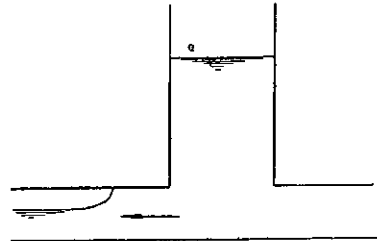


- 36) Jaeger, Vergrößerung von bestehenden hydroelektrischen Kraftwerken. W. u. W., 1938 H. 11/12.
- 37) Taylor, Analysis of the positive surge in a rectangular open channel. Civil. Eng., 1938-10.
- 38) Bratránek, Bildung der Abflusswelle am Hochwasserüberfall einer Talsperre beim Herablassen der Senkschützen. W. u. W., 1939 H. 17/18.

以上の中で 24) は簡単な解説, 28) は實測, 30), 32), 37) は計算法, 31) は實驗室内で板を動かして起した波の問題である。34) は河口の波, 35) は理論と實驗, 36) は抄録で圖-11 の様な隧道内に出来る段波の問題である。次に洪水波に關するものは,

圖-11.



- 39) Delemer, Les crues de l'Ardèche. Pon. e. Ch., 1904-2.
- 40) Alibrandi, Sur la théorie des ondes de crues. Pon. e. Ch., 1917.
- 41) Pigeaud, La propagation des crues. Pon. e. Ch., 1919.
- 42) Bonneau, Propagation des crues. Pon. e. Ch., 1924.
- 43) L'abaissement du niveau aval dans le installations hydraulique en période de crue. Gen. Civ., 1923 上.
- 44) 秋元, 洪水波に關する諸問題. 土木學會, 大. 5-2 號。
- 45) Ruggiero, Ricerca diretta degli elementi di piena nelle bonifiche meccaniche. En. El., 1931-4.
- 46) Bachet, Note sur la propagation e l'annonce des crues. Pon. e. Ch., 1934.
- 47) Visentini, Sulla determinazione dell' effetto degli invasi sui deflussi di un corso d'acqua. A. d. T. P., 1932-8.
- 48) Lelli, Sul moto perturbato delle correnti a pe' libero. A. d. L. P., 1936-10.
- 49) Steinberg, A method of flood routing. Civil. Eng., 1933-7.
- 50) Rutter, Graves, Snyder, Flood routing. Trans. A. S. C. E., 1939.

以上の中で 39) は理論, 43) は解説, 47) は洪水波の遷滅の問題, 49) は計算, 50) は洪水調節の理論と實測である。

## 層流と亂流の限界についての一考察

正會員 最 上 武 雄\*

管の中を液體を流す場合に 流れの形式に二種ある事は 良く知られた事である。即ち層流と亂流である。そしてこの様な流れの形式の分かれるのが所謂 Reynolds 數  $R$  で定まる事は Reynolds の有名な實驗の結果である。 $R$  は

$$R = \frac{\rho U l}{\mu} \dots\dots\dots (1)$$

で與へられる。 $U$  は平均流速,  $\rho$  は密度,  $l$  は linear dimension,  $\mu$  は粘性係數である。何故  $R$  に依つて流れの特性が定まるのであらうか。其れについて一つの考察をして見た。流れの何處かで流速の不連続が出來従つて流れの不安定を生じ, 粘性がある爲めに渦が出来る。若し完全流體であれば第一渦は出來ないし, 又渦があればそれ

\* 工學士 東京帝國大學助教授

は永久に消滅しない事は Helmholtz の定理に依り知られてゐる。粘性があればこそ流速の不連続が渦の原因になり得る。しかし粘性があれば假りに渦が出来たとしても時間がたつと消滅してはねばならない。處が亂流は一旦出来た渦が消滅しない現象である。其處でかう考へる。流速が或る程度までは管に入つて来る運動エネルギーと其の部分に外より成される仕事の比が小さいが流速が大きくなると外より成される仕事に比して運動エネルギーの方が不釣合ひに大きくなるから液體としては何とかして其の運動エネルギーを消滅して不釣合ひを無くしたい譯である。其時偶々渦が発生すると運動エネルギーを其の方に轉換するから消滅すべき渦はエネルギーの補給を受けて消滅しない。この兩方のエネルギーの釣合ひの破れる限界が Reynolds 數で定まる限界である。數式で考へて見ると、 $T$  を運動のエネルギーとすれば良く知られてゐる様に<sup>(1)</sup>流體が不壓縮性なら

$$\frac{DT}{Dt} = \iiint (uX + vY + wZ) dx dy dz - \iint (u p_{nx} + v p_{ny} + w p_{nz}) dS$$

$$- \mu \iiint \left\{ 2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right\} dx dy dz \dots (2)$$

$u, v, w$  は夫々  $x, y, z$  軸方向の流速,  $p_{nx}, p_{ny}, p_{nz}$  は壁に於ける剪断應力の分素である。右邊の第一項は流體に單位時間に外部より成す仕事, 第二項は壁の抵抗に依る損失, 第三項は流體内部の損失である。若し定流ならば

$$\frac{DT}{Dt} = 0$$

即ち外部からなした仕事は全部損失になる。そして且つ  $x$  方向の管の中の流れとして

$$v \equiv 0, w \equiv 0, u \neq 0 \text{ 又壁では } u = 0$$

とすれば連続の方程式から

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

となる事を考慮して

$$W = \iiint \rho u X dx dy dz = \mu \iiint \left\{ \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \right\} dx dy dz \dots (3)$$

この  $W$  は單位時間に外部より成される仕事である。單位時間に断面を通じて入つて来る運動エネルギーは

$$K = \frac{1}{2} \int \rho u dy dz \cdot u^2 \dots (4)$$

平均流速を  $U$ , 管の linear dimension を  $l$  とすれば

$$W \propto \mu \left( \frac{U}{l} \right)^2 l^3 = \mu U^2 l$$

$$K \propto \rho U^3 l^3$$

$$\therefore \frac{K}{W} \propto \frac{\rho U l}{\mu} = R \dots (5)$$

つまりある断面から單位時間に入つて来る運動エネルギーと單位時間に流體に外部より成される仕事の比は、Reynolds 數に依りあらはされる事が分かる。依つて前に述べた憶説は一應尤もらしく思はれる。

本間さんに御批評を戴いた事を感謝する。

<sup>(1)</sup> Ramsey Hydromechanics II. p. 375.