

急速浸透注入工法

(恒久グラウト注入工法)

平成23年7月

地盤注入開発機構



恒久グラウト・本設注入協会

薬液注入の歴史

1850年代：ドイツで開発・実用化

1950年代：わが国で使用実績が伸びる

建設工事の補助工法＝仮設工法として採用された

1980年代：薬液注入の長期耐久性の研究がスタート

東洋大学 工業技術研究所（米倉研究室）

1990年代：恒久グラウト誕生

溶液型：活性シリカコロイド

懸濁型：超微粒子複合シリカ

1995年：兵庫県南部地震の復興工事に採用

構造物基礎の補強等の実績

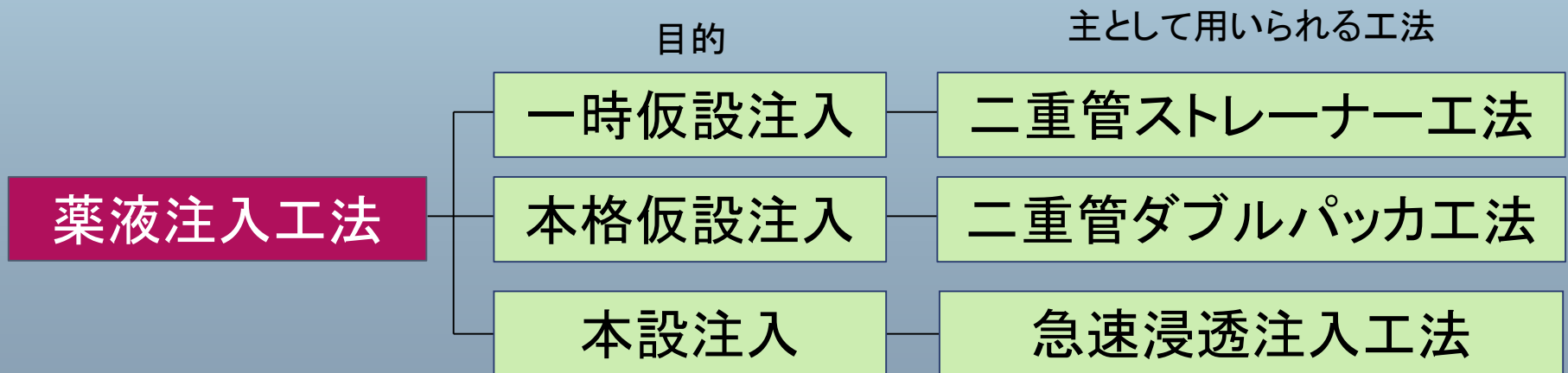
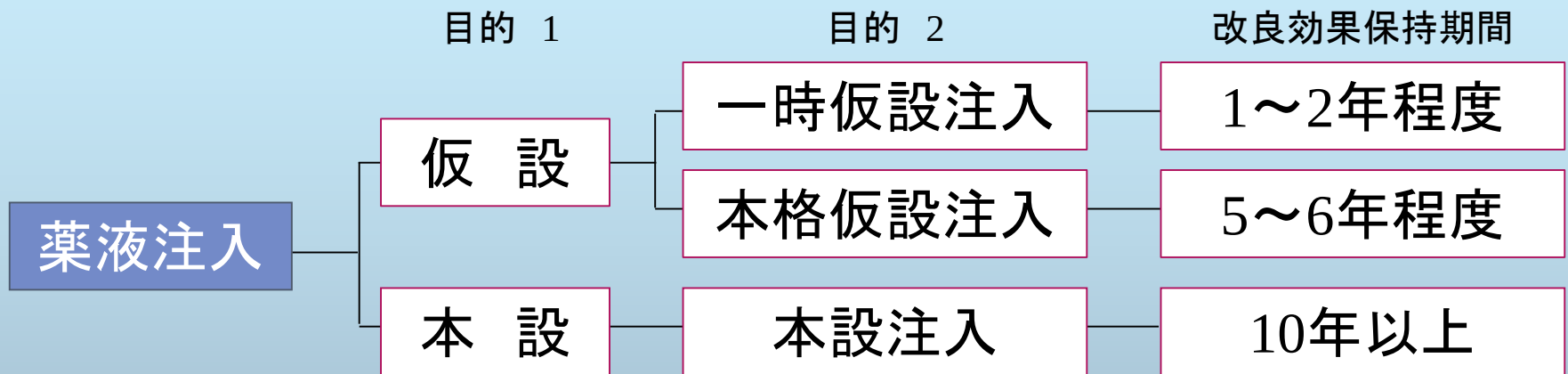
1998年：液状化対策工試験工事（羽田空港）

1999年：大規模野外試験実施

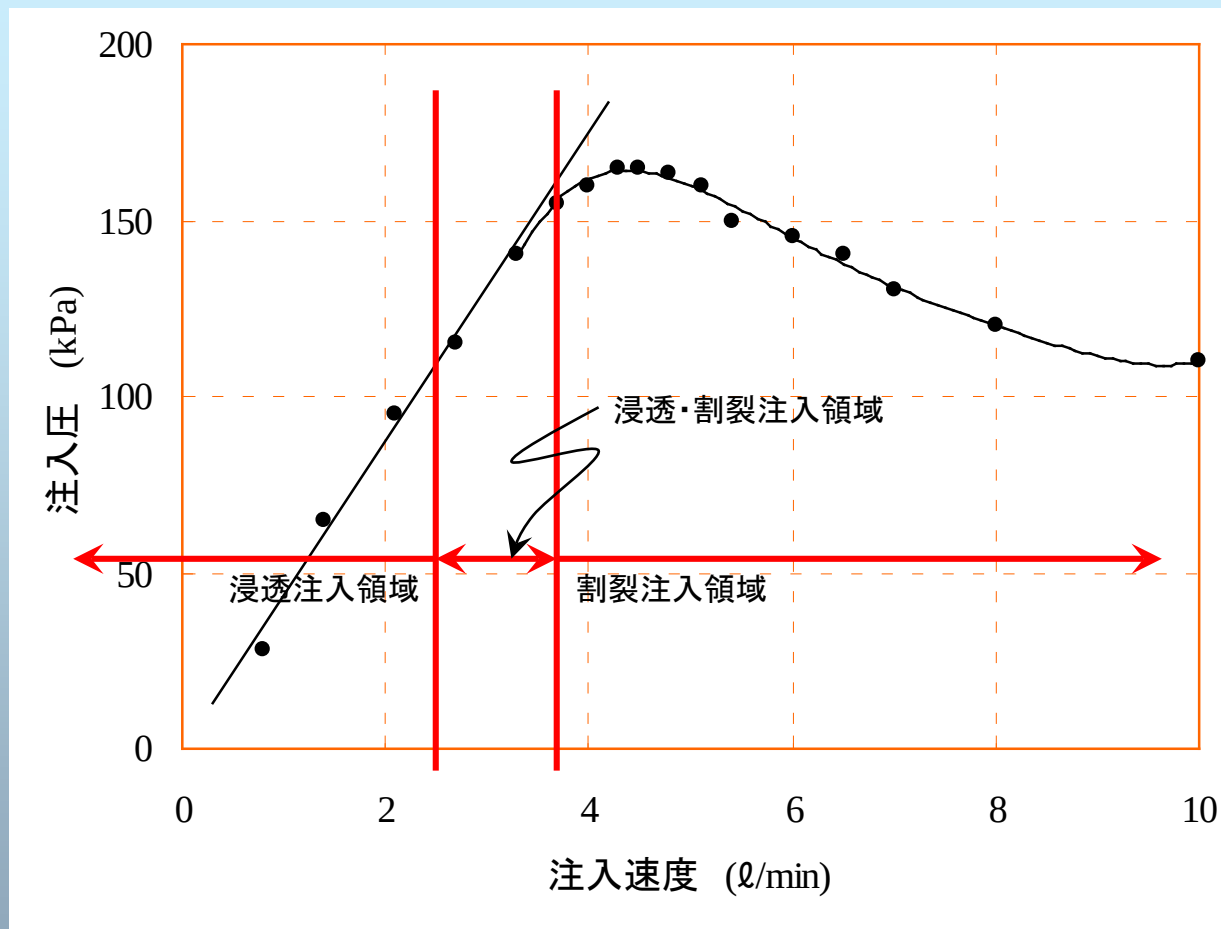
（恒久グラウト・急速浸透注入工法）



薬液注入の分類



理想的な注入形態



注入速度と浸透源

$$Q = k \cdot i \cdot A \text{ (ダルシーの法則)}$$

Q: 透水量	⇒ 吐出量 (ℓ/分)	⇒ 可変
k: 透水係数	⇒ 地盤の透水係数 (cm/秒)	⇒ 不変
i: 導水勾配	⇒ 注入圧力 (kg/cm ²)	⇒ 可変
A: 透水断面	⇒ 浸透源面積 (cm ²)	⇒ 可変

※経済的な急速施工

吐出量を大きくする ⇒ 注入圧が大きくなる ⇒ 地盤変位等を生じる

※地盤変位を生じることなく急速施工を行う

⇒ 低い注入圧力での施工が肝要

- 1 吐出量を小さくする ⇒ 複数のポイントから同時注入 ⇒ 超多点注入工法
- 2 吐出量を大きくする ⇒ 浸透源を大きくする ⇒ エキスパッカ工法



浸透源形状と注入速度

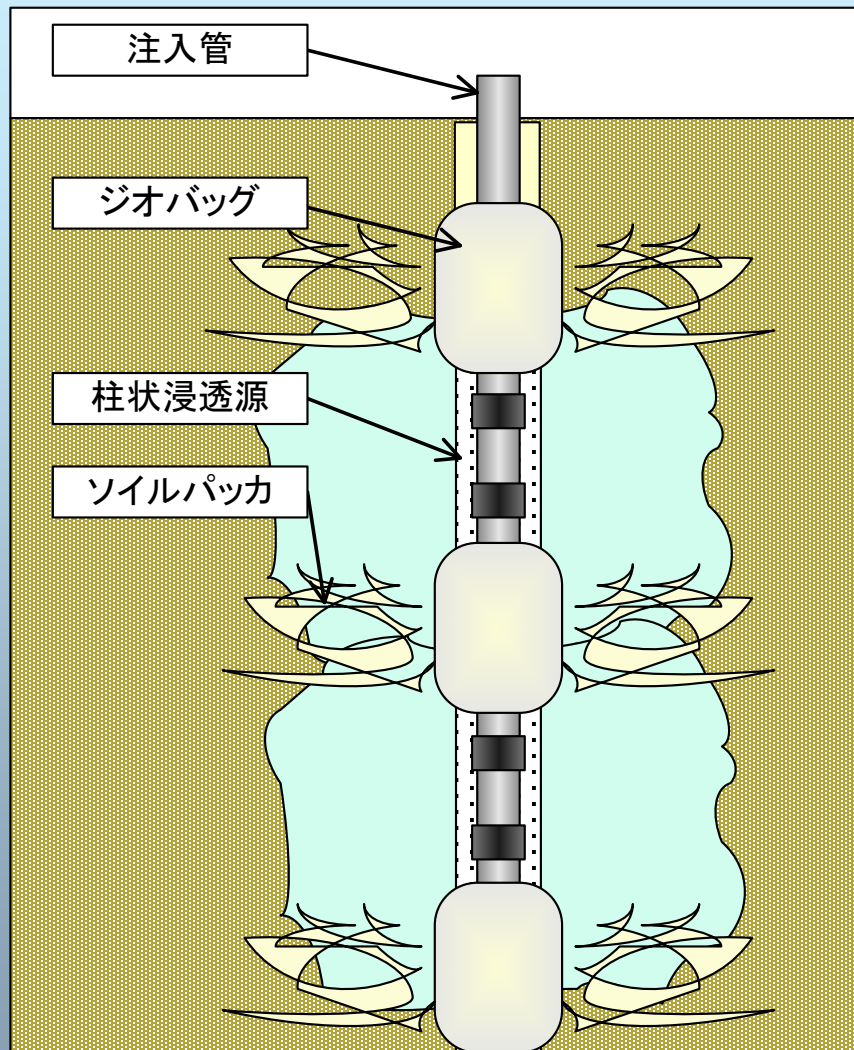
		従来工法 (ダブルパッカ工法)	三次元同時注入工法 (超多点注入工法)	柱状浸透注入工法 (エキスパッカ工法)
浸透源	形状	球状浸透源	球状浸透源	柱状浸透源
		球状	球状	円柱状
		直径10 c m	直径10 c m	直径10 c m、長さ1.0m
	浸透源面積	314 c m^2	314 c m^2	$3,140 \text{ c m}^2$
	単位面積当り注入速度	0.025～0.032ℓ/分	0.003～0.016ℓ/分	0.006～0.010ℓ/分
浸透源模式図				



エキスパッカ工法



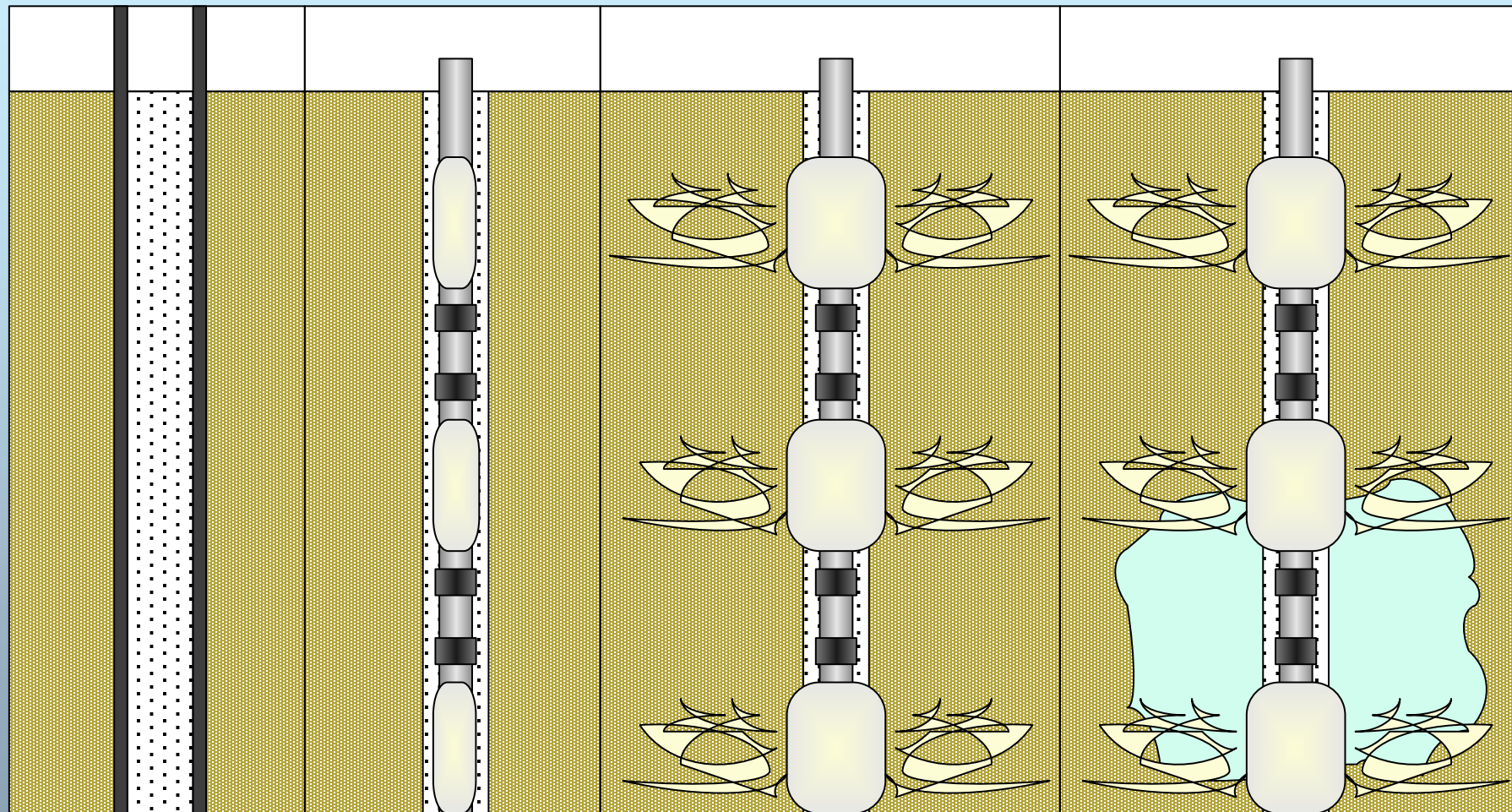
エキスパッカ工法の特徴



1. 注入外管建て込み後、ジオバッグを膨張させて柱状の浸透源を構築する
2. ジオバッグ内に充填されたジオパックグラウトが一部透過し、ジオバッグ周辺の地盤を弱アルカリ化（ソイルパッカ）する
3. ソイルパッカにより注入管伝いのリークを防止する
4. 大きな柱状浸透源から注入を行うため大吐出でも低圧注入が可能



エキスパッカ工法施工手順



ケーシング削孔

注入管建込

ジオバッグ充填

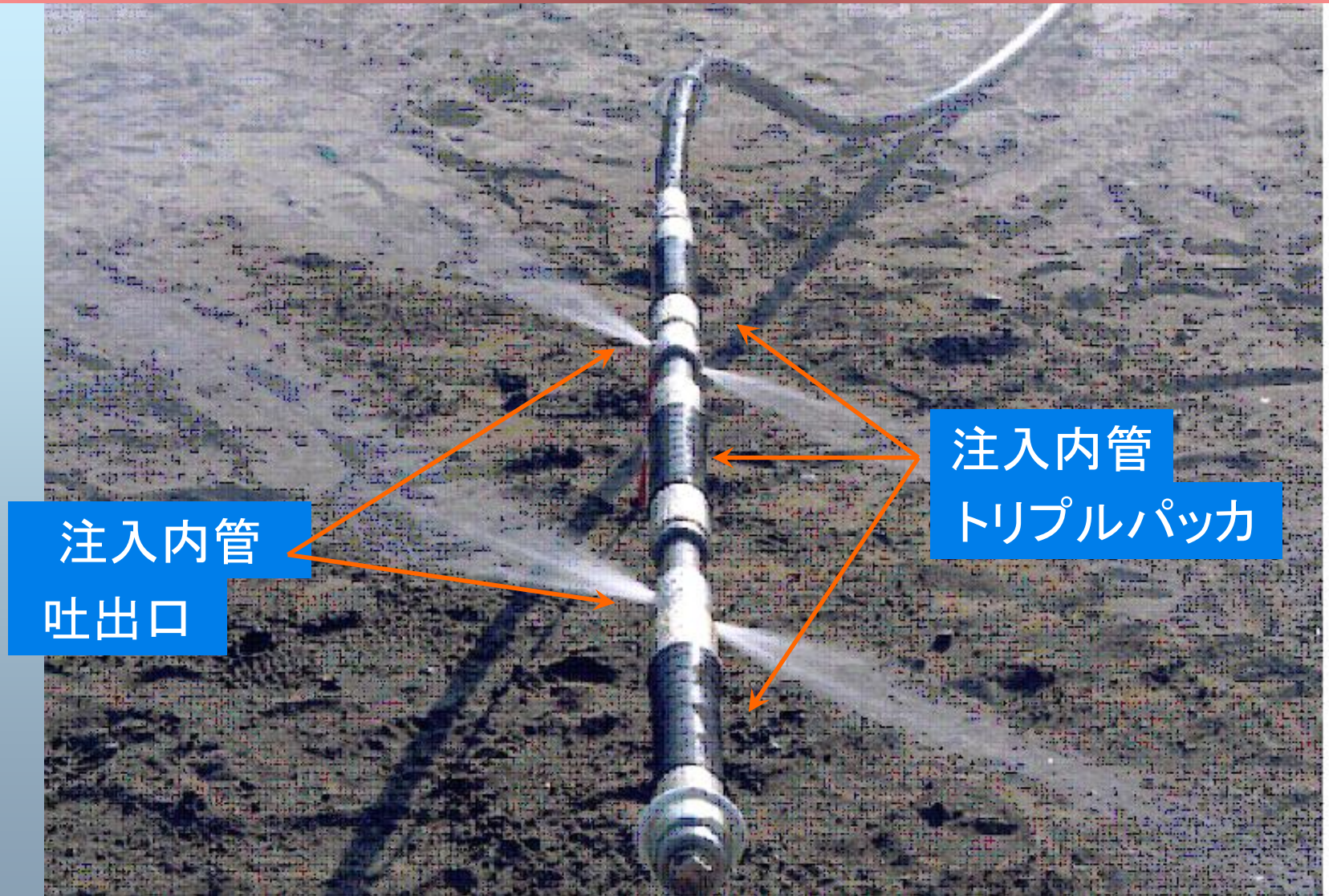
薬液注入



ジオバッグ充填状況



注入内管吐出状況



注入外管吐出状況

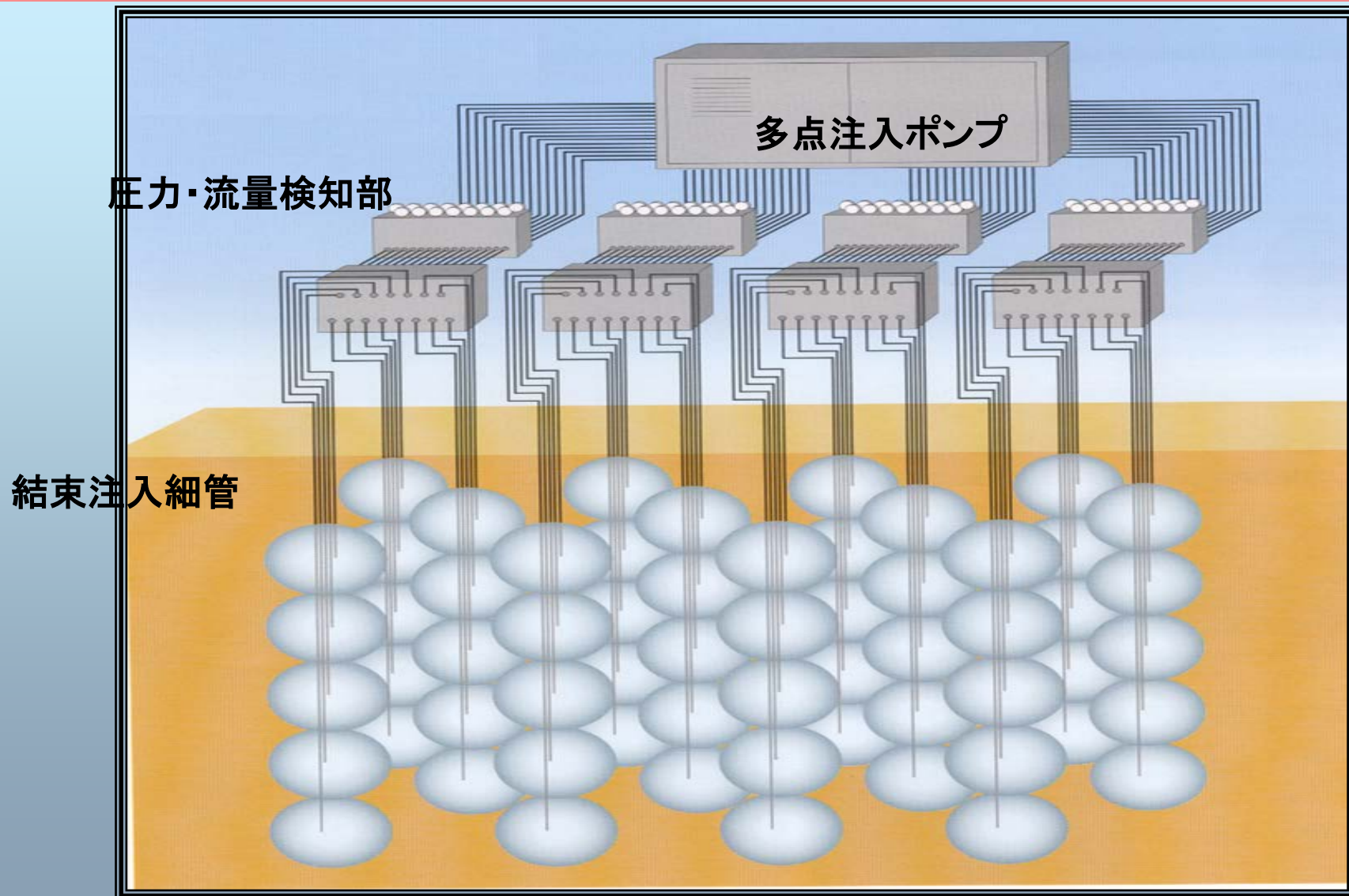


エキスパッカ工法による改良体出来型確認

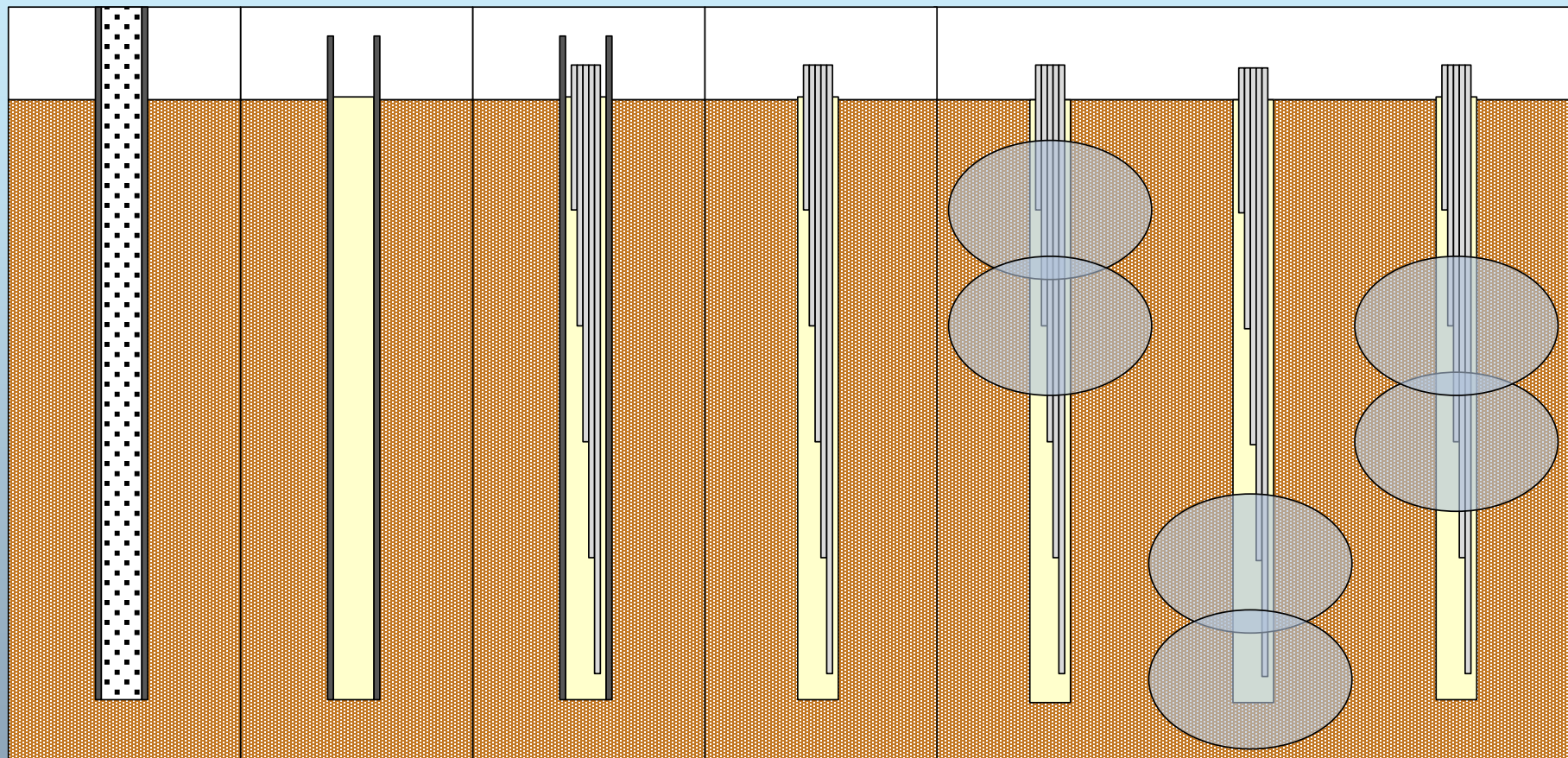


超多点注入工法

超多点注入工法概略図



超多点注入工法施工法



ケーシング削孔

シール材充填

注入管建込み

ケーシング引抜

複数個所を同時注入



恒久グラウト・本設注入協会

超多点注入ポンプ



1ユニット8台

最大4ユニット=32箇所同時注入

注入速度=2~11ℓ/min

吐出圧=7.0MPa

寸法=W1800*D630*H950(300kg)



恒久グラウト・本設注入協会

一括管理システム



NKG超多点注入管理システム

管理盤

2008/02/15

09:06

入力ボタン

選択	孔番 / 完了コード	流量計 状態	ポンプ 状態	回転数 (Hz)	流量 (L/min)	実値計補正 (L/min)	設定流量 (L/min)	圧力 (MPa)	管理圧力 (MPa)	積算 (L)	計画注入量 (L)	予想 残時間	予定 完了時刻	情報
317	804-011-02	注入	自動	7.1	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.32	0.46	14.4	819	13:37	22:44	注入 開始
318	804-012-02	注入	自動	7.3	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.34	0.47	14.8	932	15:12	00:19	透水 開始
319	805-009-02	注入	自動	7.3	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.34	0.46	14.4	806	13:15	22:22	水洗 開始
320	806-008-03	注入	自動	7.2	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.38	0.51	14.3	1008	16:59	02:06	完了
321	806-012-03	注入	自動	7.2	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.36	0.53	14.5	311	05:00	14:07	中断
322	804-012-04	注入	自動	7.6	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.45	0.57	14.9	1130	18:20	03:27	再開
323	805-009-03	注入	自動	7.3	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.36	0.48	14.6	1008	16:32	01:38	停止
324	805-012-03	注入	自動	7.4	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.39	0.51	14.9	644	10:19	19:25	自動
325	806-009-03	注入	自動	7.1	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.32	0.47	14.4	1008	17:03	02:10	手元
326	806-011-02	注入	自動	7.3	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.31	0.47	14.2	716	11:55	21:02	
327	807-009-03	注入	自動	7.3	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.35	0.51	14.6	1008	16:40	01:47	
328	807-011-02	注入	自動	7.3	1.0	1.0 (100%)	1.0	0.44	0.60	14.2	306	04:57	14:03	
329	CH329 03 水洗完了	停止	停止	0.0	0.0	<-- (100%)	0.0	0.00	1.50	0.0	0	--	--	孔番 読込
330	CH330 03 水洗完了	停止	停止	0.0	0.0	<-- (100%)	0.0	0.00	1.50	11.0	0	--	--	
331	CH331 03 水洗完了	停止	停止	0.0	0.0	<-- (100%)	0.0	0.00	1.50	11.0	0	--	--	
332	CH332 03 水洗完了	停止	停止	0.0	0.0	<-- (100%)	0.0	0.00	1.50	11.0	0	--	--	

残注入量(L)

9522



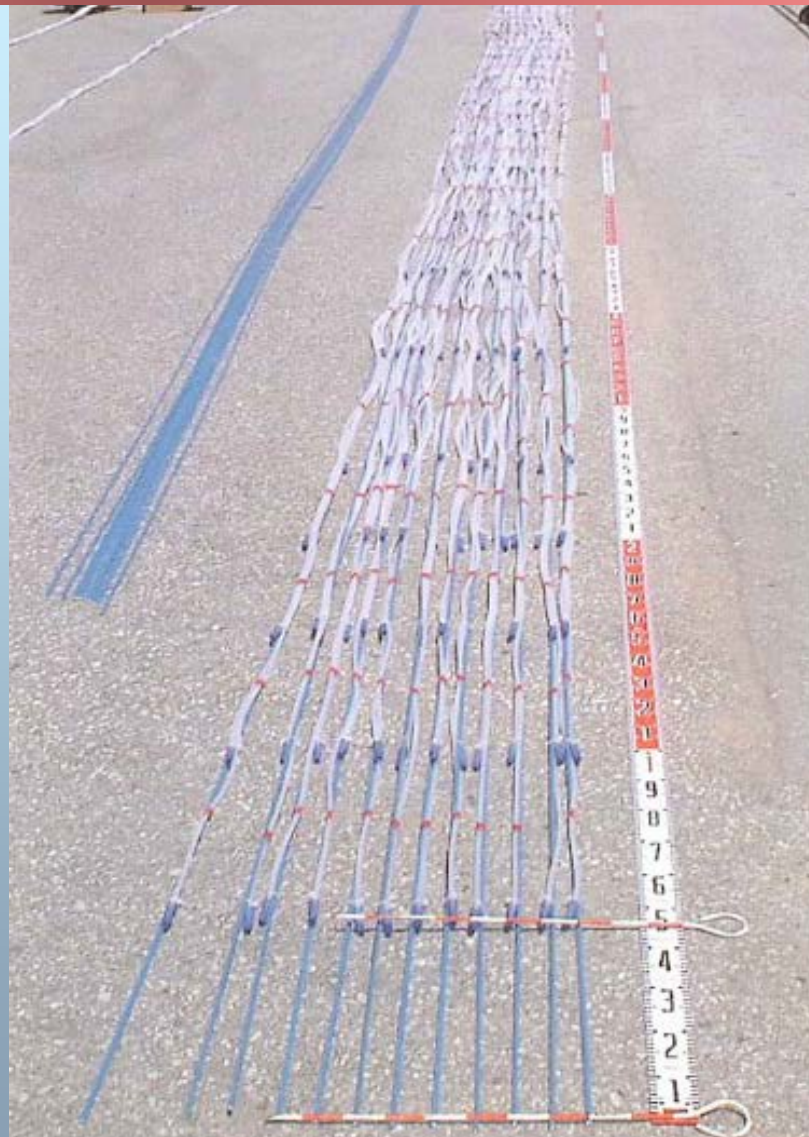
恒久グラウト・本設注入協会

結束注入細管

結束注入細管

素材：シンフレックスチューブ

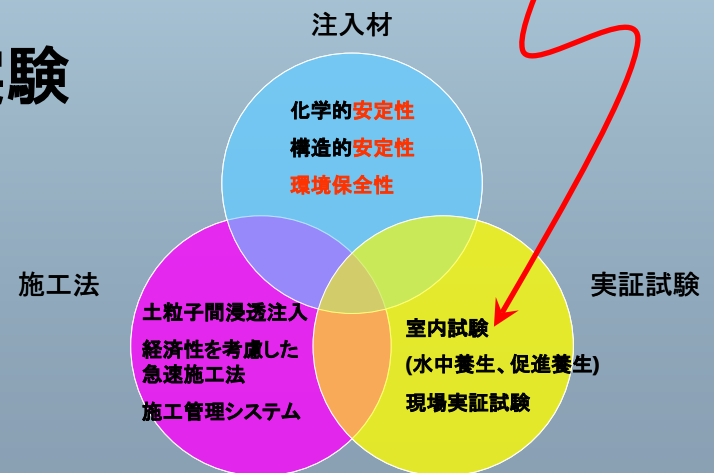
ϕ : 8~10mm, t: 1mm



大規模野外注入試験

浸透固結性と経年固結性

実物大の空港施設を用いた液状化実験



野外試験概要

平面図

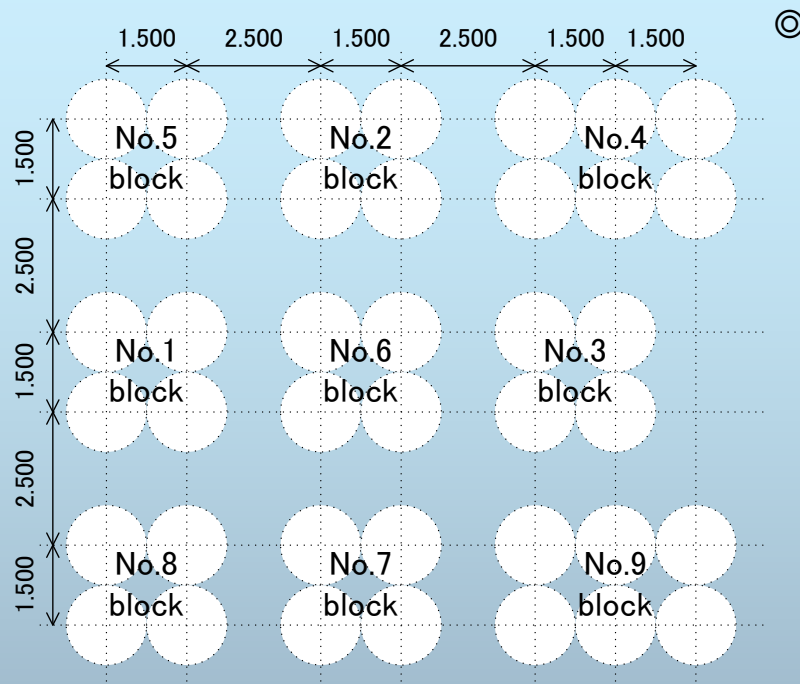


表 各ブロックにおける注入工法と注入材

Block No.	No.1	No.4	No.6
注入工法	エキスパッカ工法	超多点注入工法	エキスパッカ工法
注入材	溶液型活性シリカ	溶液型活性シリカ	懸濁型複合シリカ



恒久グラウト注入工法実証試験

●試験概要

対象地盤

N 値 : 3~15

透水係数 k : $2.79 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$

D_{10} : 0.09mm

D_{60} : 0.45mm

注入設計 (1孔当り)

注入率 : 40%

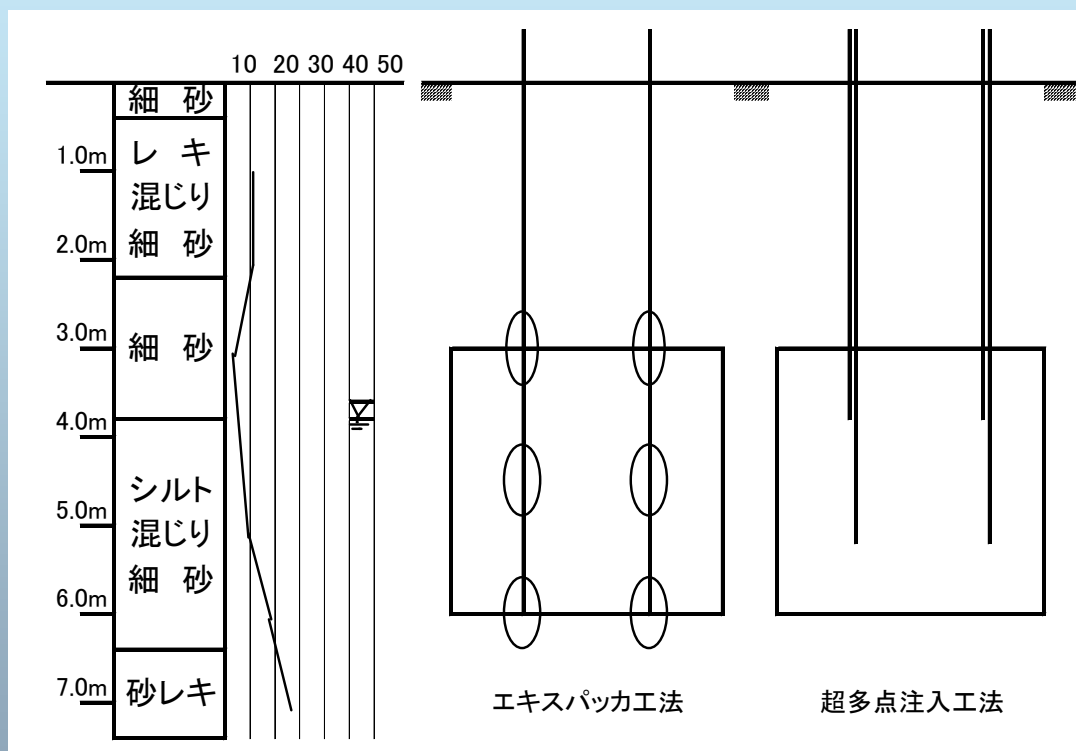
改良直径 : 1.5m

改良高さ : 3.0m

土質区分

N 値

施工断面



改良体出来型確認状況

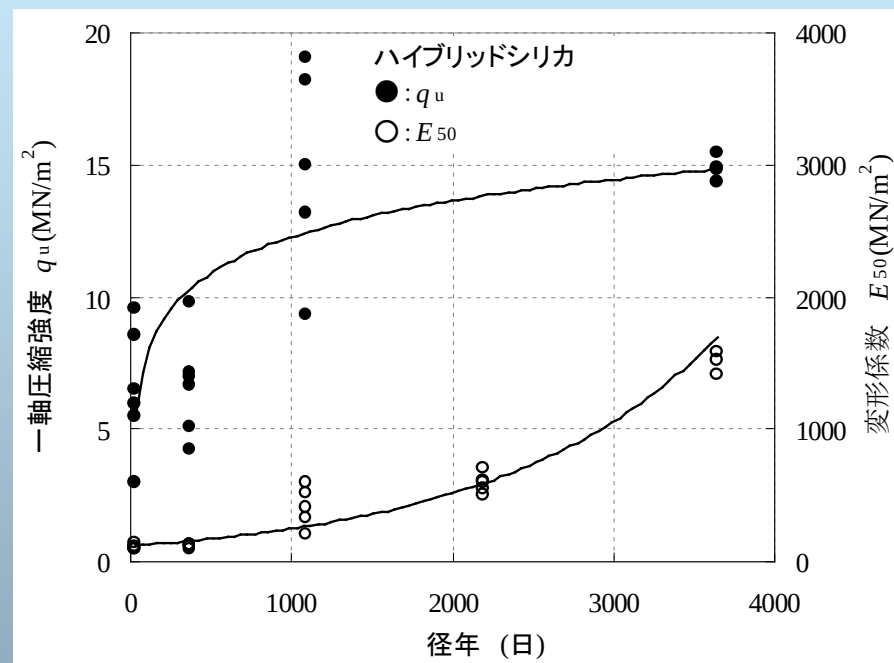


経年固結性確認

● 経年固結特性 : ハイブリッドシリカ



10年経過時サンプリング試料



経年固結特性

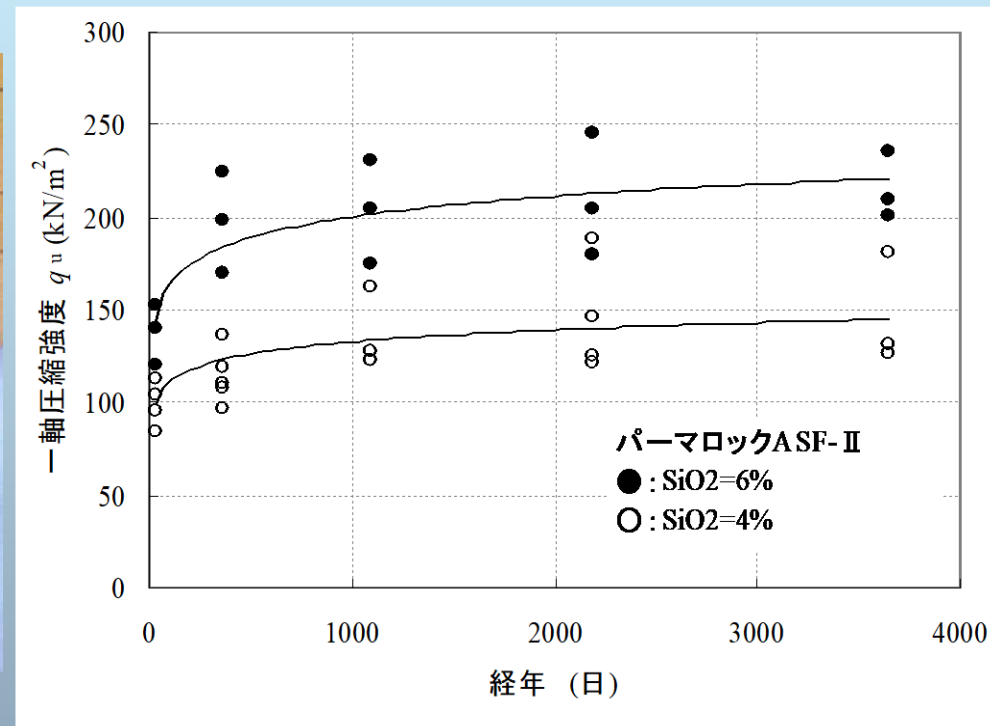


経年固結性確認

● 経年固結特性 : パーマロックASF-II



10年経過時サンプリング試料



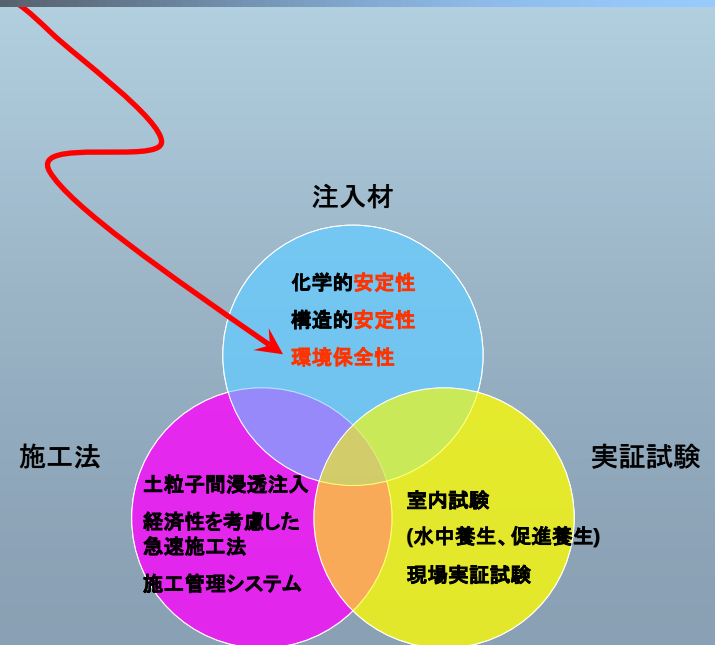
経年固結特性



環境保全性

海産生物に対する安全性

コンクリート構造物に対する安全性



海産生物への毒性試験結果

試験結果

供試海産生物の試験結果

生物種	大きさ (cm)	重さ (g)	温度 (°C)	pH	エンドポイント	濃度 (mg/L)
マダイ	全長5.0~5.7	体重 1.5~2.5	20±1	8.1→7.9	96時間LC ₅₀ 急性毒性	>100※
クルマエビ	全長3.3~4.2	体重 0.18~0.38	23±1	8.1→8.1	96時間LC ₅₀ 急性毒性	>100※
スケルトネマ	—	—	20±2	8.3→8.1	96時間EC ₅₀ 生長阻害	>100※
アサリ	殻長2~3	—	22±1	8.2→8.2	120時間LC ₅₀ 急性毒性	>100※

※試験濃度で50%以上の死亡率または阻害率が得られなかったため、「>100」と示した。



コンクリート構造物への影響

- ・ 酸によるコンクリートへの影響
⇒ 硫酸イオンによるコンクリートの腐食



金属イオン封鎖剤を含むシリカ溶液（マスキングシリカ）の開発



金属イオン封鎖剤⇒コンクリート表面に不溶性被膜を形成



不溶性被膜 ⇒ 硫酸イオンのコンクリートへの侵入を防止
⇒ コンクリートからのアルカリの溶出を防止



マスキング効果の確認試験実施



硫酸塩のコンクリートへの影響

試験条件：1.5%, Na_2SO_4 ($\text{SO}_4^{2-} \div 1\%$) 10000 p p m 養生期間：1年間



養生状況



損壊状況

考慮すべき点

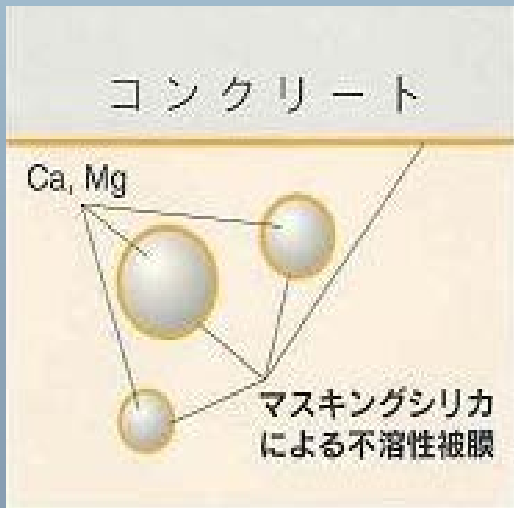
1. 注入液の挙動①ゲル中の硫酸塩は地下水に溶出拡散希釈する. ②溶出速度や溶出量は地盤条件、地下水条件により異なる.
2. 金属イオン封鎖剤を用いたシリカグラウトはコンクリート表面にマスキングシリカの不溶性被覆を形成するため硫酸塩が地下水で希釈されなくてもコンクリートを保護する.
3. 近接施工や液状化対策工では金属イオン封鎖剤を含むシリカグラウトの適用が望ましい.



マスキングシリカコロイドの コンクリートの保護機能

反応機構

金属イオン封鎖剤を含むシリカコロイドがコンクリート表面のCa, Mgをキレート結合することにより不動態化し、コンクリート表面に不溶性の錯体被膜(マスキングシリカ)による防護層を形成する。



同体積のパーマロック・ASFゲル中に養生して表面にマスキングシリカが形成されたモルタル供試体。マスキングシリカコロイドの不溶性被膜によるコンクリート保護機能は10年間以上経ても確認されている。



地盤注入開発機構



恒久グラウト・本設注入協会

〒113-0033 東京都文京区本郷3-15-1

TEL03-3815-2162 FAX03-3815-2102

© 版權：強化土エンジニアリング株式会社

〒113-0033 東京都文京区本郷3-15-1 美エビル