# Misura dell'ammettenza al ponticello del violino del Maestro Shotaro Nishimura (modello Stradivari)

Politecnico di Milano - Musical Acoustics Lab July 8, 2016





#### 1 Introduzione

In questo report vengono illustrati i risultati relativi alla misura dell'ammettenza al ponticello del violino del maestro Shotaro Nishimura (modello Stradivari). L'acquisizione è stata effettuata colpendo il ponticello del violino sospeso con un martelletto strumentato, e misurando la risposta vibratoria per mezzo di un accelerometro ad alta precisione. Nelle prossime sezioni verrà illustrato in dettaglio il setup di misura e verranno presentati i risultati ottenuti.

## 2 Setup di misura

Il violino è stato appeso ad una struttura in modo da non vincolare le vibrazioni e allo stesso tempo garantire la massima sicurezza dello strumento (vedi Figure 1 e 2). Un accelerometro piezoelettrico monoassiale PCB 352A24 (le cui specifiche sono riportate in Tabella 1) è stato fissato ad un lato del ponticello per mezzo di un pezzo di nastro adesivo di carta e di una piccola quantità di cera lavabile applicata ad esso (vedi Figura 3).

Le corde sono state bloccate con una striscia di gommapiuma, al fine di impedirne la vibrazione. Per misurare l'ammettenza l'altro lato del ponticello è stato colpito con un martelletto strumentato PCB 086E80 (le cui specifiche sono riportate in Tabella 2), la cui punta era dotata di una protezione in gomma. Il

Sensitività	$10.2 \ mV/(m/s^2)$
Range di frequenza $(\pm 5\%)$	1-8000 Hz
Risoluzione in banda larga (1-10000 Hz)	$0.002 \ m/s^2 \ {\rm rms}$
Non-linearità	≤ 1%
Peso	$0.8 \; g$
Range di misura	$\pm 490m/s^2pk$
Altezza	4.8mm

Tabella 1: Specifiche tecniche dell'accelerometro utilizzato



Figura 1: Struttura di acquisizione

segnale accelerometrico è stato acquisito con una scheda National Instruments USB-4432 (vedi Tabella 3) ad una frequenza di campionamento di 96000 Hz. Al fine di ottenere un risultato robusto al rumore, sono state effettuate 10 misure diverse e il risultato è stato mediato.

Da queste acquisizioni si è potuta ricavare la risposta in frequenza al ponticello, tramite il rapporto tra la media degli spettri dei segnali accelerometrici e la media degli spettri del segnale di input. L'ampiezza della risposta in frequenza è espressa in decibel (dB), una grandezza relativa espressa come

Sensitività	22.5~mV/N
Non-linearità	≤ 1%
Measurement Range	222 Npk
Diametro testa	6.3mm
Diametro punta	2.5mm
Massa martello	4.8 g
Massa prolunga	1.25g

Tabella 2: Specifiche tecniche del martelletto utilizzato

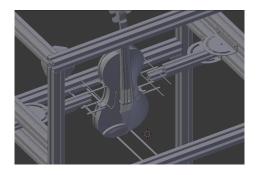


Figura 2: Schema 3D della struttura di acquisizione. Si possono notare i due elastici che sorreggono il fondo dello strumento e i morsetti di sicurezza.



Figura 3: Martelletto strumentato e accelerometro

$$A_{dB} = 20log_{10}(\frac{A}{A_{ref}}),\tag{1}$$

dove A è il valore misurato e  $A_{ref}$  il massimo valore numerico che la scheda di acquisizione può produrre. Per questo motivo, il massimo valore raggiungibile è 0 dB. La conversione in decibel rende più semplice la visualizzazione.

Successivamente, per rimuovere ulteriormente il rumore (soprattutto alle alte frequenze) è stato applicato un algoritmo di modellazione (illustrato in [1]) che restituisce un grafico che approssima la risposta reale dello strumento. Tramite

Range di input	$\pm 40V_{pk}$
Risoluzione frequenza di campionamento	$\leq 2.10 \text{ mS/s}$
Linearità di fase (20 Hz - 20 kHz)	$\pm 0.01$

Tabella 3: Specifiche tecniche della scheda di acquisizione

una procedura di ottimizzazione iterativa, e basandosi sulla misurazione reale, l'algoritmo modella ogni risonanza sotto i 1000 Hz singolarmente, regolandone frequenza, ampiezza e larghezza di banda.

Al di sopra dei 1500 Hz i picchi di risonanza diventano molto vicini e difficili da distinguere. Tipicamente la risposta in frequenza di un violino esibisce due agglomerati di modi. Questi sono chiamati Transition Hill e Bridge Hill. Il primo si trova nella regione 1500-2000 Hz, il secondo oltre i 2000 Hz. Essi vengono approssimati come due modi distinti che modellano la forma della risposta in queste bande. Questo è un modo di procedere comune adottato al fine di ridurre l'impatto dell'inevitabile rumore di misura al di sopra dei 1500 Hz. La prossima sezione mostra i risultati ottenuti.

#### 3 Risultati

#### 3.1 Risposta in frequenza misurata e risposta modellata

In Figura 4 è mostrato il grafico della risposta in frequenza ricavato dalle misure.

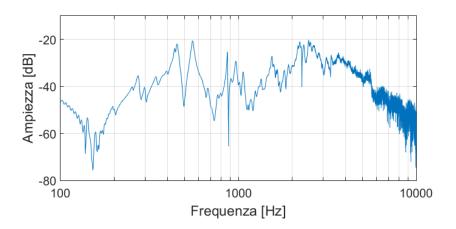


Figura 4: FRF del violino analizzato

In Figura 5 è mostrato il grafico dopo la modellazione. Si può notare come il Transition Hill e il Bridge Hill siano stati modellati come due modi alle frequenze di 1531 e 2484 Hz, rispettivamente.

### 3.2 Identificazione dei modi principali

In Tabella 4 sono stati riportati i picchi identificati con l'algoritmo di modellazione, la loro frequenza e l'ampiezza in dB. Il modo A0, a 273 Hz, perfettamente allineato con i violini del nostro database (in media 273, con deviazione

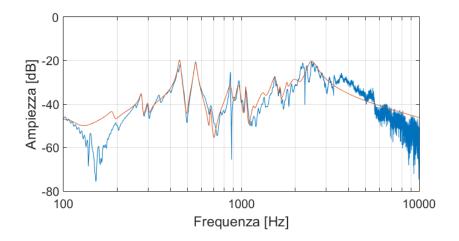


Figura 5: FRF del violino analizzato, dopo la modellazione

Nome	Frequenza [Hz]	Nota più vicina	Ampiezza [dB]
A0	273	C# 4	-35.19
CBR	395	G4	-33.23
B1-	450	A4	-19.8
B1+	552	C# 5	-20.89
C4	671	E5	-42.32
Transition Hill	1531	G6	-27.76
Bridge Hill	2484	D# 7	-20.29

Tabella 4: Frequenze dei modi identificati sul grafico FRF e relativa ampiezza in dB

standard 3.8). Il modo CBR presenta una frequenza di 395 Hz, leggermente maggiore rispetto alla media di 386.8 Hz (e deviazione standard di 4.1) del database. I due modi relativi al movimento del corpo, B1- e B1+, si trovano rispettivamente a frequenza 450 e 552. Media e deviazione standard per il nostro database sono rispettivamente 435.2 e 12.2 per B1- e 528.5 e 17.1 per B1+.

#### Riferimenti

[1] E. Maestre and G. Scavone. Digital modeling of bridge driving-point admittances from measurements on violin-family instruments. 2013.