

供用中の滑走路直下における液状化対策工法の施工

柏原貴彦* 佐野和久* 西宮幸洋* 窪内敬一*

羽田空港は、年間旅客利用者数6,300万人を超える我が国最大の規模を誇る拠点空港である。本工事は、航空機が毎日何度も、繰り返して離発着する滑走路や誘導路が大地震により液状化してその機能を損なうことを防止するため、既設滑走路地盤を航空機の運航に支障のないよう地盤改良により耐震補強するものである。本文は、施工実績が少なく、技術的に施工方法が確立されていない工法の採用に当たり、不測の事態を事前に想定し、様々な問題点への対策を実施した結果について報告するものである。

キーワード：液状化，既設滑走路，地盤改良，耐震補強

1. はじめに

羽田空港は、A・B・Cの3本の滑走路を有する。このうち、B滑走路およびA滑走路西側平行誘導路は既に耐震補強整備がされている。本工事は、震災時にも東側ターミナルエプロンまでの区間を航空機が運航できるよう耐震補強整備するもののうち、現在供用中であるA滑走路交差部直下を航空機の運航が休止している深夜間に施工するものである (Fig.1 参照)。今回の施工は、航空機が繰り返しタッチダウンする極めて重要な施工箇所であった。(photo.1 参照)

従来、液状化対策としての耐震補強は、動的締固め工法であるサンドコンパクションパイル工法 (SCP工法)・深層混合処理工法 (CDM工法)等が主流であるが、機械設備が大型で、騒音・振動が大きく地盤変位等が問題となる。今回、供用中の既設滑走路における施工のため、その機能を損なうことなく施工が可能で、静的に地盤を締固めるコンパクショングラウチング工法 (以下、CPG工法と言う) および浸透固化処理工法により施工を行った。重要埋設物近傍は、浸透固化処理工法で、それ以外の箇所は、CPG工法にて施工を行った。以下に、これらの工法原理を示す。



photo.1 今回施工箇所

CPG工法は、極めて流動性の低い注入材 (スランプ5cm以下)を高い注入圧で地盤中に注入して固結体を造成する。この固結体による締固め効果で、周辺地盤の密度を増大させて圧縮強化する工法である (Fig.2 参照)。

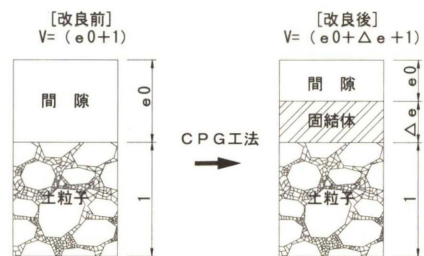


Fig.2 CPG工法原理

浸透固化処理工法は、恒久的な溶液型薬液を使用し、その薬液が砂粒子間の間隙水と置き換わりながら浸透して地盤を固結させる工法である (Fig.3 参照)。

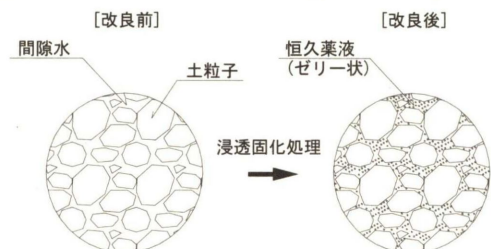


Fig.3 浸透固化処理工法原理

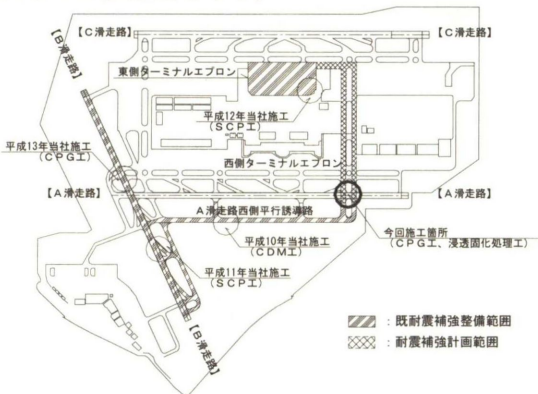


Fig.1 耐震補強整備状況図

* 首都圏支店 土木事業部 土木部

2. 施工準備

2.1 埋設物探査

滑走路は、一般の道路と同様に地下埋設物(電気・通信・無線・上水・下水等)が縦横に存在し、幅輻している。これらの埋設物を損傷させてしまうと航空機の運航に支障をきたす。また、滑走路閉鎖という最悪の事態が発生すると我が国の経済・流通活動等にも多大な影響を及ぼしてしまう。そこで、施工に先立ち、以下の方法で状況に応じた埋設物探査を実施した。

①地中レーダーおよび金属探知機探査

滑走路を道路上における試掘のように路面を乱して実施することは、航空機の運航安全上不可能である。そこで、非破壊で探査が可能な電磁波を利用した地中レーダーによる探査を実施した。(photo.2 参照)その結果、GL-1.0m 以浅の埋設物の存在を確認することができた。

地中レーダー探査により、埋設物の位置は確認できたが、探査漏れや不明管の存在も懸念されることから当日施工する地盤改良杭芯においては、その周辺を金属探知機による細部調査・再確認を実施した(photo.3 参照)。



photo.2 地中レーダー探査



photo.3 金属探知機

②インナー削孔機探査

地中レーダー探査で確認できないGL-1.0m 以深の埋設物および金属探知機で探知できない非金属製の埋設物の有無を確認するために、ハンド式のインナー削孔機による探査を地盤改良杭芯位置で実施した(photo.4 参照)。



photo.4 インナー削孔機

2.2 防護キャップ設置

CPG工および浸透固化処理工の施工に先立ち、航空機荷重およびタッチダウン時の衝撃荷重に耐用できる防護キャップを設置する。設置にあたっては、航空機の運航が休止している深夜間の21:30~翌7:00までに作業を完了させて滑走路を開放(オープン)させる必要があった。

防護キャップ設置は、当初、基礎底部にパテ材を布設し、外周囲部にエポキシ樹脂を充填して固定を図るようになっていた。試験施工を行った結果、舗装版削孔深さの精度、削孔コアの撤去時に発生する底部の不陸状態等の間隙から、エポキシ樹脂材が防護キャップ内部に漏洩し、未充填部が発生した。また、沈降がなくなるまで追

加充填するには、その間に大量の材料ロスが発生した。そこで、エポキシ樹脂材の充填に先立ち、1時間程度で凝結して強度を発現する超速硬化性の無収縮モルタルにより、これら間隙の充填を行うよう変更した(Fig.4 参照)。その結果、防護キャップの十分な付着面の確保と樹脂材の早期充填による硬化時間の確保の向上が図れた。

防護キャップ設置時に使用するエポキシ樹脂が硬化しなければ、滑走路は開放ができない。特に、冬期は気温が氷点下となるため、エポキシ樹脂の硬化が遅れることが予想された。そこで、あらかじめエポキシ樹脂を湯煎することで、冬期でも硬化促進させることができ、滑走路の開放までにエポキシ樹脂を硬化させることができた(photo.5~8 参照)。

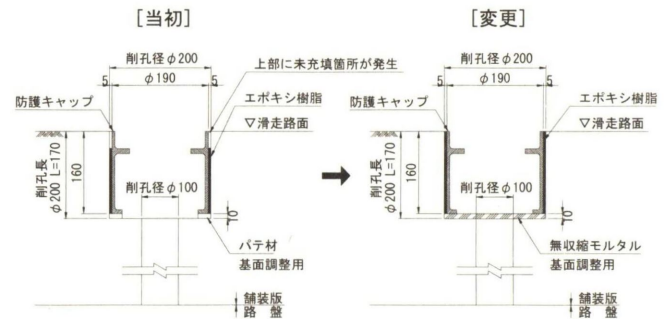


Fig.4 防護キャップ設置図



photo.5 無収縮モルタル



photo.6 エポキシ樹脂湯煎



photo.7 エポキシ充填状況

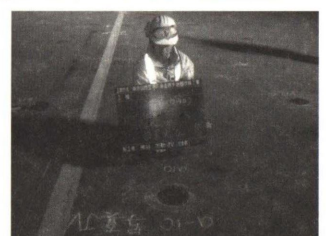


photo.8 設置完了

3. CPG工法の技術的課題と解決策

3.1 工事概要

工事件名: 東京国際空港A滑走路外地盤改良工事
 工事場所: 東京都大田区羽田空港東京国際空港内A滑走路およびA3S誘導路

発注者: 国土交通省関東地方整備局

工期: 平成17年5月26日~平成18年3月1日

工事内容: 工事延長 L=159m

工事幅員 B=20~40m

施工深度 H=13.92~20.00 m
 CPG工 φ505 mm 2,211本 @1,700
 改良率 8%
 注入量 5,902m³

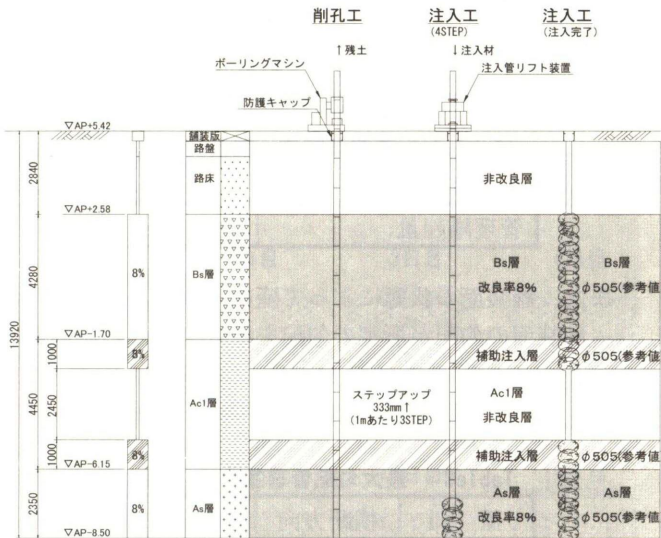


Fig. 5 CPG工断面図

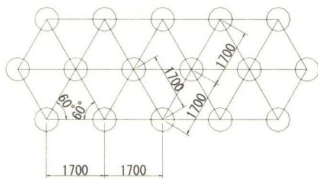


Fig. 6 CPG杭配置図

Table1 注入量一覧表

地層	改良率 (%)	注入量 (・/m)	注入量 (・/STEP)
Bs層	8	225	75
Bs層(補助注入)*	8	225	75
As層(補助注入)*	8	225	75
As層	8	225	75

*改良層の上下端には、改良層への効果をより高めるために補助注入(1.0m)を実施する。また、改良層と非改良層が隣りにも五層になっているため、締め固め効果を非改良層に散逸することを防ぐことを目的としている。

Table2 注入材料 1m³あたり配合表

名称	種類	配合
セメント	高炉セメントB種	160 kg/m ³
骨材	特殊骨材(絶乾重量)	1,360 kg/m ³
水	真水または海水	426 kg/m ³
合計		1.0 m ³



photo. 9 注入プラント

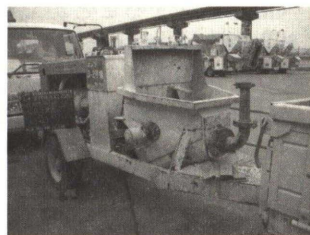


photo. 10 特殊注入ポンプ



photo. 11 削孔状況



photo. 12 注入状況



photo. 13 施工全景

3.2 工法特徴

CPG工法の特徴は、以下の通りである。

- 特殊注入ポンプを用いた静的圧入により、無振動・低騒音で地盤を締め固める。既設構造物の直下・直近地盤の施工が可能である。
- 注入ポイントには、小型ボーリングマシンと注入管リフト装置を設置するだけなので、上空制限や狭い作業空間でも施工が可能である。ただし、注入プラントは、車上式では大掛かりになる。
- 小口径(外径 73 mm)ロッドにより地盤削孔するため、固い地盤が存在しても容易に貫通して改良を行える。
- 注入量の変更により、土層毎に最適な改良率を設定できるため経済的である。また、改良の不要な土層は、注入を行わない中抜き施工で対応が可能である。

3.3 技術的課題

CPG工法は、平成10年に当時の運輸省第二港湾建設局が、供用中の滑走路直下における液状化対策工法として、試験施工および解析検討を経て採用に至った。その後、羽田空港内ではB滑走路とA滑走路の交差部において施工をした実績があったが、平成14年以降は、羽田空港内での施工はなかった。当社も平成13年に施工に携わった経験を踏まえて、技術的課題と解決策を検討した。

①滑走路面に影響を与える地盤隆起

CPG工法は、排土を伴わずに圧力をかけて注入するため、地盤の隆起が予想された。したがって、滑走路面の隆起を最小限に抑える施工方法および管理手法を確立させる必要があった。

②注入圧力上昇による注入量不足

地盤の状況および工事の進捗に伴い、地盤が強化されるため注入圧力が上昇する。通常、N値0~10程度の緩い地盤における注入圧力は0.5~1.0MPa程度であるが、注入ポンプおよび耐圧ホースの能力から圧送限界圧力は、6.0MPa程度であり、6.0MPaを超越する箇所については、所定の注入量を満足できないことが想定された。

3.4 解決策と効果

①舗装面の変位観測および圧力管理

舗装面の隆起を最小限に抑えるため、各孔における1本あたりの舗装面隆起管理基準値を設定し(Table. 3 参照)、各孔の防護キャップ(注入箇所)を測点として、注入中はリアルタイムで滑走路路面の変位測定を行った。また、滑走路路面の基準点観測を実施し、舗装面の変位観測を行った(Table. 4 参照)。

Table3 各孔隆起管理基準値

段階	隆起量	対応
1段階	5 mm	連絡、監視しながら注入
2段階	20 mm	一時注入中止、確認
3段階	30 mm	注入中止

Table4 基準点観測一覧表

基準点配置間隔	10.0m
管理隆起量	50 mm

注入圧力については、6MPaを超える場合地盤はN値15以上という実績があり、地盤強度が確保できていると判断して注入圧力による注入の中止及び、次の注入位置にステップアップ(333 mm)する等の注入中止基準を設定し、高い注入圧力による舗装面の変位を抑えた(Table. 5 Fig7. 参照)。

Table5 注入中止基準値

段階	対応
GL-5m以深	6MPaで中止、次のステップ
GL-5m以浅	4MPaで中止
GL-3m以深(充填時)	0.5MPaで中止

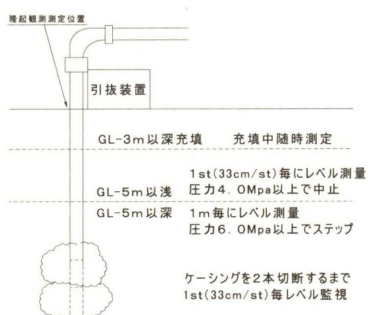


Fig. 7 隆起監視方法図

しかし、進捗率が65%を越えた時点で、基準点管理隆起量が50mmを超える地点が発生した。これは、千鳥配置による4列毎のローテーション施工が3列目へ移行したこと、すなわち施工が密になった事が要因であり、舗装面への影響が発生する可能性が極めて高くなった。そこで、現時点で施工を中止し、地質調査を行った場合に注入量が大幅に足りない事から液状化NG判定が出る恐れが高かったため、発注者および航空局と協議して当初設

定した管理基準値の見直しを行った(Table. 6, 7 参照)。

Table6 各孔隆起管理基準値[変更]

隆起量	対応	摘要
15 mm程度	注入中止	5m以浅の注入は、2 mm/STEPを管理基準とし、3 mmを超えた場合は、次のSTEPへ移行

Table7 基準点観測一覧表[変更]

基準点配置間隔	10.0m
管理隆起量	100 mm

また、舗装面の状態によって隆起傾向が異なることから、舗装面の勾配が所定の勾配を確保できているかどうかの最大勾配管理基準値を設定した(Table. 8 参照)。Table. 9に滑走路縦断方向の基準点観測結果を示す。

Table8 最大勾配管理基準値[追加]

種別	横断方向	縦断方向
滑走路	1.5%	1.0%
誘導路	3.0%	

Table9 基準点観測結果

距離 (m)	舗装面高さ		隆起量 (mm)	舗装勾配		備考
	初期値 (m)	最終値 (m)		初期値 (%)	最終値 (%)	
0	5.360	5.364	4		 : 初期値 ——— : 最終値 縦断勾配±1.0%以内 測線 7(A滑走路) 側線距離(m) 舗装面高さ A P + m
10.0	5.396	5.462	66	0.36%	0.98%	
20.0	5.420	5.515	95	0.24%	0.53%	
30.0	5.435	5.534	99	0.15%	0.19%	
40.0	5.457	5.566	109	0.22%	0.32%	
50.0	5.468	5.577	109	0.11%	0.11%	

最終的に2,211孔本中、15mmを超越して注入を中止したケースは、64孔発生した。また、基準点観測では最大で109mm、平均で38mmの隆起量を記録したが、舗装面に僅かなひび割れが発生したものの大きな異常もなく、最大勾配も確保することができた。Table. 10に注入圧力上昇および15mm超越による注入量不足の結果を示す。

Table10 注入量不足一覧表

管理項目	本数
注入圧力 6Mpa	257 孔
15 mm超越	29 孔
15 mm超越かつ注入圧力 6Mpa	35 孔
合計注入量不足本数	321 孔

②隆起抑制を考慮したローテーション施工

CPG工は連続施工することで、より大きな地盤隆起を発生させる。そして、一定の施工間隔をおくと地盤の脱水効果と注入材の収縮により、隆起は縮小傾向となった。また、間隙水圧の上昇に伴い、注入圧力が上昇して

所定の注入量を施工できない場合があった。そこで、施工範囲を4ブロックに分割するローテーション施工を実施し、近接する改良杭を連続して施工しないよう工夫した(Fig.8 参照)。その結果、注入圧力は低下し、ある程度の地盤隆起は発生したものの所定の滑走路勾配を維持した。また、注入量は、計画比 97.1%、設計比 98.6%の注入率を確保した。

工程に余裕がある場合は、注入プラントの削減と隆起量の大きな箇所の施工間隔を空けることにより、さらに隆起を抑制させて注入率も向上するものと考えられる。

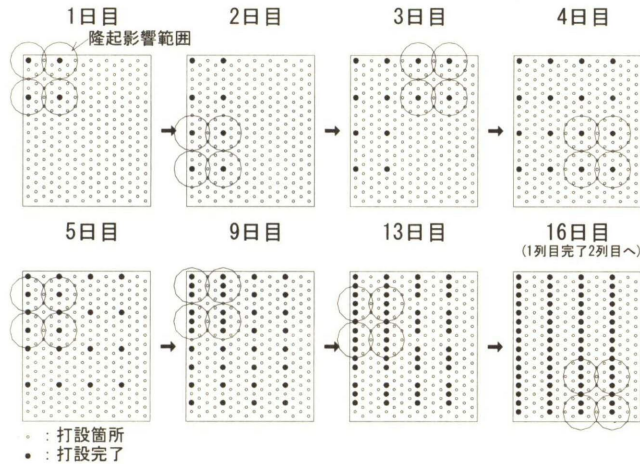


Fig. 8 CPG工打設順序図

③削孔時における留意事項

注入時における隆起に注視しがちであったが、舗装版厚が小さくて路盤の状況が良好でない場合、削孔作業中に路面が隆起するケースが見受けられた。これは、削孔水が舗装版と路盤との境界に帯水することが要因であった。そこで、路盤内の削孔は無水削孔として注入時と同様にレベル監視を行った。さらに、隆起が収まらない場合は、削孔箇所周辺の防護キャップを開栓して水抜き孔を設置する処置を行った。

削孔ロッドは、1m管を接続して施工していくが、この接続を確実に実施しないと注入作業時にロッドが脱落し、土被りの少ない箇所で注入を行って大きな隆起事故を招く恐れがある。通常、ボーリングマシンを正転させてロッドの締付を行うが、逆転させるとロッドを緩めてしまう。そこで、ボーリングマシンの回転装置を逆転しないよう正転しかできない装置に改善した。その結果、ロッドの締付を確実に実施できた。

4. 浸透固化処理工法の技術的課題と解決策

4.1 工事概要

工事内容：工事延長 L=32 m
 工事幅員 B=30~40 m
 施工深度 H=17.80~20.00 m
 浸透固化処理工 φ2,800 167本 @2,250
 総注入量 1,255m³，該当球数 412球

Table11 施工仕様

項目	仕様	摘要
使用薬液	活性シリカ Type I (シリカ濃度 7%)	強度発現型
注入速度	12.0 ℓ /分	
目標強度	A s 層：80kN/m ² 以上	一軸圧縮試験

Table12 活性シリカ Type I 配合表

材料名	数量	比重
特殊シリカ	451 ℓ	1.10
反応材 A	17 ℓ	1.585
反応材 B	8 ℓ	1.25
水	524 ℓ	1.00
合計	1,000 ℓ	1.06

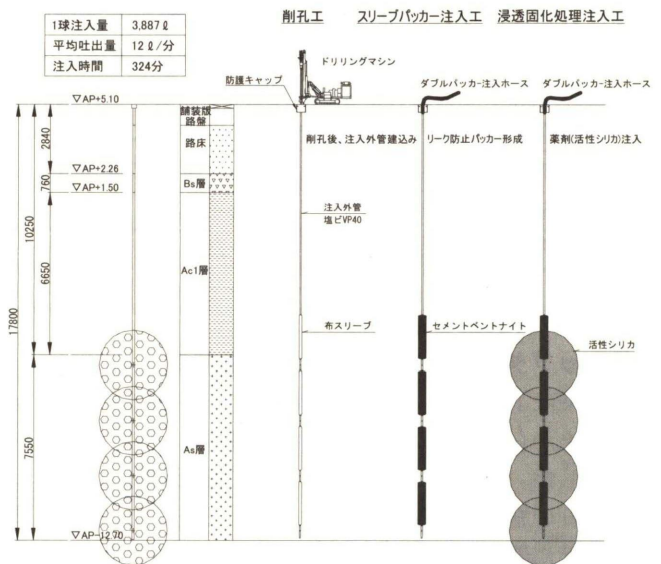


Fig. 9 浸透固化処理工断面図



photo. 14 削孔状況



photo. 15 注入状況

4.2 工法特徴

浸透固化処理工法の特徴は、以下の通りである。

- a) 粒子間で固結した薬液は地盤に粘着力を付加する。そのため、地盤のせん断強度が増加し、構造物に作用する地震時の土圧を低減する。
- b) 浸透性の高い恒久薬液を注入することにより、施設に影響を与えず、供用しながらの施工が可能である。
- c) 砂地盤の間隙水を恒久薬液に置き換える浸透注入であり、施工時の変位の影響が極めて小さく地下埋設物周辺の施工に適する。

4.3 技術的課題

浸透固化処理工法はCPG工法と同様に平成10年に採用されたものの、供用中の滑走路直下での施工は今回が初めてであった。浸透固化処理工法は、薬液注入工の二重管ダブルパッカー工法に工夫を加え、緩い砂地盤に特殊シリカを浸透させて液状化対策の必要な箇所だけをピンポイントで改良できるものであるが、今回の施工においては下記に示す技術的課題があった。

① 間隙水上昇による路盤および舗装面への影響

浸透固化処理の施工は、1,000 m²程度の範囲に1日あたり最大で60m³の薬剤を地中に注入する。このため、間隙水が地表面へ押し出される恐れがあった。A滑走路は、供用開始から約20年程度経過しており、舗装版の劣化が進んでいる。この間隙水が舗装版下に帯水すると航空機荷重によって舗装版が破壊される危険性があった。

② 注入剤リークによる滑走路面への影響

削孔による地山の緩みによって注入外管との間に僅かな空隙が生じる。また、注入の進捗に伴って注入剤は水平、鉛直下方向よりも鉛直上方向に向かってリークする傾向がある。このため注入剤がリークすることは所定の注入量を満足させていないこととなるため、この状況で施工を終了させることはできなかった。

4.4 解決策と効果

① トップダウン工法採用および分散施工

従来は下から上へ向かって注入する方法であるが、今回、上から下へ向かって注入する方法(トップダウン)を採用した。また、平面的には、施工箇所が集中しないよう毎日の施工箇所を分散させるよう工夫した。その結果、地表面に間隙水がリークすることなく間隙水を地中に分散させて封じ込めることができた(Fig. 10 参照)。

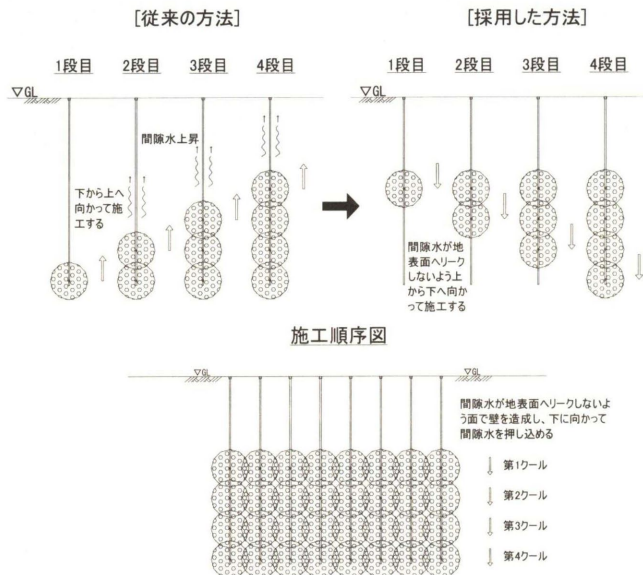


Fig. 10 施工順序図

② 水位観測用井戸、観測孔の設置

地下水位の著しい変化や周辺の変状を監視することおよび路盤高さまで地下水位が上昇した場合に強制排水することを目的として、今回施工する注入範囲およびその周辺に観測井戸(水位、水質観測用)と観測孔(舗装と路盤間の地下水流入有無の観測用)を設置した。施工中、観測井戸については1回/時間、観測孔については1回/30分の頻度で観測を行った。その結果、緑地帯部分から間隙水のリークが一部見られたものの観測井戸、観測孔に大きな変状は認められず、路盤および舗装面への影響は発生しなかった(Fig. 11 Photo. 16 参照)。

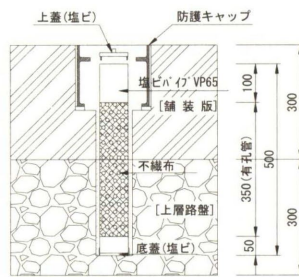


Fig. 11 観測孔 photo. 16 観測井戸測定状況

③ セメントベントナイト(CB)補足注入

通常、非注入区間については注入外管と地山の空隙は砂で埋戻す。今回、この非注入区間についても、注入剤のリーク防止を目的に、CBの補足注入を実施した。また、地山の緩みやブリージング等による沈降が見られた場合は、防護キャップよりCBの継足しを行った。その結果、注入剤リークによる滑走路面への影響は発生しなかった(Fig. 12 参照)。

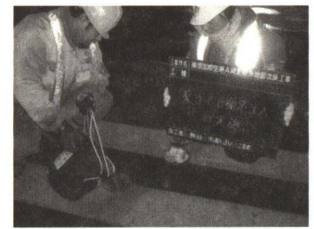
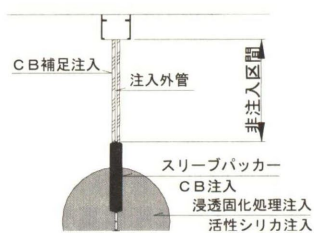


Fig. 12 CB補足注入 photo. 17 CB注入状況

5. 地盤改良効果の確認

5.1 設計概要

液状化判定は原則として、「埋立地の液状化対策ハンドブック(改定版)」および「港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻)」に基づく。以下にその手法を示す。

① CPG工法の液状化判定手法

液状化の予測判定の対象とする土層は地表面から20m以浅とする。粒度分布による液状化の可能性を判定するには、粒度とN値による予測判定を行う。ここで、判定できない場合のみ繰返し三軸試験による予測判定を行う。

粒度による予測判定は、液状化の可能性のある粒径範囲に土の粒度加積曲線が、液状化の可能性ありの範囲外であれば、液状化しないと判定する(Fig. 13 参照)。

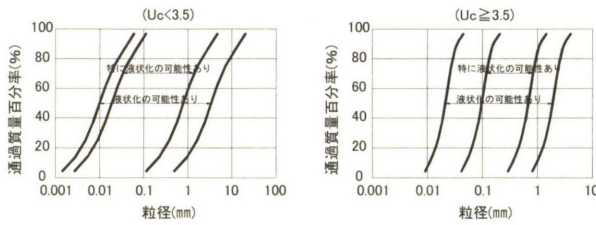


Fig. 13 液状化の可能性のある粒径範囲

粒度による判定予測で液状化の可能性ありと判断された土については、等価N値と等価加速度により、液状化の予測判定を行う(Fig. 14 参照)。

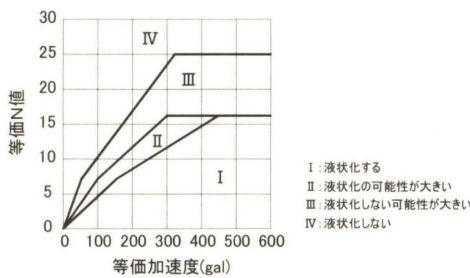


Fig. 14 等価加速度と等価N値による液状化予測判定

液状化の予測判定図のうち I ~ III の範囲に分類された場合を液状化すると判断し、IV の範囲に分類された場合のみを液状化しないと判断する。なお、1m 毎に液状化判定する場合、IV が連続する中で 1m のみ I ~ III に分類されたものについては、I ~ III が連続しないかぎり液状化しないと判定できる。(5.1 設計概要に参考文献参照)

②浸透固化処理工法の液状化判定手法

改良強度は、地震応答解析より得られる最大せん断応力と平均有効上載圧から液状化対象層の最大せん断応力比を算出する。そして、Fig. 15 に示す原位置での一軸圧縮強度とせん断強度比の関係から、液状化安全率 FL が 1.0 以上となる改良強度として設定する。As 層では、最大せん断応力比 L max が 0.40 であり、改良強度は液状化安全率 FL が 1.0 以上 (FL = R max / L max) となる液状化強度比 R max = 0.40 を満たす 80kN/m² と設定する。

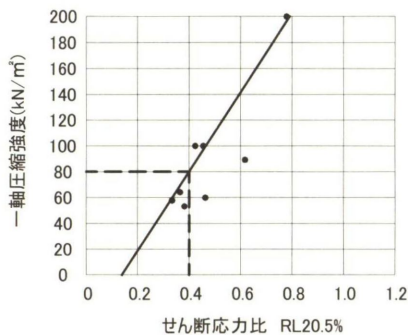


Fig. 15 原位置での一軸圧縮強度とせん断強度比の関係

5.2 事後調査による地盤改良効果確認

地盤改良終了後、地盤改良効果を確認するためにチェックボーリングを実施した。

①CPG工法の液状化判定結果

チェックボーリングは、5 箇所を実施して標準貫入試験と得られた試料を粒度試験等の室内試験を行った。

埋土層(Bs)でのN値は、事前 10 から事後 9 へわずかながら下がった。これは、事前、事後ともにN値のデータ数が少ないことが要因であるが、土被りの小さいところにおける改良効果が少ないことを示している。浚渫土層(Ac1)でのN値は、事前2から事後3となった。これは、非改良層であるが補助注入の効果が見られる。沖積層(As)でのN値は、事前 16 から事後 21 と向上し地盤改良効果が明確に現れた。Table. 13 にN値の分布状況を Fig. 16, 17 に代表的なブロックにおける事前調査・事後調査結果と液状化判定結果を示す。

Table13 事前・事後のN値の分布状況

地層区分	N値	平均N値	
		事前	事後
埋土層 Bs	3~21	9	10
浚渫土層 Ac1	1~5	2~4	2
沖積層 As	6~39	7~50	16

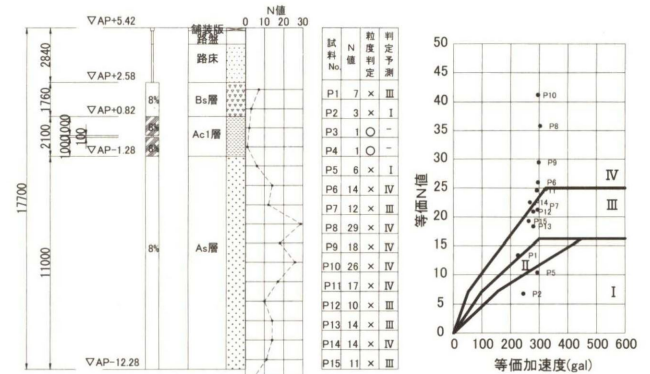


Fig. 16 事前調査結果と液状化判定

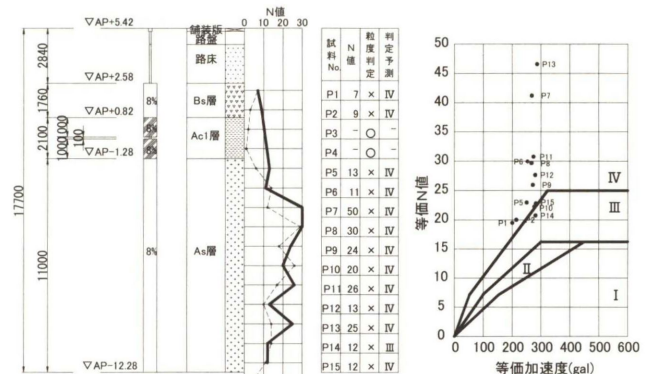


Fig. 17 事後調査結果と液状化判定

事前調査では、液状化判定予測がⅠ～Ⅳに分類されていた。事後調査においては、ほとんどの層でⅣに分類された。Ⅰ～Ⅱに分類される層はなく、一部にⅢに分類される層があったが、連続して発生しなかったため、液状化しないと判定された。

②浸透固化処理工の液状化判定結果

チェックボーリングは、2箇所を実施して乱さない試料採取を行い、一軸圧縮強度試験を実施した。2箇所とも設計強度 80kN/m²を上回った(Table. 14 参照)。

Table14 一軸圧縮強度結果

採取箇所	一軸圧縮強度	設計強度	判定
No. 1	110kN/m ²	80kN/m ²	○
No. 2	85kN/m ²		○

6. まとめ

現在、羽田空港において、液状化対策としての耐震補強整備を東側ターミナルエプロンまで整備中である。将来的には、地方の主要空港においても耐震補強整備を推進する報道発表もなされており、今後ますますCPG工法および浸透固化処理工法の採用が増えていくものと推測される。

しかしながら、前述したとおり両工法とも供用中の滑走路および誘導路直下における施工は、ひとたびトラブルを発生させると社会的な問題へと発展してしまう大きなリスクと背中合わせである。実際のところ、滑走路面の緊急時の対策として、切削機を待機させて舗装作業

員や合材の出動体制を確立して今回の施工に臨んだ。本工事では、様々な技術的課題のなかで解決策を見出し、毎日の施工方法および手順を詳細に検討した。これらの施工方法および管理手法は、発注者から非常に高い評価を受けた。今後、耐震補強整備としての地盤改良工事は、増大することが予想される。本報告書が類似工事の参考になれば幸いである。

謝辞

本工事の施工にあたり、発注者の国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所ならびに羽田空港を管理する国土交通省東京航空局東京空港事務所の方々をはじめ、各方面からの有益なる御指導と御協力を賜り、航空機運航障害ゼロで無事に竣工することができました。また、共同企業体の不動建設(株)ならびに協力業者の三信建設工業(株)、みらいジオテック(株)、ライト工業(株)他の工事に携わった皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 静的圧入締固め工法(CPG工法)研究会；液状化対策としての静的圧入締固め工法 コンパクショングラウチングデンパージシステム(CPG工法)技術資料 平成16年度版
- 2) 財団法人 沿岸開発技術研究センター；浸透固化処理工法技術マニュアル 平成15年3月
- 3) 関東地方整備局東京国際空港整備事務所；平成17年度東京国際空港W3誘導路地盤改良設計報告書 平成17年6月
- 4) 横浜港湾空港技術調査事務所；平成17年度東京国際空港A滑走路W3誘導路液状化対策工法について 平成17年6月3日

Application of new method to prevent liquefaction under airport runway in use

Takahiko KASHIHARA, Kazuhisa SANNO, Yukihiro NISHIMIYA and Keiichi KUBOUCHI

Abstract

To prevent runway and taxiing way from damaging its function by liquefaction by a large earthquake, the soil light under runway was reinforced for earthquake resistance by soil improvement so that there was no disturbance in operation of the aircraft.

This reports various studies made beforehand when the actual construction adopts the construction method has not been fully established yet, and the result of executing these methods against various problems.

Keywords: Liquefaction, Right under runway, Soil improvement, Reinforcement for earthquake resistance