

重要文化財の保存修理工事における高圧噴射攪拌工法の適用例

三信建設工業株式会社 正会員 ○島野 嵐
三信建設工業株式会社 野澤 雅

1. はじめに

1990年（平成2年）に国の重要文化財に指定された「旧長崎英国領事館」の保存修理工事の一環として、高圧噴射攪拌工法であるV-JET工法を用いて圧密沈下の抑制および建物ジャッキアップ時の地盤反力増強を目的とした地盤改良を実施した。本報では既設建築物内部から行った地盤改良の施工手法および改良効果の確認結果について報告する。



写真1 建物全景

2. 建築物および地盤の概要

写真1に示す旧長崎英国領事館は1907年（明治40年）に竣工した西洋館で、附属建物や塀も含め創建当時の状態で保存されている。また、建築時の設計図や仕様書が残されており日本近代建築史、外交史のうえで貴重な遺産とされている。2004年（平成16年）に行った構造力等の調査で、建物の不同沈下や構造にクラック等が見られ保存修理の必要が生じた。一方、本現場の地盤はGL-5m付近までは埋め土で礫分の少ない礫混じり粘土状を呈しており（N値1~5）地下水位はGL-2m付近にある。GL-5m以深はN値1~4の非常に柔らかい砂質シルトで全体的に腐植物や貝殻細片を多く含んでおり傾斜した強風化凝灰角礫岩（N値>100）の上に堆積している（層厚2~8m）。解析の結果、継続的な圧密沈下の抑制および建物の不同沈下の修正が必要となった。

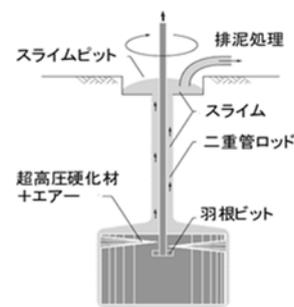


図1 高圧噴射工法概要

3. 地盤改良工事概要

(1) 適用工法概要

本現場で適用した高圧噴射攪拌工法であるV-JET工法は図1に示すように硬化材に高い圧力を与えて得られる強力なエネルギーにより地盤を切削し、硬化材と土とを攪拌混合して円柱状の改良体を造成する地盤改良工法である。本工法は薬液注入工法のように硬化材を圧入浸透させる工法ではなく、硬化材と圧縮空気により地盤を切削混合して排泥を積極的に排出しながら改良体を造成するので、排泥排出管理を適切に行うことで地盤や周辺環境の変位はほとんど発生しないため、数多くの既設構造物の近接施工にて工法採用されている。



写真2 屋内施工状況

(2) 地盤改良工事概要

本現場は建築物屋内からの施工が主であることから、写真2に示す低空頭や狭隘地で施工可能な特殊小型機を用い、小口径であるV1タイプ（改良径 ϕ 2.0~2.6m）により施工を行った。本現場における施工図を図2に、施工仕様を表1に示す。地盤改良の施工目的が砂質シルト層の圧密沈下の抑制および建物ジャッキアップ時の地盤反力増強であることから、改良体の下端を強固な地盤（強風化凝灰角礫岩）へ確実に着底させることが重要であった。着底管理手法は、施工に先立ち既存の標準貫入試験の実施位置の近傍にて削孔を行い、

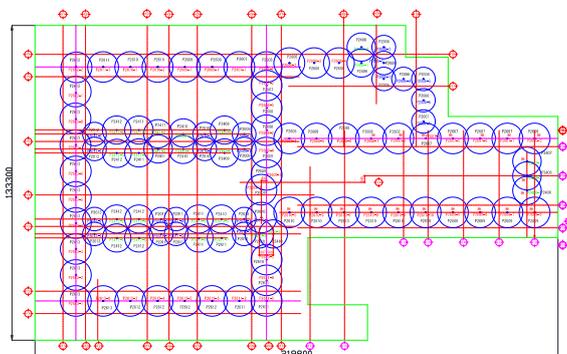


図2 地盤改良施工図

キーワード 地盤改良, 深層混合処理, 高圧噴射攪拌, 耐震補強, 小型機械

連絡先 〒111-0052 東京都台東区柳橋2-19-6 三信建設工業株式会社 TEL 03-5825-3707

ボーリングマシンの油圧ゲージにより得られる着底時の推進トルク値を計測し本現場の着底管理基準値とした。また、施工順序は一度に広範囲の地盤を緩めないために隣接箇所の連続施工を避け飛び飛びに施工をし、地盤改良が要因となる建物の沈下抑制をした。さらに、セメント系の硬化材と土を高度に分散させる粘性低減剤(流動化剤)を用い、排泥の流動性を大幅に向上させ排出する排泥の閉塞等が要因となる地盤変位を抑えた。

(3)建物躯体への影響確認

建物躯体の代表箇所に水盛式沈下計を設置し、インターネット回線を介してリアルタイムに躯体の沈下や隆起等の変状の把握をするとともに、施工箇所周辺部に定点を設け、施工前後および施工中の変状をオートレベルにより計測した。変位の管理基準値は初期値 $\pm 10\text{mm}$ とした。計測地点を図3に、地盤改良施工エリアの代表的な動態観測記録結果を図4に示す。施工中の最大レベル差は -9mm 、施工前後のレベル差は最大で -7mm であり管理基準値 $\pm 10\text{mm}$ 以内であった。施工に伴い、壁面の既存クラック幅が若干広がった箇所もあったが、建物本体への有害な影響は無かった。

(4)改良効果の確認

改良効果の確認は、改良体より採取した頭部コアおよび全長ボーリングコアの一軸圧縮強さにより評価した。全長ボーリングにより採取した改良体を写真3に示す。改良体の一軸圧縮強さについては、表2に示す通りすべての供試体において設計基準強度である $qu=1.0\text{MN/m}^2$ を満たし所定の強度を得たことを確認した。ボーリングコアは礫や貝殻片の混入により棒状には採取できていない部分もあるが全てのコアで90%以上の採取率であり、日本建築学会の指針に示されている全長で粘性土90%以上(1m当たりの採取率は5%減)²⁾の値を満足しており連続性の高い改良体が造成されたことを確認した。

4. まとめ

歴史的な重要文化財の保存修理工事の一環として、高圧噴射攪拌工であるV-JET工法による地盤改良を行った。屋内施工が可能で小型施工機の活用や、地盤変位のリアルタイム管理を併用した施工により、建物本体に影響をおよぼすことなく施工できることを確認した。さらに、施工後の調査により、対策工を施した地盤が要求性能を満たしていることを確認した。

謝辞: 末筆ではあるが、現場データの取得および執筆にあたり御助言、御協力を頂いた長崎市、公益財団法人文化財建造物保存技術協会、松井建設株式会社の関係者各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 島野ら: 高圧噴射攪拌工法の排泥における粘性低減剤の適用について, 第13回地盤改良シンポジウム論文集, pp. 103-106, 2018.
- 2) 日本建築センター: 改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針, p241, 2009

表1 施工仕様

改良径 (m)	設計強度 (MN/m ²)	改良長 (m/本)	本数 (本)
$\phi 2.0\sim 2.6$	1.0	4.0~14.0	42

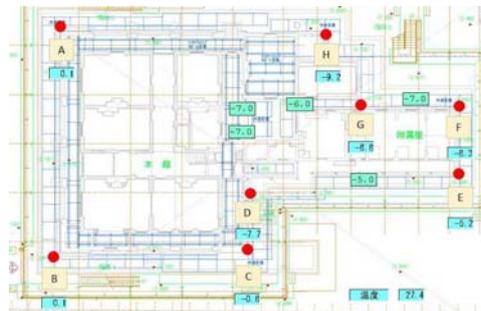


図3 動態観測位置

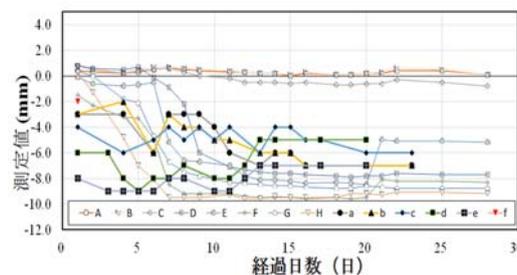


図4 動態観測結果(抜粋)

No.	掘削長 (m)	採取長 (m)	採取率 (%)
1	1.00m	0.96m	96%
2	1.00m	0.98m	98%
3	1.00m	1.00m	100%
4	1.00m	1.00m	100%
5	1.00m	1.00m	100%
6	1.00m	1.00m	100%
7	1.00m	1.00m	100%
8	1.00m	0.99m	99%
9	1.00m	0.97m	97%
10	0.70m	0.68m	97%
合計	9.70m	9.58m	98.8%

写真3 採取改良体コア全景

表2 改良体の一軸圧縮強さ

土質		粘性土
検体数		14 検体
設計強度		1.00 MN/m ²
現場強度	最大値	5.30 MN/m ²
	最小値	1.03 MN/m ²
	平均値	2.49 MN/m ²