

## 模型攪拌装置を用いたセメント改良土のせん断特性

福岡大学工学部 学生会員○岸川 修 正会員 佐藤 研一  
正会員 吉田 信夫 尾後 大輔

### 1. 目的

軟弱な粘土地盤をセメントにより地盤改良された現場強度は、室内で作成された供試体の一軸強度の 1/5～1/2 であることが知られている<sup>1)</sup>。これは、攪拌装置により乱された現位置粘土地盤の強度発現のばらつきが大きい。ため攪拌条件の設定が容易な室内試験の結果と異なることが主な原因と考えられる。また、攪拌条件は、羽根切り回数  $T$  により規定されており、攪拌翼の昇降速度  $V$  と回転数  $N$  から決定される定数である。そこで、本研究では、模型攪拌装置を使って、羽根切り回数  $T$  において変化する回転数  $N$  と昇降速度  $V$  の組み合わせの違いがセメントの種類、羽根の枚数の違いが改良体の強度・変形特性に与える影響を検討する。実験に用いた、攪拌翼の総羽根枚数は、2枚、4枚とし、セメントには、普通ポルトランドセメント・高炉セメント・セメント系固硬化材の3種類を使用する。さらに、切断面のセメント注入面積を、コンピュータにより判別し、セメント注入面積から算出される改良率が強度・変形特性に与える影響についても検討する。

### 2. 実験方法

模型改良地盤の作成はカオリンに水を加えて十分にスラリー状に練り返し、 $0.3\text{kg}/\text{cm}^2$  の上載荷重で予備圧密させ、含水比約 60% の模型地盤を作成する。CBR 用モールドに移し、その後、攪拌装置によりセメントペーストを注入攪拌することにより作成した。一軸圧縮供試体の作成は、セメント注入された直後の模型改良地盤にアクリル円筒 ( $\phi 50\text{mm} \times 200\text{mm}$ ) を 3 本貫入し、24 時間経過後に取り出し、そのうち、1 本は改良率検定用に、他の 2 本は 28 日養生させて、一軸圧縮試験を行なった。攪拌条件は、羽根切り回数  $T$  (回/m) によって表わされる。羽根切り回数  $T$  (回/m) とは、攪拌翼が 1m 降下する間に羽根によって何回切られるかを示す指標であり、次の式で表される。

$$T = \Sigma M \times (2N/V) \text{ ----- (1)}$$

ここで、 $\Sigma M$  : 攪拌翼の総羽根枚数 (枚)

$N$  : 羽根切り昇降時の回転数 (回/分)

$V$  : 攪拌翼の昇降速度 (m/分)

表一に今回行った実験の攪拌条件を示す。また、実験に用いた攪拌装置を図一に示す。図二に示すように、実験に使用した供試体を取り出す際に水平に切り取った状態を見ると改良土中には改良部分と未改良部分がある割合で混合している。そこで混合状態を表す指標として、改良部分の面積と供試体断面の面積の割合を改良率  $f_s$  とし、改良土の混合度合いを表す指標として用いる。改良率の測定は、画像処理で改良部分と未改良部分を読み取らせて測定した。改良率は次式で表す。

$$\text{改良率} (f_s) = \frac{\text{改良部分の面積}}{\text{供試体断面の面積}} \times 100 (\%) \text{ ----- (2)}$$

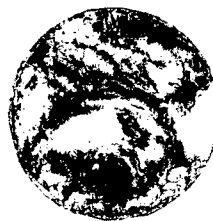
### 3. 実験結果および考察

図三、図四、図五は、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、セメント系固硬化材のそれぞれにおける一軸圧縮強さ  $q_u$ 、回転数  $N$  および昇降速度  $V$  の関係について表わしたものである。これらの図より、セメントの種類にかかわらず、同一羽根切り回数  $T$  において、回転数  $N$ 、昇降速度  $V$  がともに小さいほど、一軸圧縮強さ  $q_u$  が増していることがわかる。

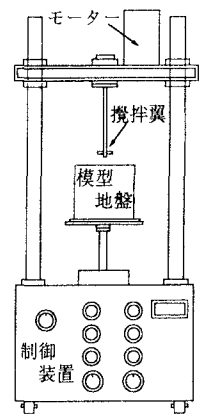
また、羽根切り回数  $T$  に着目してみると、羽根切り回数  $T$  が大きいほど、一軸圧縮強さ  $q_u$  が増していることもわかる。つまり、羽根切り回数  $T$  が大きく、低回転数、低昇降速度のほうがセメントスラリーが粘土地盤によく攪拌され、良いセメント改良土ができることを示している。図六に普通ポルトランドセメント、高炉セメントにおける羽根の枚数の違いによる一軸圧縮強さ  $q_u$  と回転数  $N$  の関係を表わしたものであり、羽根の枚数が 2 枚よ

表一 攪拌条件

| 羽根切り回数<br>$T$ (回/m) | 回転数<br>$N$ (回/分) | 昇降速度<br>$V$ (m/分) | セメントの種類     | 羽根の枚数<br>$M$ (枚) |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------|------------------|
| 400                 | 20               | 0.4               | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 400                 | 40               | 0.8               | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 400                 | 80               | 1.6               | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 800                 | 20               | 0.2               | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 800                 | 40               | 0.4               | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 800                 | 80               | 0.8               | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 1200                | 20               | 0.13              | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 1200                | 40               | 0.27              | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 1200                | 80               | 0.53              | ポルト・高炉・固硬化材 | 4                |
| 400                 | 10               | 0.1               | ポルト・高炉      | 2                |
| 400                 | 15               | 0.15              | ポルト・高炉      | 2                |
| 400                 | 20               | 0.2               | ポルト・高炉      | 2                |
| 800                 | 20               | 0.1               | ポルト・高炉      | 2                |
| 800                 | 120              | 0.6               | ポルト・高炉      | 2                |
| 1200                | 120              | 0.4               | ポルト・高炉      | 2                |



図二 供試体断面図



図一 模型攪拌装置

り4枚のほうが強度が大きくなっている傾向がわかる。2枚目の羽根が1枚目の羽根と90°直角方向にあるため軟弱地盤をよく切り攪拌混合され羽根の枚数の差がでたと考えられる。図-7は同一回転数  $N=80$  におけるセメントの種類の違いによる一軸圧縮強さ  $q_u$  と羽根切り回数  $T$  の関係を表わしたもので、普通ポルトランドセメント、セメント系固化材、高炉セメントの順に強度が増し、羽根切り回数  $T$  が大きいほど強度が増すことわかる。これは、強度が強い順にセメント粒子が細かく混ざりやすいため、強度を発揮したと考えられる。図-8は普通ポルトランドセメントにおける一軸圧縮強さ  $q_u$ 、改良率  $f_s$  および回転数  $N$  の関係を表わしたものである。回転数  $N$  が低いほど改良率  $f_s$  が大きくなっている。また、一軸圧縮強さ  $q_u$  も大きくなっている。このことより、改良率  $f_s$  が増すと一軸圧縮強さ  $q_u$  も増すことがいえ、改良率  $f_s$  が大きいということは、それだけセメントが多く混ざっており、改良効果が増したと考えられるが、高回転数になると羽根切り回数  $T$  に関係なく、改良効果がみられないことがわかる。

#### 4. まとめ

- ①同一羽根切り回数  $T$  において、回転数  $N$  が低いほど、昇降速度  $V$  が低いほど一軸圧縮強さ  $q_u$  は増加する。また、羽根切り回数  $T$  が大きいほど一軸圧縮強さ  $q_u$  は増加する。
- ②羽根の枚数が2枚と4枚では、4枚のほうがセメントが軟弱地盤をよく切り攪拌混合され強度が増す。
- ③改良率  $f_s$  は、回転数  $N$  の影響を受け、同一羽根切り回数  $T$  において、低回転数で攪拌混合を行うと、改良率  $f_s$  が大きくなり、改良率  $f_s$  が増加するほど一軸圧縮強さ  $q_u$  は増加する。しかし、高回転数になると羽根切り回数  $T$  に関係なく、改良効果がみられないことがわかる。

<参考文献>

- 1) CDM研究会：セメント系深層混合処理工法—設計と施工マニュアル（設計・施工編）, 1991年

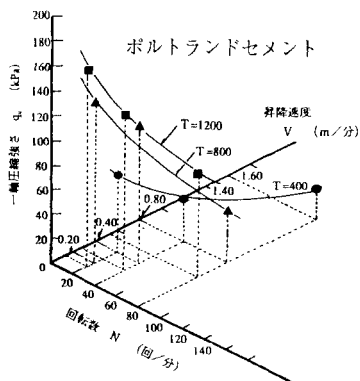


図-3 一軸圧縮強さと回転数および昇降速度の3次元グラフ（ポルトランド）

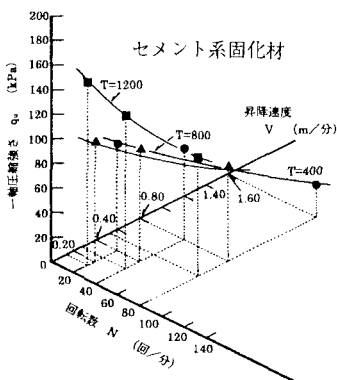


図-5 一軸圧縮強さと回転数および昇降速度の3次元グラフ（固化材）

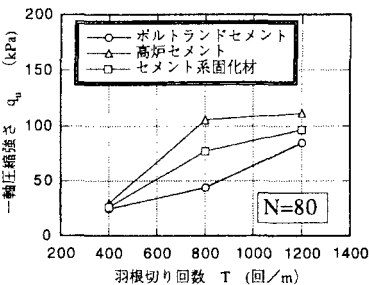


図-7 セメントの種類の違いによる一軸圧縮強さと羽根切り回数の関係（ $N=80$ ）

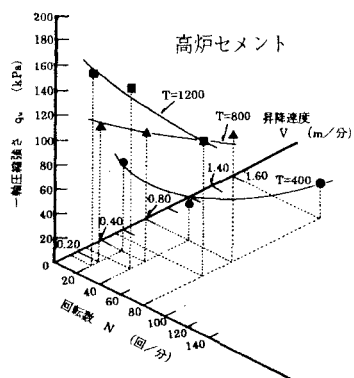


図-4 一軸圧縮強さと回転数および昇降速度の3次元グラフ（高炉）

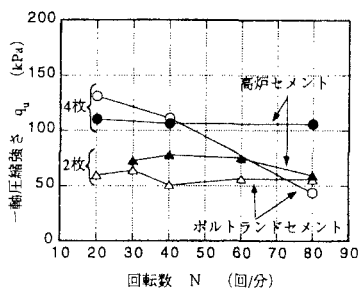


図-6 羽根の枚数の違いによる一軸圧縮強さと羽根切り回数の関係

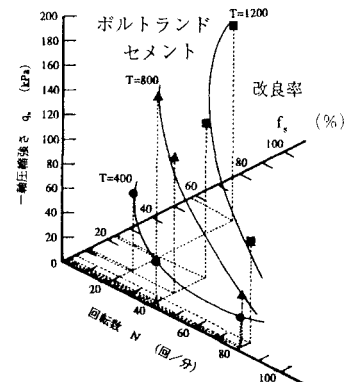


図-8 ポルトランドセメントにおける一軸圧縮強さ、改良率と回転数の関係