

II-74

圧電式加速度変換機を用いた管破壊の振動計測と 高速フーリエ変換を用いた周波数分析

東北学院大学 工学部 学生会員 ○山村 卓也
東北学院大学 工学部 正会員 河野 幸夫

1、研究目的

本研究では、加工した供試体を水撃圧による管破壊と電動ポンプによる水圧载荷の管破壊を行い、加速度計を用いて、管破壊時の振動波形を以下の項目にそって行う。

- ① 水撃破壊実験において、上流側の供試体部分と下流側の鉄管部分にセンサーを設置し、供試体部分と鉄管部分の振動計測を行い、最大値と最小値の加速度を求め、破壊時の各流速ごとの振動波形を検討する。
- ② 水撃圧の振動実験において、上流側の鉄管部分と下流側の鉄管部分にセンサーを設置し、鉄管部分の振動計測を行い、最大値と最小値の加速度を求め、各流速ごとの振動波形を検討する。
- ③ 水撃圧の振動実験の振動波形をフーリエ変換し、最大値とその時の周波数を比較する。
- ④ 水圧载荷実験において、上流側の供試体部分と下流側の供試体部分にセンサーを設置し、供試体部分の振動計測を行い、最大値と最小値の加速度を求め、破壊時の振動波形を検討する。
- ⑤ 水圧载荷実験の振動波形をフーリエ変換し、最大値とその時の周波数を比較する。

2、FFTアナライザーとは、

FFTとは、Fast Fourier Transform（高速フーリエ変換）の略で、FFTアナライザーの計算は、具体的にはフーリエ級数の係数（フーリエ係数）を求めることを指します。このデータからFFTを使い、短時間でフーリエ係数を求め、その結果を表示する計測器です。FFTアナライザーでは、フーリエ変換によって、時間軸波形から周波数軸波形を求めています。時間関数 $X(t)$ のフーリエ変換対は次式で表されます。

$$X(f) = \int_0^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (\text{フーリエ変換})$$

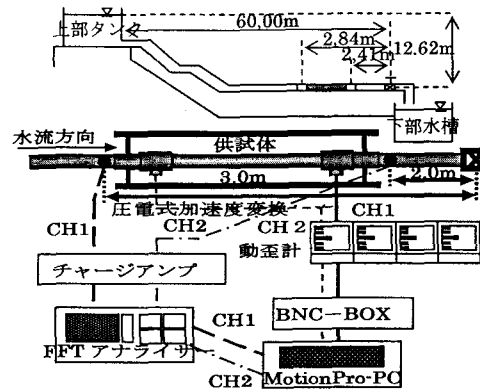
$$x(t) = \int_0^{\infty} X(f)e^{j2\pi ft} dt \quad (\text{逆フーリエ変換})$$

3、実験方法

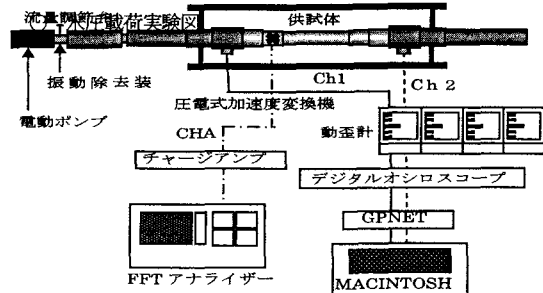
供試体を鉄管に接続し、偏心等の作用力が働かないようにし、4本のL字フレームにより固定する。

- 水撃破壊においては、上部水槽から下部水槽に水流出させ流速を測定する。供試体に圧電式加速度変換機を設置する。管路を電磁弁によって急閉鎖することにより発生する水撃圧により供試体を破壊し、振動波形の加速度を計測する。

○ 水撃破壊実験図



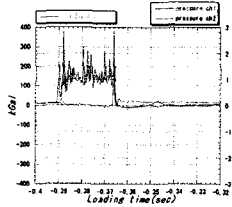
- 水圧载荷実験においては、管内に空気が混入しないように水で満水にする。供試体に圧電式加速度変換機を設置する。電動ポンプにより水圧を加え供試体を破壊し、振動波形の加速度を計測する。



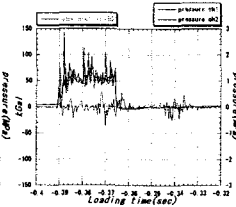
4、実験波形

○水撃破壊実験

上流側供試体の振動波形

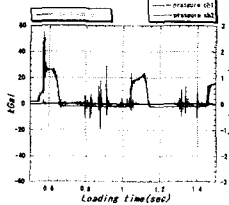


下流側鉄管の振動波形

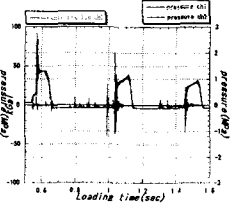


○水撃圧の振動実験

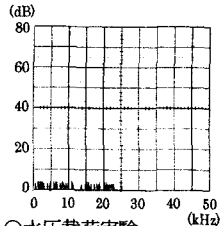
上流側鉄管の振動波形



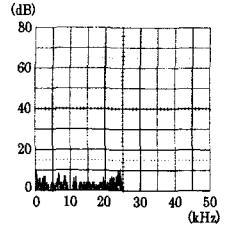
下流側鉄管の振動波形



上流側鉄管の周波数分析

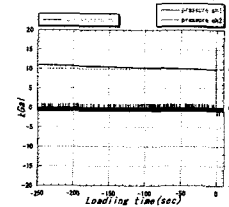


下流側鉄管の周波数分析

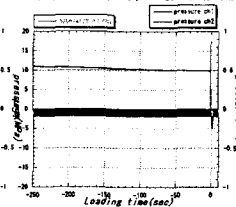


○水圧載荷実験

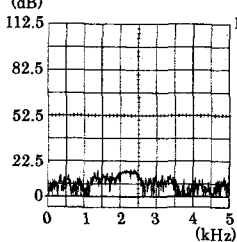
上流側供試体の振動波形



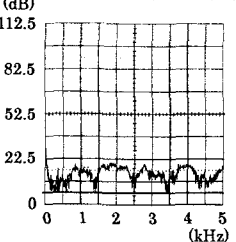
下流側供試体の振動波形



上流側供試体の周波数分析



下流側供試体の周波数分析



5、結論

①ch1(上流側の供試体)Max480.47(kGal)Min-127.93(kGal)
ch2(下流側の鉄管) Max 82.03(kGal) Min -109.38(kGal)
ch2の弁から近いために弁閉鎖後、圧力とともに加速度が発生する。その加速度は、供試体に除去されてch1に伝播され、微小振動となっている。また、供試体が破壊されることにより、供試体にかかっていた圧力が減少し、同時に、ch1の最大加速度が発生する。その加速度は供試体破壊直後、非常に高速な載荷速度現象のため、流体は圧力の伝播を伝えch2の第2波振動波形として現れている。

②ch1(上流側の鉄管) Max 29.2 (kGal) Min -19.43(kGal)
ch2(下流側の鉄管) Max 13.67(kGal) Min -24.51(kGal)
ch2の弁から近いために弁閉鎖後、圧力とともに加速度が発生する。その加速度は、アクリル管に除去されてch1に伝播され、微小振動となっている。ch1の第1波振動波形が負圧部で発生しているのは、気泡が崩壊する時に、高音と高圧が発生するためだと考えられる。ch1とch2の加速度は、振幅を繰り返し徐々に0へ収束していく。したがって、振動の発生は水撃圧の管路内の伝播現象によることがわかった。

③上流側鉄管の周波数分析 39.93(dB) 0.26(kHz)

下流側鉄管の周波数分析 32.75(dB) 0.23(kHz)

流速が増加するとdBの値が大きくなることがわかった。

④ch1(上流側の供試体)Max 1073.2(kGal)Min-61.52(kGal)
ch2(下流側の供試体)Max 247.07(kGal)Min-129.88(kGal)
ch1の第1波振動波形は、供試体が破壊されることにより、供試体にかかっていた圧力が減少し、同時に、加速度が発生する。その後、加速度は、0に減衰していく。

ch2の第1波振動波形は、上流側のch1から圧力を載荷するため、破壊時には、下流側のch2の方が大きく振幅する。そのため、ch1よりch2の方が加速度が大きくなる。

⑤上流側供試体の周波数分析 34.83(dB) 0.47(kHz)

下流側供試体の周波数分析 39.69(dB) 0.21(kHz)