

光ファイバを用いた地盤改良体の出来形計測技術

鹿島建設(株) 正会員 ○両角達雄 中島拓巳 永谷英基 田中恵祐 阿部勇児 上田哲也
ケミカルグラウト(株) 正会員 山野辺純一 非会員 大熊瑞生

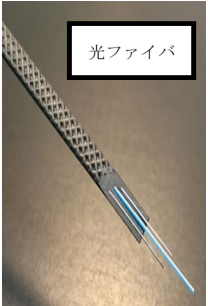
1. はじめに

現在実用化されている高圧噴射攪拌工法による地盤改良体の造成時に改良体の出来形を判定する技術(表-1)には、所定の深度に熱電対を設置し、セメント水和反応による温度上昇に基づいて評価する方法と、改良体造成箇所に測定棒とセンサーを設置し、高圧噴流が到達したときの音に基づいて到達径を確認する音響式コラム径計測技術(ACI:Acoustic Column Inspector)がある。熱電対は1点の計測ごとに1本のケーブルが必要で、計測機1台で測定できる点数も少ないため、計測点を多点にするほどコストが大きくなるという課題がある。一方、ACIは測定棒を介して計測した音で判定するため、高圧噴流が到達した深度を識別できないのが課題である。筆者らは、短時間計測が可能で、深度方向に5cmの空間分解能を有する高精度なレイリー方式による光ファイバ計測技術を利用し、より高精度な改良体の出来形判定への適用性を実験により検証したので報告する。

2. 実験概要

表-1に示した3つの技術について、埋め戻された砂地盤を対象に実証実験を実施した。図-1に各種計測機器の平面配置を示す。改良体の造成は中心角が90度の揺動施工とし、中心から半径3.75m~4.25mの位置に各種計測機器を設置し、高圧噴流到達時の挙動を計測することで出来形計測の可否について検証を行った。図-2に、本実験の施工仕様と噴射口であるモニター管の位置を示す。1~3層目は1つの施工仕様で施工する厚さを1m、4層目は厚さ2mとした。光ファイバはACIの測定棒に貼り付けて地中に設置し、改良体造成時に生じる測定棒のひずみを計測した。

表-1 地盤改良体の出来形計測技術

	熱電対	音響式コラム径計測 (ACI)	光ファイバ計測
測定項目	温度	音	ひずみ・温度
実績	多数	少数	改良径の測定実績無し
判定方法	噴流到達時の温度上昇	噴流到達時の振動	今回検証
特徴	ピンポイントの深度測定	全深度で計測可能	多用途で実績有り
写真			

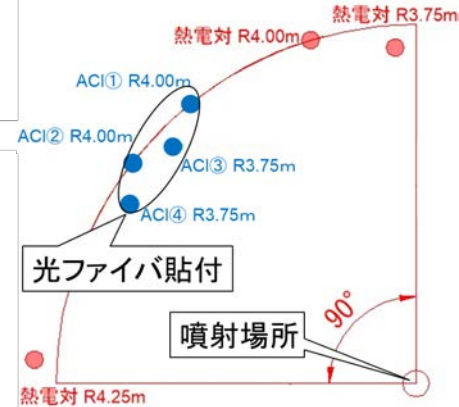


図-1 計測機設置位置

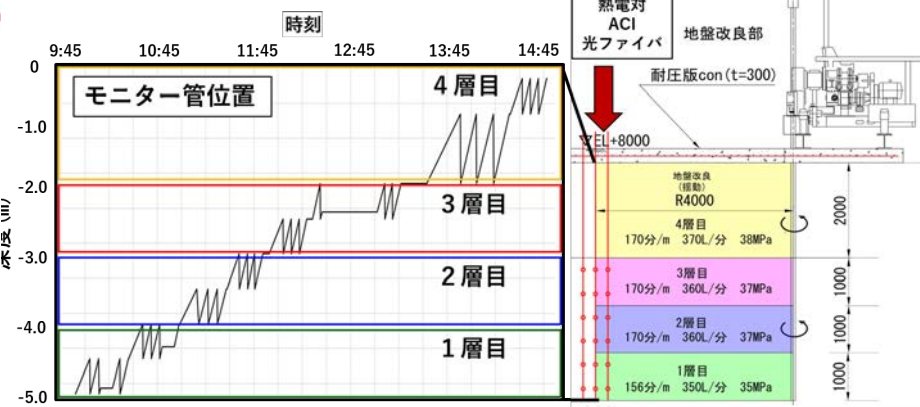


図-2 比較検証実験概要

キーワード 高圧噴射攪拌工法, 出来形計測, 分布型光ファイバ, レイリー散乱
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6490

3. 実験結果

図-3 の下段に噴射口から 3.75m の位置 (ACI ③) における光ファイバと ACI の 1 層目と 2 層目の計測結果を示す。上段のコンター図は光ファイバの計測結果で、深度-5.0m~-3.0m 位置の範囲におけるひずみの時系列変化 (計測サイクル: 10 秒) を示しており、モニター管の位置も併記した。ACI は、縦軸に音の強さを示しており、高压噴流による音の大きさやタイミングなどを総合的に判断して、高压噴流が到達したことを判定する。ACI の計測結果によると、改良体造成開始から 11 時 5 分以前 (1 層目造成開始~2 層目造成途中) では高压噴流はほとんど到達しておらず、11 時 5 分~11 時 50 分 (2 層目造成時) で高压噴流が到達していると判定できる。これに対し、光ファイバの計測結果でも、同様の時間でひずみの反応が確認できる。なお、光ファイバが一度反応した部位は、改良体造成が終了するまで反応し続けている。これは、高压で噴射された固化材ミルク中に光ファイバが位置すると、固化材ミルクが固化するまでの間、光ファイバを拘束するものがないため、高压噴流の影響を受け続けるためと考えられる。

次に、ひずみ変化が顕著に現れた際の、深度-4m でのひずみ時刻歴を図-4 に示す。1 層目施工時は変化が無かったが、2 層目に入ってモニター管が上昇している際に $\pm 200\mu\epsilon$ を超えるひずみが出ている。ACI の結果を勘案すると、このひずみは改良体造成時の高压噴流が作用して生じたひずみと考えられることから、光ファイバによる出来形判定の可能性を示唆しているといえる。

最後に図-5 に熱電対計測結果の一部を示す。噴射口から 3.75m に設置した熱電対では、造成中は顕著な温度上昇を計測し、その後もセメント固化反応による温度上昇を計測していることから、この熱電対の周辺部分は十分な地盤改良体が造成できていると判定できる。噴射口から 4.25m に設置した熱電対では、造成中もその後もほとんど温度変化を計測していないことから、この熱電対の周辺部分は地盤改良体が十分に造成できていないと判定できる。一方、噴射口から 4.0m に設置した熱電対では、造成中は温度上昇を計測しているが、その後は噴射口から 3.75m に設置している熱電対に比べて緩やかな温度上昇を計測しており、地盤改良体の造成ができたとは判定するのが難しい。このように、熱電対による造成径の出来形判定は、判定が難しい計測結果になることもあるという課題を改めて確認した。

4. おわりに

今回、レイリー方式による光ファイバ計測技術を利用し、より高精度な改良体の出来形判定への適用性について検討を行い、基本的な適用性を確認した。今後も計測精度の向上に努め、出来形だけでなく改良体強度など品質の良否も判定できる技術の開発を目指す予定である。

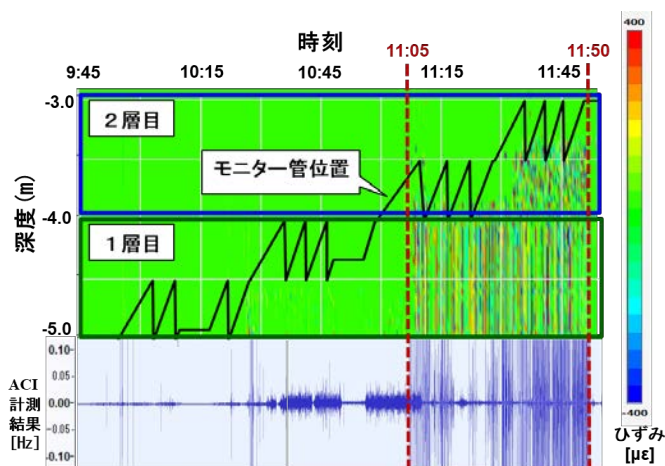


図-3 モニター管位置と計測結果

(上: 光ファイバおよび下: ACI) の関係

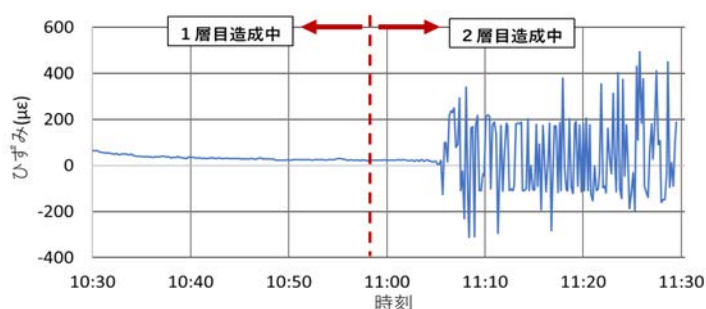


図-4 ひずみの時刻歴

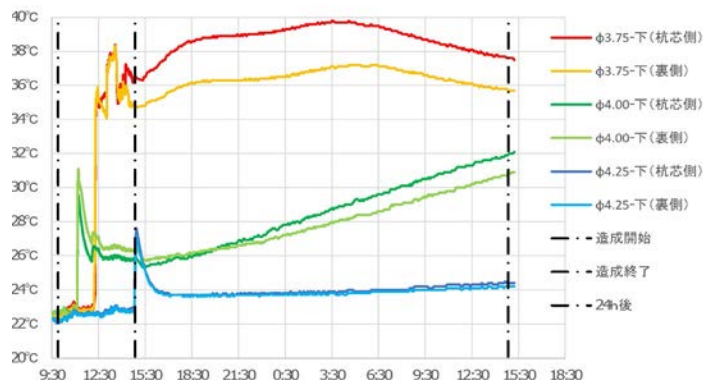


図-5 熱電対計測結果