

東京都立大学

正会員

村田 二郎

"

"

○ 大作 淳

1. まえがき 振動式粘度計はコンクリートの凝結硬化過程および振動を与えた際の液状化による特性値の変化を測定できることなどの特徴をもつ。本文は試験装置について種種検討を行なってこれを試作し、この装置を用いてコンクリートに関する予備実験としてセメントペーストおよびモルタルの周波数特性について検討を行なった。

2. 試験装置の製作 試験装置の概要を図-1に示す。図-1において装置は発振側と受信側に大別される。正弦波パルスは本来図-2(b)に示すようにパルスの発振点と終点が正弦波の0点と同調するようなパルス波が望ましい。

しかしこの方法は回路的に複雑である。したがって本実験ではFree Running Multi Vibratorを用いてスイッチング回路をコントロールしたため図-2(c)に示すような連続波を正弦波の0点と否同調な任意の点で断続してパルス波とした。パルス波の出力はパワーアンプを用いて10Wまで増幅した。音源は振動板を取り付けたスピーカーを用いた。これはチタン酸バリウムを使用した場合の高電圧回路を避けるためである。しかしスピーカーでは測定の適用範囲が狭いものであった。たとえば図-3に示すように音速の経時変化を測定した結果注水後60分までは実測値が計算値に近い値を示したがそれ以降ではしだいに両者の差が大きくなった。これはセメントの水和の進行に伴い動的粘性率および動的弾性率が増加したためスピーカーのムービングコイルが拘束を受けモルタルに十分な振動が与えられなくなったものと思われた。

受信側は第1および第2 ピックアップ、増幅器ならびにシンクロスコープによって構成した。ピックアップは水晶圧電型のものを用いた。また音圧の感知は図-4に示すようにφ3mmの金属棒を取り付けそれを試料に差しこみ行なった。音圧の感知方法についてはφ3mmの金属棒と0.5×10mmの銅板との2種類について実験的に検討した。結果を表-1に示す。表-1に示すように銅板の場合の減衰率は金属棒の約2倍であった。これは幅10mmの板によって第2ピックアップへの音波の透過に障害を与えたためと思われる。したがって動的粘性率と動的弾性率の測定結果に影響を及ぼすためφ3mmの金属棒を採用した。ピックアップの固定方法は図-4に示すようにスタンドを使用し防振のためピックアップとアームの間に発泡スチロールを入れ更にスタンドの下にスポンジを敷いた。また音源からの距離は現状の装置の能力から5cm以内とした。

ピックアップの出力電圧は非常に微弱であるため増幅率約1000倍の増幅器を使用した。増幅率は頭初100倍で計画した。これは連続波と水に透過した場合十分な波形観測ができたためである。しかしパルス波と水フライアッシュ比30%のフライアッシュペーストに透過した場合水に比べ減衰が著しくまったく波形が観測されなかった。そこで増幅率を1000倍に上げることによって観測が可能となった。またピックアップのインピーダンスは1000MΩ程度であるためFET入力のOPアンプ

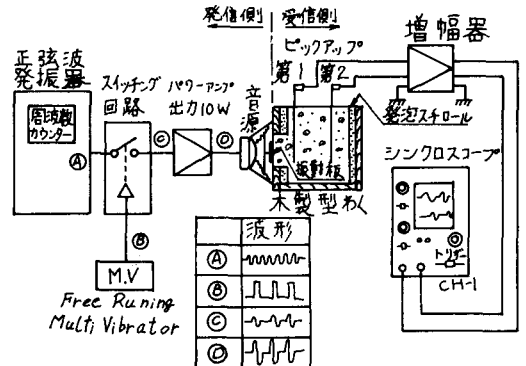


図-1 試作装置の概要

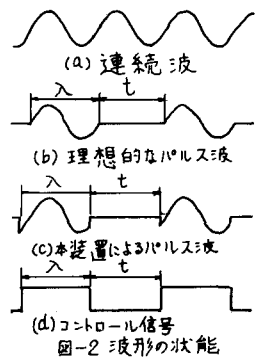


図-2 波形の性能

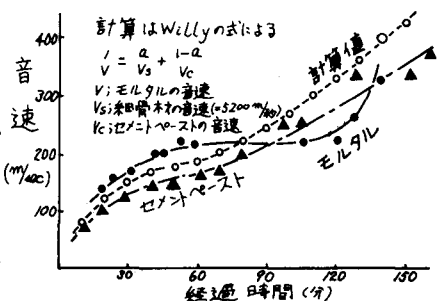


図-3 音速の経時変化

ピックアップの出力電圧は非常に微弱であるため増幅率約1000倍の増幅器を使用した。増幅率は頭初100倍で計画した。これは連続波と水に透過した場合十分な波形観測ができたためである。しかしパルス波と水フライアッシュ比30%のフライアッシュペーストに透過した場合水に比べ減衰が著しくまったく波形が観測されなかった。そこで増幅率を1000倍に上げることによって観測が可能となった。またピックアップのインピーダンスは1000MΩ程度であるためFET入力のOPアンプ

LF-356を用いて $1 \times 10^6 \text{ M}\Omega$ 程度の高入力インピーダンスとした。波形観測の際ニキフスコープのトリガー周期は音源に近い方のピックアップの出力を同期信号とした。型枠は角田氏の装置を参考に内部の側面における音波の反射や外部からの振動を防止するため内部に発泡スチロールを張り付けた木製のものを用いた。

3.試験方法 試料を練り混ぜ直後次の手順に従い測定を行なった。単位容積質量を測定すると同時に試料中の気泡を十分追い出す様に注意しながら型枠に詰めピックアップを所定の位置に固定したのちピックアップ間の距離を正しく測定し伝播距離とした。伝播時間および減衰率はニキフスコープの管面より求めた。この際パルスの立ち上がりが不鮮明にならない程度にニキフスコープの掃引時間軸レンジを調節した。測定に使用する周波数は500~3500Hzの範囲とした。周波数は正弦波発振器の周波数カウンタより求めた。

試料を細長い棒状の粘弾性体と仮定すれば縦波伝播における振動を表わす運動方程式は次のようである。

$$G' = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \eta' \frac{\partial^3 u}{\partial t \partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

また正弦的な音圧が粘弾性体に加わった際の微小部分の変位 u を表わす式は次のようである。

$$u = u_0 e^{i\omega t} \cdot e^{-(\alpha + i\omega/c)x} \quad (2)$$

(2)式を(1)式に代入し実数部と虚数部に分けて整理し動的粘性率 η' および動的弾性率 G' を求める式は次式で示される。また遅延時間 τ は動的粘性率と動的弾性率との比で表わされ次式で示される。

$$\eta' = \frac{2\rho\alpha C(\omega C)^2}{(\omega^2 + \alpha^2 C^2)^2} \quad (3) \quad G' = \frac{\rho C^2 \omega^2 (\omega^2 - \alpha^2 C^2)}{(\omega^2 + \alpha^2 C^2)^2} \quad (4) \quad \tau = \frac{\eta'}{G'} \quad (5)$$

ここに C :縦波伝播速度 ω :角速度 ρ :単位容積質量 α :音圧の減衰率(= $\log_e I_1/I_2 / 4x$)

4.周波数特性に関する試験結果および考察 測定結果の一例として水セメント比30%のセメントペーストに関する実験結果を図-5に示す。図-5において動的粘性率は約38~3Biseに変化し周波数の増加に伴い小となった。動的弾性率は約80~200kg/cm²に変化し周波数の増加に伴い大となっている。このことから低い周波数では流体的な性状を示し高い周波数では個体的な性状を示すことが推測できる。遅延時間の測定結果を図-6に示す図-6において遅延時間は周波数が高くなるに伴い減少傾向を示し約500~1500Hzまでは急激に低下しそれ以降は緩慢な低下を示している。

5.あとがき 現状の装置で経時変化を測定しようとした場合たとえばモルタルでは60分程度までである。これは音源にチタン酸バリウムを使用することによって改善されると思われる。チタン酸バリウムを使用する場合は図-2(b)に示すようなパルス波とする必要がある。これはチタン酸バリウムに高圧を印加するので昇圧の際の波形の乱れを防ぐためである。

参考文献 角田・明石「パルス波によるフレッシュモルタル

の物性測定に関する一実験例」第29回学術年次講演概要集 1973年

実験の種類	音圧測定値		測定距離	減衰率(α)
	第1	第2		
$\phi 4 \text{ mm}$	1.9	0.7	3.2	0.136
$0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$	4.1	0.7	(cm)	0.240

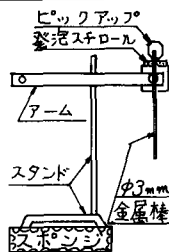


図-4 ピックアップの固定方法

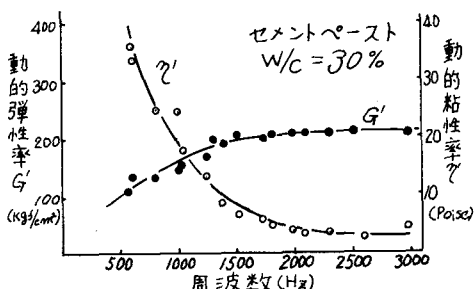


図-5 動的粘性率および動的弾性率の周波数特性曲線系

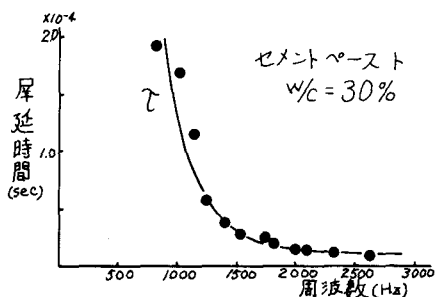


図-6 遅延時間の周波数特性曲線