

セメント水比に着目したセメント安定処理土の改良効果の評価

九州大学大学院 学○属 寛 九州大学大学院 フェロー 落合英俊
同上 正 安福規之 同上 正 大嶺 聖

1. はじめに

セメント安定処理工法は、短期間で大きな改良効果を得られることや、建設発生土を有効に利用できることから、深層混合処理や事前混合処理といった様々な用途に適用されている。安定処理土の強度・変形特性は、原試料の初期含水比やセメント添加量の影響を受けるため、セメント安定処理土の改良効果を効率的に評価するパラメータとして、セメント水比が注目されている。著者らは、落下荷重式変形測定装置（以下、FWDM 装置）を用いて変形係数を測定し、安定処理土に含まれるセメント比を指標として、セメント安定処理土の改良効果を評価してきた。本報では、セメント水比に着目することによって、セメント安定処理土の改良効果を表す評価パラメータを導入し、安定処理土の改良効果の定量的な評価を試みる。

2. 実験概要

試料の物性および実験条件を表-1 に示す。関門、有明、カオリン、および博多粘土については、含水比調整後にスラリー状にした普通ポルトランドセメントを所定量添加し、セメント安定処理供試体を作製する。

一方、黒ぼくについては、自然含水比の黒ぼくにセメントを粉体で混入し、締め固め法により作製する。ここで、セメント水

表-1 実験条件

試料	関門粘土	有明粘土	カオリン	博多粘土	黒ぼく
土粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.64	2.61	2.70	2.75	2.27
液性限界 w_L (%)	77.5	86.5	50.6	83.8	136.3
含水比 w_0 (%)	160	160	100	180	110
セメント量 C (kg/m ³)	60, 80, 100	60, 80, 100	100, 200, 300	100, 200, 300	100, 200, 300
セメント水比 R	0.069-0.128	0.069-0.110	0.121-0.291	0.108-0.266	0.108-0.266

比 R は安定処理土中の全水量 W_w に対するセメント添加量 W_c の重量比 $R=W_w/W_c$ で表される。これらの供試体を $20\pm3^\circ\text{C}$ の恒温槽で養生し、FWDM 装置を用いて変形係数の経時変化を測定する。

3. 実験結果と考察

3.1 改良効果の評価パラメータ

博多粘土における、各養生日数の変形係数 E_d とセメント水比 R の関係を図-1 に示す。変形係数とセメント水比の間には、各養生日数について直線関係が得られ、その直線勾配は、養生日数を経るにつれて増加していく。各養生日数に対して、この関係は、次式で与えられる。

$$E_d = K_E(R - R_0) \tag{1}$$

ここで、 R_0 は材料ごとに安定処理土の改良効果が発揮される限界のセメント水比を表しており、限界セメント水比と呼ぶ。また、 K_E は養生日数ごとの直線勾配で、改良効果の度合いを示しており、改良効果係数と呼ぶこととする。

次に、限界セメント水比 R_0 と液性限界 w_L の関係を図-2 に示す。表-1 に示す試料に加えて、様々な浚渫粘土

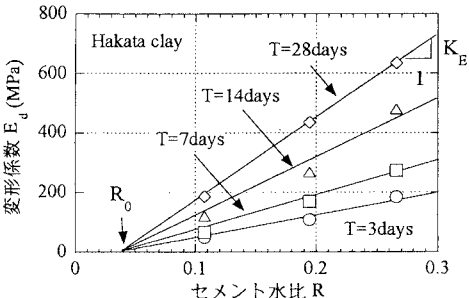


図-1 変形係数とセメント水比の関係

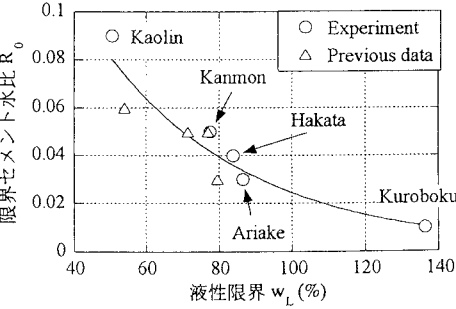


図-2 限界セメント水比と液性限界の関係

の実験結果についても図示している。液性限界が増加するにつれて R_0 は減少していることがわかる。限界セメント水比は、液性限界から以下の式で概ね求めることができる。

$$R_0 = 0.27 \cdot \exp(-0.024w_L) \quad (2)$$

各試料における、改良効果係数 K_E と養生日数 T の関係を図-3 に示す。養生日数が経過するにつれて、 K_E は増加しており、各試料で増加傾向が異なっていることがわかる。このことは、改良効果の増加傾向は、安定処理土のセメント水比によらず、試料ごとにある一つの曲線で評価できることを示している。また、有明粘土はセメント水比の変化量に対する改良効果が大きいが、黒ぼくでは改良効果が非常に低いことを表している。各養生日数における改良効果係数 K_E を、養生 28 日における改良効果係数 K_{E28} で除して正規化した、 K_E/K_{E28} の経時変化を図-4 に示す。原試料に関係なく、 K_E/K_{E28} の増加傾向は一本の双曲線で近似することができることから、改良効果係数 K_E は、

$$K_E = \frac{T}{4.96 + 0.84T} \cdot K_{E28} \quad (3)$$

で表すことができる。したがって、各養生日数の改良効果係数は、養生 28 日の改良効果係数 K_{E28} をもとに近似することが可能である。

3.2 変形係数の経時変化の推定

(2),(3)式を、(1)式に代入することで、セメント水比が異なる安定処理土の変形係数 E_d を K_{E28} から概略求めることができる。

$$E_d = \frac{T}{4.96 + 0.84T} \cdot K_{E28} \left\{ R - 0.27 \cdot \exp(-0.024w_L) \right\} \quad (4)$$

(4)式から算出される変形係数の推定曲線と実験結果

との比較を図-5 に示す。いずれのセメント水比においても、変形係数の増加傾向の推定値は、実測値とほぼ対応しているといえる。また、他の試料においても同様の結果が得られ、変形係数の増加傾向を概ね推定できることが示された。以上のことから、様々なセメント水比、および養生日数における安定処理土の改良効果を、養生 28 日の改良効果係数から評価することが可能である。

4. まとめ

(1)変形係数とセメント水比の関係から、安定処理土の改良効果が発揮される限界のセメント水比 R_0 と改良効果の度合いを表す改良効果係数 K_E という、安定処理土の改良効果を表す評価パラメータを導入した。(2)限界セメント水比は液性限界と密接な関係がある。また、改良効果係数は各試料の養生 28 日における改良効果係数 K_{E28} から推定することができる。(3)様々なセメント水比における安定処理土の改良効果を、液性限界および K_{E28} から評価することが可能である。

参考文献 1)Sakka et al: Evaluation of the improvement effect of cement-stabilized soils with different cement-water ratio, International Symposium on Lowland Technology (2000), pp.161-168.

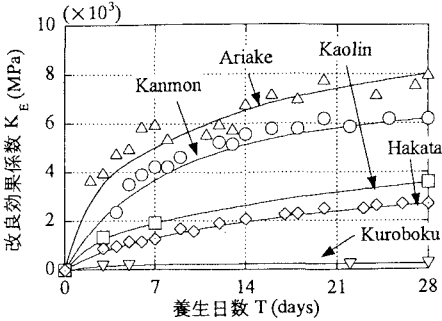


図-3 改良効果係数と養生日数の関係

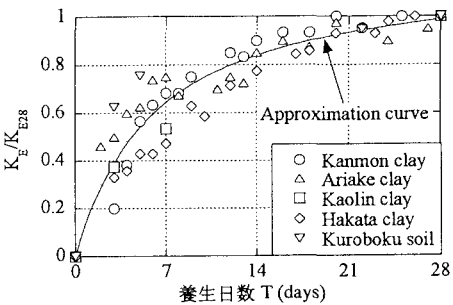


図-4 K_E/K_{E28} と養生日数の関係

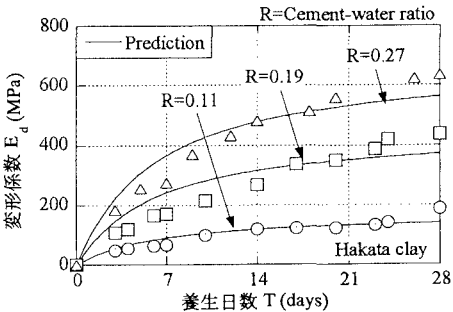


図-5 変形係数の経時変化