コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，2018

論文　増粘剤含有高性能ＡＥ減水剤を用いて普通コンクリートに流動性を付与させるための調合条件に関する一考察

萩谷俊祐[*1]・中田善久[*2]・平野修也[*3]・湯本哲也[*4]

要旨：本研究は，筆者らのこれまでの研究結果において普通強度レベルのコンクリートに対し，化学混和剤の使用率により目標スランプフローを達成できなかった調合について，調合条件を変えて目標スランプフローが達成できるか否かを明らかにするために行ったものである。その結果，化学混和剤の使用率のみで流動性を付与できなかった調合に対して，調合条件を変化させることで増粘剤含有高性能AE減水剤を用いれば，目標スランプフロー60cmまで製造可能であることが示唆された。また，ブリーディング量，凝結時間および圧縮強度は，化学混和剤の種類，使用率および骨材の種類によって大きく異なる傾向を示した。

キーワード：増粘剤含有高性能AE減水剤，普通コンクリート，流動性，材料分離抵抗性，調合条件

1. はじめに

日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説JASS 5 鉄筋コンクリート工事」[1)]（以下，JASS 5という。）の「3.6 ワーカビリティーおよびスランプ」において普通コンクリートの調合管理強度33N/mm^{2}未満の場合，スランプ18cm以下と解説されており，調合管理強度33N/mm^{2}未満のコンクリートのワーカビリティーを改善する必要があることは言うまでもない。しかしながら，この強度レベルのコンクリートは，単位セメント量があまり大きくないため，むやみに流動性を高めると材料分離抵抗性を損なうことになる。そのため，高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの粉体材料(結合材)を用いたコンクリートや，流動性と材料分離抵抗性を併せ持つ増粘剤含有高性能AE減水剤を用いたコンクリートが検討されている。この増粘剤含有高性能AE減水剤を用いて流動性を高めたコンクリートは，笠井芳夫博士の提案したフローイングコンクリート[2)]が代表的である。このフローイングコンクリートの基本的な考え方は，①セメントは普通ポルトランドセメントを主体にし，特殊混和剤(特殊増粘付与剤を複合)により高い流動性を得る，②設計基準強度180～600kgf/cm^{2}程度とし，一般に建築で用いられるコンクリートの調合をベースとする，③打込み・締固め作業を軽減し，工事の迅速性と経済性を図るおよび④す・豆板がない密実なコンクリートを得るの４つである。このフローイングコンクリートの調合の中で，水セメント比の最大値はW/C=60%であり，このときの単位セメント量が300kg/m^{3}であった。しかし，このような増粘剤含有高性能AE減水剤を用いたコンクリートの流動性と材料分離抵抗性は，使用する骨材や品質,化学混和剤の種類や成分効果によって大きく異なってくる。

筆者らは，これまでに各種混和剤の使用率により流動性を付与させたコンクリートのフレッシュコンクリートの性状[3)~7)]について検討してきた。この中で，前述したようにJASS 5の調合管理強度33N/mm^{2}以下と想定される呼び強度27程度(水セメント比55%)とし，目標スランプ(以下，目標SLという。)21cmの普通コンクリートをベースとして，増粘剤含有高性能AE減水剤，高性能AE減水剤およびAE減水剤を用いてその使用率により目標スランプフロー(以下，目標SFという。)を40cm，50cmおよび60cmと変えてフレッシュコンクリートの性状について実験を行った。その結果，普通コンクリートをベースとして各種混和剤の使用率により目標SFが大きくなると，化学混和剤の種類，使用率および骨材の種類によって目標SF達成の可否が変わることを明らかにした。しかし，目標SFが達成できなかった調合について化学混和剤の使用率のみでなく調合条件を変えて目標SFを達成できるかは不明な点がある。

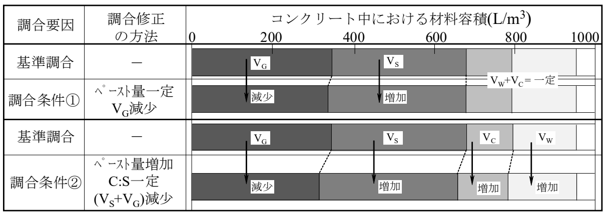
そこで，本研究は，化学混和剤の使用率により目標SFを達成できなかった調合について，調合条件を変えて目標SFが満足できるか否かを明らかにするために行ったものである。ここでは，調合条件として，①ペースト量を一定として粗骨材の容積(以下，V_Gという。)を減少させたもの，②ペースト量を増加させてセメントと細骨材の容積比(以下，C:Sという。)を変化させずに全骨材の容積(以下，骨材量(V_S+V_G)という。)を減少させたものおよび③化学混和剤の使用率を減少させたものについて検討し

*1 日本大学大学院　理工学研究科建築学専攻　大学院生　(学生会員)
*2 日本大学　理工学部建築学科教授　博士　(工学)　(正会員)
*3 株式会社フローリック　技術本部コンクリート研究所　主査　修士　(工学)　(正会員)
*4 日本大学 理工学部客員研究員　修士　(工学)　(正会員)

表－1 筆者らのこれまでの研究結果[3)～7)]のまとめ

目標SF (cm)	骨材A			骨材B		
	SP+増粘剤	SP	AE(高機能)	SP+増粘剤	SP	AE(高機能)
40	○	○	○③	○	○	○②
50	○	○	×②,③	○	○①	×②
60	○③	△①	－	○①,②	×②	－

※調合条件①：①，調合条件②：②，調合条件③：③と表記する。
○：目標SFおよび目視による材料分離の判定を満足し，ブリーディング量が$0.30cm^3/cm^2$以下だったもの
△：目標SFおよび目視による材料分離の判定を満足し，ブリーディング量が$0.30cm^3/cm^2$以上だったもの
×：目標SFもしくは，目視による材料分離の判定を満足せず，かつブリーディング量が$0.30cm^3/cm^2$以上だったもの
－：実施せず
▭(灰色): 筆者らのこれまでの研究結果
▭: 本研究で対象とした調合



図－1 コンクリート中における各材料の構成割合

た。

2. 筆者らのこれまでの研究結果[3)～7)]と本研究で取扱う流動性を付与させるための調合条件の関係

筆者らのこれまでの研究結果[3)-7)]のまとめを**表－1**に示す。以下，本論文において，増粘剤含有高性能AE減水剤をSP+増粘剤，高性能AE減水剤をSP，AE減水剤(高機能型)をAE(高機能)と略記する。基準調合において化学混和剤の使用率のみで流動性を付与したコンクリートは，SPのとき目標SF=40cm程度まで，SP+増粘剤のとき目標SF=50cm程度までは所要の流動性を有し，かつ材料分離抵抗性を付与できるものの，混和剤の使用率のみでそれ以上の流動性を付与させようとすると材料分離抵抗性を確保できない結果となった。

本研究は，表中に示す通り，筆者らのこれまでの研究結果[3)-7)]において化学混和剤の使用率のみで流動性を付与できなかったコンクリートを対象とした。

コンクリート中における各材料の構成割合を**図－1**に示す。同一水セメント比において，流動性あるいは材料分離抵抗性を付与する方法としては次のようなことが考えられる。調合条件として，①ペースト量を一定としてV_Gを減少させる場合，②ペースト量を増加させてC:Sを変化させずに骨材量(V_S+V_G)を減少させる場合，③化学混和剤の使用率を減少させる場合が考えられる。本研究では，調合条件として上記のような検討を行った。調合条件①は，筆者らのこれまでの研究成果において，目標SFもしくは，目視による材料分離の判定を満足せず，かつブリーディング量が「高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)」[8)](以下，高流動指針とする。)に定められている$0.3cm^3/cm^2$以下を満足しなかったSPを用いた骨材Aの目標SF=60cm，骨材Bの目標SF=50cmおよび目標SF=60cmを対象とした。また，調合条件②は，筆者らのこれまでの研究結果において，基準調合に対して化学混和剤の使用率のみでは目標SFを満足しなかった骨材BのSPを用いた目標SF=60cm，AE(高機能)を用いた目標SF=40cmおよび50cmを対象とした。さらに，調合条件③は，筆者らのこれまでの研究成果において，目標SFおよび目視による材料分離の判定を満足したが，ブリーディング量が$0.3cm^3/cm^2$以下を満足しなかった骨材AのSP+増粘剤を用いた目標SF=60cm，AE(高機能)を用いた目標SF=40cmおよび50cmを対象とした。

表－2 使用材料

材料		記号	種類・品質・物性値
水		W	上水道水　茨城県つくば市
セメント		C	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm^3,比表面積:3,300cm^2/g
骨材A	細骨材	S_1	中目砂　千葉県木更津市 表乾密度: 2.62g/cm^3,吸水率:1.27%,粗粒率:2.42
		S_2	石灰砕砂　福岡県北九州市 表乾密度:2.68g/cm^3,吸水率:0.56%粗粒率:2.47
	粗骨材	G_1	石灰砕石2005　埼玉県秩父郡横瀬町 表乾密度:2.69g/cm^3,吸水率:0.53%,実積率:60.0%
		G_2	硬質砂岩砕石2005　埼玉県秩父郡小鹿野町 表乾密度:2.72:g/cm^3,吸水率:0.58%,実積率:60.0%
骨材B	細骨材	S_3	陸砂　栃木県栃木市尻内町 表乾密度: 2.61g/cm^3,吸水率:2.14%,粗粒率:2.75
	粗骨材	G_3	硬質砂岩砕石2005　栃木県栃木市尻内町 表乾密度: 2.64g/cm^3,吸水率:1.24%,実積率:59.4%
化学混和剤		SP+増粘剤	増粘剤含有高性能AE減水剤 ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸系化合物と界面活性剤系特殊増粘剤の複合体
		SP	高性能AE減水剤 ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸系化合物
		AE(高機能)	AE減水剤(高機能型) ﾘｸﾞﾆﾝｽﾙﾎﾝ酸塩ｵｷｼｶﾙﾎﾞﾝ酸塩ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸系化合物

表－3 試験項目および方法

試験項目		試験方法
スランプ試験		JIS A 1101 :2005
スランプフロー試験		JIS A 1150 : 2007
空気量試験		JIS A 1128 : 2005
目視I	目視による粗骨材の偏在の有無	SL,SF試験後のコンクートの中央部における粗骨材の偏在の有無を目視により判定
目視II	目視によるセメントペーストや遊離した水の偏在の有無	SL,SF試験後のコンクートの周辺部におけるセメントペーストや遊離した水の偏在の有無を目視により判定
ブリーディング試験		JIS A 1123 : 2012
凝結試験		JIS A 1147 : 2007
圧縮強度試験		JIS A 1108 : 2006

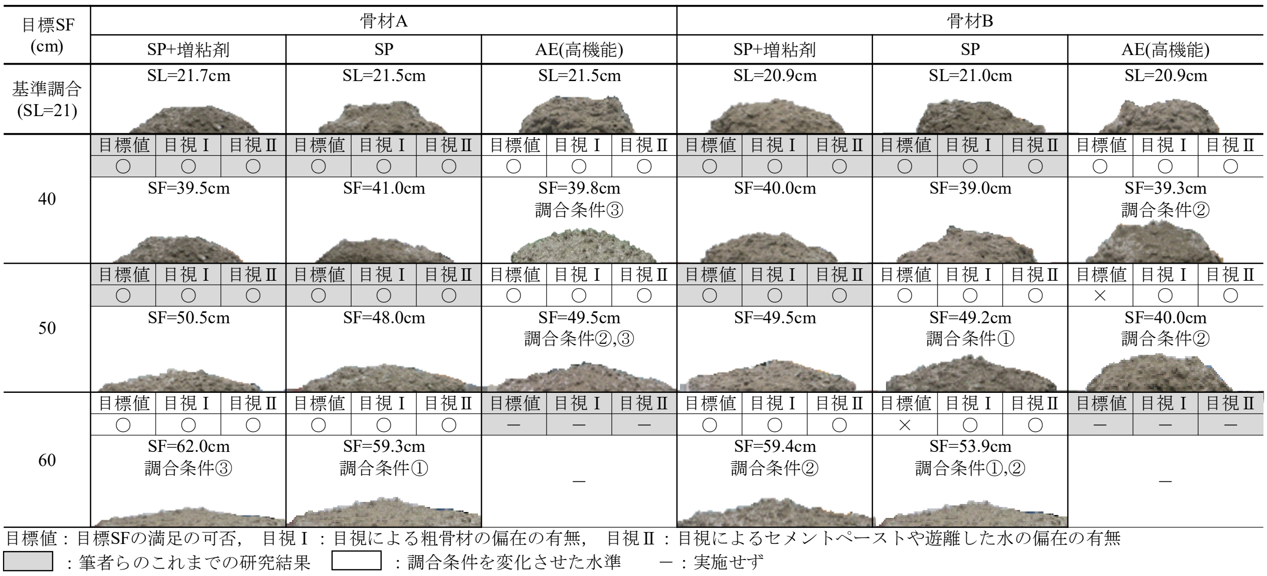
3. 実験概要

3.1 コンクリートの使用材料

コンクリートの使用材料を**表－2**に示す。使用した骨材は，筆者らのこれまでの研究結果と同様に骨材Aおよび骨材Bとした。なお，骨材Aは，細骨材および粗骨材ともに，2種類の骨材が絶対容積で等量となるように混合して使用した。化学混和剤は，いずれもJIS A 6204-2011「コンクリート用化学混和剤」の標準形Ⅰ種によるものである。なお，化学混和剤の使用率の上限値は，メーカーの推

表－4 コンクリートの調合および基準調合からの調合条件

骨材種類	調合条件	化学混和剤の種類	W/C (%)	目標SL 目標SF (cm)	目標空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)								単位粗骨材かさ容積 (m³/m³)	化学混和剤の使用率 (%/C)
							W	C	S_1	S_2	S_3	G_1	G_2	G_3		
骨材A	基準調合	SP+増粘剤	55.0	21±1	4.5±1.5	48.6	175	318	429	444	－	470	473	－	0.58	0.95
		SP		21±1		48.6	175	318	429	444	－	470	473	－	0.58	0.90
		AE(高機能)		21±1		47.4	185	336	408	422	－	470	473	－	0.58	0.85
	調合条件③	SP+増粘剤		60±2		48.6	175	318	429	444	－	470	473	－	0.58	1.50
	調合条件①	SP		60±2		50.3	175	318	444	460	－	454	457	－	0.56	1.75
	調合条件②	AE(高機能)		50±2		49.4	190	345	421	436	－	446	449	－	0.55	2.00
	調合条件③	AE(高機能)		40±2		47.4	185	336	408	422	－	470	473	－	0.58	0.95
				50±2		47.4	185	336	408	422	－	470	473	－	0.58	1.90
骨材B	基準調合	SP+増粘剤	55.0	21±1	4.5±1.5	48.4	175	318	－	－	873	－	－	943	0.58	1.15
		SP		21±1		48.4	175	318	－	－	873	－	－	943	0.58	1.25
		AE(高機能)		21±1		49.2	185	336	－	－	899	－	－	895	0.58	1.50
	調合条件①	SP+増粘剤		60±2		51.1	175	318	－	－	906	－	－	876	0.56	1.95
	調合条件②			60±2		50.1	180	327	－	－	899	－	－	906	0.55	1.90
	調合条件①	SP		50±2		50.1	175	318	－	－	904	－	－	911	0.56	2.00
				60±2		50.1	175	318	－	－	904	－	－	911	0.56	2.55
	調合条件②			60±2		50.4	180	327	－	－	899	－	－	895	0.55	2.50
	調合条件②	AE(高機能)		40±2		49.2	190	345	－	－	857	－	－	895	0.55	2.00



図－2 目標SFごとのフレッシュコンクリートの状態

奨値を参考として，SPのとき2.5%／C，SP+増粘剤のとき3.0%／C，AE(高機能)のとき2.0%／Cとした。

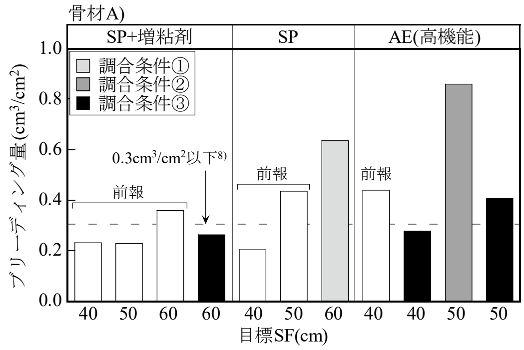
3.2 試験項目および方法

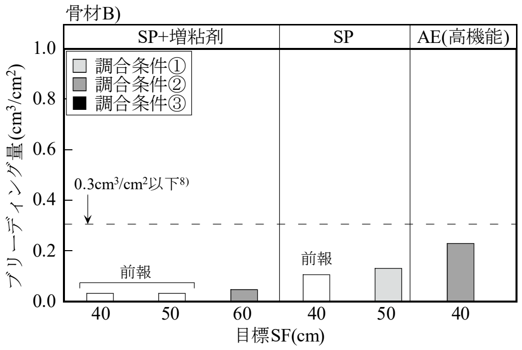
試験項目および方法を表－3に示す。コンクリートは，容量55リットルの水平二軸形強制練りミキサを用い，練混ぜた。練混ぜ手順は，「G+S/2+C+S/2→10秒間練混ぜ→W+Ad→90秒間練混ぜ→排出」とした。

試験項目は，スランプ試験，スランプフロー試験，空気量試験，目視による材料分離の判定，ブリーディング量，凝結試験および圧縮強度試験とした。また，目標SFを満足した調合について，その後の試験を行った。ここで，目視による材料分離の判定は，コンクリートの材料分離抵抗性を確認するために，JASS 5 16.3 品質a.に記述されている項目について，目視Ⅰとして，SL，SF試験後のコンクリートの中央部における粗骨材の偏在の有無を目視により判定した。また，目視Ⅱとして，SL，SF試験後のコンクリートの周辺部におけるセメントペーストや遊離した水の偏在の有無を目視により判定した。

3.3 コンクリートの調合および基準調合からの調合条件

コンクリートの調合および基準調合からの調合条件を表－4に示す。コンクリートの調合は，いずれの化学混和剤の場合も，水セメント比を55%とした。これは，一般





図－3　調合条件を変化させたコンクリートのブリーディング量

的なレディーミクストコンクリートにおいて呼び強度27程度の普通強度レベルのものを想定している。

4.　結果および考察

4.1　目標SFごとのフレッシュコンクリートの状態

目標SFごとのフレッシュコンクリートの状態を**図－2**に示す。この中で，目標SFの満足の可否，目視による粗骨材の偏在の有無および目視によるセメントペーストや遊離した水の偏在の有無をいずれも○，×によって表記した。また，対象となるコンクリートに調合条件を表記し，目標SFを満足しなかったものあるいは目視による材料分離の判定により×になったものも参考として記載した。

基準調合(W/C=55%，目標SL=21cm)から調合条件①で流動性を付与させて目標SFを満足したものは，骨材Aの場合，SPにおいて目標SF=60cmまでであり，骨材Bの場合，目標SF=50cmまでであった。骨材Bの場合，SPにおいて目標SF=60cmも調合条件①を行ったが，目視による材料分離の判定を満足したものの目標SFを満足しない結果となった。そのため，調合条件②も行ったものの，調合条件①と同様の結果となった。

また，基準調合(W/C=55%，目標SL=21cm)から調合条件②で流動性を付与させて目標SFを満足したものは，骨材Aの場合，AE(高機能)において目標SF=50cmまでであった。さらに，骨材Bの場合，SP+増粘剤において目標SF=60cmまでであり，AE(高機能)において目標SF=40cmまでであった。

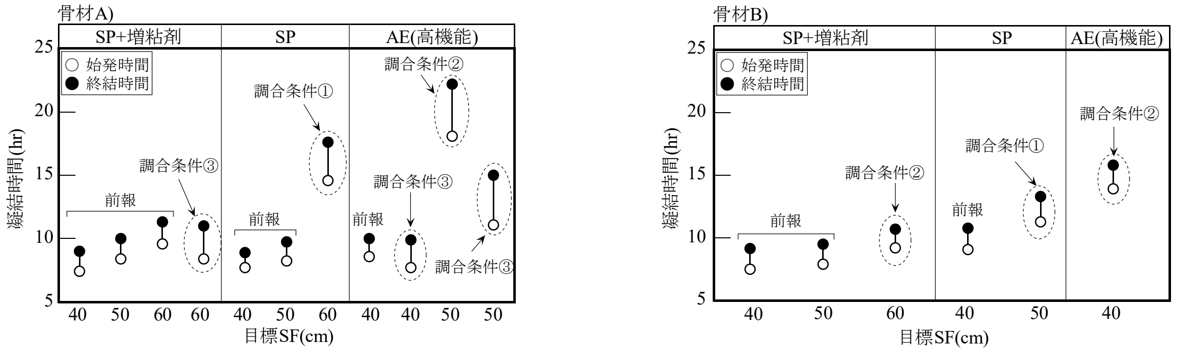
さらに，基準調合(W/C=55%，目標SL=21cm)から調合条件③で流動性を付与させて目標SFを満足したものは，骨材Aの場合，SP+増粘剤において目標SF=60cmまでであり，AE(高機能)において目標SF=40cmまでであった。調合条件③においては，前述した通り，筆者らのこれまでの研究結果において化学混和剤の使用率のみを変化させて目標SFを満足したものの，ブリーディング量の値が0.3cm³/cm²以上となった調合について行ったものである。化学混和剤の使用率は，SP+増粘剤における目標SF=60cmでは0.10%/C減少させ，AE(高機能)における目標SF=40cmでは0.05%/C減少させることで，目標SFを満足でき，目視による材料分離の判定においても満足できた。

以上のことより，普通強度レベルのコンクリートにおいて化学混和剤の使用率のみで目標SFを満足しなかった調合に対し、調合条件を変えて流動性および材料分離抵抗性を付与させようとすると目標SFを満足する領域を広げることができた。筆者らのこれまでの研究結果と比較すると，骨材Aの場合，SPにおいて目標SF=50cmから目標SF=60cmまで，骨材Bの場合，SPにおいて目標SF=40cmから目標SF=50cmまで，SP+増粘剤において目標SF=50cmから目標SF=60cmまで，さらにAE(高機能)において目標SL=21cmから目標SF=40cmを満足することが可能となった。

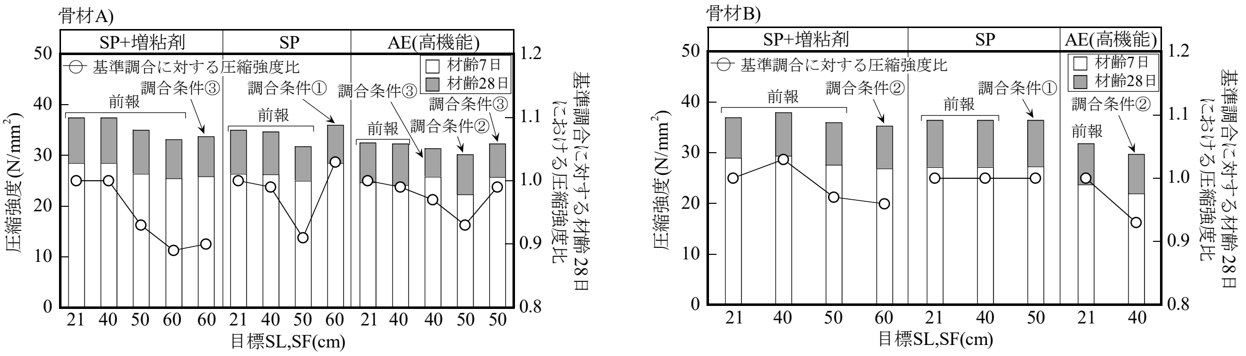
4.2　調合条件を変化させたコンクリートのブリーディング量

調合条件を変化させたコンクリートのブリーディング量を**図－3**に示す。ブリーディング量は，高流動指針[8]において0.3cm³/cm²以下と定められている値を図中に表記した。調合条件①を行ったブリーディング量は，骨材AのSPを用いた目標SF=60cmにおいて0.631cm³/cm²，骨材BのSPを用いた目標SF=50cmにおいて0.133cm³/cm²であった。これは，調合条件①によりペースト量は一定で，V_Gを減少しているため，調合上のs/aが変化したことが骨材の種類ごとに顕著に現れた結果といえる。

調合条件②を行ったブリーディング量は，骨材の違いにより結果が顕著に表れた。まず骨材Aの場合，AE(高機能)を用いた目標SF=50cmにおいて0.861cm³/cm²となり，0.3cm³/cm²以下を満足できなかった。これは，桜井ら[9]によると，単位水量が多いほど，水を拘束できる固体材料が少ないほど，自由水が多くなるため，ブリーディング量が多くなると報告されており，調合条件②によって調合上の単位水量が増加したことが影響していると考えられる。また，骨材Bの場合，SP+増粘剤を用いた目標SF=60cmにおいて0.047cm³/cm²，AE(高機能)を用いた目標SF=40cmにおいて0.231cm³/cm²であり，0.3cm³/cm²以下を十分満足



図－4　調合条件を変化させたコンクリートの凝結時間



図－5　調合条件を変化させたコンクリートの圧縮強度と基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比の関係

できた。

調合条件③を行ったブリーディング量は，骨材Aの場合，SP+増粘剤を用いた目標SF=60cmで0.265cm^3/cm^2，AE(高機能)を用いた目標SF=40cmにおいて0.280cm^3/cm^{2}であり，0.3cm^3/cm^{2}を十分満足することができた。しかし，AE(高機能)を用いた目標SF=50cmにおいては0.408cm^3/cm^{2}となり，0.3cm^3/cm^{2}を上回る傾向を示した。前述した調合条件②で，骨材AのAE(高機能)を用いた目標SF=50cmの結果よりも，調合条件③によってブリーディング量は減少していることから，単位水量の影響も考えられるが，化学混和剤の使用率により，ブリーディング量を調整することは可能であることが示唆された。

以上より，調合条件を変化させたブリーディング量は，化学混和剤の種類および骨材の種類や品質によって大きく異なる傾向を示した。

4.3　調合条件を変化させたコンクリートの凝結時間

調合条件を変化させたコンクリートの凝結時間を**図－4**に示す。調合条件①を行った凝結時間は，骨材AのSPを用いた目標SF=60cmおよび骨材BのSPを用いた目標SF=50cmの場合，始発時間，終結時間ともに遅くなる傾向を示した。これは，調合条件①により，ペースト量を一定としてV_Gを減少させているため，都合上のV_Sが増加していることが影響していると考えられる。

調合条件②を行った凝結時間は，AE(高機能)を用いた骨材Aの目標SF=50cmおよび骨材Bの目標SF=40cmにおいて，基準調合から調合条件の変化量が同様であるにもかかわらず，異なる傾向を示した。これは，骨材の品質の違いによるものと，AE(高機能)の主成分であるオキシカルボン酸塩の量が多いことも影響していると考えられる。

調合条件③を行った凝結時間は，化学混和剤の使用率をSP+増粘剤の目標SF=60cmでは，0.10%/C減少させ，AE(高機能)の目標SF=40cmおよび50cmでは，0.05%/C減少させたものの，始発から終結までの時間にそれほど急激な変化は見られなかった。

4.4　調合条件を変化させたコンクリートの圧縮強度と基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比の関係

調合条件を変化させたコンクリートの圧縮強度と基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比の関係を**図－5**に示す。図中には，比較用として，基準調合に対する圧縮強度比も記載した。調合条件①を行った圧縮強度は，骨材AのSPを用いた目標SF=60cmおよび骨材BのSPを用いた目標SF=50cmの場合，基準調合に対して大きな変化は見られなかった。

調合条件②を行った圧縮強度は，骨材BのSP+増粘剤を用いた目標SF=60cmおよびAE(高機能)を用いた目標SF=40cmの場合，いずれも基準調合に対して僅かに減少し，基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比は，AE(高機能)のとき0.93であった。この原因は明らかではないが，十代田ら[10)]によると，硬化コンクリートの強度や耐久性にはコンクリート中に残留した自由水(内部ブリーディング水)による影響が大きいとされ，調合条件②により，ペースト量を増加させ骨材量(V_S+V_G)を減少させ

表－5　本研究のまとめ

目標SF (cm)	骨材A			骨材B		
	SP+増粘剤	SP	AE(高機能)	SP+増粘剤	SP	AE(高機能)
40	○	○	△→○③	○	○	×→○②
50	○	○	×→△②,③	○	×→○①	−→×②
60	△→○③	×→△①	−	×→○①,②	−→×②	−

※調合条件①：①，調合条件②：②，調合条件③：③と表記する。
○：目標SFおよび目視による材料分離の判定を満足し，ブリーディング量が0.30cm^3/cm^{2}以下だったもの
△：目標SFおよび目視による材料分離の判定を満足し，ブリーディング量が0.30cm^3/cm^{2}以上だったもの
×：目標SFもしくは，目視による材料分離の判定を満足せず，かつブリーディング量が0.30cm^3/cm^{2}以上だったもの
−：実施せず
▒: 筆者らのこれまでの研究結果
□: 本研究で対象とした調合

たことで，見かけの水セメント比が大きくなり，コンクリート中の内部ブリーディング水が増加したことで，骨材とペースト界面の付着が低下したことが強度低下に影響した可能性が考えられる。

調合条件③を行った圧縮強度は，骨材AのSP+増粘剤を用いた目標SF=60cmの場合，基準調合に対して僅かに減少し，基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比は，0.90であった。これは，これまでの研究成果でも述べた通り，星野ら[11]によるとW/C=50～65%において混和剤の使用率を大きくすると強度低下が生じるという報告と同様の結果であった。

以上より，圧縮強度および基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比は，骨材の種類，品質および調合条件の変化の違いによる影響を受けるものと考えられる。

5. まとめ

本研究のまとめを**表－5**に示す。本研究は，化学混和剤の使用率により目標SFを満足できなかった調合について，調合条件を変えて目標SFを満足できるか否かを明らかにするために行ったものである。その結果，得られた知見を以下に示す。

(1) 普通強度レベルにおいて，化学混和剤の使用率のみで流動性を付与できなかった調合に対して，骨材量(V_S+V_G)やペースト量，化学混和剤の使用率を変化させることで達成可能な目標SFの領域を広げることが可能である。

(2) 調合条件を変化させたコンクリートにおけるブリーディング量は，調合条件，化学混和剤の種類および骨材の種類によって大きく異なり，0.3cm^3/cm^{2}以上になったものは化学混和剤の使用率を減少させることで，ブリーディング量を減少させることができた。

(3) 調合条件を変化させたコンクリートにおける圧縮強度および基準調合に対する材齢28日における圧縮強度比は，ブリーディング量および凝結時間を考慮すると，骨材の種類，品質および調合条件の変化の違いによる影響を受けるものの，それほど大きな強度低下は確認されなかった。

謝辞

本実験の実施に際し，株式会社フローリック，株式会社和田砂利商会および日本大学理工学部中田研究室4年生より，多大なるご協力を得ました。ここに付記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 日本建築学会:建築工事標準仕様書・同解説JASS 5 鉄筋コンクリート工事2015, 2015.7
2) 平石信也，笠井芳夫，飛内圭之，長田浩治：フローイングコンクリートの調合・流動性・強度・耐久性に関する実験研究，日本建築学会構造系論文集，No.467, pp.9-18, 1995.1
3) 萩谷俊祐,中田善久,平野修也，湯本哲也：各種混和剤の使用率により流動性を付与したコンクリートのフレッシュ性状に関する一考察,コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1249-1254, 2017.7
4) 湯本哲也，中田善久，桝田佳寛，宮田敦典，因幡芳樹，西祐宜，平野修也，宮部義章，萩谷俊祐，菊地貴志：増粘剤一液型高性能AE減水剤を用いたコンクリートの流動性に関する実験的検討 その1 実験概要および基準調合の試験結果，日本建築学会大会学術講演梗概集(中国),pp.319-320, 2017.8
5) 宮部義章，中田善久，桝田佳寛，宮田敦典，萩谷俊祐，菊地貴志，湯本哲也，因幡芳樹，西祐宜，平野修也：増粘剤一液型高性能AE減水剤を用いたコンクリートの流動性に関する実験的検討 その2 目標スランプフローごとの目視による材料分離抵抗性と経時変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国),pp.321-322, 2017.8
6) 菊地貴志，中田善久，桝田佳寛，宮田敦典，因幡芳樹，西祐宜，平野修也，宮部義章，湯本哲也，萩谷俊祐：増粘剤一液型高性能AE減水剤を用いたコンクリートの流動性に関する実験的検討 その3 L形フロー試験,U型充填性試験および加振変形試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国),pp.323-324, 2017.8
7) 萩谷俊祐，中田善久，桝田佳寛，宮田敦典，因幡芳樹，西祐宜，平野修也，宮部義章，湯本哲也，菊地貴志：増粘剤一液型高性能AE減水剤を用いたコンクリートの流動性に関する実験的検討 その4 ブリーディング量,凝結時間および圧縮強度, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.325-326, 2017.8
8) 日本建築学会：高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解説 ,1997.1
9) 桜井邦昭，丸山久一，近松竜一：高性能AE減水剤による分散効果と流動性を考慮したブリーディング水量の予測モデル，土木学会論文集E2，Vol.70，pp.166-179，2014
10) 十代田知三, 井川孝雄：コンクリート中の欠陥の発生について 打設後の分離がコンクリートの内部構造におよぼす影響・Ⅲ，日本建築学会論文報告集 ,No.240,pp.1-8,1976.2
11) 星野政幸，伊藤敏幸・三浦宏二：高性能AE減水剤の添加量と強度との関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp.985-986,1991.9