



スマートデバイスを用いた橋梁の 健全性評価に関する研究 -高力ボルトの緩み検知実験-

～目次～

1. 今年度の研究概要
2. 今年度の研究結果
3. まとめ
4. 現状の課題と展望

呉工業高等専門学校 建築学分野
助教 三枝 玄希



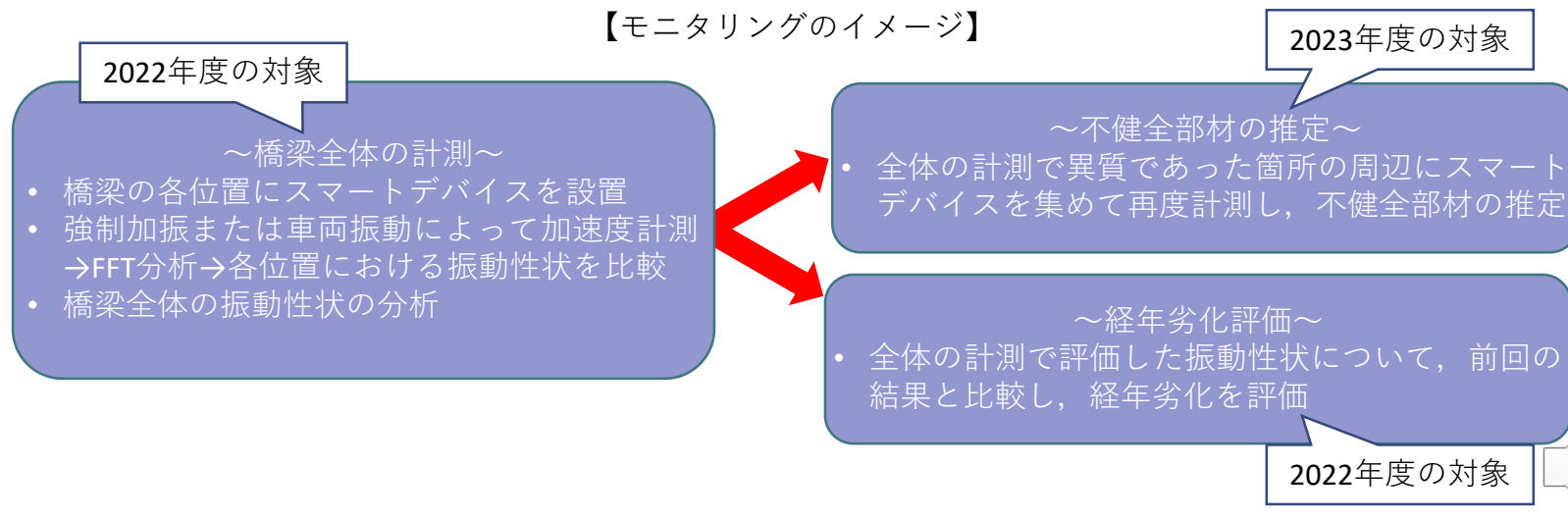


1. 今年度の研究概要

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究

- ♀ 構造物の健全性モニタリングの場合、不健全箇所の断定が重要となる。鋼構造やRC構造における接合部・断面の損傷（経年劣化，腐食）については目視点検でも断定可能であるが，高力ボルトの緩み等の目視不可能な場合への対応が必要である。

【モニタリングのイメージ】

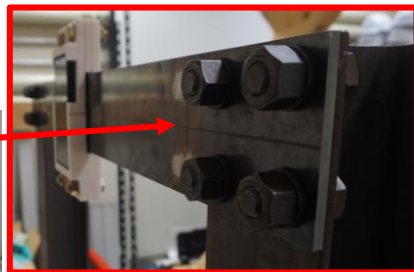
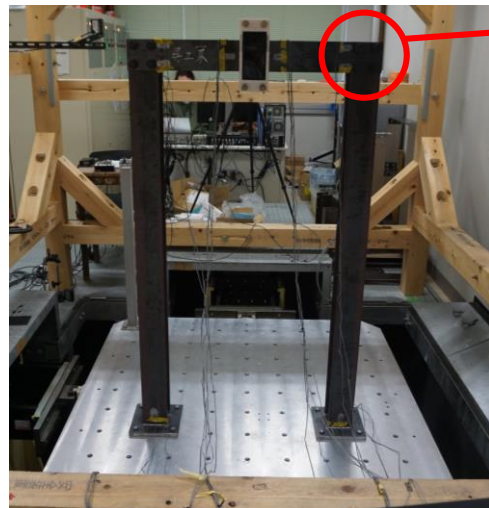




1. 今年度の研究概要

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～研究概要～

- ♀ 既設橋梁における高力ボルトの緩みに関しては文献1)で橋梁によっては平均で12%程度低下しているという調査報告も上がっている。ボルトの緩み検知は長年の問題であり、明らかな緩みは目視点検で可能であるがそれ以外は定量的に評価することが難しい。



- ♀ 3次元振動台に高力ボルト接合された門型フレームを設置し、面内および面外に1～50Hzでスイープ振動させる
- ♀ 標準ボルト張力を100%として、内側の高力ボルトについて、90%, 80%とボルト張力を低減させる
- ♀ 低減させる高力ボルトは写真正面の右上, 右上下, 左右上下の1本, 2本, 4本とした

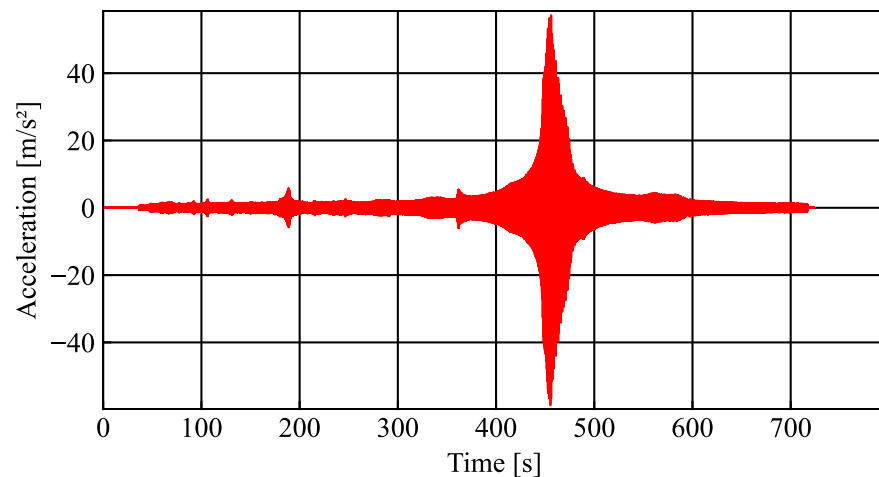




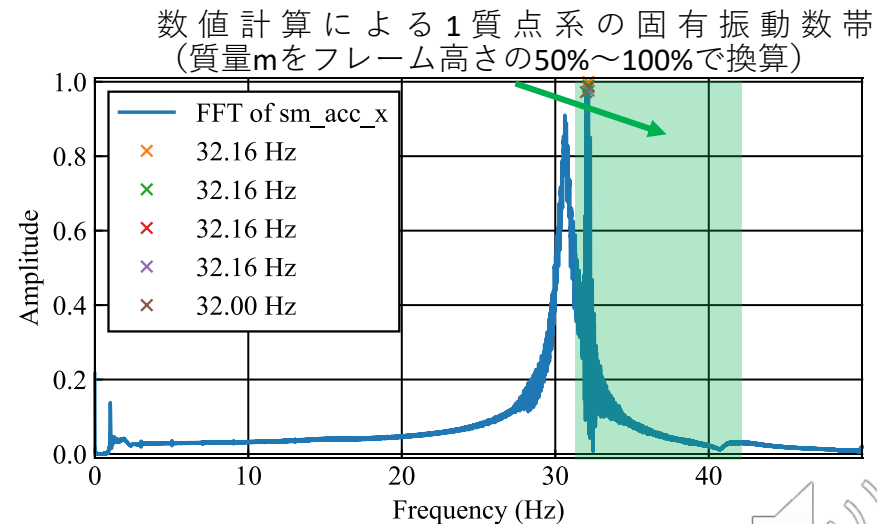
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・ボルト緩み無し

♀ 加速度のピークは約50m/s²となった。FFT分析より、数値計算で予測した範囲で卓越していることがわかる。



時刻歴加速度



FFT分析

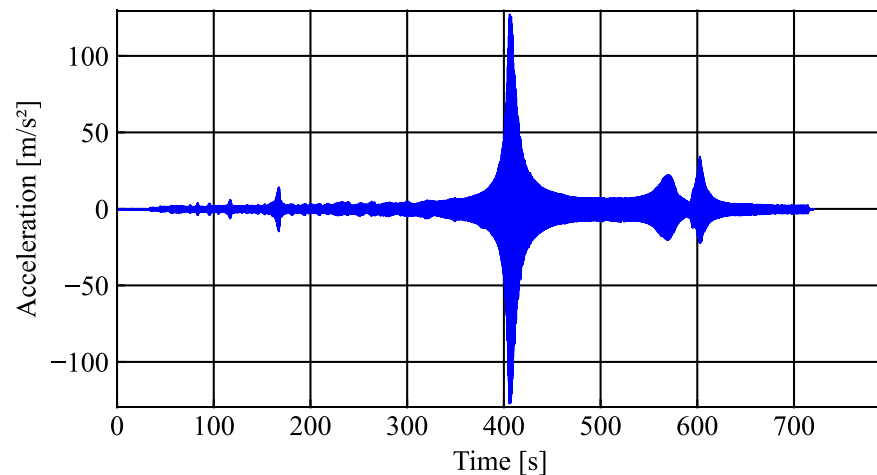




2. 今年度の研究結果

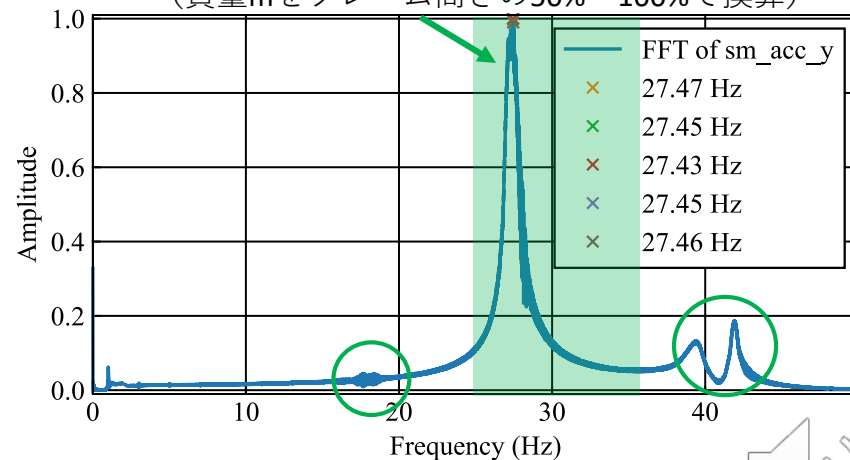
1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・ボルト緩み無し

- ♀ 加速度のピークは約 120m/s^2 となった。FFT分析より、数値計算で予測した範囲で卓越していることがわかる。また、数値計算とは異なる振動域でピークが発生した。



時刻歴加速度

数値計算による1質点系の固有振動数帯
(質量 m をフレーム高さの50%~100%で換算)



FFT分析

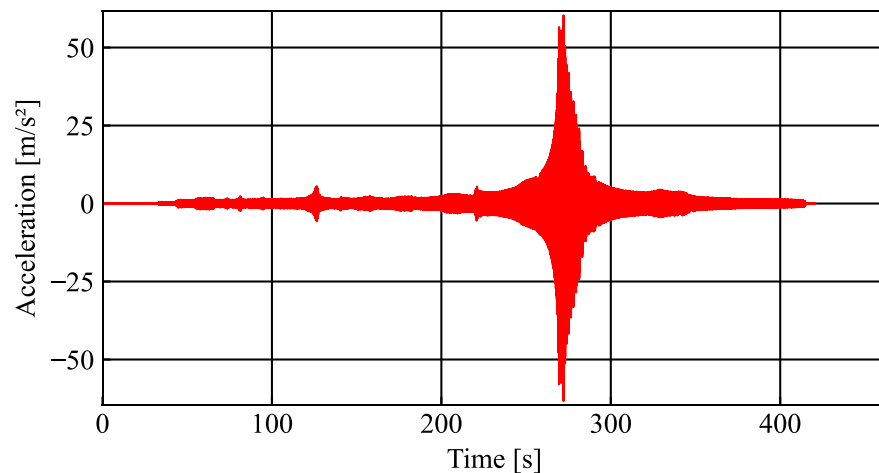




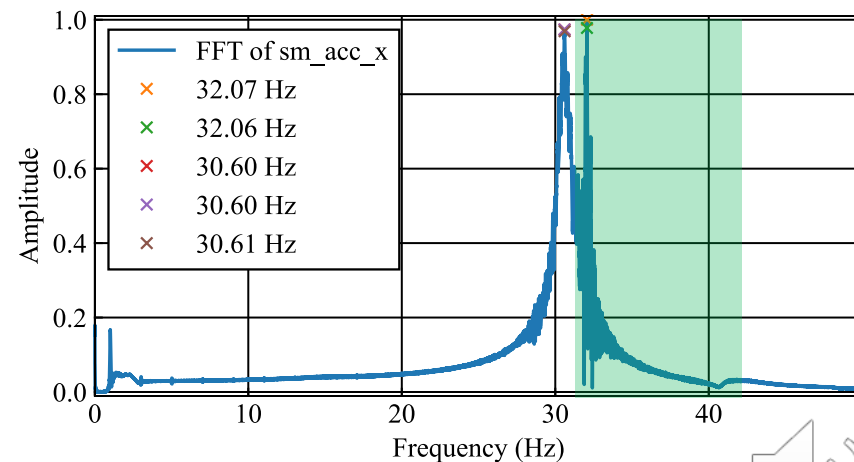
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・右下ボルト緩み (90%)

♀ 加速度のピークはやや増加, FFT分析より, 卓越振動数が緩み無しの結果よりもやや低下した.



時刻歴加速度



FFT分析

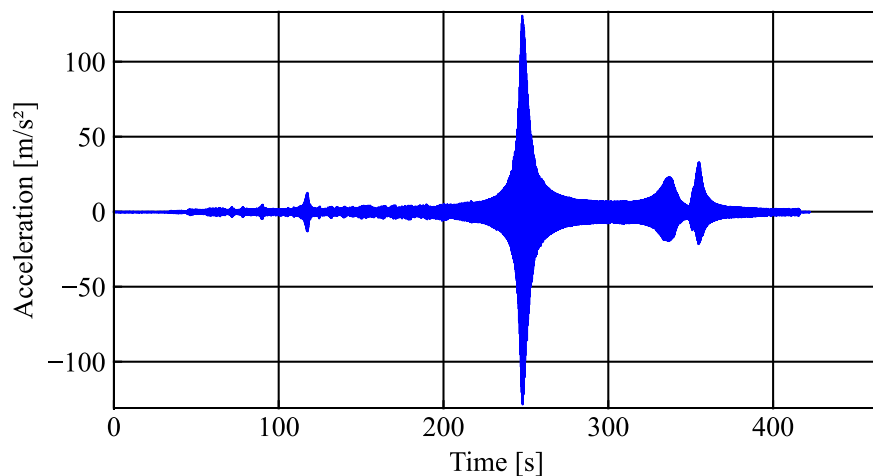




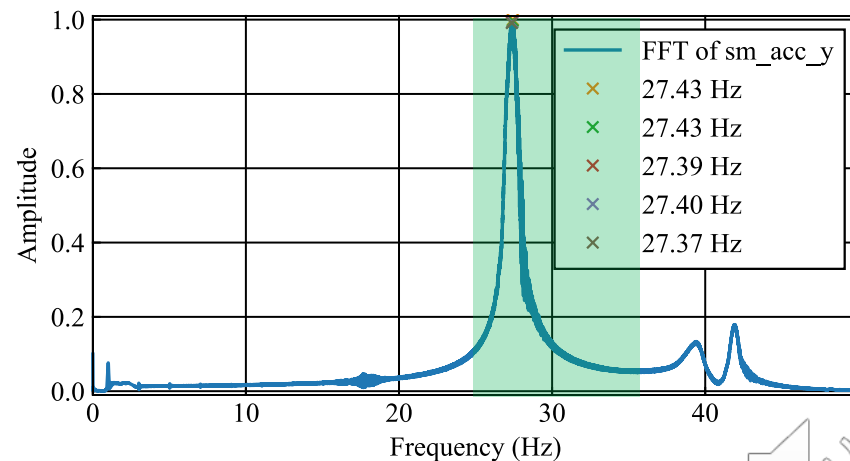
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・右下ボルト緩み (90%)

♀ 加速度のピークは変化なし。FFT分析より、緩み無しの結果と比較しても大きな変化はなかった。



時刻歴加速度



FFT分析

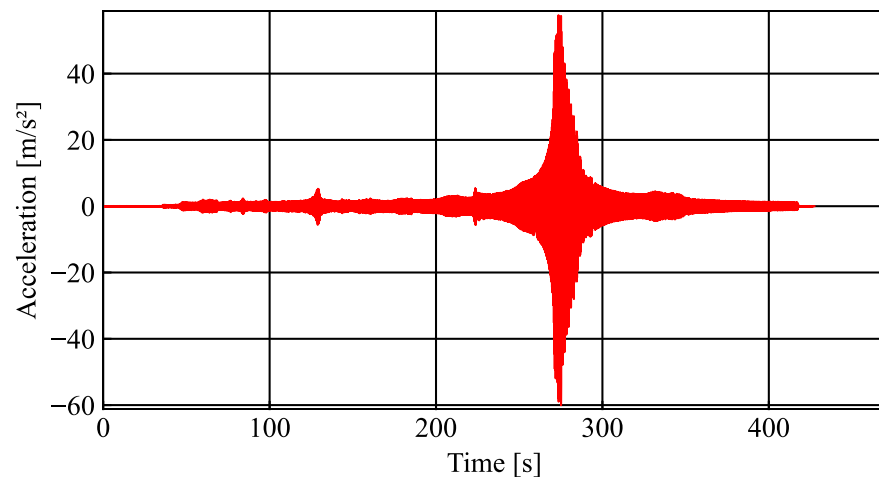




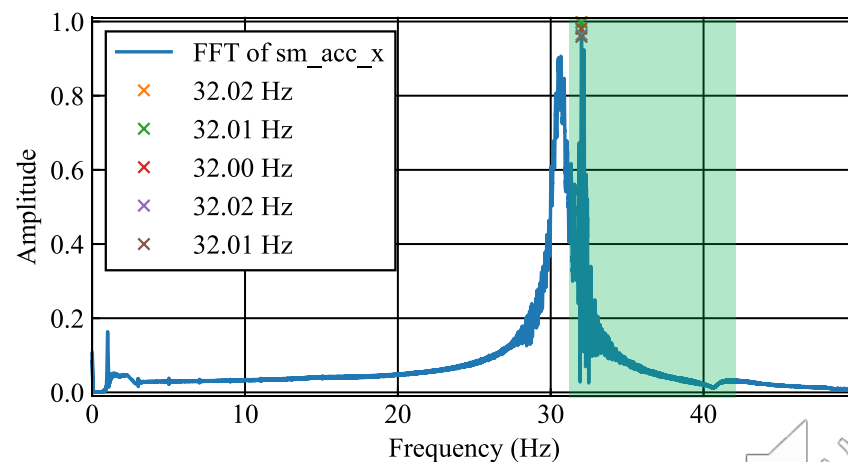
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・右下ボルト緩み (80%)

♀ 加速度のピークは変化なし。FFT分析より、卓越振動数が90%緩みよりも低下。



時刻歴加速度



FFT分析

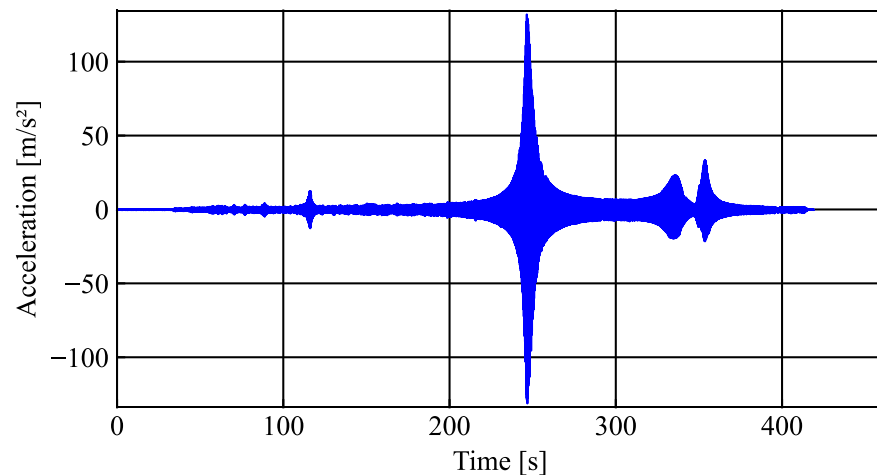




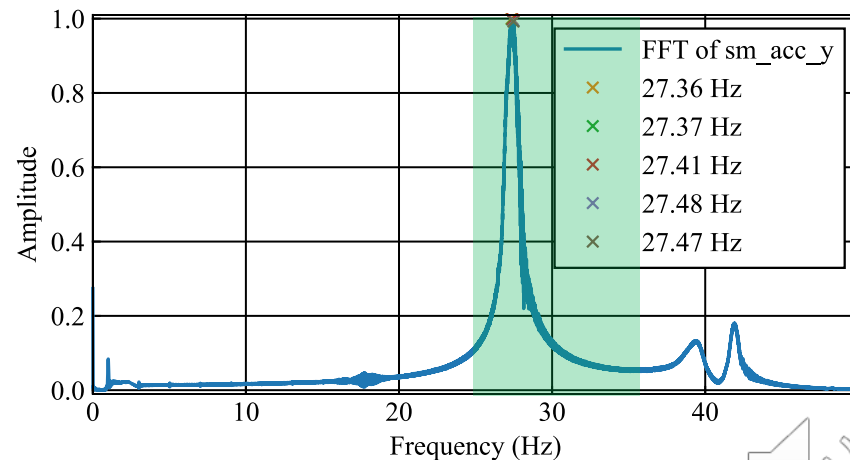
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・右下ボルト緩み (80%)

♀ 加速度のピークは変化なし。FFT分析より、緩み無しの結果と比較しても大きな変化はなかった。



時刻歴加速度



FFT分析





2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～結果のまとめ～ [右下ボルト緩み](#)

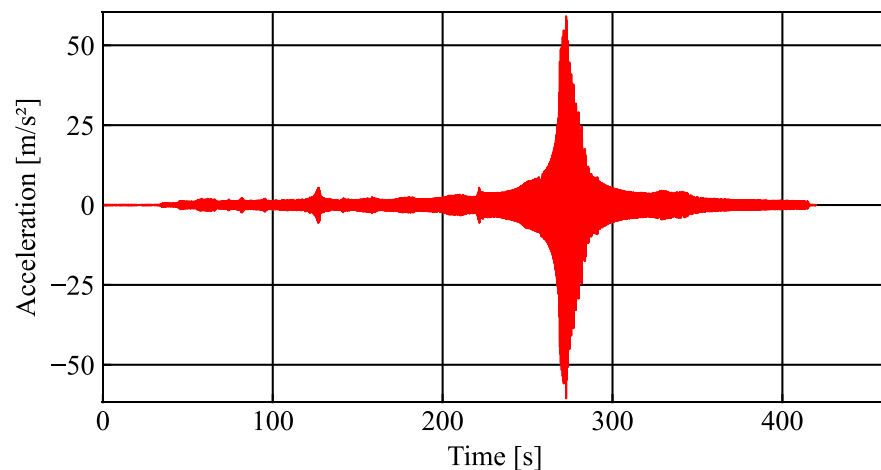
- ♀ 計8本の高力ボルトの内，1本を10%～20%の範囲で緩めた場合，面内・面外振動において加速度に突出した変化はなかった。
- ♀ FFT分析では，面内振動では卓越振動数がやや低下したが，面外振動では変化はなかった。



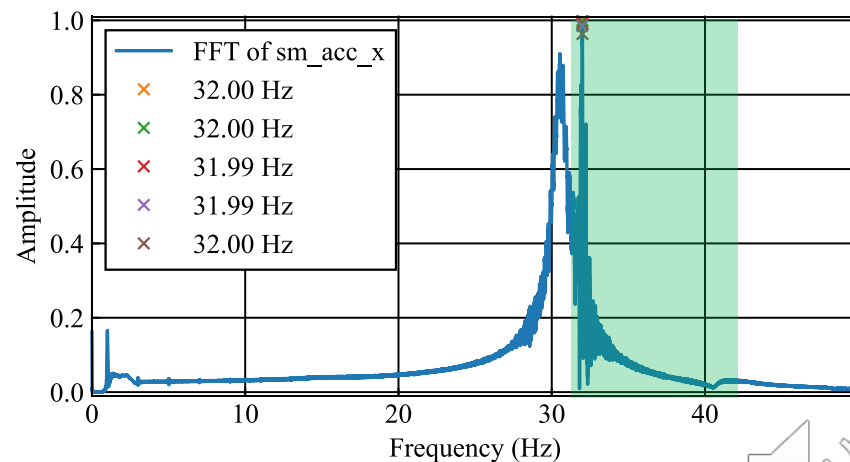
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・右上下ボルト緩み (90%)

♀ 加速度のピークは変化なし．FFT分析より，振動性状についてもやや卓越振動数の低下はあるが大きな変化はなし．



時刻歴加速度



FFT分析

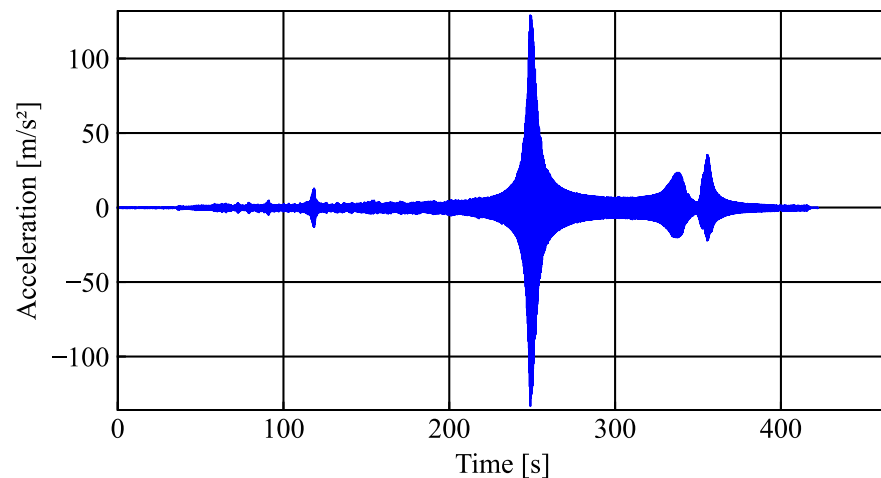




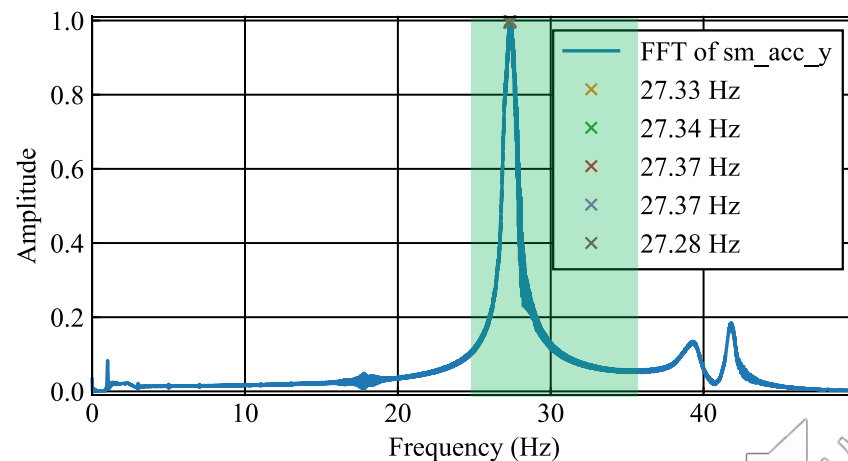
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・右上下ボルト緩み (90%)

♀ 加速度のピークは変化なし。FFT分析より、振動性状についてもやや卓越振動数の低下はあるが大きな変化はなし。



時刻歴加速度



FFT分析

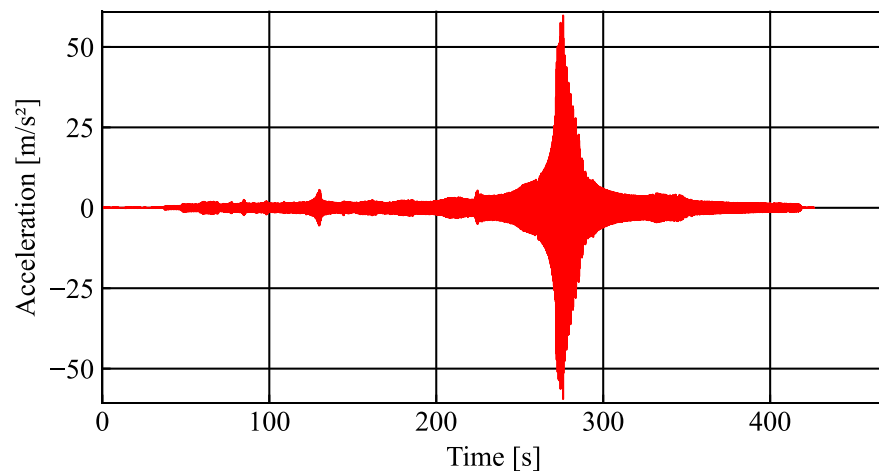




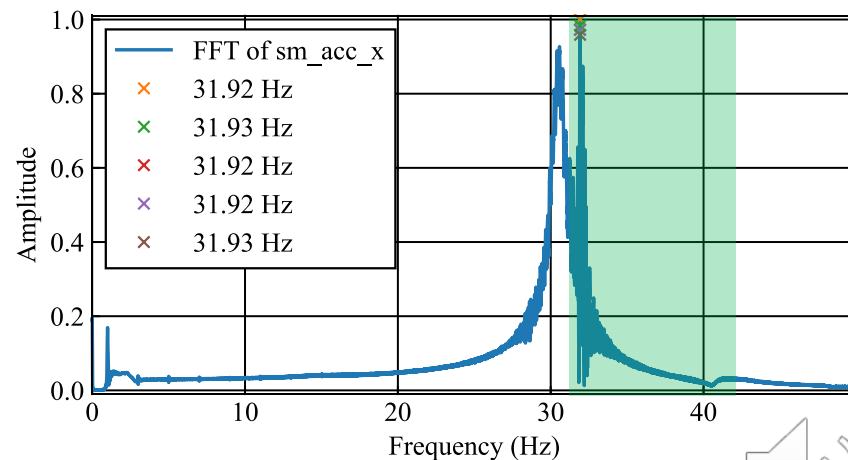
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・右上下ボルト緩み (80%)

♀ 加速度のピークは変化なし．FFT分析より，振動性状については100％に比べて1％程度，卓越振動数が低下



時刻歴加速度



FFT分析

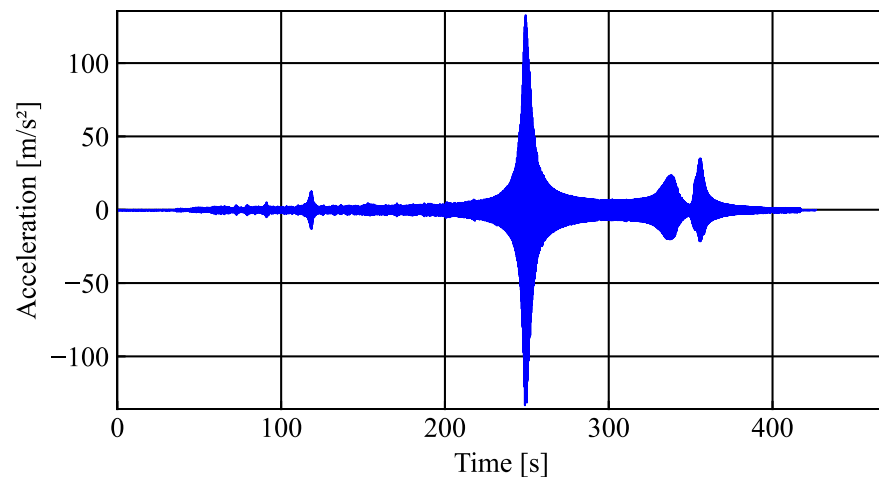




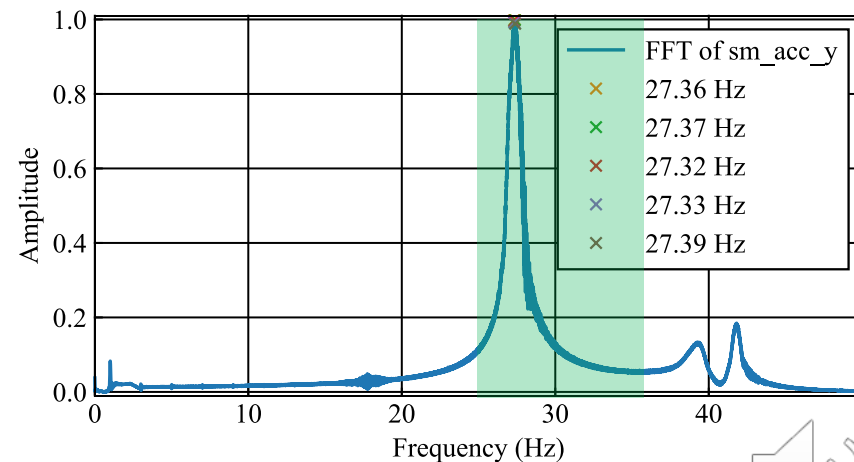
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・右上下ボルト緩み (80%)

♀ 加速度のピークは変化なし。FFT分析より、振動性状についてもやや卓越振動数の低下はあるが大きな変化はなし。



時刻歴加速度



FFT分析





2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～結果のまとめ～ 上下ボルト緩み

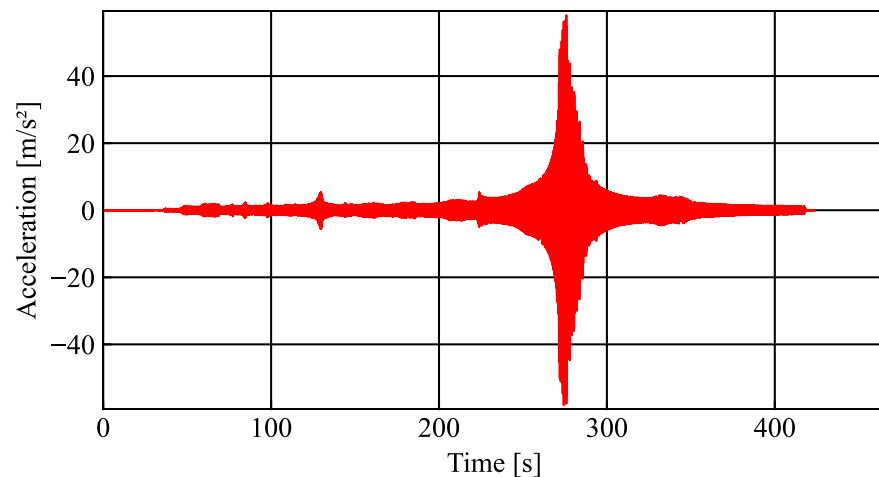
- ♀ 計8本の高力ボルトの内，右側2本を10%～20%の範囲で緩めた場合，面内・面外振動において加速度に突出した変化はなかった。
- ♀ FFT分析では，卓越振動数が面内振動では90%の緩みで1%程度低下し，面外振動では大きな変化はなかった。



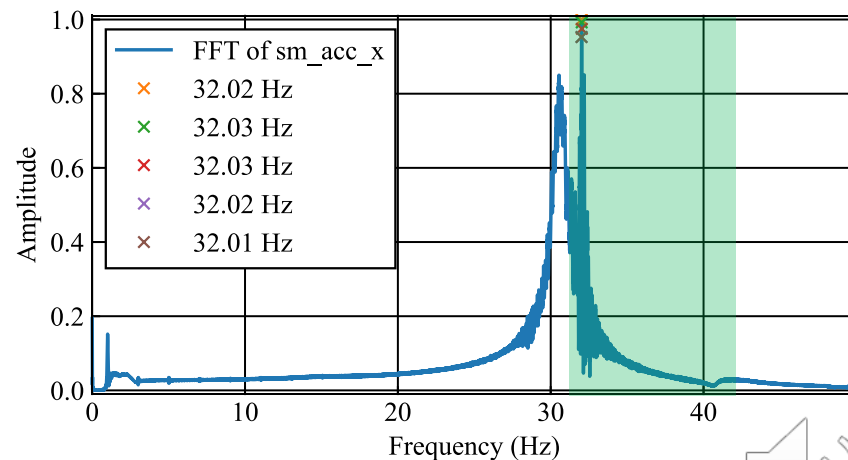
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・上下左右ボルト緩み（90%）

♀ 加速度のピークは変化なし．FFT分析より，振動性状については100％に比べて1％程度，卓越振動数が低下．



時刻歴加速度



FFT分析

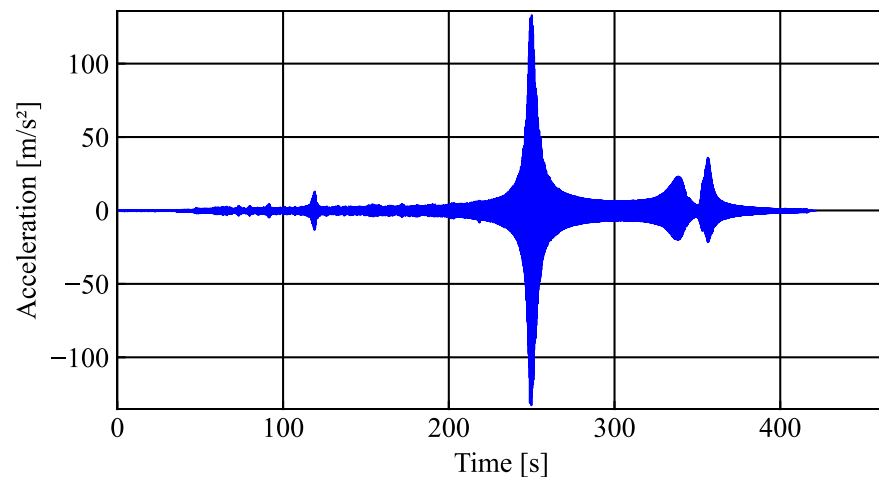




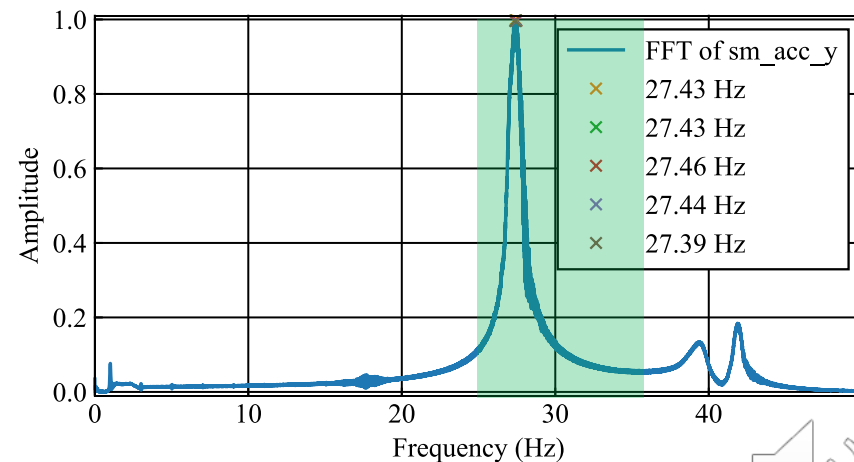
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・上下左右ボルト緩み（90%）

♀ 加速度のピークは変化なし．FFT分析より，振動性状についてもやや卓越振動数の低下はあるが大きな変化はなし．



時刻歴加速度



FFT分析

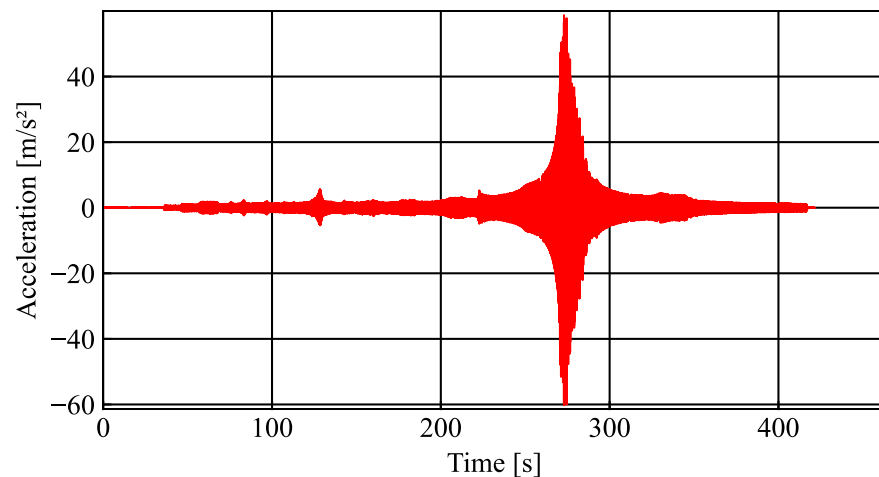




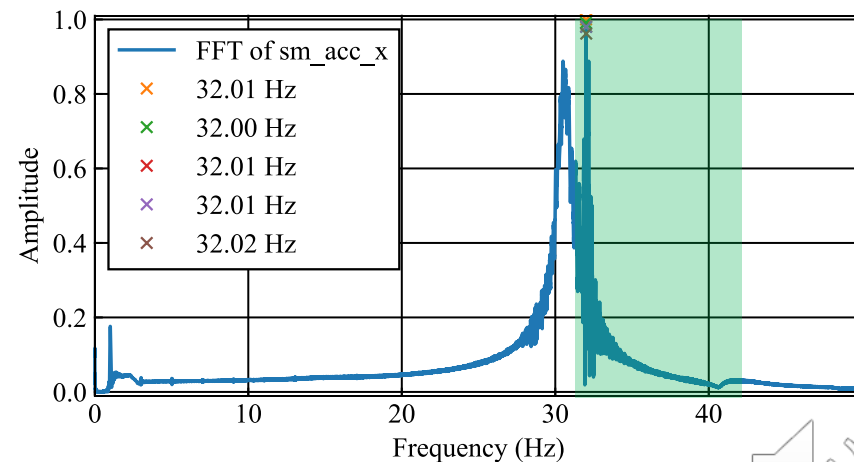
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面内振動・上下左右ボルト緩み（80%）

♀ 加速度のピークは変化なし。FFT分析より、振動性状については100%に比べて1%程度、卓越振動数が低下。



時刻歴加速度



FFT分析

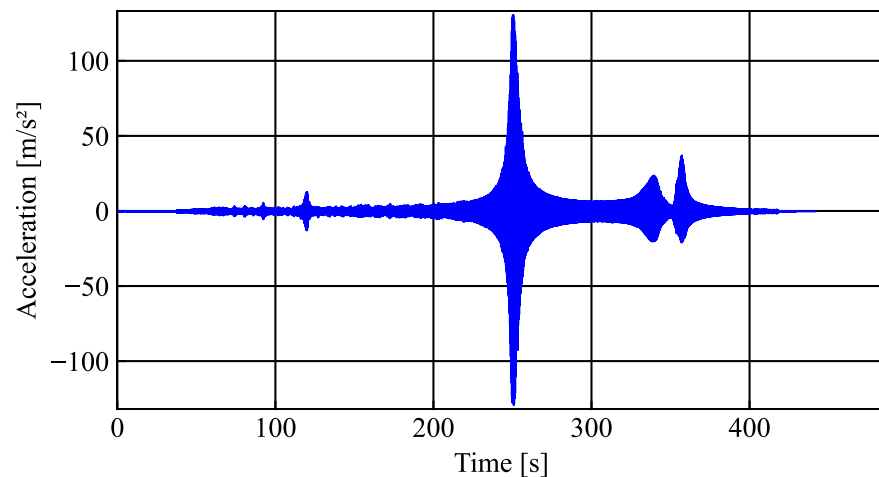




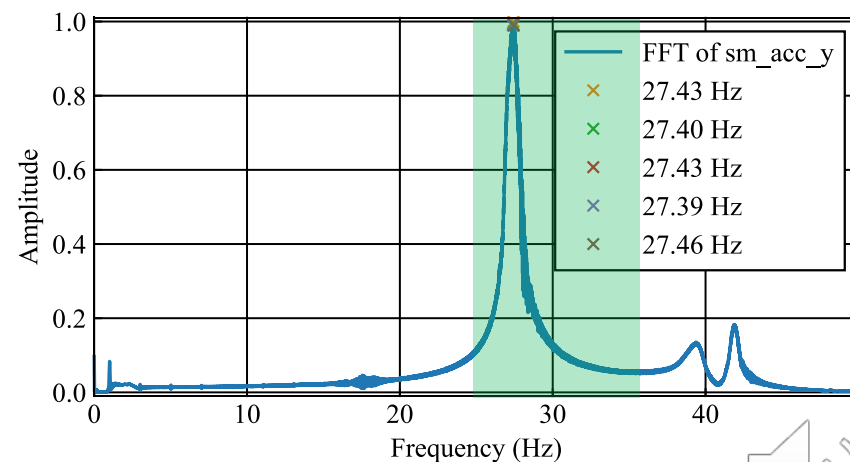
2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～実験結果～ 面外振動・上下左右ボルト緩み（80%）

♀ 加速度のピークは変化なし．FFT分析より，振動性状についてもやや卓越振動数の低下はあるが大きな変化はなし．



時刻歴加速度



FFT分析





2. 今年度の研究結果

1. 高力ボルトの緩み検知に関する研究 ～結果のまとめ～ 上下左右ボルト緩み

- ♀ 計8本の高力ボルトの内，両内側4本を10%～20%の範囲で緩めた場合，面内・面外振動において加速度に突出した変化はなかった。
- ♀ FFT分析では，卓越振動数が面内振動では90%の緩みで1%程度低下し，面外振動では大きな変化はなかった。



3. まとめ

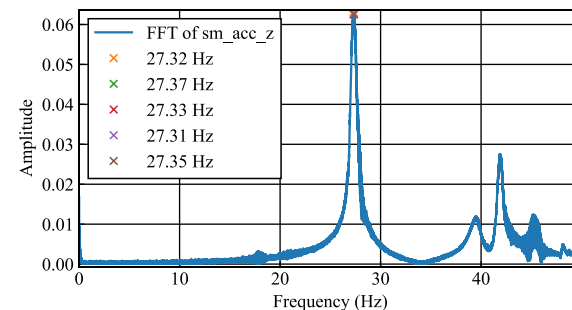
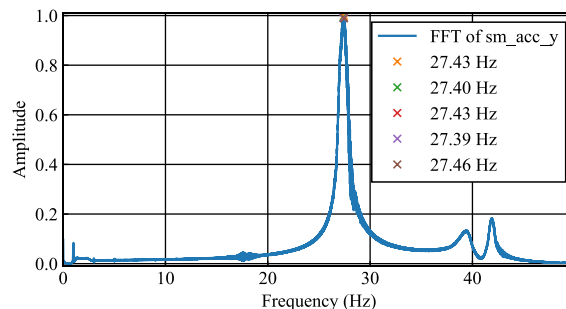
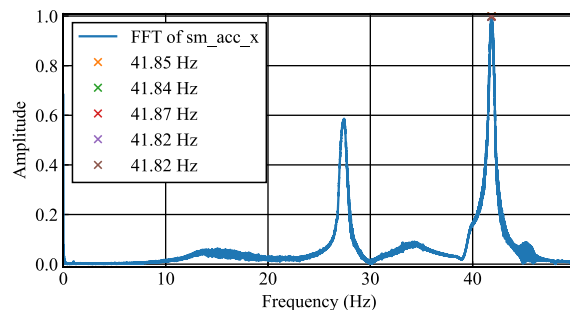
- ♀ 高力ボルト接合された門型フレームについて、高力ボルトの緩みを検知するため、3次元振動台を用いて面内及び面外方向に加振した。いくつかの高力ボルトを所定のトルクより緩め、梁部材中央部に設置したスマートデバイスによって加速度計測を実行し、その振動性状について分析を行った。
- ✂ 面内振動において、その方向の加速度を分析するとボルトの緩みによる加速度には変化は無かった。しかし、FFTによる卓越振動数は80%程度のボルト張力では1%の低下が見られた。なお、ボルトの位置や本数に関しては緩めたボルトの数が増加すると90%程度でも卓越振動数の低下が見られた。
- ✂ 面外振動において、その方向では加速度、FFT分析ともに大きな変化は見られなかった。





4. 現状の課題と展望

- ♀ 現状では面内振動では面内方向，面外振動では面外方向の加速度のみを分析している．スマートデバイスでは3軸の加速度計測が可能なため，他の2方向についても分析を進める必要がある．
- ♀ 今回の実験では，部材中央部で計測を実施したが，構造体全体の振動性状には影響が少ない可能性がある．そのため，高力ボルト付近の計測を実施することで比較する必要がある．その場合，高力ボルト付近では高周波数帯の振動が予想されるため，サンプリング間隔が200Hzのスマートデバイスを用いる必要がある．



面外振動のそれぞれのFFT結果