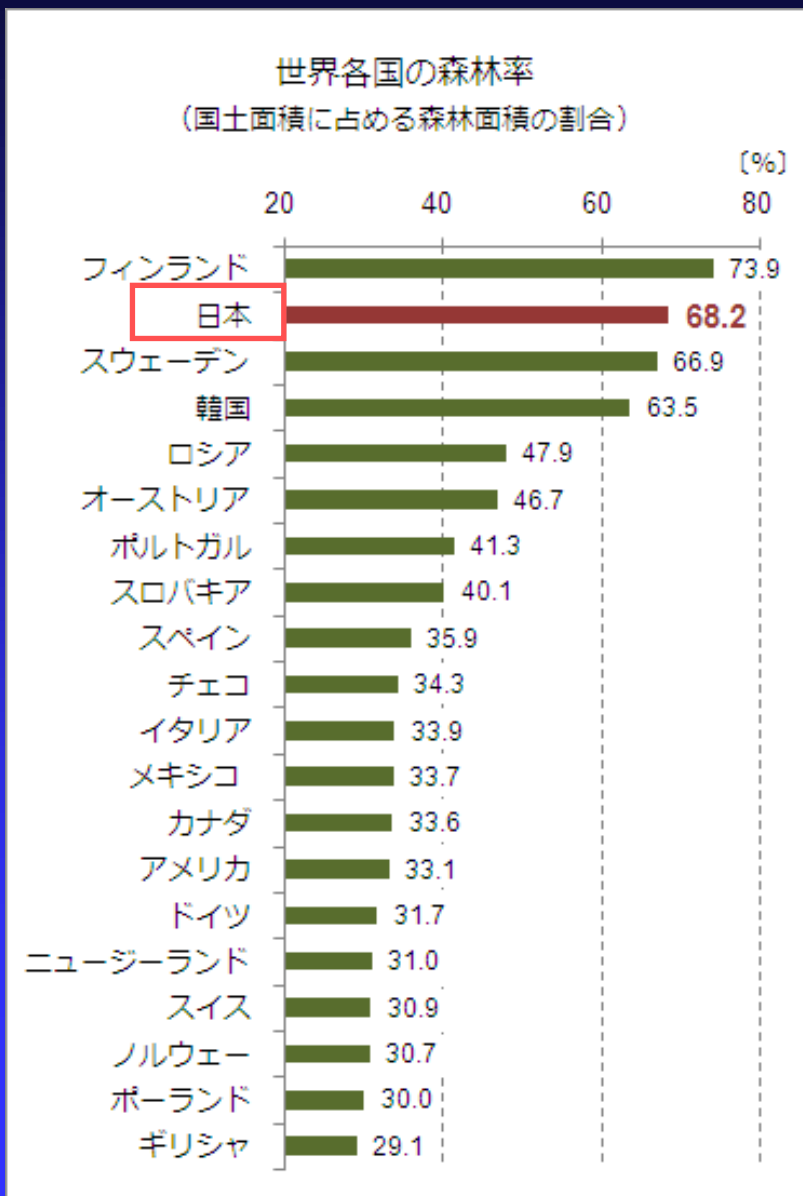


# 軟弱地盤と地盤改良

稲積真哉

# 軟弱地盤と土の性質 (都市部の地質について)

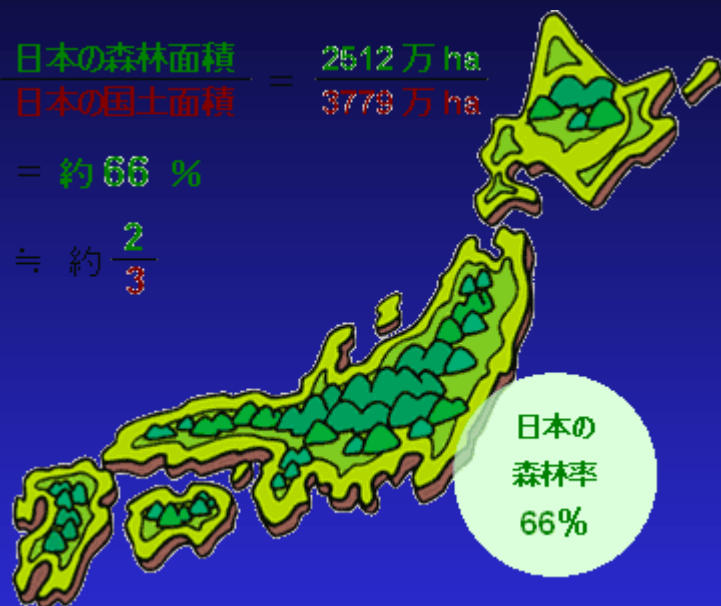
# 日本は世界有数の森林国



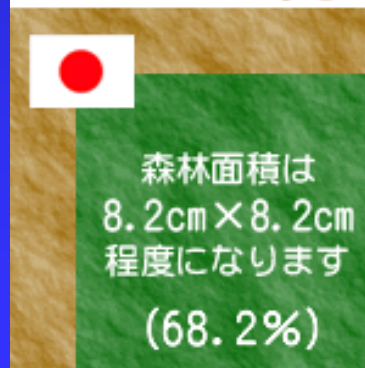
$$\frac{\text{日本の森林面積}}{\text{日本の国土面積}} = \frac{2512 \text{ 万 ha}}{3779 \text{ 万 ha}}$$

= 約 66 %

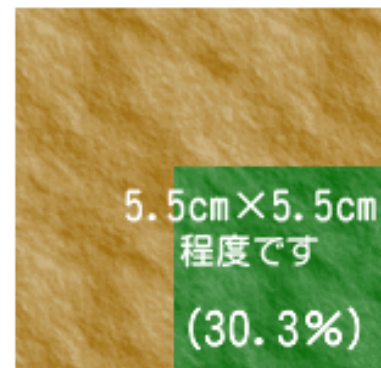
≒ 約  $\frac{2}{3}$



日本の国土面積を  
10cm×10cmとすると



ちなみに  
世界平均は



# 残りの沖積平野にインフラの集中

- 店舗、工場……商業施設
- 学校、図書館……公共施設
- 民家、耕作地……民間所有地
- 交通網（道路・鉄道）

地形	国土面積の割合	人口比率	資産比率
沖積平野	10%	49%	75%
その他	90%	51%	25%

## 災害に脆弱な沖積平野→軟弱地盤国

- 地盤沈下(0メートル地帯の発生) → 水害の発生確率大
- 液状化し易い → 新潟地震の際の建築物の倒壊
- 地震時の揺れが大きい → 火災が発生し易い

# 軟弱地盤とは？

建造物の基礎地盤として

十分な地耐力を有していない地盤

「土質工学用語辞典」



土の強度そのものではなく、

上の構造物との相対的な関係によって決まる。

(日本は世界有数の軟弱地盤国)

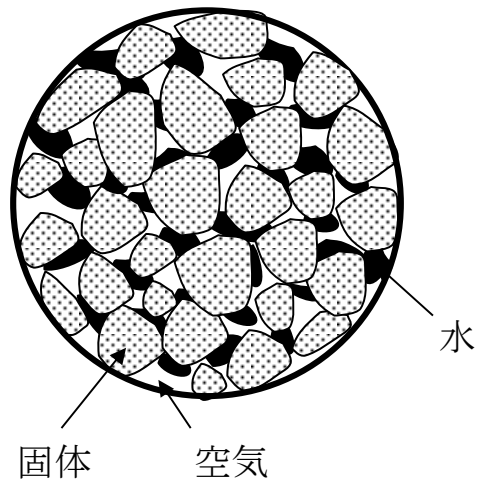
# 軟弱地盤の特性(土の種類)

粘性土？

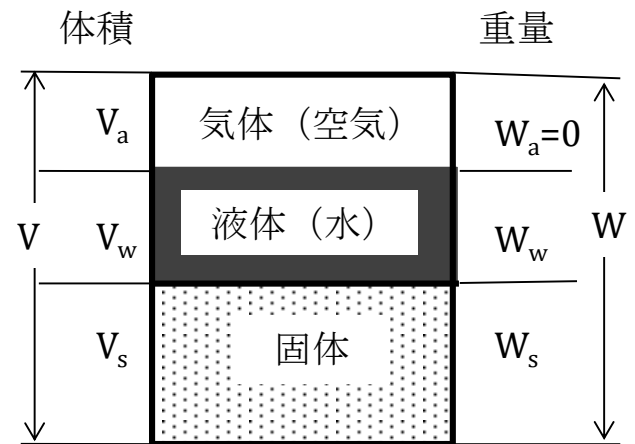
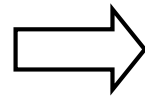
それとも

砂質土？

- 軟弱対策工法を計画する上で、  
選定する工法原理がことなる。  
→土質の見極めが重要



土粒子の集合体



土の三相モデル

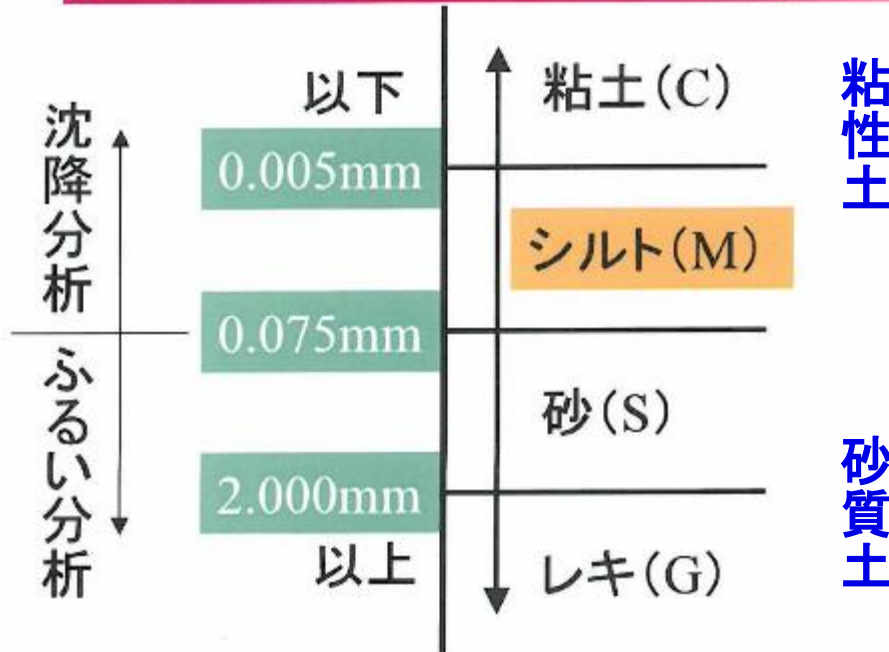
土の三相図モデル

# 土の区分

## 土の粒度

### 粒径による区分

ふるい分析と沈降分析で等価な球の直径相当量として定める



### シルトの存在

砂と粘土の性質が極端に異なることから設定

M:Mo(スウェーデン語でシルト(Silt)の意)

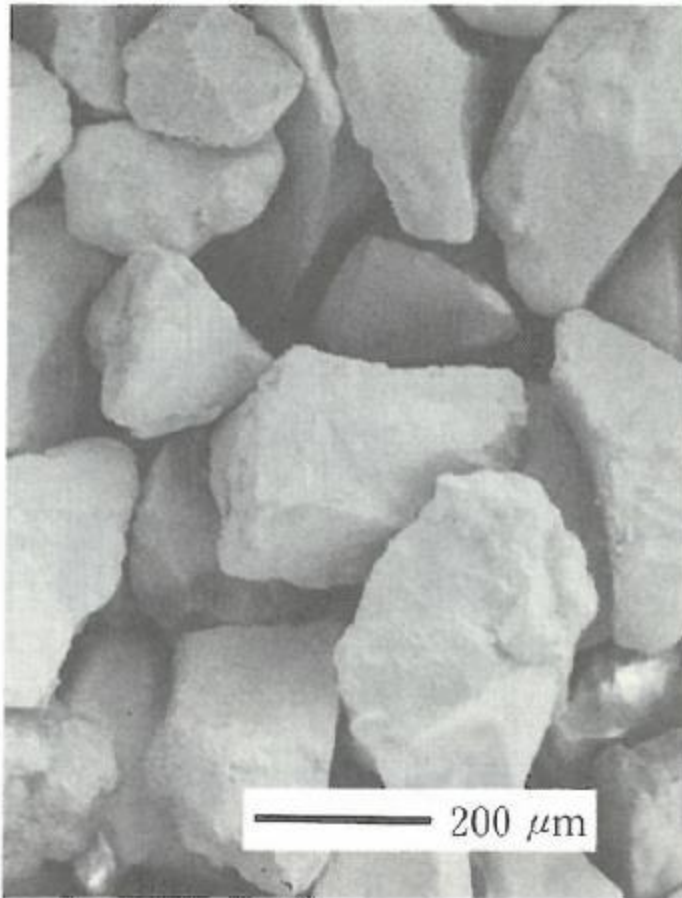
C:Clay

S:Sand

G:Gravel



# 土の構造(砂質土)



礫や砂は粒状で、角張ったものや丸みを帯びたものが有る。

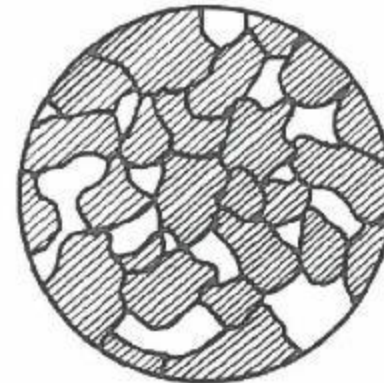
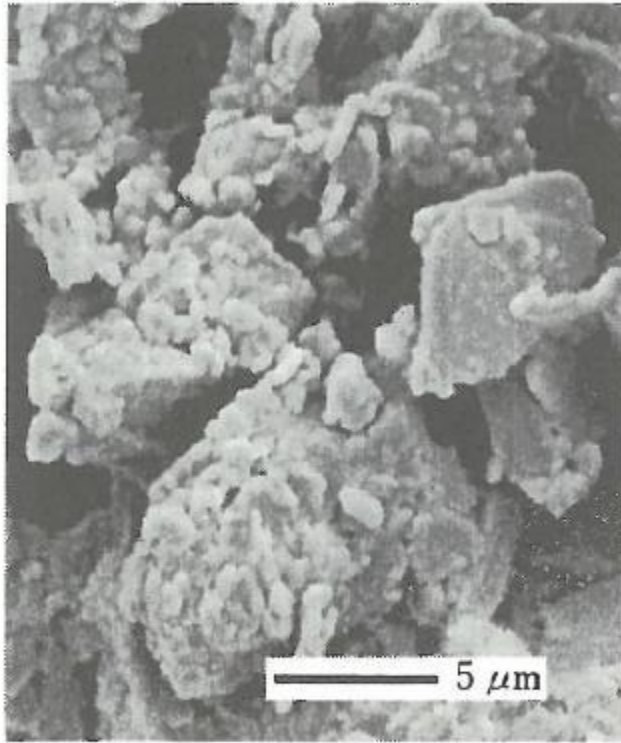


図 1・13 単粒構造(豊浦標準)

単粒構造

# 土の構造(粘性土)



乱さない試料( $w=133\%$ )

図 1・12 粘土の顕微鏡写真 (有明粘土)

電子顕微鏡写真

粘性土粒子のように  
粒子が細かくなると  
薄片状になって来る

。

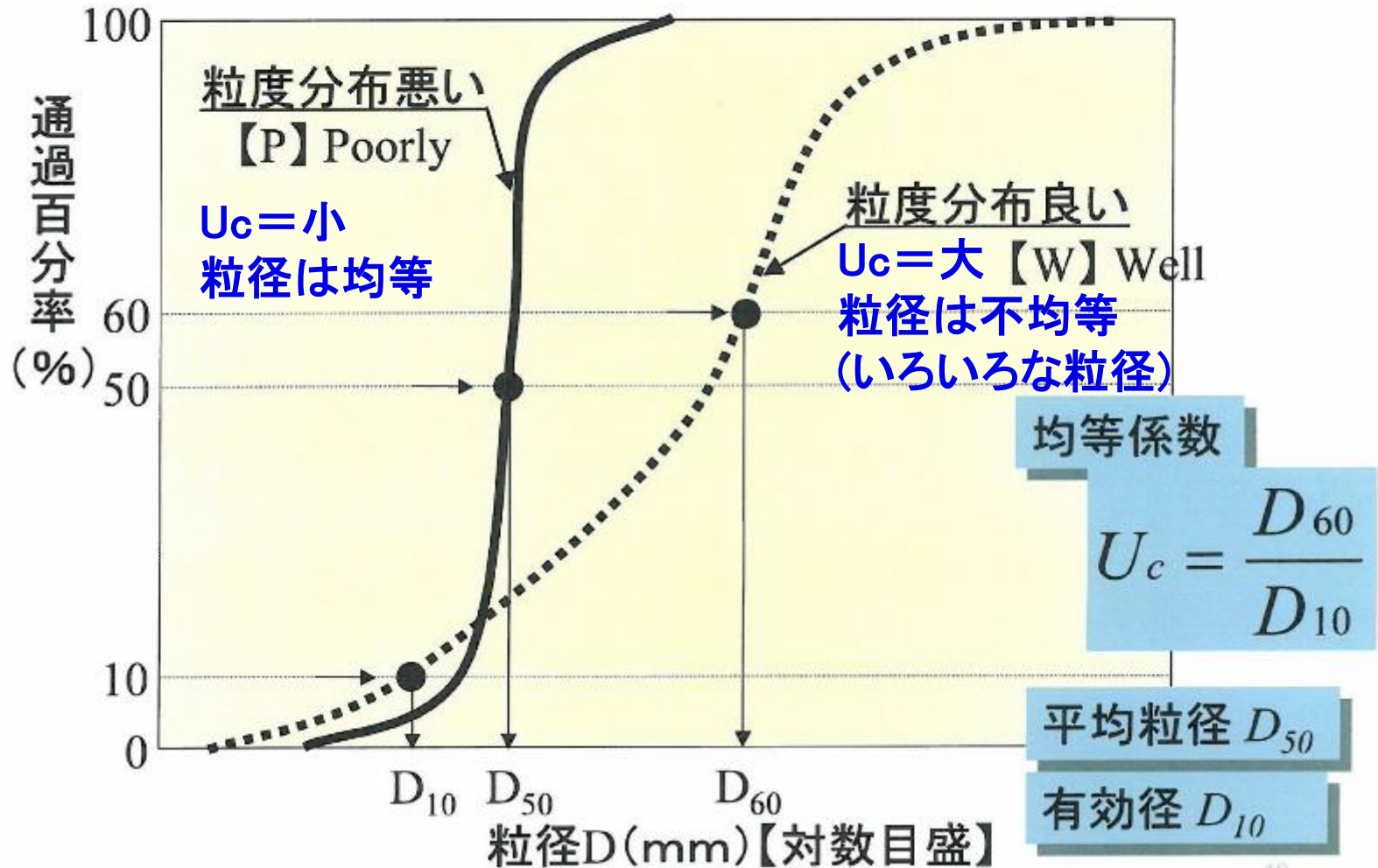


図 1・15 粘土の立体的構造モデル<sup>5)</sup>

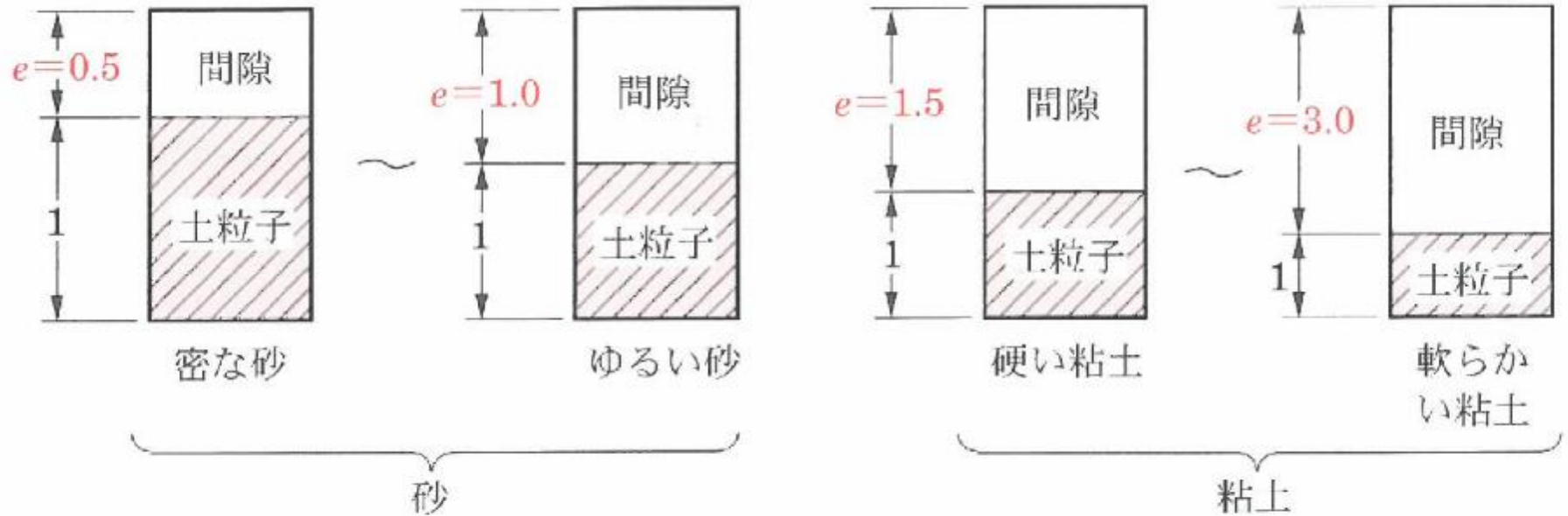
ハチの巣構造

# 粒径過積曲線

## 粒度分布

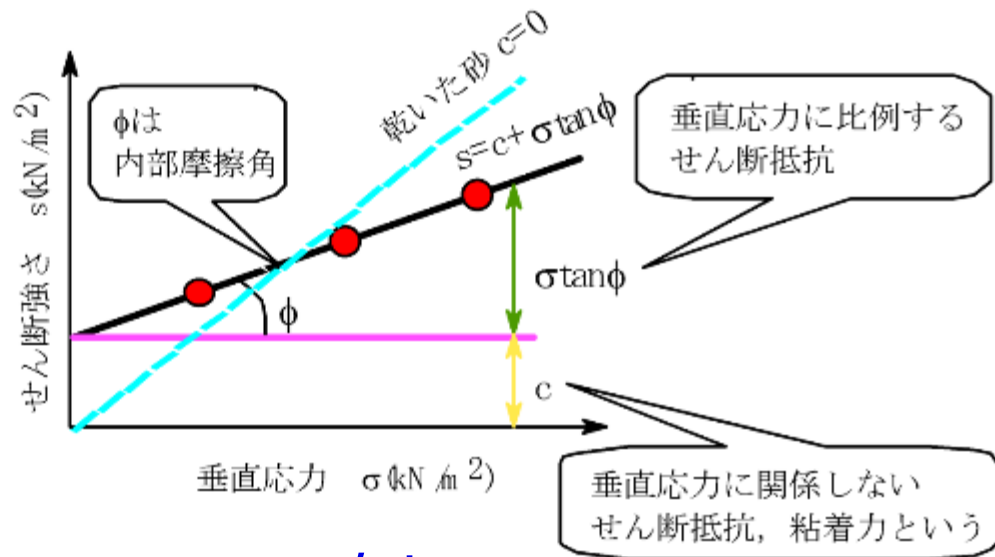
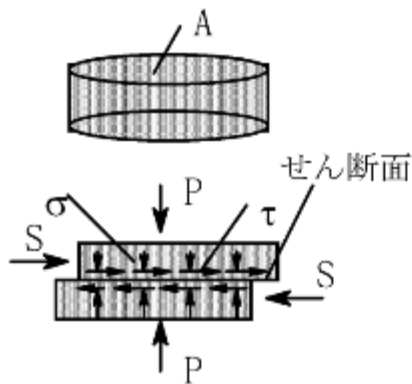


# 砂と粘土の一般的な間隙比

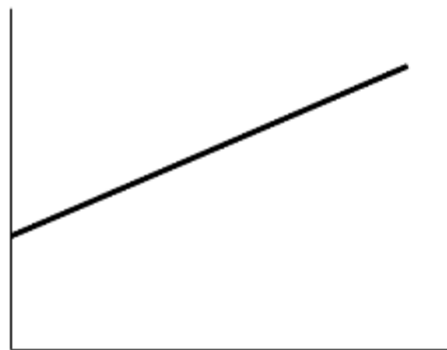


- ・ 詰って見える土も意外に大きな間隙を持つ事がわかる。
- ・ もっとも緩い砂よりも、硬い粘土の方が大きな間隙をもつ。地盤の沈下を考える上で大きな意味を持つ。

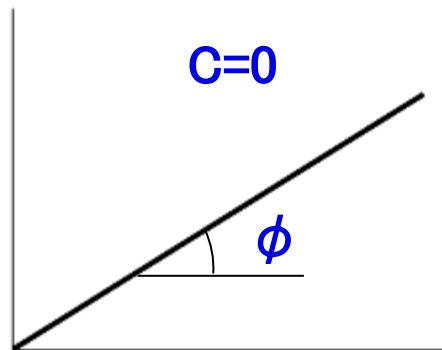
# 土のせん断強さ



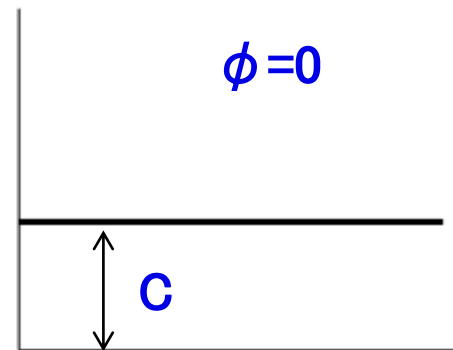
$$\tau = \sigma \cdot \tan \phi + C$$



普通土



乾燥砂



粘土

# 土の透水性

## ■ 土の種類と大まかな透水係数

単位 :  $\text{cm/s}$   $\rightarrow$   $\text{m/s}$

		透水係数 $k$ [ $\text{cm/s}$ ]											
		$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$	$10^{+1}$	$10^{+2}$
透水性	実質上不透水	非常に低い			低い		中位			高い			
対応する土の種類	粘性土 {C}	微細砂, シルト, 砂-シルト-粘土混合土 {SF} [S-F] {M}				砂および礫 (GW) (GP) (SW) (SP) (G-M)			清浄な礫 (GW) (GP)				
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位 透水試験	変水位透水試験					定水位透水試験			特殊な変水位 透水試験			
透水係数を間接的に推定する方法	圧密試験結果 から計算	なし				清浄な砂と礫は粒度と 間隙比から計算							

図 3・2 土質と透水係数の相関と透水試験の適用<sup>8)</sup>

# ボーリング柱状図

## ■ ボーリング柱状図でわかる事

- ・地点情報(調査位置)
- ・掘削情報(調査目的、時期)
- ・**孔内水位**
- ・**ボーリングコア観察結果(柱状図記事)**
- ・**標準貫入試験(N値)**
- ・孔内水平載荷試験
- ・弾性波速度検層(PS波)
- ・ルジオン試験他(Lu値、透水係数)

# ボーリング柱状図-1

調査名 恵比島旭町線交付金123改築工事地質調査

ボーリングNo. \_\_\_\_\_

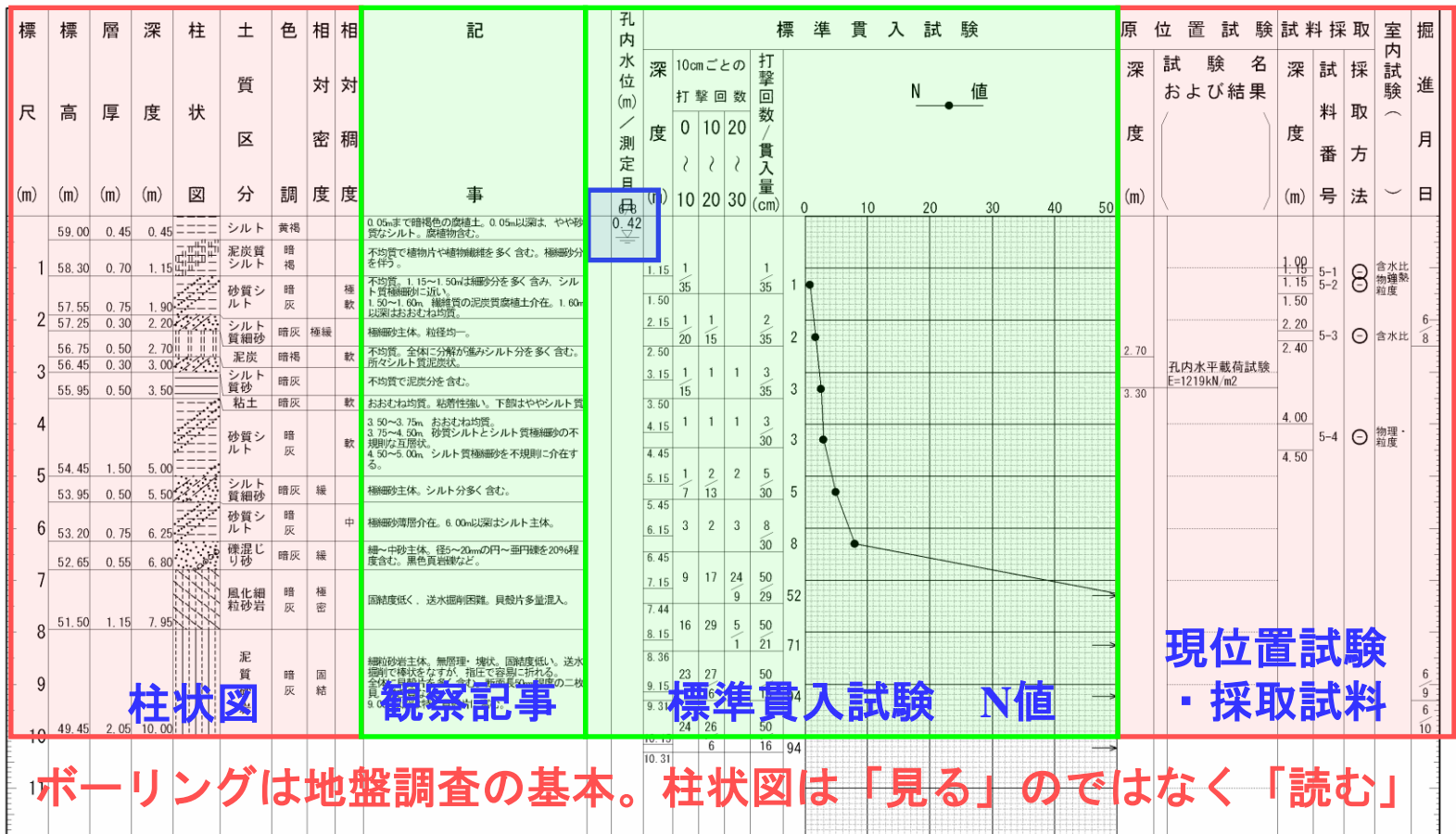
孔口標高

事業・工事名

〇〇〇〇工事

シートNo.

ボーリング名	H21B-5	調査位置	雨竜郡沼田町字沼田 (SP3270, L4.80)	北緯	43° 49' 32"
発注機関	北海道石狩支庁札幌土木現業所 深川出張所	調査期間	平成21年6月8日 ~ 21年6月10日	東経	141° 54' 54"
調査業者	株式会社 ユニオン・コンサルタント 電話 (011-746-8281)	主任技師	佐藤公則	現代代理人	姫田 丞 コ 鑑 定 者 ア 佐藤公則
ボリング責任者	小池邦夫		試験機	(株)利根製 TS-100型	
孔口標高	GH=59.45m		エンジン	ヤンマー(株)製 NFD-10型	
総掘進長	10.00m		使用機種	ハンマー 落用器具 ポンプ	
角	180°上 90° 0°下		地盤勾配	鉛直 15°	
方	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°		使用機種	半自動型	
度	0°		ポンプ	(株)利根製 NP-40D型	



柱状図

観察記事

標準貫入試験 N値

現位置試験・採取試料

ボーリングは地盤調査の基本。柱状図は「見る」のではなく「読む」



# N値と土質

表 1.3 粘土の N 値とコンシステンシー，一軸圧縮強さとの関係

N 値	コンシステンシー	一軸圧縮強度 (kN/m <sup>2</sup> )
2 以下	非常に軟らかい	25 以下
2 ~ 4	軟らかい	25 ~ 50
4 ~ 8	中位の	50 ~ 100
8 ~ 15	硬い	100 ~ 200
15 ~ 30	非常に硬い	200 ~ 400
30 以上	固結した	400 以上

[地盤工学会編，地盤調査法，地盤工学会]

表 1.4 砂の N 値と相対密度，内部摩擦角との関係

N 値	相対密度		内部摩擦角 $\phi$ (度)	
			ペックによる	マイヤーホフによる
0 ~ 4	非常に緩い	0.0 ~ 0.2	28.5 以下	30 以下
4 ~ 10	緩い	0.2 ~ 0.4	28.5 ~ 30	30 ~ 35
10 ~ 30	中位の	0.4 ~ 0.6	30 ~ 36	35 ~ 40
30 ~ 50	密な	0.6 ~ 0.8	36 ~ 41	40 ~ 45
50 以上	非常に密な	0.8 ~ 1.0	41 以上	45 以上

[地盤工学会編，地盤調査法，地盤工学会]

$$q_u = 12.5 \times N$$

$$\phi = \sqrt{(15 \times N) + 15}$$

$$\phi = \sqrt{(20 \times N) + 15}$$

$$D : \text{相対密度} \\ \frac{(e_{\max} - e)}{(e_{\max} - e_{\min})}$$

# 土の性質(まとめ)

	粘性土	砂質土
粒 径	小さい ハチの巣構造	大きい 単粒構造
間 隙	大きい	小さい
重 さ (単位体積重量)	軽い	重い
粘着力・ 内部摩擦角	$\phi = 0$	$C = 0$
透水性	小さい 不透水地盤	大きい 透水地盤
N 値	小さい	大きい

# 地盤改良とは

軟弱な地盤、建物を建造する際に不安定な地盤を補強し安定させること

## ◎ 軟弱地盤

建造物の基礎地盤として十分な地耐力（建造物の重さに耐えられるだけの力）を有していない地盤（土質工学用語辞典）

# 軟弱地盤に盛土をした場合



- ◎ どのような影響があるか？
  - ・ 盛土の沈下
  - ・ すべり破壊
  - ・ 地震時の液状化

盛土

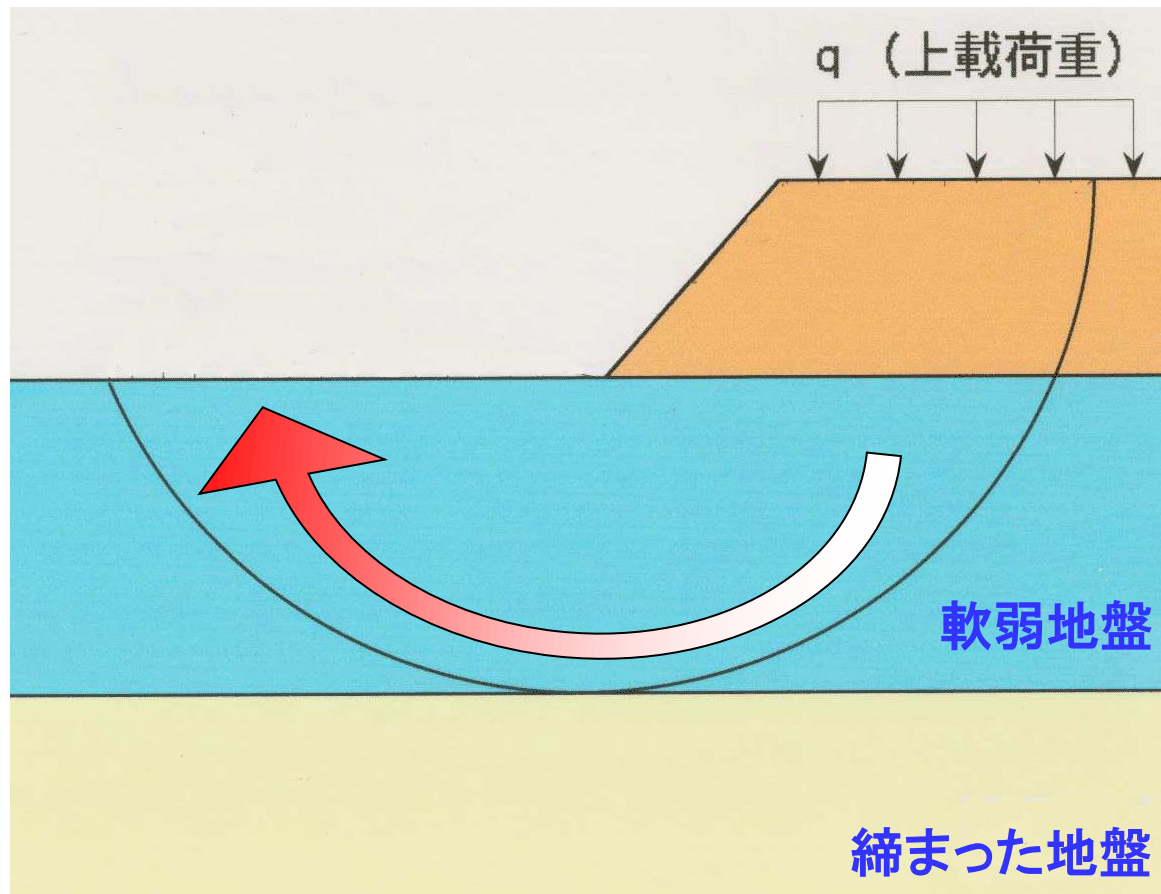
軟弱地盤

支持地盤

# 軟弱地盤の問題点①

- 安定の問題

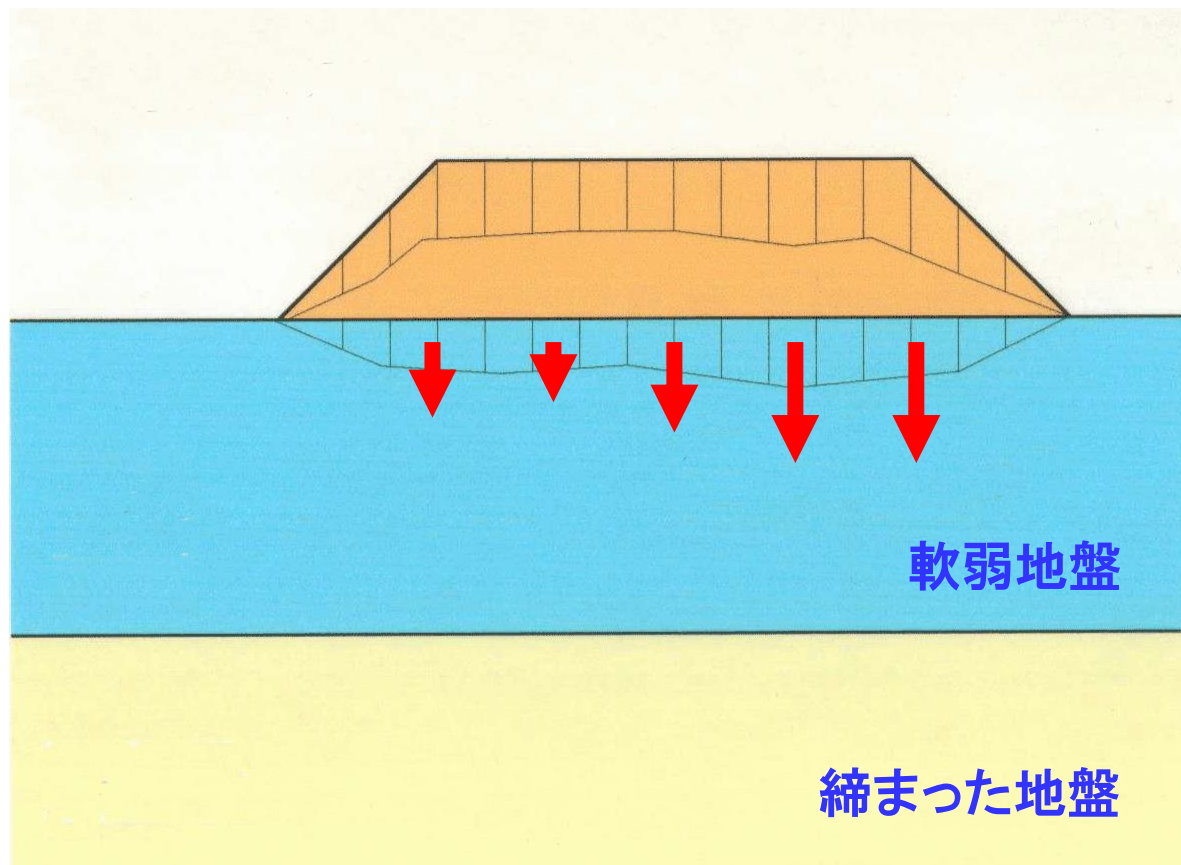
車両などの上載荷重による軟弱地盤の崩壊



# 軟弱地盤の問題点②

- 沈下の問題

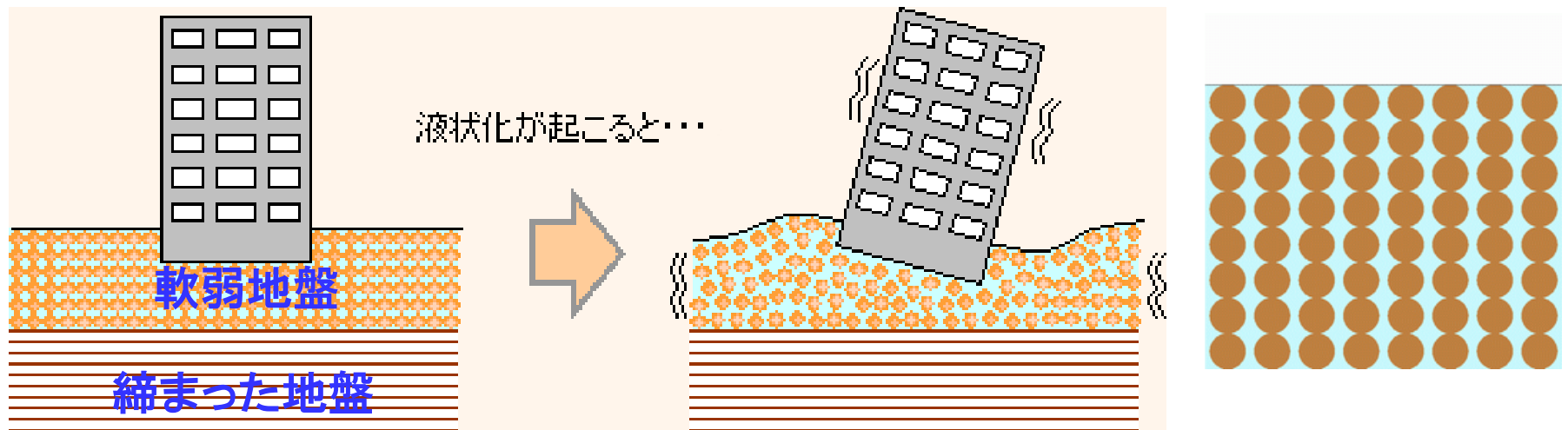
車両などの上載荷重による軟弱地盤の不同沈下



# 軟弱地盤の問題点③

## • 液状化の問題

地震動により軟弱地盤が液体のようになる  
(液状化現象)



# 立坑を掘削した場合



- ◎ 砂地盤で水位が高いと、どんな影響があるか？
  - ・ ボイリング
- ◎ 粘性土地盤ではどんな影響があるか？
  - ・ ヒービング
  - ・ 盤ぶくれ

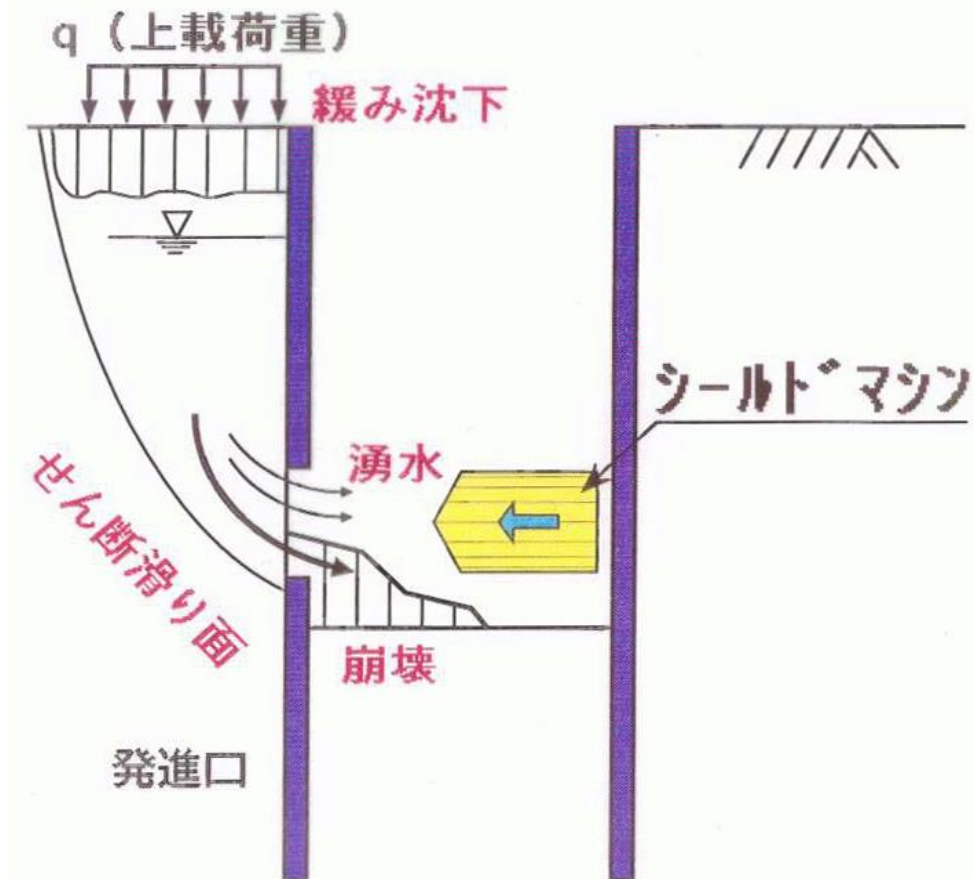
軟弱地盤



# 軟弱地盤の問題点④

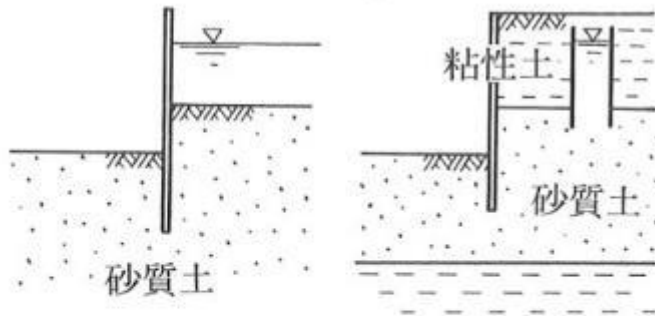
## 湧水の問題

### トンネル掘削時の湧水

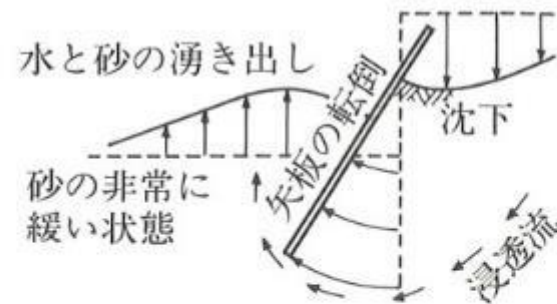


# 掘削底面の破壊現象 ボイリング

## 地下水位の高い砂質土



地下水位の高い砂質土の場合、土留め工付近に河川、海等地下水の供給源がある場合。



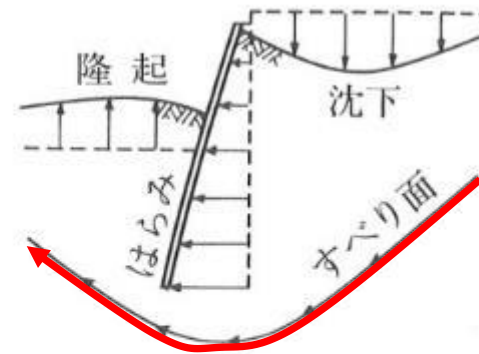
遮水性の土留め壁を用いた場合、水位差により上向きの浸透流が生じる。この浸透圧が土の有効重量を超えると、沸騰したように湧き上がり、掘削底面の土がせん断抵抗を失い、土留め工の安定性が損なわれる。

# 掘削底面の破壊現象 ヒービング

## 掘削底面付近に軟らかい粘性土



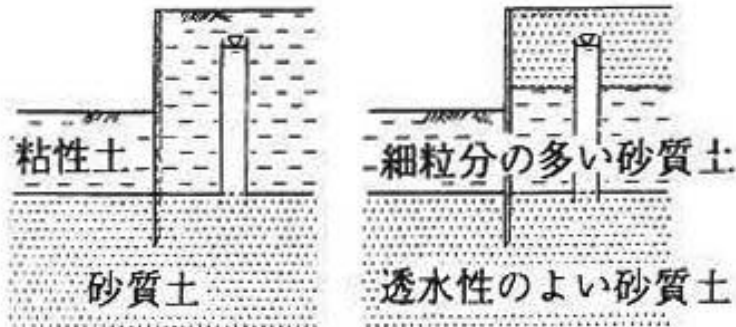
掘削底面付近に軟らかい粘性土がある場合、主として沖積粘性土地盤で、塑性・含水比の高い粘性土が厚く堆積する場合。



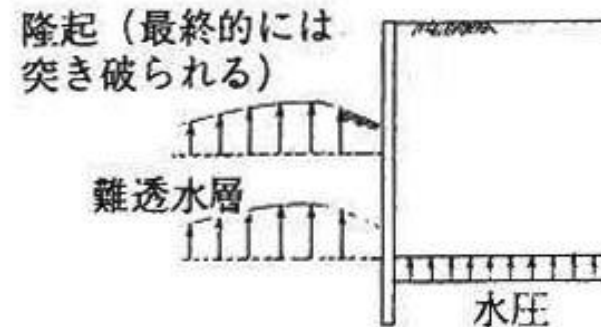
土留め壁背面の土の重量や土留め工に近接した地表面荷重等により、すべり面が生じ、掘削底面の隆起工、土留め壁のはらみ、周辺地盤の沈下が生じ、最終的には土留めの崩壊に至る。

# 掘削底面の破壊現象 盤ぶくれ

掘削底面付近に**難透水層**、その下に**透水層**



掘削底面付近が難透水層、水圧の高い透水層の順で構成されている場合、難透水層には粘性土だけでなく、細粒分の多い砂質土も含まれる。



難透水層のため上向き浸透流は生じないが難透水層下面に上向き水圧が作用し、これが上方の土の重さ以上となる場合は、掘削底面が浮き上がり、最終的には難透水層が突き破られボイリング状の破壊に至る。

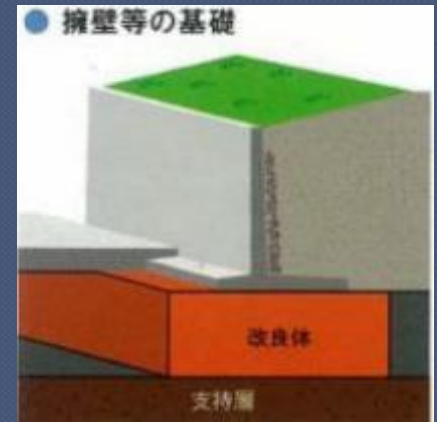
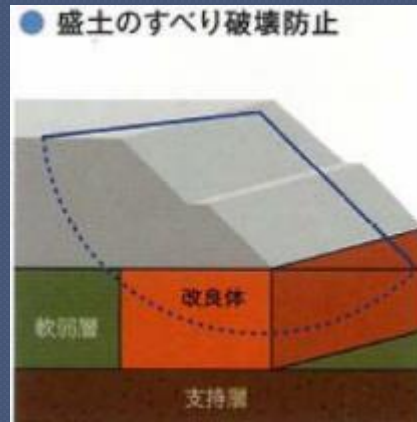
# 地盤改良の目的

- ◎ 地盤や構造物の沈下、変形を軽減（強度増加 沈下対策）
- ◎ 地震時の抵抗力を付加（強度増加 耐震補強）
- ◎ 地盤掘削時の湧水を軽減（止水）

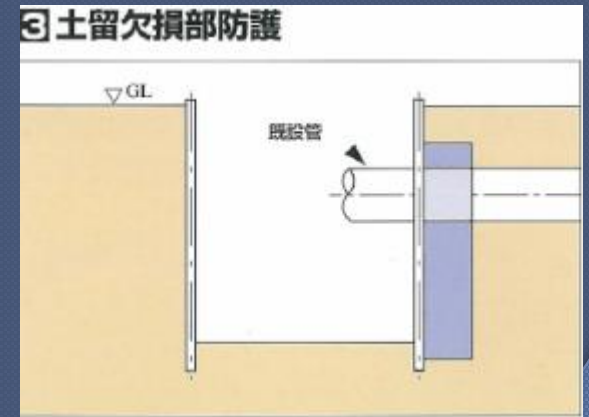
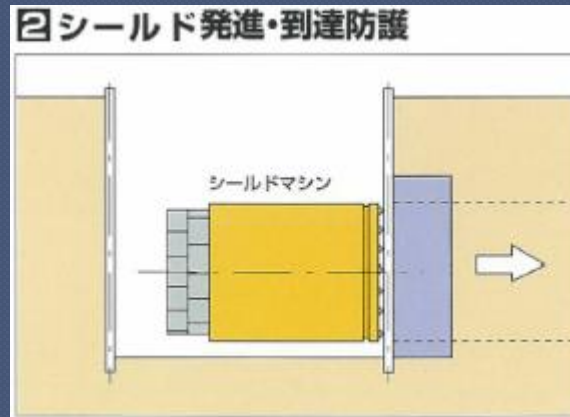
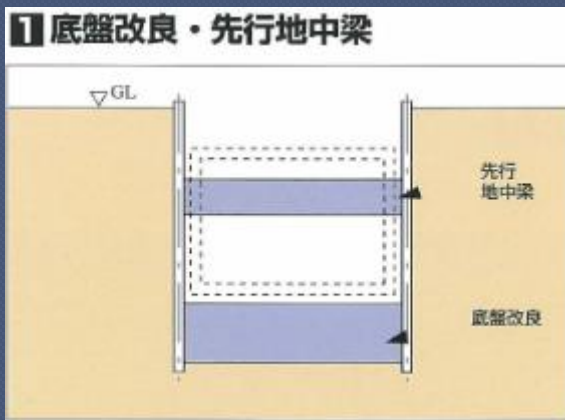
- ◎ 支持力増加・円弧すべり対策
  - ➡ 構造物の安定（本設）
- ◎ 掘削防護（掘削底面の安定、欠損部防護、土留め壁の応力および変形の低減）
  - ➡ 施工の安全性（仮設）

# 地盤改良の目的

## ◎ 構造物の安定



## ◎ 施工の安全性



# 地盤改良工法の目的

- 地盤**強度の増強**
- 地盤や構造物の**沈下、変形を軽減**(沈下対策)
- 地盤掘削時の**湧水を軽減**(止水)
- 地震時の**抵抗力を付加**(耐震補強)
- 汚染土壌の**無害化、封じ込め**

# 軟弱地盤対策

## I. 構造物の形式の変更

- ① 荷重の低減
- ② 構造物底面積拡大による応力低減
- ③ 基礎杭により特定の軟弱層を回避

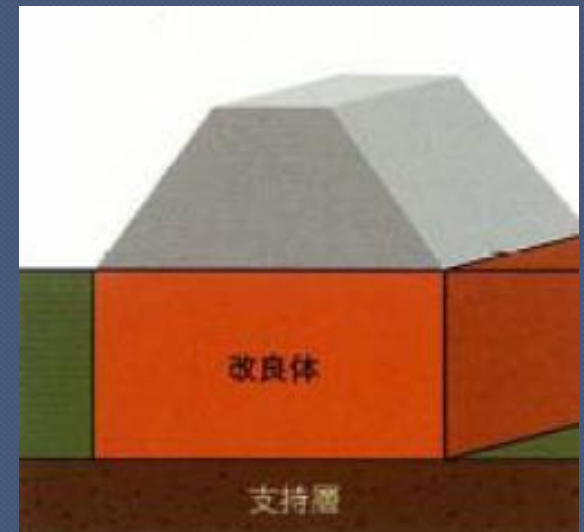
## II. 除去・置換

## III. 軟弱地盤の特性の改善

- ① 圧密・排水
- ② 締め固め
- ③ **固結**／凍結

## IV. 補強

- ① 応力分散
- ② 補強

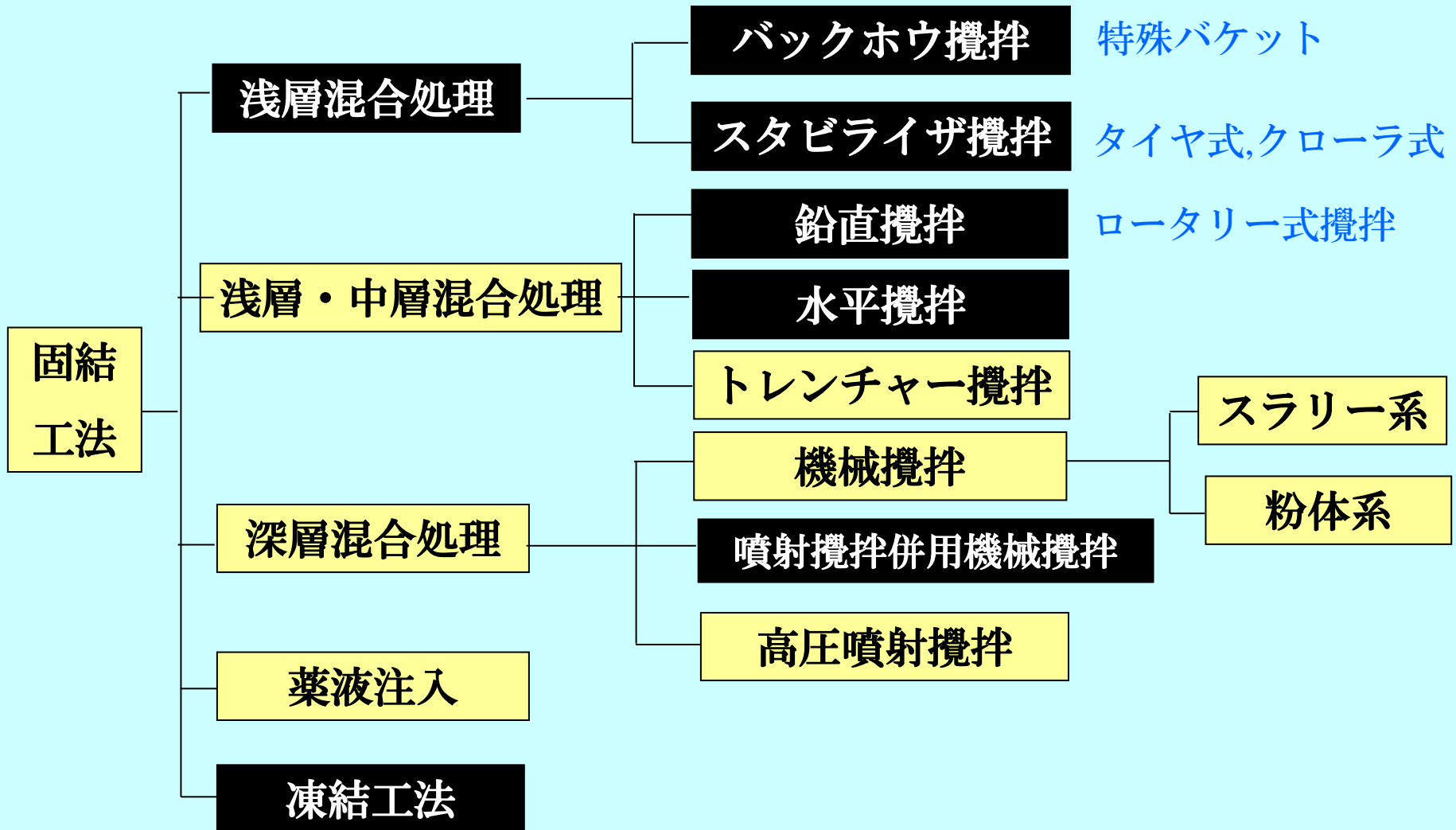




# 地盤改良の基本原則

- 置換 …悪い土を良い土と入れ替える
- 圧密・排水 …排水により間隙を減らす
- 締固め …密度の増大
- 固結 …薬液、セメントで地盤を固める
- 補強 …動かないように拘束する

# 固結工法の種類



# 固結工法

**固結工法**に分類される工法  
(薬液やセメントで地盤を固める)

- 薬液で地盤を固める
  - ・ 薬液注入工法
- セメント系固化材で地盤を固める
  - ・ 浅層・中層混合処理工法
  - ・ 深層混合処理工法 (機械攪拌工法)
  - ・ 高圧噴射攪拌工法 (ジェットグラウト工法)

# 改良強度の大まかな目安

(一軸圧縮強度)

改良強度 (MN/m <sup>2</sup> )	0.1~0.2	0.1~1.0	1.0~10.0	10.0以上
工法	薬液注入	機械式攪拌	ジェット グラウト	既製杭

# 地盤改良工法（固結）の比較

NITTOC

工 法	深層混合 処理工法	浅層・中層 混合処理工法	ジェット グラウト工法	注入工法
工法名	CDM, DJM	パワーブレン ダー	CJG, Superjet	ダブルパッカー
施 工 機 械	大型機械	トレンチャー方式 バックホウ ベース	ボーリングマシン (小型機械)	ボーリングマシン (小型機械)
施 工 深 度	40mまで	10mまで	40～50m程度	40～50m程度 (実績20m)
特 長	安価 ・ 効率的 強度高	安価 強度高	強度高 削孔径小 既設構造物対策	水平施工 削孔径小 既設構造物対策
短 所	鉛直のみ	鉛直のみ	高価 排泥⇒産廃 鉛直のみ(水平高価)	比較的高価 強度小
概算設計 工事費	格子改良ap=50% 4～8千円/m <sup>3</sup>	全面改良 4～5千円/m <sup>3</sup>	全面改良 40～80千円/m <sup>3</sup>	全面改良 40～50千円/m <sup>3</sup>

# 固結系地盤改良工法比較

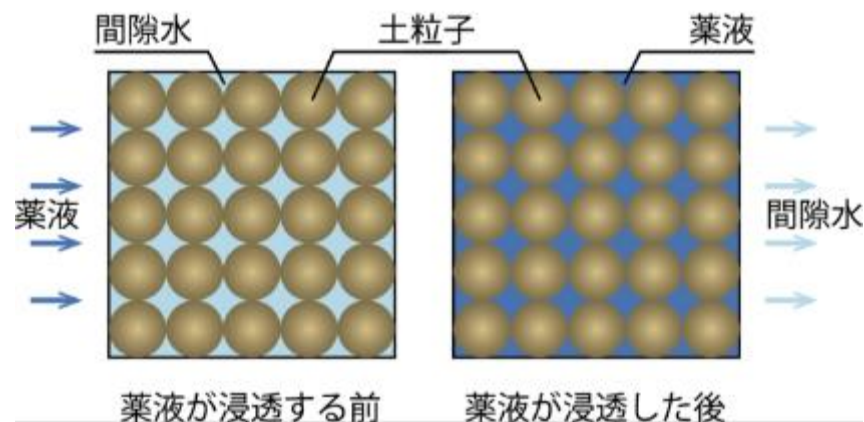
(都市型かどうかの比較、注入作成)

都市型施工での 検討項目	薬液注入	ジェット グラウト	機械式 攪拌	凍結
埋設管がある	◎	◎	×	◎
施工場所が狭い	◎	△	×	×
必要範囲のみ改良	◎	◎	△	◎
施工の方向が多様	◎	△	△	◎
施工コスト	◎	○	○◎	×
総合評価	◎	○	×	△

# 薬液注入工法

**薬液注入工法**とは「任意に固化時間を調節できる注入材料(薬液)」を「地中に設置した注入管を通して地盤中に圧入し」「止水や地盤強化」を図る地盤改良工法。

**注入材料(薬液)**は水ガラス(珪酸ソーダ)を主材とし、それに硬化材、助剤を加えることで固化する薬液であり、硬化時間は数秒から数時間の範囲で調整できる。

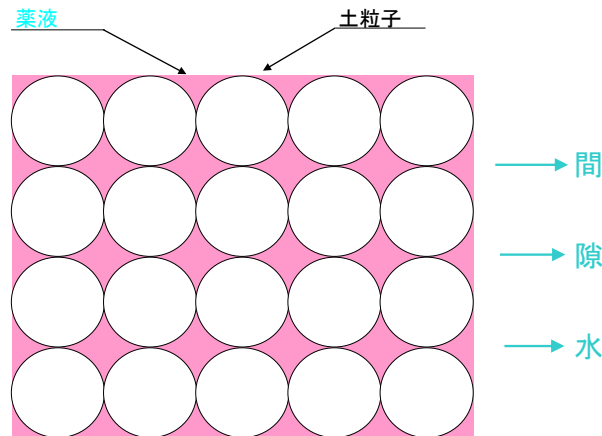


# 工法の基本メカニズム

## 薬液注入工法

### 浸透注入

(土の組織を壊さずに、  
土粒子の間隙に浸透)

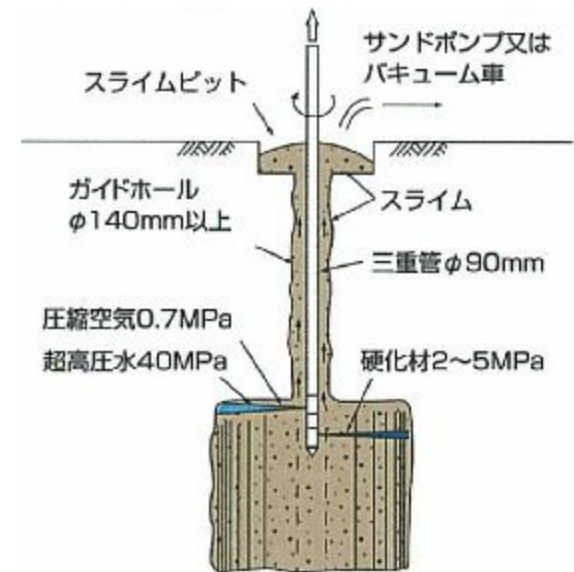


薬液が浸透した直後の状況

## ジェットグラウト工法

### 混合・攪拌

(土の組織を壊して、土粒子  
と材料が混じり固化する)





# 薬液注入工法の歴史

	昭和36年～昭和49年まで	昭和49年～昭和50年代中頃	昭和50年代中頃～
	建設省「暫定指針」以前	建設省「暫定指針」後	
材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ LWの実用化（昭和36年）</li> <li>・ 高分子系薬液の実用化（昭和38～42年）</li> <li>・ 水ガラスを主剤とする有機系反応剤の薬液が実用化（昭和46～48年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水ガラス系やセメント系に限定</li> <li>・ 水ガラス系無機系・有機系注入材が多種実用化</li> <li>・ 中性・酸性薬液（シリカゾル）の実用化（昭和51年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 瞬結材と緩結材の組合せが主流となる</li> <li>・ 無機系緩結注入材の開発</li> </ul>
工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 単管ロッド注入</li> <li>・ シングルストレーナ注入</li> <li>・ 二重管ダブルパッカ工法導入（昭和40年頃）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二重管ストレーナ工法（単相式）の実用化（昭和51年）</li> <li>・ 二重管ストレーナ工法複相式の実用化（昭和53年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平成10年頃より浸透固化工法が開発される</li> </ul>
背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高度経済成長期</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 福岡県S市の薬害により昭和49年に「<b>暫定指針</b>」が<b>公示される</b></li> <li>・ 環境意識の高まり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平成2年1月の御徒町事故を受け、建設省より「<b>施工管理</b>」に関する通達。管理体制の強化に取り組み現在まで問題なし。</li> </ul>

# ※昭和49年7月「暫定指針」が公示された原因

## 昭和49年2月福岡県S市で発生した薬害事故

当該工事の使用薬液は、高分子系アクリルアミドであり「暫定指針」公示により、以後、高分子系薬液は使用不可となる。

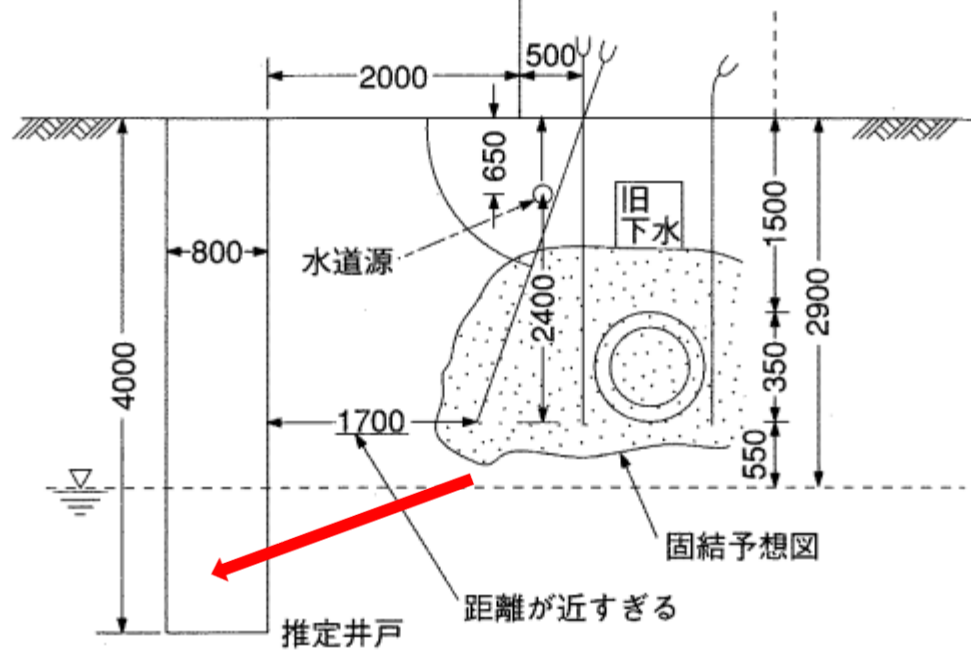


図6. 1-1 薬害事故の状況

# 現在使用できる薬液

注入材料は、**水ガラス系**とセメント系、スラグ系を用いる。  
水ガラスの成分や他分野での使用は、以下の通り。

## 建設省「暫定指針」で規制された

薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針  
(昭和49年7月10日 建設省)

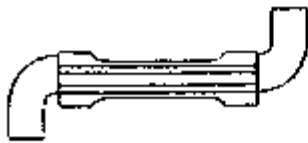
化学式は $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$

$\text{SiO}_2$ (石英)を $\text{NaOH}$ (苛性ソーダ)で煮込んで作る

## 他の分野でも使用される安全性

水道水の浄化処理、製紙業、石けん、などに使用

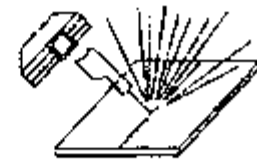
# 水ガラスの用途



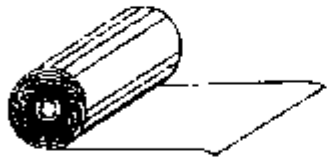
○ 鑄物  
鑄型用粘結剤としていろいろなプロセスが開発されている。たとえばCO<sub>2</sub>プロセス、自硬性鑄型、流動鑄型などがある。



○ 石けん  
洗浄、漂白、硬水軟化、緩衝作用などの特性を利用して、石けんの添加剤として広く普及している。



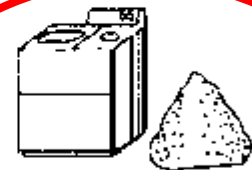
○ 溶接棒  
溶接棒スラッグの接着。



○ 紙・パルプ  
故紙の脱墨や、紙・パルプ漂白時の過酸化水素の安定剤として利用されている。

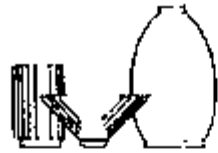


○ 無水珽酸  
珽酸ソーダを化学分解してシリカゲル、ホワイトカーボンおよびシリカソルに使用されており、年々需要増大の途をたどっている。



○ 合成洗剤  
上記諸特性のほか、洗濯槽の耐食作用もかねて使用されている。

# 水ガラスの用途



○産業  
産業には多方面にわたり使われているが、2、3の例をあげると耐火モルタル・耐酸モルタルなどの粘結材、粘土の沈降分散剤、陶磁器の解膠剤などに利用されている。



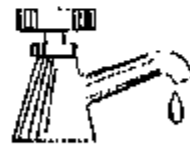
○繊維  
絹の精練、染色工業、除染の媒染剤、繊維漂白剤、繊維仕上げ充填剤などの目的に使われている。



○工建  
セメントの粘結剤として古くから利用されていたが、土質の改良・地盤強化などに対するグラウト工事に多量に利用されている。



○接着剤  
目薬ソーダの固着、膠着作用を利用しておもに段ボールや建材、保温材などに利用されている。



○水道  
源水の汚濁化に伴い、水処理緩和のため目薬バンドと併用して使用されている。



○その他  
以上のほかにも珪酸金属、たとえば珪酸マグネシウム・珪酸アルミニウムなどの製造、オルソ・メタ珪酸ソーダの原料などとして使われている。

# ※「薬液注入工事に係わる施工管理等について」 の通達が発令された原因（平成2年9月）

東北上越新幹線上野東京間（御徒町）新幹線建設工事でシールドからの圧気が地表に奮発し、道路が陥没した事故であり平成2年1月22日に発生。

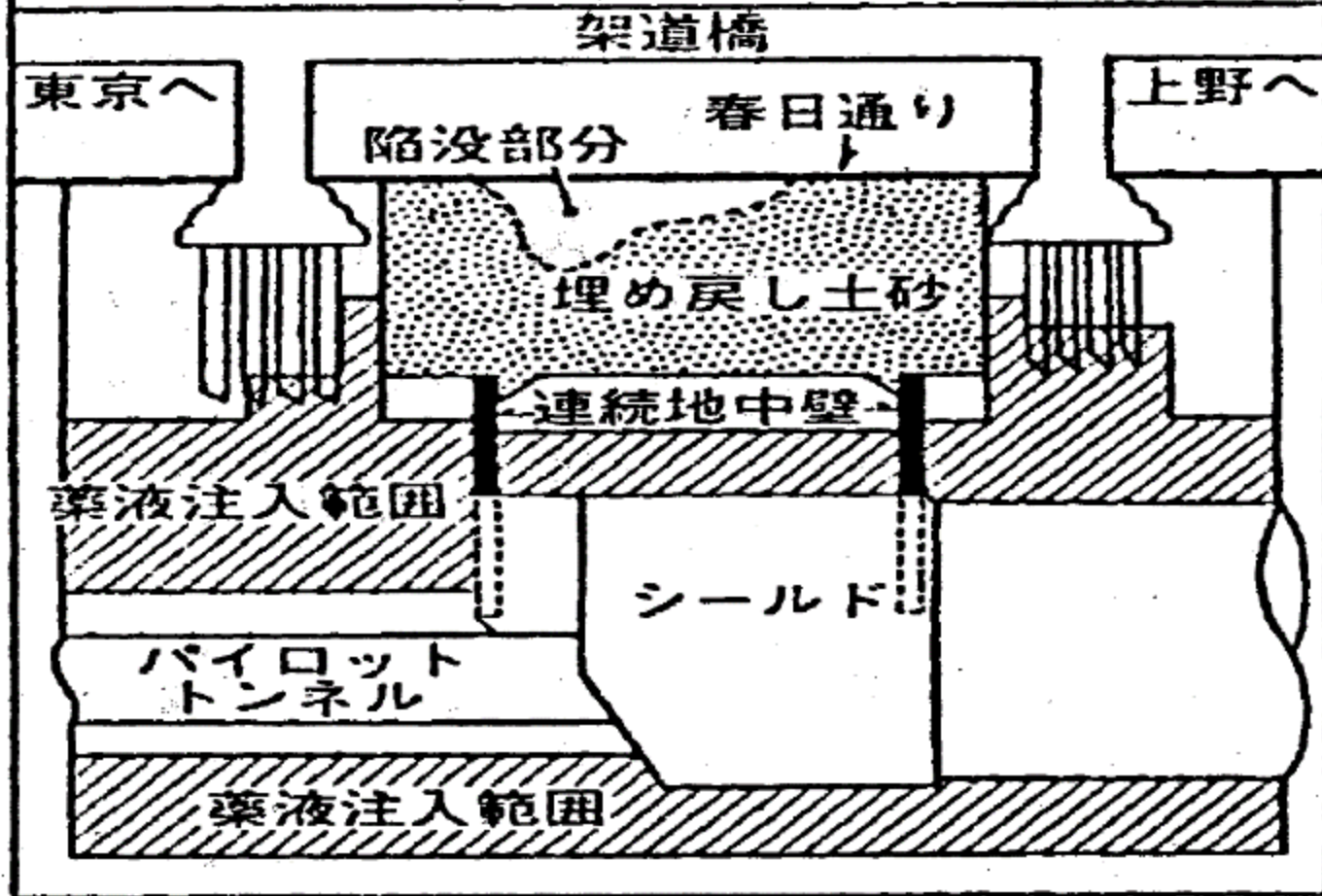


原因 薬液注入による数量のごまかし、手抜工事

→ ごまかしを防ぐために出された通達

一般社団法人 日本グラウト協会

事故究明検討委が公表した現場断面図  
京浜東北線、山手線



# 注入形態（浸透注入）

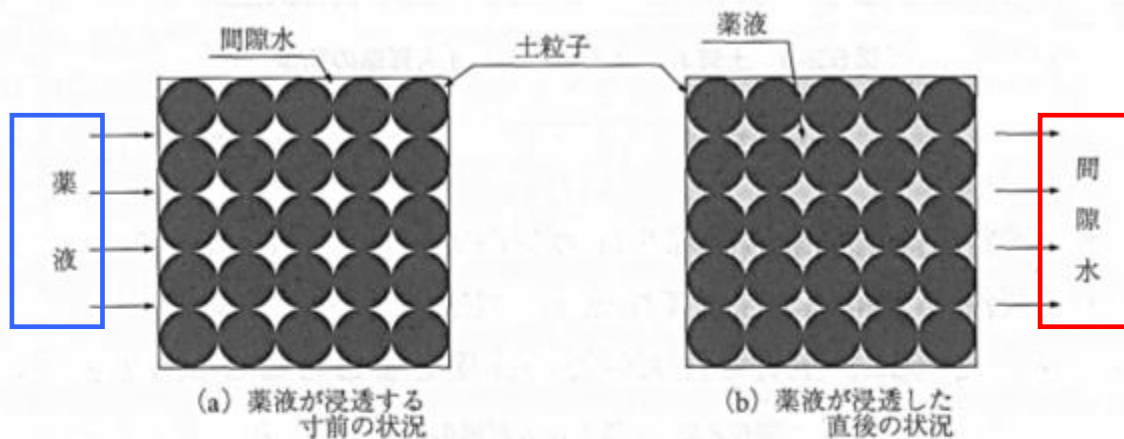


図6.2-5 浸透注入のメカニズム

まず割裂注入になる

そこから浸透注入となる

次々と浸透注入が起こり最終的に浸透注入となる

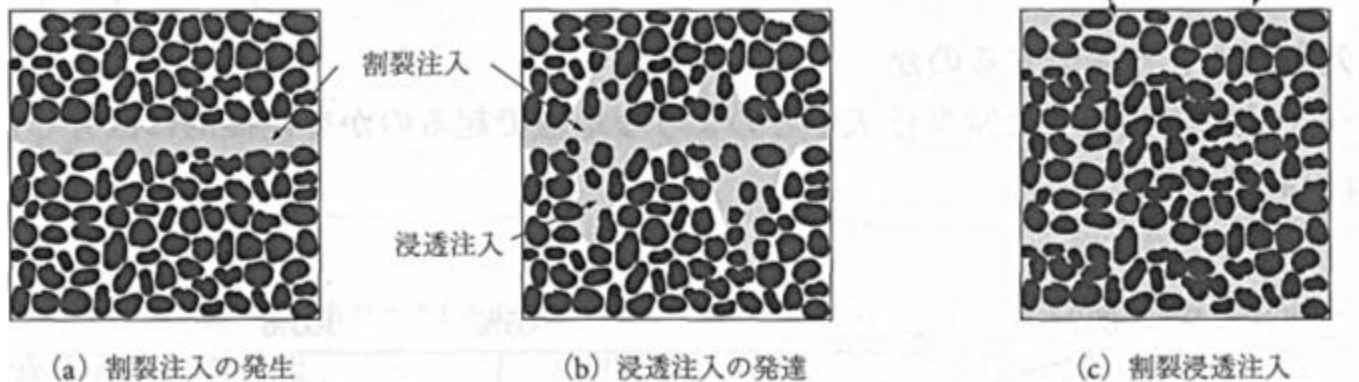


図6.2-6 割裂浸透注入のメカニズム



浸透注入改良体



# 注入形態（割裂注入）

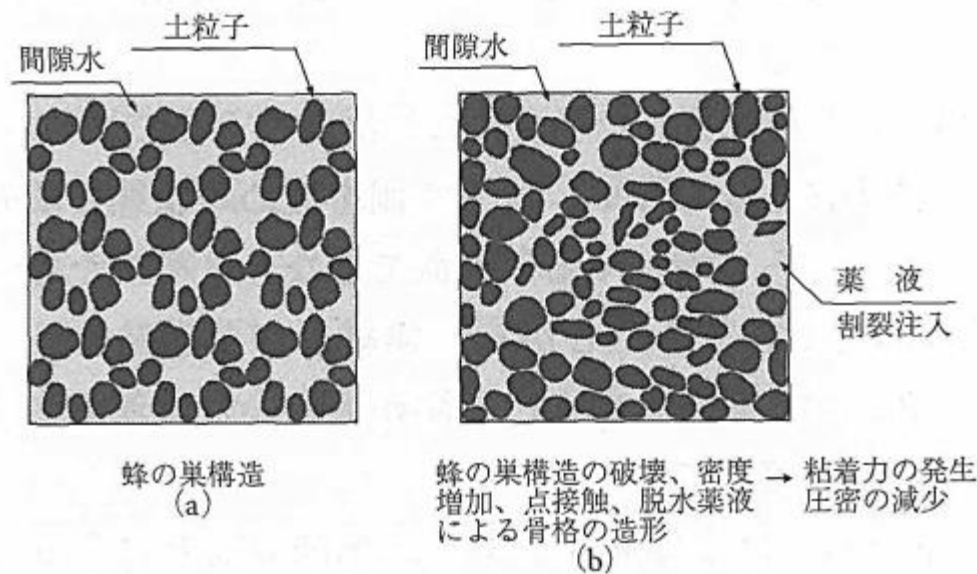
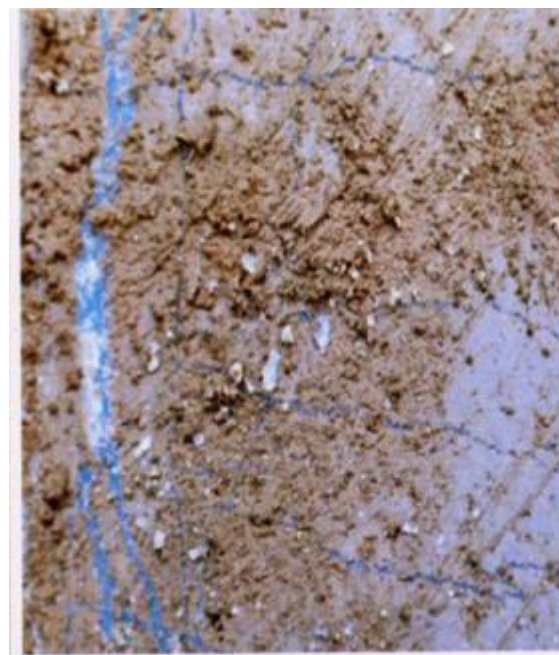


図6.2-7 割裂注入のメカニズム



割裂注入改良体

# 薬液注入工法の分類

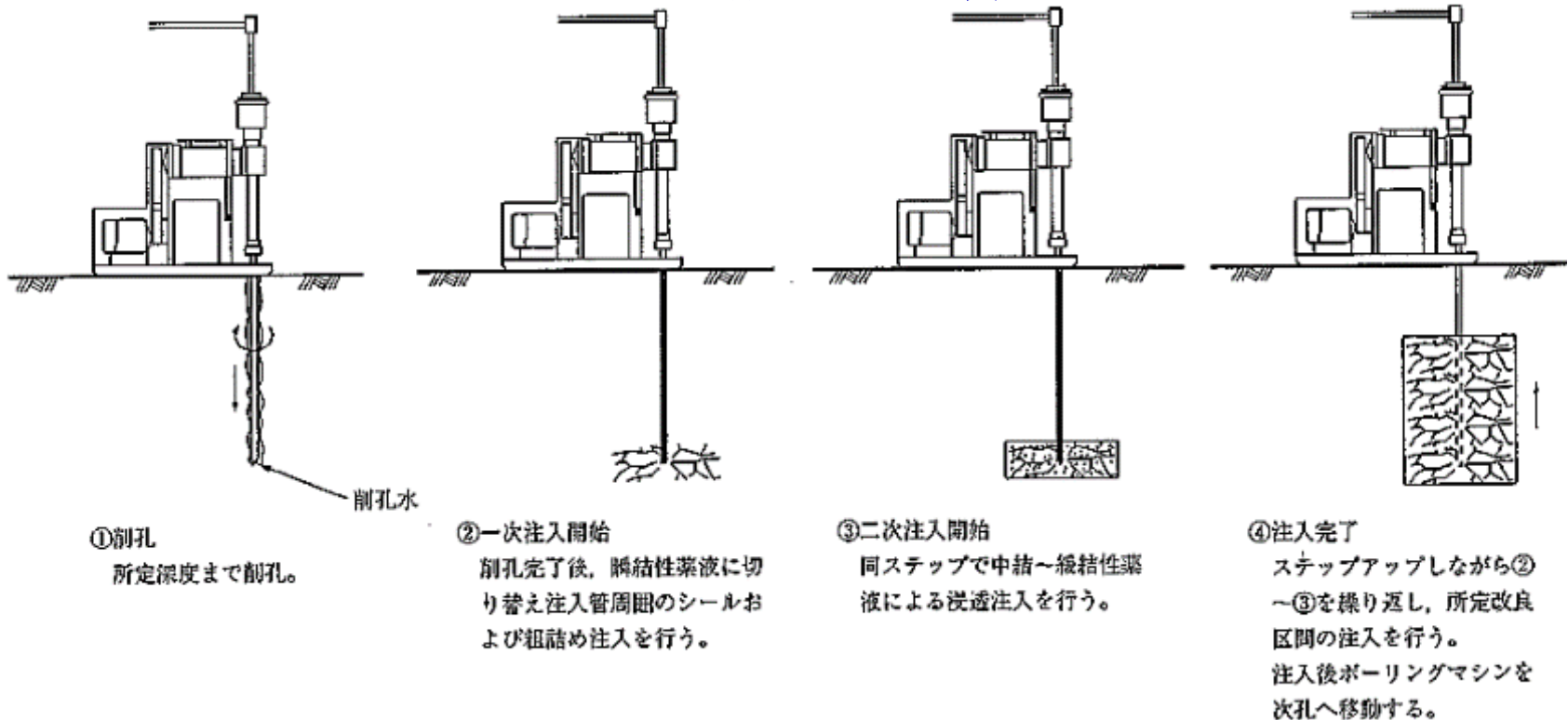
## 工法の分類

- ◆二重管ストレーナ工法(单相式、複相式)
- ◆スリーブ注入工法  
(二重管ダブルパッカ工法)
- ◆その他の注入工法(液状化対策注入等)

# 二重管ストレーナ工法

特長(複相タイプ): 同一工程で瞬結注入と緩結注入を行う事が可能であり、砂質土から粘性土までの地盤性状に応じた合理的な工法である。粘性土の場合瞬結注入のみ。

## ＜二重管ストレーナ工法施工手順＞



# 二重管ストレーナ複相式



施工状況写真

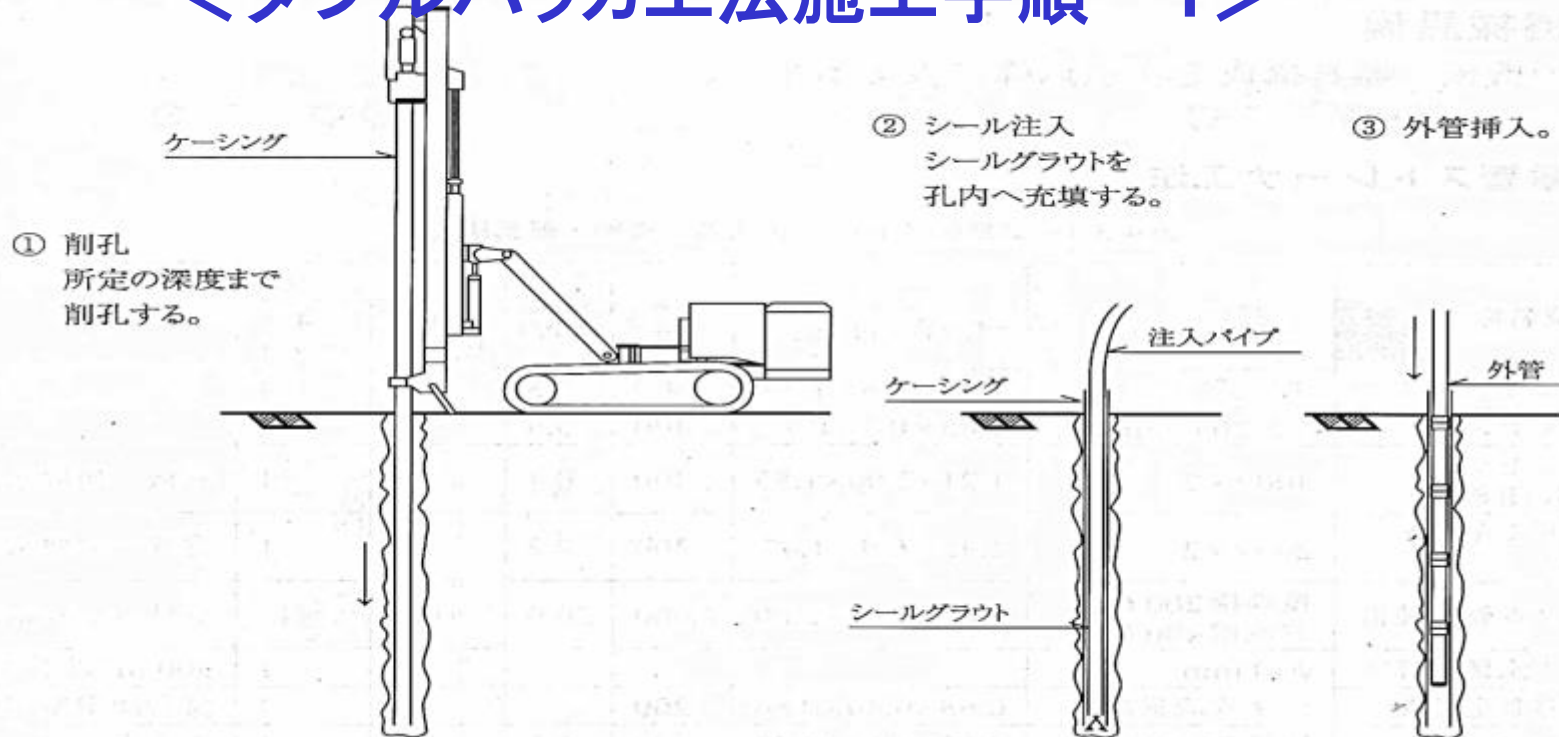


プラント写真

# ダブルパッカ工法

- 特長:
- ・注入材を所定の位置で一定の範囲で均一かつ計画的に注入できる。
  - ・注入位置は注入ホースを上下させて、任意に変えることができる。
  - ・同一箇所でも異なった種類の注入材を繰り返し注入する事ができる。
  - ・注入後、更に注入を必要とする箇所に容易に再注入ができる。

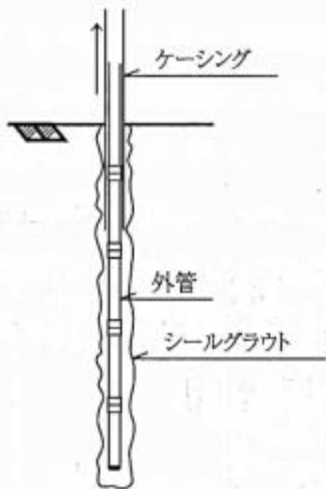
## ＜ダブルパッカ工法施工手順－1＞



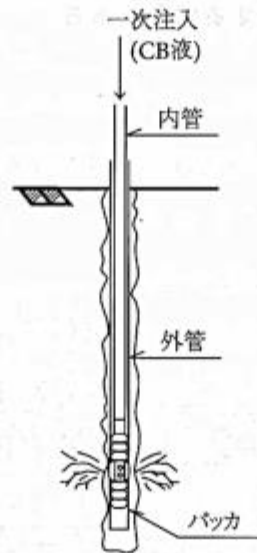
# ダブルパッカ工法

## ＜ダブルパッカ工法施工手順－2＞

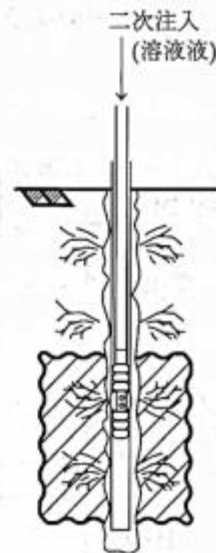
④ ケーシングパイプ引き抜き。



⑤ 一次注入  
外管の中のパッカ付きの内管を挿入し、一次注入(CB液)を行い地盤の均一化を図る。



⑥ 二次注入  
一次注入完了後、溶液型注入材にて浸透改良を行う。



※一次注入工の前に水でクラッキングを行う場合がある。

図4.3-3 ダブルパッカ工法 施工手順



### 注入形態

# ダブルパッカ工法



施工状況(削孔状況)写真

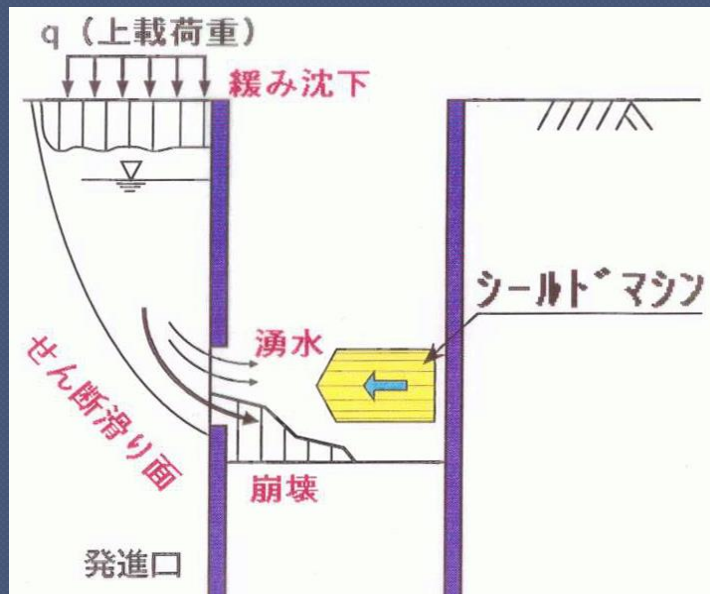
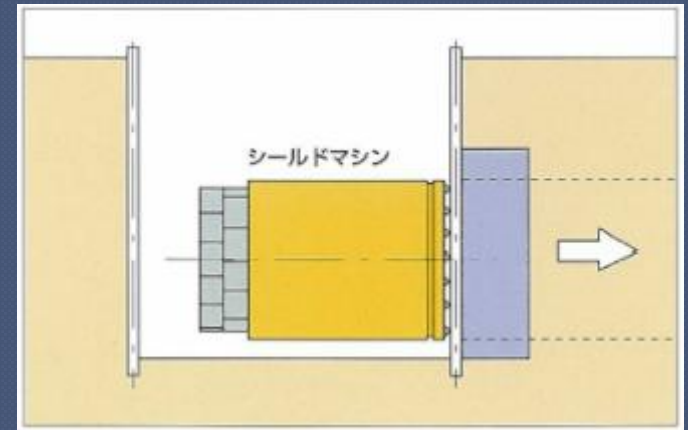


プラント写真

# 設計の考え方 施工の安全性

## 発進・到達防護

- シールド・推進発進には、土留壁の切断が必要  
→切羽の自立、湧水防止





# 液状化対策注入工法

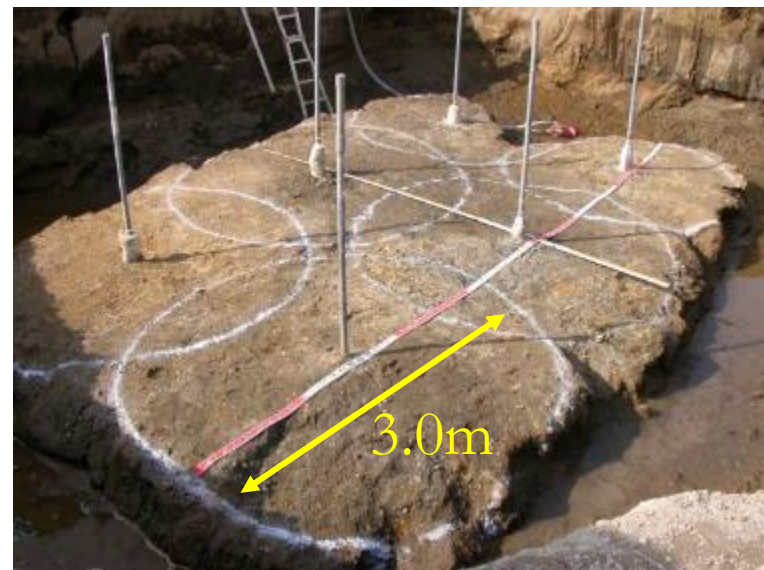
- 恒久グラウト注入工法

薬液注入工法で恒久性(永久性)のある改良体を造る

- 液状化対策

低吐出、大容量、急速施工技術

日特建設では恒久グラウトを使用した**エキスパッカ-N工法**

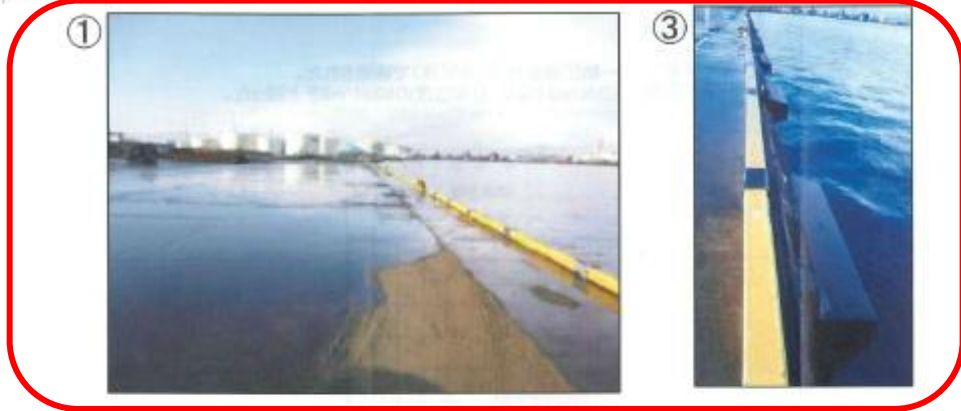
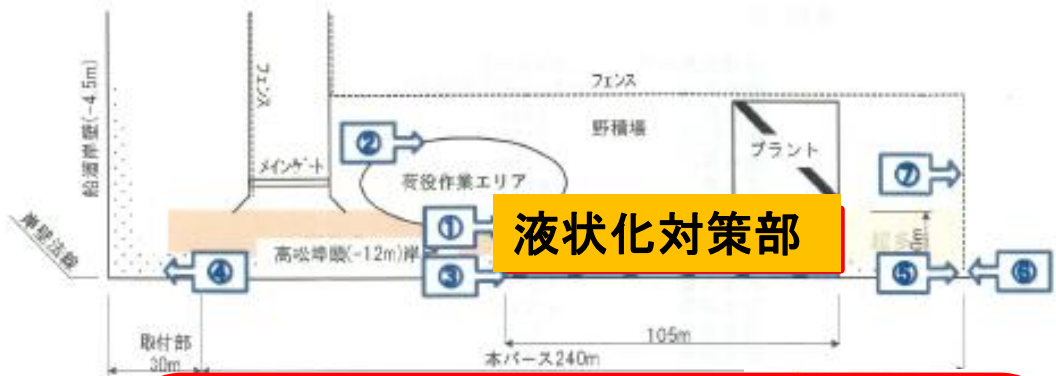


## 出来形写真





# —震災後の状況—



液状化対策済みの位置

# —震災後の状況—



# 2) 最新の注入工法 ⑦ (曲線ボーリングの例)

誘導式自在  
ボーリング  
技術



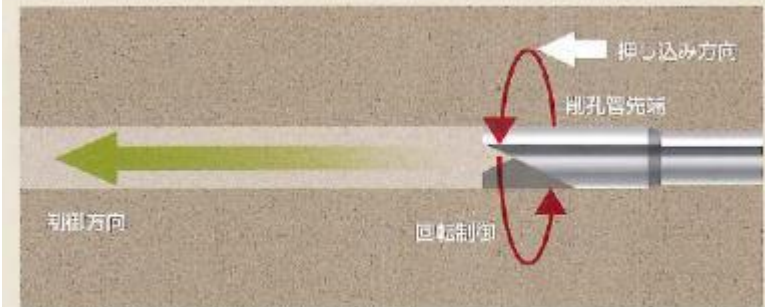
薬液注入  
技術



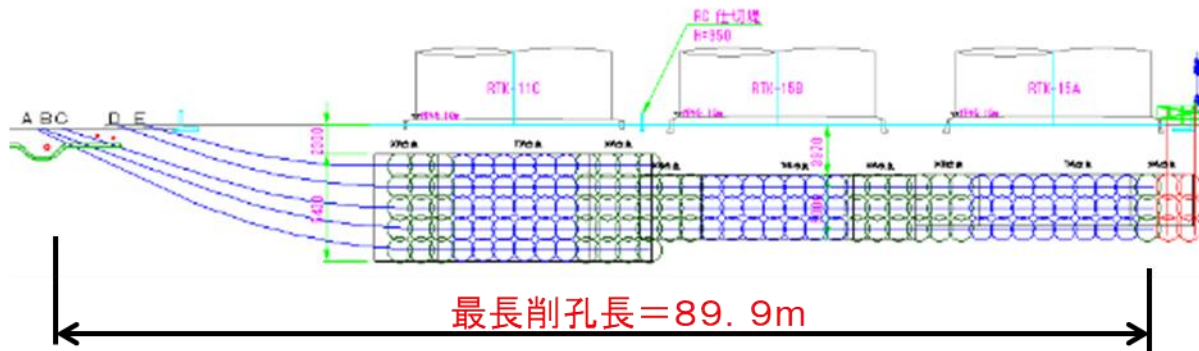
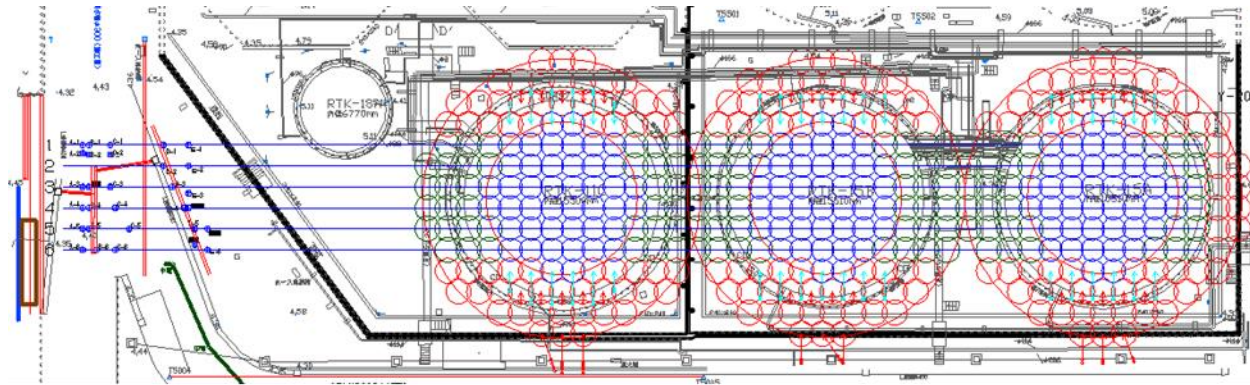
貯留タンクを回避した施工状況



曲線掘孔時 (土圧を利用して上下左右に方向制御)



直線掘孔時 (掘孔管を回転させながら推進)



## ・土質条件:

礫混じり砂 (N=10)

$F_c = \text{約} 10\%$

## ・設計基準強度:

$q_u \geq 50 \text{ kN/m}^2$

## ・施工数量:

### ①鉛直・斜削孔

施工本数: 267本

削孔延長: 2,741m

総注入量: 1,192kL

### ②曲がりボーリング

施工本数: 30本

削孔延長: 2,112m

総注入量: 1,213kL

# セメントで地盤を固める

- セメント＋水 ⇒ セメントミルク
- セメント＋水＋砂 ⇒ モルタル
- セメント＋水＋骨材 ⇒ コンクリート

地盤改良では

- 土＋セメント(固化材)＋水 ⇒ **ソイルセメント**

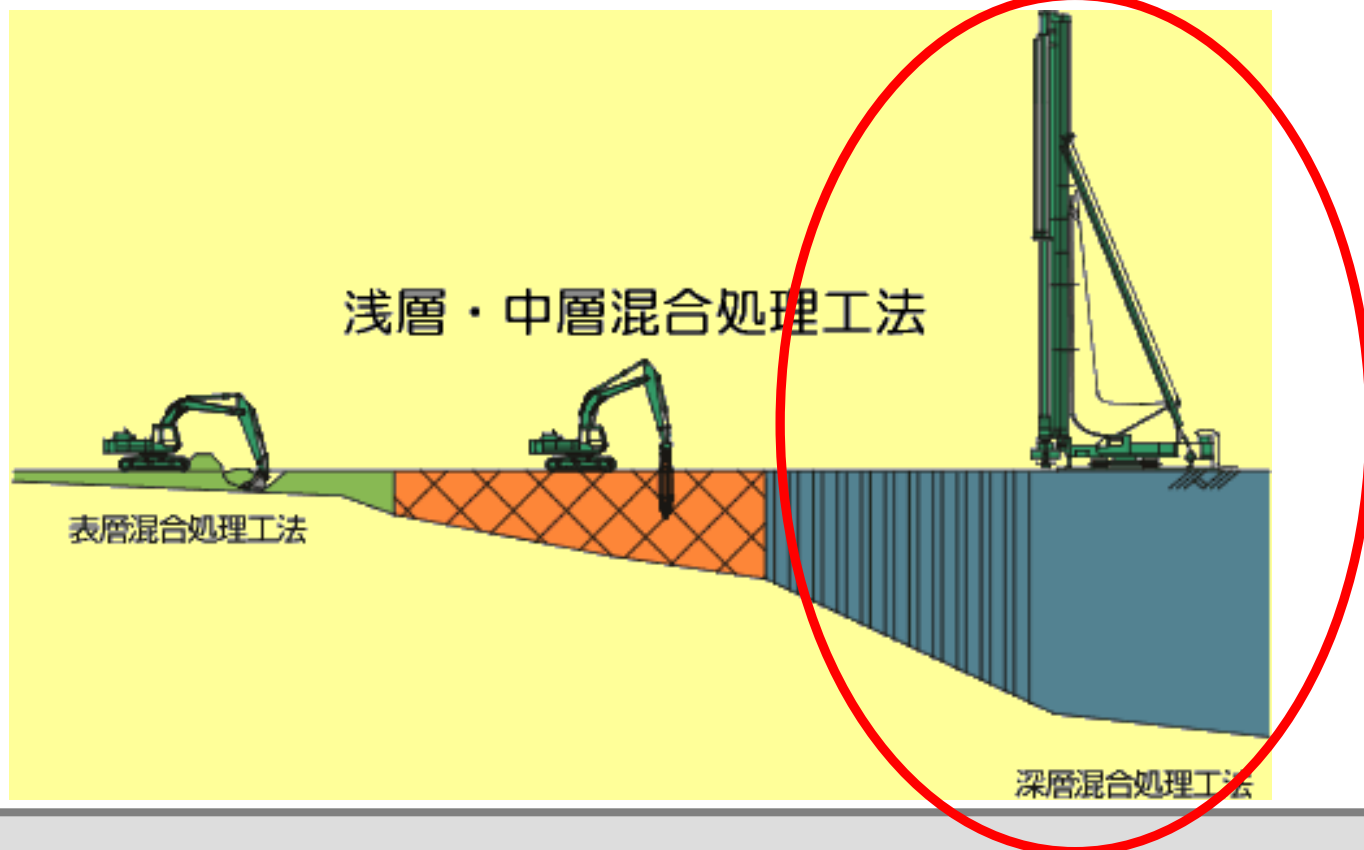
ソイルセメントをどう地中でつくるか？

**攪拌方法、攪拌効率、設定強度、対象土質**



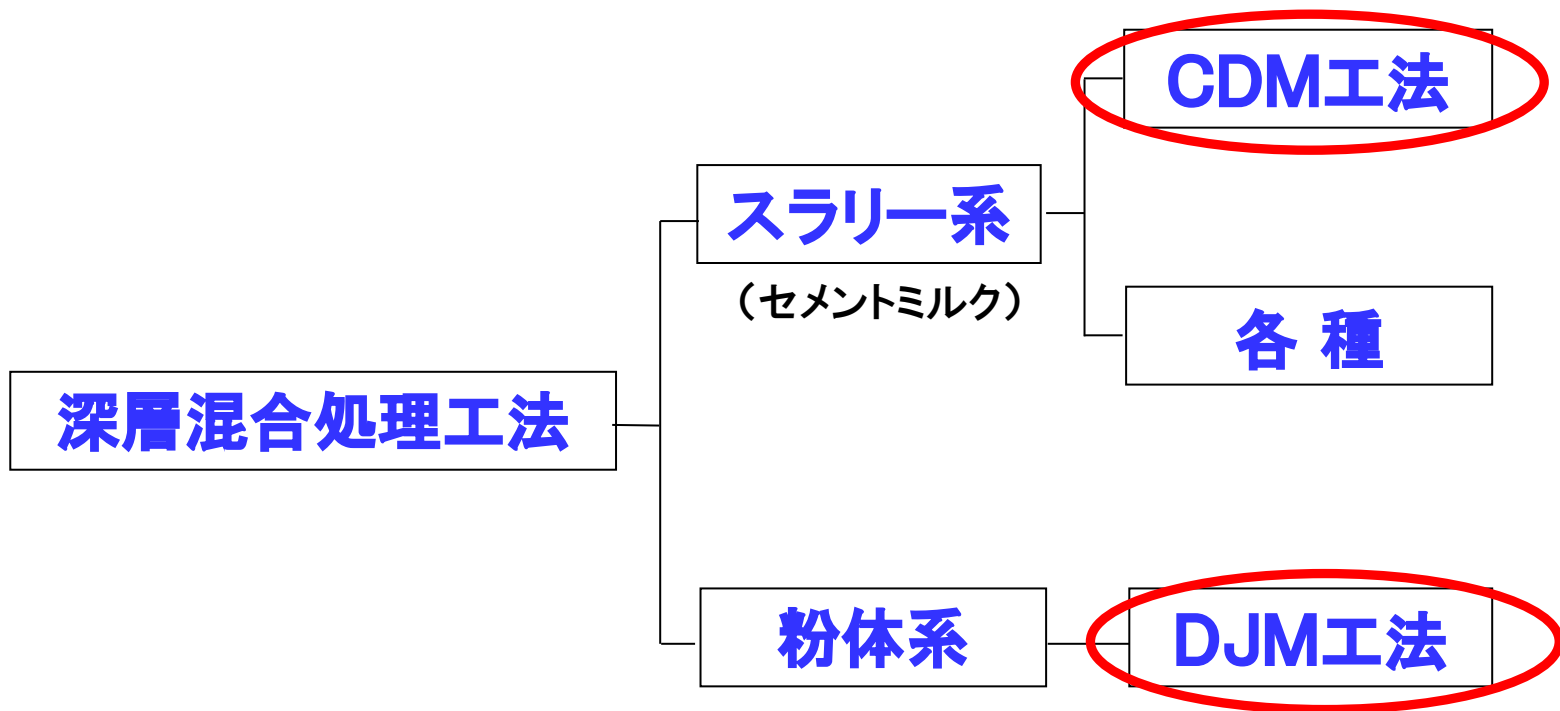
# 深層混合処理工法

- 深度10m以深を改良する工法
- 改良材にセメント系固化材を使用
- 改良材と現位置の土を攪拌し固化する



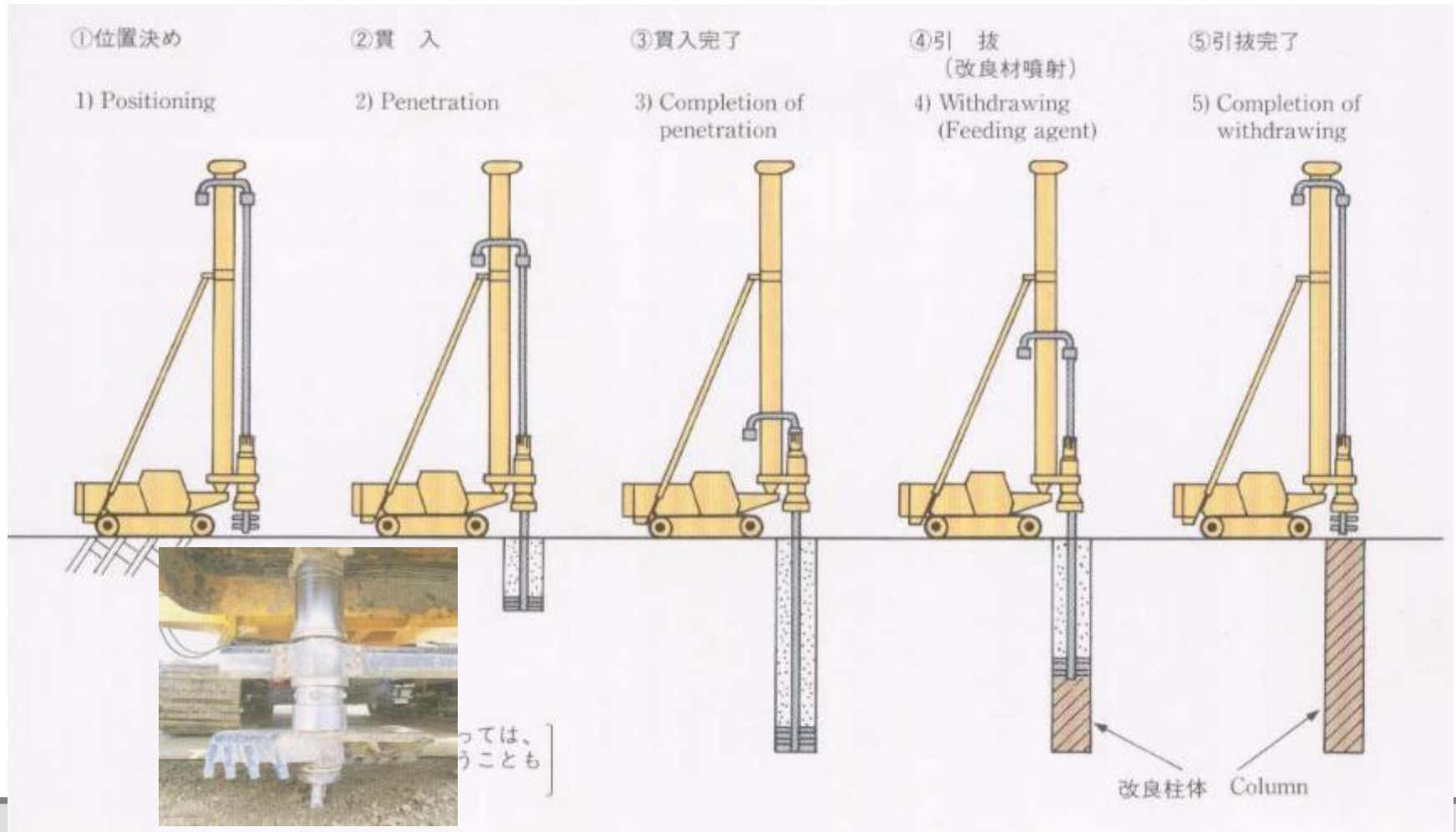
# 深層混合処理工法

## 深層混合処理工法の分類



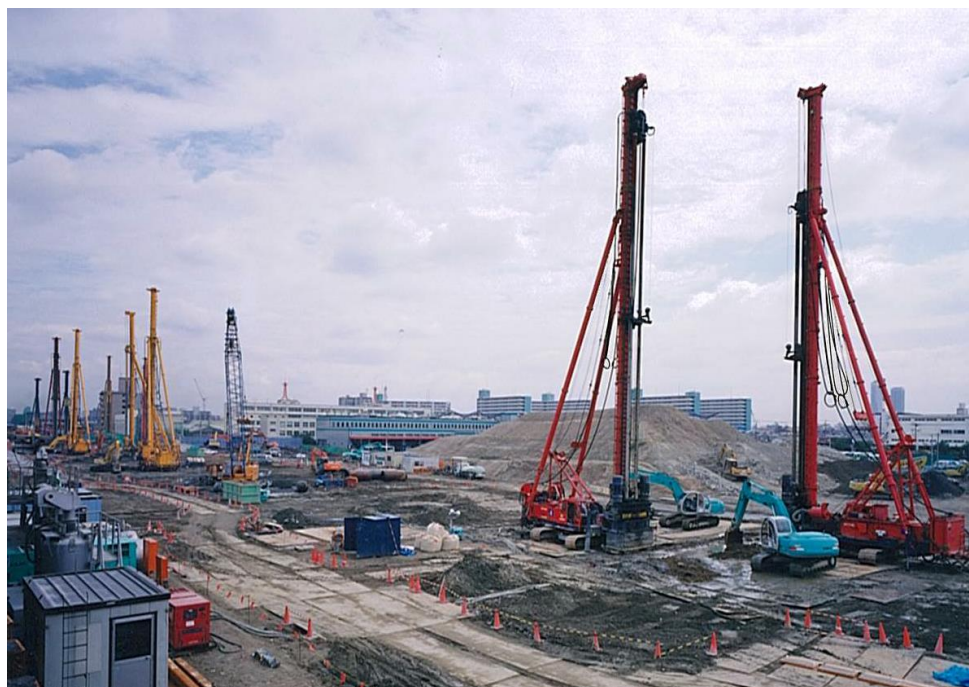
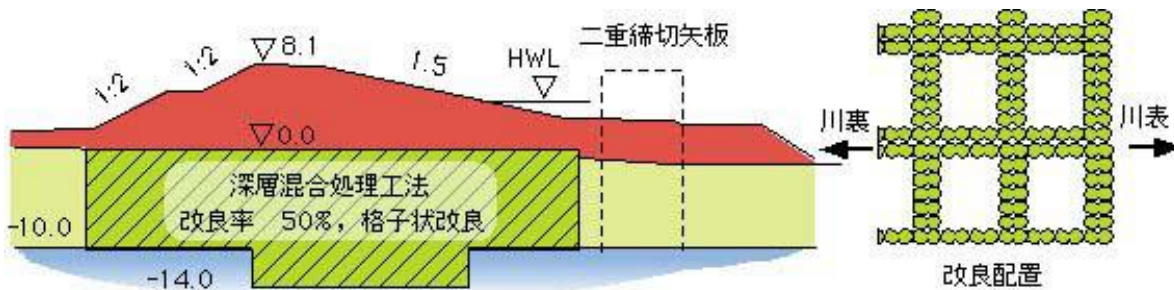
# DJM工法

- DJM工法は軟弱地盤中に**粉体の改良材を供給し、現位置で攪拌混合**させて固化する工法



# DJM工法施工事例

## 阪神大震災後の液状化対策

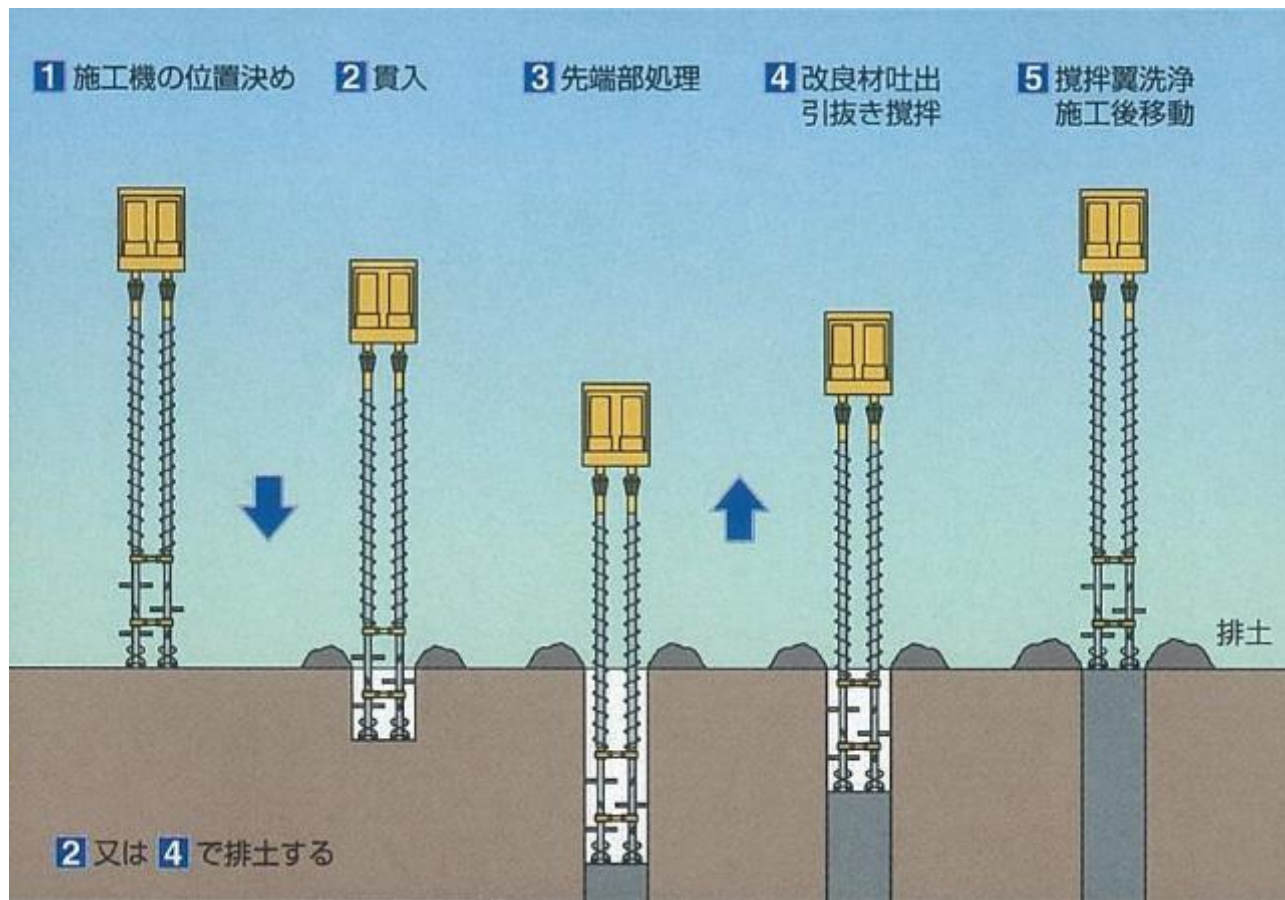


日本にある全機械の半数69台で施工



# CDM工法

CDM工法はセメント系のスラリーと軟弱地盤とを攪拌混合して現位置で固化する工法



CDM施工機



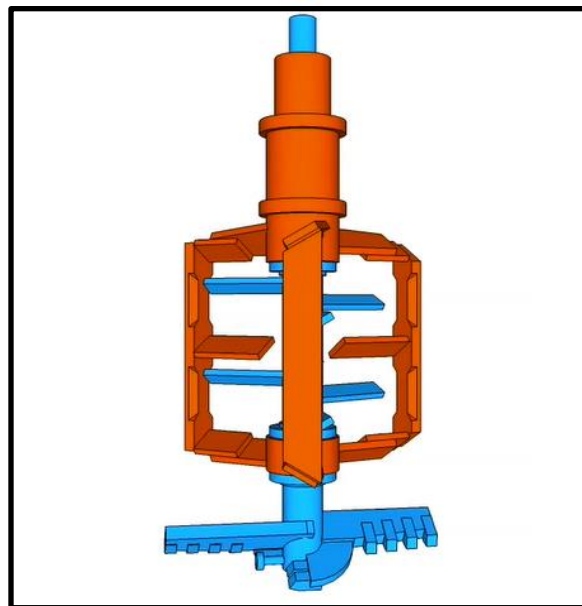
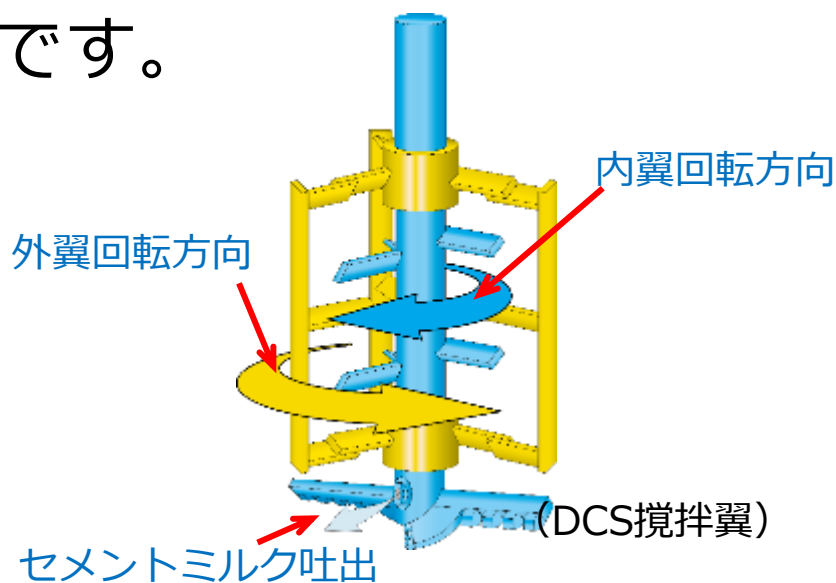
# ● 概要

DCS工法は、スラリー状に混練したセメントあるいはセメント系固化材を原位置地盤に注入しながら、原位置土と固化材の相対攪拌機能により、改良体を造成する深層混合処理工法です。



## ● DCS工法の攪拌機構

DCS工法の先端攪拌翼は、**相対攪拌式**を採用しており、外翼と内翼が逆方向に回転することで、**地盤のつれ回り・共回り現象**を防ぎ、**高品質の改良体**を造成することが可能です。





# ● DCS工法の適用範囲

DCS工法は、Φ2.5mの大口徑まで取り揃えています。

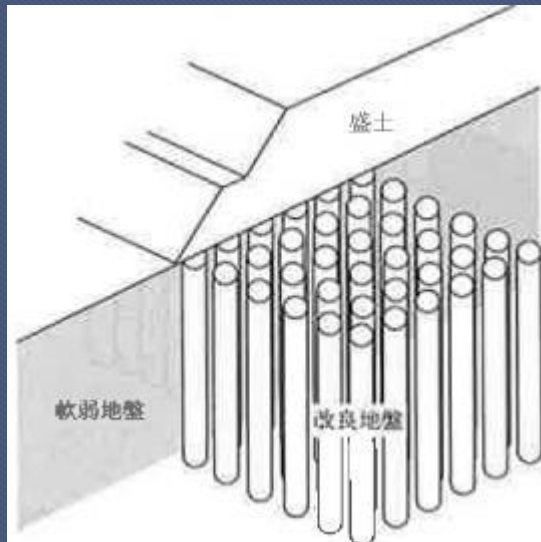
改良径		Φ2.0m	Φ2.3m	Φ2.5m	
施工可能深度		≦50m			
通常土質	粘性土	N値	≦10	≦6	≦4
	砂質土	N値	≦30	≦20	≦15
	有機質土	N値	≦5	≦5	≦5
	礫質土	N値	≦40	≦30	≦25
		最大礫径	<300mm	<200mm	<150mm
	連続層厚	3.0m以下	3.0m以下	3.0m以下	



# 設計の考え方 構造物の安定

## ◎改良形式(平面的な配置)

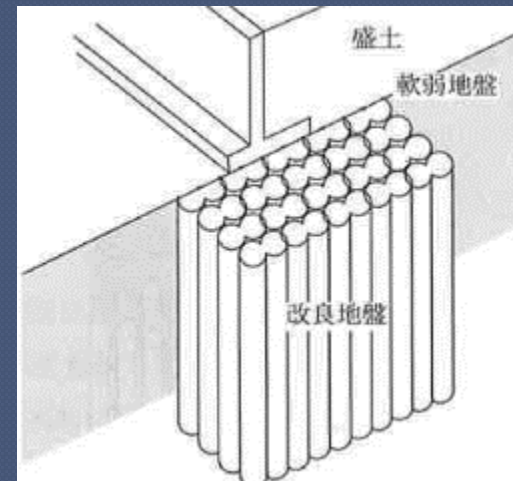
杭式改良：**盛土等の安全対策**



平均的な地盤強度が発揮される**複合地盤として設計する方法**

ブロック式改良：

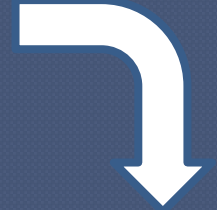
**構造物の基礎・土留め対策**



個々の改良体や連続した改良体を**基礎構造的に扱う設計方法**

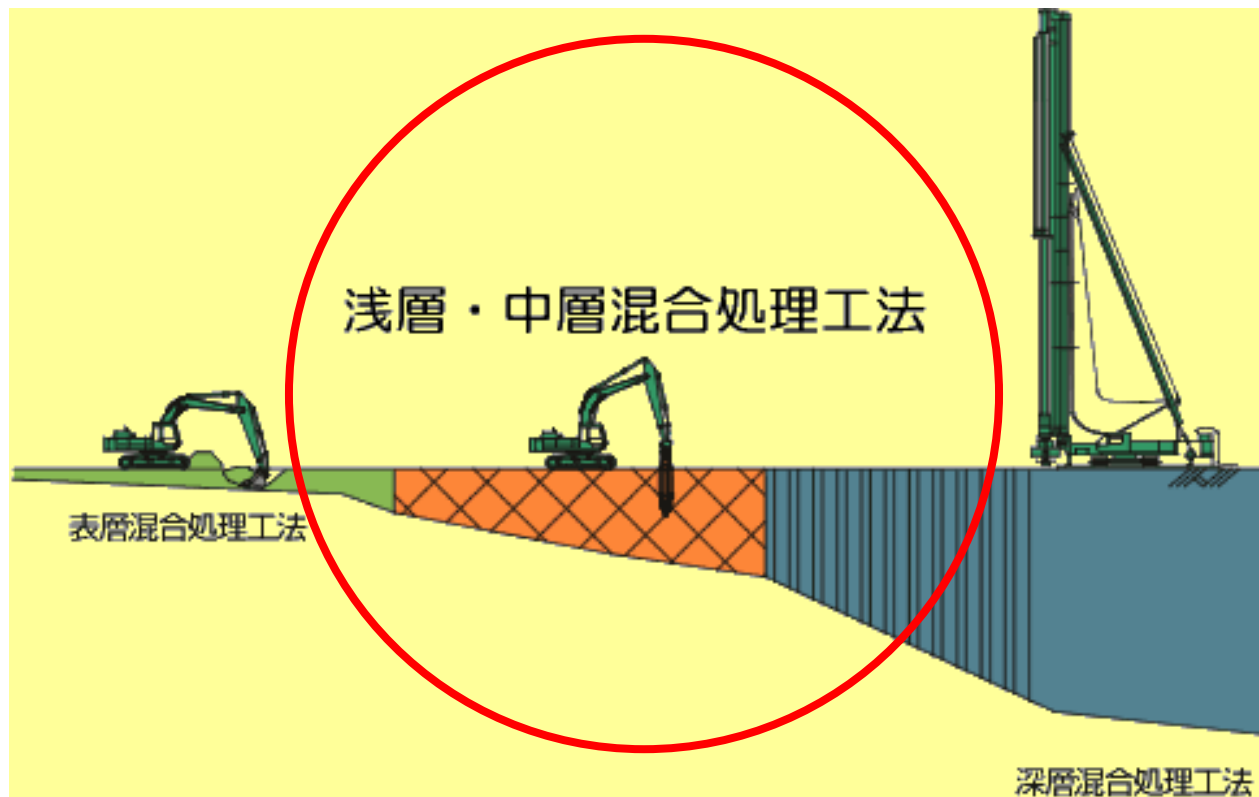
# 深層混合処理工法

改良体出来形・・・攪拌翼の形状



# 浅层・中層混合処理工法

- 深度2～15m程度を改良する工法
- 改良材にセメント系固化材を使用
- 改良材と現位置の土を攪拌し固化する

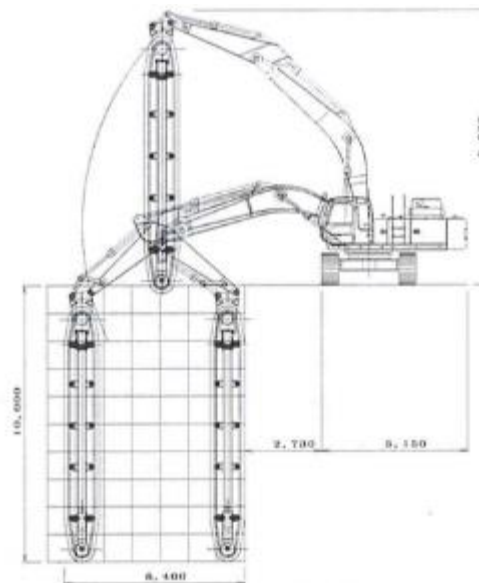


# 浅層・中層混合処理工法

日特で施工している代表的な工法

## ◆パワーブレンダー工法 (トレンチャー攪拌方式)

改良材をスラリー(ミルク)状に練った後、  
地中に噴射し現位置土と改良材を強制的に  
攪拌混合し固化する工法



# 高圧噴射攪拌工法(ジェットグラウト工法)

地中にロッドを設置し、**高圧ジェットの衝撃力で地盤を粉砕**し、セメント系固化材を充填する工法

## ・ 主な工法分類

- 単管工法      CCP工法
- 二重管工法    JSG工法  
                  SUPERJET35工法
- 三重管工法    CJG工法  
                  SUPERJET50工法





# ジェットグラウト工法とは

- ジェットグラウト工法とは

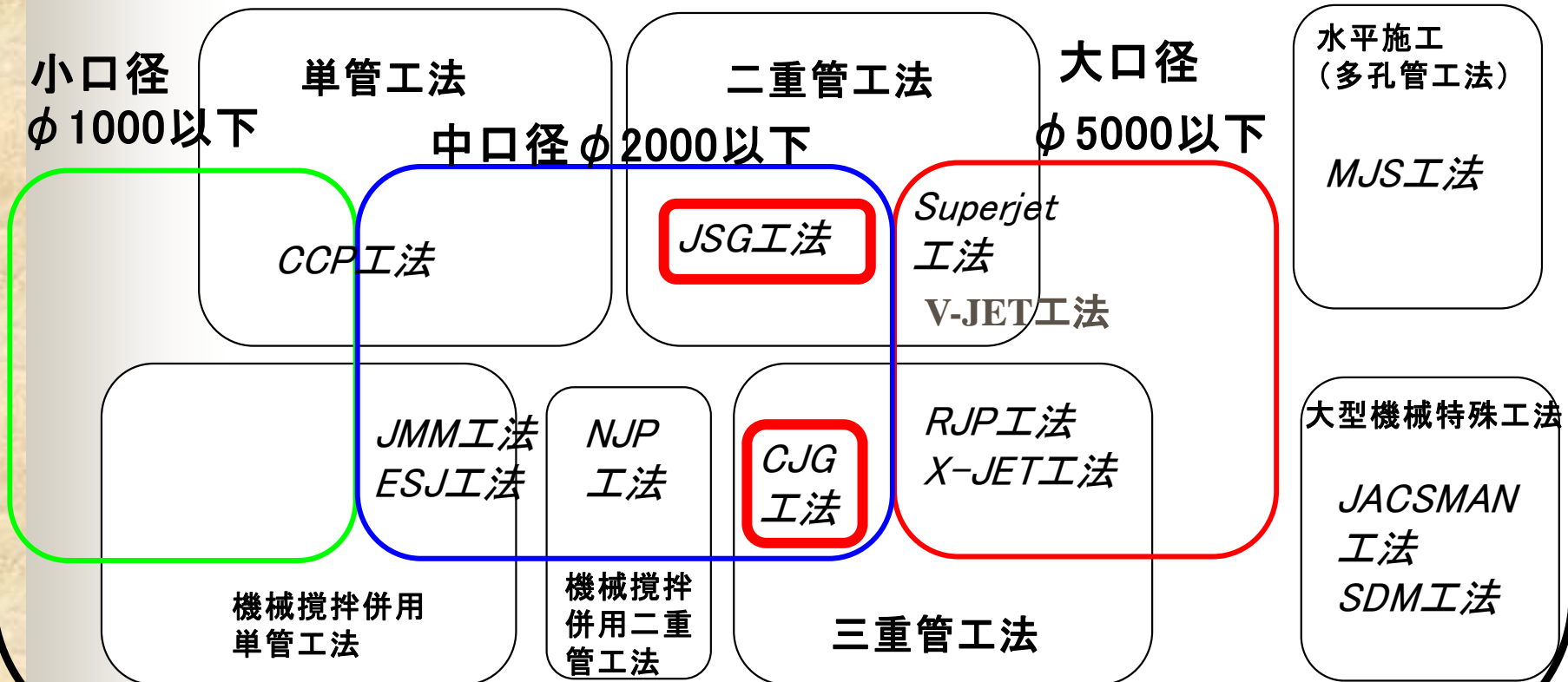
高圧の水または硬化材で

地盤の組織を破壊し

土粒子と硬化材を混合固結

する工法である。

# 高圧噴射攪拌工法(ジェットグラウト工法)の分類







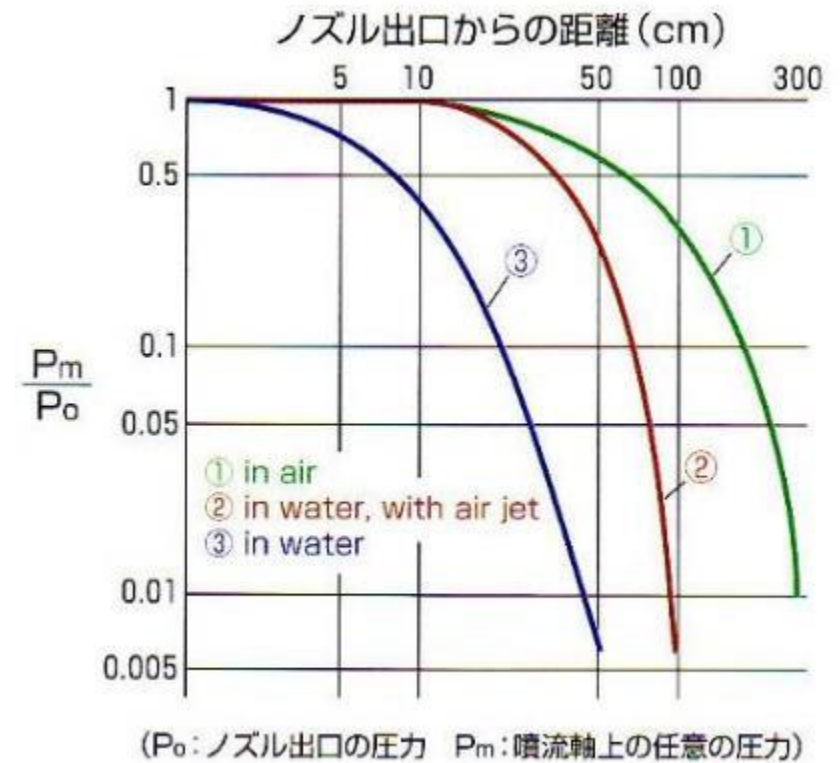
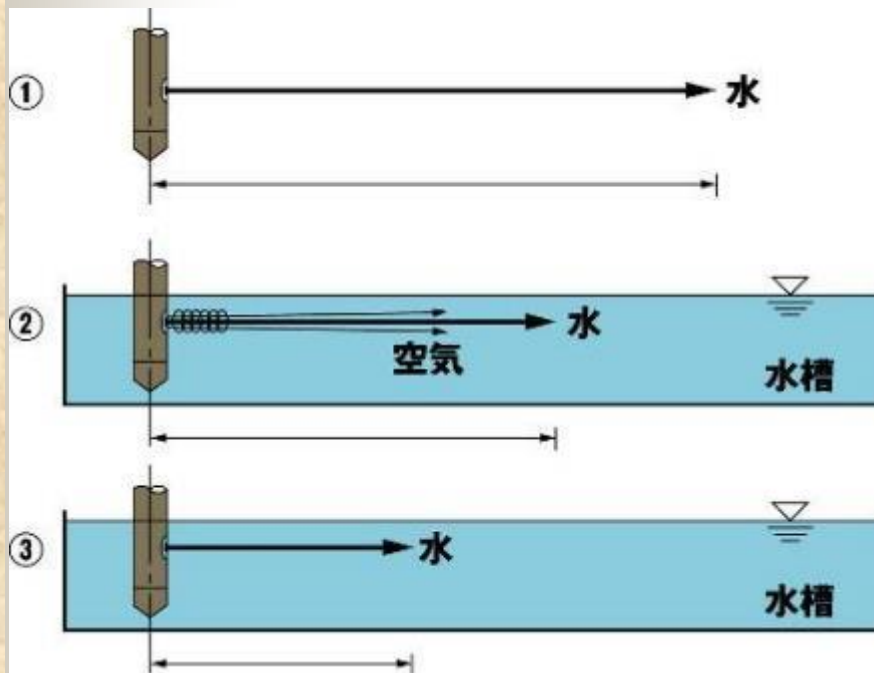
# ジェットグラウト工法の切削機構

超高压噴流(水または硬化材)の周囲に  
圧縮空気を沿わせる。

効果：超高压噴流の到達距離を伸ばす。  
切削土砂を地表に排出する。  
→ エアーリフト効果

# 気水噴流について

三重管ロッド



# 高压水喷射状况



高速水噴流(大氣中)



高速氣水噴流(水中)



高速水噴流(水中)

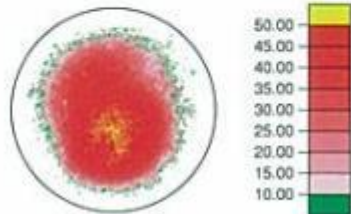
## 従来工法のモニター



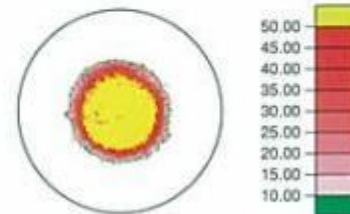
## 新規開発の特殊モニター



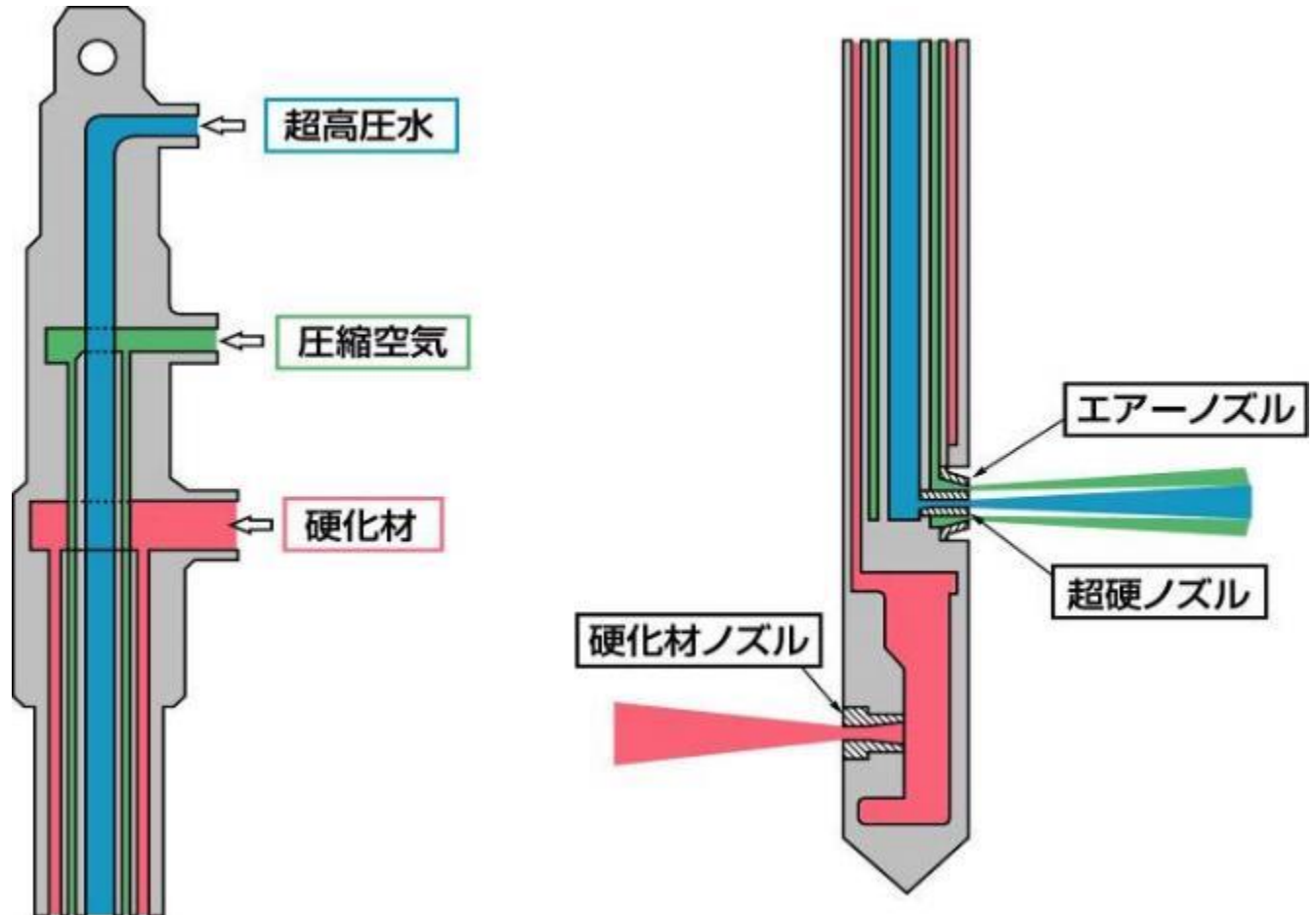
流線形状



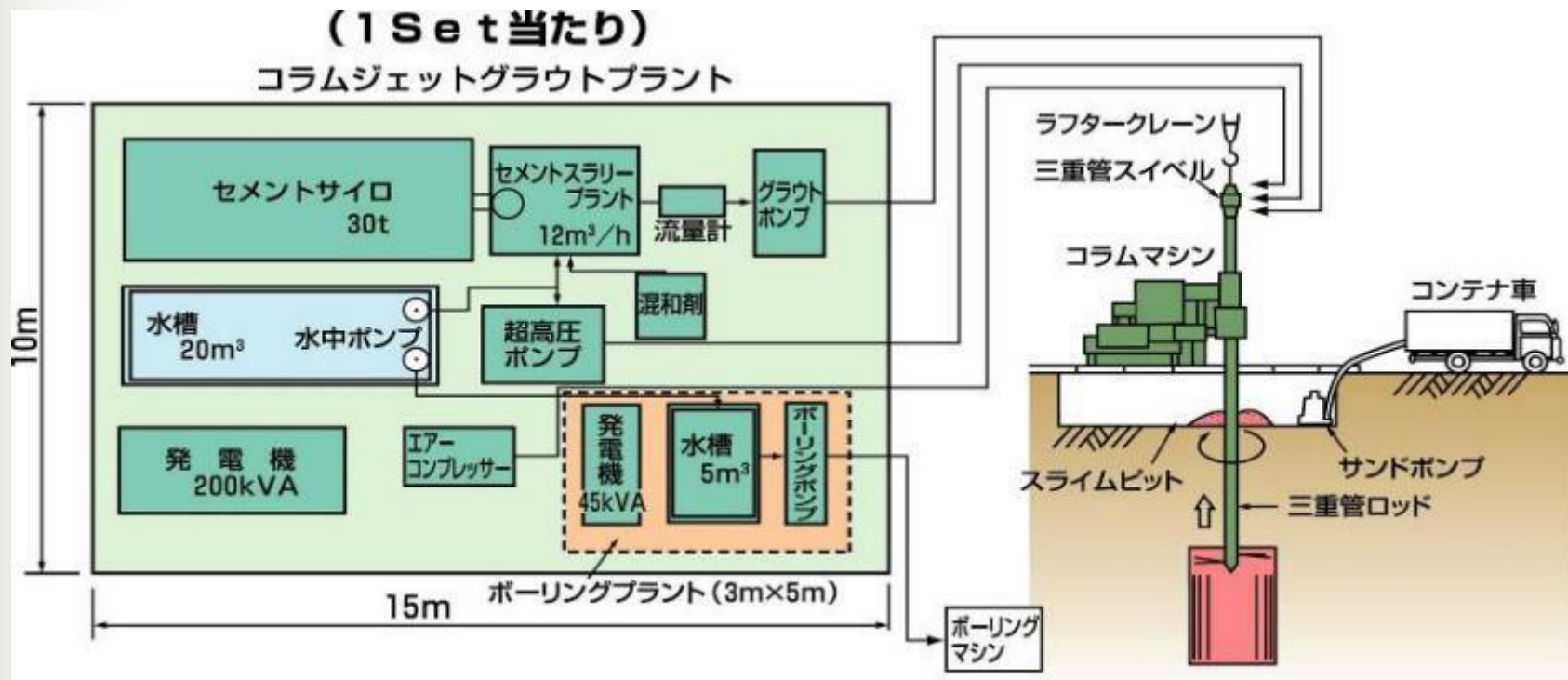
動圧形状



# CJG工法の注入器具

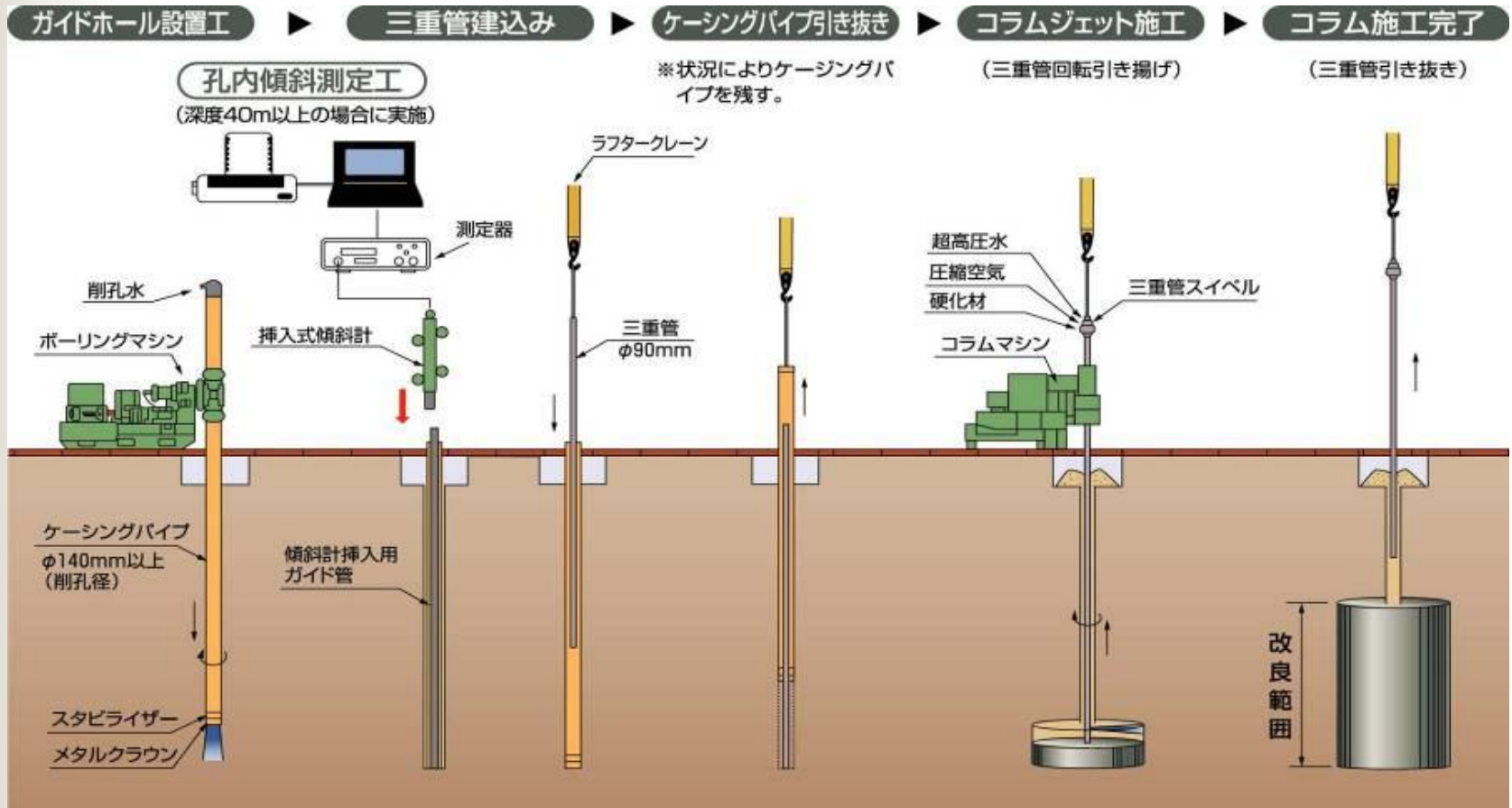


# CJG工法の施エプラント配置図



約150m<sup>2</sup>

# 施工順序図 (CJG工)



# 高圧噴射攪拌工法(ジェットグラウト工法)

## ◆工期短縮・コスト縮減

- 大口径化 + 改良スピードUP
- 排泥排出量抑制工法

### ●標準施工仕様

名称	項目	単位	SUPERJET 25	SUPERJET 35	SUPERJET 50
超高圧ジェット	噴射圧力	MPa	34.5		
	固化材量	kℓ/分	0.1×2方向=0.2	0.185×2方向=0.37	0.275×2方向=0.55
圧縮空気	圧縮空気圧力	MPa	0.7~1.05		
施工仕様	標準造成時間	分/m	8	9	13
	プレジェット造成時間		4	5	6

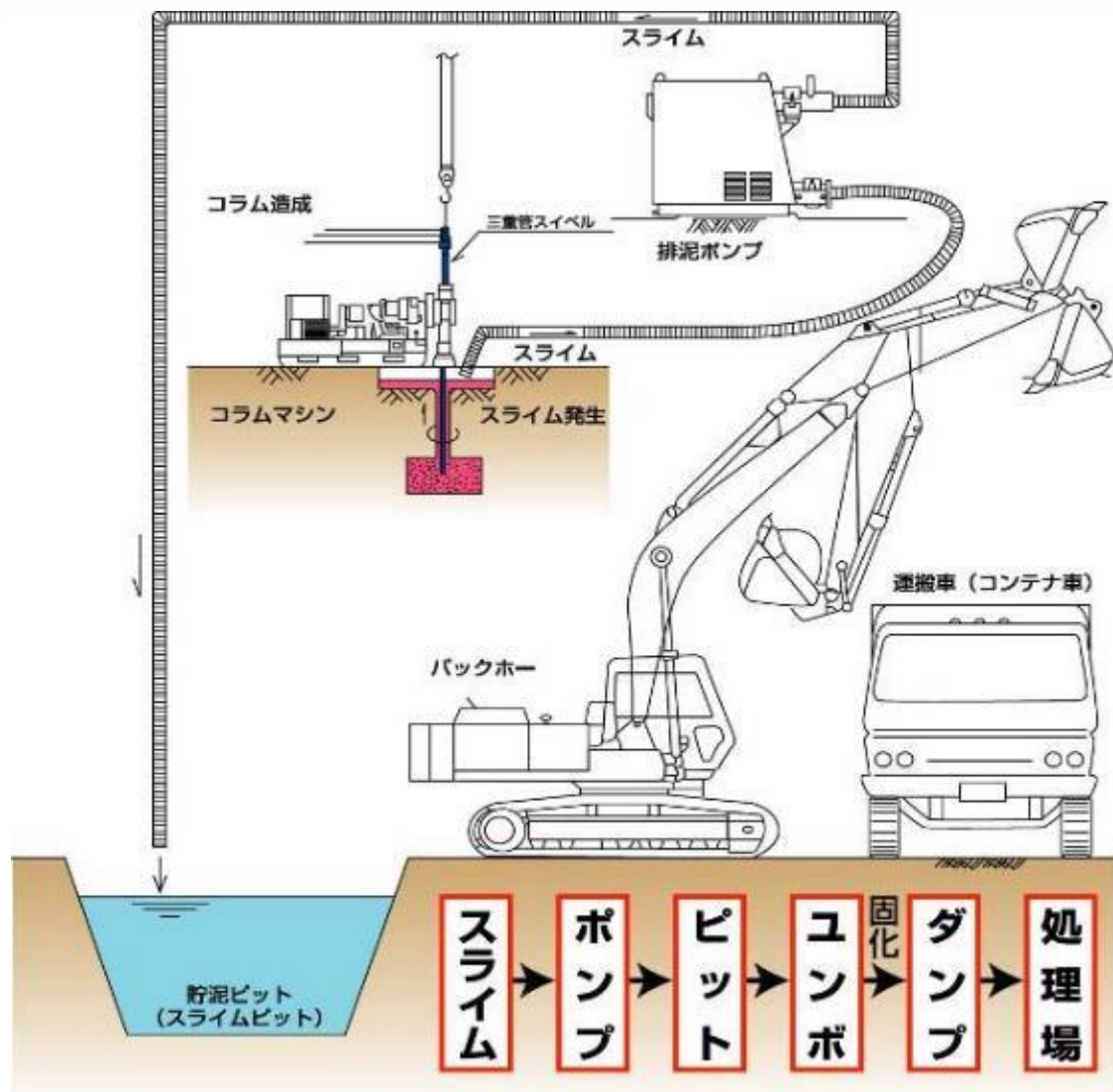
### ●施工条件と標準設計有効径

名称	項目	施工条件と標準設計有効径				
		N ≤ 50	50 < N ≤ 100	100 < N ≤ 150	150 < N ≤ 200	
N 値	砂質土	N ≤ 50	50 < N ≤ 100	100 < N ≤ 150	150 < N ≤ 200	
	粘性土	N ≤ 3	3 < N ≤ 5	5 < N ≤ 7	7 < N ≤ 9	
	砂礫土	注-①				
深度 (m)	SUPERJET 25	0~30m	2.5m	2.2m	1.8m	1.5m
		30m ~	2.2m	1.8m	1.5m	1.3m
	SUPERJET 35	0~30m	3.5m	3.3m	2.9m	2.4m
		30m ~	3.3m	2.9m	2.4m	2.1m
	SUPERJET 50	0~30m	5.0m	4.6m	4.0m	3.5m
		30m ~	4.6m	4.0m	3.5m	3.2m

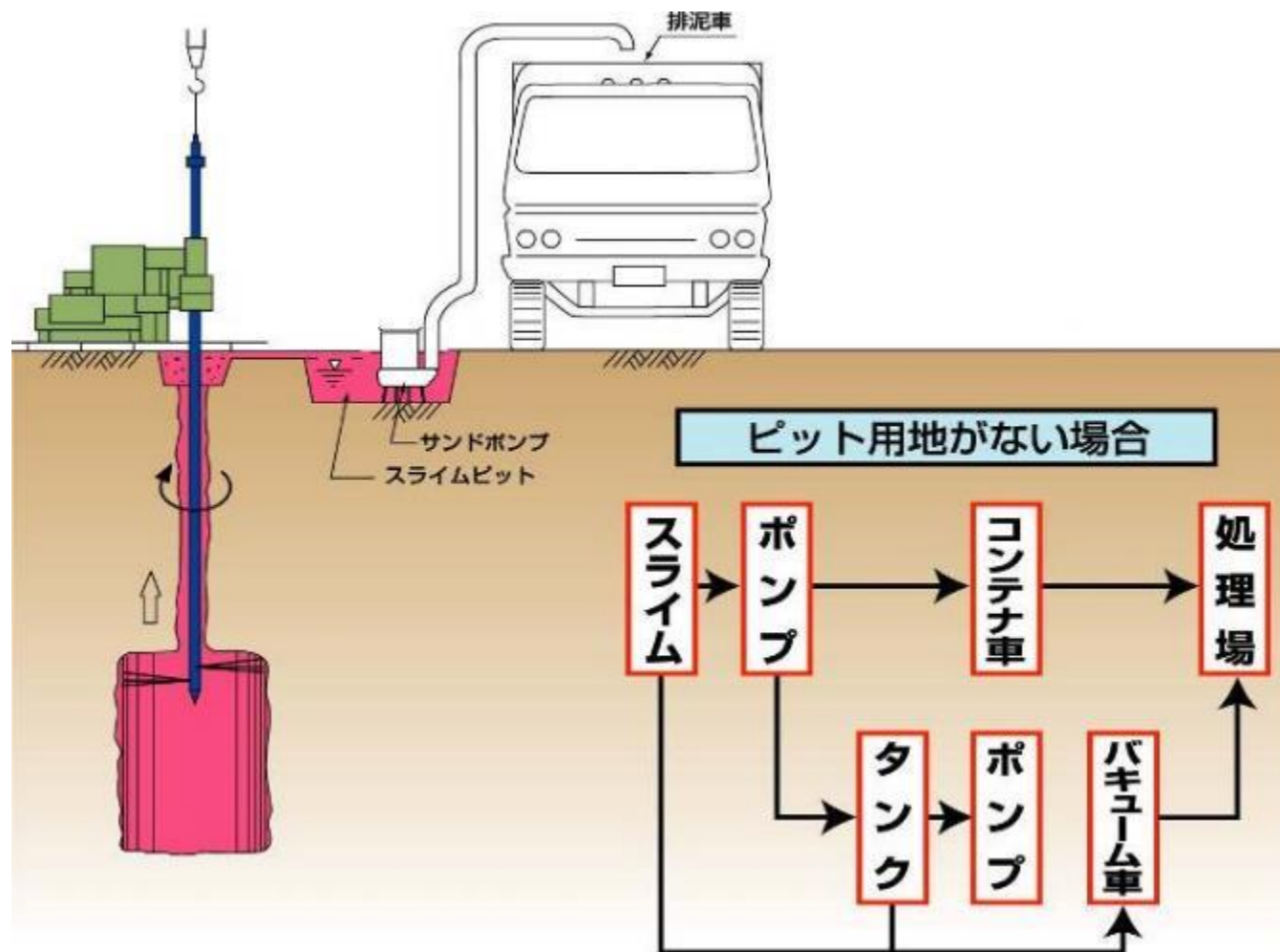




# 排泥システム図(1)



# 排泥システム図(2)



# 地盤改良工法のポイント

- 地盤改良工法の多くは目に見えない
  - ⇒ 頭の中で地面の下で何が起きているかを、少ない情報から想像することが大切
- 今行っている工事が何を目的としているかを理解する
  - ⇒ 計画通りが全て正しいとは限らない
  - ⇒ 自分で考え臨機応変に対応する

---

# 地盤改良工法

終わり

# 建設会社とは？

土木構造物

道路・橋梁・鉄道・港湾  
堤防・河川・上下水道

など社会資本を整備する会社

# 一般土木と特殊土木の例①

一般土木

土工(切土)



特殊土木

のり面保護工(吹付法柁)



# 一般土木と特殊土木の例②

一般土木の例

コンクリート構造物(橋脚)



特殊土木

基礎工(深礎杭)



杭の配筋

# 一般土木と特殊土木の例③

## 一般土木の例

### 敷地造成(埋め立て)



## 特殊土木

### 地盤改良





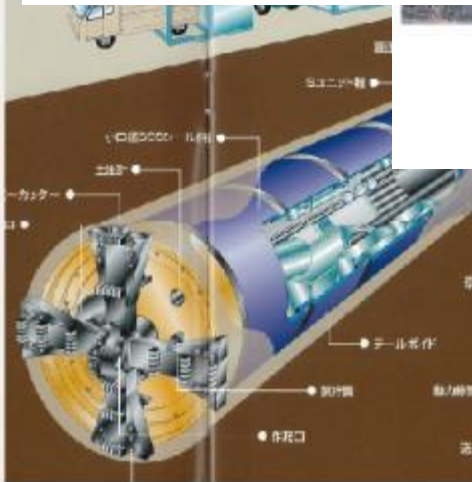
# 特殊土木が活躍する分野



環境緑



ブラウチング



シールド・掘削



補修・補強技術



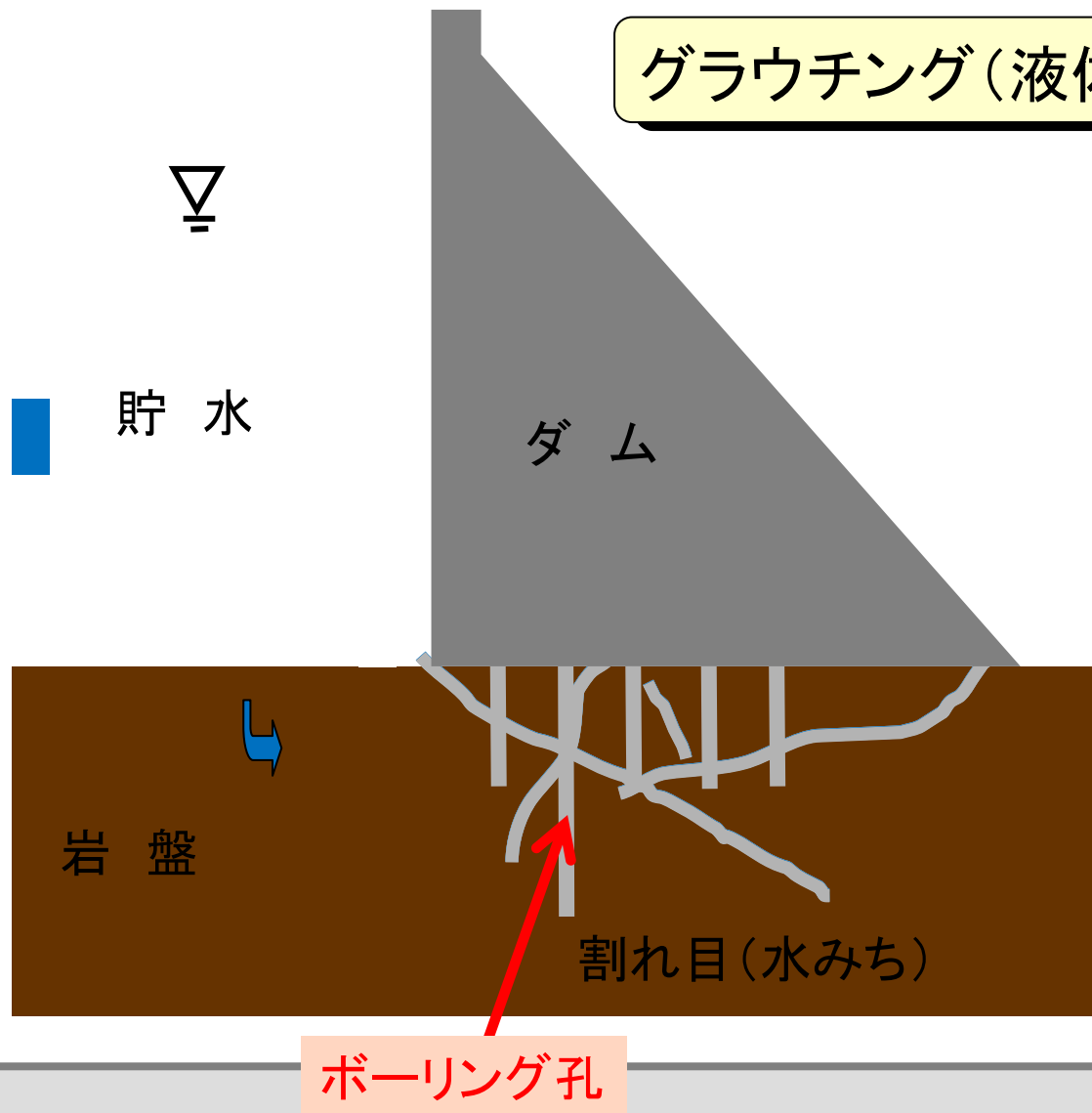
改良技術

An aerial photograph of the Kurobe Dam, a large concrete gravity dam. The dam is curved and spans across a valley. On the left, a reservoir of greenish water is visible. On the right, water is cascading over the spillways, creating a large plume of white spray. The surrounding landscape is rocky and covered with green trees. A semi-transparent white box with a blue border is overlaid on the center of the image, containing the title text.

# ダムグラウチング

関西電力 黒部ダム

# ダムグラウチングとは？



グラウチング(液体の注入)しなかったら...

貯水が漏れる

岩盤の割れ目を  
セメント材料で充填

ダム本体の建設

# 環境防災 特殊土木

## ■環境防災（斜面防災）

### 現状

- ・ 国土の7割が山地、河川勾配が急  
⇒ 想定氾濫区域に人口 1 / 2  
⇒ 総資産 3 / 4
- ・ 土砂災害が1000件 / 年間
- ・ 近年のゲリラ豪雨



◆安全・安心な国土作りが重要

# 環境防災

## ◆熊本地震(2016.4)災害状況 熊本県立野周辺



(C)国際航業株式会社・株式会社パスコ

# 環境防災

## ◆北海道台風(2016.8)災害状況

日勝峠周辺



# 環境防災 特殊土木

## ■環境保全

・コンクリートを使うと・・・

- 景観面：圧迫感
- 環境面：生態系に負荷



斜面防災を図りながら**環境保全**  
**ジオファイバー工法**の開発

# 環境防災 特殊土木

## ■環境保全（ジオファイバー工法）

砂と繊維を混ぜながら  
斜面に補強土を造成しています





# ジオファイバー工法@京都・清水寺



# 土砂崩れ復旧@京都・清水寺

①崩壊



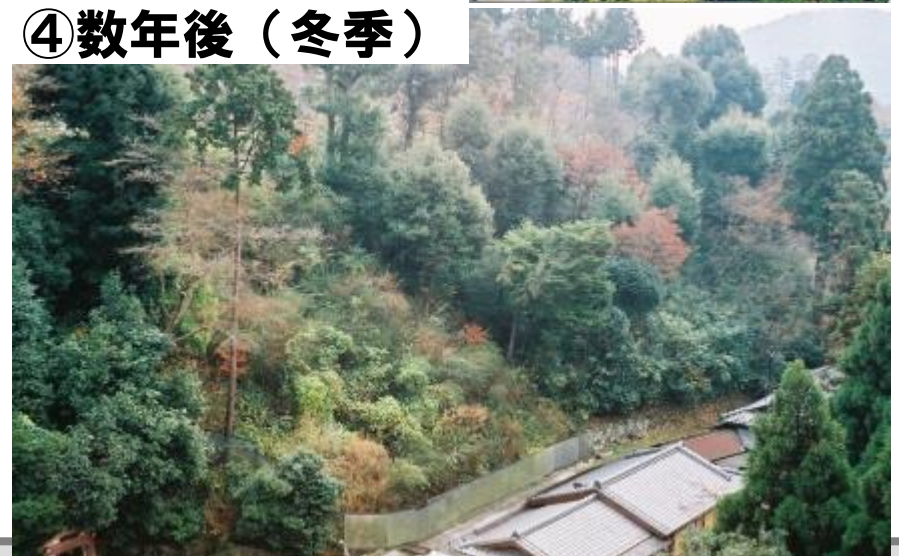
②ジオファイバー工 施工後



③数年後（夏季）



④数年後（冬季）



# 2度目の復旧工事

◆2013年9月 再び土砂崩れが発生



1999年に復旧した既往対策箇所は特に問題なし

# 2度目の復旧工事



# 土塀の復元@宇都宮城

① 施工中



② 施工中



③ 施工完了



④ 完成



# 都市再生 特殊土木

## ■都市再生

### 現状

- ・日本の国土は狭く平野部に人口が密集  
⇒構造物の大型化・大深度化
- ・懸念される南海トラフの大地震  
⇒社会資本の耐震補強



◆地下の有効利用・耐震補強

# 都市再生 災害復旧

## ■東日本大震災復興

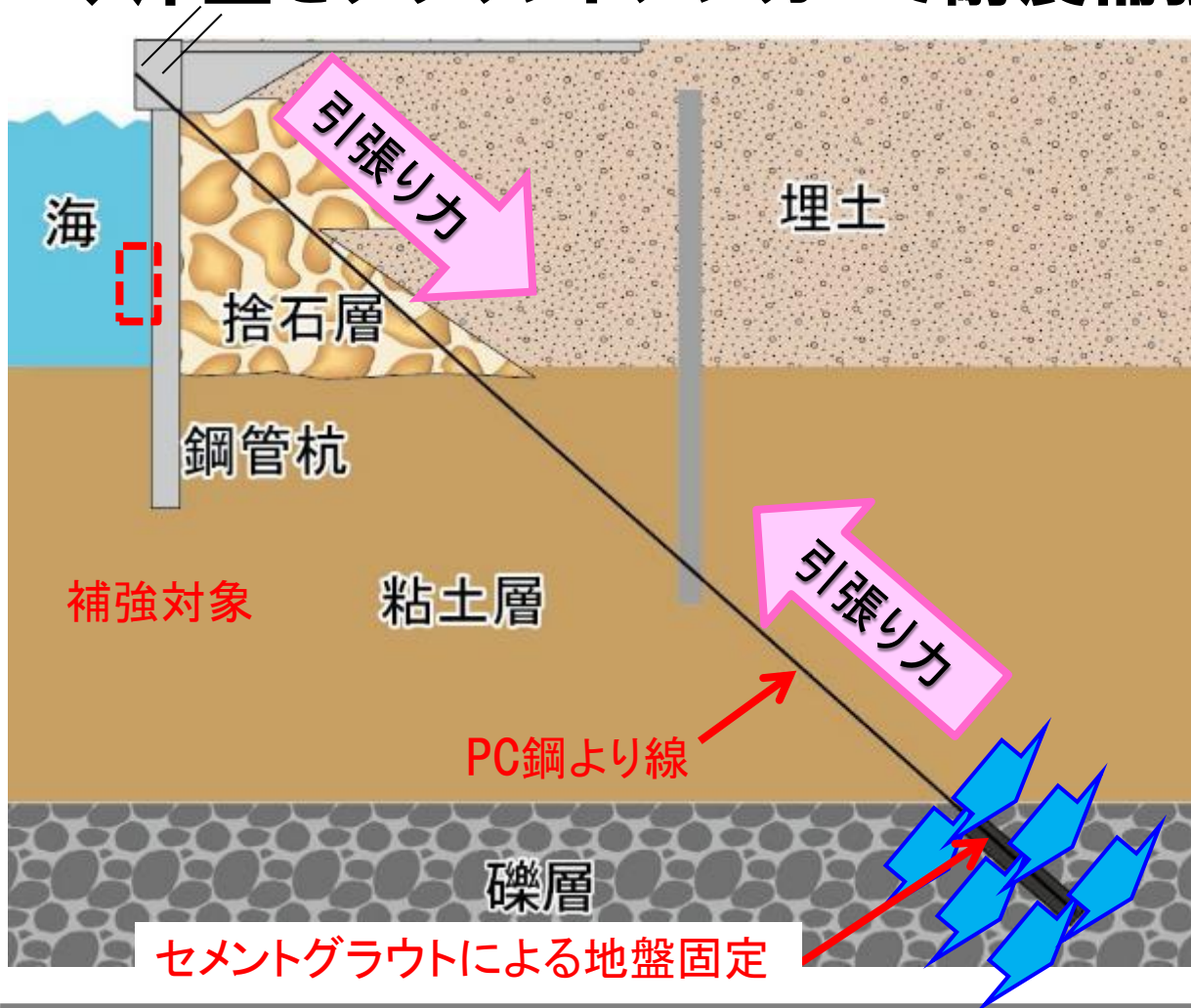


- 地震と津波によって被害を受けた  
運河の復旧事例



# 港耐震補強工事@三重・四日市港

## ◆岸壁をグラウンドアンカーで耐震補強



PC鋼より線  $\phi$  12.7mm

ボーリング仕様  
大口徑  $\phi$  216mm  
最大長さ L=115m  
削孔可能なの？

アンカーを固定する地盤は粘土層「不可」・礫層「適切」⇒ 100mの長さが必要



# 港耐震補強工事@三重・四日市港



日経コンストラクションの紹介記事

## Ein-Bandドリル



# 港耐震補強工事@品川埠頭（平成28年）



# 都市再生 耐震補強

## ■鉄道盛土の耐震補強



対策前(全景)



対策後(全景)



# 盛土補強@山手線（代々木）



# 盛土補強@山手線（代々木）



**HiSP工法**

# 盛土補強@山手線（代々木）



# 維持補修 特殊土木

## ■維持補修

### 現状

- ・ 高度経済成長期に建設された社会資本（橋梁やトンネル他）が高齢化を迎えている。

⇒10年後 橋梁の約6割が50歳を迎える



◆社会資本の長寿命化が重要

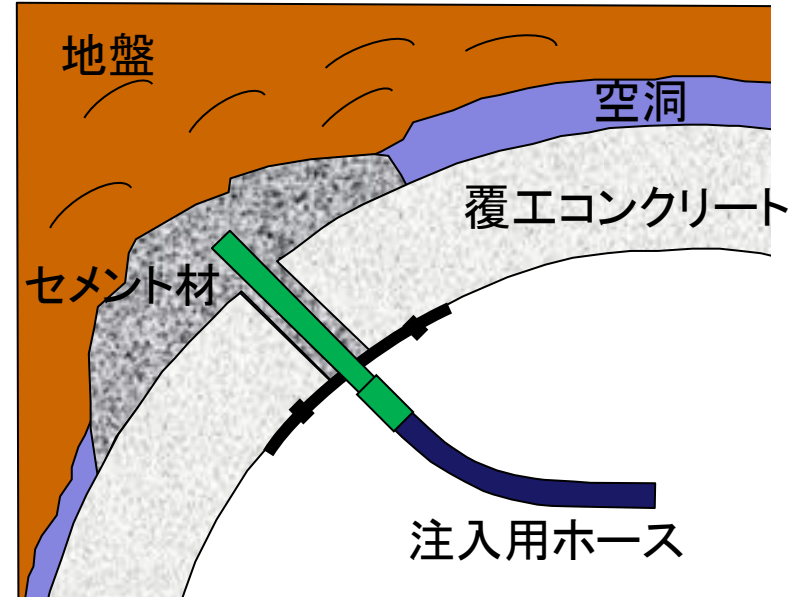
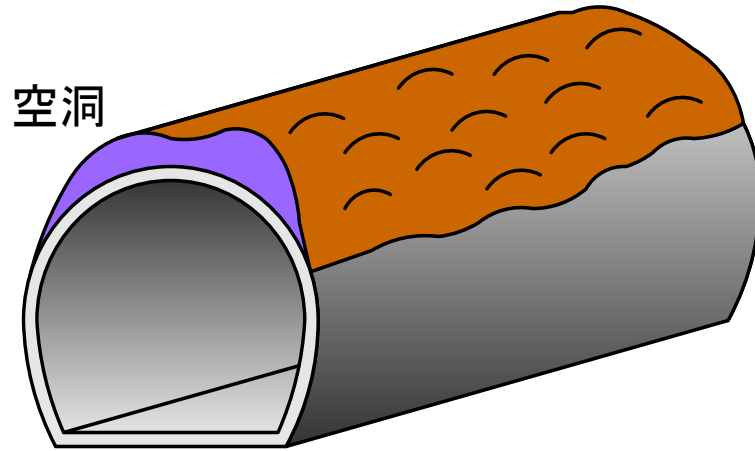
# 空洞充填@東海道新幹線（小田原）





# 空洞充填@東海道新幹線（小田原）

## パフェグラウト工法



作業状況



# 特殊土木の特長

## 特殊な工事のスペシャリスト

- ◆一般土木には無い**専門知識を提供**
- ◆山岳から港湾まで**多種多様の工事の請負**
- ◆**調査・設計・計画・施工**まで自社で行う
- ◆土木・地質・環境と**様々な分野の技術者が融合**

