

II-10

水撃圧による加速度を考慮した管破壊領域の検討について

東北学院大学 学生会員○由利忍

東北学院大学 正会員 河野幸夫

1 目的

本研究では、市販の塩化ビニル管を供試体とし、管路を遮断弁を用いて急閉鎖し、発生する水撃圧を用いての破壊実験、および水圧载荷による緩閉鎖のような、なだらかに圧力が上昇する準静的から動的な管の破壊実験を行う。また、High-Speed Camera (Motion Pro 10000) を用いて動画撮影を行う。極座標を用いた理論式から载荷速度が非常に速い加速度項が影響する衝撃的破壊領域の検討を行うことを目的とした。

2 実験方法

2.1 High-Speed Camera system

本研究で使用する High-Speed Camera system は PC(OS-Windows2000)内蔵のフルサイズコントローラボード (PCI ボード) をコントローラとするカメラヘッドから構成されており、一秒間に最大 10000 枚の画像を動画及び静止画で撮影することができる。また、データ収集基盤が付属しており、BNC ボックスから外部計測装置の電気信号を BNC ケーブルから入力可能である。この収集基盤で収集した外部計測装置の電気信号はカメラヘッドにより撮影された画像とのリンクも可能である。

2.2 供試体

破壊実験に使用する供試体は、内 57mm、肉厚 0.4mm の硬質塩化ビニル管を使用した。また、破壊部分を軸方向 200mm、供試体全長を 400mm とする。

2.3 水撃破壊実験装置及び実験方法

供試体を実験装置に接続し、偏心、引張りなどの作用力が働かないように注意し、4本のL字フレームで固定した。流量調節弁により流量を調節し、電動ポンプにより水圧载荷を行い、圧力を測定している。この計測データはカメラの撮影画像とシンクロさせることが可能であり、より詳細に管破壊現象を観察することが可能である。また、二台の High-Speed Camera を用いることで、3D データの算出も可能である。Fig.1 は水撃破壊実験装置図である。

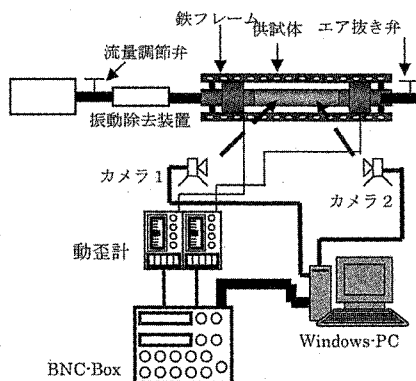


Fig.1 水撃破壊実験装置

2.4 水撃破壊実験装置及び実験方法

供試体を実験装置に接続し、偏心、引張りなどの作用力が働かないように注意し、4本のL字フレームで固定した。流量調節弁により流量を調節し、電動ポンプにより水撃载荷を行った。また、破壊圧力を測定するために、圧力変換機を接続し、動歪計により増幅した電気信号を直接 BNC ボックスにてパソコンに取り込んで計測している。この計測データはカメラの撮影画像とシンクロさせることが可能であり、より詳細に管破壊現象を観察することが可能である。また、二台の High-Speed Camera を用いることで、3D データの算出も可能である。Fig.2 は水撃破壊実験装置図である。

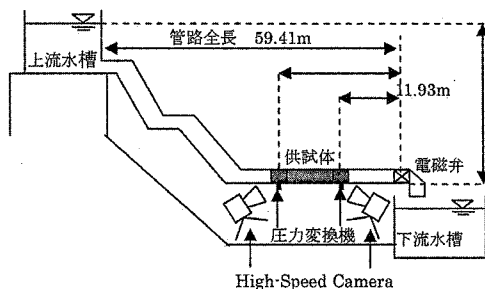


Fig.2 水撃破壊実験装置図

2.5 3次元映像解析

3次元映像解析は、1次元映像解析に撮影対象物の奥行き挙動を考慮した解析方法である。図5.4に示すとおり、3次元映像解析は2台のカメラを用いて別角度から撮影対象物を撮影し、人間の目と同様に別角度の2種類の映像データにより解析を行う。

Fig.3は3次元解析を示している。

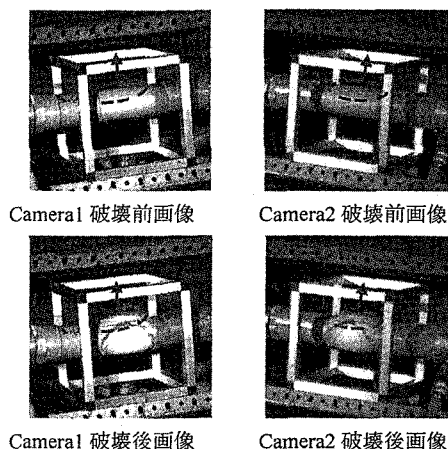


Fig.3 3次元解析画像

2.6 薄肉円管の高速拡張現象

水撃圧における管破壊領域を考慮するために、薄肉円管の高速拡張の現象を極座標を用いて考える。

円管の微小要素での半径方向の運動方程式を誘導し、薄肉円管の場合を考慮すると、半径方向の応力 $\sigma_r = 0$ と考えられる。運動方程式は次式で示される。

$$\rho h \frac{\partial v}{\partial t} = p - \frac{\sigma_\theta h}{r} \quad (2.1)$$

h = 円管の肉厚、 r = 平均半径 p = 内圧

(2.1)式を r_0 から r まで積分、整理すると次式になる。

$$2\pi \int_{r_0}^r p r dr = 2\pi r_0 h_0 \int_0^{\epsilon_\theta} \sigma_\theta d\epsilon_\theta + \pi p r_0 h_0 \cdot v^2 \quad (2.2)$$

ϵ_θ = 円周方向のひずみ h_0 , r_0 = 円管肉厚、平均半径

式(2.2)において W_0 = 内圧のなした仕事、 W_p = 塑性変形に費やした仕事、 W_k = 運動エネルギーに費やした仕事とすると次式になる。

$$W_e = W_p + W_k \quad (2.3)$$

各項の数値は、それぞれ値を代入するし算出する。

3 実験結果

Fig.4は水撃破壊実験と水圧破壊実験の実験結果を3次元解析で得られた破片飛散速度より、運動エネルギーに費やした仕事 W_k と载荷時間との関係である。

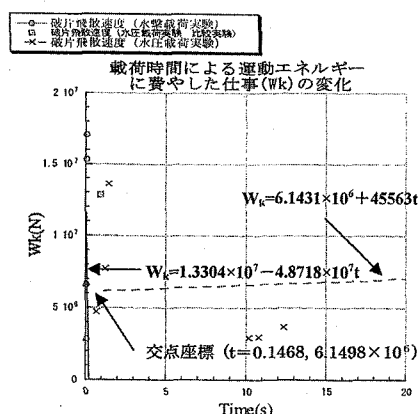


Fig.4 载荷時間による運動エネルギーに費やした仕事 W_k の関係

内圧のなした仕事に対する運動エネルギーに費やした仕事の割合をグラフ化したものである。

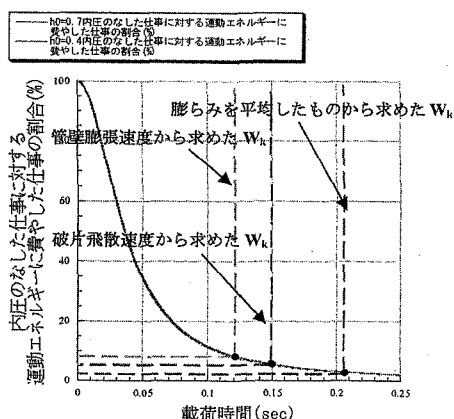


Fig.5 内圧のなした仕事に対する運動エネルギーに費やした仕事の割合

4 結論

内圧がなした仕事(W_e)中の運動エネルギーに費やした仕事(W_k)が占める割合は膨らみを平均したものから求めたものは、3.20%だが、実験値では、5.785%~8.783%という結果が得られた。よって、内圧がなした仕事(W_e)中の運動エネルギーに費やした仕事(W_k)が占める割合が5.785%以上が衝撃的破壊で加速度が影響する範囲である、5.785%以下が動的破壊といえる。

参考文献

小林祐也，河野幸夫：加速度項が影響する衝撃的破壊領域と境界領域についての研究，東北学院大学工学研究科土木工学専攻，修士論文，2003