に一致し⁽¹⁴⁾、 α は β から求められるから、これ等の値を用ひて、第 10 図を作製する。この曲線を式に表はすために、図から

$$[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}/b_0 = E'\alpha^3 + F'\alpha,$$

なる式を想定して、定数 E' 、 F' を最小自乗法によつて定める時は、次式が成立する。

$$[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}/b_0 = 3.848 \times 10^{-6} \times \alpha - 9.654 \times 10^{-12} \times \alpha^3 \dots\dots(33)$$

但し α は噴出口端角度を度数で表はした数であつて、 $\alpha \leq 180$ の範囲にある。

(33) 式より $[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}/b_0$ を計算して、原計算値と比較すれば、最大誤差は α が大なる時に起り ± 0.0003 である。 α が小になれば、誤差は上記誤差の約 $1/4$ になる。それ故噴出口端角度 180° ($n=2$) $\sim 36^\circ$ ($n=10$) の範囲における平面流れ口の収縮量 $[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}/b_0$ は (33) 式で表はされるものと見てよい。噴出口端角度 α が小なる範囲は、(33) 式より知られる如く、収縮量の変化は α^3 には殆ど無関係となり、 α に対して直線的变化をするから、計算を待たずして、第 10 図の $[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}/b_0$ 曲線を延長して、噴出口端角度 36° よりも小なるときに適用して差支

ない。尚第 10 図には、上記 $[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}$ から計算した収縮係数をも記入してある。

第 10 図 平面流れ口

8. 結 語

以上の計算によつて、流体がノズルから噴出する場合における流体の外形並に収縮量が明らかにされ、それに附随して収縮係数及び平面流れ口の諸量が導かれた。この理論計算においては、噴出流体は決して乱れを起さず、ノズル出口端から ∞ 迄の位置で軸線に平行な流線になる事を仮定してゐる。然し実際の場合には、一般に知られてゐる如く、必ず乱れが起り、出口端から或距離進行すれば、上記理論流線とは異なつて来て、外見上、巾が廣くなる。従て外見上、最小巾の位置⁽¹⁵⁾がある。この位置は、ノズル出口端角度、ノズル入口通路壁間隔とノズル出口巾との割合等によつて変化する事は、本計算からも予想されるが、実際の位置を決定するには、実験の援けによらなければならぬ。

終りに Hussein El Deeb 氏の論文閲覧につき、便宜を與へられた東北帝国大学工学部の宮津博士に対し、深く感謝の意を表する。(本論文に対する討議 26 頁参照)

(昭和 15 年 2 月 13 日 受付)

光電池に依る水管の流量測定に就て⁽¹⁶⁾

(昭和 15 年 2 月 7 日 日本機械学会広島地方講演會に於て講演)

正 員 高 井 英 明⁽¹⁷⁾

摘 要

水管中に着色水を瞬間的に噴射せしめ水流と共に着色水の流動を起さしむ。この着色水が通過することに依て管線中一定距離に装置したる光電池(光電管)の感光電圧に変化を起さしめ、これを時間的に測定することに依り流速及び流量を決定せんとする新方法(実用新案)の実験報告である。

1. 緒 言

水管内の流量測定の方法として 1923 年米国の C. M. Allen⁽¹⁸⁾氏の発表したる塩水速度法は各種の実験及び理論的研究の結果、今日にてはその実用價值は充分認められ廣く利用されてゐる有名な方法にして米国にてはこの方法を水力発電所の流量測定規格⁽¹⁹⁾の一方法に撰定されてゐる。

(14) $[(y_{nF})_0]_{\lambda=\infty}/b_0$ の精確なる数値計算は、(26)~(31) 式の中に含まれる λ を、 $\lambda=\infty$ とした時の極限値を計算すればよい。第 10 図には、斯くして求めた第 2 表最下欄の値を用ひた。

(15) Vena Contracta.

(16) On the measuring method for the water flow in pipes by Photo-Cells.

(17) Hideaki TAKAI, Member, The Hiroshima College of Technology. 広島高等工業学校。

(18) Worcester Polytechnic Institute of Technology.

(19) Testing Code for Hydraulic Turbines.

この塩水速度法に関しては我が国に於ても夙に研究され又實地に應用された結果の発表も少なく又貴重なる研究論文⁽²⁰⁾の発表も多い。筆者はこの塩水速度法の塩水に代り着色水を水管内に瞬間的に噴射し、その電極の代りに光電池又は光電管を利用する流量測定法を考案し、その実験結果を報告せんとするものである。

2. 光電池流量計の要領

光電池流量計の要領は甚だ簡單であつて第 1 図の実験装置に就て見る如く先づ塩水を用ひる代りに光線に影響を與へるが如き着色水を水管中に発射出来る装置とする。又水管中の

(20) 例へば、兼重寛九郎氏、塩水速度量法に就て、日本機械学会誌 35, 180, (昭 7-4), 287.

昭和 15 年 5 月]

2 標点に於て、夫々水管に孔を穿ちこれに硝子の窓を作つて置く。而して一方の窓より電燈その他適當なる光源に依る光線を入れ、この水管を横断する對應の窓に光電管又は光電池を装置する。従て若し着色水雲が流動してこの光線を遮断すれば光電池により發生する電圧の変化が起る。この電圧の変

て、その通過時間を決定すれば良い。但しこの装置は元來その使用目的を異にするためにそのまゝでは充分信頼する結果を得られなかつたが適當にこれを改良すれば本目的には都合の良い機械になると信ずる。

次に簡単に 2 箇の光電池を使用して夫々直接 ミリボルト・メータ に接属し、この 2 箇の電圧計の針の振れる瞬間を、秒時計にて測定して通過時間を決定する方法にて実験を行ひしが、本実験の如くその標点距離の短きものには擴散の影響も少き故、測定者が熟練さへすれば相當正確な結果を得られることを経験した。

茲に記した実験結果は主にこの方法によつたものである。

尙 オシログラフ を利用すれば最も理想の方法と考へられる。

着色液は光線に影響を與へるもので水によく溶解し、噴射孔を閉塞したり、有毒、有害のものでなければ如何なるものにも 良い筈である。本実験には 過マンガン酸カリ の約 60 倍より 100 倍の溶液を使用して見たが非常に都合良く実験が出来た。本液は稀薄になれば衛生上にも差支なく又塩水の如く金属を侵蝕することも少く、塩水ほど擴散速度が速かでないので都合がよい。

第 1 図 実験装置

化を時間的に記録測定すればこの 2 標点間を流過する時間が決定出来同時に流量、流速を算定することが出来る。

即ち塩水速度法では主に電流の変化で測つたのであるが、この方法にては主に電圧の変化で測定するのが便利であり、この計算方法は塩水速度法と同様の要領にて行ひ得る。

3. 実験装置

先づ予備実験として内径 44 mm, 標点距離 2 m の硝子製直線管にて実験を行ひその着色水雲の流動状態及び本装置の正確度等に就て研究をなし、その結果より本実験を行つた。

本装置は本校水力実験室に存在する内径 150 mm, 標点距離 3 m の垂直鑄鉄管を利用して本実験装置を取付けて行つたものゝ報告である。

第 1 図は本実験装置の大略にして、3 m の標点位置に於て径 25 mm の孔を穿ち、これに水密の硝子窓を設けた。

光源としては マツダ製ホトリレー用 15 燭光の投光器を用ひ受光器としては マツダ製光電池 或は マツダ製ホトリレー用光電管及び増幅器、光電記録装置を利用した。

大体この マツダ製ホトリレー用の 光電記録装置は光線が遮断された場合を記録する關係で本実験目的には甚だ都合のよい機械と思ひ使用したのであつた。その結果は第 2 図の如き矩形の図形が得られる。

第 2 図(A)は二つの光電管を併列に結線したる場合であつて初めに画かれる矩形より後に画かれる矩形の巾が廣く出るのは着色水の擴散の影響である。(B) 及び (C) は切り換えスイッチを用ひて二つの光電管を別々に記録装置に作用せしめた場合である。而してこの矩形の図形の図心間の距離を以

第 2 図 光電記録装置に依る記録

この着色液は着色液槽に貯藏し、手動空気ポンプを以て水管内の水圧より約 1.5 kg/cm^2 高い圧力を保たしめた。

着色液の噴射は第 1 図下部に示す 噴射用コック を約 1/5 秒間開放することに依て行ひ、噴射ノズルはなるべく均一に液を流水中に撒布する目的で流れに逆向して噴射せしめるが如く取付けた。

第 1 図の下部に整流羽根を取付けたのは、この水管の入口にある 90° 曲管の影響を少くする目的である。従て長い直管に應用する時はその必要は勿論ない。

水は 150 mm, 15 HP, 電動タービンポンプ に依て送り込まれ途中に、ベンチュリ管を装置して流量を計測し、尙この水管の最後を量水槽に導くやうにして再計量を行つた。

流量の調節は管の入口にある堰止弁の開度を色々に変更して実験を行つた。

4. 実験結果

実験結果の一例を第1表に示したが、その誤差は大約1%～2%以内に保ち得た。第3図はその結果に依り縦軸にこの標点距離を通過する測定時間を取り、これをもとにして次式に依り簡単に計算で得た結果を横軸に取る。

$$Q = V/t$$

式中 Q は単位時間の流量

V は標点間の管内容量

t は測定時間

この結果が第3図の×印である。

第1表 実験記録

実験番号	光電池に依る測定時間 s	測定流量 l/s	ベンチュリに依る 実際流量 l/s	誤差流量 l/s	誤差 %
1	1'45	36'0	35'2	+0'8	+2'3
2	1'65	31'7	32'7	-1'0	-0'3
3	1'80	29'7	30'0	-0'3	-1'0
4	2'00	27'0	27'3	-0'3	-1'1
5	2'20	24'7	25'0	-0'3	-1'2
6	2'65	20'8	20'5	+0'3	+1'5
7	2'90	19'0	18'7	+0'3	+1'6
8	3'50	15'5	15'6	-0'1	-0'6
9	4'40	12'0	11'9	+0'1	+0'8
10	5'80	8'4	8'5	-0'1	-1'2

次にこの各の測定時間の実際流量を計量した結果に依て曲線を引けば大体よく一致してゐることが判る。

但し流速が極く速きか反対に極く遅い時は乱流と流線流との関係にてその誤差が多くなるとする傾向があるので測定上注意を要する。尙硝子窓は水泡が集つて停滞しない様な構造にして置く必要がある。即ち水泡が流れのために踊り乱反射をするので感光々線に影響を與へ測定上誤差が多くなるので注意すべき点である。

第3図 実際流量曲線と測定値との比較表

5. 結 言

- (1) 光電池流量計は目的に依れば塩水速度法と同様に充分実用価値あるものと信ずる。
- (2) 水管を横断する電極のないことは本装置の最も特長とする点にして、流水抵抗に依る損失水頭なく、種々な電極の故障の影響がない。
- (3) 塩水はその擴散速度が、この着色液より速かなれば標点距離の長いものには誤差が多くなる傾向がある。
- (4) 本装置の欠点は水の濁度の多いものには利用困難である。但しこの点は塩水速度法に於ても亦同様の関係にあるものと思はれる。
- (5) 本装置の原理に依り空気の如き気体の流動の測定も亦可能にして、この場合は着色液の代りに適當なる発煙剤を用ひれば良い。

終りに臨み本実験に際し直接間接種々御助言御指導を賜はつた広島高等工業学校の諸教授並に直接実験に関係して戴いた機械工学科職員の難波悟、田坂耕平の両名に深く感謝の意を表する。

(昭和14年12月17日受付)