

多摩地質帯における地域産土を利用したソイルコンクリートの品質評価と基礎部材開発

DB19281 山川夏希

1. はじめに

昨今、コンクリートの材料となる天然資源の骨材不足が叫ばれており、細骨材となる砂資源の不足が長年の課題となっている。資源の不足と需要に追いつかない供給により、砂資源の枯渇は地球環境問題や、原価、運搬コストの上昇に大きな影響を与え、大変深刻な状況であると言える。本研究では資源不足解消を図り地産材料を可能にするため土に着目した。土は土地ごとに質感と色味が異なり、土素材を利用した土壁等に代表される建築材料は、土地の愛着と建物そのものの魅力につながっている¹⁾。土素材を活用した基礎部材の開発と施工実現に向けて、多摩地質帯の地域産土由来の土素材を利用した新たな建築材料の開発を目指す。

本研究は、多摩地区・川崎市での実施工を想定し、地域産土由来の実施工地で採取した土素材である砂質粘性土とセメントを利用したソイルコンクリートを製造し、既往の研究²⁾を踏まえ、基礎物性調査や力学特性調査、品質評価を行う。

2. 研究の流れ

図 1 に研究の流れ、表 1 に実験方法と要因・水準を示す。

研究 1 では、協働的取組にて建設を検討した川崎市麻生区五力田の敷地を対象に、敷地内で採取できる多摩地質帯の地域産土の特徴を活かしたソイルコンクリートとして練堀壁への使用可能性を検討する。複数箇所からサンプルを採取し、基礎物性調査(乾燥処理による質量変化・蒸発率の調査、色彩値測定、粒度分布調査)を行った。

研究 2、3 では、W/C、S/C の異なる組合せにより、地域産土を利用したセメントによるモルタル供試体を作製して、色彩値の分析や W/C、S/C を決定する為の調合検討、力学特性調査を行った。この際、A 種は、普通ポルトランドセメントとホワイトセメントによる色彩値の分析を検討すると共に、W/C を 50%、60%、S/C を 300%の強度特性を重視した調合で行う。B 種は、普通ポルトランドセメントを利用し、W/C を 90%一定、S/C を 300%、500%、600%の調合にし、A 種から水量、土量を多くした土素材のテクスチャーを重視した調合で力学特性の違いを調査する。

研究 4、5 では、研究 2、3 までに作製したモルタル供試体と同様の調合の供試体を用い、使用環境による物性の評価を行った。工学院大学八王子キャンパス 11 号館にて屋外曝露を行い、色味の変化を調査するため色彩値の測定と

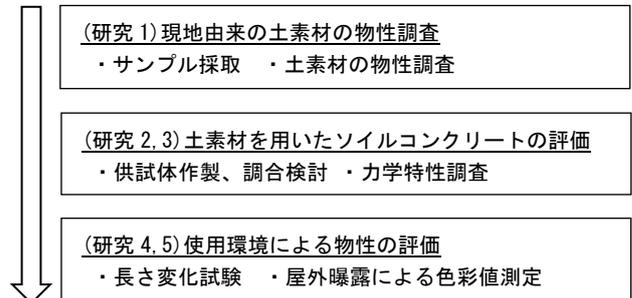


図 1 研究の流れ

表 1 実験方法および要因と水準

項目	要因	水準
研究 1	現地調査	川崎市の多摩地質帯土を 3 か所採取 (敷地傾斜地、敷地十字路、裏山)
	サンプル採取	質量 (g) ・ 蒸発率 (%) 変化、 L*a*b*色彩値測定、通過質量百分率 (%)
研究 2, 3	基礎物性調査	寸法 φ50×100mm、40×40×160mm
		W/C 水セメント比 ・ A 種 (50%、60%) ・ B 種 (90%)
		S/C 砂セメント比 ・ A 種 (300%) ・ B 種 (500%、600%)
		C nC: 普通ポルトランドセメント (3.16g/cm ³)、 wC: ホワイトセメント (3.05g/cm ³)
	ワラスサ	C に対して 1%の質量 (g) を混成
力学特性	曲げ、せん断、 圧縮 (乾・湿試験)、引張強さ (N/mm ²)	
研究 4, 5	長さ変化試験	コンタクトゲージ法 (JIS A 1129-2)
	屋外曝露試験	L*a*b*色彩値測定

備考) A 種を強度重視、B 種を土素材感重視とする。



a) サンプル採取図 b) 現地図
図 2 現地調査の様子

日射、降雨等の影響の調査を目的とする。屋外曝露は、2022 年 9 月 27 日より約 10 年間の曝露を予定している。また、供試体の側面の長さ変化の測定をコンタクトゲージ法で行い、乾燥による長さ変化率・質量変化率を算出した。測定は材齢が 7 日になった時を基準とし、その後の保存期間が 3 日、1 週、2 週、4 週、6 週、8 週、13 週になったときにそれぞれ測定を行った。

3. 現地由来の土素材の物性調査(研究1)

3.1 目的・概要

表2に調査対象の試料の種類を、図2に現地調査にて土素材を採取した川崎市麻生区五力田での図を示す。土素材の評価をし、地域産土を用いた壁として利用できるか調査する。物性調査の比較として土壁に一般的に使用される荒木田土を用いて研究を行った。

3.2 色差計による L*a*b* 色彩値測定

色差計で乾燥開始時と乾燥終了時に色差(L* 値、a* 値、b* 値)を測定し、素材の色彩特性を評価した。

3.3 乾燥処理による質量・蒸発率変化の測定

図3 a)に乾燥による質量変化を表した乾燥曲線と、図3 b)に乾燥時間の経過に伴う現地粘土からの蒸発率の変化を示す。60℃で乾燥させ、5分毎(60分経過後は10分毎)に質量を記録した。調査結果から現地土に含む水分量と、水の脱離のしやすさ、また、荒木田土より現地土の方が全般に粒度が大きいことも分かる。

3.4 土素材の粒度分布

図3 c)に各土試料の通過質量百分率(%)を示す。現地土①②は③と比べ砂利混じりで粒が荒いことが分かる。

表2 現地土と荒木田土の概要(研究1)

種類	現地土①	現地土②	現地土③
採取場所	敷地傾斜地	敷地十字路	敷地裏山
サンプル図			
種類	荒木田土 (含水率 10%)	荒木田土 (含水率 20%)	荒木田土 (含水率 30%)
含水量	10%	20%	30%
サンプル図			

表3 現場調査表

種別	セメント種類	材齢	W/C (%)	S/C (%)	質量(kg/m³)				養生	
					W	C	S	ワラスサ		
A	wC:ホワイトセメント (JIS R 5210 準拠)	練り直後	50	300	201	402	1205		気乾 (20℃)	
					231	384	1153			
					234	389	1168			
					314	349	1046			
					500	223	248	1241		
					600	196	218	1309		
B	nC:普通ポルトランド セメント(JIS R 5210)	90	50	300	500	219	243	1216	2.43	
					600	196	217	1305	2.17	

備考) A種を強度重視、B種を土素材感重視とする。研究4,5はnCのみを使用した。

4. 土素材を用いたソイルコンクリートの評価(研究2,3)

4.1 概要

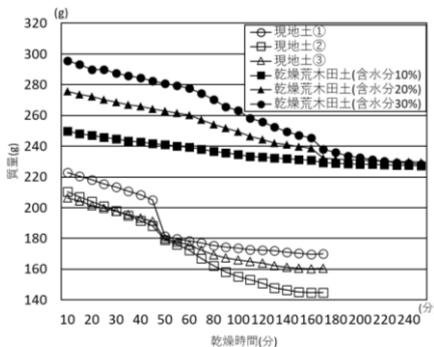
図4に作製したA種、B種の供試体の図を示す。研究1の調査結果から、採取した粘性土資源として現地土②を利用したセメントによるモルタルの作製を行い、その調査検討と力学特性調査を行った。

表3に現場調査表を示す。研究2、3では、試験体作製の際に、固化材は普通ポルトランドセメントまたはホワイトセメントを使用することで色味や強度の違いを比較した。研究2ではS/Cを300%一定、W/Cを50、60%にしたA種を、研究3ではS/Cを300%、500%、600%に、W/Cを90%一定にしたB種を調査した。

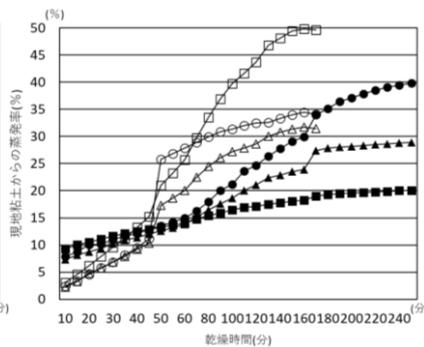
表4に研究2、3の供試体詳細を示す。寸法が40×40×160mmの角柱供試体とφ50×100mmの円柱供試体を作成した。また、研究3でB種の力学特性調査の際には、ワラスサを混成した供試体も作製し、力学特性の違いを調べた。

表4 ソイルコンクリート供試体詳細

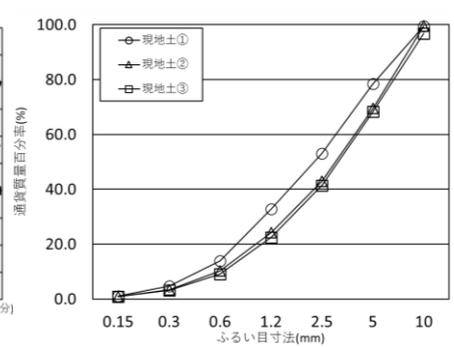
種別	記号	W/C (%)	S/C (%)	型	力学特性	材齢	
A	A50wC	50	300	角柱 40×40× 160mm	曲げ試験 せん断試験 圧縮試験	7日	
	A60wC	60					
	A60nC	60					
	A50wC	50		円柱 φ50× 100mm	圧縮試験(乾試験) 割裂引張試験	28日	
	A60wC	60					
	A60nC	60					
B	B300角	300	300	角柱 40×40× 160mm	曲げ試験 せん断試験 圧縮試験	13日	
	B500角	500					
	B600角	600					
	B300円	300	90	円柱 φ50× 100mm	圧縮試験(乾・湿試験) 割裂引張試験	28日	
	B500円	500					
	B600円	600					
	B500円S	500					(ワラスサ 混成)
	B600円S	600					



a) 乾燥曲線



b) 蒸発率の変化



c) 土試料のふるい通過質量百分率(%)

図3 土試料の基礎物性調査結果

4.2 力学特性に関する実験方法

表 4 に研究 2, 3 で作成した試験体の型や実施した力学特性調査などの詳細を示す。図 5 に各試験の図を示す。

力学特性調査は、材齢を 7 日、13 日、28 日とし、7 日、13 日材齢時には角柱供試体を利用し、3 点曲げ試験を行った。この際 2 つに割れた供試体の一方を圧縮試験に、他方をせん断試験に使用した。28 日材齢時には円柱供試体を利用して圧縮試験、割裂引張試験を行う。なお、研究 3 では、圧縮試験で乾試験と共に湿試験も実施した。

4.3 実験結果

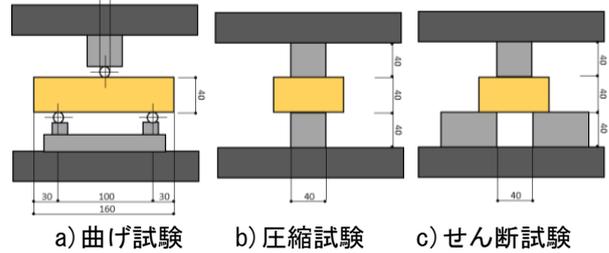
図 9 に材齢毎による密度変化を示す。一般的なコンクリートの場合、練り直後から 28 日で密度が 95% になる所、本研究のモルタルでは 85~87% 程度まで減少している。この事から粘性土による空隙がある為、一般的コンクリートと比べて乾燥後に強度が伸びないことが予測される。

図 10~13 に力学特性を示す。図 12 a) から、セメント固結剤の違いは圧縮強度に大きい影響が無いことが分かる。図 11 から、28 日材齢時の圧縮強度が、一般的なコンクリートは 12N/mm² である事と比較して A 種では 80%、B 種では 40~50% 程度であった。更に、密度の測定から予測出来た通り、図 10 a)、11 a)、12 から、材齢が 7 日から 28 日の経過によって圧縮強度は大きく伸びない事も分かった。W/C、S/C が増加する程、圧縮強度は小さくなることも示された。

また、図 12 c) からワラスサを混成しても圧縮強度は大きく変化しないと分かった。図 6 で示す通り、ワラスサなしの試験体は脆性破壊をし、ワラスサ混成の供試体は繊維架橋効果から破壊後も形を保っていることが分かった。



a) A 種 b) B 種
図 4 ソイルコンクリート供試体 (28 日材齢)



a) 曲げ試験 b) 圧縮試験 c) せん断試験
図 5 力学特性試験図



a) ワラスサなし (局所破壊) b) ワラスサ混成 (分散破壊)
図 6 供試体の破壊状態 (W/C=90%, S/C=600%)

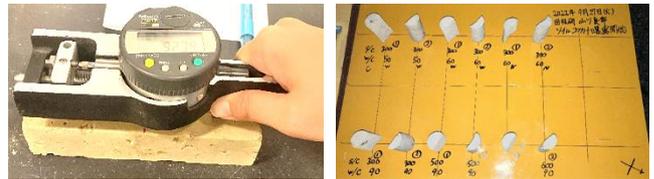


図 7 長さ変形測定の様子 図 8 屋外曝露の様子

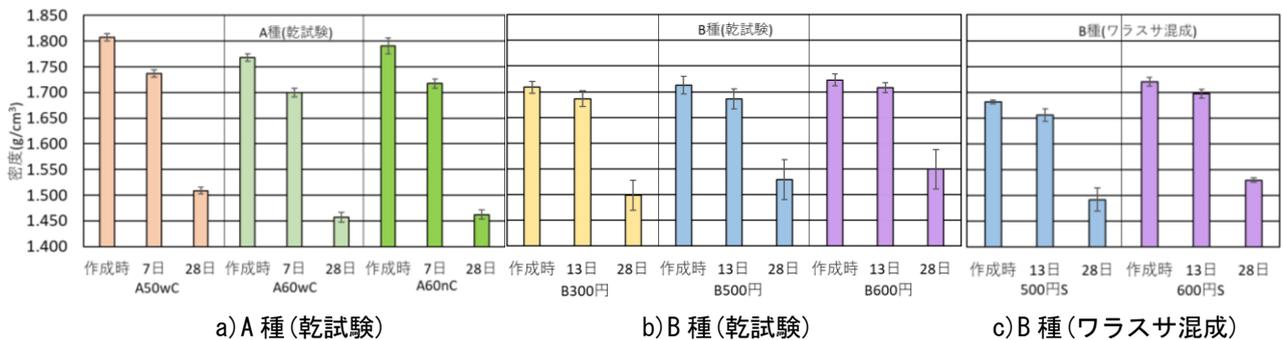


図 9 各ソイルコンクリート供試体の材齢による密度変化

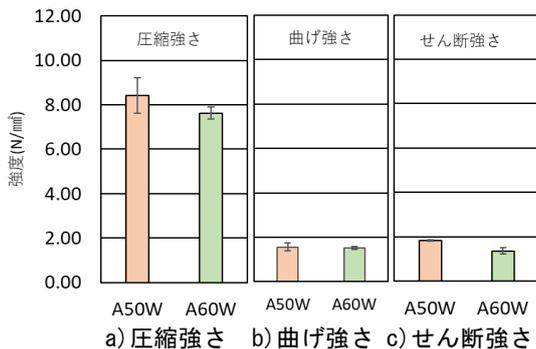


図 10 A 種の力学特性 (7 日材齢)

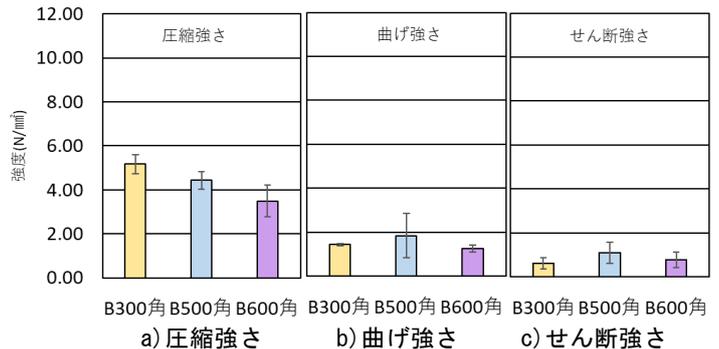


図 11 B 種の力学特性 (13 日材齢)

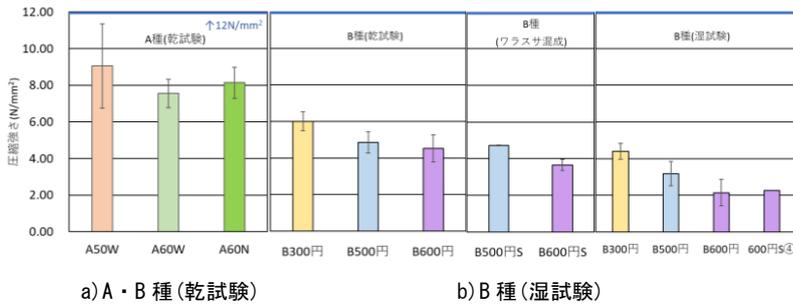


図 12 圧縮強さ比較(28日材齢)

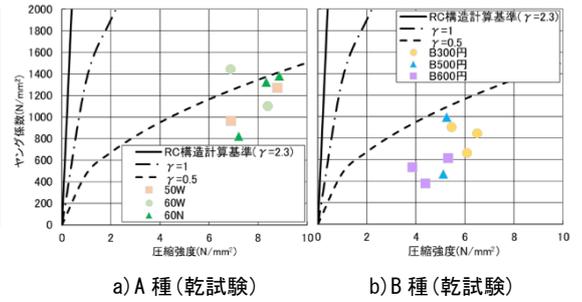


図 13 ヤング係数比較(28日材齢)

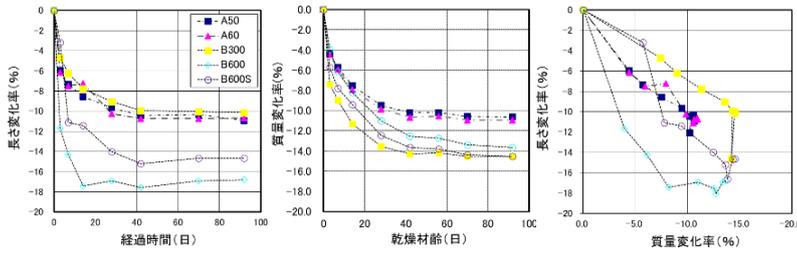


図 14 長さ変化測定結果

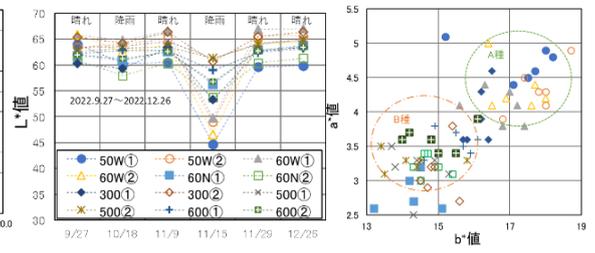


図 15 土素材の色彩値データ

5. 使用環境による物性の評価(研究 4, 5)

5.1 長さ変化試験

図 7 に長さ変化測定時の様子を示す。測定するモルタル供試体は、表 3、4 で示す角柱供試体と同様の調合で作製したもので行い、W/C を 50%、60%、S/C を 300% の A 種と、W/C を 90%、S/C を 300%、500%、600%、一部ワラスサを混成したものも含めた B 種を、5 種類を各 3 本ずつ用意し、全て普通ポルトランドセメントを使用した。図 14 a)、b) に長さ変化率と質量変化率を示す。図 14 c) より、B 種で S/C が大きい方が収縮が大きいことが分かる。

5.2 屋外曝露による色彩値測定

図 8 に屋外曝露の様子を示す。屋外曝露は約 10 年間の曝露を予定している。約 3 週間ごとに色差計で $L^* a^* b^*$ 値の色彩値を測定し、約 12 週経過した時点のデータを図 15 に示す。 L^* 値は雨が強く降った後には大きく低下するも、晴れに測定した際にはほぼ一定値を取っている。 $a^* b^*$ 値は正の値を取り続け、同じ調合の供試体では大きく値が変わっていない。A 種、B 種で、A 種の方が $a^* b^*$ 値は正の向きに大きい値を取っており、セメントの違いによる色味の差異が表れていることが分かった。

6. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- 1) 現地粘土の粒度分布、含水率の評価を踏まえて最適な調合がほぼ確定できた。
- 2) A 種と B 種の比較から、W/C(%) や S/C(%) が増加すると圧縮強度が下がる事が分かった。普通コンクリートの最低値(12N/mm²)から圧縮強度が A 種は 80%程度、B 種は 45%程度である。

- 3) 同じ W/C(%) と S/C(%) のもので、セメントの違いによって圧縮強度自体は大きく変化せず、材齢による密度変化や圧縮強度の変化から、粘性土による空隙がある為に、一般的コンクリートと比べて乾燥後に強度が伸びないことが分かった。

- 4) 長さ変化測定によって、A 種・B 種の収縮の違いが分かった。砂セメント比が大きくなるほど収縮が大きく、土素材の影響が出ていると考えられる。屋外曝露によって、降雨による明度の低下や A 種・B 種の色味の変化や値の違いが見られた。

参考文献

- 1) 土田健太, 田村雅紀, 未利用地産資源を改良活用した無機系構造・仕上材料の開発, 2016 年度日本建築学会関東支部研究報告集 1, pp. 217-220, 2017. 3
- 2) 山川夏希, 田村雅紀, 多摩地質帯における地域産土を利用したソイルコンクリートの品質評価と基礎部材開発, 2022 年度日本建築士学会大会学術講演会研究発表論文集, pp. 99-102, 2022. 10. 20-21

謝辞

本研究実施にあたり、LoIRO. 鈴木あゆみ様、株式会社山崎健太郎デザインワークショップ 小笠原美沙様、株式会社多田脩二構造設計事務所、工学院大学・2022 年度 ISDC プログラム、株式会社セブン&アイ・クリエイトリック等、関係者各位より多大な助力を賜り感謝いたします。