

V-81 フレッシュモルタルのレオロジー定数に関する実験

京都大学 正員 岡田 清

学生員 ○水口 裕 一

1. まえがき

フレッシュコンクリートのワーカビリティを測定し表現するには種々の方法があるが、物理的な意味を持ったコンクリートの性質を測定して、それによってワーカビリティを表現しているものはないようであり、ワーカビリティをより正確に表わすためには、これらの性質を測定する必要があると考えられる。フレッシュコンクリートは、そのコンシステンシーによって塑粘性体あるいは粘弾性体とみなすことができると思われる。

粘弾性体と仮定できるようなフレッシュコンクリートのレオロジー定数のうちワーカビリティに密接な関係があると考えられる見掛けの粘性率（以下粘性率という）を求めるには、回転粘度計、毛細管粘度計、波動の減衰などを用いる方法があるが、回転粘度計を用いた場合には、その寸法効果、境界層の形成などの影響⁽¹⁾、毛細管粘度計などをコンクリートに適用するには実用上困難があるなど、正確な値を求めることは難しいと考えられる。そこで、本実験はコンクリートにも適用できると考えられる波動の減衰より粘性率を求める方法を検討するため、フレッシュモルタルを用いて調べたものである。

2. 実験の概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用い、細骨材としては豊浦産の標準砂（比重=2.63）を使用した。モルタルの配合は、水セメント比を80, 70, 60および50%にえ、細骨材の容積比は40%にしたものを用いた。練り混ぜは、30ℓ練りのアイリッヒ型ミキサを使用し、6分練りを1分間行ない、注水後3分間練り混ぜた。

波動の減衰の測定には、図-1に示すような装置を用いた。ピックアップは、図-1に見られるように銅板に半導体ゲージ（KSN-2-E4-11）を貼付したものを使用し、波動を与えてその第1波の各ピックアップに到達する時間差およびμずみとデュアルビームシンクロスコープで測定した。波動は縦波と横波を用い、縦波としては弱い衝撃波を使用し、横波はモルタル中の鉄板を上方に引き上げて発生させた。各点の振幅はμずみより計算で求め、各試料の測定は、注水後8-12分の

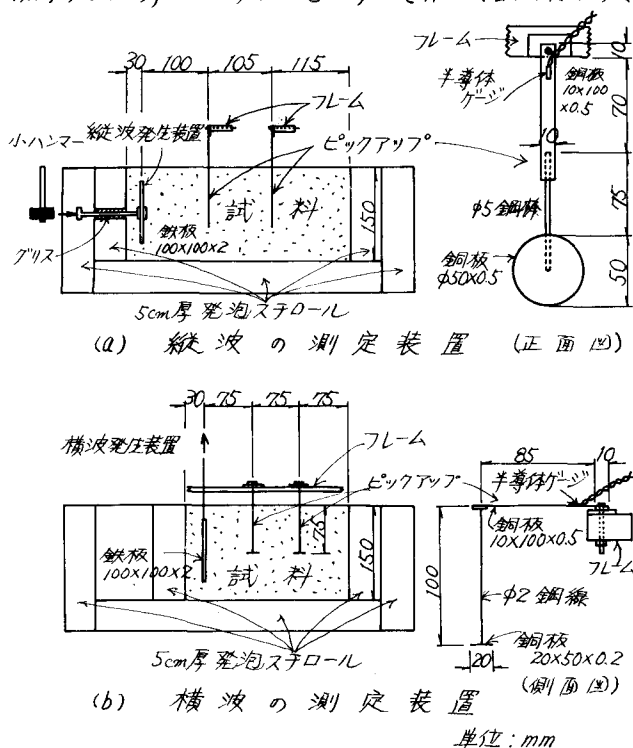


図-1 型わくおよびピックアップ

の間とし、試料の温度は22.5℃前後とした。

3. 実験結果および考察

前節で述べたように、縦波と横波の減衰について測定したが、横波の場合については、測定装置に何らかの欠陥があったと考えられ測定することができなかったため、以下縦波の場合について述べる。

フレッシュモルタルを大きい等方性粘弾性体と仮定し、平面波が作用するとすると、この粘弾性体中の波動は粘性によって減衰する。このとき波動の減衰はニュートンの内部摩擦により生ずると考えると、その振幅は場所とともに指数関数的に減少する。また、波動が位周波の場合には、体積変化に対する抵抗すなわち体積粘性のため生ずる減衰は無視することができ、波動の減衰はせん断粘性のみによって生ずることになる。この場合の粘弾性体中の波動方程式は、

$$(K + \frac{4}{3}G) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{4}{3}\eta \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad \dots\dots\dots (1) \quad \text{となり、その解は、}$$

$$u = u_0 \exp\{i(\omega t - k^* x)\} \quad , \quad k^* = k - i\alpha \quad \dots\dots\dots (2) \quad \text{とおける。ただし、}$$

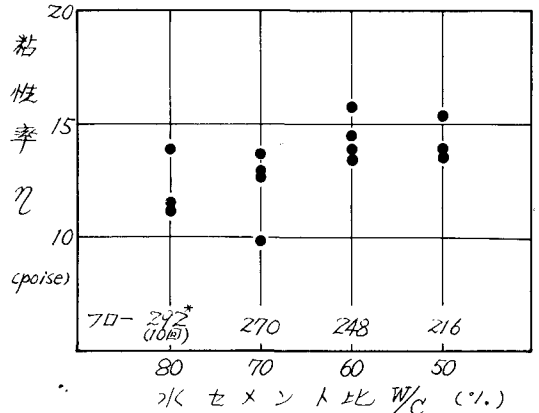
K; 体積弾性係数, G; せん断弾性係数, η ; (せん断) 粘性率, ρ ; 密度, u ; 変位(振幅), x ; 波動の進行方向の距離, t ; 時間, ω ; 角周波数, k ; $\frac{\omega}{v}$, v ; 波速, α ; 減衰定数, u_0 ; 初期条件によって決まる変位(振幅)である。

(2)式を(1)式に代入し、 η と α との関係を求めると、
$$\eta = \frac{3}{2} \frac{\rho \omega^2 v^3 \alpha}{(\omega^2 + v^2 \alpha^2)^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$
 となり、 α は距離 l (cm) 離れた2点のそれぞれの振幅を u_1 および u_2 とすると、 $\alpha = \frac{\log \frac{u_1}{u_2}}{l}$ であるが、実験より u_1 , u_2 , l , ω , v および ρ が測定できるので、(3)式を用いて粘性率 η を求めることができる。本実験の結果は、図-2にみられるように、同一試料についてえられた測定値にかなりのバラツキはあるが、14 poise 前後の値がえられている。また、水セメント比が小さくなるに従って粘性率は大きくなるような結果がえられている。各試料のフローは図-2に示すようなものである。

本実験で用いた衝撃波の振動数は600-1000Hzとなり、測定に困難は生じないが、強さすなわち振幅は、かなりのバラツキがあり測定範囲外になることもあるので、より正確かつ初率よく測定するためには、適当な一定の波動を発生させる装置を用いる必要がある。また、波動発生源より遠い点での振幅は非常に小さく、測定値にかなりの誤差が含まれていることが考えられ現在検討中である。また、ここでは、波動を平面波と仮定し、拡散、型わくとの摩擦などによる影響を無視して粘性率を求めたが、型わくの寸法、形状および材質のなほ影響について今後検討する必要があると考えられる。

以上、本実験のような方法では、前述の問題点があり、改良を必要とする点もあるが、波動の減衰をこのような方法で測定し、それによって粘性率を求めることは可能であるように思われる。

参考文献 (1) 大沢; セメント技術年報, 15(1961) p.147. (2) 伊藤, 神戸; レオロジー (1959) みすず書房。



* 落下数 10 回のときの値である。

図-2 フレッシュモルタルの水セメント比と粘性率との関係 (縦波による)