

## 論文 生産性向上に資する締固め不要コンクリートの実構造物への適用

松本 修治\*1・荒川 遥\*2・渡邊 賢三\*3・橋本 紳一郎\*4

**要旨：**コンクリート工における生産性向上の手段として高流動コンクリートの適用が考えられるが、コストや製造の複雑さが課題となり、一般的な RC 構造物への適用展開が進んでいないのが実状である。これらの課題に対し、筆者らは、安価で汎用的な締固め不要コンクリートの開発を進めている。本稿では、新しい評価試験方法を含む、締固め不要コンクリートの配合設計手法を提案し、実構造物に適用した評価結果に基づいて、その妥当性を明らかにした。

**キーワード：**締固め不要コンクリート、配合設計手法、自己充填性、間隙通過性、材料分離抵抗性

## 1. はじめに

近年、建設工事では、技能労働者の高齢化・離職に伴う労働力不足から生産性向上が強く求められている。これらに対応すべく、国土交通省により i-Construction が提唱され、現在、様々な取組みが進められている。その一つに流動性の高いコンクリートの積極的な活用が挙げられている。また、土木学会からも 2023 年に締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工指針(案)<sup>1)</sup>が発刊されるなど、流動性が高く施工性に優れるコンクリートの普及が推し進められている。さらに、従来よりハイパフォーマンスコンクリート<sup>2)</sup>など多数の研究が行われ、締め固めることなく型枠内へ自己充填ができる高流動コンクリートが実用化されている。しかし、既存の自己充填ができる高流動コンクリートは、高い流動性と材料分離抵抗性を両立させるために、使用材料の種類や粉体量などを増加させる必要があり、製造コストが大幅に増加する。そのため、高密度な配筋箇所や締固めを行うことができない閉塞空間への充填など、特殊な構造条件・施工条件で限定的に適用される場合がほとんどである。こうした状況を踏まえ、筆者らは、製造コストを抑えつつ締固めを不要とする品質を有し、一般的な構造条件・施工条件の RC 構造物の生産性向上に資するコンクリート(以下、GP-SCC: General Purpose Self-Compacting Concrete と称する)の検討<sup>3)</sup>を行っている。

本稿では、新しい評価試験方法を含む GP-SCC の配合設計手法を提案し、実構造物へ適用した評価結果に基づいて、その妥当性を評価した。

## 2. GP-SCC の配合設計手法

## 2.1 配合を考える上での前提条件

GP-SCC は、最小鋼材あきが 75~200mm 程度、鋼材量の目安が 100~250 kg/m<sup>3</sup> 程度の一般的な RC 構造物を適用対象とした。そのため、施工条件としては、スランブで管理する一般的なコンクリートにおける施工と同様に、ポンプの筒先を移動させてコンクリートを間配るこ

とを前提とし、打込みの間隔は土木学会コンクリート標準示方書[施工編]<sup>4)</sup>で目安とされている 2~4m 以下とした。また、コストの増加を抑制するためには、市中の一般的なレディーミクストコンクリート工場で容易に製造できることが重要である。このことから、特殊な材料を使用しないことを配合設計上の条件とした。さらに、既存の高流動コンクリートの製造方法としては、全材料をミキサに投入する一括練りが一般的であるが、コスト低減を志向する GP-SCC については、GP-SCC 用に配合設計したスランブ 15cm 程度のコンクリートを工場で製造・出荷し、現場で新規の粉末分散剤<sup>5)</sup>を後添加して製造する方法(以降、後添加製造と称する)を基本とした。なお、新規の粉末分散剤は、写真-1 に示すような粘性付与が期待できる<sup>6)</sup>リグニンスルホン酸塩を主成分とするもので、少量で高い流動性を付与できるようにポリエチレングルコールを複合化し分子構造等を変更したものである。

## 2.2 新しい評価手法を含む目標品質

## (1) 流動性

GP-SCC の流動性は、水平方向に流動させないことを勘案して、締固めを行うことなく自己充填を実現できる最低限のものであればよい。そこで、スランブフローの中心値は、土木学会「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」<sup>7)</sup>(以降、SCC 指針と称する)における自己



写真-1 新規の粉末分散剤

\*1 鹿島建設株式会社 技術研究所 土木材料グループ 主任研究員 (正会員)

\*2 鹿島建設株式会社 北海道支店 泊総合 JV 工事事務所 (正会員)

\*3 鹿島建設株式会社 技術研究所 土木材料グループ グループ長 博士(工学) (正会員)

\*4 千葉工業大学 創造工学部 都市環境工学科 准教授 博士(工学) (正会員)

充填性のランク 3 の目標値下限相当であり、筆者らの実規模実験の結果<sup>5)</sup> から 450~550mm 程度を基本とした。

### (2) 自己充填性および間隙通過性

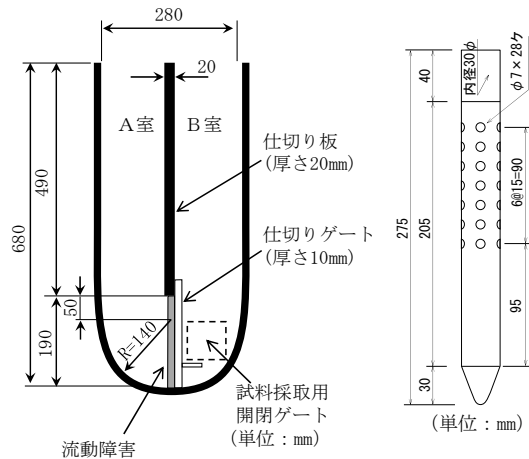
GP-SCC の対象構造物は、SCC 指針<sup>7)</sup> に従えば、表-1 に示す自己充填性のランクと構造物の条件から鋼材の最小あきが 60~200mm 程度、鋼材量の目安が 100~350 kg/m<sup>3</sup> 程度、自己充填性のランク 2 とされている通常の RC 構造物や複合構造物に該当する。その充填性および間隙通過性の評価は、図-1a) に示す装置を用い JSCE-F 511「高流動コンクリートの充填試験方法(案)」(以降、U 形充填性試験と称する)で行う。流動障害ランク 2 (写真-2b)) とした時の充填高さ(以降、U 形充填高さと呼ぶ) 300mm 以上がフレッシュコンクリートの目標品質となる。しかし、通常の RC 構造物を対象とする流動障害ランク 2 は、ランク 1 (写真-2a)) と同様に鋼材の最小あきが 35mm となっており、実構造物の鋼材の最小あきに対して狭く設定されている。しかしながら、GP-SCC の対象を鋼材の最小あき 75mm、打込みの間隔を 3.0m 程度としていることから、GP-SCC を配合設計する際に流動障害ランク 2 を用いると施工上問題のない品質を有するものを排除する評価となってしまう可能性がある。また、ランク 2 の次の条件として、ランク 3 があるが、これは、配筋量の少ないマスコンクリート構造物や無筋構造物を対象としており、一般的な RC 構造物に対しては、施工できないものを適するものとして評価してしまう可能性がある。そこで、筆者らは鋼材の最小あきを 75~200mm、鋼材量の目安を 100~250kg/m<sup>3</sup> 程度の一般的な RC 構造物を対象にランク 2 と比べて間隙通過性の条件を緩和させた自己充填性のランク 2.5 を考案した。その流動障害ランク 2.5 は写真-2c) に示すように異形棒鋼を 2 本配置し、鋼材のあきを 75mm としている。このランク 2.5 での U 形充填高さが 300mm 以上になることをフレッシュコンクリートの目標品質とした<sup>5)</sup>。

### (3) 材料分離抵抗性

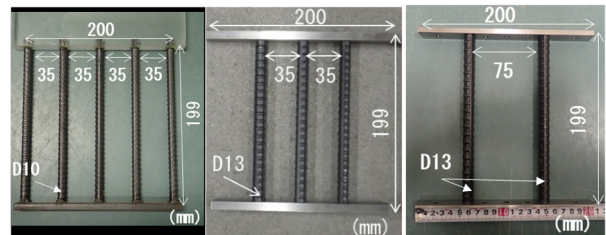
GP-SCC は、製造コストを抑えるために、所要の強度を確保した上で、スランプフロー 450~550mm 程度の流動性を、単位セメント量 350kg/m<sup>3</sup> 程度以下で実現しようとしている<sup>5)</sup>。そのため、材料分離抵抗性を適切に評価することが重要になる。そこで、日本建築学会「高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解説<sup>8)</sup>」(以降、建築指針と称する)に準拠した図-1b) に示す装置を用いた材料分離抵抗性を評価する円筒貫入試験に着目した。本試験は、円筒貫入計をコンクリートに挿入し、試験器の孔から流入するモルタル量を円筒管底部からの高さ(以降、流入モルタル値と呼ぶ)で測定するものである。流入モルタル値が大きいと分離傾向にあると考えられている<sup>8)</sup>。筆者らは、間隙を通過する前後の状態変化を比較し、材料分離抵抗性を評価するために、U 形充填試験後の A 室と B 室における円筒貫入試験の結果を比較して評価する手法(以降、U 形円筒貫入

表-1 自己充填性のランクと構造物の条件

自己充填性のランク	1	2	2.5	3
鋼材の最小あき (mm)	35~60 程度	60~200 程度	75~200 程度	200 程度以上
主な対象構造物	高密度配筋部材、複雑・異形型枠を使用した構造物	通常の RC 構造物や複合構造物	一般的な RC 構造物	配筋量の少ないマスコンクリート構造物や無筋構造物
鋼材量の目安 (kg/m <sup>3</sup> )	350 以上	100~350	100~250	100 未満
流動障害	写真-1a)	写真-1b)	写真-1c)	なし



a) U 形容器の充填装置 b) 円筒貫入計  
図-1 U 形容器の充填装置と円筒貫入計の形状・寸法



a) ランク 1 b) ランク 2 c) ランク 2.5  
写真-2 各自己充填性ランクの流動障害

試験と称する) を提案している<sup>5)</sup>。ここでは、この試験で得られる A 室、B 室の流入モルタル値の差が ±10mm 以内を目標値とした。

### 2.3 配合設計

単位水量は、高流動コンクリートや一般に中流動コンクリートと称されるスランプフロー 400~600mm 程度のコンクリートにおける実績を勘案して 175 kg/m<sup>3</sup> を基本とした。

単位セメント量については、温度ひび割れに対するリスク低減のため、締固め不要を実現できる範囲で、でき

るだけ小さくする必要がありと考えられる。一般的な RC 構造物の水セメント比（以降、W/C と記す）が 50～55%程度であることと、前述の単位水量の設定も踏まえて、単位セメント量は 350kg/m<sup>3</sup> 程度以下を基本とした。

細骨材の微粒分量は、GP-SCC において、材料分離抵抗性を確保するための重要な要素である。不足する粉体を細骨材中の微粒分で適切に補う思想であり、そのための新たな指標としてモルタル中の 0.6mm 以下の粒子の容積割合<sup>6)</sup>（以降、v<sub>0.6</sub>と称する）を導入し、v<sub>0.6</sub>=47%を GP-SCC の基本とした。v<sub>0.6</sub>の調整は、単位セメント量、単位細骨材量の増減による方法や 2 種類以上の細骨材を用いる場合は、その比率を調整することで行う。なお、v<sub>0.6</sub>は次式 (1) で算出するものである。

$$v_{0.6} = \{(S \times VS_{0.6} / 100) / \rho_s + vc\} / v_m \times 100 \quad (1)$$

ここに、v<sub>0.6</sub>；モルタル中の 0.6mm 以下の粒子の容積割合 (%)，S；単位細骨材量 (kg/m<sup>3</sup>)，VS<sub>0.6</sub>；細骨材粒度分布における 0.6mm 以下の通過質量百分率 (%)，ρ<sub>s</sub>；細骨材の表乾密度，vc；セメントの単位容積 (L/m<sup>3</sup>)，v<sub>m</sub>；空気を除くモルタル容積 (L/m<sup>3</sup>) を表す。

単位粗骨材量は、間隙通過性や充填性に大きな影響を及ぼす。これまでの検討<sup>9)</sup>では、粗骨材の実積率の違いに関係なく、粗骨材かさ容積が 508 L/m<sup>3</sup> 付近で最も充填性が高くなることを確認している。そこで、粗骨材かさ容積を 508 L/m<sup>3</sup> を基本とし、粗骨材絶対容積は、使用する粗骨材の実積率で算出する値とした。例えば、粗骨材の実積率が 60%の場合、粗骨材絶対容積は、508×60/100=305 L/m<sup>3</sup> となる。なお、空気量は 4.5%を基本とした。

### 3. 実構造物での検証

#### 3.1 検証概要

GP-SCC の配合設計手法の妥当性および後添加製造の製造性の確認を目的に、実現場において溶接金網（線径 φ5mm，網目 150mm×150mm）を有する写真-3 に示すような底版コンクリート全 6 区画（約 675m<sup>2</sup>/区画，厚さ 0.2m，約 135 m<sup>3</sup>/区画）の内，約 540m<sup>3</sup>(4 区画)に後添加製造による GP-SCC を打ち込んだ。また，約 270m<sup>3</sup> (2 区画)は，比較としてスランブ 8cm の一般的なコンクリート (18820N,W/C=65%) を締め固めながら打ち込んだ。

#### 3.2 GP-SCC の配合設計手法の検証

表-2 に使用材料を示す。セメントは、普通ポルトランドセメント、細骨材は山砂、粗骨材は石灰碎石 2005 を用いた。なお、細骨材の粒度分布は図-2 に示すとおり、0.6mm 以下の通過質量百分率が 55%と多いものであった。スランブ 15cm 程度のベースコンクリートに用いた混和剤は、一般的な AE 減水剤 (Ad1) と空気量を調整するための AE 剤 (Ad2) である。後添加する粉末分散剤は、新規に開発したリグニンスルホン酸塩を主成分とする粉末分散剤 (AD-P) である。



写真-3 GP-SCC の適用状況

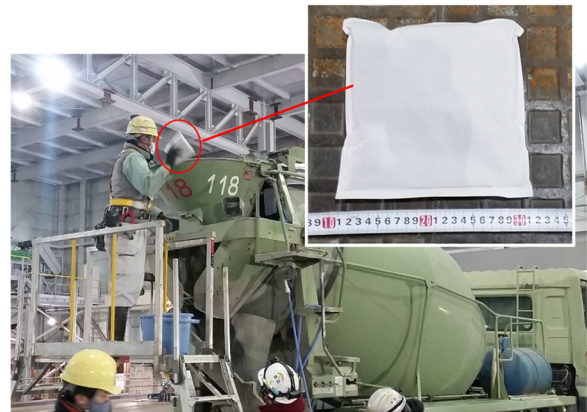


写真-4 粉末分散剤の後添加状況

表-2 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	上澄水
セメント	C	普通ポルトランドセメント，密度:3.15g/cm <sup>3</sup> ，比表面積:3,110cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S	山砂，千葉県富津市鶴岡地内産 表乾密度:2.62g/cm <sup>3</sup> ，粗粒率:2.59 吸水率:1.36%
粗骨材	G	石灰碎石 2005，高知県吾川仁淀川地内 表乾密度:2.69g/cm <sup>3</sup> ，吸水率:0.36% 実積率:60.1%
混和剤	Ad1	AE 減水剤，リグニンスルホン酸塩とポリカルボン酸系化合物との混合物
	Ad2	AE 剤，樹脂酸系界面活性剤
	AD-P	後添加粉末分散剤，リグニンスルホン酸塩

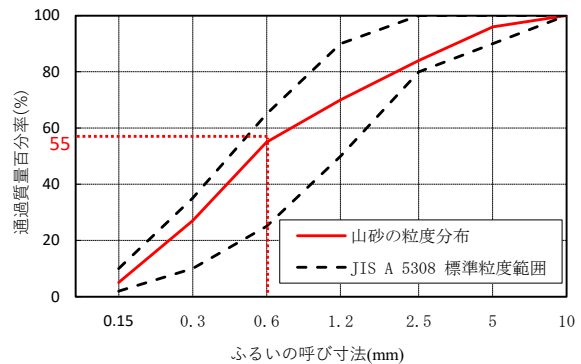


図-2 細骨材の粒度分布

表-3 コンクリートの配合

配合	流動性の指標	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	Gvol (L/m <sup>3</sup> )	v <sub>0.6</sub> (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					後添加 AD-P (kg/m <sup>3</sup> )	
							W	C	S	G	Ad1		Ad2
ベース	SL:15±2.5cm	4.5±1.5	54.7	55.1	305	47	175	320	981	820	3.20	1.12	—
GP-SCC	SLF:500±50mm		65.0	43.3	408	46	158	243	817	1098	—	—	0.58
18 8 20N	SL:8.0±2.5cm		65.0	43.3	408	46	158	243	817	1098	2.43	—	—

※SL:スランプ, SLF:スランプフロー

表-4 フレッシュコンクリートの性状試験結果

試験 No.	ベースコンクリート		後添加後 GP-SCC					
	スランプ (cm)	空気量 (%)	スランプフロー (mm)		空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	U形充填高さ ランク 2.5 (mm)	流入モルタル値の差 B室-A室 (mm)
			平均	—				
目標値	15±1.5	4.5±1.5	500±50	—	4.5±1.5	5~35	300以上	±10mm以内
事前室内 試し練り	16.5	4.9	530×525	530	5.4	20	340	-9
1	20.5	3.0	541×540	540	3.9	10	356	-2
2	16.5	3.7	505×487	495	4.2	12	325	-7
3	15.0	3.2	463×453	460	4.5	11	313	-3
4	16.0	4.1	500×480	490	5.8	10	335	2
5	17.5	3.8	541×525	535	4.7	12	350	1
6	21.0	5.0	551×550	550	6.0	13	345	-5

表-3 にコンクリートの配合を示す。粗骨材絶対容積は、粗骨材の実積率が 60.1%であることから、基本としている粗骨材かさ容積 508L/m<sup>3</sup> から算出し 305L/m<sup>3</sup> とした。単位水量は GP-SCC の基本としている 175kg/m<sup>3</sup> とした。細骨材は、1 種類であったため、粒度調整ができない。単位セメント量は増やせる条件であったため、まずは、鉄筋コンクリート構造物の水密性、耐久性を確保する上で、最大とされる水セメント比 55%程度に設定した。前述の単位水量の設定から単位セメント量を 320kg/m<sup>3</sup> に仮設定し、前述の式 (1) より、v<sub>0.6</sub> を算出した結果、47%と GP-SCC の基本としている値であった。そのため、細骨材の粒度調整および単位セメント量の増加は不要とした。なお、後添加粉末分散剤の添加率は、これまでに検討から単位セメント量に対し 0.18%<sup>10)</sup> を基本とした。

以上、配合設計手法により設定した基本配合にて、事前の室内試し練りを行った結果、ベースコンクリートは、スランプ 16.5cm、空気量 4.9%となり、後添加後は、スランプフロー 530mm、空気量 5.4%となった。また、U形充填性試験の自己充填性のランク 2.5 における充填高さは 340mm であり、目標値として定めた 300mm を満足した。さらに、試験後の A 室、B 室で実施した円筒貫入試験における流入モルタル値の差は -9mm であり、目標値とした ±10mm 以内を満足した。目視による材料分離抵抗性も良好なものであった。以上から提案する配合設計手法によって、流動性、充填性、間隙通過性および材料分離抵抗性を満足する配合 (表-3) を選定できた。

### 3.3 後添加製造による GP-SCC の製造性の検証

#### (1) 概要

後添加製造による GP-SCC の製造性の検証として、実

施工で後添加製造した GP-SCC の流動性、材料分離抵抗性、充填性および間隙通過性が要求品質を満足するかの検証を行った。実施工では、トラックアジテータ 1 台当たりの積載量を 4m<sup>3</sup> とし、1 区画当たり約 34 台の製造を行った。ベースコンクリートのスランプは、運搬によるスランプの低下を考慮して、練上りのスランプが 17cm 程度となるように混和剤の添加率を調整した。混和剤 Ad1 の添加率は、室内試し練りでの 3.20 kg/m<sup>3</sup> (C×1.00%) から 2.72 kg/m<sup>3</sup> (C×0.85%) に変更し、後添加する新規の粉末分散剤 AD-P は 0.58 kg/m<sup>3</sup> (C×0.18%) のままとした。粉末分散剤の投入方法は、写真-4 に示すように、粉末分散剤を水溶紙袋 1 袋あたりに 0.26 kg 梱包し、現場でトラックアジテータのホップへ手投入する方法とした。強制二軸ミキサと比べて練混ぜ効率が低いため、既往の文献<sup>11)</sup>を参考に、高速攪拌 (10~15rpm 程度) で 5 分間攪拌した。

1 区画の約 135m<sup>3</sup> の打込みにおいて、ベースコンクリートではスランプ試験 (JIS A 1101) と空気量試験 (JIS A 1128) を行った。後添加製造による GP-SCC では、スランプフロー試験 (JIS A 1150)、空気量試験 (JIS A 1128)、U形充填性試験 (ランク 2.5)、U形円筒貫入試験およびコンクリート温度の測定 (JIS A 1156) を行った。試験頻度は、いずれも午前 3 回、午後 3 回の計 6 回とした。また、ブリーディング試験 (JIS A 1123)、凝結時間試験 (JIS A 1147) は後添加前後で 1 回ずつ行った。

#### (2) 結果

表-4 に、フレッシュコンクリートの試験結果を示す。ベースコンクリートのスランプは、目標値 15±2.5cm を外れるものがあつたものの、後添加後のスランプフロー

においては、試験を実施した全ての試料において  $500 \pm 50\text{mm}$  の目標値を満足した。空気量は、ばらつきはあったものの  $4.5 \pm 1.5\%$  の範囲であった。充填性および間隙通過性を評価するランク 2.5 における U 形充填高さは、いずれも  $300\text{mm}$  以上であり、目標値を満足した。また、スランプフローが大きいほど U 形充填高さが高くなる傾向が確認できており、スランプフローが大きい場合においても、粗骨材が沈み、流動障害部分でロックするようなことが生じなかったことを示している。さらに、材料分離低抵抗性を評価する U 形円筒貫入試験においても、A 室と B 室の流入モルタル値の差が  $\pm 10\text{mm}$  以内を満足していた。すなわち、同一配合でスランプフローが  $500 \pm 50\text{mm}$  の範囲においては、所定の充填性および間隙通過性を得るための材料分離抵抗が確保されていたものと判断した。

図-3 に後添加前後のブリーディング量の比較を示す(試験 No.2)。ブリーディング試験は、外気温が  $10^\circ\text{C}$  以下の低温環境下で行った。後添加後の GP-SCC は、後添加前のコンクリートと比べ、ブリーディング量がやや多くなることが確認された。ただし、その差は僅かであり、流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン<sup>12)</sup> で材料分離抵抗性の目安として示されている  $0.35\text{cm}^3/\text{cm}^2$  以下に対して、十分に少ないものであった。なお、凝結時間は、粉末分散剤投入前のベースコンクリートが始発 10 時間 45 分、終結 13 時間 3 分で、投入後の GP-SCC は始発 12 時間 21 分、終結 14 時間 35 分であり、始発および終結ともに 90 分程度遅れる結果であった。外気温が  $10^\circ\text{C}$  程度以下の環境下で、GP-SCC を打ち込んだ底版上面の仕上げにおいても、ブリーディング水の量や凝結の遅延が作業上の問題となることはなく、一般的なコンクリートと同等の仕上げ性であった。

### 3.4 コア採取による構造物の品質検証

#### (1) 概要

後添加製造による GP-SCC を打ち込んだ構造物の品質検証を行った。コンクリートの打込みは、コンクリートポンプ車のブームを約  $3\text{m}$  間隔で移動させながら連続的に行った。流動先端で粗骨材の分離などはなく、溶接金網を通過して、鋼矢板や仮設の H 型鋼の凹凸部分などの隅々まで充填される状況であった。ここでは、硬化後の底版から打込み口、流動先端付近を含む均等箇所数 30 か所でコア採取を行い、側面で粒径  $5\text{mm}$  以上の粗骨材をスケッチすることで粗骨材面積率を算出するとともに、圧縮強度試験 (JIS A 1107) と静弾性係数試験 (JIS A 1149) による評価を行った。なお、比較対象の一般的なコンクリート ( $18.8\text{ 20N}$ ) を打ち込み、締め固めた区間においても、打込み口、流動先端に該当する付近の 4 か所からコアを採取し、同様の試験を行った。

#### (2) 結果

図-4 にコア側面の粗骨材面積率、図-5 にコアの圧縮強度、図-6 にコアの静弾性係数、表-5 にコアによる

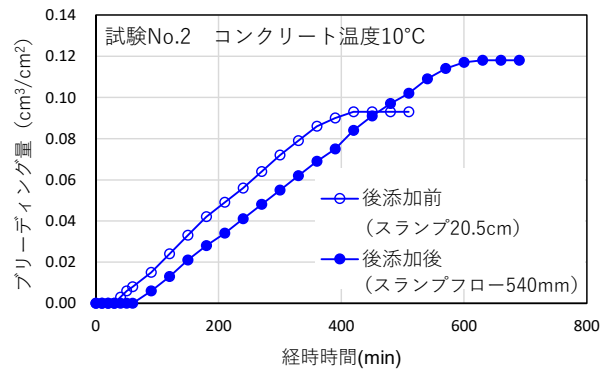


図-3 後添加前後のブリーディング量

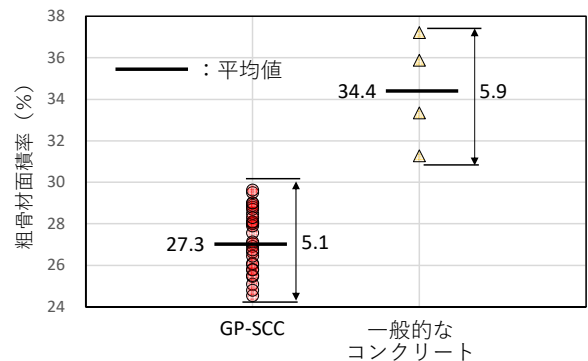


図-4 コア供試体側面の粗骨材面積率

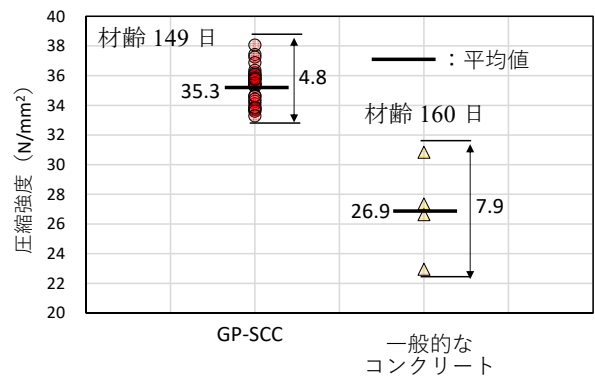


図-5 コア供試体の圧縮強度

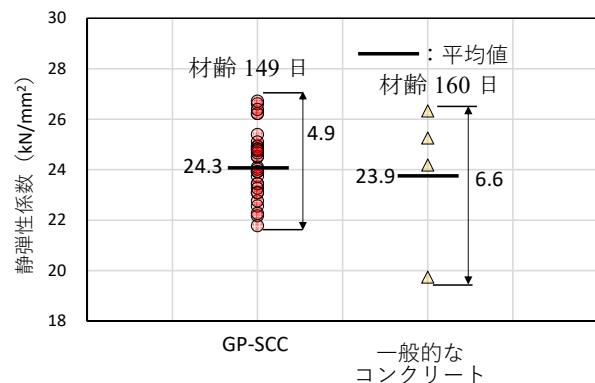


図-6 コア供試体の静弾性係数

各試験結果一覧を示す。各試験における最大最小の差と標準偏差で各試験結果のばらつきを評価すると、粗骨材面積率の最大最小の差と標準偏差は、それぞれ一般的なコンクリートで、5.9%、13.7%であるのに対し、GP-SCCは5.1%、1.5%と小さい。また、圧縮強度の最大最小の差と標準偏差は、それぞれ一般的なコンクリートで7.9 N/mm<sup>2</sup>、9.5 N/mm<sup>2</sup>であるのに対し、GP-SCCは4.8 N/mm<sup>2</sup>、1.5 N/mm<sup>2</sup>である。静弾性係数の最大最小の差と標準偏差は、それぞれ一般的なコンクリートで6.6 kN/mm<sup>2</sup>、8.3 kN/mm<sup>2</sup>であるのに対し、GP-SCCは4.9 kN/mm<sup>2</sup>、1.7 kN/mm<sup>2</sup>である。いずれの試験においても、締固めを行った一般的なコンクリートに比べ、GP-SCCは、最大最小の差および標準偏差が小さく、ばらつきが小さい結果となった。これは、GP-SCCは、締固め不要であるため、締固めの程度によるばらつきがないためと考えられる。また、広範囲にわたって打込み締固めを行う底版であることや、N数の差の影響からも、一般的なコンクリートの締固めの程度によるばらつきが大きくなったものとも考えられる。以上から、GP-SCCの適用により、一般的なコンクリートと同程度またはそれ以上に均質な構造物を構築できたものと考えられる。

上述のとおり、実施工を通じて、提案した配合設計手法で製造したGP-SCCは、必要とされる流動性、充填性、間隙通過性および材料分離抵抗性を満たすことが検証できた。なお、本論文では詳述しないものの、GP-SCCの施工に要する時間は、締固め作業がないため、一般的なコンクリートの打込みに比べて約35%程度（3時間）の短縮となった。

#### 4. まとめ

これまで実施してきた実大施工実験<sup>5)</sup>の結果から、自己充填性のランク2.5となるU形充填性試験や円筒貫入計による材料分離抵抗性の評価試験を組み込んだGP-SCCの配合設計手法を提案し、それを実構造物の施工に適用した。提案した配合設計手法によって定めたGP-SCCは、一般的な構造条件・施工条件において、良好な自己充填性と均質性を示した。

また、流動性を高めることによるブリーディング水の増加や凝結の遅延が作業上の問題となることはなかった。さらに、一般的なコンクリートの施工は、締固め作業や均しに応じて、打込み速度が決まるのに対し、締固めが不要で均しが容易となるGP-SCCを用いることで、所定の品質を確保しながら、施工時間の短縮が図れることが分かった。

今後、骨材の種類によって異なる形状や粒度の影響を考慮した、より汎用的な配合設計手法とするために、それらを解明していく所存である。

表-5 コアによる各試験結果一覧

項目		GP-SCC	一般的な コンクリート
粗骨材面積率 (%)	平均	27.3	34.4
	最大最小差	5.1	5.9
	標準偏差	1.5	13.7
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均	35.3	26.9
	最大最小差	4.8	7.9
	標準偏差	1.5	9.5
静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	平均	24.3	23.9
	最大最小差	4.9	6.6
	標準偏差	1.7	8.3
N数(本)		30	4

#### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー161 締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工指針（案），2023.2
- 2) 岡村甫，前川宏一，小澤一雅：自己充填性ハイパフォーマンスコンクリートの開発，土木学会論文集 No.522/VI-28，pp.23-26，1995.9
- 3) 松本修治，倉田和英，柳井修司，坂井吾郎：生産性向上に資する締固め不要コンクリートの配合設計手法に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.42，No.1，pp.1037-1042，2020.
- 4) 土木学会：2023年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，2023.9.
- 5) 松本修治，橋本学，渡邊賢三，橋本紳一郎：汎用締固め不要コンクリートにおける新規の粉末分散剤と新たな充填性評価手法に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.44，No.1，pp.820-825,2022.
- 6) 中村拓馬，高橋花苗，藤野謙一：高性能変性リグニン分散剤の開発とその利用，コンクリート工学年次論文集，Vol.42，No.1，pp.965-970，2020.
- 7) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針，2012.6.
- 8) 日本建築学会：高流動コンクリートの材料・調査・製造・施工指針・同解説，1997.1.
- 9) 松本修治，橋本学，渡邊賢三，橋本紳一郎：締固め不要コンクリートの自己充填性に及ぼす骨材特性の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，pp.832-837，2021.
- 10) 荒川遥，六本木日菜子，水野浩平，松本修治，橋本学，芦澤良一，渡邊賢三，柳井修司：ベースコンクリートのスランプが粉末分散剤添加後のスランプフローに及ぼす影響，令和5年土木学会全国大会，第78回年次学術講演会，V-16，2023.
- 11) 河野政典：周辺環境に配慮した現場添加型高流動コンクリートの実用化，日本建設機械施工協会誌，vol.170，No.4，pp.26-32，2018.
- 12) 国土交通省：流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン，p.22，2017.