

1. まえがき コンクリートが複合材料によって構成されているため、練混ぜ時における諸性質をレオロジー的に解明しようとする測定方法や研究者によって得られる結果が異なり、決め手を欠くのが現状である。本研究では複合材料によってレオロジー特性がどのように影響されるのかをフレッシュコンクリート中に伝播する音波の波動性状を観測することにより得られる音速、動的弾性率、動的粘性率、減衰係数などへの影響を調べたのである。なお、本研究を行うにあたり立命館大学明石外世樹教授に御指導いただいたことを感謝するとともに、49年度吉田研究奨励金を授与されましたことに深謝します。

2. 音速(縦波伝播速度,  $V_L$ ) フレッシュコンクリートのレオロジー量を動的測定法により求める場合、音速が大きな因子となりうるがペースト、モルタル、コンクリートと複合した場合に骨材が音速にどのような影響をおよぼすのかを測定した。

(2.1)セメントペースト 水-セメント分散系の場合図-1の結果のように、セメント粒子の体積濃度が0~20%の範囲で急激に低下し30~50%( $W/C=74 \sim 32\%$ )の範囲で徐々に低下する。従って一般の配合に用いられる $W/C$ の範囲ではあまり変化がないことがわかる。水-フライアッシュ、ケロシンセメントの分散系について測定した結果、水-フライアッシュ系は水-セメント系に近い変化を示し、ケロシンセメント系については希薄な場合、粒子がすぐに沈降するために上部のケロシン中を音波が透過して図のような結果になったがうまく分散できれば水-セメント系に近い変化を示すと思われる。以上の結果よりセメントペーストの音速は練混ぜ時においては水和反応によってあまり影響されず粒子間の距離(体積濃度)、粒子間の相互作用によって影響を受けることわかる。

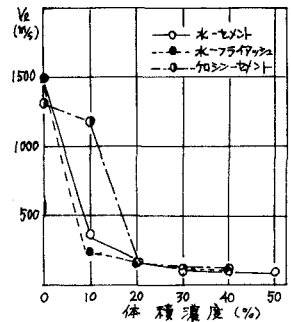


図-1 体積濃度の変化と音速

(2.2)モルタル、コンクリート 十分に締め固めた骨材間隙のセメントペースト濃度を変化させると図-2のような結果がえられた。図をみて明らかに骨材量が一定の場合ペーストの濃度によって音速が変化することから、モルタルの音速はペーストの音速に影響されていることがわかる。図-3より骨材量を変化させた場合、骨材量が多いほど音速が増加することわかる。粒子の間隙を液体で充した場合の音速についてWyllie<sup>1)</sup>は種々の粒径からなる物質の集合体について次の実験式を提案している。
$$\frac{1}{V_n} = \frac{n}{V_f} + (1-n) / V_s$$

(  $n$ : 間隙率  
 $V_n$ : 粒状物質の音速  
 $V_f$ : 間隙を充て液体の音速  
 $V_s$ : 実体部の音速 )

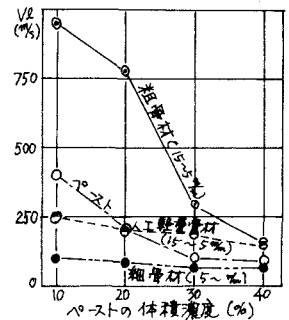


図-2 モルタルの音速

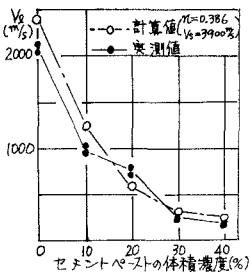


図-4 粗骨材の実測値と計算値

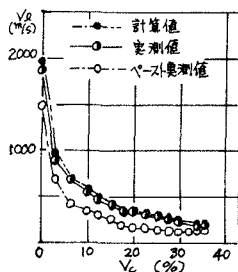


図-5 実験装置及w結果 (角柱模型)

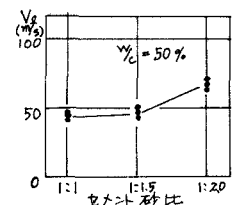
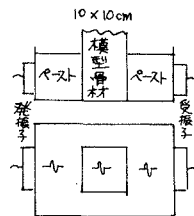


図-3 砂量と音速

この式の  $V_R$  にセメントペーストの実測値,  $V_S$  に骨材の音速 ( $V_S = 3900$  呎/秒) を代入して計算すると、図-4 のようにかなり実測値と計算値が一致するのが解った。これを確認するためコンクリートを二相体と考え図-5 のようにペースト中に模型骨材を入れた場合の速度変化を測定したが図のように計算値と実測値がかなり一致することがわかった。

3. 多重反射法 図-6 のように音波パルスが発受振子間を往復する間にパルスが減衰する。この時の  $n$  番目と  $n+1$  番目の音圧の差即ち減衰係数と音速および周波数より次式から動的弾性率  $E'$ , 動的粘性率  $\eta'$ , がえられる。

$$E' = \frac{\rho c^2 \omega^2 (\omega^2 - \alpha^2 c^2)}{(\omega^2 + \alpha^2 c^2)^2} \quad (\text{dyn/cm}^2), \quad \eta' = \frac{2 \rho \alpha c (\omega^2 c^2)}{(\omega^2 + \alpha^2 c^2)^2} \quad (\text{Poise})$$

$$\alpha = 1/\Delta L \cdot \ln I_1/I_2 \quad (\text{nepers}), \quad \omega = 2\pi f, \quad c = \text{音速}$$

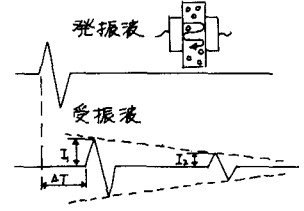


図-6 多重反射法

図-7, 図-8 より  $W/C$  を大きくするとペーストは  $E'$ ,  $\eta'$  は低下するがコンクリートはモルタル量,  $W/C$  量一定の場合粗骨材量の増加に伴ない  $\eta'$  は増加するし  $E'$  は幾分低下する。モルタル分の細骨材量を増加させると逆の結果がえられた。懸濁液の相対粘度は Robinson, 森らの粘度式では懸濁粒子の詰まりぐあいによって影響されるということを見ると、粗骨材の間隙を細骨材が充填されるにつれて粘度は増加するといえる。

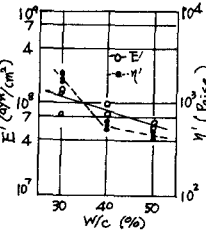


図-7  $E', \eta'$  の  $W/C$  による変化

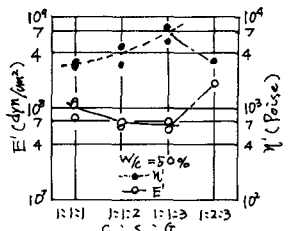


図-8 骨材量による  $E', \eta'$  の変化

4. 振動時のレオロジー及び経時変化 振動時におけるコン

(参考) 1) Wyllie; Geophysics Vol. 21, No. 1  
2) Robinson; J. Physics and Colloid Chem. 53 (1949)  
3) 森, 乙竹; 化学工学 20 No. 9 (1956)

クリートのレオロジー測定法は剛球引抜き試験以外にあまり例をみない。本研究では、ペースト、モルタル、コンクリートの  $W/C, S/a$  を変化させた場合の振動的レオロジーを図-9 の装置により測定した。(図-10~13) ペーストについて  $E'$  は微かな振動でも低下するが  $\eta'$  は軟かい場合逆に低下する。これは振動によりセメント粒子が沈降することにより粒子間の充填作用によって一時的に  $\eta'$  が増加したものである。モルタルについては骨材量一定の場合には  $E', \eta'$  にあまり  $W/C$  は影響を及ぼさないといえる。コンクリートについて  $S/a$  を一定にして  $W/C$  を変化させると硬練りの場合は  $E'$  が急激に低下し軟練りの場合は  $\eta'$  が急激に低下する。  $W/C$  を一定にして  $S/a$  を変化させると  $\eta'$  は徐々に低下するが 30~35% の配合では 1g 直辺で急激に低下することが解った。経時変化について  $E', \eta'$  の勾配が時間と共に緩くなり急激に低下する加速度が大きくなることわかれる。(図-14)

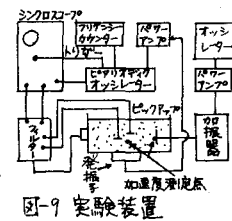


図-9 実験装置

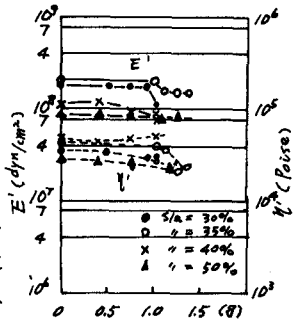


図-13 コンクリート ( $W/C=50\%$ )

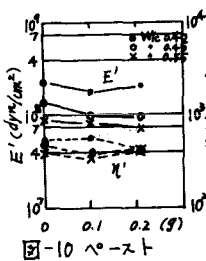


図-10 ペースト

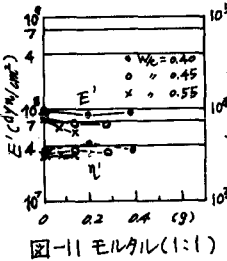


図-11 モルタル (1:1)

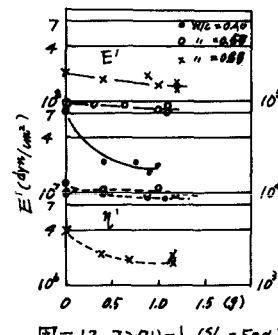


図-12 コンクリート ( $S/a=50\%$ )

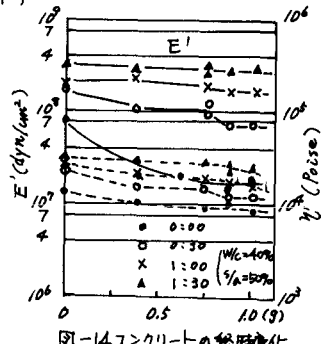


図-14 コンクリートの経時変化