塩化ビニル管の準静的、動的破壊による強度の変化と

管破壊領域についての検討

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

東北学院大学 石川 和己

1. 目的

本研究では、市販の塩化ビニル管を供試体とし、電動 ポンプを用いた水圧載荷により、準静的から動的までの 管破壊を行い以下の項目について検討する。

(1) 載荷時間の変化(載荷速度)によって圧力、破壊形状にどのような変化をもたらすのかを検討する。(2) 破壊時圧力、形状の違いから管の準静的、動的破壊

(2) 破壊時圧力、形状の運行から官の準静的、動的破壊 領域を決定することを試みる。





Fig. 1 水圧破壊実験装置

Fig. 1 のように塩化ビニル供試体を実験装置に接続し、 管路軸方向の引張りや偏心などの作用が働かないよう装 置自体を平行に設置し、4 本の鉄フレームによりしっか りと固定する。また回転も防ぐため鋼管もしっかりと固 定する。電動ポンプにより管内を水で満たしエア抜き弁 を閉める。電動ポンプに圧力をかけ、同時に流量調節弁 により流量を調節し、水圧を載荷する。このとき破壊時 の圧力を測定するため、供試体の両端部分に圧力変換器 ch 1,ch 2 を接続し、これを動歪計、BNC-BOX を経由し、 Windows-PC に繋ぐ。この動歪計は圧力変換器より発生し た数 mV の電圧を数 V に増幅し、Windows-PC に波形と して出力するものである。これと同時に破壊時の写真も 撮影するため、2 台の高速度カメラを供試体の両側に設 置し、こちらも Windows-PC に接続する。

3. 水圧破壊実験結果

Fig. 2 のように載荷時間 20 秒で最大圧力 0.746 MPa、 強度 52.22 N/mm² をとり、180 秒後に破壊時圧力 0.552 MPa で破断する。破壊形状は Fig. 4 のように膨張破裂破 壊となる。

キーワード強度、最大圧力、破壊形状、準静的、動的、載荷時間

連絡先 (宮城県多賀城市中央1丁目13番1号・022-368-1116)







Fig. 3 破壊前 0.0005 秒

Fig.4 破壊の瞬間

4. 水圧載荷時間と破壊形状と最大圧力及び 強度の関係

Fig. 5 は実験データをまとめプロットしたものである。 載荷時間が短い場合は最大圧力の値が高く、載荷時間が 長くなるにつれて最大圧力の値が減少しているのが分か る。さらに、破壊形状ごとにプロットしたことにより、 載荷時間の変化によって破壊形状が分布していることが わかる。



5. 破壊形状と破壊領域の検討

5.1 動的載荷

Fig. 6 は載荷時間が短い動的載荷の部分を抽出したグラフである。これを見ると破壊形状としては完全 X 状破壊、 膨張 X 状破壊が多く見られる。圧力については載荷時間が増加していくにつれて、減少していくことがわかる。



5.2 遷移的載荷

Fig. 7 は載荷時間が中間的な遷移的載荷の部分を抽出し たグラフである。これを見ると破壊形状としては膨張 X 状破壊、小穴状破壊、膨張破裂破壊と破壊形状が混在し ているのが分かる。圧力については動的載荷と同様に載 荷時間が増加するにつれて、減少していくことが分かる が、傾きは緩くなっている。



5.3 準静的載荷

Fig. 8 は載荷時間が静的な準静的載荷の部分を抽出した グラフである。これを見ると破壊形状としては小穴状破 壊、膨張破裂破壊が見られる。圧力についてはこれらの プロットの平均値を取った。



Fig. 8 載荷時間 600~950 秒

Fig.9はFig.6、Fig.7、Fig.8の近似線を用いて三つの領 域に区分したものである。載荷時間50.9秒以下は、管の 膨張が小さくX状に破壊していることから動的な特性が 影響していると思われるので、動的破壊領域とした。載 荷時間50.9~683.1秒については、破壊形状が混在してい ることを考慮して、遷移的破壊領域とした。また載荷時 間が683.1秒以上については、膨張破裂破壊が多いことか ら準静的破壊領域としその平均値をとった。



Fig.9 載荷時間と破壊形状及び最大圧力による破壊領域

6. 結論

パイプライン設計に使用されるのは載荷時間が無限の場合である静的を考えており、その時の塩化ビニ ル管自体の強度は約 56 N/mm²である。今回の実験に より以下の結果が得られた。

- 実験における塩化ビニル管の最低強度は 54 N/mm² で載荷時間が 930 秒の時に生じ静的実験の結果にほ ぼ一致した。
- 2) 塩化ビニル管の強度は載荷時間の増加に関係して 減少する。
- 3) 最大強度は載荷時間が 0.01 秒のとき 85 N/mm² で それは静的強度と比べると約 1.57 倍である
- 4) 載荷時間、破壊圧力、破壊形状より載荷時間 50.9
 秒以下を動的破壊領域、載荷時間 50.9~683.1 秒を遷
 移的破壊領域、載荷時間 683.1 秒以上を準静的破壊
 領域として、大きく三つに分けることができた。

参考文献

- 小林 裕也、河野 幸夫、渡辺 雅二: MotionScopePCI システムを用いた動的管破壊の実験 について、東北学院大学工学部研究報告、第37巻、 第1号、pp.77~82,(2002)
- GARY Z. WATTERS : MODERN ANALYSIS AND CONTROL OF UN STEADY FLOW IN PIPELINES. ANN ARBOR SCIENCE, p. 251, (1979)