

明石工業高等専門学校 正員 ○ 角田 忍  
立命館大学 正員 明石外世樹

1. まえがき

フレッシュコンクリートのワーカビリティ、コンシステンシーあるいはアラスタシシーといった物性の尺度はスランプ、フロー値、V.B値といったいわゆる流動性や変形能の相対的な比較として扱われており、量的な定義づけが確立されていない。近年フレッシュな段階におけるこれらの諸物性を高分子化学の分野で盛んに用いられているレオロジー解析をコンクリートに応用して量的に解明しようとした報告が盛んにみられるようになってきた。本研究は、可聴音波領域における音波パルスをフレッシュモルタル内に伝播させその波動性状から音速、周波数、減衰係数を測定し、動的弾性率や動的粘性率がセメントペーストの濃度にどのような影響を及ぼしているのかを考察したものである。

2. 実験装置

フレッシュモルタル中に縦波を伝播させる場合、型枠の材質に何をを用いるかという問題がある。すなわちフレッシュな段階における縦波伝播速度は100 m前後と非常に遅く型枠を伝わったものがモルタル中を伝わったものより速くピックアップに至達する可能性がある。本研究では、図-3に示すように厚さ2cmの不製型枠(15×15×20cm)とし、止め板として厚さ5cmの発泡スチロールを用いた。ピックアップは直径40mm×厚さ15mmの円筒型とし、振動膜は厚さ0.2mmの銅板とし、100KC用の円盤型タン酸バリウム磁器を用いた。(図-2)これは共振子が20KC用であるためピックアップの共振をさけるのに共振点の高いものを用いる必要があるためである。フレッシュコンクリートあるいはモルタルに音波を伝播させる場合、500~3500 Hz程度の周波数が透過しやすく硬化速度によって変化するので、本実験では周波数共振器にPeriodic Oscillator (1Hz~1000 KHz, パルスの数1~5, タイムインターバル装置付)を用いた(図-1)。

3. 実験概要

粘弾性体の動的測定法に波動伝播法があるが可聴音波領域においては縦波伝播法がある。Voigtのモデルを考えた場合

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = E' \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \cdot \partial t^2} \quad (3.1)$$

が与えられるが粘弾性体の場合解は

$$u = A e^{i\omega t} e^{-(\alpha + i\omega c)x} \quad (3.2)$$

これを解いて動的弾性率、動的粘性率は

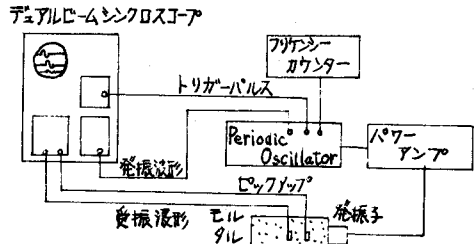


図-1 実験装置 ブロックダイヤグラム

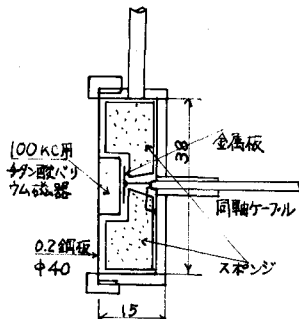


図-2 ピックアップ詳細図

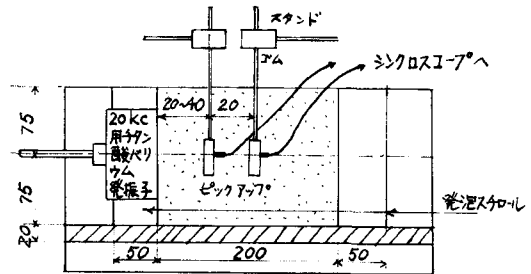


図-3 実験装置図

$$\left. \begin{aligned} E' &= \frac{\rho \omega^2 c^2 (\omega^2 - \alpha^2 c^2)}{(\omega^2 + \alpha^2 c^2)^2} \quad (\text{dyn/cm}^2) \\ \eta' &= \frac{2\rho \alpha c (\omega c)^2}{(\omega^2 + \alpha^2 c^2)^2} \quad (\text{dyn-sec/cm}^2) \\ \tau &= \frac{\eta'}{E'} \quad (\text{sec}) \end{aligned} \right\} (3.3)$$

ここに $\alpha$ は減衰係数、 $c$ は音速、 $\omega = 2\pi f$ で与えられている。音速は伝播時間および伝播距離から求め、振動数はブラウン管の受振波形と発振波形の波長が一致する周波数を探し、フリケンシーカウンターによって求めた。また減衰係数は次式により求めた。

$$\alpha = \frac{\log_e I_1/I_2}{x_2 - x_1} = \frac{2.30 \log_{10} I_1/I_2}{\Delta x} \quad (\text{neper/cm}) \quad (3.4)$$

ここに $I_1, I_2$ は距離 $x_1, x_2$ における音圧減衰係数の測定には共振などをさけるためパルス波を共振させ、発振間隔は前波の影響がなくなるまでタイムインターバルを移動させた。 $\Delta x$ は1~3cmが感度がよいので2cmとした。その他発振周波数は受振波形がくずれないことと波形が最も明瞭であるという条件を満たすものを選んだ(写真-1)。測定開始時間は、音速が10~20分位から増加するので型枠に語てから5分以内に測定することにした。

### 3. 結果および考察

セメントペーストについては、水セメント比を30, 35, 40, 45, 50%の5種類に変化させたが、図-4のようにセメント濃度の増加にともない $\eta'$ は800~9000 dyn-sec/cm<sup>2</sup>まで変化した。 $E'$ は $9.0 \times 10^7 \sim 5.0 \times 10^8$  dyn/cm<sup>2</sup>まで変化した。 $\tau$ は $9.0 \times 10^{-6} \sim 8.0 \times 10^{-5}$  secと速くなる傾向を示している。モルタルは1:2モルタルについて測定し、水セメント比は40, 45, 55, 65, 75%の5種類に変化させた。図-5に示すように $\eta'$ は $2.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^5$  dyn-sec/cm<sup>2</sup>まで増加しているが、 $\%w$ が1.8位から急激に増加する傾向がある。フロー値も同時に測定したがこのあたりから測定が可能である。 $E'$ は $9.0 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^8$  dyn/cm<sup>2</sup>と変化した。この増加の割合は $\eta'$ と同じ傾向にある。モルタルとペーストを比較すると粘性率および弾性率はモルタルの方が大きいといえる。遅延時間は $1.5 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-5}$  secと逆にペーストより増加の割合が少ないといえる。以上の結果よりフレッシュモルタルの諸性質にセメントペーストの濃度が大きく影響しているといえる。今後は細骨材の粒度、粒形、細骨材率、混和材、混和剤、セメントの種類などについて更に検討する必要があるだろう。

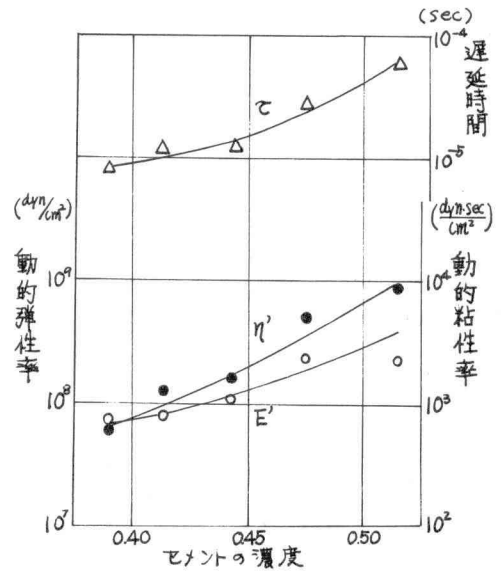


図-4 ペーストの諸係数

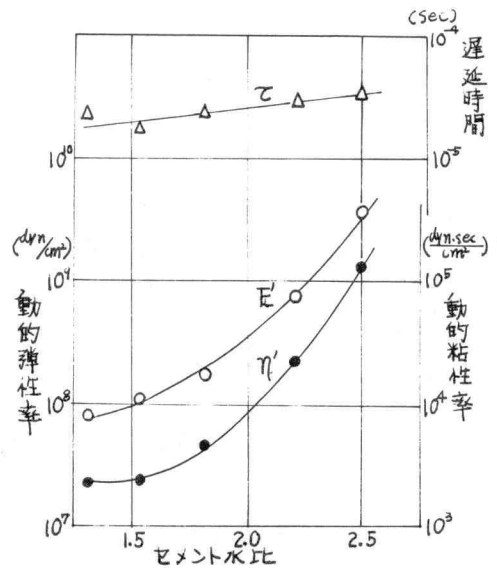


図-5 モルタルの諸係数(C:S=1:2)

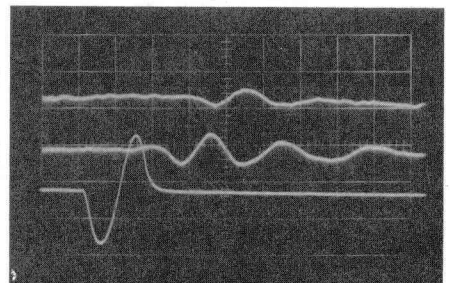


写真-1  
発振波形および受振波形