

有機質シルト層における中圧噴射システム併用機械攪拌工法の試験施工

岩田地崎建設(株) 技術部 正会員 ○八木 一善  
岩田地崎建設(株) 土木部 正会員 石井 康則  
岩田地崎建設(株) 土木部 山形 尚治

1. はじめに

中圧噴射システムと機械攪拌を併用した工法（MITS 工法）は，ベースマシン（バックホウ）が小型であるため，軟弱地盤や矮小な施工空間での地盤改良に有利である．この工法では，原位置土にスラリーを中圧で噴射しながら攪拌翼を回転させて混合攪拌するため，削孔・注入攪拌速度が地盤の固さ，粘性および泥炭の有無に依存し，その速度によってスラリーの水セメント比  $W/C$  が 80%～300%の範囲<sup>1)</sup>で変化する．

本稿では，この深層混合処理工法を用いて泥炭まじりの有機質シルト層を含む地盤で試験施工を行い，大きな改良径（ $\phi=1600\text{mm}$ ）での削孔・注入攪拌速度と改良体の一軸圧縮強さを調べた結果について述べる．

2. 改良地盤の条件

図-1 に，試験施工を行った地盤の構成，孔内水平載荷試験による変形係数  $E$ ，自然含水比  $w_n$  および湿潤密度  $\rho_t$  を示す．上位は泥炭を含有する有機質シルト層  $A_p$  であり，GL.-1.0m 以深は高含水比状態（ $w_n=82\% \sim 113\%$ ）である．その下位には，シルト質粘土  $A_{c1}$  と砂質シルト  $A_{c2}$  が堆積しており，両層には部分的に泥炭もしくは砂質土が混入する．

3. 削孔・注入攪拌速度と改良体の配合の条件

攪拌翼の径は  $\phi=1600\text{mm}$  である．MITS 工法の標準的な削孔・注入攪拌時間<sup>1)</sup>は 1.0～2.0min/m であるが，図-1 の地盤で削孔・注入攪拌時間を実測したところ， $A_p$  層にて削孔・注入攪拌時間が増加し，3.0min/m となった．これは，攪拌翼の径が大きいことと，機械攪拌とジェット噴流によって泥炭の繊維質が破壊されるものの，クッション作用を起こして切削能力の低下が生じたためと考えられる．この結果に基づいて，試験施工の削孔・注入攪拌と引抜きを条件を表-1 のように定めた．

表-2 は，表-1 の条件でセメント系固化材の添加量を変えた配合のケースを示している．固化材添加量は 3 ケースであり， $A_p$  層で削孔・注入攪拌時間が増加したため，水セメント比  $W/C$  は高い値となっている．

4. 一軸圧縮試験の結果

表-2 の改良体からロータリー式三重管サンプラーによって乱さない試料を採取し，28 日養生後の供試体（ $\phi 82\text{mm}$ ， $H=160\text{mm}$ ）に対して，JIS A 1216 の方法により一軸圧縮試験を行った．なお，試験時のひずみ速度は 1.0 %/min である．

図-2 に 28 日養生後の改良土の含水比  $w$  と一軸圧縮強度  $q_{u28}$  の関係を示す． $A_p$  層の改良土の一軸圧縮強度は含水比の影響を大きく受けている．特に添加量  $120\text{kg/m}^3$  および  $W/C=299\%$  で改良を行った  $A_p$  では， $w$ （ $=100 \sim 133\%$ ）が自然含水比  $w_n$ （ $=82\% \sim 113\%$ ）よりも高くなる傾向を示している．

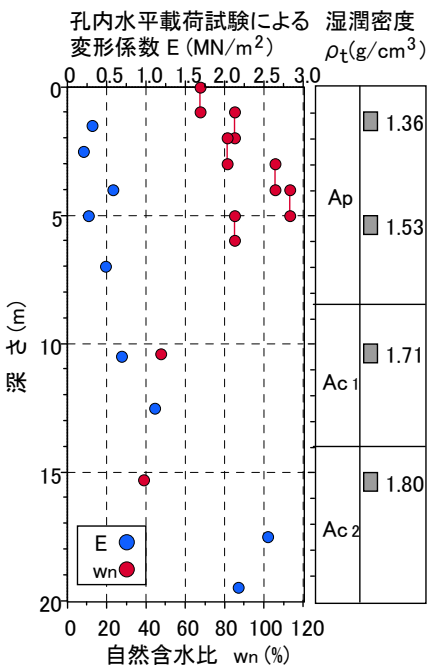


図-1 変形係数  $E$  と自然含水比  $w_n$

表-1 削孔・注入攪拌と引抜きの条件

| 削孔・注入攪拌<br>(min/m) | 引抜き<br>(min/m) | 吐出量<br>(ℓ/min) | 噴射圧力<br>(MPa) |
|--------------------|----------------|----------------|---------------|
| 3.0                | 1.0            | 200            | 16～18         |

表-2 改良体の配合のケース

| 固化材添加量 $C$<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | 造成長<br>(m) | $W/C$<br>(%) | 固化材<br>(kg) | 水<br>(ℓ) |
|-----------------------------------|------------|--------------|-------------|----------|
| 120                               | 6          | 299          | 301         | 901      |
| 150                               | 23         | 233          | 376         | 877      |
| 180                               | 23         | 188          | 453         | 851      |

キーワード 地盤改良，深層混合処理，腐植土，現場試験

連絡先 〒060-8630 札幌市中央区北 2 条東 17 丁目 2 番地 TEL 011-221-8831

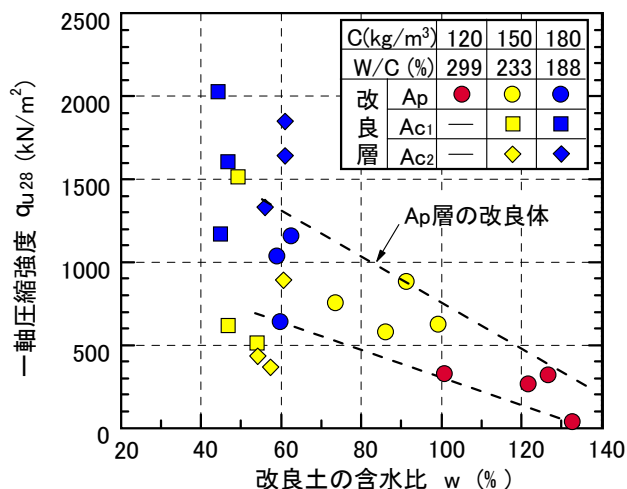


図-2 改良土の含水比と一軸圧縮強度の関係

また、W/C が 188%と 233%になる他の配合条件では、 $w$  が  $w_n$  と同等かやや低い値になるようである。

図-3 に改良土の乾燥密度  $\rho_d$  と  $q_{u28}$  の関係を示す。Ap 層では、添加量が低く W/C が高いほど  $\rho_d$  と  $q_{u28}$  の値が低下している。一方、Ac1 層と Ac2 層の改良土の  $\rho_d$  の値は 0.98 ～ 1.15 g/cm<sup>3</sup> の範囲にあり、W/C=188%と 233%の 2 ケースで改良した場合の  $\rho_d$  の変化よりも、固化材 30kg/m<sup>3</sup> の増加の方が一軸圧縮強度に影響を及ぼしている。

図-4 は、固化材の添加量と  $q_{u28}$  の関係である。Ap 層における添加量と  $q_{u28}$  は一義的な関係にあることが分かる。また、固化材の増加に伴う一軸圧縮強度の増大は、Ap 層よりも Ac1 層および Ac2 層の方が大きいように見える。

改良土の一軸圧縮強さ  $q_u$  と変形係数  $E_{50}$  には比例的な関係があり<sup>2)</sup>、一般的に  $E_{50}=100q_u$  の式が設計等でよく用いられている。そこで、全ての試験ケースについて  $q_{u28}$  と  $E_{50}$  の関係を整理したのが図-5 である。平均的な  $q_{u28}$  と  $E_{50}$  との関係は  $E_{50}=110q_{u28}$  であり、Ap 層のみでは  $E_{50}=136q_{u28}$  となっている。

## 5. まとめ

- 1) 中圧噴射併用の機械攪拌工法において、有機質シルト層の削孔・注入攪拌時間がシルトの場合よりも 1.0min/m 増加した。この原因は、改良径が  $\phi 1600$  と大きく、泥炭の繊維が削孔能力を低下させるためと考えられる。
- 2) W/C が約 300%の条件で有機質シルトの改良を行うと、改良土の含水比の増加と密度低下が生じる。ただし、188%～299%の範囲でスラリーの W/C が変化しても、固化材の添加量と一軸圧縮強度の関係は一義的である。
- 3) W/C と改良土の含水比が高くなる条件で改良した有機質シルトについても、 $E_{50}$  と  $q_{u28}$  には比例的な関係がある。また、対象地盤における平均的な相関式は  $E_{50}=110q_{u28}$  であり、一般的な  $E_{50}=100q_u$  の式とほぼ等しい。

**参考文献** 1) MITS 工法協会：技術資料 CMS 中圧噴射システム MITS 工法，2005

2) 土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版，2004

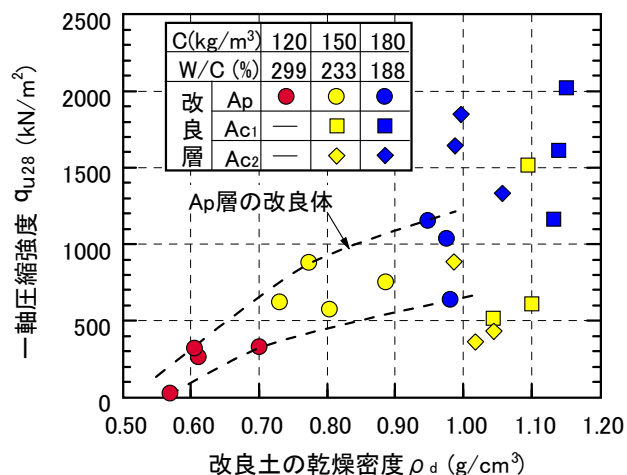


図-3 改良土の乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

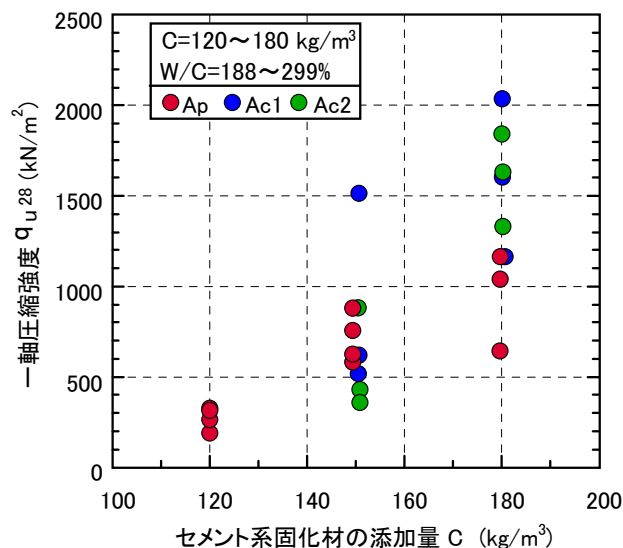


図-4 固化材の添加量と一軸圧縮強度の関係

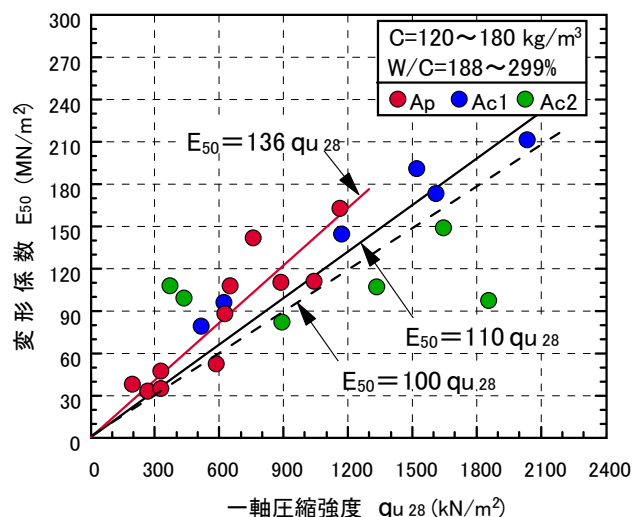


図-5 一軸圧縮強度と変形係数の関係