

増粘剤含有混和剤を用いたコンクリートの材料分離抵抗性および充填性に関する一考察

東洋建設 正会員 ○竹中 寛 高淵 稔貴 森田 浩史
東洋建設 岸本 豪太

1. はじめに

近年、生産性向上の観点から「締固めを必要とする高流動コンクリート」の普及が期待されている。当該コンクリートは、従来の自己充填性を有する高流動コンクリートとは異なり、締固めの影響を考慮した上でコンクリートの材料分離抵抗性や充填性を付与する必要がある。本研究では、増粘剤含有高性能 AE 減水剤を用いた配合（以下、VSP 配合と称す）に加え、実用性や汎用性を考慮し、スランブ管理の JIS コンクリートに増粘剤含有流動化剤をあと添加して製造することを想定した配合（以下、VFP 配合と称す）を対象に実験的検討を行い、締固めを必要とする高流動コンクリートの材料分離抵抗性と充填性について考察した。

2. 試験概要

コンクリートの配合を表-1 に示す。VSP 配合は、レディーミクストコンクリート工場にて増粘剤含有高性能 AE 減水剤（Ad1）を添加して製造し、呼び強度 30、36 および 42 の 3 種類（スランブフロー（SLF）の目標値：500、550 および 600mm）とした。一方 VFP 配合は、VSP 配合と同じ呼び強度のスランブ管理の普通コンクリート（スランブ（SL）の目標値：18、21cm）に対し、それぞれ銘柄の異なる AE 減水剤（Ad2、Ad4）または高性能 AE 減水剤（Ad3、Ad5）を用いた計 6 種類を同工場にて製造した。工場で製造したコンクリートは、実験場所までアジテータ車で運搬し、うち VFP 配合については、実験場所です所定のスランブフローの範囲（30-18-A・B：500±75mm、36-21-A・B：550±100mm、42-21-A・B：600±100mm）となるよう、ドラム内に増粘剤含有流動化剤をあと添加し、コンクリートを流動化させた。一般的に、締固めを必要とする高流動コンクリートにおけるスランブフローの上限値は 550mm 程度と考えられるが、本研究では、締固めによる材料分離抵抗性の影響を幅広く捉えられるよう、従来の高流動コンクリート（ランク 3 相当）の範囲も含めて検討した。コンクリートの評価は、スランブフロー（JIS A 1150 に準拠）、加振環境における粗骨材残存率、見かけの塑性粘度および U 形充填高さ（JSCE-F511（障害 R2）に準拠）にて行った。粗骨材残存率は、土木学会 358 委員会の委員会報告書¹⁾に記載の粗骨材の沈下量評価試験に準じ、加振時間を 0、5、10s とした。また、見かけの塑性粘度は、Two-Point 法²⁾に準じて回転翼型粘度計

表-1 コンクリートの配合

種類	配合名	W/C (%)	s/a (%)	Gvol (m³/m³)	SLF(SL) (mm, cm)	単位量 (kg/m³)					
						W	C	S1	S2	G	Ad
VSP 配合	30-50	50.5	50.7	330	500±75	175	347	617	269	885	Ad1:3.82
	36-55	44.0	51.4	318	550±100	175	398	609	266	853	Ad1:4.38
	42-60	39.0	50.1	318	600±100	175	449	578	253	853	Ad1:4.94
VFP 配合	30-18-A	49.0	44.9	360	(18±2.5)	183	374	531	232	965	Ad2:3.74
	36-21-A	44.0	49.0	336	(21±2.0)	172	391	586	256	901	Ad3:3.52
	42-21-A	39.0	47.4	336	(21±2.0)	174	447	549	240	901	Ad3:4.02
	30-18-B	49.0	44.9	360	(18±2.5)	183	374	531	232	965	Ad4:3.74
	36-21-B	44.0	49.0	336	(21±2.0)	172	391	586	256	901	Ad5:3.52
	42-21-B	39.0	47.4	336	(21±2.0)	174	447	549	240	901	Ad5:4.02

W：地下水，C：普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³），S1：神栖産陸砂（表乾密度 2.59 g/cm³），S2：佐野産砕石（表乾密度 2.63 g/cm³），G：土浦産砕石（表乾密度 2.68 g/cm³，最大寸法 20mm），Ad1：高性能 AE 減水剤標準型Ⅰ種（増粘剤含有型），Ad2・Ad4：AE 減水剤標準型Ⅰ種，Ad3・Ad5：高性能 AE 減水剤標準型Ⅰ種，Gvol：粗骨絶対容積

表-1 試験結果の一覧

配合名	SLF(mm)			粗骨材残存率(%)									残存率 70% 加振時間(s)			見かけの 塑性粘度(N・cm)			U 形充填 高さ(mm)	
				加振 0s			加振 5s			加振 10s										
	流動 化前	0 分	30 分	流動 化前	0 分	30 分	流動 化前	0 分	30 分	流動 化前	0 分	30 分	流動 化前	0 分	30 分	流動 化前	0 分	30 分	0 分	30 分
30-50	-	435	395	-	119	116	-	103	104	-	85	69	-	13.8	9.9	-	2.32	-	241	-
36-55	-	515	500	-	102	114	-	85	81	-	74	54	-	11.6	7.0	-	11.6	7.0	318	316
42-60	-	665	640	-	96	78	-	49	46	-	70	35	-	2.8	1.3	-	2.8	1.3	332	343
30-18-A	290	535	450	114	125	117	105	65	58	83	27	24	12.8	4.6	4.0	-	0.61	0.58	150	277
36-21-A	335	610	575	109	98	113	101	63	93	75	74	70	10.9	4.0	10.0	-	1.16	1.42	342	323
42-21-A	400	655	590	106	101	99	82	81	102	72	78	72	11.1	22.5	10.4	-	1.22	2.65	342	325
30-18-B	280	520	465	115	96	86	111	55	56	90	49	25	14.9	3.2	2.7	-	0.93	0.42	301	302
36-21-B	330	605	575	111	95	95	100	108	81	108	45	60	10≦	8.0	7.6	-	1.25	1.63	343	350
42-21-B	365	700	665	111	59	63	96	67	54	74	54	49	10.9	0	0	-	1.24	1.14	354	353

キーワード 増粘剤含有混和剤，材料分離抵抗性，充填性，沈下量評価試験，U 形充填試験

連絡先 〒300-0424 茨城県稲敷郡美浦村受領 1033-1 東洋建設（株）美浦研究所 TEL:029-885-7511

の回転数（0～50rpm の範囲）とトルクの関係（下降時のヒステリシスループを使用）から算定した。各試験は、試験結果の一覧（表-1 参照）に示すとおり、実験場所に到着後、流動化前（VFP 配合のみ）、0, 30 分後に実施した。

3. 実験結果および考察

前述した粗骨材の沈下量評価試験¹⁾では、締固め時のコンクリートの材料分離（粗骨材の沈降）の有無を評価するため、粗骨材残存率 70%を一つの指標として用いている。そこで本研究では、粗骨材残存率が 70%まで低下するのに要する加振時間（粗骨材残存率 70%加振時間（以下、70%加振時間と称す））を、材料分離が生じない許容加振時間と仮定し、コンクリートの諸性状との関係性から材料分離抵抗性について考察した。なお、70%加振時間は、各加振時間の測定結果より、図-1 に例示するように線形補完にて推定した。70%加振時間とスランプフローおよび見かけの塑性粘度との関係を図-2 に示す。配合によってばらつきは見られるものの、70%加振時間は、スランプフローが大きいほど、見かけの塑性粘度が低いほど短くなる傾向が認められ、これより、今後さらに同様のデータを蓄積すれば、コンクリートのスランプフローや粘性から許容締固め時間を推定できると考えられる。また、一般的に締固めが必要とされるスランプフロー 550mm 以下の範囲に着目すると、呼び強度 30 の VFP 配合の流動化後（○□）は、同等（500mm 程度）のスランプフローを有する他配合の結果に比べて、70%加振時間がやや短い。このような状態においては、材料自体の分離抵抗性が低く、軽微な締固め（5 秒未満）でも分離を助長する恐れがあるため注意を要する。

自己充填高さとスランプフロー、見かけの塑性粘度および粗骨材絶対容積との関係を図-3 に示す（VFP 配合の流動化前は除く）。自己充填高さは、スランプフローが大きいほど緩やかに増加し、見かけの塑性粘度が $1.5\text{N}\cdot\text{cm}$ 以下、粗骨材絶対容積が $340\text{m}^3/\text{m}^3$ 以上ではやや減少する等、各種性状に依存する傾向が見られた。特に、前述した材料分離抵抗性の低い、呼び強度 30 の VFP 配合の流動化後（○）や、スランプフローの小さい呼び強度 30 の VSP 配合（▲）等では、粗骨材絶対容積や粘性の影響を受けやすいようである。締固めを必要とする高流動コンクリートが、締固めを伴い、従来の高流動コンクリート（ランク 2）の指標である自己充填高さ 300mm 以上を満足する必要があると仮定すると、前者の場合は許容締固め時間が短いため、十分な充填性を担保できない可能性がある。

以上より、増粘剤含有混和剤を用いたコンクリートの材料分離抵抗性および充填性について、材料分離抵抗性の評価指標として仮定した粗骨材残存率 70%加振時間は、スランプフローや見かけの塑性粘度と相関があり、これらの関係からおおよその許容締固め時間を推定できること、さらに充填性評価の一つの指標となる U 形充填高さは、スランプフローとの相関を有し、見かけの塑性粘度や粗骨材絶対容積にも依存することが分かった。

謝辞 本研究は（株）フローリック、ポゾリスソリューションズ（株）の協力のもと実施したものである。ここに謝意を表す。

参考文献 1) 土木学会コンクリート委員会 締固めを必要とする高流動コンクリートの配合・施工技術研究小委員会（358 委員会）：コンクリート技術シリーズ 123, 土木学会, 2020. 2) Tattersall G.H., et al : The Rheology of Fresh Concrete, PITMAN, 1983.

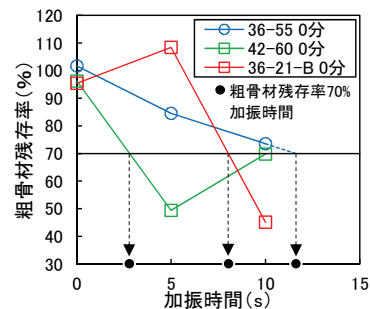
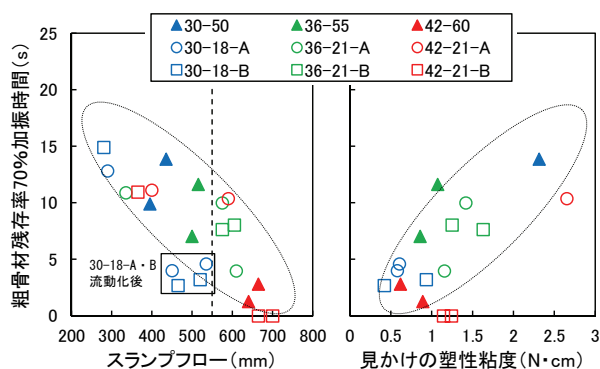
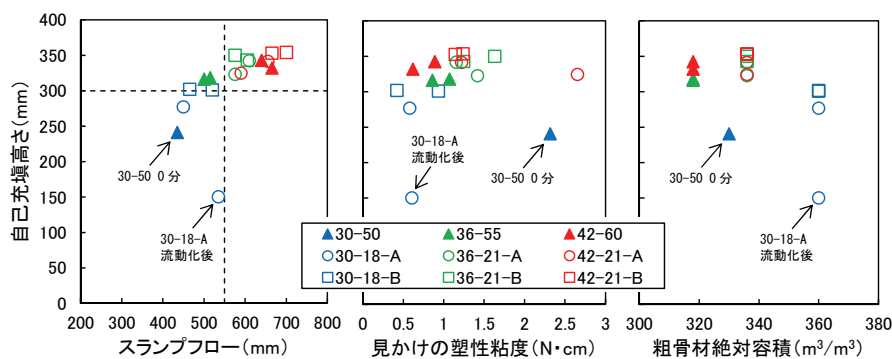


図-1 70%加振時間の推定方法



a) スランプフロー b) 見かけの塑性粘度

図-2 粗骨材残存率 70%加振時間との関係



a) スランプフロー b) 見かけの塑性粘度 c) 粗骨材絶対容積

図-3 自己充填高さとの関係