

V-24 波動法によるコンクリート版厚の測定について (γの精密な推定法)

立命館大学理工学部 正 員 工博 明石 升世樹
株式会社神戸製鉄所 正 員 工修 山田 啓
立命館大学 大学院 学生員 ○塩野谷 洋一

I. まえがき

表面波によるコンクリート版厚の測定に関しては、既に昨年度の土木学会全国大会において報告した^{*}。しかしながらレーレー波速度γの推定には使用装置の性能上、若干正確さを欠いていた。今回新しいアンプを使用することにより、数10 KHz以上の比較的高い周波数の振動を検知することができるようになった。その結果、たわみ振動だけでなく縦振動に対する位相速度-波長関係のグラフを得ることができ、より精密にγを推定することができるようになった。

II. 実験の理論

版に沿って伝播する波動には、たわみ振動と縦振動がある。いま記号を次のようにとる。

α: 縦波速度, β: 横波速度, H: 版厚, σ: ポアソン比, c: 位相速度 (λ・f), λ: 波長, f: 周波数, $k = 2\pi/\lambda$, $b = 1 + \sigma^2/k^2 = 2 - c^2/\beta^2$, $s^2 = k^2(1 - c^2/\beta^2)$, $r^2 = k^2(1 - c^2/\alpha^2)$, $\beta^2/\alpha^2 = (1 - 2\sigma)/2(1 - \sigma)$ 。

このとき、Hとcの関係として次式がある。

$$\text{たわみ振動に対し} \quad \frac{\tanh \frac{1}{2} rH}{\tanh \frac{1}{2} sH} = \frac{4rs/k^2}{b^2} = \frac{4\sqrt{1 - c^2/\alpha^2} \cdot \sqrt{1 - c^2/\beta^2}}{(2 - c^2/\beta^2)^2}, \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\text{縦振動に対し} \quad \frac{\tanh \frac{1}{2} sH}{\tanh \frac{1}{2} rH} = \frac{4rs/k^2}{b^2} = \frac{4\sqrt{1 - c^2/\alpha^2} \cdot \sqrt{1 - c^2/\beta^2}}{(2 - c^2/\beta^2)^2}. \quad \dots \text{式(2)}$$

この解はLambにより既に与えられており、c/βとλ/Hの関係は図-1の如くなる。

また、λ→0となれば $b^2 - 4rs/k^2 = 0$ となり、これはレーレー波速度γを与える。式(1)において c/γ を 0.9~0.2まで変化させ、σを 1/6~1/3まで変化させた c/γ と λ/H の関係は前述の参考文献表-1に示されている。式(2)に関しても同様にして計算すれば c/γ と λ/H の関係が得られる。σ=1/3における c/γ と λ/H の関係は次の通りである。c/γ=1.1 に対し λ/H=0.1122, c/γ=1.2 に対し λ/H=0.5155, c/γ=1.3 に対して λ/H=0.6782。

III. γの測定結果に与える影響について

図-2のような実験結果がある。γの推定はグラフを画くときの個人誤差により相当差がある。またランジュバンタイフの干渉バリ受振子を用いる以上、正確なγを求めることは不可能である。今、仮に表-2の如くγをそれぞれ2490 m/s 及び2450 m/s とした場合、計算による平均厚はそれぞれ14.2cm及び15.2cmとなり、その差は1.0cmにわたる。このようにγの推定は、この方法による版厚の計算に非常な影響を及ぼす。それ故にγをより精密に求めることが必要となる。そこで図-1にみられる曲線の上の部分、即ち、c/γがより大なる部分に存在する振動を利用すれば正確にγを推定することができる。

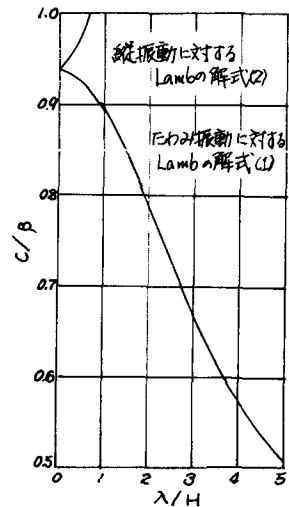


図 - 1

IV. 実験装置および測定方法

図-3の通りである。CR発振器はスター無線測器製 S-230 で上限発振周波数は 1,100 KHz である。しかしながら実際には 60 KHz 程度迄しか使用しない。電力増幅器は圖井製作所製で終段出力管として UY 807 P.P. を B 級で使用したもので出力は 50 W。デュアルビームシンクロスコープは岩崎通信製 DS-5305 B でアラゲインユニットは出力波形用として A ビームに SP-02 DFH-A を、受振波形用には B ビームに SP-01 H-B を使用した。駆動子には縦方向の固有振動数約 20 KHz の円筒状タタン酸バリウムランジュバン型を使用し、ピックアップには 100 KHz のタタン酸バリウムランジュバン型及び、400 KHz のタタン酸バリウム磁器、ないしはロッシェル塩のものを使用した。

測定はシンクロスコープ画面上的受振波形の位相がピックアップ

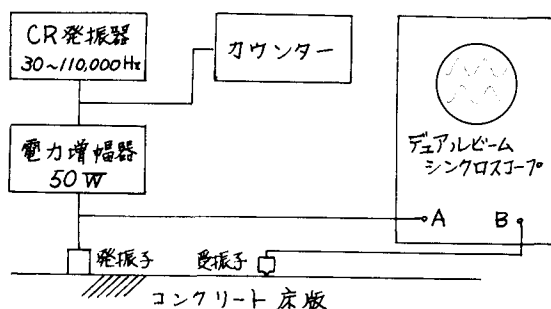


図 - 3

の移動に伴い丁度 360 度ずれる点を見つけ、そのときのピックアップの移動距離をもって 1 波長とする。そのようにして種々の周波数に対する波長を図上にプロットすると、図-2 および図-4 が得られる。計算方法はグラフより γ を求め γ のそれぞれの値に対する λ をグラフから読み取り、その λ と λ/H の値から版厚 H を求めれば良い。

V. 結果

前述のように、この測定法では γ の推定が非常に重要である。幸い今回は 60 KHz でも十分増幅し得る出力の大きなアンプを使用したので、縦振動も検知できた。それでⅢで述べた方法を用い、 γ を推定したため γ の値は非常に正確であると思われる。使用した床版は 270x270 cm で端面において実測した厚さの平均は 16.5 cm であり計算結果に良く一致していた。

* 明石井世樹他非破壊試験によるコンクリート版厚の測定：土木学会第 24 回年次学術講演会

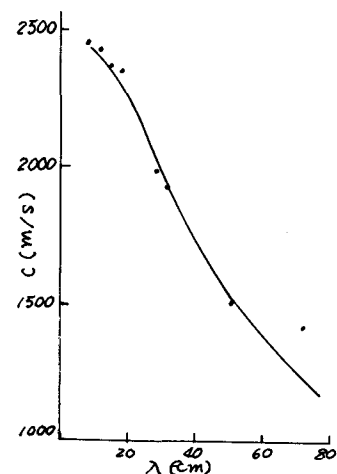


図 - 2

C/r	λ/H	$\gamma=2490 \text{ m/s}$			$\gamma=2450 \text{ m/s}$		
		C (m/s)	λ (cm)	H(cm)	C (m/s)	λ (cm)	H(cm)
0.9	1.415	2240	20.0	14.1	2200	22.0	15.5
0.8	2.149	1990	30.0	14.0	1960	31.5	15.0
0.7	2.936	1740	42.0	14.3	1715	44.0	15.0
0.6	3.914	1490	56.0	14.3	1470	59.0	15.1
平均計算値				14.2	15.2		
実測値				14.1 ~ 15.2 cm			

表 - 1

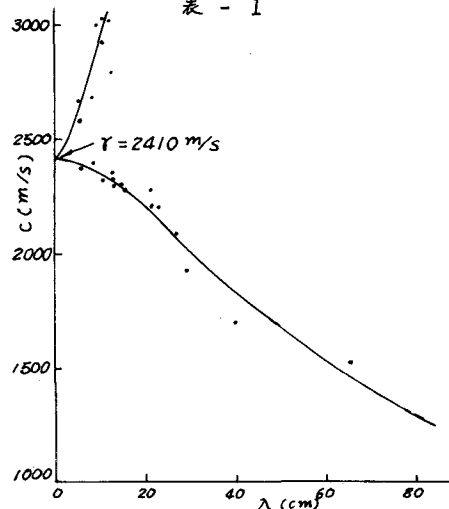


図 - 4

C/r	λ/H	C (m/s)	λ (cm)	H (cm)
0.9	1.425	2169	23.5	16.4
0.8	2.177	1928	36.0	16.5
0.7	2.999	1687	49.5	16.5
0.6	3.984	1446	66.0	16.6
0.5	5.256	1205	87.0	16.6
平均値				16.5

表 - 2