

高圧噴射攪拌工での改良体の強度と温度との相関について

前田建設工業 (株)	正会員	○津田 啓史
前田建設工業 (株)	正会員	渡辺 吉章
前田建設工業 (株)	正会員	蛭谷 祐至
前田建設工業 (株)	非会員	渡邊 哲

1. はじめに

筆者らは、高い耐震性が要求される既設の地中構造物周辺の地盤改良において、地盤改良の一種である高圧噴射攪拌工法を適用した。高圧噴射攪拌工法は、現場に設置したプラントにおいてセメントミルクを製造し、それを超高圧ジェットにより噴射して地中で地盤と攪拌混合することでセメント改良地盤を造成する。造成時、地中の温度は季節によらず概ね一定であるが、プラントで使用する練り混ぜ水は場内の工業用水を使用しており、工業用水の水温は外気温に比例して変化する。全て所定の品質を満足した改良体を造成してきているが、これまでの施工では気温、水温について考慮せずに施工を行ってきた。工場生産される生コン等は JIS 規格で一定の品質が担保されている一方で、高圧噴射攪拌工法は現地製造・攪拌する特性上、施工者が品質不具合の有無、再施工の必要の有無を常時早期に確認できるようにする必要がある。セメント改良体の品質に影響する要素は単位固化材量や単位水量、添加剤量や混和剤量などの配合、初期強度の伸びが挙げられる。使用材料の温度は初期強度に影響する要素の一つであるため、今回は温度を焦点に施工データを取りまとめた。本稿では、これまでの施工実績から得られた気温および排泥温度と改良体の強度との相関を報告する。

2. 工事概要

当現場は青森県に位置し、冬季は日平均気温が 0 度を下回る月もある寒冷地である (図-1)。既設構造物の耐震裕度向上を目的として、構造物周辺の地盤改良を行う。当該地層は N=20 程度の礫混じりシルト質砂 (礫含有率 5% 程度、最大粒径 50mm) の埋土層と $N \geq 50$ の砂質泥岩の支持層で構成される。改良深度は既設構造物下端から天端まで、造成長は最大で 20m 程度である。地盤改良の要求性能は改良率 $\alpha = 100\%$ 、せん断弾性波速度 $V_s = 800\text{m/s}$ 以上である。

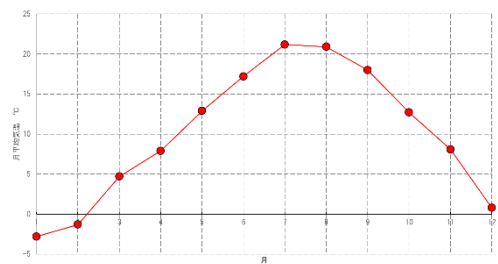


図-1 当該地域の月平均気温

3. 一軸圧縮強度 q_u とせん断弾性波速度 V_s の相関

造成時に排出される排泥は改良体の余剰分であり、改良体の品質と同様であることから、排泥を試料として採取して試験を行った。本現場で得られた供試体のこれまでの試験結果を示す (図-2)。排泥は配孔付近で、1 孔に対し 3 深度 (改良体の上・中・下) $\times 3$ 回ずつの計 9 回採取した。全て要求品質である $V_s = 800\text{m/s}$ を満足しており、一軸圧縮強度とせん断弾性波速度の相関係数は 0.76 と、強い正の相関を示している (一軸圧縮強度が高いほどせん断弾性波速度が大きい)。なお要求性能である $V_s = 800\text{m/s}$ は一軸圧縮強度 $q_u = 4000\text{kN/m}^2$ 程度に相当する。

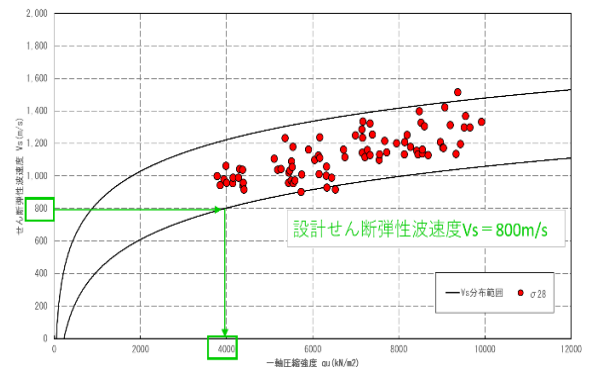


図-2 q_u - V_s の関係

キーワード 耐震補強, 地盤改良, 高圧噴射攪拌工法, 品質管理, 早期確認

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 4-11 前田建設工業(株)東北支店 TEL022-265-2477

4. 平均外気温と排泥温度の相関

平均外気温と排泥温度の相関を示す(図-3)。相関係数 0.79 と、強い正の相関関係にある。冬季施工時、平均気温に対して排泥温度が高いのは、使用する練り混ぜ水を、凍結防止のため、パイプヒーターを使用して5度程度の凍結しない水温に加温し冬季養生していること、セメントの水和反応により発熱していることが影響していると考えられる。

5. 平均外気温と一軸圧縮強度 q_u の相関

平均外気温と一軸圧縮強度の相関を示す(図-4)。相関係数 0.68 と正の相関関係にある。平均気温が8度以下では平均気温と一軸圧縮強度が特に強い相関を示すが(相関係数 0.85)、8度以上はほとんど相関関係がなく(相関係数 0.15)、気温に対して一軸圧縮強度が伸び悩む結果を示している。先の3項で述べた、一軸圧縮強度とせん断弾性波速度との高い相関性から、せん断弾性波速度と平均外気温も相関があることが分かり、データの収集と分析により、平均外気温がせん断弾性波速度に影響している。

6. 一軸圧縮強度 q_u と排泥温度の相関

一軸圧縮強度 q_u と排泥温度の相関を示す(図-5)。一軸圧縮強度 q_u と排泥温度の相関係数は 0.53 と、正の相関を示している。また、排泥温度が10度を下回った場合、一軸圧縮強度が4000kN/m²に達しないことが考えられる。5項と同様に、せん断弾性波速度と排泥温度も相関があることが分かり、排泥温度がせん断弾性波速度の大小に影響を与えている。

7. まとめ

本稿では、排泥を採取して得られた供試体の試験結果から、一軸圧縮強度とせん断弾性波速度の相関、平均外気温と排泥温度、平均外気温と一軸圧縮強度、一軸圧縮強度と排泥温度の相関について述べた。排泥温度および平均外気温が改良体の一軸圧縮強度およびせん断弾性波速度と正の相関関係にあり、改良体の品質に影響することが確認された。改良体の品質はセメントの水和反応に依存しており、練り混ぜ水の水温等が品質に影響すると考えられるが、報告した施工データまでではデータを収集していなかったため、今回は不明である。よって今後の施工で継続的にデータを収集・分析し、日常の更なる品質管理に活用していく所存である。

参考文献 1)手塚ら：高圧噴射攪拌によるセメント改良地盤の原位置弾性波速度に基づく品質評価 土木学会論文集 C(地圏工学) Vol.70, No.4, 328-329

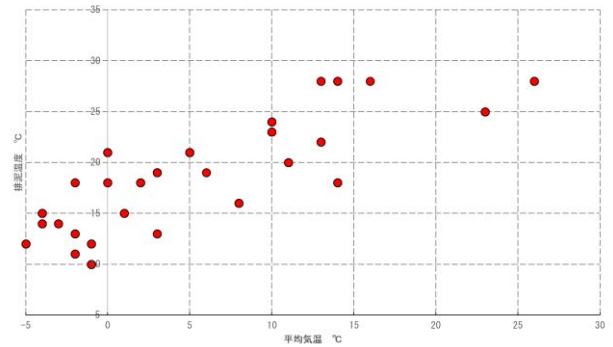


図-3 平均気温と排泥温度の関係

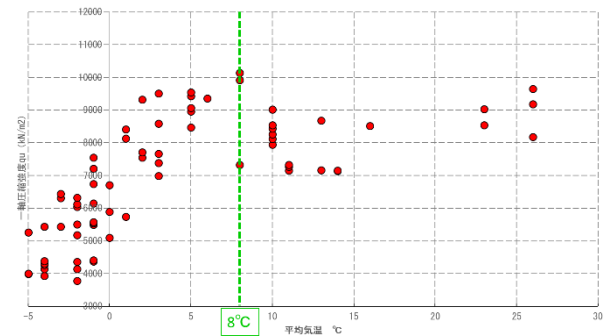


図-4 平均気温と一軸圧縮強度の関係

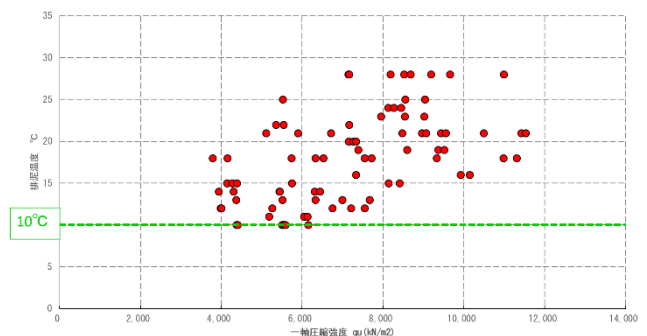


図-5 一軸圧縮強度と排泥温度の関係