

運・港湾技術研究所 正 横田 弘
 東京工業大学 正 長滝重義
 (株) 興村組 松田 敦夫

1. まえがき

所要の品質を有し、均等質なコンクリートを得るためには、フレッシュコンクリートの性質を定量的に表現することが必要である。本研究では、コンクリートをセメントモルタルと粗骨材の二相材料であるとし、コンクリートのワーカビリティに影響を及ぼす各種構成材料と施工の条件とを考慮して、振動下でのフレッシュコンクリートの流動特性を、レオロジック的手法を用いて、広範囲な配合の下で検討したものであり、特に、粗骨材の性質に着目して考察したものである。

2. 実験概要

セメントは、普通ポルトランドセメント(比重3.16, フレーン値 $3110 \text{ g}^3/\text{cm}^3$), 細骨材は富士川産川砂(比重2.62)を $F/M = 3.04$ に粒度調整したものをを用いた。粗骨材は、表1に示す4種類のものを用い、その各種骨材の粒度分布は図1, 2に示す6種類のものを使用した。なお、文中では、表1および図1, 2に示す略号を使用した。

配合は、 $W/C = 40, 45, 50\%$, 砂セメント比($\%$) = 2.0 のモルタルに、体積濃度(V_g) 0.2, 0.3, 0.4 (m^3/m^3) の粗骨材を混入したものである。

コンクリートの練り混ぜは、強制練りミキサーで行ない、練り上がり温度は、 $18 \pm 2^\circ\text{C}$ となるようにした。

レオロジー定数の測定は、その概略を図3に示すような、球落下式粘度計を用いた。球が流体中をゆっくり落下する場合の Stokes の方程式を Bingham 流体であるとして解析したもので、 $\dot{\gamma} = \frac{3V}{4\tau}$, $\tau = \frac{F}{4\pi r^2}$ (V : 球の落下速度, r : 球の半径, F : 球に作用する力の総和) の2式でせん断速度とせん断応力を求めた。なお、振動条件は、3000rpm, 振幅0.6mm である。また、スランプも同時に測定し、全測定を練り上がり後15分で終了するようにした。

3. 実験結果

振動下でのフレッシュコンクリートの流動曲線は、静的なものに比べて、みかけの降伏値、塑性粘性係数は低下すると言われている。本研究においても、そのような傾向は見られているが、降伏値は、流動を開始するせん断応力を示す値であるため、振動という応力履歴を既に受けている場合の意味は明確でない。従って、本研究では、ポンプ施工の場合、数々の実験結果から計算をした結果、コンクリートの受けるせん断応力が $2 \sim 5 \text{ g/cm}^2$ 程度となることから、この値に対応するせん断速度で、コンクリートの流動性が把握できると考え、流動曲線そのものについての考察を行なった。水セメント比が変化した場合、水

表1 実験で用いた粗骨材

略号	粗骨材	形状	表乾比重	最大寸法	成分
C	砕石	△	2.64	15, 20 ^{mm}	
R	川砂利	○	2.65	15, 20	
L	軽量骨材	○	1.29	15	(ピルトン)
H	重量骨材	△	4.75	20	炭鉄鉱

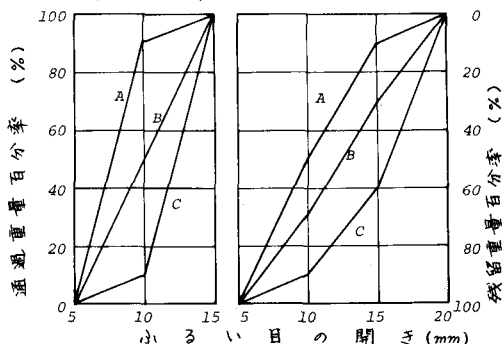


図1, 2 粗骨材の粒度分布

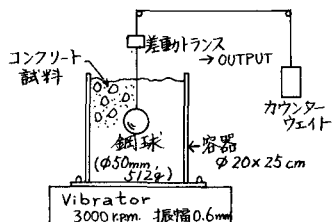


図3 球落下式粘度計の概要

セメント比が大きくなるにつれて、同一の γ に対する γ は大きくなって来るが、その程度は用いる粗骨材によって異なる。図4は、同一モルタル下で、粗骨材体積濃度が異なる場合の流動曲線を示している。粗骨材が多く混入されると、 γ は減少してくるが、Cではこの傾向が著しいが、Rでは $V_g=0.3$ と 0.4 でその傾向が逆転しており、骨材の形状が流動性に大きく影響を及ぼすと言える。図5は粗骨材の粒度分布が異なる場合の流動曲線を示している。従来、粗骨材の粒度分布が流動特性に及ぼす影響の程度は十分把握されていないが、大きな粒径の粗骨材が増すと、流動性は良くなり、最大寸法の相違を考慮すると、粗骨材の個数、表面積が流動性に大きな影響を及ぼすと言える。また、図6は粗骨材の比重が異なる場合の流動曲線を示している。ほぼ同じ形状の2組の粗骨材を混入したコンクリートを比較すると、比重は流動性には、あまり大きな影響を及ぼさないと考えられ、形状や粒径の方がより大きく流動性に影響を及ぼすと言える。

コンクリート中の粗骨材とその空隙を埋めるモルタルに対して余剰分となったモルタル(余剰モルタル)が存在し、この余剰モルタルがコンクリートの流動特性を支配すると考えられる。特に、この余剰モルタル中の水量(余剰水量)とスランプ値との関係を示したものが図7である。スランプは同一粗骨材濃度について見ると、スランプは余剰水量によって決定される。即ち、スランプは余剰モルタルの性質に依存していると言える。図8は $\gamma=3\%$ の γ と余剰モルタル量との関係を示したもので、余剰モルタル量が 500g/m^3 程度以上になると、モルタルの性質でコンクリートの流動特性は決まらず、また、通

常の配合では 500g/m^3 以下となる場合がほとんどである。従って、スランプでは十分に流動性を把握できず、前述のように、流動性に大きな影響を及ぼす粗骨材の性質を総合的に表わす指標が必要となる。特に、比較的簡単に得られる個数と形状係数の積を修正粗骨材個数(A値)とし、A値と γ の関係を示したものが図9である。形状係数には実積率を用い、球の最密充填の実積率67%との差を形状係数とした。比較的よく流動性を表現できるようになり、このような指標で粗骨材の総合的性質を表わすことで可能となる。

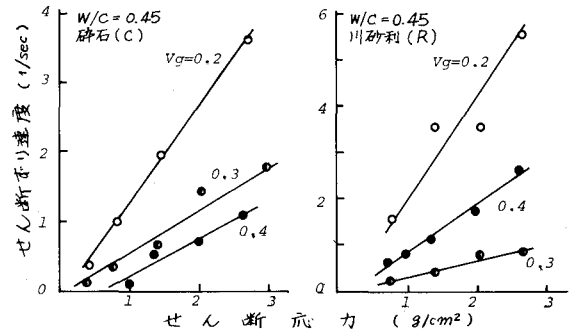


図4 粗骨材体積濃度が流動曲線に及ぼす影響

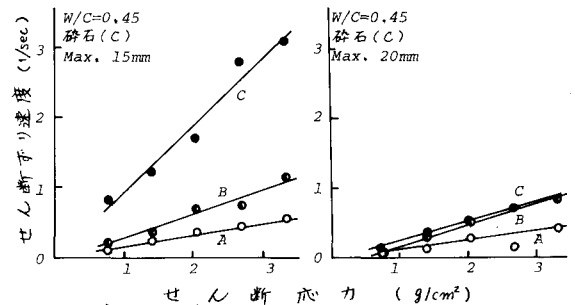


図5 粒度分布が流動曲線に及ぼす影響

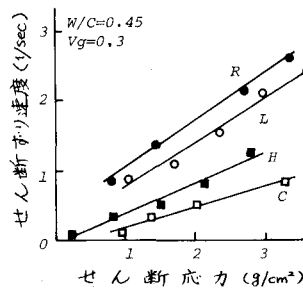


図6 粗骨材の比重が流動曲線に及ぼす影響

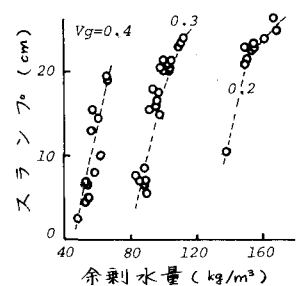


図7 余剰水量とスランプの関係

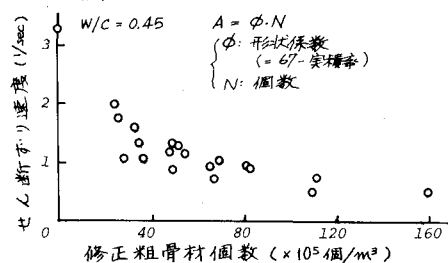


図9 修正粗骨材個数(A値)と γ の関係

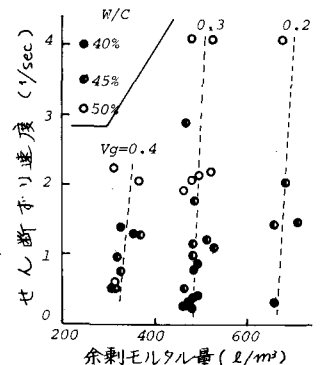


図8 余剰モルタル量と γ の関係