

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諸性質を物理量で評価する目的で、近年レオロジーを用いた研究報告が数多くなされている。これらの研究の主流をなしているのは、回転粘度計で代表されるコンクリートの定常流動について解析するか又は三軸圧縮試験で代表されるコンクリートを粉体工学的に解析する方法である。特に定常流として取り扱った場合の研究資料は数多い。しかし振動時におけるコンクリートの挙動、凝結、硬化過程をレオロジー的に取り扱った研究は少ない。本研究は、フレッシュコンクリートの粘弾性的性質が振動数によってどのような影響をうけるのか、また凝結時間によってどのように変化するかを、振動式回転粘度計によって測定を行った。なお本報告は、コンクリート実験を行なうための基礎的研究としてペースト、モルタルについての振動特性を調べたものである。

2. 実験概要

(2.1) 使用材料；セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は相馬産の天然砂(比重2.62)を用いた。

(2.2) 配合；ペーストは、水セメント比30, 35, 40, 45%, モルタルはセメント砂比を1:0.5, 1:1, 1:1.5, 1:2.0, 1:2.5, 水セメント比は45%とし、セメント砂比1:1については35, 45, 55%についても行った。

(2.3) 実験装置；実験に用いた振動式回転粘度計は図-1に示す様に、外円筒回転型の回転粘度計の外円筒を正弦振動させた時の外円筒と内円筒のゆれを電気信号に換えてX-Yレコーダーの両軸に入れてリサージュ図形を画かせ解析する装置である。内円筒および外円筒の寸法はそれぞれ、中8.45×15.6 cm, 中10×13 cm, ピアノ線の直径は、2 mm および2.3 mm 長さ67 cmを用いた。外筒の振幅は、偏心カムを換えることにより変り、振動数は可変モーターの回転数を変えることにより変化させた。

(2.4) 解析方法；広範囲な振動数で動的粘弾性を測定する場合、一つの測定器によるのは非常に困難である。一般に高周波領域においては波動伝播方法によって測定され、低周波領域では環状カンパ型あるいは重円筒型がある。ここでは重円筒型を用い、Markovitz¹⁾の方法によって解析した。いま外筒に角周波数 ω の正弦振動を与えた時の、内外円筒の振幅比を η 、位相差角中、試料の複素粘性率 η^* および試料の比重 ρ の間に次の関係がある。

$$1 - \frac{1}{\rho} \cos \phi - \frac{i}{\rho} \sin \phi + \frac{i}{\eta^*} [(A_1 + B_1 \rho) \omega - \frac{C_1}{\omega}] - \frac{1}{\eta^{*2}} [(A_2 + B_2) \cdot$$

$$\rho \omega^2 - C_2 \rho] - \dots = 0 \quad (1) \quad \text{ここで } A_1, B_1, C_1, \dots \text{ は試料の形および装置によって定まる定数で}$$

$$A_1 = I(R_1^2 - R_2^2)/4\pi L R_2^2, \quad B_1 = (R_1^2 - R_2^2)/8 R_2^2, \quad C_1 = \rho' A_1 / I \quad (2)$$

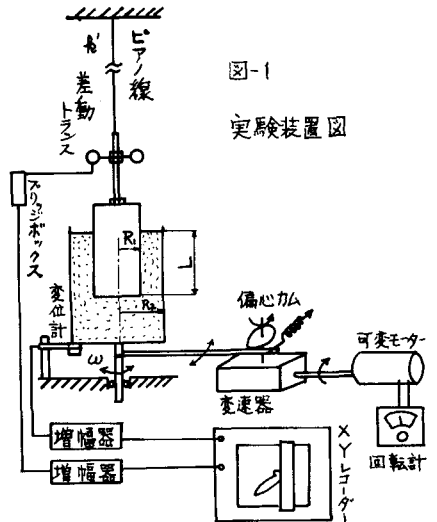


図-1
実験装置図

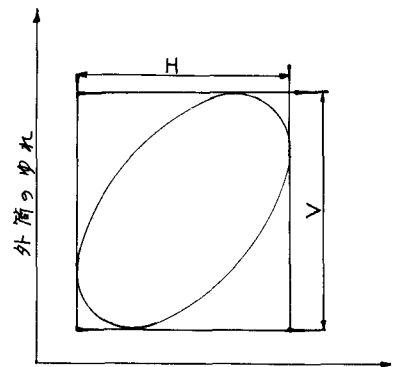


図-2 リサージュ図形

ここで I は振動部の慣性モーメント、 k はピアノ線のねじれ定数、 $\omega < 10 \text{ sec}^{-1}$ とあれば $B_1 = 0$ 、 $1/\eta^2$ 以下の項は無視することができるので (1) 式は $x = \sin \theta / p$ 、 $y = 1 - \cos \theta / p$ とすると

$$G' = \eta'' \omega = \frac{(A_1 \omega^2 - C_1) y}{x^2 + y^2}, \quad G'' = \eta' \omega = \frac{(A_1 \omega^2 - C_1) x}{x^2 + y^2} \quad \dots (3)$$

ここで θ および $\sin \theta$ は図-2 より $p = H/V$ 、 $\sin \theta = (4/\pi) \cdot (\text{だいの面積}) / (H \cdot V)$

G' は動的弾性率および G'' は動的損失である。

3. 実験結果および考察

振動実験の結果、ペーストにフいてもモルタルにフいても、図-3 に示す様な、ほぼだ円形のリサージュ図形が得られた。図は、縦軸に内筒のゆれ（トルクであるから応力と考えられる）、横軸に外筒のゆれ（振幅であるからひずみと考えられる）にとった、セメント砂比 1:1、水セメント比 45% のモルタルの経時変化を示したものである。図より最初粘性的性質を多く示していたものが 60 分よりリサージュの囲む面積が小さくなり勾配も徐々に急になり弾性的性質が支配的になることが解る。図-4、図-5 は角周波数を徐々に増加させた減少させた時の動的弾性率および動的損失と角周波数との関係を示したものである。図-4 はペースト実験の一例であるが動的弾性率は角周波数の増加とともに曲線的に上昇し繰り返す時に於いて水セメント比の小さい方が大きいことを示しており水セメント比が小さければ 60 分以内であれば余り変化が見られなかった。

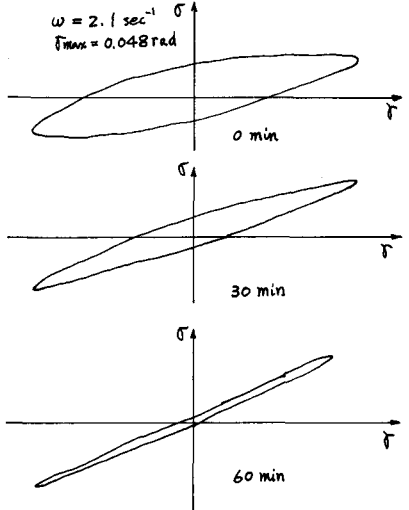


図-3 モルタルの振動実験の経時変化 ($C/a = 1/2$, $W/C = 45\%$)

しかし動的損失は顕著に低下していることが解った。また水セメント比が小さいものは上昇と下降で値が違っておりこれはせん断による構造変化または破壊起ったものと考えられる。図-5 はモルタル実験の一例であるが水セメント比を一定にして砂量を変化させると動的弾性率には余り影響しないが動的損失が時間経化に著しく影響を

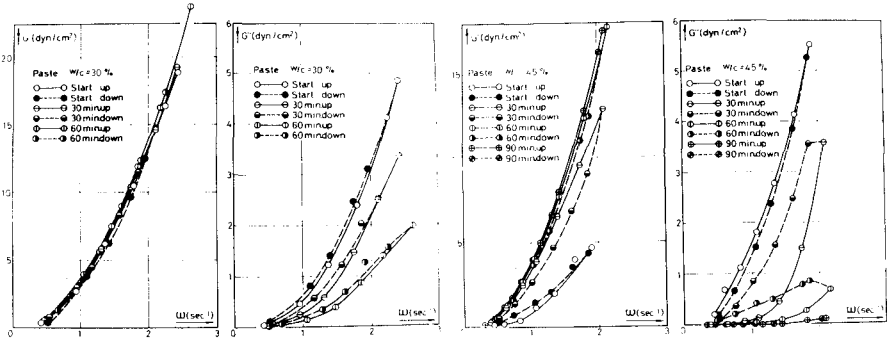
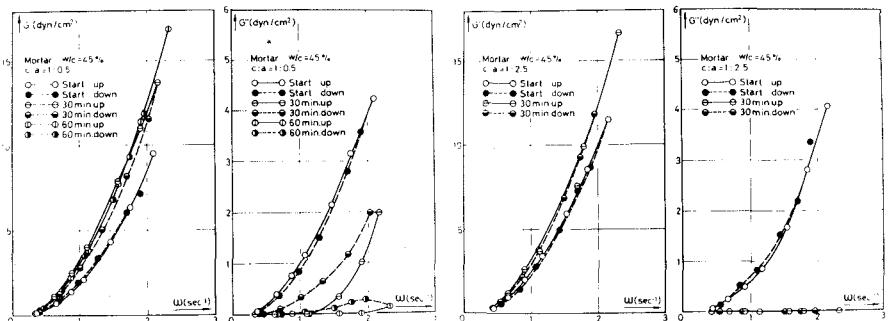


図-4 動的弾性率および動的損失の一例（ペースト）



うけることが解った。図-5 動的弾性率および動的損失の一例（モルタル）

なお詳細は大会にて発表する。参考文献；Markevitz；J. of App. Physics Vol. 23, No. 10 Oct, 1952 p1070