

論文
 [1058] フレッシュコンクリートのせん断型試験による
 レオロジー評価

正会員 ○ 加藤 清 志 (防衛大学校)
 正会員 南 和 孝 (同上)
 北川 真 (同上)

1. まえがき

フレッシュコンクリートの適正な配合を決定したり、ワーカビリティの定量的な評価により適切な施工方法の基準を確立するには、コンクリートそのものの物性を正しく評価する必要があります。このような観点から、フレッシュコンクリートのレオロジーの性質に着目し、物理科学的に回転粘度計的装置等を使用するなど、かなり大がかりで実用性あるいは現場向けには、さらに一工夫が必要である。

本研究は、簡易なせん断箱によりフレッシュコンクリートそのものを直接的にせん断するので、固有特性値としての降伏値と塑性粘度とを求めた点に特色がある。

2. せん断型レオロジー量測定装置の開発

フレッシュコンクリートの直接せん断箱、変位計、鉛散弾投入器・同受け、載荷重量検出ロードセル、X-Yレコーダー等を図-1に、また、一面せん断箱の立面図・平面図を図-2に示す。

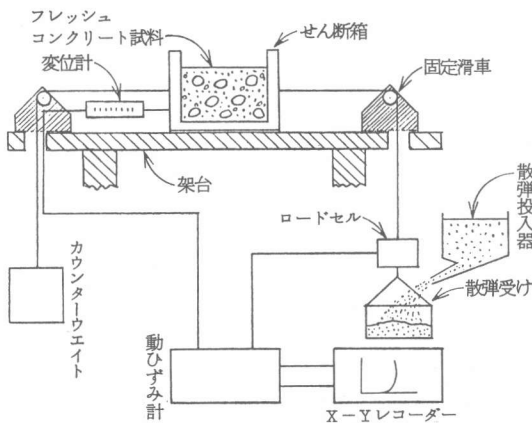


図-1 レオロジー量測定装置のブロックダイアグラム

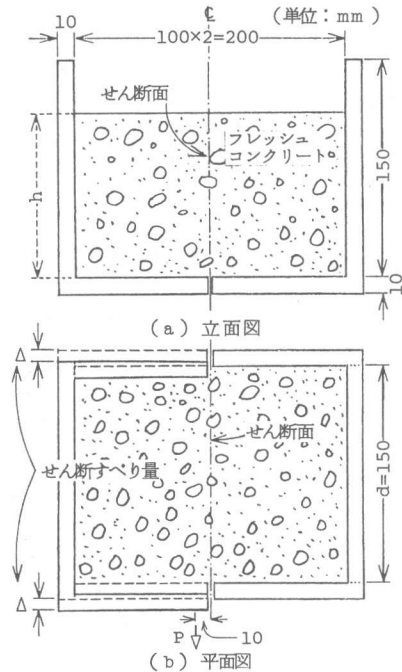


図-2 フレッシュコンクリートせん断箱

せん断力はせん断面から10mm 偏心しているが、移動せん断箱（ラワン材製）をガイドにより安定的にスライドさせる構造にした。

3. 実験目的と配合

3.1 実験目的 本研究の目的は従来の測定法の複雑さを除外した簡易測定方法としての直接せん断試験法の有効性と、本法により求めたレオロジー量とスランプ値、フロー値、配合（とくに、 σ/a ）、強度等との関係について基礎的に検討する。

3.2 配合 細骨材は山砂、粗骨材は最大寸法 15mm で水洗い後のものを使用した。練りませには強制練りミキサを使用し、注水後3分で十分練りませた。セメントは普通ポ

ルトランドセメントで、とくに、A Ⅲ 剤は使用せずプレーンの形で練りあげた。また、コンクリート温度は 16 ~ 20 °C であった。

コンクリートの配合は、今回の実験では水セメント比を 55 % に焦点を絞り、とくに粗骨材のインターロッキング効果の検出を目的に、シリーズ I として細骨材率を 44 % に固定し、セメント量の多少による粘性効果の検証をねらった場合を表-1 に示す。また、シリーズ II として、単位水量とセメント量を固定し、細骨材の多少による最適細骨材率の決定の可能性を検証しようとした場合を表-2 に示す。

コンクリートのマトリックスとしてのモルタルの性状を把握するために、フロー値を 200 ± 20 に固定し、細骨材とセメントとの重量比 (S/C) を変化させた場合のレオロジー特性の検出をねらい、表-3 の配合を用いた。

表-1 シリーズ I : コンクリートの配合表

分類番号	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kgf/m ³)			
			水	セメント	細骨材	粗骨材
I-1	55	44	287	522	626	796
I-2	55	44	252	459	689	876
I-3	55	44	225	410	737	939
I-4	55	44	210	382	765	973

表-2 シリーズ II : コンクリートの配合表

分類番号	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kgf/m ³)			
			水	セメント	細骨材	粗骨材
II-1	55	32	225	410	536	1140
II-2	55	38	225	410	636	1039
II-3	55	44	225	410	737	939
II-4	55	50	225	410	838	838
II-5	55	56	225	410	939	737

表-3 モルタルの配合表

4. 実験結果と考察	分類番号	水セメント比 (%)	細骨材/セメント S/C	単位量 (kgf/m ³)		
				水	セメント	細骨材
4.1 全般有効せん断面を支配する試料深さ h (図-2 参照) については、ロードセル能	M-1	37.0	1.0	200	541	541
	M-2	42.0	1.5	168	401	600
	M-3	55.0	2.0	174	316	632
	M-4	77.7	3.0	171	221	662

力 (10 kgf) と各種の配合 (とくに、粗骨材量) との関係から、試行錯誤的に h = 30 mm を採用した。また、せん断すべり (Δ) の生起に伴う有効せん断面の減少は 塑性流

動が開始するせん断ひずみ ($\gamma = \Delta/d$) が約 1%, $\Delta = 1.5$ mm 程度では せん断応力度に 1% 程度より影響度がなく, 実用上無視できるので原断面積によった。

測定は, 試料充てんや測定機のチェック等のため, 練りませ終了後, 約 10 分後に開始した。実験回数は 各配合につき 3 回ずつとした。

せん断応力-ひずみレオロジー特性曲線には, 図-3(a)・(b)・(c) に示すように, 3 種のパターンが認められた。降伏値 τ_f は, せん断応力軸から分岐する点とした。塑性粘度

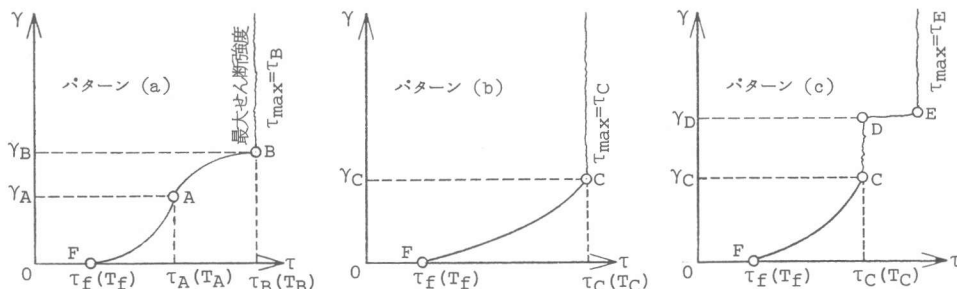


図-3 3種のせん断応力-ひずみ曲線のパターン

η_p は, パターン (a) では FA と FB との平均値とし, パターン (b) では FC から, パターン (c) では CD 間に比較的大きな塑性流動が進行したあとに, 粗骨材のインターロッキング作用による加工硬化の現象が出現するが, これはフローの一過程と考えられるので, パターン (b) の評価方法によった。塑性粘度の計算にはせん断ひずみ速度 ($\dot{\gamma}$) を必要とするが, せん断応力 (τ) - 時間 (T)

較正曲線 $T = 0.43\tau - 0.8 \dots \dots \textcircled{1}$

を用い, $\dot{\gamma}_A = \gamma_A / (T_A - T_f)$,

$$\eta_{p,A} = (\tau_A - \tau_f) / \dot{\gamma}_A \quad \&$$

$$\dot{\gamma}_B = \gamma_B / (T_B - T_A),$$

$$\eta_{p,B} = (\tau_B - \tau_A) / \dot{\gamma}_B \dots \dots \textcircled{2}$$

として, 平均的評価値を算出した。

4.2 セメント量とレオロジー量との関係 表-1 に示した配合のフレッシュコンクリートの特性値を図-4 に示す。

水セメント比 55%, 細骨材率 44% の場合, 単位セメント量の増大すなわち単位水量の増大とともにスランプはほぼ直線的に単調増大する。スランプはコンクリートの变形特性値であるが, 施工性の観点からは降伏値や塑性粘度で評価されるものである。塑性粘度や降伏値, 最大せん断強度等により, 流動上, 最適なセメント量が与えられることがわかり, 図-4 では

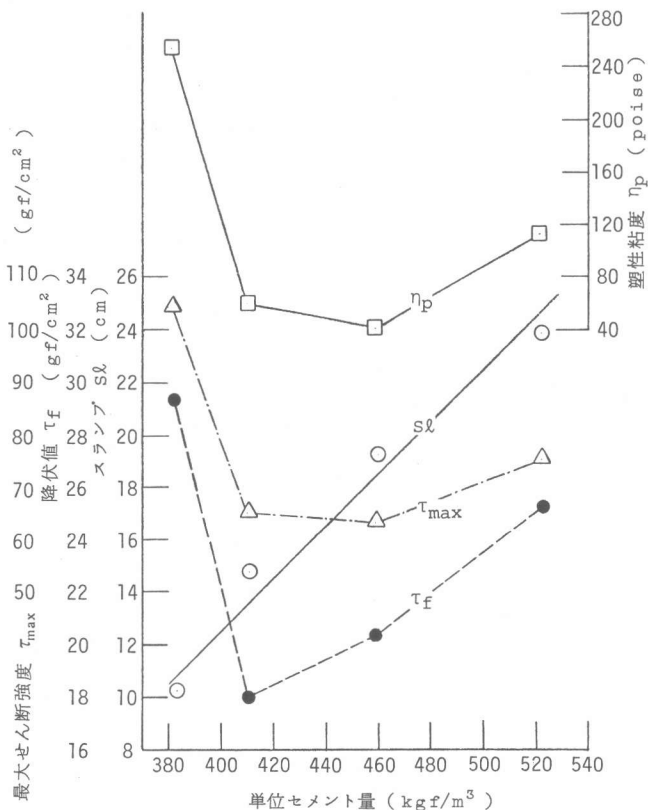


図-4 セメント量とレオロジー量との関係

約 440 kgf/m^3 といえる。なお、降伏値の絶対値は他の文献¹⁾の値よりオーダーが1つ上であり、本法ではダイレクトにフレッシュコンクリートをせん断するので、構造組織をよく反映していると言える。

4.3 練り置き時間とレオロジー量との関係 表-1に示した配合別の経過時間とレオロジー量との関係を示す。いずれの場合も降伏値、塑性粘度とも時間経過とともに増大する傾向がある。とくに、前項の最適セメント量ではその変動が緩慢で施工上有利である。

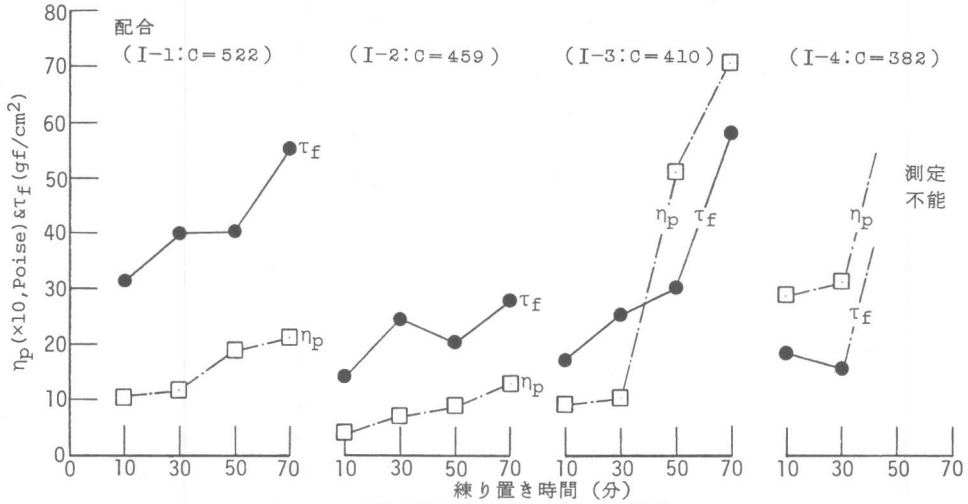


図-5 経過時間とレオロジー量との関係

4.4 最適細骨材率とレオロジー量との関係 表-2に示す配合で、細骨材率の変化に伴うスランプ、降伏値、塑性粘度との関係を図-6に示す。降伏値、スランプは単調な増減挙動を示すのに反し、フレッシュコンクリートの流動性状を支配する塑性粘度は本法によっても¹⁾極小値を的確に与えていることがわかる。

4.5 内部仕事量と塑性粘度との関係 せん断応力-ひずみ曲線で、5% (7.5mm)のせん断変形になされた内的仕事量(W)と塑性粘度との関係を図-7に示す。

$\eta_p > 60 \text{ poise}$ でWが急増することから、振動機の特選上での指針となりうるものとする。

4.6 モルタルのレオロジー量 降伏値はコンクリートと大差ないが、塑性粘度はオーダーが1つ下である。この事実は粗骨材のインターロック作用に大きく依存していることを意味する。

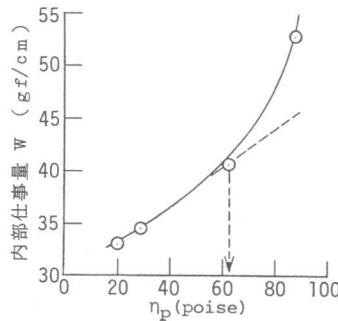


図-7 内部仕事量と塑性粘度

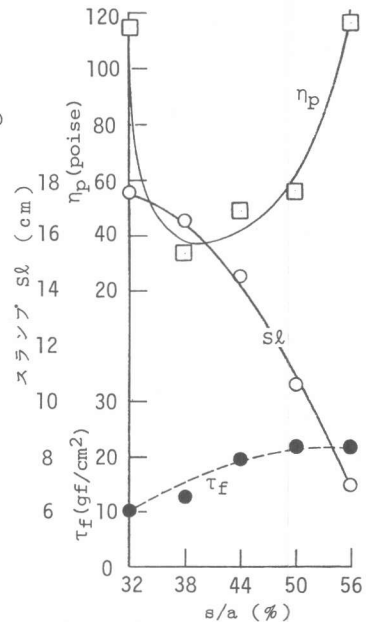


図-6 最適細骨材と物性値

5. むすび 新しく開発したせん断型レオロジー測定器はフレッシュコンクリートの物性評価にきわめて有効である。

<参考文献> 1) 菊川浩治：フレッシュコンクリートの粘度式とその適用に関する研究，学位論文，昭62.12.