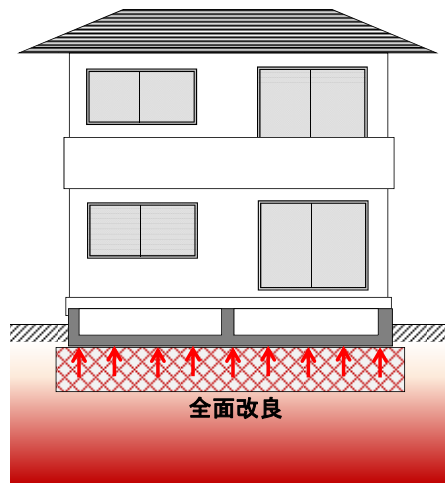
3. 網、シート敷設(目的:剛性増大、荷重分散)

1) 合成樹脂製の網またはシート+砕石

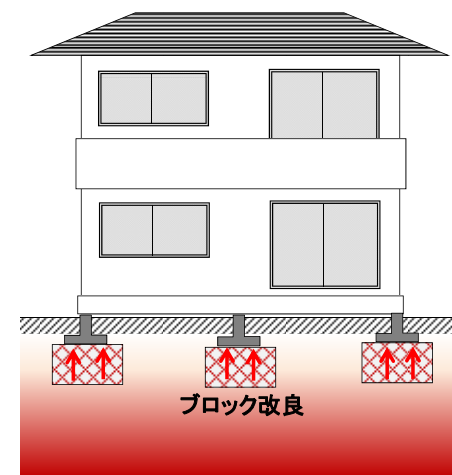
2) 合成樹脂製の網またはシート+砕石
+EPSブロック

地盤補強(面的支持工法)の分類

表層改良 →

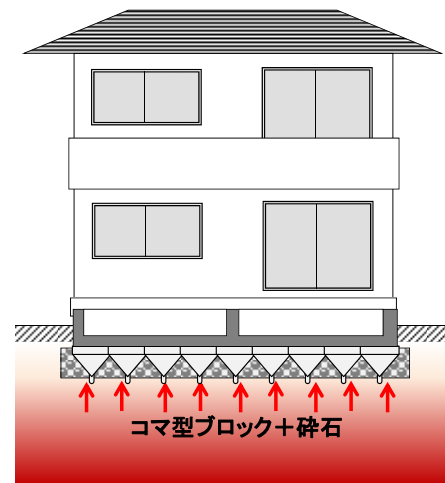


全面改良

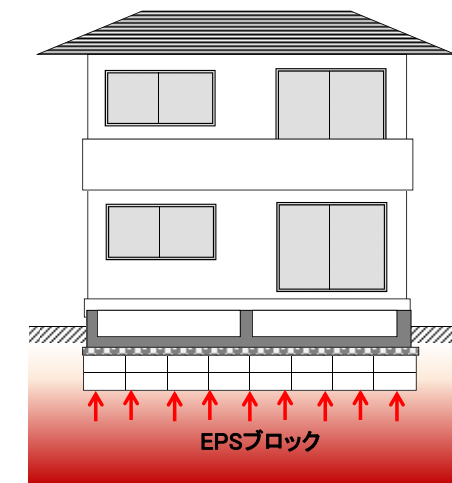


ブロック改良

置換 →

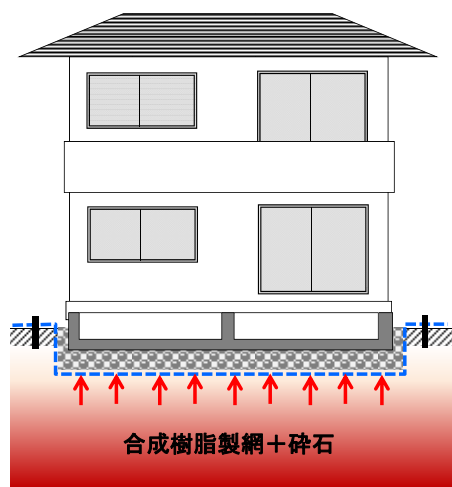
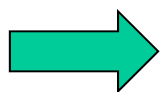


コマ型ブロック



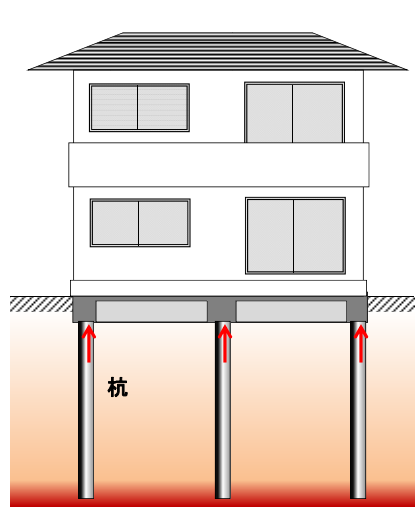
EPSブロック

シート
敷設

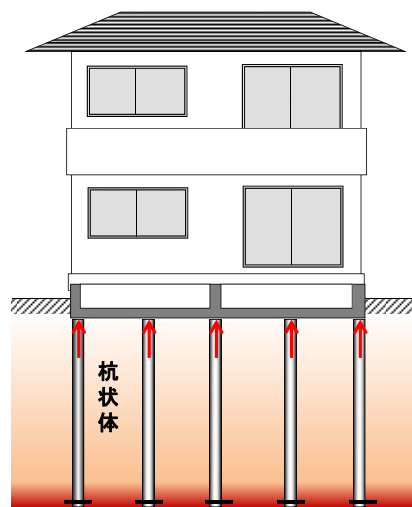


合成樹脂製網+砕石

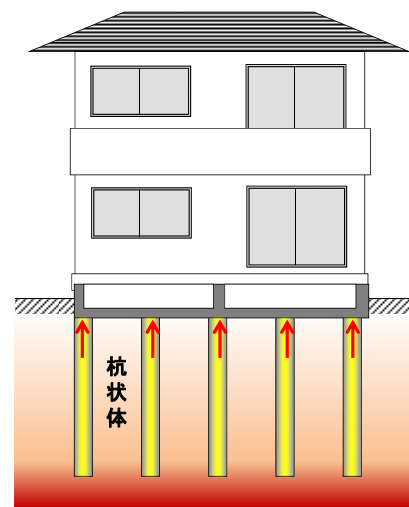
杭・地盤補強の分類(まとめ)



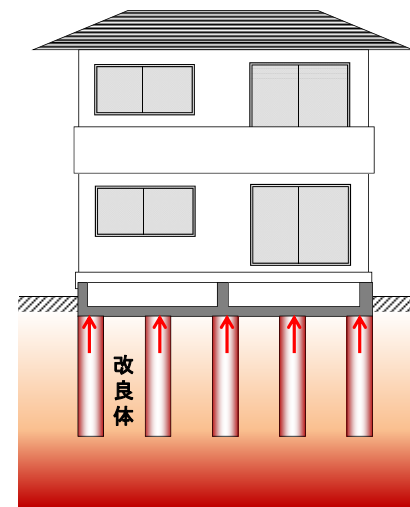
杭基礎



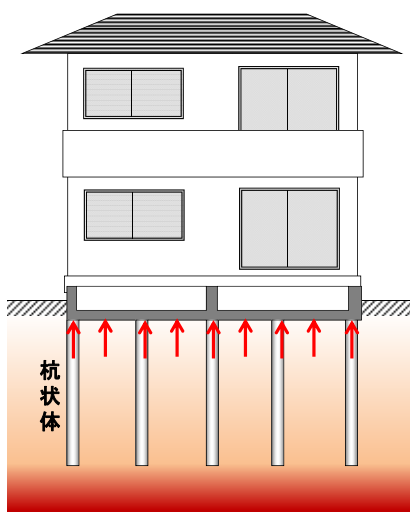
小口径鋼管



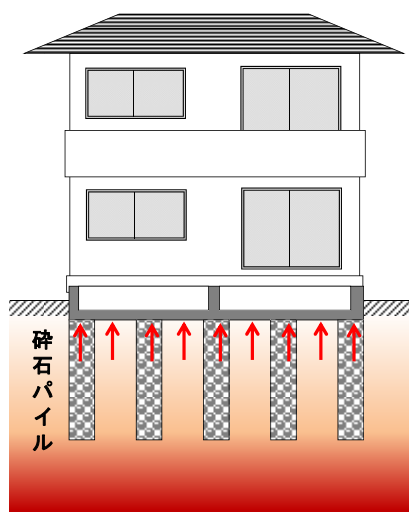
コンクリート、丸太
杭状地盤補強



柱状改良

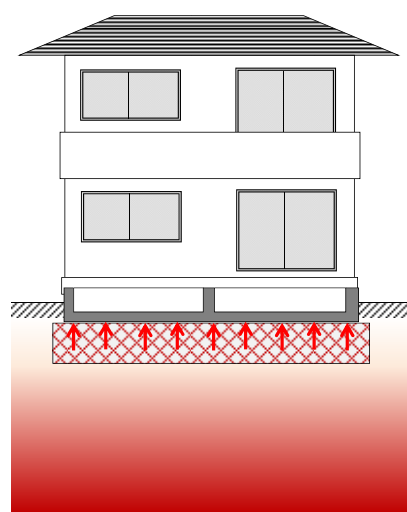


杭状体+地盤

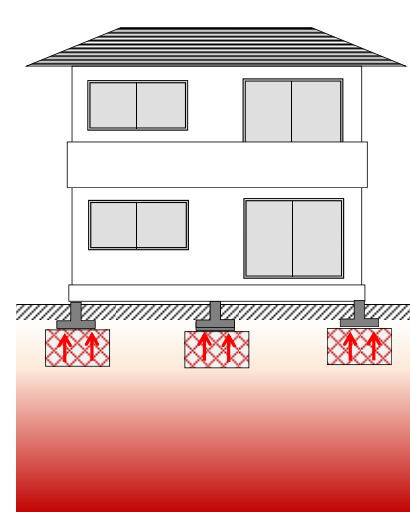


碎石パイル+地盤

複合地盤

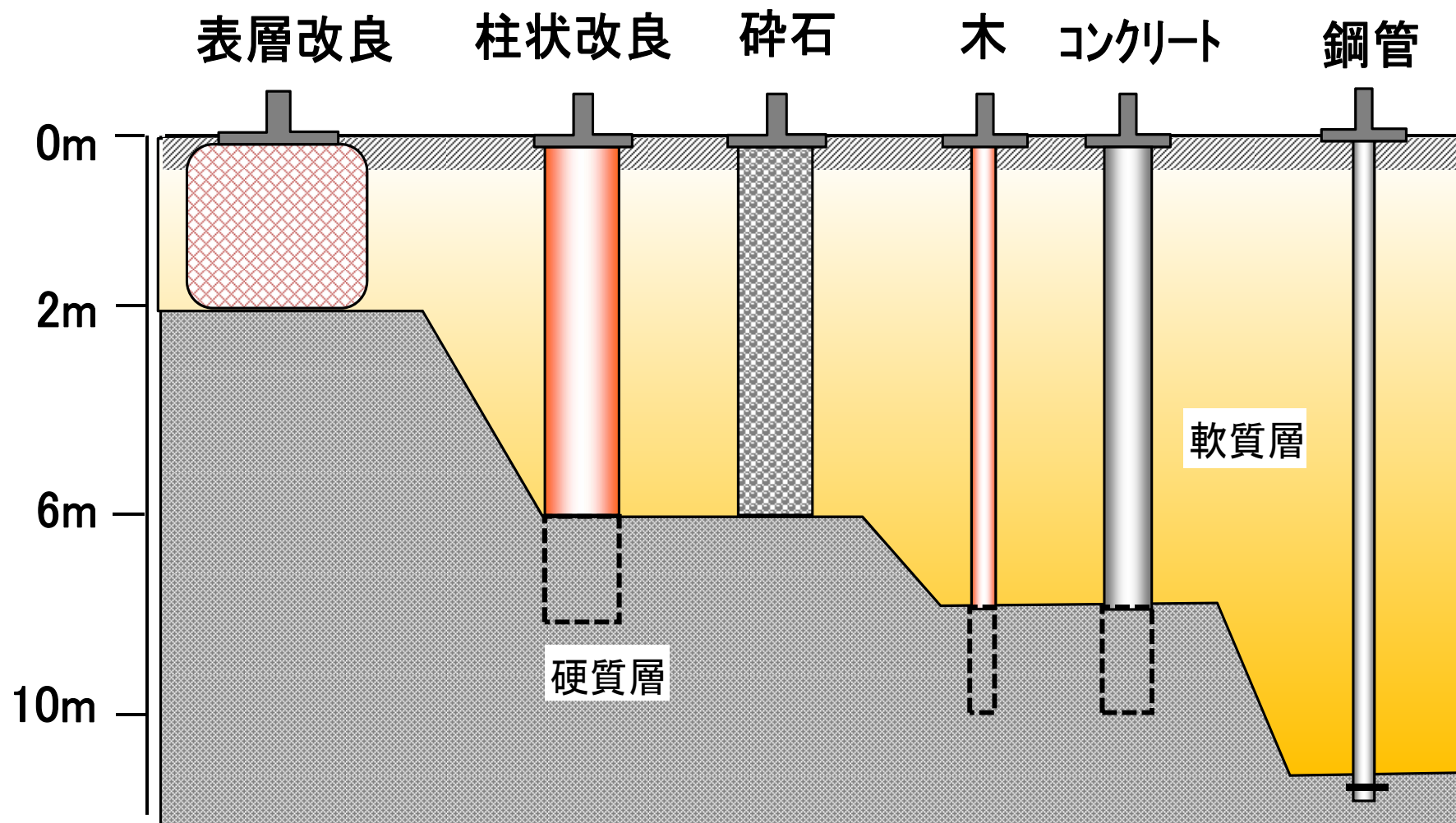


表層改良(処理)



ブロック改良

適用深度の目安(標準)



* 補強すべき深度に応じて適・不適がある

2. 小規模住宅を対象とした技術認証工法

1. 杭基礎(鉛直支持力に対する大臣認定)

- ・鋼管杭、コンクリート杭
- ・複合杭(鋼管＋ソイルセメント)

2. 地盤補強・改良(性能評価機関の技術審査証明)

1) 鉛直支持力に対する性能証明

- ・杭状体(鋼管, コンクリート, 丸太, 複合材)
- ・複合地盤(杭状体＋地盤, 碎石パイル＋地盤)

2) 施工技術に対する性能証明

- ・深層混合処理工法(柱状改良)
- ・浅層混合処理工法(表層・ブロック状改良)
- ・特殊材料(コンクリートブロック, EPS, 合成樹脂材)
による地盤改良

2.1 杭基礎(鋼管杭-37種類)-1

	工法名	審査機関
1	ALKTOP	BCJ
2	D・パイル	GBRC
3	ECSパイル	BCJ
4	ETP	GBRC
5	e-Pile	GBRC
6	G-ECSパイル	BCJ
7	K・WingZパイル	BCJ
8	KWP	BCJ
9	NSエコパイル小径	BCJ
10	SEKO-EXパイル	GBRC
11	SEKOスクリューパーパイルⅡ	GBRC
12	SMD(スーパージョイントリル)	BCJ
13	T・Wingパイル	BCJ
14	YSパイル	BCJ
15	アーステンドーパーパイル(ETP)	BCJ
16	アースパイル	GBRC
17	アルファウイングパイル	BL
18	アルファフォースパイル	GBRC
19	ウルトラパイルS	GBRC

	工法名	審査機関
20	エコロックパイル	BCJ
21	ガイアパイル	BCJ
22	ガイアスーパーパーパイル	BCJ
23	グランドホールドパイル	BCJ
24	ジオウイング・パイル	BCJ
25	ジオウイング・パイルⅡ	BCJ
26	ジャスピー	BCJ
27	スーパー・ガチラ	BCJ
28	スーパー・ガチラⅡ	GBRC
29	スーパーNP-PACK	BCJ
30	スクリューパーパイルEAZET	BCJ
31	積水ハウス式 鋼ぐい	BCJ
32	ダクパイル	BCJ
33	つばさ杭(閉端、開端タイプ)	GBRC
34	テコットパイル	BCJ
35	デルタウイングパイル	BCJ
36	ニューバースパイル	GBRC
37	bDパイル	BL

* 支持力のみN値で評価し
地盤補強として使用する場合もある。

BCJ: 日本建築センター
GBRC: 日本建築総合試験所
BL: ベターリビング

2.1 杭基礎(鉄筋コンクリート杭-4種類)-2

	工法名	審査機関
1	オチパイル圧入	BCJ
2	JNP工法	BCJ
3	H-PV	GBRC
4	PSD	BCJ

* 支持力のみN値で評価し
地盤補強として使用する場合もある

(複合杭: 鋼管+ソイルセメント -2種類)-3

	工法名	審査機関
1	ATTコラム	BCJ
2	AQパイル	BCJ

2.2 支持力・性能証明(小径鋼管-23種類)-1

	工法名	審査機関
1	D-TEC PILE	GBRC
2	伊田テクノス式	GBRC
3	X Pile(エックスパイル)	GBRC
4	PPG	GBRC
5	SEKOスクリューパイル	GBRC
6	アルファフォースパイル	GBRC
7	ウルトラパイルS	GBRC
8	ガチラ-SS	GBRC
9	ニューバースパイルⅡ(回転)	GBRC
10	ニューバースパイルⅢ(圧入)	GBRC
11	PACK-SP	GBRC
12	ETP-G	GBRC

	工法名	審査機関
13	SMD杭SS	GBRC
14	STパイル	GBRC
15	DM	GBRC
16	テコットパイルSR	GBRC
17	Σ -i	GBRC
18	ジャスティス	GBRC
19	NSスパイク	GBRC
20	ALKTOP	GBRC
21	SEKO-EXパイル	GBRC
22	ExPile	GBRC
23	スーパーNP-PACK eco	GBRC

2.2 支持力・性能証明(鉄筋コンクリート-8種類)-2

既製品

	工法名	審査機関
1	H-PV	GBRC
2	H-AP	GBRC
3	H-CP	GBRC
4	オチロック	GBRC
5	オチTS	GBRC
6	ハッカクくん	GBRC
7	PSD-S	GBRC
8	SRP	GBRC

(無筋コンクリート・モルタル-4種類)-3

現場造成

	工法名	審査機関
1	CSV-W	BL
2	PP(ピュアパイル)	GBRC
3	SSC-Pile	GBRC
4	SSW-Pile	GBRC

2.2 支持力・性能証明(丸太-2種類)-4

既製品

	工法名	審査機関
1	環境パイル	GBRC
2	QPパイル	GBRC

(複合材-5種類)-5

	工法名	審査機関
1	タイガーパイル	GBRC
2	ウルトラウッドコラム	GBRC
3	しん兵衛	GBRC
4	+NBZ	GBRC

柱状改良＋鋼管

柱状改良＋丸太

柱状改良＋鋼管

鋼管＋砕石

2.2 支持力・性能証明(複合地盤)-6

(杭状体＋地盤-7種類)

	工法名	審査機関
1	RES-P	GBRC
2	D-TEC ECO+	GBRC
3	セキスイハイムM3及びセキスイ ツーユーホームW	GBRC
4	タイガーラフト	GBRC
5	環境パイルS	GBRC
6	SSC-Pile	GBRC
7	しん兵衛	GBRC

鋼管
 プラスチック
 鋼管
 深層混合(芯入り)
 丸太
 現場打ちモルタル
 深層混合(芯入り)

(砕石, スラグパイル＋地盤-4種類)-7

	工法名	審査機関
1	HySPEED(ハイスピード)	GBRC
2	Ecoメン工法(エコメン)	GBRC
3	エコジオ	GBRC
4	アクパド	GBRC

砕石
 スラグ
 砕石
 砕石

2.3 施工・性能証明(深層混合-25種類)-1

	工法名	審査機関
1	DSP(乾)	GBRC
2	エスミコラム	GBRC
3	アスコラムTYPEⅡ	GBRC
4	トリプル・アイ	GBRC
5	スリーエスG	GBRC
6	HITSコラム	GBRC
7	ウルトラコラム	GBRC
8	SST(置換)	GBRC
9	アスコラム	GBRC
10	SSコラム	GBRC
11	クロスウィングコラム	GBRC
12	ファインパイルeco	GBRC
13	コラムZ	GBRC
14	S-Maxコラム	GBRC
15	STK-W	GBRC
16	くし兵衛	GBRC

	工法名	審査機関
17	MSコラム	BCJ
18	USPコラム	BCJ
19	ST	BCJ
20	ウィンドミル	BCJ
21	ファインパイル	BCJ
22	ECM	BCJ
23	アイマークⅡ	BCJ
24	スーパーアイマーク	BCJ
25	NSV	BCJ

2.3 施工・性能証明(浅層混合-10種類)-2

	工法名	審査機関	
1	SHK	BJC	粉体混合
2	エスミックスラリー	BJC	スラリー(ブロック)
3	エルマッド	BJC	流動化処理
4	ソリッドキューブ	BJC,GBRC	スラリー(ブロック)
5	スーパーラップルエルニード	GBRC	スラリー(ブロック)
6	スタビミキサー	GBRC	スラリー混合
7	MS	GBRC	粉体(格子), 複合地盤
8	SHM	GBRC	スラリー混合
9	ライジングD	GBRC	粉体(ブロック)
10	ライジングW	GBRC	スラリー(ブロック)

(特殊材料-5種類)-3

	工法名	審査機関	
1	ジオクロス	先端セ	シート+砕石
2	トップベース	BJC	コマ型ブロック+砕石
3	コロンブス	BJC	EPSブロック
4	Hyperエコマット	BJC	ジオグリッド+砕石
5	SP工法	GBRC	ジオテキスタイル+砕石+EPS

3. 地盤補強工法の最新動向(1)

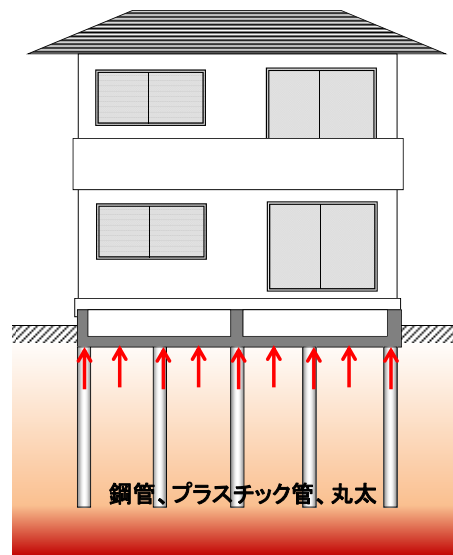
1. 複合地盤工法が増加している。

1) 杭状補強体の支持力＋地盤支持力

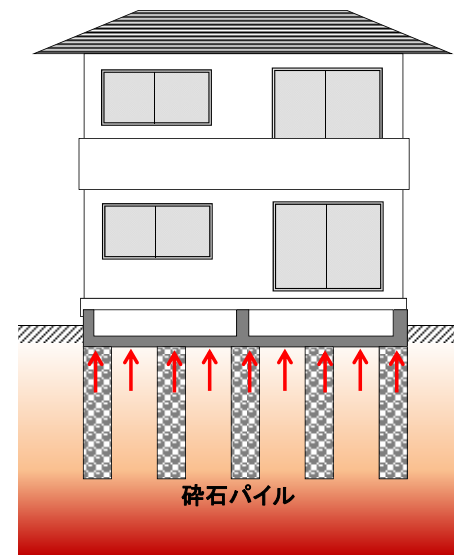
- ・補強体本数の削減⇒低コスト化を志向

2) 碎石パイルの支持力＋地盤支持力

- ・材料費, パイル本数の削減⇒低コスト化を志向
- ・不動産価値の向上⇒撤去不要
- ・液状化対策効果をアピールポイントにしている。



1) 杭状補強体＋地盤



2) 碎石パイル＋地盤

3. 地盤補強工法の最新動向(2)

2. 液状化対策工法が開発されている。

<液状化防止対策>

- 1) 地盤密度増加: 砂・碎石・モルタルパイル、丸太
- 2) 排水促進: 碎石パイル、有孔パイプ
- 3) 1)と2)の併用
- 4) 地盤変形抑止: 格子状セメント改良

<液状化による被害低減対策>

- 1) 沈下抑止: 杭基礎または杭状地盤補強
- 2) 沈下低減: 表層地盤改良(セメント, 碎石)
- 3) 地盤流動防止: 薄鋼矢板による囲い込み

<既存建物に適用可能な液状化対策>

大手建設会社でも研究開発が進められている。

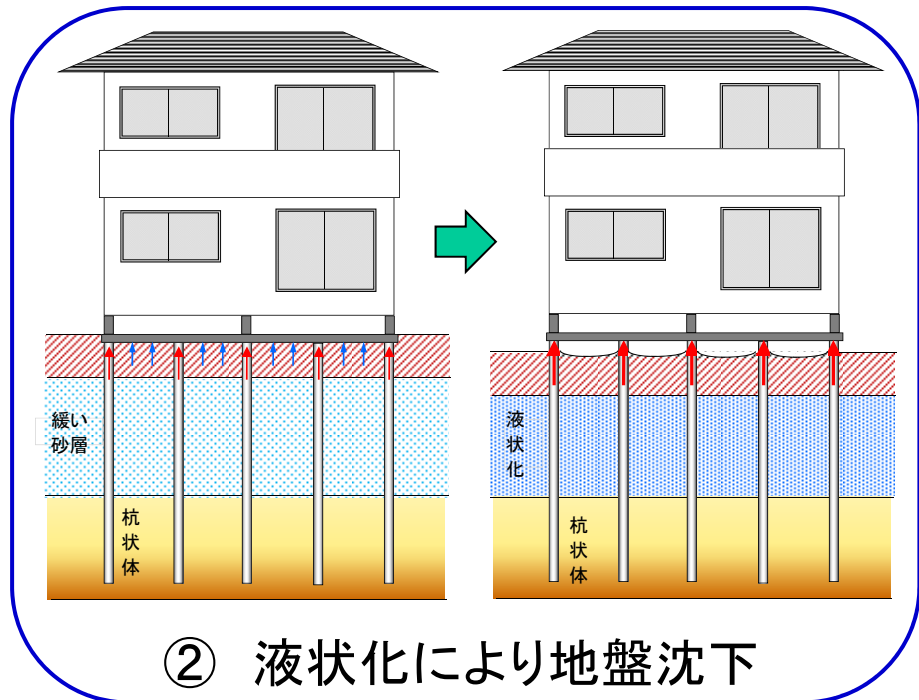
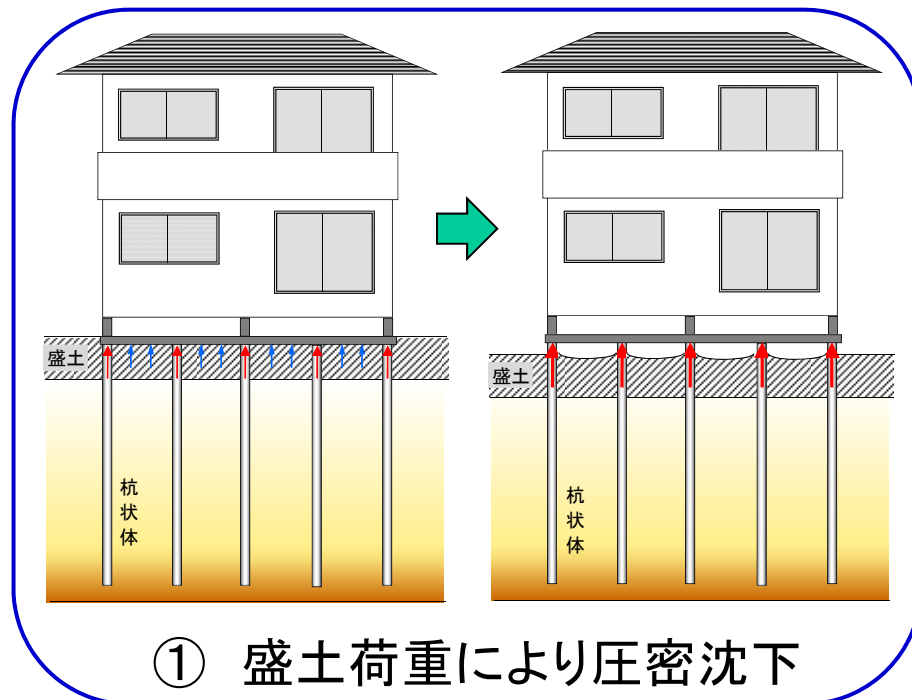
4. 地盤補強適用上の課題

4.1 複合地盤系-1(杭状体+地盤)

将来、基礎下に空隙が予想される場合には複合地盤として機能しない。

- ① 盛土荷重により圧密沈下の可能性がある。
- ② 液状化により地盤沈下の可能性がある。

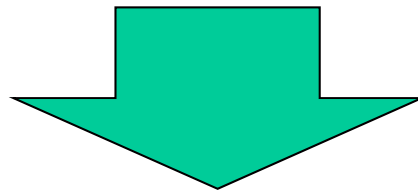
・杭状体の軸力増大
・基礎スラブの応力変化



4.1 複合地盤系-2(杭状体＋地盤)

基礎下に空隙が予想される状況

- ・盛土荷重による圧密沈下が収束する前に建物を新築する。
- ・液状化により地盤沈下の可能性がある。



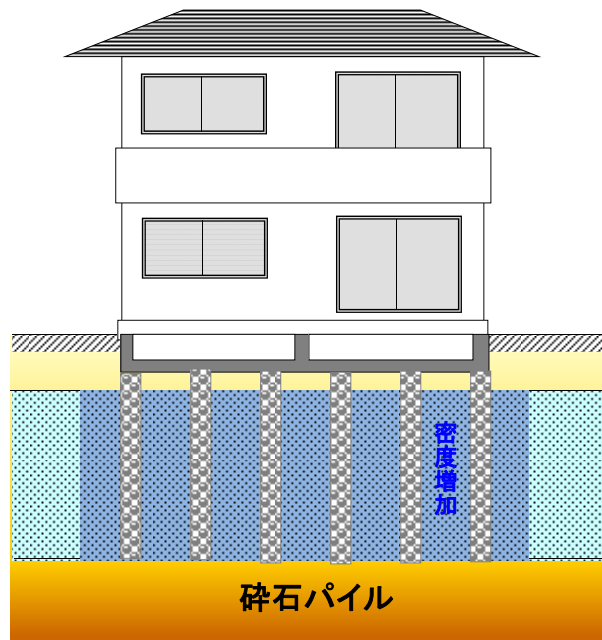
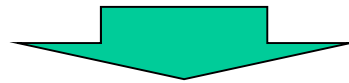
◆留意点

- ・地盤と杭状体が一体となって沈下することを確認できない限り、地盤支持力を期待せず、杭状体の支持力のみで設計する。
⇒ **複合地盤として設計すべきでない。**

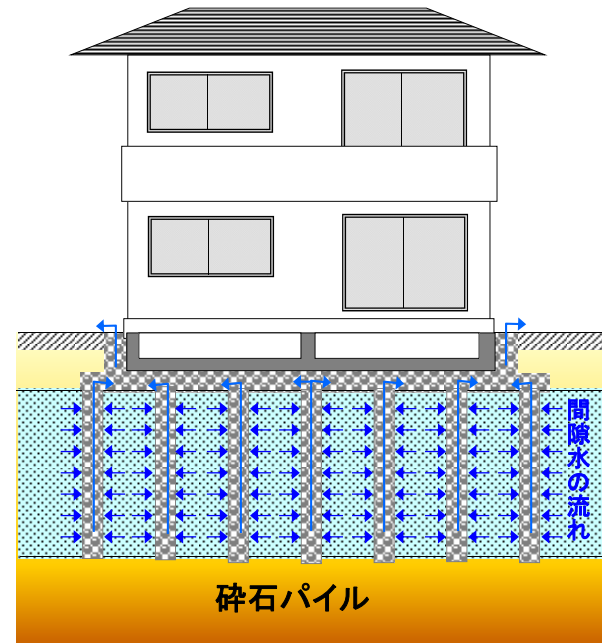
4.1 複合地盤系-3(砕石パイル+地盤)

- ① セメントを使用しない環境に優しい工法。
- ② 供用後に撤去不要で不動産価値が高い。

地震に強い(液状化対策)をアピールポイントにしている工法も多い。



締固め工法



排水促進工法

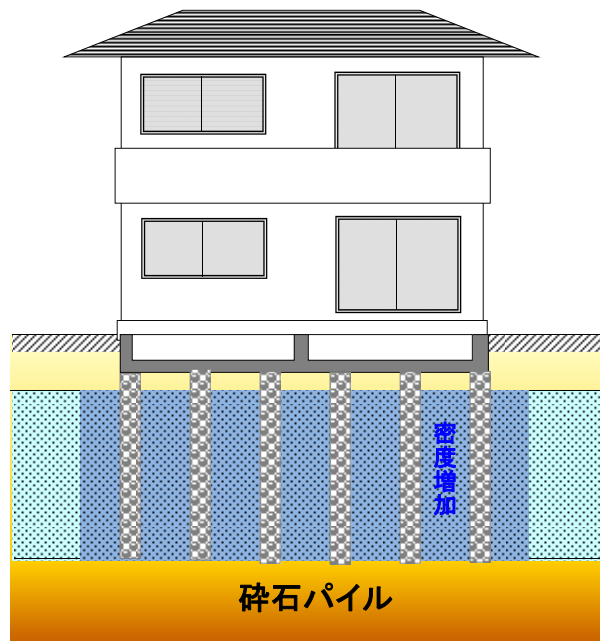
4.1 複合地盤系-4(砕石パイル+地盤)

■液状化対策の原理

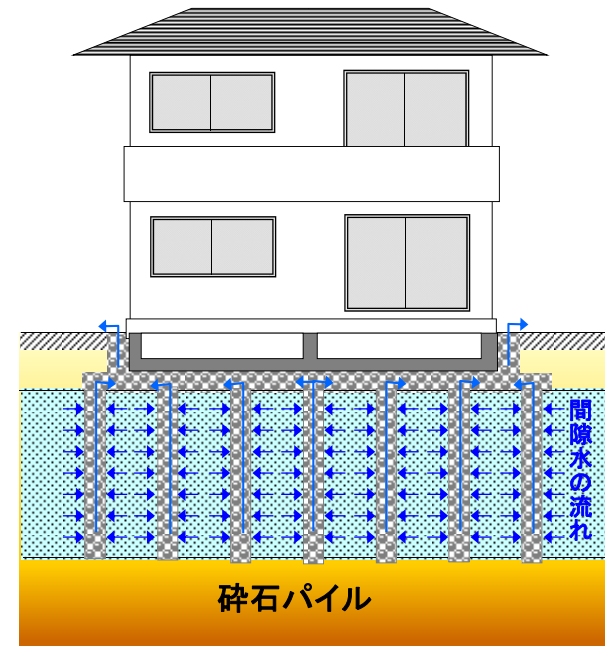
- ・締固め工法か？
- ・排水促進工法か？
- ・併用工法か？

課題

- ①適切な設計
- ②確実な施工
- ③適切な材料



締固め工法

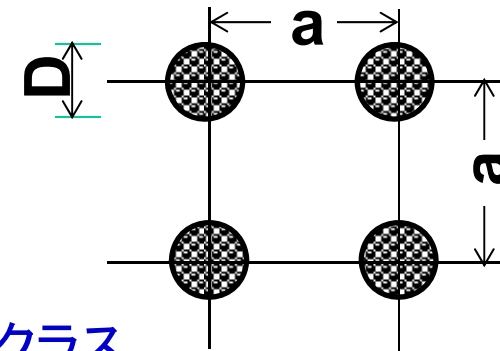


排水促進工法

4.1 複合地盤系-5(締固め工法)

設計法はほぼ確立されているが、
それに準拠して設計されているか？

砕石パイルの打設間隔とN値, F_l 値

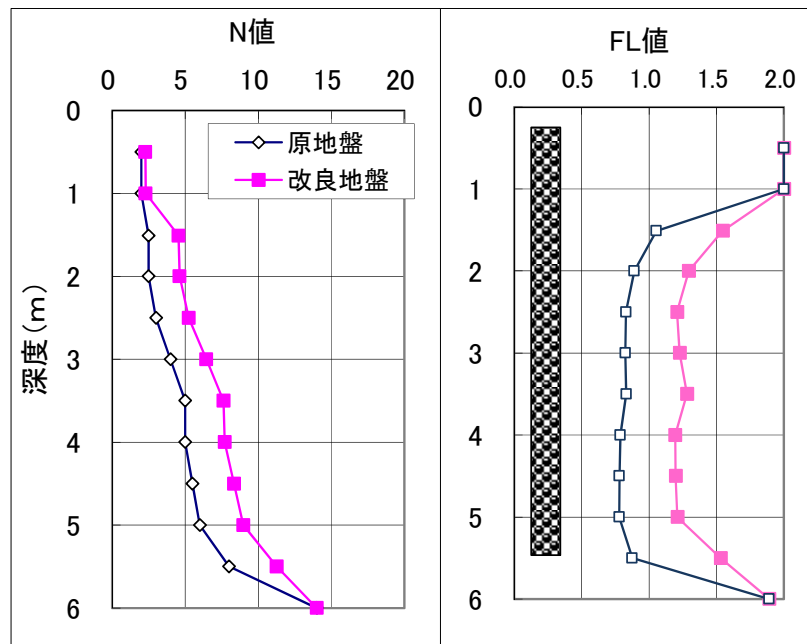


中地震クラス

M=7.5, $\alpha_{\max}=200\text{gal}$

D=400mm, a=1.8m

圧入率as=4%

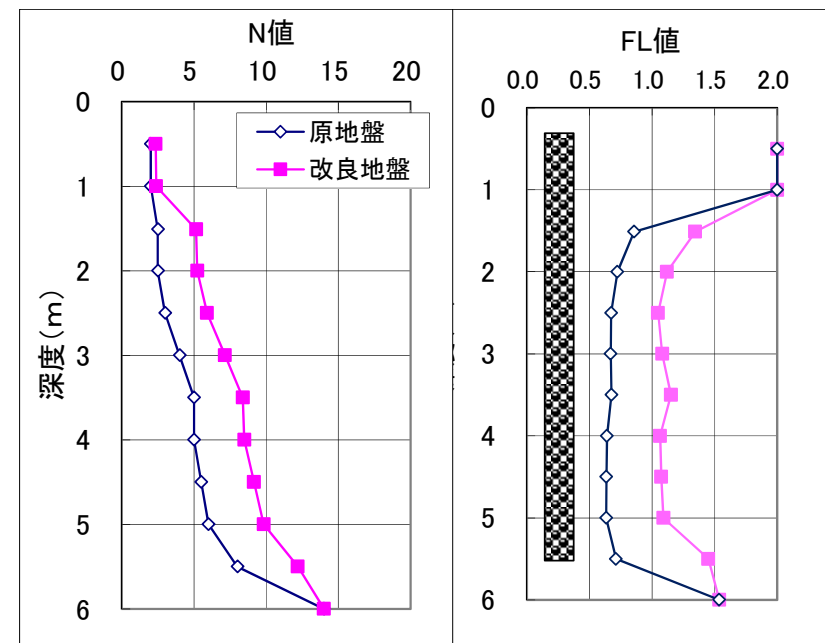


プレート型地震クラス

M=9.0, $\alpha_{\max}=200\text{gal}$

D=400mm, a=1.6m

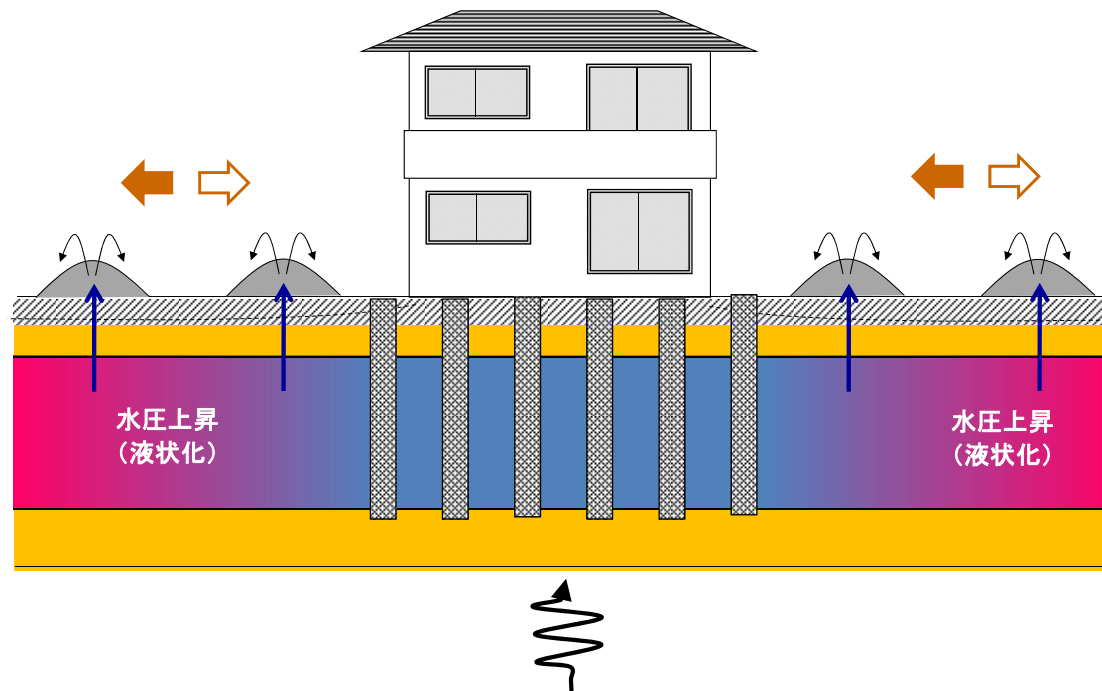
圧入率as=5%



4.1 複合地盤系-6(締固め工法)

密度増加により、鉛直支持力増加と液状化強度増加の両者を期待できる反面

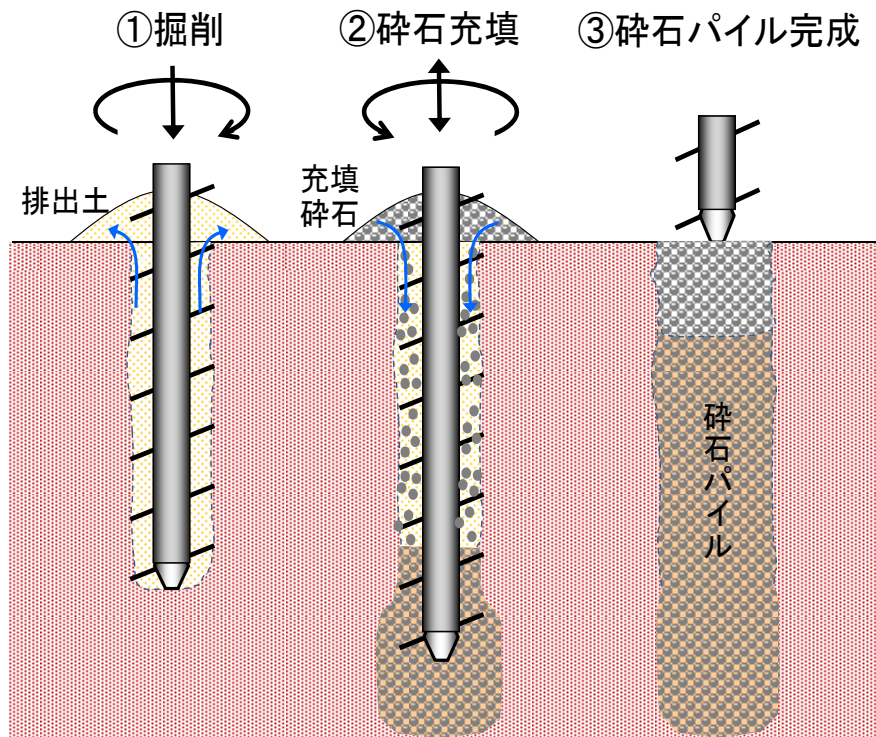
1. 敷地境界、擁壁近傍で地盤変状の影響を受ける。
2. 碎石の充填，地盤の締固めに大きなパワーが必要。
3. 小型施工機械では，掘削により排土しないと施工が困難。(排土⇒碎石充填では効果小)



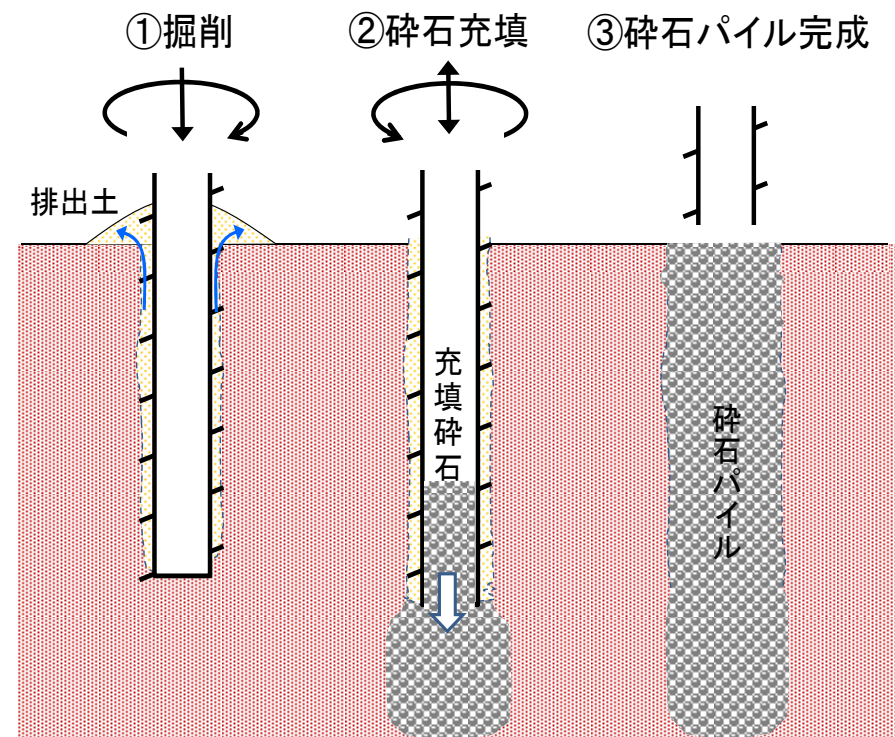
4.1 複合地盤系-7(締固め工法)

掘削時に排土を伴う工法では、排出土量を考慮して
砕石充填量を決定する必要がある。

$$\text{砕石充填量} = \text{必要圧入量} + \text{排出土量}$$



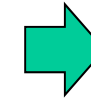
ケーシング外部より充填する施工法



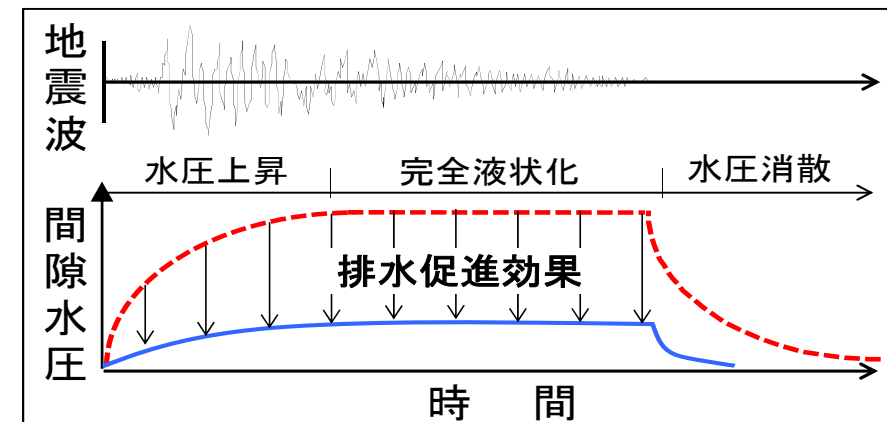
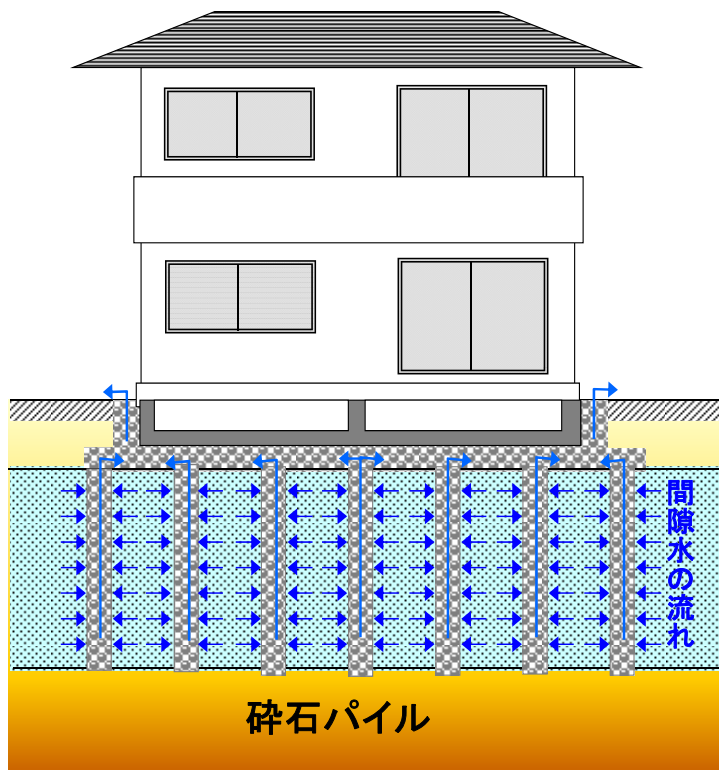
ケーシング内部より充填する施工法

4.1 複合地盤系-8(排水促進工法)

1. 大地震での効果低い($FL < 0.7$ には不適)。
2. 透水性の低いシルト混じりの砂には不適。
3. 戸建住宅など、改良範囲が狭いと効果が低い。
4. 施工法:排水性能を確保できる施工法か
5. 砕石径:排水性能を確保できる粒径か
6. 設計法:設計用の地盤定数は適切か

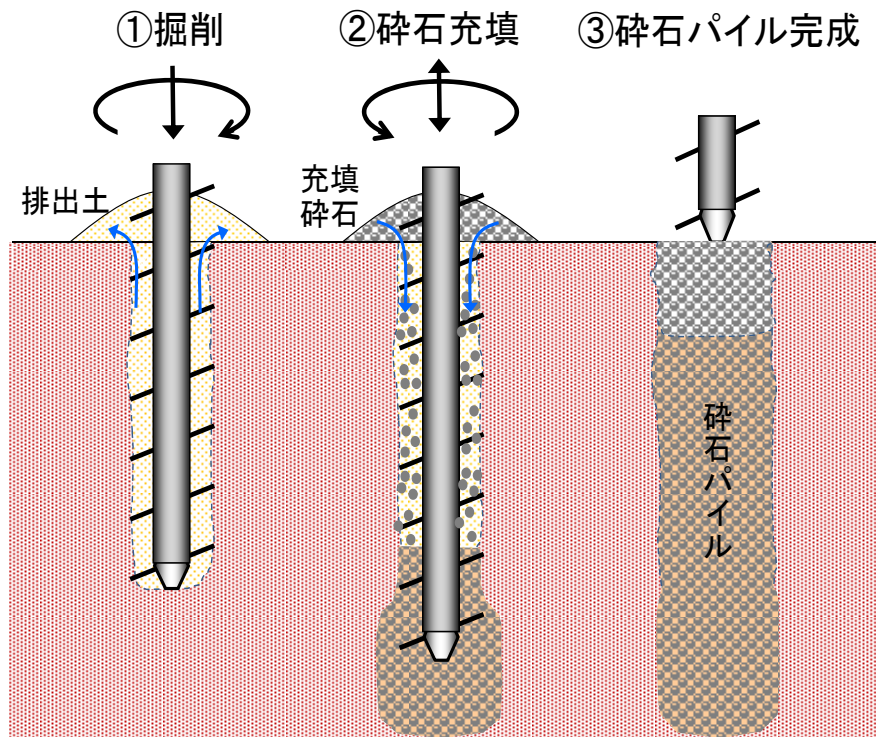


液状化してから
水が抜けても
意味がない

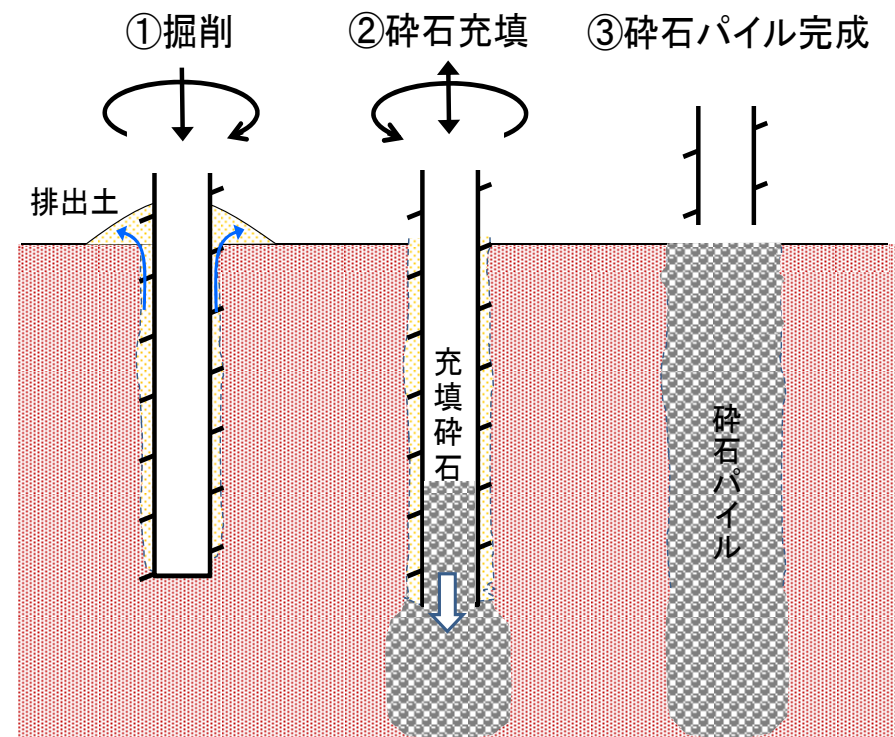


4.1 複合地盤系-9(排水促進工法)

- ・ケーシング外部より碎石を充填する方法では、表層部を除き、碎石と土砂が混じり合い、高透水性を確保できない。
- ・ケーシング内部より充填する方法でも、 $\phi 5 \sim 15\text{mm}$ の碎石を使用しないと、長期的透水性の確保は難しい。



ケーシング外部より充填する施工法



ケーシング内部より充填する施工法

排水促進工法に使用する碎石



× 4~5号碎石 (13~30mm) ○ 6~7号碎石 (2.5~13mm)

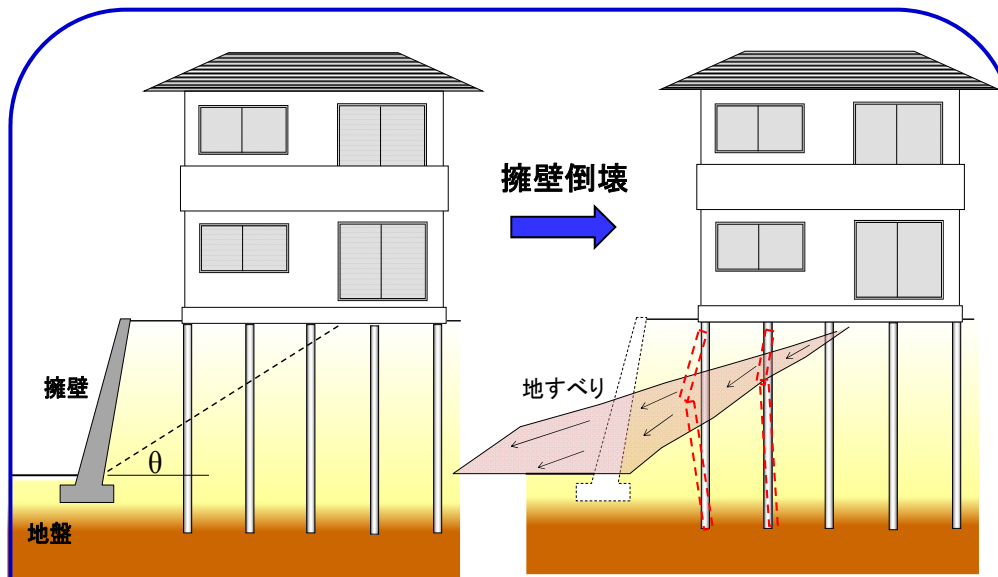
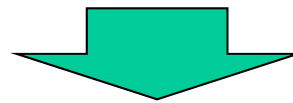
(写真-3) 単粒碎石による NUP グラベルドレーン杭



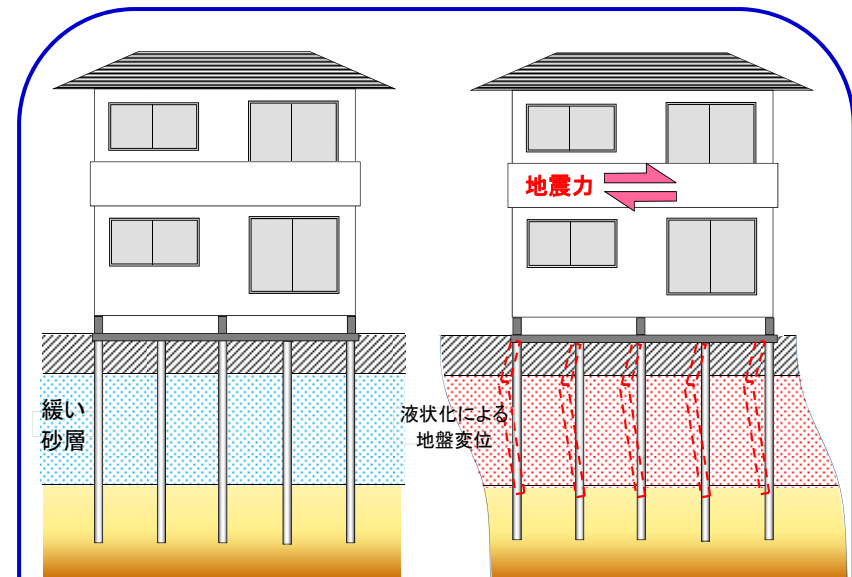
4.2 無筋コンクリート・モルタル系-1

圧縮強度が高いので細くできるが、曲げ強度、靱性が低い。

- ・大きな地盤変状(地すべり、液状化)により杭体が破損し、鉛直支持性能を喪失する危険性がある。



① 擁壁倒壊に伴う地盤変位

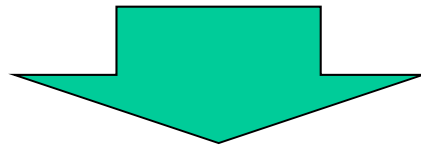


② 液状化に伴う地盤変位

4.2 無筋コンクリート・モルタル系-2

圧縮強度が高いので細くできるが、曲げ強度、せん断強度が低い。

- ・大きな地盤変状(地すべり、液状化)により杭体が破損し、鉛直支持性能を喪失する危険性がある。



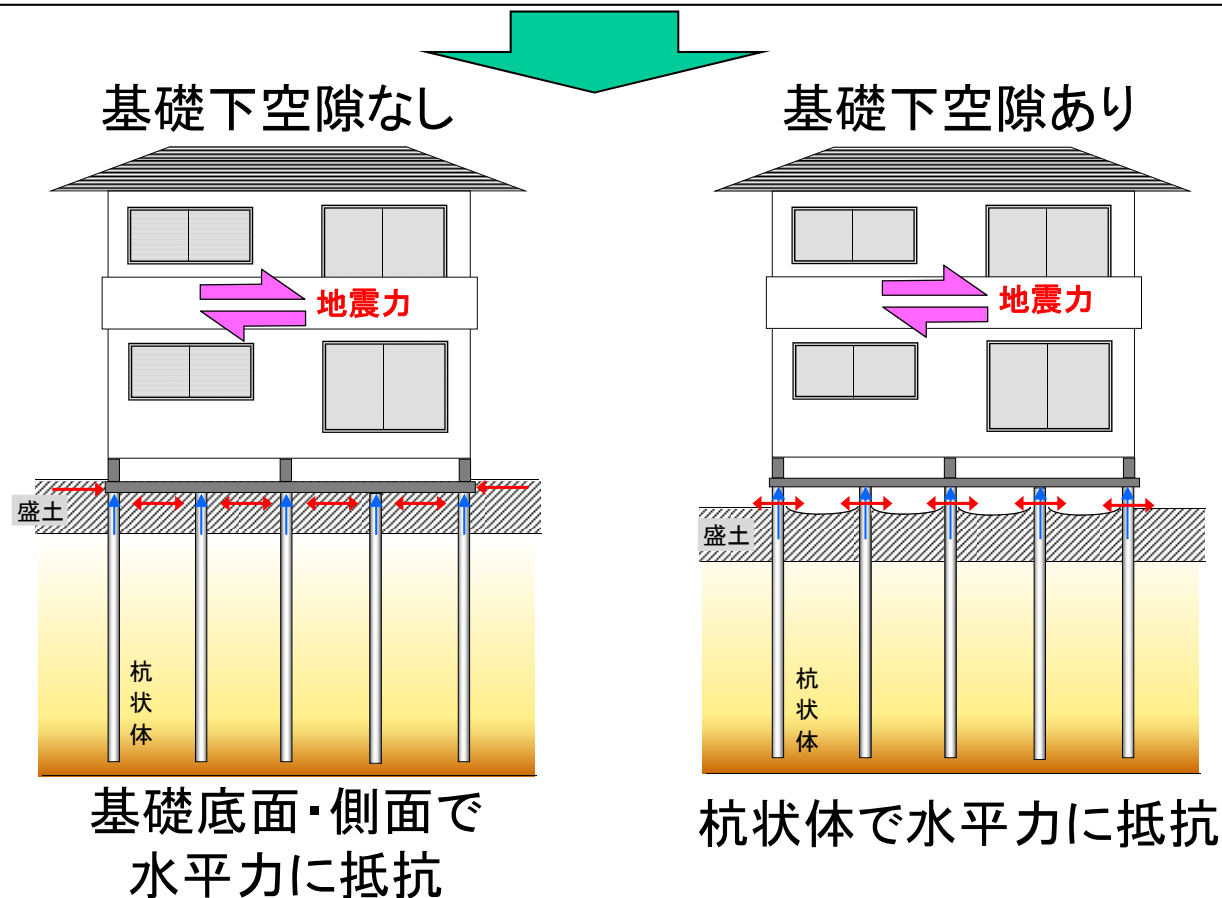
◆留意点

- ① 常時水平力を受ける場合には採用を控える。
- ② 擁壁や法面近傍の安息角対応には採用しない。
- ③ 液状化の危険性の高い地盤には採用しない。

4.3 杭状地盤補強-1(基礎下空隙)

将来、基礎下に空隙が生じると、地震時に杭状体に水平力が作用する。

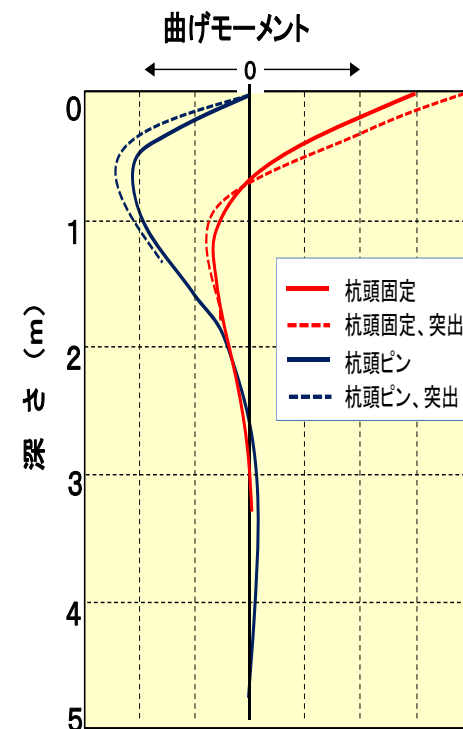
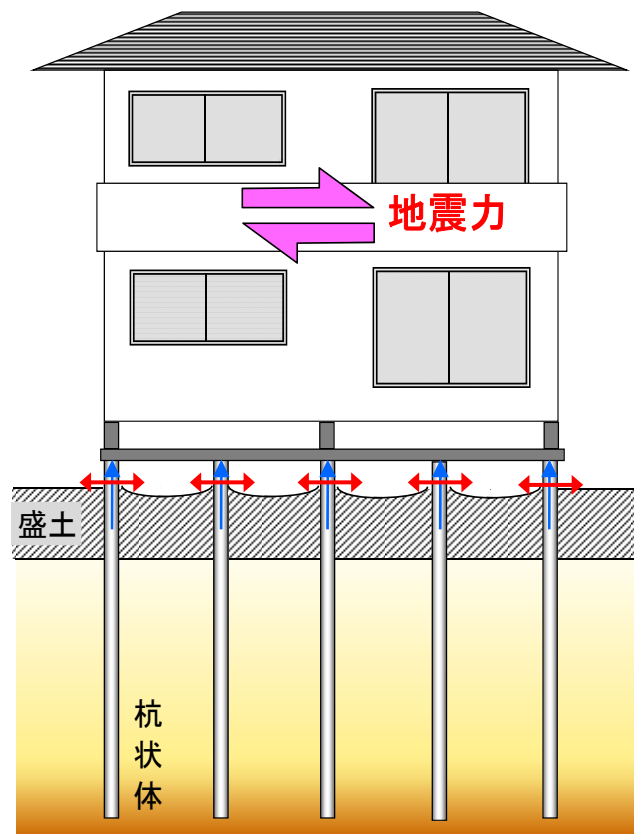
- ① 盛土荷重により圧密沈下の可能性がある。
- ② 液状化により地盤沈下の可能性がある。



4.3 杭状地盤補強-2(基礎下空隙)

・空隙充填し、外周部に盛土して基礎根入れを確保しない 限り、水平力の検討が必要。

⇒ ①基礎－杭頭間で水平力を伝達できるか
②杭状体の曲げ強度，せん断強度の照査



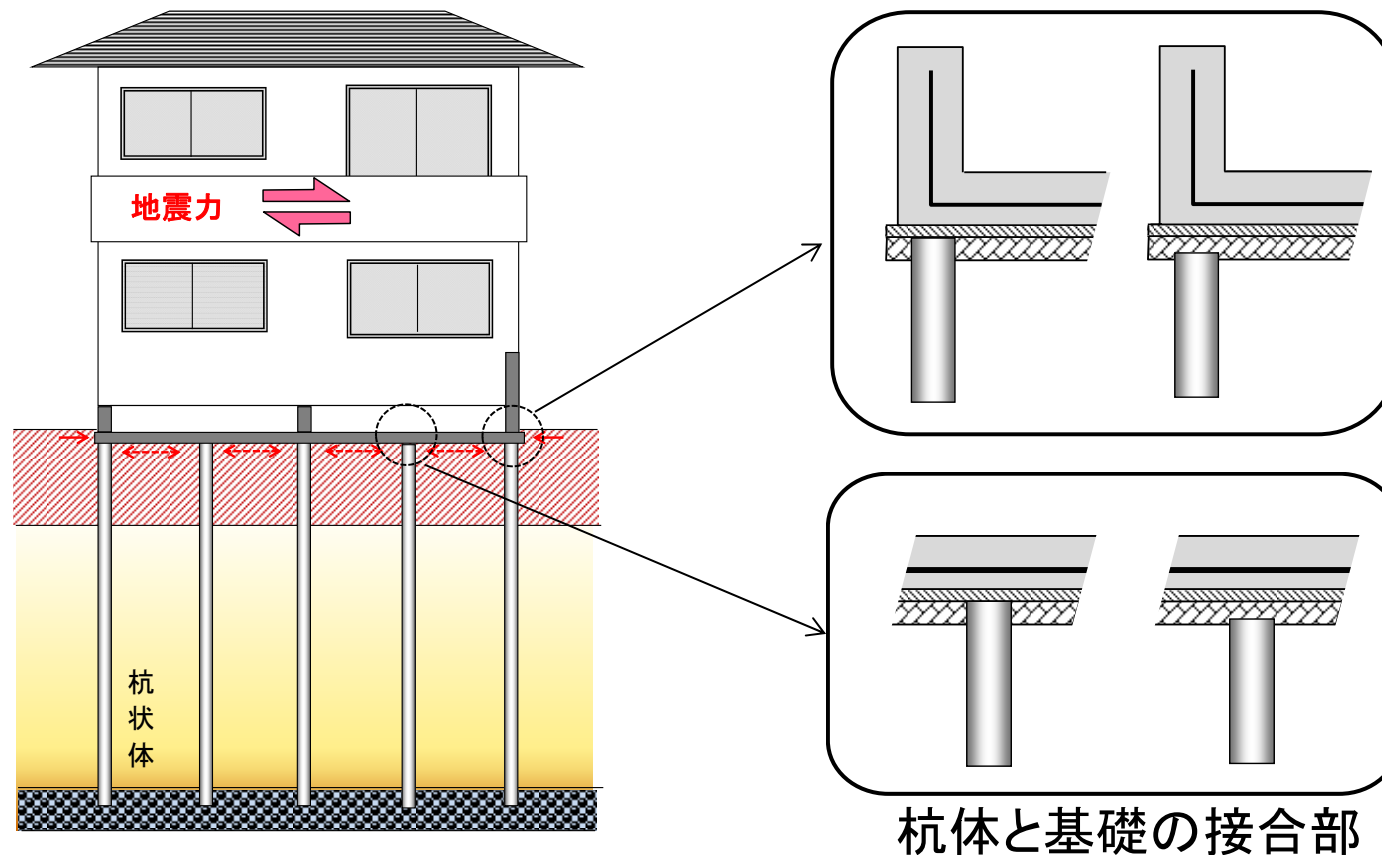
杭状体も曲げモーメント分布

4.3 杭状地盤補強-3(基礎との接合)

・通常は基礎-杭状体頭部は接合しない。

地震力(水平力)に対する抵抗要素

- ①基礎底面と地盤の摩擦抵抗
- ②基礎根入れ部の前面受働抵抗, 側面摩擦抵抗
- ③杭体頭部と捨コン、敷砂利の摩擦抵抗



4.3 杭状地盤補強-4(基礎との接合)

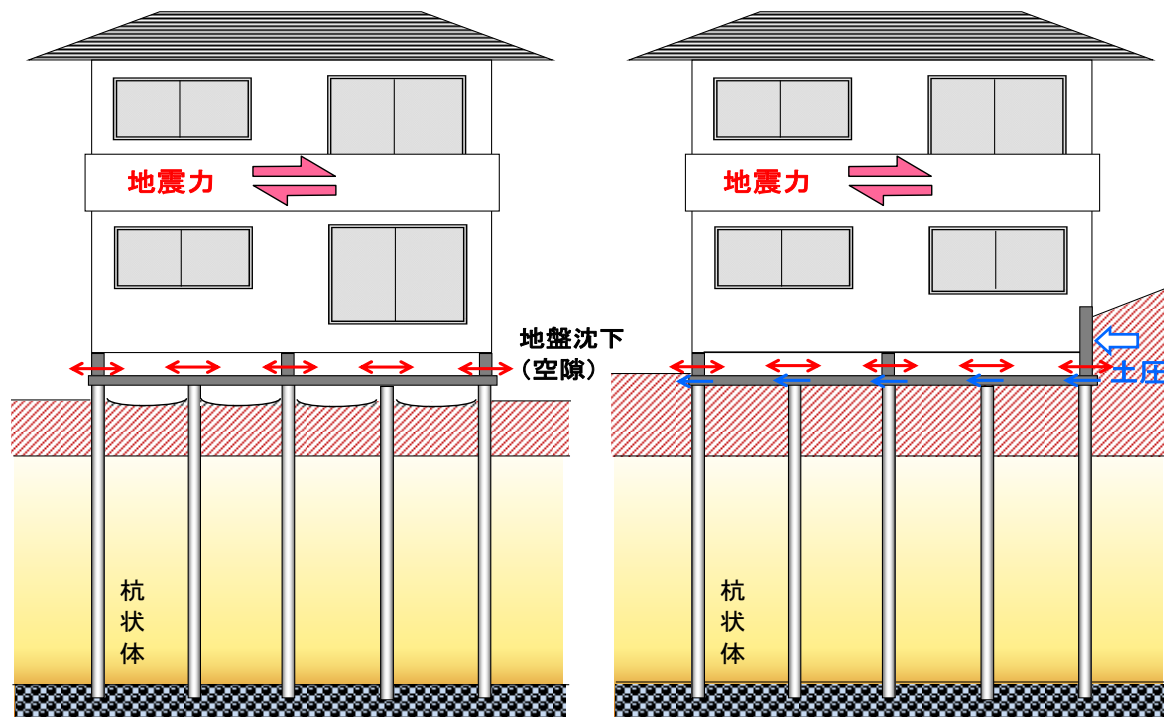
a.基礎下に空隙が生じる場合(抵抗要素の喪失)

③杭体頭部と捨コン、敷砂利の摩擦抵抗

b.片土圧が作用する場合(過大な水平力)

滑動の危険性大

滑動(水平)抵抗
要素が必要



a.基礎下に空隙

b.片土圧が作用する

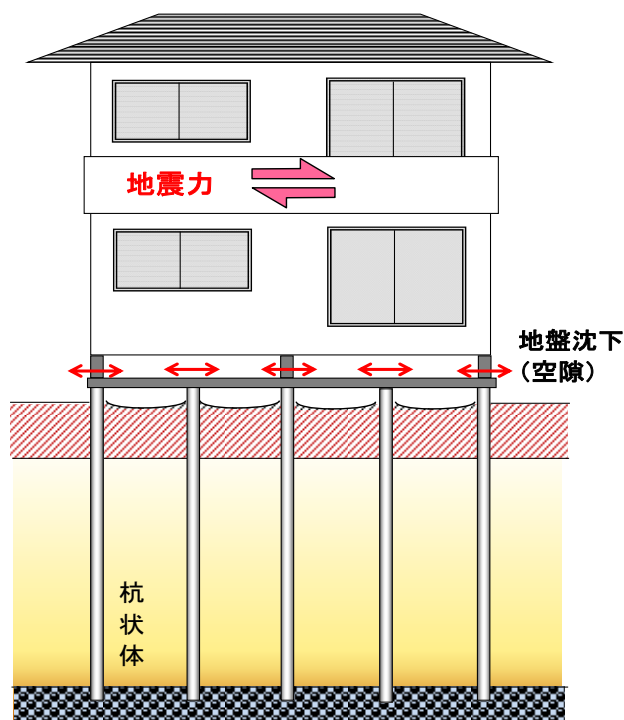
4.3 杭状地盤補強-5(基礎との接合)

滑動(水平)抵抗要素の確保

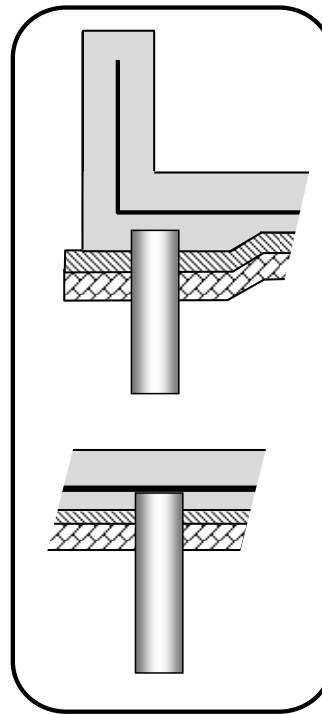
①杭体と基礎を鉄筋で定着 ⇒基礎寸法が増大

②杭頭部を基礎に呑み込ませる

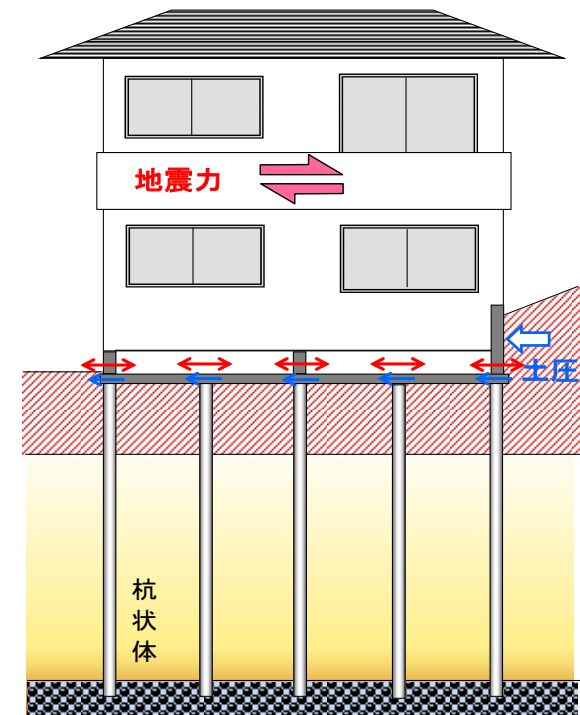
* 浮き上がりの危険性がある場合は①



a.基礎下に空隙



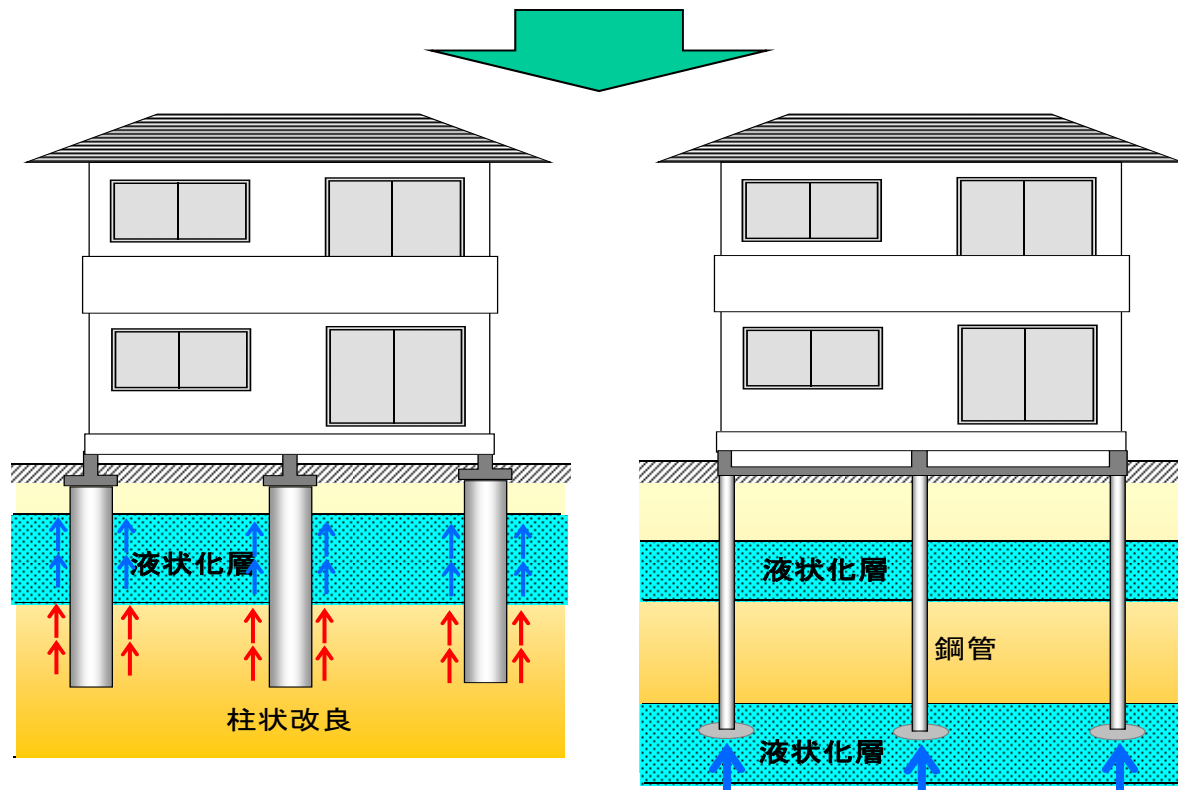
杭体と基礎の接合部



b.片土圧が作用する

4.3 杭状地盤補強-6(液状化地盤での支持力)

- ・液状化層の摩擦抵抗, 先端支持力が喪失する。
 - ・水平抵抗を喪失する(低下する)。
- ① 液状化層より上部の摩擦抵抗を考慮しない。
 - ② 液状化層を杭状体の支持層としない。

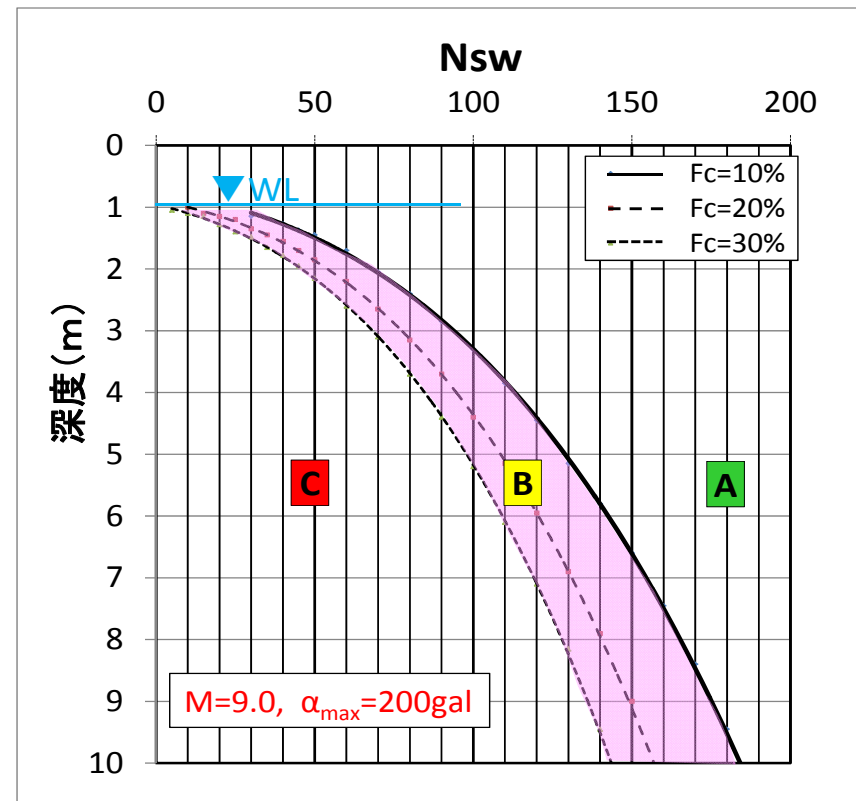
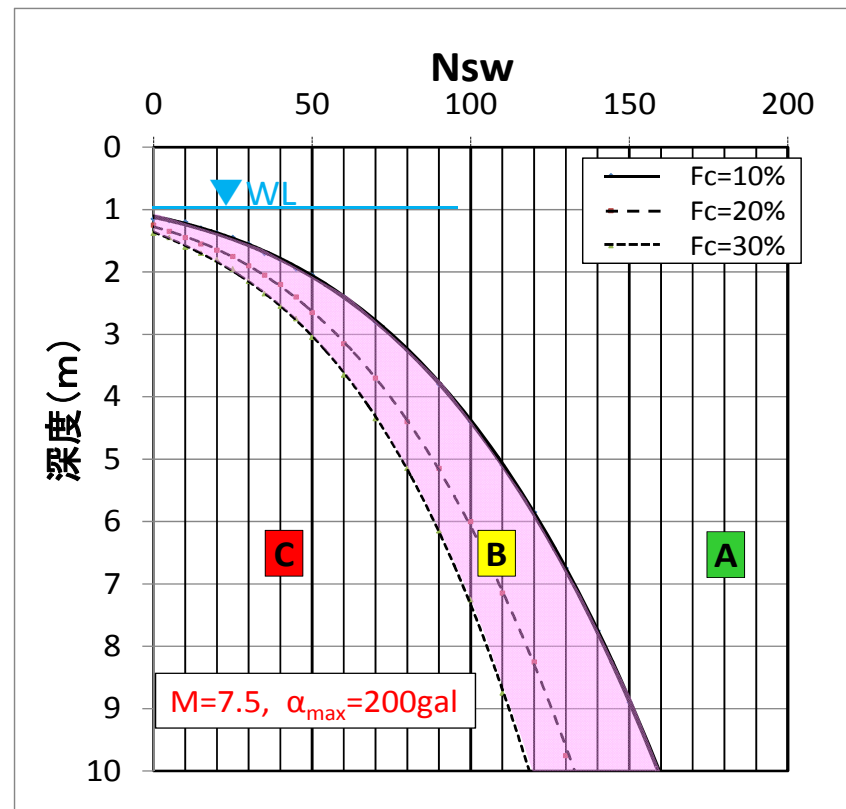


4.3杭状地盤補強-7(液状化地盤での支持層)

杭状体の先端を下記条件の地盤に定着させる

① 中地震 : $M=7.5$, $\alpha_{\max}=200\text{gal}$ $\Rightarrow$ **A** ゾーン

② プレート型地震 : $M=8\sim 9$, $\alpha_{\max}=200\text{gal}$ $\Rightarrow$ **B** ゾーン



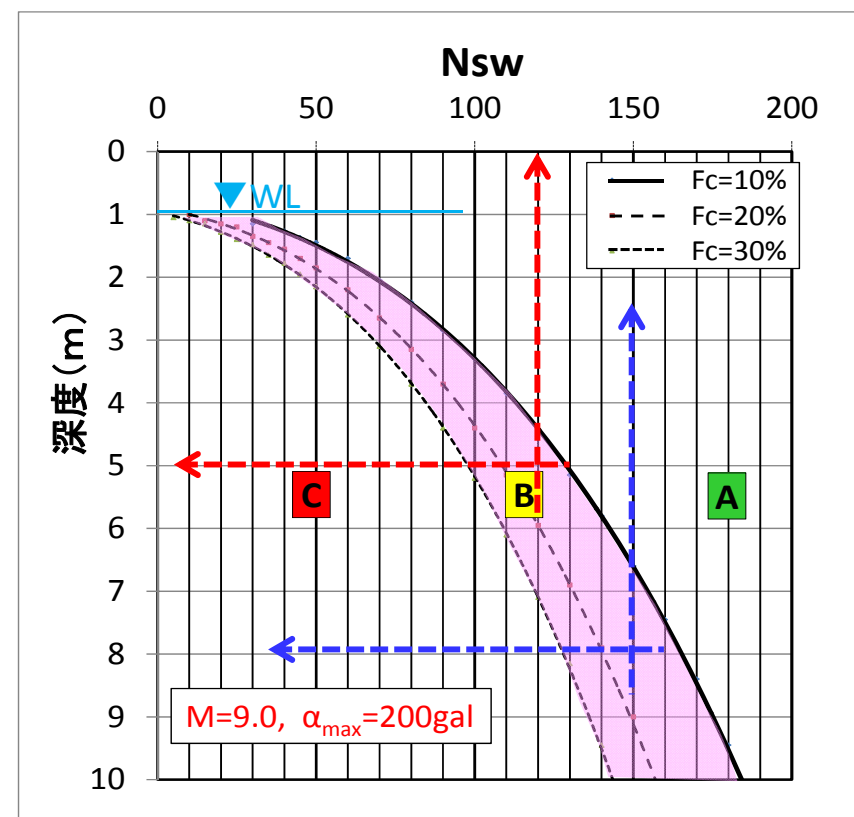
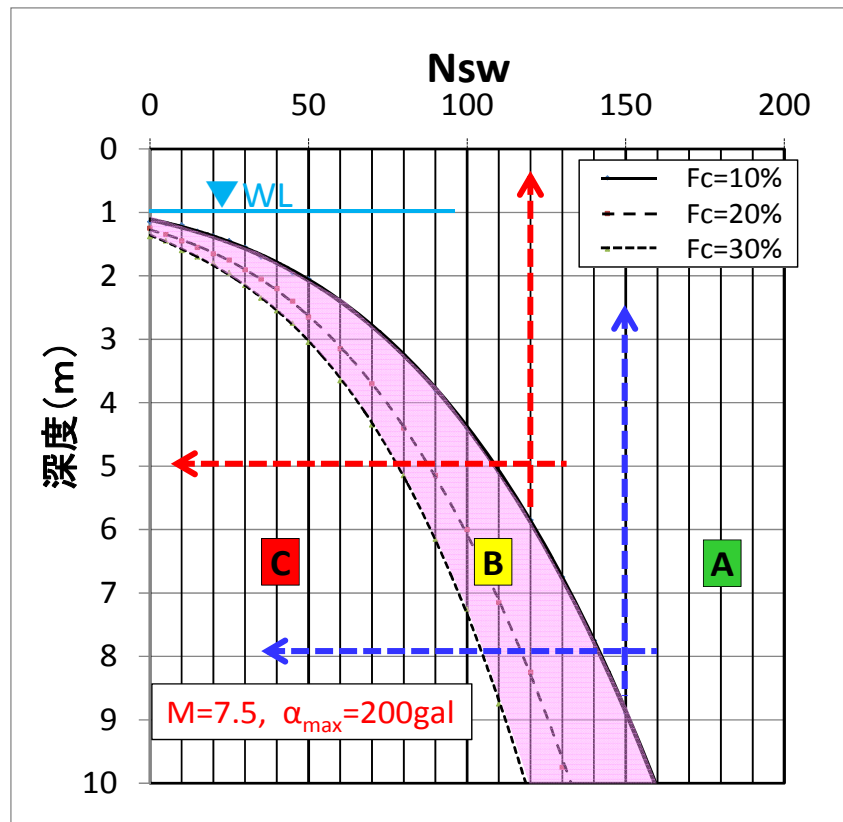
- A** : 液状化の可能性小
- B** : F_c 等により判断が異なる
- C** : 液状化の可能性大

液状化に対する限界 N_{sw} (目安)

4.3 杭状地盤補強-8(液状化地盤での支持層)

例えば, 深さ5mであれば $N_{sw} \geq 120$

深さ8mであれば $N_{sw} \geq 150$

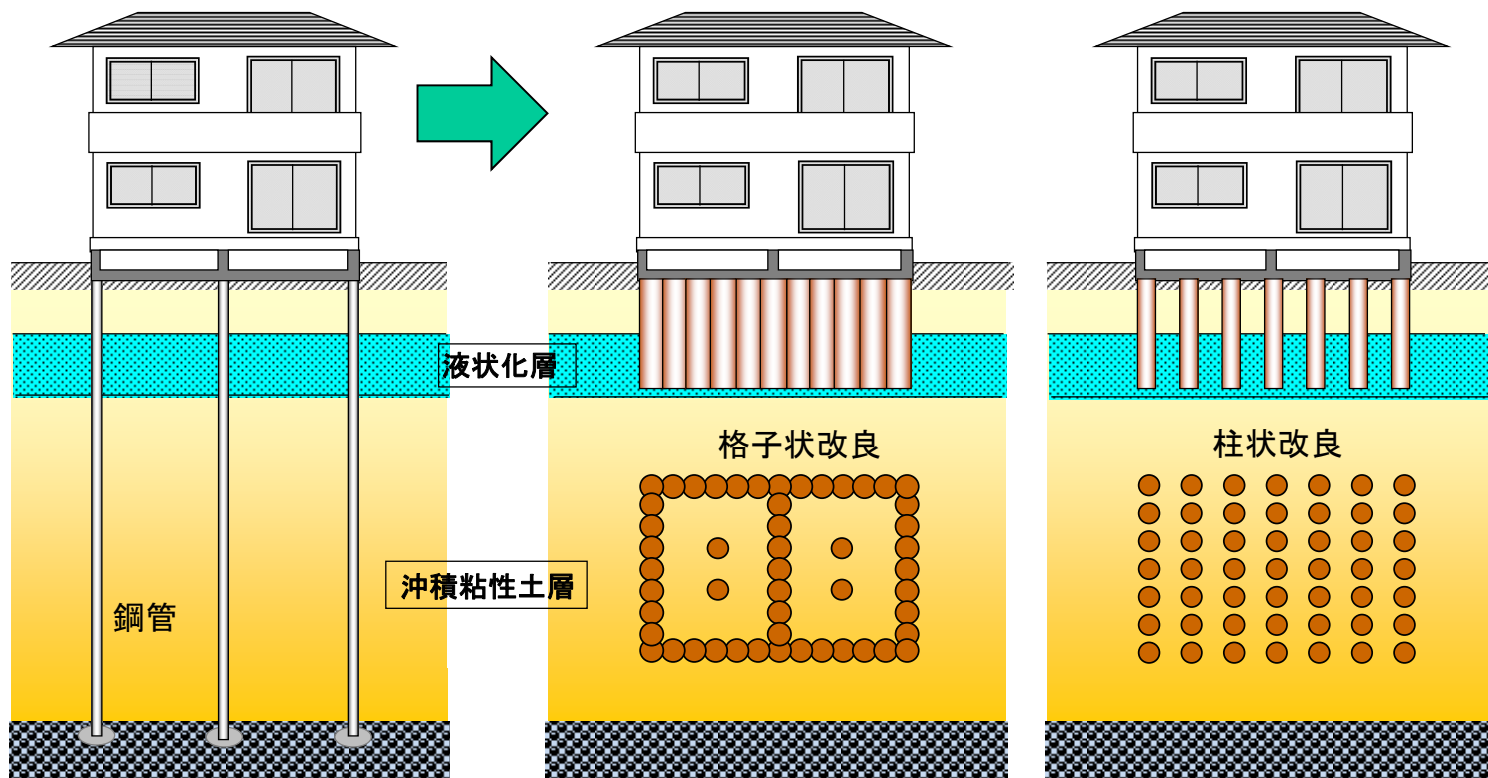


- A** : 液状化の可能性小
- B** : F_c 等により判断が異なる
- C** : 液状化の可能性大

液状化に対する限界 N_{sw} (目安)

4.3 杭状地盤補強-9(液状化地盤)

- ・液状化層の下部に沖積粘性土層が厚く堆積し、支持層が極めて深い場合(翼付鋼管以外の方法)。
 - ①柱状改良体をラップして格子状に地盤改良
 - ②柱状改良体を密に配置
 - ③碎石パイル(締固めによる液状化防止)

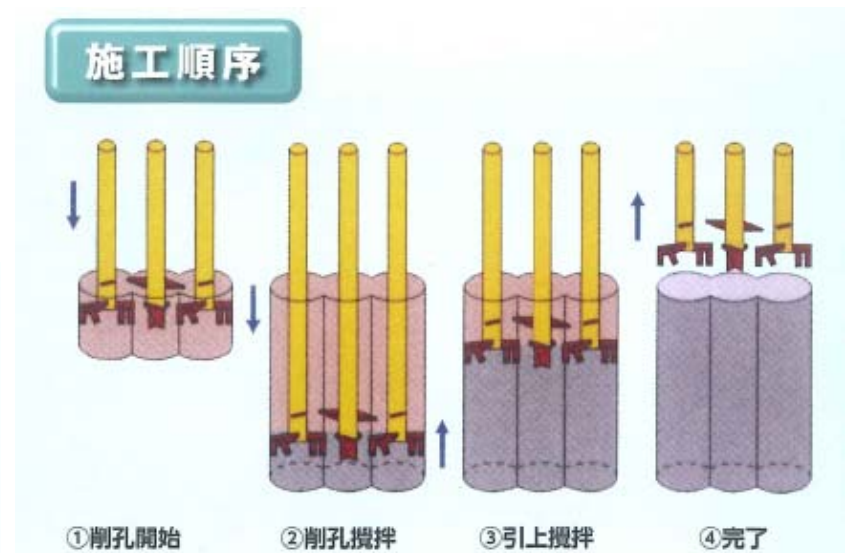
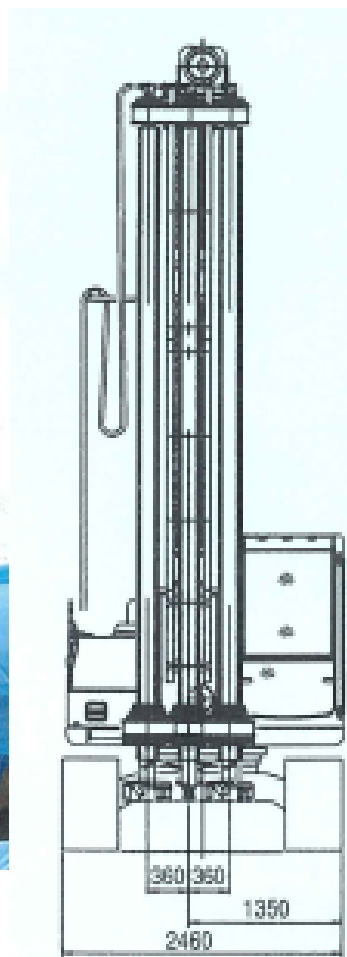


格子状地盤改良

鉛直支持力対策 兼 液状化対策

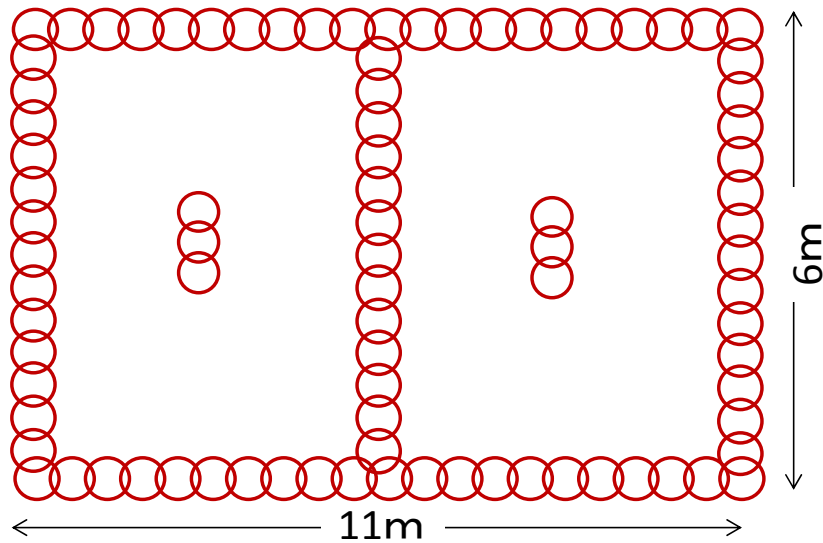


施工機械(三軸オーガー)



施工イメージ

格子状地盤改良



格子状地盤改良の試算例

$$F_c = 800 \text{ kN/m}^2, \quad B = 45 \text{ cm}$$

$$\text{間隔} L = 6.0 \text{ m}$$

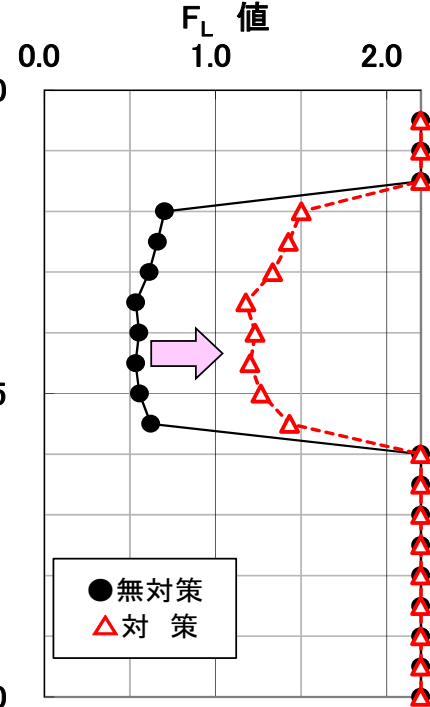
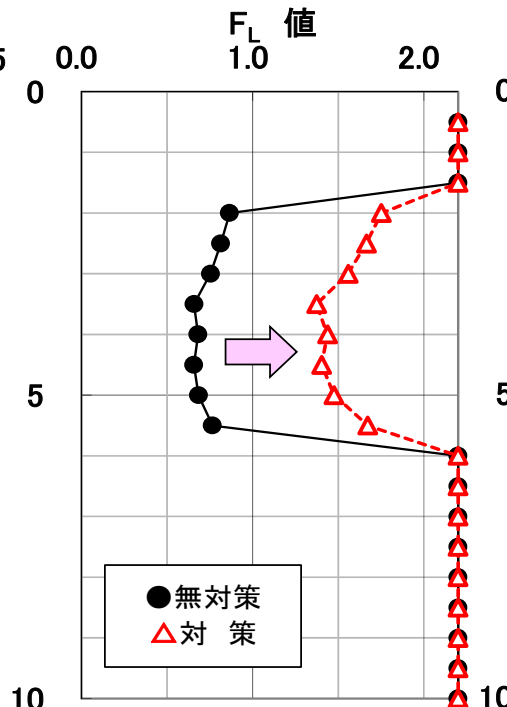
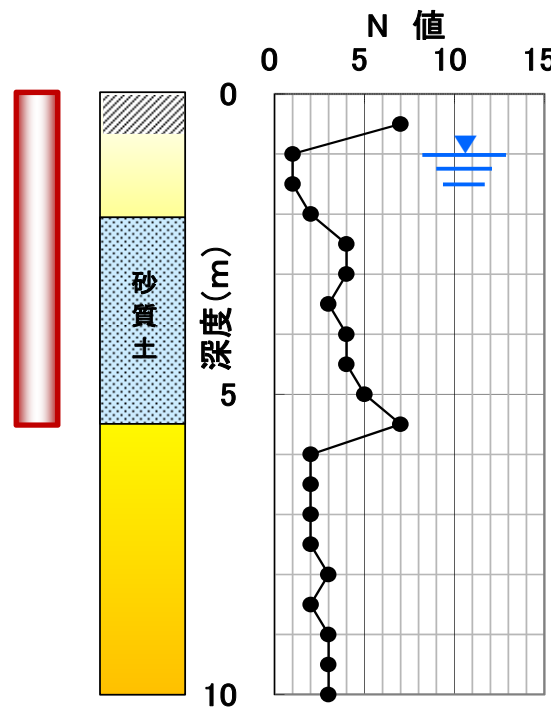
$$\text{深さ} H = 5.5 \text{ m}$$

中地震

$$M = 7.5, \quad \alpha_{\max} = 200 \text{ gal}$$

プレート型地震

$$M = 9.0, \quad \alpha_{\max} = 200 \text{ gal}$$



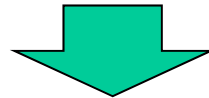
5. ま と め(1)

- ・この10年余りで、住宅地盤を対象とした
様々工法が技術認証を取得している。
- ・杭基礎あるいは杭状地盤補強工法の取
得件数が圧倒的に多い。
- ・杭状体あるいは砕石パイルの支持力と
地盤支持力との複合地盤系も増加して
いる。
- ・**支持力式**や**施工信頼性**の性能証明を取
得しているものの、**沈下計算**や**液状化効
果**に関しては設計者判断。

5. ま と め(2)

- ・2011年3月11日の液状化被害以降, 住宅を対象とした液状化対策工法の開発が鋭意進められている。

- ・液状化に関するガイドラインや性能表示制度に近い将来施行される。



- ・地盤補強工法の設計・施工に当たっては,
目的, 地盤条件, 施工条件, 対策効果と
工法の性能(限界)
に十分留意する必要がある。