

第 23 回「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業

技術開発共同研究

アジテータ車におけるシリカフェームスラリー添加による
高耐久コンクリートの製造方法に関する研究

報 告 書

新潟大学

(株) 福田組

デンカ (株)

目 次

第 1 章 序論

第 2 章 実験概要

- 2.1 はじめに
- 2.2 使用材料及び配合
- 2.3 モルタル及びコンクリートの練混ぜ

第 3 章 実験結果及び考察

- 3.1 モルタルによる試験の結果
- 3.2 コンクリートによる試験の結果（室内実験）
- 3.3 コンクリートによる試験の結果（実機試験）

第 4 章 研究成果からの提言

- 4.1 研究結果を踏まえた総括
- 4.2 今後の展開
- 4.3 地域への研究成果公開・還元

参考文献

謝辞

第1章 序論

既往の研究により、高炉セメントB種にシリカフュームを混和した3成分系結合材を用いることで、コンクリートの塩分浸透抵抗性及び凍結防止剤によるスケーリング抵抗性を大きく向上させることができることが明らかにされている。

しかし、近年の経営状態の厳しい中で、レディーミクストコンクリート工場に材料サイロを増設することは難しく、これが3成分系高耐久コンクリートの普及を妨げる一つの原因となっている。

一方で、スラリー化した膨張材をアジテータ車に現場で添加し、ドラムの高速攪拌によって均一に分散させる技術が確立されている。

本研究では、この技術を応用して、シリカフュームスラリーをアジテータ車に添加して3成分系高耐久コンクリートを製造する技術を確立することを目的とした。具体的な検討項目は下記の通りである；

- ① 化学混和剤の種類、添加量、添加時期の検討
- ② アジテータ車での攪拌条件（攪拌時間、化学混和剤の分割添加の効果など）

上記の影響がコンクリートの諸性質（均質性、コンシステンシー、空気量の経時変化と硬化後の気泡間隔係数）に及ぼす影響を検討した。

まず、モルタルにシリカフュームスラリーを後添加することで、フレッシュ性状と硬化性状に及ぼす影響を検討した。その結果、スラリーを一括練混ぜたものは練上がり直後のフロー値が大きい、時間経過による低下がスラリーを後添加したものより大きいことが分かった。また、化学混和剤の分割添加はモルタルの流動性の回復に有効であることが示された。モルタルの圧縮強度に関しては、スラリーの添加時間や化学混和剤の分割添加による影響は小さかった。

この結果を踏まえ、コンクリートによる室内実験を行った。スラリーの添加時間をベースコンクリートの練上がり30分後とし、スラリーの後添加がコンクリートに及ぼす影響を検討した。その結果、スラリーを後添加することで、コンクリートのスランプと空気量の低下が非常に大きいことが分かった。そのため、流動化剤及びAE剤を後添加する実験も行った。流動化剤及びAE剤の後添加により、コンクリートのスランプ及び空気量の調整が可能であることが分かった。一方、コンクリートでの化学混和剤の分割添加はモルタルのような効果が得られなかった。コンクリートの圧縮強度に関しては、化学混和剤の分割添加や流動化剤及びAE剤の後添加による影響は小さかった。

最後に、実際にアジテータ車にスラリーを添加する実験を行った。実験が12月と1月に行われ、気温が低かったことが影響している可能性もあるが、スラリーを後添加してもコンクリートのスランプと空気量の低下は小さかった。さらに、硬化後のコンクリートにおいても圧縮強度の低下はなく、変動係数も小さかった。さらに、気泡間隔係数も十分小さい値を示しており、スラリーをアジテータ車に添加し、均質な3成分系コンクリートを製造することが可能であることを確かめた。また、化学混和剤を後添加することにより、コンクリートのスランプと空気量を制御することが可能であることも分かった。

第2章 実験概要

2.1 はじめに

本研究では、予備的な検討としてモルタルによる実験を行った。また、モルタルによる試験の結果に基づき、コンクリートによる検討をより詳細に行い、さらに実機（アジテータ車）を用いた検証を行った。

モルタル試験では、シリカフェームスラリーの添加時期と化学混和剤の添加時期を変化させて実験を行い、これらの要因がモルタルのフレッシュ性状と強度に及ぼす影響を検討した。

コンクリートの室内実験では、ベースコンクリートのスランプ、シリカフェームスラリーの添加時期、化学混和剤の種類、添加量、添加時期を変化させて実験を行い、これらの要因がコンクリートの品質に及ぼす影響を検討した。

コンクリートの実機試験では、シリカフェームスラリーの添加時期を一定（ベースコンクリート練上がり後 30 分）とし、アジテータ車の攪拌効果に影響を及ぼす主要因として、水セメント比、ベースコンクリートのスランプ、攪拌時間、化学混和剤の種類、添加方式を取り上げて検討した。

2.2 使用材料及び配合

2.2.1 モルタル

モルタルは、結合材として普通ポルトランドセメント（以下 OPC）と高炉スラグ微粉末（以下 BFS）とシリカフェーム（以下 SF）を用いた。シリカフェームはシリカフェーム粉体と水粉体比が 1 : 1 のシリカフェームスラリー（以下 SFS）を用いた。細骨材はセメント協会のセメント強さ試験用標準砂（密度 2.64g/cm^3 ）を用いた。化学混和剤としては、リグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体の AE 減水剤及びポリアルキレングリコール誘導体系の AE 補助剤を用いた。各材料の品質を表 2.1～2.3 に示す。

モルタルの配合を表 2.4 に示す。基準配合はシリカフェーム粉体を他の材料とともに一括練混ぜたもので、ベース配合はシリカフェームスラリー分の単位水量を減して練混ぜたもので、シリカフェームスラリー添加後は基準配合と同じになる。水結合材比を 45% とし、高炉スラグ微粉末とシリカフェーム、またはスラリー中のシリカフェーム固形分の置換率（質量比）をそれぞれ 40%、3% とした。

表 2.1 普通ポルトランドセメントの物理化学的性質

普通ポルトランドセメント (OPC)

Chemical composition (%)						
ig. loss	SiO ₂	MgO	SO ₃	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0.71	20.89	1.54	2.08	65.11	5.44	2.94

密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
3.16	3450

全アルカリ (%)
0.62

表 2.2 高炉スラグ微粉末の物理化学的性質

高炉スラグ微粉末 (BFS)

Chemical composition (%)						
ig. loss	SiO ₂	MgO	SO ₃	CaO	Al ₂ O ₃	FeO
1.70	32.58	5.95	2.08	42.33	12.85	0.25

密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
2.91	4010

全アルカリ (%)
0.45

表 2.3 シリカフェームの物理化学的性質

シリカフェーム (SF) Elkem Microsilica Grade 940U

Chemical composition (%)						
ig. loss	SiO ₂	MgO	SO ₃	CaO	Si	Cl ⁻
1.04	96.4	0.36	0.11	0.16	0.08	0.10

密度 (g/cm ³)	比表面積 (m ² /g)
2.20	20.10

全アルカリ (%)
-

表 2.4 モルタルの配合

(a) 基準配合

W/B (%)	単体量 (kg/m ³)						
	水 W	セメント C	高炉 スラグ BFS	シリカ フューム 粉体	細骨材 S	AE 減水剤 (L/m ³)	AE 補助剤 (g/m ³)
45	280	365	256	19	1320	1.6	32

(b) ベース配合 (シリカフュームスラリー添加前)

W/B (%)	単体量 (kg/m ³)					
	水 W	セメント C	高炉 スラグ BFS	細骨材 S	AE 減水剤 (L/m ³)	AE 補助剤 (g/m ³)
45	261	365	256	1320	1.6	32

2.2.2 コンクリート

コンクリートは室内実験と実機試験ともに、結合材として高炉セメント B 種（以下 BB、高炉スラグ微粉末の分量：40～45%）とシリカフュームを用いた。高炉セメント B 種の品質を表 2.7 と表 2.8 に示す。シリカフュームはモルタル試験と同様に、シリカフューム粉体と水粉体比が 1：1 のシリカフュームスラリーを用いた。

細骨材及び粗骨材は、室内実験の場合、それぞれ陸砂（表乾密度：2.57g/cm³）及び碎石（表乾密度：2.86g/cm³）を用い、実機試験の場合、それぞれ川砂（表乾密度：2.58g/cm³）及び川砂利（表乾密度：2.61g/cm³）を用いた。細骨材及び粗骨材の品質を以下に示す。

表 2.5 骨材の表乾密度、吸水率、粗粒率（室内実験）

骨材	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率
陸砂（細骨材）	2.58	1.58	2.72
碎石（粗骨材）	2.87	0.78	6.94

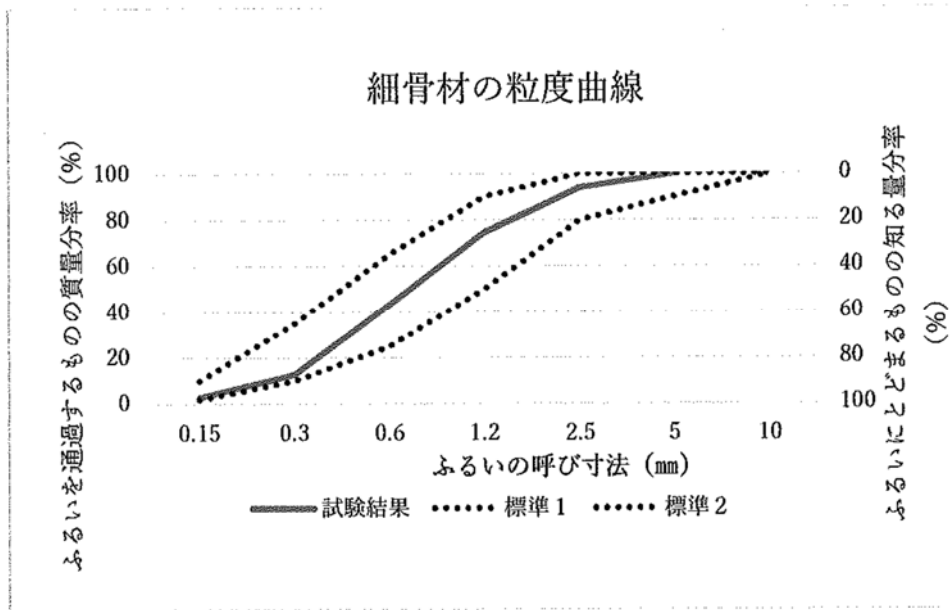


図 2.1 細骨材の粒度曲線（室内実験）

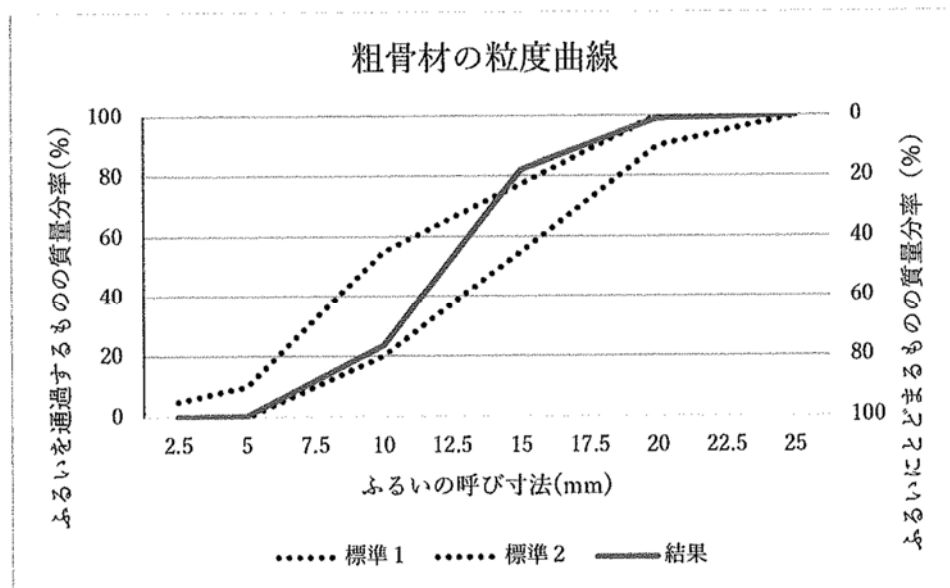


図 2.2 粗骨材の粒度曲線（室内実験）

表 2.6 骨材の表乾密度、吸水率、粗粒率（実機試験）

骨材	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率
川砂（細骨材）	2.58	1.85	2.58
川砂利（粗骨材）	2.61	1.50	6.98

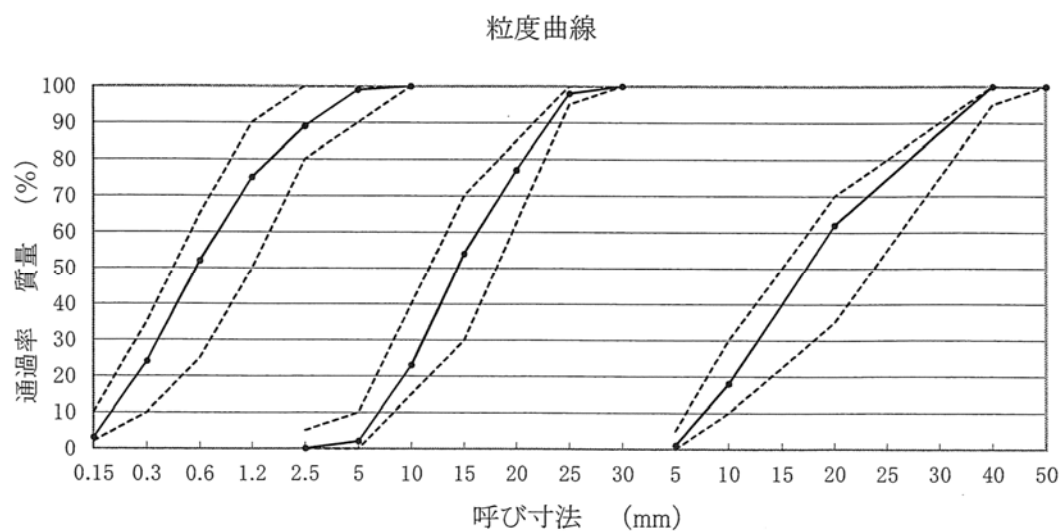


図 2.3 細骨材及び粗骨材の粒度曲線（実機試験）

表 2.7 高炉セメント B 種の物理化学的性質 (室内実験)

高炉セメント B 種 (BB)

Chemical composition (%)					
ig. loss	SiO ₂	MgO	SO ₃	CaO	Cl ⁻
1.66	-	2.86	2.22	-	0.018

密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
3.04	3660

ベースセメントの全アルカリ (%)
0.58

凝結			安定性	圧縮強さ (N/mm ²)		
水量 (%)	始発 h-min	終結 h-min	パット法	3d	7d	28d
29.0	2-52	4-08	良	21.7	36.1	61.7

表 2.8 高炉セメント B 種の物理化学的性質 (実機実験)

高炉セメント B 種 (BB)

Chemical composition (%)					
ig. loss	SiO ₂	MgO	SO ₃	CaO	Cl ⁻
1.58	-	2.82	2.30	-	0.018

密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
3.04	3640

ベースセメントの全アルカリ (%)
0.51

凝結			安定性	圧縮強さ (N/mm ²)		
水量 (%)	始発 h-min	終結 h-min	パット法	3d	7d	28d
29.2	2-48	4-05	良	23.8	37.4	59.9

(i) 室内実験

コンクリートの室内実験は、目標スランプ 18cm と目標スランプ 12cm に分けて行った。化学混和剤は、目標スランプ 18cm の場合、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を用いた。目標スランプ 12cm の場合は、モルタルと同様に、リグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体の AE 減水剤及びポリアルキレングリコール誘導体系の AE 補助剤を用いた。コンクリートの配合を表 2.9 に示す。コンクリートの配合はモルタルと同様に基準配合とベース配合に分けられる。水結合材比を 45% とし、シリカフェーム粉体またはスラリー中のシリカフェーム固形分の置換率を 3% とした。

表 2.9 コンクリートの配合 (室内実験)

(a) 基準配合

目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (%)	AE 減水剤 (%)	AE 補助剤 (%)
				W	BB	SF	S	G			
18.0	4.5	45	44.0	175	377	12	744	1046	0.40	-	-
12.0	4.5	45	44.0	165	356	11	764	1074	-	0.35	0.0015

(b) ベース配合 (シリカフェームスラリー添加前)

目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				SP (%)	AE 減水剤 (%)	AE 補助剤 (%)
				W	BB	S	G			
18.0	4.5	45	44.0	163	377	744	1046	0.40	-	-
12.0	4.5	45	44.0	154	356	764	1074	-	0.35	0.0015

(ii) 実機試験

コンクリートは、室内実験と同様に、結合材として高炉セメント B 種とシリカフェーム粉体及びシリカフェームスラリーを用いた。なお、シリカフェームスラリーは表 2.3 に示したものと同一である。

化学混和剤は、リグニンスルホン酸化合物ポリカルボン酸エーテル複合体の AE 減水剤高機能タイプを用いた。後添加する化学混和剤は、それぞれポリカルボン酸エーテル白色粉体の流動化剤と変性アルキルカルボン酸化合物系陰イオン界面活性剤の AE 剤を用いた。

実機試験は、第 1 回（目標スランプ 18cm）と第 2 回（目標スランプ 8cm）に分けて行った。コンクリートの配合を表 2.10 に示す。各実験ケースの詳しい内容を表 3.13 と表 3.14 に示す。コンクリート供試体の配合はモルタル試験やコンクリートの室内実験と同様に基準配合とベース配合に分けられる。目標スランプ 18cm の場合は水結合材比を 46% とし、目標スランプ 8cm の場合は水結合材比を 53.5% とし、スラリー中のシリカフェーム固形分の置換率は両方とも 3% とした。

表 2.10 コンクリートの配合（実機試験）

実験 ケース.	SL (cm)	air (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						AE 減水剤 高機能 タイプ	流動化剤 (g/m ³)	AE 剤
					W	BB	SFS	S	G ₁	G ₂			
1-1 基準	18	4.5	46.0	41.8	159	336	20	735	621	415	B x 1.0%	-	-
1-2			46.0	41.8	149	336	20	735	621	415	B x 1.0%	-	-
1-3 1-4			46.0	41.8	149	336	20	735	621	415	B x 1.0%	237 (1 パック)	-
1-5			46.2	41.8	150	336	20	735	621	415	B x 1.0%	-	B x 0.003%
2-1 基準			8	4.5	53.5	41.0	138	336	16	774	676	452	B x 0.8%
2-2	53.5	41.0			130	336	16	774	676	452	B x 0.8%	-	-
2-3 2-4	53.5	41.0			130	336	16	774	676	452	B x 0.8%	237 (1 パック)	-
2-5	53.8	41.0			131	336	16	774	676	452	B x 0.8%	-	B x 0.003%

2.3 モルタル及びコンクリートの練混ぜ

2.3.1 モルタル

以下に、モルタルの練混ぜ手順を示す。

- ① 水を入れる前に、細骨材（標準砂）と結合材（セメント、高炉スラグ微粉末、粉体シリカフューム）を60秒間空練りする。
- ② 水を入れて、低速（自動速度：毎分140回転、公転速度：毎分62回転）で1分間練混ぜを行う。
- ③ 練混ぜを休止し、15秒間にかき落としを行う。
- ④ その後、高速（自動速度：毎分285回転、公転速度：毎分125回転）にし、60秒間練混ぜを行う。
- ⑤ スラリー後添加する場合は、練り鉢の上にビニール袋をかぶせて、指定された時間（10分、30分、60分）経過後、スラリーを投入する。
- ⑥ 練混ぜが終わったら、練混ぜ機から練り鉢を取り外し、さじで10回かき混ぜる。
- ⑦ 型枠への打設とフレッシュ性状試験（フロー・空気量の測定）を行う。

モルタル試験の各水準の内容を、表 2.11 に示す。

表 2.11 モルタルの練混ぜ手順

水準	内容
SF 粉体一括添加	シリカフェーム粉体を一括練混ぜたもの
スラリー一括添加	シリカフェームスラリーを一括練混ぜたもの
スラリー10 分後添加	ベースモルタルの練上がり後 10 分に、スラリーを添加した
スラリー30 分後添加	ベースモルタルの練上がり後 30 分に、スラリーを添加した
スラリー60 分後添加	ベースモルタルの練上がり後 60 分に、スラリーを添加した
AE 分割スラリー10 分後添加	ベースモルタルの練混ぜ時に AE 減水剤・AE 補助剤を一括練混ぜの添加量の 70%投入し、練上がり後 10 分に残りの 30%とスラリーを同時に投入する
AE 分割スラリー30 分後添加	ベースモルタルの練混ぜ時に AE 減水剤・AE 補助剤を一括練混ぜの添加量の 70%投入し、練上がり後 30 分に残りの 30%とスラリーを同時に投入する
AE 分割スラリー60 分後添加	ベースモルタルの練混ぜ時に AE 減水剤・AE 補助剤を一括練混ぜの添加量の 70%投入し、練上がり後 60 分に残りの 30%とスラリーを同時に投入する

フレッシュ性状試験は、JIS R 5201 に準じてモルタルフローテーブルを用いてフロー値の測定と JIS A 1116 に準じてモルタル用エアメータを用いて空気量の測定を行った。モルタル供試体は 20℃の恒温室の中で標準養生を行い、材齢 7 日において圧縮強度試験を行った。

2.3.2 コンクリート（室内実験）

以下に、室内実験のコンクリートの練混ぜ手順を示す。室内実験のコンクリートの練混ぜは水平2軸強制練りミキサで行った。

- ① 水を入れる前に、細骨材と結合材（高炉セメント、シリカフェーム粉体など）を30秒間空練りする。
- ② 練混ぜを休止せずに、水と化学混和剤を入れて、60秒間練混ぜを行う。
- ③ 練混ぜを休止し、かき落としを行う。
- ④ かき落としが終わったら、粗骨材を入れて、2分間練混ぜを行う。
- ⑤ スラリーを後添加する場合または化学混和剤を分割添加する場合は、ミキサの上に木板でふたをして、所定の時間（30分、60分）経過後、スラリーまたは二次添加の化学混和剤を投入する。
- ⑥ 練混ぜが終わったら、舟の中に排出して、練り返しを行う。
- ⑦ 型枠への打設とフレッシュ性状試験を行う。

コンクリート室内実験の各水準の内容を、表 3.12 に示す。

表 2.12 コンクリートの練混ぜ手順

水準	内容
SF 粉体一括添加 (静置)	シリカフェーム粉体を一括練混ぜたもの。練混ぜられたコンクリートをミキサ内で静置した
SF 粉体一括添加 (傾胴)	シリカフェーム粉体を一括練混ぜたもの。練混ぜられたコンクリートを傾胴式ミキサに移し、60 分間低速攪拌 (1rpm) させた。排出する前に、高速攪拌 (10rpm) を行った
スラリー30 分後添加	ベースコンクリートの練上がり後 30 分に、シリカフェームスラリーを添加した
スラリー30 分後添加 (7 : 3)	ベースコンクリートの練混ぜ時に高性能 AE 減水剤を全添加量の 70% 投入し、練上がり後 30 分に残りの 30% とスラリーを同時に添加した
スラリー30 分後添加 (5 : 5)	ベースコンクリートの練混ぜ時に高性能 AE 減水剤を全添加量の半分を投入し、練上がり後 30 分に残りの半分とスラリーを同時に添加した
スラリー30 分後添加 + 流動化剤	ベースコンクリートの練上がり後 30 分に、スラリーと流動化剤を同時に添加した。流動化剤は標準添加量で添加した
スラリー30 分後添加 (7 : 3) + 流動化剤	ベースコンクリートの練混ぜ時に高性能 AE 減水剤を一括練混ぜの添加量の 70% 投入し、練上がり後 30 分に残りの 30% とスラリーと流動化剤を同時に添加した。流動化剤は標準添加量で添加した。

フレッシュ性状試験は、JIS A 1101 に準じてスランプの測定と JIS A 1128 に準じてワシントン型エアメータを用いて空気量の測定を行った。コンクリート供試体は 20°C の恒温室の中で標準養生を行い、材齢 28 日において圧縮強度試験を行った。

2.3.3 コンクリート（実機試験）

以下に、実機試験のコンクリートの練混ぜ手順を示す。

- ① 新潟太平洋生コンクリート工場で、ベースコンクリート 1.0m³（1 バッチ）の練混ぜを行う。
- ② 練混ぜが終わったら、工場でベースコンクリートのフレッシュ性状試験を行う。
- ③ その後、ベースコンクリートをアジテータ車で新潟大学工学部まで運搬する（ドラムの通常回転速度：1.5rpm）。
- ④ ベースコンクリートの練上がりから 30 分経ったら、アジテータ車にスラリーや化学混和剤を投入する。
- ⑤ 60 秒間高速攪拌（回転速度：10rpm）を行う。終わったら、排出する。
- ⑥ 型枠への打設とフレッシュ性状試験を行う。
- ⑦ 次水準の高速攪拌を行う（+60 秒間、合計 120 秒）。
- ⑧ 型枠への打設とフレッシュ性状試験を行う。
- ⑨ 次水準の高速攪拌を行う（+180 秒、合計 300 秒）。
- ⑩ 型枠への打設とフレッシュ性状試験を行う。

各実験ケースの内容を、下記の表 2.13 と表 2.14 に示す。

表 2.13 実機試験第 1 回（目標スランプ 18cm） 練混ぜ手順

実験 ケース	スラリー添加後の 攪拌時間（秒）	練混ぜ方法
1-1	-	一括練り（基準コンクリート）
1-2	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー添加→攪拌
1-3	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー添加→流動化剤添加→攪拌
1-4	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー+流動化剤同時添加→攪拌
1-5	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー+AE 剤同時添加→攪拌

表 2.14 実機試験第 2 回 (目標スランプ 8cm) 練混ぜ手順

実験 ケース	スラリー添加後の 攪拌時間 (秒)	練混ぜ方法
2-1	-	一括練り (基準コンクリート)
2-2	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー添加→攪拌
2-3	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー添加→流動化剤添加→攪拌
2-4	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー+流動化剤同時添加→攪拌
2-5	60、120、300	ベースコンクリート→スラリー+AE 剤同時添加→攪拌

フレッシュ性状試験は、JIS A 1101 に準じてスランプの測定と JIS A 1128 に準じてワシントン型エアメータを用いて空気量の測定を行った。コンクリート供試体は 20℃の恒温室の中で標準養生を行い、材齢 28 日において圧縮強度試験を行った。また、硬化コンクリート中の気泡組織の評価をするために、気泡間隔係数も測定した。

2.4 実験方法

コンクリート試験は以下の測定方法で行った。

(1) フレッシュコンクリートのスランプ測定方法

JIS A 1101-2005「コンクリートのスランプ試験方法」に準じた。

(2) フレッシュコンクリートの空気量測定方法

JIS A 1128-2005「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法 (空気室圧力方法)」に準じた。

(3) 硬化コンクリートの圧縮強度測定方法

JIS A 1108-2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」及び JIS A 1132-2014「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じた。

(4) 気泡間隔係数測定方法

ASTM C457-2006「顕微鏡による硬化コンクリートの気泡システムのパラメータと空気量の測定方法」に示されるリニアトラバース法に準じ、硬化後の空気量及び気泡間隔係数を算出した。

第3章 実験結果及び考察

3.1 モルタルによる試験の結果

3.1.1 フレッシュ性状試験（フローと空気量）

図 3.1(a)はスラリー添加時期、(b)はスラリー添加時期と AE 減水剤の分割添加がモルタルのフローに及ぼす影響を示したものである。

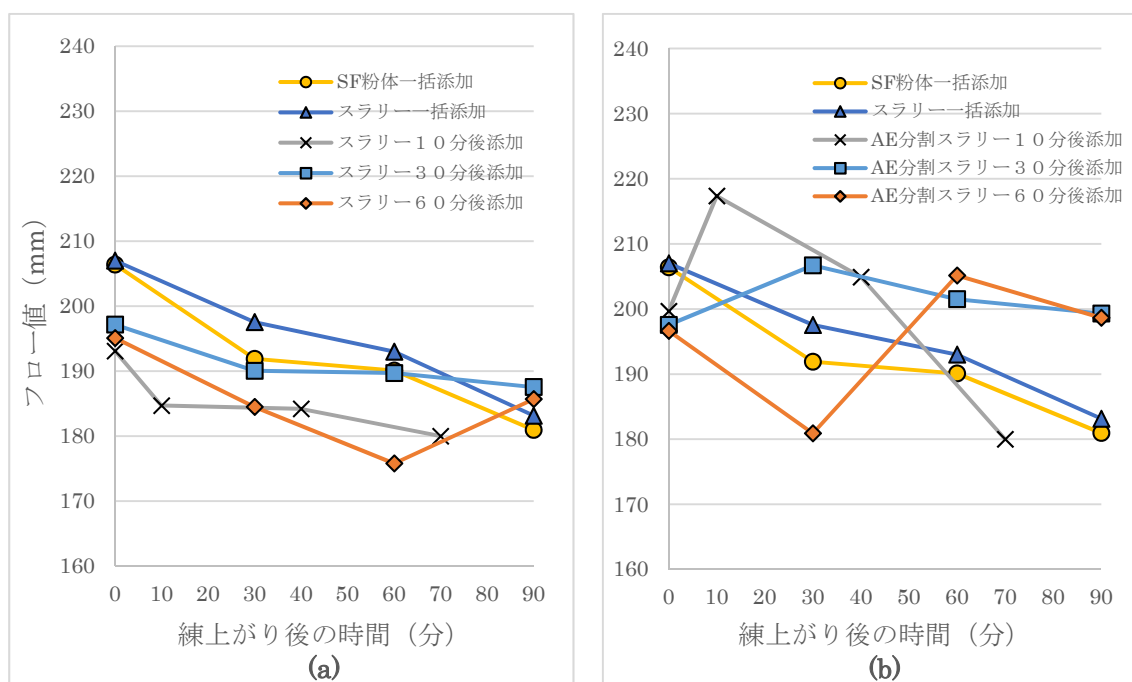


図 3.1 経過時間とモルタルのフロー値の関係

図より、シリカフェーム粉体またはスラリーを一括練混ぜたものは練上がり直後のフロー値が大きいですが、時間経過による低下が比較的大きく、その90分後のフロー値がスラリーを後添加したものより小さいことが分かった。スラリーを後添加し、AE 減水剤・AE 補助剤を分割添加したものも同様な結果が得られた。また、AE 減水剤・AE 補助剤を分割添加することにより、モルタルのフローが増大することが分かった。

図 3.2(a)はスラリー添加時期、(b)はスラリー添加時期と AE 減水剤の分割添加がモルタルの空気量に及ぼす影響を示したものである。

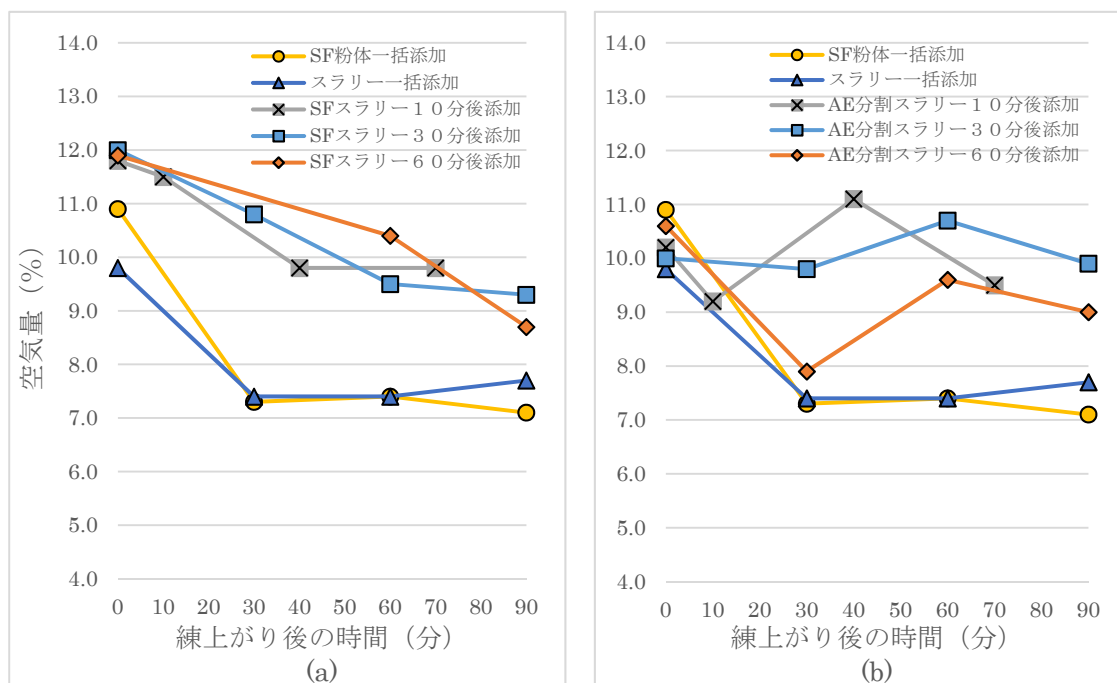


図 3.2 経過時間とモルタルの空気量の関係

図より、スラリーを後添加したものが、シリカフェーム粉体またはスラリーを一括練混ぜたものより練上がり直後の空気量が大きく、時間経過による低下が小さいことが分かった。スラリーを後添加し、AE 減水剤・AE 補助剤を分割添加したものは練上がり直後の空気量は一括練混ぜたものとあまり差がないが、時間経過による低下も小さいことが分かった。また、フロー値の試験結果と同様に、AE 減水剤・AE 補助剤を分割添加することにより、空気量が増大することが分かった。このことから、モルタルのフレッシュ性状の制御にスラリーの後添加と化学混和剤の分割添加が有効であると考えられる。

3.1.2 圧縮強度試験

モルタルの材齢7日の圧縮強度試験の結果を図3.3に示す。

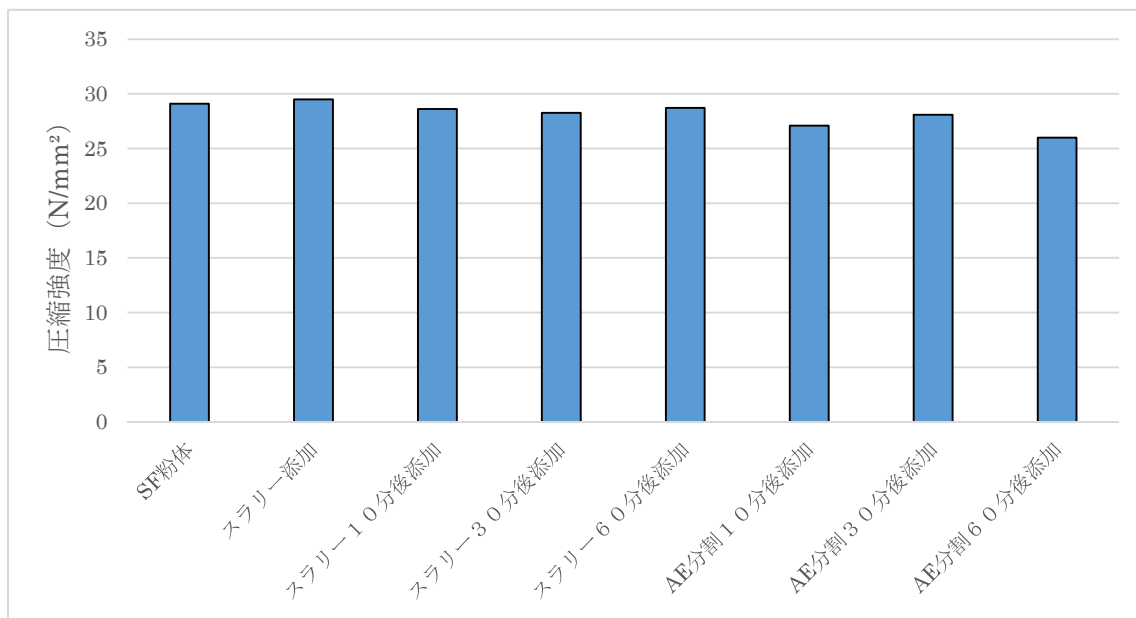


図3.3 材齢7日の圧縮強度試験結果

図より、材齢7日の段階では、シリカフェームの添加時期が圧縮強度に及ぼす影響はあまり見られなかった。しかし、スラリーを後添加し、AE減水剤・AE補助剤を分割添加したものの圧縮強度は7~10%程度低下した。このことから、スラリーの後添加または化学混和剤の分割添加はモルタルに及ぼす影響は小さいことが示された。

3.2 コンクリートによる試験の結果（室内実験）

3.2.1 目標スランプ 18cm の場合

図 3.4 に、スラリー後添加がスランプの経時変化に及ぼす影響を示す。

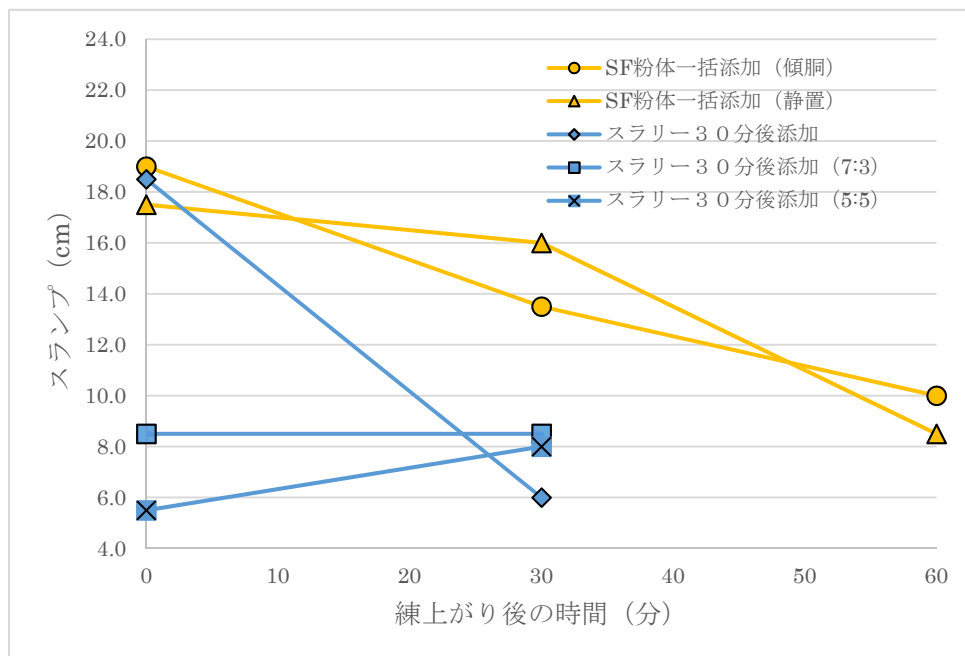


図 3.4 コンクリートのスランプ試験結果（目標スランプ 18cm）

図より、シリカフェーム粉体を一括練混ぜ、練上がったコンクリートを傾胴式ミキサで攪拌したものと練上がったコンクリートをミキサ内で静置したものは、ほぼ同等なスランプロスであった。また、スラリーを後添加したものは、時間経過によるスランプロスが非常に大きいことが分かった。また、スラリーを後添加し、高性能 AE 減水剤を分割添加しても、モルタル試験のような流動性の回復効果が得られなかった。

この結果を踏まえ、スランプロスの大きいコンクリートの対策として流動化剤の添加が必要であると考え、流動化剤をスラリーとともに後添加する試験を行った。その試験結果を図 3.5 に示す。

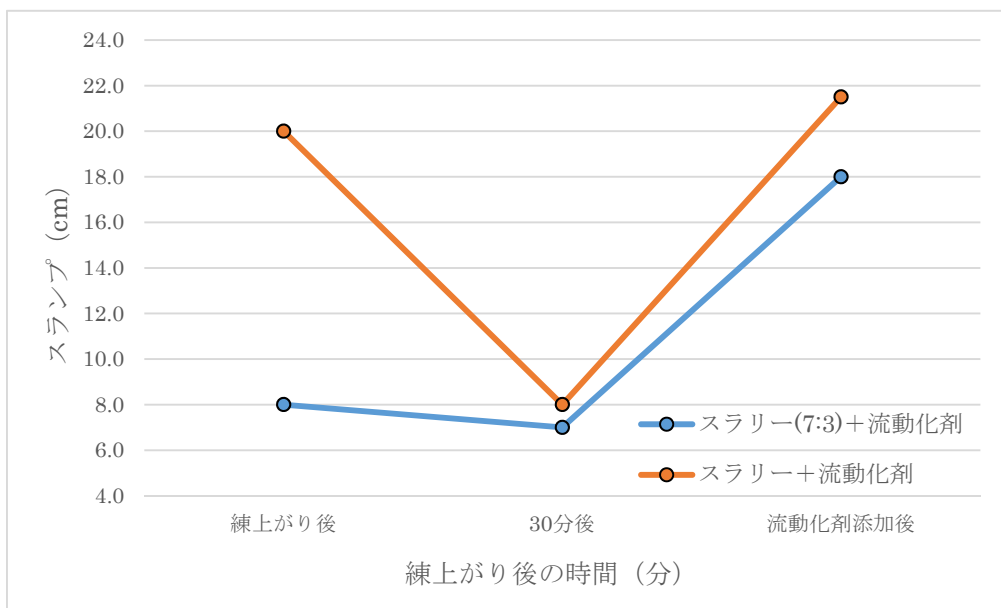


図 3.5 コンクリートのスランプ試験結果（流動化剤添加、目標スランプ 18cm）

図より、スランプが 20cm から 8cm まで低下したスラリー後添加したコンクリートに流動化剤を標準添加量（スランプ増大量 2cm ごとに、100 ml/C 「C=100kg」）で添加すると、コンクリートのスランプが回復できることが分かった（実験での添加量=400 ml/C）。また、スラリーを後添加し、高性能 AE 減水剤を分割添加したコンクリートにも流動化剤を標準添加量で添加すると、目標スランプに回復できた。このことから、流動化剤の後添加でコンクリートのスランプの調整が可能であることが分かった。

コンクリート室内実験の空気量試験結果を、図 3.6 と図 3.7 に示す。

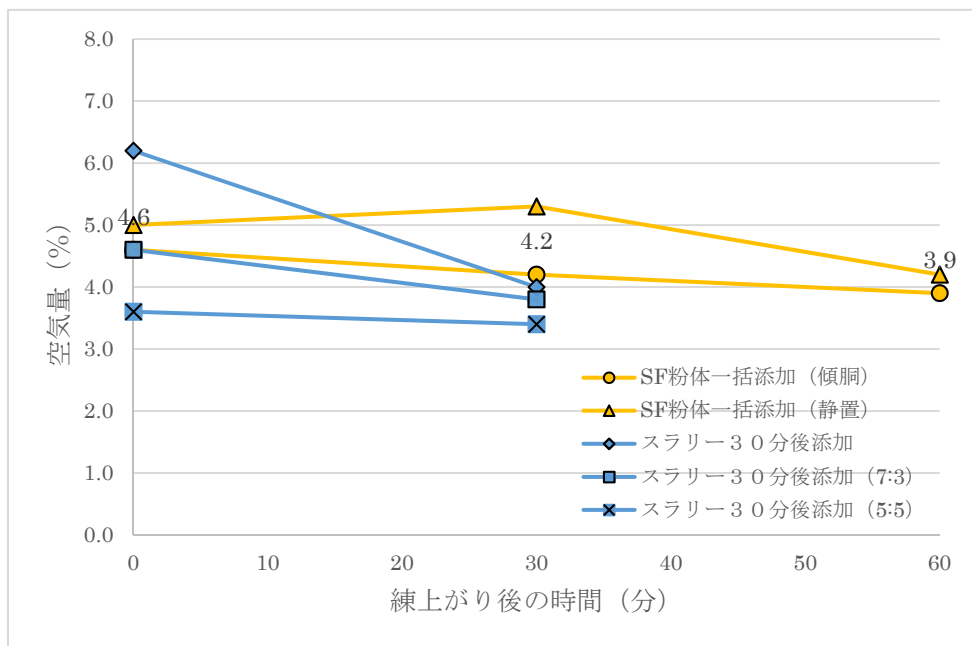


図 3.6 コンクリートの空気量試験結果 (目標スランプ 18cm)

図より、シリカフェーム粉体を一括練混ぜたものの空気量の低下はスラリーを後添加したものより小さかった。また、スラリーを後添加したものは、ベースコンクリートの練上がり直後の空気量が大きいほど、時間経過による低下が大きい傾向にあった。

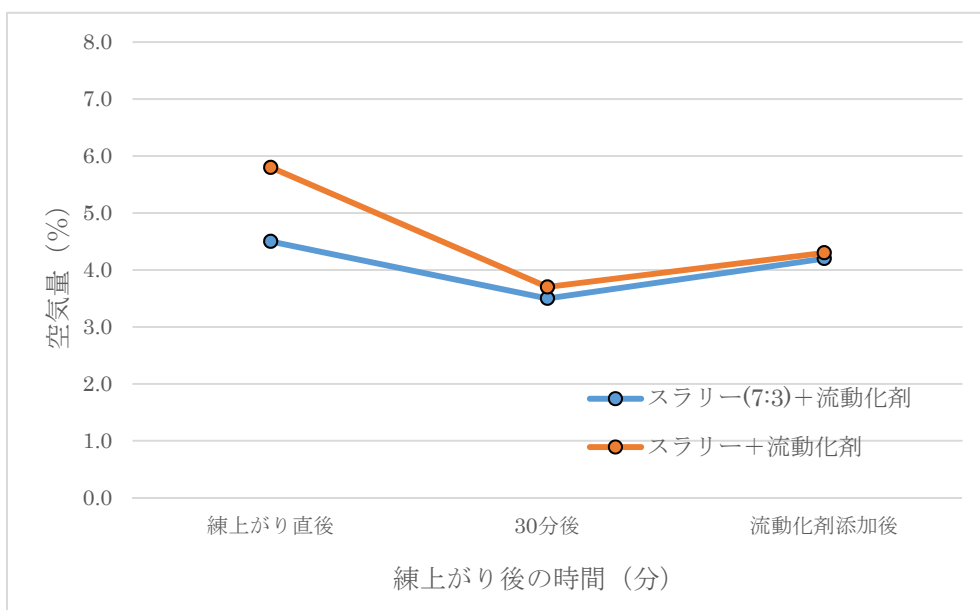


図 3.7 コンクリートの空気量試験結果 (流動化剤添加、目標スランプ 18cm)

図より、スラリーを後添加した場合は、高性能 AE 減水剤分割添加の有無によらず、流動化剤を添加すると、空気量が多少改善したが、目標空気量を下回ることが示された。このことから、コンクリートは時間経過により、空気量が著しく低下するため、AE 剤の後添加が必要であると考えられる。

図 3.8 に、練上がったコンクリートの攪拌の有無が材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす影響を検討した結果を示す。

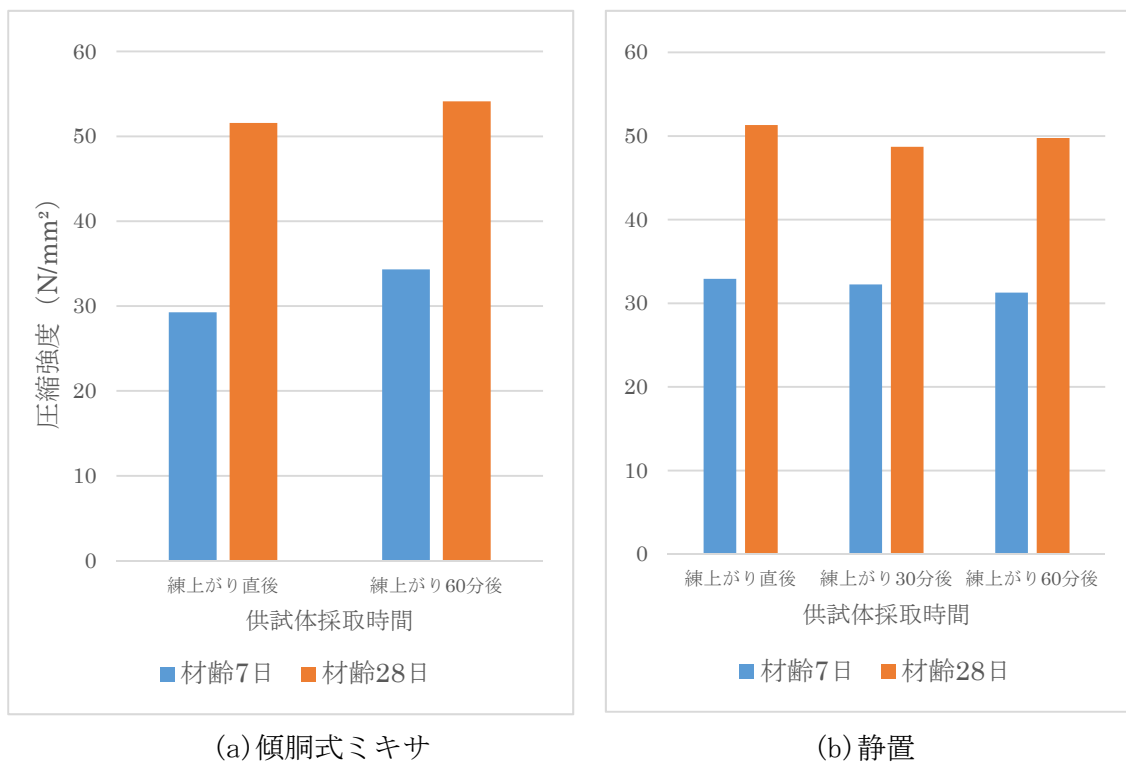


図 3.8 材齢 28 日の圧縮強度試験結果 (シリカフェーム一括練り、スランプ 18cm)

図より、シリカフェーム粉体を一括練混ぜ、練上がったコンクリートを傾胴式ミキサで攪拌したものは、供試体の採取時間が遅いほど、材齢 7 日及び材齢 28 日の圧縮強度が大きいことが分かった。これは空気量が減少した (0.7%程度) ことが原因と考えられる。一方、練上がったコンクリートを静置したものに関しては、供試体の採取時間による影響は小さかった。

図 3.9 に、高性能 AE 減水剤の分割添加と流動化剤の後添加が圧縮強度に及ぼす影響を検討した結果を示す。なお、練上がったコンクリートは傾胴式ミキサで攪拌せずに、ミキサ内で静置した。

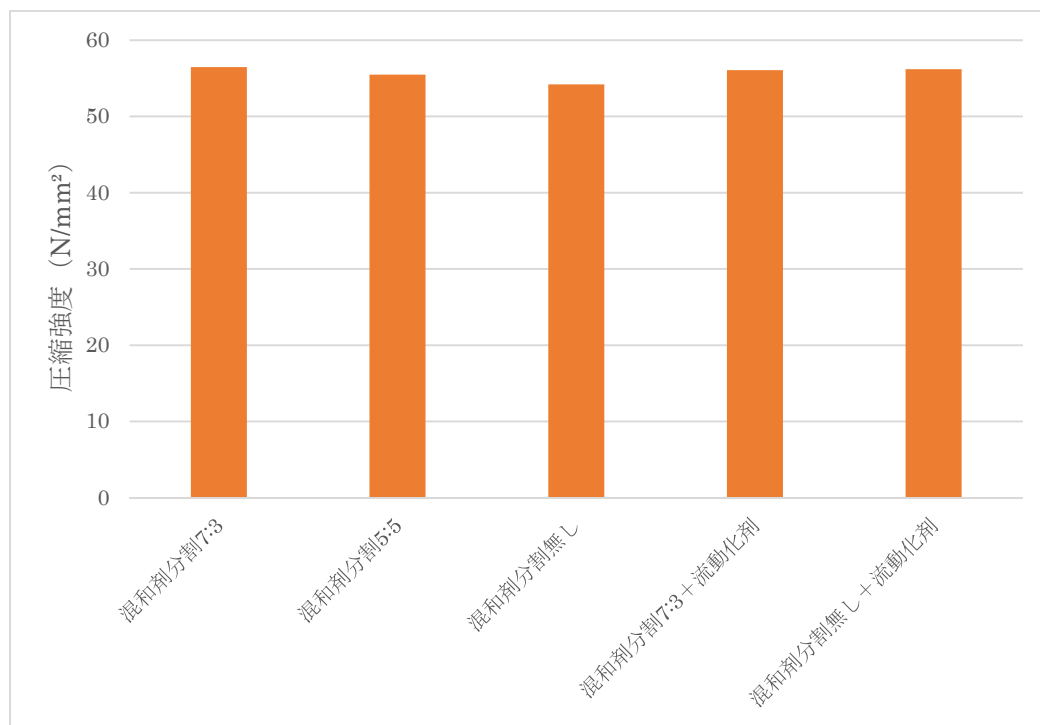


図 3.9 材齢 28 日の圧縮強度試験結果
(スラリー 30 分後添加 + 化学混和剤分割添加 + 流動化剤添加、静置)

図より、高性能 AE 減水剤の分割添加及び流動化剤の後添加は圧縮強度に大きな影響はないことが分かった。

3.2.2 目標スランプ 12cm の場合

図 3.10 に、スラリー後添加がスランプの経時変化に及ぼす影響を示す。

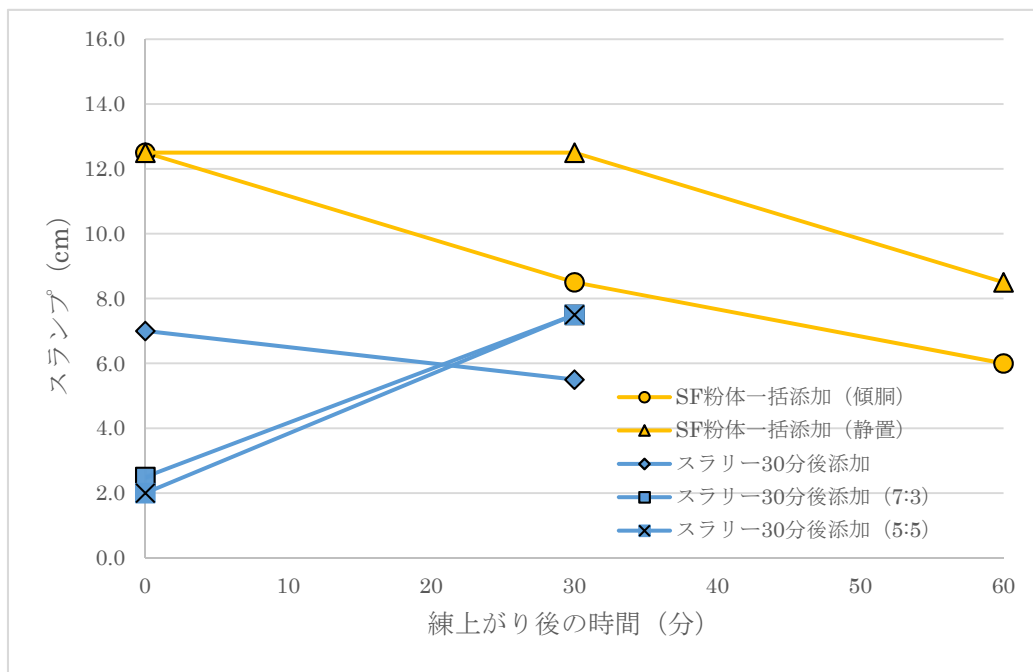


図 3.10 コンクリートのスランプ試験結果 (目標スランプ 12cm)

図より、スラリーを後添加した場合、練上がり直後のスランプはシリカフェームを一括練混ぜたものより小さかった。これは、スラリー分の水が初期の練混ぜに用いられていないためである。スラリーを後添加し、AE 減水剤を分割添加すると、さらに練上がり直後のスランプが小さくなった。AE 減水剤を分割添加すると、スラリー添加後のスランプは若干増加したが、目標のスランプを下回ることが分かった。この結果を踏まえ、目標スランプ 18cm の実験と同様に流動化剤をスラリーとともに後添加する実験を行った。

図 3.11 に、AE 減水剤を分割添加し、さらに流動化剤を添加した場合のスランプの経時変化を示す。

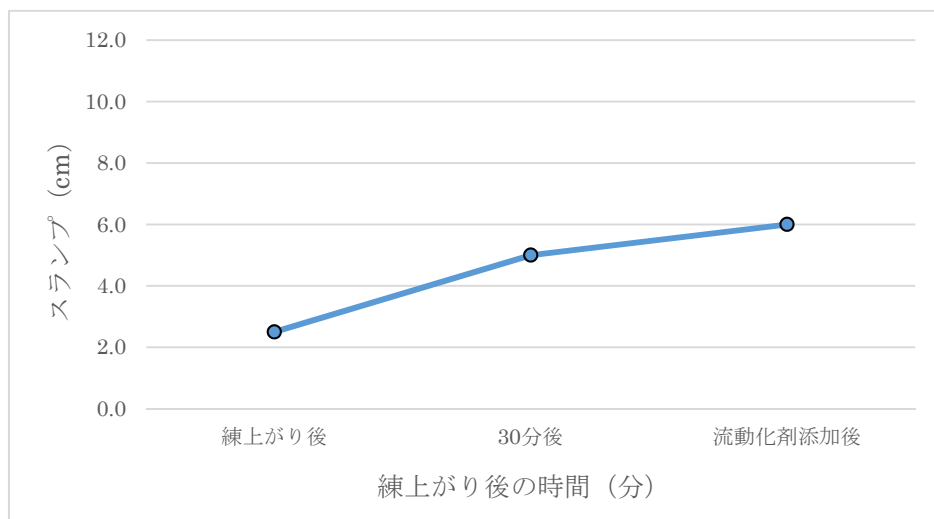


図 3.11 コンクリートのスランプ試験結果（流動化剤添加、目標スランプ 12cm）

図より、AE 減水剤を分割添加すると、練上がり直後のスランプが非常に小さい値となった。また、流動化剤を標準添加量で添加しても、目標スランプが得られなかった。

図 3.12 に、コンクリートの空気量経時変化を示す。

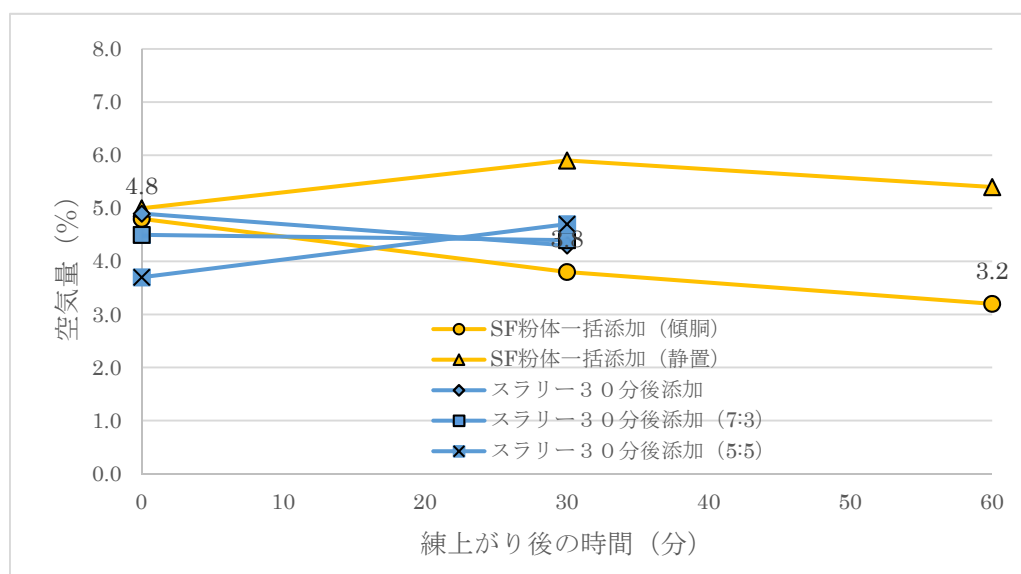


図 4.12 コンクリートの空気量試験結果 (目標スランプ 12cm)

図より、シリカフェーム粉体を一括練混ぜたものは、時間経過による空気量の低下は傾胴式ミキサで攪拌したものの方が大きい。これは目標スランプ 18cm の場合と同様な結果であった。また、スラリーを後添加し、AE 減水剤を一括添加したものは時間経過により、空気量が低下した。AE 減水剤を分割添加したものも AE 減水剤を一括添加したものより____ではあるが空気量が増加した。

図 3.13 に、流動化剤を添加した場合の空気量の経時変化を示す。

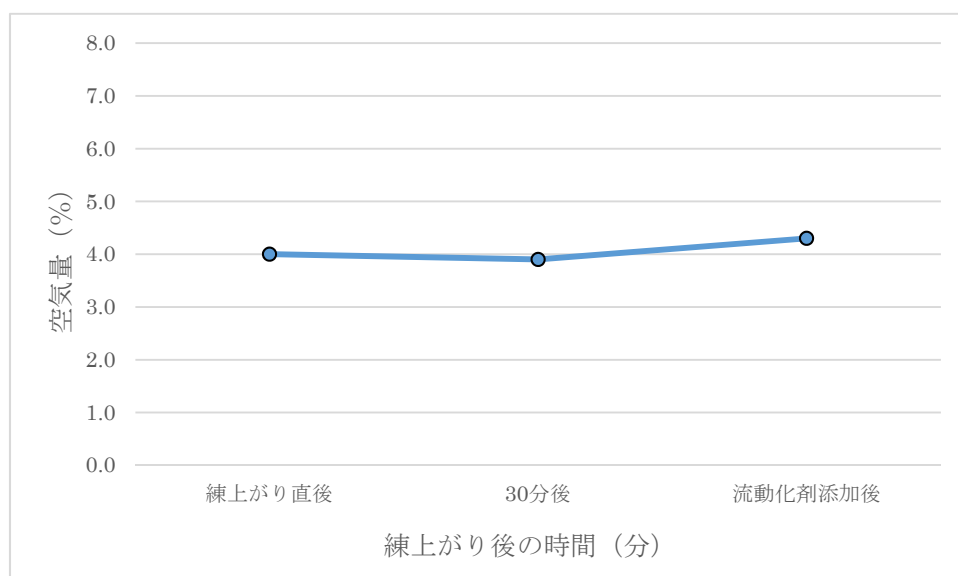


図 3.13 コンクリートの空気量試験結果 (流動化剤添加、目標スランプ 12cm)

図より、目標スランプ 18cm の場合と同様に、流動化剤の後添加による空気量の変化は見られなかった。

図 3.14 に、練上がったコンクリートの攪拌の有無が材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす影響を検討した結果を示す。

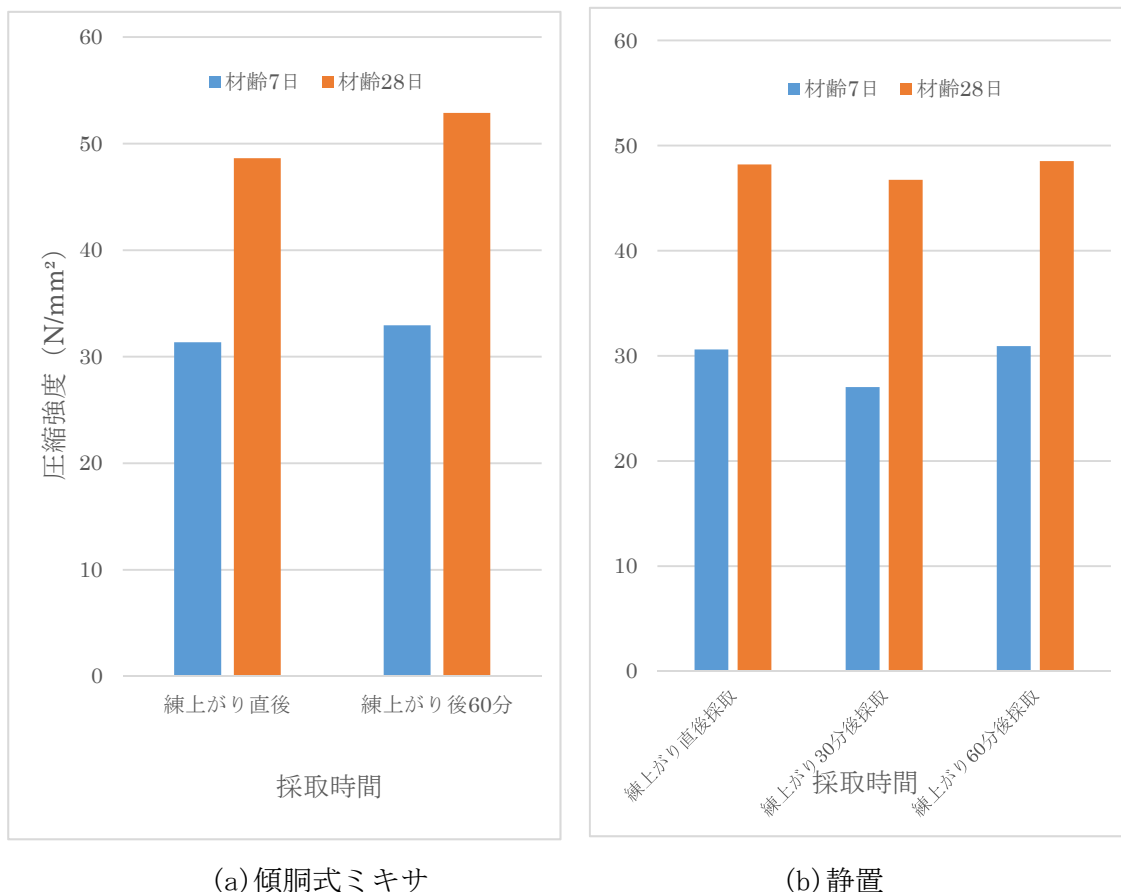


図 3.14 材齢 28 日の圧縮強度試験結果 (シリカフェーム一括練り、スランプ 12cm)

図より、シリカフェーム粉体を一括練混ぜ、練上がったコンクリートを傾胴式ミキサで攪拌したものは、目標スランプ 18cm と同様に、供試体の採取時間が遅いほど、圧縮強度が大きいことが分かった。これも空気量が減少した (1.6%程度) ことが原因と考えられる。練上がったコンクリートを静置したものに関しては、採取時間の影響はほとんど見られなかった。

図 3.15 に、AE 減水剤の分割添加と流動化剤の後添加が圧縮強度に及ぼす影響を検討した結果を示す。なお、練り上がったコンクリートは傾胴式ミキサで攪拌せずに、ミキサ内で静置した。

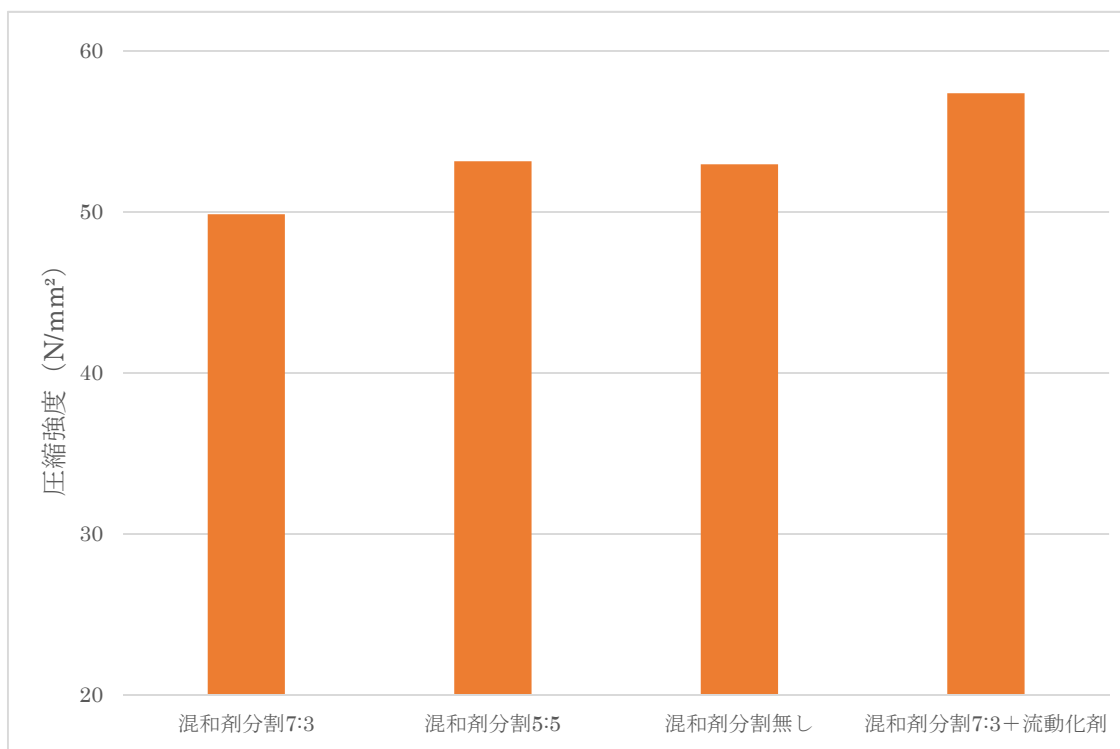


図 3.15 材齢 28 日の圧縮強度試験結果
(スラリー 30 分後添加 + 化学混和剤分割添加 + 流動化剤添加)

図より、化学混和剤を分割添加し、流動化剤を後添加したものは圧縮強度が若干大きいことが分かった。

3.3 コンクリートによる試験の結果（実機試験）

3.3.1 目標スランプ 18cm の場合

図 3.16 に、ベースコンクリートの練上がりから 30 分後にシリカフェームスラリーを添加した場合のスランプの経時変化を示す。

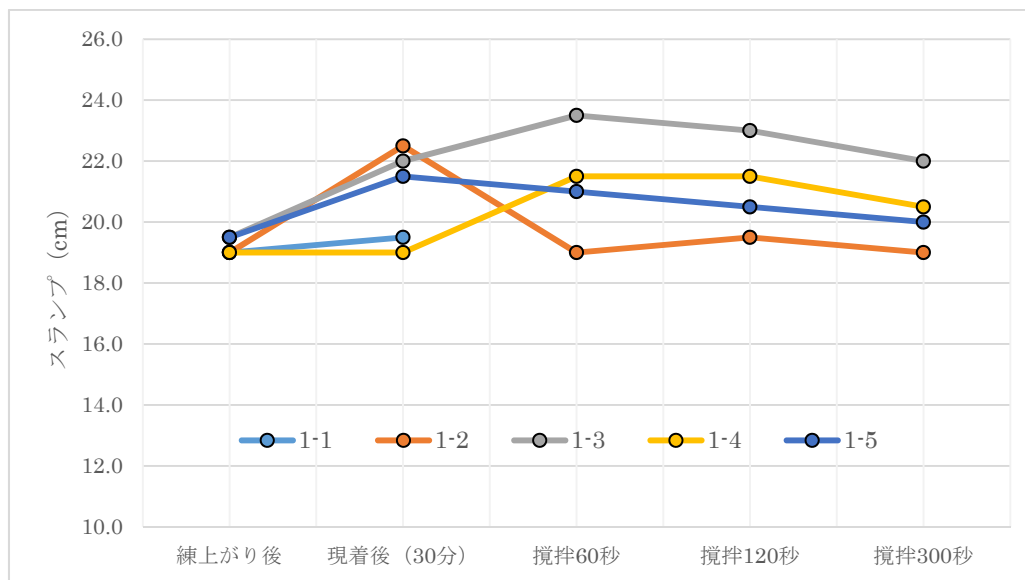


図 3.16 コンクリートのスランプ試験結果（目標スランプ 18cm）

凡例の 1-1～1-5 は、表 3.13 に示す通りである。図より、1-2 では、スラリーの後添加で、スランプが低下していることが分かる。一方、1-3 と 1-4 のように、スラリーと併せて流動化剤も後添加することで、スランプの調整が可能である。また、1-5 の結果を見ると、AE 剤の後添加によっても、スランプが少し増加していることが分かる。

図 3.17 に、空気量の経時変化を示す。

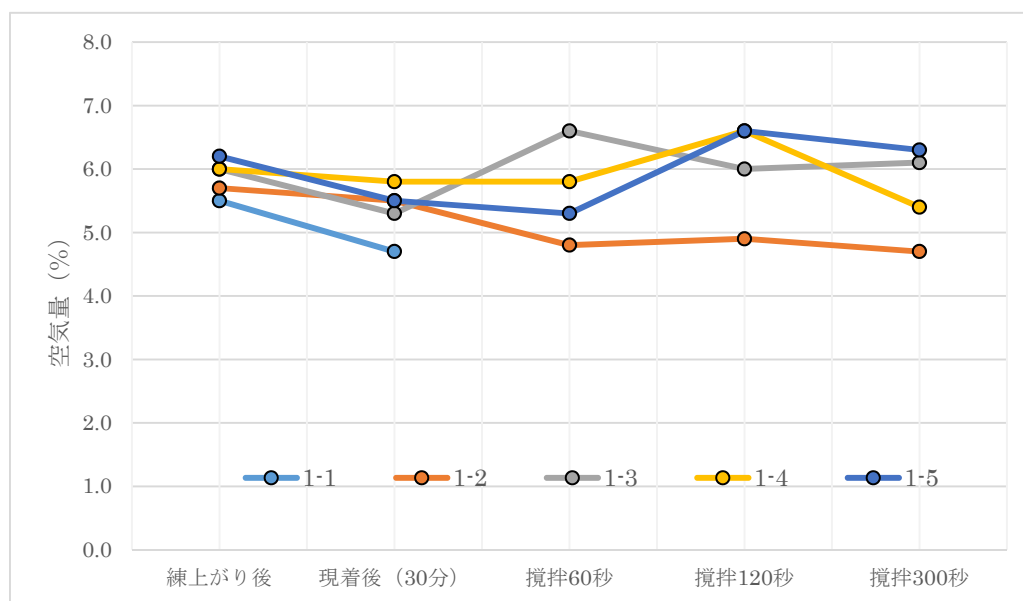


図 3.17 コンクリートの空気量試験結果 (目標スランプ 18cm)

図より、スランプ試験と同様に、スラリー後添加で空気量が低下していることが分かる。また、1-5 の AE 剤の後添加による空気量の調整は可能であるが、アジテータ車での攪拌時間が 60 秒ではあまり効果がない結果となった。また、1-3 と 1-4 のように、流動化剤の後添加で空気量が若干増加した。

図 3.18 に、各実験ケースの材齢 28 日の圧縮強度の試験結果を示す。各ケースで 9 本の供試体を用いて圧縮強度試験を行い、その平均値を示す。

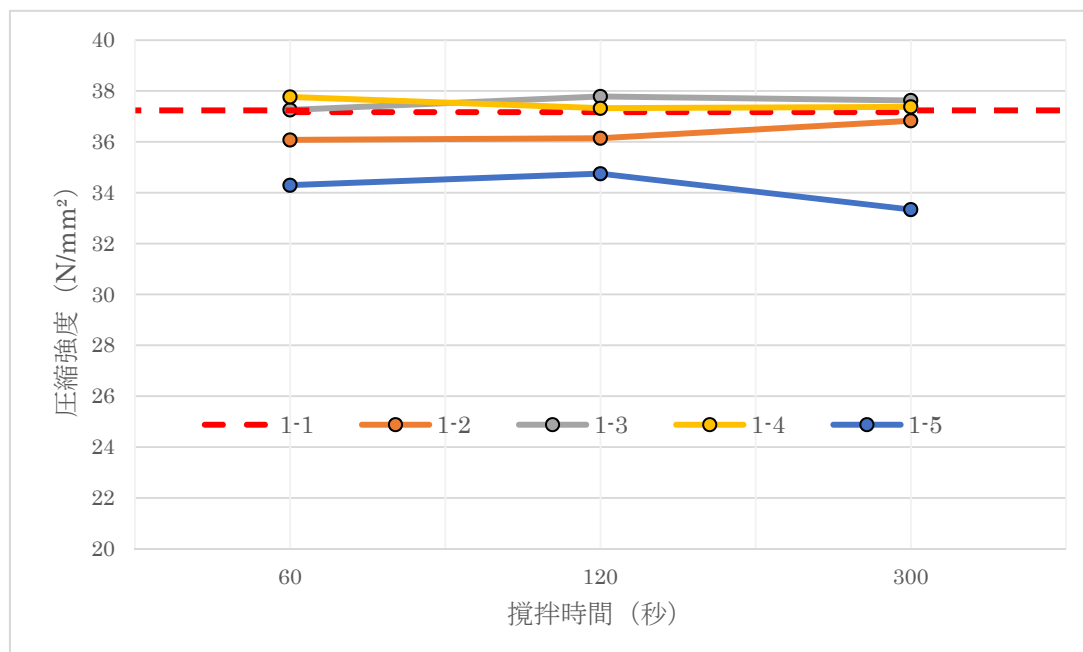


図 3.18 コンクリートの材齢 28 日の圧縮強度試験結果 (目標スランブ 18cm)

図より、スラリーを後添加したものの強度は、基準コンクリート (1-1) の強度と比べてあまり変わらないことが分かった。しかし、AE 剤を後添加した場合 (1-5) は、空気量が約 0.6%~1.6%程度増加したため、強度が低下することが分かった。

図 3.19 に、圧縮強度のばらつきの大きさを把握するための変動係数を求めた結果を示す。

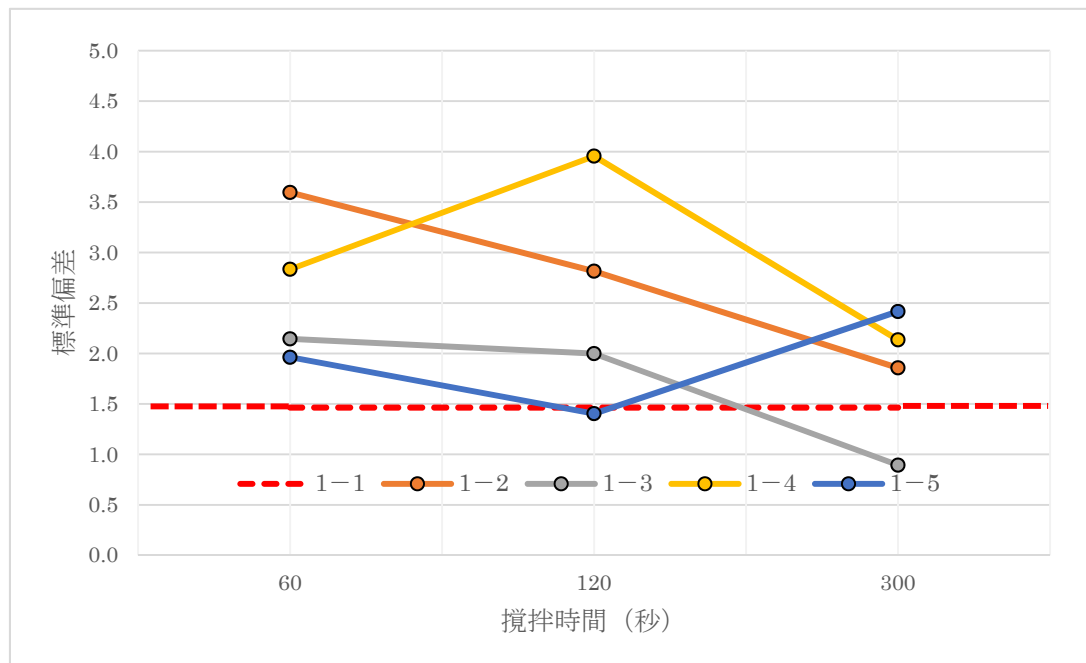


図 3.19 圧縮強度の変動係数 (目標スランプ 18cm)

図より、一括練混ぜでアジテータ車で攪拌を行っていないケース 1-1 と比較して他のケースは若干変動係数が大きくなっている。一般的なコンクリートの強度の変動係数は 10% 程度であるが、全てのケースでそれよりも小さい値となった。また、ほとんどの実験ケースでは攪拌時間 300 秒で変動係数が最も小さく、攪拌時間が長いほど、強度のばらつきが小さくなる傾向にあることが分かった。このことから、アジテータ車での攪拌でも材料がよく混合されていることが確認できる。

表 3.1 に各実験ケースの気泡間隔係数の測定結果を示す。また、気泡の分布を図 4.20～4.24 に示す。

アジテータ車は工場でのミキサの練混ぜとは違い、ドラム的高速攪拌によって、スラリーを混ぜるため、コンクリートの品質の低下に影響を及ぼすエントラップドエアが混入している可能性があると考えられた。そのため、その影響を検討するために、気泡間隔係数を測定した。

測定は、実機試験第 1 回（目標スランプ 18cm）のときのみ行い、基準コンクリート（1-1）の供試体と各実験ケース（1-2～1-5）の 120 秒間攪拌したコンクリートから作成した供試体で測定した。

表 3.1 気泡間隔係数測定結果

実験 ケース	フレッシュ時の 空気量 (%)	硬化後の 空気量 (%)	気泡個数 (個)	気泡間隔係数 (mm)
1-1	4.7	5.0	556	0.267
1-2	4.9	5.9	726	0.219
1-3	6.0	6.2	724	0.227
1-4	6.6	7.4	778	0.213
1-5	6.6	6.7	962	0.173

一般に気泡間隔係数を 0.20mm～0.25mm 以下にすることにより、優れた耐凍害性を示す (ASTM C457)。表 3.1 より、全実験ケースにおいて、コンクリートの気泡間隔係数が小さいことが分かる。また、一般的なコンクリートはフレッシュ時から硬化後にかけて空気量は減少するが、気温が低かったこととアジテータ車での攪拌による空気量の巻き込みが影響している可能性もあるが、本実験では空気量が増加したことが分かる。また、気泡間隔係数が最も小さいケース 1-5 は、AE 剤が後添加されたため、気泡の総個数が最も多く、径が小さい気泡も増加し、気泡間隔係数が減少したと考えられる。

件名：コンクリートの気泡間隔係数測定

試料名：1-1

総トラバース長 [Tt]	(mm)	2436.1	気泡を通過したトラバース長 [Ta]	(mm)	123
① 気泡頻度 [n]	(個/mm)	0.228	気泡全数 [N]	(個)	556
② 空気量 [A]	(%)	5.0	④ 平均弦長 [l']	(mm)	0.221
ペースト量 [p]	(%)	27.40	⑤ 比表面積 [a]	(mm ² /mm ³)	18.10
③ ペースト空気比 [p/A]		5.48	⑥ 気泡間隔係数 [L']	(mm)	0.267
気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)	気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)
0.010 ~ 0.050	31	5.6	0.600 ~ 0.700	7	1.3
0.050 ~ 0.100	96	17.3	0.700 ~ 0.800	6	1.1
0.100 ~ 0.150	172	30.9	0.800 ~ 0.900	4	0.7
0.150 ~ 0.200	78	14.0	0.900 ~ 1.000	1	0.2
0.200 ~ 0.250	53	9.5	1.000 ~ 1.250	2	0.4
0.250 ~ 0.300	28	5.0	1.250 ~ 1.500	2	0.4
0.300 ~ 0.350	21	3.8	1.500 ~ 2.000	1	0.2
0.350 ~ 0.400	15	2.7	2.000 ~ 3.000	1	0.2
0.400 ~ 0.450	13	2.3	3.000 ~ 4.000	0	0.0
0.450 ~ 0.500	8	1.4	4.000 ~ 5.000	0	0.0
0.500 ~ 0.550	9	1.6	5.000 ~ 6.000	0	0.0
0.550 ~ 0.600	8	1.4			

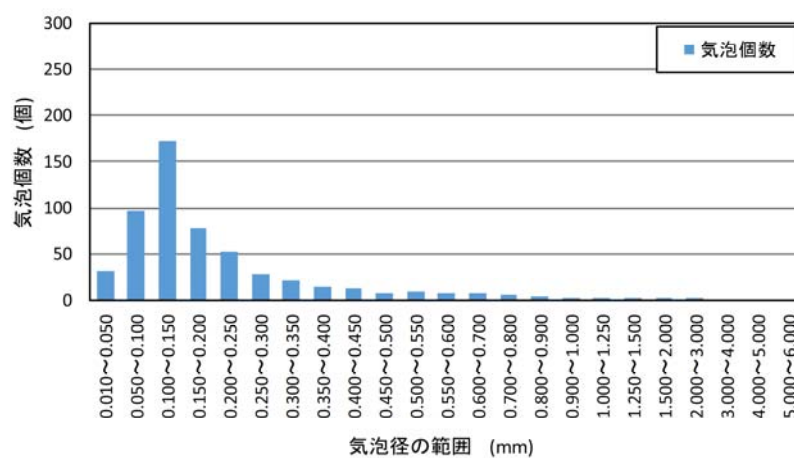


図 3.20 実験ケース 1-1 の供試体の気泡分布

件 名: コンクリートの気泡間隔係数測定

試 料 名: 1-2-2

総トラバース長 [Tt]	(mm)	2422.3	気泡を通過したトラバース長 [Ta]	(mm)	142.3
① 気泡頻度 [n]	(個/mm)	0.299	気泡全数 [N]	(個)	725
② 空気量 [A]	(%)	5.9	④ 平均弦長 [l']	(mm)	0.196
ペースト量 [p]	(%)	27.40	⑤ 比表面積 [a]	(mm ² /mm ³)	20.41
③ ペースト空気比 [p/A]		4.64	⑥ 気泡間隔係数 [L']	(mm)	0.219
気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)	気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)
0.010 ~ 0.050	39	5.4	0.600 ~ 0.700	3	0.4
0.050 ~ 0.100	155	21.4	0.700 ~ 0.800	4	0.6
0.100 ~ 0.150	247	34.1	0.800 ~ 0.900	2	0.3
0.150 ~ 0.200	91	12.6	0.900 ~ 1.000	0	0.0
0.200 ~ 0.250	70	9.7	1.000 ~ 1.250	3	0.4
0.250 ~ 0.300	47	6.5	1.250 ~ 1.500	5	0.7
0.300 ~ 0.350	20	2.8	1.500 ~ 2.000	2	0.3
0.350 ~ 0.400	15	2.1	2.000 ~ 3.000	0	0.0
0.400 ~ 0.450	8	1.1	3.000 ~ 4.000	0	0.0
0.450 ~ 0.500	3	0.4	4.000 ~ 5.000	0	0.0
0.500 ~ 0.550	5	0.7	5.000 ~ 6.000	0	0.0
0.550 ~ 0.600	6	0.8			

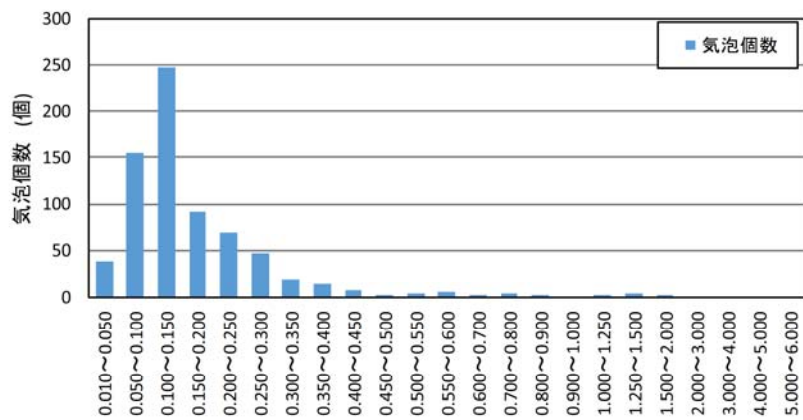


図 3.21 実験ケース 1-2 の供試体の気泡分布

件名：コンクリートの気泡間隔係数測定					
試料名：1-3-2					
総トラバース長 [Tt]	(mm)	2422.3	気泡を通過したトラバース長 [Ta]	(mm)	149.7
① 気泡頻度 [n]	(個/mm)	0.299	気泡全数 [N]	(個)	724
② 空気量 [A]	(%)	6.2	④ 平均弦長 [l']	(mm)	0.207
ペースト量 [p]	(%)	27.40	⑤ 比表面積 [a]	(mm ² /mm ³)	19.32
③ ペースト空気比 [p/A]		4.42	⑥ 気泡間隔係数 [L']	(mm)	0.227
気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)	気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)
0.010 ~ 0.050	36	5.0	0.600 ~ 0.700	5	0.7
0.050 ~ 0.100	142	19.6	0.700 ~ 0.800	6	0.8
0.100 ~ 0.150	205	28.3	0.800 ~ 0.900	2	0.3
0.150 ~ 0.200	96	13.3	0.900 ~ 1.000	0	0.0
0.200 ~ 0.250	69	9.5	1.000 ~ 1.250	3	0.4
0.250 ~ 0.300	64	8.8	1.250 ~ 1.500	1	0.1
0.300 ~ 0.350	32	4.4	1.500 ~ 2.000	0	0.0
0.350 ~ 0.400	25	3.5	2.000 ~ 3.000	0	0.0
0.400 ~ 0.450	17	2.3	3.000 ~ 4.000	0	0.0
0.450 ~ 0.500	14	1.9	4.000 ~ 5.000	0	0.0
0.500 ~ 0.550	4	0.6	5.000 ~ 6.000	0	0.0
0.550 ~ 0.600	3	0.4			

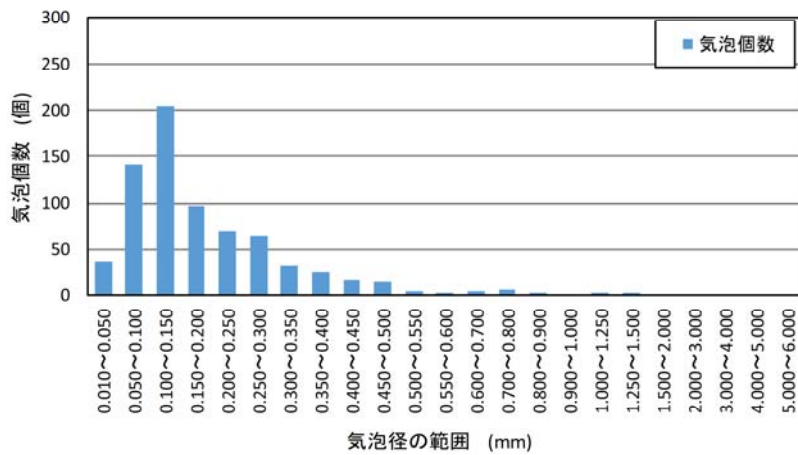


図 3.22 実験ケース 1-3 の供試体の気泡分布

件 名: コンクリートの気泡間隔係数測定					
試 料 名: 1-4-2					
総トラバース長 [Tt]	(mm)	2422.3	気泡を通過したトラバース長 [Ta]	(mm)	179.6
① 気泡頻度 [n]	(個/mm)	0.321	気泡全数 [N]	(個)	778
② 空気量 [A]	(%)	7.4	④ 平均弦長 [l']	(mm)	0.231
ペースト量 [p]	(%)	27.40	⑤ 比表面積 [a]	(mm ² /mm ³)	17.32
③ ペースト空気比 [p/A]		3.70	⑥ 気泡間隔係数 [L']	(mm)	0.213
気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)	気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)
0.010 ~ 0.050	31	4.0	0.600 ~ 0.700	7	0.9
0.050 ~ 0.100	138	17.7	0.700 ~ 0.800	7	0.9
0.100 ~ 0.150	231	29.7	0.800 ~ 0.900	9	1.2
0.150 ~ 0.200	96	12.3	0.900 ~ 1.000	1	0.1
0.200 ~ 0.250	75	9.6	1.000 ~ 1.250	8	1.0
0.250 ~ 0.300	56	7.2	1.250 ~ 1.500	2	0.3
0.300 ~ 0.350	37	4.8	1.500 ~ 2.000	1	0.1
0.350 ~ 0.400	24	3.1	2.000 ~ 3.000	0	0.0
0.400 ~ 0.450	14	1.8	3.000 ~ 4.000	0	0.0
0.450 ~ 0.500	25	3.2	4.000 ~ 5.000	0	0.0
0.500 ~ 0.550	9	1.2	5.000 ~ 6.000	0	0.0
0.550 ~ 0.600	7	0.9			

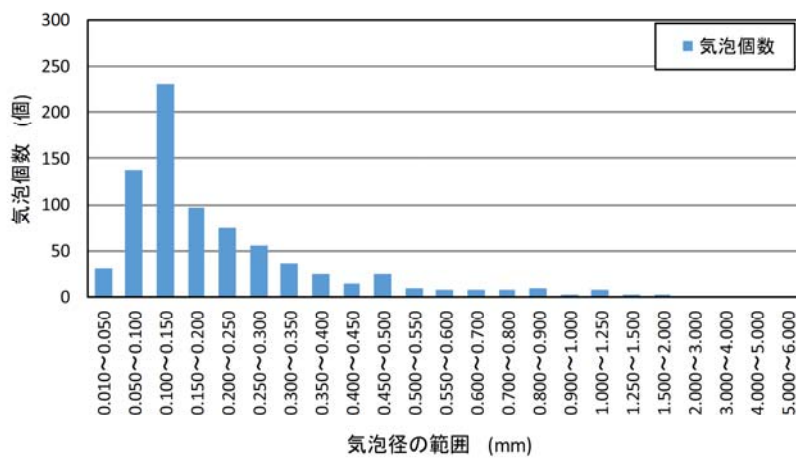


図 3.23 実験ケース 1-4 の供試体の気泡分布

件名：コンクリートの気泡間隔係数測定

試料名：1-5-2

総トラバース長 [Tt]	(mm)	2414.2	気泡を通過したトラバース長 [Ta]	(mm)	162.1
① 気泡頻度 [n]	(個/mm)	0.398	気泡全数 [N]	(個)	962
② 空気量 [A]	(%)	6.7	④ 平均弦長 [l']	(mm)	0.169
ペースト量 [p]	(%)	27.50	⑤ 比表面積 [a]	(mm ² /mm ³)	23.67
③ ペースト空気比 [p/A]		4.10	⑥ 気泡間隔係数 [L']	(mm)	0.173
気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)	気泡径範囲 (mm)	気泡個数 (個)	気泡比率 (%)
0.010 ~ 0.050	76	7.9	0.600 ~ 0.700	4	0.4
0.050 ~ 0.100	256	26.6	0.700 ~ 0.800	4	0.4
0.100 ~ 0.150	296	30.8	0.800 ~ 0.900	2	0.2
0.150 ~ 0.200	139	14.4	0.900 ~ 1.000	1	0.1
0.200 ~ 0.250	80	8.3	1.000 ~ 1.250	3	0.3
0.250 ~ 0.300	33	3.4	1.250 ~ 1.500	1	0.1
0.300 ~ 0.350	26	2.7	1.500 ~ 2.000	1	0.1
0.350 ~ 0.400	10	1.0	2.000 ~ 3.000	0	0.0
0.400 ~ 0.450	7	0.7	3.000 ~ 4.000	0	0.0
0.450 ~ 0.500	14	1.5	4.000 ~ 5.000	0	0.0
0.500 ~ 0.550	5	0.5	5.000 ~ 6.000	0	0.0
0.550 ~ 0.600	4	0.4			

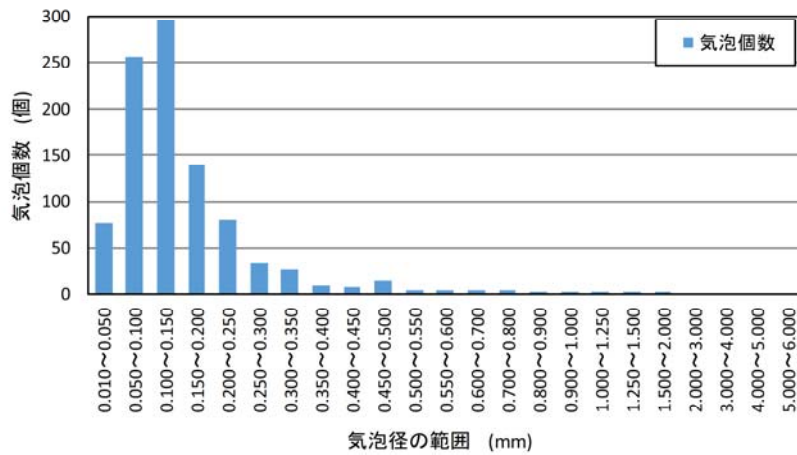


図 3.24 実験ケース 1-5 の供試体の気泡分布

3.3.2 目標スランプ 8cm の場合

図 3.25 に、スラリー後添加によるスランプの経時変化を示す。目標スランプ 18cm の実機試験と同様に、ベースコンクリートの練上がりから 30 分後に、スラリーを添加した。

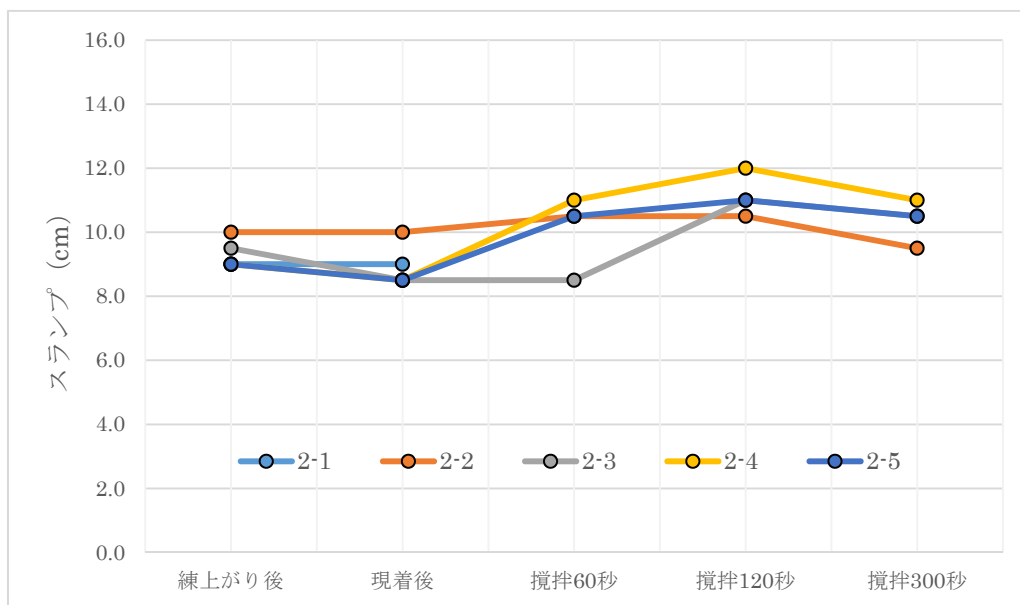


図 3.25 コンクリートのスランプ試験 (目標スランプ 8cm)

凡例の 2-1~2-5 は、表 3.14 に示す通りである。図より、スラリーのみを後添加してもスランプは変化しなかった。一方、流動化剤を添加したもののスランプが増加したが、攪拌時間 60 秒では効果はそれほどなかった。また、目標スランプ 18cm の結果と同様に AE 剤の後添加で、スランプが少し増加することが分かった。

図 3.26 に、空気量の経時変化を示す。

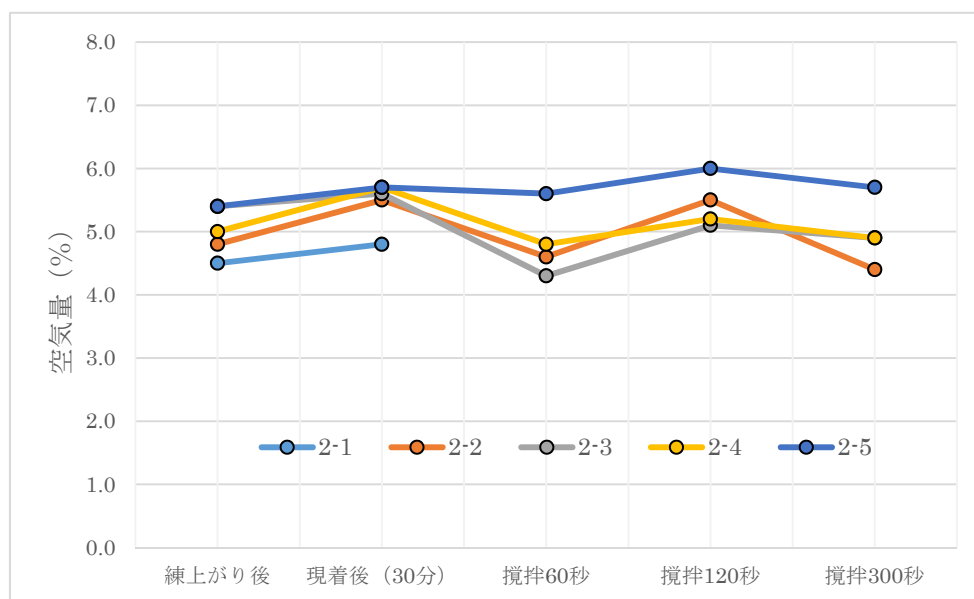


図 3.26 コンクリートの空気量試験結果 (目標スランプ 8cm)

図より、スラリー後添加で空気量が低下していることが分かる。また、目標スランプ 18cm の実機試験結果と同様に、AE 剤の後添加による空気量の調整は可能であるが、攪拌時間が 60 秒ではあまり効果がなかった。

図 3.27 に、圧縮強度試験結果を示す。目標スランプ 8cm の場合も、18cm と同様に 9 本の供試体を用いて圧縮強度試験を行い、その平均値を示す。

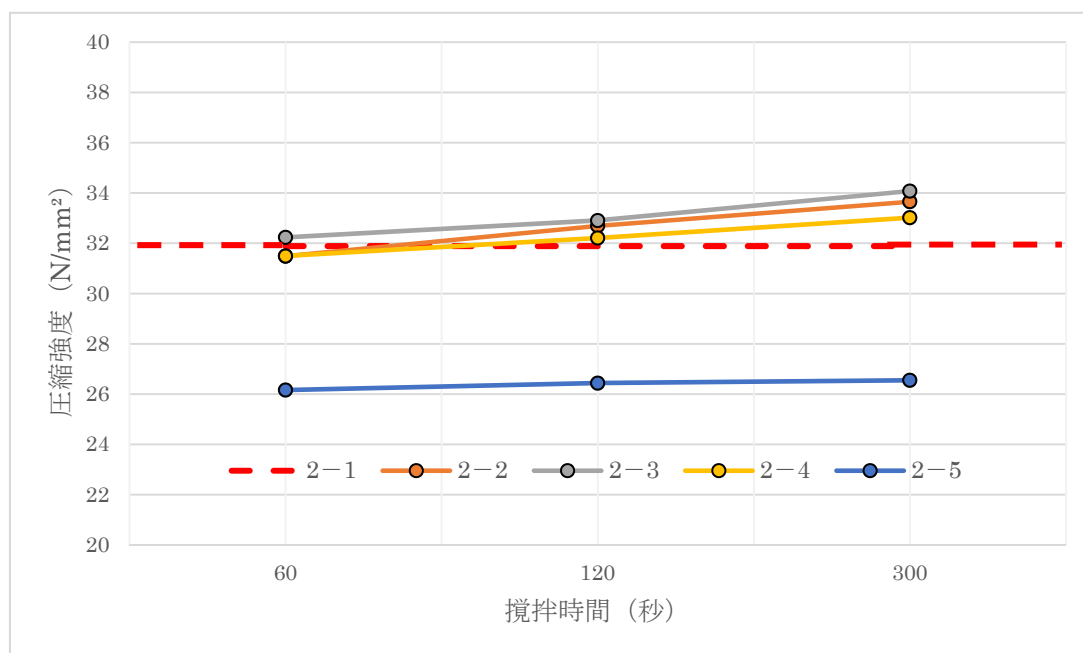


図 3.27 コンクリートの材齢 28 日の圧縮強度試験結果 (目標スランプ 8cm)

図より、目標スランプ 18cm の結果と同様にスラリーを後添加したものの圧縮強度は、基準コンクリートの圧縮強度と比べてあまり変わらないが、AE 剤を後添加した場合 (2-5) は、空気量が約 1% 程度増加したため、強度が低下することが分かった。

目標スランプ8cmの場合も圧縮強度の変動係数を求めた。その結果を図3.28に示す。

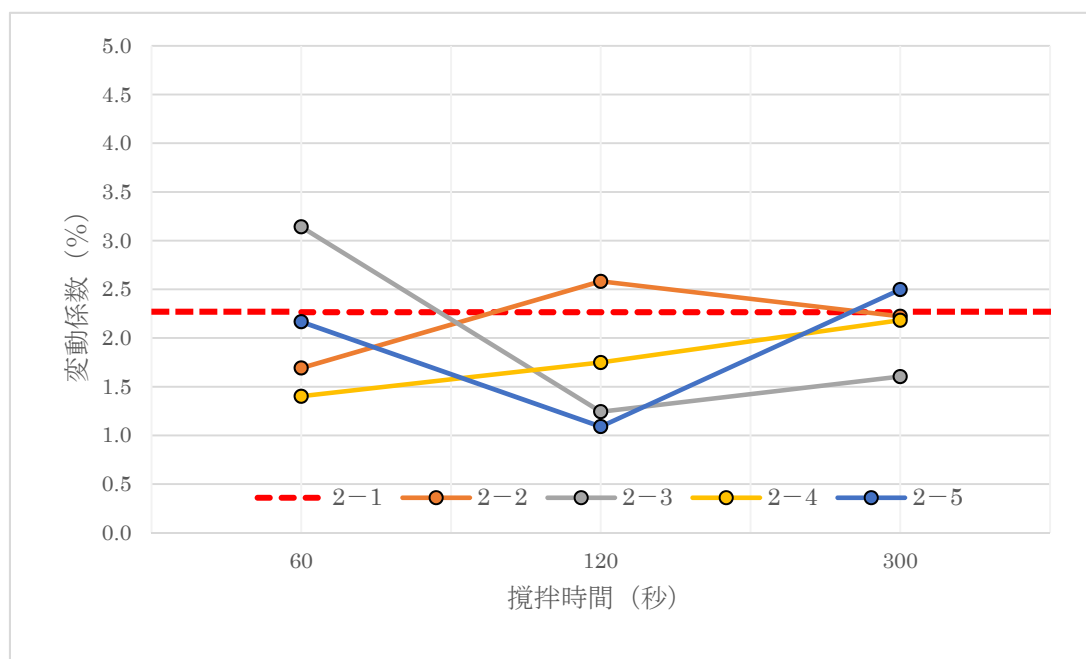


図 3.28 圧縮強度の変動係数 (目標スランプ 8cm)

図より、目標スランプ 8cm の場合も圧縮強度の変動係数が 10% よりも小さく、均質なコンクリートが作られていることが確認できた。しかし、目標スランプ 18cm の結果と違い、変動係数は攪拌時間 60 秒及び 120 秒の方が小さいことが示された。

第4章 研究成果からの提言

4.1 研究結果の総括

本研究では、シリカフュームスラリーをアジテータ車で後添加して3成分系高耐久コンクリートを製造する方法を確立することを目的として、アジテータ車のドラム内でのシリカフュームスラリーの均一な分散のための諸条件を検討した。本研究の範囲で得られた知見を以下にまとめる。

(1) 流動化剤やAE剤を標準添加量で添加することによって、コンクリートのフレッシュ性状の調整が可能である。

(2) シリカフュームスラリーの添加時間、化学混和剤の添加時間及び分割添加が圧縮強度に及ぼす影響は小さい。また、本研究で製造したコンクリートの圧縮強度の変動係数は一般的なコンクリートの変動係数よりも小さい。

(3) シリカフュームスラリーや化学混和剤（流動化剤及びAE剤）をアジテータ車に添加しても、均質なコンクリートが製造できる。

4.2 今後の展開

今年度の研究は基礎的な検討であったため、最終的なコンクリート（スラリーを含む全ての材料が使用された）の配合からシリカフュームスラリーを差し引いたものを、ベースコンクリートしたが、これは必ずしもレディーミクスト工場の標準配合と同一ではない。このため、現状では3成分系結材コンクリートを製造する度に、ベースコンクリートの試し練りが必要となり、それが普及を妨げる一因となることが懸念される。

このため、どの工場でも特別な配慮なしに3成分系高耐久コンクリートを製造できるようにするには、現状の技術体系に合わせた技術開発が必要となると考えられる。そこで今後は、ベースコンクリートをレディーミクストコンクリート工場の標準配合から選定し、スラリー添加後のコンクリートが所要のフレッシュ性状、強度、耐久性を有するコンクリートとなるようにベースコンクリートの選定方法と化学混和剤の後添加方法を確立することを目的とした検討を行う。

4.3 地域への研究成果公開・還元

本研究と次年度で検討する技術が確立されることで、任意のレディーミクストコンクリート工場の任意の標準配合をベースコンクリートとして、所要の性能を有する3成分系結

合材コンクリートを製造できることになる。これにより、地域やレディーミクスト工場によらず高耐久コンクリートの供給が可能となり、北陸地方全域において高耐久コンクリートの普及の技術的準備が整う。これにより、コンクリート構造物の高耐久化が図れ、ひいては、地域の社会基盤施設の早期劣化を防止でき、維持管理費の削減と安心安全な社会の実現が期待できる。

研究成果の公開は、論文の発表により行う。また、研究終了後は、発注機関（北陸地方整備局、新潟県など）の協力を受けて、試験施工を行うとともに、“NETIS”や“Made in 新潟”への登録も目指す。

参考文献

- 1) 佐原晴也、庄司芳之、竹下治之：アジテータ車を用いた高流動コンクリートの製造方法の検討、土木学会第 47 回年次学術講演会概要集、V-287、pp604-605（1992）
- 2) 小野塚剛、松本典人、其阿弥義嗣、濱田秀則：アジテータ車による増粘剤系高流動コンクリートの製造方法に関する実験、土木学会第 51 回年次学術講演会概要集、V-343、pp686-687（1996）
- 3) 宮部義章ほか：高性能 AE 減水剤の分割添加により流動化する高強度コンクリートの実用化に関する実験的研究、日本大学理工学部学術講演会論文集、B-26（2010）
- 4) 坂田昇、菅俣匠、林大介、橋本学：コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察、コンクリート工学論文集、第 23 回巻第 1 号、pp35-47（2012）
- 5) 嶋毅、佐伯竜彦、吉澤啓典、山本佳城：シリカフェームコンクリートの塩分浸透抵抗性、セメント・コンクリート論文集、No. 63、pp414-420（2009）
- 6) 嶋田久俊、新太郎安中：コンクリートのスランプ及び空気量の経時変化が圧縮強度及び気泡組織に及ぼす影響、寒地土木研究所月報、No. 766、pp38-41（2017）

謝辞

本研究は、北陸地域づくり協会 第23回「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業として行ったものであり、ここに厚く御礼申し上げます。

検討会において貴重なご助言をいただきました、北陸地方整備局北陸技術事務所・江川康夫氏、澤田陽介氏および新潟県土木部・峰村 修氏に感謝いたします。また、実験に際しては、長井 斎氏、池浦一雄氏を始めとする新潟県生コンクリート工業組合の皆様にも絶大なるご協力をいただきました。ここに謝意を表します。