

マルチジェット工法による格子状改良の液状化対策 (その2)

日本原燃(株) 正会員 大塚拓, 江村和明
前田建設工業(株) 正会員 ○川西敦士

1. はじめに

本工事は、原子力施設の高い耐震性が要求される新設共同溝の液状化対策として、自由形状・大口径高圧噴射攪拌工法（以下、「マルチジェット工法」と記す）による格子状改良が採用された。当工事におけるマルチジェット工法の改良径および改良体強度を事前に確認し本施工に反映するため、試験施工を実施した。本論文では、試験施工時に行った各種確認方法について報告する。

2. 試験施工概要および結果

試験施工で実施した項目を表-1 に示す。

実施項目	方法	時期
改良径確認	音波計測	施工直後
	光ファイバ温度計	施工中
改良体強度確認	塩酸溶解熱法	施工当日
	材齢強度曲線法	施工 3~7 日後

(1) 改良径確認

① 音波計測による施工直後の改良径確認

a) 概要

音波計測を用いて施工直後の未固結改良体に対して改良径の測定を行う。改良体の造成位置より改良体の境界に向かって音波を発振すると未固結改良体と地盤の境界で音波が反射する。この反射波の到達時間を計測すれば、改良径の測定が可能である。

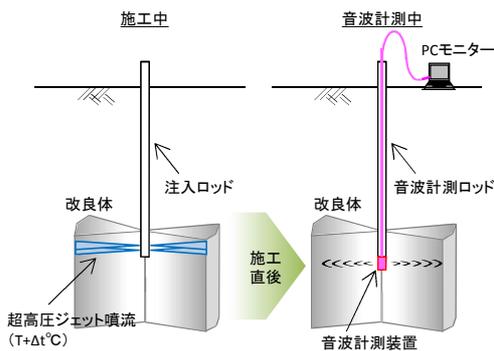


図-1 音波を用いた改良径計測の概要

未固結改良体の弾性波速度 V_p 、音波の伝達距離 L 、到達時間 T とすると “ $L=V_p \cdot T$ ” の関係から、改良

半径 $R=1/2 \cdot V_p \cdot T$ となり改良体の出来形を確認することができる。計測結果から万が一改良径が不足している場合には、必要に応じて速やかに再噴射することで不具合を防止することができる (図-1)。

b) 結果

計測結果を図-2 に示す。この結果から反射波の到達時間は $T=3.17E-3ms$ となり、改良半径 $R=2.22m$ と推定し、設計改良半径 $R=2.1m$ を満足した。なお、マルチジェット未固結改良体における弾性波速度 V_p は、 $V_p=1,400m/s$ で評価した。

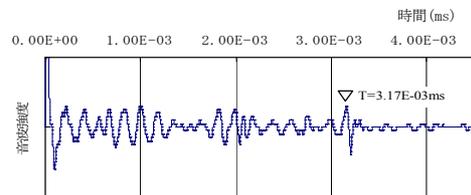


図-2 計測波形

② 光ファイバ温度計によるリアルタイム改良径確認

a) 概要

光ファイバによる温度計測技術は、ファイバ全長において連続的な温度検知がリアルタイムで可能な技術である。マルチジェット施工前に設計改良径の位置にボーリング削孔を行い、光ファイバ温度計を埋設する。施工中、光ファイバ温度計の計測をリアルタイムで行い、原地盤と超高压ジェット噴流の相対温度を検知することで改良体が必要改良範囲に到達しているか確認することができる (図-3)。

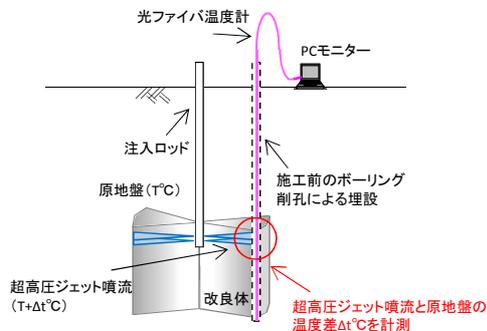


図-3 光ファイバ温度計を用いた改良径計測概要

液状化対策, 地盤改良, 高圧噴射攪拌工法, 品質管理, 出来形管理

連絡先) 東京都千代田区猿楽町 2-8-8, 前田建設工業株式会社, TEL:03-5217-9563

b) 結果

設計改良半径 R=2.1m における光ファイバ温度計測定結果を図-4 に示す。光ファイバ温度計は超高压ジェット噴流の到達による温度変化を検知し、改良径の確認ができた。

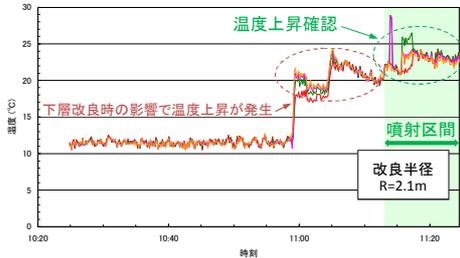


図-4 光ファイバ温度計測定結果

③掘り起しによる改良径確認

施工後翌日にバックホウで改良体を掘り起こしによる改良径確認を行った。実測値 R=2.2m を確認し、設計改良半径 R=2.1m を満足した (写真-1)。

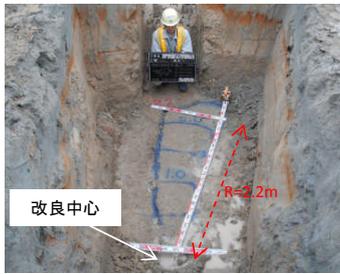


写真-1 改良体掘り起し結果

(2) 強度確認

高压噴射攪拌工法の施工時に発生する排泥には、地中の改良体と同程度のセメント分が混入されるため、改良体とほぼ同等の品質が確保されていると考えられる。そこで、強度確認においては排泥を用いて改良体の28日強度を推定した。

①塩酸溶解熱法による強度推定 (施工当日)

a) 概要

塩酸溶解熱法は、セメント成分に含まれたカルシウム分と塩酸が反応して発熱する性質を利用する手法であり、採取した排泥から改良体の28日強度を推定する。具体的には、事前に室内配合試験で未固結改良体の温度上昇量と一軸圧縮強度の関係を作成する。これにより、施工当日に採取した排泥に塩酸を混合し、その温度上昇量から改良体の28日強度を推定できる。

b) 結果

室内配合試験で作成した温度上昇量と一軸圧縮強度の関係ならびに施工当日の試験結果を図-5 に示す。

実測値は、 $\Delta t=58.0^{\circ}\text{C}$ となり上昇温度の管理値 $\Delta t=28.6^{\circ}\text{C}$ を上回り、推定強度は設計基準強度 3000kN/m^2 を満足していることが確認された。

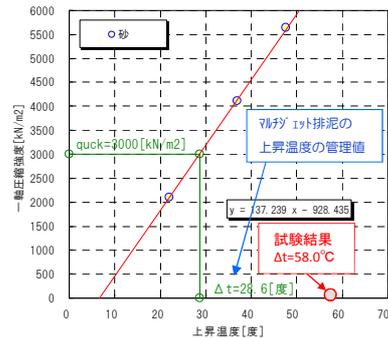


図-5 塩酸溶解熱法試験結果

②材齢強度曲線法による強度推定 (施工3~7日後)

a) 概要

事前室内配合試験で各材齢の一軸圧縮強度試験を行い、材齢28日での強度を1.0とした強度比~材齢関係を作成し、施工3~7日後における排泥の一軸圧縮強度から改良体の28日の強度を推定する方法である。

b) 結果

室内配合試験で作成した材齢強度曲線を図-6 に示す。造成直後に排泥を採取し $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 供試体を作成して、材齢3日・7日で一軸圧縮強度試験を行い、 q_{u3} (平均)= 608.7kN/m^2 、 q_{u7} (平均)= 1402.1kN/m^2 を得た。この結果および事前で求めた材齢強度曲線から、28日強度は $608.7/0.125=4870\text{kN/m}^2$ 、 $1402.1/0.251=5586\text{kN/m}^2$ と推定され、設計基準強度 3000kN/m^2 を満足する結果となった。

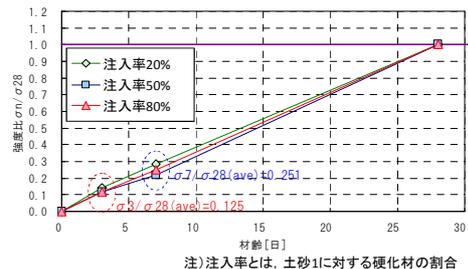


図-6 室内配合試験による材齢強度曲線結果

4. おわりに

本論文では、マルチジェット試験施工における改良径計測ならびに改良体強度確認結果を報告した。なお、試験施工で品質が問題ないことを確認した施工仕様により本施工を行い、施工後の品質確認(コア採取による改良径確認、一軸圧縮試験)では、基準値を満足し施工を無事完了することができた。