

3D プリンターにより製造された部材の強度特性について

デンカ(株)	正会員	○伊藤 慎也	デンカ(株)	非会員	吉岡 万穂
デンカ(株)	正会員	荒木 昭俊	(株)大林組	非会員	坂上 肇
(株)大林組	非会員	中村 允哉	(株)大林組	正会員	西澤 彩
(株)大林組	正会員	石関 嘉一	(株)大林組	非会員	金子 智弥

1. はじめに

近年、セメント系材料を用いた 3D プリンターによる建設分野への応用技術について国内外で研究開発が盛んに行われている。セメント系材料による 3D プリンターは材料を押し出しながら積層する方式が主流である。形状が崩れることなく一体化して硬化する特徴から型枠の組み立てや解体の時間を大幅に短縮することができ、曲面などの複雑な形状を容易に製造できる革新的技術として注目されている。一方で、積層の方向性による強度特性については曲げ強度が検討されているものの¹⁾、圧縮強度などの他の強度特性や長期的な耐久性に関するデータの蓄積は十分とはいえない。

本報告では、製造から 3 年が経過した実部材から試験体を切り出して採取し、各種物性を確認した。

2. 実験方法

2. 1 試験体を採取した部材の概要

試験体を採取した部材は、平面約 500mm×250mm、高さ 500mm であり、2017 年 10 月に製造を実施している。部材の外観を写真－1 に示す。その後は、東京都町田市の屋外にて保管した。モルタル材料は、急硬材、ポルトランドセメント、砂、チクソトロピー改善剤、短繊維を予め混合したプレミックスモルタルである。凝結遅延剤の使用量によって硬化時間を制御した。積層に用いたモルタル配合を表－1 に示す。練混ぜは、汎用のバッチ式ミキサーを用いて行い、一軸偏芯ねじポンプを用いて圧送し、ノズルより吐出して積層した²⁾。

2. 2 試験体の採取

a) 圧縮強さ

部材を積層痕が長手方向と積層痕が短手方向に入るように約縦 40mm×横 160mm×高さ 40mm

に切り出した。

b) 引張強度

部材を約縦 40mm×横 40mm×高さ 40mm に切り出した。

c) せん断強度

圧縮強度と同様に試験体を採取した。



写真－1 部材の外観図

表－1 モルタル配合 (kg/m³)

W/P (%)	水 (W)	プレミックスモルタル(P)	凝結遅延剤
16.4	271	1650	P×0.19%

2. 3 測定項目と試験方法

a) 圧縮強さ

JIS R 5201 の圧縮強さ試験の方法に準拠した。積層痕が長手方向に入った試験体は、積層痕と直交、積層痕が短手方向に入った試験体は、積層痕と平行の向きで載荷した。図－1 に試験体の積層痕方向を示す。

b) 引張強度

試験体を直接引張試験用治具にエポキシ樹脂接着剤によって取り付け、万能試験機を用いて直接的に引張応力をかけた。積層痕と直交した向きと積層痕と平行した向きで引張応力をかけたものとした。図－1 に試験体の積層痕方向を示す。

c) せん断強度

キーワード 3D プリンター、自動化、生産性向上、耐久性
連絡先 〒949-0393 新潟県糸魚川市大字青海 2209
デンカ(株) 青海工場 セメント・特混研究部 TEL 025-562-6306

図-2に示すような直接二面せん断試験方法とした。載荷の向きは、圧縮強さと同様とした。

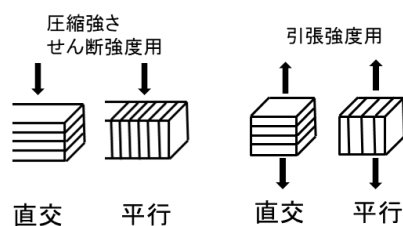


図-1 試験体の積層痕方向

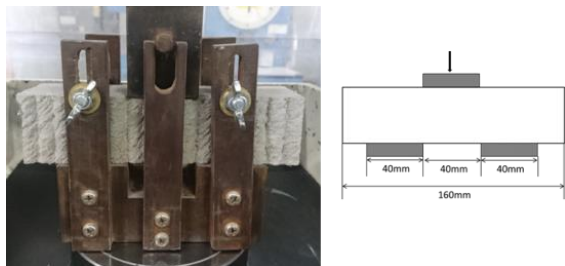


図-2 せん断強度の試験方法

3. 試験結果

圧縮強さ試験の結果を図-3に示す。積層痕と直交に載荷したものは 53.7N/mm^2 、平行は 53.2N/mm^2 であった。差は 0.5N/mm^2 であり積層の方向性に依らず同等の強度であることを確認した。また、別日に同一材料および同一配合で練り混ぜ、JIS R 5201 に準拠した型枠を用いて作成した試験体の気中養生28日の圧縮強さは、 60.6N/mm^2 であった。本試験の試験体は実部材から切り出しており、その精度は鋼製の型枠よりも劣るものと考えられる。そのため、部材製造から3年が経過しても著しい強度低下はないものと考えられる。

引張強度試験の結果を図-4に示す。積層痕と直交に引張応力をかけたものは 1.7N/mm^2 、平行は 1.9N/mm^2 であった。差は 0.2N/mm^2 であり圧縮強さ同様に積層の方向性に依らず同等の強度であることを確認した。本結果より、積層間の付着が弱まることなく一体性が確保されているものと考えられる。

せん断試験の結果を図-5に示す。積層痕と直交に載荷したものは 11.3N/mm^2 、平行は 13.7N/mm^2 であった。平行に比べて直交がやや低い結果であった。しかし、圧縮強さおよび引張強度は積層の方向性に依らず同等であったことから、実部材からの切り出しによる影響を受けたものと思われ、誤差の範囲内であると考えられる。

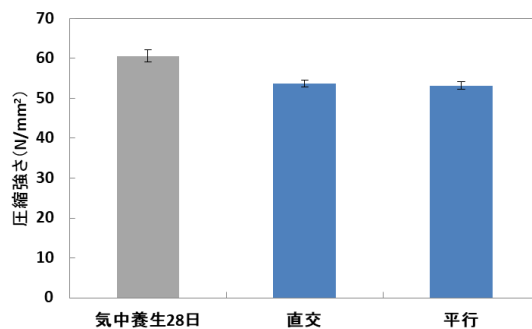


図-3 圧縮強さの試験結果

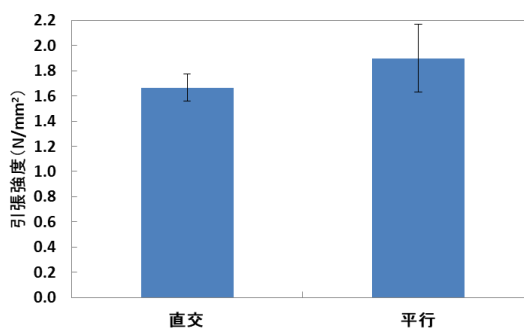


図-4 引張強度の試験結果

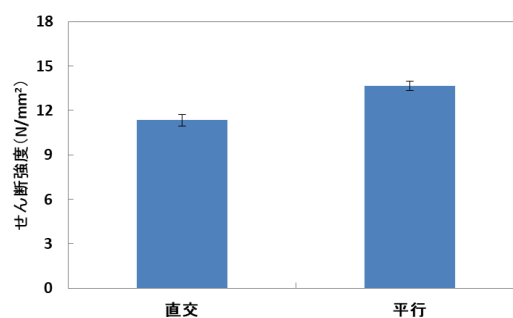


図-5 せん断強度の試験結果

4. まとめ

製造から3年が経過した実部材から積層の方向性を変えた試験体を切り出して強度特性を確認した。その結果、積層の方向性に依らず部材は一体化しており、部材製造時から著しい強度低下も認められなかった。

参考文献

- 1) 坂上肇ほか: 積層工法による部材製造に関する研究 その2 出来形寸法の制御と力学的性能の考察、日本建築学会大会、pp.1295~1296、2018
- 2) 坂上肇ほか: 積層工法による部材製造に関する研究 その1 ロボットアームを用いたモルタルブロックの製造、日本建築学会大会、pp.1293~1294、2017