土木学会西部支部研究発表会(1992.3)

一様流体中における振動格子乱流の特性量の評価

九州大学　総理工○正　員　松　永　信　博
九州大学　工学部　学生員　杉　原　裕　司
九州大学　工学部　正　員　小　松　利　光

1．はじめに

前報[1),2)]では、水平に取付けた格子を静止流体中で鉛直方向に振動させた時に形成される乱流の特性を解析および実験の両面から明らかにした。その結果、解析で求められた乱れエネルギーｋや散逸率εは実験結果と定性的によく一致することが明らかになった。本研究の目的は、解析において境界条件として振動中心で与えなければならない乱れエネルギーと散逸率の値k_0とε_0を実験条件と関係づけ、振動格子乱流の特性量を定量的に予測することである。

2．k_0とε_0の算定法

解析に用いた方程式系は

$$\frac{\partial k}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial z}\right)-\varepsilon \ , \qquad \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right)-c_2\frac{\varepsilon^2}{k}$$

$$\nu_t=c_\mu\frac{k^2}{\varepsilon},\ \sigma_k=1.0\ ,\ \sigma_\varepsilon=1.3\ ,$$

$$c_2=1.92\ ,\ c_\mu=0.09$$

初期条件　$z=0;\ \ k=k_0\ ,\ \varepsilon=\varepsilon_0$
　　　　　$z\neq 0;\ \ k=\varepsilon=0$

境界条件　$z=0\ ;\ \ k=k_0\ ,\ \varepsilon=\varepsilon_0$
　　　　　$z\to\infty;\ \ k=\varepsilon=0$

であった[1)]。解の普遍的な性質を知るためにk_0とε_0を用いて方程式系を無次元化し、境界条件$\tilde{z}=0$；$\tilde{k}=\tilde{\varepsilon}=1.0$，$\tilde{z}\to\infty$；$\tilde{k}=\tilde{\varepsilon}=0$を満たす解を求めた。ここで、～は無次元量であることを示す記号である。乱れエネルギーと散逸率に関する実験結果をこの無次元の普遍解$\tilde{k}$と$\tilde{\varepsilon}$にそれぞれ重ね合わせることによりk_0とε_0の値を算定した。

3．k_0とε_0の定量的評価

振動格子乱流の特性量を解析結果を用いて定量的に予測するためには、解析において無次元化に用いたk_0とε_0が実験条件と関係づけられなければならない。k_0とε_0は格子の振動数ｆ(Hz)、振動幅Ｓ(cm)、格子間隔M(cm)、桟の幅ｄ(cm)および作業流体の動粘性係数ν(cm²/s)に依存する。これらを考慮して次元解析すると、

$$k_0/f^2S^2=f_1(\,fS^2/\nu,\ S/M,\ d/M\,)\ ,\qquad \varepsilon_0/f^3S^2=f_2(\,fS^2/\nu,\ S/M,\ d/M\,) \qquad (1)$$

なる無次元関係式が得られる。今回の実験がすべてｄ／Ｍ＝０．２で行われたことを考慮すれば、k_0/f^2S^2およびε_0/f^2S^2は振動条件から作られるレイノルズ数Ｒｅ（$\equiv fS^2/\nu$）とＳ／Ｍにのみ依存することになる。

図－１と２は、k_0/f^2S^2とε_0/f^3S^2をそれぞれＳ／ＭをパラメータとしてＲｅに対してプロットしたものである。図中には、浦ら[3)]とThompson & Turner[4)]がｄ／Ｍ＝０．２の正方格子を用いて得た実験結果に解析結果を適合させて算定したk_0とε_0の値もプロットされている。これらの図からＲｅ＜６０００においてk_0/f^2S^2はＲｅの１／２乗に比例して増加し、ε_0/f^3S^2はＲｅのほぼ１乗に比例することがわかる。一方、Ｒｅ＞６０００ではk_0/f^2S^2とε_0/f^3S^2はともにＲｅに依存しない。

図－３はk_0/f^2S^2およびε_0/f^3S^2のｓ／Ｍに関する依存性を明らかにするために、Ｒｅ＝６００におけるk_0/f^2S^2およびε_0/f^3S^2の値を図－１と２から読み取り、Ｓ／Ｍに対してプロットしたものである。この図から

$$k_0/f^2S^2 \sim (S/M)^{1/4},$$
$$\varepsilon_0/f^3S^2 \sim (S/M)^1 \qquad (2)$$

なる関係が経験的に導かれる。

図－4は式（2）の関係を考慮して図－1と2のデータを整理しなおしたものである。このグラフからk_0およびε_0が普遍的に定量化されていることがわかる。

普遍式を経験的に求めると

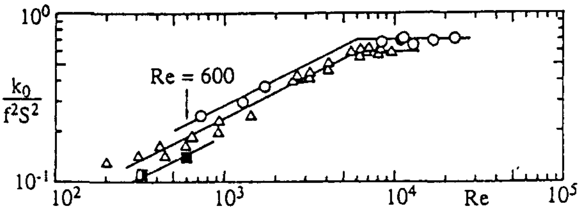
$Re \leq 6.0 \times 10^3$

$$k_0/f^2S^2 = 7.8 \times 10^{-3}\,(S/M)^{1/4}\,Re^{1/2}$$
$$\varepsilon_0/f^3S^2 = 1.8 \times 10^{-4}\,(S/M)Re^{0.9}$$

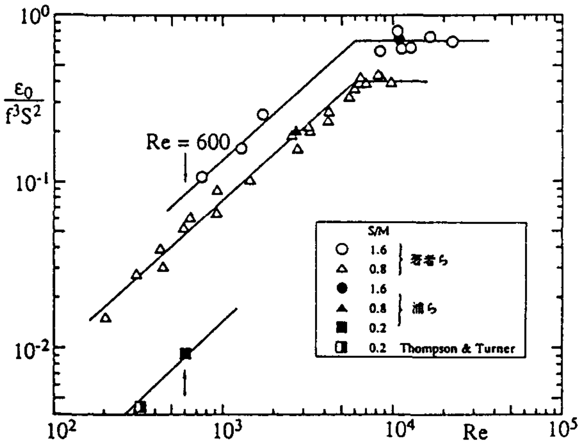
$Re \geq 6.0 \times 10^3$ （3）

$$k_0/f^2S^2 = 6.0 \times 10^{-1}(S/M)^{1/4}$$
$$\varepsilon_0/f^3S^2 = 4.5 \times 10^{-1}(S/M)$$

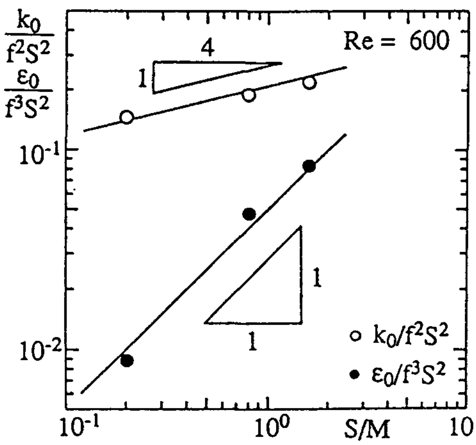
となる。



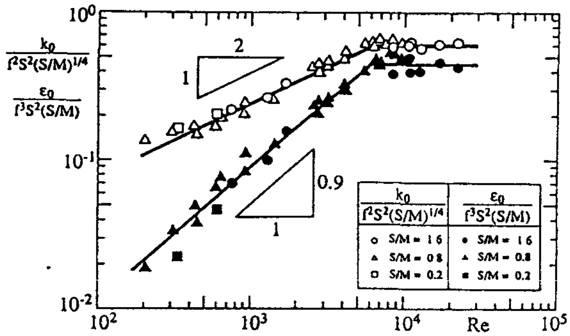
図－1　k_0/f^2S^2とReとの関係
（図中の記号は図－2参照）



図－2　ε_0/f^3S^2とReとの関係



図－3　k_0/f^2S^2とε_0/f^3S^2のS／Mに関する依存性



図－4　k_0およびε_0の普遍表示

4．おわりに

振動条件と流体の動粘性係数が既知であれば、式（3）より格子振動の中心における乱れエネルギーk_0と散逸率ε_0の値を算定することができる。従って、前報で示した解析結果を用いることにより、任意の振動条件のもとで形成された振動格子乱流の特性量を予測することが可能になった。

参考文献

1）杉原裕司　他3名；土木学会西部支部研究発表会、1990年、pp. 142-143.

2）高畑研　他3名；土木学会西部支部研究発表会、1990年、pp. 144-145.

3）浦　他2名；土木学会論文集、1984、第345号／II-1、pp. 91-99.

4）Thompson & Turner; J. F. M., 1975, Vol. 67. pp. 349-368.