

土のう袋由来プラスチック混入土の力学挙動－災害廃棄物分別土の有効利用にむけて

廃棄物 三軸圧縮試験 一軸圧縮試験

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 ○長谷川太一

1. はじめに

近年、日本では大規模な自然災害が頻繁に起こり、地震津波災害や風水害は、大量の土砂系災害廃棄物をもたらした。災害廃棄物の一種である土のう袋由来のプラスチック混入の分別土は、混合物が分別土の力学挙動に与える影響を把握できていない。災害廃棄物を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ことから本研究では、模擬分別土としてプラスチック混入土を作製し、混入率、長さ、物理特性の異なるプラスチックの混入が分別土の力学挙動に及ぼす影響を調べるため、一軸圧縮試験及び三軸圧縮試験を実施した。

2. 試験に用いた材料と試験方法

プラスチック混入土は、文献1)を参考に、まさ土と笠岡粘土を6:4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 2.66Mg/m^3 で、粒径加積曲線を図1に示す。プラスチックはポリエチレン白(PEw)、ポリエチレン黒(PEb)、ポリプロピレン(PP)の3種類を用いた。プラスチックの引張特性は、表1に示す。プラスチックは幅3mm、長さ6mm、12mm、24mm、48mmの繊維状に裁断し、母材の乾燥質量に対し、0%、0.21%、0.4%、1.0%の割合で混入した。

試験に用いる供試体は、母材の締固め試験により得た最大乾燥密度に対し、締固め度が95%になるよう準備し、プラスチックと土試料を交互に5層にした後に、均一になるように混ぜ合わせ、最適含水比で突き固めて供試体を作製した。供試体寸法は直径5cm、高さ10cmとした。作製した供試体に対して、一軸圧縮試験(JIS A 1216)及び三軸圧縮試験(JGS 0522-2020)を実施した。

3. プラスチック混入土の試験結果

3.1 一軸試験結果－プラスチック混入量・長さの影響

図2(a)～(e)は圧縮応力～圧縮ひずみ関係を示す。一軸圧縮強さと長さの関係に着目すると、図2(a)、(b)より、混入率0.21%、0.4%ともに、長さの増加とともに一軸圧縮強さが増加しているが、初期剛性はほとんど同じである。なお一軸圧縮強さは、混入率0.4%の方が若干大きい。せん断挙動の延性の指標として、一軸圧縮強さのときの圧縮ひずみと、一軸圧縮強さの1/2まで減少したときの圧縮ひずみの差に着目すると、両者ともに、長さの増加とともに大きくなり、

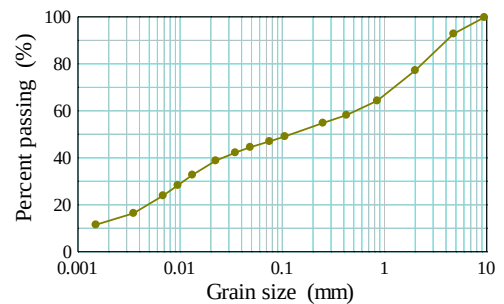


図1 粒度分布

表1 プラスチックの引張特性と初期剛性

プラスチック 材料名	最大引張力(N)	初期剛性 (N/mm)
PEw	538.7	13.8
PEb	882.7	22.9
PP	284.3	10.2

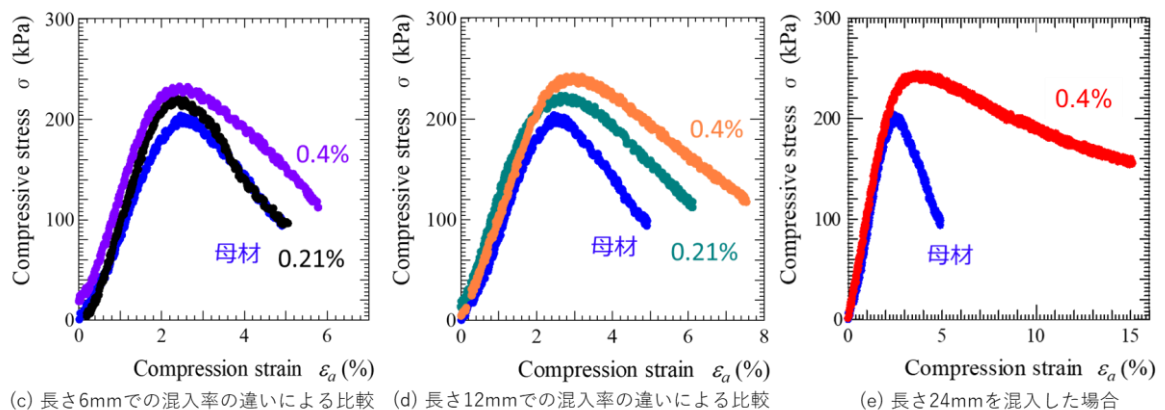
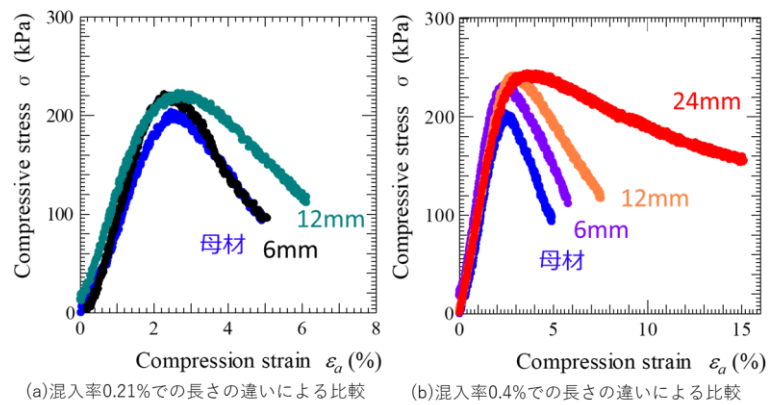


図2 一軸圧縮試験結果（プラスチック混入量や長さの違いを比較）

延性的な挙動へと移行する。特に、混入率 0.4% 長さ 24mm では、その程度が大きくなった。一軸圧縮強さと混入率の関係に着目すると、図 2(c), (d), (e) より、どの長さでも混入率の増加とともに一軸圧縮強さの増加が見られた、やはり長さが増加するほど延性的挙動を呈するようになる。

3.2 一軸試験結果—程度の大きいプラスチック混入量・長さ、およびプラスチック材質の影響

3.1 での試験結果を受け、より程度の大きい混入量、長さがせん断挙動に及ぼす影響、さらにプラスチック材質の影響を調べた。なお、ここでは調整時期の違いなどの影響から同じ土でも若干一軸圧縮強さが大きくなった母材を利用している。図 3(a) は、混入率 1.0% としたときのプラスチック長さの影響を示している。一軸圧縮強さは、母材と比較して 100kPa 以上増加しており、12mm と 24mm では軸ひずみ 4% あたりまではほとんど同じ挙動となっているが、その後、12mm では圧縮応力が減少しているのに対し、24mm では圧縮応力が増加し続けている。図 3(b) は、長さ 48mm での混入率の影響を示している。母材と比較して混入率 0.21% ではほとんど同じであるが、混入率 0.4% では約 70kPa 増加し、せん断挙動も延性的に移行する。図 3(c) は、混入率 0.4% 長さ 24mm のプラスチックの材質の影響を示している。一軸圧縮強さは最大引張力と同じ順番で PEB, PEw, PP の順で大きくなった。ピーク後の挙動は初期剛性の小さい PEw と PP が延性的な力学挙動に対して、初期剛性の大きい PEB では脆性的な力学挙動となっている。

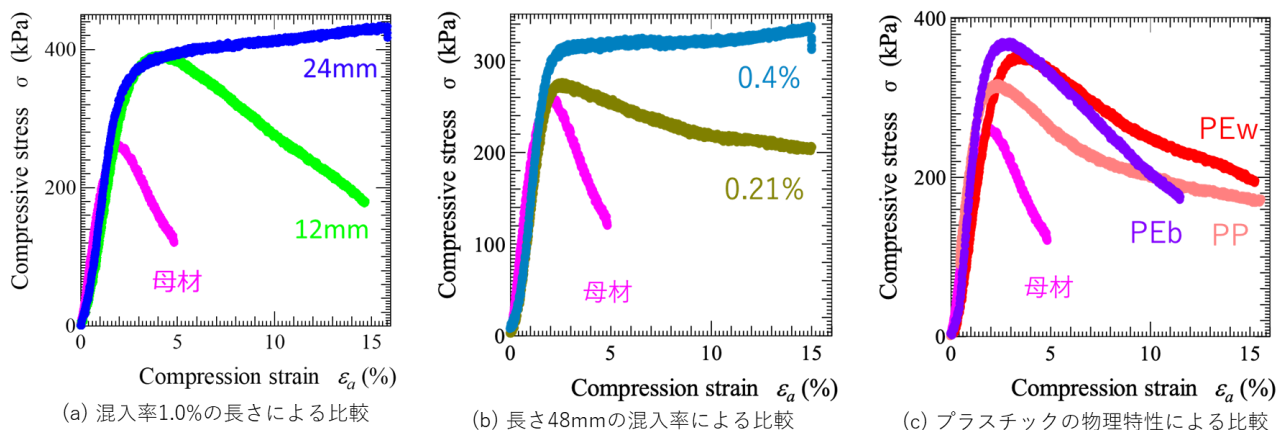


図 3 一軸圧縮試験結果（プラスチック混入率や長さ、材質の違いを比較）

以上の一軸圧縮試験結果より、プラスチック混入土は母材と比較して、一軸圧縮強さが増加し、混入率や長さの違いが一軸圧縮強さやせん断挙動に影響を与えた。さらに混入率 1.0% や長さ 48mm とすることで、改良効果が顕著に向上した。混入率が多くなることで、ひび割れに抵抗するプラスチック繊維の本数が増え、長さが長くなることで繊維 1 本あたりの土を拘束する力が大きくなることで延性的な力学挙動となったと考えられる。

3.3 三軸圧縮試験結果—母材とプラスチック混入土（混入率 0.4%、長さ 24mm）の比較

図 4 に拘束圧 100kPa, 300kPa での母材と混入率 0.4%、長さ 24mm の混合土の三軸圧縮試験の結果を示す。 $q-\varepsilon_a$ 関係より、拘束圧 100kPa, 300kPa どちらも混入土は、最大軸差応力 q_{max} が増加した。また、母材は軸ひずみに伴い軸差応力が一定か減少するのに対し、ひずみ硬化を示している。また、限界状態数 M も混入土は増加傾向を示した。文献 2) のファイバー混入が砂の M に及ぼす影響と類似している。

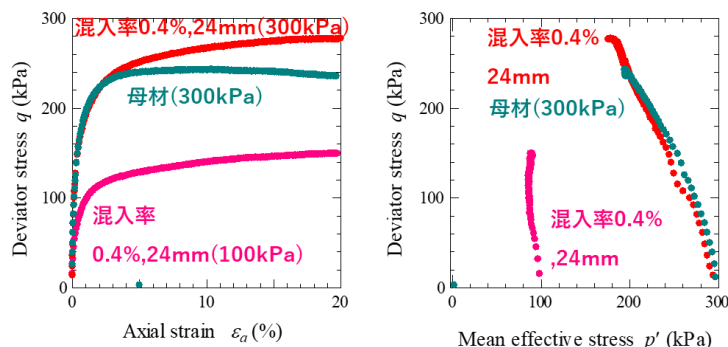


図 4 拘束圧 100kPa, 300kPa での三軸圧縮試験結果

4. おわりに

分別処理後の土を想定した模擬分別土であるプラスチック混入土の力学挙動は、プラスチック繊維の混入により、一軸圧縮強さが増加し、延性的な挙動を示した。今まで、プラスチック繊維混入の分別土の地盤材料としての利用については不明な点が多かったが、プラスチックが混入しても同様、それ以上の材料と見なせる可能性がある。しかし今回は力学特性のみであったが、プラスチックの劣化による挙動の変化や環境への影響も調べる必要がある。また、混入率や長さの違いによる混入土の三軸圧縮試験や、さらに混入率を増加させたときの力学挙動の変化、種類の異なるプラスチックが土に与える影響について調べる予定である。

参考文献：1) 高井敦史ら (2016) : 東日本大震災で発生した岩手県の災害廃棄物分別土砂の品質とその変化, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.72, No.3, 252- 264, 2) Ganiev, J. et al (2021): Effect of fiber-reinforcement on the mechanical behavior of sand approaching the critical state, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering.