

論文 ベーンせん断試験によるフレッシュコンクリートのハンドリングの評価に関する実験的検討

平野 修也*1・西 祐宜*2

要旨：フレッシュコンクリートの扱いやすさは体感的に判断されることが多く、従来のコンシステンシー試験によって定量的に評価することは困難であるが、ワーカビリティを左右する大きな要因である。本研究は、コンクリートの扱いやすさをハンドリングと称し、高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートのハンドリングをベーンせん断試験によって定量化することを目的とした。フレッシュモルタルを対象とした実験の結果、ベーンせん断試験の測定値が大きいものほどハンドリングは扱いにくいという評価になった。また、ベーンせん断試験で得られた最大せん断応力には、圧力依存性と時間依存性がある傾向が認められた。

キーワード：ベーンせん断試験, ハンドリング, 高性能 AE 減水剤, 経時変化, 回転粘度計

1. はじめに

フレッシュコンクリートの材料性質であるコンシステンシーは、変形あるいは流動に対する抵抗性を指し、従来、スランプ試験やスランプフロー試験の結果を参考に判断されてきた。しかしながら、近年、コンクリートに求められる性能は多様化し、スランプ試験のみによってフレッシュコンクリートの性状の良し悪しを判定することは難しくなっている。例えば、コンクリートを構成するセメント、骨材および化学混和剤などの使用材料や調合が異なる場合、同一スランプ値であってもフレッシュコンクリートの状態は変化する。コンクリートの状態は、目視や実際に触れた際の扱いやすさ(以降、本論文ではハンドリングと称する)といった体感を基に評価されることが多く、‘重い’‘軽い’といった感度には個人差があることから定量化することは困難である。実務では、工事に精通した者の経験則に依存して、コンクリートの状態の良し悪しを判断することは少なくないが、熟練工の減少などの人的要因を考慮すると、フレッシュコンクリートのハンドリングを定量化することは、ワーカビリティの判定の一助になるものと考えられる。

既往の研究¹⁾において、フレッシュコンクリートの流動性状の相違について、レオロジー試験を通じて定量化を試みた事例は多く存在するが、試験装置の機構が複雑なものや測定値の解析が難解なものなど、現場での適用が困難なものが多い。スランプ試験がコンシステンシー試験として普及してきた実情を踏まえると、現場でフレッシュコンクリートの状態やハンドリングを評価する試験方法は、出来るだけ簡便であることが肝要と言える。

本研究は、フレッシュコンクリートの状態やハンドリ

ングを定量化することを目的として、軟弱な粘土地盤の非排水せん断強度を求めるのに実用されている²⁾ベーンせん断試験機を応用し、その適用可能性について検討を試みたものである。ベーンせん断試験機は2重円筒式の回転粘度計に類似した機構であり、十字断面の4枚羽根のスピンデルを試料に挿入し、手動で回転させて試料の最大せん断応力を簡単に測定できる点が特長である。

2. 本論文の構成

本論文では、ベーンせん断試験機によるハンドリングの評価の事前検討として、高性能 AE 減水剤を用いて試験室で製造したフレッシュコンクリートを対象に、コンクリート用ショベルで切返した際のハンドリングの印象について、評定尺度法により簡易的に評価した。

次に、フレッシュモルタルを対象に回転粘度計によって降伏値と塑性粘度を導出し、ベーンせん断試験で得られた最大せん断応力との関係性について考察した。併せて、フレッシュモルタルをさじで攪拌した際のハンドリングとの関係性について検討した。

さらに、単位セメント量の多い調合や練上りからの経過時間が長いものほど圧送負荷が著しく増加することを踏まえ、圧力環境下に晒されたモルタルを対象にベーンせん断試験を実施し、圧力の大きさや時間の経過が測定結果にどのように影響するのか検証した。ハンドリングは、厳密には静的条件下ではなく、流動速度や流動時間などの動的要因の影響を大きく受け、それを評価する人間の感度は高い。そのため、本研究では加圧により固相の内部摩擦を増加させ、見かけの粘性を増幅させた上でベーンせん断試験を実施し、測定精度の向上を試みた。

*1 株式会社フローリック 技術本部コンクリート研究所 主査 修士(工学) (正会員)

*2 株式会社フローリック 技術本部コンクリート研究所 主席研究員 博士(工学) (正会員)

3. 高性能 AE 減水剤を用いたフレッシュコンクリートのハンドリングの評価

3.1 実験概要

(1) 使用材料

コンクリートに使用した材料を表-1 に示す。高性能 AE 減水剤は、保持ポリマーの種類が異なる AD-A および AD-B の 2 種類を用いた。AD-B の方が、側鎖長が長いポリマーの構造である。

(2) コンクリートの調合

表-2 にコンクリートの調合を示す。表中のスランプフローおよび空気量の目標値が得られるように混和剤と助剤の添加率を調整した。強制二軸ミキサー(公称容量 55ℓ)を用いて、1 バッチ当たりの練り量を 40ℓ とした。

(3) 試験項目

表-3 に試験項目を示す。いずれの試験も練上りからの経過時間 60 分まで、20 分間隔で実施した。コンクリートのハンドリングの評価は、絶対評価として 5 段階で実施した。評定尺度法は順序尺度であることから尺度間の程度について言及することはできないが、直感的な印象

表-1 使用材料

材料	記号	概要・品質・主成分
水	W	上水道水(つくば市)
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm ³)
細骨材	S	山砂(静岡県掛川市 表乾密度:2.58g/cm ³ 吸水率:1.97% F.M.:2.69)
粗骨材	G	硬質砂岩碎石 2005(東京都青梅市 表乾密度:2.65g/cm ³ 吸水率:1.05% 実積率:58.4%)
混和剤	AD-A	高性能 AE 減水剤標準形 I 種(ポリカルボン酸系化合物 密度:1.08g/cm ³)
	AD-B	高性能 AE 減水剤標準形 I 種(ポリカルボン酸系化合物 密度:1.07g/cm ³)
助剤	AE	AE 剤(ロジンカリウム塩系)

表-2 コンクリートの調合

W/C (%)	s/a (%)	スランプフロー(mm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
30	45.5	650	3.0±0.5	175	583	710	890
45	47.5	400	4.5±0.5	170	378	815	925

混練手順: [W/C=30%] S/2+C+S/2→10 秒→W+AD+AE→60 秒→G→90 秒→排出 [W/C=45%] G+S/2+C+S/2→10 秒→W+AD+AE→90 秒→排出

表-3 試験項目

試験項目	規格・概要
スランプフロー試験	JIS A 1150:2014
空気量の測定	JIS A 1128:2014 無注水法による。
フレッシュコンクリートのハンドリングの評価	コンクリート用ショベルを用いて、練り板に受けた試料を万遍なく水平方向に 10 回切返し、その間に感じられた扱いやすさの印象について、以下の 5 段階で評価する。 1: 見かけの粘性が低い、軽い(扱いやすい) 2: 見かけの粘性がやや低い、やや軽い 3: 見かけの粘性は普通で一般的 4: 見かけの粘性がやや高い、やや重い 5: 見かけの粘性が高い、重い(扱いにくい)

ハンドリング評価の被験者: (1)男性・30 代 (2)男性・20 代 (3)男性・50 代 (4)女性・20 代 (5)男性・40 代 (6)男性・30 代 (7)男性・60 代 (8)男性・20 代 (9)女性・20 代 (10)男性・50 代

を評価するのに適当と判断した。欄外に記した被験者は、コンクリートの製造や試験に日常的に携わる者であり、被験者間で評価結果を共有せずに個別で実施した。

3.2 実験結果および考察

(1) スランプフローの経時変化

図-1 に経過時間とスランプフローの関係を示す。W/C=30%では AD-A、W/C=45%では AD-B の方が経時安定性に優れる履歴となった。W/C=30%の AD-B は、経時 20 分でフローアップしたが、その後は AD-A よりもフローの低下が顕著であった。

(2) コンクリートのハンドリングの評価

図-2 にコンクリートのハンドリングに関する 5 段階評価を示す。同図では、表-3 の被験者(1)が AD-A を評価した値の系列を「1A」と略記し、評価の経時変化を混和剤別に示した。W/C=30%では、AD-B を用いた場合は見かけの粘性が高いという評価が大半であった。一方、AD-A の評価は、練上り直後はやや軽いあるいは普通であるが、時間の経過に伴って粘性がやや高いという評価に移行した。W/C=45%においても AD-B の方がハンドリングは悪いと評価されたが、W/C=30%に比べて値は低くなった。本実験では単位セメント量が多く、目標スランプフローが大きい調合の方が、ショベルに試料が付着しやすく見かけの粘性が高いと評価された。さらに試料の静置によるセメント粒子の凝集も影響したものと考えられ、時間の経過に伴い扱いにくいと評価された。直感的な印象は当然ながら誤差を含んだ形で表れるが、ポリマーの構造の違いにより状態に対する印象は変化する傾向を示した。

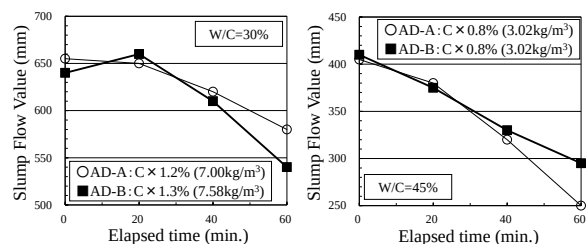


図-1 経過時間とスランプフローの関係

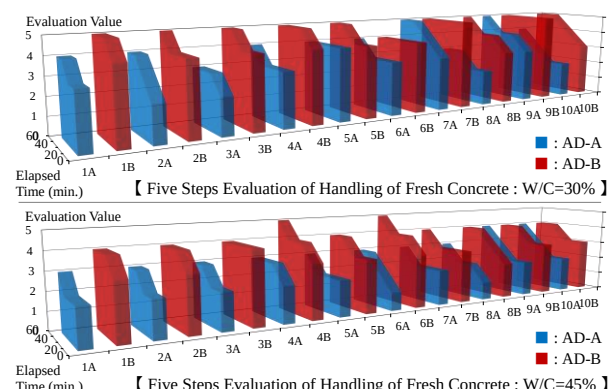


図-2 コンクリートのハンドリング評価の経時変化

4. ベーンせん断試験によるフレッシュモルタルのハンドリングの定量化に関する検討

4.1 目的

本章では、前章と同じ混和剤 AD-A および AD-B の添加量を変化させてフレッシュモルタルのフローを調整し、ベーンせん断試験によってモルタルのハンドリングの定量化を試みた。併せて、回転粘度計を用いてモルタルのビンガム定数(降伏値および塑性粘度)を導出し、ベーンせん断試験で得られた最大せん断応力と比較した。

4.2 実験概要

(1) 使用材料

モルタルに使用した材料を表-4 に示す。細骨材は、ふるい分けにより粒径が 5mm 以下になるものを吟味した。消泡剤は、主剤に内添されているものとは別に、モルタルの空気量が目標範囲に収まるように必要量添加した。

(2) モルタルの調合

表-5 にモルタルの調合を示す。W/C=30%および 45%の 2 水準設定し、単位水量が等しくなるように組んだ。モルタルの混練にはホバートミキサーを用いて、1 パッチ当たりの練り量を 1.6ℓ とした。

(3) 試験項目

表-6 に試験項目を示す。20℃環境下において実施した。

a) モルタルフロー試験およびハンドリングの評価

モルタルの 0 打フロー f_0 を 125,150,175,200mm となるように混和剤の添加率により調整した。試料をさじで攪拌して感じられた印象について、表-3 と同様に 5 段階で評価した。空気量は 400ml の鋼製容器を用いて容積法で算出し、目標範囲内にあることを確認した。

b) 回転粘度計による測定

本実験で用いた回転粘度計は、後述するベーンせん断試験機と同様の羽根型スピンドルを有する。試料を右回り 10 回および左回り 10 回(以下、一定回数とする)さじで攪拌し、15φ×10cm の円筒容器に充填した。得られた流動曲線から降伏値および塑性粘度を求めた。試料の凝集・分散・沈降分離が経時的に進行することを考慮して、1 検体当たりの測定時間を 60 秒に仮定した。

c) ベーンせん断試験

ベーンせん断試験は十字に交差した羽根型ベーン(板厚 1mm)を試料に挿入し、手動で可能な角速度(本実験では 6rpm で仮定)でシャフト(φ 8mm)を回転させて最大トルク値 M_{max} を得た。この M_{max} を Cadling の式²⁾を簡素化した式(1)に代入し、最大せん断応力 τ_v を算出した。測定後の供試体は、写真-1 に示すようにベーンの回転面で円筒状に破壊された。

$$\tau_v = M_{max} / \pi(D^2H/2 + D^3/6) \quad (1)$$

但し、D：ベーンの幅 30mm H：ベーンの高さ 60mm

表-4 使用材料

材料	記号	概要・品質・主成分
水	W	上水道水(つくば市)
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm ³)
細骨材	S	山砂(粒径 5mm カット品 静岡県掛川市 表乾密度:2.58g/cm ³ 吸水率:1.97% F.M.:2.69)
混和剤	AD-A	高性能 AE 減水剤標準形 I 種(ポリカルボン酸系化合物 密度:1.08g/cm ³)
	AD-B	高性能 AE 減水剤標準形 I 種(ポリカルボン酸系化合物 密度:1.07g/cm ³)
助剤	DF	消泡剤(ポリアルキレングリコール誘導体)

表-5 モルタルの調合

W/C (%)	S/C	空気量 (%)	単位量 (g/ℓ)		
			W	C	S
30	1.39	1.0±0.2	256	855	1190
45	2.52		256	570	1433

混練手順：S/2+C/S/2→低速 10 秒→W+AD+DF→低速 30 秒→掻落し 20 秒→高速 90 秒→排出

表-6 試験項目

順序	試験項目	規格・概要
1	モルタルフロー試験およびハンドリングの評価	JIS R 5210:2015 準拠 0 打フローを測定し、さじを用いてモルタル供試体を攪拌する際に感じられた印象を評価。
2	回転粘度計による測定	回転粘度計(BROOKFIELD 社製 RST-SST)を用いて、モルタル供試体の流動曲線を得る。
3	ベーンせん断試験	ベーンせん断試験機を用いて、モルタル供試体の最大トルク値を測定。



写真-1 ベーンせん断試験機の外観と測定後の供試体

4.3 実験結果および考察

(1) モルタルのハンドリングの評価

図-3 にモルタルの目標フローと被験者 10 人から得たハンドリングの評価結果の関係を示す。W/C=30%では、AD-B を用いた方が AD-A よりもモルタルの見かけの粘性が高いと評価され、目標フローが大きいもののほどハンドリングの評価値は低くなった。W/C=45%においても AD-B の方が扱いにくいという評価が多かったが、AD-A も含めて W/C=30%に比べて全体的に評価値は低くなる傾向にあった。被験者によると、W/C=30%では試料がさじに付着したのを感じられたのに比べて、W/C=45%ではさじで感じられる粘着性は少なかった。本実験では、コンクリート用ショベルよりも試料との接触面積が小さいさじによってモルタルのハンドリングを評価したが、図-2 に示した混和剤種別によるコンクリートのハンドリ

ングの相違と概ね合致した傾向が得られた。

(2) 回転粘度計による測定

図-4 に混和剤種類および W/C ごとに流動曲線を示す。凡例には 0 打フロー f_0 の値と混和剤添加率を示す。いずれも典型的なビンガム流体の履歴を示した。

図-5 に 0 打フロー f_0 と流動曲線から導いた降伏値 τ_y および塑性粘度 η の関係を示す。 f_0 が大きくなるほど τ_y は小さくなり、 η は大きくなる傾向を示した。実測値から回帰直線を導出し、同一 f_0 値における値を比べると、AD-B の方が AD-A よりも τ_y および η 共に概ね大きな値を示すが、W/C=45% の η に関してはその差は僅かであった。 η は W/C=45% に比べて W/C=30% の方が著しく大きな値を示し、これは所定の流動性を得るのに必要な混和剤の使用量が増えたことに起因するものと考ええる。

(3) ペーンセン断試験

図-6 に 0 打フロー f_0 とペーンセン断試験で得られた最大せん断応力 τ_v の関係を示す。 f_0 が小さくなるほど τ_v は大きくなる傾向を示した。実測値から回帰直線を導き、同一 f_0 値における τ_v を比べると、AD-A に比べて AD-B の方が大きくなる傾向を示した。また、W/C=45% よりも W/C=30% の方が同一 f_0 値における τ_v は大きくなる傾向を示した。このことは、図-3 で示されたハンドリング評価の傾向と合致しており、分散ポリマーの構造やモルタル調合の違いによってハンドリングは異なり、ペーンセン断試験によってこれらを定量化できる可能性を示唆している。本実験では試料がせん断破壊する際、ペーンとの接触面では慣性によりセメントや細骨材の粒子が回転方向に微動すると考えられ、 τ_v の値は降伏後の残留強度に相当する。一定の角速度での測定は、流動曲線上のある一点、即ち、降伏値に塑性粘度による増分を加えたせん断応力を抽出しているものと見なせる。

次に回転粘度計により求めた降伏値 τ_y を図-6 に併載して τ_v と比較すると、 f_0 が小さい範囲では τ_y の方が大きくなる傾向を示した。ペーンセン断試験は測定時間 5~10 秒で最大トルク値が得られるのに対して、回転粘度計では応力制御プログラムに基づき対数関数的に応力が上昇し、降伏値近傍に到達するのに 40~50 秒程度掛かった。本実験では、ペーンセン断試験の方が測定時間に伴う試料の凝集の影響が少なかったものと考ええる。

図-7 に最大せん断応力と図-3 のハンドリング評価から暫定的に求めた平均値との関係を示す。混和剤別に対数曲線で回帰すると、ペーンセン断試験はハンドリングで感じられる見かけの粘性(5段階評価で3~5)の相違を感度良く評価できるものと示唆された。図-8 の 0 打フローとハンドリング評価の関係に比べて寄与率が高く、自重による単調流動では判別できない状態の違いが、ペーンセン断試験によって抽出できる可能性が示唆された。

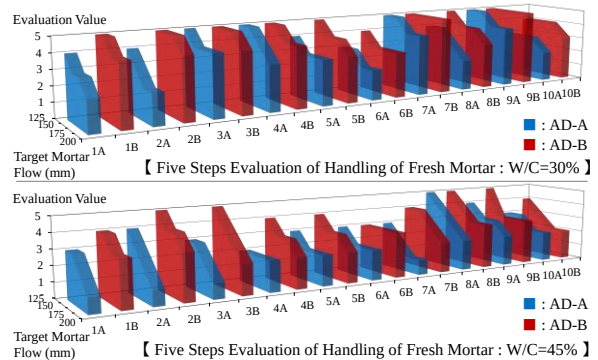


図-3 モルタルの目標フローとハンドリング評価の関係

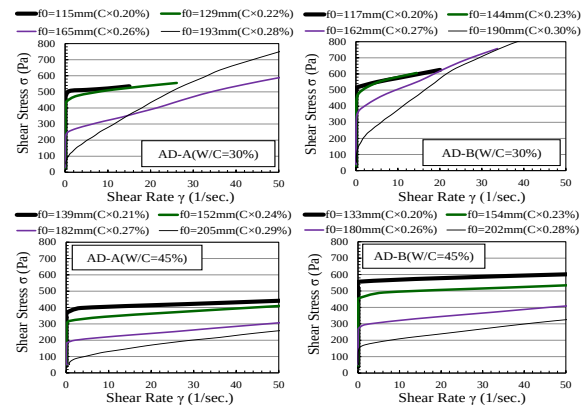


図-4 モルタルの流動曲線

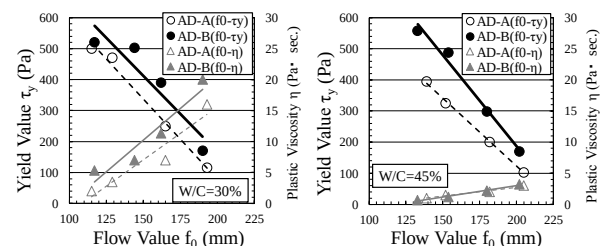


図-5 0 打フローと降伏値および塑性粘度の関係

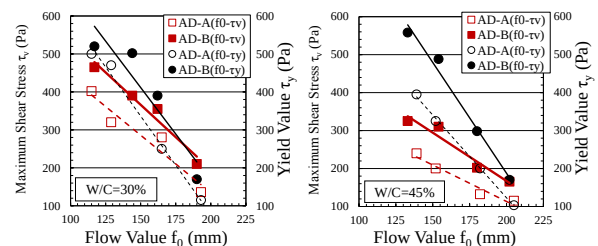


図-6 0 打フローと最大せん断応力および降伏値の関係

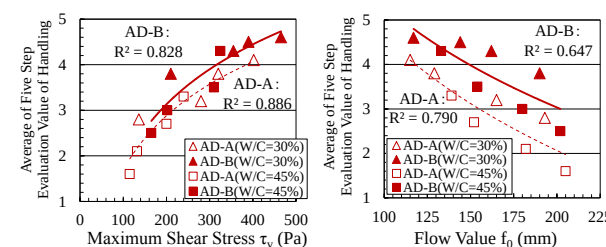


図-7 最大せん断応力とハンドリング評価の関係

図-8 0 打フローとハンドリング評価の関係

5. 加圧ベーンせん断試験によるハンドリングの圧力依存性と時間依存性に関する実験的検証

5.1 目的

本章では、フレッシュモルタルの降伏値には圧力依存性があることに着目し、高性能 AE 減水剤によってコンシステンシーを調整したモルタル供試体に圧力を加えた場合、ベーンせん断試験で得られる測定値がどのように変動するのかを実験的に検証した。

5.2 実験概要

使用材料およびモルタルの調合は、表-4 および表-5 と同様である。二種類の高性能 AE 減水剤を用いて、ハンドリングの異なるモルタル供試体を作成した。

(1) 試験項目

表-7 に試験項目を示す。どちらも 20℃環境下において混和剤添加率を調整して実施した。0 打フロー $f_0=200 \pm 10\text{mm}$ に到達したものについては、練上りからの経過時間 60 分に及ぶまで 20 分間隔で経時変化を確認した。

a) モルタルフロー試験およびハンドリングの評価

前章と同様に実施した。ハンドリングの評価は、経時変化試験に供した試料のみを対象とした。

b) 加圧ベーンせん断試験

ベーンせん断試験機は、前章と同様に操作した。図-9 に加圧ベーンせん断試験装置の概要を示す。モルタルフロー試験後の試料を一定回数攪拌してからアクリル製の箱(容量：1.28ℓ)の上部口より充填した。箱はジャッキで押されてローラー上を平行移動し、充填モルタルは加圧盤によって水平方向に載荷される。水平荷重は圧縮応力値で $P=10\text{kPa}, 25\text{kPa}, 50\text{kPa}$ の 3 水準とし、1 試料当たりの加圧力は 1 水準のみとした。本実験は、モルタルの練上りおよび所定の経過時間から 4 分後に実施した。ベーンせん断試験機で得た最大トルク値 $M_{\max}$ を既述の式(1)に代入し、最大せん断応力 τ_v を算出した。

5.3 実験結果および考察

(1) 圧力依存性

図-10 にモルタルフロー試験で得られた 0 打フロー f_0 と加圧ベーンせん断試験で得られた最大せん断応力 τ_v の関係を示す。比較の対象として、図-6 の f_0 と τ_v の関係を加圧力 0kPa 時のデータとして載せる。 f_0 が小さくなるにつれて τ_v は増加する傾向にあり、加圧力が増加するに伴い τ_v の値は増加する傾向にあった。この傾向は $W/C=30\%$ の方が著しく、図-3 の結果を参照すると、ハンドリングの評価で扱いにくいとされた AD-B の方が顕著であった。一般に、分散ポリマーの吸着によるセメント粒子の分散機構は立体障害効果により説明され、ポリマーが粒子表面に吸着構造を形成し、粒子を層状に被覆して粒子の分散は安定化する。但し、ポリマーの側鎖長によって吸着構造の形態や吸着層の厚さが異なり、構造が複雑で層が

厚いものほど発現する粘性抵抗は増加することが、ベーンせん断試験およびハンドリングの評価結果から類推された。また、モルタルを加圧することで固相の接触部の有効応力が増大し、内部摩擦が顕在化して τ_v は増加した。本実験では、単位セメント量の多い $W/C=30\%$ の方が同一 f_0 における τ_v は概ね大きな値となり、細骨材粒子に比べて粒径の小さいセメント粒子の方が粘着性が高く、せん断応力の圧力依存性が高くなることが示唆された。

(2) 経時変化(時間依存性)

図-11 に 0 打フロー f_0 およびハンドリング評価の平均値の経時変化を示す。加圧前の試料は、経過時間の増加に伴い f_0 は減少する傾向を示し、 $W/C=30\%$ では AD-A、 $W/C=45\%$ では AD-B の方が分散保持性に優れる結果とな

表-7 試験項目

順序	試験項目	規格・概要
1	モルタルフロー試験およびハンドリングの評価	JIS R 5210:2015 準拠 0 打フローを測定し、さじを用いてモルタル供試体を攪拌する際に感じられた印象を評価。
2	加圧ベーンせん断試験	加圧ベーンせん断試験装置を用いて、モルタル供試体の最大トルク値を測定。

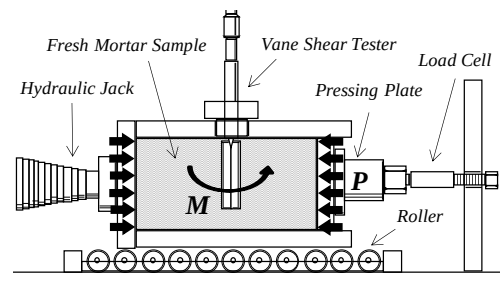


図-9 加圧ベーンせん断試験装置

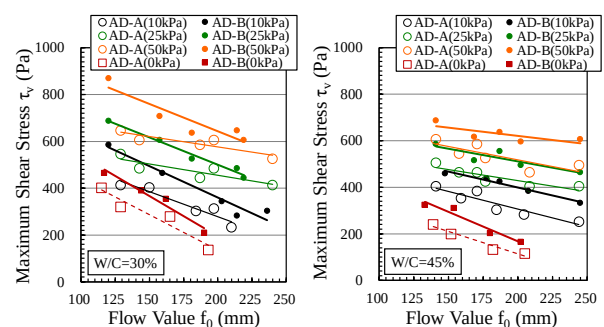


図-10 0 打フローと最大せん断応力の関係

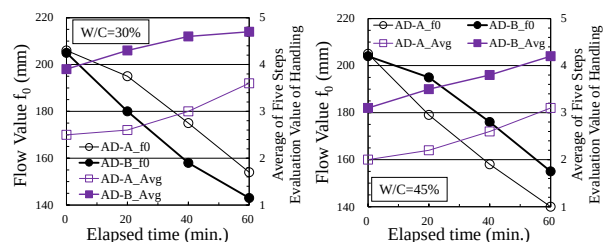


図-11 経過時間と0打フローおよびハンドリング評価の平均値の関係

った。一方、ハンドリングの評価は経時的に扱いにくくなる傾向を示し、 $W/C=45\%$ よりも $W/C=30\%$ 、AD-A よりも AD-B の方が 5 段階評価の平均値は高くなった。

図-12 に加圧ベーンせん断試験で得られた最大せん断応力 τ_v の経時変化を示す。どの水準も練上りからの時間の経過に伴って τ_v は増加する傾向を示した。また、加圧力が大きくなるにつれて τ_v の初期値が大きくなり、 τ_v の経時的な増加傾向は増進した。 τ_v の経時的増加は、図-11 のハンドリング評価の経時変化と概ね合致した。

図-10 および図-12 から 0 打フロー f_0 と最大せん断応力 τ_v の関係について図-13 のように整理し、 f_0 と τ_v の関係に及ぼす経時変化の影響について考察する。点線は図-10 に示した練上り直後の試料における f_0 と τ_v の関係から導いた回帰直線であるが、実線で示した f_0 と τ_v の経時変化の履歴は、概ね経時 40 分以降、上側に外れた。この傾向は、 $W/C=30\%$ の AD-B において最も顕著であった。モルタルやコンクリートの流動特性をレオロジーの観点で評価する場合、一般的にはセメントの水和反応による物理的性質変化は考慮しないが、ある水和時間から回帰直線を離脱する本現象は、セメントの水和半径の増加および水和生成物の析出に伴う摩擦力の発生を考慮する必要性を示唆している。また、圧力環境下では水和の進行による流動抵抗の増幅は飛躍的なものとなり、ハンドリングで感じられる見かけの粘性が高いフレッシュコンクリートほど、注水後の時間の経過に伴って圧送負荷が著しく増加する可能性が示唆された。

5. まとめ

本論文では、フレッシュコンクリートの状態や扱いやすさの印象(ハンドリング)を定量的に評価することを目的として、ベーンせん断試験による検討を試みた。本実験の範囲で得られた主な知見を以下に示す。

- (1) 高性能 AE 減水剤を構成するポリマーが異なる場合、フレッシュコンクリートのハンドリングは変化し、単位セメント量が多く、目標スランプフローの大きい調合ほど、ハンドリングに及ぼす影響は大きい。
- (2) ベーンせん断試験はフレッシュモルタルの見かけの粘性に対する感度が高く、測定値から算出した最大せん断応力は、ハンドリングの評価で扱いにくいとされたものほど大きな値を示した。
- (3) ベーンせん断試験によって、モルタルフロー試験を始めとするコンシステンシー試験では判別できないフレッシュモルタルの状態やハンドリングの違いを最大せん断応力の数値で評価できる可能性がある。
- (4) ベーンせん断試験で得られるモルタルの最大せん断応力は、試料が降伏した後の塑性粘度による増分を

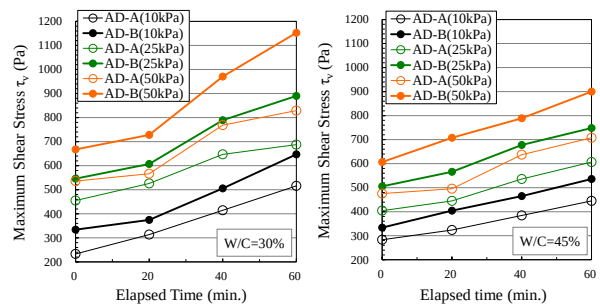


図-12 経過時間と最大せん断応力の関係

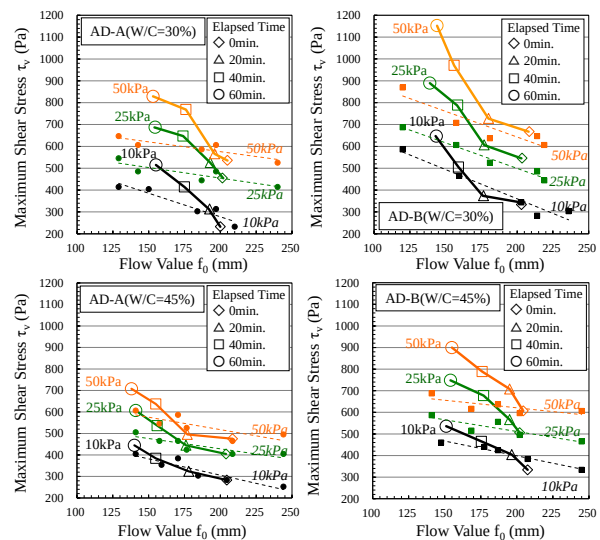


図-13 0 打フローと最大せん断応力の関係に及ぼす練上りからの経時変化の影響

加味したせん断抵抗であると考えられる。

- (5) ベーンせん断試験によりフレッシュモルタルのせん断応力の圧力依存性と時間依存性を評価できる可能性が示唆され、これらはポリマーの吸着層や固相の内部摩擦の増加、セメントの水和の進行に起因して変化することが示唆された。

謝辞

論文の作成に当たり、琉球大学の山田義智教授、三重大学の三島直生准教授より貴重なご意見をいただいたことを深謝致します。

参考文献

- 1) 森博嗣, 谷川恭雄: フレッシュコンクリートの各種コンシステンシー試験方法に関するレオロジーの考察, 日本建築学会構造系論文報告集, No.377, pp.768-776, 1987.7
- 2) 柴田徹: 粘土のベーンせん断強度に関する研究, 土木学会論文集, No.138, pp.39-48, 1967.2