

水撃圧における減衰についての研究

東北学院大学工学部 正会員 河野幸夫
東北学院大学工学部 学生会員 ・今野好孝

I まえがき

水撃現象の発生要因を、それによって起るエネルギーの大きさなどについての解析は数多くなされてきてはいる。しかし、その反面水撃圧の減衰および減衰要因に関してはまだまだ研究中で正確には把握できないのが現状である。そこで、本研究では実験装置内に水撃圧を発生させ、各流速ごとに水撃圧の第一波だけを記録しその減衰およびWave Speedの理論値に対する比較検討を行なった。

II 水撃圧実験

1. 実験装置

図-1 のように上の水槽(17m×3m×1.2m)より下の水槽(10m×10m×1.0m)に鋼管(管径52.35mm, 厚さ4.23mm)をつなぎ、下の水槽より3.5m上流部に遮断弁を取り付け、その手前0.3mと17.12mのA, B2地点に圧力変換器を取り付ける。下の水槽に落ちた水はポンプにより上の水槽に上げられ、上の水槽の水位を一定に保つことができるようになっている。鋼管は2インチだけ使用した。

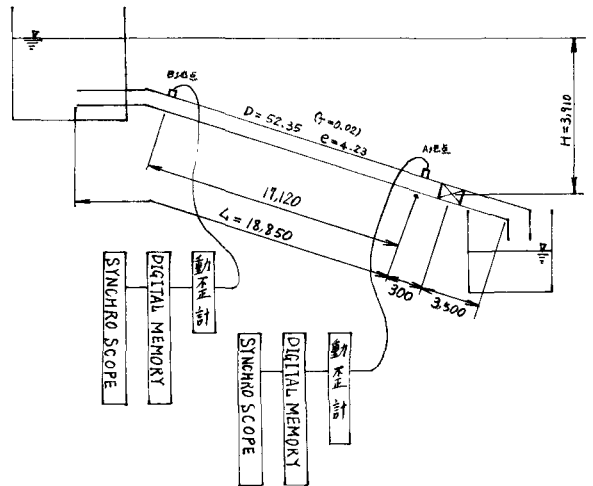


図-1 実験装置 (単位:mm)

2 実験方法

落差約4mを利用し、自然流下式にて流速0.02, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 m/secを管内に作り出し、遮断弁にて急激に閉塞することにより水撃圧を発生させた。発生した水撃圧は圧力変換器より動歪計を通り、DIGITAL MEMORYにて波形を記憶させ、SYNCHRO SCOPEでCHECKした後、PEN RECORDERにより2つの波形を書き出させた。

III. 水撃圧の理論と解析

1 Wave Speedの理論値

Wave Speed a は(1)式で表わされ、 C は管の固定条件によって異なる。

$$a = \sqrt{\frac{K\rho}{1 + (K/E)(D/e)C}} \quad (1)$$

ここで、 D =管径、 e =管の厚さ
 E =鋼管の弾性係数= $2.11 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

K =水の体積弾性係数= $2.11 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, ρ =水の密度= 101.97 kg/m^3 , μ =ポアソン比=0.30

C =上端のみ固定より $=1-\mu/2=0.85$

以上の値を(1)式に代入するとWave Speed a は1368.1 m/sec となった。

2. 水撃圧の理論

管内における水撃理論は一般に、一次元非定常流として取扱いオイラーの運動方程式(2)式と連続方程式(3)式のlinear Combinationをとリ、特性曲線法にてコンピューター解析を行なフ。

$$\frac{\partial V}{\partial s} V + \frac{\partial V}{\partial t} + g \frac{\partial H}{\partial s} + \frac{f}{2D} V^2 = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial s^2} \frac{\partial V}{\partial s} + \frac{\partial H}{\partial s} V + \frac{\partial H}{\partial t} - \frac{\partial s}{\partial s} V = 0 \quad (3)$$

上流端境界条件は水槽なので Head はその静水圧を用いる。下流端境界条件は遮断弁(手動)で独特の流量特性をもっているのではあるが、ここでは瞬間的に閉塞をするので、弁は直線的に閉塞するものと仮定して解析を行う。

表-1 各流速の水撃圧, 減衰, Wave Speed

流速 (m/sec)	0.02	0.1	0.5	1.0	1.5
最大水撃圧 A (kg/cm ²)	0.67	0.87	6.23	13.35	17.50
理論値 (kg/cm ²)	0.68	1.79	7.34	14.28	21.22
最大水撃圧 B (kg/cm ²)	0.37	0.62	2.38	7.13	13.62
理論値 (kg/cm ²)	0.32	1.43	6.97	13.89	20.80
減衰率 (%)	0.33	0.37	3.84	6.22	3.88
理論値 (%)	0.36	0.36	0.37	0.39	0.42
Wave Speed A (m/sec)	1179.28	1347.74	1279.38	1354.03	1267.44
Wave Speed B (m/sec)	144.37	157.43	174.58	222.37	297.06

上表の減衰率を管 1 m 当りの長さに変算すると下表のようになる。

表-2 単位長さ当りの減衰量

流速 (m/sec)	0.02	0.1	0.5	1.0	1.5
減衰量 (kg/cm ² /m)	0.02	0.02	0.23	0.37	0.23
理論値 (kg/cm ² /m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03

IV. 結果および考察

表-1 には、各流速における A 地点と B 地点の水撃圧の最大値と理論値、各流速における減衰と理論値、Wave Speed を示した。表-2 は単位長さ当りの減衰を示したものである。図-3 は流速 0.5 m/sec の時の理論波形と実験波形を重ね合わせたものである。図-4 は実験値と理論値の減衰、実験理論値とをプロットしたものである。表-1, 2 より流速が 0.02, 0.1 m/sec では、減衰量は理論値とほとんど違わなく、

流速が 0.1 m/sec を超えると減衰が大きくなっていく。又、B 地点で起った水撃は理論値よりはるかに低く出ているのに対し、A 地点ではほとんど変わらない水撃圧が起っている。このことは、A 地点で起った水撃が B 地点に行くまでに理論値より大きな減衰が起きているということであり、理論値にはマサツ抵抗の項しか含まれていないが、実際にはマサツのほかは管の振動なども減衰に大きな影響を及ぼしているものと思われる。Wave Speed においては、表-1 より A 地点では理論値に近い値が出ているにもかかわらず、B 地点では理論値をはるかに下まわっている。これは、理論計算には管の性質についての項がなく、管の長さに関する項が含まれているいからであると考えられる。

最後に、この実験において、指導なってくれた河野先生、ならびに大場君、大寺君、など、各氏の御協力を中心に感謝する次第であります。

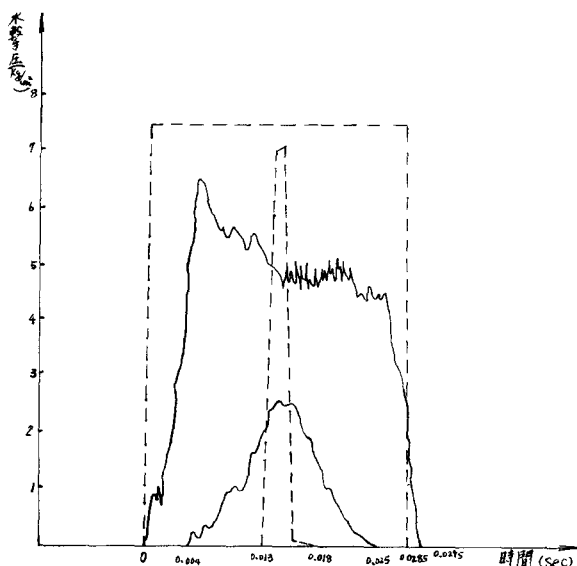


図-3 水撃圧の理論波形と実験波形

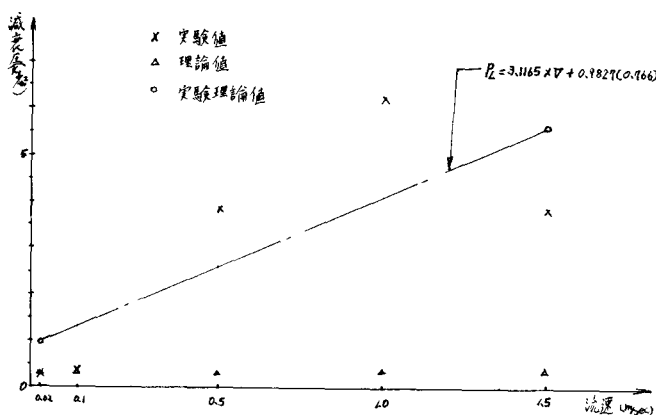


図-4 減衰量