に就ては従来この方面に成される様に單に管を出来るだけ太く且短く作る事にのみ注意したが、使用した指圧計は比較的容量の大なるもの ($V=78.2 \text{ cm}^3$) であつた故、果して要求通りに高い自由振動数を持つかが疑問に思はれる。依つて次にこの疑問に対する吟味的実験の結果を述べて置く。

本文の研究中に使用した連結管の寸法は第 35 図に示す如きものであつた。途中を内径 9 mm なる肉厚ゴム管で連いだのは吸込槽より軸方向の振動が指圧計に及ぶのを防ぐためである。

併て指圧計を充す空気自由振動数を求めるにはばねに由来する弾性容量 V_e を無視してはならぬ⁽⁴⁾。唯今の指圧計に用ひたばね円板では最初に與へられた張力の大きさが不明なる故、直接弾性理論より V_e を求める事が出来ぬが筆者の理論を利用すれば次の如く間接に V_e を求め得。

連結管が 1 本の管より成れる場合、自由振動数を n , $2\pi n/a = k$ とすれば筆者の理論に依つて [本論文集 107 頁 (6) 式]

$$k \tan k(l+2 \cdot 8/3\pi \cdot r) = \pi r^2/(V+V_e).$$

上式によつて V_e を求める目的で指圧計と吸込槽とを内径 0.46 cm なる 1 本の管で連結して脉搏流実験に行つたと同様に指圧図を撮つた (但し吸込管には全長 0.573 m なる短き管を使用した)。先づ長さ 15.75 cm なる連結管を用ひ

て、第 36 図 (A) に示す如く 51.5 Hz なる自由振動数を得た。次いで長さ 8.43 cm なる連結管を用ひて、(B) 図に示す如く 69.0 Hz なる振動数を得た。依つて上式に $2r=0.46 \text{ cm}$, $l=15.75 \text{ cm}$, $n=51.5$ を代入して $(V+V_e)=113.8 \text{ cm}^3$ を得、又 $l=8.43$, $n=69.0$ を代入して $(V+V_e)=113.9 \text{ cm}^3$ を得た。故に $V_e=113.85-78.2=35.25 \text{ cm}^3$ 。

かくて第 35 図の連結管を $r=0.5 \text{ cm}$, $l=3.0 \text{ cm}$ なる管と $r'=0.465 \text{ cm}$, $l'=3.64 \text{ cm}$ なる管とより成るものと看做せば [本論文集 107 頁 (7) 式にて $l_3=0$, $l_2=l'$ と置けば]

$$\left(\frac{r}{r'}\right)^2 \tan k(l'+a') + \frac{k \tan k(l+a) - \pi r^2/(V+V_e)}{\pi r'^2/(V+V_e) \cdot \tan k(l+a) + k} = 0$$

により $n=160 \text{ Hz}$ を得る。この振動数はばねの自由振動数 (約 500 Hz) より遙に低かつたが、本文の実験中における最高脉搏度数は 20 Hz であつたから指圧図は充分事実に忠実であつたと断言してよい。第 36 図 (C) は第 35 図の連結で撮つた指圧図であるが、その図に顯れてゐる 130~132 Hz の振動は指圧計の振動では無く吸込管の自由振動である (94 頁第 14 図 (B) 及び (C) 参照)。

尚第 17 図の指圧計は固定容量約 33 cm^3 なる故連結管の自由振動数は少くとも 200 Hz 以上であつたと想像せられる。 (第 3 報に続く)

絞り流量計に依る脉搏気流の測定 (第3報)⁽¹⁾

(昭和 10 年 9 月 28 日仙台地方講演會に於て講演)

正員 前川 道治郎⁽²⁾

Measurement of Pulsating Flow of Gas by Throttle-Flow-meter (3rd Report)

By Michijirō MAEKAWA, Member

摘 要

脉搏する吸込気流を絞り流量計を用ひて脉搏せる状態の儘で測定する場合この測定法の有効範囲が慣性影響に依つて制限される事を明らかにした。

6. 直接法に就て

18 脉搏を鎮むる事なく直接測定を行ふには絞り流量計の圧力差 p の瞬時記録を取つて平方根の平均値 $(\sqrt{p})_m$ を求めるか或は特殊な機構を用ひて直ちに $(\sqrt{p})_m$ を指示せしむる方法⁽³⁾に依らねばならぬ。然るに緒言に指摘した様にこの場

合 p は必ずしも速度の 2 乗に比例せぬ故、常定流で検定された流量係数をその儘適用し得るとの予断を許し難い。依つて直接法の當否は実験に依つてのみ證明さるべきものである。

然るに §16 に述べた様に吸込槽に流量計を取付けた場合には如何に慣性影響が甚だしく働いても、この直接法の正當なる事が判明した。引続き最も一般的な場合として、管の途中に流量計を設置して脉搏を些しも軽減しない場合に就て行つた実験結果を次に報告する。

第 36 図はこの実験に用ひた対称円筒形ノズルの取付状態を示す。これを第 2 報第 28 図に示した吸込管の途中 A なる位置に取付け、微圧計を小管 BB に連ひて平均圧力差 p_m

(4) 拙著、指圧計の取付管に依る自由振動、参照 本論文集 106 頁

(1) 第 1 及び第 2 報より続く。 (2) 東北帝国大学

(3) $(\sqrt{p})_m$ を直ちに指示せしむる如き特殊装置は Kent 及び Sauer [第 1 報脚注 (5) 及び (6)] に依つて用ひられたが、何れも連続的な脈動流 (p が正の最大値より正の最小値の間に変動する流れ) にのみ使用し得べくして往復機関の吸込気流の如く断続的な脈動流に用ひ得られぬのは遺憾である。

を読んで (34) 式の関係により α_m を求め、小管 AA を第 9 図に示した指圧計に連いて得られる指圧図より $(1+\epsilon) = \sqrt{p_m}/(\sqrt{p})_m$ を求め、かくて $\alpha_p = (1+\epsilon)\alpha_m$ が常定流での流量係数 α_0 に等しきや否やを検定する従前の方法 (§ 9) を繰返し用いた。

常定流での流量係数 α_0 が第 37 図に示す如く、圧力差の増すと共に僅に減少するのは (第 13 及び 25 図におけると同様) α_0 の値には空気の圧縮性を無視せるため (第 1 報脚註 (10) 参照) であつて、次の実験での圧力差範囲では $\alpha_0 = 0.914$ に一定なるものと看做してよい。

脉搏源に単突起カム或は複突起カムを用ふれば、この場合流量計を横切る流れの脉搏は些しも軽減されぬ故、慣性の影響を被らざる理想的な場合を考へると、その場合

第 36 図 流量計の取付図

第 37 図 開口比 $m=0.255$ なる場合 対称円筒ノズルの流量係数と圧力差の関係

(V.O. は弁の開ける時間、V.C. は閉じてゐる時間)

第 38 図 流量計前後の圧力記録

の見掛流量係数は (33') 式より次の α_{m0} に等しいであらう。

単突起カムの場合、 $\alpha_{m0} = \alpha_0/(1+\epsilon_0) = 0.433$

複突起カムの場合、 $(\alpha_m)_0 = \alpha_0/(1+\epsilon_0) = 0.614$

かくて実験で求められる α_m とこの理論値 $(\alpha_m)_0$ との偏差より慣性影響の程度を窺ひ知る事も出来る。

次に第 38 図に示す圧力記録 (記録の取り方は第 40 図 (A) と同様) にて弁を閉じてゐる間の振動より吸込管の自由振動の基調週波数 $N_1 = 11.4 \text{ Hz}$ を得た (従つてカムの回転数が $60 N_1$ の $1/2, 1/3 \dots$ に等しくなれば共鳴状態を生ずべき事は § 16 の場合と同様である)。

微圧計にて p_m を正しく読み取るには、流量計より微圧計までの両ゴム管に肉厚硬質のものを用ひ、特にその長さを等しくする事が絶対に必要であつた。試みに流量計を取去つてその位置に、流量計と同じ幅を有して管の内径に連続する如

き中間片を挿入して圧力差を測つたのに、両ゴム管の長さ等しからざる場合常定流では元より圧力差を認め得なかつたが脉搏流では共鳴回転数の附近で著しき圧力差を生じた。この

際指圧図 [1 例を第 40 図 (C) に示す] より

は、 $p_m = 0$ なる事を確め得た故、上述の圧力差は両ゴム管の長さが等しくない事より生じたものである。

依つて脉搏流実験を初むるに先だつて、微圧計の両ゴム管の長さを調節して、中間片を置いた場合の圧力差が如何なる回転数でも消へ去る様にして置く事が必要であつた。

指圧計と流量計とを連ぐ管には出来るだけ太く且短いものを用ひ、その内部を充す気体の自由振動数を約 100 Hz に保たしめて、忠実なる指示を期待し得る様にした⁽⁴⁾。

(O. は弁の開ける時間、C. は閉じてゐる時間)

第 39 図 複突起カムを用いた場合管中に置かれた流量計の圧力差経過

19 実験結果

(A) 複突起カムを用いた場合。第 39 図は圧力差経過が、カムの回転数を増すと共に変化する有様を示す。回転数低き場合の (A) 図には複突起カムより期待される脉搏状態が近似的に再現されてゐるが、回転数を増すと共に慣性圧力波の影響を被り、共鳴回転数の附近なる (C) 図では圧力差は正の最大値より負の最大値の間に大なる振幅を以て変動し、更に回

(4) 拙著、指圧計の取付管に依る自由振動、参照、本論文集 106 頁

轉数を増せば (D) 数の如く振幅が減ずる。實際吸込管の流入口には劇しい逆流を認めた。

実験で得たる a_m , a_p 及び流量時間率 G_m とカムの毎分回轉數 n との關係を第 40 図に示す。同図で特に著しいのは、(1) $n \geq 30N_1 = 342$ に相當して $a_m \geq (a_m)_0 = 0.614$ なる

第 40 圖 複突起カムを脈搏源とする実験結果

事、(2) a_m 曲線の各特異点は總て共鳴現象に歸し得べき事及び (3) $30N_1/n < 5$ では常に $a_p > a_0$ なる故、この流量計は最早計器として役立つ事である。

これ等の現象を説明する目的で次の第 41 図に掲げた様な圧力記録を種々の回轉數で撮つて見た。同図 (A) の P_1 及び P_2 は 2 個の指圧計を夫々流量計前後の環溝に独立に連いで、大気圧との圧力差を同一基線の上に同一寸法に描かしたものである (第 38 図はその回轉數低き場合である)。但し基線より上を負圧とする。(B) 図は $(1+\epsilon)$ の値を求むるための指圧図と同様に 1 個の指圧計に描かせた圧力差 $p = P_1 - P_2$ を示し、(C) 図は流量計を取去つて前記の中間片を挿入して描かせた圧力差記録である。この (C) 図は慣性圧力差 p_i の経過を示すものと考えてよい。故に (C) 図を (B) 図に重ねて得られる $p - p_i = p_s$ [§ 1, (2) 式参照] は流速の 2 乗に比例する部分である。實際 p_s の経過は (B) 図に記入せる如く、脈搏源が複突起カムなる事より、期待される通りの脈搏状態を現はしてゐる。

この様にして全圧力差 p 中に混入せる p_i の割合が共鳴回轉數の場合特に大なる事を確め得た。

尙第 40 図に就て付け加へたいのは、慣性圧力波の基調の昭和 11 年 2 月]

外に第 3, 5 及び 7 次⁽⁵⁾の圧力波も a_m 曲線に影響を及ぼしてゐる事である。併しこれ等は基調の影響に比して甚だ微弱である。

(B) 單突起カムを用ひた場合。実験結果は第 42 図に示す如く略第 40 図と似てゐるが、 $60N_1/n = 3, 5, 7$ (或は $30N_1/n$

第 41 圖 流れの脈搏と管の自由振動とが共鳴に近き場合の圧力差経過

第 42 圖 單突起カムを脈搏源とする実験結果

$= 1\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2}, 3\frac{1}{2}$ にも共鳴の跡を認め得る。この場合、 $60N_1/n_1 < 8$ にて $a_p \approx a_0$ なる故この範囲ではこの流量計は最早計器の資格を失ふ事を知る。

20 直接法に関する結論

(5) 1 端閉ぢ他端開きたる管の高次振動數は常に基調の奇數であるのは音響理論の教ふる處である。

(1) 脉搏流中に置かれた絞り流量計の圧力差はこれを横切る速度の2乗に比例する部分と慣性圧力差とより成る事を実証した。従つて瞬時圧力差の平方根の平均値を求むる方法には常定流で検定された流量係数値を適用し得べき有効範囲が制限される事を知る。

(2) 然るに管の流入口或は流出口に気槽を設け、脉搏源とは反対の側に対称形ノズルを取付けた場合即ち容量を挿入した場合には毫も有効範囲は制限されぬ。

(3) 脉搏源に直結された管の途中に対称形ノズルを置いた

場合の有効範囲は次式で表はされる

$$at_0 > 2.5 T_1$$

但し t_0 は脉搏週期、 at_0 はその間に脉搏源が流れを生じてゐる時間、 T_1 は管の自由振動週期である。

本研究は日本學術振興會の援助を厚ふし、東北帝国大学水力学実験室で行はれた。実験には高野清一君、渡邊力君及び大場四郎君の助力に負ふ所が多い。附記して関係各位に深く感謝の意を表す。(昭和 10 年 8 月 仙台にて)

指 圧 計 の 取 付 管 に 依 る 自 由 振 動

(昭和 10 年 10 月 17 日 名古屋臨時大會講演會に於て講演)

正 員 前 川 道 治 郎⁽¹⁾

Free Vibration of Indicator due to the Attachment

By Michijirô MAEKAWA, Member

摘 要

指圧計内を充す気体の自由振動を音響学理論を適用して論じ、その結果を実験に依つて吟味した。

1 緒 言

指圧計に忠実なる指示を期待するには周知の如くばねの自由振動数のみならず、取付管を充す気体柱の自由振動数をも充分高くすべきである。最近の高速度指圧計は總てばね或は作動部の自由振動数を高めるのを目標として発達を遂げたものであるが、実用に際して取付管に注意を怠ればその特徴を没却するに至るのは周知の事実である。然るに取付管の自由振動数は、従来これを1本の管より成るものと假定して計算されてゐたが⁽²⁾ 実際気体の占むる空所は弾性槽 (ばね仕掛けのピストンを嵌めた円筒或は金属円板で被はれた容器) と連結管とより成る。次に斯様な実際の場合に就て、筆者は音響理論を適用してその自由振動数を求め、次いでその計算を実験的に検討した。

第 1 圖

2 理 論

記号	P = 絶対圧力	ρ = 平均密度	γ = 定圧及び定積
	比熱の比	$a = \sqrt{\gamma P / \rho}$ = 音響速度	
	n = 自由振動数	$2\pi n = \omega$	$\omega / a = k$
	ξ = 変位	X = 容積変位	p = 超過圧力
	V = 円筒容量	l = 管の長さ	s = 管の断面積

茲には音響速度 a を一定と看做す。併し実際の機関では a は変化する故、次に求むる自由振動数は実際の機関ならば或るクランク位置での値である。

1. 弾性槽 指圧計の気筒容量 V は圧力差に比例して変化する。その変化率 ($dV/dp \equiv C$) はばね常数に依る或る一定値である。今指圧計に X なる容積の気体が流れ込んだものとすれば気筒内には

$$p = a^2 \rho (X - Cp) / V$$

なる圧力超過を生ず。然るに $a^2 \rho = \gamma P$ なる故

$$p / X = a^2 \rho / (V + \gamma PC) \dots \dots \dots (1)$$

2. 管 管内気体の振動方程式

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

に $p \cos e^{i\omega t}$ と置けば $\frac{d^2 p}{dx^2} + k^2 p = 0$

故に $p = A \cos kx + B \sin kx$

然るに運動方程式

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

に $\xi \cos e^{i\omega t}$ と置けば

$$a\omega\rho \cdot \xi = -A \sin kx + B \cos kx$$

$X = s\xi$ なる記号を用ひ、管の一端 $x=0$ にて $p=p_1$, $X=X_1$ とし、他端 $x=l$ にて $p=p_2$, $X=X_2$ とすれば

(1) 東北帝国大学

(2) C. W. Fieber, ATZ 1934, Heft 20.