

超多点注入工法

東亜建設工業株式会社 大野康年

1 はじめに

当該工法は恒久グラウト材を用いた薬液浸透注入工法の一つで、従来の地盤改良工法では対応が困難であった既設構造物直下地盤の液状化対策および岸壁・護岸背面土砂の吸い出し防止対策を可能とした技術である。本文では本技術の概要、特長について述べるとともに適用例および今後の展開について報告する。

2 超多点注入工法の概要

2.1 工法概要

当該工法は、薬液浸透注入工法の一つで、地盤内の任意の場所へ薬液の注入圧を低くして注入を行うことにより地盤の構造の変化を抑えようとする地盤改良工法である。当該工法¹⁾の概念図を図-1(a)(b)に示す。当該工法では、数十から数百という逆止弁機能のついた大量のノズルを地盤中に配置し、各ノズルから毎分0.5~8.0リットルという低吐出・低圧で注入を同時に行うことによって改良体を形成する。このような注入方法により地盤の割裂を伴わない浸透注入を行う。注入薬液である特殊シリカ液²⁾は、水ガラスのアルカリをイオン交換によって完全に除去して得られる純粋なシリカからなる活性シリカコロイドがベースで、薬液注入による改良体形成後の劣化原因であるアルカリを含まないため、改良体からのシリカの溶脱がほとんど無く、長期耐久性に優れている。また、水質保全などの環境面にも優れている。

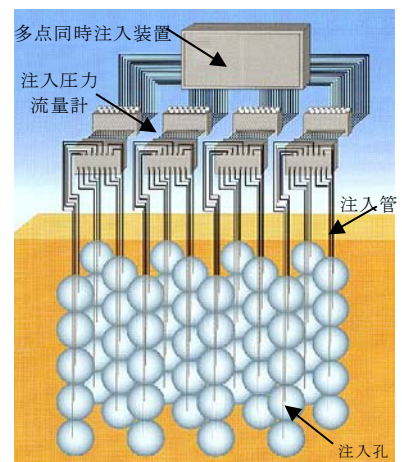


図-1(a) 工法概要[鉛直斜め削孔方式]

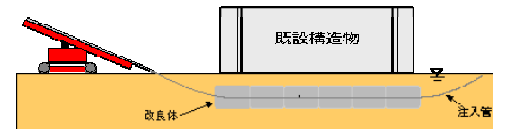


図-1(b) 工法概要[水平誘導削孔方式]

2.2 施工手順

当該工法の施工手順を図-2(a)(b)に示す。

(1) 鉛直斜め削孔方式

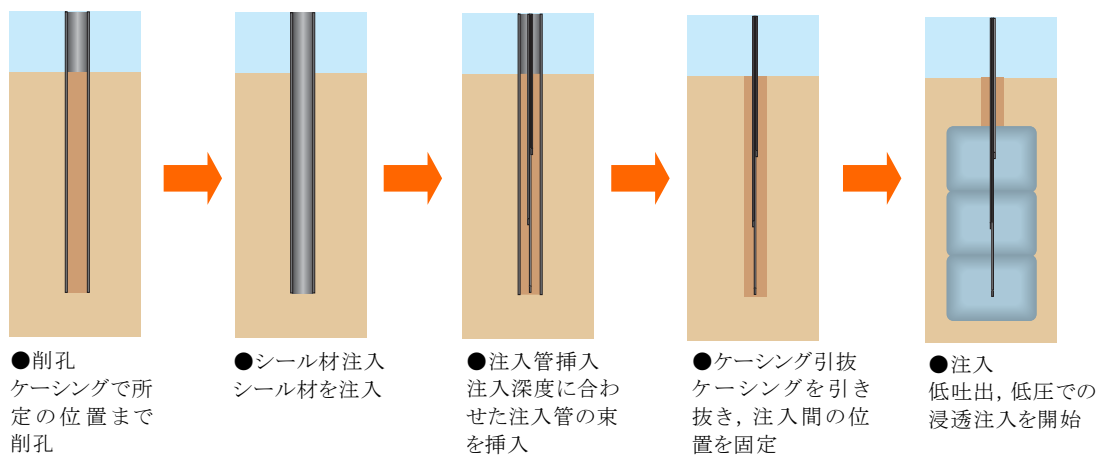
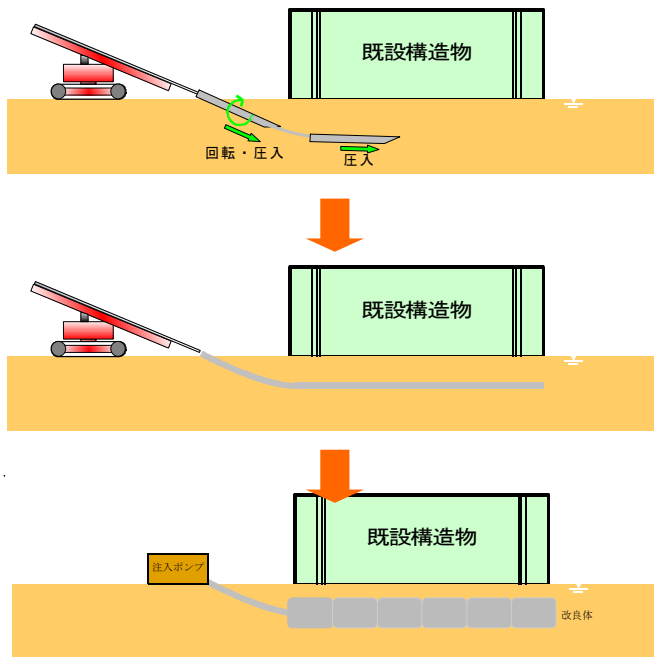


図-2(a) 施工手順 [鉛直斜め削孔方式]

(2) 水平誘導削孔方式



●水平誘導削孔

削孔ロッドに内蔵してある発信装置からの電磁波を受信しながら計画線上に常時位置するよう方向修正を加え、屈進削孔する。誘導方法はドリルヘッドの修正板で操作され、直進は回転・給圧により、また方向修正は給圧による修正板と地山の反力により方向制御される

●注入管の挿入・削孔ロッドの引抜

注入管を所定の地盤中に固定し、シール材を充填しながら削孔ロッドを引き抜く

●注入

地盤中に設置された注入管から低吐出・低圧で浸透注入を行うことにより改良体を形成する

図一2(b) 施工手順 [水平誘導削孔方式]

2.3 工法の特長

当該工法の特長を1)～6)に示す。

- 1) 狭い場所で施工が可能である。
- 2) 既設構造物への影響がほとんど無い。
- 3) 低騒音・低振動である。
- 4) 多点同時注入により従来の浸透注入工法より施工効率がよい。
- 5) 耐久性のある改良体を造成できる。
- 6) 水平誘導削孔方式では曲率半径が $R=25\text{m}$ と急カーブ削孔が可能である。

3 適用例

当該工法の液状化対策工事への適用例を示す。

3.1 既設防潮堤前面埋立て地盤の液状化対策例³⁾

当該事例は、昭和20年～30年代に築造された防潮堤の改修にあたり、既設防潮堤の前面地盤を地盤改良するものである。工事サイトの地盤構成は、地表面から細砂を主体とした埋立て層が約8mにわたって堆積し、その下部に砂質シルト、粘土層が分布する。地下水位は、低水位(L.W.L.)時に $GL-0.5\text{m}$ である。改良対象とする埋立て層(細砂)の土粒子密度 ρ_s は $2.66\sim 2.78\text{ g/cm}^3$ 、平均粒径 D_{50} は $0.3\sim 0.6\text{ mm}$ 、均等係数 U_c は $2.7\sim 6.4$ 、細粒分含有率 F_c は $2.5\sim 19.2\%$ である。工事の平面図、断面図を図-3に示す。改良は、地盤内に設置された462ポイントの注入孔(平面方向に $\phi 2.5\text{m}$ の改良体77孔、断面方向に6ポイント)より薬液を浸透注入した。薬液の注入は、薬液の逸走防止のため、改良範囲最上部と最下部の注入後、残りの改良範囲の注入を実施した。また、多点同時注入時の注入圧の干渉を防ぐため千鳥位置での注入を原則とした。

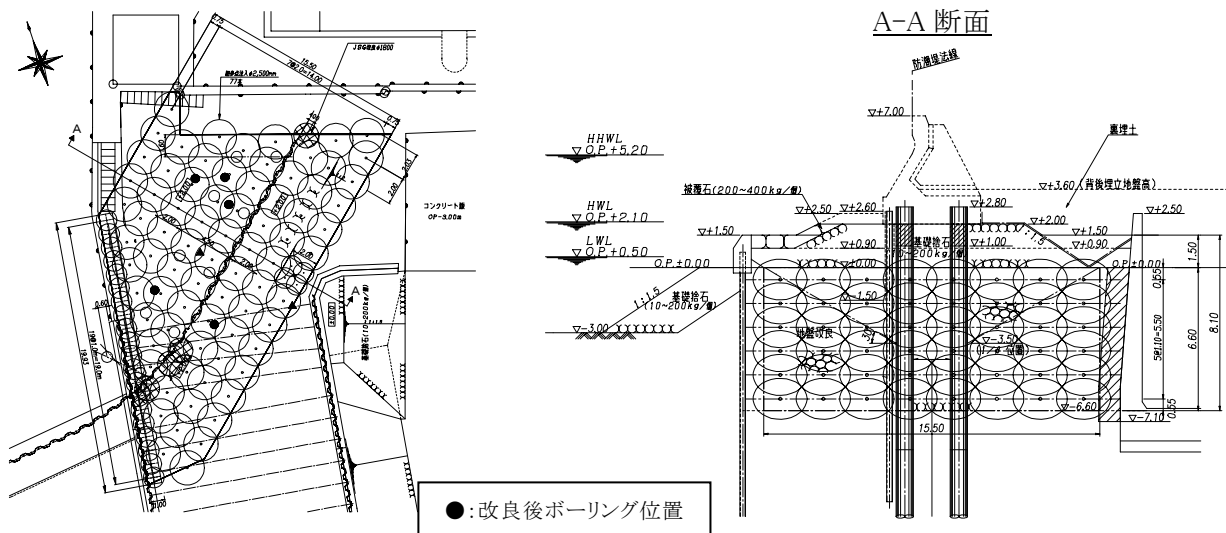


図-3 改良平面・断面図

改良効果を確認するため図-3 に示すボーリング位置にて改良体の不攪乱試料を採取して室内試験を実施した. 図-4 に改良体の一軸圧縮強度 q_u の深度分布を示す. 改良体の一軸圧縮強度は改良上層 (GL-1.0m): 70~140 kPa, 改良中層 (GL-4.5m): 90~170 kPa, 改良下層 (GL-6.7m): 80~260 kPa の範囲に分布し, 平均で $q_{uf} = 130$ kPa であり, 目標改良強度 $q_{uck} = 100$ kPa を満足する. また, GL-3.0m 付近の改良体から採取した不攪乱試料を用いて非排水繰返し中空ねじり試験を実施した. 試験時の拘束圧は採取位置における有効土被り圧から $\sigma_c = 59$ (kPa) とした. 図-5 に 7.5%せん断ひずみ両振幅における繰返し回数とせん断応力比の関係を示す. 改良体の液状化強度比 R_{20L} (20 回の繰返しせん断によってせん断ひずみ両振幅が 7.5% に達するようなせん断応力振幅) は $R_{20L(impr.)} = 0.51$ となり目標改良強度比 0.5 を満足している.

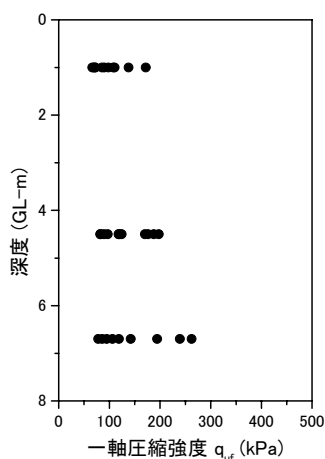


図-4 改良体の一軸圧縮強度分布

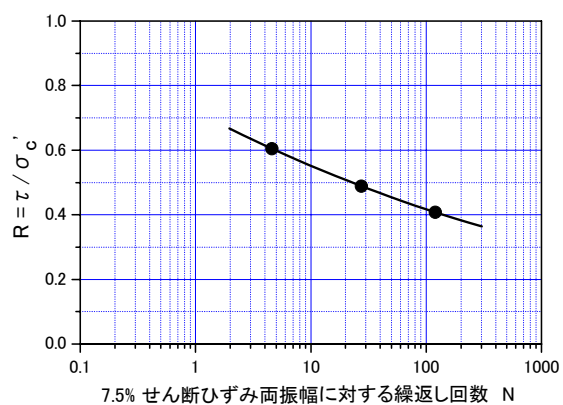


図-5 繰返し回数とせん断応力比関係

3. 2 ボラート基礎地盤の液状化対策例⁴⁾

当該事例は, ボラート基礎地盤を地盤改良するものである. 工事サイトの地盤構成は, 地表面から細砂を主体とした埋立て層が4.5m堆積し, その下位にシルト混じり細砂層, 細砂層が分布する. 地下水位は, GL-2.0m, 改良対象となる埋立て層の物理特性は, 土粒子密度は $\rho_s = 2.66$ g/cm³, 細粒分含有率 $F_c = 4.0 \sim 5.7$ %, 平均粒径 $D_{50} = 0.2$ mm, 均等係数 $U_c = 1.7 \sim 1.9$ である. 改良平面, 断面図を図-6に示す. 削孔は, 地

下埋設物を考慮し、水平距離約20m離れた地表面より水平誘導削孔方式にて深度GL-3.0m～GL-5.0mの範囲を改良した。

改良効果を確認するため改良約1ヶ月後、改良体GL-4.0m位置にて改良体の不攪乱試料を採取し、非排水繰返しねじりせん断試験を実施した。図-7に7.5%せん断ひずみ両振幅における繰返し回数とせん断応力比の関係を示す。改良体の液状化強度比 $R_{20L(imp)} = 0.65$ は、未改良地盤の液状化強度比 $R_{20L(not imp)} = 0.25$ の2.5倍程度に大きくなっており、十分な改良効果が認められる。

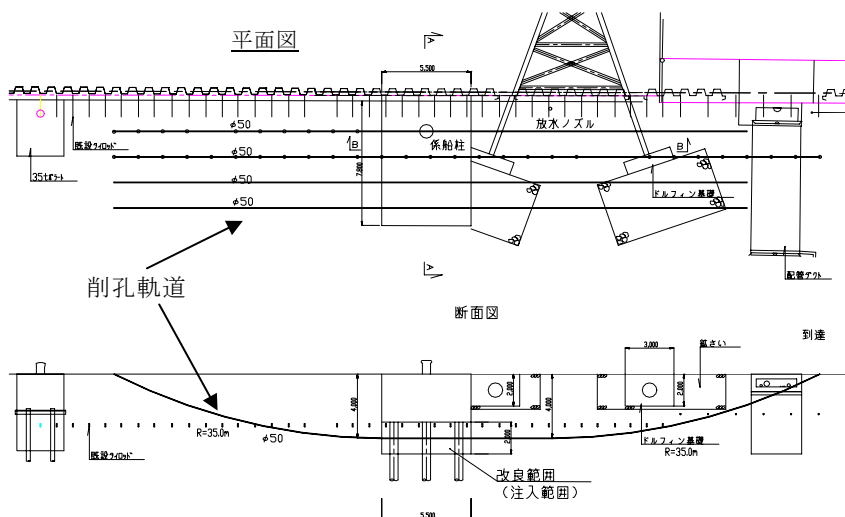


図-6 改良平面・断面図

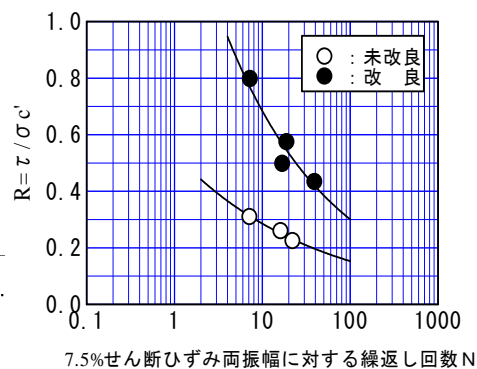


図-7 繰返し回数とせん断応力比関係

4 主な工事実績

- 1) 尼崎西宮芦屋港海岸地区閘門(改良)築造工事(その24)【国土交通省近畿地方整備局】(液状化対策)
- 2) 平成15年度 千葉港改修工事(岸壁改良)【千葉県】(液状化対策)
- 3) 中城湾港(新港地区)西岸壁(-7.5m)改良工事【沖縄県】⁵⁾(吸い出し防止対策)
- 4) 基地護岸背面液状化対策工事(平成16年度)【志布志石油備蓄株式会社】
(液状化対策・吸い出し防止対策) 他 20 件

5 今後の展開

当該技術は、地盤中を自在に改良することが可能で、低圧で薬液を注入することから周辺構造物への影響がない特長を有することから従来工法では適用が困難であった箇所への適用の改良等、広範な適用範囲が考えられる技術である。今後は旧法タンク基礎地盤、供用中滑走路基礎地盤およびケーソン直下の置換砂等の液状化対策等に本技術を積極的に提案していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 地盤工学会：地盤工学・実務シリーズ18「液状化対策工法」pp.332-335.
- 2) 米倉亮三他：恒久グラウトー第1回恒久グラウトの恒久性のメカニズムー，土木施工，Vol.40 No.7, pp.99-106, 1996
- 3) 榊俊博他：多点浸透注入工法による既設防潮堤前面埋立て地盤の液状化対策例，第6回地盤改良シンポジウム(2004).
- 4) 大野康年他：HDD工法を利用した薬液注入工法の開発とその適用例，第15回非開削技術研究発表会講演集(2004)
- 5) 照屋義昭他：多点浸透注入工法による岸壁背面砂地盤の吸い出し対策例，第40回地盤工学研究発表会講演集(2005)