

論文 増粘剤含有高性能 AE 減水剤を使用した高流動コンクリートのワーカビリティ評価に関する実験検討

小泉 信一*1・鈴木 澄江*2・鹿毛 忠継*3・榊田 佳寛*4

要旨：増粘剤含有高性能 AE 減水剤を使用した高流動コンクリートのワーカビリティを簡便に評価する試験方法および評価基準を選定することを目的として、建築基準法第 37 条の国土交通大臣認定を取得したコンクリートを用いて実験検討を行った。その結果、1) 流動性の評価に用いる 500mm フロー到達時間は 10 秒以下が目安となること、2) J リングフロー試験における PJ 値、B 値は材料や調合の違いによる間隙通過性への影響を評価する一指標として有効であること、3) PJ 値、B 値を用いた評価は、JSCE-F 511 に規定される充填性試験の結果と同等の評価が可能であることが明らかとなった。

キーワード：高流動コンクリート、増粘剤含有高性能 AE 減水剤、間隙通過性、J リングフロー、PJ 値、B 値

1. はじめに

高流動コンクリートは、熟練作業員の減少やコンクリートの品質向上を指向する社会的背景を受けて 1988 年に開発されたハイパフォーマンスコンクリート（以下、HPC と称す。）¹⁾を起源とする日本発の技術である。その後、HPC は自己充填コンクリート（以下、SCC と称す。）として世界的に認知され、国内では高流動コンクリートと呼称されて急速施工を必要とした大型工事の工期短縮や過密配筋部材への施工に大きく貢献してきた。しかしながら、20 年以上の間、高流動コンクリートは限定した範囲の利用に留まり、普及のためには①コスト面、②設備面、③制度面ならびに④品質保証対策などが課題とされていた。

他方、現在の建設業界では、持続可能な発展に向けて環境配慮や高耐久化への意識が高まる一方、労働力不足の問題に直面しており、労働生産性の最大化が求められている。これを受けて、近年、コンクリート用化学混和剤メーカー各社から、高流動コンクリートの普及の足かせとなっている①コストと②製造段階における設備面の制約を改善し、より手軽に高流動コンクリートを製造・施工する技術として増粘剤含有高性能 AE 減水剤（以下、VSP と称す。）ならびにそれを用いた一般的な強度レベルの高流動コンクリートが提案されている²⁾。

VSP とは、従来の高性能 AE 減水剤（以下、SP と称す。）の基本性能に加え、コンクリートの材料分離抵抗性を付与する界面活性剤系の増粘剤を一液混合した混和剤であり、JIS A 6204（コンクリート用化学混和剤）の分類では高性能 AE 減水剤の規格に適合するものである。なお、コンクリート用化学混和剤協会では、VSP を高性能

AE 減水剤（増粘剤一液タイプ）と称している。

この VSP を用いた高流動コンクリート（締固めを前提としたものも含む）は、トンネルの覆工コンクリートへの適用³⁾に端を発し、橋梁や耐震補強などさまざまな土木構造物で施工実績が増加している。一方、建築分野では JIS A 5308 の呼び強度 45 までの普通コンクリートにスランプフローで管理する製品が規定されていないため、レディーミクストコンクリート（以下、RMC と略す。）工場で製造する製品については、建築基準法第 37 条の国土交通大臣認定（以下、大臣認定と略す。）を取得するか、流動化剤（増粘剤一液タイプ）と称される増粘剤を含有した流動化剤を現場添加して流動性を高めたコンクリートとして施工しているのが現状である。

本研究では、今後、一般的な強度レベルにおける高流動コンクリートの需要の増加が見込まれることを踏まえ、③制度面、④品質保証面の課題の解決策の一つとして VSP を用いた高流動コンクリートのワーカビリティを簡便に評価できる試験方法および評価基準を選定することを目的に実験検討⁴⁾⁵⁾を行った。

2. 評価試験方法の選定

国内外における高流動コンクリートのフレッシュ性状の評価試験方法を表-1 に示す。流動性、充填性、間隙通過性、材料分離抵抗性を評価するために、さまざまな方法が提案、規格化されている。ここで、JASS 5:2015 において、高流動コンクリートのフレッシュ性状は「施工方法に応じて適度な流動性と材料分離抵抗性を有し、型枠内の隅々まで十分に充填できるもの」とされ、流動性はスランプフローで表し、材料分離抵抗性は目視判断

*1 BASF ジャパン(株) 建設化学品事業部 茅ヶ崎技術開発センター マネージャー 博士(工学) (正会員)

*2 (一財)建材試験センター 経営企画部 部長 博士(工学) (正会員)

*3 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部 建築新技術統括研究官 工博 (正会員)

*4 宇都宮大学 名誉教授 工博 (正会員)

表一 高流動コンクリートのフレッシュ試験方法

特性	試験方法	規格・規準など
流動性 (粘性)	スランプフロー試験 Slump flow test, T500	JIS A 1150, EN12350-8 ASTM C 1611/C1611M
	L形フロー試験	JSCE-F514-2013
	漏斗流下試験 V-funnel test	JSCE-F512-2012 EN12350-9, ISO1920-13
充填性	配筋Lフロー試験	AIJ高流動指針 ⁶⁾
	粗骨材洗い試験	AIJ高流動指針 ⁶⁾
	充填性試験	JSCE-F511-2012
	加振変形試験	NEXCO 試験法733
間隙通過性	U形充填性試験	NEXCO 試験法733
	リング貫入試験	AIJ高流動指針 ⁶⁾
	L-box test	EN12350-10, ISO1920-13
材料分離 抵抗性	J-Ring test	ASTM C 1621/C1621M EN12350-12, ISO1920-13
	円筒貫入試験	AIJ高流動指針 ⁶⁾
	Sieve segregation test	EN12350-11
	Column segregation test	ASTM C 1610/C1610M

するとされている。一方、間隙通過性等は信頼できる試験方法で確かめることとし、数種の試験方法が提案されているものの標準化には至っていない。そこで本研究では、ASTM や EN で SCC の間隙通過性の評価方法として規格化された比較的容易に実施可能な方法である J-Ring test に着目し、間隙通過性の評価を行った。

3. ASTM, EN で規格化された J-Ring test について

J-Ring test は、ASTM C 1621-2014, EN12350-12:2010 で規格化された SCC の間隙通過性を測定する試験方法である。試験器具の外観および試験状況を写真一 および写真二に、ASTM と EN 規格の名称と測定方法の違いを表二にそれぞれ示す。ASTM と EN では装置の形状、スランプコーンの置き方がそれぞれ異なっている。

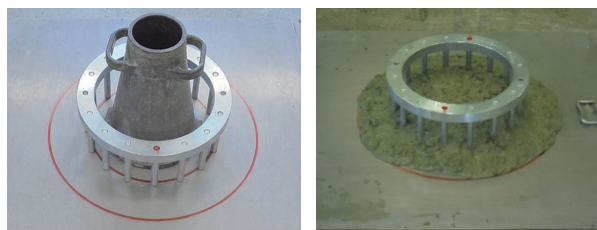
また、測定方法は、ASTM, EN とともに Jリングフローを測定するのは同じであるが、ASTM ではスランプフローと Jリングフローとの差 (以下、B 値と称す。) をブロッキング評価の指標としている。一方、EN では J-ring の通過能力として式(1)で計算される PJ(J-ring passing ability)値を指標としている。PJ 値の計算に用いる各測定位置を図一に示す。

$$PJ = (\Delta h_{x1} + \Delta h_{x2} + \Delta h_{y1} + \Delta h_{y2}) / 4 - \Delta h_0 \quad (1)$$

ここで、PJ: 通過能力, Δh : 各位置における測定高さ

4. 実験概要

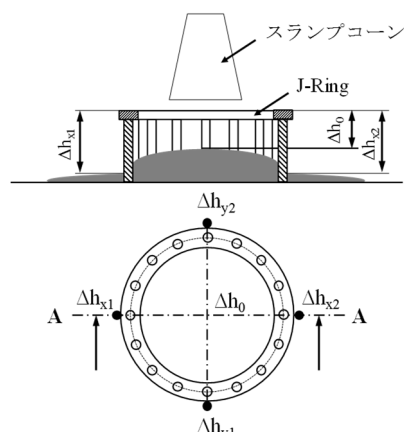
本実験では、大臣認定を取得している VSP を使用した高流動コンクリートを対象としてワーカビリティの評価を行い、そのコンクリートが持つ材料分離抵抗性、流動性、間隙通過性の評価結果を整理し、評価基準を設定することを目的とした。ここで、対象とした大臣認定コンクリートは、認定取得時に JSCE-F511-2012 に規定され



写真一 J-Ring 試験器具 写真二 J-Ring 試験状況

表二 ASTM と EN 規格の名称と測定方法の違い

規格	ASTM C1621	EN12350-12		
名称	J-Ring	J-ring		
装置	種類	1種類	Narrow gap	Wide gap
	リング直径	300±3.3mm	300±2mm	300±2mm
	バー本数	16本	16本	12本
	バー直径	16±3.3mm	18±0.5mm	18±0.5mm
	バー間隔	58.9±1.5mm(芯々)	41±1mm	59±1mm
スランプコーン	正置(A法), 倒置(B法)	正置のみ		
測定項目	Jリングフロー(SF _J) スランプフロー(SF) ブロッキング(B)	Jリングフロー(SF _J) 通過能力(PJ) 500mmフロー時間(T500)		



図一 PJの計算に用いる Δh の測定位置(断面 A-A)

表三 評価試験項目

区分	試験項目	試験方法	測定内容
流動性	スランプフロー試験	JIS A 1150	SF, T500
間隙通過性	Jリングフロー試験	ASTM C 1621	SF _J , PJ値, B値
充填性	充填性試験 (障害R2)	JSCE-F 511-2012	充填時間 充填高さ
材料分離抵抗性	材料分離の有無	目視	材料分離の有無
空気連行性	空気量	JIS A 1128	空気量

る充填性試験などを行い、要求される間隙通過性を有していることが判断されている。そのため、間隙通過性の評価に用いる J-Ring 試験の妥当性を確認するため、JSCE-F511-2012 に規定される充填性試験を併せて実施した。実施した評価試験項目は表三の通りである。

実験の要因と水準を表四に示す。実験は、室内と実

表-4 実験の要因と水準

要因	水準	
	室内試験	実機試験
区分	大臣認定工場(5工場)	大臣認定工場(2工場)
W/C (%)	W/C<40, 40≦W/C<50 50≦W/C<60, 60≦W/C	W/C<40, 40≦W/C<50 50≦W/C<60
目標SF (cm)	SI=23, 42.5, 50 55, 60, 65	50, 60
単位粗骨材 かさ容積	認定調査 +0.015~0.030m ³ /m ³	-
経時変化	0分	0, 30, 60, 90, 120分
混和剤 の種類	高性能AE減水剤 高性能AE減水剤(増粘剤一液タイプ)	

表-5 使用材料

工場	記号	種類および物理的性質
A ^{*1}	C	普通ポルトランドセメント, ρ=3.16g/cm ³ 山砂(S1) : 砕砂(S2)=45 : 55 (容積比)
	S	ρ=2.59g/cm ³ , ab=1.92%, FM=2.47 (1回目) ρ=2.60g/cm ³ , ab=1.86%, FM=2.48 (2回目)
	G	砕石2005, ρ=2.62g/cm ³ , ab=0.96% (1回目) 砕石2005, ρ=2.62g/cm ³ , ab=1.06% (2回目)
	W	工業用水
B ^{*2}	C	普通ポルトランドセメント, ρ=3.16g/cm ³ 山砂, ρ=2.60g/cm ³ , ab=2.04%, FM=2.13 (1回目) 山砂, ρ=2.60g/cm ³ , ab=1.82%, FM=2.06 (2回目)
	S2	砕砂, ρ=2.69g/cm ³ , ab=0.41%, FM=3.95 (1回目) 砕砂, ρ=2.69g/cm ³ , ab=0.36%, FM=3.97 (2回目)
	G1	砕石2005, ρ=2.69g/cm ³ , ab=0.36%
	W	上水道水
C ^{*3}	C	普通ポルトランドセメント, ρ=3.16g/cm ³ 山砂, ρ=2.59g/cm ³ , ab=2.43%, FM=2.21 砕砂, ρ=2.61g/cm ³ , ab=1.91%, FM=3.33
	S2	砕砂, ρ=2.61g/cm ³ , ab=1.91%, FM=3.33
	G1	砕石2005, ρ=2.70g/cm ³ , ab=0.53%
	W	上水道水
D ^{*4}	C	普通ポルトランドセメント, ρ=3.16g/cm ³ 陸砂, ρ=2.67g/cm ³ , ab=1.42%, FM=2.79 陸砂, ρ=2.64g/cm ³ , ab=1.06%, FM=2.61
	S2	陸砂, ρ=2.64g/cm ³ , ab=1.06%, FM=2.61
	G1	安山岩砕石2005, ρ=2.63g/cm ³ , ab=2.05%
	W	地下水
E ^{*5}	C	普通ポルトランドセメント, ρ=3.16g/cm ³ 山砂, ρ=2.62g/cm ³ , ab=1.93%, FM=2.60 山砂, ρ=2.63g/cm ³ , ab=1.91%, FM=2.55
	S2	山砂, ρ=2.63g/cm ³ , ab=1.91%, FM=2.55
	S3	砕砂, ρ=2.65g/cm ³ , ab=1.24%, FM=3.03
	G1	砂岩砕石2005, ρ=2.65g/cm ³ , ab=0.51%
	G2	石灰砕石2005, ρ=2.69g/cm ³ , ab=0.44%
	W	地下水

ρ: (表乾)密度, ab: 吸水率, FM: 粗粒率

*1 室内試験を2回実施, 実機実験は2回目の材料を使用

*2 室内実験を2回実施, 実機実験は1回目の材料を使用
細骨材: S1:S2=70:30 (質量比)

*3 細骨材: S1:S2=50:50 (質量比)

*4 細骨材: 高流動配合: S1のみ
高強度配合: S1:S2=40:60 (容積比)

*5 細骨材: 高流動配合: S2:S3=70:30 (質量比)
高強度配合: S1のみ

粗骨材: G1:G2=50:50 (質量比)

機でそれぞれ実施した。実験に用いたコンクリートは、大臣認定を取得している5社のRMC工場においてVSPを使用した高流動コンクリートの調査とし、各種調査要

表-6 室内試験におけるコンクリートの調査

工場	No.*	SF, SI (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 種類
					W	C	S	G	
A	1	65	45.0	47.9	175	389	818	896	SP, VSP
	2	50	50.0	48.0	175	350	834	912	SP, VSP
	3	60		48.1			836	909	SP, VSP
	4	55	55.0	48.7	175	318	859	912	SP, VSP
	5	60		48.9			862	909	SP, VSP
	6	60	63.0	49.4	175	278	888	917	SP, VSP
	7	60	35.0	43.1	180	514	685	912	SP
	8	60	45.0	46.6	180	400	784	907	VSP
	9	55	55.0	48.7	180	327	848	904	VSP
	9'	46.9		818			935	VSP	
10	60	49.0		180	327	854	899	VSP	
10'	47.2	822	930			VSP			
B	1	23	35.3	48.1	170	482	818	904	SP
	2	60		50.1			852	869	SP
	3	23	42.6	49.3	170	399	873	920	SP
	4	23	46.5	48.5	172	370	849	923	VSP
	5	60		49.8			873	898	SP, VSP
	6	23	52.9	50.4	175	331	894	901	VSP
	7	50		51.1	175	331	907	888	SP, VSP
	7'	48.4		860			936	VSP	
8	42.5	55.0	50.7	175	319	905	901	VSP	
C	1	60	34.9	47.7	170	488	782	891	SP
	2	55	44.5	49.4	170	382	854	908	SP, VSP
	3	55	53.0	50.8	170	321	904	908	SP, VSP
	3'			49.1			874	940	VSP
D	1	60	26.2	44.5	170	649	684	847	SP
	2	60	32.4	48.8	165	510	814	847	SP
	3	60	43.4	52.2	167	385	929	839	SP, VSP
	4	50	52.3	52.2	165	316	961	868	SP, VSP
	4'			50.4			929	899	VSP
E	1	60	34.7	50.7	170	490	863	852	SP
	2	60	47.1	50.0	174	370	876	890	VSP
	3	50	54.8	51.5	174	318	924	884	VSP
	3'			50.1			900	909	VSP

* No.の「'」記号はGかさ容積を+0.015~0.030m³/m³変更した

表-7 実機試験におけるコンクリートの調査

工場	No.	SF (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 種類
					W	C	S	G	
A	1	60	35	43.4	175	500	701	922	SP
	2	60	45	46.7	175	389	797	917	VSP
	3	60	55	48.9	175	318	861	909	VSP
B	1	60	35.3	50.1	170	482	852	869	SP
	2	60	46.5	49.8	172	370	873	898	VSP
	3	50	52.9	51.1	175	331	907	888	VSP

因の影響を実験的に検証した。なお、混和剤の種類やW/Cの影響を確認するため、VSPの調査で混和剤のみSPに変更した場合やSPを用いた高強度コンクリートなどの大臣認定調査についても評価を行った。使用材料およびコンクリートの調査を表-5~表-7にそれぞれ示す。なお、コンクリートの練混ぜ方法は室内、実機のいずれも各工場において大臣認定を取得した方法による。

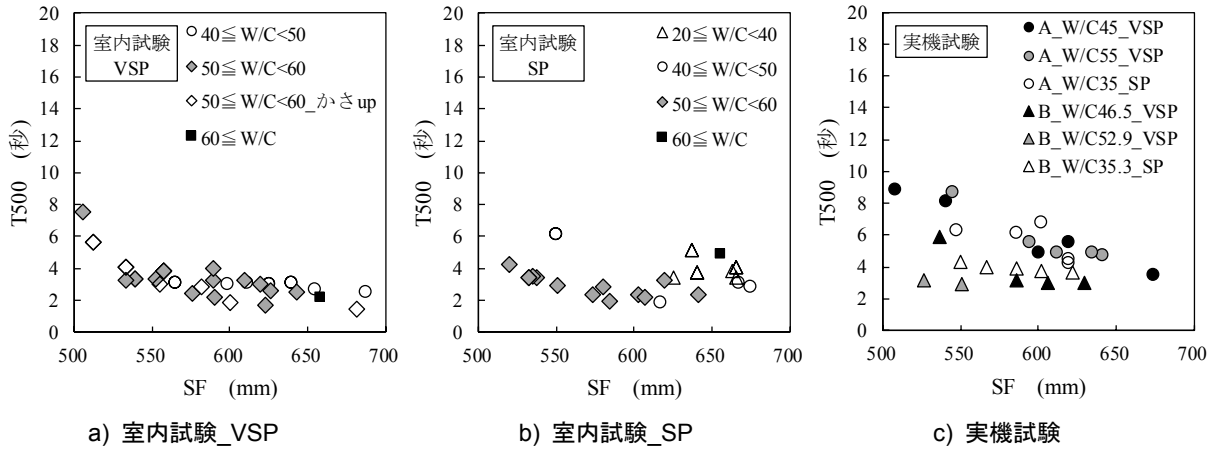


図-2 SFとT500の関係

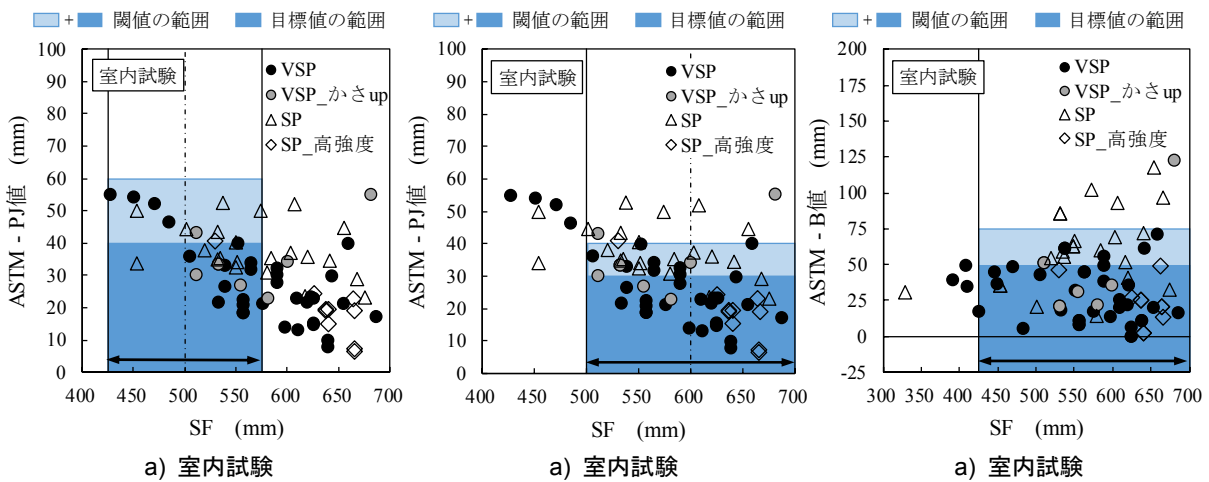


図-3 SF=500±75mmにおける SFとPJ値の関係

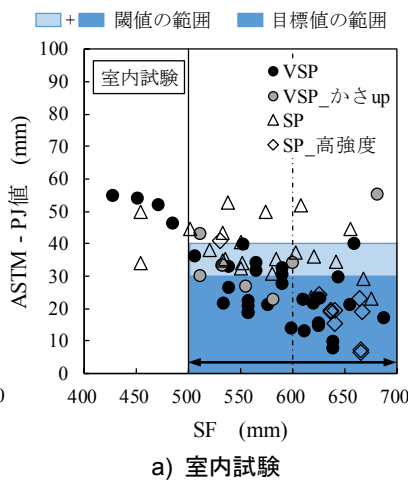


図-4 SF=600±100mmにおける SFとPJ値の関係

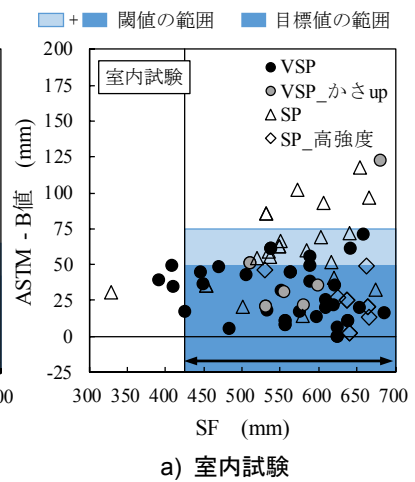


図-5 SFとB値の関係

5. 試験結果

5.1 流動性

室内試験、実機試験におけるSFとT500の関係を図-2 a)~c)にそれぞれ示す。室内試験では、W/C=40%以上のVSPの調合において、SFが大きくなるほどT500は短くなる傾向にあったが、全体的に到達までの時間が短いためその差は小さかった。また、同一調合で混和剤にSP

を用いた場合もT500はVSPとほぼ同じであるが、W/C=40%未満になると同一SFにおけるT500は2~3秒程度遅くなった。一方、実機試験は、室内試験に比べてT500が長くなる傾向にあり、10秒以内に分布した。これは、室内試験は練混ぜ直後のみであるのに対し、実機試験は経時後の測定を行っているため、経時にともなう流動性の低下が一因であると考えられた。

5.2 間隙通過性

(1) PJ 値による間隙通過性の評価結果および評価基準に関する考察

室内試験、実機試験における SF と PJ 値の関係を図-3 および図-4 にそれぞれ示す。全体的な傾向として、SF が大きくなるにつれて PJ 値は小さくなった。これは、SF が大きいほどコンクリートの中心部と周辺部の高さの差が小さくなり勾配が緩やかになることに起因している。しかしながら、図-3 a)、図-4 a) に示すように混和剤の種類を VSP から SP に変更した場合や単位粗骨材かさ容積を増加した場合（凡例で「かさ up」と表記）には、粗骨材がアーチングを起こし PJ 値が大きくなる場合があった。なお、混和剤に SP を用いた場合でも W/C=40% 以下の高強度の調査は、室内試験、実機試験ともに VSP の調査と同様に PJ 値は小さい値に分布した。

以上の結果をもとに、要求される間隙通過性を示す PJ 値の範囲を検討した。PJ 値は SF の大きさによって値が変化し、SF が小さくなるにつれて値が大きくなる。そのため、一般に SF の目標値とされる $500 \pm 75\text{mm}$ 、 $600 \pm 100\text{mm}$ の範囲の下限でそれぞれ PJ 値の上限値を設定した。この際、採用したデータは適切な単位粗骨材かさ容積（今回の実験では、かさ up をしていない）調査で VSP を用いた調査とした。これより、本試験の範囲においては、室内試験、実機試験の両方の結果を受けて、目標 SF が $500 \pm 75\text{mm}$ の場合は PJ 値：60mm 以下、 $600 \pm 100\text{mm}$ の場合は PJ 値：40mm 以下とすることで要求される間隙通過性を評価できるものと判断した。また、室内での試し練り時においては、SF 範囲の中心値における PJ 値として、SF が 500mm の場合には PJ 値：40mm 以下、SF が 600mm の場合には PJ 値：30mm 以下を目標値として調査選定することにより、実機レベルでも前述した評価基準を満足できるものと考えられた。

(2) B 値による間隙通過性の評価結果および評価基準に関する考察

室内試験、実機試験における SF と SF_J との差から求めた B 値の関係を図-5 に示す。室内試験において、VSP の調査は SF によらず概ね 50mm 以下となったが、混和剤の種類を SP に変更した場合は値の変動が大きく 100mm を超えるケースがあった。また、VSP の調査から単位粗骨材かさ容積を増加した場合、粗骨材がアーチングを起こし B 値が 100mm を超える場合があった。単位セメント量と B 値の関係を図-6 に示す。図中の赤線は SP の調査、VSP の調査それぞれの B 値の上限値を示したものである。いずれの混和剤を用いた場合も単位セメント量が多くなるほど B 値が小さくなる傾向にあった。そのため、SP を用いた場合も単位セメント量を増加した高強度の調査は VSP の調査と同様に B 値が 50mm 以下

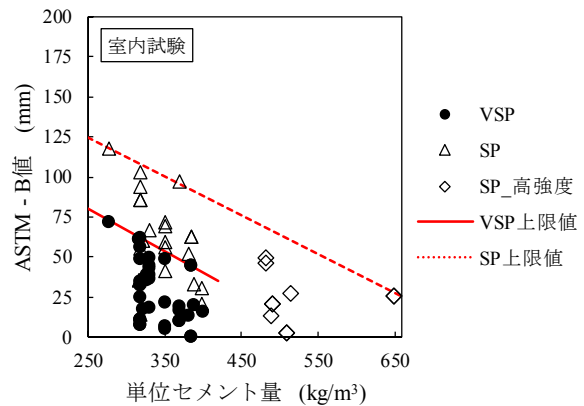


図-6 単位セメント量と B 値の関係

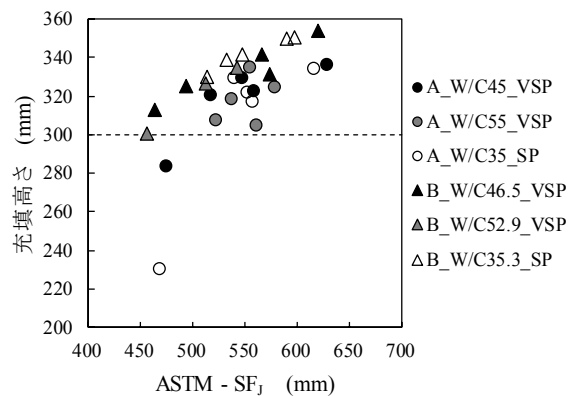


図-7 SF_Jと充填高さの関係

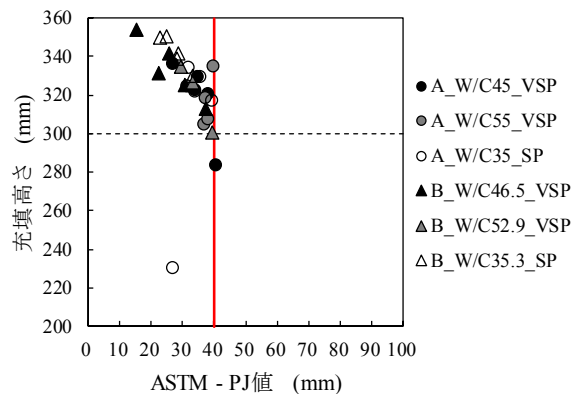


図-8 PJ 値と充填高さの関係

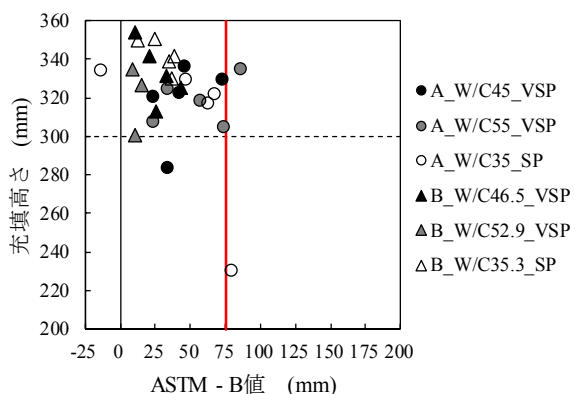


図-9 B 値と充填高さの関係

に収束する結果となった。なお、調合条件によっては混和剤をVSPからSPに変更した場合でもB値が50mm以下となるケースもあるが、B値の上限値と比較すると同一のB値となるVSPの調合とSPの調合の単位セメント量の差は最大200kg/m³程度となり、W/C換算で10%を超える違いが認められた。また、実機試験においては、**図-5b**)のように、VSPの調合、SPを用いた高強度調合ともに75mm以下、多くは50mm以下となった。

以上の結果より、本試験の範囲においては、B値を75mm以下とすることで要求される間隙通過性を評価できるものと判断した。さらに、室内試験におけるB値の多くが50mm以下に分布していることから、室内での試し練り時においてはB値が50mm以下となるように調合選定することにより、実機レベルでも前述した評価基準を満足できるものと考えられた。

5.3 既往の充填性評価方法との対応

実機試験におけるSF₁とJSCE-F 511-2012に規定される充填装置(A工場:ボックス形、B工場:U形)を用いて測定した充填高さの関係、PJ値と充填高さの関係およびB値と充填高さの関係を**図-7**~**図-9**にそれぞれ示す。**図-7**より、VSPの調合、SPを用いた高強度調合ともに、SF₁が500mm程度以上の場合に充填高さが土木学会において自己充填性を満足する特性値⁷⁾である300mmを超える結果となった。また、**図-8**、**図-9**に示すように、PJ値が40mm以下、B値が75mm以下の場合に充填高さが300mm以上の範囲であった。

以上の結果から、5.2で選定したPJ値、B値の範囲は既往のJSCE-F 511に規定される充填性試験の結果と同等の評価をすることが可能であると考えられた。この点については、今後も継続してデータを収集し、妥当性の検証を行う予定である。

6. まとめ

増粘剤含有高性能AE減水剤を使用した高流動コンクリートのワーカビリティを簡便に評価する試験方法の選定および評価基準を検討することを目的として、建築基準法第37条の国土交通大臣認定を取得したコンクリートを対象とした実験検討を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1) 流動性の評価に用いる500mmフロー到達時間は10秒以下が目安となる。
- (2) Jリングフロー試験におけるPJ値、B値は材料や調合の違いによる間隙通過性への影響を評価する一指標として有効である。
- (3) PJ値は、目標SFが500±75mmの場合は60mm以下、

600±100mmの場合は40mm以下が目安となる。

- (4) B値は、SFにかかわらず75mm以下が目安となる。
- (5) (3)、(4)で示したPJ値、B値の目安は、既往のJSCE-F 511に規定される充填性試験の結果と同等の評価が可能である。

謝辞

本研究は、(一財)建材試験センターが経済産業省から委託を受けて実施した調査研究「平成28年度高機能JIS等整備事業 高機能JIS開発 高機能型の高性能AE減水剤(増粘剤含有混和剤)の品質・性能判定基準及び高流動コンクリートの性能評価試験方法に関するJIS開発」増粘剤含有高性能AE減水剤を用いた高流動コンクリートの性能評価試験方法に関するJIS開発委員会(委員長 榊田佳寛 宇都宮大学名誉教授)で実施したものである。

本試験を実施するにあたり、5社のRMC工場(會澤高圧コンクリート株式会社 札幌菊水工場、アサノコンクリート株式会社 品川工場、関東宇部コンクリート工業株式会社 大井工場、関東宇部コンクリート工業株式会社 溝の口工場、新関西菱光株式会社 尼崎工場)ならびに関係各位の協力を得ました。ここに記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 岡村甫、小沢一雅、前川宏一：ハイパフォーマンスコンクリート、技報堂出版、1993
- 2) 小泉信一：増粘剤含有高性能AE減水剤を用いた高流動コンクリートの現状、GBRC, Vol.42, No.1, pp.2-10, 2017.1
- 3) 東・中・西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領「中流動覆工コンクリート編」、2013
- 4) (一財)建材試験センター：経済産業省委託平成27年度高機能JIS等整備事業 高機能JIS開発 高機能型の高性能AE減水剤(増粘剤含有混和剤)の品質・性能判定基準および高流動コンクリートの性能評価試験方法に関するJIS開発 成果報告書、2016年2月
- 5) (一財)建材試験センター：経済産業省委託平成28年度高機能JIS等整備事業 高機能JIS開発 高機能型の高性能AE減水剤(増粘剤含有混和剤)の品質・性能判定基準および高流動コンクリートの性能評価試験方法に関するJIS開発 成果報告書、2017年2月
- 6) 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
- 7) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針[2012版]、p.31、2012