

分別土砂中の木屑の分解・消失を模擬した土の強度特性の評価

せん断強度 相対密度 模擬実験

愛知工業大学 国際会員 中村吉男
 愛知工業大学 辻 直紀
 (一社) 泥土リサイクル協会 正会員 ○野口真一
 (株) アイコ 正会員 鍋田 稔
 国立環境研究所 国際会員 肴倉宏史

1. はじめに

我が国では、東日本大震災以降も大規模災害が発生し、災害廃棄物の処理に関し幾多の問題が浮上している。この中で、災害廃棄物由来の木屑等の夾雑物を混入した分別土砂の地盤工学的特性を解明して、夾雑物混じりの分別土砂の活用を促進することは、被災地の早期復興・復旧に寄与するだけでなく、限りある天然資源の消費抑制と環境保全の観点から大変意義のあることと考える。本研究は、第一報¹⁾に引き続き木屑等の夾雑物が混入した分別土砂の中長期的な挙動のうち、強度特性の解明を目的として、土砂(珪砂)に木屑を模擬したミョウバンを混入させた模擬分別土砂を作製し、土の締めり具合や夾雑物混入率が土砂の強度特性に及ぼす影響について評価するものである。

2. 実験概要

本実験では三軸圧縮試験機を用いて模擬分別土砂の強度特性を評価するものである。具体的には、5号珪砂を分別土砂の母材とし、水溶性の高いミョウバンを夾雑物である木屑にみたて、両者を混合して作製した供試体(φ10cm×H20cm)を三軸圧縮試験機にセットし、等方圧力状態で体積ひずみを測定したのちJGS 0524に従い圧密排水(CD)条件でひずみ制御による軸圧縮(ひずみ速度0.1%/min)を行いせん断強度を求めた。実験要因と水準は表-1に示すとおりであり、締めり状態を中位な砂(Dr=60%)、密な砂(Dr=80%)、非常に密な砂(Dr=95%)の3水準を想定した。また、実験は図-2に示すフローに従って実施した。なお、実験試料の選定及び供試体の作成方法並びに変形試験については第一報¹⁾に詳述しているので参照されたい。

3. 実験結果及び考察

3.1 実験結果の整理

実験結果を総括して表-1に整理した。表に示す ρ_s は模擬分別土砂の土粒子密度であり、珪砂の土粒子密度($\rho_k=2.625 \text{ Mg/m}^3$)とミョウバンの粒子密度($\rho_m=1.760 \text{ Mg/m}^3$)および P_m から求めた。 ρ_{d0} は締めり時の初期乾燥密度であり、 ρ_{ds} はミョウバンを空隙とした場合の初期乾燥密度である。 ρ'_d は変形試験後の乾燥密度であり体積変化量から算出された ε_v との関連で整理される。 e_0 、 e_s 、 e' はそれぞれ ρ_{d0} 、 ρ_{ds} 、 ρ'_d に対応した間隙比であり、 e_0 は ρ_s を、 e_s と e' は ρ_k を用いて算定した。なお ε_v 、 ρ'_d と e' は等方圧力毎に算出されるが表には平均値を示した。また、 ϕ_d は図-2に示す破壊時のモール円を包絡線し求めた。すなわち、圧縮強さ($\sigma_1 - \sigma_3$) r と圧密圧力の関係²⁾による方法で行った。なお、本実験ではBPを与え供試体は完全飽和させていること、母材は非粘性材料である珪砂を用いていることから $C_d=0$ となるよう($\sigma_1 - \sigma_3$) r と σ_3 の直線近似において切片をゼロとして ϕ_d を計算している。

3.2 せん断試験における密度と締めり状態

土のせん断強度は締めり密度、間隙比に支配されるが、本実験では軸圧縮過程に至る等方圧縮段階で締めり状態が種々変化しており、表-1に示すような密度・間隙比が提示される。 P_m 、 Dr の各因子によりこれらの値の相互関係は異なるが、例えば $P_m 0.0\%$ の場合は締めり条件に関わらず、 $e' < e_0 = e_s$ なる関係を呈し初期状態より密実になっていることがわかる。これに対し、ミョウバンが混入すると、 $e_0 = e' < e_s$ あるいは $e' < e_0 < e_s$ なる関係となるが、いずれの条件においても e_0 、 e' は e_s よ

表-1 実験要因と水準

要因	水準	摘要
相対密度(Dr)	3	95, 80, 60 (%)
ミョウバン混入率(P_m ^{注1)})	3	0, 5, 7 (%)
等方圧力 σ_3 ^{注2)}	3	100, 200, 300 (kPa)

注1) $P_m = M_m / (M_s + M_m)$
 P_m : 分別土砂中のミョウバン混入率 (%)
 M_m : ミョウバンの乾燥質量 (g)
 M_s : 珪砂の乾燥質量 (g)
 注2) JGS 0524において規定される“圧密圧力”

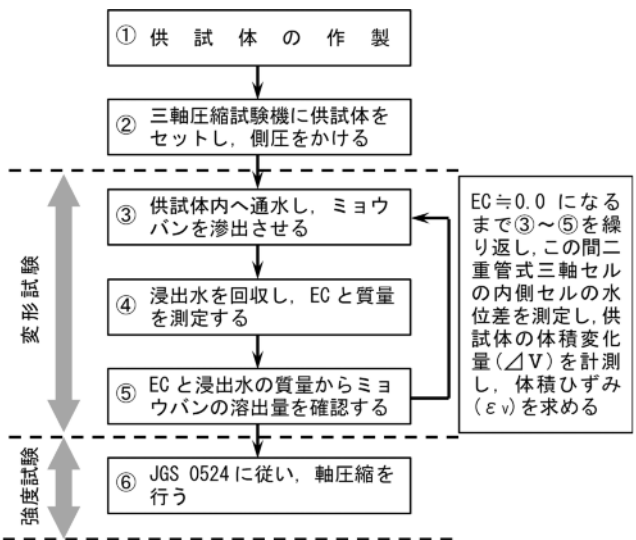


図-1 実験フロー

表-2 実験結果

P_m (%)	0			5			7		
D_r (%)	95	80	60	95	80	60	95	80	60
ρ_s (Mg/m ³)		2.625			2.562			2.538	
ρ_{d0} (Mg/m ³)	1.511	1.464	1.405	1.437	1.391	1.335	1.406	1.362	1.307
ρ_{ds} (Mg/m ³)	1.511	1.464	1.405	1.285	1.245	1.195	1.195	1.157	1.110
ρ'_d (Mg/m ³)	1.527	1.482	1.427	1.400	1.392	1.346	1.347	1.334	1.354
e_0	0.74	0.79	0.87	0.78	0.84	0.92	0.80	0.86	0.94
e_s	0.74	0.79	0.87	1.04	1.11	1.20	1.20	1.27	1.36
e'	0.72	0.77	0.84	0.87	0.89	0.95	0.95	0.97	0.94
ε_v (%)	1.05	1.22	1.48	2.52	3.06	5.75	2.90	5.04	6.45
ϕ_d (°)	41.7	39.0	36.5	39.2	37.0	35.6	38.5	37.5	35.5

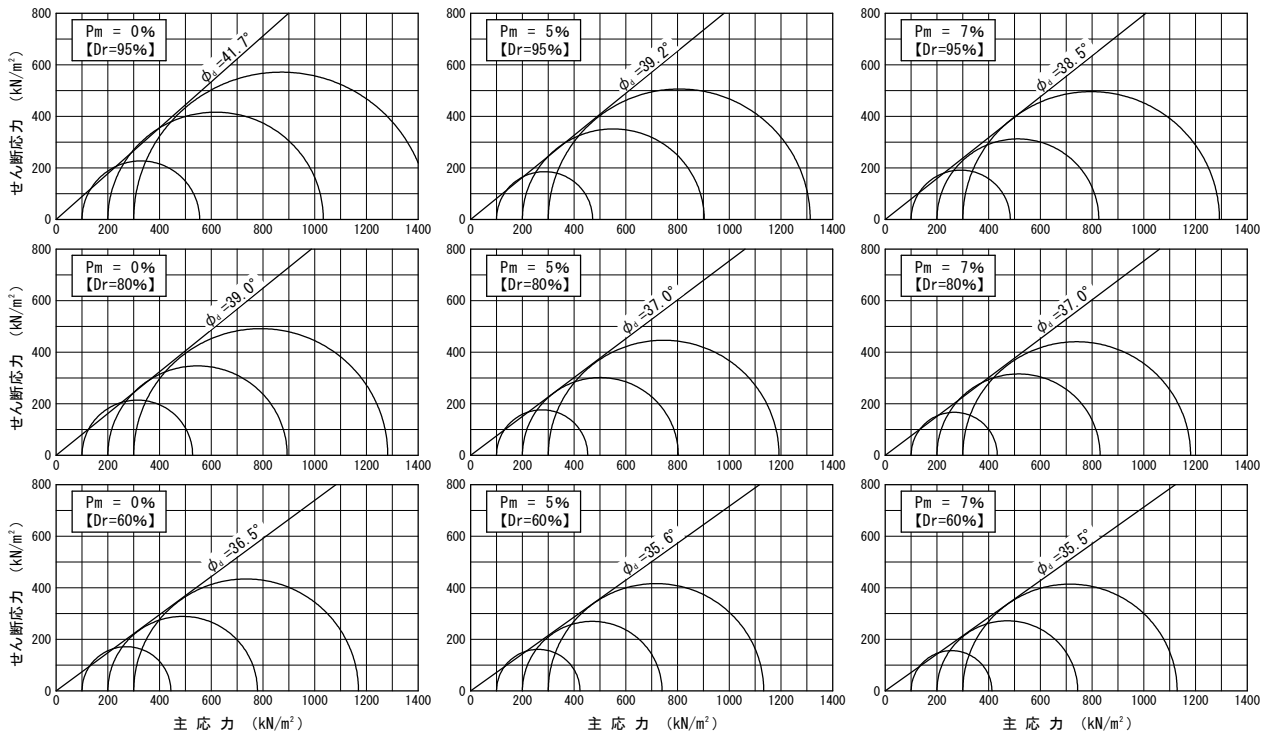


図-2 破壊時のモール円と破壊包絡線

り小さくなり、程度の差はあるものの等方圧力の作用によりミョウバンの消失に伴う空隙は土粒子により充填された状態となっている。ただし、 $P_m 7\%$ 、 $D_r 60\%$ を除き $e_0 < e'$ となっていることより、分別土砂中の木屑が消失しても、地盤の体積減少は木屑等の消失体積より小さく、また木屑の消失により地盤内に木屑が占める体積分の空隙が生じたとしても、土の骨格等により空隙の全てが変形に寄与するものではないことが示唆される。

3.3 せん断強度 (ϕ_d) 特性 図-2 に示す破壊時のモール円と破壊包絡線の関係から、木屑等の混入率が同じ場合、締固めがルーズなほどせん断強度は小さくなり、地盤の締まり具合が同じ場合、木屑等の混入率が少ないほどせん断強度は大きくなるのがわかる。ただし、せん断強度に与える影響因子は P_m より D_r の方が強く、例えば $P_m 5\%$ 、 $D_r 95\%$ の ϕ_d は 39.2° であり $P_m 0\%$ 、 $D_r 80\%$ の $\phi_d 39.0^\circ$ より大きい。また、 $P_m 5\%$ 、 7% 、 $D_r 80\%$ の ϕ_d はそれぞれ 37.0° 、 37.5° であり、 $P_m 0\%$ 、 $D_r 60\%$ の $\phi_d 36.5^\circ$ より大きな値を持つ。さらに $D_r 60\%$ の ϕ_d は $35.5 \sim 36.5^\circ$ の範囲にあり P_m の因子の与える影響は小さくなっており、 ϕ_d に及ぼす支配的な因子として D_r の影響が高いこと伺える。締固め度と締固めエネルギーには密接な関係があり締固めエネルギーの付加は土の骨格構造に影響を与える。すなわち、 $P_m 0\%$ 、 $D_r 60\%$ の締固め土と $P_m 5\%$ 、 7% 、 $D_r 95\%$ の締固め土では後者の方が付加される締固めエネルギーは大きく、このことが少なからず ϕ_d におよぼす影響因子となっているものと推察される。

4. おわりに

分別土砂中の木屑が消失した場合の地盤の強度特性に関して、ミョウバンを用いた模擬実験から強度に与える支配因子は木屑の混入率より締固め度が支配的であることが知れた。今後は母材を変えて実験を進めたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 中村吉男、辻直紀、野口真一、鵜田稔、肴倉宏史：分別土砂中の木屑の分解・消失を模擬した土の強度特性の評価、第53回地盤工学研究発表会、2018（投稿中）
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 一二分冊の2一、p.638、2009