

CSSV 2025 第 16 屆第 1 次會員大會暨第 32 屆學術研討會

中華民國振動與噪音工程學會

2025.6.27(Fri)@中原電機

時間	活動項目		
09:00-09:30	報 到 (中原大學篤信電學大樓)		
09:30-09:40	開幕式	陳世綸教授 中原大學電機資訊學院 院長 宋家驥 教授 中華民國振動與噪音工程學會 理事長	
09:40-10:10	學會會務報告 優秀論文頒獎 選舉理監事	宋家驥 教授 中華民國振動與噪音工程學會 理事長 黃心豪 教授 中華民國振動與噪音工程學會 秘書長	
10:10-11:00	大會演講 主持人：邱謙松教授 智慧運算學院院長兼 電機工程學系主任	主講人：王栢村教授 屏東科技大學機械工程系 講 題：研究結構聲振相互作用效應的通用實驗和分析方法	
11:00-11:10	茶敘時間		
11:10-11:35	產學論壇 主持人：張政元教授 中原大學電機工程學系	主講人：薛宗智董事長 律芯科技股份有限公司 講 題：聲學技術與多模態 AI 融合的創新應用	
11:35-12:00		主講人：黃信行教授 中原大學機械工程學系 講 題：利用振動噪音技術提升音樂機器人的演奏品質	
12:00-13:30	午餐(師長及業界先進：304 會議室、學生：510 教室) //產學交流(304 會議室)		
	12:00 虎門科技 12:15 尚馬電聲 12:30 MSC Software 12:45 律芯科技 13:00 金頓科技 13:15 華新工程		
13:30-15:15	論文發表 A 場(101 教室) 主持人：張弘岳 教授	論文發表 B 場(105 講堂) 主持人：林章生 教授	論文發表 C 場(156 教室) 主持人：林益煌 教授
15:15-15:30	茶敘時間		
15:30-17:15	論文發表 D 場(101 教室) 主持人：黃世疇 教授	論文發表 E 場(105 講堂) 主持人：陳任之 教授	論文發表 F 場(156 教室) 主持人：田孟軒 教授

研究結構聲振相互作用效應的通用實驗和分析方法

Generic Experimental and Numerical Approaches
to Examine Structural Sound and Vibration Interaction Effect



王栢村教授

Bor-Tsuen Wang

Department of Mechanical Engineering

National Pingtung University of Science and Technology

Neipu, Pingtung 91201, Taiwan

Tel: +886-8-770-3202 # 7017

Fax: +886-8-774-0142

E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw

Homepage: https://val.npust.edu.tw/



機械工程學系
振動噪音實驗室
VIBRATION AND ACOUSTICS LAB



研究結構聲振相互作用效應的通用實驗和分析方法

Generic Experimental and Numerical Approaches
to Examine Structural Sound and Vibration Interaction Effect

- 聲音產生機制是感興趣的議題。
 - 已知主要有三種類型，即結構振動或是流體擾動引發的聲音。
 - 聲音和振動是相互連結的問題。哪裡就有聲音，哪裡就有振動，反之亦然。
- 本文提出處理結構噪音/聲音和振動的方法。
 - 首先，介紹結構系統輸入-系統-輸出(I/O)與激勵源-路徑-響應(RPDM)的概念。
 - 當考慮噪音/聲音問題時，路徑可以再分為結構路徑和空氣/流動路徑，因此響應可以包含振動和噪音/聲音響應。
 - 根據SPR技術路徑圖，提出一種5項測試(5-test)和5項分析(5-analysis)的通用方法，以探討結構噪音/聲音和振動(N&V)。
- 在實務應用所涉及的10項測試和分析，可以歸納出四個階段的工作，包括：
 - (1) N&V量測以探討其關聯性。
 - (2) 模型驗證(MV)以發展等效模型。
 - (3) 模型驗證(MV)以進行振動響應預測(RP)和設計變更(DM)，以及
 - (4) 模型驗證(MV)以探討聲場響應的RP和DM。
- 本文將討論涉及5-test和5-analysis的打擊樂器之聲音和振動研究。
 - 如音叉、卡林巴琴(姆指琴)、鐘鐃和小提琴。
- 這種通用方法也可應用於其他結構，例如：
 - 兩刷馬達在振動測試中的失效。
 - 空調風扇的N&V探討改善。
- 本文探討了結構噪音/聲音和振動所需的技術。
 - 提供量測的實驗與分析的方法。
- 關鍵詞：
 - 輸入-系統-輸出(I/O)、激勵源-路徑-響應(RPDM)、噪音/聲音與振動(N&V)、模型驗證(MV)、響應預測(RP)、設計變更(DM)。

1. Introduction

1.1 Sound generation mechanism 聲音產生機制

項次	聯盟網站連結	粉絲團連結	電子報	YouTube
1	為什麼'noise and vibration'都說【振動噪音】，而不是【噪音振動】？	點我	-	-
2	是【振動】、還是【噪音】？	點我	第68期	-
50	聲音如何產生？	點我	第93期	點我
51	康熙字典怎麼解釋【聲】(sound)？	點我	第94期	點我
52	儀器如何分類？	點我	第94期	點我
53	怎麼看「聲響度曲線」？	點我	第95期	點我
198	甚麼是「聲振耦合」和「聲固耦合」？	點我	第153期	點我

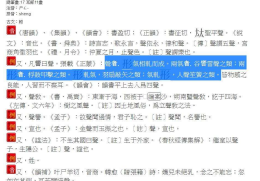
#51 康熙字典怎麼解釋【聲】(sound)？

Structure and Flow interaction

- 聲者，形氣相軋而成。
 - Flow - Flow：
 - 兩氣者，谷響雷聲之類。
 - Structure - Structure：
 - 兩形者，桴鼓叩擊之類。
 - Structure - Flow：
 - 形軋氣，羽扇敲矢之類。
 - Flow - Structure：
 - 氣軋形，人聲笙簧之類。



http://tool.httpcn.com/Html/KangXi33/KO-PWXXVVPWXVAZMEPW.shtml

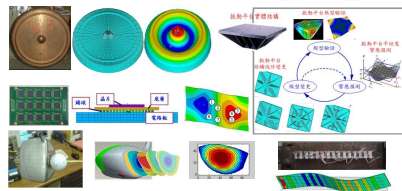


王栢村教授簡歷與研究主題

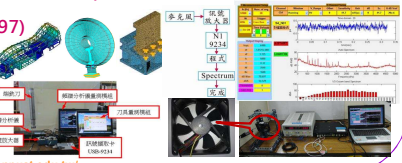
- 現職：
 - 國立屏東科技大學
 - 機械工程學系教授(1997~)
 - 振動噪音產學技術聯盟
 - 聯盟主席(2014~)
- 學歷：
 - 美國維吉尼亞理工大學
 - 機械碩士(1988)、博士(1991)
- 經歷：
 - 中華民國振動與噪音工程學會
 - 理事長(2014~2016)
 - 研發長(2011-2014)
 - 工學院院長(2007-2010)
 - 主任秘書(2003-2005)
 - 推廣教育中心主任(2001)
 - 機械工程學系系主任(1997-2000)
 - 技術合作處研究發展組長(1994-1997)
 - 機械工廠主任(1991-1994)
- 專長：
 - 結構振動與噪音控制
 - 電腦輔助工程分析
 - 智慧型材料結構系統
 - 車輛動力學

研究主題

結合CAE與EMA之虛擬測試與變更設計



低成本/客制化振動噪音檢測分析



TEL: (08)770-3202 #7017 • FAX: (08)774-0142

E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw • www: https://val.npust.edu.tw/

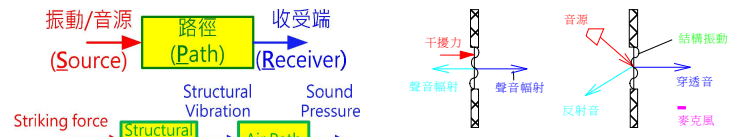
研究結構聲振相互作用效應的通用實驗和分析方法

Generic Experimental and Numerical Approaches
to Examine Structural Sound and Vibration Interaction Effect

1. Introduction
 - Sound generation mechanism 聲音產生機制
 - System modeling F→GMBI→R 系統模型
2. Concept of ISO / SPR
3. 5-test & 5-analysis base on SPR
 - 3.1 SPR technical roadmap 技術路徑
 - 3.2 Theoretical formulation for vibroacoustic analysis 聲振耦合分析
 - 3.3 Four stages in practical application 實務應用
4. Case Study for Vibroacoustic Analysis
 - 4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析
 - Tuning fork 音叉
 - Kalimbas 姆指琴/卡林巴琴
 - Chime bell 鐘鐃
 - Singing bowl 頌鉢
 - Violin 小提琴
 - 4.2 Application to Engineering structures
 - Wiper motor failure during vibration testing 兩刷馬達
 - Rotary Compressor 迴轉式壓縮機
5. Conclusions

#50

聲音如何產生？



- 聲音的產生
 - 來自結構振動所引發之介質波動
 - Structural vibration induced
 - 來自流場流動所引發之介質波動
 - Flow pressure induced
- 聲音的傳播路徑(path)
 - 藉由空氣傳播的聲音
 - Air-borne sound
 - 藉由結構傳播的聲音
 - Structure-borne sound

#52

樂器如何分類？

- Idiophone 體鳴 樂器【打擊樂器】
- Membranophone 膜鳴 樂器【打擊樂器】
- Chordophone 弦鳴 樂器【弦樂器】
- Aerophone 氣鳴 樂器【管樂器】



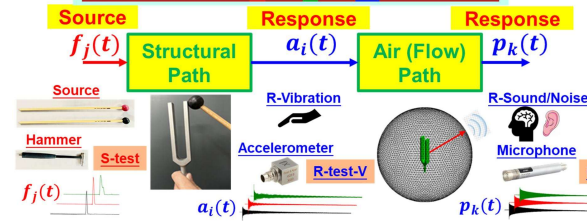
聲者，形氣相軋而成

- 兩氣：flow to flow interaction
- 兩形：structure to structure interaction
- 形軋氣：structure vibration inducing flow interaction
- 氣軋形：flow passing structure

3. 5-test & 5-analysis base on SPR

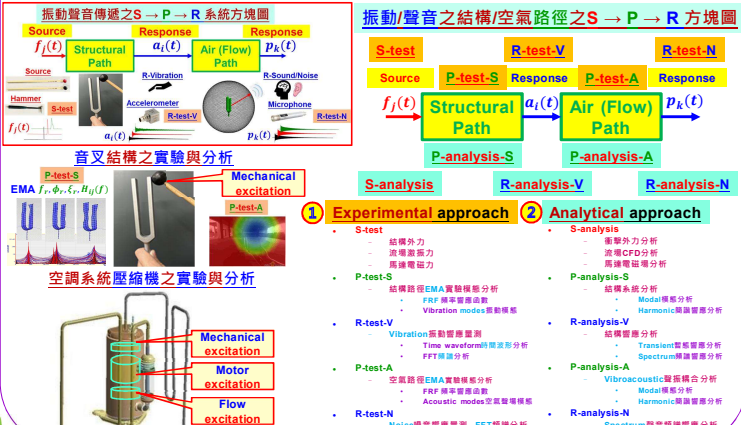
- 3.1 SPR technical roadmap
- 3.2 Theoretical formulation for vibroacoustic analysis
- 3.3 Four stages in practical application

振動聲音傳遞之S → P → R系統方塊圖



由SPR方塊圖看需要哪些實驗與分析？

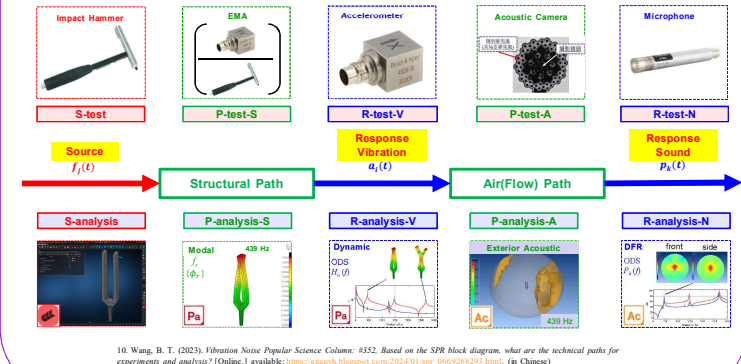
#351



3.1 SPR block diagram for technical roadmap

Experimental and numerical techniques in studying percussion instrument

Test and analysis of applying SPR technical roadmap for tuning fork



10. Wang, B. T. (2023). Vibration Noise Popular Science Column: #352. Based on the SPR block diagram, what are the technical paths for experiments and analysis? [Online]. available: https://ataanh.blogspot.com/2023/01/spr_06692023293.html. (in Chinese)

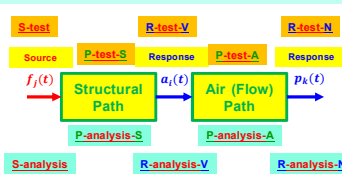
3. 5-test & 5-analysis base on SPR

3.1 SPR block diagram for technical roadmap

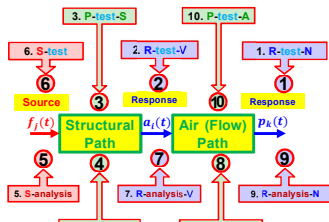
Test and analysis for diagnosis steps of applying SPR technical roadmap.

(a) S-test and S-analysis in SPR

S → P → R block diagram of Vibration and Sound for Structural and Air Path



(b) Sequence in practical application



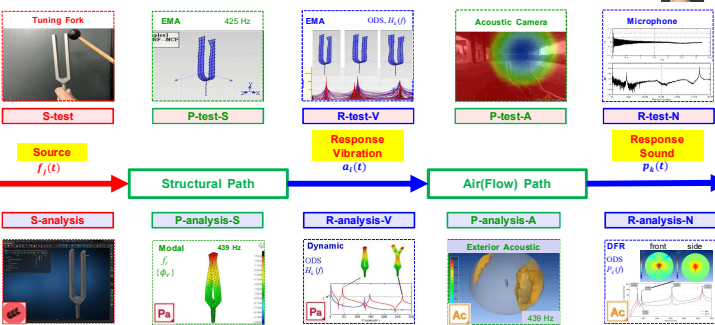
8. Wang, B. T. (2023). Vibration Noise Popular Science Column: #351. Based on the SPR block diagram, what experiments and analyses are needed? [Online]. available: https://ataanh.blogspot.com/2023/01/spr_06692023293.html. (in Chinese)

9. Wang, B. T. (2023). Vibration Noise Popular Science Column: #352. How to apply SPR technology to deal with vibration and noise problems? [Online]. available: https://ataanh.blogspot.com/2023/01/spr_06692023293.html. (in Chinese)

3.1 SPR block diagram for technical roadmap

Experimental and numerical techniques in studying percussion instrument

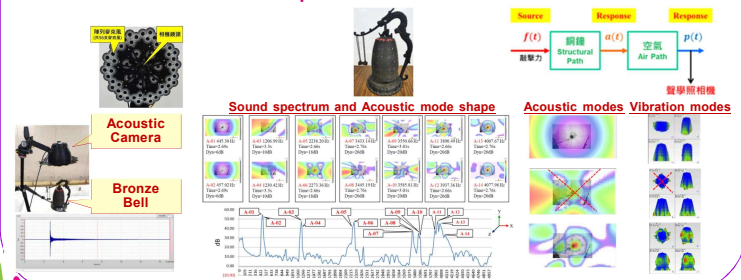
Test and analysis results in SPR technical roadmap for tuning fork



10. Wang, B. T. (2023). Vibration Noise Popular Science Column: #352. Based on the SPR block diagram, what are the technical paths for experiments and analysis? [Online]. available: https://ataanh.blogspot.com/2023/01/spr_06692023293.html. (in Chinese)

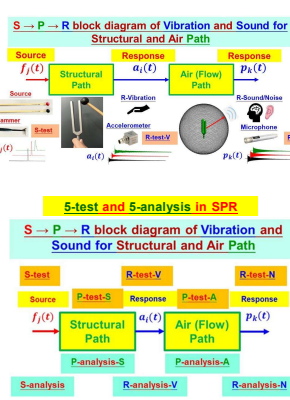
352. 王柏村、蔡建雄、曾全佑、蔡曜光、蔡俊郎、吳盈輝、2020. 「聲學照相機之量測驗證與應用」. 台灣聲學學會109年會員大會暨第三十三屆學術研討會. 台北. 論文編號:B12.

- Performing EMA on a bronze bell
- Using an acoustic camera to capture the sound pressure mode shapes
 - to explore the modal characteristics of sound fields
- Examining the correlation between structural vibration mode shape and acoustic mode shapes.



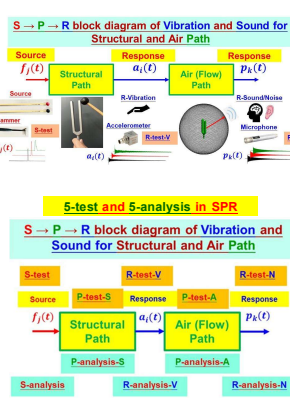
3.1 SPR block diagram for technical roadmap

- S-test: Source-test**
 - An impact hammer with a force transducer must be used to measure $f_j(t)$.
- P-test-S: Path test for Structure**
 - to perform experimental modal analysis (EMA) on the structure and obtain vibration modes
 - To obtain the modal parameters of the structure,
 - f_j is the natural frequency,
 - ϕ_j is the displacement mode shape,
 - ζ_j is the modal damping ratio.
- R-test-V: Response test for Vibration**
 - measuring the acceleration of vibration $a_i(t)$ and vibration spectrum $G_{aa}(f)$.
- P-test-A: Path test for Air**
 - to perform EMA on the air path and understand the acoustic modes of the air path, requiring acoustic camera.
- R-test-N: Response test for Noise**
 - to measure the sound pressure time waveform $p_k(t)$ and noise spectrum $G_{pp}(f)$.



3.1 SPR block diagram for technical roadmap

- S-analysis: Source-analysis**
 - since the actual $f_j(t)$ impact force is close to a triangular wave, the ideal impact force can be assumed.
- P-analysis-S: Path analysis for Structure**
 - (1) Modal analysis:
 - f_j natural frequency and ϕ_j mode shape.
 - (2) Harmonic response analysis:
 - The frequency response function $H_j(f)$.
- R-analysis-V: Response analysis for Vibration**
 - the harmonic analysis in P-analysis-S is equivalent to the response spectrum analysis here.
- P-analysis-A: Path analysis for Air**
 - Requires the vibroacoustic coupling analysis,
 - (1) Modal analysis:
 - The f_j natural frequency and ϕ_j acoustic mode shape of the structure in air coupling condition can be analyzed.
 - (2) Harmonic response analysis:
 - The $G_{pp}(f)$ sound pressure spectrum.
- R-analysis-N: Response analysis for noise**
 - P-analysis-A is equivalent to the spectrum response analysis of the sound spectrum $G_{pp}(f)$.



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

3.2 Theoretical formulation for vibroacoustic analysis

- System block diagram for **Structure-only** System
- System block diagram for **air-structure** analysis

Time domain: $f_j(t) \rightarrow [M_s][C_s][K_s] \rightarrow a_i(t)$

Frequency domain: $G_{f,f_j}(f) \rightarrow H_{a_i,f_j}(f) \rightarrow G_{a_i,a_i}(f)$

Modal domain: $f_j(t) \rightarrow f_r \rightarrow \phi_r \rightarrow \zeta_r \rightarrow a_i(t)$

Structural Path: $f_j(t) \rightarrow [M_s][C_s][K_s] \rightarrow u_i(t) \rightarrow [M_r][C_r][K_r] \rightarrow p_i(t)$

Air Path: $\{u\}, \{\dot{u}\}, \{\ddot{u}\} \rightarrow [M_r][C_r][K_r] \rightarrow \{p\}$

Integrated fluid-structure system equation: $[M_s]\{\ddot{u}\} + [C_s]\{\dot{u}\} + [K_s]\{u\} = \{F_s\} + [R]\{p\}$

or in the simple expression: $[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f\}$

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

Theoretical formulation for vibro-acoustic analysis

- The **structure-only** system which equations can be expressed as follows: $[M_s]\{\ddot{u}\} + [C_s]\{\dot{u}\} + [K_s]\{u\} = \{F_s\} + [R]\{p\}$
- The **air-path** system equations can be expressed as follows: $[M_r]\{\ddot{p}\} + [C_r]\{\dot{p}\} + [K_r]\{p\} = \{F_r\} - \rho_0[R]^T\{\ddot{u}\}$
- The integrated **fluid-structure** system equation can be derived as follows: $[M_s] \begin{Bmatrix} \{\ddot{u}\} \\ \{\ddot{p}\} \end{Bmatrix} + [C_s] \begin{Bmatrix} \{\dot{u}\} \\ \{\dot{p}\} \end{Bmatrix} + [K_s] \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{p\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F_s\} \\ \{F_r\} \end{Bmatrix}$
- or in the simple expression: $[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f\}$

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

System block diagram for Structure-only System

Time domain: $f_j(t) \rightarrow [M_s][C_s][K_s] \rightarrow a_i(t)$

Frequency domain: $G_{f,f_j}(f) \rightarrow H_{a_i,f_j}(f) \rightarrow G_{a_i,a_i}(f)$

Modal domain: $f_j(t) \rightarrow f_r \rightarrow \phi_r \rightarrow \zeta_r \rightarrow a_i(t)$

Equations: $[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f\}$

$H_{ij}(\omega) = \frac{X_i}{F_j} = \sum_{r=1}^n \frac{\phi_{r,i}\phi_{r,j}}{(\omega_r^2 - \omega^2) + i(2\zeta_r\omega_r\omega)}$

$H_{a_i,f_j}(\omega) = \frac{A_i}{F_j} = -\omega^2 \sum_{r=1}^n \frac{\phi_{r,i}\phi_{r,j}}{(\omega_r^2 - \omega^2) + i(2\zeta_r\omega_r\omega)}$

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

System block diagram for air-structure analysis

(a) Physical domain: $f_j(t) \rightarrow [M_s][C_s][K_s] \rightarrow u_i(t) \rightarrow [M_r][C_r][K_r] \rightarrow p_i(t)$

(b) Modal domain: $f_j(t) \rightarrow [M_s][C_s][K_s] \rightarrow \{u\} \rightarrow [M_r][C_r][K_r] \rightarrow \{p\}$

(c) Frequency domain: $G_{f,f_j}(f) \rightarrow H_{a_i,f_j}(f) \rightarrow G_{a_i,a_i}(f)$

Equations: $[M_s]\{\ddot{u}\} + [C_s]\{\dot{u}\} + [K_s]\{u\} = \{F_s\} + [R]\{p\}$

$[M_r]\{\ddot{p}\} + [C_r]\{\dot{p}\} + [K_r]\{p\} = \{F_r\} - \rho_0[R]^T\{\ddot{u}\}$

$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f\}$

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

Structural System Modal domain

Structural displacement mode shape

Air-Structure Coupling System

Structural displacement mode shape

Acoustic sound pressure mode shape

Equations: $f_j(t) \rightarrow \bar{f}_r \rightarrow \bar{\phi}_r \rightarrow \bar{\zeta}_r \rightarrow a_i(t)$

$\bar{f}_r \rightarrow \bar{\phi}_r \rightarrow \bar{\zeta}_r, \bar{\phi}_r = \bar{\phi}_{r(s)} + \bar{\phi}_{r(a)}$

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

Characteristics of Percussion Sound

Air-Structural Coupling System

Acoustic sound pressure mode shape

Structural displacement mode shape

Simulation

Experiment

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

Design for Crotales with Harmonic Sound

具簡諧倍頻音古鈸打擊樂器之設計開發

(2) CPS $\rightarrow$ Solution

- Testing $\rightarrow$ Virtual Testing
- CAE $\rightarrow$ Experimental Verification
- Verification $\rightarrow$ Validation
- Component design $\rightarrow$ System design

Design process: 原料 $\rightarrow$ 設計開發 (產品改善) $\rightarrow$ 工廠 (生產製造) $\rightarrow$ 產品

市場資訊回饋

單一古鈸設計

具簡諧倍頻音古鈸打擊樂器

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

3.3 Four stages in practical application

According to the needs, the **four** stages of tuning fork research are proposed, as follows:

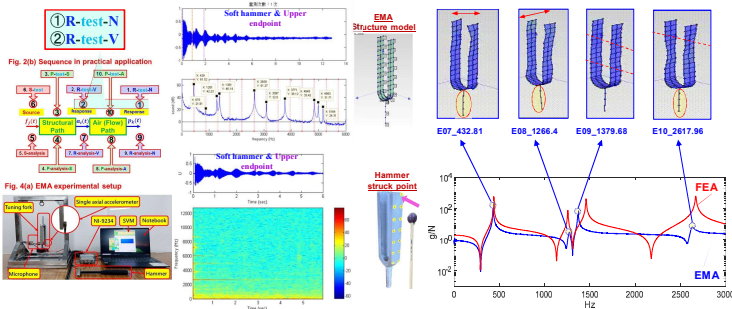
- The first stage:** Study correlation between Sound and Vibration, ①R-test-N and ②R-test-V.
- The second stage:** Perform Model Verification (MV), ③P-test-S and ④P-analysis-S.
- The third stage:** Carry out Structure-only Analysis, ⑤S-analysis, ⑥S-test and ⑦R-analysis-V.
- The fourth stage:** Proceed Vibroacoustic Analysis, ⑧P-analysis-A, ⑨R-analysis-N and ⑩P-test-A.

Sequence in practical application

3.3.1 Sound and vibration measurement and correlation study

1. The first stage:

Measurement results of R-test-N and R-test-V from the struck tuning fork

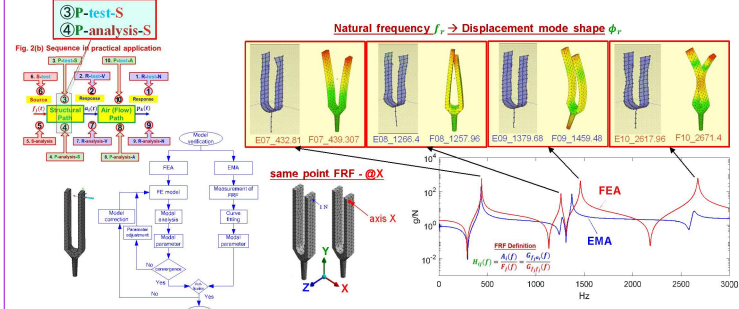


33

3.3.2 Model verification of FE model

2. The second stage:

Comparison of EMA and FEA results for model verification of the tuning fork

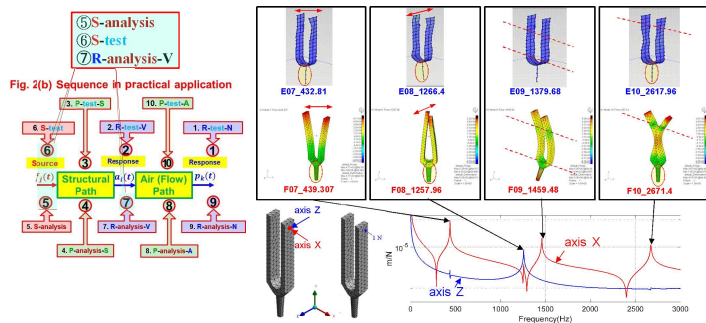


34

3.3.3 Structure only analysis for tuning fork

3. The third stage:

Modal parameters and FRF of structure only analysis for the tuning fork.

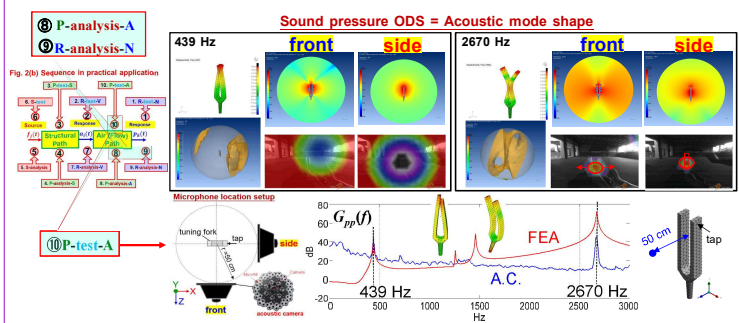


35

3.3.4 Vibroacoustic analysis for tuning fork

4. The fourth stage:

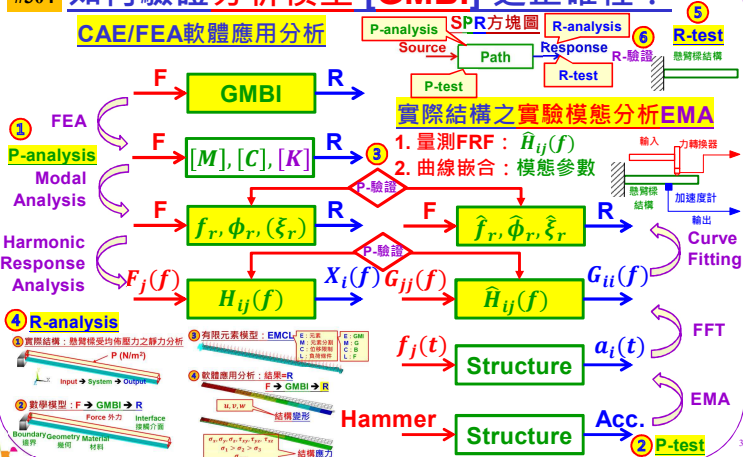
Sound pressure ODS and acoustic mode shape of vibroacoustic analysis for the tuning fork.



36

#304 如何驗證分析模型 [GMBI] 之正確性？

CAE/FEA軟體應用分析



37

研究結構聲振相互作用效應的通用實驗和分析方法

Generic Experimental and Numerical Approaches to Examine Structural Sound and Vibration Interaction Effect

1. Introduction
 - Sound generation mechanism 聲音產生機制
 - System modeling 系統模型
2. Concept of ISO / SPR
3. 5-test & 5-analysis base on SPR
 - 3.1 SPR technical roadmap 技術路徑
 - 3.2 Theoretical formulation for vibroacoustic analysis 聲振耦合分析
 - 3.3 Four stages in practical application 實務應用
4. Case Study for Vibroacoustic Analysis
 - 4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析
 - Tuning fork 音叉
 - Kalimbas 姆指琴/卡林巴琴
 - Chime bell 鐘
 - Singing bowl 碗
 - Violin 小提琴
 - 4.2 Application to Engineering structures
 - Wiper motor failure during vibration testing 雨刷馬達
 - Rotary Compressor 迴轉式壓縮機
5. Conclusions

38

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析

打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 姆指琴

項次	聯盟網站連結	粉絲團連結	電子報	YouTube
198	甚麼是「聲振耦合」和「聲源耦合」？	點我	第153期	點我
199	姆指琴系列(1): 姆指琴的構造與聲音有甚麼特性呢？	點我	第153期	點我
200	姆指琴系列(2): 如何解讀姆指琴的聲音？有甚麼特徵？	點我	第153期	點我
201	姆指琴系列(3): 姆指琴演奏聲音的時間特性，有甚麼特徵？	點我	第153期	點我
202	姆指琴系列(4): 姆指琴的琴片之振動特性，和發聲頻率有關係嗎？	點我	第153期	點我
203	姆指琴系列(5): 姆指琴的音箱有甚麼特性？結構振動模態和空氣音場模態有甚麼差別？	點我	第153期	點我
204	姆指琴系列(6): 姆指琴的發聲機制和琴片及音箱有甚麼關係嗎？	點我	第153期	點我
205	姆指琴系列(7): 姆指琴不同琴片的演奏聲音有甚麼異同？	點我	第154期	點我
206	姆指琴系列(8): 姆指琴音箱的音孔對演奏聲音有影響嗎？	點我	第154期	點我

39

姆指琴的構造與撥奏聲音有甚麼特性呢？

1. “Kalimba” Google搜尋
2. 民俗藝品店購買
3. 姆指琴的構造
 - 姆指琴之琴片編號
 - 姆指琴之發聲機制
4. 姆指琴發聲機制之SPR流程图
 - 施力 $f_i(t)$ → 結構 $a_i(t)$ → 空氣 $p_s(t)$
 - 琴片編號對應音階
 - 琴片: 04 時間波形 $p_k(t)$
 - 聲音頻譜: $G_{pp}(f)$ FFT
5. 琴片長度與基音頻率

40

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析

打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 編鐘Chime bell

- Vibroacoustic Analysis on Chime Bell**
 - Obtain an equivalent finite element model of chime bell
 - Perform vibroacoustic analysis for sound radiation
 - Study the effect of with and without "Mei"

Sequence in practical application

Figure 5: Finite element model of chime bell with and without "Mei".

Figure 6: Comparison of predicted sound spectrum of chime bell with and without "Mei".

385. Wang, B. T., Tsao, W. C., Yang, M. C., Chiu, H. I., and Lin, G. H., 2023, "Vibroacoustic Analysis on Chime Bell for Modal Properties and Sound Spectrum," 29th International Congress on Sound and Vibration, Prague, Czech Republic, No. T13.

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析

打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 編鐘Chime bell

- Design and verification of chime bell with harmonics sound.**
 - Obtain geometric dimension design of dual-tone chime bells with harmonic frequencies
 - The dual-tone chime bells from the standard musical scale frequencies are C6 and E6.

Figure 2: The geometry model of chime bell.

Table 5: Mode shapes of dual-tone chime bell (C/E6).

(a) Sound spectrum of the face-tone sound (b) Sound spectrum of the side-tone sound

392. Tsao, W. C., Wang, B. T., and Wu, Y. H., 2024, "Design and verification of dual-tone chime bell with harmonics sound," 30th International Congress on Sound and Vibration, Amsterdam, Netherlands, No. T13.

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析

打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 頌鉢

項次	聯盟網站連結	粉絲團連結	電子報	YouTube
165	頌鉢的聲學頻率與振動模態有甚麼關係?	點我	第147期	點我
166	敲擊力道對頌鉢的聲音響應有甚麼影響?	點我	第147期	點我
167	頌鉢的振動響應有甚麼特徵?	點我	第148期	點我
168	西藏頌鉢的敲擊與摩擦聲音有甚麼不同?	點我	第148期	點我
169	頌鉢可以當樂器演奏嗎?	點我	第148期	點我
275	EMA系列：如何進行EMA的佈點規劃？-頌鉢結構	點我	第164期	點我
276	EMA系列：進行EMA的佈點規劃技巧？-頌鉢結構	點我	第165期	點我

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

頌鉢的發聲頻率與振動模態有甚麼關係?

1. 重擊音/拍擊音/拍振音(Beating sound)

2. FEA

3. EMA

4. 軸對稱模態

5. Natural modes of vibration

6. 頌鉢的聲音頻譜

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

敲擊力道對頌鉢的聲音響應有甚麼影響?

FEA

EMA

大力

中力

小力

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

頌鉢的模態振型有甚麼特徵?

1. Local modes

2. Global modes

3. 頌鉢有限元素分析模型

4. 頌鉢實體結構

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

西藏頌鉢的敲擊與摩擦聲音有甚麼不同?

敲擊頌鉢之時間波形

摩擦頌鉢時間波形(手持)

Beating frequency

敲擊頌鉢之聲音頻譜

摩擦頌鉢之聲音頻譜

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITAH NVH National Pingtung University of Science and Technology

頌鉢可以當樂器演奏嗎?

1. 基音頻率

2. 泛音頻率

3. Sound Spectrum

4. D2

5. Scale

6. Bowl No.

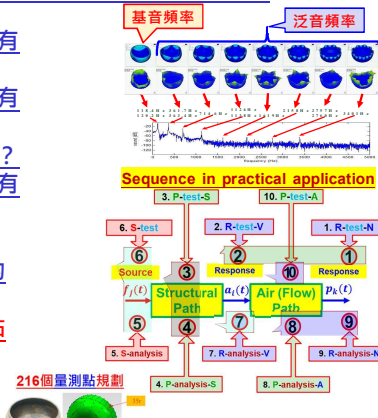
7. 基音頻率(fundamental frequency)

8. 音階頻率(pitch frequency)

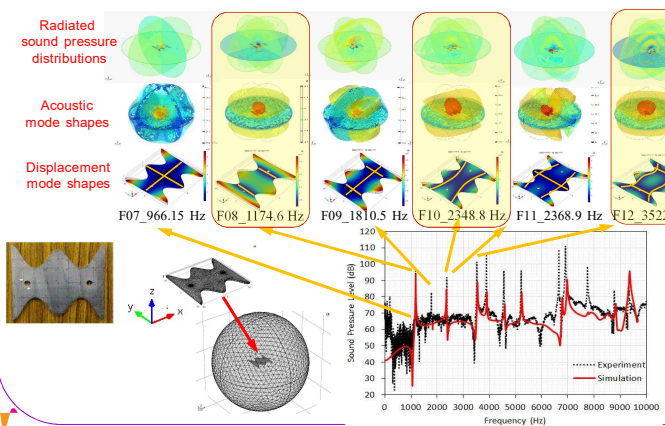
9. 泛音頻率(overtone frequencies)

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析 打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 頌鉢

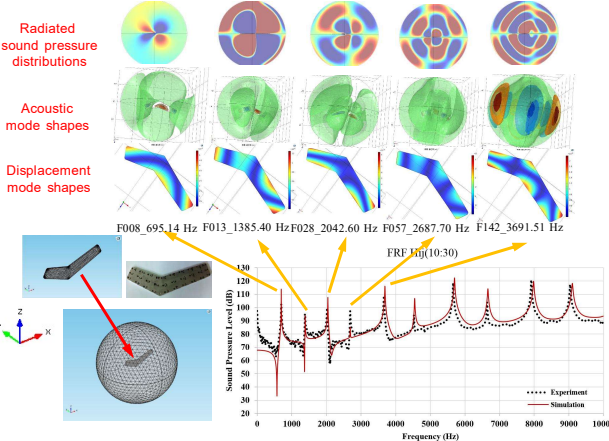
- 頌鉢的發聲頻率與振動模態有甚麼關係？
- 敲擊力道對頌鉢的聲音響應有甚麼影響？
- 頌鉢的模態振型有甚麼特徵？
- 西藏頌鉢的敲擊與摩擦聲音有甚麼不同？
- 頌鉢可以當樂器演奏嗎？
- EMA系列：如何進行EMA的佈點規劃？ – 頌鉢結構
- EMA系列：進行EMA的佈點規劃技巧？ – 頌鉢結構



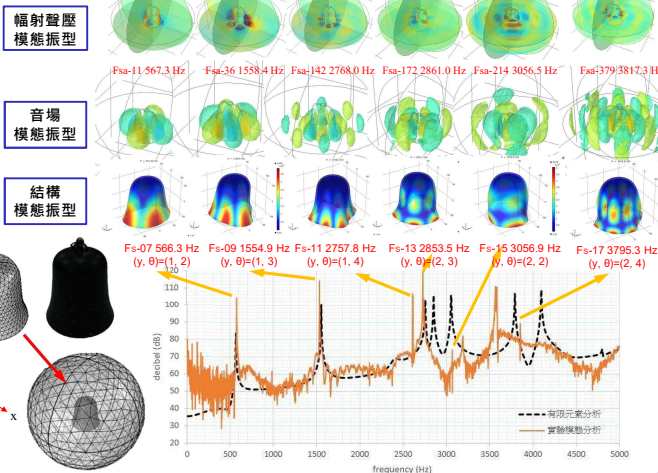
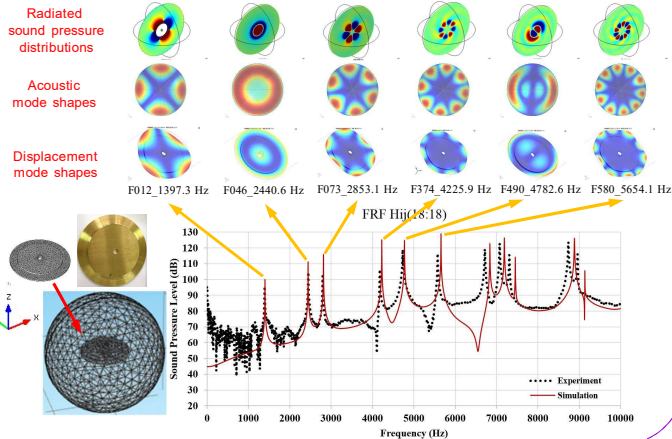
Air-Structural FRF & mode shapes (animation) HSP



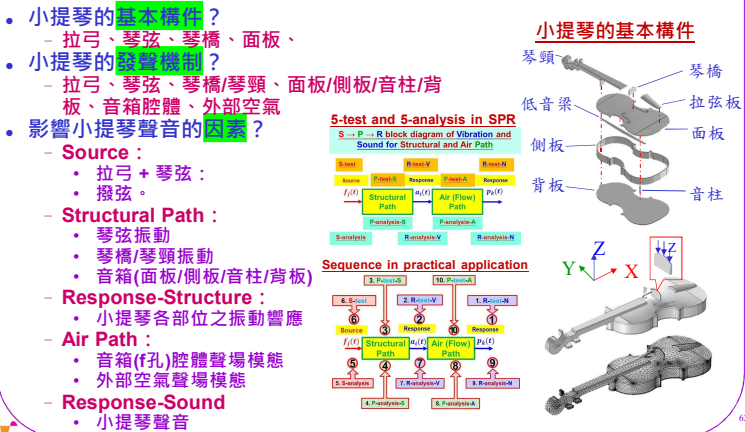
Air-Structural FRF & mode shapes Steel Chimes Percussion Instrument



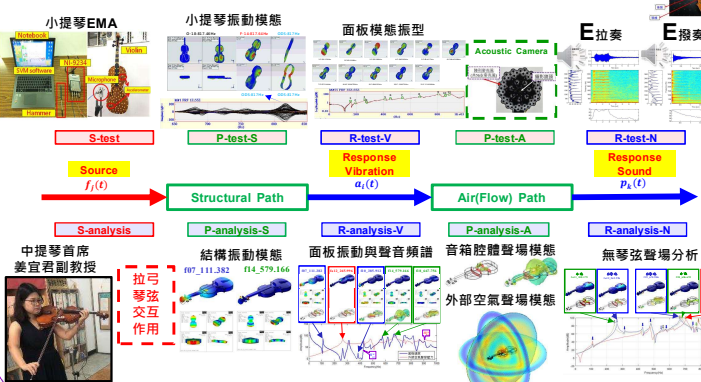
Air-Structural FRF & mode shapes Crotales Percussion Instrument



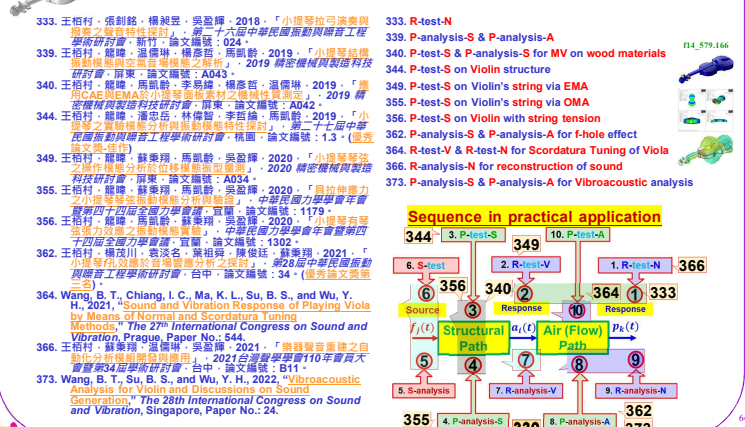
4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析 打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 小提琴



4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析 打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 小提琴 SPR technical roadmap for Violin



4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析 打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 小提琴



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析

打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 小提琴

- 小提琴f孔效應於音場響應分析之探討
 - Conduct vibroacoustic analysis on violins
 - Examine different f-hole sizes.
 - The size of the f-holes is proportional to the natural frequency of the violin cavity mode.

362. 王柏村、楊茂川、袁漢名、葉祖興、陳俊廷、蘇秉翔、2021, 「小提琴f孔效應於音場響應分析之探討」, 第28屆中華民國振動與噪音工程學術研討會, 台中, 論文編號: 34, (優秀論文獎第三名)。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.1 Application to musical instrument 樂器之應用分析

打擊樂器之聲振耦合分析與實驗探討 – 小提琴

362. 王柏村、楊茂川、袁漢名、葉祖興、陳俊廷、蘇秉翔、2021, 「小提琴f孔效應於音場響應分析之探討」, 第28屆中華民國振動與噪音工程學術研討會, 台中, 論文編號: 34, (優秀論文獎第三名)。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

研究結構聲振相互作用效應的通用實驗和分析方法

Generic Experimental and Numerical Approaches to Examine Structural Sound and Vibration Interaction Effect

- Introduction
 - Sound generation mechanism 聲音產生機制
 - System modeling P-GMBI 系統模型
- Concept of ISO / SPR
- SPR & S-analysis base on SPR
 - SPN technical roadmap 技術路徑
 - Theoretical formulation for vibroacoustic analysis 聲振耦合分析
 - Four stages in practical application 實務應用
- Case Study for Vibroacoustic Analysis
 - Application to musical instrument 樂器之應用分析
 - Violin body 音叉
 - Violin body 姆指琴/卡林巴琴
 - Clarin body 編鐘
 - Maracas body 頌鉢
 - Violin 小提琴
 - Application to Engineering structures
 - Wiper motor failure during vibration testing 雨刷馬達
 - Rotary Compressor 迴轉式壓縮機
- Conclusions

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.2 Application to Engineering structures工程實務應用

Wiper motor failure during vibration testing 應用SPR技術於雨刷馬達振動試驗機試驗NG改善

2018, 侯俊部, 無骨雨刷之有限元素模型驗證與測試運動分析, 碩士論文, 國立屏東科技大學, 機械工程系。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.2 Application to Engineering structures工程實務應用

Wiper motor failure during vibration testing 應用FS(C)M(A)IVCI技術於雨刷馬達振動試驗機試驗NG改善

2018, 侯俊部, 無骨雨刷之有限元素模型驗證與測試運動分析, 碩士論文, 國立屏東科技大學, 機械工程系。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.2 Application to Engineering structures工程實務應用

基於SPR技術之雨刷刷拭系統振動與噪音傳遞路徑方塊圖

2018, 侯俊部, 無骨雨刷之有限元素模型驗證與測試運動分析, 碩士論文, 國立屏東科技大學, 機械工程系。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.2 Application to Engineering structures工程實務應用

基於SPR技術之雨刷刷拭系統振動與噪音傳遞路徑方塊圖

2018, 侯俊部, 無骨雨刷之有限元素模型驗證與測試運動分析, 碩士論文, 國立屏東科技大學, 機械工程系。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab

AITA NVH

National Pingtung University of Science and Technology

4.2 Application to Engineering structures工程實務應用

RECHI與VAL歷年產學計畫基於SPR技術路徑圖之回顧

- Why to do?
 - 盤整瞭解整體的合作情形
 - 歷年技術發展的進程
 - 探討了哪些壓縮機類型?
 - 對RECHI有什麼助益?
 - 系統/次系統/零組件層次?
- What goals?
 - 瞭解做了甚麼?
 - 由SPR路徑解讀
 - 會了甚麼?
 - 從dB到spectrum
 - 從know what到know why
 - 從正向分析到逆向設計
 - 從實驗到CAE方法
 - 從試誤法到系統化分析
 - 從詭案到根源分析(RCA)
 - 完備的是甚麼?
 - 人=工程師
 - 事=SPR技術
 - 物=工具(軟體、硬體)
 - 還缺甚麼?基於NVH的
 - MV → RP → DM
 - 設計驗證DV → 產品認證PV

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

Technical Road Map

變頻馬達磁耦耦合分析與電磁噪音仿真研究

CAE Technical Road Map

Measurement Technical Road Map

390. 張博鈞、郭孝軍、王柏村、潘昱豪、蔡文俊，2024，「變頻式壓縮機磁耦耦合馬達之電磁噪音模擬技術研究」，中華民國振動與噪音工程學會第31屆學術研討會，台中，論文編號：CSSY10。

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

5. Conclusions

Some Philosophy for NVH 心法

Integration of CAD/CAM/CAE/CAT

MADI & 3K

Know What? 了解情況 Know Why? 探討原因 Know How? 改善對策

Measurement Analysis Diagnosis Improvement

“F-C/S-A-M-I-V-C-I” Flow Chart

Analytical approach

Experimental approach

Function CAE(FEA) Analysis Index Value Criterion NG Improvement GO Finish

Sensor Measurement

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

5. Conclusions

- 5-test & 5-analysis in SPR technical roadmap
 - What do you have for your case?
 - What are needed?
- Experimental approach is reliable, but needs skills to carry out as well as time and effort.
 - Analysis is highly demanded for 3E concerns,
 - Effective 有效的
 - Efficient 效率率的
 - Economic 經濟的
- What you need and what you want? 需要 vs. 想要
 - Need, Vibration analysis may be good enough, such as
 - Percussion instrument design
 - Wiper motor vibration testing failure
 - Want, Vibroacoustic analysis is for realistic simulation
 - Better understanding sound radiation characteristics
 - To realize the effect of component on noise

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

王柏村教授的【振動噪音科普專欄】

- 主題涵蓋：振動噪音名詞、量測、信號分析、FFT、振動分析、音場分析、CAE電腦輔助工程分析、實驗模擬分析EMA等。適合在學學生的自主學習，以及業界人士的在職進修。
- 截至2025年5月，已經發表424篇的專欄主題 52週 x 8年 = 416

期次	期望期站連結	粉絲專頁連結	電子版	YouTube
1	為什麼「noise and vibration」都說【振動噪音】，而不是「噪音振動」？	點我	-	-
2	是「振動」，還是「震動」？	點我	第68期	-
3	聲音怎麼產生？	點我	第72期	-
4	甚麼是「振動響應」？	點我	第69期	-
5	甚麼是「共振」？	點我	第72期	點我
6	甚麼是機械之外力的「激振頻率」？	點我	第73期	點我
7	「共振」現象之觀察	點我	第73期	點我
8	爆震型態(mode shape)如何辨識？物理意義？	點我	第71期	點我
9	「共振」與「迴響」有何不同？	點我	第74期	點我
10	典型地形共振現象類型之辨識	點我	第74期	點我
11	「衝動吸收器」(absorber)之工作原	點我	第75期	點我
12	甚麼是ISO及SPR？	點我	第73期	-

期次	結構的振動分析，如何設定元比例點滑動？	點我	第19期	點我
期次	結構的振動分析，設定常數阻尼比和模態阻尼比有甚麼差異？	點我	第19期	點我
期次	振動的剛度響應分析，FULL與MSUP有甚麼差異？	點我	第19期	點我
期次	如何進行一個聲音的特徵分析？	點我	第19期	點我
期次	如何應用SM軟體進行聲音的特徵分析？	點我	第19期	點我
期次	發展與應用分析聲音的工具程式(SM軟體)，需要甚麼技術能力？	點我	第199期	點我
期次	常見的變壓器有那些？這些變壓器的聲音有那些共通點？	點我	第199期	點我
期次	如何應用SM軟體進行分振模態的國家標準聲音的特徵分析？	點我	第199期	點我
期次	國家標準聲音的特徵分析：(1)時間波形特徵；為什麼會有警示效果？	點我	第199期	點我
期次	國家標準聲音的特徵分析：(2)頻譜特徵；為什麼會感到不適或不舒服呢？	點我	第199期	點我

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

國立屏東科技大學 機械工程系

ISO 18436-2 國際振動分析師認證

台灣第一家經由Mobius Institute授權的培訓夥伴

National Pingtung University of Science and Technology

1. Shuentsu Road, Nien-Pu, Pingtung Taiwan 91201

培訓人數及考照通過率

年度	CAT I		CAT II		CAT III	
	學生	通過率	學生	通過率	學生	通過率
2018	6	67%	-	-	-	-
2019	-	-	19	76%	-	-
2020	-	-	41	78%	-	-
2021	-	-	25	75%	-	-
2022	-	-	32	88%	16	73%
2023	-	-	34	79%	-	-
2024	-	-	46	90%	5	50%
合計	6人	67%	197人	81%	21人	62%

統計日期：2024.12.20

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

國立屏東科技大學 機械工程系

緩衝材動態剛性檢測

109年3月13日通過 TAF 認證

建築技術規則第四十六條之六條

檢測案件申請及通過統計

年度	廠商數				合計	服務件數				合計	類型				合計
	北	中	南	外		北	中	南	外		研發	認證	研發	認證	
2017	5	0	0	-	5	7	0	0	-	7	6	1	7		
2018	5	0	3	-	8	9	0	5	-	14	13	1	14		
2019	10	4	4	-	18	25	9	7	-	41	36	5	41		
2020	7	3	4	-	14	12	3	8	-	23	11	12	23		
2021	12	3	2	1	18	21	2	4	1	28	20	8	28		
2022	3	2	3	-	8	5	2	4	-	11	6	5	11		
2023	5	3	0	-	8	12	4	0	-	16	8	8	16		
2024	2	2	0	-	4	3	2	0	-	5	3	2	5		
合計	49	17	16	1	83	94	22	28	1	145	103	42	145		

統計日期：2024.12.20

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

【振動噪音產學技術聯盟】推廣核心技術

Fundamental knowledge → Domain knowledge

ISO 18436-2 國際振動分析師認證 產品振動噪音改善 振動噪音量測模組(VVM)系統 產品之振動噪音 VVM系統

CAE & EMA 於產品結構輕量化設計

VVM 於產品振動噪音特性檢測與改善

產品隨機/連續/定頻振動試驗

特殊音效之鋼線結構設計

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

Thank you for your attention.

AITA/NVH

Service – Innovation – Cultivation – Inheritance

「振動噪音產學技術聯盟」

Academia Industry Technology Alliance for Noise, Vibration and Harshness (AITA/NVH)

服務：深入業界專業服務
創新：創意發想如山壯大
深耕：組織堅固信賴深研
傳承：振動波股永續傳承