

日本大学生産工学部 正会員 堺 毅
 日本大学生産工学部 正会員 金井 昌邦
 日本大学生産工学部 正会員 ○奈良 松範

〈 序 〉

騒音公害は各方面においてフローズアップされており、特に日常生活に直接関与してくる騒音に対しては大きな社会問題となっている。したがってこのような時期に資源のリサイクルというメリットを持ったスラッジ固化物を防音材料として有効利用することは、コストメリットも含めてその必要性は大きい。

スラッジ固化物はすでに前報において明らかにされたように多孔質材料であること、また熱伝導率が低いことから、音波エネルギーの吸収性も良好であろうと予想されていた。吸音材は入射エネルギーを内部において、非可逆的に熱エネルギーに変換する能力が要求されるわけであるが、この能力は熱伝導率の小さい材料に存在することがわかる。このような観点から熱伝導率の小さいスラッジ固化物を吸音材として有効利用するために、その音響性能を弾性波の理論から導出された式の音速度推定と定在波法による音響インピーダンスおよび吸音率の実験結果から、いくつかの知見が得られたので報告する。

〈 方 法 〉

等方弾性体の運動方程式をベクトル方程式で表すと

$$\rho \frac{\partial^2 \mathbf{U}}{\partial t^2} = \rho \mathbf{F} + (\lambda + 2\mu) \text{grad div } \mathbf{U} - \mu \text{curl curl } \mathbf{U} \quad \dots (1)$$

となる。そして外力 $\mathbf{F} = 0$ のとき次の独立解が存在する。

$$U_1: u \propto e^{i\lambda(x-v_0t)}, \quad v = w = 0 \quad \dots (2)$$

$$U_2: u = w = 0, \quad v \propto e^{i\lambda(x-v_0t)} \quad \dots (3)$$

$$U_3: u = v = 0, \quad w \propto e^{i\lambda(x-v_0t)} \quad \dots (4)$$

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad \dots (5)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad \dots (6)$$

(5)、(6)式における v_p は縦波の速度をまた v_s は横波の速度を表している。ここで ρ は媒質の密度、 μ は剛性率

$\lambda = \frac{2}{3}K$ で K は体積弾性率である。また(5)、(6)式はヤング率(E)およびポアソン比(σ)を用いて次のように書き直すことができる。

$$v_p = \sqrt{\frac{1-\sigma}{1+\sigma-2\sigma}} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (7)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{1}{2(1+\sigma)}} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (8)$$

したがってE、 σ および ρ の値を求めることにより、音速度を推定できる。各値の測定は油圧式圧縮試験機(能力30Ton)を用いて、スラッジ固化物の応力度(P/S)、ひずみ度($\Delta l/l$)曲線および横ひずみ度($\Delta d/d$)を実験により求めた。また密度については、質量(M)および体積(V)を測定した。そして各数値の算出は次式による。

$$\rho = M/V \quad \dots (9)$$

$$\sigma = (\Delta d/d) / (\Delta l/l) \quad \dots (10)$$

$$E = (P/S) / (\Delta l/l) \quad \dots (11)$$

さらにスラッジ固化物の音響特性は、JISA 1405¹⁾管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定方法に準拠して実験を行ない、吸音率および比音響インピーダンスを求めた。実験装置の概略図を図1に示す。測定項目は定在波の最小音圧と最大音圧の比である定在波比($P_{\min}/P_{\max} = n$)、および管軸方向でサンプル表面に最も近い音圧極小位置(l_0)である。吸音率(α)および比音響インピーダンス(I_a)の算出は次式による。

$$\alpha = \frac{4}{n + \frac{1}{n} + 2} \quad \dots (12)$$

$$I_a = \tanh\left(\tanh^{-1}\left(\frac{P_{\min}}{P_{\max}}\right) - j\frac{2\pi l_0}{\lambda}\right) \rho_0 c \quad \dots (13)$$

ここで $\rho_0 c$ は空気の固有音響インピーダンスで415 ($\text{kg} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$)である。

〈 結 果 〉

ヤング率、ポアソン比、密度および推定音速度の実験結果を表1に示す。音速度は固体としてはたいへん小さな値を得た。さらに管内法による吸音率および比音響インピーダンスの測定結果を表2に示し、各周波数における管内音圧分布を図2、3、4に示す。一般にコルク等の多孔質材料はポアソン比が0であるが、スラッジ固化物も同様の実験結果を得た。このことから固化物は多孔質であることが改めて確認された。吸音率については2000Hzにおいて最大の吸収を示し、その値はソフトテックス(1.2cm厚)や本モセメント板(1.2cm厚、背後空気層あり)と同程度であり優れた吸音率と言える。また全周波数については、一般の吸音材とは異なる吸音特性を得た。

＜ 考 察 ＞

スラッジ固化物の界面での音波吸収性能は吸音率の測定から、工場のサンダー、リベット打ち音、生活の排水音などの2000Hzにレベルの最大値を打つ騒音に対して特に有効であることがわかった。また固化物の厚さは1.1cmであるがその厚さを増すことにより吸音率の向上が期待できる。このことは1cm厚のグラスウールの吸音率は0.1程度であるのに10cm厚のものでは0.9以上になることから類推できよう。そして板振動を可能にすれば低音吸収率も向上可能である。さらに音波の減衰率は(14)式のように音速の3乗に反比例することや透過率については(15)式のように質量則が成立することを考慮すると、固化物中での音速度が小さいことや密度が軽量コンクリートと同等であることは固化物の透過損失の大きさを予想させる。

$$(\text{減衰率}) \gamma \propto \frac{\omega^2}{f^3} \left(\eta + \frac{K}{C_p} \right) \dots (14)$$

C: 音速
ω: 角振動数

$$(\text{透過率}) T \approx \left(\frac{f_1 C_1}{\pi} \right)^2 \frac{1}{M^2 D^2} \dots (15)$$

M: 質量
D: 振動数

これらの問題は今後の重要な課題である。

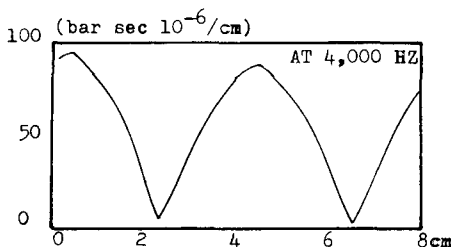


図4 管内音圧分布

表 1 音 速 度

	密 度	ポアソン比	弾性係数	音速度
初沈固化物	1.20	0.0	0.37×10^7	16
混合々(余剰)	1.30	0.0	0.97×10^7	24
	(g/cm ³)		(dyn/cm ²)	(m/sec)

表 2 吸音率 および 音響インピーダンス

	500 HZ	2,000 HZ	4,000 HZ
吸 音 率	0.034	0.415	0.248
比音響インピーダンス	$0.4 + 2.3j$	$5.5 + 2.3j$	$2.7 + 2.3j$
		(bar·sec·10 ⁻⁶ /cm)	

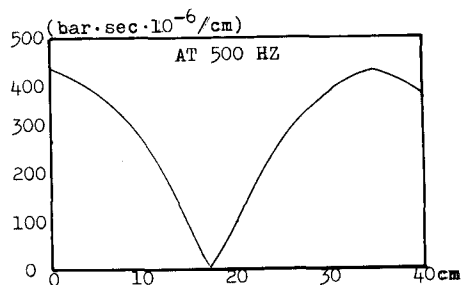


図2 管内音圧分布

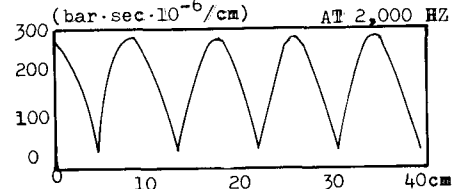


図3 管内音圧分布

- 1. VOLT METER
- 2. FRE. COUNTER
- 3. AMPLIFIER
- 4. REDU. RESIS
- 5. OSCILLATOR
- 6. MEASURING AMP.
- 7. CONDENSER MIC.
- 8. PROBE TUBE
- 9. METAL TUBE
- 10. MEASURE
- 11. STAND

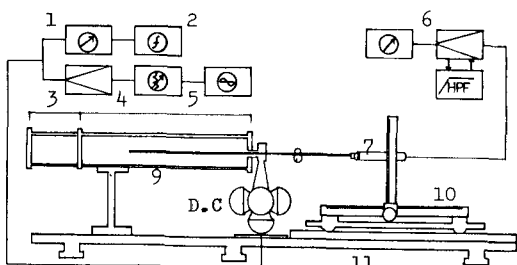


図1. 音圧測定装置