

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：33919
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：21K04344
研究課題名（和文）建設用3Dプリンターのためのセメント系材料の開発およびプリンティング方法の確立

研究課題名（英文）Development of cementitious materials for 3D construction printers and establishment of printing methods

研究代表者
寺西 浩司（TERANISHI, Kohji）
名城大学・理工学部・教授

研究者番号：30340293
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、まず、セメント系材料のチクソトロピー性の合理的な評価方法を確立した。次に、チクソトロピー性を効果的に付与することで押出し性、積層性および閉塞抵抗性を同時に満足する3Dプリンティング用モルタルを開発した。そして、3Dプリンターによる押出し・積層試験を行い、その性能を確認した。また、このほかに、急硬タイプの3Dプリンティング用モルタルの開発の道筋をつけた。さらに、3Dプリントされたモルタル積層体の層間の付着強度や耐久性が低下しにくいプリンティング方法を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

建設用3Dプリンターのためのモルタルを、その要求性能と照らし合わせながら、レオロジーに基づき理論的に開発した点に学術的意義がある。また、建設3Dプリンティングのための材料は、これまでも3Dプリンターメーカーにより独自に開発されてきたが、その構成材料や調合は非公開であった。このような状況下において、本研究の成果が公開され、だれもが汎用の3Dプリンティング用モルタルを使用できるようになったことで、建設3Dプリンティングの今後の普及に弾みがつくことが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, a rational evaluation method for thixotropic properties of cementitious materials was first established. Next, a 3D printing mortar was developed that simultaneously satisfies extrudability, buildability and blockage resistance by effectively imparting thixotropy. Extrusion and lamination tests were then conducted using a 3D printer, and its performance was confirmed. In addition, the way was paved for the development of a rapid-hardening mortar for 3D printing. Furthermore, a printing method that minimizes the reduction of interlayer bond strength and durability of the 3D-printed mortar laminates was identified.

研究分野：工学

キーワード：3Dプリンター モルタル セメント系材料 繊維 レオロジー チクソトロピー 静的降伏応力 回転粘度計

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近い将来に確実に訪れる深刻な建設技能労働者不足の時代に備え、建築工事は、従来のマンパワーに頼ったアナログな生産体制から、最新のデジタルテクノロジーに根ざした次世代の生産体制への脱却が求められている。そして、その有力な手段となるのが、情報化施工やデジタルアプリケーションなどに関する技術である。中でも、特に、3Dプリンターを用いて型枠なしで建築物を積層造形する工法は、省人化・省力化、デザインの自由度、安全性などの点で従来のコンクリートの施工方法に比べて高い優位性をもつものと期待される。

一方、我が国で、今後、3Dプリンティングを建築工事に本格的に導入していくためには、①実大スケールの実用的なプリンターの開発、②3Dプリンティングに最適化された材料の開発、③3Dプリンティングの利点を活かした製造・施工方法の検討、④3Dプリンティングを適用しやすい構造物や部材の検討など、数々の課題を解決していく必要がある。また、これらの中でも、特に②の材料開発が最も緊急性の高い課題であるといえる。

建設3Dプリンティングの一般的な工程は、押し出し方式の場合、図1に示すように、ホッパー内に貯蔵されたプリンティング材料が輸送管内をノズルまで圧送される段階(配送フェーズ)と、ノズルから吐出されたプリンティング材料が造形物に積層される段階(積層フェーズ)の2つのフェーズから成る。そして、プリンティング材料に対しては、配送フェーズで「押し出し性」(流動性)が要求される一方で、積層フェーズでは積層体の「積層性」(自立性)が要求される。これら2つの要求性能はトレードオフの関係にあり、研究開始当初、この両方の性能を十分に両立できるようなプリンティング材料、もしくはプリンティング方法は見出されていなかった。

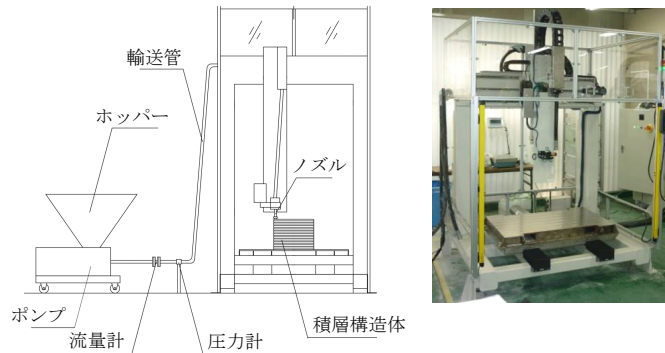


図1 建設用3Dプリンターの機器構成

2. 研究の目的

建設用3Dプリンターのためのセメント系材料の開発およびプリンティング方法の確立を最終的な目的とし、次の課題に取り組んだ。

- (1) セメント系材料のチクソトロピー性の評価方法の検討 [課題1]
- (2) 建設3Dプリンティングに用いるためのモルタルの開発
 - i) モルタルのチクソトロピー性を向上させる方法の検討 [課題2-1]
 - ii) 3Dプリンティング用モルタルの試作 [課題2-2]
 - iii) 3Dプリンティング用モルタルのプリント性能の検討 [課題2-3]
 - iv) 急硬タイプの3Dプリンティング用モルタルの開発に関する基礎的検討 [課題2-4]
- (3) 3Dプリントモルタル積層体の層間の付着強度および耐久性の検討 [課題3]

3. 研究の方法

- (1) セメント系材料のチクソトロピー性の評価方法の検討 [課題1]

先行研究において、モルタルがチクソトロピー性を有する場合、流動曲線(せん断応力-せん断速度関係)の極小せん断速度領域に、せん断応力が上昇に転ずる負の勾配が発現し(図2)、その切片(すなわち、静的降伏応力)をチクソトロピー性の評価に活用することができると報告

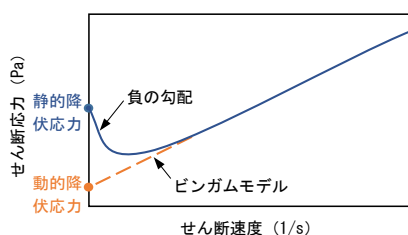


図2 負の勾配を有する流動曲線

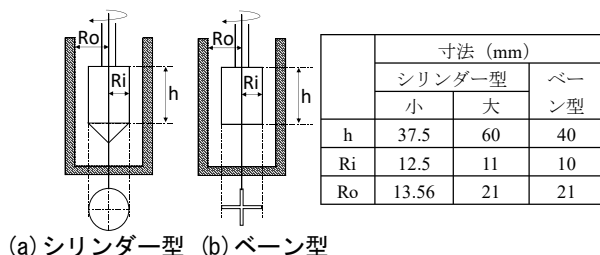


図3 スピンドル

されている。そこで、[課題 1] では、このことを踏まえ、ダイユータンガム (DG) や高性能減水剤 (SP) の添加率を変化させたセメントペーストを対象とし、タイプの異なるスピンドル (図 3) を用いて回転粘度計により流動曲線を測定した。そして、建設 3D プリンティングに用いるセメント系材料のチクソトロピー性を評価する方法について検討した。

(2) 建設 3D プリンティングに用いるためのモルタルの開発

i) モルタルのチクソトロピー性を向上させる方法の検討 [課題 2-1]

押し出し方式の建設 3D プリンティングでは、輸送管内で円滑に流動する「押し出し性」と積層後に自立する「積層性」がモルタルに求められる。そして、これらの相反する 2 つの性能を両立させるためには、モルタルに高いチクソトロピー性を付与することが一つの手段になるものと考えられる。そこで、[課題 2-1] では、モルタルに効果的にチクソトロピー性を付与する手段として、混和材の添加、微細繊維の混入、細骨材粒度の調整の 3 種類の可能性を検討した (表 1 および 2)。なお、検討にあたっては、[課題 1] で考案した評価方法を用いた。

表 1 実験要因と水準

実験	要因	水準
a	DG 添加率 (C×%)	0, 0.015, 0.03, 0.06
b	微細繊維種類	PO-1, PO-6, PO-7, GL
	繊維混入率 (Vo1%)	0, 0.5, 1.0, 2.0 (GLのみ)
c	細骨材粒度*	C2, S2, S1.2, S0.6, S0.3, S0.15

* C2 は連続粒度 (最大寸法 2mm), S は単一粒度 (記号の数値は粒度 (mm) を示す)

表 2 使用した微細繊維

記号	種類	仕様
PO-1	ポリオレフィン繊維	平均繊維長 0.1mm 以下, 繊維径 10 μ m, 密度 0.96g/cm ³
PO-6		平均繊維長 0.6mm, 繊維径 10 μ m, 密度 0.96g/cm ³
PO-7		平均繊維長 0.7mm, 繊維径 10 μ m, 密度 0.96g/cm ³
GL	ガラス繊維	平均繊維長数十~数百 μ m, 繊維径約 10 μ m, 密度 2.8g/cm ³

ii) 3D プリンティング用モルタルの試作 [課題 2-2]

[課題 2-2] では、建設 3D プリンティングに用いるためのチクソトロピー性を高めたモルタルの試作を目的として、まず、変性したダイユータンガムを添加した場合、および変性ダイユータンガムと微細繊維を同時混入した場合のモルタルのチクソトロピー性向上効果について検討した (表 3)。次に、その結果を踏まえ、実際の 3D プリンティングに供するためのモルタルを試作し、そのモルタルの押し出し試験 (図 4) および自立性評価試験 (図 5) を行った。

表 3 実験要因と水準

実験	要因	水準
1	DG 種類*	OD, DD-7, DD-11, DD-12, DD-13, DD-14
	DG 添加率 (%)	0, 0.03, 0.06
2	DG 添加率 (%)	0, 0.03, 0.06
	繊維混入率 (%)	0, 0.5, 1.0, 0.25, 0.5

* OD は通常のダイユータンガム, DD は各種変性ダイユータンガム

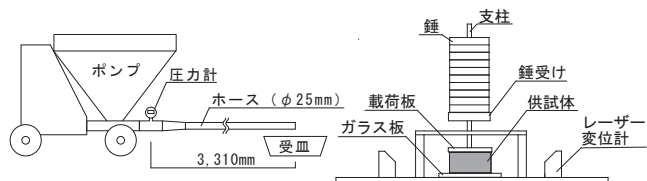


図 4 押し出し試験

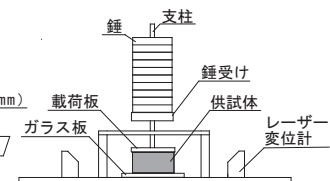


図 5 自立性評価試験

iii) 3D プリンティング用モルタルのプリント性能の検討 [課題 2-3]

[課題 2-2] では、「押し出し性」と「積層性」を両立可能なモルタルを試作した。しかし、3D プリンティングでは、これらの性能のほかにも、圧送時にモルタルが輸送管内で閉塞しない「閉塞抵抗性」が要求されることが明らかとなった。そこで、[課題 2-3] では、まず、3D プリンティング用モルタルの閉塞抵抗性を確保する方法を検討し (表 4)、そのうえで、実用的な 3D プリンティング用モルタルの調合を設定した。そして、実機 3D プリンターを用いて押し出し・積層試験を行い (写真 1)、押し出し性、積層性および閉塞抵抗性を同時に満足するモルタルの調合を検討した (表 5)。

表 4 実験ケース

ケース名	DG 添加率 (C×%)	繊維混入率 (Vo1%)
D0-F0*	0	0
D0-F0.25		0.25
D0-F0.50		0.50
D0.03-F0	0.03	0
D0.03-F0.25		0.25
D0.03-F0.50		0.50
D0.06-F0	0.06	0
D0.06-F0.25		0.25
D0.06-F0.50		0.50
D0.12-F0	0.12	0



写真 1 3D プリンター

表 5 実験ケース

ケース名	DG 添加率 (%)	繊維混入率 (%)	W/C (%)	s/c
D0-F0	0	0	30	1.5
D0-F0.2		0.2		
D0.03-F0.2		0.2		
D0.06-F0	0.06	0	30	1.5
D0.06-F0.2		0.2		
D0.06-F0.4		0.4		
PMM	-	-	-	-

iv) 急硬タイプの 3D プリンティング用モルタルの開発に関する基礎的検討 [課題 2-4]

[課題 2-1] ~ [課題 2-3] では、モルタルにチクソトロピー性を付与することで「押し出し性」と「積層性」の両立を図ってきた。しかし、この方法の場合、一度に積層できる積層高さに自ずと限界が生じるものと考えられる。そこで、[課題 2-4] では、[課題 2-3] までは別の手段として、硬化促進剤 (急硬剤または急結剤) を添加し、モルタルの水和を促進させて積層性を確保する方法に着目し、その可能性を探るための基礎的な検討を行った (表 6)。

表 6 実験要因と水準

要因	水準
硬化促進剤種類	急硬化 (H), 急結剤 (A)
硬化促進剤添加率 (%)	0, 3, 5, 7
凝結遅延剤 (R) 添加率 (%)	0, 0.5

(3) 3D プリントモルタル積層体の層間の付着強度および耐久性の検討 [課題 3]

押出し方式の建設 3D プリンティングでは、層間が一体化しにくく、その付着強度が従来の鉄筋コンクリート造の引張強度より小さくなってしまふことが懸念される。また、外気や水分の侵入などに起因する劣化に対しても層間が弱点になり得る。そこで、[課題 3] では、建設用 3D プリンターを用いて積層試験体を作製し、積層幅および 1 層当たりの積層高さが層間付着強度 (図 6) および耐久性 (図 7 および 8) に及ぼす影響について検討した。

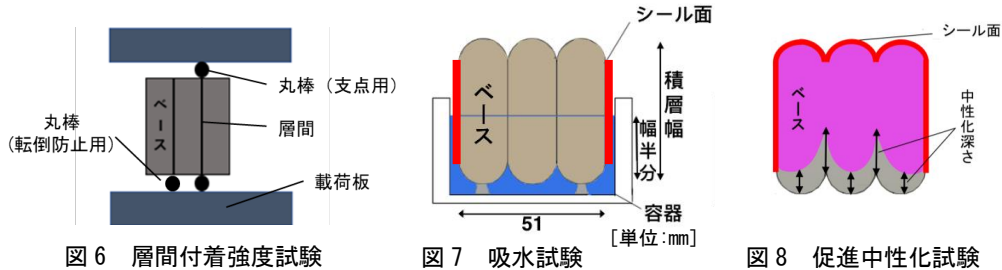


図 6 層間付着強度試験

図 7 吸水試験

図 8 促進中性化試験

4. 研究成果

(1) セメント系材料のチクソトロピー性の評価方法の検討 [課題 1]

[課題 1] の検討により、①回転粘度計による測定において、チクソトロピー性を有するセメントペーストに対し、ベーン型スピンドルを使用し、応力緩和曲線測定プログラムにより測定を行った場合にその流動曲線に負の勾配が発現する (図 9)、②上記①で得られた静的降伏応力と応力制御プログラムで得られた静的降伏応力の値はおおよそ一致する (図 9)、などの知見を得た。

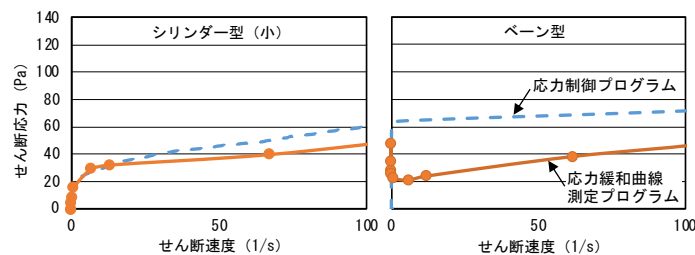


図 9 ダイユータンガムを添加したセメントペーストの流動曲線

(2) 建設 3D プリンティングに用いるためのモルタルの開発

i) モルタルのチクソトロピー性を向上させる方法の検討 [課題 2-1]

[課題 2-1] の検討により、ダイユータンガムや繊維長 0.6mm のポリオレフィン微細繊維 (PO-6) を一定量以上添加・混入することで、「降伏応力の差」(図 2 における「静的降伏応力-動的降伏応力」)が増大し、モルタルにチクソトロピー性を効果的に付与することができる (図 10)。すなわち、建設 3D プリンティングにおいて押し出し性を低下させずに、積層性を高めることが可能と考えられる、との知見を得た。

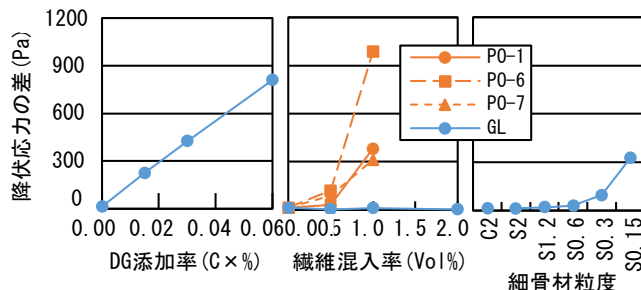
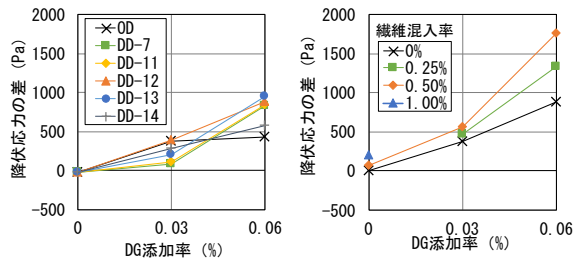


図 10 各種要因が降伏応力の差に及ぼす影響

ii) 3D プリンティング用モルタルの試作 [課題 2-2]

[課題 2-2] の検討により、①仕込み比の低い変性ダイユータンガムを添加すると、通常のダイユータンガムに比べてモルタルのチクソトロピー性がやや向上する (図 11(a))、②ダイユータンガムとポリオレフィン繊維を組み合わせると、モルタルにチクソトロピー性をより効果的に付与できる (図 11(b))、ことなどを明らかにした。また、モルタルにポリオレフィン繊維を混入してチクソトロピー性を付与することで (図 12 中の FFM-37)、3D プリンティングに要求される押し出し性および積層性を確保できるという見通しを得た。



(a) 変性 DG の種類の影響 (b) DG と繊維の同時混入の影響
図 11 降伏応力の差

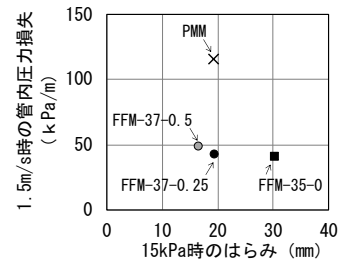


図 12 管内圧力損失およびはらみ

iii) 3D プリンティング用モルタルのプリント性能の検討 [課題 2-3]

[課題 2-3] の検討により、①加圧ブリーディング試験における 60 秒脱水率を低下させ、圧送時の閉塞抵抗性を向上させるためにはモルタルの塑性粘度を高める必要があり、その手段としては、ダイユータンガムの添加が有効である (図 13)、②押し出し性を向上させるためには、閉塞抵抗性を確保できる範囲でダイユータンガムの添加率をできるだけ低く設定すればよい、③微細繊維を混入すると積層性 (形状安定性) が向上する可能性がある (写真 2 および図 14)、などの知見を得た。

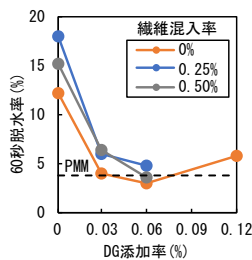


図 13 60 秒脱水率と DG 添加率の関係



写真 2 積層体

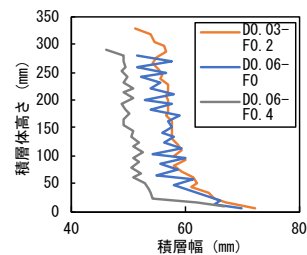


図 14 積層体高さ と 積層幅の関係

iv) 急硬タイプの 3D プリンティング用モルタルの開発に関する基礎的検討 [課題 2-4]

[課題 2-4] の検討により、①硬化促進剤の種類および添加率、凝結遅延剤の添加率の組合せによりモルタルの凝結時間を広範に調整することができる (図 15)、②モルタル積層体のたわみと貫入抵抗値の間には高い相関が見られる (図 16)、③硬化促進剤の添加により高さ 1m 程度のモルタル積層体の早期のはらみを十分に小さく制御することが可能である (図 17)、などの知見を得た。

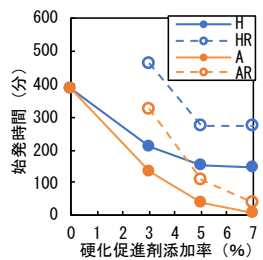


図 15 始発時間と硬化促進剤添加率の関係

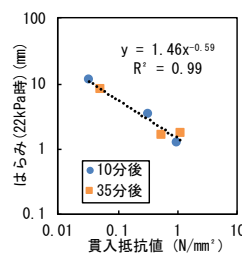


図 16 はらみと貫入抵抗値の関係

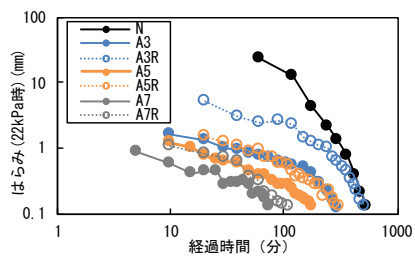


図 17 はらみの推定値 (急結剤を添加したケース)

(3) 3D プリントモルタル積層体の層間の付着強度および耐久性の検討 [課題 3]

[課題 3] の検討により、①層間付着強度は、積層幅が小さいと高くなり、積層幅がノズル内径 (実験では $\phi 25\text{mm}$ のノズルを使用) より小さい場合に、一体打ちの場合の引張強度と同等以上となる (図 18)、②吸水試験による水分は層間から浸透し、そこからさらに内部に広がっていく (写真 3)。また、層間からの吸水量は積層高さが高いほうが多くなる、③中性化は、層間を含む表層全体に均一に進行し、中性化深さは、積層幅が大きいくほど大きくなる、などの知見を得た。

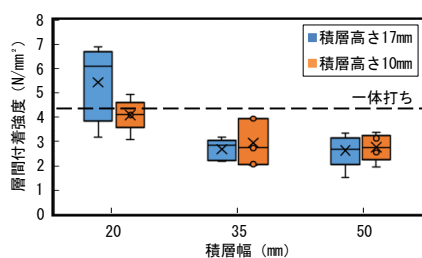


図 18 層間付着強度

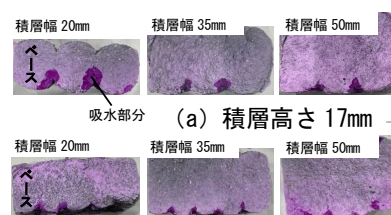


写真 3 吸水状況

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 寺西浩司, 藤田健太郎	4. 巻 Vol.44, No.1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングに用いるセメント系材料のチクソトロピー性の評価方法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1540-1545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 長谷川周平, 寺西浩司	4. 巻 Vol.44, No.1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングに用いるモルタルの強度特性に関するいくつかの考察	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1546-1551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 前田周磨, 寺西浩司	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングに用いるための繊維補強モルタルに関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 915-916
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 吉牟田千晴, 寺西浩司, 長谷川周平	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングのための高チクソトロピー性を有するモルタルの開発 (その1. チクソトロピー性の評価方法の検討)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 917-918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 室田真子, 寺西浩司, 長谷川周平, 吉牟田千晴	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングのための高チクソトロピー性を有するモルタルの開発(その2. モルタルのチクソトロピー性を向上させる方法の検討)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 919-920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 藤田健太郎, 寺西浩司	4. 巻 A-1
2. 論文標題 種々の混和材を添加したセメントペーストのチクソトロピー性(その2. チクソトロピー性の評価方法の検討)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 107-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉牟田千晴, 寺西浩司, 藤田健太郎	4. 巻 A-1
2. 論文標題 種々の混和材を添加したセメントペーストのチクソトロピー性(その3. 混和材を添加したセメントペーストのチクソトロピー性の測定)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 109-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長谷川周平, 寺西浩司	4. 巻 A-1
2. 論文標題 3Dプリンティングで積層されるモルタルの層間付着強度に関する一考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 143-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長谷川周平, 寺西浩司	4. 巻 60
2. 論文標題 建設3Dプリンティングに用いるためのモルタルの強度特性に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会東海支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 前田周磨, 寺西浩司, 長谷川周平, 吉牟田千晴	4. 巻 Vol.45, No.1
2. 論文標題 建設3Dプリンティング用モルタルへのチクソトロピー性の付与とその評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1630-1635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 前田周磨, 寺西浩司, 朴相俊, 服部宏己	4. 巻 A-1
2. 論文標題 デジタル画像相関法による繊維補強モルタルの割裂引張強度試験方法の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 257-258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 室田真子, 寺西浩司, 小林智史	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングのための高チクソトロピー性を有するモルタルの開発 (その3. モルタルのチクソトロピー性に対するダイユータンガムおよび微細繊維の影響)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1309-1310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂上海渡、寺西浩司、室田真子、前田周磨、李晨、ソウキビン	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングのための高チクソトロピー性を有するモルタルの開発（その4. 3Dプリンティング用モルタルの押出し試験および自立性評価試験）	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1311-1312
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 李晨、寺西浩司、前田周磨、ソウキビン、生野雅弥、梶田秀幸、宮澤友基	4. 巻 A-1
2. 論文標題 3Dプリントされたモルタル積層体の層間付着強度および耐久性に対する積層条件の影響（その1. 実験概要）	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1329-1330
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 ソウキビン、寺西浩司、前田周磨、李晨、生野雅弥、梶田秀幸、宮澤友基	4. 巻 A-1
2. 論文標題 3Dプリントされたモルタル積層体の層間付着強度および耐久性に対する積層条件の影響（その2. 層間付着強度および耐久性に対する積層条件の影響）	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1331-1332
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 生野雅弥、寺西浩司、前田周磨、李晨、ソウキビン	4. 巻 A-1
2. 論文標題 3Dプリントされたモルタル積層体の層間付着強度向上に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1337-1338
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 李晨、寺西浩司、ソウキピン、梶田秀幸	4. 巻 Vol.46、No.1
2. 論文標題 積層条件が3Dプリントされたモルタル積層体の層間付着強度および耐久性に及ぼす影響	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 前田周磨、寺西浩司	4. 巻 Vol.46、No.1
2. 論文標題 建設3Dプリンティング用モルタルの調合に関する基礎的研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小杉梓恩、寺西浩司、前田周磨、坂上海渡	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングに用いるモルタルの調合に関する基礎的研究 (その1. 3Dプリンティングモルタルの閉塞抵抗性に関する検討)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 坂上海渡、寺西浩司、前田周磨、小杉梓恩	4. 巻 A-1
2. 論文標題 建設3Dプリンティングに用いるモルタルの調合に関する基礎的研究 (その2. 実機3Dプリンターによる押出し試験および積層試験)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 前田周磨、寺西浩司、小杉梓恩、坂上海渡	4. 巻 A-1
2. 論文標題 3Dプリンティング用モルタルに適した硬化促進剤に関する基礎的研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 宮澤友基、南浩輔、西條圭祐、梶田秀幸、李晨、寺西浩司	4. 巻 -
2. 論文標題 3Dプリンティングで作製したモルタル積層体における中性化特性の基礎的検討	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 土木学会年次学術講演会講演概要集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 寺西浩司
2. 発表標題 建築分野における3Dプリンティングの動向
3. 学会等名 土木学会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺西浩司
2. 発表標題 フレッシュコンクリートのレオロジー評価
3. 学会等名 日本コンクリート工学会中部支部 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺西浩司
2. 発表標題 建設3Dプリンティング技術
3. 学会等名 コンクリート技術支援機構 + 中部セメントコンクリート研究会（共催）（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------