

再調査結果報告書

目次

1. 対象工事における虚偽報告等の不正の有無	1
1.1 千葉港千葉中央地区岸壁(-12m) 他地盤改良等工事	1
(1) 工事概要	1
(2) 薬液注入工に関する経緯	1
(3) 本工事における虚偽報告等の不正の有無の確認結果	2
1.2 伏木富山港(新湊地区)泊地(-10m)護岸築造外 1 件工事	
(1) 工事概要	5
(2) 薬液注入工に関する経緯	5
(3) 本工事における虚偽報告等の不正の有無の確認結果	6
2. 施工不良が発生した要因	9
2.1 千葉港千葉中央地区岸壁(-12m) 他地盤改良等工事	9
2.2 伏木富山港(新湊地区)泊地(-10m)護岸築造外 1 件工事	10
3. 施工後の事後ボーリング調査において、設計強度を満足する一軸圧縮強度が確認された要因	14
3.1 千葉港千葉中央地区岸壁(-12m) 他地盤改良等工事	14
3.2 伏木富山港(新湊地区)泊地(-10m)護岸築造外 1 件工事	15

平成 28 年 10 月 20 日

東亜建設工業株式会社

1. 対象工事における虚偽報告等の不正の有無

1.1 千葉港千葉中央地区岸壁(-12m) 他地盤改良等工事

(1) 工事概要

表-1.1 工事概要

工事名	平成27年度 千葉港千葉中央地区岸壁 (-12m) 他地盤改良等工事
工事場所	千葉県 千葉市中央区中央港1丁目地先
工期	平成27年6月16日～平成28年3月18日
発注者	国土交通省 関東地方整備局 千葉港湾事務所
注入工法	バルーングラウト工法
改良目的	土圧低減
設計基準強度	$q_u = 100\text{kN/m}^2$
施工仕様	改良径:2.31m(1段)、削孔長:79.4m
施工数量	削孔本数:40本、注入量:522.8k ℓ
施工体制 (削孔工・注入工)	元請:東亜建設工業(株) 一次下請:信幸建設(株)

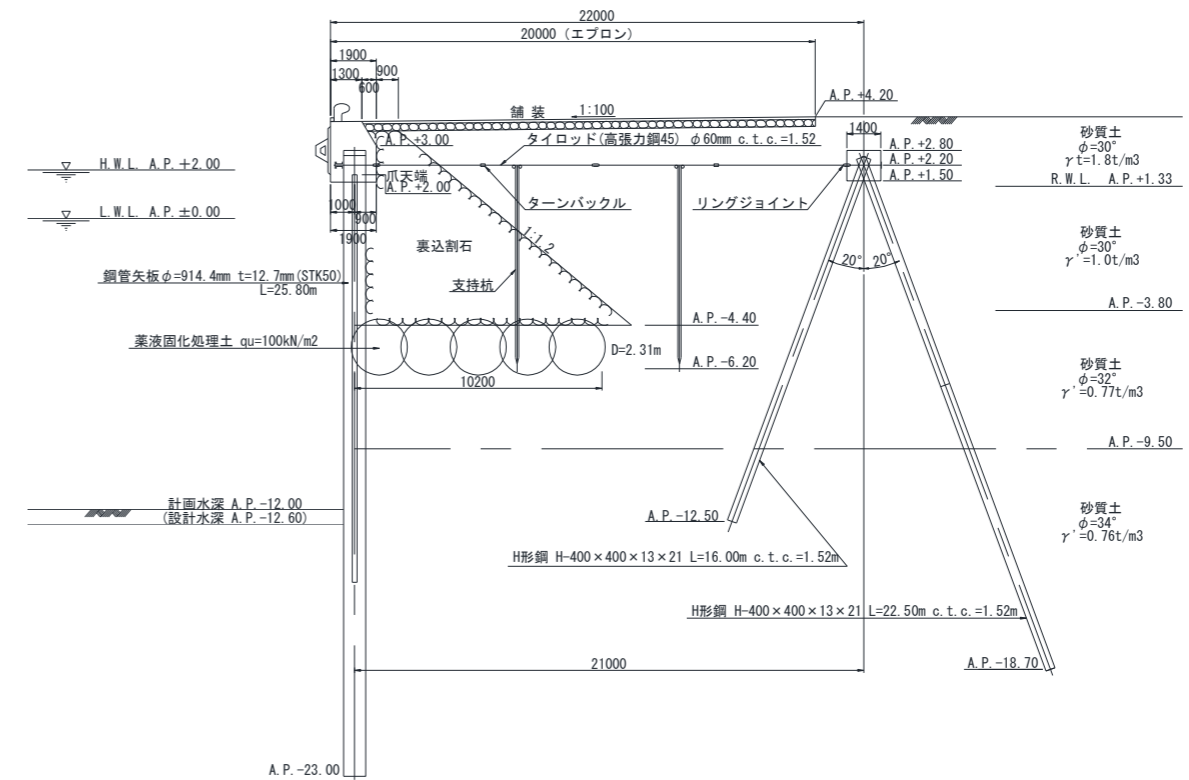


図-1.2 標準断面図

(2) 薬液注入工に関する経緯

H27.6.16...契約

H27.7.13...施工計画説明

H27.9.5...地盤改良工着手

9.10 削孔機キャリブレーション

9.11～11/25 曲り削孔

10.2～10.11 事前ボーリング

10.21 配合試験供試体作成

11.18 配合試験強度確認, 配合報告書提出: シリカ濃度 7%と設定

11.26 注入プラント・キャリブレーション

11.27～12/1 バルーン注入

12.2～12.3 注水試験, 注水試験結果提出: 注入速度 8 ℓ /min

12.5～12.19 本注入

H28.1.6～1.16...CB 注入

H27.1.9～1.11...事後ボーリング

H28.1.14～1.15...事後強度確認

H28.1.14... 事後ボーリング強度確認報告書提出(BG-3)

H28.1.18... 事後ボーリング強度確認報告書提出(BG-1,BG-2)

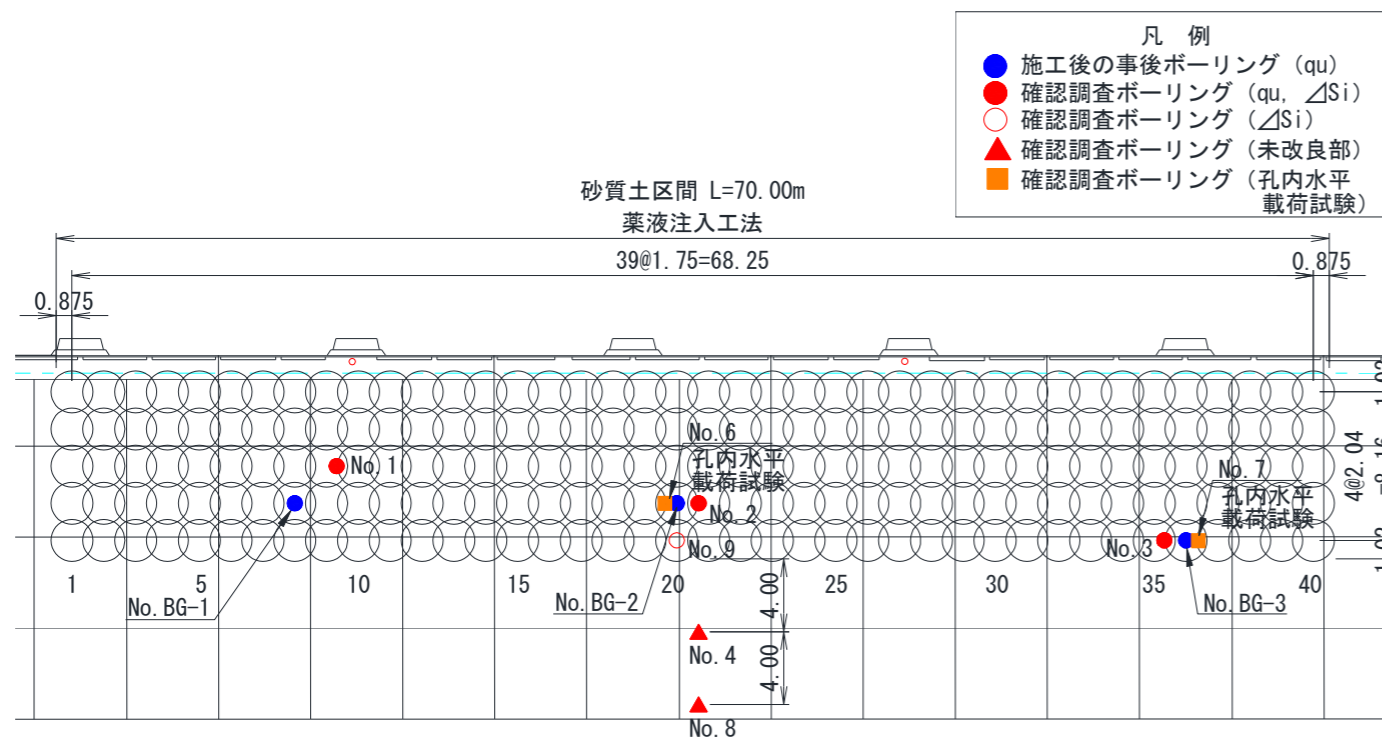


図-1.1 施工平面図 (調査位置図)

(3) 本工事における虚偽報告等の不正の有無に関する調査結果

指示書受領後、今回あらためて以下の検証を行い、虚偽報告等の不正の事実はないことを確認した。

① 本社土木部長による支店関係者への不正事実有無の確認

施工不良があった工事での不正事例を踏まえて、関与の可能性がある支店長、支店土木部長および土木課長に対して、本社土木部長より確認した。

- 1) 社内調査報告書（平成 28 年 7 月 26 日）に記載した、不正や施工不良の内容を把握しているか。
- 2) 現場から不正を行った報告がなかったか。
- 3) 現場から施工不良の報告がなかったか。

② 本社土木部長による工事内容の確認

本社土木部長が支店土木部長に対し、表-1.2 に示す項目・内容を確認した。

表-1.2 本社土木部長による確認項目とその内容

質疑項目	内容
① 曲り削孔管理に使用したシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・ロケータとビーコンで位置を管理・記録した。 ・ジャイロの計測結果は、座標変換ソフトにより位置情報を把握し、ビーコン測定値を確認していた。 ・二次協力会社の計測記録を確認・比較し、完成図書を作成している。 ・削孔の出来形図で計画削孔線と出来形線ずれが生じており、不自然さが無いことを確認した。(図-1.3)
② 注入量管理に使用したシステム	一連の施工不良があった工事と同じシステムを使用した。チャート紙の圧力・流量の記録について、抜き取り検査で同一のチャートがないことを確認した。(図-1.4)
③ 事後調査	<ul style="list-style-type: none"> ・体制：(ボーリング) 興亜開発, (室内試験) 土質基礎研究所 ・協力業者担当者へのヒアリングと工事担当者へのヒアリングにより、実際にサンプリングした試料は、採取率も高く、先端チューブの部分で確認すると、硬質な砂で白色の薬液が浸透・固化していることを現地を確認した。
④ 当該工事に関して、本社からの支援状況、支援者	試験練り、注水試験について、防災事業室室員が支援。(不正に関与していた者ではない。)
⑤ 薬液使用量と産業廃棄物搬出量	<ul style="list-style-type: none"> ・薬液使用量：522.8kℓ 設計数量以上使用した。 ・一次協力業者への検収記録および一次協力業者から薬品メーカーへの支払い伝票記録により、薬液使用量を確認した。 ・最終混練した薬液の残量は少量(0.5m³)のため、産廃処分した。なお、薬液は全て混練し返却はしていない。 ・薬液注入作業中の産廃処理量(建設汚泥)：39m³ ・産廃マニフェストと社内原価実績から不正処理がないことを確認した。
⑥ リークおよび逆流の状況	・薬液の地表面へのリークおよび逆流はなかった。

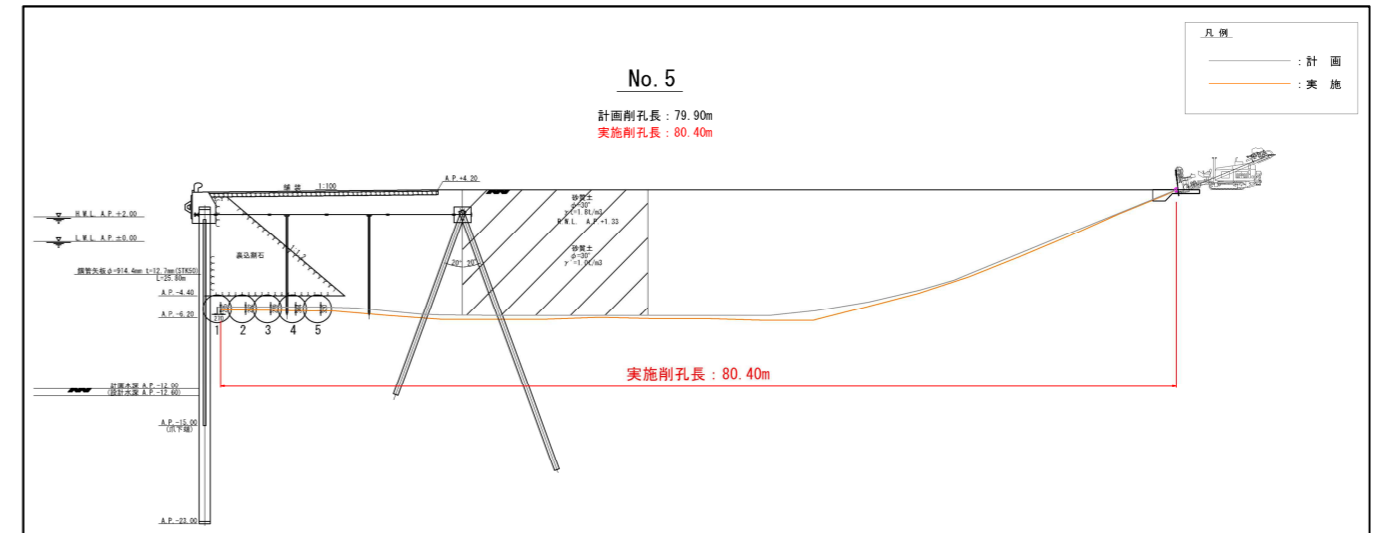


図-1.3 削孔出来形図

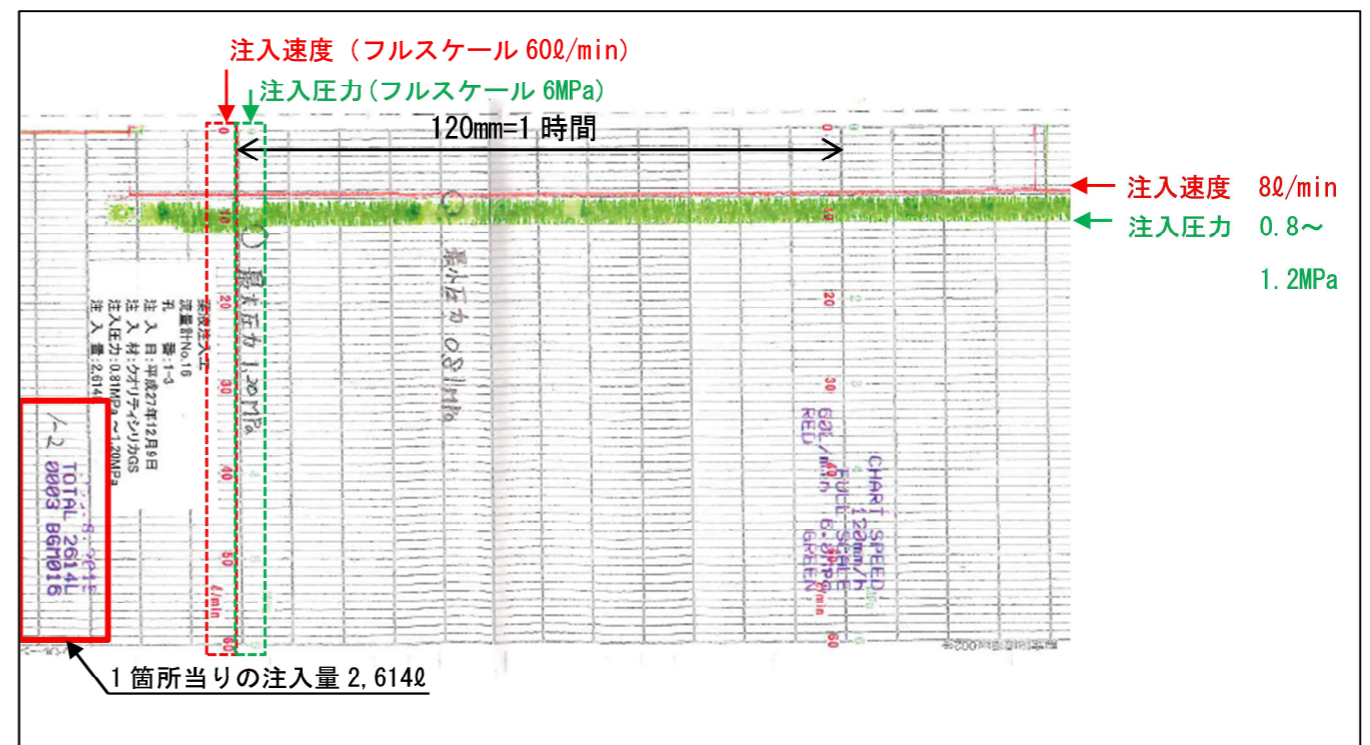


図-1.4 チャート紙の例

③ 本社技術研究開発センター（地盤グループ）によるボーリングデータの検証

本社技術研究開発センター（地盤グループ）が以下の項目を確認した。

1) 供試体の湿潤密度の値

配合試験結果 1.943g/cm³ ，事後ボーリング 1.956g/cm³ と同等であり、原位置から採取したものと判断した。

2) ボーリング記録（ヒアリング結果、写真）

ボーリング状況のヒアリング結果や試料写真の状況を確認した。

3) サンプルングから試験までの日数

他の試料差し替えの事例では、試料採取から試験日までの期間が最短で 9 日間であり、試料採取後に試料作製、養生する日数としては、最低でも 1 週間以上が必要と考えられる。

今回の場合、試料採取から試験日までの期間は最長で 4 日間と短いため、試料の差し替えは無いと判断した。

④ 支店長による工事関係者（現場代理人、一次協力会社職長）へのヒアリング

本社土木部長が確認内容チェックリストを作成し、土木本部長および品質監査室長の確認を受け、支店長に対してヒアリングを実施するよう指示した。支店長は、10 月 12 日に工事関係者（現場代理人、一次協力会社職長）へ完成図書などの控えを基にして、調査を実施した。

【不正行為のあった工事】 （平成27年）	No.1, 2	試料採取 4/10	中10日間	試験日 4/21
	No.3	試料採取 4/13	中9日間	試験日 4/23
【千葉中央地区岸壁】 （平成28年）	BG-3	試料採取 1/9	中4日間	試験日 1/14
	BG-1,2	試料採取 1/10, 11	中3～4日間	試験日 1/15

図-1.5 試料採取から試験日までの日数

確認内容チェックリスト

平成 28 年 10 月 12 日
 確認者：支店長 中野 夏樹

工種	調査項目	判定根拠 調査書類	ヒヤリング 矛盾の有無	判定	摘要
削孔工	削孔位置	<ul style="list-style-type: none"> 削孔誘導点の設置手順 削孔開始位置の誘導手順 削孔作業中の確認手順と結果 削孔出来形管理表 	なし	OK	
	削孔延長	<ul style="list-style-type: none"> 削孔延長測定手順 削孔出来形管理表 	なし	OK	
	削孔出来形	<ul style="list-style-type: none"> 削孔位置の管理手順・方法 計測記録と削孔出来形管理表の整合 	なし	OK	
薬液注入工	薬液搬入量	<ul style="list-style-type: none"> 搬入時の確認内容と手順 薬液受払簿の内容 	なし	OK	
	注入機器理	<ul style="list-style-type: none"> 注入外管構造と挿入手順 注入機器キャリブレーション手順 	なし	Ok	
	混練管理	<ul style="list-style-type: none"> 注入溶液の混合手順と管理手法 ゲルタイム計測方法と管理基準 注入日報記載状況と作成手順 薬液受払簿と注入日報の矛盾の有無 	なし	OK	
	注入時 施工管理	<ul style="list-style-type: none"> 注入管理手順と管理機器の操作手順 チャート紙の記載状況と管理方法 注入日報を記載する際の手順 	なし	OK	
	注入作業 完了時確認	<ul style="list-style-type: none"> 搬入量、混練量と薬液残量の関係 産業廃棄物排出量の正当性 	なし	OK	
	埋戻し	<ul style="list-style-type: none"> 空袋確認 	なし	OK	
事後調査	<ul style="list-style-type: none"> 事後調査報告書 業者ヒヤリング 	なし	OK		
確認結果	上記内容について、施工手順・管理手法と記録保存状況の確認をおこなうとともに立会記録や施工報告書ほかと照合しましたが、矛盾した内容は確認できませんでした。				

施工状況の確認

(削孔工)

(1) 削孔位置

(提出書)基準点測量結果、(報告書)薬液注入工削孔位置確認ならびに施工計画書、作業手順書にもとづき削孔誘導点および削孔開始位置の誘導手順と工事担当者ヒヤリング結果に矛盾がないことを確認した。
 また、削孔作業時は、ケーシングヘッドの向き及び位置の確認は、ケーシングヘッド先端に取付けられた発信器(ビーコン)を地上から探査装置(ロケーター)で確認していること、ジャイロセンサー計測時は、削孔点およびケーシングの向きを誘導点から確認し、チェーンブロックにより固定するなど、測定誤差が少なくなるよう工夫した上で位置計測していることを確認した。

(2) 削孔延長

工事担当者および協力業者職員より、削孔は鋼管矢板まで到達させ、その後、所定の位置まで移動させたことを確認した。
 (報告書)施工サイクルの確認(No22、No21、No17、No14、No9、No31、No40 計7本×各2日)および削孔完了時のケーシング余長(残尺)を測定記録と測定方法を確認し、工事担当者ヒヤリング結果に矛盾がないことを確認した。

(3) 削孔出来形

削孔位置、削孔延長の管理手順・方法を確認した結果と管路位置計測システムによる位置計測により記録された出来形管理表を確認・照査した結果、出来形管理表に不正がないことを確認した。
 ・偏心量 276~426mm [許容偏心量 577mm(社内規格値 462mm)]

(薬液注入工)

(1) 薬液搬入量

薬液搬入時の受入検査(材料確認)の手順と結果、納入伝票(写し)、納入時車両の写真を照合するとともに、材料搬入立会記録を確認した。
 さらに薬液受払簿の照査を行い、工事担当者の聴き取り結果に矛盾がないことを確認した。

(2) 注入機器管理

注入外管の形状寸法と注入位置を照査し、削孔開始位置から注入位置までの距離を確認した。
 注入プラントは、キャリブレーションを実施報告書(H27.11.30 提出)ならびに立会写真を確認し、工事担当者の聴き取り結果に矛盾がないことを確認した。

(3) 混練管理

薬液注入詳細計画書の品質管理基準にもとづき混合手順と測定手順・方法を確認した。比重、pH測定記録、立会写真より注入溶液の混合状態に異常がないことを確認した。
 また、薬液受払簿および注入日報と薬液搬入量のあいだに整合があり、工事担当者の聴き取り結果とも矛盾がないことを確認した。

(4) 注入時施工管理

薬液注入詳細計画書にもとづき、注入管理機器の操作手順とチャート紙の記載状況および記録後の保管状態を確認した。チャート紙には、使用開始時にサインがあり、巻末まで切断・継足しなどの異常がないことを確認した。注入圧力、注入流量に異常がなく、注入日報とチャート紙に整合があり、工事担当者の聴き取り結果に矛盾がないことを確認した。

(5) 注入作業完了時確認

注入作業完了時における各薬材の残量確認方法を確認し、搬入量と混練量および残量の整合性を確認した。(報告書)薬液残量確認(H27.12.21 立会)とも整合がとれており、工事担当者の聴き取り結果とも矛盾がないことを確認した。

(6) 埋戻し

使用数量を(報告書)CB空袋確認(H28.1.18.報告書提出)にて確認し、工事担当者の聴き取り結果と矛盾がないことを確認した。

(事後調査)

地盤改良後調査報告書(チェックボーリング結果)および完成図書(写真)を確認し、現場における採取試料と試験所で確認された試料に相違がないこと、工事担当者のヒヤリング結果と不整合がないことを確認した。一軸圧縮試験は立会を受けており、不正や虚偽のないことが確認できた。また、下請担当者へのヒヤリングにより、報告書等の報告内容および工事担当者のヒヤリング結果との整合を確認した。

1.2 伏木富山港(新湊地区)泊地(-10m)護岸築造外1件工事

(1) 工事概要

表-1.3 工事概要

工事名	平成27年度 伏木富山港（新湊地区）泊地（-10m）護岸築造外1件工事
工事場所	富山県 射水市 堀岡新堀地先
工期	平成27年7月28日～平成28年4月28日
発注者	国土交通省 北陸地方整備局 伏木富山港湾事務所
注入工法	二重管ダブルパッカー工法
改良目的	地盤強化
設計基準強度	$q_u = 240\text{kN/m}^2$
施工仕様	改良ピッチ 平面1.0m×深度方向0.33m
施工数量	施工本数：42本、改良土量：307.10m ³ 、注入量：1時注入 16.8kℓ、二次注入109.2kℓ
施工体制 (削孔工・注入工)	元請：東亜建設工業(株) 1次：太洋基礎工業(株)

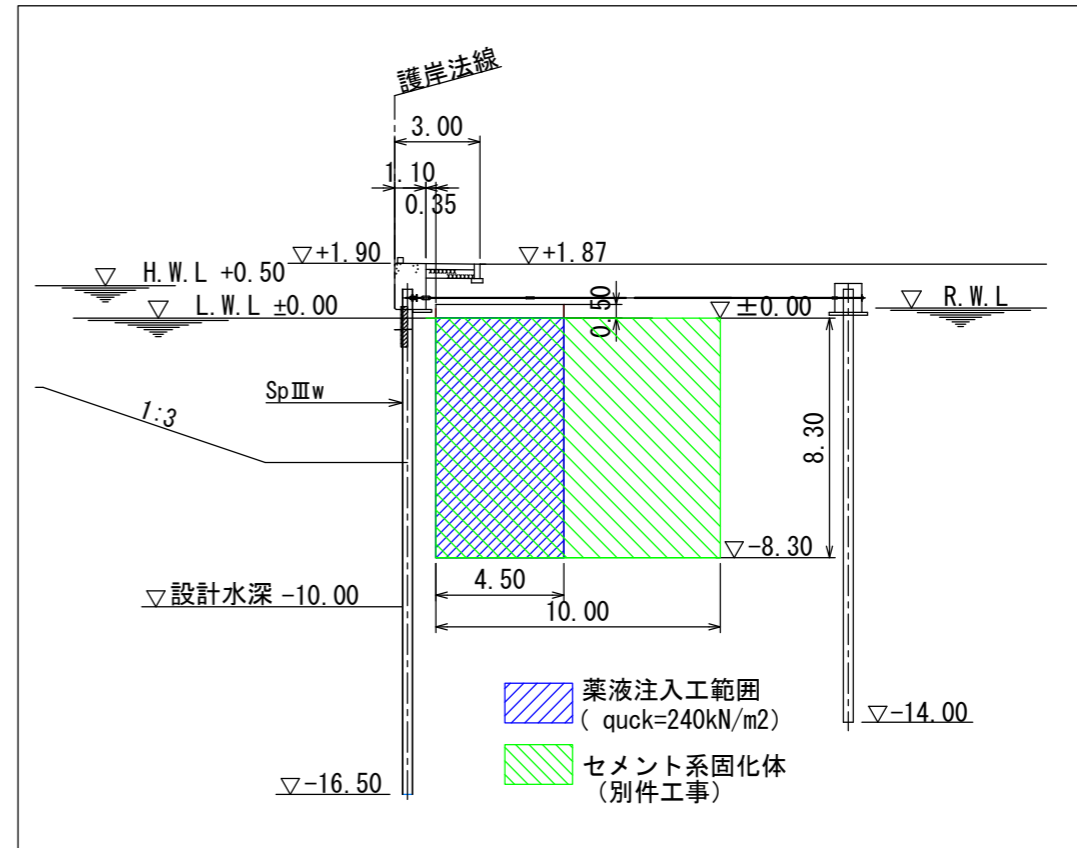


図-1.7 標準断面図

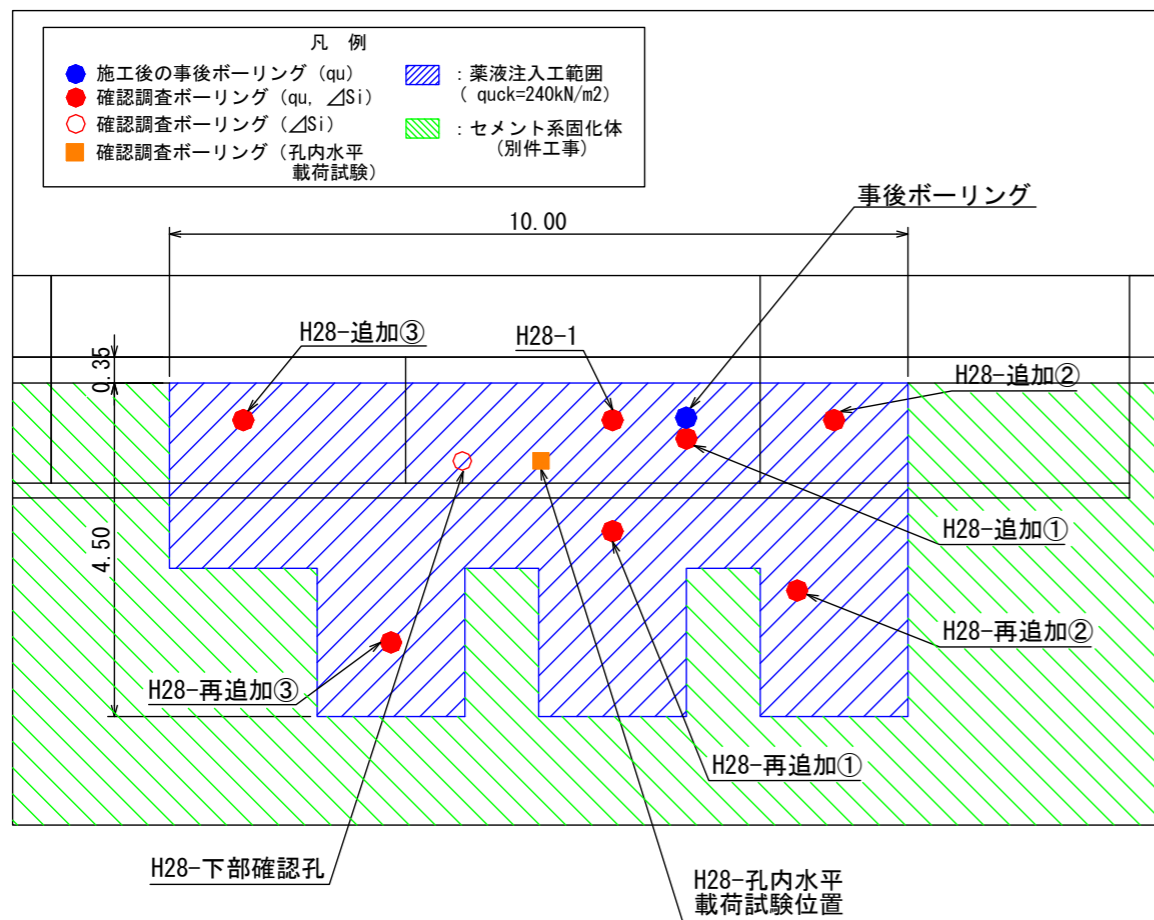


図-1.6 施工平面図 (調査位置図)

(2) 薬液注入工に関する経緯

H27. 7.28…契約

H28. 2. 1…承諾申請書 地盤改良工（東側取付部） 配合試験結果報告書提出

配合試験結果から、シリカ濃度を11%と設定

H28. 2.26～ 3.18…東側取付部 地盤改良実施

2.27～ 3.1…削孔

3.2～ 3.4…一次注入

3.7～ 3.16…二次注入

H28. 3.19…事後ボーリング

H28. 4.5…一軸圧縮試験実施

H28. 4.7…地盤改良工（東側、西側）施工報告書の提出

H28. 4.7…地盤改良工事後調査報告書（西側地盤改良部、東側地盤改良部）提出

(3) 本工事における虚偽報告等の不正の有無に関する調査結果

指示書受領後、今回あらためて以下の検証を行い、虚偽報告等の不正の事実はないことを確認した。

①本社土木部長による支店関係者への不正事実の有無確認

施工不良があった工事での不正事例を踏まえて、関与の可能性がある支店長、支店土木部長および土木課長に対して、本社土木部長より確認した。

- 1) 社内調査報告書(平成28年7月26日)に記載した、不正や施工不良の内容を把握しているか。
- 2) 現場から不正を行った報告がなかったか。
- 3) 現場から施工不良の報告がなかったか。

②本社土木部長による工事内容の確認

本社土木部長が支店土木部長に対し、表-1.4 に示す項目・内容を確認した。

表-1.4 本社土木部長による確認項目とその内容

質疑項目	内容
①削孔管理に使用したシステム	二重管ダブルパッカー工法による鉛直削孔であり、パーカッションドリル機のロット長で管理した。
②注入量管理に使用したシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・一次協力業者の管理装置により管理を行い、不正に使用されたシステムと異なる機器を使用した。 ・注入速度は二重管ダブルパッカー工法であったため、「新訂 正しい薬液注入工法(社団法人 日本グラウト協会 編)」を参考に、標準である8L/minとし、注入圧力の変動を確認しながら施工した。 ・注入圧力はチャート紙(写し)にて、0.2MPa程度で一定していたことを確認した。(図-1.8)
③事後調査	<ul style="list-style-type: none"> ・体制：(ボーリング、室内試験)(株)中部地質試験所 ・協力業者及び工事担当者へのヒアリング結果から、サンプリングした試料の現地での写真と試験室での状況を立会で確認した。
④当該工事に関して、本社からの支援状況、支援者	薬液の選定、配合試験の条件およびゲルタイム設定について、本社防災室室員が支援。(不正に関与していた者ではない。)
⑤薬剤使用量と産業廃棄物搬出量	<ul style="list-style-type: none"> ・薬液使用量 16.8kℓ(一次注入)、109.2kℓ(二次注入) 設計数量以上を使用した。 ・余分に搬入した薬剤は、発注者に残量を確認してもらった後、メーカーに返品した。 QSコロイド、QSセッターは、無償返却 QSバインダー(主剤)は処理費を支払いメーカーへ返却 QSバッファは全て使用 ・薬液の産廃処理はない。
⑥リークおよび逆流の状況	薬液が、地表面へ少量逆流した。その状況は、チャート紙で確認した。

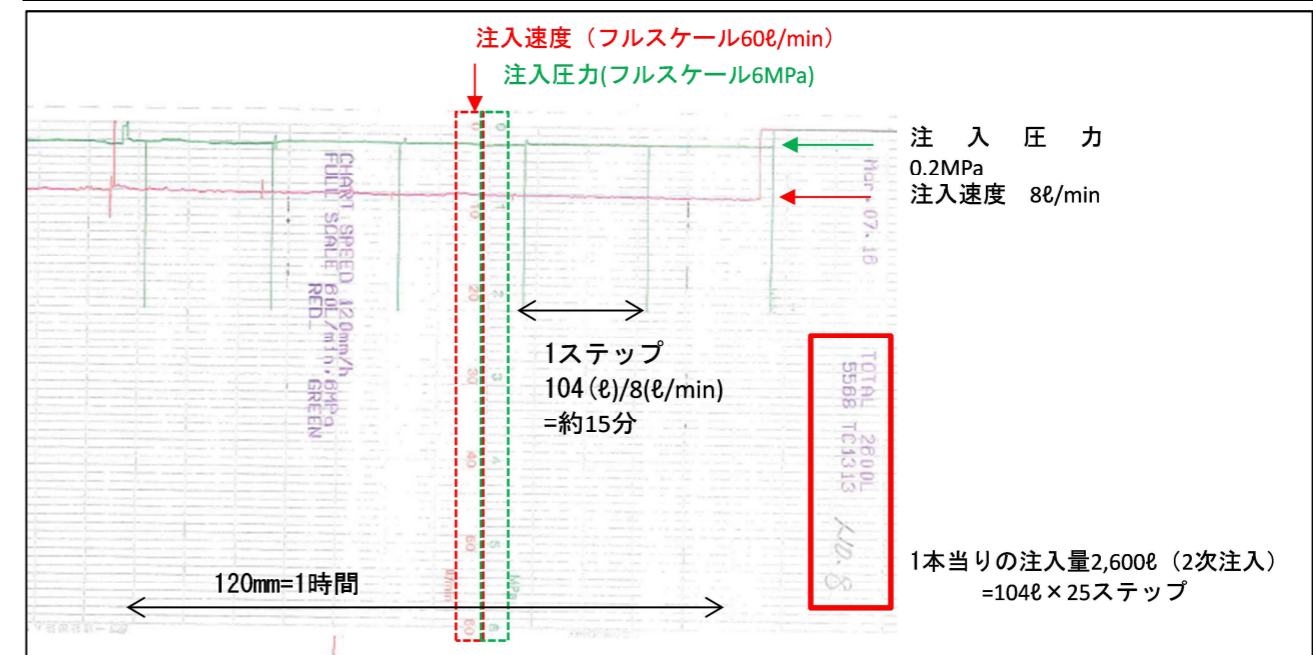


図-1.8 チャート紙の例

③ 本社技術研究開発センター（地盤グループ）によるボーリングデータの検証

本社技術研究開発センター（地盤グループ）は、施工後の事後ボーリング報告書、試料写真、セメント改良位置と施工後のボーリング位置関係、近傍のボーリング結果から、事後ボーリングで採取した試料は、セメント系固化体であると判断した。

④ 支店長による工事関係者（現場代理人、一次協力会社職長）へのヒアリング

本社土木部長が確認内容チェックリストを作成し、土木本部長および品質監査室長の確認を受け、支店長に対してヒアリングを実施するよう指示した。支店長は、10月13日に工事関係者（現場代理人、一次協力会社職長）へ完成図書などの控えを基にして、調査を実施した。

確認内容チェックリスト

平成28年10月13日
確認者：支店長 木村 好孝

工種	調査項目	確認書類等	判定 (10/13) 整合:○ 不整合:×
削孔工	削孔位置	施工計画書(施工位置図、施工断面図) 写真(施工位置マーキング立会)	○
	削孔先端位置 削孔長	写真(施工基面高さ確認、ケーシング検尺、削孔後残尺確認)	○
	削孔方法	施工計画書(鉛直削孔、ロータリーパーカッションドリル使用) 写真(施工状況写真)	○
薬液注入工	使用材料	品質証明書	○
	搬入数量	注入日報(入荷量) 受払一覧表 納品伝票 写真(材料搬入立会、残量確認立会)	○
	注入速度、圧力	チャート紙(注入速度8L/min、圧力0.2MPa程度)	○
	注入状況	チャート紙(注入速度、圧力に大きな変化無し) 注入日報(注入位置、注入量、材料使用量、比重、pH、ゲルタイム) 写真(注入ホース長さ確認、注入状況確認)	○
	注入量	施工計画書(注入量8L/min) 写真(キャリブレーション) チャート紙、チャート紙記録内訳表(注入量確認) ・チャート紙の送り速度…120mm/h(印字)→2mm/min→8L/2mm→4L/mm ・1次注入…400L/本(25ステップ)→16L/ステップ→チャート紙では4mm/ステップ ・2次注入…2600L/本(25ステップ)→104L/ステップ→チャート紙では26mm/ステップ 注入日報(注入位置、注入量、材料使用量、比重、pH、ゲルタイム、注入量累計)	○
	チャート紙	チャート紙へのサイン確認(監督者又は施工管理員のサインあり) チャート紙の改竄(切り貼り等)なし ※チャート紙(本書)は、伏木富山港湾事務所に送付しており、確認できず。開取り。	○
	段階確認対象と 対象外の比較	地盤改良工(東側)二重管ダブルパッカー報告書(注入量一覧表、注入日報) チャート紙(日付、注入数量) 写真(材料搬入立会、残量確認立会) 納品伝票	○
	使用後の薬液の 検収	写真(材料搬入立会、残量確認立会) 注入量・材料使用量確認一覧表(設計値以上の確認)	○
事後調査	注入後の地盤強度 (記録の確認)	地盤改良後調査報告書(チェックボーリング)(一軸圧縮試験結果) 写真(チェックボーリング状況、試料採取、一軸圧縮試験立会)	○
	受注者側の不自然な 行為	ボーリング調査実施者((株)中部地質試験所) 写真(チェックボーリング状況、試料採取、一軸圧縮試験立会)	○

・完成図書(データ)を双方で再確認。
・上記内容について、施工手順・方法、管理内容についてヒアリングを実施し確認を行うとともに、完成図書(立会記録、施工報告書、写真他)と照合しましたが、矛盾や不整合は確認できませんでした。

施工状況

(削孔工)

(1) 削孔位置

基準位置（東岸壁と東側取付部の境）、上部工の天端高ならびに施工計画書（施工位置図、施工断面図）に基づき、地盤改良範囲、削孔位置が設計通りであることを確認した。

削孔は鉛直で削孔深度も一定であることから、ケーシング使用数量およびケーシング残尺を定め、削孔位置に建て込み所定の深度まで削孔したことを完成図書（写真）にて確認し、工事担当者ヒアリング結果に矛盾のないことを確認した。

(2) 削孔先端位置、削孔長

工事担当者および下請担当者が、ケーシング残尺の確認により所定の深度まで削孔したことを完成図書（写真）にて確認した。削孔時の施工基面高、施工状況（鉛直削孔）、ケーシング使用数量および削孔完了時のケーシング残尺を完成図書（写真）にて確認し、所定の深度まで削孔されたこと、工事担当者ヒアリング結果に矛盾のないことを確認した。

(3) 削孔方法

施工計画書および完成図書（写真）を確認し、計画された通りの機械を使用して削孔されたことを確認した。

(薬液注入工)

(1) 使用材料、搬入状況

完成図書（写真）により安全データシートを確認し、所定の薬液材料が搬入されたことを確認した。また、薬液材料搬入時の受入検査（立会）の状況と結果、納入伝票（写し）、受払一覧表を照合するとともに、材料搬入記録を確認し、薬液材料が必要量搬入されたことを確認した。

(2) 注入速度・圧力、注入状況、チャート紙

チャート紙は、監督員（または施工管理員）のサインがあるものを使用し、巻末まで切り貼り等の異常のないことをヒアリングにより確認した。また、チャート紙（写し）に記録された注入速度および圧力により計画書通りの注入がなされたことを確認し、注入日報、完成図書（写真）、比重、pH、ゲルタイム等の記録により、薬液の状態や注入状況の工事担当者ヒアリング結果に不整合のないことを確認した。

(3) 注入量

必要注入量（改良対象範囲から算出）と施工計画書を照合し、設定された薬液注入量に相違のないこと、注入箇所当りの注入量に矛盾のないことを確認した。チャート紙から実注入量を算出し、薬液が設定通りに注入されたことを確認するとともに、薬液材料の搬入量、残量、受払簿、注入日報とも照合し、所定通りの薬液注入が実施されたこと、不正や虚偽のないことを確認した。

(4) 段階検査・確認の実施、使用後の薬液の検収等

施工前の使用機器のキャリブレーション、薬液材料搬入検査、削孔位置確認、薬液材料残量確認、チャート紙へのサインの記入、削孔長確認、注入量の確認と帳票（注入日報、受払簿等）への記録等、立会および確認状況を照査したところ、段階ごとに検査が実施され、記録されたことが確認できた。また、薬液材料搬入量、注入量、注入日報、受払簿には整合があり、工事担当者のヒアリング結果に不整合のないことを確認した。

(事後調査)

地盤改良後調査報告書（チェックボーリング結果）および完成図書（写真）を確認し、現場における採取試料と試験所で確認された試料に相違がないこと、工事担当者のヒアリング結果と不整合がないことを確認した。一軸圧縮試験は立会を受けており、不正や虚偽のないことが確認できた。また、下請担当者へのヒアリングにより、報告書等の報告内容および工事担当者のヒアリング結果との整合が確認された。

2. 施工不良が発生した要因

2.1 千葉港千葉中央地区岸壁(-12m) 他地盤改良等工事

本工事では、『薬液のゲルタイム』、『施工断面』および『土質のバラツキ』に起因する3つの要因によって、出来形にばらつきが生じやすい状況であり、施工不良が存在している可能性がある。

要因①：薬液のゲルタイムに起因するもの(薬液の pH 調整)

溶液型薬液注入工法では、酸性の薬剤を用いて pH 調整し、薬液のゲルタイムを設定する。

当社が使用する溶液型薬液では、強酸（希硫酸）のみでの調整を行う一方、類似工法(浸透固化処理工法)では、強酸（希硫酸）に加えて弱酸（クエン酸）を用いて pH 調整を行う。よって、BG 工法は類似工法と比較して、細かな pH の調整が難しい傾向がある。したがって、BG 工法では、特に埋立土などばらつきのある土砂を対象とした場合、ゲルタイムは長めに設定している。

薬液は地下水より比重が大きいため（比重：1.08）、ゲル化する前に原位置において沈降する傾向があるともいわれている¹⁾。したがって、ゲルタイムが長い場合、改良対象層の下部に薬液が沈降し、低強度部となる部分ができる可能性がある。

表-2.1 は、今回実施した確認調査で、注入対象範囲からその下部までのシリカ含有量を計測した結果である（ボーリング No.9）。注入対象深度より深い部分でシリカ含有量が多くなっている傾向がみられ、薬液が沈降した結果を示している可能性が高い。

【参考文献】1) marine voice 21, 2011, Winter, vol. 272

表-2.1 薬液注入範囲とその下部におけるシリカ含有量（ボーリング No.9）

採取深度 GL(-m)	薬液注入範囲			注入範囲の下部				
	8.6	9.4	10.5	11.8	12.5	13.5	14.5	15.7
シリカ含有量 (mg/g-dry)	24	26	13	17	22	24	23	26

薬液注入深度：GL-8.4m～GL-10.2m

要因②：施工断面に起因するもの

裏込割石直下の砂層を薬液の注入対象としているため、注入した薬液が裏込割石内へ逸走しやすい状況にある(図-2.1)。

- 1) 裏込割石層（透水係数: $k = 10^0\text{cm/s}$ 程度）は砂層（ $k = 10^{-4}\sim 10^{-2}\text{cm/s}$ 程度）に比べ 2～4 オーダー透水性が高く、注入薬液は裏込割石に向かって抜けやすい。
- 2) 改良層の上層にある裏込割石の下端は、ある程度の不陸が生じていると考えられる。図-2.2 に示すように不陸によって相対的に砂層土被りが小さい（裏込割石が砂層に食い込み両者の間隔が小さい）注入点では、薬液が裏込割石下端の境界に沿って逸走しやすくなることも考えられる。

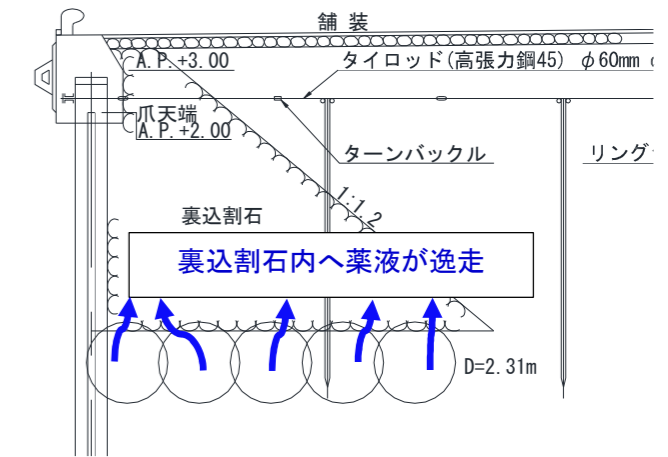


図-2.1 注入薬液の裏込割石内への逸走（イメージ）

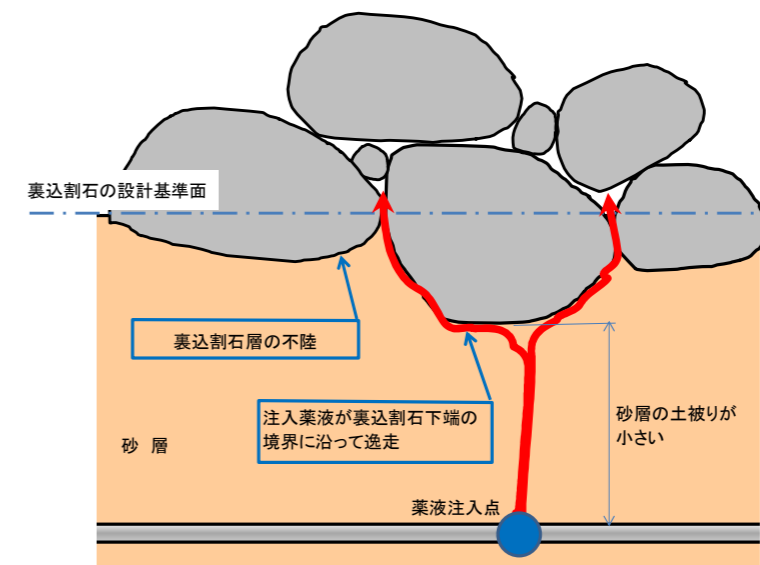


図-2.2 不陸に伴う注入薬液の逸走（イメージ）

要因③：土質のバラツキに起因するもの

表-2.2 に示すように、今回の確認調査における一軸供試体の湿潤密度は、1.450～1.946g/cm³の範囲に分布しており、改良対象の一部では細粒分を多く含有する等のばらつきがうかがえる。これは今回の改良対象が浚渫土砂による埋立層であるためと考えられる。このような細粒分を比較的多く含む土砂が存在する場所では、写真-2.1 に示すように、注入形態が脈状の割裂注入となり、薬液が逸走しやすくなる。

表-2.2 今回の確認調査で得られた一軸供試体密度(千葉港)

No. 1		No. 2		No. 3	
深度 GL m	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	深度 GL m	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	深度 GL m	湿潤密度 ρ_t g/cm ³
-8.75	1.830	-9.00	1.807	-8.80	1.801
∩	1.836	∩	1.450	∩	1.624
-9.75	1.760	-9.80	1.927	-9.80	1.601
-9.75	1.901	-9.80	1.909	-9.80	1.938
∩	1.939	∩	1.888	∩	1.855
-10.35	1.946	-10.50	1.942	-10.80	1.891



写真-2.1 割裂注入の痕跡を示す試料
(今回のサンプリング結果 No. 2 深度-9.1m)

2.2 伏木富山港(新湊地区)泊地(-10m)護岸築造外 1 件工事

(1) 施工不良が発生した要因について

今回の確認調査では、採取した試料から明らかにセメント系固化体やセメントベントナイトと考えられるものが確認された。一方で、薬液注入され、連続的に固化した砂試料は確認できなかったため、施工不良が発生している可能性が高い。

これらの結果は、「改良対象土の細粒分含有率の影響」と、施工対象区域における「セメント系固化体の影響」および「薬液の配合 (pH 設定) の影響」の 3 つの要因によって、改良範囲外に薬液が流出し強度不足が発生した可能性がある。

要因①：改良対象土の細粒分含有率 Fc の影響

一般的な溶液型薬液の浸透注入の適用範囲は、Fc<35%とされている*1。今回の現場では、深度-5m 以深では Fc が 35%より高い箇所が多く、図-2.3 に示すように、深度方向に細粒分含有率のばらつきが大きいため、透水性の良い箇所に薬液が集中したり、透水性の悪い場所で割裂注入傾向となり、薬液が改良範囲外に流出した要因となった可能性がある。

※1：新訂 正しい薬液注入工法（社団法人 日本グラウト協会 編）より

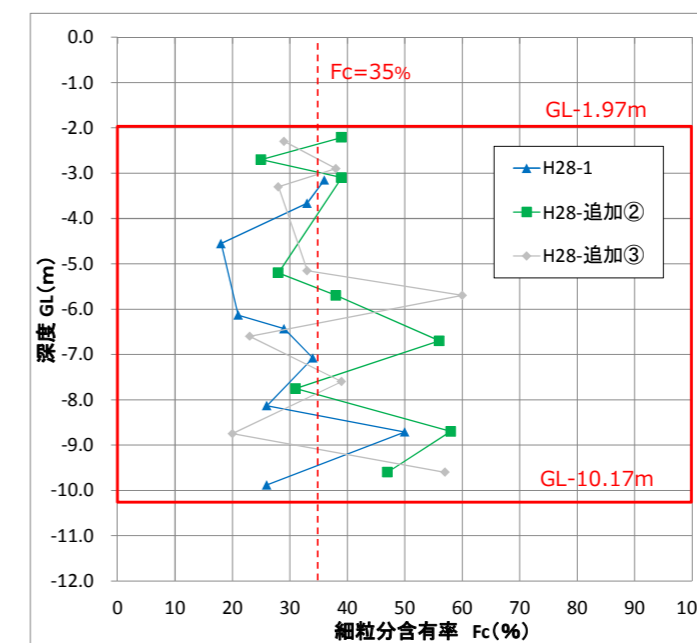


図-2.3 細粒分含有率の深度方向分布

要因②：セメント系固化体の影響

今回の薬液注入範囲は、セメント固化処理工法で途中まで改良された場所であり、部分的にセメント系固化体が残りに、かつ全体的にアルカリ雰囲気であった可能性がある。

セメント系固化体は、難透水性であり薬液が浸透しにくい。また、アルカリ性を示すため、酸性の薬液と反応してゲル化が早まり、割裂注入になり易く周囲に薬液が逸走した要因となった可能性がある。

図-2.4は、深度とコアの観察結果の関係をまとめたものである。“棒状コア”とは、高強度のセメント系固化体で、セメント固化処理工法によるものと推測され、2地点で確認されている。また部分的には、セメントベントナイトと推測される低強度のセメント系固化体も確認されている。

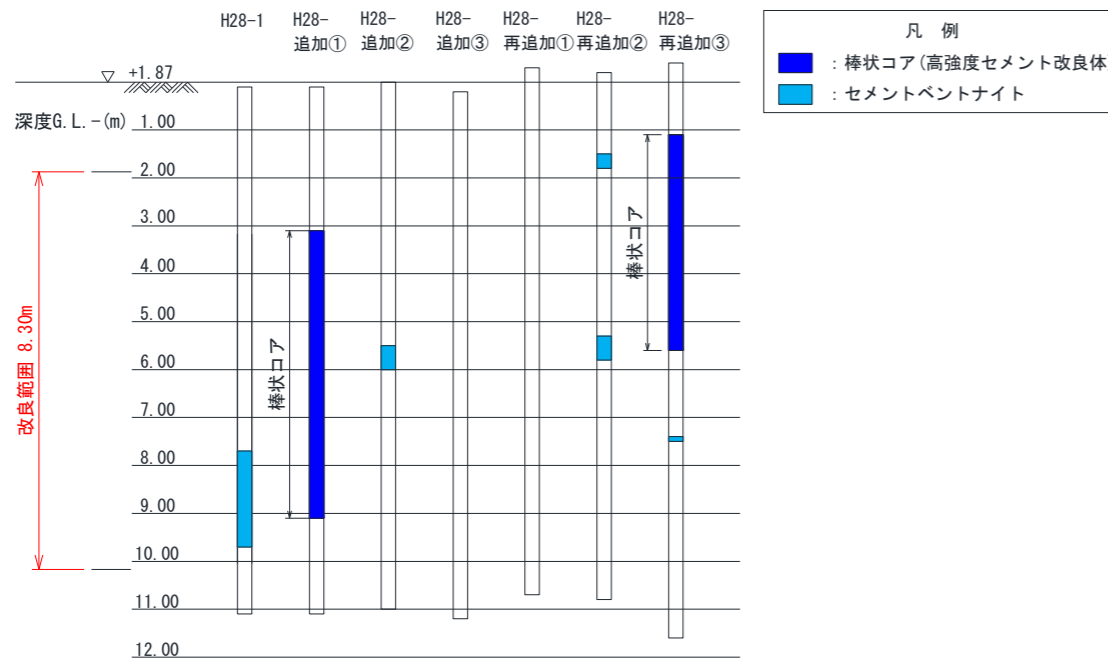


図-2.4 深度とコア観察結果の関係

要因③：薬液の配合 (pH 設定) の影響

溶液型の薬液注入工事における注入材の pH 設定は、通常 2.2 から 3.0 程度であり、対象地盤に貝殻が多く混入する場合やアルカリ性を示す場合は、より酸性側の設定で施工を行う。今回は、周囲のセメント系固化体の影響を考慮して薬液 pH=2.5(サンドゲルのゲルタイム 5 時間程度) と設定した。

しかし、当該現場の 1 点当たりの注入量は少なく、1 ステップあたりの注入時間は 15 分程度であるのに対し、サンドゲルタイム約 5 時間は長すぎたため、注入対象区域の下部に薬液が沈降した可能性がある。

(2) 施工不良が発生した痕跡の検証結果

検証結果①：鋼矢板のセクション部からの流出：流出ルート①

当該現場では、割裂注入傾向となった薬液が、矢板のセクションから海側に流出した可能性があると思われ、潜水調査を実施した(H.28年10月14日に実施、図-2.5の潜水No.1～潜水No.6)。

その結果、改良範囲前面とその両側 5m 程度離れた場所の矢板のセクションにおいて、白濁した付着物(写真-2.2～2.7)が確認された。これらは、今回の施工範囲の外側 5m までの範囲で確認されており、それより外側では確認されていない。また、薬液の流出は、矢板セクションの深度方向の一部からである。これらの結果は、薬液の一部が矢板セクションから流出した痕跡である可能性が高い。

図-2.5と図-2.6に流出ルートの想定平面および断面を示す。

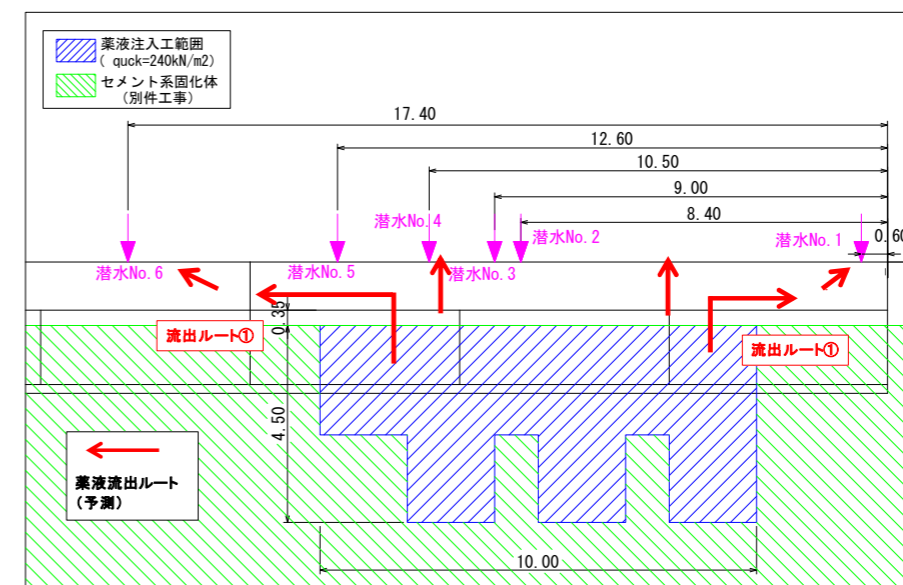


図-2.5 潜水調査位置と流出ルートの想定 (平面図)

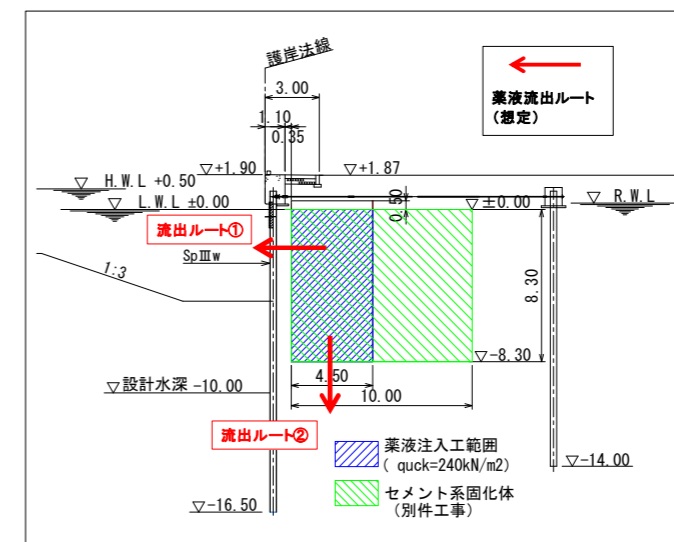


図-2.6 薬液流出ルートの想定 (断面図)



写真-2.2 白濁付着物（潜水 No. 1）

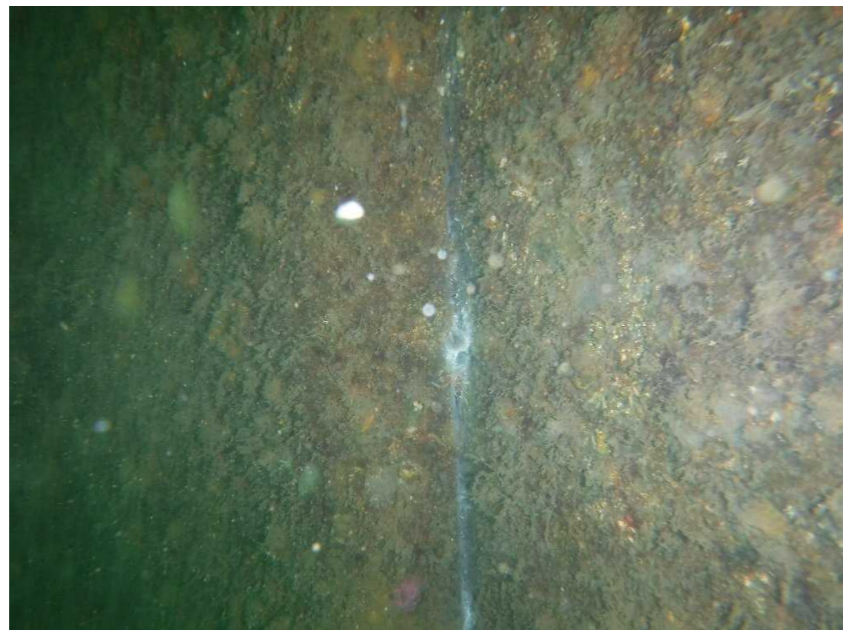


写真-2.3 白濁付着物（潜水 No. 2）



写真-2.4 白濁付着物（潜水 No. 3）



写真-2.5 白濁付着物（潜水 No. 4）



写真-2.6 白濁付着物（潜水 No. 5）



写真-2.7 白濁付着物（潜水 No. 6）

検証結果②：薬液の配合（pH 設定）の影響：流出ルート②

図-2.7 は、シリカ含有量増分の深度方向の分布を示したものである。図中の赤丸で囲った部分は、今回の改良深度より深い部分での試験結果であるが、改良対象範囲より、シリカ含有量増分の値が大きいことがわかる。この結果から、一部の薬液がゲル化する前に、改良範囲の下層に流出（沈下）した可能性が高い（図-2.6 の流出ルート②）。

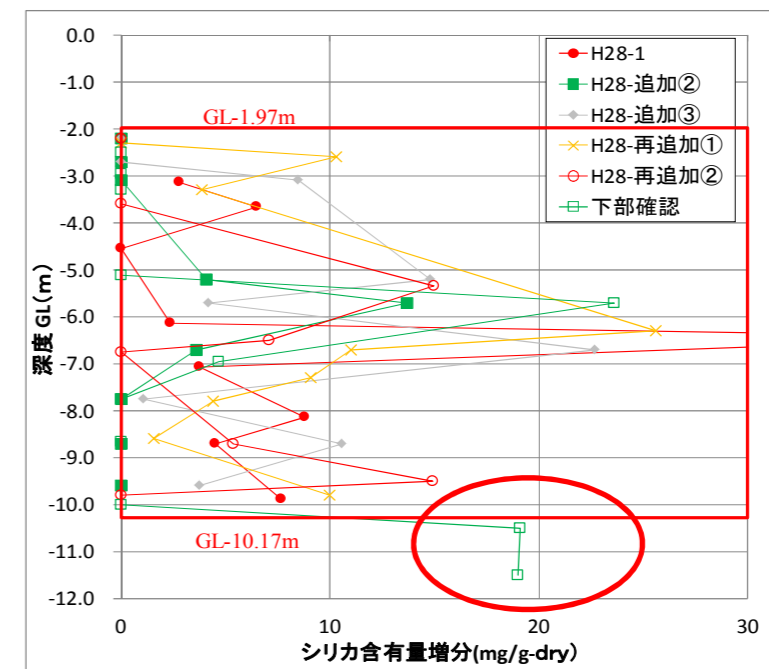


図-2.7 シリカ含有量増分の深度方向分布

3. 施工後の事後ボーリング調査において、設計強度を満足する一軸圧縮強度が確認された要因

3.1 千葉港千葉中央地区岸壁(-12m) 他地盤改良等工事

現場採取した試料の一軸圧縮強度は、工事の事後ボーリングでは平均 137kN/m²であった。一方、今回の確認調査では平均 47kN/m²であった。

この結果に関しては、「試料採取位置の影響」と「試験用試料選定の影響」の2つの要因が考えられる。

要因①：試料採取位置の影響

図-3.1 に示すように、事後ボーリングでは、注入口のほぼ中心部で試料採取を行っている。これは、改良が1層に対して、試料をできるだけ長く採取するためである。それに対して、今回の確認調査では、注入口から改良径 R/2 の位置で試料採取を行っている。

仮に、薬液の割石層へ逸走や、割裂注入等のために改良対象範囲外への薬液が逸走したことがあると考えると、注入口から改良径 R/2 の位置で採取した場合より、試料採取場所が注入口に近いほど、一軸圧縮強度が大きくなる可能性がある。

要因②：試験用試料の選定の影響

薬液注入工の事後調査では、採取した不攪乱試料から、できるだけ砂分が多く均質で、乱れの影響によるクラックのない箇所を選定し、試験を行った。各ボーリング地点において、1.8m 分のコア試料から、それぞれ3本の一軸供試体を作成した。一方、今回の確認調査では、1本あたり0.6~1.0m のコア試料からそれぞれ3本ずつ供試体を作成した。

表-3.1 に示すように、今回の確認調査では、事後ボーリングと比較して、湿潤密度の値は小さくかつばらつきが大きい結果となっているため、局所的な土質の違いや注入状況などが反映されている可能性がある。

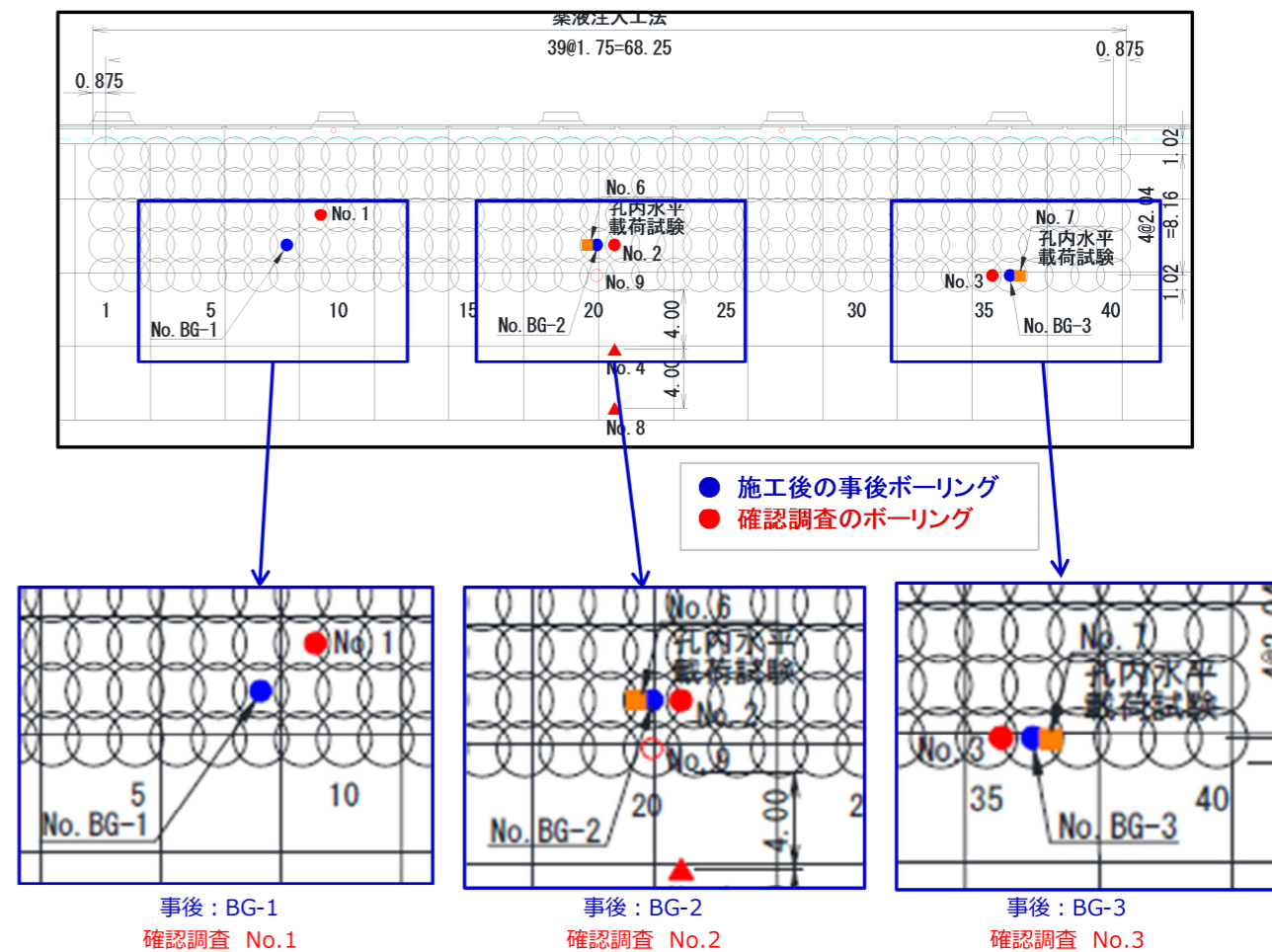


図-3.1 事後ボーリングと今回の確認調査における試料採取位置（千葉港）

表-3.1 一軸圧縮試験供試体の密度比較(千葉港)

東亜による事後ボーリング		
No.	深度 GL m	湿潤密度 ρ_t g/cm ³
BG-1	-8.40	1.961
	∩	1.961
	-10.20	1.954
BG-2	-8.40	1.909
	∩	1.973
	-10.20	1.992
BG-3	-8.40	1.956
	∩	1.927
	-10.20	1.972
平均値		1.956
〔参考〕 改良前地盤湿潤密度		1.992

※注釈

改良前地盤の湿潤密度は、本工事前の事前配合試験用に当該

改良範囲から採取した未改良の砂試料の湿潤密度

確認調査(今回実施)		
No.	深度 GL m	湿潤密度 ρ_t g/cm ³
No. 1	-8.75	1.830
	∩	1.836
	-9.75	1.760
	-9.75	1.901
No. 2	∩	1.939
	-10.35	1.946
	-9.00	1.807
	∩	1.450
	-9.80	1.927
No. 3	-9.80	1.909
	∩	1.888
	-10.50	1.942
	-8.80	1.801
	∩	1.624
	-9.80	1.601
No. 3	-9.80	1.938
	∩	1.855
	-10.80	1.891
平均値		1.825

3.2 伏木富山港(新湊地区)泊地(-10m)護岸築造外1件工事

事後ボーリングでは、一軸圧縮強度で 1,000kN/m² を超す連続した試料が得られている。さらに今回のその近傍で実施した“H28-追加①”地点でも、同様の試料が確認された。この試料からはシリカ含有量も確認されていない。よってこれらは、過去に施工されたセメント系固化体と考えられる。