

塩化ビニル管の動的・準静的破壊

東北学院大学工学部 学生員 ○堀 新太郎
 東北学院大学工学部 学生員 佐藤 清彦
 東北学院大学工学部 正員 河野 幸夫

I 研究目的

本研究では、水圧载荷による管内部からの破壊実験を塩化ビニル管の供試体を用いて行い、その破壊状況、それともなう水圧载荷時間との関係を調査し、以下の目的により行う。

1. 電動ポンプによる水圧载荷によって、市販の塩化ビニル管を加工した供試体（肉厚 0.4 mm、内径 5.6 mm）を実際に破壊し、破壊圧力、水圧载荷時間、破壊状況について調査、検討する。
2. 破壊圧力と水圧载荷時間との関係をグラフに表し、水圧载荷速度が破壊圧力に及ぼす影響（動的载荷範囲と準静的载荷範囲）を実験的に検討する。

II 実験装置および実験方法

1. 供試体

本研究で使用した供試体は図-1で示す通り、市販されている塩化ビニル管（JIS K6741 肉厚 2.0 mm、内径 56 mm）の中央部を 0.4 mm に削り、両端部にネジ山の付いた水道用硬質塩化ビニルソケットを接着剤にて取り付けたものである。

2. 実験装置

実験装置は図-2で示すように、実験用管路に供試体を接続し、電動ポンプにて水圧を加える。管路軸方向の伸びを防ぐために4本のL字鉄フレームで十字（供試体軸方向に90°おき）に固定し、電動ポンプからの水の脈動を防ぐスタビライザー（振動除去管）、流量調節弁、エア抜き弁を設ける。

供試体両端部に取り付けられた圧力変換器により感知された圧力は、動歪計により増幅され、その波形はオシロスコープのモニターに写し出され、ペンレコーダによりプリントアウトする。

3. 実験方法

実験の方法、手順は以下の通りである。

- 1) 供試体を実験用管路に接続し、管路軸方向の伸びが発生しないように4本の鉄フレームよりしっかりと固定し、圧力変換器を取り付ける。
- 2) 実験管路内部に空気が残留しないように注意し、管路内を水で満たす。
- 3) 流量調節弁により流量を調節し、電動ポンプにて水圧载荷を開始する。载荷開始から破壊までの時間は0～900秒程で行い、水圧载荷中は各接続部分からの漏水がないかチェックする。
- 4) 破壊後、オシロスコープのモニターに映し出された波形より、破壊圧力、水圧载荷時間を測定し、波形データをペンレコーダによりプリントアウトする。
- 5) 破壊形状、破壊位置、破片の飛散距離、膨らみ直径などをチェック、測定する。

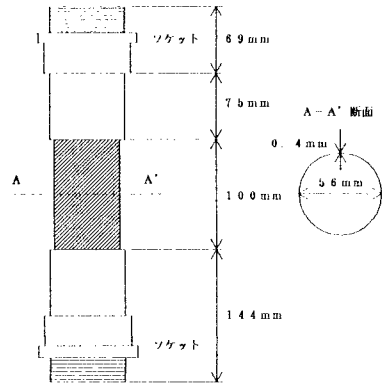


図-1 供試体

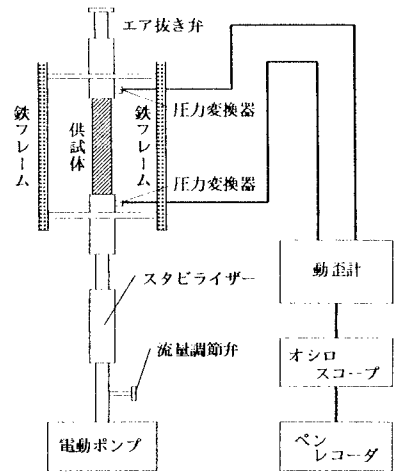


図-2 実験装置

III 実験結果および考察

本実験により得られたら37データについて以下の項目により、集計、検討した。

1. 破壊形状

破壊形状は水圧载荷時間により変化し、図-3に示すように、完全X状破壊、膨張X状破壊、小穴状破壊、膨張破裂破壊の4つに分けることができる。水圧载荷時間が短いほどX状に亀裂を生じ、水圧载荷時間が長いほど膨張し小穴を生じて破壊する傾向となった。膨張破裂破壊は、膨張により肉圧が極端に薄くなり材料硬化したために、小穴の亀裂が発達したと思われる。

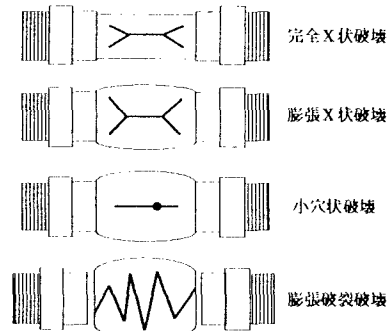


図-3 破壊形状

2. 破壊圧力と水圧载荷時間との関係

図-4は縦軸に破壊圧力、横軸に水圧载荷時間をとった全実験データのグラフである。図中の▲は完全X状破壊、△は膨張X状破壊、●は小穴状破壊、○は膨張破裂破壊をしたことを示している。全体的に見ると载荷時間が短くなると破壊圧力は大きくなる結果となった。これは、管破壊が圧力の载荷速度の影響を受けていることを示し、破壊応力が圧力の载荷速度とともに増大していることを示している。

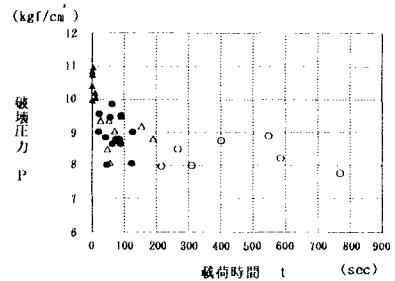


図-4 実験結果データグラフ

3. 動的、準静的载荷範囲の検討

破壊形状と水圧载荷時間との関係より、水圧载荷時間を破壊形状により3つに分け、それらの水圧载荷時間内のデータから最小二乗法により近似値線の式を求め、それら3式の交点により以下の3つの領域を得た。1つは载荷速度の影響を受ける動的载荷範囲、2つ目は载荷速度の影響をあまり受けることのない準静的载荷範囲であり、3つ目としてその間の、载荷速度の影響を若干受け、その破壊形状が変化していく領域であり、これを遷移領域とした。これを図-5に示す。

- ・ $t = 0 \sim 43.67$ 秒 動的载荷範囲
- ・ $t = 43.67 \sim 777.78$ 秒 遷移領域
- ・ $t = 777.78$ 秒～ 準静的载荷範囲

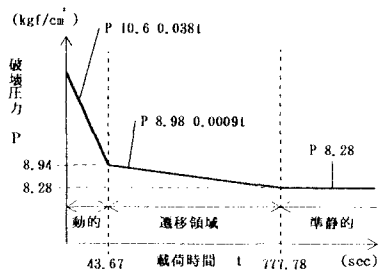


図-5 破壊形状による近似値線

IV 結論

1. 水圧载荷時間と破壊圧力の関係から、载荷時間が短い（载荷速度が速い）ほど破壊圧力が上昇する結果となり、管材料の動的特性により、破壊に対してより高い応力が必要であることが明らかとなった。
2. 管の破壊形状は水圧の载荷時間に相関する結果が得られ、水圧の载荷時間が短いほどX状に亀裂を生じて破壊し、逆に水圧の载荷時間が長いほど膨張したのち小穴を生じて破壊する結果となった。また、本実験の供試体においては小穴状破壊する载荷時間以降に、破裂するように破壊する形状が確認できたが、これは、膨張が進み肉圧が極端に薄くなったため材料の硬化が起り、亀裂の進展速度が速まったためと思われる。
3. 破壊形状と水圧载荷時間の関係により、動的载荷範囲、準静的载荷範囲、遷移領域の3つの領域の存在が明らかとなった。

参考文献) 塩化ビニル管の水圧破壊における载荷速度効果の実験的研究：河野幸夫、佐藤裕久、

佐藤清彦、東北学院大学工学部研究報告 pp.41-46, vol.31, No.2, 1997.2