

# 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 (第2回)

日時:平成28年7月7日(木) 10:00~12:00  
場所:国土交通省3号館 11階特別会議室

## 一 議事次第一

### 1. 開 会

### 2. 挨拶

### 3. 議 事

- (1) 東亜建設工業(株)による原因究明、再発防止策等について
- (2) 発注者側の対応(監督・検査等)について
- (3) 修補計画について
- (4) その他

### 4. 閉 会

## 《資料》

- ・議事次第
- ・【資料1】薬液注入工事における施工不良等について（原因・再発防止策の検討状況）
- ・【資料2】施工不良等が起こった背景・原因に係る視点
- ・【資料3】発注者の対応（施工方法の選定）
- ・【資料4】発注者の対応（監督・検査）
- ・【資料5】発注者における課題
- ・【資料6】東京国際空港C滑走路を始めとする地盤改良工事における施工不良等に関する資料（修補計画案）
- ・【資料7】修補計画案に対する評価
- ・【資料8】中間報告書の構成（案）

平成28年7月6日

報道関係各位

東亜建設工業株式会社

薬液注入工事における施工不良等について（原因・再発防止策の検討状況）

## I. 原因

## 1. バルーングラウト工法（当社の曲り削孔を含む）の問題点

- ① 滑走路直下の施工では、路面の変状（隆起）やリーク（薬液の漏出）を防止する必要があるが、バルーングラウト工法は、空港工事に適用するには未成熟だった。  
また、一部の実証実験においても虚偽の報告を行っていた。（別紙参照）
- ② 曲り削孔に使用する位置計測機器の完成度が低かった。  
（計測数値に異常値が多く見られるなど、精度が低かった。計測器の故障が頻発した。）
- ③ 当社だけでなく、1次協力会社にも経験者が少なかった。また、2次協力会社に削孔や注入に熟練した作業員が少なかった。（急激に受注量を拡大したため、施工体制に問題があった。）

## 2. 補正システムを目的外に使用したデータ改ざん

- ① 削孔位置について、機器やシステムを原因とする異常値が画面表示されたときに、データを補正するためのプログラム修正を行った。この機能を改ざんに目的外使用した。
- ② 薬液の流量や圧力を管理するための機器やシステムで異常値を補正して、チャートが記録されるようにプログラム修正を行った。この機能を改ざんに目的外使用した。

## 3. 不正に至った経緯及び指示者

- ① 各現場の作業所長クラスは、本社開発グループ（以下、開発Gと記す）の課長クラスに相談をしたが、解決策が示されず、また、同工法が注力工法というプレッシャーが掛かり、それぞれが以下のとおり改ざんを行った。
- ② 平成25年度 東京国際空港H誘導路工事  
作業所長クラスは、施工不良が発生した際、1次下請会社の職長から、2. ②のシステムがあることを聞き、これを使用して虚偽報告を行った。  
同作業所長クラスは、開発G課長クラス及び東京支店部長クラスに報告したが、両名は改善策を示すことができないので黙認した。
- ③ 平成26年度 福岡空港工事  
作業所長クラス（開発Gから工事応援）は、開発G担当者から2. ①のシステムを、開発G課長クラスの上司から2. ②のシステムについて聞いており、施工不良が発生した際、これを使用して虚偽報告を行った。同作業所長クラスは、九州支店課長クラスらに報告したが、同課長クラスらは改善策を示すことができないので黙認し、上司には報告しなかった。
- ④ 平成26年度 松山空港工事  
作業所長クラスらは、26年度福岡空港工事に従事した開発G担当者から2. ①②のシステムについて聞き、これを使用して虚偽報告を行った。  
同作業所長クラスらは、工事完了の間近に、四国支店・大阪支店課長クラスに報告した。
- ⑤ 平成27年度 福岡空港工事  
作業所長クラスは、26年工事を担当していたので、26年度と同様の対応を行った。
- ⑥ 平成27年度 東京国際空港C滑走路工事  
作業所長クラスは、①のH誘導路工事を担当したので、同様の対応を行った。同作業所長クラスは、開発G課長クラス及び東京支店部長クラスに報告したが、これらの者は改善策を示すことができないので黙認した。

## II. 再発防止策

### 1. 開発技術に対する審査

今後は、全ての新規工法・技術について、実施工の適否を、(仮称)開発技術審査チームが、事前に審査を実施し判断することにする。審査チームは、開発を担当した部署以外の技術者と、必要に応じて外部有識者により編成する。

### 2. 現場の見える化・現場情報の共有

- ① 国土交通省発注工事を対象として、当該工事の主要工種について、施工状況や情報を開示し、徹底した「見える化」を推進する。「見える化」は、発注者及び本・支店がいつでも施工状況をチェックできるようにすることを目的し、全てのデータをオープンに情報共有することができるシステムとする。
- ② 不可視部分の施工が主要工種となる地盤改良工事について、専門部会（社内の専門家及び経験者15～20名程度）が現場情報を集約する。新たな工事に着手する際には、この部会から技術情報を提供することにより、情報の共有を行うとともに、情報提供ルートから外れた不適切な情報が拡散することを防止する。

### 3. T F T活動（当社独自の取り組み）の強化

T F T活動（T a s k F o r c e T e a m）は、顕在化した、あるいは潜在している施工技術・品質等の問題点がある難度の高い工事を本社・土木事業本部・土木部が特定し、専門部署等と連携して本社・土木事業本部全体で課題解決に取り組むことを目的として行っている。また、支店においても、同様の目的で支店版T F T活動を行っている。

今後は、従来は除外していた専門性が高い工法（バルーングラウト工法もその一つ）も対象に含め、現場支援、現場管理を強化する。

### 4. 役員・社員の意識改革

- ① 経営陣が不祥事の発生と企業の社会的責任を重く受け止め、深く反省するとともに会社の改革を率先して継続的に進める。また、取締役会の付議基準の見直しを行うなど、取締役会の活性化を図る。
- ② コンプライアンス、社是（企業理念）、企業行動規範、コーポレート・ガバナンスについて、役員・社員に徹底した再教育を行う。

### 5. コーポレート・ガバナンス体制の再構築

- ① 品質監査室を社長直轄組織として6月1日付で新設。内部監査室及び必要に応じて弁護士と連携して、現場における不正を未然に防止する監視活動を行っていく。具体的には、「抜き打ち」の現場パトロールによる監査を実施する。品質監査室は、定期的に監査役会の監査を受け、活動の公正性・有効性を維持していく。
- ② C S R推進室を社長直轄組織として新設する。
- ③ 通報者の保護と中立性を高めるべく公益通報制度を改善する。
- ④ 社内の工事関係システムの見直しに着手する。
- ⑤ 4. の意識改革を進める上では、原因に記した役員・社員の意識・行動規範を変える必要があるため、役員の教育を含む教育研修を行うとともに、社員の目標管理制度・賃金規程など人事制度の全面的な見直しに着手する。さらに、職務権限規程、決裁基準等についても改訂する。

以 上

【本件に関するお問い合わせ先】

東亜建設工業株式会社 広報室

TEL : 03 - 6757 - 3821

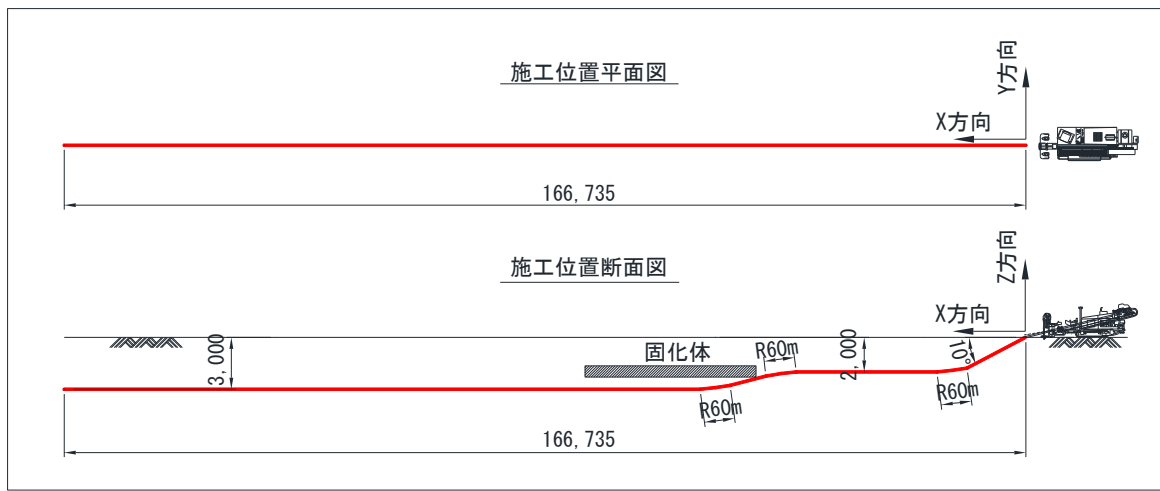
携帯番号 : 080-5862-5822、080-5912-6810

## 【別紙】 曲り削孔ワイヤレス位置計測システムの袖ヶ浦自主実験について

### 1. 実験の概要

千葉県袖ヶ浦の私有地で曲り削孔 (L=166m) を行い、ケーシング 1 本毎にワイヤレス位置計測およびジャイロ計測を行うことで、削孔出来形を確保できることを自主確認した。到達地点をバックホウで掘り起こして先端部を露出させ、平面位置と深度を測定し、その状況を国土交通省へ説明を行った。

- 1) 実験の目的：地盤改良（薬液注入）工法を変更するために、東京国際空港工事で計画された曲り削孔を行い、所定の削孔能力と位置計測の精度を検証する。
- 2) 実験の日程：平成 27 年 7 月 30 日～8 月 3 日
- 3) 現地説明日：平成 27 年 8 月 4 日



### 2. 現場で発生した事象と、作業所長クラスの判断と対応

- 1) ワイヤレス位置計測システムの無線伝送（ケーシングを媒体とした弾性波による通信）は、削孔延長 100m を超えるとデータ受信できなくなった。  
⇒ ワイヤレス位置計測システムのデータ受信ができなくなった原因は不明だった。（平成 27 年 6 月行った下関での試験では、140m の距離で受信できた。）作業所長クラスは、施工開始までに開発 G により原因を究明し、修正改善するとの報告を受け期待した。
- 2) 約 130m 削孔した時点で、ジャイロ計測値が急激に右に 5m ズレたと表示された。バックホウで掘り起こして確認したが、ズレは目視確認では約 1.5m であった。  
⇒ 削孔延長 130m を超えるとジャイロ計測の異常値が多発したが、原因は不明であった。  
作業所長クラスは、上記同様に施工開始までに開発 G が原因を究明し、改善するとの発言から精度が確保できると判断した。
- 3) 目標位置までの残り約 35m を溝掘りし、先端部が見える状態で誘導した後、掘り跡を埋め戻した。  
⇒ ケーシングを引き抜いて再削孔すると、先行した掘り跡に誘導され修正は困難と判断し、正規の手順で到達したこととして、現地で説明を行った。

### 3. 虚偽の報告

上記の事象及び対応を隠して、削孔精度に関して、計測システム（ジャイロおよびワイヤレス位置計測）により削孔精度を規格値以内 ( $D/4 = 500\text{mm}$ ) に確保できると虚偽の報告をし、工法変更の協議を行った。

# 施工不良等が起こった背景・原因に係る視点

---

# 施工不良等が起こった背景・原因に係る視点

## 1. 施工不良が生じた背景・原因

- 適切な工法であったか
- その工法を実施する施工能力があったか
- 現場の不具合を解決できる体制であったか

## 2. 虚偽報告等(データ改ざん、試料すり替え)を行った背景・原因

- 虚偽報告等を行える仕組みの有無
- いずれ解決できる／相談しても解決できないという考えの有無
- 虚偽報告等をしてもらえない／ばれなかったという考えの有無
- 失敗できないというプレッシャーの有無

## 3. 不正防止ができなかった背景・要因

- 工法の売り込みの際の社内のチェック体制は機能していたか
- 施工不良が発覚した際の問題意識を共有する体制は十分であったか



# 発注者の対応(施工方法の選定)

---

# 施工方法(バルーングラウト工法)選定の経緯

- 今回施工不良が確認された5件の空港工事における薬液注入に関する施工方法については、仕様書で指定していないが、入札に必要となるため積算上の想定をしている。
- 実際の施工方法については、契約後、施工者から施工計画書の提出又は工法変更の協議を受け、過去の実績等を確認して承諾している。

	羽田空港 (平成25年度H誘導路)	羽田空港 (平成27年度C滑走路)	松山空港 (平成26年度)	福岡空港 (平成26年度)	福岡空港 (平成27年度)
<b>入札手続きにおける対応</b>					
仕様書での指定	施工方法は指定していない				
積算上の想定	浸透固化処理工法		バルーングラウト工法		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>羽田空港における薬液注入による地盤改良工事の過去の施工実績から、浸透固化処理工法を想定。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>競争参加者から見積もりを徴収し、提出された見積もりを比較の上、最も安価なバルーングラウト工法を想定。</li> </ul>		
(参考)仕様書の記載	「薬液注入は浸透固化工法」によるものとしている。本特記仕様書においては、浸透固化処理工法を前提としている。	「薬液注入は浸透固化工法」によるものとしている。本特記仕様書においては、浸透固化処理工法を前提としており、注入設備は車載式を想定している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入は恒久グラウトを用いた浸透注入とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入は恒久グラウトを用いた浸透注入とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入は恒久グラウトを用いた浸透注入とする。</li> </ul>
<b>契約後の対応</b>					
工法決定の手続き	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工者から工法変更の協議を受け、施工者等による実証実験の結果を確認して承諾。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>施工計画書の提出を受け、施工実績を確認して承諾。</li> </ul>		

## 施工方法の決定の考え方

- 施工方法を選定する際は、施工実績、費用等について確認。
- 今回、施工不良が確認されている5件の空港工事については、以下の通り施工実績等を確認。
- 施工実績には虚偽の報告が確認された事案が含まれており、また、実証実験には虚偽の報告が確認されたものが含まれている。

年度	空港・工事	施工工法	施工の確実性の確認
25	羽田空港 (H誘導路)	・バルーングラウト工法	【施工実績】 対象外 【実証実験】 ①の結果を評価<バルーングラウト工法の性能確認>
26	福岡空港	・曲がり削孔 ・バルーングラウト工法	【施工実績】 ・他分野での実績 ・ <b>羽田空港(H誘導路)の実績 ※今回、虚偽の報告が確認</b>
26	松山空港	・曲がり削孔 ・バルーングラウト工法	【施工実績】 ・他分野での実績 ・ <b>羽田(H誘導路)、福岡空港(H26)の実績 ※今回、虚偽の報告が確認</b>
27	福岡空港	・曲がり削孔 ・バルーングラウト工法	【施工実績】 ・ <b>福岡空港(H26)の実績 ※今回、虚偽の報告が確認</b>
27	羽田空港 (C滑走路)	・曲がり削孔 ・バルーングラウト工法	【施工実績】 対象外 (遠距離(削孔長160m)曲がり削孔によるバルーングラウト工法の施工実績無し) 【実証実験】 実証実験①～③の結果 <b>※今回、実証実験③において虚偽の報告が確認</b>

※実証実験の番号は、次ページの番号に対応。

# バルーングラウト工法に係る実証実験について

○空港における曲がり削孔によるバルーングラウト工法の適用を提案するにあたり、東亜建設工業(株)(バルーングラウト工法研究会)は、自主的に、以下の実証実験を実施した。

## ①平成25年度 東京国際空港B滑走路(旧)実証実験

【実験期間】平成25年11月21日～30日

【実験項目】①決められた時間内で日々施工機械を設置・撤去することが可能か

②改良後地盤が目標改良強度を満足しているか

③間隙水圧の発生状況

④長期的に劣化せず、目標強度が継続的に発揮されるか

⑤地盤隆起がどの程度発生するか(浸透固化処理工法と比較して著しく発生していないか)

⑥舗装の平坦性が損なわれていないか

⑦舗装がダメージを受けていないか

⑧どの程度の細粒分含有率に対しても適用可能か(細粒分含有率が30%以上の地盤に対しての適用性の確認)

⑨曲り削孔の施工精度が、許容値以内であるか

## ②平成27年度 下関ヤード実証実験

【実験期間】平成27年6月12日

【実験項目】新たに開発した「曲がり削孔ワイヤレス式位置計測システム」の計測精度の確認(削孔深度:GL-10m、削孔長:140m)

## ③平成27年度 袖ヶ浦ヤード実証実験

【実験期間】平成27年8月3日

【実験項目】新たに開発した「曲がり削孔ワイヤレス式位置計測システム」の計測精度の確認(削孔深度:GL-3m、削孔長:166m)

※当該実験においては、削孔位置のズレが許容範囲内に収まらず、位置計測も正常に行えなかったにもかかわらず、先端を一旦掘り起こした上で正規の位置まで誘導する偽装を行うとともに、実験結果についても虚偽の内容で報告を行う、という不正事項があったことが明らかになっている。

# 発注者の対応(監督・検査)

---

## 監督・検査の基本的な考え方

- 今回施工不良が確認された5件の空港工事における「曲がり削孔」及び「薬液注入」については、各工事の特記仕様書において工法の技術資料等を示し、施工者に適切な施工管理を求めている。
- 監督職員は、施工者の施工管理を踏まえ、工事の施工途中において工事施工状況の確認及び把握等を行い、検査職員は、工事目的物の契約図書との整合性の確認等を行っている。

### 今回の施工不良に関連する、監督・検査の主な確認点

項目		主な確認点
材料		数量
施工状況	削孔工	削孔開始位置、削孔角度、削孔長、削孔到達位置
	充填工	充填量
	注入工	注入位置、注入速度、注入圧力、注入量
品質管理		ボーリング調査による一軸圧縮強度

# 監督・検査と施工者の虚偽報告の概要

項目	監督・検査の主な対応状況	施工者の対応
材料(数量)	<ul style="list-style-type: none"> <li>材料搬入立会時、搬入数量等を確認</li> <li>施工完了後、書類により、搬入数量等を確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○規格値を満足する数量を搬入</li> <li>■ 未使用材料は産廃処分又は返品。</li> <li>■ 使用数量を改ざんして書類提出</li> </ul>
削孔工 (曲がり削孔)	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場立会時、モニター等により、削孔到達位置等が規格値を満足する事を確認。</li> <li>施工完了後、書類により、削孔到達位置等が規格値を満足する事を確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 削孔軌道が規格値を外れる箇所は、改ざんしたデータをモニターに表示。</li> <li>■ 削孔到達位置等を改ざんして書類提出。</li> </ul>
充填工 (バルーン充填)	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場立会時、流量計により、充填量が規格値を満足することを確認。</li> <li>施工完了後、書類により、充填量が規格値を満足することを確認</li> </ul>	<p>※H27羽田空港C滑走路のみ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 流量計を通った材料が、タンクに戻るよう に充填ホースを切替え。</li> <li>■ 充填量を改ざんして書類提出</li> </ul>
注入工 (薬液注入)	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場立会時、モニター、記録用紙により、注入速度、注入圧力等が規格値を満足することを確認。</li> <li>施工完了後、書類により、注入速度、注入圧力等が、規格値を満足することを確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 改ざんしたデータを記録用紙に記録。モニターには、改ざんしたデータを切り替えて表示。</li> <li>■ 注入速度等を改ざんして書類提出。</li> </ul>
ボーリング調査 (H26松山を除く)	<ul style="list-style-type: none"> <li>供試体の採取、試験に立会</li> <li>施工完了後、書類により、改良強度が規格値を満足する事を確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採取した供試体とは別の供試体に差し替え。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>監督・検査は、基本的に、施工者に事前連絡の上、実施。</li> </ul>	

# 発注者における課題

---



# 施工方法の選定に係る検討課題

- 適切な機関による施工方法の評価
- 施工条件(地盤条件、施設の特異性)をより十分に考慮した施工方法の確認

# 監督・検査に係る見直しの方向性

- 「曲がり削孔」、「薬液注入」については、基本的に地中での施工であり、施工中の工事目的物を直接確認することは困難である。このため、施工状況の確認が重要であるが、その施工状況の確認に対して施工者が偽装をしていた。
- 「曲がり削孔」、「薬液注入」の監督・検査については、以下の方向で見直しを進める。

- ・ 抜き打ちでの現場立ち会い
- ・ 偽装が出来ないような計測機器
- ・ 施工完了後の材料メーカーへの返品状況の確認
- ・ 事後ボーリングの別件発注
- ・ ボーリング箇所、供試体採取位置の見直し など

項目	監督・検査における課題
薬液数量	○未使用材料の廃棄処分、返品への対応
削孔工	○モニターへの改ざんされたデータの表示への対応
充填工	○充填ホースの切替えへの対応
注入工	○改ざんされたデータのモニターへの表示、記録用紙への記録への対応
事後ボーリング	○供試体の差し替え等への対応
その他	○事前連絡等をした上での監督

東京国際空港C滑走路を始めとする地盤改良工事における施工不良等に関する資料

修補計画(案)

東亜建設工業株式会社

## 目 次

---

1. 工事別 施工実態、修補工法等のまとめ	1
2. 修補フロー	2
3. 対策工法の選定	2
4. 調査計画の考え方	11

---

1. 工事別 施工実態、修補工法等のまとめ

施工不良が確認された工事は、以下の5件であり全て空港での液状化対策である。下表にその施工実態、修補方法等のまとめを示す。

表-1 工事別 施工実態、修補工法等 一覧表

工事名		平成25年度東京国際空港H誘導路東側他地盤改良工事	平成26年度 福岡空港滑走路地盤改良工事	平成26年度 松山空港誘導路地盤改良工事	平成27年度 福岡空港滑走路地盤改良工事	平成27年度東京国際空港C滑走路他地盤改良工事	
工期		H26/01/31 ~H27/03/20	H26/06/30 ~H27/03/27	H26/09/18 ~H27/03/20	H27/05/25 ~H28/05/31	H27/05/28 ~H28/03/18	
原設計	工法	浸透固化処理工法	恒久性グラウト 浸透注入 積算【バルーングラウト工法】	恒久性グラウト 浸透注入 積算【バルーングラウト工法】	恒久性グラウト 浸透注入 積算【バルーングラウト工法】	浸透固化処理工法	
	削孔方法	鉛直削孔	曲がり削孔	鉛直削孔 一部、曲がり削孔	曲がり削孔	曲がり削孔	
	改良目的	液状化対策	液状化対策	液状化対策	液状化対策	液状化対策	
	設計強度	60~80kN/m <sup>2</sup>	50~70kN/m <sup>2</sup>	100kN/m <sup>2</sup>	60kN/m <sup>2</sup>	60~80kN/m <sup>2</sup>	
施工実態	工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	
	削孔長	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	275本中44本が施工不良	
	削孔到達位置	施工不良無し	施工誤差 ≥D/4	(鉛直)施工不良無し (曲り)施工誤差 ≥L/300	施工誤差 ≥D/4	施工誤差 ≥D/4	
	注入位置	施工不良無し	削孔誤差により注入位置にズレ	(鉛直) 施工不良なし (曲り)削孔誤差により注入位置にズレ	削孔誤差により注入位置にズレ	削孔誤差により注入位置にズレ	
	注入箇所数	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	10,450箇所中5,852箇所に注入	
	改良体造成(率)	5.7%	12.9%	26.2%	1.4%	0.0%	
	注入実績(率)	45%	43%	52%	38%	5.4%	
	CB注入	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	注入内管挿入不能箇所には未注入	
	強度試験	一軸圧縮強度は 改ざんした供試体で実施	一軸圧縮強度は 改ざんした供試体で実施	別発注 一軸圧縮強度、シリカ含有量	一軸圧縮強度は 改ざんした供試体で実施	一軸圧縮強度は 改ざんした供試体で実施	
	薬液注入工に関する工事価格	12.7億円	11.7億円	1.2億円	17.3億円	21億円	
修補方法	工法	浸透固化処理工法(曲がり)	鉛直削孔のため対象外	○	○	○	
		浸透固化処理工法(鉛直)	○	○	○	○	
		静的締固め(CPG)工法	地中埋設物のため施工不可	地盤隆起により施工不可	近接施工のため施工不可	地盤隆起により施工不可	○
		高圧噴射攪拌工法	○	○	○	○	工期過大
	施工期間	浸透固化処理工法(曲がり)		約16ヶ月(試験施工期間約6ヶ月を含まない。夜間施工 H26,27同時施工の場合)	底面約7ヶ月(試験施工期間約2ヶ月を含まない。夜間施工)	約16ヶ月(試験施工期間約6ヶ月を含まない。夜間施工 H26,27同時施工の場合)	約16.5ヶ月 (試験施工期間約5.8ヶ月を含まない。昼夜施工)
		浸透固化処理工法(鉛直)	約30.7ヶ月 (試験施工期間約1.7ヶ月を含まない。夜間施工)	約13ヶ月(試験施工期間約2ヶ月を含まない。夜間施工 H26,27同時施工の場合)	側面約7ヶ月(試験施工期間約2ヶ月を含まない。夜間施工)	約13ヶ月(試験施工期間約2ヶ月を含まない。夜間施工 H26,27同時施工の場合)	
		静的締固め(CPG)工法					約21.2ヶ月 (試験施工期間約1.1ヶ月を含まない。夜間施工)
		高圧噴射攪拌工法	約30.0ヶ月 (試験施工期間約2.3ヶ月を含まない。夜間施工)	約29ヶ月(試験施工期間約2ヶ月を含まない。夜間施工 H26,27同時施工の場合)	底面約3.5ヶ月(試験施工期間約4ヶ月を含まない。夜間施工) 側面約4ヶ月(試験施工期間約4ヶ月を含まない。夜間施工)	約29ヶ月(試験施工期間約2ヶ月を含まない。夜間施工 H26,27同時施工の場合)	

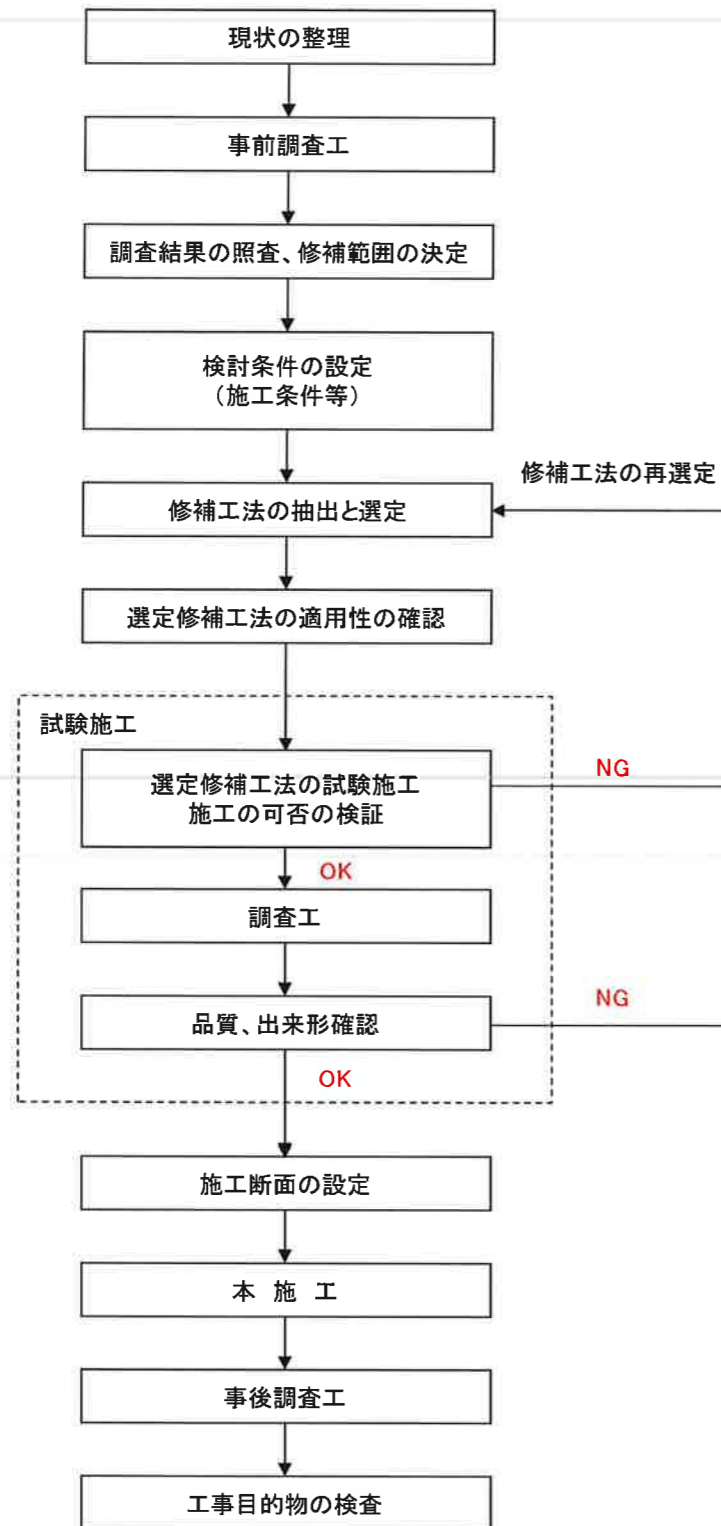
注) ・施工期間は、対象数量を設計全数量(施工良好部を控除せず)とし、作業能力は同種工事の施工実績、当該現場の制約条件等を考慮し算出している。  
・施工期間は、土質調査および試験施工の結果を踏まえ、各空港で採用する対策工法と使用機械の配置等を調整した上で、再検討が必要である。

凡例  
○ : 修補対策工法比較検討対象



## 2. 修補フロー

基本となる修補フローは、下記のとおりとする。



## 3. 対策工法の選定

対策工法は、下記フローに示す内容に従い選定する。

表-2(P-3)に、工事別の施工実績、空港の特性条件等を示す。

表-3~4(P-4~5)に対策工法として抽出した工法(5工法)の工法概要等を、表-5~8(P-6~10)に選定判断項目(施工上配慮すべき項目)について工法評価を行った内容を示す。



注)

- ・施工期間は、対象数量を設計全数量(施工良好部を控除せず)とし、作業能力は同種工事の施工実績、当該現場の制約条件等を考慮し算出している。
- ・施工期間は、土質調査および試験施工の結果を踏まえ、各空港で採用する対策工法と使用機械の配置等を調整した上で、再検討が必要である。

表-2に各工事における原設計内容、施工実態内容、空港の特性条件等を示す。

表-2 工事別 施工実態・特性条件等の整理

項目		平成25年度 東京国際空港H誘導路東側他地盤改良工事 工期：H26.1.31～H27.3.20	平成26年度 福岡空港滑走路地盤改良工事 工期：H26.6.30～H27.3.27	平成26年度 松山空港誘導路地盤改良工事 工期：H26.9.18～H27.3.20	平成27年度 福岡空港滑走路地盤改良工事 工期：H27.5.25～H28.5.31	平成27年度 東京国際空港C滑走路他地盤改良工事 工期：H27.5.28～H28.3.8											
原設計	工法	浸透固化処理工法	恒久性グラウト浸透注入【バルーングラウト工法】	恒久性グラウト浸透注入【バルーングラウト工法】	恒久性グラウト浸透注入【バルーングラウト工法】	浸透固化処理工法											
	削孔方法	鉛直削孔	曲がり削孔	鉛直削孔一部、曲がり削孔	曲がり削孔	曲がり削孔											
	改良目的	液状化対策	液状化対策	液状化対策	液状化対策	液状化対策											
	改良体深度(GL:上端～下端)	GL-5.7m～-20.7m	GL-3.3m～-7.0m	GL-2.3m～-9.2m	GL-3.1m～-7.2m	GL-8.1m～-20.1m											
	設計強度	60～80kN/m2	50～70kN/m2	100kN/m2	60kN/m2	60～80kN/m2											
施工実態	工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法	バルーングラウト工法											
	削孔長	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	275本中44本が施工不良											
	削孔到達位置	施工不良無し	施工誤差 ≥D/4	(鉛直)施工不良無し、(曲り)施工誤差 ≥L/300	施工誤差 ≥D/4	施工誤差 ≥D/4											
	注入位置	施工不良無し	削孔誤差により注入位置にズレ	(鉛直)施工不良なし、(曲り)削孔誤差により注入位置にズレ	削孔誤差により注入位置にズレ	削孔誤差により注入位置にズレ											
	注入箇所数	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	10,450箇所中5,852箇所に注入											
	改良体造成(率)	5.7%	12.9%	26.2%	1.4%	0.0%											
	注入実績(率)	45%	43%	52%	38%	5.4%											
	CB注入	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	施工不良無し	注入内管挿入不能箇所には未注入											
	強度試験	一軸圧縮強度は改ざんした供試体で実施	一軸圧縮強度は改ざんした供試体で実施	別発注一軸圧縮強度、シリカ含有量	一軸圧縮強度は改ざんした供試体で実施	一軸圧縮強度は改ざんした供試体で実施											
空港の 特性条件	施工期間(作業時間)	閉鎖対象区域	作業日	作業時間帯	閉鎖対象区域	作業日	作業時間帯	閉鎖対象区域	作業日	作業時間帯	閉鎖対象区域	作業日	作業時間帯				
		E6-TWY[C-TWYとE-TWY間]	週4日	0:00～6:00	滑走路	作業期間中	22:30～6:00	誘導路[P-5とP-6の間]	週5日(土・日・祝日を除く)	22:00～6:00	滑走路	作業期間中	22:30～6:00	C-RWY[C11とC9Bの間]	週3日	2:00～6:00	
		E-TWY[H-TWYとZ-TWY間] E6-TWY[C-TWYとE-TWY間]	週3日	2:30～6:00											制限を伴わない区域	週7日	24時間
		C-TWY[H-TWYとZ-TWY間] C-TWY[H-TWYとZ-TWY間]	週3日	2:30～6:00													
		H-TWY[E-TWYとW-TWY間]	週5日	0:00～6:00													
	施工時の 管理値	舗装面隆起量	GL+30mm以下(累積)	GL+30mm以下(累積)	GL+30mm以下(累積)	GL+30mm以下(累積)	GL+30mm以下(累積)										
		縦断勾配	1.0%	1.0%	1.5%	1.0%	1.0%										
		横断勾配	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%										
	施工区域内の埋設物	三菱石油給油管(φ400,2本)、三菱石油電線管 準幹線排水溝、雨水排水管他	滑走路部に灯火及び埋設電線管	地下道、ボックスカルバート	滑走路部に灯火及び埋設電線管	無し											
	近接構造物	三菱石油給油管(φ400,2本)、GES地下道	排水管 呼び径1500mm 外径1700mm コンクリート障害物	無し	滑走路距離灯設備	無し											
	残置物	注入外管(注入区間)	VE36(外径42mm) ※CB注入済み	VE36(外径42mm) ※CB注入済み	VE36(外径42mm) ※CB注入済み	VE36(外径42mm) ※CB注入済み	VE36(外径42mm) ※CB未注入部あり										
		注入外管(曲がり部)	無し	VE36(外径42mm)	VE36(外径42mm)	VE36(外径42mm)	VE40(外径48mm)										
		削孔ケーシングロッド	残置物無し	鋼管φ89mm t=7.3mm (L=10m): 1本 先端ビットφ155mm: 1個	残置物無し	鋼管φ89mm t=7.3mm L=10m: 1本 先端ビットφ155mm: 1個	鋼管φ89mm t=7.3mm (L=4.3m): 63本 先端ビットφ155mm(L=0.96m): 11個										
削孔空隙		空隙無し	空隙無し	空隙無し	空隙無し	削孔径φ200mm程度の空隙											
地中障害物	既設改良層あり	コンクリート版有り	無し	コンクリート版有り	既設改良層あり												
騒音・振動規制値(作業時)	騒音:85dB以下、振動:75dB以下	騒音:85dB以下、振動:75dB以下	騒音:85dB以下、振動:75dB以下	騒音:85dB以下、振動:75dB以下	騒音:85dB以下、振動:75dB以下												
その他制約条件等	・施工区域が6箇所に分散している。 ・HY-Lブロックの三菱石油給油管近接施工にあたっては、三菱石油との近接施工協議が必要である。	・工法選定にあたり、事前にAs・Con舗装版の耐力照査が必要である。 ・工法選定にあたり、舗装のプリスタリング発生抑制対策が必要である。 ・施工箇所は、航空機が滑走路上で離着陸を行うエリアに該当することから、防護キャップ等の設置にあたっては、十分な検討が必要である。	・既設構造物(地下道ボックスカルバート)への影響を考慮しなければならない。改良体が高強度になると、既設構造物の部材補強対策が別途必要となる。	・工法選定にあたり、事前にAs・Con舗装版の耐力照査が必要である。 ・工法選定にあたり、舗装のプリスタリング発生抑制対策が必要である。 ・施工箇所は、航空機が滑走路上で離着陸を行うエリアに該当することから、防護キャップ等の設置にあたっては、十分な検討が必要である。	・緑地帯には、固化盤が介在している												

表-3 対策工法比較一覧表(1)

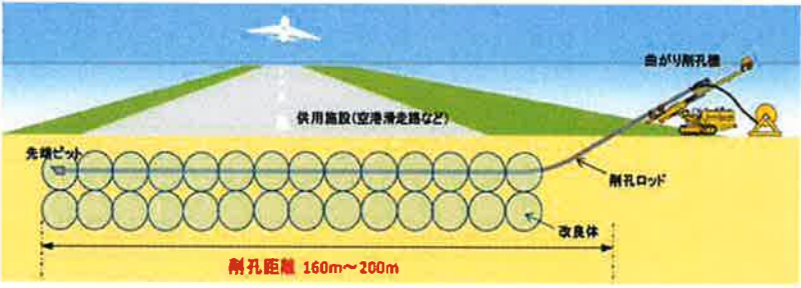
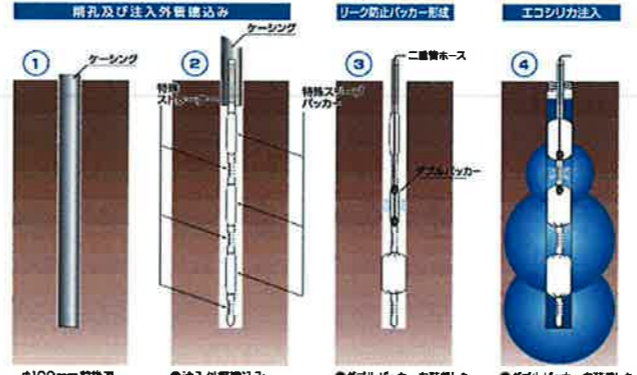
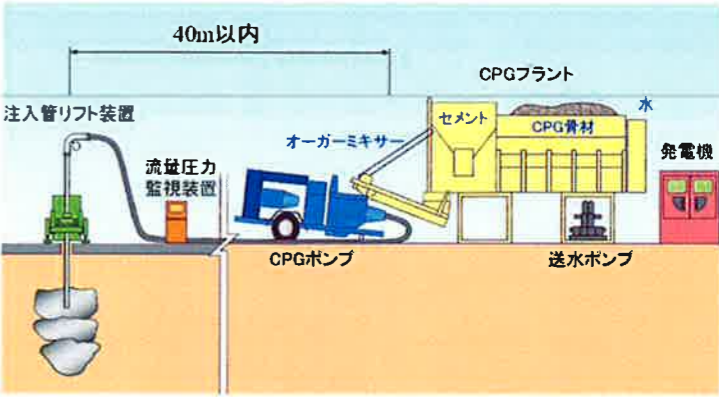
工法名	浸透固化処理工法（曲がり削孔）	浸透固化処理工法（鉛直削孔）	静的圧入締固め工法（CPG工法）
概要図			
工法概要	<p>・浸透性の高い溶液型の恒久薬液を地盤に低圧力で浸透注入することにより地盤を低強度固化する工法である。</p> <p>・削孔は、曲り削孔機で直線(水平、斜)部・曲線部を組合せて行う。改良範囲の直上からの改良が困難な場合に、離れた位置から削孔できる。</p> <p>・改良効果は、原則チェックボーリングで不攪乱試料を採取し一軸圧縮試験で確認する。</p>	<p>・浸透性の高い溶液型の恒久薬液を地盤に低圧力で浸透注入することにより地盤を低強度固化する工法である。</p> <p>・削孔は、改良範囲上からロータリーパーカッション式のドリリングマシンで鉛直または斜めに行う。</p> <p>・改良効果は、原則チェックボーリングで不攪乱試料を採取し一軸圧縮試験で確認する。</p>	<p>・きわめて流動性の低いソイルモルタルを注入機械を用いて圧入し、その密度を高めて地盤を強化する工法である。</p> <p>・改良効果は、改良杭間で行う事前・事後ボーリングにより確認する。</p>
施工概要 (空港工事の例)	<p>(事前準備)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul> <p>(本施工)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①曲り削孔機を用いてケーシングで孔壁を保護しながら削孔し、薬液注入口とその前後に薬液漏出防止用の特殊スリーブが設けられた注入外管を建込む。</li> <li>②注入外管の建込み完了後、ケーシングを引抜き、注入外管にダブルパッカー式注入装置を挿入し、スリーブパッカー注入(特殊スリーブへのセメントベントナイトの充填)を行う。</li> <li>③注入外管に前述の注入装置を注入口位置まで挿入し、薬液を浸透注入する。所定量の薬液注入後、注入装置を次の注入位置まで引上げて注入を繰り返す。</li> </ol> <p>(本施工後)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・注入外管内にセメントベントナイトを充填する。</li> </ul>	<p>(事前準備)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装を削孔し、削孔箇所防護キャップを設置。</li> </ul> <p>(本施工)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①ドリリングマシンを用いてケーシングで孔壁を保護しながら削孔し、薬液注入口とその上下に薬液漏出防止用の特殊スリーブが設けられた注入外管を建込む。</li> <li>②注入外管の建込み完了後、ケーシングを引抜き、注入外管にダブルパッカー式注入装置を挿入し、スリーブパッカー注入(特殊スリーブへのセメントベントナイトの充填)を行う。</li> <li>③注入外管に前述の注入装置を注入口位置まで挿入し、薬液を浸透注入する。所定量の薬液注入後、注入装置を次の注入位置まで引上げて注入を繰り返す。</li> </ol> <p>(本施工後)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・注入外管内にセメントベントナイトを充填する。防護キャップを取外し、その部分の舗装を復旧する。</li> </ul>	<p>(事前準備)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・削孔箇所を削孔し、削孔箇所防護キャップを設置。</li> </ul> <p>(本施工)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①ボーリングマシンを用いて小口径ロッドにより削孔し、ロッドを地中に残置する。</li> <li>②CPGポンプを用いてモルタルを注入する。</li> <li>③所定のモルタル量を注入した後、注入管リフト装置で注入管を引き上げモルタルの注入を繰り返す。</li> </ol> <p>(本施工後)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・防護キャップを取外し、舗装を復旧する。</li> </ul>
適用地盤	<p>削孔：N値&lt;20砂質地盤（こぶし大以上の転石が存在しない地盤）</p> <p>注入：砂質地盤(原則、細粒分含有率<math>F_c \leq 40\%</math>)</p>	<p>削孔：特になし</p> <p>注入：砂質地盤(原則、細粒分含有率<math>F_c \leq 40\%</math>)</p>	<p>砂質地盤(細粒分含有率<math>F_c \leq 50\%</math>、最大貫入深度30m以下)</p>
使用材料	<p>恒久薬液、セメントベントナイト</p>	<p>恒久薬液、セメントベントナイト</p>	<p>セメント、粒度調整骨材</p>
標準的な仕様	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改良径・・・2～2.5m</li> <li>・改良率・・・100%</li> <li>・改良体配置間隔・・・1.6～2.0m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改良径：1.5～2.5m</li> <li>・改良率：100%</li> <li>・改良体配置間隔：1.2～2.0m</li> </ul>	<p>換算改良径 <math>\phi 0.4m \sim \phi 0.7mm</math></p> <p>改良率・・・5.0%以上</p> <p>杭配置間隔・・・1.2～2.0m</p>
主な使用機械	<p>[削孔]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・曲がり削孔機・削孔管理システム・排泥リサイクル装置・バックホウ・汚泥吸排車・散水車</li> </ul> <p>[薬液注入]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・薬液注入ポンプ・ミキシングプラント・集中管理装置・汚泥吸排車・散水車・トラック</li> <li>※車上式施工の場合、以下を追加</li> <li>・トレーラー・トラック・クレーン付きトラック</li> </ul>	<p>[削孔]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・削孔機(ロータリーパーカッション式ドリリングマシン)・汚泥吸排車・散水車</li> </ul> <p>[薬液注入]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・薬液注入ポンプ・ミキシングプラント・集中管理装置・汚泥吸排車・散水車</li> <li>※車上式施工の場合、以下を追加</li> <li>・トレーラー・トラック・クレーン付きトラック</li> </ul>	<p>[削孔]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・削孔ボーリングマシン・散水車</li> </ul> <p>[注入]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CPGプラント・CPGポンプ・注入管リフト装置・流量圧力監視装置・散水車</li> <li>※車上式施工の場合、以下を追加</li> <li>・プラント車(トレーラー)・トラック・クレーン付きトラック</li> </ul>
施工実績[空港]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・松山空港、福岡空港、東京国際空港、新千歳空港などの空港で実績がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京国際空港や新千歳空港など多数の空港で実績がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新潟空港や東京国際空港など多数の空港で実績がある。</li> </ul>



表-4 対策工法比較一覧表(2)

工法名	高圧噴射攪拌工法(交差噴流) (X-jet工法他)	高圧噴射攪拌工法 (ジェットクリート工法)	
概要図	 <p>ジェットリグ(交差噴流発生装置) φ90mm          切削スライム          硬化材 圧力 4MPa 吐出量 190~250ℓ/分          交差噴流 圧力 40MPa 吐出量 180ℓ/分          交差点          硬化材充填前          硬化材充填後</p>	 <p>ガイドホール          硬化材+圧縮空気          切削スライム          改良径: 任意に設定可能</p>	
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転するロッドから超高压水を地盤中に噴射することで地盤を切削し、そのスライムを地表に排出させると同時に硬化材を充填し、円柱状の固結体を造成する。</li> <li>一定距離で噴流が交差(クロス)させるので、切削半径を一定にすることが可能で、改良径を確定できる。</li> <li>改良効果はチェックホールリングで試料を採取し、一軸圧縮試験で確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>揺動式の高圧噴射攪拌で、任意の方向に限定した改良が可能。</li> <li>回転するロッドから超高压水を地盤中に噴射することで地盤を切削し、そのスライムを地表に排出させると同時に硬化材を充填し、円柱状の改良体を造成する工法である。</li> <li>改良強度は任意に設定可能である。</li> <li>改良効果はチェックホールリングで試料を採取し、一軸圧縮試験で確認する。</li> </ul>	
施工概要(空港工事)	<p>(事前準備)          ・削孔箇所にガイドホール、防護キャップを設置する。</p> <p>(本施工)          ①ケーシングにより削孔を行い、ケーシングは地盤中に残置する。          ②三重管ロッドを挿入し、改良範囲下端より改良体の造成を行う。          ③改良体天端部分に硬化促進剤を添加・攪拌する。その後①～③を繰り返す。</p> <p>(本施工後)          ・防護キャップを取外し、舗装の打ち替えを行う。</p>	<p>(事前準備)          ・削孔箇所にガイドホール(φ216)、防護キャップを設置する。</p> <p>(本施工)          ①ケーシング(φ146)により削孔を行い、ケーシングは地盤中に残置する。          ②三重管ロッド(φ90)を挿入し、改良範囲下端より改良体の造成を行う。          ③改良体天端部分に硬化促進剤を添加・攪拌する。その後①～③を繰り返す。</p> <p>(本施工後)          ・防護キャップを取外し、舗装の打ち替えを行う。</p>	
適用地盤	ほぼ全ての土質	ほぼ全ての土質	
使用材料	クロスジェット専用固化材	JETCRETE用固化材	
標準的な仕様	<ul style="list-style-type: none"> <li>改良径・・・φ2.5m(標準)</li> <li>間隔・・・約2.0m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改良径・・・任意に設定可能(土質条件による)</li> <li>間隔・・・任意に設定可能(試験施工により決定する必要がある)</li> </ul>	
主な使用機械	<p>[造成]          ・先行ボーリングマシン・ボーリングマシン・造成用マシン・グラウトポンプ・超高压ポンプ・ラフタークレーン・大型汚泥吸排車・散水車          ※車上式施工の場合、以下を追加          ・車上式スラリープラント・トラック・クレーン付きトラック</p>	<p>[造成]          ・先行ボーリングマシン・ボーリングマシン・造成用マシン・グラウトポンプ・超高压ポンプ・ラフタークレーン・大型汚泥吸排車・散水車          ※車上式施工の場合、以下を追加          ・車上式スラリープラント・トラック・クレーン付きトラック</p>	
施工実績[空港]	・空港滑走路では伊丹空港や仙台空港で実績がある。	・空港滑走路での施工実績は無い。	

表-5 東京国際空港(H誘導路) 対策工法選定表

選定判断項目		工法名	浸透固化処理工法 (曲り削孔)	浸透固化処理工法 (鉛直削孔)	静的圧入締固め工法 (CPG工法)	高圧噴射攪拌工法 (X-jet工法・ジェットクリート工法等)
施工時の 既設構造物への影響	舗装勾配の確保 (施工による地盤隆起・沈下)			・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。	・土被り(表面～改良対象層上面)は約6m程度であり、地盤隆起の影響はあるが、羽田空港内での同種工事時の実績が多数あり、問題は少ない。	・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、隆起、沈下の可能性は低く、空港工事の実績(伊丹空港・仙台空港)では、許容値を上回る隆起・沈下は計測されていない。 ・ただし、既改良地盤の粘性が高い場合は、排泥閉塞により隆起の懸念もあるため、 <b>試験施工時に周辺地盤の動態観測を行い、必要に応じて追加対策(プレジェットや粘性低下促進材の添加)の検討が必要である。</b>
	既舗装への配慮			○	○	△
	近接構造物への影響			・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して間隔が小さくなり削孔箇所が多くなる。	・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。東京国際空港内での実績も多い。	・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して削孔径が大きく、特殊防護キャップが必要となる。
	地下埋設物への影響			△	△	△
	障害物による影響			・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少なく、構造物や施設の直下も施工可能である。	・近接構造物(地下道)との離隔(d=0m)はなく、締め固めの影響を受けて変位する可能性は高い。 ・設計検討書では施工位置からH誘導路の大部分の区域は影響範囲内としており、適用不可としている。	・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、近接構造物への影響は小さい。また、交差噴流とすることで切削影響範囲は限定できる。 ・既設構造物に隣接する箇所として伊丹空港の実績がある。本実績はX-jet工法を採用しており、交差噴流にて切削影響を低減している。
先行工事による影響	先行工事の残置物の影響① (削孔に関する事項)			○	×	○
	先行工事の残置物の影響② (注入に関する事項)			○	×	△
	改良不良地盤への対応			・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少なく、構造物や施設の直下も施工可能である。	・地下埋設物との離隔は最小約3.0mと小さく、締め固めの影響を受けて変位する可能性が高い。	・セメント改良材への置き換えであるため、隆起、沈下の可能性は低い。 ・ <b>施工中の地盤水平変位は、事前検討および試験施工による動態観測により検証することが必要である。</b>
工 程	作業時間に関する事項			○	—	—
	施工期間			—	—	—
総評 (一次選定)				・前施工の薬液注入地盤に対してどのように浸透していくかが不明である。 <b>土質調査、試験施工により未充填部への注入方法と妥当性を検証する必要がある。</b>	・薬液注入による既改良地盤に対して、静的圧入締固めを実施すると、十分な締め固め効果が得られないだけでなく、改良済部分に対してもせん断破壊を引き起こす可能性がある。	・既改良地盤(薬液注入工法による改良地盤: $qu \geq 60 \sim 70 \text{ kN/m}^2$ )に対して、地盤切削能力が不明であり、所定の改良径の造成可否、改良強度が不明である。 ・ <b>中途半端に改良された地盤に対しての切削能力(時間)、造成径、改良強度について、試験施工にて確認する必要がある。</b>
				△	×	△
				・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式注入設備を用いることで、誘導路での施工時間を最大限確保できる。 ・東京国際空港内で同サイクルの施工実績がある。	・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、誘導路での施工時間を最大限確保できる。 ・東京国際空港内で同サイクルの施工実績がある。	・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、誘導路での施工時間を最大限確保できる。
				△	△	△
				約32.4ヶ月 (試験施工: 1.7ヶ月 削孔機1台、注入設備1セット、昼間施工) (本施工: 30.7ヶ月 削孔機5台、注入設備4セット、夜間施工)	技術的な課題(変状)があるため工程算定の対象外とする	約32.3ヶ月 (試験施工: 2.3ヶ月 削孔機1台、造成機1台、昼間施工) (本施工: 30.0ヶ月 削孔機6台、造成機6台、夜間施工)
				△	—	△
				・曲り削孔機を配置する場所がないため、選定工法対象外とする	・未充填部への注入方法、改良効果を試験施工にて確認できれば有効な修補対策となり得る。	・既存施設への影響の可能性が高い。試験施工の対象としない。 ・既設改良体への切削効果、改良直後の誘導路への影響等、試験施工で確認すべき事項は多いが、これらを確認できれば有効な修補対策となり得る。
				×	○	△

注) ○、△は修補工法として1次選定。



表-6 福岡空港滑走路 対策工法選定表 (H26年度、H27年度共通)

選定判断項目		工法名	浸透固化処理工法 (曲り削孔)	浸透固化処理工法 (鉛直削孔)	静的圧入締固め工法 (CPG工法)	高圧噴射攪拌工法 (X-jet工法・ジェットクリート工法等)
施工時の 既設構造物への影響	舗装勾配の確保 (施工による地盤隆起・沈下)		・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。 ・ただし、既往工事の実績から土被りが小さく、注入時の地盤隆起には十分な配慮が必要である。特に部分的に薬液が注入された本地盤については、 <b>試験工事を実施し、隆起が許容値に収まる注入速度など、検証する必要がある。</b>	・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。 ・ただし、既往工事の実績から土被りが小さく、注入時の地盤隆起には十分な配慮が必要である。特に部分的に薬液が注入された本地盤については、 <b>試験工事を実施し、隆起が許容値に収まる注入速度など、検証する必要がある。</b>	・土被り(表面～改良対象層上面)は2～3m程度であり、地盤隆起の可能性が高い(同空港内の試験施工実績でも地盤隆起量が大きく、不適としている)	・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、隆起、沈下の可能性は低く、空港工事の実績(伊丹空港・仙台空港)では、許容値を上回る隆起・沈下は計測されていない。 ・ただし、既改良地盤の粘性が高い場合は、排泥閉塞により隆起の懸念もあるため、 <b>試験施工時に周辺地盤の動態観測を行い、必要に応じて追加対策(プレジェットや粘性低下促進材の添加)の検討が必要である。</b>
	既舗装への配慮		△	△	×	△
	近接構造物への影響	・緑地帯から施工できるため、滑走路舗装面の削孔は不要である。	○	△	△	△
	地下埋設物への影響	○	○	△	△	△
	障害物による影響	○	○	△	△	△
先行工事による影響	先行工事の残置物の影響① (削孔に関する事項)	・残置された注入外管の影響により、適切な削孔精度を確保できない可能性がある。 ・削孔ロッドが残置された注入外管と絡まり、抜けなくなる可能性がある。 ・ <b>上記の課題については、試験施工により施工の可否を検証する必要がある。</b>	△	○	○	○
	先行工事の残置物の影響② (注入に関する事項)	○	○	○	○	○
	改良不良地盤への対応	・施工不良地盤に対してどのように浸透していくかが不明である。 <b>土質調査、試験施工により未充填部への注入方法と妥当性を検証する必要がある。</b>	△	△	×	△
工 程	作業時間に関する事項	・緑地帯での作業であるが、夜間閉鎖時間中の作業である。小型の施工機械及び車載式注入設備を用いることで、施工時間を最大限確保できる。	○	○	○	△
	施工期間	約22ヶ月(試験施工期間約6ヶ月を含む) (本施工:16ヶ月 削孔機5台、注入設備5セット 夜間施工) H26,27同時施工	○	○	○	△
総評 (一次選定)		滑走路舗装面の削孔が不要であるため、滑走路安定性や舗装面のプリスタリングへの影響がない。未充填部への注入方法、改良効果を試験施工にて確認できれば有効な修補対策となり得る。	○	△	×	△

注) ○、△は修補工法として1次選定。



表-7(1) 松山空港ボックスカルバート側面部、底面部 対策工法選定表

選定判断項目		ボックスカルバート底面部		ボックスカルバート側面部		ボックスカルバート側面部	
		浸透固化処理工法 (曲り削孔)		浸透固化処理工法 (鉛直削孔)		静的圧入締固め工法 (CPG工法)	
施工時の 既設構造物への影響	舗装勾配の確保 (施工による地盤隆起・沈下)	・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。		・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。		・土被り(表面～改良対象層上面)は2.3m程度であり、地盤隆起の可能性が高い。	
		○		○		×	
	既舗装への配慮	・緑地帯から施工できるため、滑走路舗装面の削孔は不要である。		・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して間隔が小さくなり削孔箇所が多くなる。		・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。東京国際空港内での実績も多い。	
		△		△		△	
	近接構造物への影響	・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。 ・地下道直下の未改良注入対象層は、躯体からの離隔が曲り削孔の精度以下の場合、施工不可である。		・薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。		・近接構造物(地下道)との離隔(d=0m)はなく、締め固めの影響を受けて変位する可能性は高い。 ・地下道直下の地盤改良は不可である。	
		△(曲り削孔の精度により地下道直下は施工不可の可能性あり)		○		×	
	地下埋設物への影響	-		-		-	
	障害物による影響	-		-		-	
先行工事による影響	先行工事の残置物の影響① (削孔に関する事項)	-		-		-	
	先行工事の残置物の影響② (注入に関する事項)	-		-		-	
	改良不良地盤 への対応	・前施工の薬液注入地盤に対してどのように浸透していくかが不明である。土質調査、試験施工により未充填部への注入方法と妥当性を検証する必要がある。		・前施工の薬液注入地盤に対してどのように浸透していくかが不明である。土質調査、試験施工により未充填部への注入方法と妥当性を検証する必要がある。		・薬液注入による既改良地盤に対して、静的圧入締固めを実施すると、十分な締め固め効果が得られないだけでなく、改良済部分に対してもせん断破壊を引き起こす可能性がある。	
		△		△		×	
工 程	作業時間に関する事項	・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式注入設備を用いることで、施工時間を最大限確保できる。		・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式注入設備を用いることで、施工時間を最大限確保できる。		・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、施工時間を最大限確保できる。	
		○		○		○	
	施工期間	約9ヵ月(試験施工期間約2ヶ月を含む) (本施工:7ヶ月 削孔機1台 注入設備2セット 夜間施工)		約9ヵ月(試験施工期間約2ヶ月を含む) (本施工:7ヶ月 削孔機1台 注入設備2セット 夜間施工)		技術的な課題(変状)があるため工程算定の対象外とする	
		○		○		-	
総評 (一次選定)		施工時の近接構造物への影響は小さいが、未充填部への確実な充填方法が不明確であり、改良効果と合わせて試験施工による確認が必要である。 また、改良効果の確認方法についても検討が必要である。 ただし、未充填部が地下道直下の狭隘部の場合、注入範囲と曲り削孔精度を考慮し、選定すべきである。		施工時の近接構造物への影響は小さいが、未充填部への確実な充填方法が不明確であり、改良効果と合わせて試験施工による確認が必要である。		既存施設への影響の可能性が高い。試験施工の対象としない。	
		△～○		△～○		×	

注) ○、△は修補工法として1次選定。

表-7(2) 松山空港ボックスカルバート側面部、底面部 対策工法選定表

選定判断項目		施工箇所 工法名	
		ボックスカルバート底面部	ボックスカルバート側面部
施工時の 既設構造物への影響	舗装勾配の確保 (施工による地盤隆起・沈下)	<p>・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、隆起、沈下の可能性は低く、空港工事の実績(伊丹空港・仙台空港)では、許容値を上回る隆起・沈下は計測されていない。</p> <p>・ただし、既改良地盤の粘性が高い場合は、排泥閉塞により隆起の懸念もあるため、<b>試験施工時に周辺地盤の動態観測を行い、必要に応じて追加対策(プレジェットや粘性低下促進材の添加)の検討が必要である。</b></p>	<p>・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、隆起、沈下の可能性は低く、空港工事の実績(伊丹空港・仙台空港)では、許容値を上回る隆起・沈下は計測されていない。</p> <p>・ただし、既改良地盤の粘性が高い場合は、排泥閉塞により隆起の懸念もあるため、<b>試験施工時に周辺地盤の動態観測を行い、必要に応じて追加対策(プレジェットや粘性低下促進材の添加)の検討が必要である。</b></p>
	既舗装への配慮	<p>△</p> <p>・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して削孔径が大きく、特殊防護キャップが必要となる。</p>	<p>△</p> <p>・施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して削孔径が大きく、特殊防護キャップが必要となる。</p>
	近接構造物への影響	<p>△</p> <p>・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、近接構造物への影響は小さい。</p> <p>・既設構造物直下で水平噴流にて切削するため構造物への影響は小さい。</p>	<p>△</p> <p>・固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、近接構造物への影響は小さい。また、交差噴流とすることで切削影響範囲は限定できる。</p> <p>・既設構造物に隣接する箇所として伊丹空港の実績がある。本実績はX-jet工法を採用しており、交差噴流にて切削影響を低減している。</p>
	地下埋設物への影響	<p>△</p> <p>—</p>	<p>△</p> <p>—</p>
	障害物による影響	<p>△</p> <p>—</p>	<p>△</p> <p>—</p>
	先行工事による影響	先行工事の残置物の影響① (削孔に関する事項)	<p>△</p> <p>—</p>
先行工事の残置物の影響② (注入に関する事項)	<p>△</p> <p>—</p>	<p>△</p> <p>—</p>	
改良不良地盤への対応	<p>△</p> <p>・既改良地盤(薬液注入工法による改良地盤: <math>qu \geq 100kN/m^2</math>)に対して、高圧噴射攪拌工法による地盤切削能力が不明であり、所定の改良径の造成可否、改良強度が不明である。</p> <p>・<b>中途半端に改良された地盤に対しての切削能力(時間)、造成径、改良強度について、試験施工にて確認する必要がある。</b></p>	<p>△</p> <p>・既改良地盤(薬液注入工法による改良地盤: <math>qu \geq 100kN/m^2</math>)に対して、高圧噴射攪拌工法による地盤切削能力が不明であり、所定の改良径の造成可否、改良強度が不明である。</p> <p>・<b>中途半端に改良された地盤に対しての切削能力(時間)、造成径、改良強度について、試験施工にて確認する必要がある。</b></p>	
工 程	作業時間に関する事項	<p>△</p> <p>・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、施工時間を最大限確保できる。</p> <p>・改良体直後はボックスカルバートが沈下する可能性があるため、硬化促進剤を必要とする。<b>強度確認方法、施工サイクルタイムについて、試験施工時に検証する必要がある。</b></p>	<p>△</p> <p>・誘導路上での作業となるため、夜間閉鎖時間中に作業を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、施工時間を最大限確保できる。</p> <p>・土被りの少ない改良体は、早期の強度発現を期待するため、硬化促進剤を必要とする。<b>強度確認方法、施工サイクルタイムについて、試験施工時に検証する必要がある。</b></p>
	施工期間	<p>△</p> <p>約7.5ヶ月(試験施工期間約4ヶ月を含む) (本施工:3.5ヶ月 削孔機2台 造成機2台 夜間施工)</p>	<p>△</p> <p>約8ヶ月(試験施工期間約4ヶ月を含む) (本施工:4ヶ月 削孔機2台 造成機2台 夜間施工)</p>
総評 (一次選定)	<p>△</p> <p>・既設改良体への切削効果、改良直後の誘導路への影響に加え、構造物周りであることから設計的配慮も含め、試験施工で確認すべき事項は多いが、これらを確認できれば有効な修補対策となり得る。</p> <p>・<b>その他設計上の配慮事項および試験施工での確認事項</b></p> <p>・地下道直下はX-jet工法(最大φ2.5m)では未改良範囲が生じるため、ジェットクリート工法等の大口径仕様が必要となる。<b>中途半端な改良地盤でも大口径仕様が可能であるか試験施工による検証が必要である。</b></p> <p>・既設構造物への影響について側面部と同様な検証を行う必要がある。</p>	<p>△</p> <p>・既設改良体への切削効果、改良直後の誘導路への影響に加え、構造物周りであることから設計的配慮も含め、試験施工で確認すべき事項は多いが、これらを確認できれば有効な修補対策となり得る。</p> <p>・<b>その他設計上の配慮事項および試験施工での確認事項</b></p> <p>・地下道直下はX-jet工法(最大φ2.5m)では未改良範囲が生じるため、ジェットクリート工法等の大口径仕様が必要となる。<b>中途半端な改良地盤でも大口径仕様が可能であるか試験施工による検証が必要である。</b></p> <p>・施設検討業務報告書では、耐震照査の中で高強度改良の既設構造物への影響を指摘している。<b>低強度改良の必要性、また実現性について、事前検討並びに試験施工にて確認の必要がある。</b></p>	
		△ ~ ○	△ ~ ○

注) ○、△は修補工法として1次選定。



表-8 東京国際空港(C滑走路) 対策工法選定表

選定判断項目		工法名	浸透固化処理工法 (曲り削孔)	浸透固化処理工法 (鉛直削孔)	静的圧入締め工法 (CPG工法)	高圧噴射攪拌工法 (X-jet工法・ジェットクリート工法等)
施工時の 既設構造物への影響	舗装勾配の確保 (施工による地盤隆起・沈下)		薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。	薬液を低圧力で注入するため、周辺への影響が少ない。	土被り(表面～改良対象層上面)は約10m程度であり、地盤隆起は発生するが、東京国際空港内での同種工事の実績が多数あり、すべて許容値内に収まっている。	固化材噴出による改良と排泥を同時に行うため、隆起、沈下の可能性は低く、空港工事の実績(伊丹空港・仙台空港)では、許容値を上回る隆起・沈下は計測されていない。 ただし、改良範囲に粘性の高い地盤が介在すると、排泥閉塞により隆起の懸念もあるため、周辺地盤の動態観測を含めて細心の計測管理が必要となる。
	既舗装への配慮		緑地帯から施工できるため、滑走路舗装面の削孔は不要である。	施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して間隔が小さくなり削孔箇所が多い。	施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。C滑走路での実績も多い。	施工時に舗装面の削孔が必要となるが、防護キャップの使用により対応可能である。ただし、CPG工法に比較して削孔径が大きく、特殊防護キャップが必要である。
	近接構造物への影響		—	—	—	—
	地下埋設物への影響		—	—	—	—
	障害物による影響		礫や固化盤などがある場合、削孔に時間を要したり、削孔不能となる可能性がある。	礫や固化盤などがある場合においてもロータリーパーカッションドリルにより、削孔は可能である。	礫程度であれば、締め固めに影響はない。障害物がある場合においても、別途改良ピッチの見直し、増杭施工により対応できる。	礫程度であれば、改良に影響はない。障害物がある場合においても、別途配杭の見直しにより対応できる。
先行工事による影響	先行工事の残置物の影響① (削孔に関する事項)		残置された注入外管(塩ビ管)は、その位置が正確に把握できていないため、削孔時に注入外管と絡まるなどの支障が生じる可能性がある。 残置されたケーシング(鋼製)は、その位置が正確に把握できていないため、ケーシングとの接触により削孔機の損傷等が発生する可能性がある。 先行削孔の影響で削孔軌道修正のための反力がとれず、軌道確保に支障が生じる可能性がある。 上記の課題については、試験施工により施工の可否を検証する必要がある。	ロータリーパーカッションドリルにて削孔するため、注入外管(塩ビ管)が削孔精度に与える影響はない。 ケーシング(鋼製)にあたった場合は、削孔位置をずらし、増杭とすることで対応できる。	ケーシング(鋼製)に当たった場合、削孔位置をずらし、増杭とすることで対応できる。 注入外管(塩ビ管)に対する削孔の可否については試験施工で確認する。	注入外管(塩ビ管)の場合、通常地盤と同様に一般的な削孔機により削孔可能である。 ケーシング(鋼製)にあたった場合は、削孔位置をずらし、増杭とすることで対応できる。
	先行工事の残置物の影響② (注入に関する事項)		新規削孔部が既削孔空隙と結合し、布スリーブパッカーが孔壁に当らず機能を果たさない可能性がある。 薬液が既削孔穴へ逸走し、所定の位置に薬液が注入できない可能性がある。 上記課題に対しては、一次注入にてセメントベントナイトを空隙に充填する対策があるが、試験施工により検証する必要がある。	新規削孔部が既削孔空隙と結合し、布スリーブパッカーが孔壁に当らず機能を果たさない可能性がある。 薬液が既削孔穴へ逸走し、所定の位置に薬液が注入できない可能性がある。 上記課題に対しては、一次注入にてセメントベントナイトを空隙に充填する対策があるが、試験施工により検証する必要がある。	基本的には圧入時の注入圧は、ケーシングや外管を介してもそれらを介して地盤全体に伝達されるため、局所的に集中することはない(業者者ヒアリング) 流動性の低いモルタル(スランプ0～7cm)を地盤中に注入する為、先行残置物へ逸走する可能性は低い。 残置物の空隙、緩みの影響については、試験施工によりその影響を把握する必要がある。	注入外管外側の緩み(ベントナイト)は、切削し、セメント改良体へ置き換えられる。また、ケーシングおよび注入外管については、基本的にはそれらを巻き込んだ形で改良体は造成され、ケーシング内には空隙は残るが、全体的には高強度の改良体に内包される。 注入外管(塩ビ管)は、外径42mmであるため、噴射ノズルの至近距離に注入外管が存在しない限り、乱流となるジェット水の妨げとはならず、固化材は充填される。
	改良不良地盤への対応		(注入率5%程度であり、未改良地盤と同じ扱いである)	(注入率5%程度であり、未改良地盤と同じ扱いである)	(注入率5%程度であり、未改良地盤と同じ扱いである)	(注入率5%程度であり、未改良地盤と同じ扱いである)
工 程	作業時間に関する事項		緑地帯から施工できるため、昼夜施工が可能である。	滑走路上で作業となるため、夜間閉鎖時間中に施工を行うが、小型の施工機械及び車載式注入設備を用いることで、滑走路での施工時間を最大限確保できる。	滑走路上で作業となるため、夜間閉鎖時間中に施工を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、滑走路での施工時間を最大限確保できる。 東京国際空港内K誘導路で同サイクルの施工実績がある。	滑走路上で作業となるため、夜間閉鎖時間中に施工を行うが、小型の施工機械及び車載式プラントを用いることで、滑走路での施工時間を最大限確保できる。
	施工期間		約22.6ヶ月 (試験施工:5.8ヶ月 削孔機2台、昼夜施工) (本施工:16.8ヶ月 削孔機5台、昼夜施工)	約48.5ヶ月 (セメントベントナイト注入試験施工:0.5ヶ月) (本施工:48.0ヶ月 削孔機9台、注入設備3セット、夜間施工)	約22.3ヶ月 (試験施工:1.1ヶ月 注入プラント1セット、昼間施工) (本施工:21.2ヶ月 注入プラント9セット、夜間施工)	約33.8ヶ月 (試験施工:2.3ヶ月 削孔機1台、造成機1台、昼間施工) (本施工:31.5ヶ月 削孔機7台、造成機7台、夜間施工)
総評 (一次選定)			先行工事の残置物が本施工に影響ないことを試験施工にて確認できれば有効な修補対策である。	施工期間が長期になるため、今回の修補対策の対象とはしない。	先行工事による地盤内の空隙等が改良体品質確保に影響ないことを試験施工にて確認できれば有効な修補対策である。	施工期間が長期になるため、今回の修補対策の対象とはしない。 (既存設計検討書ではH誘導路一般部、K誘導路など既設構造物の影響がない区域は、二次工法選定にて「CPG工法>高圧噴射攪拌工法」としている)
			△	×	○	×

注) ○、△は修補工法として1次選定。



## 4. 調査計画の考え方

### 1) 概要

ここでは、バルーングラウト工法で施工された、“施工不良地盤”の評価に関する調査計画の考え方について記載する。

基本は、まず原位置から採取した試料の室内試験を行い、「改良済み」または「未改良」の評価を行う。なお「未改良」の一部は、土砂の物性値から、薬液注入工の対象外の「非液状化」部であることも想定される。次にそれらの結果と、既往の事前・事後の調査結果や施工実績（注入率の実績）などを関連付け、再改良が必要な範囲を設定する。

### 2) 試料の採取

#### (1) 試料の採取方法

試料は、改良対象範囲をオールコアで採取するものとし、コア採取は、不かく乱試料(乱れの少ない試料)を採取可能な方法（トリプルチューブ方式、コアパック方式など）で実施する。

試料採取の対象は、緩詰め砂地盤に薬液注入した低強度のものであり、一般的には試料採取時、運搬時および供試体作成時の試料の乱れの影響が大きくなる。さらに斜めボーリングの場合、不かく乱試料の採取は難しく、“乱れの影響の大きな試料”となる。

#### (2) 試料の採取位置

通常の事後調査では、改良体を球体と仮定して、平面的に見て、改良半径の 1/2 の点を試料採取位置とし、改良対象層の上・中・下の 3 点で試験を行う（浸透固化マニュアル P.89-90）。

ただし、注入率 50%（体積）の場合、均質な球体と仮定すると、その半径は計画の 0.8 倍程度となる（図-1）。よって、改良体が均質な球体で造成されている確率は低いものの、50%という低い注入率の場所で改良半径の 1/2 の点で試料採取を行った場合、良い結果が出る可能性が高くなるといえる。

したがって、図-2 に示すようにラップ施工における注入点同志の中間点を、試料採取位置とすることで、施工不良（低注入率）の状況を少しでも反映することが可能とする。

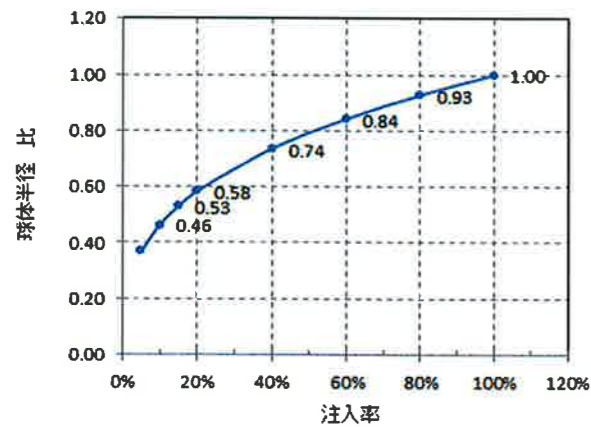


図-1 注入率と換算半径比

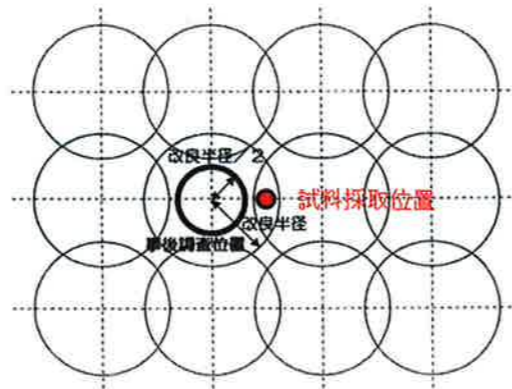


図-2 試料の採取位置（平面）

### 3) 採取した試料の試験と評価（図-3、図-4）

#### (1) 概要

図-3 に示すように、サンプラーで 1 本ずつ採取されたものを、それぞれ 3 分割した試料を対象に室内試験を行う。なお、試料上下の端部は、試料採取時に泥水で洗われている可能性があり、上記とは別扱いとする。

採取試料の評価は、基本的に一軸圧縮強さが設計値以上であるか否かで、「改良済み」または「未改良」とする。「未改良」の一部は、細粒分が多い試料である場合、粒度試験の結果粘性土と判定されれば、薬液注入工の対象外の「非液状化」部と判定される。試験・評価フローを図-4 に示す。

一軸圧縮強さの確認方法は、一軸圧縮試験を実施して直接計測する方法と、シリカ含有量試験によって、間接的に推定する方法の 2 種類がある。

#### (2) シリカ含有量試験

##### ●概要

低強度の注入固化試料では、乱れの少ない不かく乱試料を採取することが非常に難しい。よって、一軸圧縮試験が実施できない場合や一軸圧縮強さが設計値を下回った場合は、シリカ含有量試験を行い、換算一軸圧縮強さの推測を行う方法を用いることができる。試験法は、ICP 発光分析法とするが複数の方法があるので、事前・事後の試験は同じ試験機関で、かつ同じ方法で実施する必要がある。

##### ●不均質性やばらつき大きい地盤における試験方法（検体の抽出方法）

BGM の改良体は、球体で形成されているとは限らず、不定形であることが想定され、また薬液が不均一に分散していることも考えられる。一方で、シリカ含有量試験は、ごく少量の試料を用いて行う試験であり、現場採取試料のわずかな一部を削り取って試験した場合、地盤内の“点”の情報を示すことになる可能性がある。

今回は、上・中・下の各 25cm 分の試料をそれぞれ均一に混合後、ランダムに抽出した 3 検体/試料の試験を行うこととした。これによって不均質な改良体の“点”の値ではなく、鉛直方向 25cm 分の平均的な値となり、改良体の不均質性を多少でも反映した評価とすることができる。

試験法は、ICP 発光分析法とするが複数の方法があるので、事前・事後の試験は同じ試験機関で、かつ同じ方法で実施する必要がある。

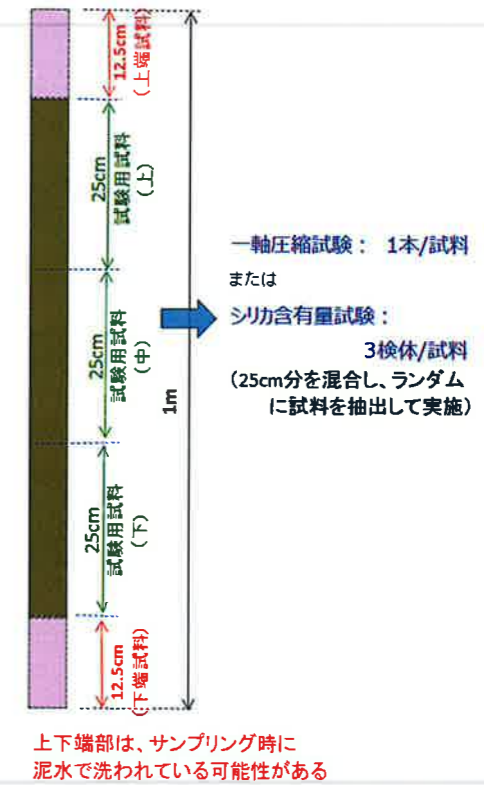


図-3 サンプラー1本あたりの試験用試料

(3) 採取した試料の評価・判定フロー

図-4 および図-5 に採取した試料の評価・判定フローを示す。

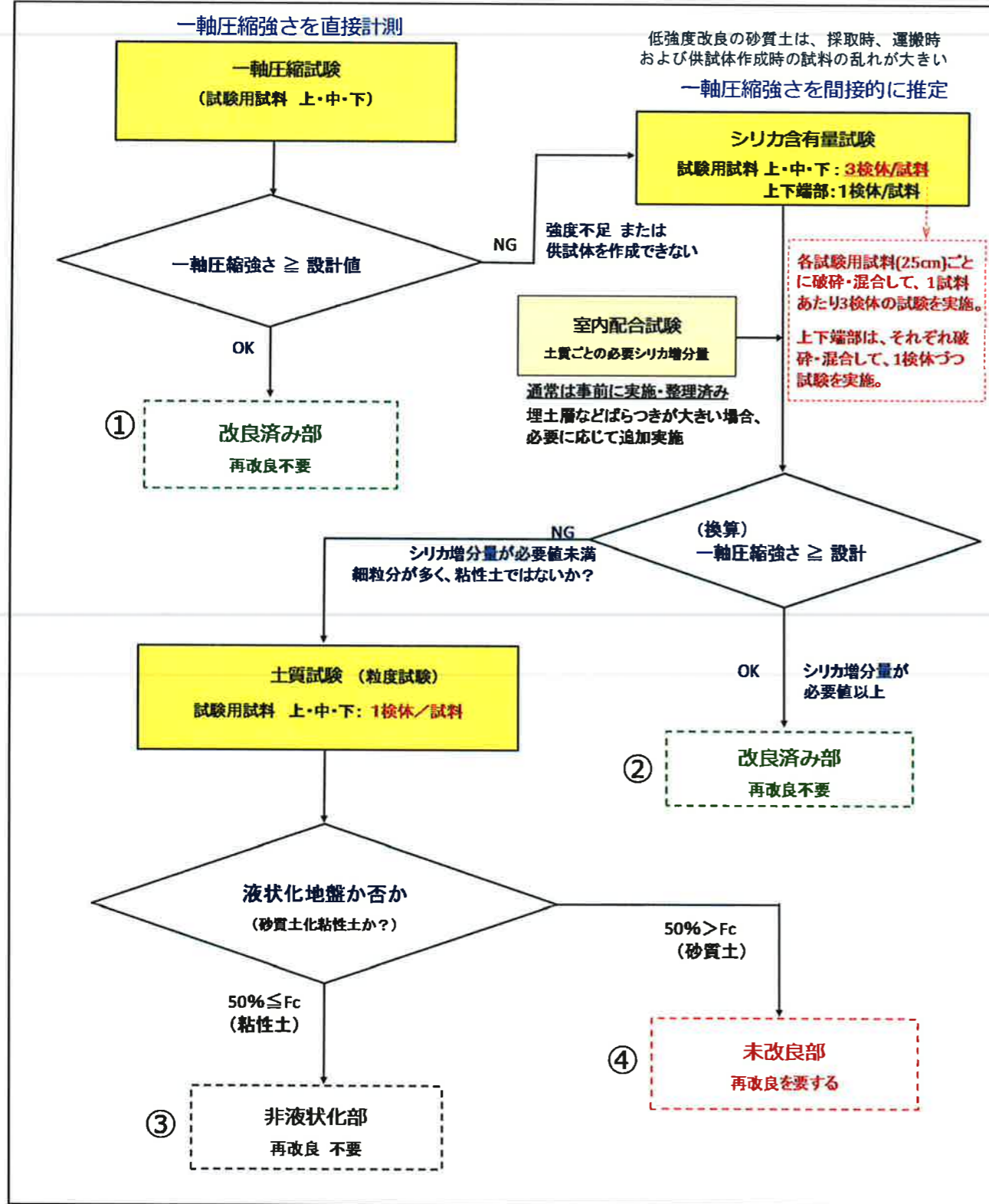


図-4 採取した試料の評価・判定フロー

ケース	試験	判定・結果	地盤評価	再改良
①	一軸圧縮試験	OK	改良済み部	不要
	シリカ含有量試験	未実施		
	土質試験	未実施		
②	一軸圧縮試験	NG	改良済み部	不要
	シリカ含有量試験	土質ごとの必要シリカ増分量を満足している		
	土質試験	未実施		
③	一軸圧縮試験	NG	非液状化部	不要
	シリカ含有量試験	土質ごとの必要シリカ増分量を満足していない		
	土質試験	F <sub>c</sub> ≥ 50% (粘性土) であり、非液状化層と判定		
④	一軸圧縮試験	NG	液状化部	必要
	シリカ含有量試験	土質ごとの必要シリカ増分量を満足していない		
	土質試験	F <sub>c</sub> < 50% (砂質土) であり、液状化層と判定		

図-5 採取した試料の評価・判定フローの補足



#### 4) 調査地点の配置と評価方法（再改良範囲の決定方法）の案

上記「3) 採取試料の評価」の結果、各調査点の深度方向に関する地盤の品質、すなわち「未改良」、「改良済み」および「非液状化」などが明らかになる。しかし、これら調査地点ごとの結果だけでは、まだらに改良された“施工不良地盤”全体を評価することは難しい。したがって調査地点はできるだけピッチを細かくしたいが、限度がある。そこで今回は、調査地点ごとの結果と、(1) 既往の地盤構成の情報と、(2) 既往の薬液注入における注入率（＝実績注入体積÷設計体積）を関連付けることとする。

ここで、(1) 既往の地盤構成は、地盤調査結果から設定された地盤の連続性や層厚やレベルを示しており、土質試験結果の情報も含まれている。

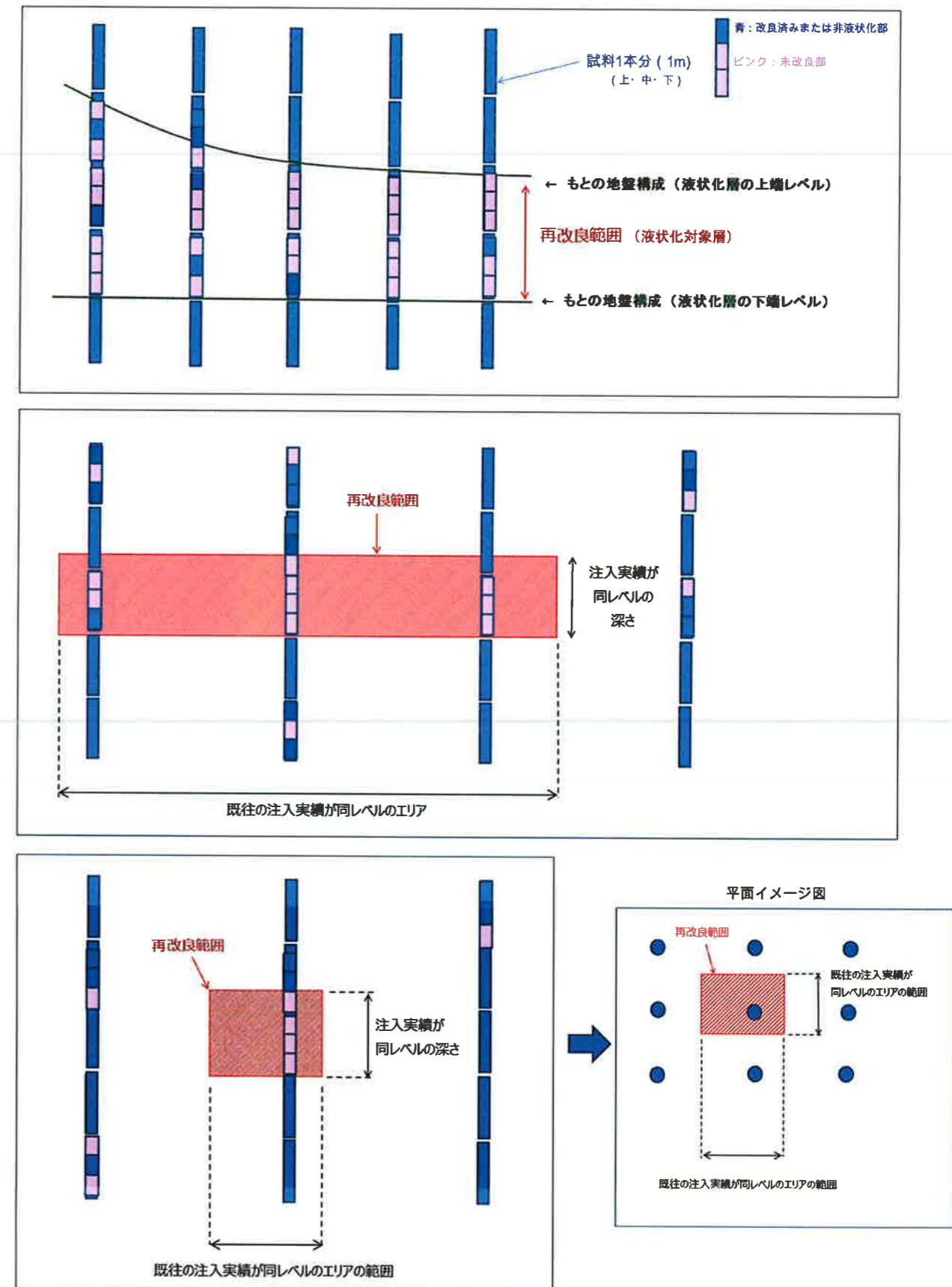
一方、(2) 既往の注入率の実績は、施工時における“薬液の入りやすさ”を示しており、注入点における透水性を反映したものともいえる（ただし、これらは施工時の情報で、その注入点の周囲の注入を終えた現時点では、注入時よりは薬液が入りにくくなっている可能性が高い点に留意すべきではある）。よって、“現場透水試験結果”が約2m前後の注入ピッチで、地盤内に3次的に存在していると捉えることができる。

上記の(1),(2)は、ともに地盤の3次元的情報であり、これらの情報を加味して、調査地点の試験結果から“施工不良地盤”全体の評価に結び付けることは、一つの有効な手法といえる。

今回は、現場注入実績(注入率)をまとめ、注入率ごとにエリア分けを行う。調査地点の配置は基本的には、エリア内で20m～30mごとの均等配置とするが、注入率が同程度のエリアに対して複数(3本程度)の調査地点を設定する。

調査・試験終了後、エリア分けした同じ注入率レベルごとの地盤の評価(品質設定)を行う。地盤の評価は、試験結果にばらつきが少ない場合は、それらの平均的な値を地盤特性値とし、ばらつきがある場合は、安全側(低改良レベル側)の評価とする。

また、調査試験結果、注入実績などを反映した地盤の状況から設定した再改良範囲の設定や事後調査結果については、必要に応じて、最終的に全体系での解析(FLIP)で確認を行う。



調査地点の配置と評価方法（再改良範囲の決定方法）のイメージ(断面)

工事名		東京国際空港		福岡空港		松山空港		
		平成25年度 H誘導路	平成27年度 C滑走路	平成26年度	平成27年度	平成26年度 側面部	平成26年度 底面部	
工期		H26/01/31～H27/03/20	H27/05/28～H28/03/18	H26/06/30～H27/03/27	H27/05/25～H28/05/31	H26/09/18～H27/03/20		
施工不良の状況	工法	バルーングラウト工法		バルーングラウト工法		バルーングラウト工法		
	削孔方法	鉛直削孔		曲がり削孔		鉛直削孔 一部、曲がり削孔		
	薬液注入割合	45%		5.4%		38%		
	削孔位置精度	100%		0%		40%		
修補にあたり考慮すべき現場の特性	施工時間の特性	●施工時間の制約(00:00～翌朝06:00、週5日)		●施工時間の制約(02:00～翌朝06:00、週3日)		●施工時間の制約(22:30～翌朝06:00)		
	運用上の特性	●H誘導路に平行するG誘導路を活用してH誘導路の閉鎖時間の確保が必要 ●供用中の誘導路であるため、誘導路の変位等の影響を抑制するとともに、日々復旧が必要		●空港の主要滑走路であるC滑走路の北側及びC-10誘導路への航空機導線の安全性の確保が必要 ●供用中の滑走路であるため、滑走路の変位等の影響を抑制するとともに、日々復旧が必要		●供用中の滑走路であるため、滑走路の変位等の影響を抑制するとともに、日々復旧が必要		
	地下構造物等の存在	●HY-Lブロックの石油給油管(FEPφ400)		●緑地帯表層付近(-0.5～-4m付近)の固化盤		●舗装下のコンクリート板		
	前工事の残置物等	●改良体		●注入外管、ケーシング、改良体、削孔後のセメントベントナイト		●注入外管、改良体		
	その他	●相当数の削孔を行った上、その一部に薬液やセメントベントナイトが入っている、あるいは場合によっては空洞として残っていたりする地盤となっており、通常考えられる「未改良地盤」とは異なる		●地下水位が高い場所のため、プリスタリング等による舗装の剥離を防止することが必要 ●削孔による舗装強度の低下を防止することが必要 ●接地帯であるため、特に舗装強度の確保及び防護キャップを設置した場合の脱落防止対策が必要 ●改良体上部に存在する粘土層を乱す場合には、埋蔵文化財調査が必要となるが、供用中の滑走路直下であるため調査は困難		●液状化対策の目的：誘導路直下にある地下構造物(ボックスカルバート)の浮き上がりを防止することにより、誘導路路面の変形を抑制		
修補方法の概要	浸透固化処理工法(曲がり)	検討対象	○		○		○	
		工期	曲り削孔機を配置する場所がないため対象外		約16.8ヵ月(試験施工期間約5.8ヵ月を含まない。夜間施工)		側面部のため対象外	
	浸透固化処理工法(鉛直)	検討対象	○		○		○	
		工期	約30.7ヵ月(試験施工期間約1.7ヵ月を含まない。夜間施工)		工期過大		約13ヵ月(試験施工期間約2ヵ月を含まない。夜間施工 H26.27同時施工の場合)	
静的締固め(CPG)工法	検討対象	○		○		○		
	工期	地中埋設物のため施工不可		約21.2ヵ月(試験施工期間約1.1ヵ月を含まない。夜間施工)		地盤隆起により施工不可		
高圧噴射攪拌工法	検討対象	○		○		○		
	工期	約30.0ヵ月(試験施工期間約2.3ヵ月を含まない。夜間施工)		工期過大		約29ヵ月(試験施工期間約2ヵ月を含まない。夜間施工 H26.27同時施工の場合)		
評価案 (適用可能な工法における留意事項)		【各事案に共通する基本的考え方】 ●各工法の施工不良地盤への適用性や適用にあたっての課題については別紙のとおり ●修補において考慮すべき現場の特性と別紙の各方法の施工不良地盤への適用性や適用にあたっての課題を踏まえて適用可能な工法を選択 ●施工不良のあった箇所の地盤の状態を確認した上で、試験施工により現地での適用可能性について検証が必要。試験施工の評価方法の検討が必要 ●再改良の範囲や再改良後の効果の確認にあたっては有識者の助言を含め慎重な対応が必要 ●各空港の補修工法が重複した場合、施工者の施工能力を勘案して工期を見直すことが必要(工期を考慮して、極力工法が重複しないように選択することも一つの考え方である)						
		【共通】 ・施工不良で造成された薬液改良体が残置されている状況であることから、液状化対策効果および施工の確実性に十分配慮すべき。 【高圧噴射攪拌工法】 ・地中埋設物の影響を勘案すべき。	【共通】 ・施工不良で造成された薬液改良体が残置されている状況であることから、運用中の滑走路直下での施工となることから、液状化対策効果及び施工の確実性に十分配慮すべき。 ・修補にかかる工期を勘案すべき。	【浸透固化処理工法(曲がり)】 ・施工不良で造成された薬液改良体が残置されている状況であることから、液状化対策効果および施工の確実性に十分配慮すべき。 【浸透固化処理工法(鉛直)】 ・施工不良で造成された薬液改良体が残置されている状況であることから、液状化対策効果および施工の確実性に十分配慮すべき。 ・プリスタリング防止・舗装強度の確保及び接地帯での改良であることを踏まえると、曲がりの補完方策として、プリスタリング防止・舗装強度の確保に影響を及ぼさない範囲における部分的な適用性について検討すべき。 【高圧噴射攪拌工法】 プリスタリング防止、舗装強度の確保及び埋蔵文化財の調査が困難等の課題があり、施工不可。	【共通】 ・施工不良で造成された薬液改良体が残置されている状況であることから、液状化対策効果および施工の確実性に十分配慮すべき。 ・底面部の改良工法と整合性を確保することが望ましいが、異なる工法を用いる場合にはボックスカルバート本体への影響等について十分検討する必要がある。 【高圧噴射攪拌工法】 ・ボックスカルバート本体の補強等による対応も含めて検討する必要がある。	【共通】 ・ボックスカルバートの浮き上がり対策が目的であることから、カルバート底面の地盤改良の確実性に十分配慮すべき。 【高圧噴射攪拌工法】 ・低強度改良も考慮しつつ、ボックスカルバートへの影響評価を行い、適用性を検討する必要がある。 ・ボックスカルバート本体の補強等による対応も含めて検討することが必要。		

## 提案された修補工法に関する事務局の見解（案）

	浸透固化処理工法* 曲がり削孔	浸透固化処理工法* 鉛直削孔	静的締固め（CPG）工法	高圧噴射攪拌工法
施工不良地盤への適用性	<p>a) 既に薬液により部分改良された地盤に、不足分の薬液を再注入し改良するものである。</p> <p>b) 部分改良された地盤に対して、再注入を行うことに関しては一定の知見があり、施工可能と判断される。</p> <p>c) 再注入による修補後の地盤は、全体的に浸透固化処理された地盤となり、当初設計で想定された完成地盤と同等な特性を持つものと考えられる。</p>	左欄 a)～c)	<p>a) 既に薬液により部分改良された地盤に、流動性の低いソイルモルタルを圧入し、地盤を密実化させるものである。</p> <p>b) 比較的小型の施工機械で施工可能であり、夜間の短時間での施工にも対応可能であることなどから、滑走路下の地盤への適用実績も多い。</p>	<p>a) 高圧水により地盤を切削すると同時に硬化材を充填し、改良体を作製するものである。</p> <p>b) 工法原理は置換工法に近く、完成地盤は比較的均質に固結した地盤となる。地盤強度のコントロールも可能である。</p> <p>c) 高圧噴射攪拌工法には様々な工法が存在しており、その特性を活かした工法の使い分けにより、幅広い施工条件への対応が可能となる。</p>
施工不良地盤への適用にあたっての課題	<p>a) 曲がり削孔の際に、施工不良により生じた空洞や残置物等の影響を受け、計画通りの削孔ができない可能性がある。</p> <p>b) 各地点における再注入量の決定方法について検討が必要。ボーリングと既施工実績に基づく方法が示されているが、各工事の地盤条件等に照らして注意深く検討を進める必要がある。また、削孔不能等により削孔位置を変更する場合の注入量の再設定方法等について事前に検討する必要がある。</p> <p>c) 注入の際、施工不良により生じた空洞や残置物の影響により、薬液の逸散やリークが生じる恐れがある。このような薬液の逸散・リークに対して、セメントベントナイトを一次注入することにより大きな空洞を埋めてから薬液を浸透させる方法が提案されており、一定の実績もあるが、今回のような施工不良を生じた地盤に適用できるかどうかについては十分な知見が無い。</p> <p>d) 完成地盤はある程度のばらつきを持つことになるため、完成地盤が所定の性能を確保できているかをボーリング調査のみで判断することが難しい可能性がある。ばらつきを考慮した数値解析を行うなどして完成地盤全体としての液状化抵抗性を担保する必要がある。</p>	<p>a) 舗装上に施工機械を配置するため、夜間など滑走路等を閉鎖可能な時間に作業時間が限られ、修補工事の工期が長くなる傾向がある。また、多数の削孔を行うため、舗装構造に構造上の余裕が無い場合は、施工中の舗装の耐力について検討する必要がある。</p> <p>左欄 b)～d)</p>	<p>左欄 a)</p> <p>b) 施工不良により点在している改良体や残置物、施工不良時に生じた空洞等がある場合に、期待通りの地盤の密実化効果が得られるか不明である。また、このような場合の改良率の設定方法に関しても知見が無い。</p> <p>c) 完成地盤は、施工不良の際に残された部分的な改良体と、新たに注入したソイルモルタルによる密実化という性質の異なる改良効果が複合する地盤となり、その性能評価方法に関する知見が無い。</p> <p>d) 工法の原理上、既設構造物に対する影響が大きい場合もあると考えられるため、近傍に埋設物・構造物等が存在する場合には構造物への影響を十分に検証し、管理しながら施工する必要がある。</p>	<p>左欄 a)</p> <p>b) 施工不良により点在する改良体や空洞は切削・充填可能である可能性が高いが、残置物の影響が不明である点や、残置物背面に未施工領域が発生する可能性がある点など、施工上の不確実性がある。施工計画時に、改良ピッチを適切に定めるなどの検討が必要となる。</p> <p>c) 改良後の地盤強度の発現に一定の時間を要するため、施工時間に制限がある場合は対応が難しい。ただし、硬化促進剤の添加によりある程度は対応可能。</p> <p>d) 排泥の処理が必要となるため、施工時間に制限がある場合は対応が難しい。</p> <p>e) 地盤中の異物・既存の改良体の破片等により排泥が閉塞することがないか、試験施工により確認する必要がある。また、排泥が閉塞すると瞬時に地盤変状が生じる恐れがあるため、施工管理に十分な注意を要する。</p> <p>f) 高圧噴射攪拌工法による完成地盤の強度・剛性は、当初設計の薬液による改良体の強度・剛性よりも大きくなることが予想されるため、地中構造物等が存在する場合はそれらの構造物の地震時挙動について再検証が必要となる。</p>
改良不良地盤に対する適用性の評価（案）**	曲がり削孔・再注入の両面について試験施工を行う必要があると考えられるものの、滑走路等の施工上の制限が厳しい現場へは適用性が高いと考えられる。試験施工時には、本施工に向けた施工管理項目の抽出・管理値の設定をあわせて行う必要がある。	再注入について試験施工が必要となるが、施工不良地盤への適用は可能と考えられる。	施工不良地盤における改良効果等に関して解決すべき課題が多く、今回のような施工不良地盤に対する適用は容易ではないが、他工法による改良が困難な場合には、上記課題に対する検討を行った上で適用する。	修補後の完成地盤について他工法より均質性が確保しやすく適用性が高い。完成地盤の性能の担保（改良効果の確認）も通常施工時の出来形確認と同じ方法で対応可能と考えられる。ただし、残置物の影響等について試験施工の必要がある。

\* 浸透固化処理工法は浸透固化処理工法研究会で開発されたものを対象としており、施工不良を生じたバルーングラウト工法とは異なる工法である。

\*\* 本評価は単に改良不良地盤に対する適用性を評価したものである。実施工にあたっては各空港の運用状況、各現場の施工制限等に応じて個別に評価する。

# 中間報告書の構成(案)

---

## 中間報告書の構成(案)

本委員会の中間報告書の構成(案)を以下のようにする。

### はじめに

- I 有識者委員会の設置
- II 施工不良事案の概要
- III 施工不良等に係る原因
- IV 発注者における対応
- V 再発防止策
- VI 地盤改良工事の修補
- VII 中間報告以降の対応

### おわりに