

II-106

水道用鋼管の急閉鎖における水撃圧の波形形状について

東北学院大学工学部 学生会員○安住光

東北学院大学工学部 正会員 河野幸夫

I. 序論（研究目的）

本研究は、実際に水道用鋼管内に水撃現象を発生させて水撃圧の実験波形をとり、以下の項目について、実験により得られたデータについて検討し、また理論値と比較することにより考察して、水撃現象の基本的な部分について学ぶことを目的として行う。

- 1) 実験で得られた水撃波波形について。
- 2) 水撃圧の伝播速度について。
- 3) 水撃圧第一波最大圧力、最低圧力について。
- 4) ライニング鋼管における水撃現象との比較

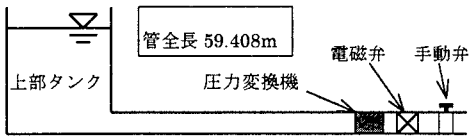


図1 実験装置図

II. 水撃圧について

下流へ向けて水が自然流下している管の末端の電磁弁を急閉鎖すると、弁の前面で圧力が急増し、その圧力波は a の速度をもって上流方向に伝播する。弁からの距離が x である断面に圧力波が到達したとき管内の圧力分布は図に示すようになり、圧力の後方における流速は 0 となる。この圧力波は、広いタンク抜けている管端へ到達すると、管の外側（タンク内）では圧力は上がり得ず、管内と管外とでは不連続な圧力分布となる。しかし、その直後には管端における不連続な圧力差のため、管内から外側へと流れが生じ、圧力は低下する。その時生じる不連続な圧力差の境界面は、逆に管路内を下流方向へと伝播していく。このようにして、伝播する低压波が電磁弁に戻ってくると、弁に隣接する流体部分では、左側への流れの慣性力のために圧力が最初の値を通り越し、過度に下がる。そしてその低压部分が同じように管上流方向へと伝播して行く。したがって、その後はこの過度に下がった圧力のために、管端から引張り力が働き、流体を管内に引き戻す。その流れがさらに弁に衝突し、最初と同様

じ現象が繰り返される。

しかし、流体の粘性のためエネルギーは消散されるので、この現象がながく継続することはない。

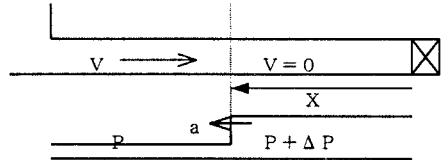


図2 管内の圧力の伝播図

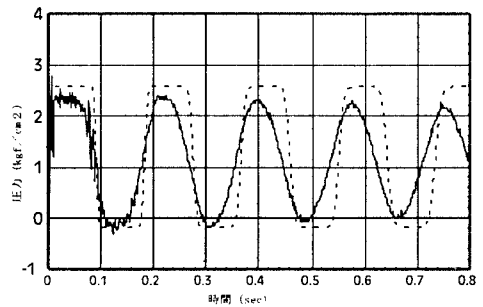
III. 実験手順

上部タンクに水を貯め、正水圧や流速を一定に保つために水をオーバーフローさせる。オーバーフローを確認後、下流の水槽に向けて水を自然流下させる。流量が安定したら下流の手動弁を調節して流速を測定した後、電磁弁を閉じ、水撃圧を発生させる。圧力変換機を通してコンピュータに波形データを保存する。

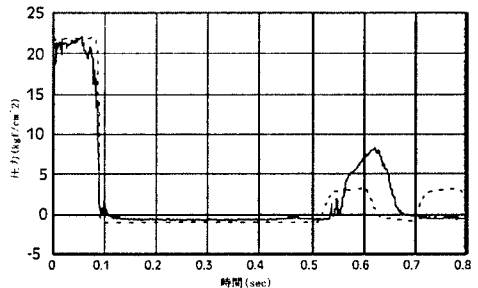
IV. 実験結果と考察

- 1) 実験で得られた水撃波波形について

流速0.100 (m/sec)

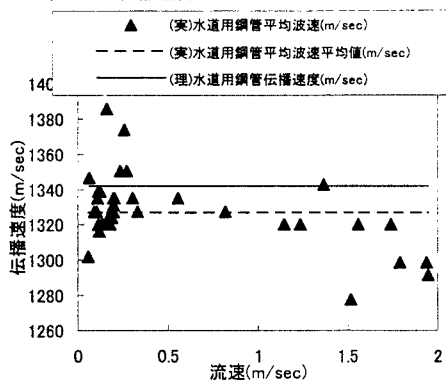


流速1.517 (m/sec)



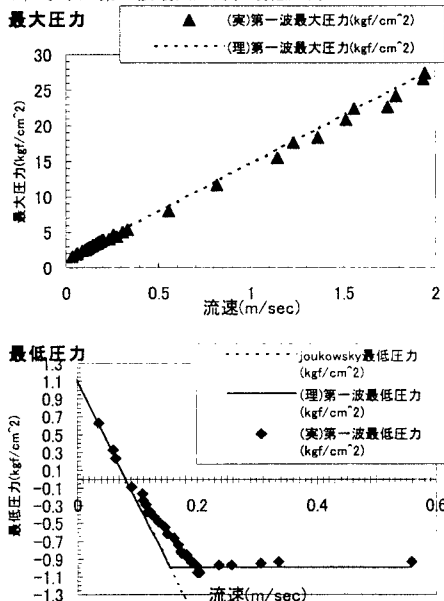
理論値と同様の規則性をもつ波形が得られた。

2) 水撃圧の伝播速度について



本研究における伝播速度の理論値が 1341.73m/sec であるのに対し、実験結果の平均値として 1326.735m/sec という値が得られた。グラフを見ると、各流速における伝播速度は常に一定の範囲内に分布しており、第一波正圧部において伝播速度は流速に関係無く一定の値をとることが分かった。

3) 水撃圧第一波最大圧力、最低圧力について



上のグラフは最大、最低圧力実験値を $\Delta H = a / g \cdot \Delta V$ (ジェーコフスキー式)により計算した値と比較したものである。最大、最低共に実験結果は理論値と近い値を示し

ていることが分かった。また、最大圧力については実験値は常に理論値よりも低い値をとる傾向が見られる。最低圧力については負圧部に入ってからの実験値の勾配がやや緩やかになっていることが分かった。これについては、水に含まれる空気量の関係で -1 kgf/cm^2 (気化圧)に達する前から気化が起きていることが考えられ、その影響によるものと考えられる。

4) ライニング鋼管における水撃現象との比較

ライニング鋼管における水撃現象との比較では、伝播速度についてと、第一波最大圧力についての比較を行った。

①伝播速度について

伝播速度の実験値の平均値としては

水道用鋼管：1326.735 m/sec

ライニング鋼管：808.400 m/sec

という値が得られた。これによりライニング鋼管の伝播速度には約 518 m/sec の遅れが見られることが分かった。これについては、鋼管の弾性係数とライニング鋼管の内側にコーティングされている塩化ビニルの弾性係数の違いが大きく影響していると考えられる。また、ライニング鋼管の伝播速度は流速が速くなるにつれて徐々に大きくなっていく傾向が見られることが分かった。

②第一波最大圧力について

$\Delta H = a / g \cdot \Delta V$ の式により、伝播速度の遅れにより圧力の変動の値が小さくなるということが導かれる。実験データにおいてもこれを満たす結果が得られた。

V. 結論

- 1) 理論値と同様の規則性をもつ波形が実験でも現われていることが分かった。
- 2) 本実験では第一波正圧部における伝播速度の実験値として 1326.735m/sec という値が得られた。
- 3) 最大圧力、最低圧力共に理論値に近い値を示していることが分かった。実験では最低圧力は流速が 0.199m/sec 付近で気化圧に達することが分かった。
- 4) ライニング鋼管は実験では伝播速度は 808.400m/sec という値を示しおり、鋼管のみの場合の実験値よりも、約 518m/sec の遅れがでることが分かった。