

建設用 3D プリンタによるフィラメントの強度評価

岐阜大学 学生会員 ○藤 駿哉, 石原 弘登
岐阜大学 正会員 宮島 朗, 國枝 稔

1. はじめに

近年、建設業界で実用化が進みつつある建設用 3D プリンタ（以下、3D プリンタ）の強度に関する評価は何層も積層した積層体を対象とすることが多く、積層体を構成する 1 本のモルタル（以下、フィラメント）の強度に関する知見はない。著者らの既往の研究¹⁾では 3D プリンタを用いて作製されたフィラメントの圧縮強度試験を行った結果、プリント直後の乾燥による強度低下が著しい結果を得た。そこで、本研究では異なる養生方法や急結剤噴霧の有無がフィラメントの圧縮強度に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 概要

本研究は、3D プリンタを用いて作製した積層体の圧縮強度を調べるために、ノズルから吐出したフィラメントを硬化させ、長さ 50mm 間隔に切断したものを供試体（以下、フィラメント供試体）とし、圧縮強度試験を行った。なお、比較対象としてモールドに同一配合の材料を充填した供試体（以下、モールド供試体）の圧縮強度も測定した。

2.2 本研究で用いる 3D プリンティング技術

本研究では図-1 に示すモノポンプとロボットアームをホースで接続した設備を使用した。ロボットアームの先端には直径 25mm の円形ノズルを取り付けた。

2.3 モルタルの配合

3D プリンタにおける材料はポンプでの吐出が可能な流動性と型枠がなくても変形しない自立性を両立させる必要がある。既往の研究¹⁾に示された配合を参考に、表-1 に示す配合のモルタルを使用した。

2.4 フィラメント供試体の作製

移動速度を 40mm/s に設定したノズルからモルタルを吐出し、1 本のフィラメントを作製した（図-2）。フィラメントは材齢 1 日までの養生方法を気中養生と封かん養生の 2 種類とし、急結剤（ケイ酸ナトリウム水溶液）噴霧の有無の 2 種類の合計 4 種類を各 5 本作製した。急結剤噴霧は、プリントされたフィラメントに対し、噴霧器を用いて吹きかけた。なお、プリント翌日から材齢 28 日まで水中養生を行い、所定の長さに切断した。モールドは直径 50mm のものを使用し、材齢 1 日まで封かん養生（PE シートにより被覆）し、その後材齢 28 日まで水中養生を行った。供試体ケースを表-2 に示す。



図-1 使用した 3D プリンタ
(左からモノポンプ、ロボットアーム)

表-1 モルタルの配合

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				
	水	早強 セメン ト	フライ アッシュ	5 号 硅砂	AE 減水 剤
32	333	722	311	722	5

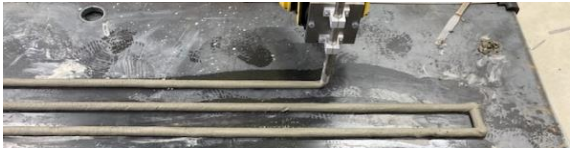


図-2 フィラメントのプリントの様子

表-2 供試体ケース

	供試体の種類	本数
フィラメント 供試体	封かん	5
	気中	5
	封かん(急結)	5
	気中(急結)	5
モールド供試体		3

キーワード 建設用 3D プリンタ, フィラメント, 圧縮強度, 養生条件, 急結剤

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL 058-293-2390

2.5 フィラメント供試体の形状寸法

フィラメント供試体の断面形状はノズルの形状とは異なるものとなった(図-3)。これは、ノズルの移動速度とポンプの吐出量のバランスに起因するものである。そのため、フィラメント供試体の長さを 50mm の一定とし、フィラメント供試体の空気中の質量と水中の質量の差から浮力を求め、アルキメデスの原理により体積を測定し、長さで除することでみかけの断面積を算出し、その後、圧縮強度試験を行った。



図-3 フィラメント供試体とノズルの断面形状

3. 実験結果および考察

フィラメント供試体の圧縮強度試験の結果を図-4 に変動係数を表-3 に示す。図-4 よりモールド供試体の圧縮強度が 70.5N/mm²であるのに対し、フィラメント供試体の圧縮強度は全てのケースにおいて小さい結果となった。

フィラメント供試体の急結剤噴霧の有無に着目すると、急結剤を噴霧したフィラメント供試体の強度が小さい結果となった。一般に急結剤の添加は初期材齢での強度発現が良好であるが、材齢の進行とともに強度の増進が小さくなる傾向にある²⁾。モルタルに混練りしてはいないものの、急結剤を噴霧したフィラメント供試体の材齢 28 日での圧縮強度がやや低下した理由として上記のことが考えられる。

表-3 より、フィラメント供試体の圧縮強度の変動係数はモールド供試体の圧縮強度の変動係数と比べ、全体的に大きい結果となった。これらの結果から、フィラメント供試体の圧縮強度はモールド供試体の圧縮強度に対し十分な強度を得られず、ばらつきが大きいためフィラメントを用いた圧縮強度の評価は難しいと結論付けることができる。

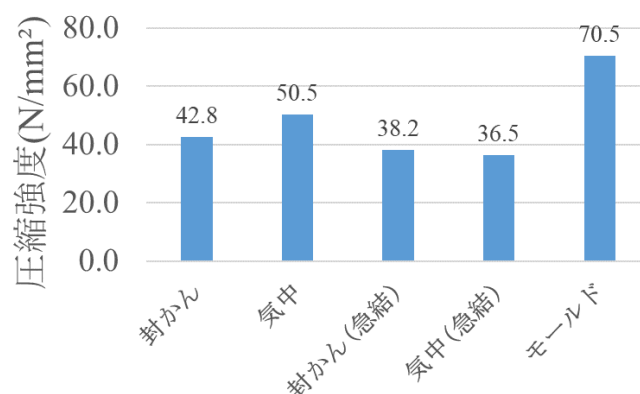


図-4 フィラメント供試体の圧縮強度

表-3 フィラメント供試体の圧縮強度の変動係数

	圧縮強度 (N/mm ²)	変動係数
封かん	42.8	0.20
気中	50.5	0.13
封かん(急結)	38.2	0.19
気中(急結)	36.5	0.19
モールド	70.5	0.07

4. まとめ

3D プリンタを用いて作製されたフィラメント供試体の材齢 1 日までの養生条件の違いによる圧縮強度への影響はあまり見られなかった。また、フィラメント供試体の圧縮強度は、同一材料で作製されたモールド供試体の圧縮強度と比べ小さく、ばらつきも大きいため、フィラメントを用いた圧縮強度による構造体の評価は難しいと予想される。

参考文献

- 1) 藤駿哉, 石原弘登, 宮島朗, 國枝稔: 建設用 3D プリンタの積層速度の評価, 土木学会中部支部研究発表会, V-05, p.p.17-19, 2022
- 2) 平間昭信, 安藤慎一郎, 荒木昭俊, 魚本健人: 急結剤の種類が吹付けコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響について, 土木学会第 55 回年次学術講演会, V-219, p.p.1-2, 2000