

## 火山灰層を対象とした薬液注入による液状化対策の事例報告

西松建設株式会社 正会員 ○平野孝行, 非会員 成田洋隆  
ライト工業 非会員 井本英一

### 1. はじめに

新千歳空港では、空港機能や旅客利便性などの向上により航空機の安定的な運航を図ることで航空輸送ネットワーク、さらには背後圏経済活動を維持するとともに、大規模地震などの災害発生時には救急・救命活動や緊急物資・人員の受け入れなどの復旧支援活動拠点としての役割を担うべく、災害に強い空港整備が進められている。

空港基本施設については耐震性能評価が行われ、空港基本施設直下の重要構造物が地震動による破損の恐れのあること、地下埋設物周辺地盤の液状化による不同沈下に伴う不陸の発生が航空機運航の支障となる恐れのあることが判明した。このため、空港施設の耐震性の向上を図ることで、航空機の安全運航を損なうことがないように空港の機能を健全な状態に保持するための更新・改良が行っている。本報告は、今般これら更新・改良の一環として実施されている耐震対策及び液状化対策のうち、B滑走路を横断する美沢川函渠周りの液状化対策に関する工事入手時の事前調査結果について報告する。なお、本工事は国交省通達『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（国港技第27号、国空空技第111号、平成29年8月1日）』が発令されて開発局管内最初の工事である。

### 2. 施工概要

図-1、2に今回の施工対象位置とB滑走路中心における設計注入対象範囲を示す。薬液注入には溶液型恒久薬液（エコシリカⅢ）を低圧力で注入する浸透固化処理工法を採用している。施工諸元は、注入孔間隔2m、深度方向注入ピッチ1.55~1.8m、改良体径2.5m、注入率40.5%である。また、航空機運用の観点から作業可能時間は7時間である。



図-1 施工位置平面<sup>1)</sup>に加筆

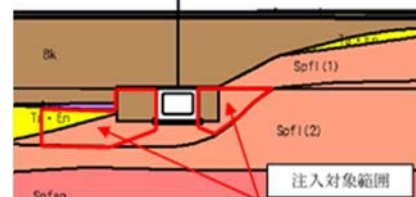


図-2 注入対象範囲



図-3 Spfl(1)層



図-4 Ta・En層

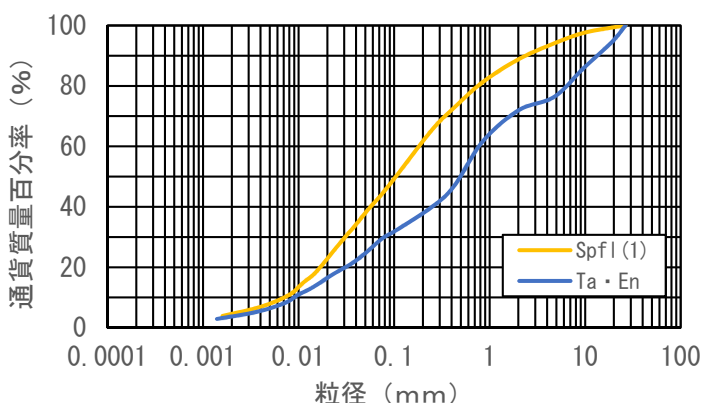


図-5 注入対象層の粒径加積曲線

### 3. 土質概要

注入対象層は、支笏火砕流堆積物 (Spfl(1))、樽前・恵庭

系火山灰 (Ta・En) 並びに Ta・En 起源の盛土 (BK) である。配合試験に供した試料のコア採取時の写真を図-3、4に、粒度試験結果を図-5に示す。細粒分含有率 Fc は、Spfl(1)が44.3%、Ta・En が29.5%であり、浸透固化処理工法マニュアル<sup>2)</sup>では、注入間隔、注入速度、注入率などの注入諸元に十分留意することが求められている。本工事にあたっては、過去の施工事例、後述する限界注入速度試験、別報にて報告する間隙水压測定を併用する動的コーン貫入試験の結果<sup>3)</sup>などにより、十分に施工可能であると判断した。

キーワード：浸透固化処理工法、火山灰質土、配合試験、限界注入速度

連絡先：〒105-6407 東京都港区虎ノ門1-17-1 虎ノ門ヒルズビジネスタワー6階

西松建設株式会社 土木事業本部 土木設計部 TEL 03-6502-7640

#### 4. 配合試験

配合目標強度  $q_{uL}=220 \text{ k N/m}^2$  は、設計基準強度  $q_{uLk}=110 \text{ k N/m}^2$  から算定した<sup>2)</sup>。

図-6 に、配合試験結果を示す。同図に示すように、Spfl(1)は14日一軸圧縮強度  $\sigma_{14}$ 、並びに28日一軸圧縮強度  $\sigma_{28}$  ともに  $q_{uL}$  (図中赤線) を確保している。これに対して、Ta・En は  $\sigma_{14}$  のシリカ濃度9%の平均強度として初めて  $q_{uL}$  を満足する結果であるが、そのデータは3点中2点が  $q_{uL}$  を下回る  $200 \text{ k N/m}^2$  にとどまるなど統計的には信頼性に劣る結果となっている。また、 $\sigma_{28}$  はシリカ濃度8%で、最高値が  $q_{uL}$  を上回るものの、ばらつきが大きく平均値として得ることが出来ていないが、シリカ濃度9%では  $q_{uL}$  を十分に上回った。以上より、本工事における  $q_{uL}=220 \text{ k N/m}^2$  を得るシリカ濃度として9%の採用を決定した。

図-7 は図-6 の結果を受けて、材齢による強度の変化を平均値について示したものである。データにばらつきは見られるものの、概ね  $\sigma_{14}$  から  $\sigma_{28}$  へは10%から40%程度の増加が見込まれる結果となっている。

#### 5. 限界注入速度試験

図-8 に、各層で実施した限界注入速度試験結果を示す。この結果を基に、注入速度を最大12L/minで実施することとして、ゲルタイムを6時間に設定した。

Fc と注入速度の関係<sup>4)</sup>によれば、Fc が20%程度までは15L/min程度であるが、これを超えると注入速度は低下し始め、30%では11~12L/min、40%では10L/minを下回るとされている。本工事対象層のFcは、図-5に示すように、Spfl(1)で44.3%、Ta・Enで29.5%を示しているが、実際の注入速度はBKで12L/minであるものの、それ以外では13L/minを示しており、一般的な土質のFcと注入速度の関係より注入速度が大きい結果となっている。これは、粒子が多孔質な火山灰であることによるものか、軽く溶結性を示す火山灰特有の粒度評価によるものか、今後さらに検証していきたいと考えている。

#### 6. おわりに

新千歳空港周辺地域に分布する比較的細粒分が多い火山灰を対象とした薬液注入工法について、事前調査の結果を基にその適用性判断と必要な注入諸元（シリカ濃度、注入速度、ゲルタイム）の決定を行った。厳冬期の夜間施工ではあったが、薬液の温度管理を行うことにより支障なく工事を終え、後日別途第3者により実施された事後調査により必要な改良効果の得られたことが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 北海道開発局：札幌開発建設部管内事業概要，同局HP，21210226。
- 2) 一般財団法人沿岸技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル（改訂版），p.19，令和2年7月。
- 3) 船橋，平野，成田，藤井，豊嶋：薬液注入を行った火山灰層への動的コーン貫入試験の適用例，第56回地盤工学研究発表会，2021.7（投稿中）。
- 4) 2) p.45。

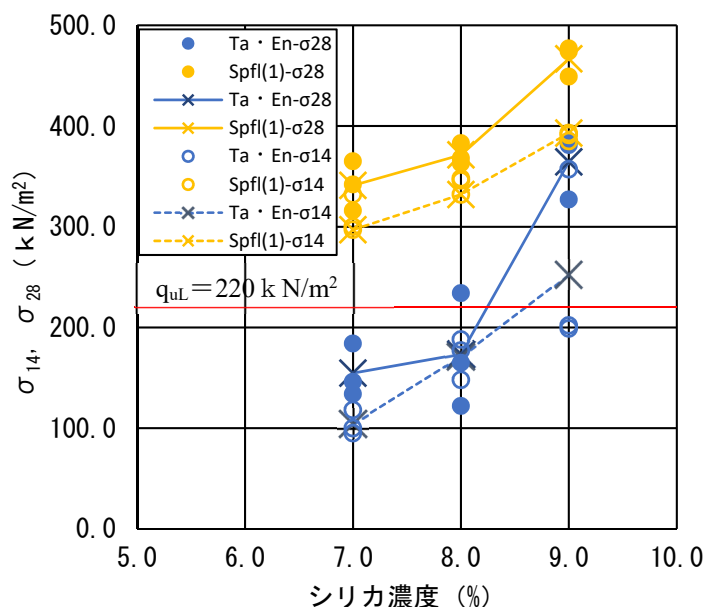


図-6 配合試験による一軸圧縮強度試験結果

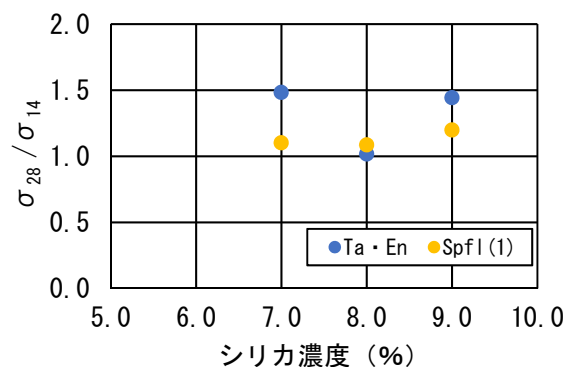


図-7 シリカ濃度と  $\sigma_{28}/\sigma_{14}$

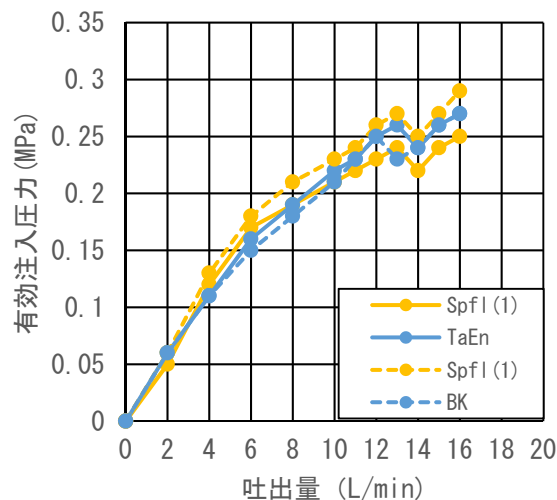


図-8 限界注入速度試験結果