

論文 振動下における低粉体系高流動コンクリートの推定レオロジー一定数と間隙通過性および材料分離抵抗性に関する実験的研究

清水 寛太*1・山田 義智*2・平野 修也*3・崎原 康平*4

要旨: 本研究は、低粉体系高流動コンクリートを対象として、振動下の推定レオロジー一定数と間隙通過性および材料分離抵抗性について実験的検討を行った。その結果、振動加速度の増加に伴い推定降伏値は減少する傾向を示すが、スランプフロー値が450mm以上の試料では推定塑性粘度の変化が小さい事がわかった。また、間隙通過性は振動加速度が増大するとPJ値は減少傾向を示すが、B値は水セメント比によって異なる傾向を示した。材料分離の指標となるJリングの内外粗骨材比を目的変数とした重回帰分析を行った結果、内外粗骨材比と推定降伏値には相関が認められた。

キーワード: 高流動コンクリート, 推定レオロジー一定数, 振動加速度, Jリングフロー試験, 材料分離抵抗性

1. はじめに

近年、建築分野において、労働者人口の減少やコンクリート工事の合理化のニーズの高まりにより、従来よりも粉体量の少ない普通強度の高流動コンクリートの需要が増加している。2019年3月にはJIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)において、呼び強度27~45、スランプフロー45~60cmのコンクリートが追加されている。この様な背景のもと、従来よりも粉体量の少ない高流動コンクリート (本論文では低粉体系高流動コンクリート¹⁾と称す)の品質や生産性について検討が進められている^{1,2)}。

低粉体系高流動コンクリートは打込み時に軽微な締め作業が実施される場合を含んでいるが、振動下の流動性、間隙通過性および材料分離抵抗性の検討は十分ではない。そこで本研究では、振動加速度が加わった低粉体系高流動コンクリートの流動性状の変化を推定レオロジー一定数で評価するとともに、Jリングフロー試験 (JIS A 1159)を用いて振動加速度が加わったコンクリートの間隙通過性や材料分離抵抗性の変化を実験的に検討したので報告する。

2. 使用材料と配(調)合

2.1 使用材料

セメント (C) は普通ポルトランドセメント、細骨材は君津産山砂 (S₁)、岩瀬産砕砂 (S₂) を混合使用し、粗骨材 (G) は山口県美祢産石灰砕石を用いた。混和剤は、増粘剤含有高性能 AE 減水剤、助剤として AE 剤 (樹脂酸塩系界面活性剤)、消泡剤 (ポリアルキレングリコール系) を使用した。また練り混ぜ水 (W) は上水道水を使用した。

2.2 配(調)合と負荷した振動加速度

表-1 にコンクリート配(調)合と負荷した振動加速度を示す。水セメント比 (W/C) は40%と50%の2種類とし、単位水量と粗骨材かさ容積は一定とした。目標スランプフロー値が350mm, 450mm, 500mm, 550mmとなるように混和剤添加率で調整した。試料名は、W/C, 目標スランプフロー値の順に並べたものである。

振動加速度 α (m/s²)は、後述する振動台上に加速度の計測点を点 a, b, c の3点で取り (写真-1 (b) 参照), それ

表-1 配(調)合表および負荷加速度

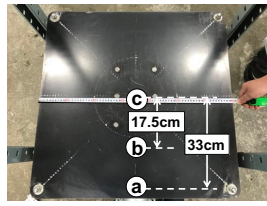
試料名	W/C (%)	TSF (mm)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)					混和剤添加率 (%)	SF (mm)	t500 (s)	α (m/s ²)	平均振動加速度 (m/s ²)
				W	C	S ₁	S ₂	G					
40-350	40	350	47	175	438	474	316	909	1.05	362	-	0	0
												8	8
												15	14
												25	22
												37	30
40-450	40	450	47	175	438	474	316	909	1.35	483	-	0	0
												8	8
												15	14
												25	23
												37	30
40-500	40	500	47	175	438	474	316	909	1.43	525	8.5	0	0
												8	8
												15	14
												25	22
												37	30
40-550	40	550	47	175	438	474	316	909	1.48	559	5.7	0	0
												8	8
												15	14
												25	23
												37	30
50-350	50	350	50	175	350	518	346	909	1.1	355	-	0	0
												8	8
												15	14
												25	22
												37	29
50-450	50	450	50	175	350	518	346	909	1.3	461	-	0	0
												8	8
												15	14
												25	22
												37	29
50-500	50	500	50	175	350	518	346	909	1.4	513	8.9	0	0
												8	8
												15	14
												25	22
												37	30
50-550	50	550	50	175	350	518	346	909	1.5	573	3.5	0	0
												8	8
												15	14
												25	23
												37	29

TSF:目標スランプフロー値 (mm), SF:無振動下 ($\alpha=0$ m/s²) におけるスランプフロー値 (mm), t500:無振動下 ($\alpha=0$ m/s²) における500mmフロー到達時間(s), α :最大振動加速度 (m/s²)

*1 琉球大学工学部環境建設工学科 (学生会員)
 *2 琉球大学工学部教授・博士(工学) (正会員)
 *3 (株)フローリック コンクリート研究所主任研究員 (正会員)
 *4 琉球大学工学部准教授・博士(工学) (正会員)



(a) 撮影台

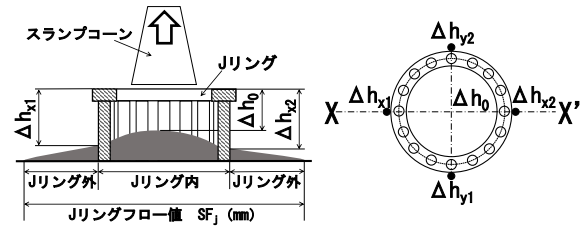


(b) 上からの写真



(c) Jリングの固定

写真-1 振動台の状況



(a) Jリングフロー試験立面図 (b) Jリング平面図

図-1 Jリング試験の概要図³⁾

らの最大値が 8, 15, 25, 37m/s² の 4 パターンになるように設定した。

本研究では振動加速度を、その計測点 3 点中の最大値である最大振動加速度 α (m/s²) によって扱う。表-1 には、 α と 3 点の平均振動加速度 (m/s²) も併せて記す。

3. 各実験の概要とレオロジー定数の推定方法

3.1 各実験の概要

(1) スランプフロー試験と J リングフロー試験

無振動 ($\alpha=0$ (m/s²)) でのスランプフロー試験は、JIS A 1150:2014 コンクリートのスランプフロー試験方法に従った。スランプフロー試験は、中心から放射状 8 方位に 10mm 間隔で目盛りを付した 80cm×80cm の平板上で行い、上部からビデオ撮影を行った。フローの停止判定は目視で行い、停止後にスランプフロー値 SF を測定した。なお、本試験で得られた SF および 500mm フロー到達時間 (t500) は表-1 に付す。

無振動 ($\alpha=0$ (m/s²)) での J リングフロー試験は、JIS A 1159:2018 コンクリートの J リングフロー試験方法に従った。スランプフロー試験と同様に 80cm×80cm の平板上に J リングを設置して行った (図-1 参照)。また、フローの広がり様子を上部からビデオ撮影した。

間隙通過性の評価は、PJ 値と B 値によって行った³⁾。PJ 値はコンクリートの鉄筋通過能力を示し、値が小さいほど間隙通過性が良好といえる。PJ 値の算出は式(1)に示す。

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

ここに、PJ : PJ 値 (mm), Δh_0 : J リングフロー試験後のコンクリート中央部の高さ (mm), $\Delta h_{x1, x2, y1, y2}$: J リングフロー試験後の J リング外 4 点のコンクリートの高さ (mm) である。

B 値はスランプフロー値 SF 及び J リングフロー値 SF_j

より算出し、値が小さいほど間隙通過性が良好といえる。J リングフロー値の算出には式(2)を用い、B 値の算出には式(3)を用いた。

$$SF_j = \frac{j_1 + j_2}{2} \quad (2)$$

$$B = SF - SF_j \quad (3)$$

ここに、SF_j : J リングフロー値 (mm), j₁ : J リングフロー試験後の試料の広がり最大となる直径 (mm), j₂ : j₁ と直交する方向の直径 (mm) である。また、B : B 値 (mm), SF : スランプフロー値 (mm) である。

(2) 加振スランプフロー試験と加振 J リングフロー試験

加振スランプフロー試験は、70cm×70cm の加振変形機⁴⁾ (以後、振動台と称す) を使用して試料に振動を加えた。振動加速度は、振動台上 3 点の振動加速度を測定し、それらの中の最大値が上述の加速度となるようにコンバーターで調整した。振動台上には中心から放射状に 8 方位に 10mm 間隔で目盛りを付し、上部からビデオ撮影することで、フローの広がりを記録した。加振スランプフロー値 S_f^k と加振 400mm 到達時間 t₄₀₀^k を、加振スランプフロー試験で得られる流動特性とした。なお、S_f^k が 700mm を超える場合は振動台対角方向で S_f^k を測定した。

加振 J リングフロー試験は、加振スランプフロー試験と同様に、写真-1 の振動台を用いて行った。J リングは、写真-1 (c) に示すように振動台上に治具で固定した。また、加振スランプフロー試験と同様に、上部からビデオ撮影することでフローの広がりを記録した。

コンクリートが加振されるとセメント粒子の凝集破壊が起き、加振を止めると再凝集が起きると予想される。今回の両試験では、再凝集を考慮に入れない振動下の性状に着目しているため、加振はコーンの引抜きと同時に始め、フローが停止するまで振動を与え続けた。なお、両試験ともフローの停止判定は目視で行なった。

(3) 画像による加振スランプフロー試験の目視材料分離判定

通常、目視材料分離判定はスランプフロー試験後の試料を直接見ることによって判定する。しかし、今回の加振スランプフロー試験ではフローが停止するまで振動を加えて

表-2 目視分離試験で用いた画像一覧

画像番号	試料名	最大振動加速度 α (m/s ²)	経過時間 (s)	画像番号	試料名	最大振動加速度 α (m/s ²)	経過時間 (s)
No.1	40-500	0	5	No.19	50-500	0	5
No.2			10	No.20			停止
No.3			停止	No.21			5
No.4		15	5	No.22		10	
No.5			10	No.23		停止	
No.6			停止	No.24		5	
No.7		37	5	No.25		10	
No.8			10	No.26		停止	
No.9			停止	No.27		5	
No.10	40-550	0	5	No.28	50-550	0	10
No.11			10	No.29			停止
No.12			停止	No.30			5
No.13		15	5	No.31		10	
No.14			10	No.32		停止	
No.15			停止	No.33		5	
No.16		37	5	No.34		10	
No.17			10	No.35		停止	
No.18			停止				

※50-500 試料 $a=0m/s^2$ はフロー停止時間が 9s であった。

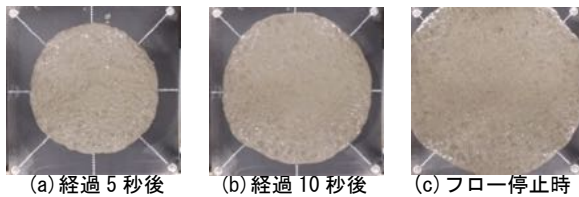


写真-2 各経過時間の材料分離状況
(40-500 試料, $\alpha=37m/s^2$)

おり、施工で想定される 5 秒から 10 秒程度の加振時の材料分離状態を視認することは困難であった。そこで本研究では、加振 5 秒後、10 秒後、フロー停止時のビデオ撮影で得られた画像を用いて目視材料分離判定を行った。

表-2 には本研究の目視材料分離判定で用いた試料の画像番号、最大振動加速度および経過時間を示す。

画像による目視材料分離判定は、インターネットを用いて、コンクリート技術者および研究者を対象とした計 16 名のアンケート調査で行った。ここでは、「分離」を 1.0、「分離気味」を 0.5、「分離なし」を 0.0 と点数化して 16 名の合計点を平均化して材料分離指標とした。

目視材料分離判定試料は、加振スランブフロー値の大きい 40-500、40-550 試料と 50-500、50-550 試料とした。参考例として、写真-2 に 40-500 試料を最大振動加速度 $\alpha=37m/s^2$ で負荷した場合の経過 5 秒、10 秒およびフロー停止時のスランブフロー画像の縮小版を示す。

(4) 加振 J リングフロー試験後の材料分離試験

加振 J リングフロー試験後の材料分離試験は、まず、加振 J リングフロー試験後に J リング内側と外側 (図-1(a) 参照) の部位毎のコンクリート試料を全量採取しその質量を計った。次に、各部位のコンクリート試料を 5mm ふるいを用いて洗浄しながら粗骨材を採集して表乾状態とした後、粗骨材の質量を求め、その粗骨材質量を対応する部位のコンクリート質量で除して粗骨材割合を求めた。これらの粗骨材割合より内外粗骨材比 (=J リング内のコンクリート中の粗骨材割合 ÷ J リング外のコンクリート中の粗骨材割合) を算出し、材料分離の検

討を行った。なお、内外粗骨材比の値が大きいほど材料分離抵抗性が低い事を意味する。

加振 J リングフロー試験後の材料分離試験も目視材料分離判定と同じく加振スランブフロー値の比較の大きい 40-500、40-550 試料と 50-500、50-550 試料を対象とした。

3.2 推定レオロジー定数の求め方

文献 5) では球引上げ試験を用いたレオロジー定数の測定とスランブフロー試験結果より、降伏値とスランブフロー値の関係および、塑性粘度と 400mm フロー到達時間の関係をおよび、塑性粘度と 400mm フロー到達時間の関係を求めている。なお、文献 5) におけるスランブフロー値 (mm) と降伏値 (Pa) は指数関数であったが、本研究では両者を対数化することにより、データを線形化しその近似直線を求めた。この関係を図-2 に示す。また、文献 5) の実験結果より得られた 400mm フロー到達時間と塑性粘度の関係は線形関係にあり、図-3 にはそのデータと近似直線を示す。

本研究では、加振によって変化したレオロジー定数も無振動下で得られた図-2 および図-3 中に示す近似式によって推定できると仮定し、加振スランブフロー値 S_f^k から推定降伏値 τ_y^e を、加振 400mm 到達時間 t_{400}^k から推定塑性粘度 η^e を推定した。

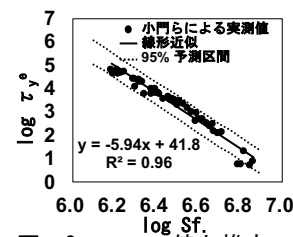


図-2 フロー値と推定降伏値の関係

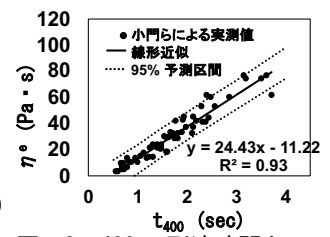


図-3 400mm 到達時間と推定塑性粘度の関係

4. 振動下の推定レオロジー定数と目視材料分離判定

4.1 振動による推定降伏値と推定塑性粘度の変化

最大振動加速度 α と加振スランブフロー値 S_f^k の関係を図-4 に示す。同図より α の増大に伴って S_f^k の増加が確認できる。しかし、 S_f^k の増加には頭打ちが見られ、 α が $37m/s^2$ になると S_f^k が一定値に収束する傾向を示した。このことから、一般に施工で用いる棒状パイプレータによ

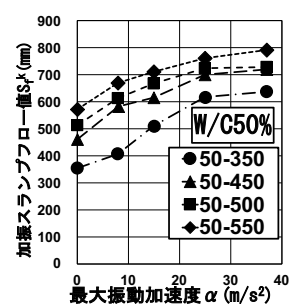
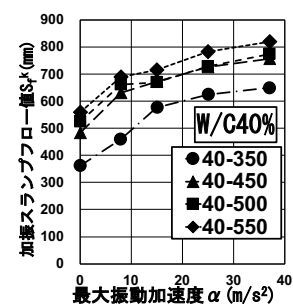


図-4 最大振動加速度と加振スランブフロー値の関係

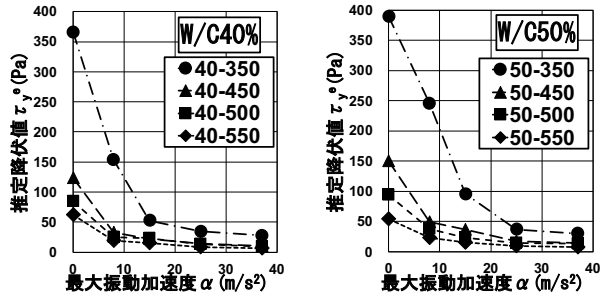


図-5 最大振動加速度と推定降伏値の関係

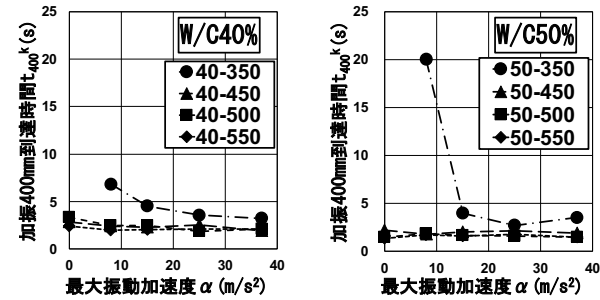


図-6 最大振動加速度と加振 400mm 到達時間の関係

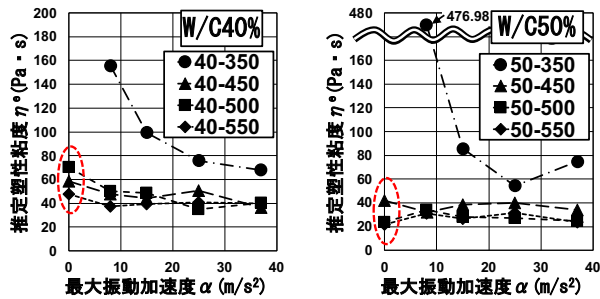


図-7 最大振動加速度と推定塑性粘度の関係

る大きな振動加速度が加わっても S^k は大きく増加しないものと予測される。

図-5 は、最大振動加速度 α と S^k を基に求めた推定降伏値 τ_y の関係を示している。同図より α の上昇とともに τ_y は減少し、 τ_y の値が一定値に収束する傾向を示した。従って、より大きな振動加速度が加わっても $\alpha=37\text{m/s}^2$ の τ_y の値より大きく変化しないと予測される。

図-6 に最大振動加速度 α と加振 400mm 到達時間 t_{400}^k の関係を示す。スランプフロー値が 450mm 以上の試料では、 α の増大に伴う t_{400}^k の変化が小さいのに対し、スランプフロー値が 350mm の試料では α の増大に伴い t_{400}^k が大きく減少する傾向が見られた。

図-7 には α と推定塑性粘度 η^e の関係を示す。目標スランプフロー値 350mm 試料は、 α の増加により η^e が大きく減少する。それ以外の試料では η^e の減少は小さい。また、無振動 ($\alpha=0\text{m/s}^2$) 時に着目すると、W/C40%試料の方が W/C50%試料に比べて η^e が大きく、振動下においても W/C50%試料の η^e より小さくならない事がわかる。

4.2 画像による目視材料分離判定結果について

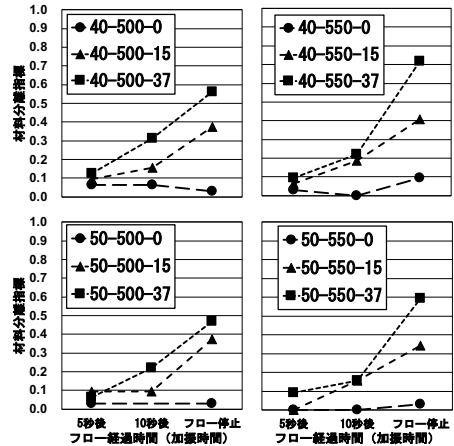


図-8 フロー経過時間と材料分離指標の関係

ここでは、低粉体系高流動コンクリートの施工を想定し、加振 5 秒後、10 秒後およびフロー停止時の材料分離状態を上部から撮影した画像にて判定した。

図-8 には、各試料の最大加速度毎の目視材料分離状況を材料分離指標の変化として加振時間毎に示す。なお、図中の試料凡例は水セメント比 - 目標フロー値 - 最大振動加速度で表している。同図より、無振動 ($\alpha=0\text{m/s}^2$) の材料分離指標は 0.1 以下と低くフロー経過後も変化しないが、最大振動加速度 α を付与すると、加振時間に伴い材料分離指標が増大する傾向がある。特に α が 37m/s^2 のフロー停止時には「分離気味 (約 0.5)」程度以上になっている。

α の増加による推定レオロジー定数の変化に着目すると (図-5 および図-7 参照)、推定塑性粘度 η^e の変化に比べて推定降伏値 τ_y の低下が特に大きい。したがって、 α の増加により材料分離指標が増大する結果には τ_y の低下の影響が大きい可能性がある。なお、今回の実験では、加振時間 10 秒までであれば、 α が大きくても全ての試料で材料分離指標は約 0.3 以下となっており、目視による材料分離がほとんど認められない結果となった。

水セメント比 W/C による材料分離指標の変化に着目すると、W/C が小さいと材料分離指標が僅かに高くなる傾向がみられた。これは、推定塑性粘度 η^e (図-7 参照) から予測される結果とは異なっている。この理由として、本研究では単位水量を一定としており、W/C が小さい試料ほどペースト量が多く、目視ではペースト量の多い W/C40%試料が分離しているものと視認されている可能性がある。

5. 振動による間隙通過性の変化

5.1 振動による J リング試験結果 (PJ 値と B 値) の変化

無振動および振動下の間隙通過性は、PJ 値及び B 値にて評価を行う。文献 3) では、室内試験の場合、スランプフロー値 500mm の場合の PJ 値の目標値は 40mm 以下、

スランプフロー値 600mm の場合は 30mm 以下としている。今回の実験では目標スランプフロー値の最大値は 550mm であり、600mm よりも小さいため、PJ 値の目標値は 40mm 以下とした。また、室内試験の場合の B 値はスランプフロー値に関わらず 50mm 以下が望ましいとしているため、B 値の目標値は 50mm 以下とした。

図-9 より、無振動 ($\alpha=0\text{m/s}^2$) の場合、W/C40%の方が W/C50%に比べて PJ 値及び B 値が低く間隙通過性が優れている。これは、W/C40%の方が W/C50%に比べて推定塑性粘度 η^e が高いことが影響していると推察される (図-7 の点線囲みを参照)。

一方、図-10 に示す様に、振動下において PJ 値は、最大振動加速度 α が增大するにしたがって低下し、間隙通過性が向上することが確認された。しかし、B 値は、W/C40%の場合は α の増大による明確な変化が得られな

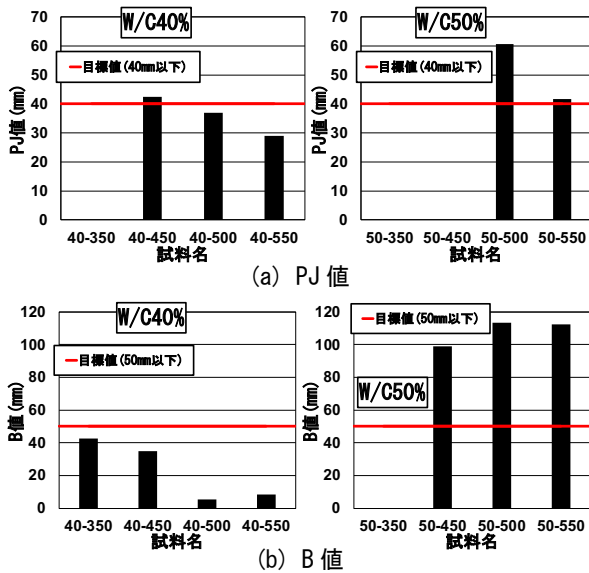


図-9 無振動 ($\alpha=0\text{m/s}^2$) の場合の PJ 値と B 値

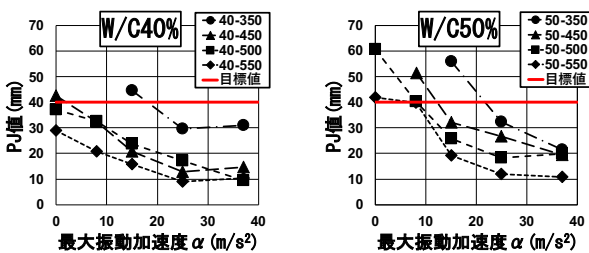


図-10 最大振動加速度 α と PJ 値の関係

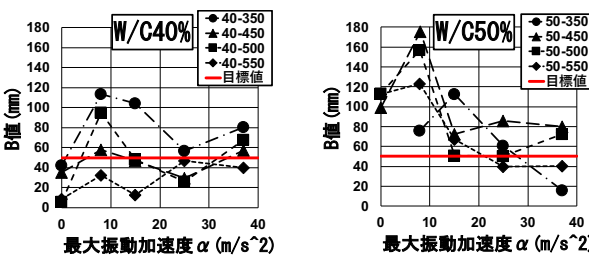


図-11 最大振動加速度 α と B 値の関係

かったが、W/C50%の場合は減少する傾向となった (図-11 参照)。このような現象が起こる原因は不明であり、今後の課題としたい。

5.2 振動下における間隙通過後の材料分離について

図-12 に最大振動加速度 α と内外粗骨材比の関係を示す。同図より、ばらつきはあるが、 α の増大に伴い内外粗骨材比が増加する傾向が認められる。なお、40-500 試料は α が増加しても内外粗骨材比の変化が小さく、振動下でも材料分離しにくいと考えられる。

4.2 節の画像による目視材料分離判定には推定降伏値の影響が指摘され、5.1 節の PJ 値による間隙通過性には推定塑性粘度の影響が指摘された。そこでここでは、材料分離についてレオロジー定数の観点から評価を行うため、内外粗骨材比を目的変数とし、推定降伏値 τ_y^e 、推定塑性粘度 η^e に加え、一般的に材料分離に影響するといわれる細骨材率 s/a を説明変数とする重回帰分析を行った。使用したデータ数は 16 個である。

表-3 に説明変数を τ_y^e 、 η^e 、 s/a の 3 つとした場合の重回帰分析結果を示す。ここで、切片を除く各説明変数の偏回帰係数の P-値に着目すると、 τ_y^e の偏回帰係数の p-値は 5% 有意であるが、 η^e および s/a の偏回帰係数の p-値は大きく、5% 有意ではなかった。また、 η^e と s/a 間には強い相関があり ($R=0.84$)⁶⁾、この 2 変数は多重共線性の観点からその一つを削除することが望ましい。そこで変数減少法により、p-値が大きい η^e を除外し、新たに τ_y^e と s/a の 2 変数での重回帰分析を行った。表-4 にそ

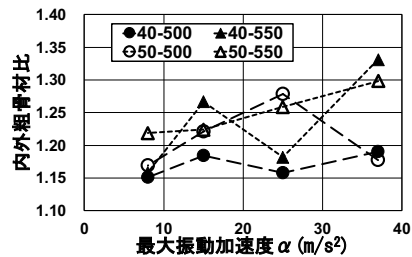


図-12 最大振動加速度と内外粗骨材比の関係

表-3 重回帰結果 (説明変数 3 つの場合)

重相関係数 R	0.64759	説明変数	偏回帰係数	P-値	下限95%信頼区間	上限95%信頼区間
重決定係数 R ²	0.41937	切片	0.02976	0.97665	-2.14021	2.19973
自由度調整済み決定係数 R ² _f	0.27422	X1 (推定降伏値 τ_y^e)	-0.00461	0.03047	-0.00870	-0.0005
		X2 (推定塑性粘度 η^e)	0.00228	0.53319	-0.00546	0.01002
		X3 (細骨材率 s/a)	0.024401	0.21399	-0.01611	0.06492

表-4 重回帰結果 (説明変数 2 つの場合)

重相関係数 R	0.63202	説明変数	偏回帰係数	P-値	下限95%信頼区間	上限95%信頼区間
重決定係数 R ²	0.39945	切片	0.61926	0.12313	-0.19214	1.43066
自由度調整済み決定係数 R ² _f	0.30706	X1 (推定降伏値 τ_y^e)	-0.00386	0.01909	-0.00698	-0.00074
		X2 (細骨材率 s/a)	0.01363	0.10508	-0.00327	0.03054

表—5 単回帰結果

相関係数 R	0.50916	説明変数	切片	偏回帰係数	1.272007	P-値	1.2E-16	下限95%信頼区間	1.21231	上限95%信頼区間	1.33171
決定係数 R ²	0.25925										
自由度調整済み決定係数 R _{adj} ²	0.20634	X1 (推定降伏値 τ _y ^o)		-0.00335	0.04397	-0.0066	-0.0001				

の結果を示す。

表—4 の切片を除く各説明変数の偏回帰係数の P-値に着目すると、s/a の偏回帰係数は 3 変数の回帰結果と比較して小さくはなかったが、5%有意にはならなかった。そこで、再び変数減少法により、偏回帰係数の p-値が大きかった s/a を除外し、説明変数を τ_y^o のみとする単回帰分析を行った。表—5 にその結果を示す。

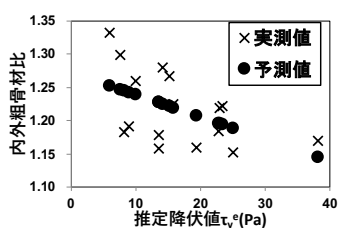
表—5 より、τ_y^o の偏回帰係数の p-値は 5%で有意であると認められるが、説明変数が 3 つや 2 つの場合と比較すると、自由度調整済み決定係数は小さくなり、回帰式としての当てはまりは良くない結果となった。しかし、τ_y^o と内外粗骨材比の相関係数 R は約 0.51 であり、かなり相関が認められる結果⁶⁾ となった。また、τ_y^o の回帰係数および上下 95%信頼区間の回帰係数は何も負値であり、τ_y^o が大きくなると内外粗骨材比は減少する結果が得られた。

式(4)に τ_y^o の単回帰による内外粗骨材比の推定式を示し、図—13 に内外粗骨材比の実測値と単回帰による推定値の比較を示す。

$$y = -0.00335\tau_y^o + 1.272007 \quad (4)$$

図—13 より、式(4)による推定値と実測値はばらつきが大きく必ずしも一致していないが、推定降伏値 τ_y^o が大きい場合、すなわち加振スランプフロー値 S_β が小さい場合には、加振 J リングフロー試験において内外粗骨材比が小さくなる傾向が認められ、間隙通過後に材料分離しにくくなると考えられる。

なお、今回の内外粗骨材比の値は加振 J リングフロー試験におけるフロー停止時の値であり、低粉体系高流動コンクリートで想定される軽微な締固め時間には対応していない。実際の施工時の締固め時間に対応した内外粗骨材比の傾向については今後の課題とする。



図—13 内外粗骨材比の実測値と推定値の比較

6. まとめ

低粉体系高流動コンクリートのフレッシュ性状について、本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) スランプフロー値 350mm 試料は最大振動加速度の増大に伴い推定塑性粘度が大きく低下するが、450mm 以上の試料ではその低下が小さい。一方、全ての試料で最大振動加速度の増大に伴い推定降伏値は低下し、一定値に収束する傾向が得られた。
- (2) 無振動下の J リングフロー試験より、W/C40%の方が W/C50%に比べて間隙通過性に優れていることが確認された。これは、無振動下において W/C40%の推定塑性粘度が高いことに起因していると考えられる。
- (3) 加振 J リングフロー試験により、最大振動加速度が大きくなると PJ 値は減少し間隙通過性が良くなる。一方、B 値については、最大振動加速度が大きくなると W/C40%の場合は明確な変化が得られず、W/C50%の場合は減少する異なる傾向が得られた。
- (4) 内外粗骨材比を目的変数とする回帰分析より、加振スランプフロー試験から推定した推定降伏値が有意であると認められ、加振スランプフロー値が小さいと材料分離しにくくなる関係性が認められた。

謝辞: 本研究の一部は、平成 29 年度科学研究費補助金(基盤研究(B)一般、課題番号: 17H03344、研究代表者: 山田義智) による助成を受けた。また、目視材料分離判定のアンケートでは多くの方々にご協力頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 鹿毛忠継ほか: 低粉体系高流動コンクリートのフレッシュ性状に関する検討 (その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp.491-492, 2019.9
- 2) 依田和久ほか: 高流動性コンクリートの施工性と躯体の品質評価に関する研究 (その 1~7), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp.468-480, 2019.9
- 3) 鈴木澄江ほか: J リングフロー試験方法による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, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.1164-1168, 2017.8
- 4) 東・中・西日本高速道路株式会社: NEXCO 試験方法第 7 編トンネル関係試験方法 733-2008 中流動覆工コンクリートの加振変形および充填性試験方法, pp.46-47, 2017.7
- 5) 小門武, 宮川豊章: スランプフロー試験による高流動コンクリートのレオロジー一定数評価法に関する研究, 土木学会論文集, No.634/V-45, pp.113-129, 1999.11
- 6) 石村貞夫: すぐわかる統計解析, 東京図書, p.35, 1993