

## セメント安定処理土の変形・強度特性に及ぼす圧密圧力の影響

九州大学大学院 学○属 寛 710- 落合英俊  
 同上 正 安福規之 正 大嶺 聖  
 関門港湾建設(株) 正 宮崎良彦

## 1. はじめに

軟弱粘土にセメントなどの固化材を混入し、必要な強度の確保を行うセメント安定処理工法は、地盤改良法の一つとして幅広く用いられている。著者らは、少ない供試体を有効に活用し、また変形特性の経時変化を明らかにできる落下荷重式変形測定装置を開発し、安定処理土の変形・強度特性に及ぼすセメント添加量、養生日数および初期含水比の影響について報告してきた<sup>1)</sup>。その結果、変形係数と強度にはほぼ比例関係があり、非破壊試験で測定される変形係数の経時的な変化から強度を推定できることを示してきた。しかしながら、セメント安定処理土においても通常の地盤材料と同様に、変形・強度特性に及ぼす拘束圧依存性の影響があるため、一軸応力状態だけでなく、拘束圧を受けた状態での特性も明らかにする必要がある。本研究では、三軸応力状態での非破壊試験から得られる変形係数を測定し、安定処理土の変形・強度特性に及ぼす圧密圧力の影響について考察する。

## 2. 実験方法

落下荷重式変形測定装置(FWDM: Falling Weight Deformation Measurement apparatus)の概略図を図-1に示す。重りを载荷軸に沿って自由落下させ、バネを介してエネルギーを供試体に伝達する。三軸セル内のロードセルにより供試体上部に作用する荷重を測定する。また供試体左右に取り付けられたLDT(Local Deformation Transducer)により、供試体の鉛直変位を測定する。その際、重りと落下高さは、供試体が弾性挙動を示す範囲で調整する。荷重と変位の測定により得られる応力とひずみの波形の最大値から、変形係数を算出する。次に試料および実験条件を表-1に示す。直径50mm、高さ100mmの供試体を作製し、所定の拘束圧で等方圧密を行い、FWDM装置を用いて変形係数を測定する。変形係数を測定する際のひずみレベルは、供試体高さに対して0.03~0.05%の範囲とする。その後、軸ひずみ速度0.088%/minでせん断を行い、圧縮強度を測定した。

## 3. 実験結果と考察

セメント添加量60kg/m<sup>3</sup>における安定処理土の有効応力経路を図-2に示す。いずれの圧密圧力においても、せん断初期では平均有効応力 $p'$ 一定となっている。その後の経路は圧密圧力によって異なっている。このように経路が異なっているのは、比較的圧密圧力が低い領域では、見かけの過圧密度が大きく間隙水圧の発生が抑制されているため $p'$ が増加すると考えられるが、圧密圧力が大き

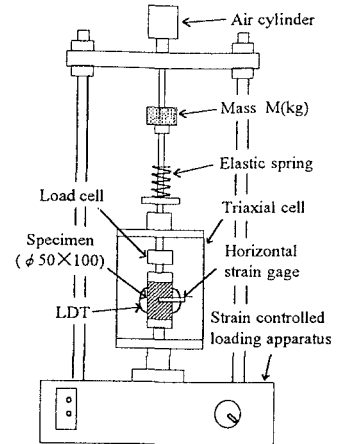


図-1 落下荷重式変形測定装置(FWDM装置)の概略図

表-1 試料および実験条件

| 試料                                   | 関門粘土         |
|--------------------------------------|--------------|
| 液性限界, $w_L$ (%)                      | 77.5         |
| 塑性指数, $I_p$                          | 50.2         |
| 土粒子密度, $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> ) | 2.64         |
| 初期含水比, $w_0$ (%)                     | 160          |
| 養生日数, $T$ (日)                        | 28           |
| セメント添加量, $C$ (kg/m <sup>3</sup> )    | 60, 80, 100  |
| 圧密圧力, $p_c$ (kPa)                    | 49, 98, 147  |
| 固化材                                  | 普通ポルトランドセメント |

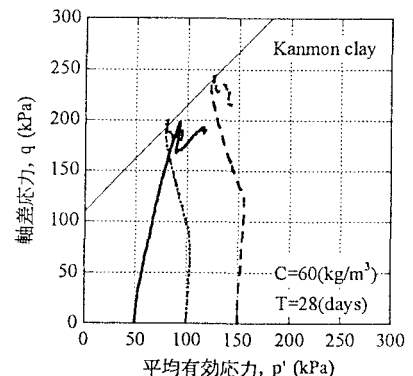


図-2 有効応力経路

くなると、せん断変形に伴い  $p'$  が減少する傾向を示す。またセメント添加量  $80, 100 \text{ kg/m}^3$  の有効応力径路についても、図-2 とほぼ同様の挙動を示している。

最大軸差応力で定義した圧縮強度  $q_f$  と圧密圧力  $p_e$  の関係を図-3 に示す。各セメント添加量について、圧密圧力の増加に伴い圧縮強度は増加していることがわかる。しかしながら、圧縮強度に及ぼす圧密圧力の影響はそれほど見られない。これは養生 28 日では供試体の固結がかなり進行しているため、圧密効果による強度増加が少ないことが考えられる。

FWDM 装置を用いて測定される変形係数  $E_d$  と圧密圧力  $p_e$  の関係を図-4 に示す。圧密圧力が増加するにつれて、変形係数は若干増加している。また、変形係数の増加傾向は、図-3 における圧縮強度の増加傾向とほぼ対応しているものと考えられる。

次に、静的変形係数  $E_s$  と動変形係数  $E_d$  の関係を図-5 に示す。なお  $E_s$  は三軸圧縮試験より求められ、 $E_d$  は FWDM 装置を用いて非破壊試験を行い測定したもので、 $E_s$ 、 $E_d$  とともにひずみレベルは 0.01% のオーダーである。この図より、いずれの圧密圧力でも  $E_s$  と  $E_d$  とは傾き 1 の比例関係にあることがわかる。したがって、ここで得られた動的な変形係数は静的な変形係数と対応していると考えられる。

圧縮強度  $q_f$  と変形係数  $E_d$  の関係を図-6 に示す。ここで、図中の  $\bullet$   $\blacktriangle$   $\blacksquare$  は拘束圧の異なる三軸圧縮試験の結果であり、 $\circ$  はセメント添加量、養生日数および初期含水比が異なる試料についての、変形係数と一軸圧縮強度の関係を示している。この図より同一の試料においては多少のばらつきは見られるものの、セメント添加量、圧密圧力に関係なく、圧縮強度と変形係数とはほぼ比例関係にあることがわかる。その直線の傾きを  $\alpha$  とすると、 $q_f = \alpha E_d$  と定式化でき、関門粘土については、 $\alpha \approx 1.33 \times 10^{-3}$  となる。以上のことから、非破壊試験により変形係数を測定することで、拘束圧の影響を受けるセメント安定処理土の圧縮強度を推定することが可能であると考えられる。今後は、固結が進行中であると考えられる養生初期の供試体について同様の実験を行い、圧密圧力の影響を考察していきたい。

#### 4. まとめ

- (1) 圧密圧力が増加するにつれて変形係数および圧縮強度も増加していく傾向にある。
- (2) 同一の試料においては、圧密圧力に関わらず圧縮強度と変形係数との間には比例関係がある。
- (3) FWDM 装置を用いて変形係数を測定することで、圧縮強度を推定することが可能である。

<参考文献> 1) 属ら: 非破壊試験による安定処理土の変形係数の測定と強度の推定, 第 3 回地盤改良シンポジウム発表論文集(1998), pp.97-102

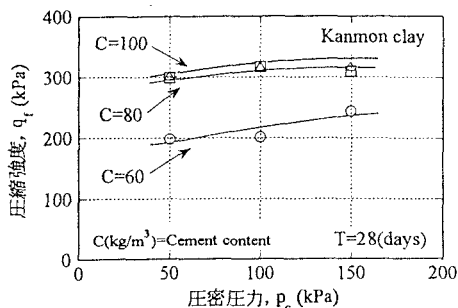


図-3 圧縮強度と圧密圧力の関係

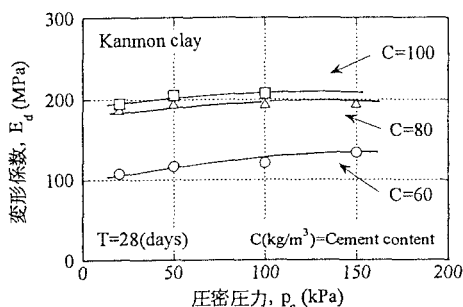


図-4 変形係数と圧密圧力の関係

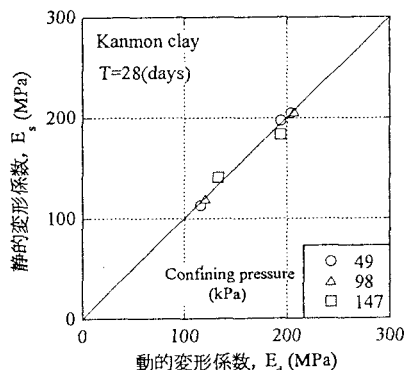


図-5  $E_s$  と  $E_d$  の関係

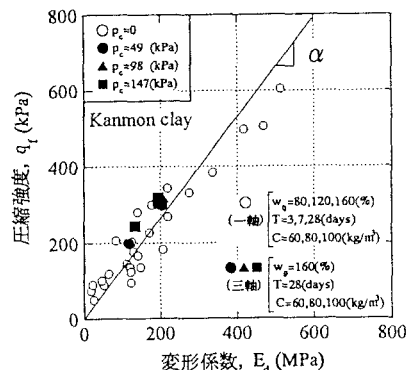


図-6 圧縮強度と変形係数の関係