

水撃圧による塩化ビニル管の衝撃的破壊について

東北学院大学 学生会員 小林 恭介
 東北学院大学 学生会員 菅原 康太
 東北学院大学 正会員 河野 幸夫

1. 水撃圧とは

水の流れでは一般に、水の圧縮性を無視することができる。しかし、管路で高速に流れる水を急激に遮断した場合に水の持っている高い運動エネルギーは水の圧縮と管の弾性変形に費やす仕事へと急変換され圧力が急上昇される。または逆に静止状態の管路内の水が管末端の急な開放によって水が急に流れ出す場合には、水の圧縮と管の弾性変形のエネルギーが瞬間に解放され速度エネルギーに急変換されるため圧力の急降下が生じる。このように水流を急閉鎖または急解放した時に発生する正または負の変化圧力を水撃圧という。また、上記のように水撃圧は水の圧縮性及び管の伸縮を考慮しなければならない。

2. 水撃圧破壊実験目的

水撃圧が管路にどのような影響を与えるかを考慮するため、上部水槽から下部水槽へと自然流下させ、管路内に取り付けられた緊急遮断弁を急閉鎖することによって、水撃圧を発生させる。その際に発生した水撃圧によって、管路に接続した塩化ビニル供試体を破壊する。この実験によって得られた実験結果を以下の項目について検討する。

- (1) 破壊・非破壊の境界線を調べ、供試体の強度を求める。
- (2) 供試体破壊時の流速、载荷時間と力積の関係について調べる。
- (3) 応力・ひずみ曲線より、平均ひずみ速度を求める。

3. 水撃圧破壊実験方法

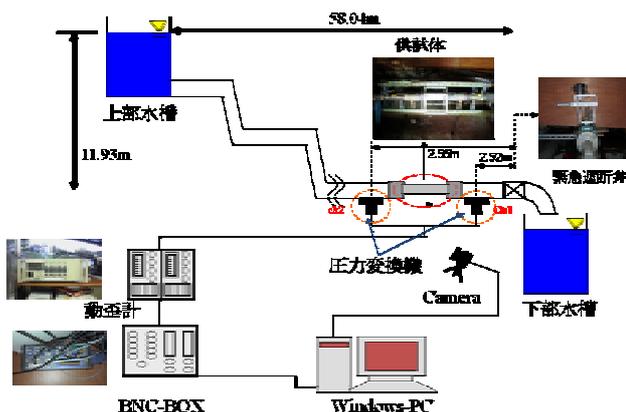


図 1 水撃圧破壊実験装置図

- (1) 塩化ビニル供試体を実験装置に接続し、偏心、引張りなどのほかの作用が働かないように十分に注意してL字フレームを取り付ける。
- (2) 塩化ビニル管の鉄管部分に圧力変換機(CH1,CH2)を取り付ける。

(3) 遮断弁、手動弁を全開にし、上部水槽から自然流下してくる水を下部水槽へ流出させる。水を流出させる際は、静水圧、流速を正確に測定するために上部水槽をオーバーフローさせておく。

(4) 流速を測定する。流速は手動弁そばについている電磁流量計の値を読むことで求める(ただし、後々自分たちで求めた補正值のデータを参考に流速を測定する)。

(5) 下部水槽に流出する流量が安定した時点で実験装置が繋がれた記録装置が正しく計測できるか確認する。

(6) 気温、水温、破壊状況を記録する。

(7) 遮断弁が閉鎖する。このとき、水撃圧が発生し、供試体は破壊する。

4. 強度を求める式

D: 管の直径 (56mm) E: 管の肉厚(0.4mm)
 P: 圧力 (MPa)(実験で得られた数値を用いる)
 この両者は同じであるため $2eT=PD$ という式が出来る

$$T(\text{N/mm}^2)$$

$$2eT=PD$$

$$T=PD/2e$$

$$P=1.0(\text{MPa})$$

$$T=(1.0\text{MPa}\times 56\text{mm})/2\times 0.4$$

$$=70(\text{N/mm}^2)$$

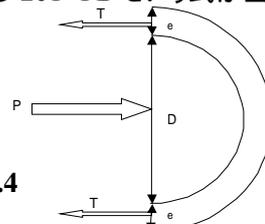


図 2 塩化ビニル供試体の断面図

5. 実験結果

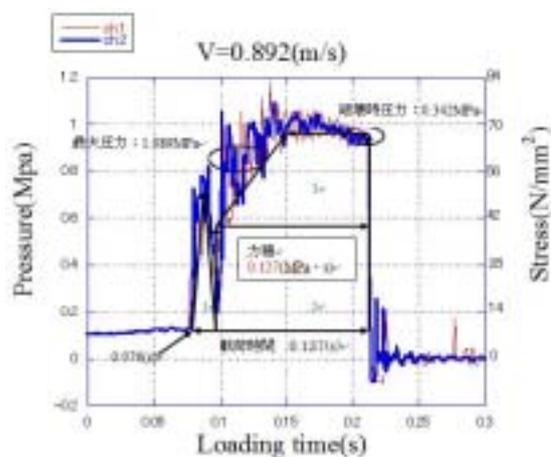


図 3 破壊時(V=0.892m/s)の水撃波形図

図 3 は、流速 0.892m/s で得られた波形である。力積は次のように求められる。

- 1 : $0.02\times 0.596\times 1/2=0.00596(\text{MPa}\cdot\text{s})$
 - 2 : $0.117\times 0.263=0.030771(\text{MPa}\cdot\text{s})$
 - 3 : $(0.063+0.117)\times 0.4\times 1/2=0.036(\text{MPa}\cdot\text{s})$
- $1+2+3=0.06+0.031+0.036=$ **0.127 (MPa · s)**
 破壊の瞬間の画像を次に示す。

キーワード：水撃圧・強度・力積

住所：宮城県仙台市泉区将監 3 - 7 - 3 ファミール AP13 201

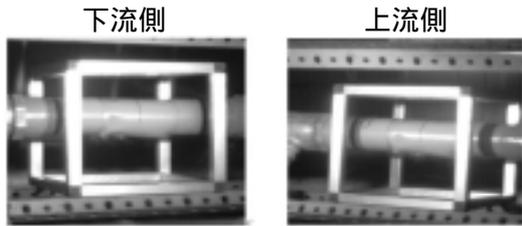


図 4 高速度カメラによる破壊の瞬間の画像

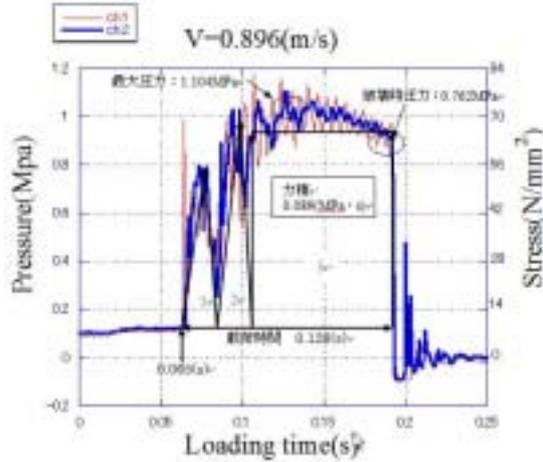


図 5 破壊時(V=0.896m/s)の水撃波形図

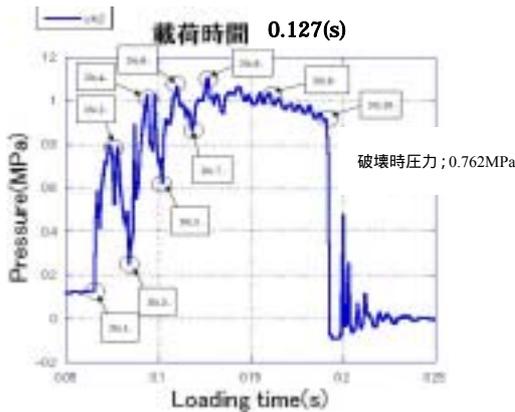


図 6 ch.2 における流速 0.896(m/s)の時の波形

上図のように点を 10 点とり、さらに、no.8 ~ no.10 の間で 10 点とり、計 20 点で、応力・ひずみ曲線を求めた。

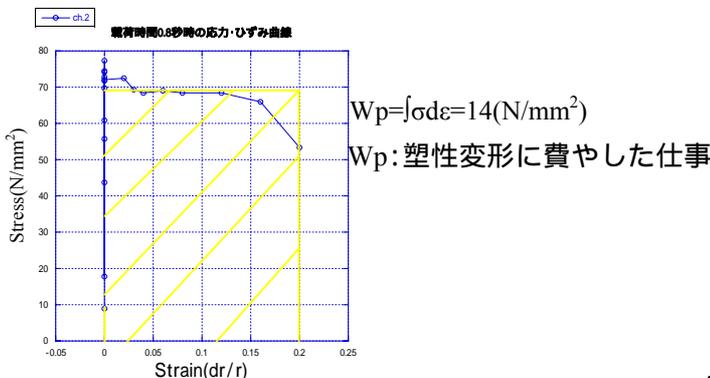


図 7 載荷時間 0.127 秒時の応力・ひずみ曲線

これより、平均ひずみ速度は、 $\epsilon / t = 0.2 / 0.127 = 1.575(1/s)$

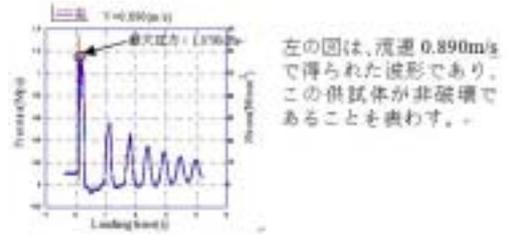


図 8 非破壊時 (V=0.890m/s) の水撃波形図

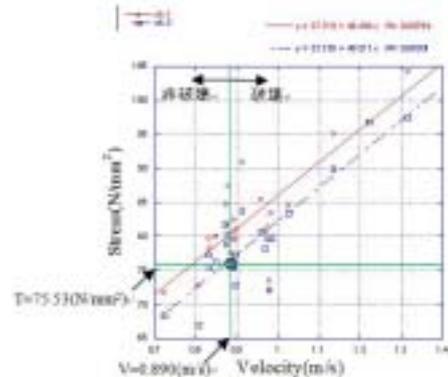


図 9 流速と破壊強度の関係

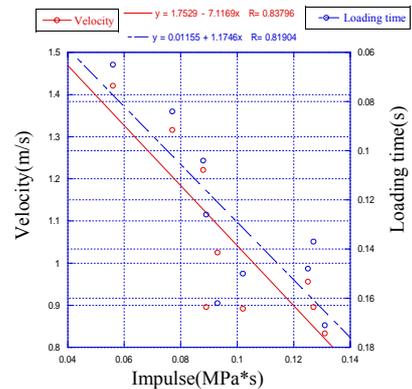


図 10 流速と力積と載荷時間の関係

6. 結論

(1) 塩化ビニル供試体は、最大圧力 1.079MPa (75.53N/mm²) までの水撃圧には耐えられたが、最大圧力 1.089MPa(76.23N/mm²)の水撃圧には耐えられなかった。このことから、塩化ビニル供試体の強度は 75.53N/mm² 以上であることがわかった。

(2) 流速 0.892(m/s)、載荷時間 0.137(s)、力積 0.127(m・s) また、流速 0.896(m/s)、載荷時間 0.127(s)、力積 0.089(m・s) 以上より、流速・力積は反比例関係、載荷時間・力積は比例の関係となる。

(3) 流速 0.896(m/s)における平均ひずみ速度は、No.10 ; ひずみ(E)/時間(s) = 0.200/0.127=1.575(1/s) となる。

7. 参考文献

(1) 相澤幸宏: 水撃圧における塩化ビニル供試体破壊実験、東北学院大学工学部環境土木工学科、卒業論文、2007