

Ⅱ-299 水撃圧による塩化ビニル管の動的破壊に関する実験と考察

東北学院大学大学院工学研究科土木工学専攻 学生員 佐藤 清彦
東北学院大学工学部土木工学科 正会員 河野 幸夫

1. 研究目的

管路中で弁の急閉鎖によって発生する水撃圧は急激な圧力上昇をもたらす。管路の破壊が起こることはよく知られている。また、水撃圧に関する研究はしばしば行われているが、その影響による管等の破壊を解析する場合は理論的に動的解析が必要ということで、ほとんど研究されてこなかった。そこで、本研究では実際に塩化ビニル管を用い、水撃圧による管破壊の動的破壊と電動ポンプによる準動的水圧载荷の破壊実験を行った。2つの実験の結果を比較し、载荷時間の差によって破壊圧力等にどのような影響が現れるか実験的に解析した。

2. 水撃圧による塩化ビニル管の動的破壊実験

(1) 供試体

破壊実験に使用した供試体は、内径56.0 mm、肉厚2.0 mmの塩化ビニル管（JIS-K6741）を用いた。破壊しやすくするため中央部分100 mmを肉厚0.4 mmに削り落とし、両端にソケットを取り付けてある。

(2) 水撃破壊実験装置と実験方法

図-1は水撃破壊実験装置の概略図である。装置の落差5.94 m、管の延長54.7 mを利用し、水を自然流下させる。下流端には電磁式による急閉弁が設置され、その上流46 cmのところに塩化ビニル製の供試体を取り付けた。流速の調整は急閉弁の下流19.5 cmの位置に設置された手動弁によって行われる。平均流量および平均流速は下水槽に流入した水の体積および流入時間を測定することにより求めた。

破壊圧力を測定する際に注意することは、水撃圧の伝播速度が管の破壊速度より高速なため、入力波と出力波の圧力の誤差が $\pm 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 以内のもので、管破壊に必要な最小水撃圧を起こす流速で実験しなければならないことである。

発生した水撃圧波形は圧力変換器を通じ、動ひずみ計にて増幅された後、オシロスコープに表示される。表示された波形から電圧、時間を計測し、較正值により破壊圧力を計算した。さらに、水温、気温、管の破壊形状、破壊位置、破片の飛距離等を計測した。実験データは偏心荷重、漏水の無いもののみを採用した。

3. 水撃破壊実験結果と考察

図-2は本実験で得られた水撃圧波形の1つである。水撃圧の入力波（装置下流側）は管自身の振動のため、圧力の立ち上がりで振幅が大きくなった。また、出力波（装置上流側）は入力波とほぼ同じ形を示しているが、大きな振幅は示さない。図中の矩形の波形は実験値の流速で水撃圧を特性曲線法により解析したものである。それによると、安定した入力波と出力波は解析値の7～8割程度となった。载荷時間に関しては、実験値は解析値より0.02 secほど短い時間で圧力が減少した。解析値との差異の理由として、解析では管種を鋼管のみとし、管路の曲がりやを考慮していないため、水撃圧の伝播速度が実験値より高くなったためと思われる。载荷時間の差は水撃圧が上流端より反射し、戻ってくるまでに管が破壊していることを示している。

図-3は実験の破壊圧力と圧力の载荷時間をまとめたものである。図中の●が入力波（平均 12.82 kgf/cm^2 ）○出力波（平均 12.93 kgf/cm^2 ）となり、载荷時間の平均は0.076 secであった。破壊圧力と载荷時間は反比例する傾向が得られた。

また、破壊開始位置は断面に対し、どの角度からも全体的に発生し、管の破壊形状に関しては全ての供試体において、ある一点から膨張せずにX状に破壊した。

4. 水圧による塩化ビニル管の準動的破壊実験

供試体は水撃圧による破壊実験と同じものを用い、水撃圧による破壊との差異を求めるため電動ポンプによって水圧を管に徐々に加え、管を破壊させた。図-4は準動的管破壊実験装置の概略図である。水圧を加えるための電動ポンプと供試体部分の間に水の脈動を防ぐためのスタビライザーをつなぎ、供試体は管路軸方向の伸張を防ぐため4本の鉄板にて十字に固定した。破壊圧力、载荷時間を測定するための装置は水撃破壊実験と同じものを使用した。

キーワード 水撃圧 動的管破壊 PVCパイプ

〒985 宮城県多賀城市中央1-13-1 TEL 022-368-1115

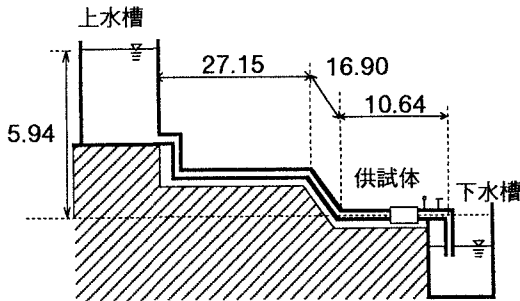


図-1 水撃破壊実験装置 単位 (m)

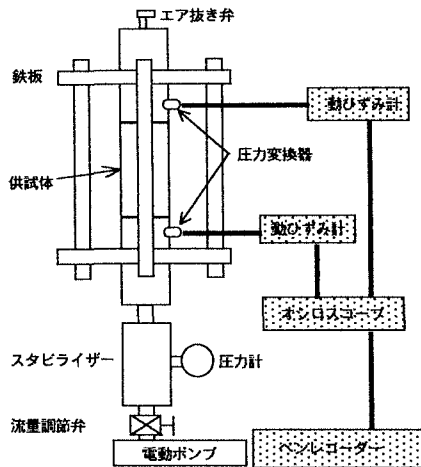


図-4 準動的破壊実験装置

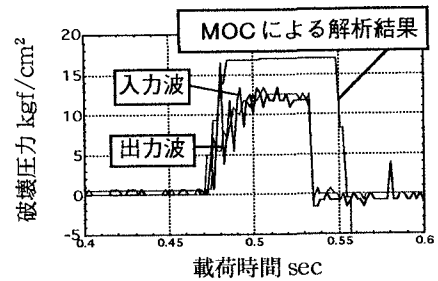


図-2 水撃圧波形

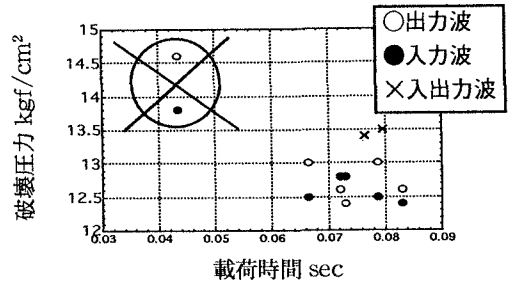


図-3 水撃破壊圧力と荷重時間

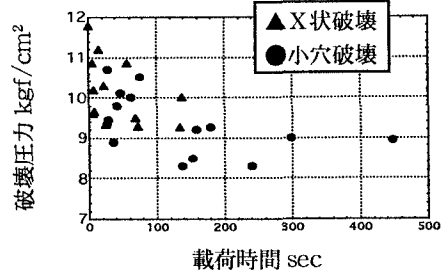


図-5 準動的破壊圧力と荷重時間

実験方法は、初めに装置内部を水で充満させ、荷重開始から破壊までの時間をポンプ側のバルブで調節し、管を破壊させた。破壊圧力、荷重時間を測定し、管の破壊形状、破壊位置、破片の飛距離等を計測した。

5. 準動的破壊実験結果と考察

図-5は縦軸を破壊圧力、横軸を圧力の荷重時間としてデータを集計したものである。破壊形状は大きく分けて2つに分かれた。1つは破壊面がX状に亀裂を生じて破壊する場合、もう1つは肉厚の薄い部分が膨張し、小さな穴を形成する破壊である。図中の▲は管がX状に破壊したもので、●は管が膨張し、小さな穴ができたものである。実験結果より、管の破壊形状は荷重時間が短くなるにつれてX状に破壊し、かつ管の膨張が小さくなる傾向が得られた。また、水撃実験と同じように破壊圧力と荷重時間は反比例の関係が得られた。

6. 結論

- (1) 水撃破壊実験と準動的破壊試験の破壊圧力の比較として、水撃破壊実験の平均破壊圧力は 12.88 kgf/cm^2 となり、これ以上の破壊圧力は準動的破壊実験では得られず、2つの実験を合わせても荷重時間の減少とともに破壊圧力が上昇する傾向が示された。これは管材料強度の速度依存性と衝撃による慣性力の影響と思われる。
- (2) 管の破壊形状は水撃圧による破壊の場合、全ての供試体において膨張せずX状に破壊し、準動的破壊実験の場合、荷重時間が減少するとともに管の膨張が見られなくなり、X状に破壊する傾向があった。

7. 参考文献

- 1) 河野幸夫他、水撃圧による管の動的破壊と準静的破壊の実験的比較研究、土木学会論文集 No.509/ II - 30,55-65,1995.2