

風水害で発生した土砂混合廃棄物の物性および木片混入分別土のせん断挙動の把握

廃棄物 三軸圧縮試験 締固め

名古屋大学 国際会員 中野 正樹 酒井 崇之
 名古屋大学 特別会員 ○津田雅仁
 京都大学 国際会員 高井 敦史
 明治大学 正会員 加藤 雅彦
 和歌山大学 正会員 田内 裕人
 (株)奥村組 正会員 大塚 義一

1. はじめに

近年、頻発する風水害によって大量の災害廃棄物が発生し、それらの多くは津波災害と同様に木片が混入した土砂系混合物として、一次仮置場に搬入される。有効活用不可能な災害廃棄物については、埋め立て地などで最終処分されるが、その埋め立て地の容量にも限りがあり、積極的に有効活用することが被災地の早期復旧・復興に大きく貢献する。本研究では、令和2年7月豪雨で被災した熊本県の仮置場から土砂系混合物を採取し、夾雑物混入割合を調べ、物理試験を行い、仮置場ごとの物性を整理した。また、模擬分別土として木片混入土を作製し、木片混入が分別土の力学挙動に及ぼす影響を調べ、さらに2ヶ月の木片腐朽促進下での分別土供試体の力学挙動との比較を行った。

2. 災害後試料の物性試験

本研究では、令和2年7月豪雨での熊本県球磨川沿いの一次仮置場の解体残渣を採取し、試料として用いた。球磨川の上流地点、中流地点、下流地点の仮置場をそれぞれ、一次仮置場 A、一次仮置場 B、一次仮置場 C と呼び、試料名とした。また、選別等がなされた二次仮置場からも試料を採取し、その試料を二次仮置場と呼ぶ。これら4試料および夾雑物の外観を図1に示す。また、それぞれの試料に対し、混合物の体積割合を表1に示す。混合物の質量を測定し、建築学便覧Iに記載されている密度から体積を算出した。二次仮置場での複数の選別により、夾雑物の割合が大きく減少していることがわかる。

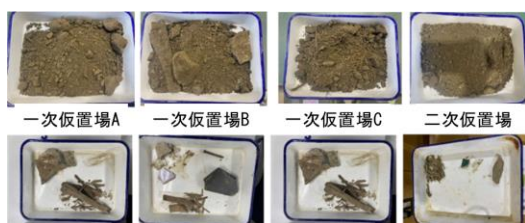


図1 試料の外観

さらに、これら4試料に対し、土粒子密度試験(JIS A1202:2020)、液性限界・塑性限界試験(JIS A1205:2020)、粒度試験(JIS A1204:2020)、締固め試験(JIS A1210:2020)を行い、土の基本的な性質を把握し、選別等の処理前後で土の性質がどのように変化するかを調べた。

表2に土粒子密度試験、液性限界・塑性限界試験の結果を示す。土粒子密度は、処理前後に関わらず一般的な土粒子密度である $2.6\text{Mg/m}^3 \sim 2.8\text{Mg/m}^3$ の範囲に全ての試料が収まった。液性限界・塑性限界は、試料によって NP になるようなものがあったものの、処理前後に関わらず同じような結果となった。

図2に粒径加積曲線を示す。また、図中には河川構造物設計要領²⁾で用いられている堤体の適正粒度も斜線部で示した。選別処理前の試料について着目すると、上流域の一次仮置場 A は粒径が 2mm 以上の礫の割合が大きいことが確認される。一方で、粒径が 0.075mm 以下の細粒分の割合について着目すると、中流域の一次仮置場 B よりも上流域の一次仮置場 A の方が大きいなど、仮置場の設置位置、すなわち上流、中流、下流における明らかな傾向は確認できなかった。処理前後でこれらの結果について着目すると、処理前後に関わらず適正粒度の範囲に収まるものの、処理後の試料である二次仮置場は最もなだらかな曲線を描いており、処理によって粒度が

表1 混合物体積割合

混合物体積割合(%)	一次仮置場 A	一次仮置場 B	一次仮置場 C	二次仮置場
土	86	74	91	96
木	2	13	9	2
瓦	10	13	0	0
ガラス	2	1	0	0
金属	0	0	0	0
コンクリート	1	0	0	1
プラスチック	0	0	0	0

表2 土粒子密度試験、液性限界・塑性限界試験結果

項目	一次仮置場 A	一次仮置場 B	一次仮置場 C	二次仮置場
土粒子密度(Mg/m^3)	2.76	2.680	2.72	2.73
液性限界(%)	37.4	34.4	NP	37.4
塑性限界(%)	28.6	25.2	NP	27.9
塑性指数	8.8	9.2	NP	9.5

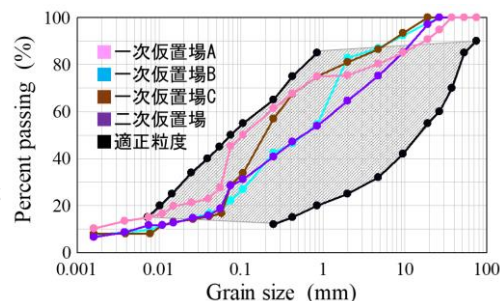


図2 粒径加積曲線

良くなったと考えられる。

図3に締固め曲線を示す。図2の粒径加積曲線と照らし合わせると、粒径分布がなだらかな処理後の試料である二次仮置場は、処理前の一次仮置場試料よりも最適含水比が小さく、最大乾燥密度が増加し、締固め易い材料に改善されたといえる。

3. 木片混入土の三軸圧縮試験

木片混入分別土はまさ土と笠岡粘土を9:1の割合で配合したものを母材とした。母材の土粒子密度は 2.64Mg/m^3 で、粒径加積曲線を図4に示す。木片はおおよそ1cm程度に細長く裁断し、母材の乾燥質量に対し、0%、1.5%、3.0%、5.0%の割合で混入した。

三軸試験に用いる供試体は、あらかじめ実施した締固め試験により得た最適含水比と最大乾燥密度に対し、土のみの締固め度が95%になるよう準備し、最適含水比で突き固めて供試体を作製した。作製した供試体を三軸圧縮試験装置に設置し、二重負圧法により飽和化し、有効拘束圧 100kPa で体積ひずみが収束するまで等方圧密を実施した後に、非排水条件下で軸ひずみが20%になるまでせん断を行った。また、供試体中の木片量は、試験後に供試体を水で洗い流しながら木片だけを取り除き24時間炉乾燥させた後、乾燥質量を測定することで得た。

図5に木片混入量の違いによる三軸圧縮試験の結果を示す。比体積については、土のみのものとした。 $q - \varepsilon_s$ 関係に着目すると、木片が混入されていない母材（木片0%）よりも、木片混入供試体の方が、さらに木片混入量が多くなるにつれて最大軸差応力 q_{max} が増加していることが確認された。本研究では、別途、木片腐朽促進下(ファンガスセラ)で2ヶ月間埋設し、木片の腐朽促進を図った供試体に対し三軸圧縮試験を行った。図6に木片腐朽期間の違いによる三軸圧縮試験の結果を示す。 $q - \varepsilon_s$ 図から、2ヶ月間の木片腐朽期間は力学挙動にほとんど影響を与えていない。紙面の都合で省略したが、マイクロSCOPEを用いて木片の様子を観察したところ、大きな変化が見られず、2ヶ月の木片腐朽促進下でも、木片はほとんど腐朽せず、力学挙動に変化を与えなかったといえる。

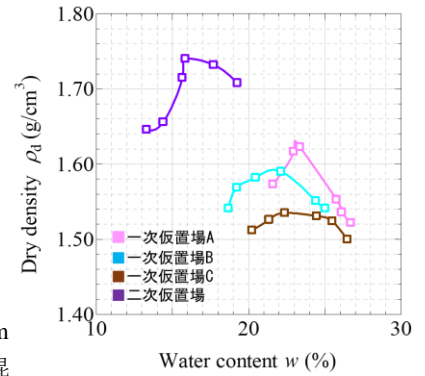


図3 締固め曲線

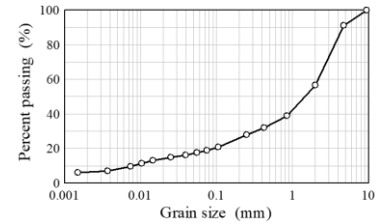


図4 母材の粒径加積曲線

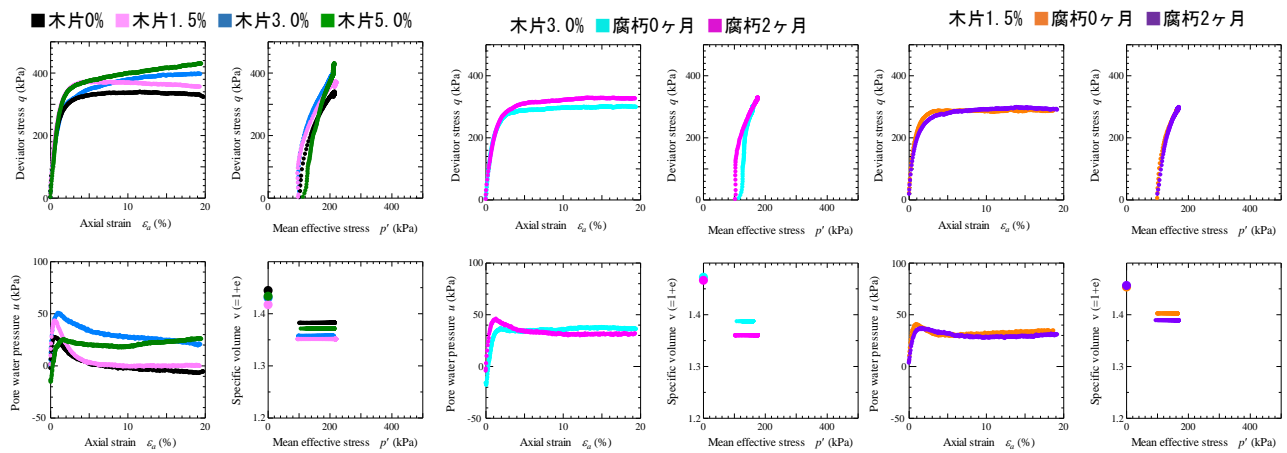


図5 木片混入量の違いによる比較

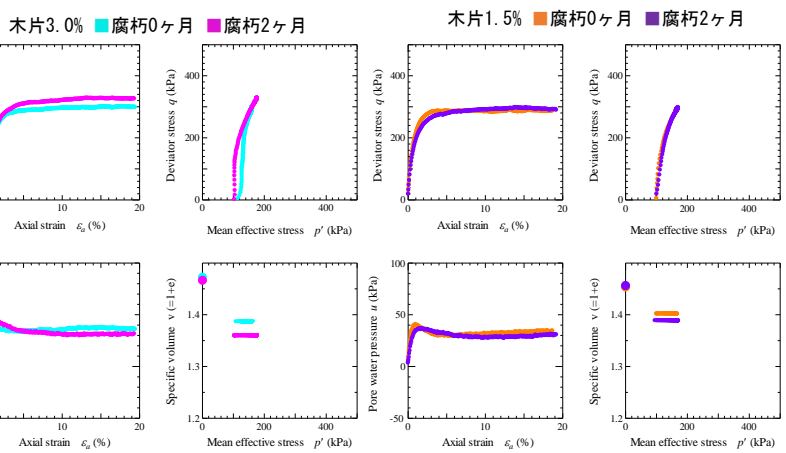


図6 木片腐朽期間の違いによる比較(左木片混入率1.5%、右木片混入率3.0%)

4. おわりに

本研究では、災害後の試料を採取し、破碎選別等の処理前後での夾雑物の割合、物理特性の違いについて把握した。また、分別処理後の土を想定した模擬分別土として木片混入土の力学挙動については、木片混入により、また2ヶ月の木片腐朽下においても、分別土の強度は上昇する。このことは、撤去が予定されている短期利用の仮復旧土構造物の材料として、木片混入分別土の利用の可能性を示唆する。今後は、他の災害後の試料の、仮置場ごとの夾雑物割合、物性試験、力学試験を行うことで、災害後の仮置場試料の特徴等について、地盤材料としての利用の視点から、把握に努める。また、短期間の木片腐朽だけでなく、長期間木片腐朽させた木片混入土の力学挙動の把握に努める。

謝辞：本研究は独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20201004）により実施した。また京都市立大学生存圏研究所全国共同利用研究による助成を受けた。試料採取にあたり、八代市、人吉市、球磨村および各仮置場のご担当者様には多大なるご協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献：1) 日本建築学会：建築学便覧 I (1980)

2)河川構造物設計要領<<https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/kouzou/index.htm>> (アクセス 2022/1/25)