

V-28 非破壊試験によるコンクリート版厚の測定

立命館大学 大学院 学生員 ○山田 啓
立命館大学 大学院 学生員 堀野 登洋一
立命館大学理工学部 正会員 工博 明石 外世樹

①まえがき

コンクリート舗装版の版厚を測定する方法としては、最も確実なものとしてコアボーリング法がある。しかしながらこの方法は、時間と費用をくい、また床版としての安全性をそこない美的にも不利な点が多い。そこで非破壊的に測定する方法が要求される。その方法としては種々のものが提唱されているが、本研究では、R. Jones 氏の表面波による版厚測定法と、Richard Muenow 氏の共振法による版厚測定法とを参考にして実験を行なってみた。

②測定装置

測定装置は右図のごとく、CR発振器、電力増幅器、周波数カウンター、デュアルビームシンクロスコープ、発振子、受振子、および位相器からなる。そして接続の切り換えにより、図-1、図-2の2通りの測定が可能である。

図-1は、表面波による版厚測定装置であり、受振子を移動させることにより、シンクロスコープ画面上の輝点がリサージュの円上を1回転し、それによって1波長を知ることができるようになっている。

図-2は、共振法による版厚測定装置であり、シンクロスコープ画面上の共振波形Bと発振波形Aの位相遅れが90°になるように、CR発振器の周波数を変化させることによって、共振周波数を知ることができるようになっている。

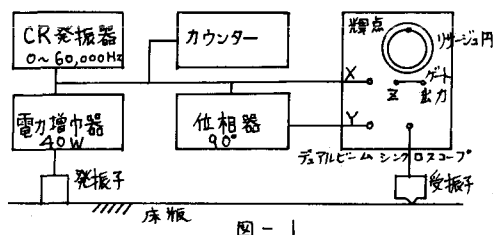


図-1

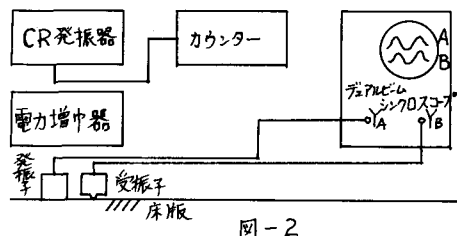


図-2

③測定の理論と計算

1) 表面波による場合；版にそって伝わる波動には、たわみ振動と縦振動がある。そして、たわみ振動の位相速度は波長、版厚、版の弾性係数によって変化する。版厚Hと位相速度Cとの関係は次式のようになる。

$$\frac{\tanh \frac{1}{2} \gamma H}{\tanh \frac{1}{2} \beta H} = \frac{4 \frac{\gamma S}{\beta^2}}{\beta^2} = \frac{4 \sqrt{1 - \frac{C^2}{\alpha^2}} \sqrt{1 - \frac{C^2}{\beta^2}}}{(2 - \frac{C^2}{\beta^2})^2} \quad (\text{式-1})$$

ここに、 α = 縦波速度、 β = たわみ振動波の速度、 γ = 半無限物質表面上のレーレー波速度、 σ = ポアソン比、 C = 位相速度 (λf)、 λ = 波長、 f = 周波数、 $\beta = 2\pi/\lambda$ 、 $b = 1 + \frac{S^2}{\alpha^2} = 2 - \frac{C^2}{\beta^2}$ 、 $S^2 = \beta^2(1 - \frac{C^2}{\beta^2})$ 、 $\gamma^2 = \beta^2(1 - \frac{C^2}{\alpha^2})$ 、 $\alpha^2 = \frac{(1-2\sigma)}{2(1-\sigma)}$ である。

式-1において、 λ が0に近づくと、次式のようになる。

$$b^2 - 4\gamma S / \lambda^2 = 0 \quad (\text{式-2}) \quad \text{これは、レーレー波速度を与える。}$$

そして、式-1において、種々の γ/α とポアソン比に対する λ/H を計算で求め右の表-1に掲げる。しかしながら、版の共振によって γ の値が求まらない時は、 α の値を超音波で求めて、 γ/α のかわりに γ/α について整理すればよい。又ポアソン比の値としてどれを使用するかについては、 γ/α の値を実測で求めれば、ポアソン比の値も決定される。

次に実際に測定を行なった2つの床版aとbにおける測定結果を図-3に示す。

γ/α	λ/H			
	1/6	1/5	1/4	1/3
1.0	0	0	0	0
0.9	1.415	1.425	1.450	1.515
0.8	2.149	2.177	2.226	2.320
0.7	2.936	2.999	3.070	3.216
0.6	3.918	3.984	4.080	4.274
0.5	5.169	5.256	5.382	5.637
0.4	6.918	7.045	7.212	7.550
0.3	9.709	9.878	10.111	10.580
0.2	14.095	15.331	15.695	16.413
γ/β	0.9051	0.9110	0.9194	0.9325
γ/α	0.5725	0.5578	0.5308	0.4663

表-1

測定は、発振子からの任意直線上にそって受振子を移動させることにより、オシロスコープ画面上のリサージュ図上を輝点が1回転移動する受振子の位置を版上に見つけ、発振子と受振子の間隔を測定する。さらにその延長上で受振子を発振子から遠のけて、再び輝点が1回転する地点を見つけて波長を測定して行なわれた。こうして求められた波長を平均し、その測定周波数に対する波長として、図上にプロットした。周波数を種々に変化させて測定を行なった結果が図-3である。

床版aにおいては、超音波により縦波 α の値(4410 m/sec)を求めて、その値とレーレー波速度 γ の値(2490 m/sec)から $\gamma/\alpha = 0.565$ を得、表-1によってポアソン比 $\nu = 1/6$ を求めた。同様に床版bにおいては $\nu = 1/5$ が求まった。

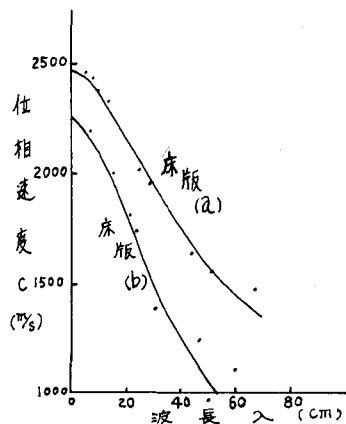


図-3

最終的な目標とする床版厚さ H の値は、表-1と図-3から求められる。その結果が表-2である。床版bにおいては、実際の版厚と測定で求めた版厚との誤差は約2%である。床版aにおいては、床版そのものの厚さが一定でなかったか、あるいは、底面の凹凸という理由により測定精度は得られなかった。

γ/α	床版a, $\gamma = 2490 \text{ m/s}$, $\nu = 1/6$				床版b, $\gamma = 2250 \text{ m/s}$, $\nu = 1/5$			
	λ/H	$C \text{ (cm/s)}$	$\lambda \text{ (cm)}$	$H \text{ (cm)}$	λ/H	$C \text{ (cm/s)}$	$\lambda \text{ (cm)}$	$H \text{ (cm)}$
0.9	1.415	2240	20.0	14.1	1.425	2030	14.0	9.9
0.8	2.149	1990	30.0	14.0	2.177	1800	20.0	9.2
0.7	2.936	1740	42.0	14.3	2.999	1584	28.0	9.3
0.6	3.914	1490	56.0	14.3	3.984	1350	38.0	9.6
0.5	5.169	1250	—	—	5.256	1130	50.0	9.5
平均厚さ				14.2				
実厚				14.1				
				15.2				

表-2

ii) 共振法による場合；床版の一次縦振動共振周波数 f と床版厚 H と縦波伝播速度 V_L の関係は、次のごとくである。 $H = \frac{V_L}{2f}$ 。しかしながら、本実験においては、共振周波数の測定は確信のある値を得ることができなかった。これは床版底面の凹凸かまたは他の何らかの理由によるものである。そこで、この障害を取り除くために、モデル床版(約3m×3m×15cm)を打ち込み、測定を行なっている。その結果は、本大会において詳しく述べるつもりである。それによって、測定できなかった原因が何であったかが推測されればさいわいである。