

攪拌条件の異なるセメント安定処理土の変形係数と強度の相関関係

九州大学大学院 学○属 寛 九州大学大学院 工○師 落合英俊
 同上 正 安福規之 同上 正 大嶺 聖

1.はじめに

土木構造物の基礎地盤改良やウォーターフロント開発等で、セメント安定処理工法は幅広く用いられている。一般にセメント安定処理土は、室内配合試験により強度の評価が行われている。しかしながら、セメント系固化材によって改良された人工処理地盤の強度・変形特性は理想的に混合された室内安定処理土と異なることが従来から指摘されている¹⁾。現場施工においては、一度に多量の安定処理土を打設するため、対象土と固化材の混合度が異なり不均質な地盤になると考えられる。そのため、不均質な現場安定処理土の強度・変形特性を適切に評価する手法の確立が求められている。本研究では、非破壊で変形係数の経時変化を測定できるという特徴を有している落下荷重式変形測定装置²⁾(以下、FWDM 装置)を用いて、人為的に均質性が異なるように作製した不均質なセメント安定処理土の変形係数および強度の関係について考察を行う。

2.実験概要

実験に用いた試料は、カオリン粘土($w_L=50.6\%$, $I_p=19.6$, $\rho_s=2.70\text{Mg/m}^3$)である。本実験の流れを図-1 に示す。含水比を 70%に調整したカオリンに水セメント比 0.7 のセメントスラリーを添加し、攪拌装置の攪拌羽根の回転数 160rpm で、回転回数を 12,25,50 回と変えてセメント安定処理土の不均質の程度を変化させる。また、比較のために 10 分間、十分に攪拌(回転回数:1600 回)した供試体も作製した。所定の養生日数を経過後、FWDM 装置²⁾を用いて変形係数を測定し、その後一軸圧縮試験を実施した。

3.実験結果と考察

3.1 変形係数の経時変化

攪拌回数 12 回で作製したセメント安定処理土に対する、FWDM 装置を用いて測定された変形係数 E_d と、供試体に作用する鉛直ひずみ ϵ_v の関係を図-2 に示す。いずれの条件においても、鉛直ひずみが増加するにつれて変形係数が減少していく傾向にある。また、他の攪拌回数についてもほぼ同様の結果が得られた。これより、変形係数 E_d はひずみレベルの影響を受けていることがわかる。

セメント添加量 100kg/m^3 における安定処理土の変形係数の経時変化を図-3 に示す。なお、図中の変形係数は、鉛直ひずみ $\epsilon_v=5 \times 10^{-4}$ のものである。養生日数が経過するにつれて変形係数は増加している。

また、各養生日数について、攪拌回転回数が少なく混合度が低いものほど、変形係数が小さくなっている。混合度の低い供試体は、粘土のみの弱面が数多く存在するため、養生日数を経ても変形係数はそれほど増加しない。一方、よく攪拌された混合度の高い供試体は、粘土とセメントとの水和反応による固化により、養生日数が経過するにつれて変形係数が増加していると考えられる。次に、セメント安定処理土の一軸圧縮強度の経時変化を図-4 に示す。図-3 とほぼ同様の傾向が得られており、同じ養生日数では混合度が低い安定処理土ほど強度が低

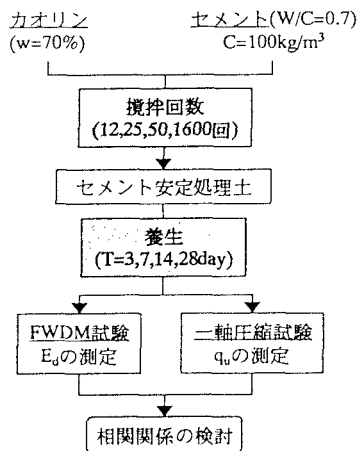


図-1 実験の流れ

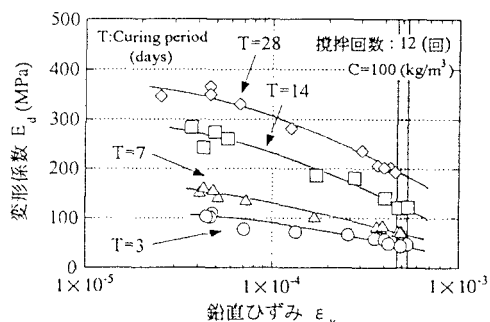


図-2 変形係数と鉛直ひずみの関係

くなっている。これらの図から、攪拌回数により混合程度に大きなばらつきが見られ、変形・強度特性に影響を及ぼしていることがわかる。

3.2 一軸圧縮強度と変形係数の関係

一軸圧縮試験によって求められる変形係数 E_{s0} と FWD 装置により測定される変形係数 E_d の関係を図-5 に示す。ここで、変形係数 E_{s0} は一軸圧縮試験における $q_{max}/2$ の点での割線係数、変形係数 E_d は FWD 装置により測定される応力の最大値 σ_{max} を鉛直ひずみの最大値 ε_{max} で除した値である。攪拌羽根の回転回数に関係なく、変形係数 E_{s0} と E_d は、ほぼ比例関係にある。また、鉛直ひずみ $\varepsilon_v = 5 \times 10^{-4}$ の時、変形係数 E_d は変形係数 E_{s0} と 1:1 の関係にある。このことから、静的な変形係数 E_{s0} と動的な変形係数 E_d の間には一義的な関係があることがわかる。

一軸圧縮強度 q_u と鉛直ひずみ $\varepsilon_v = 5 \times 10^{-4}$ での変形係数 E_d の関係を図-6 に示す。攪拌回数、すなわち安定処理土の混合度に関係なく、FWD 装置を用いて測定される変形係数は一軸圧縮強度と比例関係にある。攪拌時間が短く混合の均一性が低ければ、供試体中に多くの弱面が存在するため強度は低下する。この弱面が変形特性にも影響を及ぼし、同じ応力においても弱面が多く存在する方が、鉛直ひずみが増加するため変形係数も低下すると考察される。また、 $q_u = \alpha E_d$ (α : 直線の傾き) とすると、鉛直ひずみ $\varepsilon_v = 5 \times 10^{-4}$ の時 $\alpha = 1 \times 10^{-3}$ となることがわかる。これより、安定処理供試体の混合度は、一軸圧縮強度と変形係数の関係に影響を及ぼしていないといえる。以上のことから、現地盤を想定した、混合条件が異なるセメント安定処理土についても、変形係数と一軸圧縮強度の関係は十分に攪拌された安定処理土とほぼ等しいことが確かめられた。

4. まとめ

- 1) FWD 装置によって測定される変形係数はひずみレベルの影響を受け、供試体に作用する鉛直ひずみが大きくなるにつれて変形係数は減少していく。
- 2) 攪拌回数により混合程度に大きなばらつきが見られ、変形・強度特性に影響を及ぼす。
- 3) 攪拌条件によらず、セメント安定処理土の変形係数と一軸圧縮強度はほぼ同一の比例関係にある。

【参考文献】 1) 例えば、寺師ら：深い地盤改良の実際と問題点を考える 10. 深層混合処理工法の実際と問題点、土と基礎(1983), pp.57-64.
2) 夙ら：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.

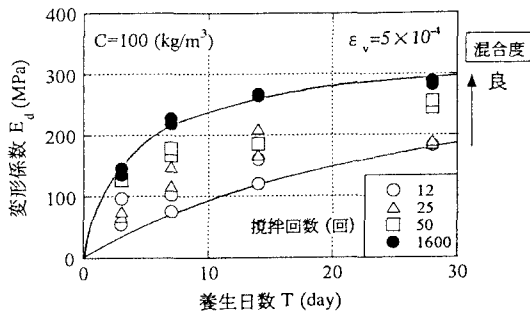


図-3 変形係数の経時変化

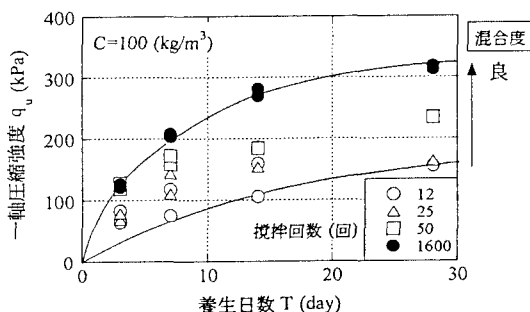


図-4 一軸圧縮強度の経時変化

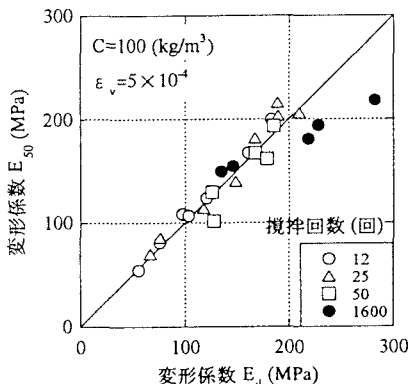


図-5 変形係数 E_{s0} と E_d の関係

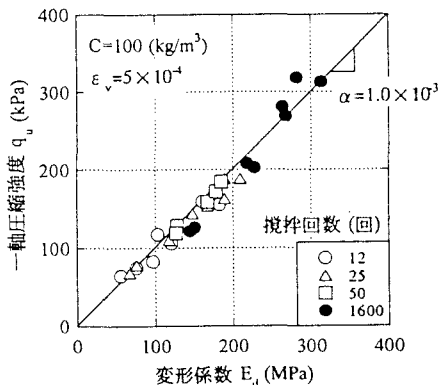


図-6 一軸圧縮強度と変形係数の関係