

「薬液注入工法」について

技術説明会

日時：平成30年10月25日(木)

場所：メルパルク広島

一般社団法人 日本グラウト協会
横井 一秀

説明項目

1. 日本グラウト協会の紹介
2. 「薬液注入工法」について
 - 2-1. 薬液注入工法のメカニズム
 - 2-2. 設計の基本
 - 2-3. 施工管理
3. 最近の話題紹介
 - 3-1. 「耐久グラウト注入工法施工指針」
 - 3-2. 新しい注入工法と施工事例

1. 一般社団法人
日本グラウト協会の紹介

1) 日本グラウト協会の事業

定款上の主な事業

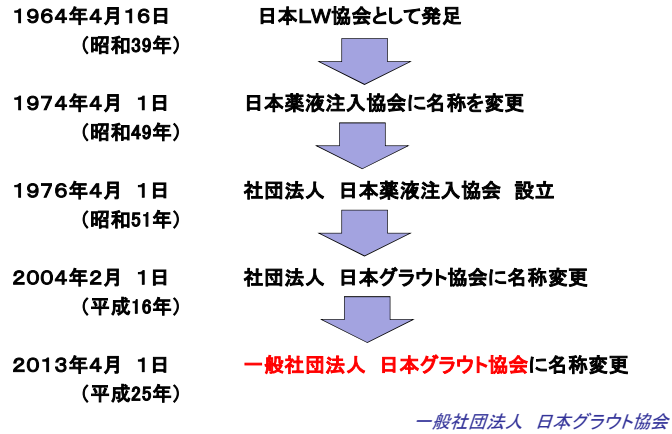
(1) 注入工法に関する企画・調査研究

(2) 注入工法の普及及び啓蒙宣伝

(3) 説明会、講習会、研究会、報告会等の開催

一般社団法人 日本グラウト協会

2) 日本グラウト協会の変節



3) 日本グラウト協会の会員

- (1) 正会員
注入工法により地盤安定に関連のある
事業を行う団体 正会員数62社
- (2) 賛助会員
本会の事業を賛助する団体
賛助会員数53社(3団体)
- シリカゾルグラウト会、恒久グラウト・本設注入協会
日本ジェットグラウト協会

平成30年5月現在

一般社団法人 日本グラウト協会

4) 日本グラウト協会の所在地

本部事務局 (東京都)
支部 北海道支部(札幌市)
東北支部(仙台市)
関東支部(東京都)
北陸支部(新潟市)
中部支部(名古屋市)
関西支部(大阪市)
中国支部(広島市)
九州支部(福岡市)

一般社団法人 日本グラウト協会

5) 日本グラウト協会発行図書


薬液注入工法の設計・施工指針 平成元年6月
一般注入工事の憲法



一般社団法人 日本グラウト協会

日本グラウト協会の発行図書

薬液注入工 設計資料 平成30年度版 薬液注入工 積算資料 平成30年度版



各資料共、毎年改訂。(国土交通省の照査を受けています。)
一般社団法人 日本グラウト協会

日本グラウト協会発行図書

薬液注入工事における施工管理方式について
平成2年10月発行
平成2年9月の建設省通達に対し、協会としての取組みを記述したものの。
平成2年10月
社団法人 日本グラウト協会
(前身:日本薬液注入協会)
一般社団法人 日本グラウト協会

日本グラウト協会発行図書

薬液注入工 施工資料
平成6年8月初版
現在第9版
・現場施工管理の詳細を記述
今年度、改訂作業中
社団法人 日本グラウト協会
一般社団法人 日本グラウト協会

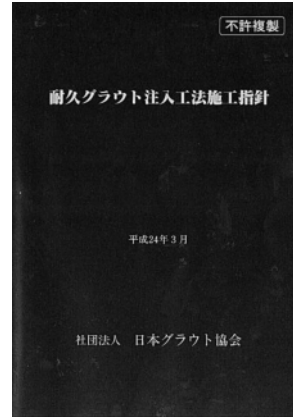
日本グラウト協会の関係図書

新訂 正しい薬液注入工法
この一冊ですべてがわかる
平成19年初版発行
現在4版
平成27年12月発行
社団法人日本グラウト協会 編
社団法人日本グラウト協会
一般社団法人 日本グラウト協会

日本グラウト協会の関係図書

耐久グラウト注入工法
施工指針
平成24年3月発刊

耐久グラウト注入に関する
方向付けを記述。



一般社団法人 日本グラウト協会

日本グラウト協会の関係図書

協会認定型
流量圧力管理測定装置
2018年6月発刊

協会認定型流量圧力管理装置
に関することについて取り
まとめた冊子。
平成2年以來の見直しを
実施。
背景としては、近年間い合わせが協会に多くあったため。



一般社団法人 日本グラウト協会

登録グラウト基幹技能者



- (1) 役割 33職種42団体
建設現場での技能労働者のトップ(総括職長)として、
安全管理・品質管理等の横断的な調整指導を実施。
- (2) 受講資格 (H21年度より実施)
- ・実務経験10年以上、職長経験3年以上
 - ・1、2級土木施工管理技士、ジェットグラウト技士
 - ・2級土木施工管理技士(薬液注入) 資格取得者
- ①薬液注入・ジェットグラウト・岩盤グラウトの3部門
②1年に1回講習・試験、5年で更新講習を実施
③H30年4月で730人の有資格者数

一般社団法人 日本グラウト協会

2.薬液注入工法について

2-1.薬液注入工法のメカニズム

1) 基本概念

砂質系地盤 → 溶液型薬液による浸透注入
 → 粘着力を付加 → 崩壊防止・湧水防止
 粘性土系地盤 → 懸濁型薬液による割裂注入
 → 強制圧密により粘着力が増加 → 地盤補強

表6.2-1 薬液注入による強度増加のメカニズム

土質	注入前	注入後
砂質土	$\sigma \tan \phi$	C' が付加
粘性土	C	C' (増加)

C:粘着力 σ :せん断面に働く応力 ϕ :内部摩擦角

一般社団法人 日本グラウト協会

薬液注入工法の定義

薬液注入工法とは凝固する性質を有する化学薬品(いわゆる薬液)を地盤中の所定の箇所に注入管を通じて注入し、地盤の止水性または強度を増加させることを目的とする工法である。

『薬液注入工法の設計・施工指針』(平成元年6月)

薬液注入工法とは「任意に硬化時間を調整できる注入材料(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。

『薬液注入工 設計指針(平成30年度版)』

一般社団法人 日本グラウト協会

2) 土質と注入形態

砂質土地盤 → 浸透注入(土粒子の間隙を埋める注入)
 粘性土地盤 → 割裂注入(脈状に走って圧密する注入)

表6.2-2 土質と注入形態の区分

土質	注入形態
礫・玉石層	大間隙を充填注入→浸透注入
砂質土・砂礫層	浸透注入
粘性土を含む砂質土層	割裂浸透注入
粘性土層	割裂注入

図6.2-4 粒度組成と注入形態

一般社団法人 日本グラウト協会

3) 注入形態（浸透注入）

図6.2-5 浸透注入のメカニズム

浸透注入改良体

図6.2-6 割製浸透注入のメカニズム

一般社団法人 日本グラウト協会

3) 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

一般社団法人 日本グラウト協会

2-2. 設計の基本

薬液注入の適用性 ①

(1) 止水目的・・・地盤の透水性を減少させる。

<ライナー立坑側底部改良> <発進到達防護> <土壌封じ込め>

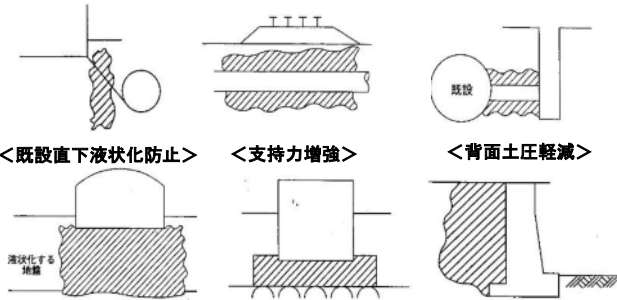
<土留め欠損部改良> <立坑底盤漏水改良> <護岸背面吸出防止>

一般社団法人 日本グラウト協会

薬液注入の適用性 ②

(2) 地盤強化、変状防止・・・地盤の強度を増大させる。

<近接構造物防護> <軌道横断部防護> <既設への接続時安全確保>



一般社団法人 日本グラウト協会

1) 資料の準備 (事前調査) (P.15)

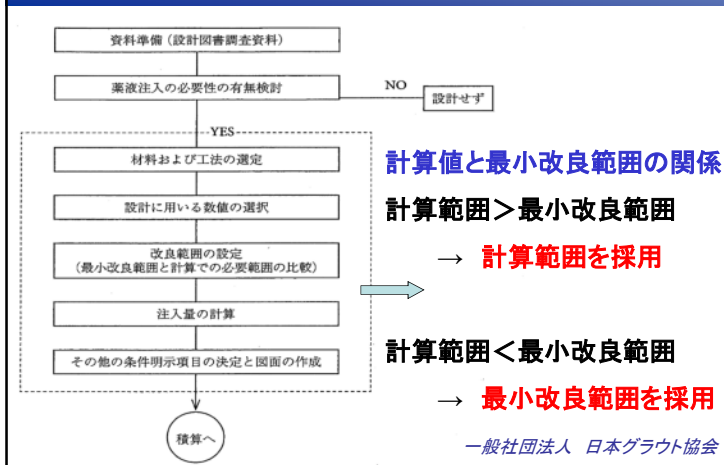
表1.3-1 必要な調査項目と重要度率

種別	項目	重要度率	主な内容	備考
土質	土層構成・土質名称	A	土層の構造と土質の区分	柱状図、特有の土層名称
	地盤の締まり具合	A	N値等による土性質の推定	N値等を柱状図に記載
	粒度の組成	A	砂質土分と粘性土分の含有率	注入のメカニズムの区分
	室内圧縮強度	C	一軸または三軸圧縮強度	粘着力(C)の推定
	コンシステンシー	C	粘性土の特性	改良効果推定の基礎資料
	礫の大きさ	B	玉石層などでの礫径と含有率	掘削方法や能率
地下水	透水性	A	透水係数などの透水性	現場透水試験など
	地下水位	A	地下水位または被圧水頭	層別が望ましい
	水質	B	温泉や人為的影響を受ける水質、水質試験	注入剤の固化和強度に影響、水質管理
	流向流速	B	透水係数大のときの流れの速さや方向	地形的に地下水の流速が大きいところがある
埋設物等	地下埋設物	A	埋設物の種類など	埋設管損傷対策
	近接構造物	A	構造物の種類、地下構造など	変位防止
井戸および公共用水域	井戸	A	位置、深さ、構造、使用目的、使用状況	暫定指針による汚染防止
	公共用水域	A	位置、深さ、籍常、構造など	
環境	植物	B	作物、苗木、街路樹など	時期、土壌などの検討
	生活	B	建築基準法の用途区分、病院、学校	作業時間などの検討
	交通	B	交通量、道路幅、迂回路	作業時間、占有方法

※重要度 A: 絶対必要 B: 実施が望ましい C: 必要に応じて実施

一般社団法人 日本グラウト協会

2) 設計のフロー (P.20)



一般社団法人 日本グラウト協会

3) 基本項目 (P.19)

表2.2-1 基本項目

- ① 注入材料 (薬液) と工法の選定
- ② 設計強度および透水係数
- ③ 安全率
- ④ 最小改良範囲
- ⑤ 注入率
- ⑥ 重要度率
- ⑦ ゲルタイム
- ⑧ 注入孔間隔と配置

一般社団法人 日本グラウト協会

4) 注入材料の選定 (注入材の分類) (P.21)

現在使われている注入材料は以下の通りである。
 (「暫定指針」により、水ガラス系薬液に限られる。)



一般社団法人 日本グラウト協会

※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。

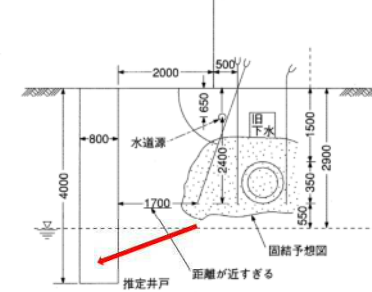


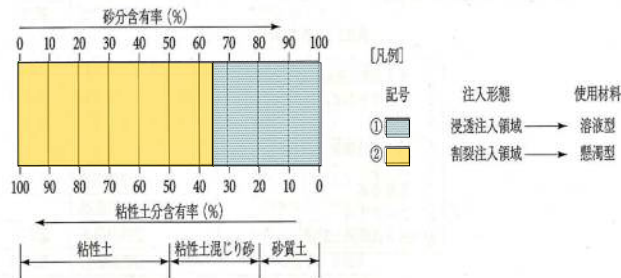
図6. 1-1 薬害事故の状況

一般社団法人 日本グラウト協会

4) 注入材料の選定 (選定の目安) (P.22)

iii 土質分類による溶液型と懸濁型の選定

粒度分析がある場合には図2.2-1にしたがって選定する。



一般社団法人 日本グラウト協会

5) 工法の選定

①工法の分類

一般に使用されている注入工法

(P.23)

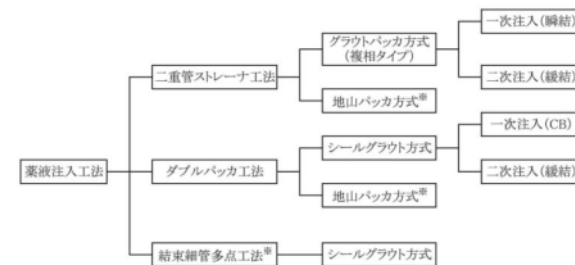


図2-3 現在使用されている注入工法の分類

[注-1] 二重管ストレナの二次注入を瞬結で行うこともある。
 [注-2] グルタイムが中結と呼ばれているものは緩結の範囲に含まれる。
 [注-3] ※印のものは「耐久グラウト注入」に多く用いられている。

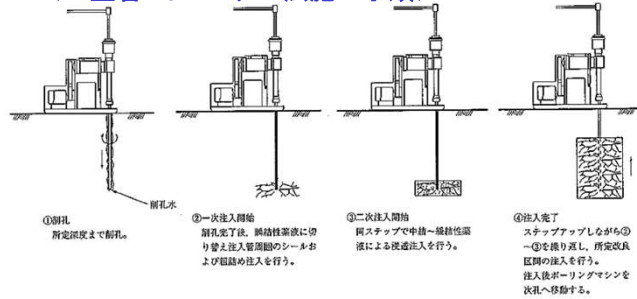
一般社団法人 日本グラウト協会

二重管ストレーナ工法

(P.3)

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>



一般社団法人 日本グラウト協会

二重管ストレーナ複相式



施工状況写真

プラント写真

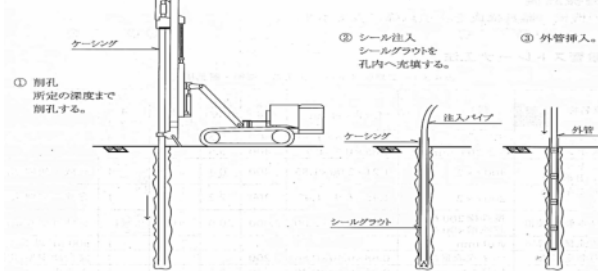
34

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ことができる。
- ・注入後、更に注入を必要とする箇所にも容易に再注入ができる。

<ダブルパッカ工法施工手順-1>



一般社団法人 日本グラウト協会

ダブルパッカ工法

<ダブルパッカ工法施工手順-2>

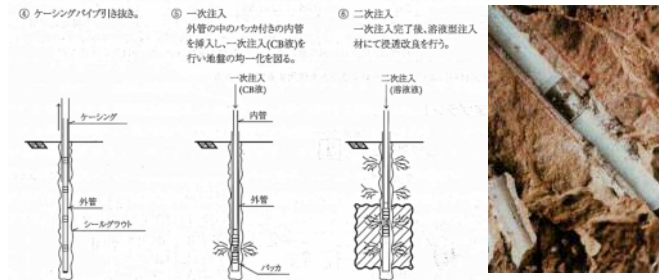


図4.3.3 ダブルパッカ工法 施工手順

注入形態

一般社団法人 日本グラウト協会

ダブルパッカ工法





施工状況(削孔状況)写真

プラント写真

37

②工法選定の目安 (P.23)

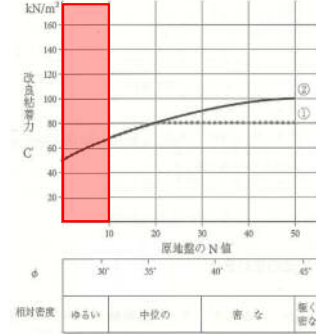


注：注入効果の期待度が非常に大きいケース
 ①重要構造物の応接施工（軌道下、道路下、建築物直近等）
 ②高い透水性が要求される場合
 ③大規模開削前の載重改良
 ④その他特に高い注入効果を期待する場合

一般社団法人 日本グラウト協会

6) 設計数値

①改良強度（粘着力） (P.38)



①二重管ストレーナ工法 (注入率35%以上)
 ②ダブルパッカ工法 (注入率40%以上)

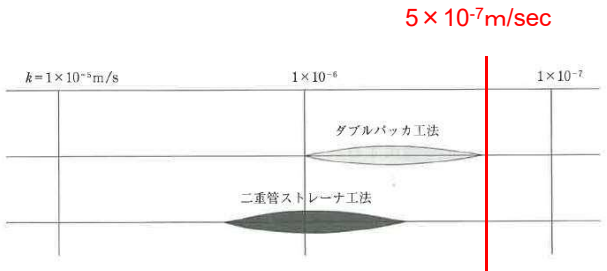
(a) 砂質土
 $c' = 50 \sim 100 \text{ kN/m}^2$

(b) 粘性土
 原地盤の粘着力+10kN/m²
 但し、最大40kN/m²

図2.2-4 砂質土での設計強度

一般社団法人 日本グラウト協会

②透水係数 (P.39)



5 × 10⁻⁷ m/sec

図3-2 工法と改良効果（透水係数）の関係

一般社団法人 日本グラウト協会

7) 安全率

(P.40)

表2.2-9 安全率 (F_s)

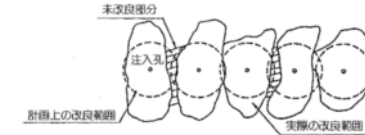
ケース	安全率
通常の場合	1.5以上
特に重要な場合	2.0以上
土留壁の有る立坑の底盤改良で土留壁と改良地盤との付着力を考慮しない場合 (大規模開削工事を除く)	1.2以上

一般社団法人 日本グラウト協会

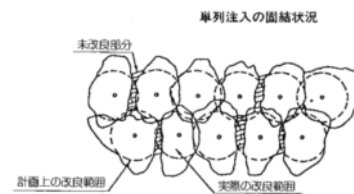
8) 最小改良範囲の考え方

(P.25)

最小改良範囲とは:効果的な注入が行われるための一定の量を確保するために決定されたものである。



地盤の複雑な堆積状況や地下水の流向や流速等の影響を受けて理想的な浸透状況にならない部分
⇒ 未改良部分の発生



未改良部分の発生 ⇒ 複列注入 (最低2列=1.5m) を確保することで、掘削面等に湧水やそれに伴う土砂崩壊が発生しないようにする

一般社団法人 日本グラウト協会

※最小改良範囲例 (ライナープレート立坑)

(P.25)

(1) ライナープレート立坑
側部と底盤の厚みは図2.2-6~2.2-7、表2.2-10の通り。

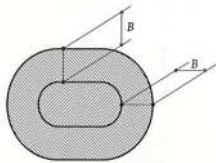


図2.2-6 平面図

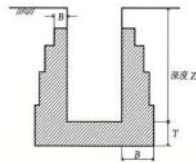


図2.2-7 断面図

表2.2-10 最小改良範囲 (ライナープレート立坑)

深度 (Z)	B・T
0~5 m	1.5 m
5~10 m	2.0 m
10~15 m	2.5 m
15~20 m	3.0 m

注1) 被圧水0.2MPa以上は別途考慮する。
注2) Tはライナープレート短径の1/2以上を取る。

一般社団法人 日本グラウト協会

9) 注入量の算定

(P.29)

○注入量は次式により算定する

$$Q = V \cdot \lambda \cdot J$$

ここに

Q: 注入量 (m³)

V: 注入対象土量 (m³)

λ: 注入率 (%)

J: 重要度率 (%)

一般社団法人 日本グラウト協会

10) 注入率

(P.30)

○注入方式による標準注入率は下表のとおりである

社団法人 日本グラウト協会 提案の注入率

工 法	注 入 率	
	砂 質 土	粘 性 土
二重管ストレーナ	35%以上	30%以上
ダブルパッカ	40%以上	30%以上(互層の場合)

注) 注入率算定は下式を目安とする

$$\lambda = n \cdot \alpha \quad \text{ここに}$$

λ : 注入率(%)

n : 地盤の間隙率(%)

α : 間隙の充填率(%)

一般社団法人 日本グラウト協会

11) その他の項目

(注入孔間隔)

(P.31)

i 注入孔間隔の基本

削孔間隔は複列配置で1.0mを原則とする。

ii 配置例

a) 正方形の場合

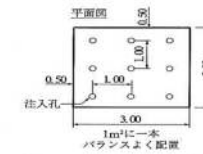


図2.2-15 正方形配置(例):単位m

b) 帯状の場合

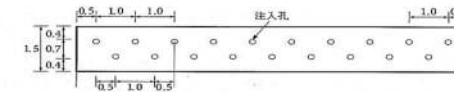


図2.2-16 帯状配置(例):単位m

一般社団法人 日本グラウト協会

2-3. 施工管理

1) 品質管理

平成2年9月18日に「薬液注入工事に係る施工管理等について」という通達が旧建設省より旧各地方建設局が出されている。施工管理はこの通達に基づき行う。品質管理は大きく分けて以下の項目がある。

- ①施工数量の管理
- ②品質の管理
- ③安全ならびに環境管理

一般社団法人 日本グラウト協会

※「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、手抜き工事

→ 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

2) 数量の管理

①数量管理の基本

区分	種類	納入時	使用時
材料	水ガラス	監督員立会による伝票と数量の確認	納入量、使用量、廃棄量残数量の確認記録
	硬化材	同上	同上
注入量	注入材料(薬液)	同上	協会認定流量計による注入量の確認 500kℓ以上の工事なら水ガラス使用量の確認

- ①材料納品書等:数量及び品質を証明。
- ②数量の確認:立会い写真。
- ③注入量の確認:流量計のチャート紙。
- ④計画で決められた注入量:
現場の状態に応じて注入量は
設計量に対して増減。

一般社団法人 日本グラウト協会

②注入量の確認

注入量は、流量圧力管理測定装置の記録紙であるチャート紙に記録されたもので確認する。

- ①発注者の検印のあるものを使用する。
- ②施工管理者が日々作業開始前にサイン並びに日付を記入する。
- ③原則として切断せず1ロール使用毎に監督職員に提出する。
- ④やむを得ず切断する場合は、監督職員などが検印する。
- ⑤監督職員などが立ち会った場合などには、監督職員などがサインする。

※注入量が500kℓ以上の大規模工事ではプラントタンクからミキサまでの間に流量積算計を設置し、水ガラスの日使用量などを管理する必要がある。

一般社団法人 日本グラウト協会

③協会認定流量計

協会認定流量計とは

:H3建設省の承認を得て協会認定流量計を作成・統一

特長

- ①すべての仕様が統一→監督員の管理が容易
- ②注入量1孔終了時に自動的に必要情報が印字 → 正確な注入量が直ちに確認
- ③6ヶ月以内の点検整備が認定整備工場で義務づけ → 常に正常な機能する機械が提供される
- ④協会が整備状況を保証→ ラベルや点検整備結果書類で確認できる
- ⑤正字印字を行う→作業状況把握が可能で不正を防止

一般社団法人 日本グラウト協会

「薬液注入工法」技術説明会

③協会認定流量計 (P.294)

協会名称変更に伴い、認定シール及び、**チャート紙が変わりました。**

定期検査済証は6ヶ月毎に色が変わります。

平成〇年4月～平成〇年9月
平成〇年10月～平成〇年3月
平成△年4月～平成△年9月
平成△年10月～平成△年3月

一般社団法人 日本グラウト協会

チャート紙

協会認定チャート紙印字例

《記録印字例》

施工年月日: NOV 09 14 7
LONG SLEP 11
TOTAL 3082
SCALE 120mm/H
FULL SCALE 80L/10-GRFEN
REF.

注入量
記録計番号
チャート番号
ロット No.
（一社）日本グラウト協会認定

一般社団法人 日本グラウト協会

④日報用紙(協会統一様式)

(記入例)

日 報 用 紙 (1/1)
[平成 2年 7月 1日] 天候: []

①工事名: ○ ○ ○ 第2熱源分區第一工区
管轄施設工事に伴う薬液注入工事

施工箇所	注入孔 No.	注入 量	注入 回数	注入 圧力	注入量 (kg)		注 入 材 質	注 入 材 質 別 注 入 量	注 入 材 質 別 注 入 回 数	注 入 材 質 別 注 入 時 間	注 入 材 質 別 注 入 時 間	注 入 材 質 別 注 入 時 間	注 入 材 質 別 注 入 時 間	
					A	B								
熱源部	3	10~5	20	AG1010	1	400	1,200	1,600						
	5	10~5	20	AG1010	2	400	1,000	1,400		17~20				
	7	10~5	20	AG1010	3	400	1,200	1,600						
	20	10~5	20	B0002L	1	400	800	1,200		15~20				
	22	10~5	20	B0002L	2	400	1,200	1,600						
24	10~5	20	B0002L	3	400	1,200	1,600							
日 計	6	-	-	-	-	2,400	6,800	9,000						
累 計	20	-	-	-	-	8,000	24,000	32,000						

②水ガラス管理表(単位: kg)

入 入 量	使 用 量	残 量	A B 硬化剤		
			入 入 量	使 用 量	残 量
日計	6,200	3,200	-	-	460
累計	20,500	11,760	8,740	3,000	1,600

③硬化剤管理表(単位: kg)

入 入 量	使 用 量	残 量	A B 硬化剤		
			入 入 量	使 用 量	残 量
日計	6,200	3,200	-	-	460
累計	20,500	11,760	8,740	3,000	1,600

一般社団法人 日本グラウト協会

⑤提出書類

提出書類の種類
作業の状況をそれぞれ記録し、下表の様な書類を提出する。

	提出書類		提出時期
	水ガラス	JISK1408の項目	
材料品質証明書	硬化材・助剤	品質証明書	着手前
		分析結果報告書	納入時
		メーカー出庫伝票	納入時
材料数量証明書	水ガラス	計量証明	納入時
	硬化材・助剤	納入伝票	納入時
チャート	1ロール毎		1ロール使用完了後
日報	日本グラウト協会統一用紙による		翌日
写真			整理完了後

一般社団法人 日本グラウト協会

3) 品質の管理

①品質管理の基本

基本フロー



一般社団法人 日本グラウト協会

②設計管理上の重要項目とその解説

i. 設計管理上の重要項目

注入圧力、注入速度、ゲルタイム、ステップ長、注入順序

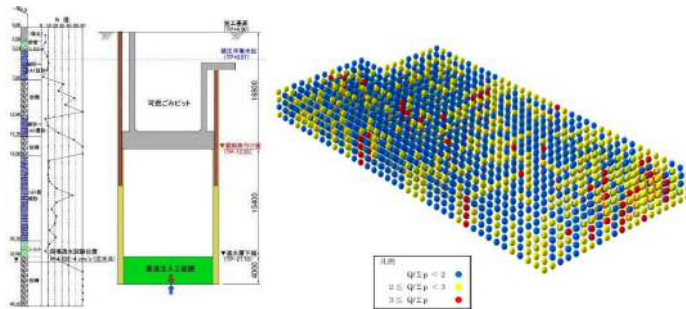
ii. **注入圧力**: 薬液が土粒子間の間隙水を追い出して浸透するために必要な抵抗値。流量計や注入口元に設置した圧力計で確認する。注入圧力は土粒子間に薬液が浸透するための抵抗値で、注入する側がその数値を任意に決めることはできない。

注入圧力高⇒注入効果大

地表面や既設構造物への影響を観察しながら注入作業を行うが、施工管理上ではそのときの圧力の絶対値が問題になるのではなく、**注入進行とともに圧力の上昇傾向が見られるかどうかで注入効果が発揮されているかどうかを判断している。**

一般社団法人 日本グラウト協会

注入圧力 マップの例



一般社団法人 日本グラウト協会

②設計管理上の重要項目とその解説

iii. **注入速度**: 二重管ストレナーナ工法で標準注入速度16L/分、ダブルパッカ工法で標準注入速度8L/分を基本とする。

注入速度遅い⇒注入効果大。変位、隆起防止。

改良効果をも高め周辺構造物などへの影響を極力少なくするために**注入速度を小さくする必要があるケース**

- ① 注入材が入り難い地盤で圧力が高くなってしまいうケース
 - ② 既設構造物・地下埋設物への圧力の影響が懸念されるケース
 - ③ より高い注入効果を期待するケース
 - ④ 土被りが浅く地表に薬液が噴出する懸念があるケース
 - ⑤ 公共用水域や農作物・植物への影響が心配されるケース
 - ⑥ 掘削済立坑背面などあまり圧力をかけられない注入のケース
- ※現場試験注入を実施して注入速度を決定する必要がある。

一般社団法人 日本グラウト協会

②設計管理上の重要項目とその解説

iv. **ゲルタイム**:混合した材料が流動性を失うまでの時間。
瞬結注入材:カップ倒立法により流動性を失う時間を計って確認。
緩結注入材:袋詰めによる方法で測定し確認。

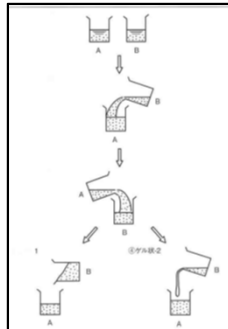
＜工法とゲルタイムの関係＞

工 法	注入時	ゲルタイム
二重ストレート工法 (複相式)	一次注入	瞬結
	二次注入	緩結
ダブルバック工法	一次注入	なし
	二次注入	緩結

注) ダブルバック工法の一次注入はセメントベントナイトなのでゲルタイムはない。

※ゲルタイムは、**水温や水質さらには水ガラスの製品毎に微妙にゲルタイムの違いがあることを認識。**

現地での確認が必須である。



一般社団法人 日本グラウト協会

②設計管理上の重要項目とその解説

v. 注入順序

- ①注入圧力を逃がすようにするため**内側から外側**。既設構造物などに近接した注入のケースなどで用いる方法。
- ②**外側から内側**に向かって注入していくことで、拘束効果により良い注入効果を期待する方法。

※通常は1孔置きに注入するケースが多いが、注入孔が少ない場合には注入順序は注入管の配置や機械の台数などを考えて決定する。

一般社団法人 日本グラウト協会

4) 環境保全のための管理

①環境保全項目

薬液注入が環境に与える問題は、以下のような項目が考えられる。

- ①地下水の汚染
- ②公共用水域などの汚染
- ③動植物への影響
- ④既設構造物の変状

主として、**薬液注入による人の健康被害と地下水等の汚染を防止するための管理**(水質の監視、適正な排水処理)である。

昭和49年7月10日 建設省で発令された、
『薬液注入工法における建設工事の施工に関する暫定指針』
 の内容を遵守する。

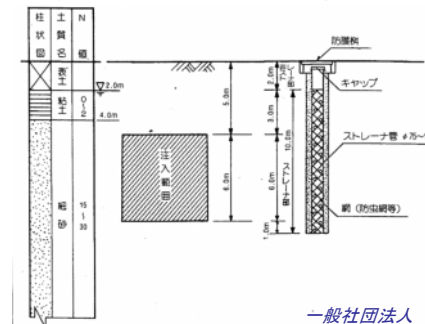
一般社団法人 日本グラウト協会

②-1. 地下水の監視

(P.61)

(1)水質検査 観測井戸の設置

暫定指針では、「**注入箇所からおおむね10m以内に少なくとも数箇所の採水地点を設けなければならない。**」と記述されている。
 ※既設の井戸で観測井戸として利用できる場合はこれを利用可。



一般社団法人 日本グラウト協会

②-1. 地下水の監視

(P.61)

i 採水および検査回数

試験期間	検査回数	
	現場	公的機関
注入工事着手前	1回	1回
注入工事施工中	1回/日	1回/10日
注入終了後2週間経過するまで	1回/日	1回/2週
2週間経過後半年を経過するまで	2回/月	1回/月

一般社団法人 日本グラウト協会

②-1. 地下水の監視

(P.62)

ii 水質検査項目

薬液の種類	検査項目	検査方法	水質基準
水ガラス系	有機物を含まないもの	水質基準に関する省令(昭和41年厚生省令第11号、以下、「厚生省令」をいう。)又は日本工業規格K 0102の8に定める方法。	pH値8.6以下(工事直前の測定値が8.6を越えるときは、当該測定値以下)であること。
	有機物を含むもの	過マンガン酸カリウム消費量	10ppm以下(工事直前の測定値が10ppmを越えるときは、当該測定値以下)であること。
	水素イオン濃度	同上	同上

注) 過マンガン酸カリウム消費量に代わって、TOC(全有機炭素量)を採用している自治体もあるので注意が必要。

一般社団法人 日本グラウト協会

既設構造物などの監視

既設構造物や地下埋設物の近くでの薬液注入工事では注入圧力により、変状などの影響が出ることもある。

施工に際しては、

- ①最低目視による監視を行う。
- ②測量による監視や計器を用いた管理体制をとることも検討。
- ③特に重要構造物に対しては、注入前に管理基準値を設定。
→各種計測装置を用いた監視体制を構築。

※影響を少なくする方法ための提案。

特に注入速度を遅くするなどが有効であり、早めの措置が問題を少なくする。また、地下埋設物や地下貯水タンクなどへの薬液の侵入を監視する必要もある。

一般社団法人 日本グラウト協会

2-4. 薬液注入工法の積算

積算上の協会資料の活用 P8,9,19,20

a) 1日当り実作業時間
 注入設備の1日当り実作業時間は6.3時間を標準とするが、作業時間が特別な作業を行う場合は表3-1の補正係数により補正を行う。

$$T = \frac{6.3 \text{ 時間}}{\alpha}$$

α：作業条件による作業時間の補正係数

作業条件	補正係数
状況作業	1.1~1.3
トンネル内作業	1.2~1.5
作業時の設置・撤去が毎日必要な場合	1.1
注入設備の移動が必要な場合*	1.3~1.5
その他	(実情に合わせる)

※車上プラント等

施工条件が特別な場合に参考していただきたい。

- ・作業条件が特殊な場合
- ・削孔角度が管理等について

実際の作業時間を把握。能率低下を考慮

一般社団法人 日本グラウト協会

積算上の協会資料の活用 P13

車上プラントを使用する工事の機械配置例を以下に示す。

(プラント関係車) (材料関係車) (給水車)
(約40m程度)

クレーン装置付4tトラック 4tトラック

①ローリングマン ②薬液注入ポンプ ③薬化材・助剤
 ④液量圧力測定装置 ⑤薬液ミキサー ⑥貯液槽

図3-3 車上プラントの配置例(例)

薬液注入工は施工機械が比較的小さいため、車上プラントでの施工例も多い

※水の供給、作業時間に注意。ダブルパッカ工法での削孔機は注意が必要

注1) 上記の他にトラック(クレーン装置付4tトラック)1台必要(ローリングマン・副燃料・作業帯設 保安用具等)である。
 注2) 施工位置に給水設備がある場合は、給水車(給水車)が不要となる。
 注3) 作業帯設置、保安用具、発電機(配電設備が無い場合)、その他の選定が必要な場合は別途考慮する。

一般社団法人 日本グラウト協会

3. 最近の話題紹介

「薬液注入工事の施工管理に関する通達」の概要

各地方整備局 港湾空港部長 殿
 各地方航空局 次長 殿
 (参考送付)
 北海道開発局 港湾空港部 港湾建設課長 殿
 空港・防災課長 殿
 沖縄総合事務局 開発建設部長 殿

国土交通省 港湾局 技術企画課長
 航空局 航空ネットワーク部 空港技術課長
 (公印省略)

発信部署：国土交通省 港湾局・航空局
 発信日時：平成29年8月1日
 通達文章

1. 『薬液注入工法による地盤改良工事に係る適切な施工管理等について』
2. 『薬液注入工法による地盤改良工事に係る適切な施工管理等について(詳細)』
3. 『薬液注入工法による地盤改良工事に係る地盤改良効果の調査方法等について』
4. 『埋立地における薬液注入工法による地盤改良前の地盤強度等の調査方法について』

「薬液注入工事の施工管理に関する通達」の概要

薬液注入工法による地盤改良工事に係る適切な施工管理等について

先般、薬液注入工法による地盤改良工事(以下、「薬液注入工事」という。)において、施工不良及び虚偽報告等が判明したことを受け、「地盤改良工事の施工不良等の問題に関する有識者委員会」を設置し、同委員会において原因と再発防止等について専門的見地から検討を行い、平成28年8月2日に中間報告書がとりまとめられたが、この中間報告書の内容を踏まえ、下記のとおり、薬液注入工事における再発防止策をとりまとめたので、これに基づき施工管理等を行うよう徹底されたい。

また、貴管下の港湾管理者等に対しても、本件を周知されたい。

なお、対象とする工事は、今後、公告する薬液注入工事とするが、既に公告済の工事については、本通達に示す施工管理等のうち、対応可能な事項について、適宜対応されたい。

「薬液注入工事の施工管理に関する通達」の概要

記

薬液注入工事に係る施工管理等については、これまでと同様、暫定指針(建設省官技発第160号 昭和49年7月10日)、通達(建設省技調発第110号の1 平成2年4月24日、建設省技調発第188号の1 平成2年9月18日)を踏まえ実施するものとするが、これらに加え、以下の対応を行うこと。

なお、本通達は、水ガラス系溶液型恒久薬液を使用した曲り削孔による薬液注入工事を想定しているが、使用する薬液及び削孔方法に応じ、該当する事項について適宜対応されたい。

施工不良を受けての施工管理等について

水ガラス系溶液型恒久薬液を使用した曲がり削孔による薬液注入工事を想定 H29.8.1

- 施工管理項目等の明示
計測機器の精度、キャリブレーションの方法
注入配管等の配置
- 発注者による抜き打ちでの現場立会
- 工事と効果確認調査工事の分離
- 材料メーカー等への使用材料の確認

一般社団法人 日本グラウト協会

75

3-1. 「耐久グラウト注入工法施工指針」

指針策定の背景と経緯

平成7年1月の阪神・淡路大震災等の地震発生時に起こった液状化現象や、地震に対する耐震補強としての薬液注入工法による地盤改良のニーズが高まる。

そのことを受け、平成11年より協会では、「**原位置長期耐久性確認試験**」を世界に先駆け計画・実施した。

その後、平成16年10月の新潟県中越地震が発生し、平成17年頃より固化土の**長期耐久性**に関する基本的な考え方をまとめた指針策定が必要と考え、「**耐久グラウト指針策定委員会**」を平成19年に設立。

途中、東日本大震災が発生したため時間を要したが、平成23年9月13日第8回委員会をもって最終とし、平成24年3月に発刊した。

一般社団法人 日本グラウト協会

77

指針策定委員会構成

委員長	赤木寛一 早稲田大学教授
委員	国土交通省 大臣官房技術調査課 都市・地域整備局 河川局 道路局 独立行政法人土木研究所 公益財団法人鉄道総合技術研究所 地方共同法人日本下水道事業団 社団法人日本グラウト協会

一般社団法人 日本グラウト協会

I 基本編 ① 指針の適用範囲 (P.1)

地盤の止水性向上、地盤強化、変状防止等を図る薬液注入工事のうち、**耐久性を求められる工事**に適用。

地盤改良効果が、長期に渡って期待される場合の薬液注入工事を対象とする。

一般社団法人 日本グラウト協会

② 用語の定義 (P.2)

耐久性能:
薬液注入された地盤の止水性または強度が長期的に安定して継続していること。

耐久グラウト:
グラウトとは注入材のことであり、耐久グラウトとは止水や地盤強化等、注入効果が長期的に安定して継続する材料のこと。

耐久グラウト注入工法:
耐久グラウトを地盤中に耐久性能を発揮できるように注入する手法。

耐久グラウト注入:
耐久グラウトを耐久グラウト注入工法により注入すること。

一般社団法人 日本グラウト協会

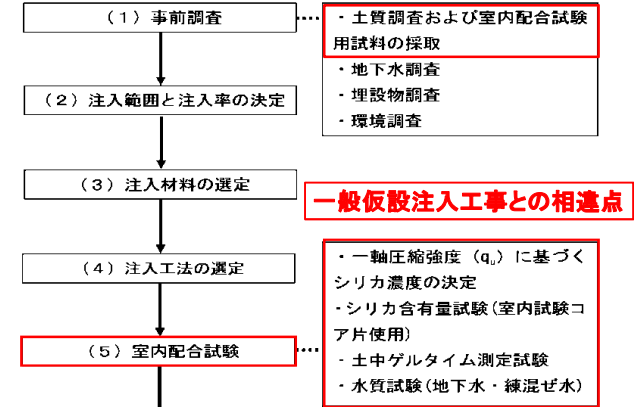
Ⅱ 施工計画編 ① 注入目的の明確化 (P.6)

注入目的を明確にする。
本指針の注入目的は、砂地盤等の液状化対策や耐震補強対策を対象とし、以下の2点を主目的とする。

- (1) 止水性の向上
耐久性の必要な止水。
- (2) 強度増加
砂層や砂礫層の地盤における粘着力の増加による地耐力の増加や液状化の防止。

一般社団法人 日本グラウト協会

② 注入の施工計画書作成までの手順 (P.7)



一般社団法人 日本グラウト協会

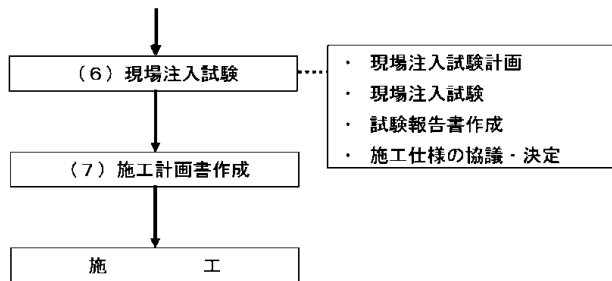


図 2-1 耐久グラウト注入施工計画書作成フロー

一般社団法人 日本グラウト協会

③ 事前調査 (P.8)

注入の施工計画にあたっては、事前に次の項目の調査を実施する。

- (1) 土質調査
計画時における最重要事項。
- (2) 地下水調査
地下水位と透水性の把握
- (3) 地下埋設物
一般注入と同様、施工上調査必要
- (4) 環境

一般社団法人 日本グラウト協会

④ 注入範囲と注入率の決定 (P.9)

注入範囲は、基本的に企業者等の指示による。
また、改良目標強度についても同様。

注入率については、以下の式により求める。

$$\lambda = n \cdot \alpha$$

λ : 注入率 (%)

n : 地盤の間隙率 (%) 地盤調査結果を採用

α : 充填率 (%) 原則として100%

※ 改良範囲について

・当指針において設計手法等に関しては記述していない。

計画に当っては、発注者より提示された改良範囲と改良目標強度を満足する計画を立案するものとする。

・設計手法に関して記述しない理由
→ 当協会は薬液注入工事専門者の集まりであるため。

⑤ 注入材料の選定 (P.10)

注入材料は、必要な耐久性能を有し、かつ強度や止水性などの注入効果が注入目的を満足するものを選定する。

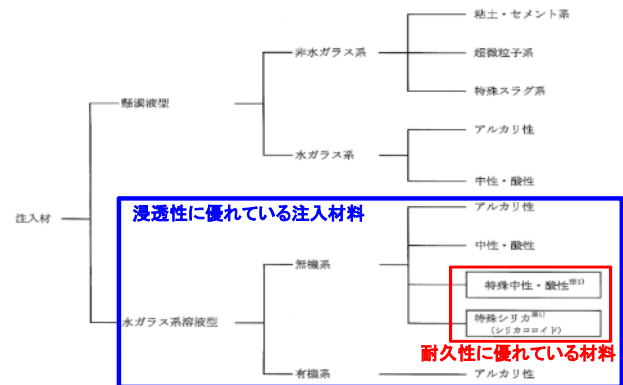
耐久グラウトは10年以上の耐久性能と均質な注入効果が発揮でき、十分な浸透性が得られるものとする。

耐久グラウト (薬液)

特殊中性・酸性系注入材

特殊シリカ系注入材

耐久グラウト (薬液) (P.26)



※1) 現状において耐久グラウトとしての使用実績がある材料

⑥ 注入工法の選定 (P.11)	
工法の分類	注入工法の特徴
ダブルパッカ工法 (シールグラウト方式)	長いゲルタイムの注入材を小さな注入速度でゆっくり注入するため、土粒子間隙への注入材の浸透性が優れる。注入速度を減少させるとさらに浸透性は向上するが、施工効率が低下する。
浸透性を重視した注入工法	浸透面積の拡大による浸透性の向上を図る注入方式：二重管ストレナ工法(地山パッカ方式)・ダブルパッカ工法(地山パッカ方式)
	注入速度の減少による浸透性の向上を図る注入方式：結束細管多点注入工法(シールグラウト方式)

一般社団法人 日本グラウト協会 89

⑦ 室内配合試験 (P.12)

施工対象地盤に対して使用する注入材料の適正や改良目標強度等に関する確認を行うもので試験項目は、以下の通り。

(1) 配合(シリカ濃度)の設定
供試体を複数(2配合以上)作成し、28日強度で以下の数値を満足する配合とする。

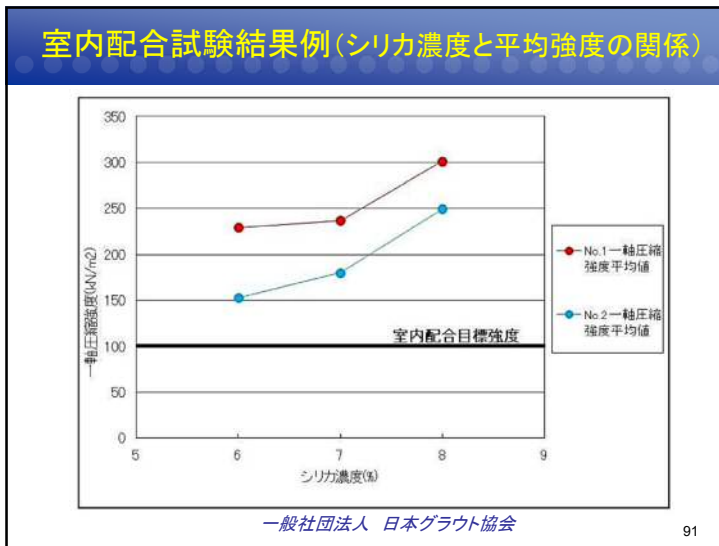
- ① 供試体作成
- ② 強度試験(一軸圧縮試験)
必要改良強度と室内改良強度の関係は下記の通り。

$$q_{uck} = \eta \times q_{UL}$$

q_{uck} : 必要改良強度 (kN/m²)
 η : 低減係数(1/2)
 q_{UL} : 室内改良強度 (kN/m²)

その他、土の繰り返し非排水三軸試験を実施する場合もある。

一般社団法人 日本グラウト協会 90



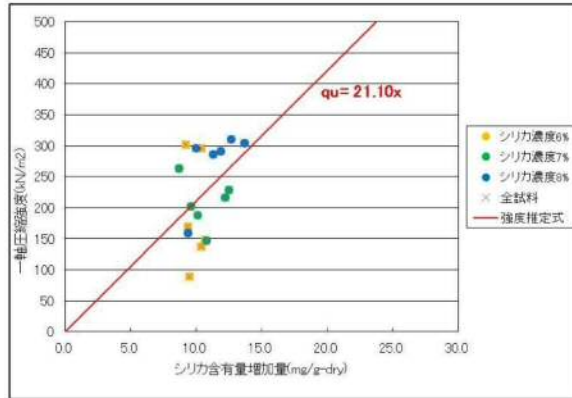
(2) シリカ含有量試験
室内配合試験時の改良体のシリカ増加量と強度の相関関係をとることで、改良後の現地盤のシリカ増加量との比較で間接的に強度が推定される。
試験方法: 原子吸光法・ICP発光分析法

(3) 土中ゲルタイム測定試験
現状使用している緩結のゲルタイムを有する薬液は、酸性領域で固化するものが多いため、土中のアルカリ分(Ca・Mg)と反応し、ゲルタイムが短くなるためチェック必要。

(4) 水質試験やCa等の含有量試験

一般社団法人 日本グラウト協会 92

室内配合試験結果例(シリカ増加量と強度の相関関係)

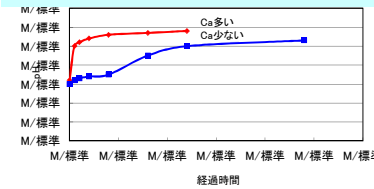
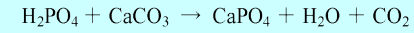


一般社団法人 日本グラウト協会

93

※ 配合試験時時の留意点
対象土質の性状による問題

対象地盤中にCaやMgが存在する場合
→ゲルタイムが短縮される
→特にCa含有の場合、炭酸ガスが発生
→強度低下を起こすため注意が必要



一般社団法人 日本グラウト協会

炭酸ガス発生時の供試体 94

⑧ 現場注入試験

(P.14)

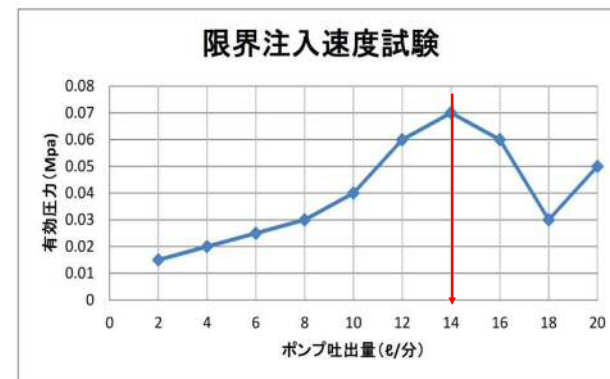
- 現場注入試験の必要性
目的とする注入効果が期待できるか否かを確認し、施工に反映させる。
- 注入速度は**限界注入速度試験**で確認。
- 現場注入試験は、施工規模・工期・企業者の指示等あるので必須ではなく、限界注入速度試験のみ行う場合もある。

一般社団法人 日本グラウト協会

95

限界注入速度試験

(P.28)



一般社団法人 日本グラウト協会

96

Ⅲ 施工管理編 ① 施工管理体制 (P.16)

(1) 施工管理者の配置 所要資格としては、

- ・登録グラウト基幹技能者
- ・2級土木施工管理技士(薬液注入)などが該当。



(2) 施工管理者の職務

- ①作業従事者への工事目的等必要事項を十分に理解させる。
- ②作業時、施工計画書の内容を十分理解し、作業員に遵守させ、作業状況の管理・指導する。
- ③安全管理・工程管理を十分実施する。

一般社団法人 日本グラウト協会

97

② 施工中の管理 (P.17)

施工中の管理は、基本的に一般注入と同様。
相違点および留意点は以下の通り。

- ・ゲルタイム
耐久グラウト注入は浸透性を重視
→ 緩結のゲルタイム(1時間以上)の薬液を使用するケースが多い
→ テーブルテストで確認不可
→ 土中ゲルタイム試験でのpH値で管理
- ・注入速度
限界注入速度試験結果の速度以内で施工管理

一般社団法人 日本グラウト協会

98

③ 機械および管理記録装置 (P.19)

- ・使用する機械および管理記録装置は、注入工法および使用する耐久グラウトにより適切なものを選択する。
- ・特に圧力流量測定装置の基本は、(一社)日本グラウト協会認定流量計であるが、工法によっては対応できない工法もあるため、その場合は企業者の承諾を得て使用。

一般社団法人 日本グラウト協会

99

⑤ 事後調査 (効果の確認) (P.21)

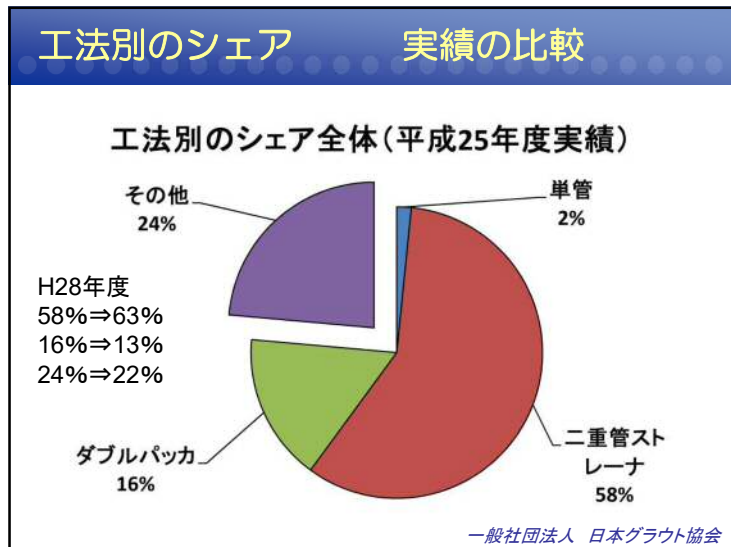
事後調査項目は、以下の通り。

- ・止水性
- ・強度特性
- ・グラウト固化物の存在
- ・水質調査
- ・その他
次に記載する試験方法等を参考と願いたい。

一般社団法人 日本グラウト協会

100

3-2. 新しい注入工法および施工事例



1) 最新の注入工法 ① (二重管ストレーナ工法 地山パッカ方式の例)

PneumaX (ニューマックス工法)

工法の原理

- 特殊パッカーの先端部は、注入時は内管をパッカーと連動してスライドアップさせることによりハイパースルが出現します。
- 注入が終わるパッカーを収縮すると同時にハイパースル部が内蔵され削孔時の状態に戻り次のボーリングができるようになります。
- 注入源が大きく(L=1.0m)とれるので注入速度を遅くしてハイパースルから均等に吐出して浸透効果を高めています。

一般社団法人 日本グラウト協会 103

PneumaX (ニューマックス工法)

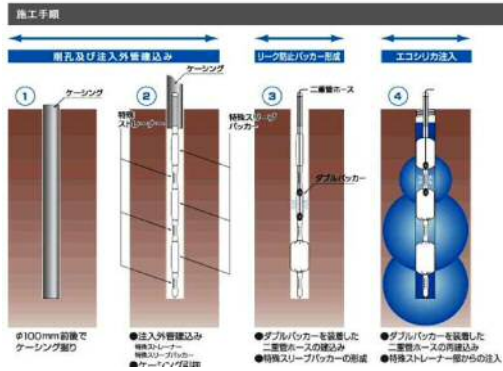
基本施工手順

- ① 削孔
- ② パッカー膨張 第一ステップ注入
- ③ パッカー収縮 次ステップ削孔
- ④ パッカー膨張 次ステップ注入
- ⑤ パッカー収縮 次ステップ削孔
- ⑥ パッカー膨張 次ステップ注入
- ⑦ 注入完了 管背埋め・穴埋め

一般社団法人 日本グラウト協会 104

1) 最新の注入工法 ②
(ダブルパッカ工法 地山パッカ方式の例-1)

マックスパーム®注入工法



一般社団法人 日本グラウト協会

105

出来形写真

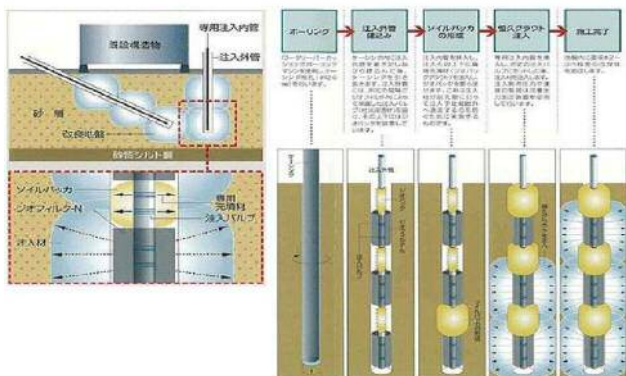


一般社団法人 日本グラウト協会

106

1) 最新の注入工法 ③
(ダブルパッカ工法 地山パッカ方式の例-2)

工法全体システム図



一般社団法人 日本グラウト協会

107

1) 最新の注入工法 ③
(ダブルパッカ工法 地山パッカ方式の例-2)

エキスパッカ-N工法

液状化防止・地盤強化を効率化、低コストで実現



一般社団法人 日本グラウト協会

108

1) 最新の注入工法 ④ (結束細管多点注入工法 超多点注入工法の例)

超多点注入工法施工手順

掘孔
注入パイプの束に適合した径のケーシングで所定の深度まで掘孔。

シール材の注入
シール材を注入。

注入パイプの挿入
注入深度に合わせて注入パイプの束を挿入。

ケーシング引き抜き
ケーシングを引き抜き、注入パイプの位置を固定。

注入完了
低圧出、低圧での注入を開始。

一般社団法人 日本グラウト協会 109

超多点注入工法

一般的な薬液以外の材料に際しても、少量吐出の形態で浸透注入が可能で、土壌浄化工にも適応できます。
低圧出で浸透注入を行う為、軌道や家屋等構造物への変位を抑制して、注入できます。

一般社団法人 日本グラウト協会 110

1) 最新の注入工法 ⑤ (ダブルパッカ工法 シールグラウト方式の例-1)

Polygon Pipe
2次注入バルブ (L=75cm)
100cm/本
1次注入バルブ

非注入区間
注入区間

一次注入
二次注入

ポリゴンパイプ
シール材
注入材
地盤

パイプ断面構造
注入イメージ

111

New スリーブ注入工法の施工手順

1. ボーリング
2. シールグラウト充填
3. ポリゴンパイプ設置
4. ケーシングロッド引き抜き・撤去
5. 一次注入
6. 二次注入

ケーシングロッド
シールグラウト
一次注入材
二次注入材
ステップフラッグ
注入内管
注入材
ポリゴンパイプ

※ 従来の注入内管(ダブルパッカ)がそのまま使えます。

112

3) 施工事例 ① 港湾護岸の液状化対策

工事名: 仙台塩釜港仙台港区中野地区岸壁(-12m)改良外工事
 工事場所: 宮城県 仙台新港 高松埠頭
 施工時期: 平成18年11月～平成19年3月 注入量: 3,485m³



一般社団法人 日本グラウト協会

117

—震災後の状況—



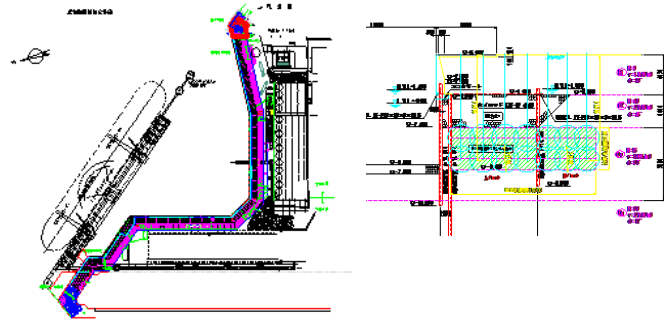
液状化対策済みの位置

一般社団法人 日本グラウト協会

118

3) 施工事例 ② 港湾護岸の液状化対策

工事名: 民間岸壁耐震補強工事
 工事場所: 茨城県鹿島港
 施工時期: 平成21年1月～平成21年5月 注入量: 4,293m³



一般社団法人 日本グラウト協会

119

—震災後の状況—



撮影 平成23年3月16日

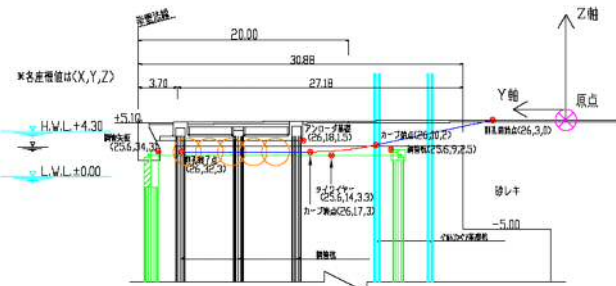
一般社団法人 日本グラウト協会

120

3) 施工事例 ③ 橋型クレーン基礎への液状化対策

※孔間距離(番号ラインNo.5及びNo.17を除く)

入射角 12°
曲線半径 30R(約直1曲線)
間隔 25.881m



平成19年度 八代港(外港地区)岸壁(-14m)改良工事:
2007年8月~2008年3月
一般社団法人 日本グラウト協会

121

3) 施工事例 ③ 橋型クレーン基礎への液状化対策

施工状況

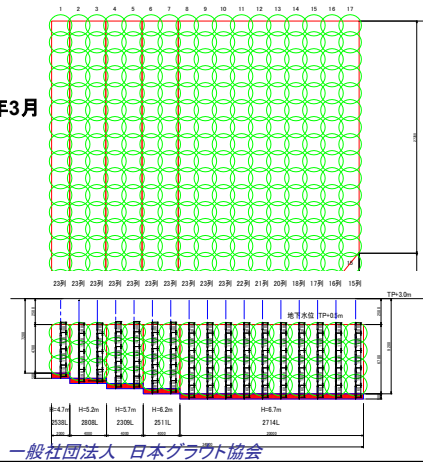


一般社団法人 日本グラウト協会

122

3) 施工事例 ④ 空港施設の液状化対策

仙台空港B滑走路
地盤改良工事(その2):
平成21年10月~平成22年3月



一般社団法人 日本グラウト協会

123

※施工状況写真

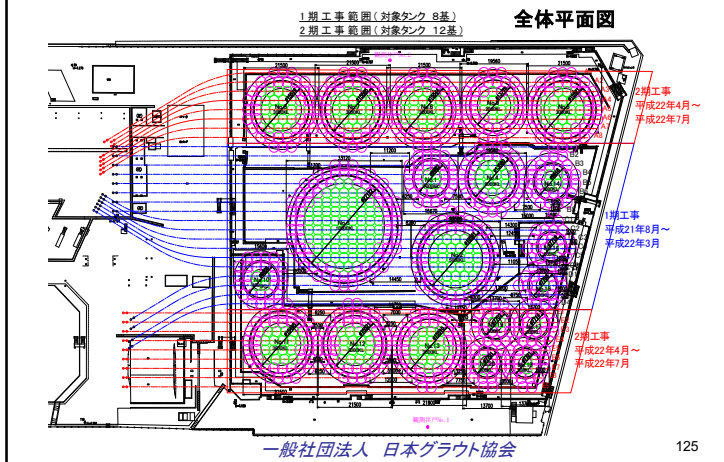
仙台空港B滑走路地盤改良工事(その2):
平成21年10月~平成22年3月



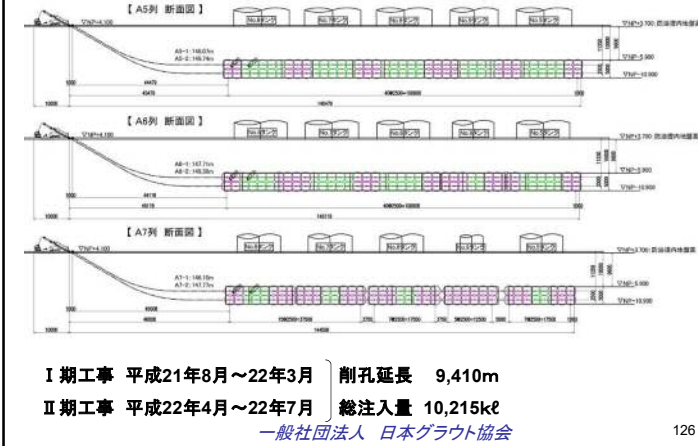
一般社団法人 日本グラウト協会

124

3) 施工事例 ⑤ 旧法タンクの液状化対策

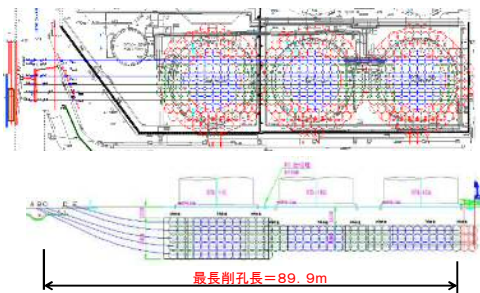


3) 施工事例 ⑤ 旧法タンクの液状化対策



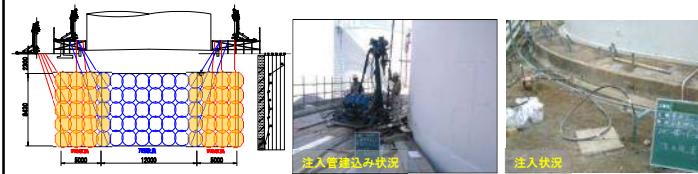
3) 施工事例 ⑥ 旧法タンク基礎地盤の液状化対策

- ・工事件名: 某工場旧法特定タンク新基準適合化工事
- ・工事場所: 三重県
- ・施工時期: 2011年

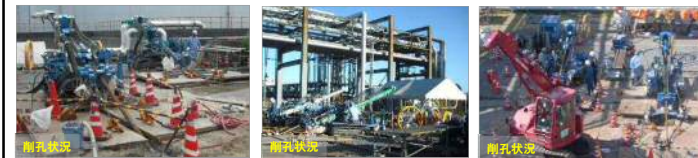


- ・土質条件:
礫混じり砂 (N=10)
 $F_c = \text{約} 10\%$
- ・設計基準強度:
 $q_u \geq 50 \text{ kN/m}^2$
- ・施工数量:
①鉛直・斜削孔
施工本数: 267本
削孔延長: 2,741m
総注入量: 1,192kL
②曲がりポーリング
施工本数: 30本
削孔延長: 2,112m
総注入量: 1,213kL

マルチストレーナ工法の適用 (タンク周囲の鉛直・斜削孔)

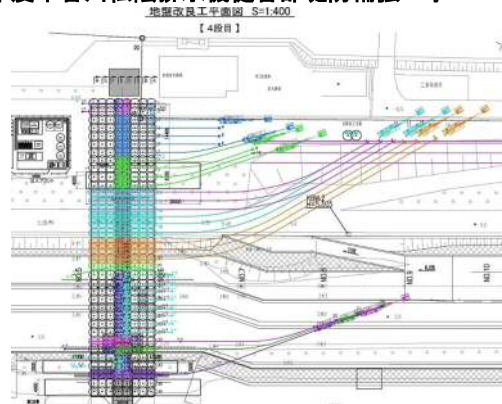


グラッドフレックスモール工法の適用 (タンク直下部)



3) 施工事例 ⑦ 堤体補強及び樋管の液状化対策

平成21年度木曾川松蔭排水機樋管部堤防補強工事



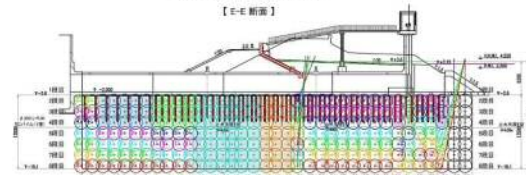
一般社団法人 日本グラウト協会

129

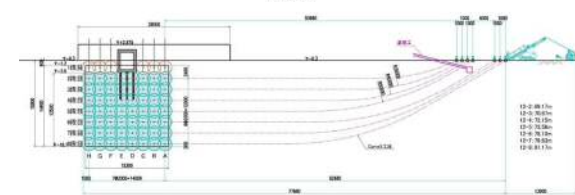
3) 施工事例 ⑦ 堤体補強及び樋管の液状化対策

地盤改良工断面図 S=1:300

【E-E断面】



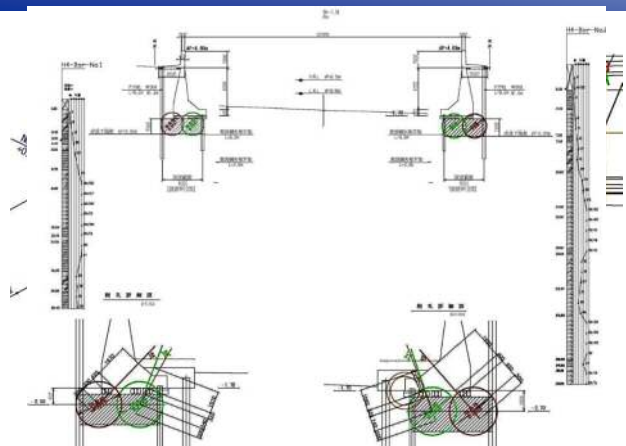
【12列目】



一般社団法人 日本グラウト協会

130

3) 施工事例 ⑧ 防潮堤の耐震補強工事



一般社団法人 日本グラウト協会

131

※施工状況



東京都発注防潮堤耐震工事:
平成22年施工 注入量 1,700kℓ

一般社団法人 日本グラウト協会

132

3) 施工事例 ㊟ 開削立坑底盤部の止水・地盤強化

発注者 : 横浜市道路局建設部建設課
 工法名 : Newスリーブ注入工法 □1.35×1.186m=1.60m²/本
 施工数量 : 施工本数 2,304本、削孔長 (平均 17.70m)、
 注入長 (平均 3.0m)
 (第1回目 計画注入量 一次注入 1,074.9kℓ
 二次注入 2,291.3kℓ 計 3,366.2kℓ)

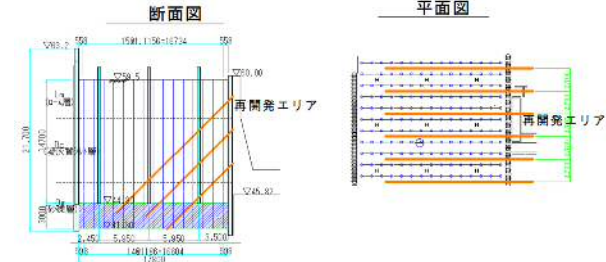


133

3) 施工事例 ㊟ 開削立坑底盤部の止水・地盤強化

(1)適用理由:

開削時の盤膨れ防止対策として、底盤改良が計画されていたが、隣接する建築の土留めアンカー(2.7mピッチ)が先行設置されていたため、それを避け注入孔を1.35mピッチに配孔する必要があった。Newスリーブ注入工法は、**孔間隔を広げ施工が可能であることから、提案し採用された。**



134

3) 施工事例 ㊟ 開削立坑底盤部の止水・地盤強化

◆ 施工状況



◆ 施工結果

・透水試験において、**透水係数が1オーダー以上の低減**を確認した

135

ご静聴ありがとうございました。