

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：14602

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05931・19K21097

研究課題名(和文)土の未利用資源を用いた成形体に関する研究

研究課題名(英文)Non-burnt earth block using unused earth resources of by-products and waste

研究代表者

中村 航(Nakamura, Wataru)

奈良女子大学・生活環境科学系・助教

研究者番号：50824538

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：土や砂に準ずる副産物および廃棄物について、環境負荷の少ない酸化マグネシウムを加えることで、収縮率の低減、圧縮強度の向上が確認できた。

これらの結果をふまえると既報で発表した調合設計の手法、つまり土や砂に準ずる試料に含まれる微粒分(特に75μm以下の細かい粒子)の割合がわかれば、成形体としての利用にあたり、目標とする成形性(試料の状態と成形方法との関係)、収縮率、圧縮強度を実現する調合が見いだせる方法、が副産物および廃棄物に有効であることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境問題が深刻化する中、土は環境優位性が高く、これらの状況をかえる大きな可能性を有している。本研究では、成形体として建築の内外装や舗装材などの外構材への利用を想定しているが、このとき一般的な土だけでなく、副産物や廃棄物として捨てられている土や砂が生かせれば、より大きな環境負荷の低減が期待できる。本研究の成果によって、土成形体の調合を求める際に、今まで要求性能ごとに調合を検討していた試行的な実験の手間を大幅に削減することが期待できる。その結果、試作、製品化への手間を省き、廃棄物の有効利用を促進することが可能である。

研究成果の概要(英文)：For clayey and sandy by-products and wastes, the addition of magnesium oxide, which has less environmental impact, was found to reduce shrinkage and improve compressive strength.

Based on these results, it was confirmed that the previously published mix design method for the mix proportion was effective for by-products and waste. In other words, if the percentage of fine particles (especially fine particles of 75 μm or less) contained in the sample is known, it is possible to find the target mix proportion for use as a earth block with respect to the target formability (the relationship between the condition of the sample and the molding method), shrinkage, and compressive strength.

研究分野：建築材料

キーワード：土 成形体 非焼成 圧縮強度 寸法精度 廃土 汚泥 副産物

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、環境に対する配慮や建築物に要求される性能が多様化しており、使用される建築材料は多岐にわたっている。セメント産業においては、循環型社会構築に向けた取り組みとして、産業廃棄物や産業副産物の有効利用に着目しており、それらはセメント原料や代替エネルギーとして活用されている。その中には、自治体から排出される浄水汚泥や建設現場から発生する建設発生土といった土に類する産業廃棄物も含まれており、土素材の利用価値が見直されつつある。

既に一般に入手可能な土を用いた非焼成土成形体において、固化材によって性質の改善及び向上を図り、その結果、土の物性を測定するだけで、目標とする品質を有する土成形体の調合が得られる仕組みを構築したことを報告している。環境配慮や、資源の効率的利用の観点から、この成形体に未利用資源を用いることができれば、土素材の新たな建築技術となるだけでなく、産業廃棄物削減の促進にも期待される。

2. 研究の目的

本研究では、特殊な性質を有することから扱いが難しい特殊土や、土に類する産業副産物、インフラ事業による産業廃棄物などの未利用資源について、成形体としての有効利用を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実験概要

本研究においては、2つの実験を行った。実験1(予備実験)では、水量のみを要因として、練上がり試料の状態判定を行った。実験2(本実験)では、土の種類、固化材土比及び水固化材比を実験要因として、硬化後の長さ変化率および圧縮強度に及ぼす影響を確認した。また、練り上がり試料の状態及び突き固め成形性との関係を確認した。

(2) 実験方法(実験1)

実験1では、表1の真砂土、シャモット及び下水焼却灰を試料として用いた。表2に調合を示す。固化材は酸化マグネシウムとした。固化材土比は、真砂土及びシャモットは0.1、下水焼却灰は0.2とした。練上がり試料の状態判定は、色味やダマのサイズ・軟らかさによって、図1に示す5段階で評価した。～が成形および即時脱型可能な範囲である。

表1 使用した土試料

未利用資源	特徴	土の微粒分量 U ₇₅ /C (質量比)		
特殊土	真砂土	花崗岩の風化残土。破砕性があるが、版築・三和土などで使われる。	0.1	
産業副産物	シャモット	規格外瓦を粉砕したもの。瓦製造への還元や、グラウンドの暗渠材などに用いられている。	0.16	
	珪砂廃土	2号粘土	珪砂採取時や、珪砂精製過程で副産物として発生する。セメントや骨材と混合し造粒舗装に用いられているが、多くは埋め立て処分される。	0.93
		雲母砂		0.18
		鉄キラ		0.19
	粘土キラ	焼き物用粘土を水蔵により分粒する際に、発生する粗粒分、中粒分で埋立て処分されている。	0.99	
	石粉	石材加工の際に、排出される石材の切子で、埋め立て処分されている。	0.84	
事業廃棄物	下水焼却灰	汚水処理過程で発生し、コンクリート材料やリソ回収、肥料化への研究が行われている。	0.81	
	浄水汚泥	浄水処理過程で発生する土(乾燥ケーキ)で、埋立てやセメントで固化して再利用される。	0.99	

土のふるい目(75μm)通過分、ただし、2号粘土:74μm 粘土キラ:60μm 通過分で算出。

表2 調合

土の種類	調合比(乾燥質量比)		状態の判定	試料に含まれる微粒分量 U ₇₅ /C ² (質量比)	固化材量と試料に含まれる微粒分量 (M+U ₇₅)/(C+M) ² (質量比)
	原土	M/C			
真砂土	1.000	0.100	0.05	0.10	0.18
			0.10	0.10	0.18
			0.12	0.10	0.18
			0.15	0.10	0.18
			0.17	0.10	0.18
			0.20	0.10	0.18
シャモット	1.000	0.100	0.09	0.16	0.24
			0.13	0.16	0.24
			0.15	0.16	0.24
			0.18	0.16	0.24
			0.20	0.16	0.24
			0.21	0.81	0.85
下水焼却灰	1.000	0.200	0.32	0.81	0.85
			0.36	0.81	0.85
			0.37	0.81	0.85
			0.37	0.81	0.85
			0.38	0.81	0.85
			0.38	0.81	0.85

1 C:原土, M: MgO, W: 水
2 土のふるい目(75μm)通過分
3 全粉体に対する土のふるい目通過試料に固化材を加えた微粒分の割合

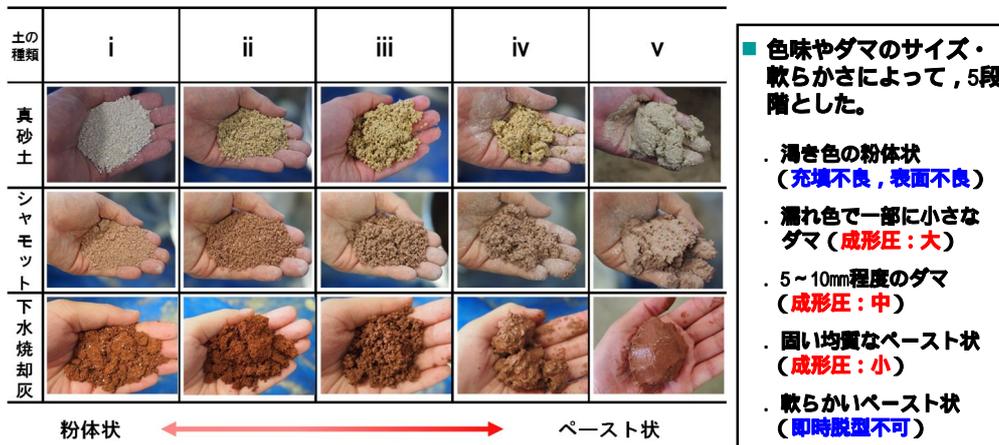


図1 練り上がり試料の状態の判定例

(3) 実験方法(実験2)

使用材料及び調合

土の試料は表1と同様のものである。調合は水固化材費を要因に、水量、固化材量をかえた60

種類の調合を作製した。固化材は実験 1 と同様に、酸化マグネシウムとした。

試料の練混ぜ

練り混ぜは、JIS R 5201-2015 に準拠して行った。ただし、本実験では、最初の 30 秒間で試料と酸化マグネシウムを空練りした後、水を 30 秒間かけて加えた。

試験体の成形及び脱型

JIS R 5201-2015 で規定される 3 連型枠を用いて乾式成形とし、 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の角柱供試体を作製した。突き固めは 4 層詰めとし、JIS A 1210-2009「突き固めによる土の締固め試験方法」に基づいて行った。作製した試験体数は、各調合に対して 3 本とした。また、1 バッチあたりの練混ぜ量は 1L とした。

脱型は即時脱型を基本とし、一部調合では、翌日の脱型とした。

養生・乾燥

強度発現が顕著な 3 日までを水分を逃がさない緘養生とし、1~2 週間ほど 22℃ の室内で乾燥をさせた後、作製日の早い試験体から順に 2 回に分けて 20℃・65%RH の高温恒湿槽内にて水分平衡状態とした。

測定項目および試験方法

a. 練上がり試料の状態の判定および突き固め成形性との関係

練上がり試料の状態の判定は、実験 1 と同様とした。また、練上がり試料の状態判定と突き固め成形性が一致しない調合については、突き固め成形性の判定も行った。

b. 長さ変化率

試験体の全長を測定し、長さ変化率を収縮性状の代用特性として算出した。

c. 曲げ・圧縮試験

曲げ・圧縮試験は、JIS R 5201-2015 に準拠して行った。各試験体は、曲げ試験を行った後、破断した試験片の片方に対して圧縮試験を行った。もう片方については、後述の試験時含水率と炉乾燥密度の測定に用いた。

d. 試験時含水率および炉乾燥密度

前述の破断した試験片を用いて、試験直後の質量と炉乾燥後の質量から試験時含水率を算出した。また、JIS A 1110-2006「粗骨材の密度及び吸水率試験方法」に準拠して、密度、吸水率の測定を行い、炉乾燥密度を算出した。

4. 研究成果

(1) 主な成果

練り上がり試料の状態

固化材量(M)に原土に含まれる微粒分量(U_{75})を加味して、単位水量との関係を示し、それらの調合と練上がり試料の状態の関係を整理する(図-2)。

試料中に含まれる微粒分量が比較的少ない真砂土、雲母砂、鉄キラにおいては、ほぼ矛盾なく境界領域内に分布しており、一般的な土と同様に縦軸と横軸の調合因子の組み合わせにより、練り上がり状態を推測することが可能と考えられる。

一方、シャモットにおいては、固化材量が多い場合、単位水量が増加しても練り上がり状態の変化が小さい。これには、シャモットの保水性と透水性を併せ持つ特性に起因していると考えられる。下水汚泥では、実験 2 において固化材の添加量に関わらず、単位水量が増加しても練り上がり状態の変化がみられなかった。

また、シャモットと下水焼却灰において、練り上がり試料の状態と突き固め成形性は、異なる傾向を示した。

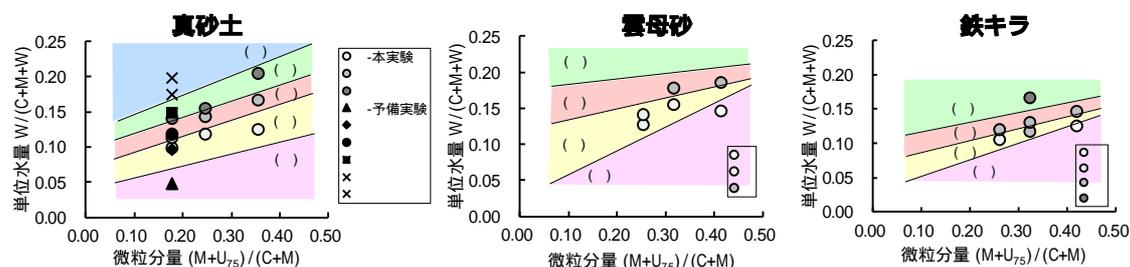


図 2 微粒分量と単位水量の関係で整理した練り上がり試料の状態

長さ変化率

図 3 に、単位水量と長さ変化率の関係を示す。一部調合を除いて、比較的長さ変化率は小さい傾向がみられる。

真砂土、浄水汚泥において、固化材土比が同一の場合、単位水量が多くなるほど、長さ変化率が大きくなっていく傾向にある。また、固化材土比が大きいほど長さ変化率の増加率は緩やかになっている。浄水汚泥では、その傾向がより顕著に表れており、固化材土比が 0.1 では長さ変化率が 18~25% 程度であるのに対し、固化材土比が 0.4 では 0.6~3% 程度と長さ変化率が大幅に抑えられている。

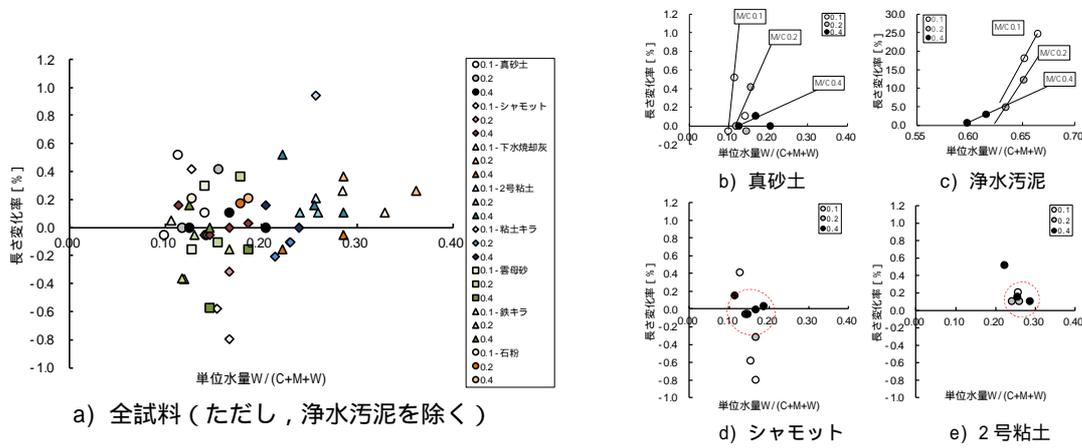


図3 単位水量と長さ変化率の関係

圧縮強度

図4に水固化材比と圧縮強度の関係を示す。浄水汚泥と2号粘土を除くすべての試料において、水固化材比と圧縮強度の間に強い相関が確認できた。そして、水固化材比が小さいほど圧縮強度は高い傾向にある。シャモットは、一般的な土と同程度の水固化材比でより高い圧縮強度が得られることがわかる。一方で、浄水汚泥については水固化材比が高いほど圧縮強度が高くなる傾向にある。

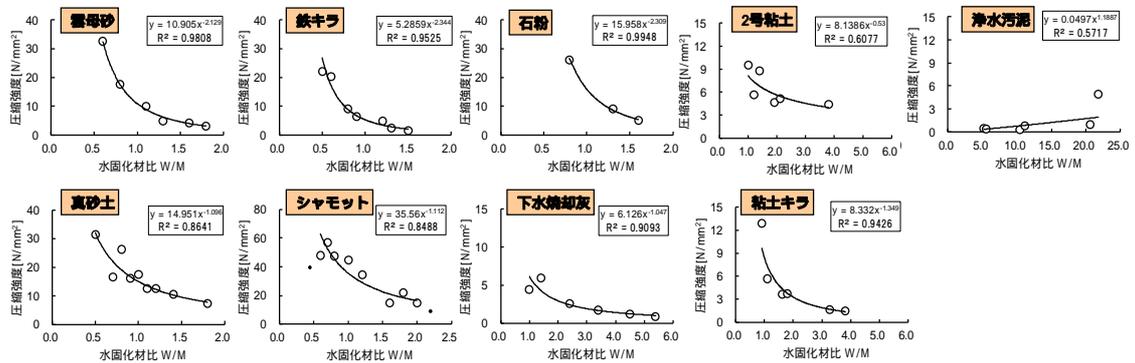


図4 水固化材比と圧縮強度の関係

(2) 国内外の位置づけとインパクト

既往の研究では、一般的な土を用いて性質と調合因子との関係が明らかにしていた。しかし、本研究の成果によって、今まで廃棄の対象となっていた産業副産物的な土を有効に利用するための一歩となった。

(3) 今後の展望

今後は、シャモット、下水焼却灰および浄水汚泥といった特殊な性質から一般の土とは異なる傾向を示した試料において、成形条件に与える各種要因をより詳細に検討を行うことで、成形体としての有効性を高めていきたいと考えている。

引用文献

- 1) 中村航, 輿石直幸: 固化材として酸化マグネシウムを用いた組積耐力壁用非焼成土ブロックに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第740号, pp.1527-1535, 2017

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----