

## セメント系混合処理中の攪拌抵抗に関する実験的研究

京都大学工学部 正 員 畠 昭治郎

同 上 正 員 檜垣 義雄

同 上 学生員 ○吉村 光弘

1. まえがき 我々は、セメント系深層混合処理工法の施工品質の向上を目指して一連の研究を行ってきた<sup>1)2)</sup>。本研究では、原地盤にセメントを添加する直前と直後で土の粘性が変化することに着目し、未処理土と理想的に攪拌された混合処理土では粘性の違いがどのように現れるかをベーンせん断試験及び室内モデル試験によって調べた。そしてその結果を攪拌仕事率で整理し、セメントの添加・攪拌の良否を判断する基準として施工管理手法の一助としようとした。

2. 試料土 今回の実験では、京都市西部で採取された土を $440\mu$  のふるいによって調整したものを試料土として用い、含水比 $w_n$ を30、39、45%とした。試料土の各物理試験の結果を表1に示す。また、セメントは早強ポルトランドセメントを用い、湿潤添加率 $aw'$  を7、10、12、15%として実験を行った。

3. 室内実験 本研究では、セメント添加による混合時の土質の変化を調べるためにフォールコーン試験と、鋼材との摩擦抵抗試験を行い、この実験結果を表す方法としてSchmertmannによる土質分類法<sup>3)</sup>を用いた。これは未処理土と混合処理土のコンシステンシーを把握し、また混合処理土の硬化の度合だけでなく、土と鋼材間の付着力にも注目するためである。図1からわかる通りセメント添加の直前と直後では未処理土と混合処理土には明らかな違いがあり、セメントを加えることによって土の状態はコーン指数で一桁高い数値を示すことがわかる。また、混合処理土の一軸圧縮強度（7日間湿潤養生後）と添加率との関係は図2に示すとおりであった。

セメント添加による土質の変化を攪拌トルクと結びつけるために攪拌模型実験を行った。実験のパラメータとしては表2に示すとおり土の自然含水比、セメントの湿潤添加率、羽根の回転数、羽根の形状について取り上げた。

さらにこれらの実験を実施工における施工管理と結びつけるために実験で得られた攪拌トルクを用いて攪拌仕事率を計算した。この攪拌仕事率は、羽根1回転単位体積あたりの仕事量のこと、1986年に畠らによって考案されたものである<sup>2)</sup>が本研究においては貫入・引き抜きを行わないという条件を設定したため次のように変形して用いた。

$$W_{or}/V = \frac{2\pi \cdot T}{\pi D^2 H} = \frac{8 \cdot T}{D^2 H} \quad (1)$$

表1 試料土の物理定数

|        |               |        |
|--------|---------------|--------|
| 土粒子の比重 | $G_s$         | 2.677  |
| 液性限界   | $w_l$ (%)     | 34.82  |
| 塑性限界   | $w_p$ (%)     | 18.06  |
| 塑性指数   | $I_p$ (%)     | 16.76  |
| 粒度     |               |        |
| 60%粒径  | $D_{60}$ (mm) | 0.077  |
| 30%粒径  | $D_{30}$ (mm) | 0.0084 |
| 10%粒径  | $D_{10}$ (mm) | 0.0050 |
| 均等係数   | $U_c$         | 15.40  |
| 曲率係数   | $U_c'$        | 0.1833 |

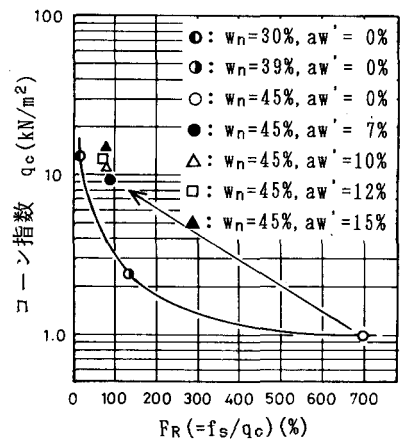


図1 Schmertmannによる土質分類

今回の実験では攪拌仕事率は式(1)や図3に示すように羽根の寸法に関する定数を比例定数として攪拌トルクに比例することがわかった。粘性土の粘着力 $c$ がベーンせん断試験によって求められたベーンせん断力 $\tau$ から求められるとすれば、このベーンせん断力 $\tau$ はベーンせん断試験から得られるトルクによって計算できるので、粘着力がわかればトルクが逆算できる。したがってこのトルクから攪拌仕事率が計算により求められるので、ある強度を持った粘性土に対して基準となる攪拌仕事率を室内実験値より定めることができる。

一方、過去の現場実験の結果<sup>4)</sup>、図4に示すように攪拌仕事率の値が極端に小さくなる場所があり、そこでは搬送空気が回収できていないなど十分な施工ができていなかった。このことから攪拌仕事率は施工管理の指針となり得ることがわかる。

#### 4. 結論

- 本研究では次のような結果が得られた。
- ① Schmertmannによる土質分類法は、セメント添加による土質の変化をよく示している。
  - ② 本実験における攪拌仕事率は攪拌トルクに比例する。したがってある強度を持った地盤に対してそれに対応する攪拌仕事率が存在する。
  - ③ 標準ベーン試験及び室内モデル実験によって、1つの試料に対しての攪拌仕事率の絶対値を求めようとしたが、その値は現場実験に比べて1/200~1/250倍の差が生じた。それは、試料の強度が1/10であること、模型翼の縮尺が1/10であること、さらに現場実験では2段翼を用いたことの相乗効果によるものと思われる。

5. あとがき 本研究においては一種類の土についてしか実験を行っていないこと、室内実験値と現場計測値との関連がいまいなことなどが今後の問題として残った。

#### 参考文献

- 1) 芦田恵樹・畠昭治郎・青井実・檜垣義雄：粉体噴射攪拌工法における施工中の計測値を用いた地盤状態の把握、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1986
- 2) 畠昭治郎・檜垣義雄・青井実・鈴木昭彦：深層混合処理工法における柱体の早期品質評価法について、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1986
- 3) 岩井喜八郎：第3章オランダ式コーン貫入試験、土質調査試験結果の解釈と適用例、土質工学会編、pp. 91~135
- 4) 畠昭治郎：深層混合処理装置メカトロニクス化の実証研究、研究報告書、1986

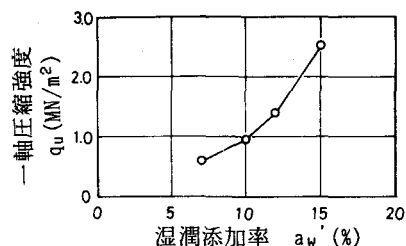


図2 一軸圧縮強度と湿潤添加率の関係

表2 攪拌模型実験のパラメータ

|            |                              |    |     |     |     |
|------------|------------------------------|----|-----|-----|-----|
| 土の自然含水比    | 3.0, 3.9, 4.5 (%)            |    |     |     |     |
| セメントの湿潤添加率 | 7, 10, 12, 15 (%)            |    |     |     |     |
| 羽根の回転数     | 4.31, 15.5, 31.0, 62.0 (rpm) |    |     |     |     |
| 羽根形        | 翼径 (mm)                      | 25 | 100 | 100 | 100 |
|            | 翼高 (mm)                      | 50 | 10  | 10  | 10  |
| 状          | 羽根の枚数 (枚)                    | 4  | 2   | 2   | 4   |
|            | 羽根の傾き (°)                    | 0  | 0   | 30  | 45  |

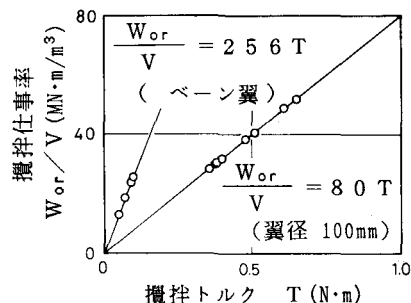


図3 攪拌仕事率と攪拌トルクの関係

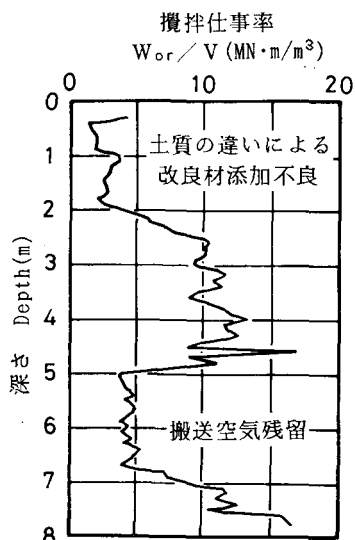


図4 現場実験の結果の例