

I—56 コンクリート中の超音波減衰定数の周波数特性について

立命館大学 正員 明 石 外 世 樹

I はしがき

コンクリート中の超音波パルスの伝播速度からコンクリートの強度を判定するとき、速度のみから強度を推定しても誤差は大きい。これに対し、筆者はさきに骨材最大寸法 30mm で配合、伐令の如何にかかわらず周波数 100kc で測定したとき、圧縮強度を $\sigma \text{ kg/cm}^2$ 、縦波伝播速度を $C \text{ m/sec}$ 、減衰定数を $\alpha \text{ db/cm}$ とすれば、

$$\sigma = 0.166 C e^{-2.783 \alpha} \quad \text{連続水中養生したものに対し} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma = 0.254 C e^{-2.208 \alpha} \quad \text{水中養生後空中保存したものに対し} \quad \dots\dots\dots (2)$$

なる実験式を提唱し、(1)式は $\pm 10\%$ 、(2)式は $\pm 15\%$ で成立することを述べた。ここで 100kc 以外の周波数に対して減衰定数が如何に変化するか、新しく実験したもの、報告である。

一方 減衰定数は水浸置換法によつて測定しているが、この方法は実施コンクリート構造物への適用は不都合であり、金属材料に適用されている多重反射法による減衰測定の研究も一助の目標がついたので測定法についても説明する。

2 減衰定数測定法

(1) 水浸置換法によるものは従来と同様であるが、発振子の半径方向共振を除くため新しく発振器を併設した。発受振子はランジュバン型ナタバリで周波数は 20, 50, 100 kc の 3 組および 200 kc では 100 kc の倍共振を用いた。図-1 はその外観を示す。なお周波数は C.R.O 上の時間目盛によつて調整した。

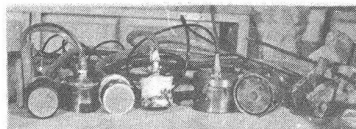


図-1. 各種発受振子

(2) 多重反射法によるコンクリートの探傷、底面反射波の検出は従来音速ならびに減衰の英から困難視されていたが、これには発受振子を共振域以外の周波数で駆動し過渡現象を除き指向性をよくして 1~2 波の短いパルス中の超音波を利用することによつて可能となつた。駆動回路の概要を図-2 に示す。

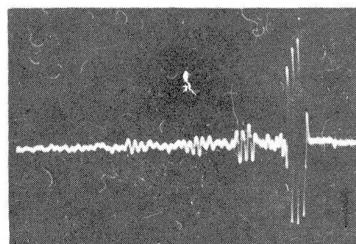


図-3

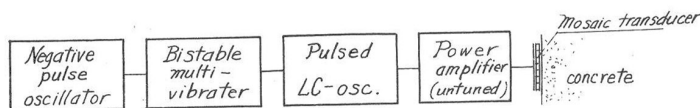


図-2

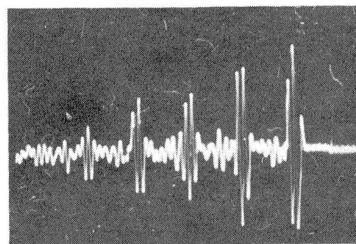


図-4

コンクリートの一面に発振子をおき、多重反射による他端面に現れる音圧比 P_m , P_n と減衰定数 α との間には、平面波であれば

$$P_n/P_m = e^{-\alpha(n-m)2x} \quad \dots\dots\dots (3)$$

また球面波音場では(4)式となり、コンクリートのように指向性を鋭くできない場合 (4)

$$\frac{P_n}{P_m} = \frac{2m-1}{2n-1} e^{-\alpha(n-m)2x} \dots\dots\dots (4)$$

式を用いるべきである。さらに発受振子による反射損失も大きく 図-3 は発受振子を相対し、図-4 は斜めに配置した一例である。

3 減衰定数と周波数

1:1:2, 1:2:4 および 1:3:6 のスランプ 5cm, 骨材最大寸法 30 mm, 20°C で水中養生したもろについて、減衰定数 α と周波数

f との関係を図-5, 6 および 7 に示す。これらの破線部分は粘弾減衰定数 α_1 を示し、共振法で同一寸法 15x30 cm の鉄振動から求めた対数減衰率 δ を(5)式に代入して求めた。

$$\alpha_1 = 8.68 \frac{\delta}{C} \cdot f \dots\dots\dots (5)$$

なお $\alpha_2 = \alpha - \alpha_1$ は骨材による散乱減衰と考えられ、図-8 に示す。図中破線は Rayleigh の散乱理論から拡張したもので

$$\alpha_2 = \frac{8.68 \times 2\pi^2 \bar{p} \bar{v}}{C^*} \left(\frac{\Delta E}{E} \right)^2 f^* \dots\dots\dots (6)$$

で示され、 $E + \Delta E = 5.75 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$, $\bar{v} = 3.61 \text{ cm}^3$ とし、 E, C を実測し、 $\bar{p}$ は配合から計算したが、コンクリートには(6)式が適合するとは思われない。図-8 で 100kc を基準とし、 $\alpha_2 \left(\frac{f}{100} \right)^2$ の式を鎖線で現わすが、これは適合するように理論的な説明はともかく (1) および (2) 式の α は測定周波数 $f(\text{kc})$ のとき、 α_f を得たとすれば

$$\alpha = (\alpha_f - \alpha_1) \left(\frac{100}{f} \right)^2 + \alpha_1 \dots\dots\dots (7)$$

となる。また枝令が遅み、周波数が 100kc 以下ならば $\alpha_1 < 0.1 \text{ db/cm}$ となり $\alpha = \alpha_f \left(\frac{100}{f} \right)^2 \dots\dots\dots (8)$

として支障ないものと考えられる。なお 多重反射法による測定結果は講演会で述べる。

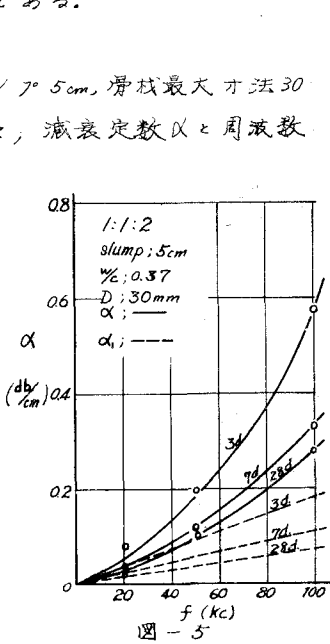


図-5

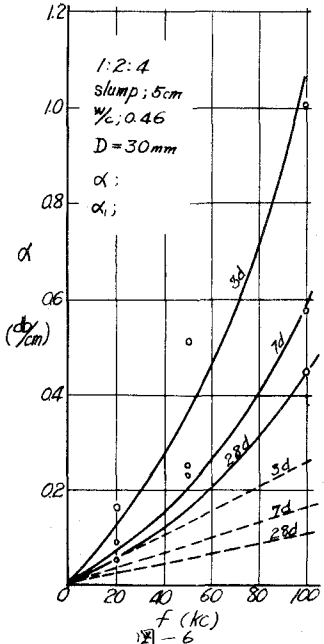


図-6

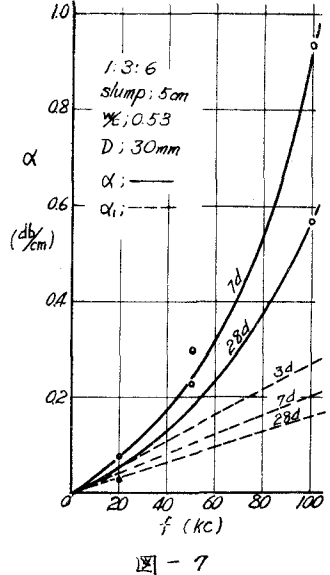


図-7

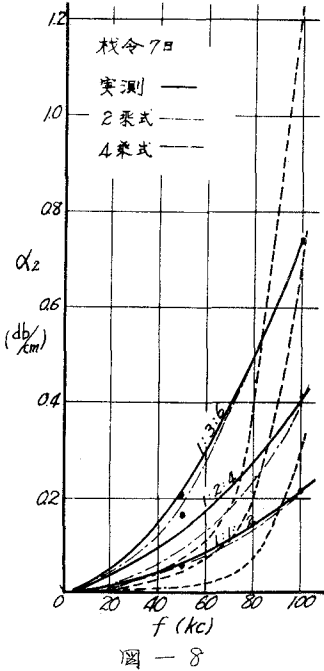


図-8