

第20回 民間技術交流会

超音波振動注入工法

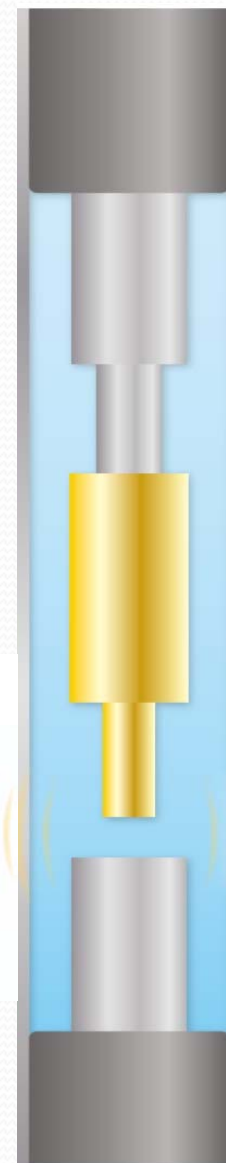
(NETIS:CB-180008-A)



液状化対策統括工法協会

日 時: 2019年7月1日(月) 14:00～14:30
場 所: TKP 名駅桜通口カンファレンスセンター
3号館 ホール3D

2019/7/1



本日より紹介する内容

1. 序論
2. 従来型薬液注入工法の概要
3. 超音波振動の概要
4. 超音波振動を利用した薬液注入工法
5. 実証実験
6. 施工事例
7. 施工費
8. 液状化対策統括工法協会

1. 序論

超音波振動注入工法

Ultrasonic Vibration Grouting (UVG)

従来の
薬液注入工法
(ダブルパッカ工法)

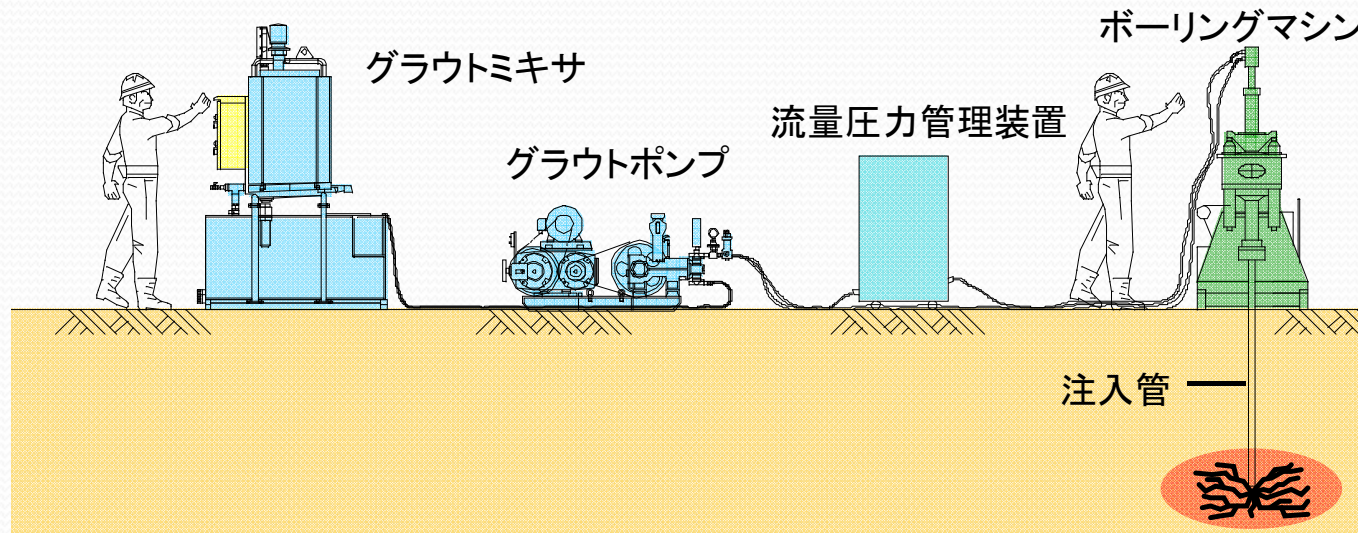


超音波振動

- ・実績、
- ・ノウハウ、
- ・注入理論、...

超音波振動が
持つ動的な特性

2. 従来型薬液注入工法の概要



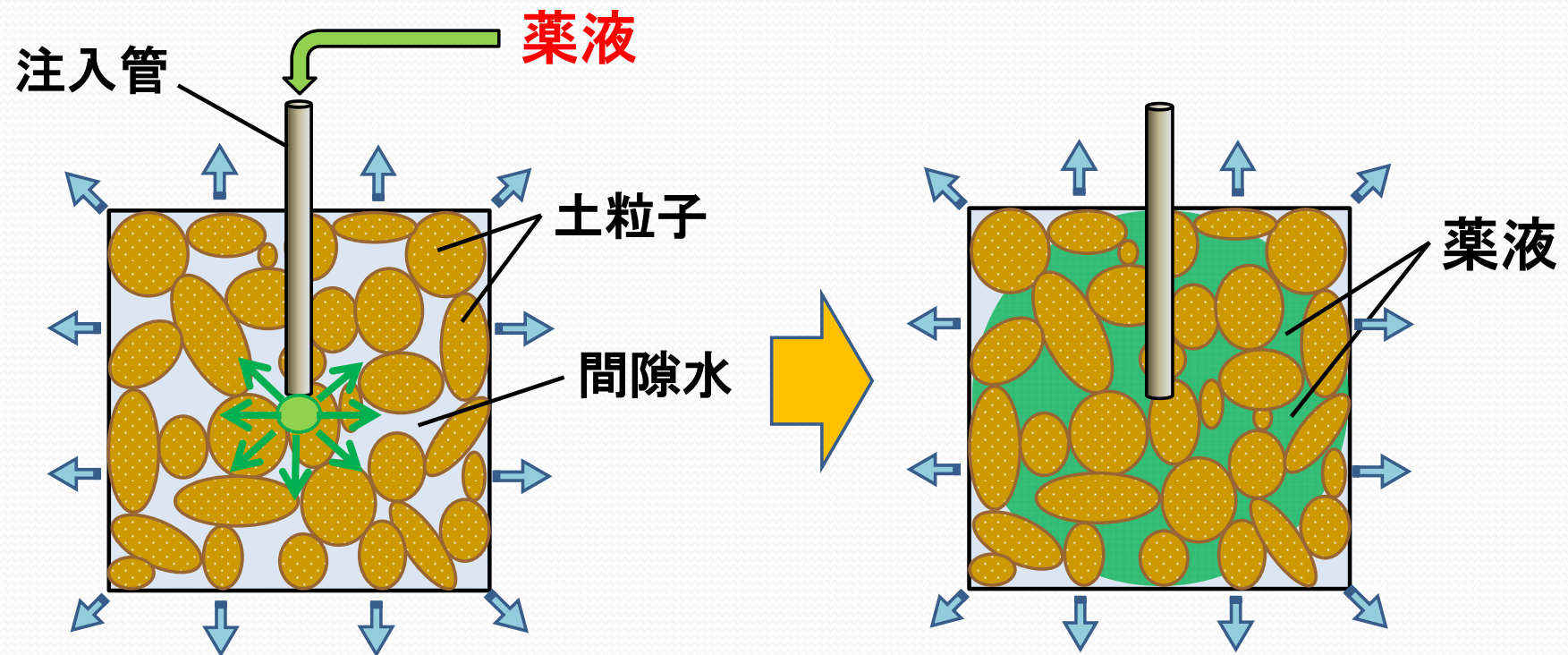
薬液注入工法とは

「任意に硬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である。

(一社)日本グラウト協会 『薬液注入工 設計資料』(平成30年度版)

2. 従来型薬液注入工法の概要

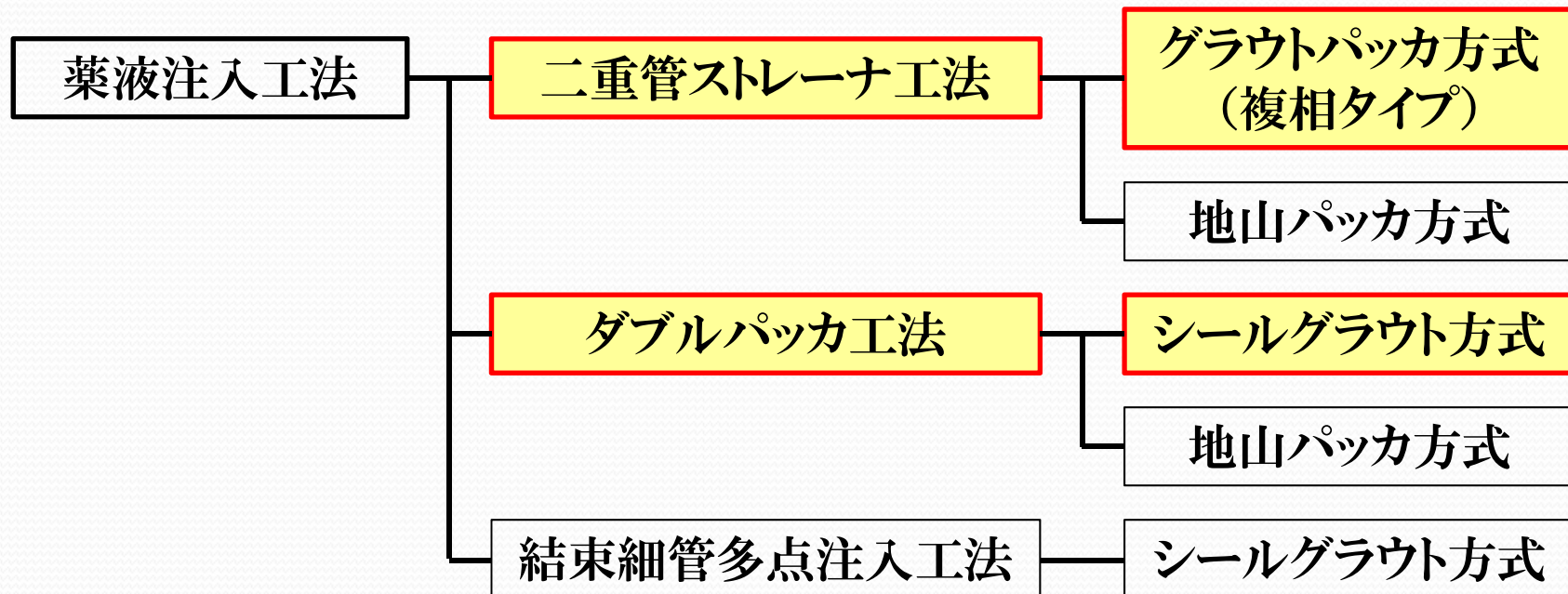
【薬液の浸透原理】



土粒子の骨格構造を変えずに間隙水を追い出し薬液が浸透固結する

2. 従来型薬液注入工法の概要

【薬液注入工法の分類】



※ **工法名** 従来型の薬液注入工法

(一社)日本グラウト協会『薬液注入工 設計資料』を参考

2. 従来型薬液注入工法の概要

【二重管ストレナー工法】



2. 従来型薬液注入工法の概要

【二重管ストレナ工法】

- ・ 二重管の注入ロッド(φ40.5)を用いた削孔と注入
- ・ ステップ毎に一次注入と二次注入を繰り返す
- ・ 一次注入は瞬結ゲルタイム注入材による粗詰め注入
- ・ 二次注入は緩結ゲルタイム注入材による浸透注入

- ・ 最も簡易で一般的な工法
- ・ 注入工事のシェアは50%超
- ・ 施工機械やプラントがコンパクト

2. 従来型薬液注入工法の概要

【ダブルパッカ工法】



削孔/注入外管建て込み状況



注入状況

2. 従来型薬液注入工法の概要

【ダブルパッカ工法】

- ・ ケーシングで地盤を削孔し注入管を地中に設置
 - ・ 注入管(外管)はシール材(CB)で地山に固定
 - ・ 外管にダブルパッカ付き内管を挿入して注入
 - ・ 一次注入は懸濁材(CB)による粗詰め注入
 - ・ 二次注入は溶液系緩結材による浸透注入
-
- ・ 工程が分割(削孔 / 1次注入 / 2次注入)
 - ・ 任意のステップで何度も繰返し注入が可能
 - ・ 浸透注入主体のため地盤隆起や変状が少ない

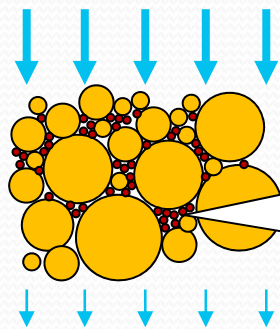
2. 従来型薬液注入工法の概要

薬液注入工法の利点

- 施工機械が小型であり，汎用性が高い（施工条件の制約を受けにくい）
- 目的や条件に合った適材適所の注入材を選択できる
- 施工に伴う排泥処理などが不要であり，環境への負荷が小さい

薬液注入工法の欠点

- 改良範囲や改良体品質は地盤の透水性（薬液の浸透性）に大きく依存する
- 目詰まり等が発生すると地盤の透水性（薬液の浸透性）が低下する
- 注入速度を上げると割裂注入（施工不良）や改良体品質の低下，周辺地盤への影響（隆起現象）などを引き起こす



目詰まり

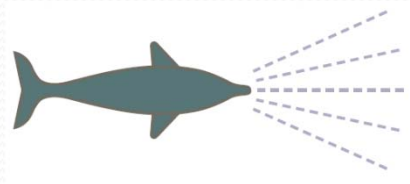


- 改良品質の低下
- 改良範囲の縮小(施工本数の増加)
- 注入速度の低下(施工時間の増加)
- 注入圧力の増大(周囲への影響)

3. 超音波振動の概要

超音波の特徴

- 20kHzを超える「人間の耳に聞こえない音」であり、聞こえる音でも聞くこと以外に利用すると「超音波」として扱われる
- 空気中での音速は340m/s, 水中での音速は1500m/sとなる
- 指向性が鋭い
- 波長が短い
- 減衰が大きい



超音波振動を応用した技術

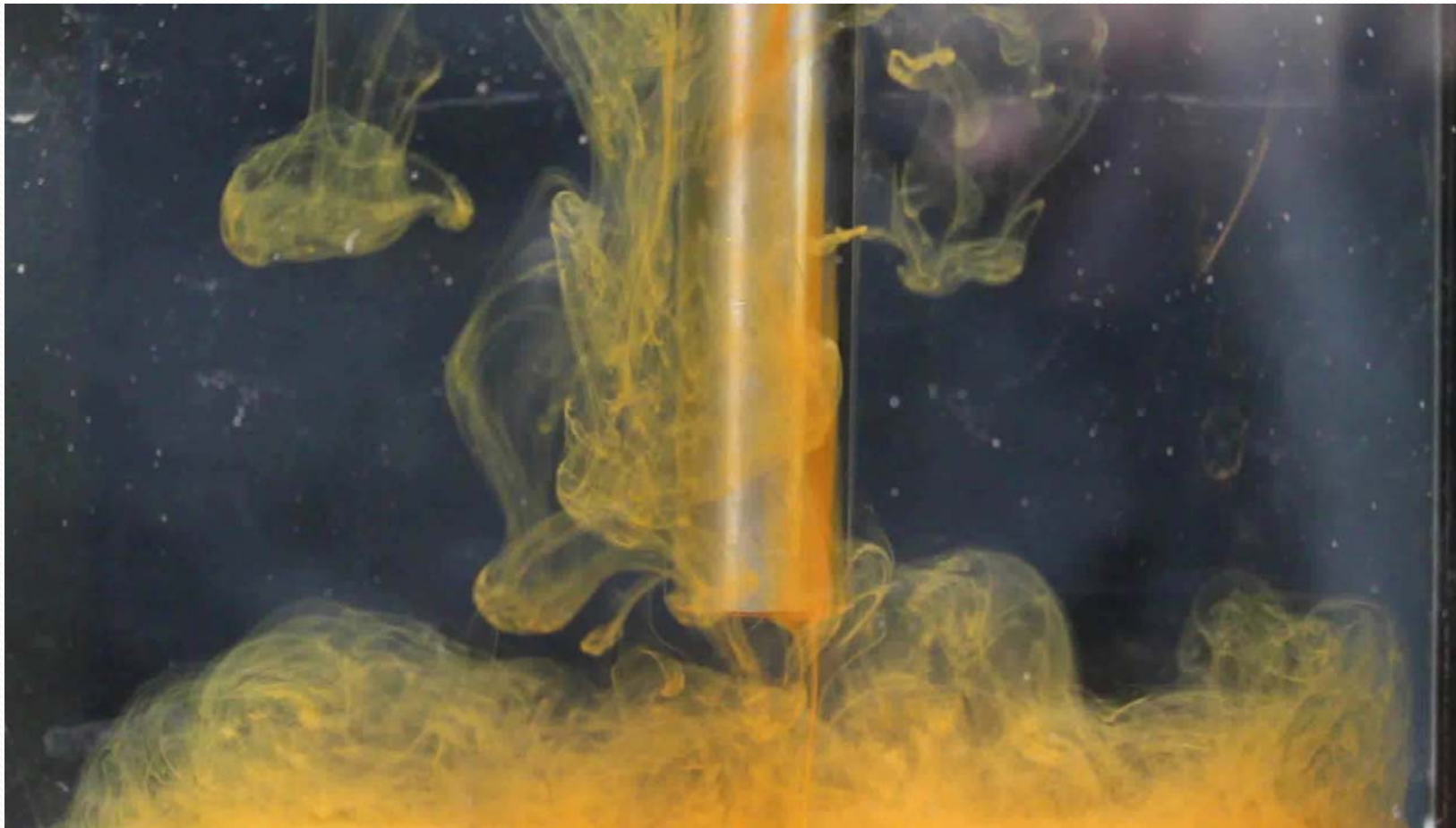
- 計測（距離、速度、濃度、…）
- 聴音（ソナー…）
- 探査（内部損傷、魚群探知機…）
- 洗浄（メガネ、工具…）
- 切断（カッター）

2019/7/1



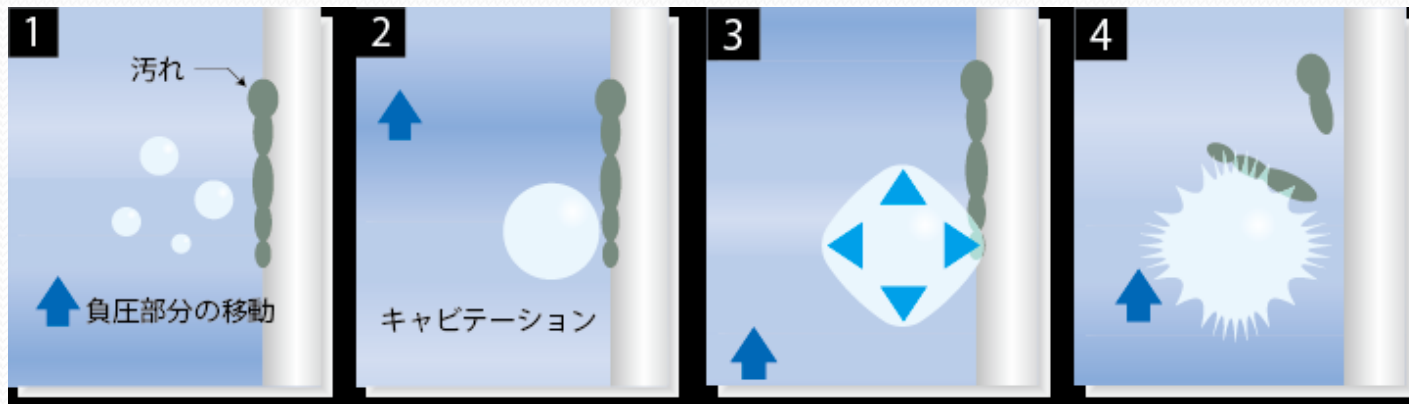
3. 超音波振動の概要

【参考:水中での超音波振動付与状況】



3. 超音波振動の概要

【参考:超音波洗浄】

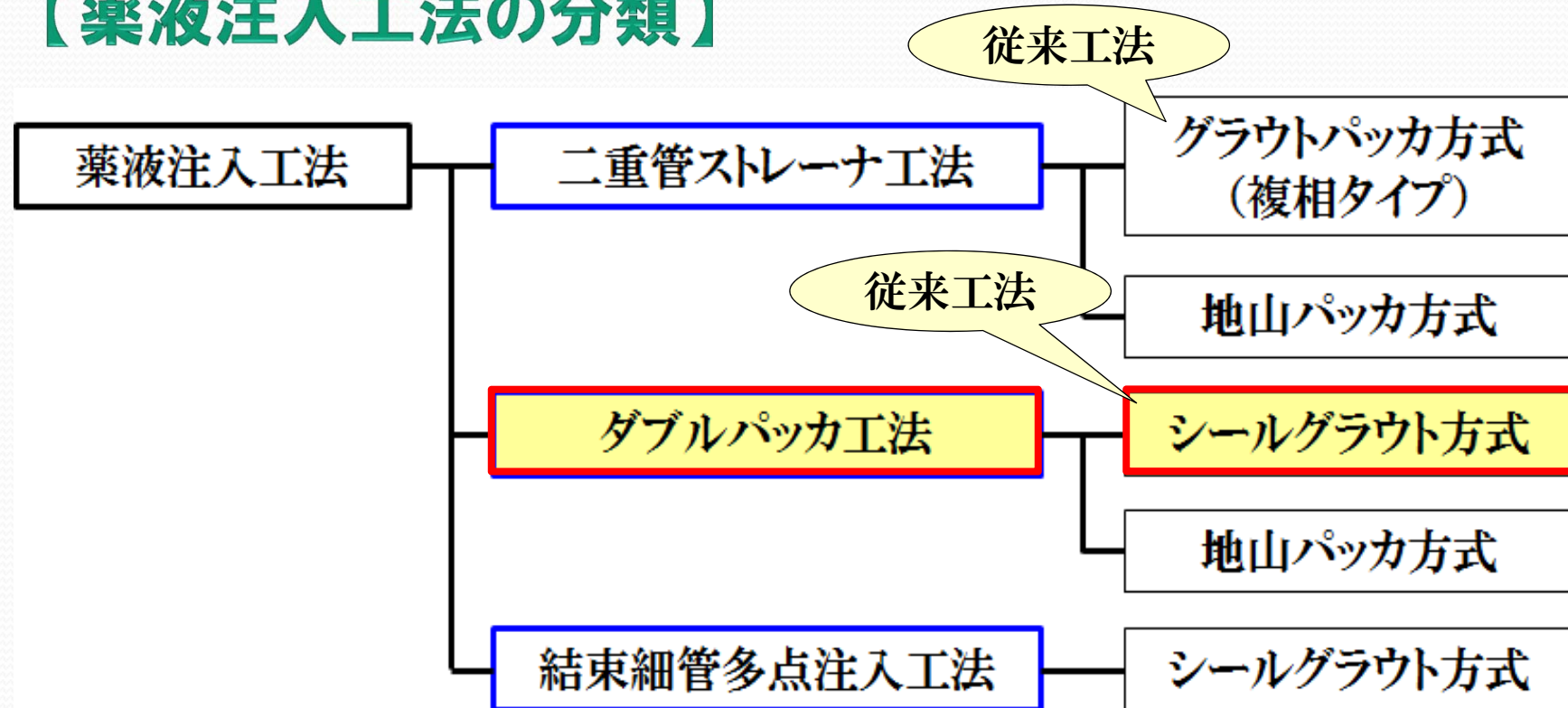


本多電子(株) https://www.honda-el.co.jp/industry/cleaner_genri.html

液体中に超音波を照射すると疎密波が伝播され、液体中に溶存する気体には正負の圧力が交互に作用します。
負の圧力を受けて膨張した気泡は次の瞬間に正の圧力を受けて圧壊し衝撃波を発生させます(キャビテーション現象)。

4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【薬液注入工法の分類】



(一社)日本グラウト協会『薬液注入工 設計資料』を参考

超音波振動注入工法は**従来型のダブルパッカ工法とほぼ同じ**

4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【浸透の原理】

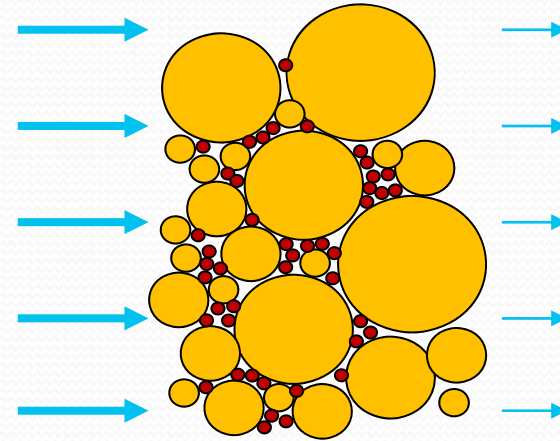
注入材に超音波振動を付与

注入材が素早く細かく振動

注入材振動時の細粒土による間隙の目詰まりを抑制

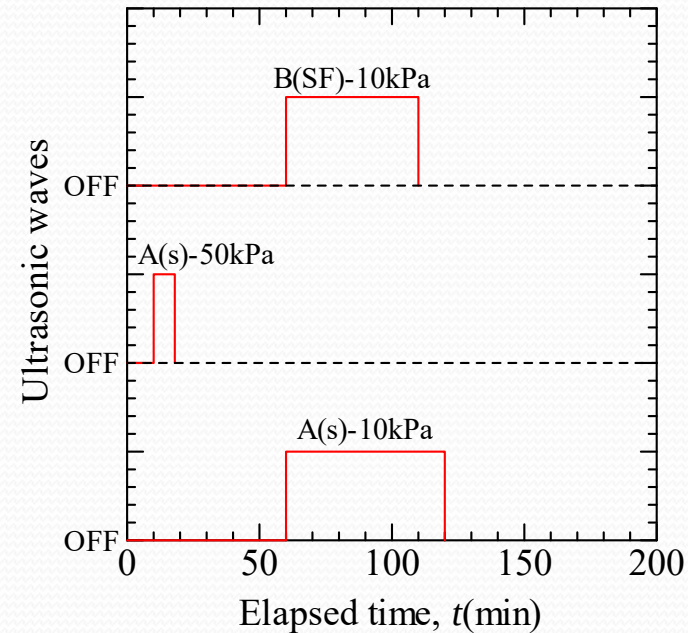
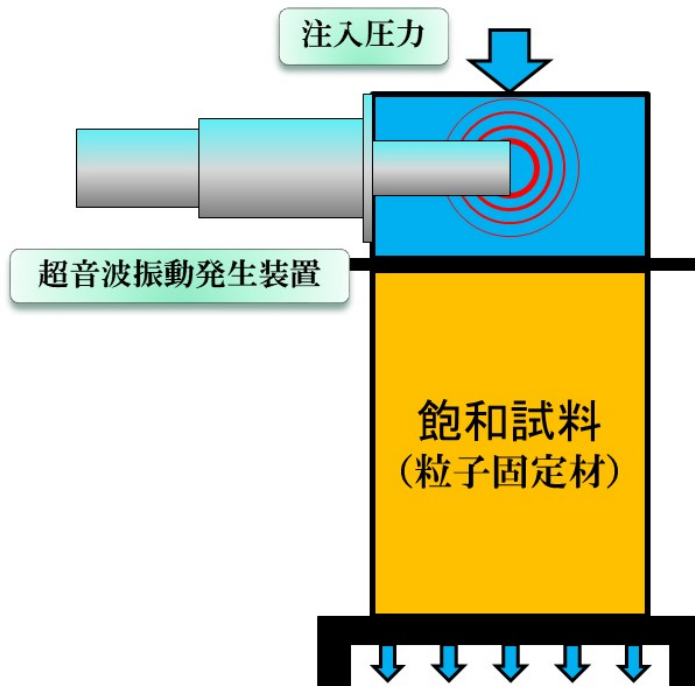
キャビテーション破壊時の衝撃波により浸透促進

注入材が地盤中で広範囲にきめ細かく浸透

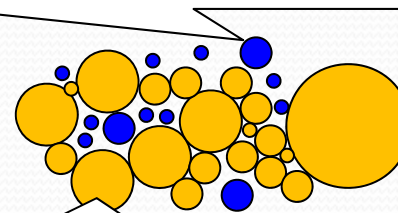


4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【名古屋工業大学での室内実験】

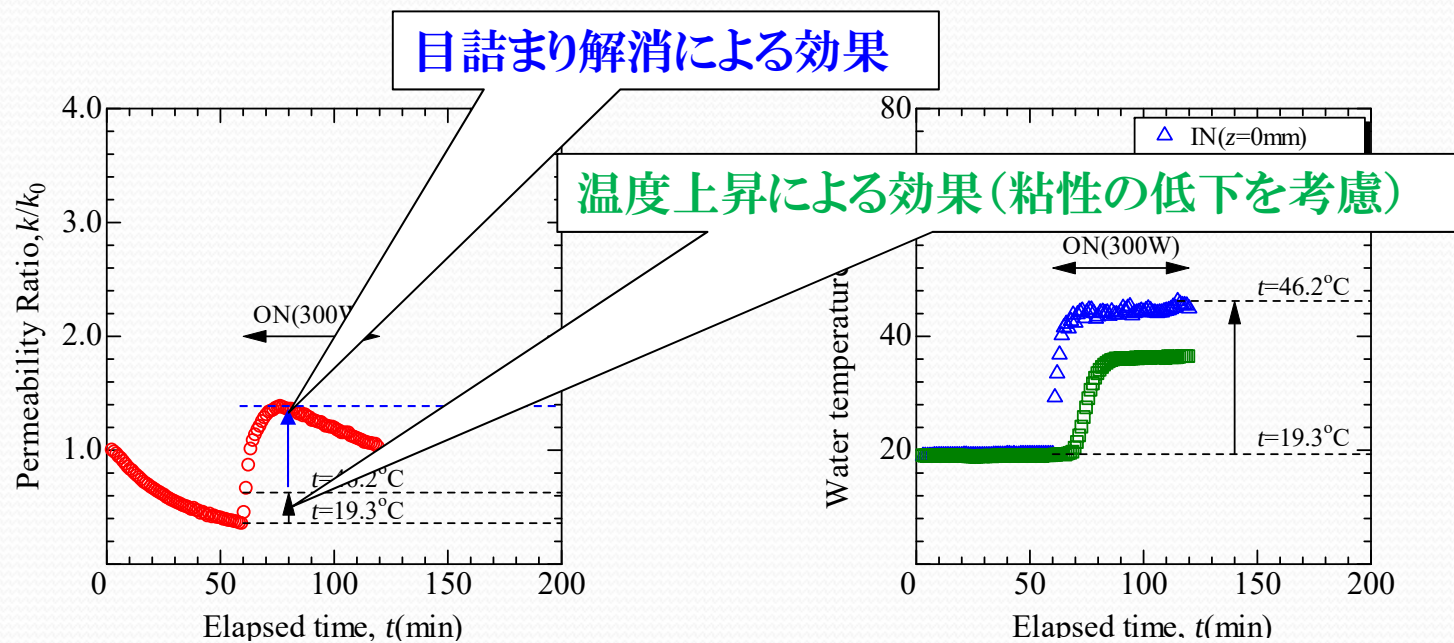


土粒子骨格を形成していない粒子は自由に運動可能
→目詰まり



土粒子骨格を形成している粒子は粒子固定材により固定

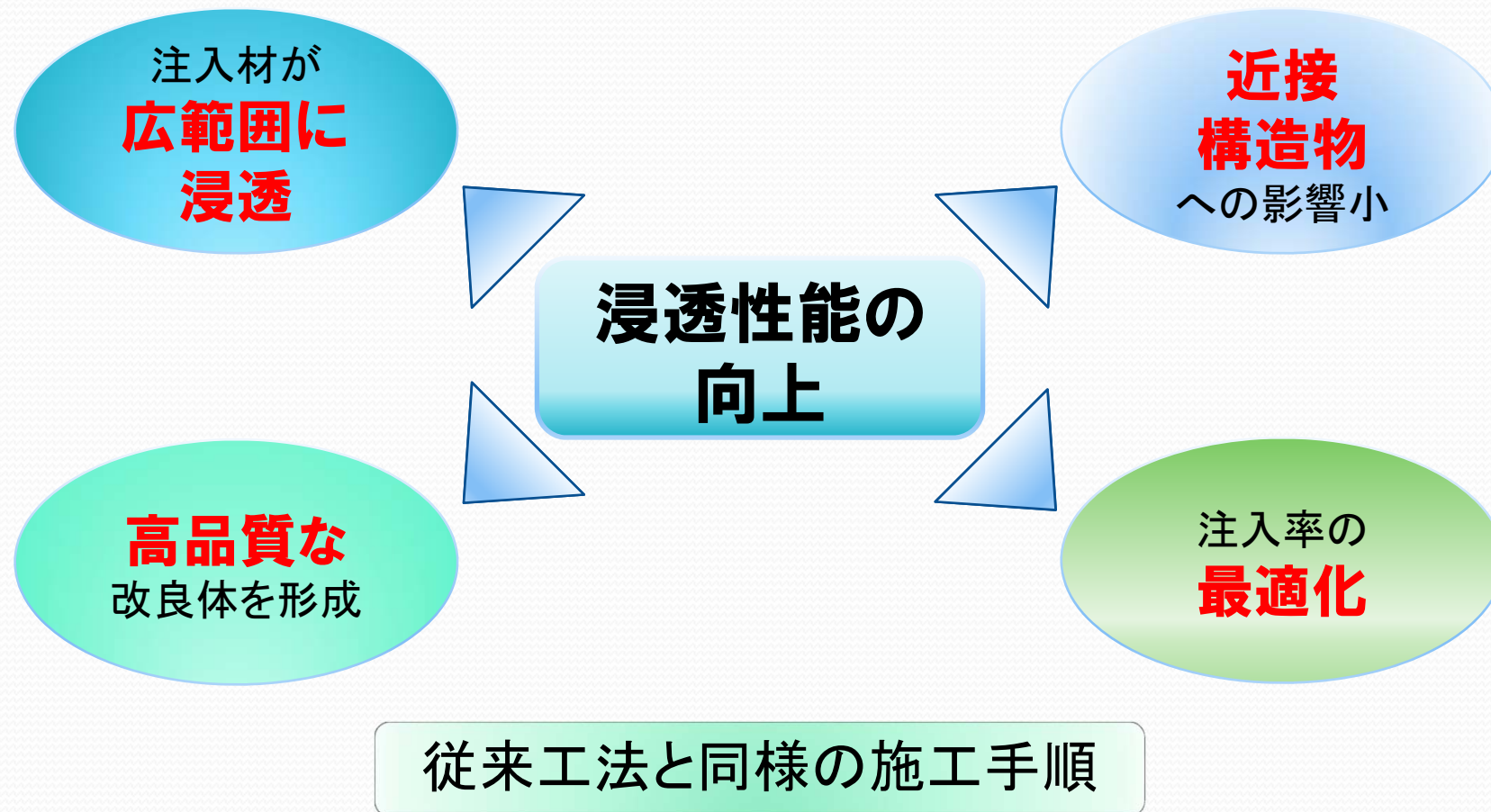
4. 超音波振動を利用した薬液注入工法



超音波振動を用いた目詰まりの解消効果
(透水性の回復)を確認！

4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【工法の特徴】

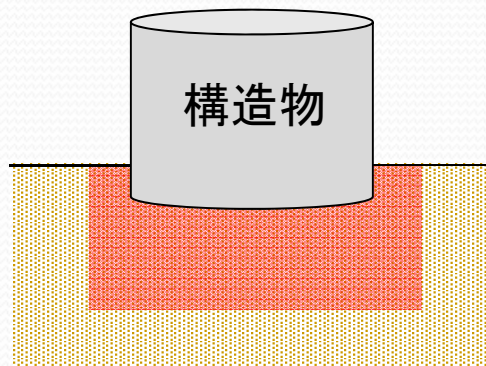


4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

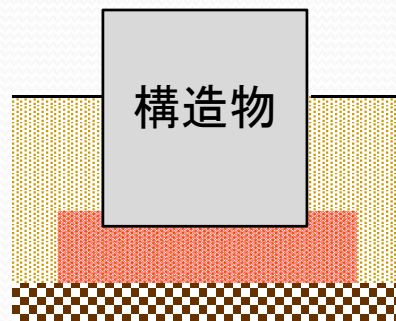
【工法の適用範囲】

基礎地盤の**液状化対策・耐震補強**

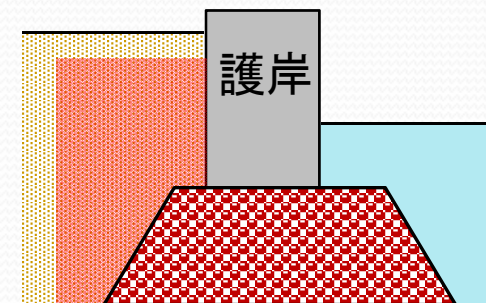
埋立地、港湾構造物、構造物直下地盤、河川堤防、宅地



構造物基礎地盤
液状化防止



基礎の
支持力増強



護岸背面
吸出し防止

4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【工法の適用範囲】

重要構造物に近接した注入工事

鉄道・道路の直下または近傍、橋脚・橋台、供用施設の直下



鉄道盛土直下注入状況



重要建物直下

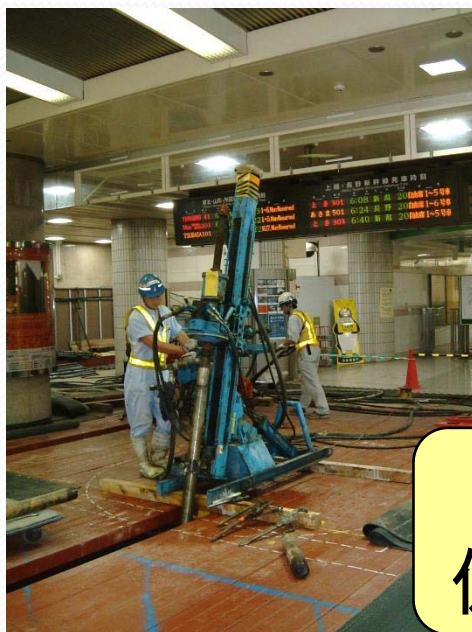
4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【工法の適用範囲】

比較的大規模の
仮設補助工



環境分野への応用



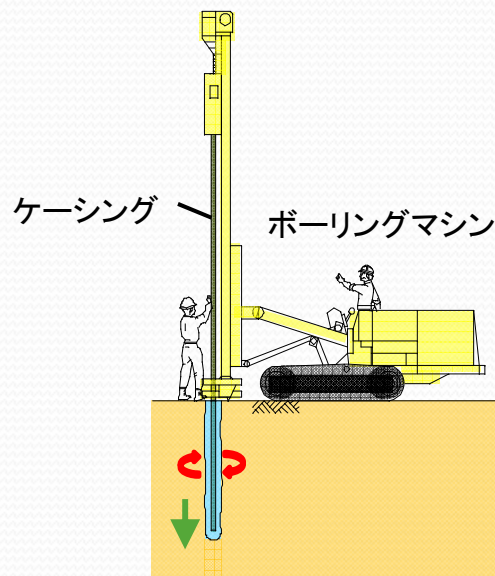
一般的な
仮設補助工



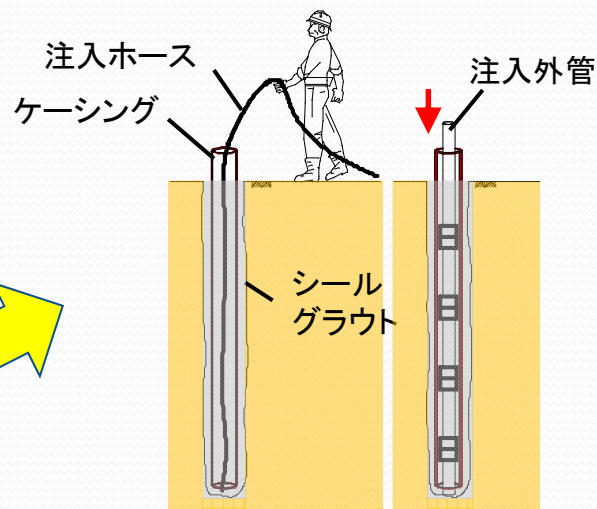
4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【施工手順】

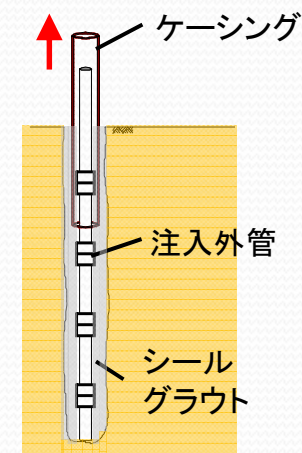
① マシンセット 削孔



② CB充填・注入外管挿入

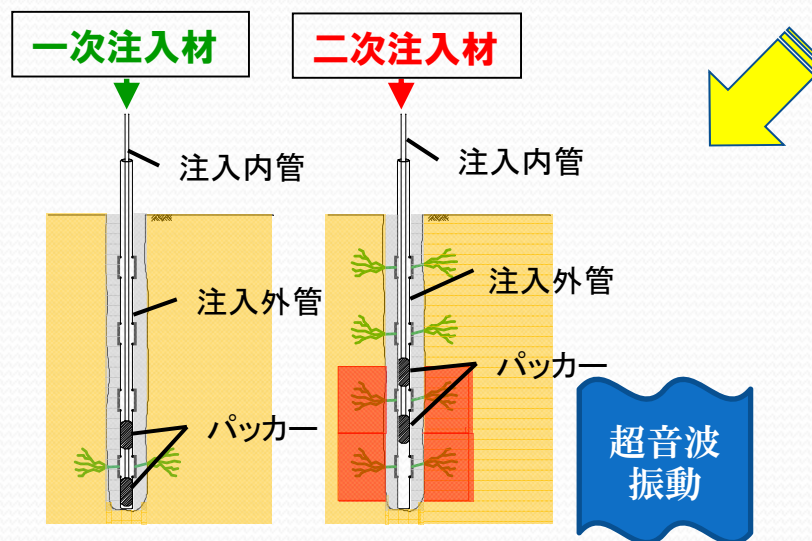


③ ケーシング引抜



④ 一次注入(粗詰め)

⑤ 二次注入(浸透)



4. 超音波振動を利用した薬液注入工法

【使用資機材】



上部パッカ

振動子・ホーン

下部パッカ

全長：2m

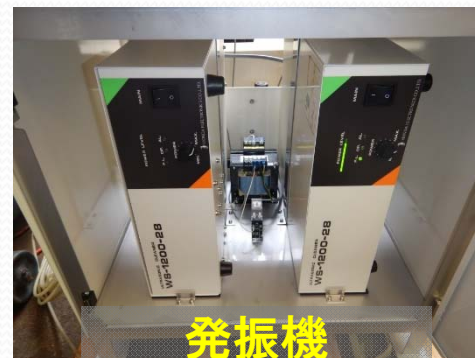
質量：15kg

外径：φ57

注入内管



注入外管(VP65)



発振機



コントロールボックス



気中吐出状況

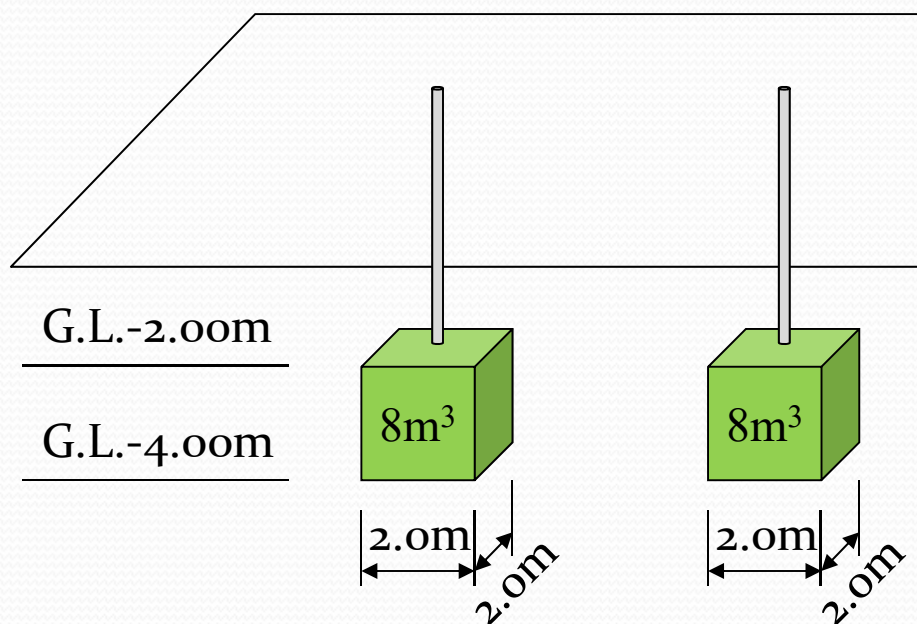
5. 実証実験

実験 ケース	超音波 振動	対象 土量 (m^3)	計画 注入量 (L)
Dp-0	無し	8.0	3,200 (40%)
Dp-1	インターバル 6分		

改良範囲
(緩い砂層)

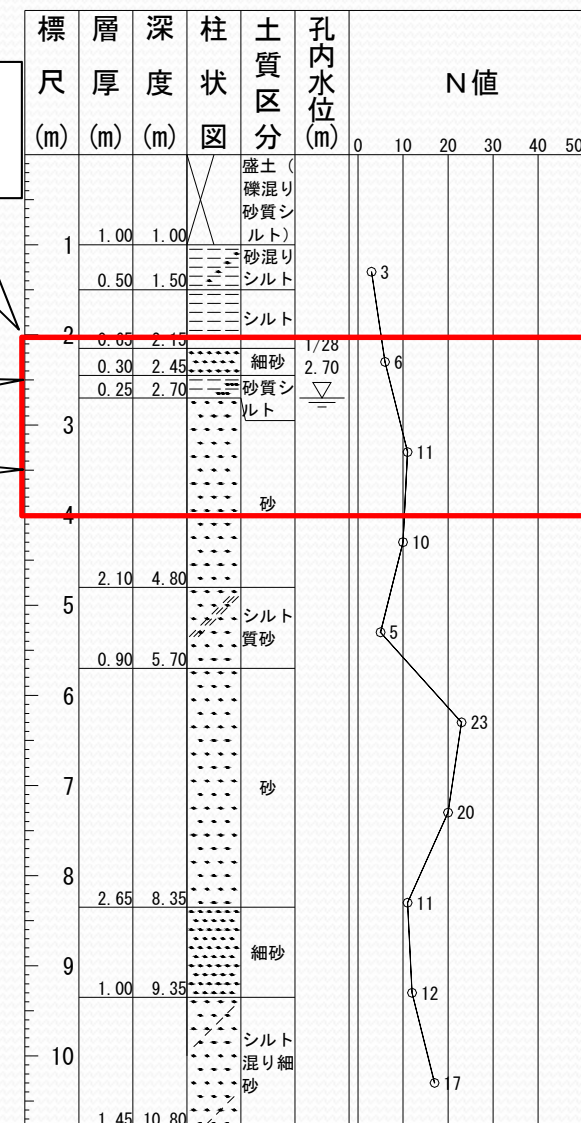
注入深度

注入深度

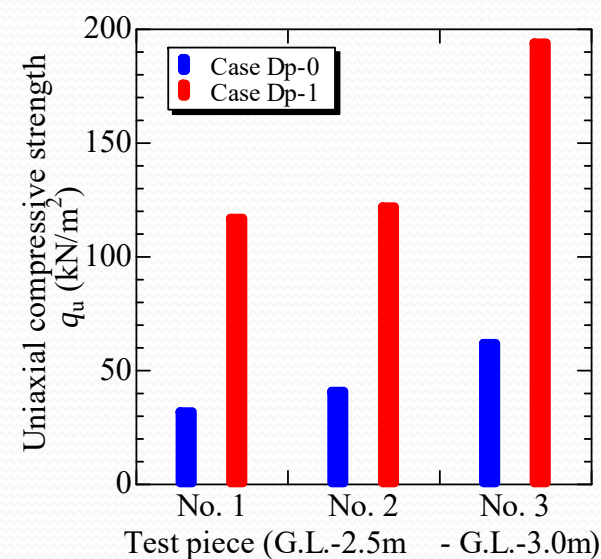
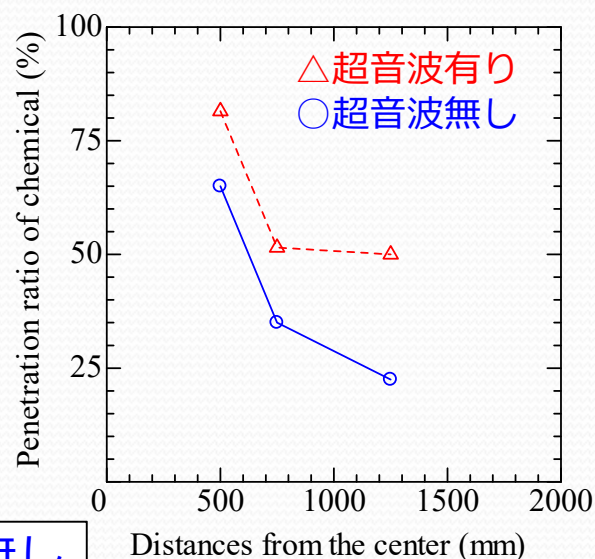
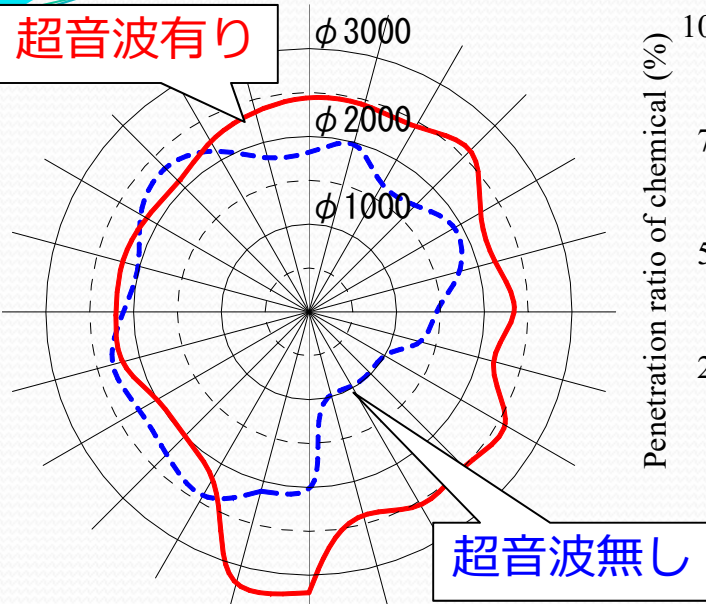


Case Dp-0
(超音波無し)

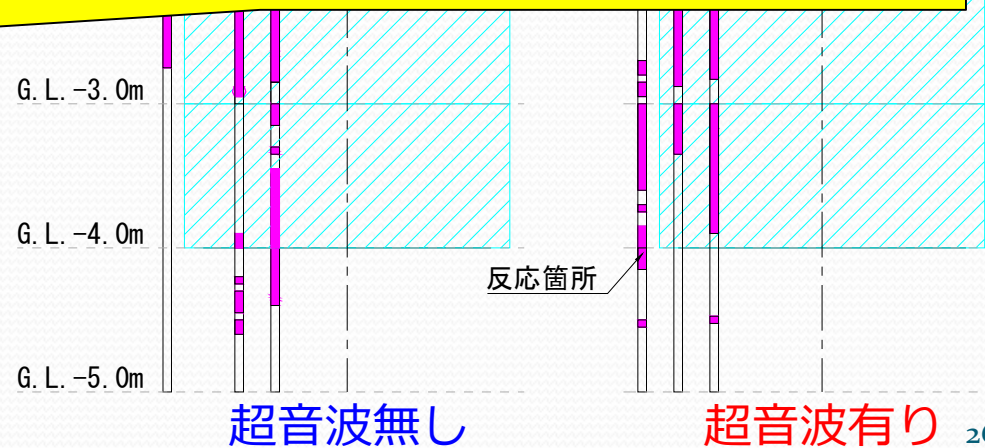
Case Dp-1
(超音波有り)



5. 実証実験



浸透距離の広範囲化や薬液の均一な浸透、改良体品質の向上を確認



6. 施工事例

【開削部の湧水対策】

N=74本

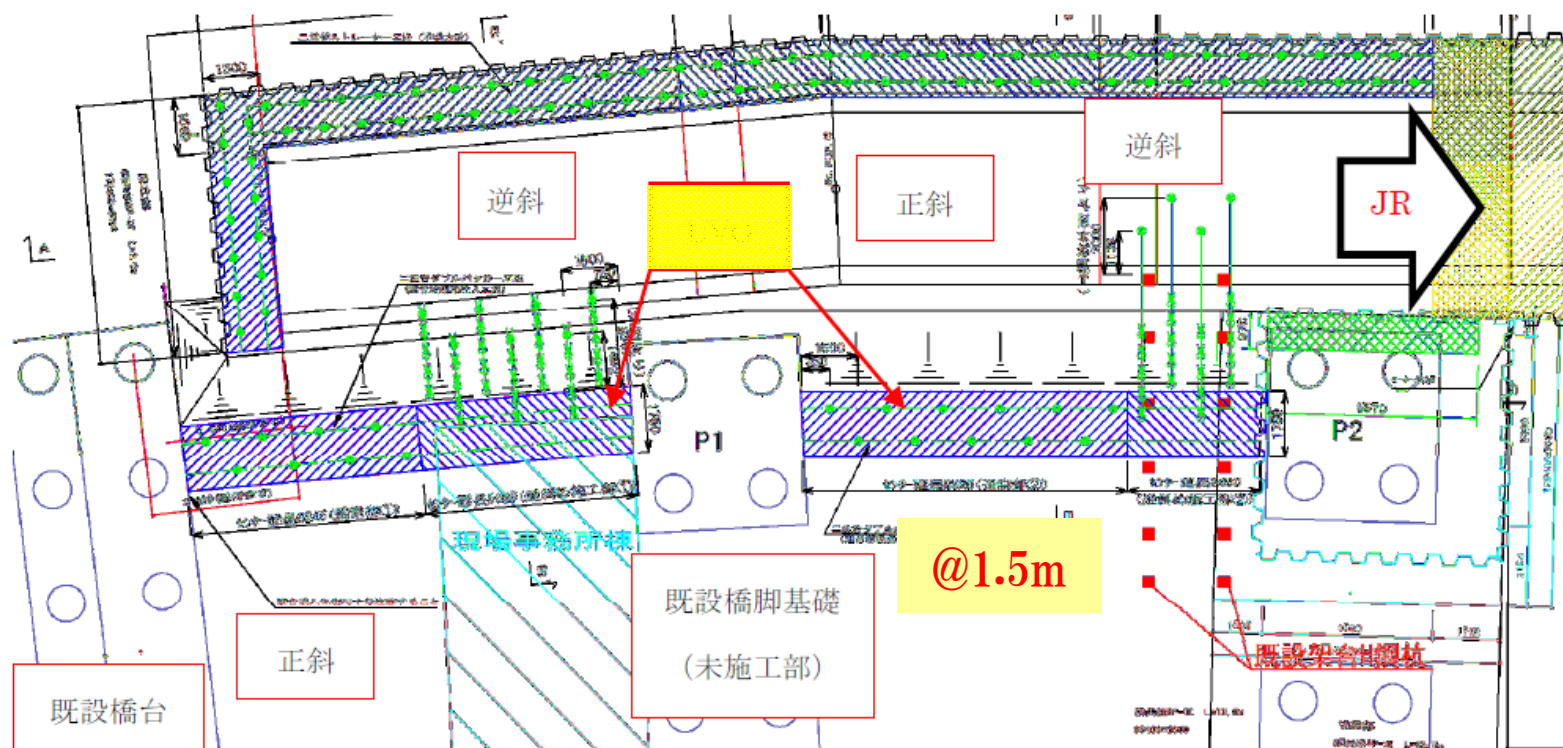
1次注入: $\lambda=10.0\%$ $Q=18,870\text{l}$ CB

2次注入: $\lambda=19.6\%$ $Q=36,840\text{l}$ 無機溶液型

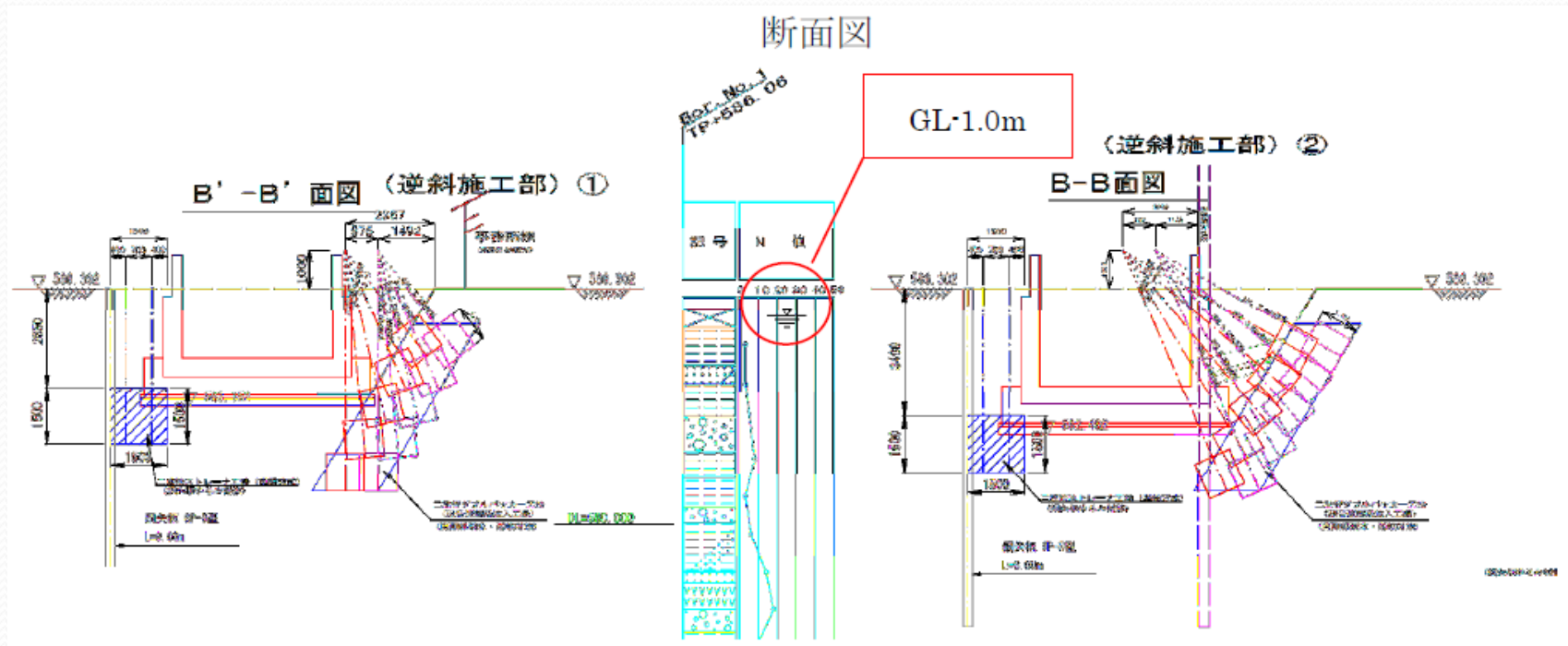
沖積砂質土・粘性土互層・沖積砂礫土層

施工図

平面図



【開削部の湧水対策】



【工法の採用理由】

- ・互層地盤での**確実な遮水性**
- ・既設橋脚基礎近傍での**地盤隆起や変状防止性能**

6. 施工事例

【開削部の湧水対策】

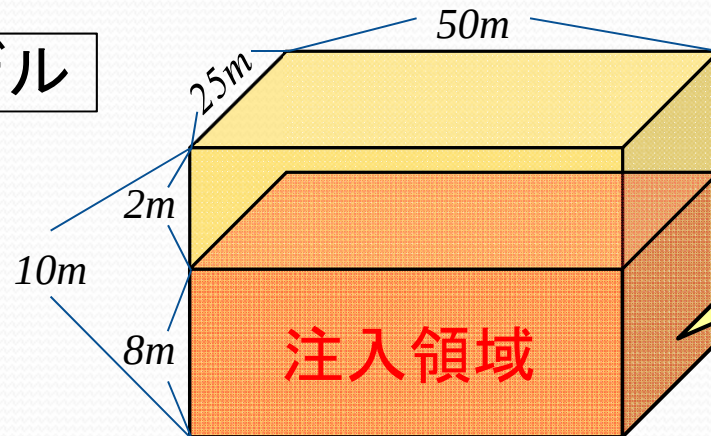
開削状況



- ・未施工部(既設橋脚基礎)からの漏水あり
- ・UVG工法施工範囲では漏水なし
- ・UVG工法施工範囲における隆起等の変状はなし

7. 施工費

積算モデル



- ・改良土量 $V = 10,000\text{m}^3$
- ・砂質土 ($N < 30$)
- ・注入率 $\lambda = 40.5\%$
- ・注入量 $Q = 4,050,000\text{L}$

	ダブルパッカ工法	UVG工法
施工本数	1,250本	325本
工程	439日	249日
工事費	410,440,000円	363,540,000円

8. 液状化対策統括工法協会

〒450-0002

名古屋市中村区名駅4丁目25-17 三喜ビル7F

TEL: 052-485-5190

E-mail: info@ekijoka.jp

【目的】

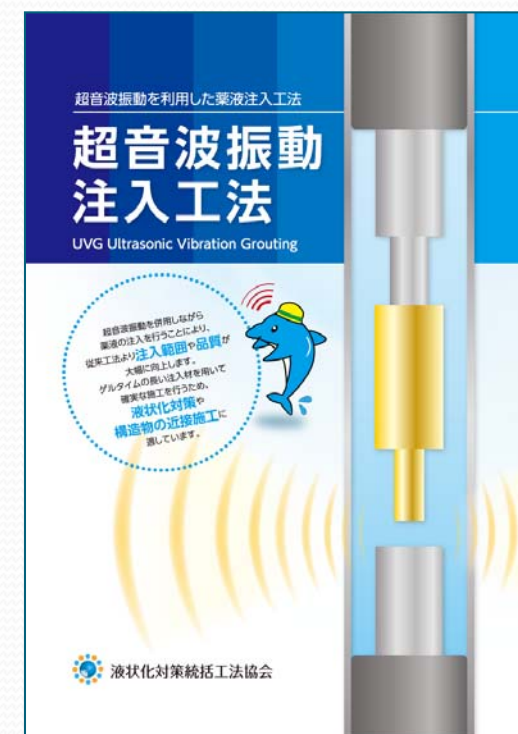
液状化対策工法の普及・啓発による
地震防災力の向上に貢献

【設立】

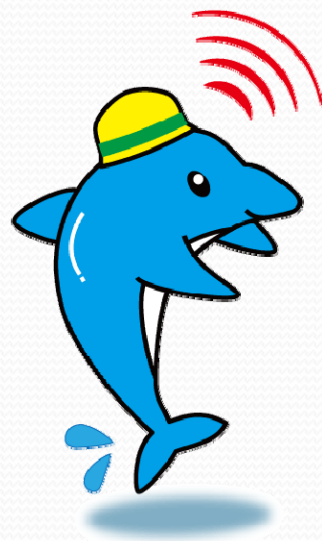
平成24年10月1日

【会員】

会員企業 6社、賛助会員企業 4社



ご清聴ありがとうございました。



液状化対策統括工法協会