

# 論文 スランプフローで管理する流動化コンクリートの流動距離および締固めが構造体の品質に及ぼす影響

岸本 豪太\*1・福田 悠人\*2・濱井 洋\*3・濱 幸雄\*4

**要旨:** 本研究はスランプフローで管理する流動化コンクリートで作製した柱壁試験体の、コンクリート打込み時の流動距離および締固めが構造体の品質に及ぼす影響を把握するための実験を行った。その結果、実大部材モデルの大型試験体では、流動距離および締固めの有無によらず概ね良好な強度発現性、中性化抵抗性および透気性を有した。柱壁部材の各所でコアを採取し、コア周囲の粗骨材面積率を計測した結果、自己充填の試験体では流動距離 10m の柱部分で粗骨材面積率が小さくなり、締固めを行った試験体では打込み口の柱部分で上下方向の粗骨材面積率の差が大きくなる傾向が得られた。

**キーワード:** 流動化コンクリート, 流動距離, 締固め, 圧縮強度, 粗骨材面積率, 中性化速度係数

## 1. はじめに

2019 年に JIS A 5308 が改正され、スランプフローで管理するコンクリートが呼び強度 27~45 まで拡大されたことにより、普通強度の高流動コンクリートの利用拡大が期待される<sup>1)</sup>。しかしながら、普通強度の高流動コンクリートの JIS 認証を取得し、標準化しているレディミクストコンクリート工場（以下、生コン工場）は全国的には少なく、建築現場においては、普通強度の高流動コンクリートを汎用的に使用できないのが実態である。

2021 年に改定された「高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針・同解説<sup>2)</sup>」（以下、高流動指針）、2022 年に改定された JASS5<sup>3)</sup>には新たにスランプフローで管理する流動化コンクリートが加わり、建築現場では JIS 製品のスランプ管理のコンクリートを、現場で流動化する方法を採る場合が今後増えていくと考えられる。

JIS 製品であるスランプ管理のコンクリートを流動化した場合、生コン工場で製造する高流動コンクリートより調合上粗骨材量が多いと考えられ、流動性、間隙通過性および材料分離抵抗性への影響が懸念される。また、普通強度の高流動コンクリートはスランプフローが 45~50cm の範囲も含まれるため、コンクリートの打込みでは軽微な締固めを必要とする場合が想定され、締固めが材料分離へ及ぼす影響も懸念される。

近年では日本建設業連合会<sup>4)</sup>や土木学会<sup>5)</sup>において高流動コンクリートの品質評価や施工性の検討が行われており、高流動コンクリートの配（調）合設計・施工技術に関する知見が整備されてきているが、スランプフローで管理する流動化コンクリートに関するデータは少なく、実用にはさらなるデータの蓄積が必要である。

筆者らはこれまで、室内実験および実機実験によりスランプ管理のコンクリートに増粘剤含有流動化剤をあと添加した、スランプフローで管理する流動化コンクリート（以下、流動化コンクリート）について品質の評価を行ってきた<sup>6)</sup>。本報では、この流動化コンクリートを使用した実大部材モデルの施工実験を行い、流動化コンクリートの流動距離および締固めが構造体の品質に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験ケース

表-1 に実験対象としたコンクリートを示す。実験は呼び強度 30、36 および 42 の 3 種類のコンクリートを対象に、スランプ（以下、SL）18cm または 21cm のコンクリート（以下、ベースコンクリート）に対し増粘剤含有流動化剤をアジテータ車にあと添加し目標のスランプフローの範囲で流動化を行った。スランプフロー（以下、SF）の目標値は、呼び強度 30 を 50±7.5cm、呼び強度 36 を 55±7.5cm、呼び強度 42 を 60±10cm とし、空気量の目標値は全てのコンクリートで 4.5±1.5% とした。呼び強度 30 の SF 管理値は高流動指針<sup>2)</sup>では 45±7.5cm の範囲だが、施工性を考慮し、50±7.5cm で実験を行った。なお、実験は 10 月中旬~下旬に実施した。

表-1 実験対象としたコンクリート

記号	呼び強度	SL 管理値 (cm)	SF 目標管理値 (cm)	混和剤	流動化剤
30-18→50	30	18±2.5	50±7.5	AE 減水剤	増粘剤含有流動化剤
36-21→55	36	21±2.0	55±7.5	高性能	
42-21→60	42	21±2.0	60±10	AE 減水剤	

\*1 東洋建設（株） 総合技術研究所 美浦研究所（正会員）

\*2 室蘭工業大学大学院 工学研究科 環境創生工学系専攻（学生会員）

\*3 大末建設（株） 生産管理部

\*4 室蘭工業大学大学院 もの創造系領域 教授 博士（工学）（正会員）

## 2.2 コンクリートの使用材料および調査

表-2 にコンクリートの使用材料を、表-3 にベースコンクリートの調査を示す。流動化剤はベースコンクリートの混和剤と同一社製のものを使用した。ベースコンクリートは工場通常出荷している JIS 製品であり、流動化剤の添加率は事前に試験練りを行い定めた。

## 2.3 コンクリートの製造

コンクリートは、容量 3.0m<sup>3</sup> の強制二軸ミキサで 2.0m<sup>3</sup> を 2 バッチ練り混ぜ、アジテータ車へ計 4.0 m<sup>3</sup> 積載し、運搬時間約 30 分の実験場所まで運搬した。実験場所に到着後、品質試験を行い、各試験結果が管理値の範囲であることを確認した後、流動化を行った。流動化は、流動化剤を添加した後、ドラムを約 2 分高速回転させて攪拌し、その後 5 分間低速回転で攪拌した後に排出した。

## 2.4 試験体および打込み方法

図-1 および図-2 に作製した試験体の概要を、表-4 に使用コンクリートと試験体の組合せを示す。大型試験体は、柱 600×600mm、壁 t=200mm、柱間の距離を 10m、高さは 2.2m とした。柱の配筋は、主筋 8-D22、帯筋 D13 @200、壁の配筋は縦筋・横筋ともに D13@200 のダブル配筋とした。小型試験体は t=200mm、長さ 3.6m とし、配筋は D13@200 縦筋・横筋ともに D13@200 のダブル配筋とした。かぶり厚さは、柱を 50mm、壁を 30mm とした。大型試験体は呼び強度 36、小型試験体は呼び強度 30 および 42 のコンクリートを使用し、それぞれ締固めの有無で 2 水準の試験体を作製した。型枠材料は合板を使用した。大型試験体の型枠は、流動状況を観察できるように壁部分の片側をアクリル透明型枠とした。

コンクリートの打込み方法は、大型試験体は柱、小型試験体は壁の端部を打込み口として、片側からコンクリートを流した。打込み口の天端までコンクリートが到達した時点で打込み終了とし、締固めを行った試験体は、大型試験体はコンクリートを 4 層、小型試験体は 3 層に分けて打ち込み、φ40、周波数 200~240Hz のパイプレータを使用し、各層 1m 間隔で 5 秒間締固めを行った。打込み口は先端ホースが水平の状態に打ち込めるように、大型試験体は簡易的な架台を設置した（写真-1）。大型試験体の打込みはアジテータ車 2 台で行い、1 台目を打ち終わった後、2 台目のコンクリートを打ち込んだ。

## 2.5 試験項目および方法

試験項目および方法を表-5 に示す。ベースコンクリートの受入れ検査として、SL、SF、空気量およびコンクリート温度を測定し、流動化後の品質管理試験として SF、空気量およびコンクリート温度の測定を実施した。また、流動化コンクリートの間隙通過性の評価として J リングフロー試験、材料分離抵抗性の評価として土木学会で提案されている「加振を行ったコンクリート中の粗骨材量

表-2 コンクリートの使用材料

材料・記号	種類・生産者・産地	
セメント(C)	普通ポルトランドセメント、密度 3.16g/cm <sup>3</sup>	
細骨材 1(S1)	茨城県神栖産陸砂、表乾密度 2.59 g/cm <sup>3</sup> 、f.m.2.30	
細骨材 2(S2)	栃木県佐野産砕砂、表乾密度 2.63 g/cm <sup>3</sup> 、f.m.3.30	
粗骨材(G)	茨城県土浦産碎石、最大寸法 20mm、表乾密度 2.68 g/cm <sup>3</sup> 、実積率 60.0%	
水(W)	地下水	
混和剤	AE	AE 減水剤標準形1種 主成分：リグニンスルホン酸塩とオキシカルボン酸塩
	SP	高性能 AE 減水剤標準形1種 主成分：ポリカルボン酸系化合物
	VSP-F	流動化剤標準形1種(増粘剤含有型) 主成分：ポリカルボン酸系化合物と界面活性剤 径特殊増粘剤の複合体

表-3 ベースコンクリートの調査

呼び名	W/C (%)	s/a (%)	SL (cm)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
				W	C	S1	S2	G	Ad
30-18-20N	49.0	44.9	18	183	374	531	232	965 <sup>*1</sup>	AE : 3.74
36-21-20N	44.0	49.0	21	172	391	586	256	901 <sup>*2</sup>	SP : 3.52
42-21-20N	39.0	47.4	21	174	447	549	240	901 <sup>*2</sup>	SP : 4.02

単位粗骨材かさ容積 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) \*1 : 0.60, \*2 : 0.56

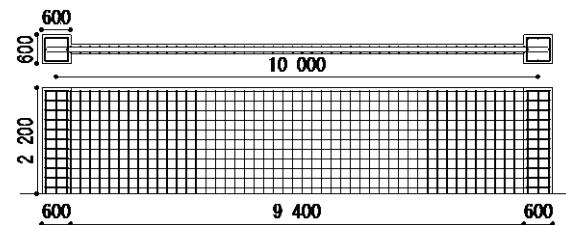


図-1 大型試験体概要

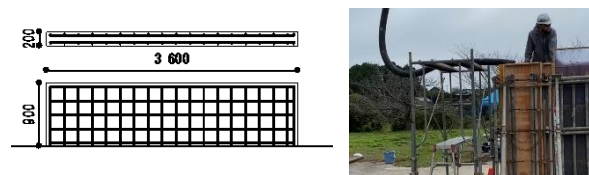


図-2 小型試験体概要



写真-1 打込み口

表-4 使用コンクリートと試験体の組合せ

使用コンクリート	大型試験体		小型試験体	
	自己充填	締固め	自己充填	締固め
36-21→55	○	○	—	—
30-18→50	—	—	○	○
42-21→60	—	—	○	○

表-5 試験項目および方法

試験項目	試験方法	ベースコンクリート	流動化後	コア
スランブ	JIS A 1101	○	—	—
スランブフロー	JIS A 1150	○	○	—
空気量	JIS A 1128	○	○	—
コンクリート温度	JIS A 1156	○	○	—
J リングフロー	JIS A 1159	—	○	—
粗骨材量比率	JSCE-F 702-2022	—	○	—
見かけの塑性粘度	回転翼型粘度計 (Two-Point 法)	—	○	—
圧縮強度	JIS A 1108	○	○	○
	JIS A 1107	○	○	○
粗骨材面積率	画像処理	—	—	○
中性化速度係数	JIS A 1153 参考	—	—	○*
透気係数	トレント法	—	—	○(壁)*

\*大型試験体のみ実施

試験方法（案）<sup>5)</sup>（JSCE-F 702-2022）による粗骨材量比率の測定および回転翼型粘度計による見かけの塑性粘度の測定を行った。

見かけの塑性粘度は Two-Point 法<sup>7)</sup> に準じて回転翼型粘度計の回転数とトルクの関係から算定した。回転数は 0, 5, 10, 20, 40, 60rpm の順に上昇させ、上昇時と同じ回転数の間隔で下降させた。なお、見かけの塑性粘度の算定には下降時の値を使用した。

大型試験体のコアは、圧縮強度測定用は流動距離 0, 1, 2, 4, 7.5, 10m で採取し材齢 91 日で試験を行った。粗骨材面積率は採取したコア周囲の粗骨材をマーキングし、画像処理ソフトでピクセル数をカウントし算出した。

中性化速度係数は流動距離 3, 6, 9m の位置で採取したコアを材齢 91 日で中性化深さを測定し、その後 20℃ 60%RH, CO<sub>2</sub> 濃度 5% の環境で促進中性化を行い、促進期間 4 週および 13 週で中性化深さを測定し、これらの値から中性化速度係数を算出した。透気係数は流動距離 3, 6, 9m の箇所の合板型枠側で、材齢 1 年以上経過した後に壁部材でトレント法により計測を行った。透気係数計測時の含水率は 4.9~5.2% の範囲であった。なお、試験体は材齢 6 日で脱型し、脱型後は屋外に暴露状態とした。

### 3. 実験結果

#### 3.1 コンクリートの基礎性状、間隙通過性および材料分離抵抗性

表-6 にベースコンクリートおよび流動化コンクリートの基礎性状を示す。全ての調合でベースコンクリートの SL, 空気量およびコンクリート温度は管理値を満足し、流動化後も目標管理値を満足した。また、流動化後のコンクリートは SF 試験後の状態を目視で確認し、広がっ

たコンクリートの中央部に粗骨材が偏在せず、周辺部にペーストや遊離した水が偏在しておらず、材料分離は認められなかった。

圧縮強度についてはベースコンクリート、流動化コンクリートともに標準養生材齢 28 日の圧縮強度（以下、 $\sigma_{28}$  圧縮強度）は呼び強度を満足した。流動化後に空気量が減少し、流動化コンクリートの圧縮強度がベースコンクリートに比べ大きくなる傾向が見られた。

図-3 に SF と J リングフロー試験における PJ 値の関係を示す。PJ 値は、JIS A 1160 の評価基準値は満足した。高流動指針<sup>2)</sup>における PJ 値による区分では、今回使用した流動化コンクリートは C 区分となり、鉄筋のあき間隔が 40mm 程度では締固めを伴う打込みが必要とされる。

図-4 に粗骨材量比率と見かけの塑性粘度を示す。本実験で使用したコンクリートは、5 秒加振時の粗骨材量比率は全ての水準で約 60% 以上を示した。なお、土木学会の指針<sup>9)</sup>では、良好な材料分離抵抗性の値として、10 秒加振時の粗骨材量比率 40% を基準としている。見かけの塑性粘度は単位セメント量の多い呼び強度 42 の調合において相対的に高い値を示し、単位セメント量の少ない呼び強度 30 の調合で相対的に小さい値を示した。

#### 3.2 流動勾配および試験体の出来形

図-5 に大型試験体打込み時の流動勾配を示す。なお、流動勾配は自己充填で打ち込んだ試験体のものである。打込み前の筒先 SF は 61.5cm であり、打込み速度は平均約 15m<sup>3</sup>/h の低速で行い、流動勾配はおよそ 11° (1/5) となった。既往の研究<sup>8)</sup>による高流動コンクリートの実大施工実験では、荷卸し SF が 65cm 程度のコンクリートを使用し、流動勾配が約 7° であり、本実験の勾配の方が大きい結果となった。この要因としては、本実験における

表-6 ベースコンクリートおよび流動化コンクリートの基礎性状

記号	ベースコンクリート					流動化コンクリート				
	SL (cm)	SF (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	$\sigma_{28}$ 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	VSP-F 添加率 (C×wt.%)	SF (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	$\sigma_{28}$ 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
36-21→55①(自己充填)	21.0	36.5	4.6	25	43.9	0.275	61.0	3.5	25	46.5
36-21→55②(自己充填)	21.0	35.0	5.4	24	42.2	0.250	54.5	3.9	24	45.5
36-21→55③(締固め)	22.5	45.0	5.1	21	44.7	0.150	60.0	4.0	21	47.6
36-21→55④(締固め)	22.0	36.5	5.9	22	41.9	0.250	59.0	4.3	21	48.3
30-18→50	18.5	31.0	4.0	24	32.9	0.350	49.5	3.8	24	31.6
42-21→60	22.0	39.5	6.0	22	53.2	0.200	62.5	4.0	22	58.9

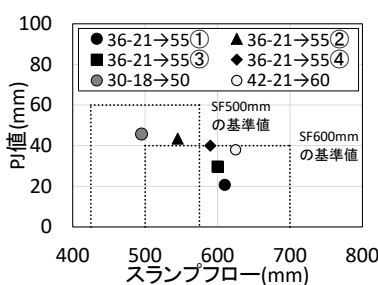


図-3 SF と PJ 値の関係

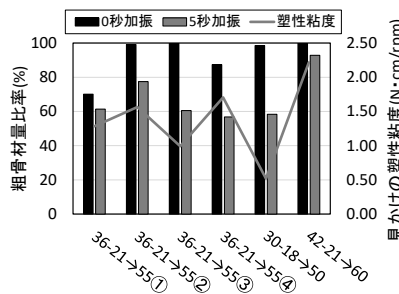


図-4 粗骨材量比率と見かけの塑性粘度

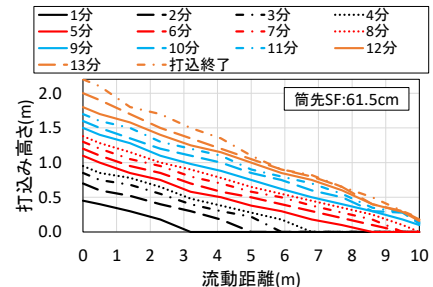


図-5 大型試験体の流動勾配

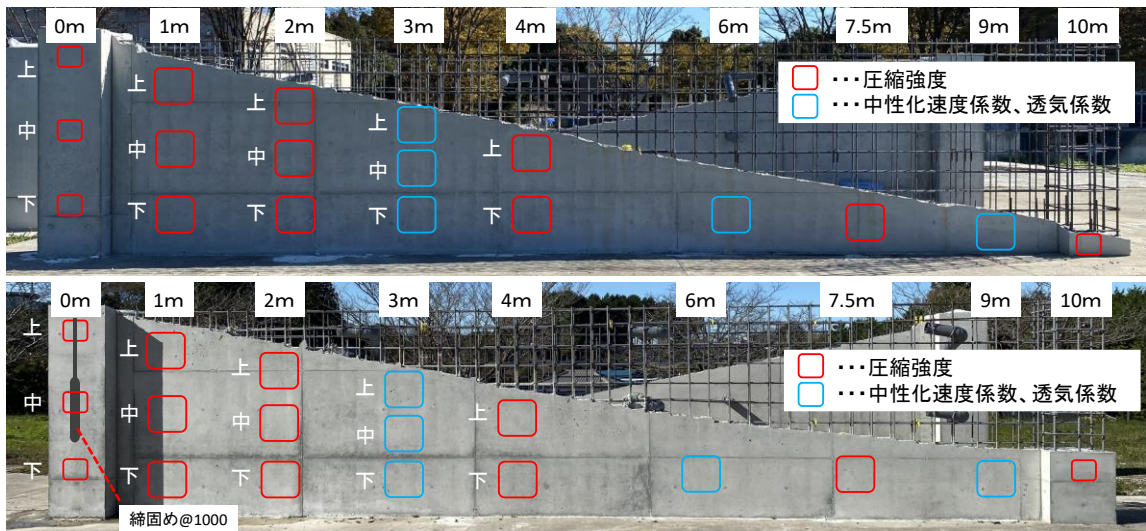


写真-2 大型試験体の出来形（上：自己充填，下：締めめ）

流動化コンクリートは既往の研究に比べ SF が少し小さいことと、単位粗骨材かさ容積が  $0.56\text{m}^3/\text{m}^3$  であり、既往研究<sup>8)</sup>の  $0.50\text{m}^3/\text{m}^3$  に比べ大きく、配筋条件は同等であるものの、間隙通過性が若干劣ったと考えられる。

呼び強度 30 の小型試験体の流動勾配は、筒先 SF が 52.5cm で約  $9^\circ$ 、呼び強度 42 の流動勾配は筒先 SF が 57.0cm で約  $5^\circ$  となり、大型試験体と比べ筒先の SF は小さいものの流動勾配が小さくなった。この要因としては、小型試験体は壁から打ち込んでいるのに対し、大型試験体は柱から打ち込んでおり、コンクリートが通過する鉄筋量や、断面の大きい部材から小さい部材への流動により粗骨材の衝突回数が増加し<sup>9)</sup>、それらが型枠内の流動性に影響していると考えられるが、このことについては今後の課題としたい。

写真-2 に大型試験体の出来形を、写真-3 に小型試験体の出来形を示す。写真にはそれぞれコアの採取位置も示した。締めめを行った試験体の出来形は、打ち込み口と反対側の柱が約 700mm まで打ち上がったが、全体的に自己充填の試験体と大きくは変わらなかった。本実験における打ち込みは、コンクリートの流動が停止してから締めめを行うこととしたため、締めめによるコンクリートの流動は顕著には見られなかった。しかし、実際の施工ではコンクリートを打ち込みながら締めめを行うことも想定され、今回の結果よりも流動勾配は小さくなると考えられる。一方で、小型試験体は流動停止後に締めめを行ってもコンクリート天端が概ね水平になり、締めめによるコンクリートの流動が見られた。

大型試験体で締めめによるコンクリートの流動が生じにくかった要因としては、大型試験体は小型試験体に比べコンクリート容積が大きいため自重が大きいことや、打ち込みに時間がかかり、SF の低下やこわばりが生じた可能性が考えられる<sup>10)</sup>。

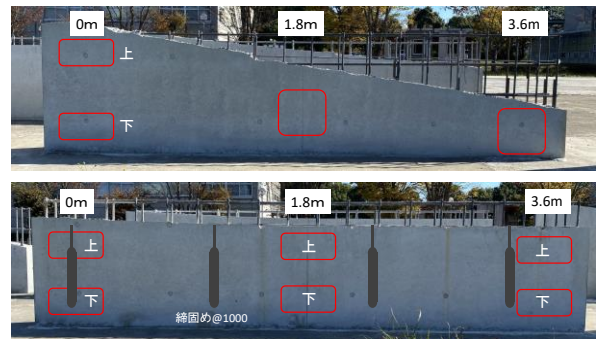


写真-3 小型試験体の出来形（30-18→50）  
（上：自己充填，下：締めめ）

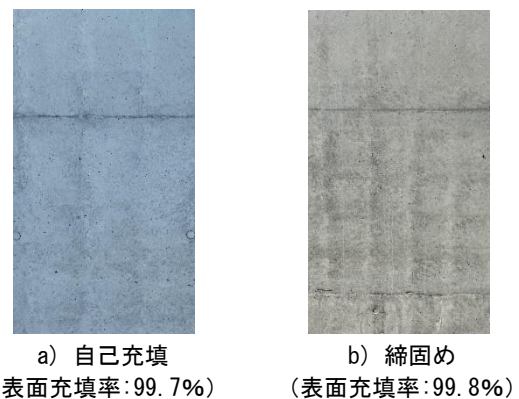


写真-4 試験体表面

写真-4 に試験体表面を示す。写真下部に示す表面充填率は、約 3mm 以上の表面気泡を除いた充填部分の割合と定義し、画像処理で算出した。締めめの有無によらず試験体の充填状況は良好で、全ての試験体において大きな表面気泡や豆板が見受けられる箇所はなかった。

### 3.3 大型試験体のコア圧縮強度および粗骨材面積率

図-6 に大型試験体のコア圧縮強度試験結果を、図-7 に粗骨材面積率を示す。図-6 中には各コア圧縮強度のばらつきを表す標準偏差  $\sigma$  を示し、構造物強度補正值 ( $28S_{91}$ ) の値は、流動化コンクリートおよびベースコン

クリートの  $\sigma_{28}$  圧縮強度からコアの圧縮強度を減じた値を示している。また、図中のエラーバーは圧縮強度を測定した同一箇所のコア 3 本の標準偏差範囲を示す。

全ての採取位置において呼び強度の  $36\text{N/mm}^2$  は満足した。自己充填の試験体では、流動距離 10m の柱部分の圧縮強度が比較的小さい値となり、締固めの試験体では打込み口の柱部分の圧縮強度が比較的小さくなった。自己充填の試験体における流動距離 10m の柱の粗骨材面積率が小さく、モルタル分が多くなり、材料分離気味のコンクリートが到達したものの、既往の研究<sup>11)</sup>では粗骨材とモルタルの分離による圧縮強度への影響は小さいことが報告されている。また、実際の RC 造建築物のコアを採取し、構造体コンクリートの品質を調査した研究<sup>12)</sup>では、圧縮強度の分布の標準偏差  $\sigma$  は約  $3\sim 7.5\text{N/mm}^2$  の範囲であったと報告されていることから、本実験における圧縮強度の差は、構造体強度のばらつきの範囲内であると考えられる。しかし、粗骨材とモルタルの分離によりヤング係数や乾燥収縮率は大きな差が生じるおそれもあるため<sup>11)</sup>、実施工時には留意が必要である。

流動化コンクリートの  $\sigma_{28}$  圧縮強度を基準とした場合の  $_{28}S_{91}$  の値は、いくつかの箇所標準期の建築工事で一般的に用いる  $3\text{N/mm}^2$  を下回っているものの、ベースコンクリートを基準とした  $_{28}S_{91}$  は全ての箇所  $3\text{N/mm}^2$  以下となっており、構造体の強度発現性に大きな問題はないと考えられる。

部位ごとの粗骨材面積率に着目すると、締固めを行った試験体の柱部分の粗骨材面積率が上下方向で差が大きくなっている。これは、柱部分は壁部分に比べ部材断面が大きく、配筋密度も低いため、締固めによる粗骨材の下方方向への移動が生じやすかったと考えられる。

### 3.4 大型試験体の中性化速度係数および透気係数

図-8 に大型試験体の中性化速度係数および透気係数を示す。中性化速度係数は締固めを行った試験体の方が僅かに小さい傾向を示しているが、大きな差は認められなかった。透気係数も締固めを行った試験体の方が僅かに小さい値を示す傾向はあるものの、その差はほとんどないと考えられる。また、流動距離による中性化速度係数および透気係数の差はほとんど認められなかった。以上より、本実験の条件では締固めの有無および流動距離が中性化抵抗性および透気係数に及ぼす影響は小さかったといえる。

### 3.5 小型試験体のコア圧縮強度

図-9 および図-10 に呼び強度 30 および 42 のコンクリートを使用した小型試験体のコア圧縮強度試験結果を示す。大型試験体では締固めが圧縮強度に及ぼす一貫した傾向は見られなかったが、小型試験体は締固めによる圧縮強度の増加傾向が見られた。しかし、試験体内の強

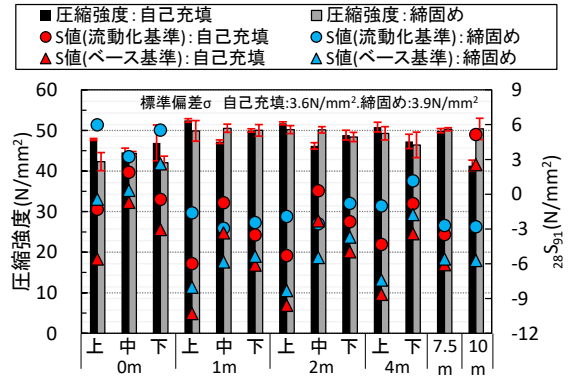


図-6 大型試験体のコア圧縮強度試験結果

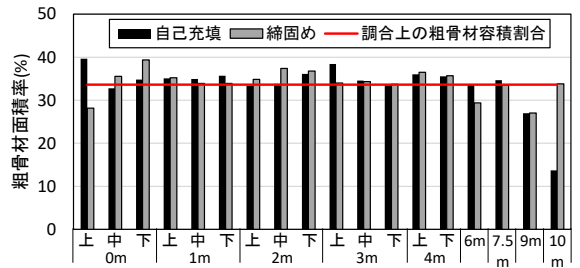


図-7 大型試験体のコア粗骨材面積率

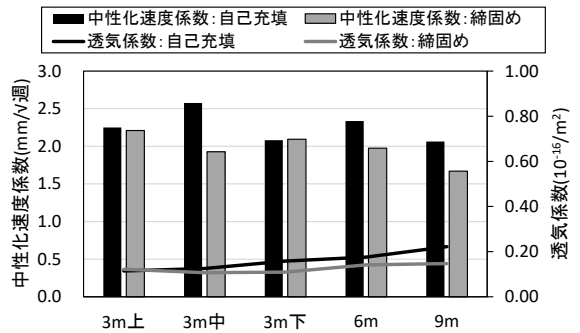


図-8 中性化速度係数と透気係数

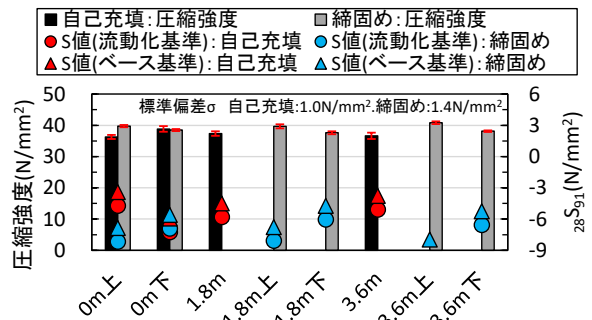


図-9 小型試験体のコア圧縮強度 (呼び強度 30)

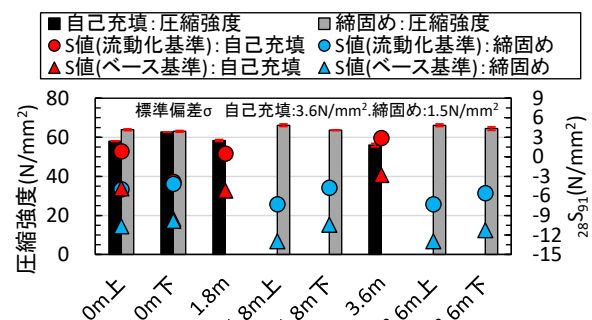


図-10 小型試験体のコア圧縮強度 (呼び強度 42)

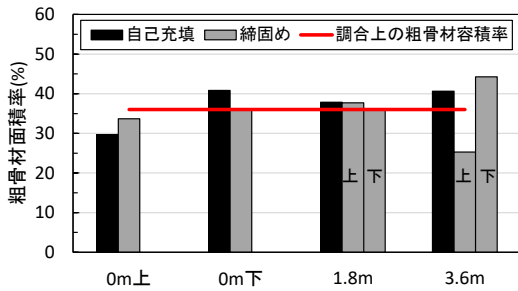


図-11 小型試験体の粗骨材面積率（呼び強度 30）

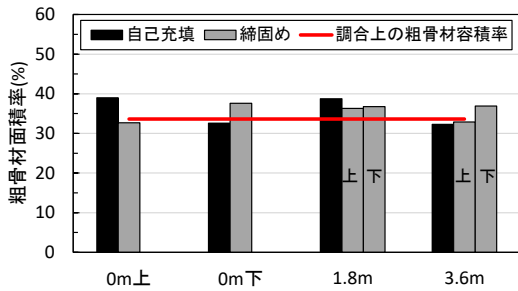


図-12 小型試験体の粗骨材面積率（呼び強度 42）

度のばらつきも考慮すると、有意な差とは言い難く、締固めが圧縮強度に及ぼす大きな影響はなかったと考えられる。また、流動距離による圧縮強度の大きな差は認められなかった。小型試験体においても全ての箇所呼び強度は満足し、 $28S_{91}$ も  $3\text{ N/mm}^2$ 以下を示しており良好な強度発現性を示している。

大型試験体および小型試験体のコア圧縮強度の結果を踏まえ、流動化コンクリートを採用する際、設計基準強度に  $28S_{91}$  を上乗せして発注するコンクリートの呼び強度は、ベースコンクリートと同様で良いと考えられる。

### 3.6 小型試験体の粗骨材面積率

図-11 および図-12 に呼び強度 30 および 42 のコンクリートを使用した小型試験体の粗骨材面積率を示す。呼び強度 30 の流動距離 3.6m の箇所、締固めにより上下方向の粗骨材面積率の差が大きくなっているが、それ以外の箇所では締固めの有無による大きな差は見られなかった。呼び強度 42 は全箇所粗骨材面積率の大きな差は見られなかった。呼び強度 42 は単位セメント量が多く粘性が高いため、締固めによる粗骨材の沈下のおそれは比較的小さいが、呼び強度 30 程度の単位セメント量は、締固め時間に留意する必要があると考えられる。

## 4.まとめ

以下に本実験で得られた知見を示す。

- (1) 流動化コンクリートの流動距離および締固めの有無によらず、構造体の強度はベースコンクリートの呼び強度を満足した。
- (2) 本実験の範囲では、流動距離および締固めが圧縮強度、中性化抵抗性、および透気係数に及ぼす影響は小さかった。

- (3) 流動化コンクリートを採用する際、設計基準強度に  $28S_{91}$  を上乗せして発注するコンクリートの呼び強度は、ベースコンクリートと同様で良い。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、(株)フローリックの多大なるご協力をいただきました。ここに深謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 神代泰道, 浦川和也, 竹内博幸, 山崎順二, 砂川大栄: 施工者を対象とした高流動性コンクリートに関するアンケート調査, 日本建築学会技術報告集, Vol.26, No.64, pp822-826, 2020.10
- 2) 高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針・同解説, 日本建築学会, 2021.12
- 3) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事, 日本建築学会, 2022.11
- 4) 河野政典ら: 高流動性コンクリートの材料分離抵抗性の評価に関する研究 その 1~その 9, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.767-784, 2018.9
- 5) 土木学会: 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) 2022.2
- 6) 岸本豪太, 濱井洋, 濱幸雄, 安田白雪: スランプフローで管理する流動化コンクリートの基礎性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.814-819, 2022
- 7) Tattersal G.H., et al : The Rheology of Fresh Concrete, PITMAN, 1983
- 8) 小久保ら: 高流動コンクリート実大施工実験 (その 5: 流動勾配), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), pp.327-328, 1995.5
- 9) 橋本親典, 本間宏記, 丸山久一, 清水敬二: 変形管を流れるフレッシュコンクリートの変形性能の評価方法, 土木学会論文集, No.433, V-15, pp.91-100, 1991.8
- 10) 根本浩史, 平野修也, 伊達重之, 橋本紳一郎: フレッシュコンクリートのこわばりが施工性能に与える影響に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1079-1084, 2019
- 11) 寺西浩司, 丹羽大地: 材料分離が構造体コンクリートの各種品質に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, Vol.83, No.749, pp.923-933, 2018.7
- 12) 榊田佳寛, 友沢史紀, 矢島義麿: 実際の RC 造建築物におけるコンクリート品質-その 1 主として建物別圧縮強度について-, 日本建築学会論文報告集, 第 311 号, pp.153-162, 1982.1