

高圧噴射攪拌工法における施工品質に影響を与える要因の分析報告

前田建設工業株式会社	正会員	○福田	達也
前田建設工業株式会社	正会員	三谷	悠輔
前田建設工業株式会社	正会員	渡辺	吉章
前田建設工業株式会社	正会員	蛸谷	祐至

1. はじめに

高圧噴射攪拌工法とは地盤改良の一種であり、超高圧ジェットにより地中でセメントミルクを噴射して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工法である。本工法は小型のボーリングマシンで大口径・高強度のセメント改良地盤を造成できるため、狭隘箇所の液状化対策・耐震補強工法として適用される事例が急増しており、筆者らの工事においても本工法を採用している。

既往の研究¹⁾により、本工法の品質管理に関してはコラムの非一様性が高く、強度・出来形の不具合を防止するため、施工中の日常管理から徹底した品質管理を実施することが必要という知見が得られている。

しかし、何の要因がどの程度品質に影響を与えるかはいまだ不明確であり、その分析や解明を行うことが課題として挙げられる。

そこで、高圧噴射攪拌工法の安定した品質確保に寄与するため、影響があると考えられる要因を選定してその影響を評価することを目的とし分析を行った。

本稿は、品質への影響があると考えられる外気温、排泥初期温度および改良径に着目して、筆者らの工事でも得られた施工データの分析を行った。

2. データ分析方法

高圧噴射攪拌工法の品質管理項目としてせん断弾性波速度 V_s (超音波試験結果) および一軸圧縮強度 (28 日強度) q_u の 2 つで評価できることが既往の研究より確認できる。そこで、「外気温」、「排泥初期温度」および「改良径」の 3 つの要因が 2 つの品質管理項目に与える影響について着目し分析を行った。工事で得られた一軸圧縮強度 q_u とせん断弾性波速度 V_s をプロットしたものに、各要因の要素を入れ分析した。以下に各要因の分類方法を示す。

ここで、排泥とは造成時に排出される改良体の余剰分であり、改良体の品質と同等であることから、改良品質の評価に利用できると考えられている。また、排泥初期温度とは塩酸溶解熱試験時に測定する初期温度のことをいう。

1) 外気温の分類

施工日の日平均気温を 2 段階の温度帯に分けて分析した。施工実績における最低日平均気温は -5.3°C 、最高日平均気温は 26.4°C であったことから、日平均気温は $-5.3^{\circ}\text{C}\sim 9.9^{\circ}\text{C}$ 、 $10.0^{\circ}\text{C}\sim 26.4^{\circ}\text{C}$ の 2 段階に分けて分析した。

2) 排泥初期温度の分類

排泥初期温度を 2 段階の温度帯に分けて分析した。施工実績において、最低温度が 9°C 、最高温度が 32°C であったことから、 $9^{\circ}\text{C}\sim 19^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$ の 2 段階に分けて分析した。

3) 改良径の分類

改良径については、硬化剤の吐出流量を 540L/分で制御している大口径 ($\phi 4.2\text{m}$, $\phi 3.5\text{m}$)、190L/分で制御している小口径 ($\phi 2.5\text{m}$, $\phi 2.3\text{m}$, $\phi 2.0\text{m}$) の 2 段階に分けて分析した。

キーワード 高圧噴射攪拌工法, 品質管理手法, せん断弾性波速度, V_s - q_u 関係

連絡先 〒986-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 4-11 前田建設工業株式会社 東北支店 TEL 022-225-8326

3. データ分析結果

本工事で使用している高圧噴射攪拌工法に使用したセメントミルクは、せん断弾性波速度 $V_s=922\text{m/sec}$ 、一軸圧縮強度 $q_u=6000\text{kN/m}^2$ (28 日強度) を設計として配合している。その配合で実施した採取データに、前章で示した要素を入れて分析した。

1) 外気温の分類による分析結果

外気温が $-5.3\sim 9.9^\circ\text{C}$ で分類したものが、配合設計目標値を下回る位置に外気温が $10.0\sim 26.4^\circ\text{C}$ で分類したものよりも多く分布していることが確認された(図 1)。

2) 排泥初期温度の分類による分析結果

前項と同様に排泥初期気温が $9\sim 19^\circ\text{C}$ で分類したものが、配合設計目標値を下回る位置に排泥初期温度気温が $20\sim 32^\circ\text{C}$ で分類したものよりも多く分布していることが確認された(図 2)。

3) 改良径の分類による分析結果

配合設計目標値を下回る位置の分布状況は大口径 ($\phi 4.2\text{m}$, $\phi 3.5\text{m}$) と小口径 ($\phi 2.5\text{m}$, $\phi 2.3\text{m}$, $\phi 2.0\text{m}$) で分類したもので違いは確認されなかった(図 3)。

4. まとめ

本稿では、品質への影響があると考えられる「外気温」、「排泥初期温度」および「改良径」を選定してその影響を評価することを目的として施工データの分析を行った。

前章の結果より、高圧噴射攪拌工法による改良品質は、「外気温」と「排泥初期温度」に影響されると考えられる。また、「改良径」の違いによる品質の影響はないと考えられる。

以上の結果より、高圧噴射攪拌工法のより安定した品質確保をするためには、外気温 10.0°C 以上かつ排泥初期温度 20°C 以上が必要と考えられる。しかし、現場の環境によって好条件下のみの施工は現実的に困難である。そのため、現場環境に応じた配合変更なども必要と考える。

今後の課題として「外気温」、「排泥初期温度」および「改良径」以外の品質に影響すると考えられる要因についても同様に調査を行い、影響が大きい要因を明確にしたいと考える。

参考文献

- 1) 川西ら：高圧噴射攪拌工法による改良地盤の新しい施工・品質管理方法の適用効果について, International Symposium on Evolving Jet Grouting Technology, 2020.

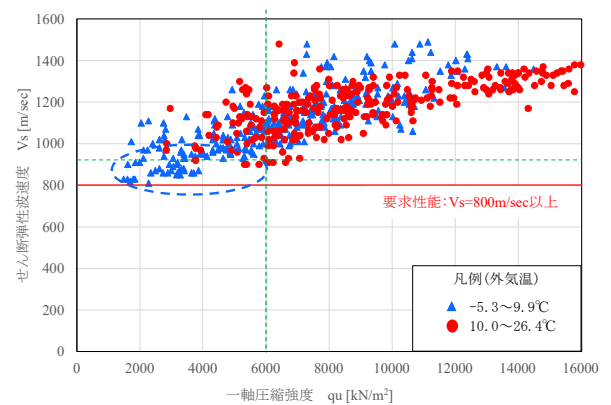


図 1 一軸圧縮強度およびせん断弾性波速度の関係図 (外気温による分類)

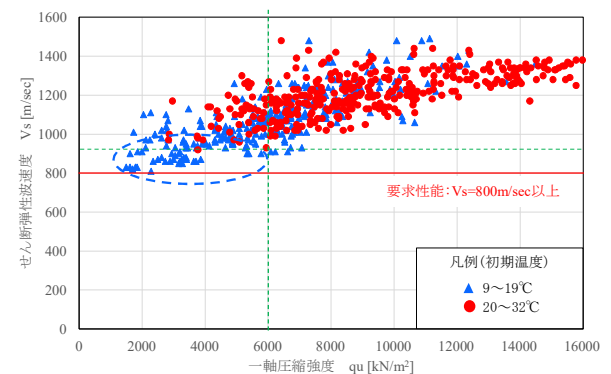


図 2 一軸圧縮強度およびせん断弾性波速度の関係図 (排泥初期温度による分類)

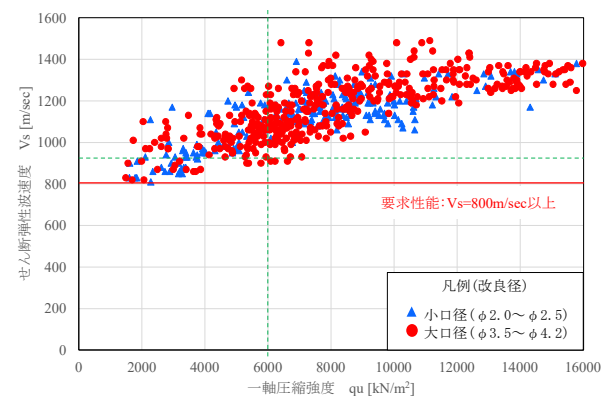


図 3 一軸圧縮強度およびせん断弾性波速度の関係図 (改良径による分類)