

空港滑走路液状化対策工事の隆起管理事例

(株)大林組

正会員 ○ 三浦 国春 正会員 稲川 雄宣
正会員 重野 桂子

1. はじめに

東京国際空港では、地盤改良による空港滑走路及び誘導路等の液状化対策工事を実施しており、弊社では2017年度および2019年度にかけて、東京国際空港において静的圧入締固め工法(以降、CPG工法)による液状化対策工事を実施した。本工事は、供用中の滑走路及び誘導路上での地盤改良工事であり、供用中滑走路等へ影響を与えないよう舗装の変状に対して厳しい管理が求められるものであった。

2. CPG工法および隆起管理の概要

CPG工法とは、スランプ0~7cmの流動性が極めて小さいモルタルを地盤中へ静的に圧入し、柱状固結体を造成することによる締固め効果で、周辺地盤を圧縮する地盤改良工法である。確実な改良効果を得るためには、規定された改良仕様(注入量、注入速度など)に従って施工しなければならないが、改良材の注入に伴って地盤内の圧力が上昇すると、地表面の隆起を引き起こす可能性がある(図-1)。そこで、CPG工法では注入ステップ毎に地表面の隆起やその要因となる注入圧力の上昇に留意した施工管理を実施し、最終的な施工エリア全体の隆起量が滑走路等の供用に支障のないように、日々計測管理を実施している。CPG工法の施工手順を

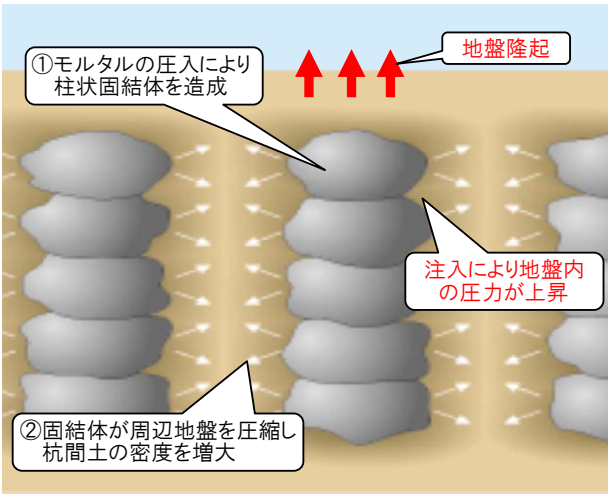


図-1 CPG工法の工法原理及び留意点

図-2に、空港施設内における隆起管理項目とその管理値を表-1に示す。施工において管理値を超過する場合には、隆起制御を優先して当該ステップの注入を中断し次ステップへ移行するなど対処を行うこととなっている。

3. 隆起管理の現状と課題

注入孔ごとの隆起管理は、従来それぞれの注入マシンごとに管理担当者を配置してレベル測量による計測管理を行っていた。注入毎の隆起管理において、隆起の影響の小さい離れた位置からレベル測量で1ステップあたり2mmという精度の計測管理を行うには、測量を行う管理担当者にも高い技術力が要求される。また、地盤改良で生じる隆起は微小であることから、目視では隆起の傾向は把握できず、計測のタイミングによっては隆起の把握に遅れが生じるリスクもあった。このように、レベル測量では安定的な計測精度の確保や連続的な変状確認

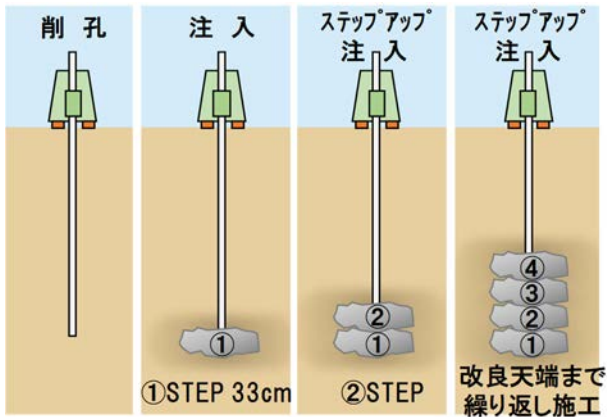


図-2 CPG工法の施工手順

表-1 東京国際空港における隆起管理項目

施工管理項目		施工管理値
注入孔ごとの管理	注入ステップ別隆起量	2mm以下
	地点別隆起量	14mm以下
施工エリア全体の管理	累計隆起量	GL+150mm以下
	舗装勾配	許容勾配1.5%以内
最大注入圧力		6MPa以下

キーワード：隆起管理、CPG工法、空港

連絡先：(株)大林組 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL：03-5769-1302

において課題があることから、計測方法の改善を図って隆起に対して迅速に対応できる、効率的な管理方法が求められた。

4. 自動計測技術の導入

計測管理における各課題の改善を図るために、「ワイヤレス沈下・隆起計測システム」を導入して隆起量の常時監視を実施した。ワイヤレス沈下・隆起計測システムを図-3に示す。当該システムは、回転式レーザーレベルと複数のワイヤレス受光センサーの使用により、同時に多点計測が可能な測量システムである。レーザーと高感度の受光センサーを用いることで、離れた位置からでも0.1mm単位の精度で計測が可能であり、常にレーザー照射しているため0.2秒ごと(※受光センサー1台につき)の連続計測を可能としている。計測データは1台の管理PCに集約・管理し、複数の注入箇所の隆起管理を同時に実施した。

ワイヤレス沈下・隆起計測システムの導入にあたり、従来のレベル測量も導入し計測精度の検証を行った。その結果、レベル計測では1.0mm単位でしか隆起が把握できなかったのに対し、ワイヤレス沈下・隆起計測システムでは0.1mm単位の微小な隆起を計測でき、徐々に生じる隆起傾向を捉えることができた。このため、急激な隆起を生じさせる前に注入停止を行ったり、注入速度を落とすなどの迅速な変状抑制対策が可能となった。

また、1孔あたりの累計隆起量についても精度よく計測することができており、警告灯を取り付けて警戒値に



図-3 ワイヤレス沈下・隆起計測システムによる計測状況

達した際は周囲へ注意喚起を促すなど、隆起量の可視化を図った。

5. 新たな課題への対応

自動計測技術の導入によって、全体的な隆起傾向の把握や計測精度の向上が可能となったものの、施工進捗状況と連動した計測ができなかったため、注入ステップごとの隆起管理においては計測管理上課題が残った。元々、注入装置と自動計測機はそれぞれ別のシステムである。このため、注入ステップなどの施工進捗状況とは連動しておらず、各施工機の進捗状況は計測管理の担当者が巡回しながら確認にあたっていた。しかしながら、各施工機の進捗は一定間隔ではなく、1つの施工エリアに複数台同時に作業していることから、限られた人員で正確な進捗状況を把握することに多大の労力を要した。そこで、この状況の改善を図るため、注入装置から施工情報を取得し自動計測結果との連携を図る「施工状況連携システム※1(図-4)の開発を行った。施工時の実際の注入管理装置のモニター画面の動画、および実際の計測データを用いて、室内試験を実施、施工情報と計測情報の連携が可能なることを確認した。またデータ連携により、自動で警報を発報するシステムとした。

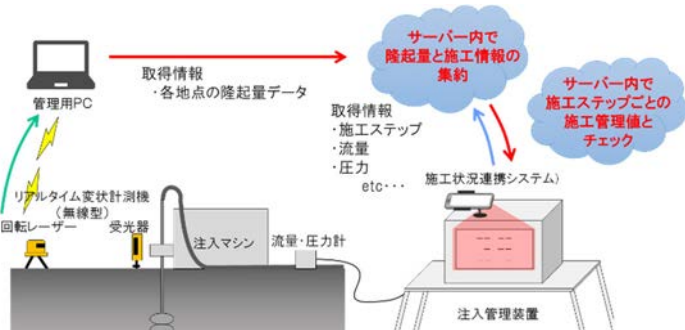


図-4 施工状況連携システム

6. おわりに

本工事への自動計測技術の導入により高精度の隆起管理が可能であることが確認できた。さらに、新たに開発した施工情報連携技術を導入することで、施工進捗に応じた隆起管理も可能となることから、計測管理の自動化など効率的な管理に適用したい。

※1：特願 2020-180377

【参考文献】

空港滑走路下における液状化対策工事の

舗装隆起管理事例

(第21回空港技術報告会)