

物理探査法を用いた空港誘導路下における地盤改良効果の評価

飛島建設	技術研究所	正会員	○高瀬	裕也
飛島建設	首都圏土木支店	非会員	松本	泰孝
飛島建設	首都圏土木支店	非会員	土井	紀直
飛島建設	技術研究所	正会員	池田	隆明

1. はじめに

東京国際空港 C 誘導路下の地盤改良工事において、施工途中における地盤改良効果の早期確認を目的に物理探査法を適用した。地盤改良工法は静的圧入締固工法（コンパクショングラウチング工法、以下 CPG 工法）であり、低流動のモルタルを地盤中に静的に圧入して固結体を構築することにより地盤を締固めるため、改良前後の地盤のせん断波速度（ V_s ）の比較により改良効果の評価が可能と考えられた¹⁾。地盤の V_s 構造の推定に用いた物理探査方法は高密度表面波探査と小規模微動アレイ探査（以下、微動アレイ探査）である。本稿では、微動アレイを用いた結果について、探査方法を含めて報告する。

2. 微動アレイ探査の概要

地面は常時小さく揺れておりこの揺れを微動と呼ぶ。微動源は交通振動や波浪のように地表面や海底面にあることから、微動には表面波が卓越すると考えられる。そのため、高性能の微動計を地表面に空間的に複数配置することにより、微動に含まれる表面波を位相速度という指標で抽出し、表面波の分散性と水平成層の仮定を利用することにより地盤の V_s 構造を推定することができる。この方法は、従来地震基盤を含む深い地盤構造の推定²⁾に用いられてきたが、微動計の配置方法を調整することにより、浅い深度の V_s 構造の推定も可能となっている。高密度表面波探査では表面波を励起させる打撃エネルギーの課題から探査可能深度が 10～15m であるため、それよりも深い深度の V_s 構造の探査に有用な方法である。

微動アレイ探査は、①微動アレイ観測、②位相速度の分散曲線（以下、分散曲線）の推定、③逆解析による V_s 構造の推定により構成される。分散曲線の推定方法には、周波数-波数スペクトル法³⁾、空間自己相関法（SPAC 法）⁴⁾があるが、本検討では、微動計の配置状況に制約があるものの理論的根拠が整った SPAC 法（凌・岡田による改良 SPAC 法⁵⁾）を使用した。この位相速度をターゲットとし、同じ位相速度を有する地盤（ V_s 構造）を遺伝的アルゴリズムを用いた逆解析により推定する。

3. 微動アレイ探査結果

地盤改良深度が比較的深い 3 ブロック（A, B, C）での探査結果について述べる。各ブロックの地盤改良深度は A ブロックから順に G.L.-7.316m～-18.516m, G.L.-11.781m～-18.431m, G.L.-13.804m～-20.004m である。

(1) 微動アレイ観測

微動アレイ観測は図-1 に示す 2 重正三角形アレイで行った。アレイの半径 r_1 と r_2 は地盤改良範囲のサイズから、 $r_1=16\text{m}$, $r_2=8\text{m}$ とした。微動計は Lennartz 社製の LE-3D5s（固有周期 5 秒、速度計）、データロガーは白山工業株式会社製の LS-8800 を使用した。

(2) 分散曲線の推定

観測した微動データを 20.48 秒毎のデータに細分化し、改良 SPAC 法により振動数毎の位相速度を求め分散曲線を作成した。図-2 に各ブロックの地盤改良前と地盤改良後の分散曲線を比較して示す。青色が地盤改良前、赤色が地盤改良後の分散曲線である。地盤改良範囲が比較的限定されていることから、地盤改良前後の分散曲線には明瞭な差異は見られないが、何れのブロックともに浅い地盤の V_s

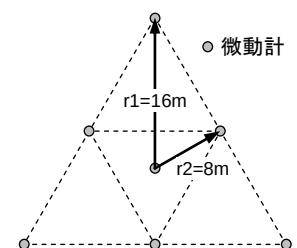


図-1 微動計の配置状況

地盤改良, CPG 工法, 空港誘導路, 物理探査法, 小規模微動アレイ探査, 改良効果

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設株式会社 email: yuya_takase@tobishima.co.jp

構造の特徴を示す高い振動数領域（10Hz 以上）の位相速度は地盤改良後に高くなっている。位相速度の上昇は V_s の上昇を意味するため、地盤改良の効果が反映されたと考えられる。

(3) 逆解析による V_s 構造の推定

図-2 に示す地盤改良前後の分散曲線をターゲットとし、同じ分散曲線を有する V_s 構造を逆解析から推定した。図-3 に推定した V_s 構造を示す。地盤改良範囲では改良後の V_s は改良前に比べて上昇している。各ブロックとも改良後の V_s は 270m/s である。地盤改良後のボーリング調査から得られた改良範囲の平均 N 値は A ブロックから順に 31.6, 28.7, 28.3 である。この値を既往の経験的関係式⁶⁾を用いて V_s に換算すると 253m/s, 245m/s, 244m/s となり、微動アレー探査による推定値とほぼ整合する。改良範囲よりも浅い部分も V_s が上昇しているが、これは地盤改良を深部から浅部に向けて行ったため、地盤改良範囲よりも浅い部分にも締固め効果が発揮されたものと考えられる。

4. まとめ

空港誘導路下の地盤改良工事において、施工途中における地盤改良効果の早期確認を目的に物理探査法を適用した。その結果、地盤改良効果を地盤のせん断波速度の上昇という形で評価可能であることが確認された。

参考文献

- 1) 菅野高弘他:空港用地内における液化化被害予測のための物理探査事例, 港湾空港技術研究所資料, 1247, 2012.
- 2) 岡田廣他:広域・深層地盤探査のための長周期微動探査法, 物理探査, 43, 402-417, 1990.
- 3) 堀家正則:微動の位相速度及び伝達関数の推定, 地震, 第2 輯, Vol.33, 425-442, 1980.
- 4) Aki, K.:Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, BERI., 35, 415-457, 1957.
- 5) 凌甦群・岡田広:微動中の表面波検出法としての空間自己相関法の任意アレーへの応用, 物理探査学会第 91 回学術講演会論文集, 272-275, 1994.
- 6) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.

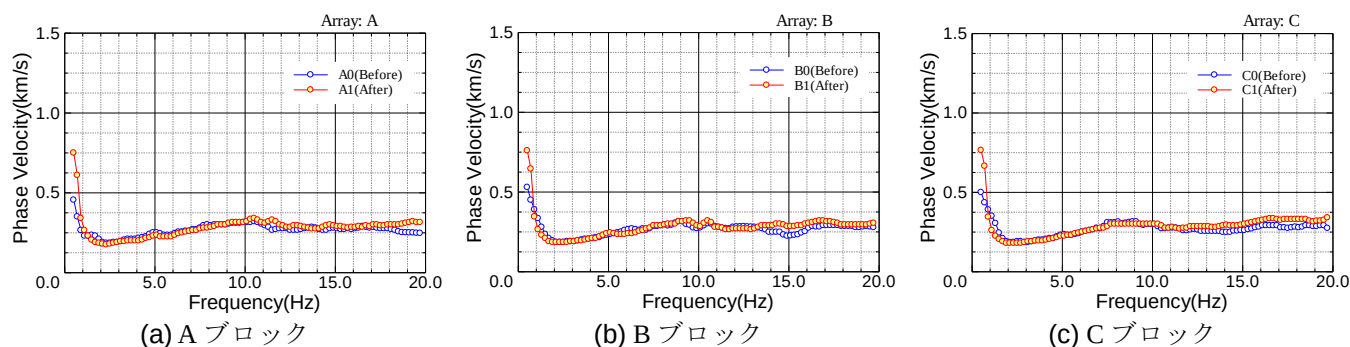


図-2 微動アレー探査から推定した地盤改良前後での位相速度の分散曲線の比較

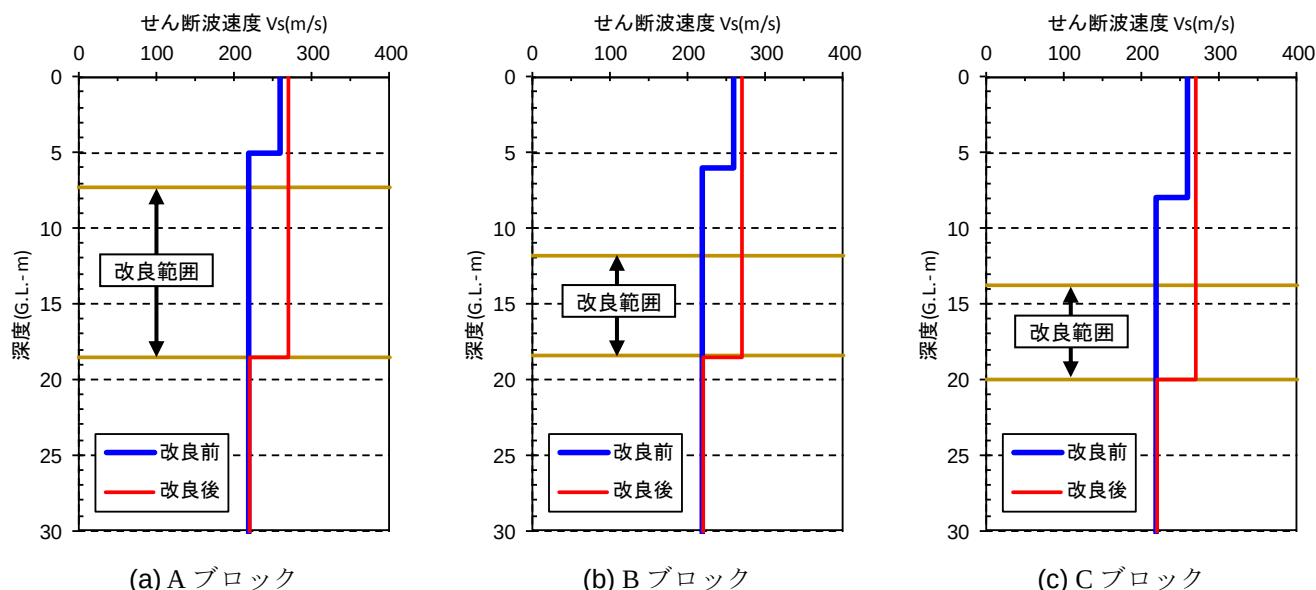


図-3 位相速度の分散曲線から推定した地盤改良前後でのせん断波速度の深度分布の比較