

II-32

塩化ビニル管の水撃破壊に関する実験的研究

東北学院大学工学部 学生員○佐々木 省己
正会員 河野 幸夫

1. 実験目的

上流水槽から下流水槽に水が自然流下する管路内に水撃圧を起し、そこに取り付けられた肉厚の薄い塩化ビニル管の水撃圧による破壊実験を行う。実験によって得られたデータは以下の項目についてまとめる。1. 供試体の破壊形状について、2. 供試体最小破壊圧力とそのときの载荷時間について、3. 流速と供試体破壊圧力の関係について、4. 流速と供試体破壊時間の関係について。

2. 実験器具及び実験方法

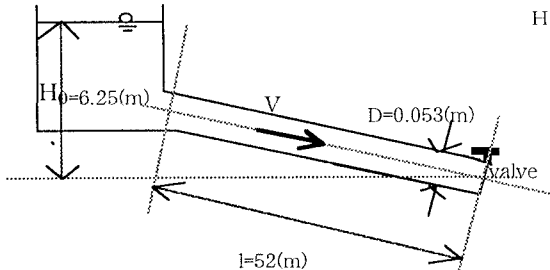


図1-実験管路

図-1 管路(高さ $H_0=6.25$ (m)、長さ $l=52$ (m))の下端部分に流れ方向の長さ10 (cm)、内径5.6 (cm)、肉厚0.4 (mm) の供試体の流れ方向に伸びないように固定し取り付け弁を急閉鎖し水撃圧をおこし、供試体を破裂させる。データを取る圧力変換器は供試体至近の上流側、下流側両端にch.1、ch2の2つを取り付け、その誤差が0.5 (kg/cm²) 以内のものをデータとして採用する。また図-2に本実験管路で水撃を発生させた時の弁付近での時間-圧力波形をグラフに示す、弁を閉鎖した瞬間、圧力は $H+\Delta H$ に上昇し、その状態は $2l/a=0.079$ (s) 持続する。管の形状による損失水頭は0 (m) とし、水撃の伝播速度は1320 (m/s) とする。流速は単位時間あたりに流出する水量をメスシリンダーで量り、管の内径を5.6 (cm) として計算する、これを3回繰り返してその平均値を流速とする。流速は最下流の手動弁で調節する。

3. 実験結果

本実験によって塩化ビニル管を破壊した結果は図-3のようになる。供試体は水撃圧第1波目の約0.08 (s) の間持続する正の水圧を管壁に垂直に受け、破壊に至る。破壊時間は弁を急閉鎖して供試体に圧力がかかり破裂するまでの⑤～⑥間、弾性限界に達する時間は③～④の間、そのときの破壊圧力は最高圧力から静水圧0.6 (kg/cm²) までの①～②間として実験データを記録し、以下のように分類して結果をまとめた。今回とったデータは管路の流速1.1(m/s)～1.74(m/s)の間の19本である、また最小破壊圧力、そのときの破壊時間を求めるために流1.15 (m/s)～1.25 (m/s) 間は重点的に実験をおこなった。

(3-1) 供試体の破壊形状について、

実験の結果供試体は完全に破壊したもの、水撃圧が弱く完全に破壊はしなかったが弾性限界に達し膨らんだものの2つに大別された。完全に破壊したものについては破壊圧力の強さにかかわらず一点を中心にそこからX状に無数のひびが入り破裂する。またそれらを完全に破壊しなかったものと比較すると破壊に至った供試体も一度膨らんだ跡が見られるのでそれらはすべて降伏点を経て、破壊したと思われる。

(3-2) 供試体最小破壊圧力とそのときの载荷時間について、

本実験での最小破壊圧力、そのときの载荷時間は流速1.17(m/s)の時、破壊圧力1.12(kg/cm²) 载荷時間は0.074(s)であった。しかし流速1.22(m/s)で破壊しなかった供試体もあった。これは本実験は、実験時の管路の状況、供試体取り付け時の微小な偏心、供試体そのものの肉厚の微小な違いが破壊圧力、载荷時間に影響

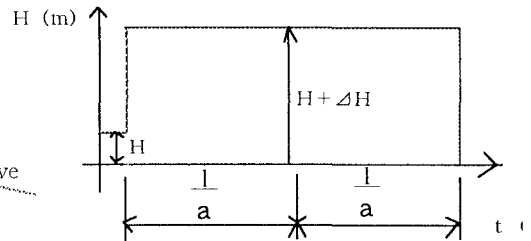


図2-水撃波形概略

損失水頭: $h_L=0$ とする

速度水頭: $V_L = \frac{V^2}{2g} = 0$ とする

圧力水頭: $\frac{P}{\omega}$

$H = \frac{P}{\omega}$ ΔH : 水撃の圧力水頭
 $\Delta H = \frac{a}{g} \Delta V$ a : 伝播速度=1320 (m/s)
 ΔV : 流速

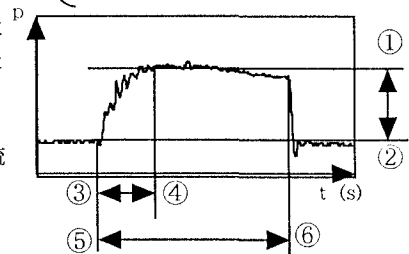


図3-実験波形例

を及ぼしていることが考えられるので流速1.17~1.22(m/s) の範囲のデータを採用し、最小破壊圧力(11.2~12.1(kg/cm²)). 載荷時間0.081(s)とした。載荷時間を限定したことについては結果 (3-4) で示す。

(3-3) 流速と供試体破壊圧力の関係について、

流速と供試体破壊圧力の関係について、図-4 の様に管路の流速を横軸にとり、破壊圧力の推移と、破壊の原因となる水撃圧の推移を表わした所、流速と共に水撃圧が増加するにつれて破壊圧力はそれに正比例して増加するという結果になった。だが実際は水撃圧の増加に対する破壊圧力の増加はわずかなものだ、これは水撃圧が供試体に及ぼす影響よりも、供試体そのものの性質が大きく破壊圧力に関係していると考えられる。

(3-4) 流速と供試体破壊時間の関係について、

本実験管路での水撃の伝播速度は1320 (m/s) であり、2-実験方法、に示す通り弁付近での水撃の正圧の持続時間は0.079 (s) である、故に破壊時間は理論上0.079 (s) 以内でなければならない。図-5の様に管路の流速を横軸にとり、破壊時間の推移と弾性限界に達する時間の推移を表わした所、破壊時間は流速(水撃圧)が増加するにつれて、直線的に減少する結果となった、また図-5から弾性限界に要する時間の変化率よりも、破壊に要する時間の変化率の方が大きい、故に肉厚の薄い塩化ビニル管は、水撃圧のよ様に瞬間的に高い圧力がかかり、持続すると瞬間的に要因となる圧力と比例関係をもち弾性変形し(図-6から弾性変形中は供試体にかかる圧力が振動し弾性変形の終点で収束することがわかる。)、その後の塑性変形に要する時間が長くなるといえる。また本実験で供試体に偏心のかかったものは、この塑性変形に要する時間に著しく一定の規則性から離れたデータが得られたことから、(本実験は水撃圧が供試体内面に垂直に、かつ均一にかかることを前提としている。) 水撃圧のような持続した一定の圧力がかかる肉厚の薄い管の破壊では、塑性変形に要する時間を正確に測るために、供試体に部分的な圧力がかからないように、細心の注意をはからなければならない。

結果 (3-2) で載荷時間を限定したことについて、図-5 から弾性変形時間の推移が流速が減少するにつれて直線的に上昇していることから、仮に破壊しなかった供試体が破壊したとしても、その破壊時間は図-5で直線的に表され、さらに長くなることが予想される。故に本実験管路最低破壊圧力時の載荷時間は水撃の正圧の持続時間0.079 (s) のはずである結果 (3-2) でこれが0.081 (s) になったことについては、供試体の膨らみによる水撃圧の伝播速度の減衰が原因であると考えられる。

4.結論

この実験は気温2℃~9℃の期間に行われたもので、まずこの実験結果は温度2℃~9℃の条件下のデータであると限定される。実験結果または図-6からわかるように肉厚の薄い塩化ビニル管を水撃圧によって破壊するとき、水撃圧が大きいくほど破壊圧力は高い値となり破壊に要する時間は短くなる。また供試体には水撃圧が供試体壁面に垂直に、かつ均一にかかり側面のある一点からそこを中心に無数の亀裂が入り破壊する。

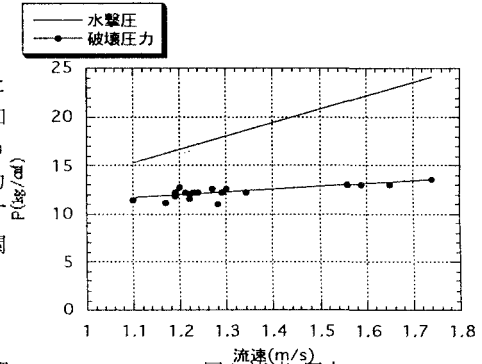


図4-流速-圧力

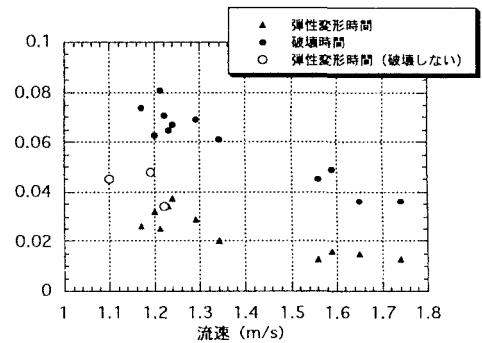


図5-流速-載荷時間

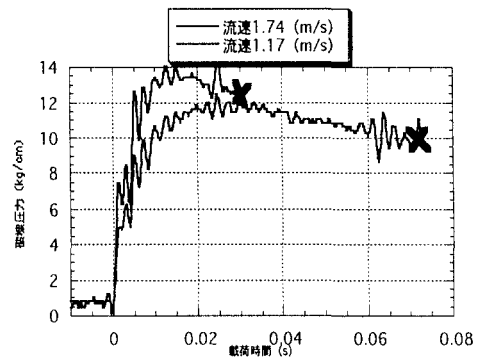


図6-実験結果概略