

High-Speed Camera を用いた動的管破壊の検討について

東北学院大学 学生会員 ○小林 祐也
東北学院大学 正会員 河野 幸夫

1. 研究目的

水圧载荷による管破壊実験から破壊形状および破壊圧力から動的破壊・静的破壊について検討を行う。

また、管路急閉鎖による水撃圧による管破壊実験を行い、水圧载荷実験と比較、検討を行い、理論式および実験結果から破壊領域の検討を行うことを本研究の目的とし、High-Speed Camera(MotionScopePCI)を用いて解析を行う。

2. 実験方法

以下の方法により各破壊実験を行いその破壊状況を High-Speed Camera (MotionScopePCI) を用いて撮影および解析を行う。

水圧载荷破壊実験（図-1）

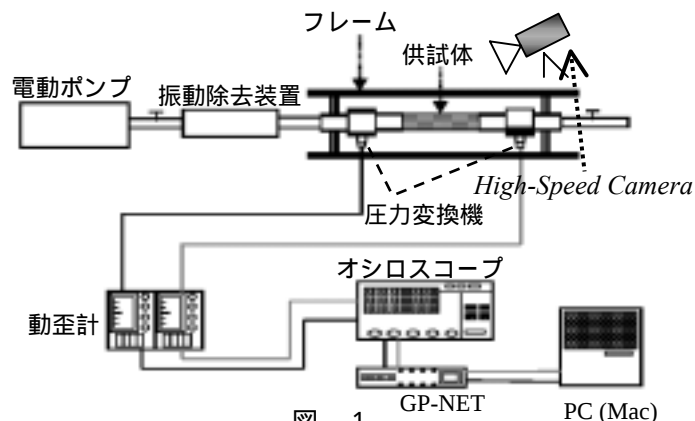


図 - 1

水撃破壊実験（図-2）

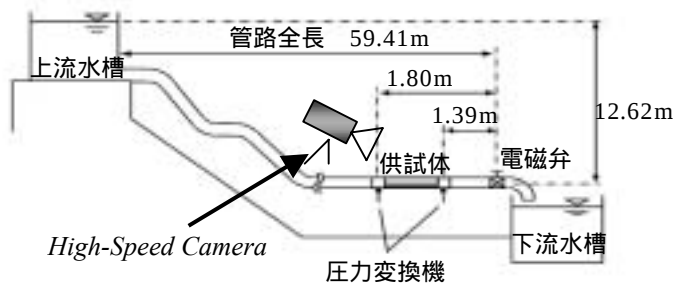


図 - 2

3. 薄肉管の高速拡張

本研究に用いる数式は以下のとおりである。
円管の微小要素における運動方程式より

$$2\pi \int_{r_0}^r p r dr = 2\pi r_0 h_0 \int_0^{\varepsilon_\theta} \sigma_\theta d\varepsilon_\theta + \pi p r_0 h_0 \cdot v^2 -$$

p : 内圧 r_0 : 半径 h_0 : 管の肉厚
 ε_θ : 円周方向歪 σ_θ : 円周方向応力
 v : 管壁の膨らむ速度

式の左辺、右辺のそれぞれの項を

We : 内圧のなした仕事

Wp : 塑性変形に費やした仕事

Wk : 運動エネルギーに費やした仕事 として

$$We = Wp + Wk -$$

上式の Wk の項に High-Speed Camera にて測定した値を代入し検討を行う。

4. 実験結果からの検討

図 - 4 は载荷時間と破壊圧力を軸にとり、破壊形状（図 - 3 参照）ごとにグラフ化したものである。

完全 X 状破壊 膨張 X 状破壊 小穴上破壊 膨張破裂破壊

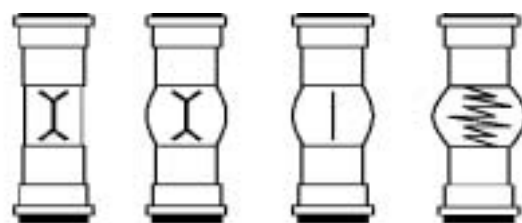


図 - 3

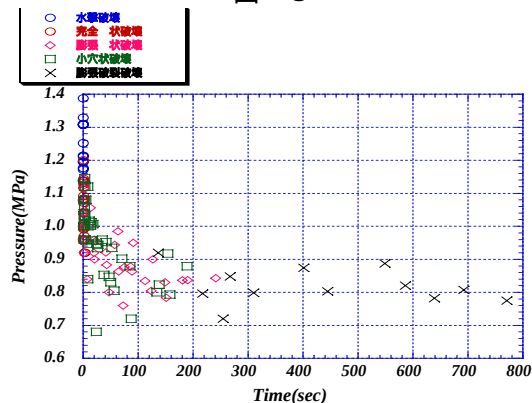


図 - 4

図 - 4 の結果から、破壊力積による検討を行うこととした。本研究では下図 - 5 の斜線部分の面積を破壊力積とする。

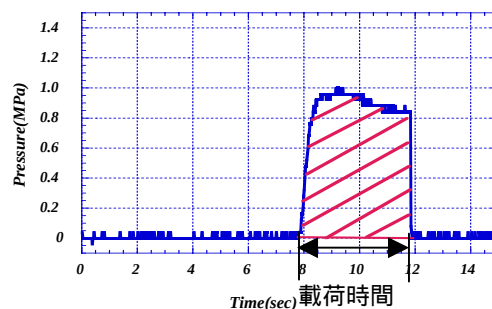


図 - 5

キーワード：High-Speed Camera，破壊力積

連絡先：宮城県多賀城市東田中 2-8-32 CPU203 Tel 022-368-2551

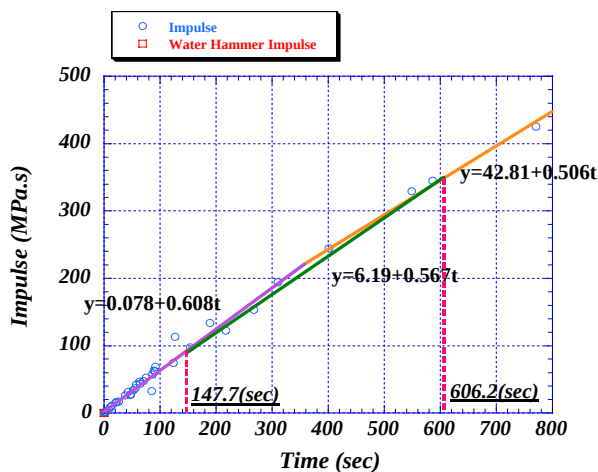


図 - 6

図 - 6 の動的破壊領域の部分拡大してみると、図 - 7 のようになっている。本来 0 に収束するはずのものが収束していないことが確認できる。そこで、さらに短い载荷時間に存在している水撃破壊の力積の近似直線を図 - 5 のように示した。

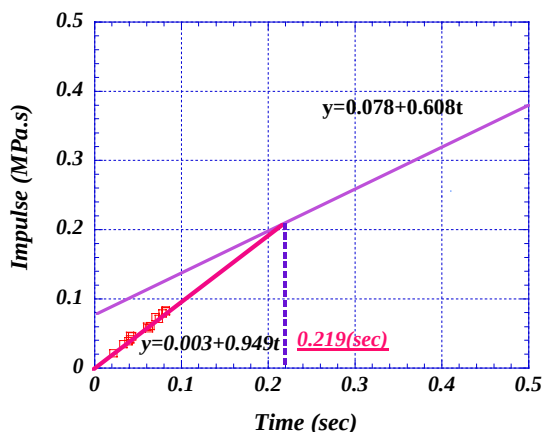


図 - 7

図 - 7 の結果から動的破壊領域の先にもう一つの破壊領域があると仮定し、理論式による破壊領域の検討を行う。下表（表 - 1）はその結果である。ここで、運動エネルギーに費やした仕事の算出には、*High-Speed Camera* を用いて測定した管の破壊直後の飛散速度を用いた。

領域の算出方法	境目となる载荷時間(sec)
水撃破壊力積と水圧破壊力積	0.219
水撃破壊の Wk と水圧破壊の Wk	0.248

表 - 1

表 - 1 の結果は単に破壊方法で分類したものである。この結果より理論式を用いて運動エネルギーに費やした仕事の速度を変数として、内圧のなした仕事と運動エネルギーに費やした仕事の割合から検討した結果が表 - 2 である。

また、表 - 2 は载荷時間の変化における運動エネルギーに費やした仕事(Wk)の値と内圧がなした仕事(We)に対する割合を示している。

载荷時間 (sec)	運動エネルギーに 費やした仕事(Wk)	内圧がなした仕事(We)に 対する割合(Wk/We=%)
0.001	97248.9	99.8
0.1	9.725	5.58
0.241	1.674	1.00
0.5	0.388	0.24

表 - 2

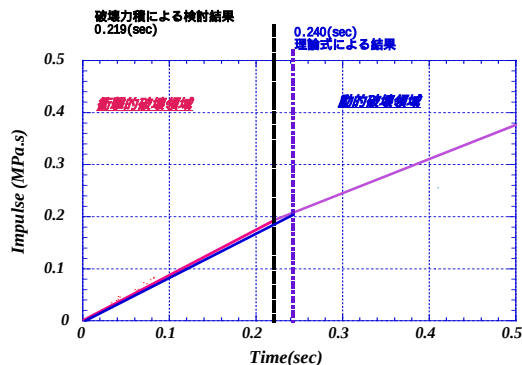
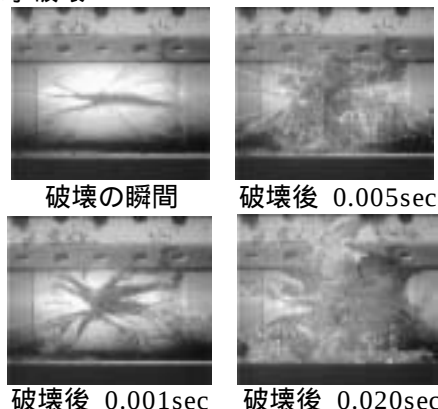


図 - 8

以上の結果より、破壊領域の検討を行ったものが、図 - 8 である。

5. 撮影画像

・ 水撃破壊



6. 結論

I. 破壊圧力と载荷時間の関係から载荷時間が短いと圧力は増加し、载荷時間が長いと破壊圧力は減少する結果となった。

このことより载荷時間が長いものに比べ载荷時間が短い場合には破壊に対してより大きな圧力を必要とすることが言える。運動エネルギーに費やした仕事についても同様の結果が得られた。

II. 破壊の力積からの検討の結果、動的領域のほか、さらにもう一つの領域の存在が明らかとなった。破壊力積の検討においては 0.219(sec) という結果を得た。

このことから運動エネルギーに費やした仕事を理論式より割合が 1 % 以下となる部分を領域の境目と仮定することにより、動的破壊領域と衝撃的破壊領域の境目は破壊力積による検討の結果と近い値の 0.240(sec) となった。