

## 212 ボルト締結部のゆるみと打撃音・振動の関係

Relation between Loosening of Bolted Joint and characteristic of Sound and Vibration by Impact

○学 行徳 陽平 (室蘭工大院) 正 齊當 建一 (室蘭工大) 正 松本 大樹 (室蘭工大)  
 Youhei Gyotoku, Muroran Institute of Technology, Mizumoto, Muroran, Hokkaido  
 Kenichi SAITO, Muroran Institute of Technology  
 Hiroki MATSUMOTO, Muroran Institute of Technology

*Keywords:* Bolt conclusion part, Impact sound, Impulse Hammer, Reverberation time, Impact point

### 1. 緒言及び目的

多くの機械装置にはボルト締結が使用されている。しかし、ボルトのゆるみや破損などが原因で、自動車の脱輪や鉄道の脱線など数多くの事故が発生している。事故を未然に防ぎ、長期の安全を確保するためにもボルトの締付け管理は重要である。ボルト締結部の点検方法として、ハンマー打撃法や超音波法、トルク管理法などがある。ハンマー打撃法とはハンマーでボルトやナットを打撃し、音響の変化で締結部のゆるみ等を検出する方法である。ハンマー打撃法は他の点検方法よりも安価であり、簡便であるため検査速度も速いという利点がある。しかし、安全かどうか判断するのは作業者の経験によるところが大きいため、客観性に欠ける部分がある。また、データとして記録に残らないことが欠点として挙げられる。そのため、ボルト締結部のゆるみと打撃音の関係を定量的に示すことが求められている。そこで、ボルト締結部を有する試験片を製作して、打音検査を行い、ゆるみと打撃音の関係を明らかにすることを目的とする。また、打撃音だけでなく、ボルト締結部の振動からもボルトのゆるみを検出できるかどうかを調査するためにボルト締結部の振動とゆるみの関係についても明らかにすることも目的とする。

### 2. 実験装置及び方法

#### 2・1 試験片

試験片には長さが 400[mm]、直径 20[mm]の一般構造用圧延鋼材(SS400)の丸棒を使用する。また、ねじ付き試験片として雄ねじ・雌ねじで 2 分割し、雄ねじの先端に M12 のねじ部長さ 15[mm]のねじ部を設けることで雌ねじと連結する。このねじ付き試験片と一体丸棒での残響時間について比較・検討を行う。

#### 2・2 実験装置および実験方法

Fig.1 に実験装置の概略図を示す。インパルスハンマにより試験片を打撃することで打撃力を測定し、打撃した際の打撃音をマイクロホンにより測定する。打撃音は精密騒音計を通して FFT アナライザによって周波数解析を行う。周波数レンジは 20kHz、サンプリング点数は 2048 点で実験を行う。軸力を変更する際には試験片の軸力は雄ねじのねじ部根元に貼り付けたひずみゲージによって測定し、軸力を決定する。

#### 2・3 試験片の支持方法および打撃位置

試験片は地面から高さ 1000[mm]の位置にゲル状のシートの上に置くことで支持し、ゲル状のシートはブロックの上に設置する。また、同様に精密騒音計の高さも 1000[mm]に設置し、試験片と同じ高さにする。試験片と

マイクロホンの距離は 1000[mm]に設置する。Fig.2 に試験片を打撃する位置と方向を示す。試験片を打撃する位置は試験片の中央で端から 200[mm]の位置 (Point1) と試験片の端面 (Point2) とし、矢印の方向から打撃するものとする。打撃位置によって試験片の周波数特性や残響時間にどのような影響があるか明らかにする。

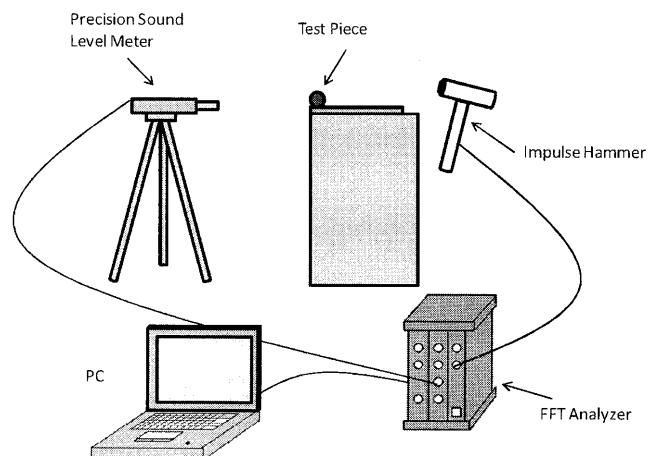


Fig.1 Experiment at Setup

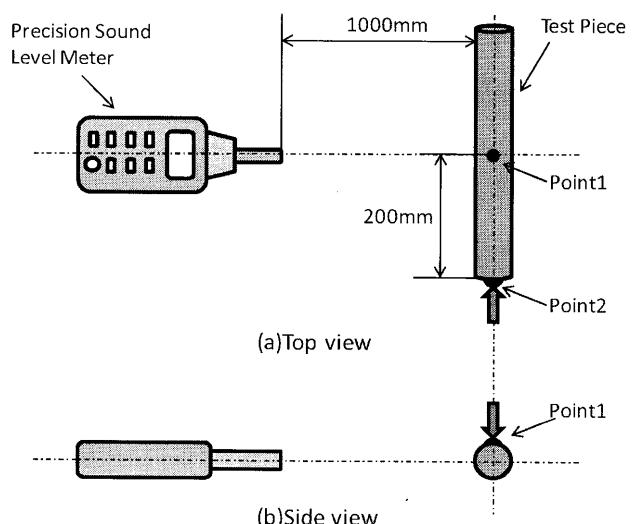


Fig.2 Test Piece's Impulse Point

### 3 実験結果および考察<sup>1)</sup>

Fig.3 に Point1 を打撃した際の周波数特性、Fig.4 に STFT 解析を示す。また、Fig.5 に Point5 を打撃した際の周波数特性、Fig.6 に STFT 解析を示す。Fig.3 より、丸棒の打撃音は 575[Hz], 2975[Hz], 4775[Hz], 7000[Hz], 9500[Hz], 15375[Hz], 18675[Hz] でピーク周波数が現れる。また、棒の両端を自由端として考えた場合の横振動の固有振動数は、(1)式の振動方程式より得られた  $\lambda$  を(2)式に代入することで求めることができる。(2)式より、570[Hz], 1570[Hz], 3079[Hz], 5089[Hz], 7605[Hz], 10622[Hz], 14143[Hz], 18167[Hz] となり、ピーク周波数とほぼ一致している。

$$1 - \cosh \lambda \cos \lambda = 0 \quad (1)$$

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi d^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (2)$$

ここで、 $E$  はヤング率、 $\rho$  は密度、 $I$  は棒の長さ、 $A$  は断面積である。

また Fig.4 より、Point1 を打撃した場合、固有振動数の残響時間は Fig.6 の Point2 を打撃した時よりもピーク周波数の残響時間は短くなることがわかる。

Fig.5 より Point2 を打撃した場合でも横振動の固有振動数でピークが現れている。また、Point2 を打撃した場合、6400[Hz], 12400[Hz], 19250[Hz] にもピーク周波数が現れている。これは、Point2 を打撃した場合は試験片に対して軸方向に打撃することになるので、縦振動の影響が現れたと考えられる。棒の縦振動は両端を自由端と考えると固有振動数は以下の(2)式となる。

$$f = \frac{i}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (i=1,2,\dots) \quad (3)$$

(3)式より、固有振動数は 6399[Hz], 12799[Hz], 19198[Hz] となり、Fig.5 のピーク周波数とほぼ一致している。Point2 で打撃した場合に横振動の固有振動が現れているのは、打撃試験を行う際に端面に垂直に打撃できておらず打撃方向に少し角度が付いてしまい、軸方向に對して垂直な力が試験片に働くため横振動が起こり、各ピーク周波数が発生したと考えられる。また、Fig.6 より Point2 を打撃した場合、すべての固有振動数において残響時間が長くなっているが、6400[Hz]の残響時間が最も長くなっている。

### 4. 結言

丸棒の打撃試験より、以下のことが明らかになった。

(1)打撃位置によって縦振動や横振動が起こり、周波数特性に違いが現れる。

(2)打撃位置によって残響時間にも違いが現れ、試験片の端面を打撃する方が全体的に残響時間は長くなる。今回の打撃試験では各固有振動数で残響時間が長くなっているが、Point1 や Point2 以外もさらに打撃試験を行い、検討していく必要がある。また、今後はボルト締結した試験片で同様の実験を行い、軸力によってどのような変化があるか検討していく、今回実験を行った丸棒の試験片と比較・検討していく。

### 参考文献

- 1) 池谷 和夫・奥島 基良・西山 静男・山口 善司, 音響振動工学, 1979 年 4 月 30 日, コロナ

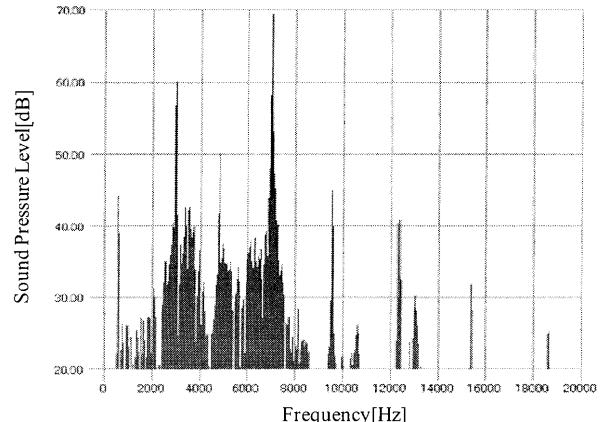


Fig.3 Frequency Characteristic (Impact Point1)

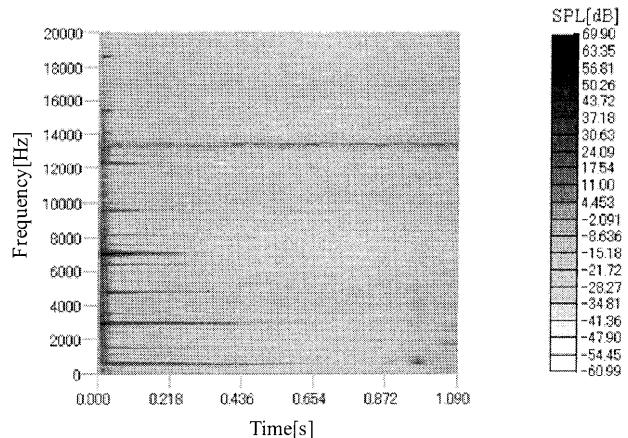


Fig.4 Spectrogram of impact sound (Impact Point1)

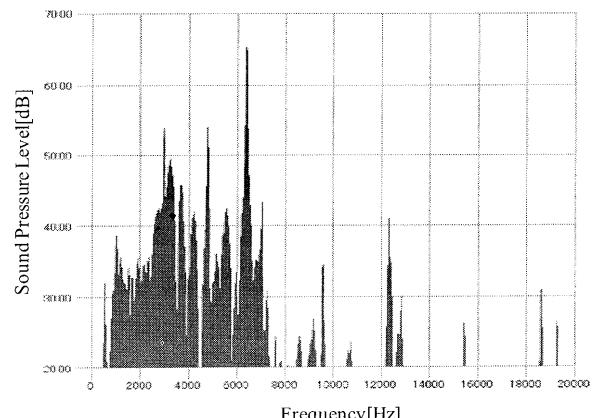


Fig.5 Frequency Characteristic (Impact Point2)

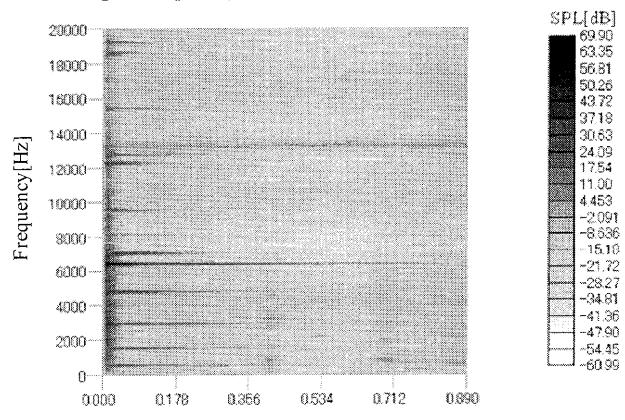


Fig.6 Spectrogram of impact sound (Impact Point2)