

# 論文 スランプフローで管理する流動化コンクリートの酷暑期における基礎性状および構造体強度

岸本 豪太\*1・濱井 洋\*2・大賀 智史\*1・濱 幸雄\*3

**要旨:** 本研究では酷暑期におけるスランプフロー (SF) で管理する流動化コンクリートの基礎性状および構造体強度を把握するための実験を行った。呼び強度 30 および 36 のコンクリートに対し増粘剤含有流動化剤をあと添加し、模擬試験体の作製およびフレッシュ性状の経時変化を計測した。またその後、同種の流動化剤を再添加し、再流動化を行ったコンクリートの品質評価を行った。SF は経時 30 分で 10cm 以上低下し、同等の SF における間隔通過性は標準期よりも劣る可能性が示唆された。管理用供試体および模擬試験体のコア圧縮強度はベースコンクリートに対し流動化後、再流動化後で概ね同等以上となった。

**キーワード:** 流動化コンクリート, 高流動コンクリート, 酷暑期, 基礎性状, 構造体強度

## 1. はじめに

建設現場における生産性向上の観点から、普通強度(呼び強度 27~45)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ーミクストコンクリート工場(以下、生コン工場)はまだ全国的には少なく、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。

このような背景のもと、2021年に改定された高流動指針<sup>2)</sup>および2022年に改定された JASS5<sup>3)</sup>には新たにスランプフロー(以下、SF)で管理する流動化コンクリートが加わり、特に建築現場では JIS マーク表示品のスランプ(以下、SL)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。

著者らはこれまで SF で管理する流動化コンクリートの基礎性状の評価や、実大部材モデルの試験体を作製した施工実験において施工性や構造体品質の評価を行ってきた<sup>4)5)</sup>。しかしこれらの実験はいずれも外気温 20°C 程度の標準期で実施したものであり、暑中期の性状については明らかでない。近年の地球温暖化により外気温の上昇は過酷化しており、2023年の夏における日本の平均気温は 1898年以降で最も高くなるなど<sup>6)</sup>、コンクリート工事における暑中期、特に酷暑期の対策はこれまで以上に留意する必要がある<sup>7)</sup>。

そこで本研究では、SF で管理する流動化コンクリートの酷暑期における基礎性状および模擬試験体による構造体強度を把握することを目的に実験を行った。実験は 2023年7月下旬に茨城県美浦村において実施し、建築学会の暑中コン指針<sup>7)</sup>では、過去10年間の日平均気温の日別平滑値が 28.0°C を超える時期、あるいは最新の気象情

報などからコンクリート温度が 35°C を超えると予測される日が酷暑期に該当するとされており、実験を行った日の数日前から日平均気温が 28.0°C を超え、最高気温が 35.0°C を超えていることなどから、コンクリート温度が 35°C を超える可能性が考えられるため酷暑期と想定した。なお、実験日の日平均気温は 30.1°C、最高気温は 37.5°C であった。

## 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 および 36 の SL18 および 21cm のコンクリートを対象に、増粘剤含有流動化剤をアジテータ車にあと添加し流動化を行った。流動化後の SF の目標値は、呼び強度 30 を 45±7.5cm、呼び強度 36 を 55±7.5cm、とし、空気量の目標値はいずれも 4.5±1.5% とした。

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 目標値 (cm)	ベースコン化学混和剤	流動化剤
30-18	30	18±2.5	45±7.5	高性能 AE 減水剤	増粘剤含有流動化剤 (VSP-F)
36-21	36	21±2.0	55±7.5	(SP)	

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(S <sub>1</sub> )	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(S <sub>2</sub> )	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
化学混和剤 (Ad)	SP 高性能 AE 減水剤 (遅延形1種) 主成分: ポリカルボン酸系化合物
	VSP-F 増粘剤含有流動化剤 (標準形1種) 主成分: ポリカルボン酸系化合物と界面活性剤系特殊増粘剤の複合体

\*1 東洋建設(株) 総合技術研究所 美浦研究所 (正会員)

\*2 大末建設(株) 生産管理部

\*3 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 に流動化前のベースコンクリート（以下、ベースコン）の調査を示す。ベースコンの調査は生コン工場の暑中期の調査であり、通常出荷している JIS 製品を用いた。ベースコンの化学混和剤（以下、混和剤）はいずれのコンクリートも高性能 AE 減水剤遅延形を使用し、流動化剤はベースコンの混和剤と同一社製のものを使用した。流動化剤の添加率は事前に試し練りを行い、添加率と SF 増大量の関係の関係を予め把握した上で定めた。

## 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バッチ練り混ぜ、アジテータ車へ計 4.25 m<sup>3</sup>積載し、運搬時間約 40 分の実験場所まで運搬した。実験場所に到着後、品質管理試験を行い、各試験結果が管理値の範囲内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、アジテータ車のドラムを 90 秒間中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。なお、流動化の際は攪拌時の過度な空気のまき込みを防止するため消泡剤を別添し、消泡剤の添加量は試し練りの結果から定めた。

## 2.4 実験の手順

図-1 に実験のフローを示す。実験はベースコンの種類ごとにそれぞれアジテータ車 1 台で行った。アジテータ車が実験場所へ到着後、各種試験を行い、その後ベースコンで模擬試験体を作製した。次に流動化を行い、各種試験を実施後に模擬試験体を作製し、流動化後経時 30 分で SL, SF, 空気量およびコンクリート温度の測定を行った（以下、フレッシュ試験）。酷暑期においては SF の低下が大きく、流動化剤添加後に予期せず打込み前までのアジテータ車に待機時間が生じた場合、所定の流動性が得られないことが想定される。そのため、流動化後経時 30 分のフレッシュ試験を行った後に、再度流動化剤をあと添加（以下、再流動化）し、1 度目の流動化後と同様の手順で各種試験および模擬試験体の作製を行いその品質評価を行った。なお、試験の待機時間はアジテータ車を底の下に停車しドラムへの直射日光を防ぎ、ドラムは低速回転とした。

## 2.5 試験項目および方法

表-4 に試験項目および方法を示す。フレッシュ試験はベースコン、流動化後、流動化後経時 30 分および再流動化後に行った。J リングフロー試験には標準形の J リングを使用し、ブリーディング試験は約 20℃の屋内および直射日光を避けた屋外で、凝結時間試験はブリーディング試験と同様の屋外で行った。

圧縮強度試験は管理用供試体およびコア供試体により行った。圧縮強度試験に用いる供試体の寸法はφ

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	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	G	Ad
30-18-20N	50.5	46.9	18	170	337	578	250	965	3.03
36-21-20N	44.0	48.6	21	175	398	578	250	901	3.58

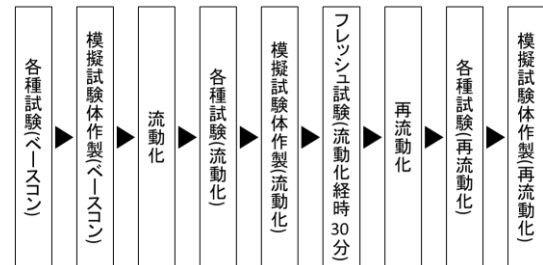


図-1 実験のフロー

表-4 試験項目および方法

試験項目	試験方法	ベースコン	流動化		再流動化
			0分	30分	
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	—	○	—	○
ブリーディング量	JCL-S-015	○	○	—	○
凝結時間	JIS A 1147	○	○	—	○
圧縮強度	管理強度	JIS A 1108	○	○	—
	コア強度	JASS5 T-605	○	○	—
静弾性係数	JIS A 1149	○	○	—	○
粗骨材面積率	画像処理	○	○	—	○

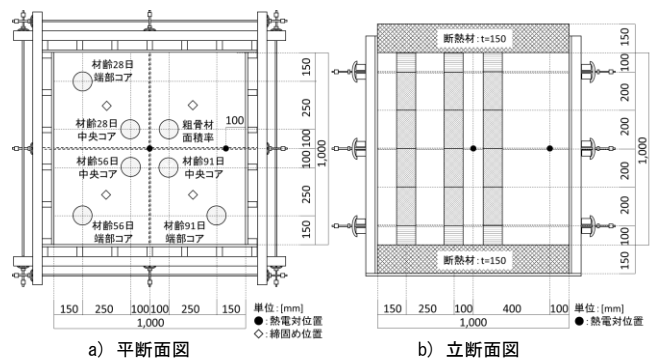
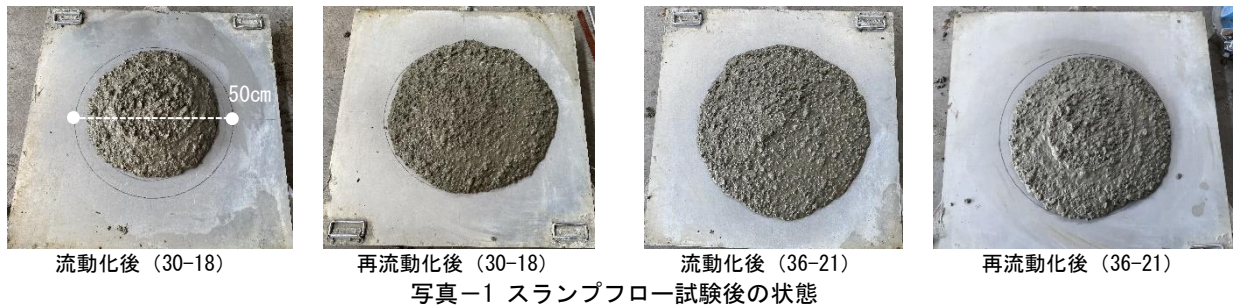


図-2 模擬試験体の概要

100mm×200mm とし、管理用供試体は、標準養生（材齢 7, 28 日）および現場封かん養生（材齢 1, 3, 7, 28, 91 日）、コア供試体は図-2 に示す模擬試験体より採取したコア（材齢 28, 56, 91 日）とした。なお、現場封かん養生は模擬試験体と同様の場所にシートで覆い保管し、コア供試体では静弾性係数および粗骨材面積率も測定した。粗骨材面積率は模擬試験体から採取したコア供試体周囲の粗骨材を透明なシートにマーキングし、そのシートを画像処理ソフトでピクセル数をカウントし算出した。

模擬試験体の作製方法は、アジテータ車のシュートからコンクリートを型枠内に 2 層で打ち込み、図-2 に示す締固め位置で各層締固めを行った。ベースコンの締固め時間は 15 秒、流動化コンクリートの締固め時間は 5 秒とした。また、模擬試験体の中心およびコンクリート表



面から 100mm の位置 (以下, 端部) に熱電対を設置し, コンクリート温度も計測した。脱型は材齢 7 日に行い, その後は屋外に暴露状態で保管した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 フレッシュ性状および間隙通過性

表-5 に流動化前後および再流動化後のフレッシュ性状を, 写真-1 に流動化コンクリートの SF 試験後の状態を示す。ベースコンおよび流動化後のフレッシュ性状は目標管理値を満足した。30-18 の再流動化後はわずかに SF が目標値を上回ったが, 目視での判定では材料分離は認められなかった。

図-3 に SF の経時変化を, 図-4 に流動化後経時 30 分の SF 低下量を示す。なお, 図中には既報<sup>4)</sup>における標準期のデータ (記号末尾:S) も併記した。既報のデータは本実験と同じ生コン工場のベースコンおよび流動化剤を使用している。ただし, 呼び強度 30 のベースコンは標準期の調査であるため使用混和剤は AE 減水剤である。

酷暑期の流動化後の SF 低下量はベースコンの種類によらず同程度であったが, 標準期に比べ SF の経時変化は大きくなり, 流動化後経時 30 分で SF が 10cm 以上低下した。標準期では 36-21-S に比べ 30-18-S の SF 低下量が大きい, これは 30-18-S のベースコンに使用している混和剤が AE 減水剤であり, ベースコンの SF 保持性が影響していると考えられる。

暑中期, 特に酷暑期においてはベースコンの混和剤に高性能 AE 減水剤の遅延形を使用しているものの, SF 低下量は大きくなるため, 流動化後は速やかに打ち込むとともに, あと添加する混和剤を適切に選定する必要がある。例えば, 流動化剤は一般的に流動性の保持成分を含まないため, 保持成分を含む高性能 AE 減水剤などをあと添加することで SF の低下量を抑えられる可能性が考えられるが, 本実験の範囲では明らかでない。

表-6 に流動化, 再流動化時の SF および流動化剤添加率を示す。流動化時を比べると, 30-18 と 36-21 は同程度の流動化剤添加率であるが, 36-21 の SF 増大量が大きい。これは 36-21 の単位セメント量が多いため, 同等の添加率であっても流動化剤の絶対量が多くなるためと考えられる。また, 36-21 の再流動化時は SF 増大量が小さかつ

表-5 流動化前後・再流動化後のフレッシュ性状

記号	ベースコン			流動化			再流動化		
	SL (cm)	Air (%)	CT (°C)	SF (cm)	Air (%)	CT (°C)	SF (cm)	Air (%)	CT (°C)
30-18	19.0	5.4	33	42.5	5.4	33	53.5	5.9	34
36-21	22.0	5.1	34	57.0	4.2	34	49.5	5.3	35

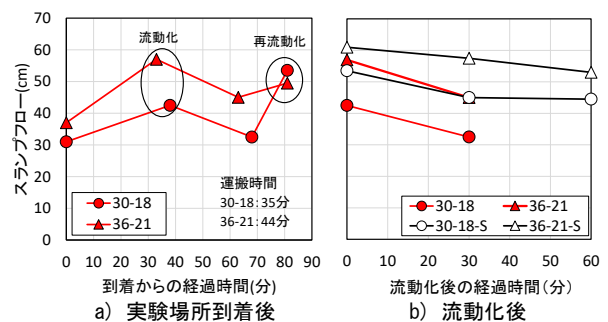


図-3 SF の経時変化

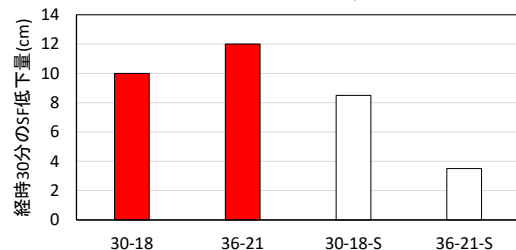


図-4 経時 30 分の SF 低下量

表-6 流動化・再流動化時の SF および流動化剤添加率

記号	流動化時				再流動化時			
	SF(cm)		SF 増大量 (cm)	添加率 (C%)	SF(cm)		SF 増大量 (cm)	添加率 (C%)
	添加前	添加後			添加前	添加後		
30-18	31.0	42.5	11.5	0.325	32.5	53.5	21.0	0.400
36-21	37.0	57.0	20.0	0.300	45.0	49.5	4.5	0.125

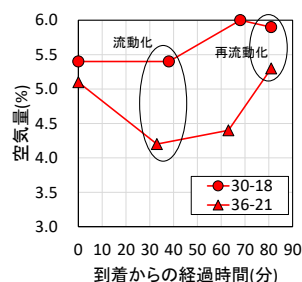


図-5 空気量の経時変化

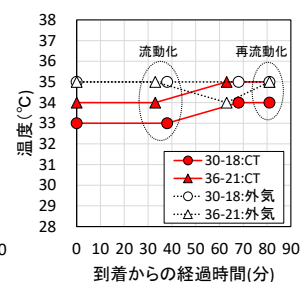


図-6 CT の経時変化

たが, これは流動化剤の添加率が少なく, 流動化剤の効果 that 十分得られなかったためと考えられる。

図-5 に空気量の経時変化を, 図-6 にコンクリート

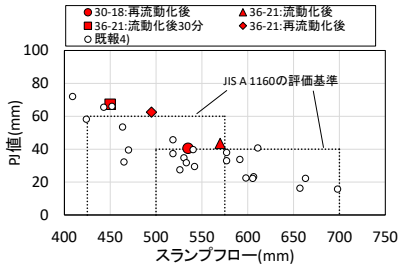


図-7 SFとPJ値の関係

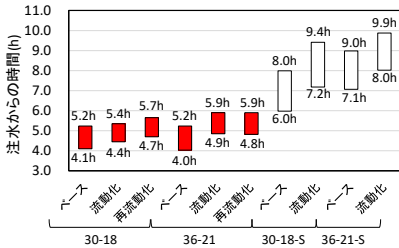


図-10 始発時間および終結時間

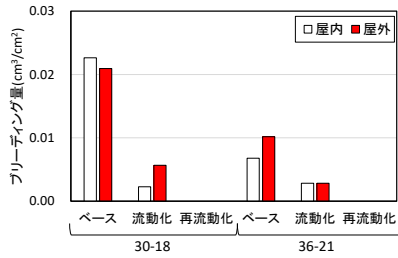


図-8 ブリーディング試験の結果

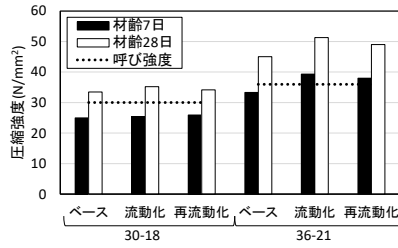


図-11 圧縮強度 (標準養生)

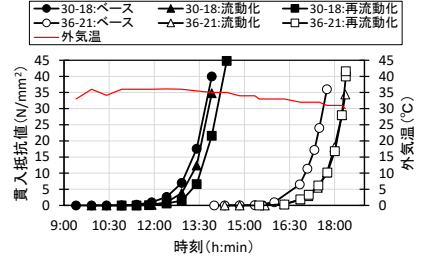


図-9 凝結時間試験の結果

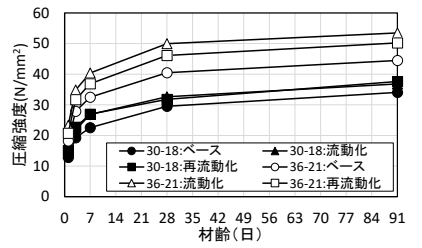


図-12 圧縮強度 (現場封かん養生)

温度 (以下, CT) の経時変化を示す。空気量は流動化以降, 経時とともに空気量が増加する傾向がみられた。これは, 本実験は模擬試験体を作製しながら進行したため, アジテータ車の積載量が経時と共に少なくなっていく, 攪拌時に空気をまき込みやすくなったためと考えられる。

CT は経時とともに上昇傾向にあり, 最大で 35°C を記録した。本実験で使用した生コン工場では練混ぜ水に地下水を使用しており, 外気温が 35°C を超えるような条件においても CT が 35°C を超えることはなかった。

図-7 に SF と J リングフロー試験における PJ 値の関係を示す。なお, SF が小さく PJ 値を計測できなかったデータは省略し, 既報<sup>4)</sup>における標準期のデータも併記した。本実験で得られた PJ 値は, データ数は少ないものの, 同等の SF における PJ 値が標準期に比べ大きくなる傾向がみられた。これは CT が高く, セメントの凝集などにより粘性が増加し<sup>8)</sup>, 間隙通過性が低下傾向を示した可能性が考えられる<sup>9)</sup>。そのため, 施工条件により要求される間隙通過性を満足するには, 通常より SF の大きなコンクリートを選定するか, 材料分離が生じない範囲で締固め時間を増やす, あるいは締固め間隔を狭くすることが望ましいと考える。

### 3.2 ブリーディング量および凝結時間

図-8 にブリーディング試験の結果を示す。いずれにおいてもブリーディング量は非常に少なかったが, ベースコンに比べ, 流動化後および再流動化後で小さくなった。これは, 使用した流動化剤に含まれる増粘剤成分や, ベースコンに比べ, 練り上がりから時間が経過していることが影響したと考えられる。また, 屋内と屋外での差はほとんどみられなかった。

図-9 に凝結時間試験の結果を, 図-10 に各水準の始発および終結時間を示す。図-10 の棒グラフの下端の数字は始発時間を, 上端の数字は終結時間を示し, 図中に

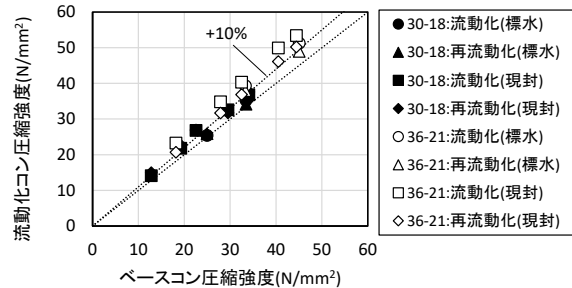


図-13 流動化前後の圧縮強度の関係

は既報<sup>4)</sup>の標準期の値 (記号末尾 : S) も併記した。凝結時間はベースコンに比べ, 流動化および再流動化後で始発, 終結ともに遅れたが, その差は 1 時間以内であり, 大きな影響はないものと考えられる。標準期と比べると始発時間が 2~3 時間程度早まり, 始発から終結までの時間は 1~2 時間程度早まる結果であった。

### 3.3 圧縮強度

図-11 に標準養生を行った供試体の圧縮強度を示す。標準養生は全ての水準において材齢 28 日で呼び強度を上回り, 流動化および再流動化後の圧縮強度はいずれもベースコンを上回った。特に 36-21 はベースコンに対し流動化および再流動化後の圧縮強度差が大きかった。

図-12 に現場封かん養生を行った供試体の圧縮強度を示す。全ての水準において初期強度から材齢 91 日の強度において, ベースコンに対し流動化コンクリートの圧縮強度が高い結果となった。特に 36-21 では標準養生の供試体と同様に, ベースコンに比べ流動化コンクリートの圧縮強度が大きい値を示した。

図-13 に流動化前後の圧縮強度の関係を示す。圧縮強度は標準養生および現場封かん養生の値を示している。本実験では全ての水準でベースコンに対し流動化および再流動化後の圧縮強度は同等以上の値を示し, 特にこの傾向は 36-21 において大きい。著者らのこれまでの実験

でも同様の傾向を示しており<sup>9)</sup>、呼び強度 36 のような比較的単位セメント量が多く、水セメント比が小さい調査で流動化を行った場合、圧縮強度が増加する傾向が得られている。これは空気量の影響の他に、流動化によりセメントの分散性が向上することで水和反応が促進され、圧縮強度が増加した可能性がある<sup>10)</sup>。

図-14 に模擬試験体のコア圧縮強度を、図-15 に模擬試験体の温度履歴を示す。コア圧縮強度は模擬試験体の中央および端部から採取したコア計 8 本の平均値である。また、流動化の模擬試験体を打ち込んだ時点で練上がりから約 90 分、再流動化後の模擬試験体を打ち込んだ時点で練上がりから約 120 分経過していた。

30-18 のコア圧縮強度は材齢 91 日においてベースコンおよび流動化後に対し、再流動化後で若干小さい値を示した。これは再流動化後ではベースコンおよび流動化後に対して空気量が増加していることや、ベースコンに対し模擬試験体の温度履歴が 2~3°C 程度高く、強度発現が僅かに停滞した可能性が考えられる。36-21 のコア圧縮強度は標準養生や現場封かん養生と同様に、ベースコンに対し流動化後および再流動化後で大きい値を示した。

流動化コンクリートのコア圧縮強度が標準養生や現場封かん養生のように増進しなかったのは、模擬試験体の高温履歴が影響したと考えられる<sup>11)</sup>。しかしながら、いずれもコア圧縮強度はベースコンと概ね同等以上であった。

図-16 に材齢 91 日のコア圧縮強度（以下、91 日コア強度）に対する、標準養生 28 日の圧縮強度と 91 日コア強度の差（以下、 $_{28}S_{91}$ ）の関係を示す。JASS5 において暑中期の  $_{28}S_{91}$  は設計基準強度 36N/mm<sup>2</sup> 以下では 6N/mm<sup>2</sup>、36N/mm<sup>2</sup> を超え 48N/mm<sup>2</sup> 以下では 9N/mm<sup>2</sup> と定められており、本実験の結果はその基準値以下となった。ベースコンに対し流動化後および再流動化後で  $_{28}S_{91}$  が大きくなる傾向が得られたが、これは標準養生の圧縮強度が大きかったことが要因であり、コア供試体の実強度はベースコンに対し 30-18 では概ね同等、36-21 では同等以上の結果となっている。

図-17 に圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図中には「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説<sup>12)</sup>」に示される式(1)も併記した。

$$E = k_1 \times k_2 \times 10^4 \times \left(\frac{\gamma}{2.4}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60}\right)^3 \quad (1)$$

ただし、E：コンクリートの静弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)、 $\gamma$ ：コンクリートの単位容積質量(t/m<sup>3</sup>)、 $\sigma_B$ ：コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $k_1$ ：粗骨材種類により定まる係数 (1.0)、 $k_2$ ：混和材により定まる修正係数 (1.0)

実験値は、測定したコア供試体の単位容積質量である 2.20~2.35 (t/m<sup>3</sup>) とした推定式の範囲内に概ね入ってお

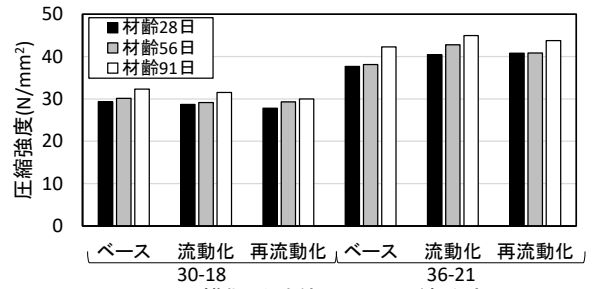


図-14 模擬試験体のコア圧縮強度

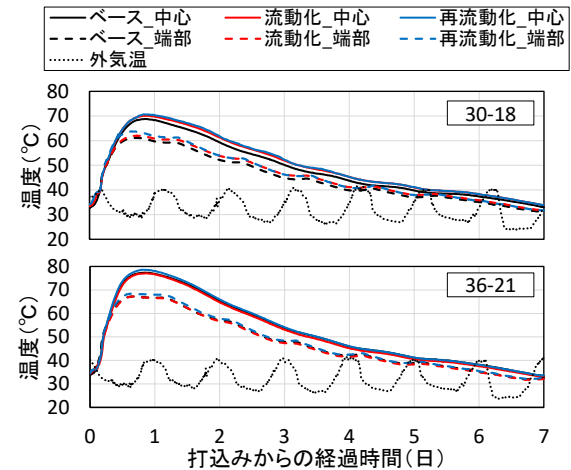


図-15 模擬試験体の温度履歴

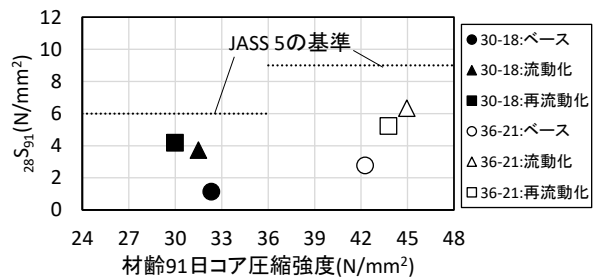


図-16 91日コア強度と $_{28}S_{91}$ の関係

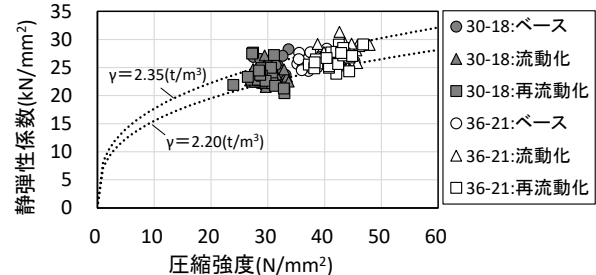


図-17 圧縮強度と静弾性係数の関係

り、静弾性係数は流動化および再流動化後によらず圧縮強度との関係性で評価できる。

### 3.4 コア供試体の密度、粗骨材面積率および圧縮強度の高さ方向の分布

図-18 に模擬試験体から採取したコア供試体の密度、粗骨材面積率および圧縮強度の高さ方向の分布を示す。各値は模擬試験体中央部から採取したコア供試体のデータであり、密度および圧縮強度は材齢 91 日の値である。

密度はいずれも上部から下部にかけ大きくなる傾向がみられ、これは圧密の影響と考えられる。空気量の影

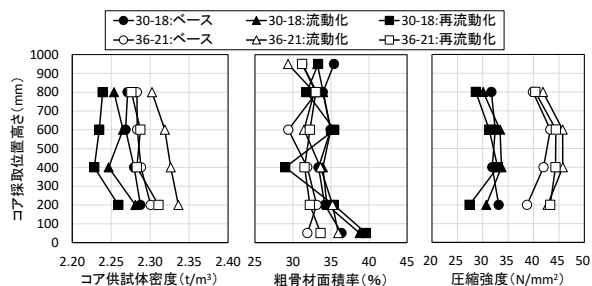


図-18 コア供試体の密度、粗骨材面積率および圧縮強度の高さ方向の分布

響で 30-18 の再流動化後および 36-21 の流動化後でベースコンとの差がみられたが、空気量の影響を考慮すると流動化コンクリートでは締固め時間をベースコンの 1/3 としてもベースコンと同等の密実性であったといえる。

粗骨材面積率は 30-18 の再流動化で高さ方向のばらつきが若干みられたが、これは、30-18 の再流動化は単位セメント量が少なく粘性が小さいことと、SF が大きくなったことが原因と考えられる。その他の水準では上下方向の粗骨材面積率分布に大きなばらつきはなかった。

圧縮強度は模擬試験体の上部および下部で小さくなる傾向が得られた。これは模擬試験体内の温度履歴や、乾燥の影響と推察される。なお、模擬試験体の高さ方向の圧縮強度分布に及ぼす流動化および再流動化の大きな影響はみられなかった。

#### 4. まとめ

酷暑期における SF で管理する流動化コンクリートの実験を行った。以下に本実験で得られた知見を示す。

- (1) SF は流動化後 30 分で 10cm 以上低下したため、流動化後は速やかに打ち込む必要があるとともに、あと添加する混和剤を適切に選定する必要がある。
- (2) 間隙通過性は、標準期に比べ同等の SF でも若干劣る可能性があるため、通常より SF を大きく設定するか、材料分離が生じない範囲で締固め時間を増やす、あるいは締固め間隔を狭くすることが望ましい。
- (3) プリーディング量および凝結時間はベースコンとほぼ同等である。
- (4) 標準養生および現場封かん養生の圧縮強度は、ベースコンに対し流動化後および再流動化後で大きくなった。
- (5) 模擬試験体から採取したコア供試体の圧縮強度は、ベースコンに対し流動化後および再流動化後で概ね同等以上であり、 $28S_{91}$  は JASS5 の基準以下となった。
- (6) 単位セメント量が少ない調合は、流動化後の SF が大きくなると部材内の粗骨材面積率のばらつきが若干大きくなるが、粗骨材面積率のばらつきが圧縮強度に及ぼす影響は小さい。

#### 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) 岸本豪太, 濱井洋, 濱幸雄, 安田正雪: スランブ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
- 5) 岸本豪太, 福田悠人, 濱井洋, 濱幸雄: スランブ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, コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.1, pp.778-783, 2023
- 6) 気象庁, 報道発表: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko2023jja.pdf> (閲覧日: 2023年11月2日)
- 7) 暑中コンクリートの施工指針・同解説, 日本建築学会, 2019.7
- 8) Shiori AKAMINE, Sakiko IHA, Yoshitomo YAMADA and Yoshifumi HOSOKAWA: BASIC STUDY ON THE VISCOSITY CHANGE PROCESS OF CEMENT PASTE BY FLOCCULATION AND HYDRATION, Cement Science and Concrete Technology, Vol.66, pp.653-660, 2012
- 9) 黒川善幸, 谷川恭雄, 金和中, 寺西浩司: 高流動コンクリートの間隙通過性の簡易評価方法, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.1, pp.29-34, 1995
- 10) 松尾茂美, 菅俣匠: 超高強度コンクリート用高性能 AE 減水剤, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.891-892, 1995
- 11) 佐藤周之, 服部九二雄, 緒方英彦, 高田龍一: 初期養生温度が普通コンクリートの強度発現特性および圧縮強度に及ぼす影響, 農林土木学会論文集, No.220, pp.69-76, 2002.8
- 12) 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 日本建築学会, 2018.2