

着色用顔料を添加した 3D プリンティング用モルタルの基本性状

金沢工業大学	学生会員	太田 皓大
金沢工業大学	正会員	宮里 心一
金沢工業大学	正会員	花岡 大伸
鹿島建設(株)	正会員	小林 聖

1. はじめに

近年の建設業界においては、少子高齢化による人手不足が深刻な問題となっている。これを解決するためには、作業の省人化が必須であり、施工の機械化が求められる。その達成のためにデジタルデータによる施工プロセスの合理化が可能な建設用 3D プリンタが着目されている。これに用いられるモルタルには、押出性・積層性が要求される¹⁾。また、複雑な造形が可能であり、成形物の表面積を容易に増やすことができるため、環境負荷の低減を実現する CO₂ 吸収コンクリート²⁾との親和性が高く、材料として用いることで、カーボンニュートラルへの寄与が期待できる。

3D プリンタは意匠性に優れた部材の製作が実現できるが、それに伴い色調の選択肢の拡大が求められる。従来、コンクリートにおいては着色用顔料を用いた色調の調整方法が多用されてきた³⁾。

以上の背景を踏まえて、本研究では形状のみならず、色調においても美観を向上させるため、3D プリンティング用モルタルに着色用顔料を添加することを検討し、そのフレッシュ性状、色調および硬化性状について評価した。

2. 実験手順

2.1 モルタルの配合

本研究で用いる材料および配合を表 1 と表 2 に示す。配合(1)が基準であり、配合(2)～(4)には黄色、配合(5)～(6)には赤色の顔料を添加した。それぞれの添

加率は、粉体(P)に対して 1%、5%、10%、および 5%、10%とした。

2.2 実験概要

フレッシュ性状の評価として、ミニスランプ試験(JIS A 1171)とフロー試験(JIS R 5201)を行った。なおフロー試験では、0 打、1 打、5 打、10 打、15 打、20 打、25 打のフロー値を測定した。また、色調の評価として、分光測色計を用いて、硬化後の円柱供試体(φ50×100mm)の下面部に対して、L*値、a*値、b*値を各 5 回ずつ測定した。なお、L*値は色の明度を表しており、0 は黒、100 は白を表す³⁾。a*値は 0 を中心として負は緑寄り、正は赤寄りを表す³⁾。b*値は 0 を中心として負は青寄り、正は黄寄りを表す³⁾。さらに、黄色顔料を用いたモルタルの硬化物性として、材齢 28 日目の圧縮強度を測定した。

3. 実験結果

図 1、2 に示すように、ミニスランプ値およびフロー値において、黄色顔料は添加量が増加するにつれて減少し、5%から 10%に増加することで大きく低下した。一方、赤色顔料では 5%の添加でフレッシュ性状は大きく低下し、5%と 10%ではほとんど変わらない結果となった。顔料を外割で添加しているため、添加量が増えることで水粉体比が低下し、それに伴いフレッシュ性状も低下したと考えられる。また、顔料によりその傾向が異なるため、顔料の粒度や成分がフレッシュ性状に影響を与えている可能性も考えらえる。

表 1 使用材料

材料名	記号	密度
普通ポルトランドセメント	C	3.14g/cm ³
炭酸化混和材	γ	2.85g/cm ³
シリカヒューム	SF	2.23g/cm ³
珪砂	S	2.61g/cm ³
高性能AE減水剤	SP	

表 2 配合表

配合	W/P (%)	W/C (%)	単体量 (kg/m ³)					S	SP	〔外割添加〕 顔料(kg)
			W	P						
				C	γ	SF				
(1)	31	150	280	187	496	211	970	9.84 (1.1%)	—	
(2)									黄 8.95 (1%)	
(3)									黄 44.7 (5%)	
(4)									黄 89.4 (10%)	
(5)									赤 44.7 (5%)	
(6)									赤 89.4 (10%)	

図3～図5に分光測色系の結果を示す。L*値については、黄色顔料および赤色顔料において添加量に伴う変化はほとんど確認されなかった。a*値については、添加量に伴う変化はなく、赤色は5%の添加で十分な色調が得られると考える。b*値については、添加量の増加に伴い黄色側に大きく変化しており、黄色の色調が鮮やかになっていると考えられる。

図6に示すとおり、黄色顔料においては顔料の添加量の増加に伴い若干圧縮強度が高くなる傾向が確認された。これは顔料の添加により粉体量が増え、相対的に水量がわずかに減少したためと考えられる。

4. まとめ

- 1) 顔料の添加量が増加するにつれてフレッシュ性状は低下し、赤色顔料の方がフレッシュ性状の低下に及ぼす影響は大きい。
- 2) 赤色顔料は5%でも十分な色調が得られている。また、黄色顔料は5%以上の添加で色調が得られる可能性が考えられる。
- 3) 顔料が圧縮強度に及ぼす影響は小さい。

参考文献

- 1) 松井公兵ほか:3D プリント用モルタルのフレッシュ性状に関する評価方法の検討：コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.1570-1575, 2022
- 2) 取違剛：コンクリート分野における CO₂ 排出削減・有効利用と『CO₂-SUICOM』：日本エネルギー学会機関誌えねるみくす, Vol.99, No.4, pp.360-365, 2020
- 3) 陣内浩ほか：着色顔料を用いたモルタルの色調制御に関する基礎的研究：コンクリート工学, Vol.60, No.10, pp.894-901, 2022

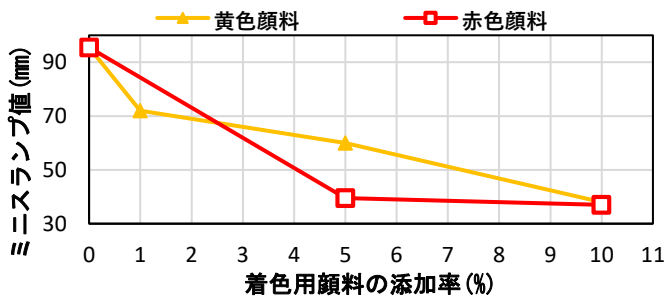


図1 ミニスラップ試験結果

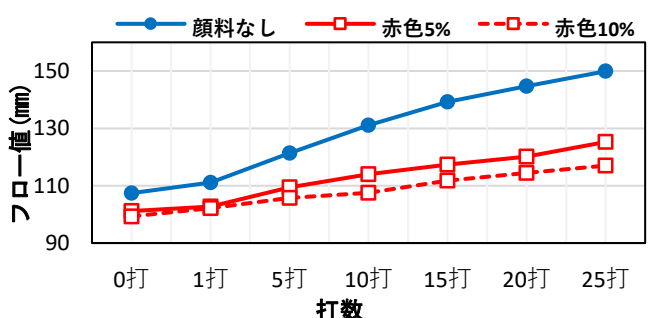
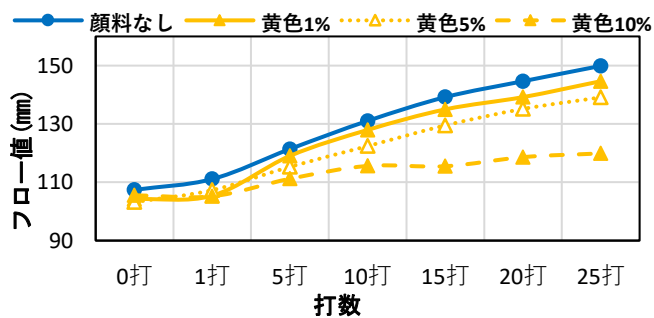


図2 フロー試験結果

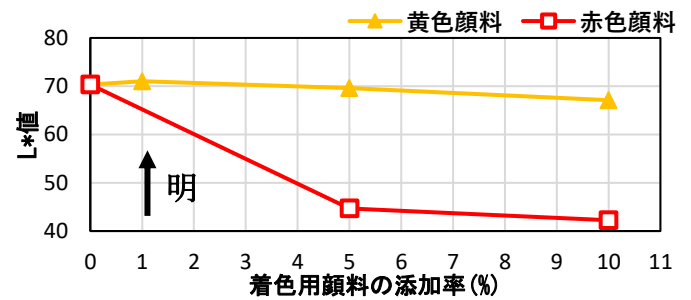


図3 L*値の試験結果

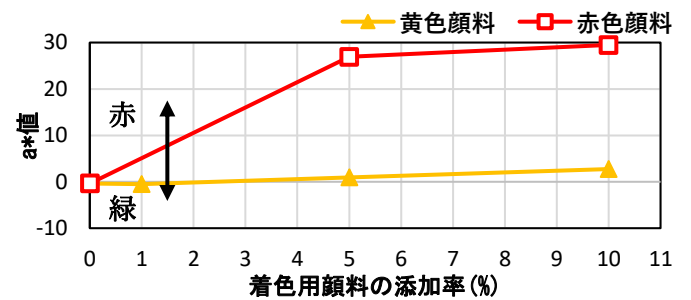


図4 a*値の試験結果

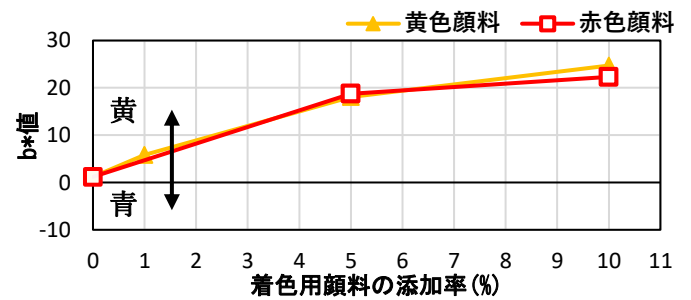


図5 b*値の試験結果

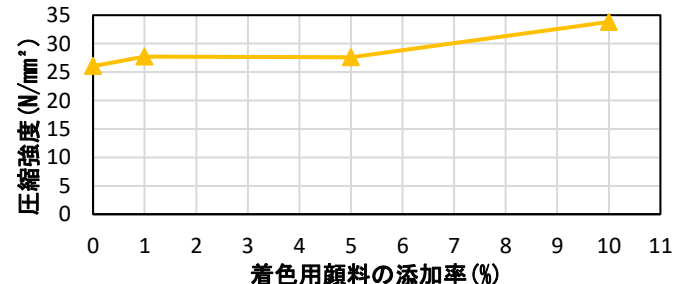


図6 圧縮試験結果