

水撃圧による管の衝撃破壊とそのメカニズムについて

東北学院大学 学生会員 柴田 直之

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. 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) 塩化ビニル供試体の破壊強度の算出
- (2) 高速度カメラによる破壊の画像について

3. 実験方法

- (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。流速は単位時間で流出する水量をメ
スシリンダーで測定し、次式より流速を求める。

$$v=Q/A$$

v;流速[m/s], Q;流量[m³/s], A 断面積[m²],

(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
つな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. 実験結果

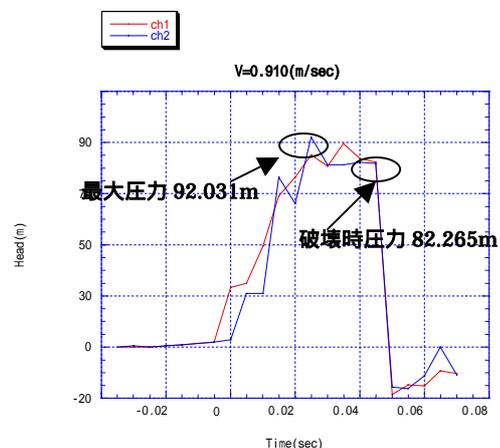


図 - 1 水撃波形図

図 - 1 は、流速 0.910m/sec で得られた波形である。上図
に示したとおり、実験で得られた最大の圧力を最大圧力、
供試体が破裂した瞬間の圧力を破壊時圧力、緊急遮断弁
遮断開始（载荷時間）から供試体が破裂し、圧力が急降
下するまでの時間を载荷時間と定義する。

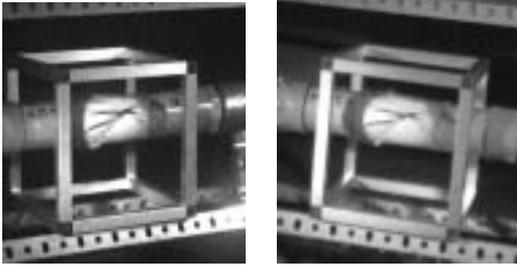


図 2 供試体画像

破壊した場合の画像。X 状に破壊したのがわかる。

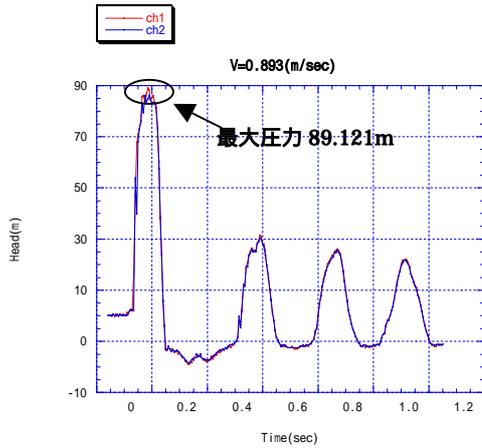


図 - 3 水撃波形図

上図は流速 0.893m/sec で得られた波形である。波形から分かるようにこの供試体は非破壊である。

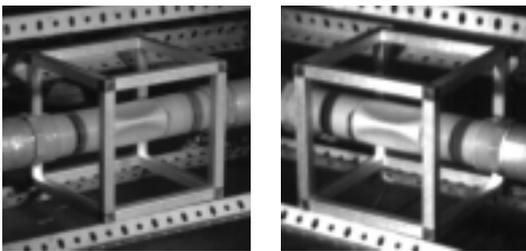


図 4 負圧荷荷時

破壊しなかった場合。負圧がかかって管がへこんだ。強度を求めると

D : 管の直径 (56 mm) 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

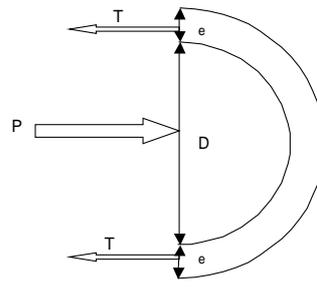


図-5

下の式に代入して、強度 T ($\frac{N}{mm^2}$) を求める。

$$2eT = PD$$

$$T = \frac{PD}{2e}$$

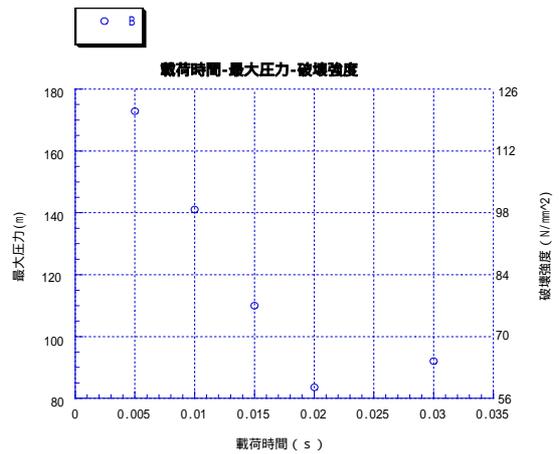


図-6 載荷時間と最大圧力と破壊強度の関係

5 . 結論

(1)塩化ビニル供試体は、最大圧力 89.121m までの水撃圧には耐えられたが、最大圧力 92.031m 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 $62.80N/mm^2$ 以上であることがわかった。

(2)高速度カメラにより荷荷前から破裂後までの映像を撮影した。供試体破壊時には供試体が白く膨張し、X 状に破裂した。また非破裂時には白く膨張したあとに供試体がへこむ画像が得られた。

6 , 参考文献

(1) 相澤幸宏 : 水撃圧によ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