



富山県で発生するバイオマス素材を活用した廃泥の地盤材料としての有効活用

富山県立大学 兵動太一
 浜岸昭任 (現・富山県庁)
 宮崎晃我 (現・(株)フジヤマ)

背景

- 富山県は井戸の数が多い
- 井戸掘削工事で発生する廃土は含水比が高いことが多いため、再利用できない
- 処分場の残余埋め立て容量と新設処分場の建設が難しい

廃土の有効利用が求められる



背景

一方で建設業以外で有効利用が課題となっているものの中に**廃棄物系バイオマス**がある。

富山県は第一次産業が盛んであるが、その製造の過程で廃棄物系バイオマスが多く発生している



背景

井戸掘削工事で発生した廃土

+

第一次産業で発生した廃棄物系バイオマス

||

再生地盤材料として使えないか？

目的

再生地盤材料として使う場合、バイオマス素材を加えることでセメントの添加量を抑えた改良を行う

↓

廃土に任意の添加量のセメントとバイオマスを加え養生したものの強度の違いを比較する！

実験試料

土質試料(廃土)

スライムⅠ スライムⅡ スライムⅢ 物性試験のみ

+

セメント改良材

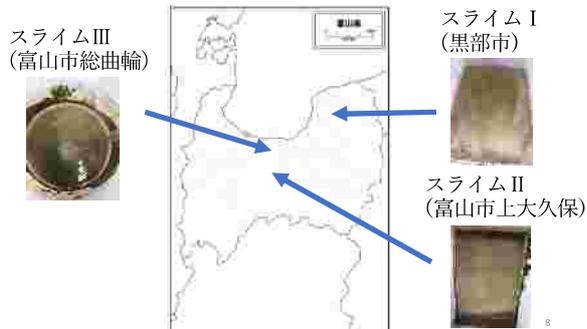
+

バイオマス

おがくず かんなくず 焼却灰 ペニスワイガニの殻



スライムの採取場所



物性試験

1.密度試験 (JGS-A 1202)



2.含水比試験 (JGS-A 1203)



物性試験

3.液塑性試験 (JGS-A 1205)



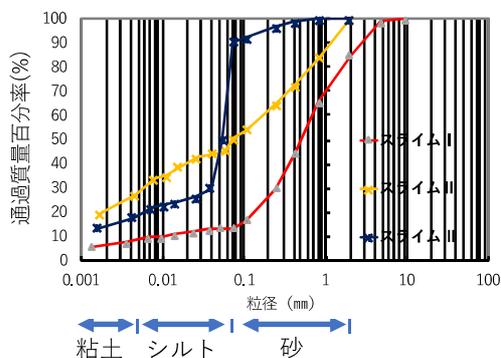
4.粒度試験 (JGS-A 1204)



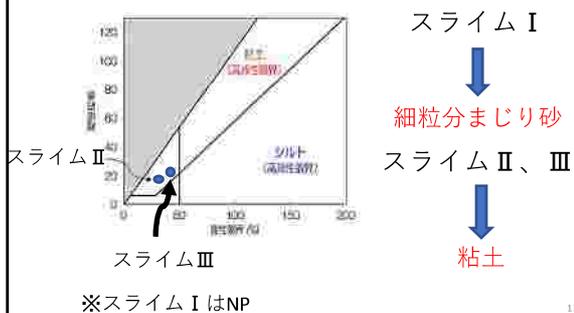
スライムの物理的性質

	スライム I	スライム II	スライム III
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.65	2.69	2.73
自然含水比 $w(\%)$	33.4	42.0	83.5
細粒分含有率 $F_c(\%)$	13.4	50.5	90.2
50%粒径 D_{50}	0.17	0.075	0.06
液性限界 $W_L(\%)$		27.1	42.8
塑性限界 $W_P(\%)$		12.4	15.2
塑性指数 IP	NP	14.7	27.6

粒径加積曲線



塑性図



供試体作製(JGS 0821-2009)

・目標にした水セメント比(5, 10, 20)になるようにセメントを添加する



・バイオマスの混合率は、スライムの乾燥質量に対するバイオマスの湿潤重量



14

28日養生後の供試体の様子



焼却灰 かんなくず おがくず カニの殻

15

一軸圧縮強さの測定(JIS A 1216:2009)

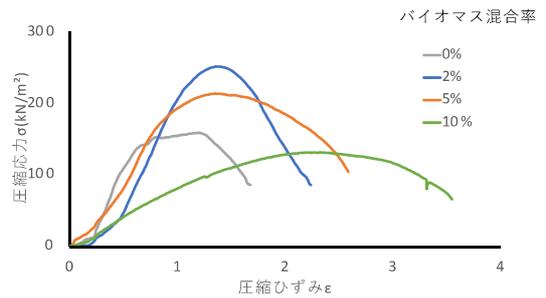
・毎分1%の圧縮ひずみが生じる割合を標準として、供試体を圧縮する



・圧縮中は、圧縮量 ΔH (cm)と圧縮力P(N)を測定する

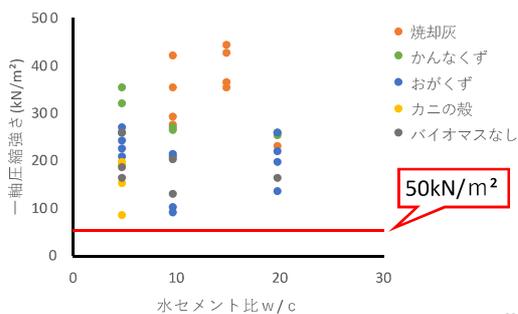
16

w/c=20のスライム I におがくずを混合した時の応力ひずみ曲線



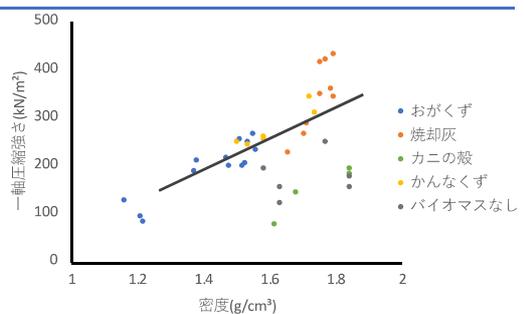
18

一軸圧縮強さと水セメント比の関係



23

密度と一軸圧縮強さの関係



24

まとめ

- おがくずの場合、少量なら強度が増加するが、混合率を増やすと減少する
- かにの殻は強度が増加しない



海水や化学物質に対する抵抗性に優れている高炉セメントを使用することで強度が増加すると考えている

25

まとめ

- 焼却灰が最も強度が増加する



焼却灰にはセメントの構成要素である二酸化けい素、酸化カルシウム、酸化アルミニウムなどを含まれるため、セメントの代わりとなって供試体の固化に関わった

- 密度と一軸圧縮強さは比例関係にある

26

今後の課題

- 三軸圧縮試験
(JGS 0523:2009, JGS 0524:2009)
- 締固めた土のコーン指数試験
(JGS A 1211:2009)



三軸圧縮試験機

27

今後の課題

- 締固めた土のコーン指数試験 (JGS A 1211:2009)

今回は、スライムⅠに少量のセメントとバイオマスを混合することでダンブカーで運搬可能となることを確認した。

しかし、バイオマスだけを加えた供試体は、自立しなかったため試験を行えず、運搬可能かどうか判断することができなかった

28

今後の課題

- 締固めた土のコーン指数試験 (JGS A 1211:2009)

自立しなかった配合の中にも、ダンブカーで運搬可能なものはあると考えている

今後は供試体が自立しなくても強度を求めることができる「締固めた土のコーン指数試験」行う

コーン試験の場合、ダンブカーで運搬可能な強度はコーン指数200kN/m²以上と言われている

29

第一次産業で生じる廃棄物系バイオマスがセメント改良土の強度に及ぼす影響

廃棄物 改良土 一軸圧縮強さ

富山県立大学 非会員 浜岸 昭任
 富山県立大学 国際会員 兵動 太一
 富山県立大学 非会員 ○寺迫 太陽
 中央開発㈱ 正会員 荒井 靖仁
 中央開発㈱ 非会員 掛川 智仁

1. はじめに

豪雪地帯である富山県では融雪の際に地下水を使用することが多いため、井戸の掘削が盛んに行われている。井戸の掘削工事の際、孔壁防護のために山粘土が使用されているが、施工後の粘土は砂分を多く含むため、再利用ができない。これらの土を地盤材料として再利用するには土自体を改良する必要があるが、一般的に、井戸掘削を手がける企業は小規模経営のため、処理費用の負担が大きく対策が急務である。

一方、富山県は豊かな自然を有しており、第二次産業とともに第一次産業盛んである。第一次産業において有効利用が課題となっているものの中に、廃棄物系バイオマスがある。製造の過程で廃棄物系バイオマスが多く発生し、その廃棄にもコストがかかる。また、発生した廃棄物を他の地域で使用することは心理的な面で受け入れられにくい。よって、廃棄物の地産地消が求められる。既往の研究では竹を粉碎した竹チップを高含水比の粘土に添加することにより含水比の低下を確認した¹⁾。本研究では先行研究と同様に廃棄物系バイオマスを廃棄土に混合し再生地盤材料として利用できないか考えた。本稿では建設現場で発生した廃棄土に、セメント改良材と種々の廃棄物系バイオマスを混合し、バイオマスがセメント改良土の強度に及ぼす影響を調べた。

2. 実験試料と試験方法

土質試料には、施工後の山粘土（以下、スライムと称す）を用いた。スライムは、井戸掘削工事の際に孔壁防護のために使用した山粘土と、井戸を掘って壁面より削られて生じた土が混合したものである。また今回は富山県黒部市で採取したスライムⅠのみバイオマスと混合させたが、比較材料として富山県富山市上大久保で採取したスライムⅡ、富山県富山市総曲輪で採取したスライムⅢの物理的性質も調べた。第一次産業より生じる廃棄物系バイオマスには、林業よりかんなくず、おがくず、木材を燃やしたときに発生する焼却灰、漁業よりベニズワイガニ(以下、カニと称す)の殻を使用する。カニの殻は、110℃炉乾燥で乾燥させ、小型粉碎機で粉末状にした。

表-1 に土質試料の物理的性質を、図-1 に土質試料の粒径加積曲線を示す。表-1 の自然含水比を見ると、同じスライムでも採取場所によって含水比は異なることが分かる。図-1 より、スライムⅠは、粗粒分が50%以上、細粒分が15%以上であるため、砂質土「S」の中の細粒分まじり砂(SF)となった。スライムⅡとスライムⅢは細粒分が50%以上であり、塑性図上で分類すると、粘性土「Cs」の中の粘土(低液性限界)となった。

土質試料に任意の割合で普通ポルトランドセメント系のセメント改良材(Hyper NP-1500)と廃棄物系バイオマスを土質試料の乾燥重量に対して様々な添加率で混合し、内径50mm、高さ100mmのモールドを用いて安定処理土の締固めをしない供試体作製(JGS0821-2009)に基づき作製した。この際の試料は28日間気中養生した。28日養生後、これらの供試体を用いて一軸圧縮試験(JGS-A 1216:2009)を行った。

表-1 土質試料の物理的性質

	スライムⅠ	スライムⅡ	スライムⅢ
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.65	2.69	2.73
自然含水比 $w(\%)$	33.4	42.0	83.5
細粒分含有率 $F_c(\%)$	13.4	50.5	90.2
50%粒径 D_{50}	0.17	0.075	0.06
液性限界 $w_L(\%)$		27.1	42.8
塑性限界 $w_P(\%)$		12.4	15.2
塑性指数 $IP(\%)$	NP	14.7	27.6

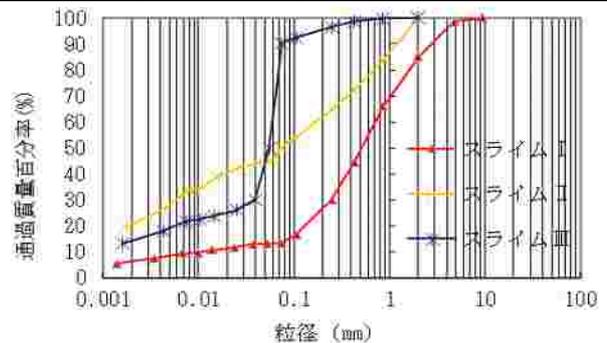


図-1 粒径加積曲線

3. 実験結果

図-2 に水セメント比 $w/c=20$ におけるスライムとおがくずの混合土の圧縮応力と圧縮ひずみの関係を示す。縦軸が圧縮応力、横軸が圧縮ひずみとなっている。図-2 より、スライムにおがくずを 2% 混合した場合、おがくずを混合しない時よりも強度が増加することが分かる。しかし、おがくずの割合を 2%~10% に増加させると、一軸圧縮強さが減少することが分かる。また、おがくずの割合が増えるにつれて破壊ひずみは大きくなっている。 $w/c=5$ や 10 のスライム I におがくずを混合した場合も似たような結果が得られた。

図-3 に水セメント比 $w/c=20$ におけるスライムと焼却灰の混合土の圧縮応力と圧縮ひずみの関係を示す。図-3 より、スライムに焼却灰を混合すると、焼却灰を混合しない時よりも強度が増加することが分かる。また、焼却灰の割合を増加させると、一軸圧縮強さも増加することが分かる。これに関しては、おがくずと異なる結果となった。 $w/c=10$ や 15 のスライム I に焼却灰を混合した場合も似たような結果が得られた。焼却灰を混合すると強度が増加した理由は、焼却灰にはセメントの構成要素である酸化カルシウム (CaO)、二酸化ケイ素 (SiO₂)、シリカなどが含まれる²⁾ ため、セメントの代わりとなって供試体の固化に関わったことが考えられる。

図-4 に湿潤密度と一軸圧縮強さの関係を示す。図より、湿潤密度と一軸圧縮強さには一義的な関係が確認できた。これは、改良土に含まれるバイオマスが土やセメントと同様に密度が増加すると強度が上昇することを意味している。

今回は自立した供試体で強度を測定したが、再生地盤材料として使用する場合は一軸供試体のようにセメントを加えて自立させなくても適用可能なケースがある。今後は締固めた土のコーン指数試験 (JIS A 1228:2009) を行いバイオマスのみを混合して設計強度を満たすことが出来るかを検討する。また現状の試験も産地の異なるスライムやバイオマスの含有量を調整し実験シリーズを増やすことにより、より精度の高い実験データを蓄積する必要がある。

4. まとめ

本研究では建設現場で発生した廃棄土に、セメント改良材と種々の廃棄物系バイオマスを混合し、バイオマスがセメント改良土の強度に及ぼす影響を調べた。スライムにおがくずを混合した場合、少量なら強度が増加するが混合率を増やすと減少した。また、今回使用したバイオマスの中では、焼却灰が最も強度が増加した。湿潤密度と一軸圧縮強さは一義的な関係が得られた。

謝辞

本研究の一部は内山さく泉工業㈱、大谷製鉄㈱の奨励寄付金並びにとやま呉西圏域調査研究事業補助金により行った。また内山さく泉工業㈱、(有)呉羽木材には材料の提供をして頂いた。ここに深謝の意を表す。

参考文献

- 古賀千佳嗣ら：竹チップ混合固化処理土の物理・力学特性に及ぼす粘土物性と腐朽の影響、Journal of the Society of Materials Science, Japan, Vol. 69, No. 1, pp. 85-90, Jan. 2020
- 太平洋セメント株式会社ホームページ：https://www.taiheiyo-cement.co.jp/company.html (閲覧日：2020年1月9日)

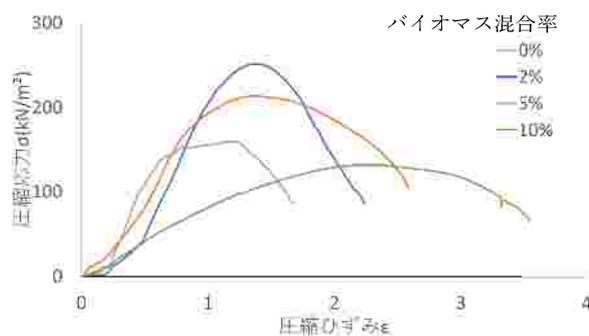


図-2 $w/c=20$ におけるスライム I におがくずを混合した時の応力ひずみ曲線

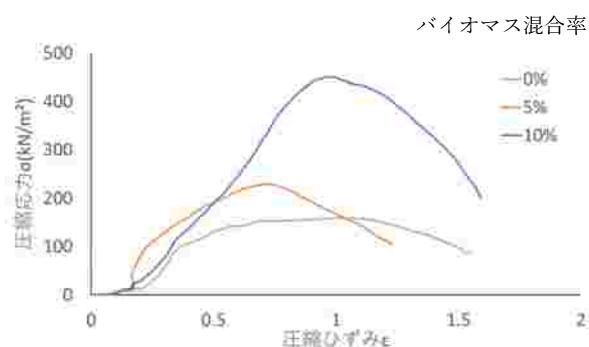


図-3 $w/c=20$ におけるスライム I に焼却灰を混合した時の応力ひずみ曲線

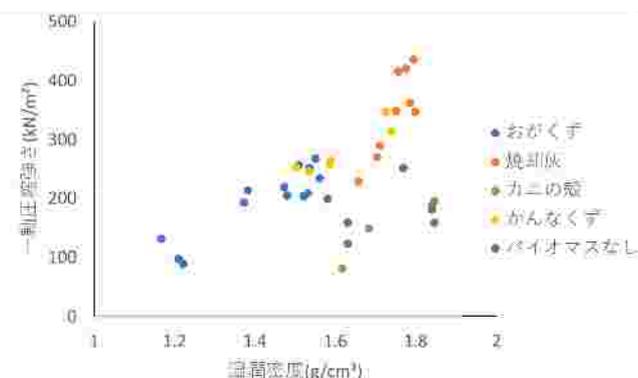


図-4 密度と一軸圧縮強さの関係