

Call Cue 青少年

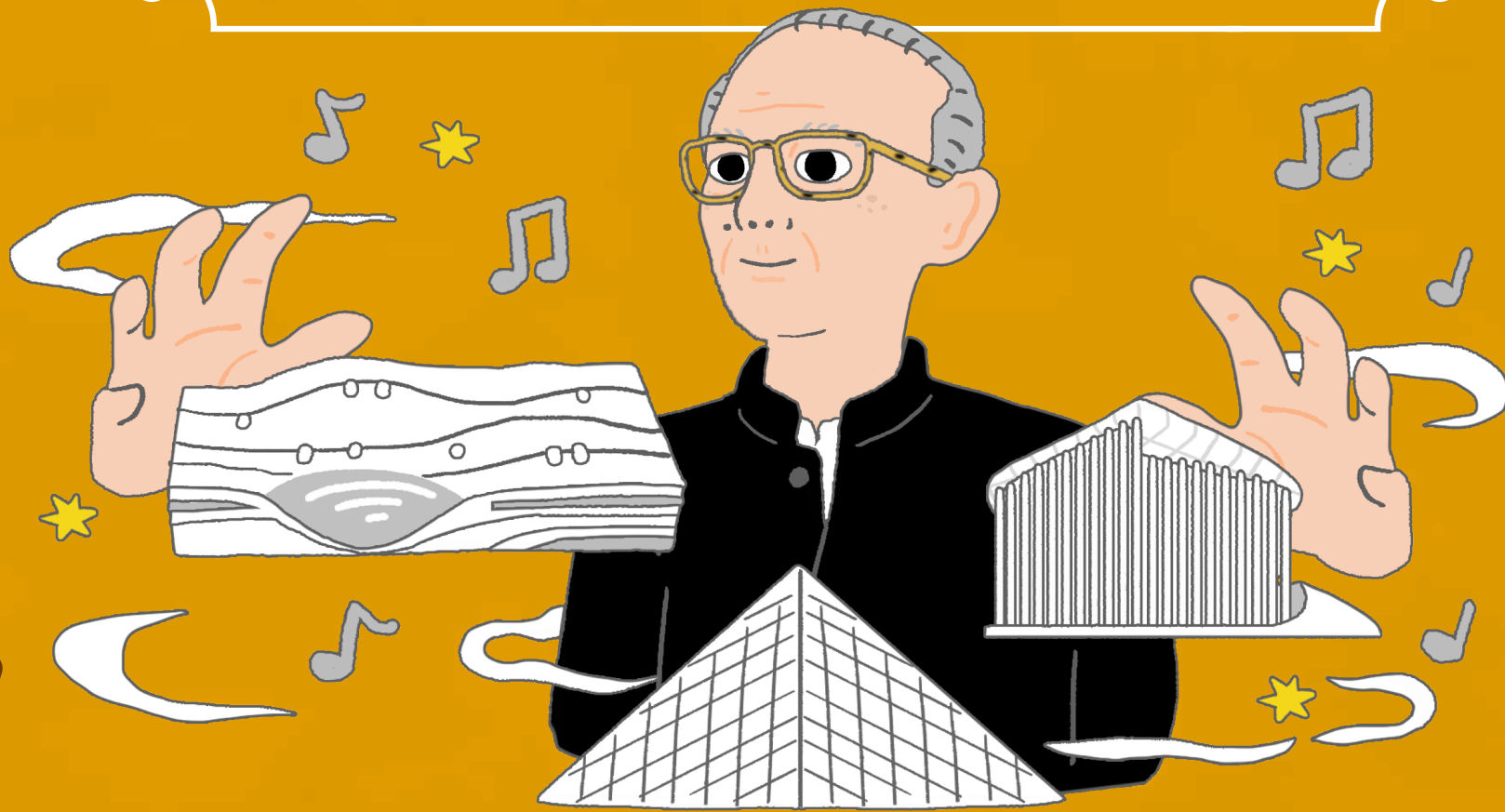
# 衛武營

#徐亞英 #衛武營 #建築聲學

## 徐亞英與衛武營聲學解密

*Unveil Weiwuying's Acoustics Design*

*by Albert Xu*



# CUE TO YOUTHS

2024

秋 AUTUMN · WINTER 冬

National Kaohsiung  
CENTER FOR THE ARTS  
WEIWUYING  
衛武營 國家藝術文化中心  
國家表演藝術中心 National Performing Arts Center



**3 Transversal Section**

Original Shape  
Suggested direction of Modification

\* The Purpose of the Modification is  
 ① Avoid the risk of Echo (Return to source)  
 ② Increase the Volume of the Hall ( $1200 \text{ m}^3$ )

XU-ACOUSTIQUE  
 SIRET: 342502-84500013  
 53, BD. ST. MARTIN  
 75003 PARIS TEL: 2715838

**XU - ACOUSTIQUE**  
 Ingénieur Recherche  
 Conseil en Acoustique

**les éléments absorbants possibles**

③  $\approx 1200 \text{ m}^2$

① "La Cour du Ministre"  
 \* Surface de ①+② = 66% de surface de ③  
 \* Surface de ④  $> 120 \text{ m}^2$

Coefficient d'absorption

fréquence →

Les caractères d'absorption (APPROX.)

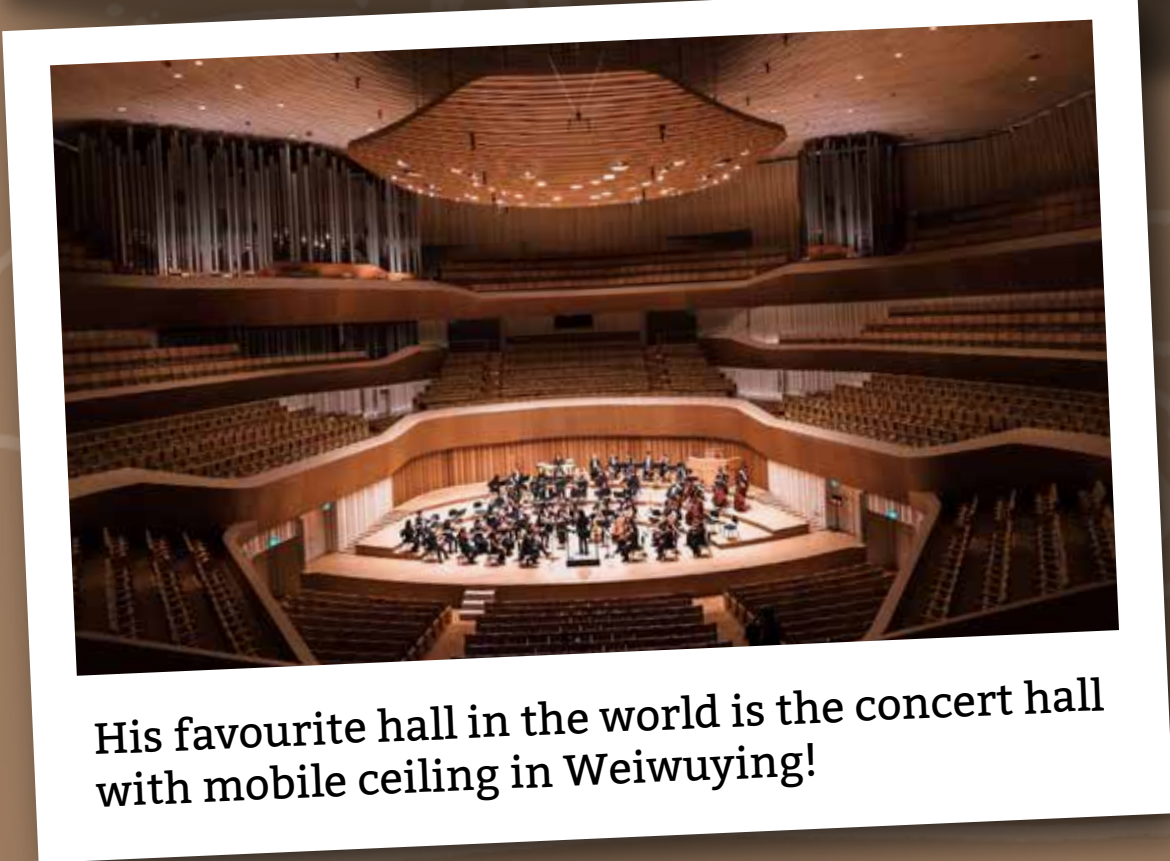
**les Principes**

"résonateur"

"porosité"

"verrier"  
 $d \ll$  la dimension totale  
 .. comme le membrane

11.06.85. XY.



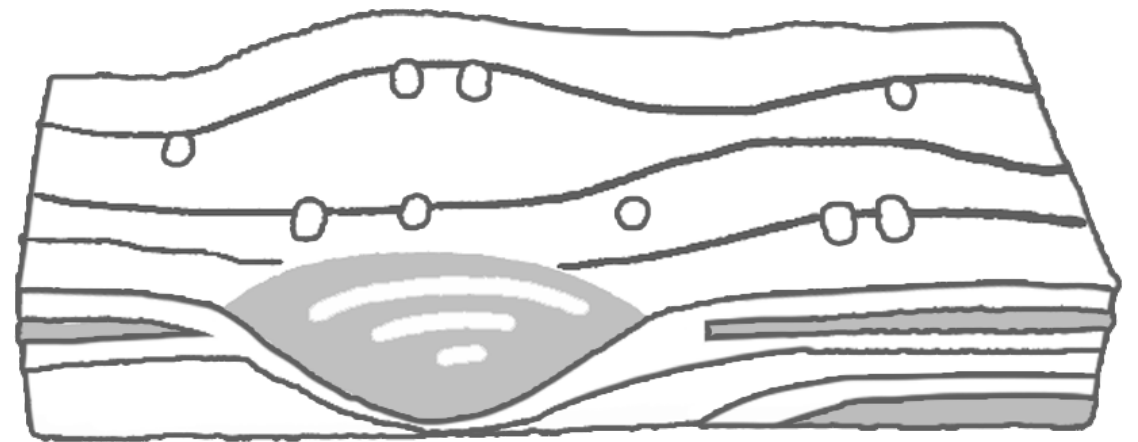
His favourite hall in the world is the concert hall with mobile ceiling in Weiwuying!

Credit: Maily B. Xu



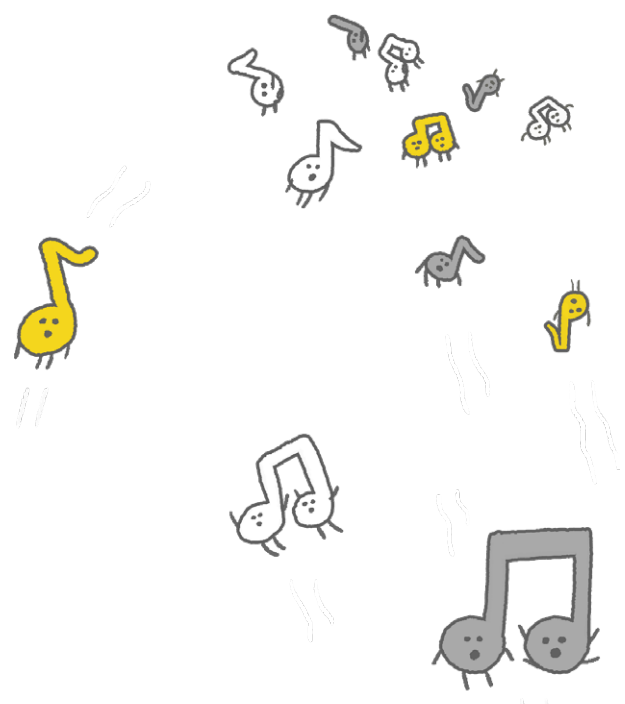
2005年，行政院經濟建設委員會舉辦「衛武營國家藝術文化中心」國際競圖，最後由來自荷蘭的建築師法蘭馨·侯班（Francine HOUBEN）領軍的荷蘭建築團隊麥肯諾事務所（Mecanoo Architecten）與羅興華建築師事務所合作，搭配徐亞英主持的徐氏聲學事務所（XU Acoustique）這個組合贏得競圖。

受南臺灣的自然生態及所處熱帶氣候的啟發，侯班設計的衛武營建築是一座可呼吸、充滿開放性的有機建築，建築體每一面都有開放出入口，有半開放的榕樹廣場與前廳，前廳穿廊也是個戶外劇場，曲面屋頂與公園草坪相連，形成露天舞台與漫步區。而在如此特殊的



建築體中，要符合藝術中心的演出需求，不難想像聲學設計上的困難。

聲學設計，是打造理想的聲音環境，讓觀眾進入每個空間都能擁有最棒的聲音體驗的關鍵。它隱藏在建築裡頭，是建築、結構和各種技術的協調整合，讓聲音有效傳遞，在廳堂內要隔音、隔振，傳達演出的高音質。



當你走進衛武營，你會發現，儘管它座落在交通繁忙的

區域，半開放的榕樹廣場也有一種僻靜，聲學設計不僅發生在音樂廳、歌劇院裡，更是整座建築場域。其中尤以衛武營的音樂廳最具特色，不僅能感受到音樂從四面八方傳來的環繞包覆感，也是全臺唯一的葡萄園式音樂廳。這一切設計，都出自建築師團隊及建築聲學大師徐亞英之手。

聲學大師徐亞英  
逝世一週年紀念音樂會

演出日期 / 時間

12.07 (六) 19:30

演出地點

衛武營音樂廳

## 那麼，建築聲學到底是什麼？

「基於物理，通過建築，為音樂服務。」

建築聲學是在一座建築興建時便要加入討論的學科，為使空間的聲音清晰、自然，在音樂廳、歌劇院等表演場域更為重要，因為還要考量到表演的聲音如何傳達給觀眾，觀眾如何接收聲音，聽起來如何？涉及物理學、音樂聲學等，利用建築、建材的特性及物理原則去計算、安排。徐亞英談及音樂廳的聲學設計時，如此形容建築聲學家：「我們的工作像是一個翻譯家，要把音樂家抽象的語言，翻譯成物理的指標，這些指標是可測量、可重複的。」

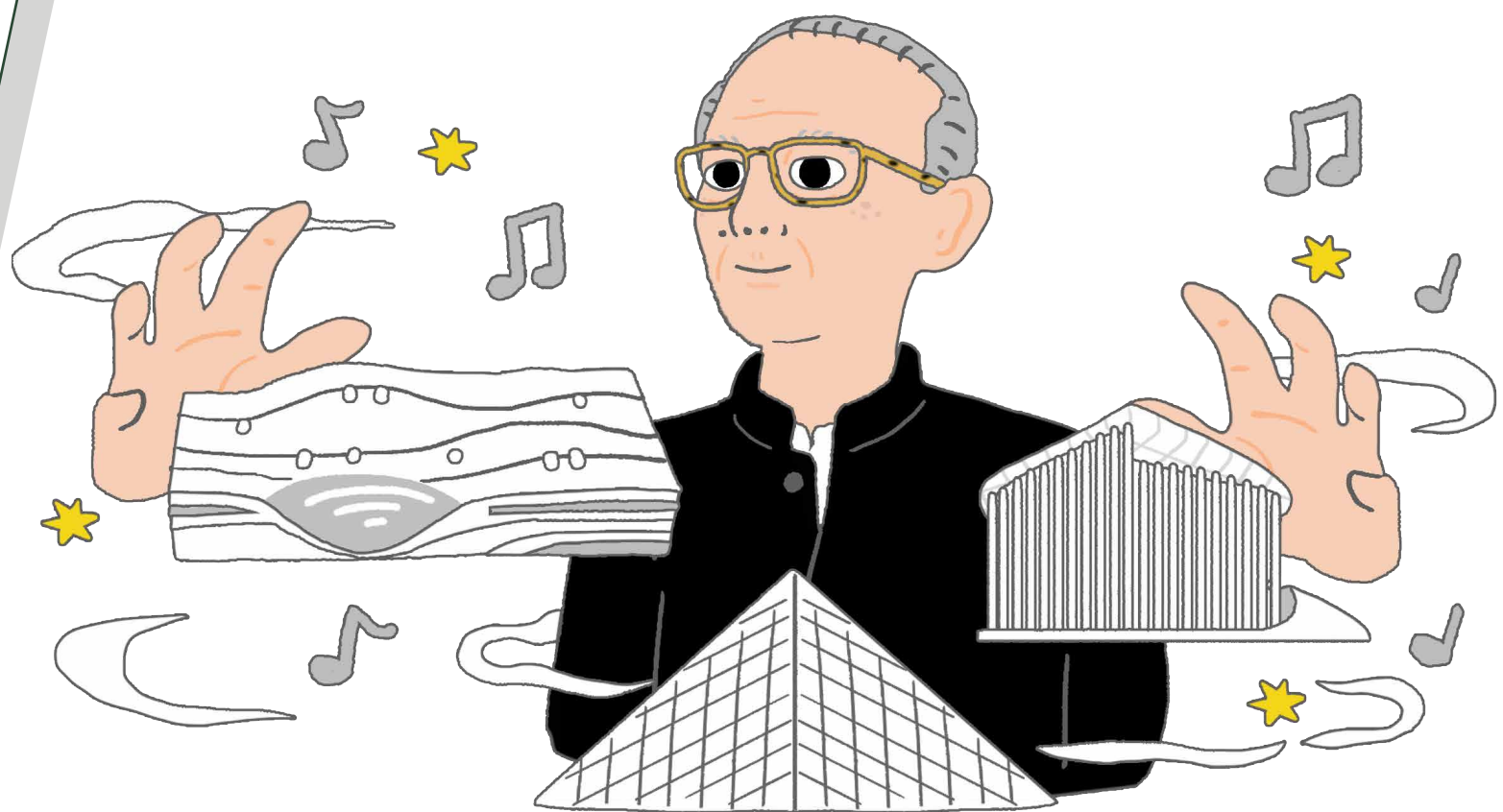
### 偷偷告訴你

在設計衛武營的建築聲學時，因為徐亞英的堅持，興建過程中實驗進行了許多在臺灣從未完成的聲學測試，也成功地應用在衛武營裡頭。可以說是對臺灣未來的聲學設計發展，帶來重大的推進與貢獻！

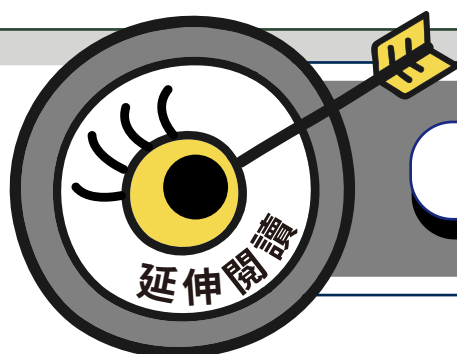
徐亞英

(11.11.1934-12.06.2023)

國際知名的旅法建築聲學家，出身於建築世家。原本也學建築，某天在大學圖書館看到許多關於聲學的資料，喜歡挑戰的徐亞英便開始研究聲學，並將建築專業與聲學結合，成為全球少數的建築聲學大師之一。



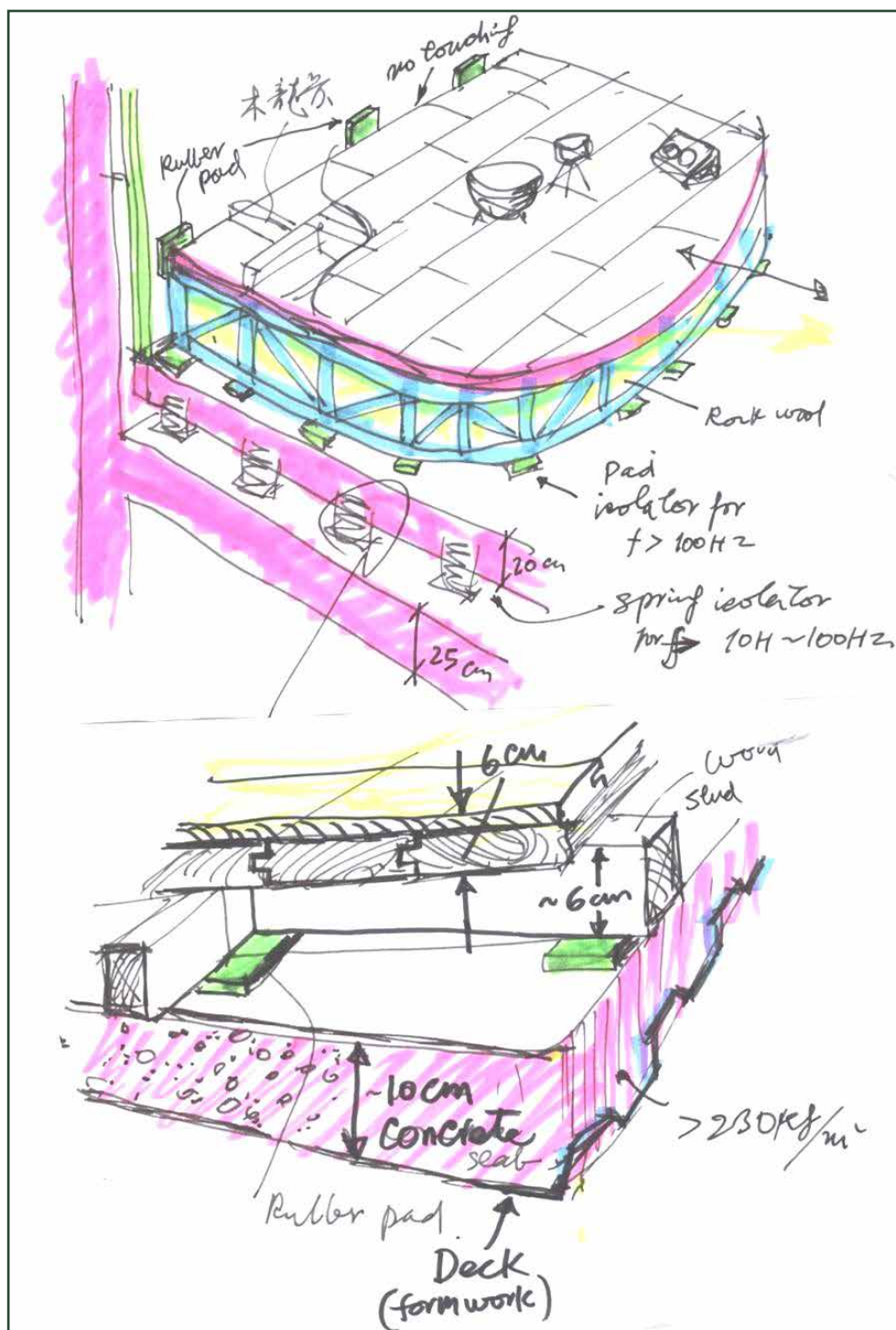
1957年開始專注於建築聲學，徐亞英一生貢獻給建築聲學超過一甲子！他曾與多次獲得被譽為建築界諾貝爾獎的普立茲克獎的國際知名大師貝聿銘、法蘭克·蓋瑞、波宗巴克、里卡多·波菲、保羅·安德魯等大師合作，也一直與音樂家及指揮家充分的交流和合作，在世界各國設計和建造了近百座文化演出和藝術展覽性建築，如知名的法國羅浮宮、巴黎瘋馬夜總會，盧森堡愛樂音樂廳、日本MIHO美秀美術館等。



《築音賦聲：建築聲學家徐亞英的六十年構築》



把廳院變成千層酥的內餡！



© 徐亞英

設計一個空間的聲學時，聲學家會依需求擬定積極與消極的策略，消極聲學是「阻隔噪音」，積極聲學則是「室內聲學」，讓美好的聲音留在空間裡。

消極  
↓  
阻隔噪音

積極  
↓  
室內聲學

對於音樂廳、歌劇院、戲劇院等需要極安靜演出環境的場所，聲學設計的第一步，就是隔絕交通、戶外集會等外部噪音，以及空調、人為噪音、建築機械震動等內部噪音。

首先，徐亞英在這些場館的屋頂，用多層夾心金屬屋頂做外層，以15公分鋼筋混凝土（RC）隔音內層，輔以空氣層增加隔音。並且以30-50公分的鋼筋混凝土，加上不同厚度與材質的牆、雙道門組成「聲鎖」，搭配多層石膏板牆組合成直立多層內外牆。

除此之外，樓板、地面層、天花板，及樓梯和廳堂牆體都有隔音處理。在演奏廳與排練室上下相疊的部分，還採用「盒中盒」的構造隔音。機械設備和鋼結構的隔振當然也不放過。透過一層一層又一層的屋頂、外牆、內殼，形成完全密封的隔音結構，全面阻斷外界噪音。

因此，音樂廳的噪音控制，甚至比睡覺需要的安靜度還高哦！

小試身手

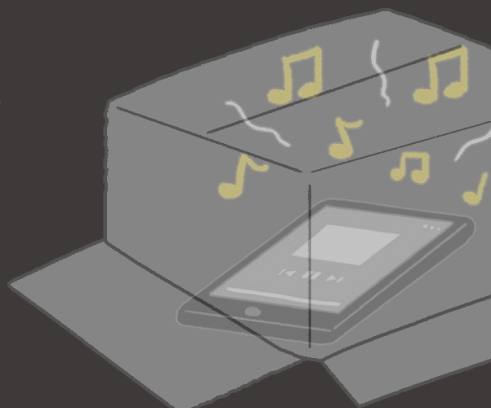


用手邊的小東西，試著打造不同的隔音層！



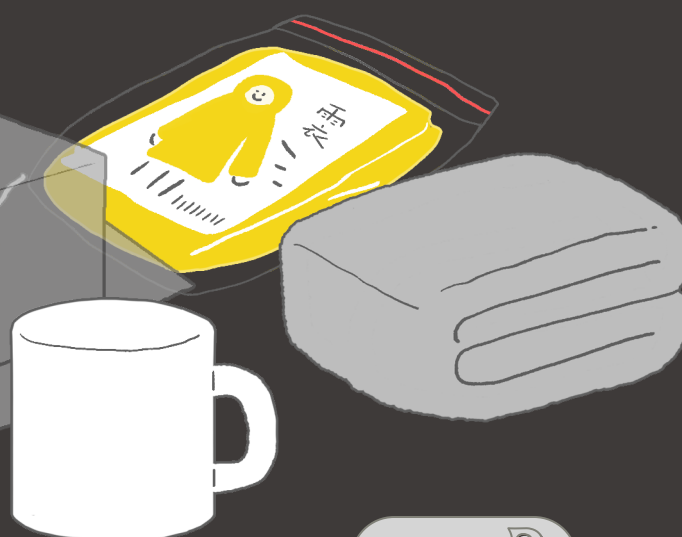
STEP 1

拿出手機，開始持續播放音樂。



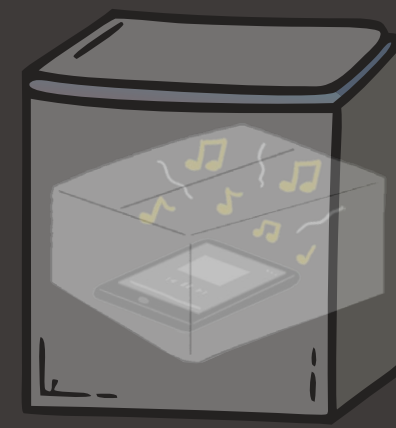
STEP 2

試著用手邊不同的容器，將手機罩起來或蓋住，觀察不同材質與厚度的聲音變化（例如：杯子、紙盒、毛巾、雨衣等）



STEP 3

多試試看不同材質的容器，也可以像俄羅斯娃娃，用2到3個容器將手機罩住，聽聽看聲音有什麼改變



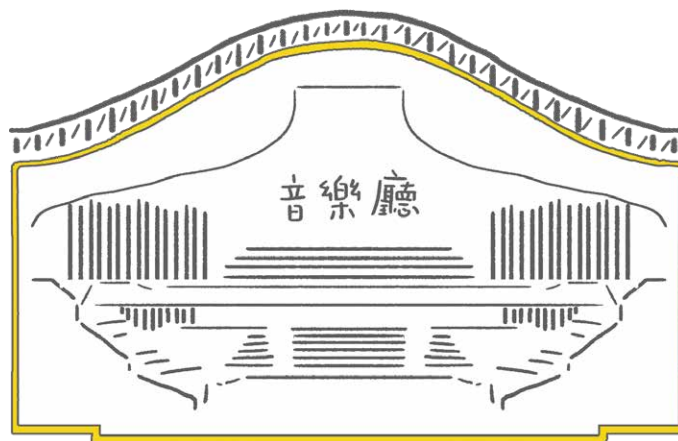
STEP 4

也可以將手機罩起來後，再放進密閉式的抽屜、櫃子，聽聽看聲音會變成怎樣？



## 音樂廳就是一個巨大的樂器

「建築會形塑聲音的流動方向。聲學既以聲音的構築介入建築空間，也處理空間中的留白寂靜，另一面也以體積、形狀和材料為手段，駕馭著無形、無色、即生即滅的聲波，塑造出一個有功能性的音場，把灰色地帶留給殘響，成就出一個激盪靈魂的聲音場所。」——摘自《築音賦聲：建築聲學家徐亞英的六十年構築》

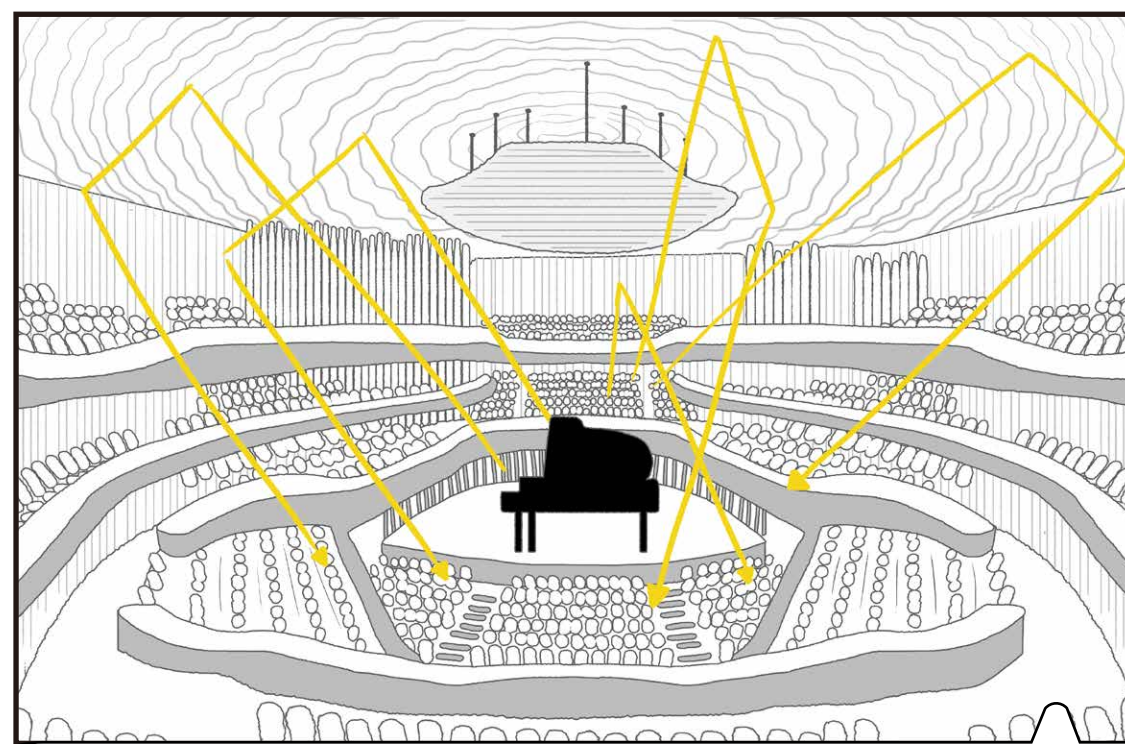


這是徐亞英談音樂廳的建築聲學設計。原來的音樂廳屋頂設計，是像貝殼一樣的拱形，在考量聲學設計後，才修改為現在的反曲面設計。徐亞英將音樂廳當成一個樂器來設計，而通過音樂廳發出的聲音，就是樂隊的延長。

## 葡萄園式的環繞音響

傳統的音樂廳大多以長方形呈現一種鞋盒子式的空間，前三分之一是舞台，觀眾席非常方正地集中排列在舞台前，很像我們常見的電影院或教堂。而衛武營的音樂廳是全臺獨一無二的葡萄園式設計，可以容納更多的觀眾，演奏者在中心，座位圍繞著表演區呈幾何梯形上升，演奏者被觀眾圍繞，不僅讓演出者和觀眾之間的距離更緊密，即使是不用任何擴音設備的「自然聲音」，各區觀眾也都能聽到從側面來的反射音，加強樂聲立體環繞的空間感。

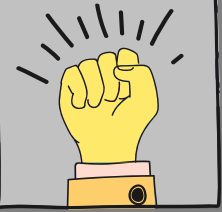
除了觀眾席的設計，建築中天花板也強化了讓觀眾有被音樂包圍的感受。徐亞英在音樂廳使用了MLS (Maximum-Length Sequence) 原理設計的多曲面體天花板及牆面，利用溝槽的深淺及間距提供不同能量及「短時差」的反射聲，可以將舞台上的聲音更均質的擴散傳到廳內的每個座位。



### 均等的享受

衛武營的音樂廳中沒有包廂（眺台），因而也沒有座位上方會被遮擋，所有觀眾都可以享受來自天花板的反射聲，以及均等的聲音享受！

### 小試身手



### 尋找最好聽的甜蜜點

準備好你的耳朵，訓練聽力的時刻到了！先從在家看電視、使用電腦開始，再進階到戶外、或室內參加有聲音的活動，找找你覺得最好聽的甜蜜點！

1

試著站到不同位置，聽聽看，找到你覺得聲音傳遞最清楚、音質最好聽的位置。

2

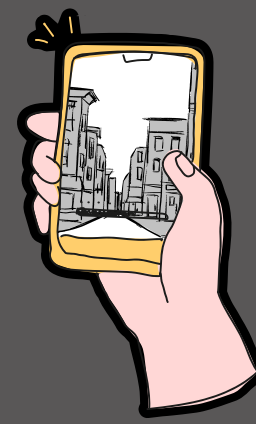
觀察一下，你和發聲來源的相對位置，以及周遭環境有什麼？

3

為什麼那個位置是你認為最好聽的位置呢？試著畫下會影響聲音的相對位置圖。

4

把這些圖拍下來，存在手機相簿裡。下一次到類似的空間、場合時，尋找屬於你的甜蜜點吧！



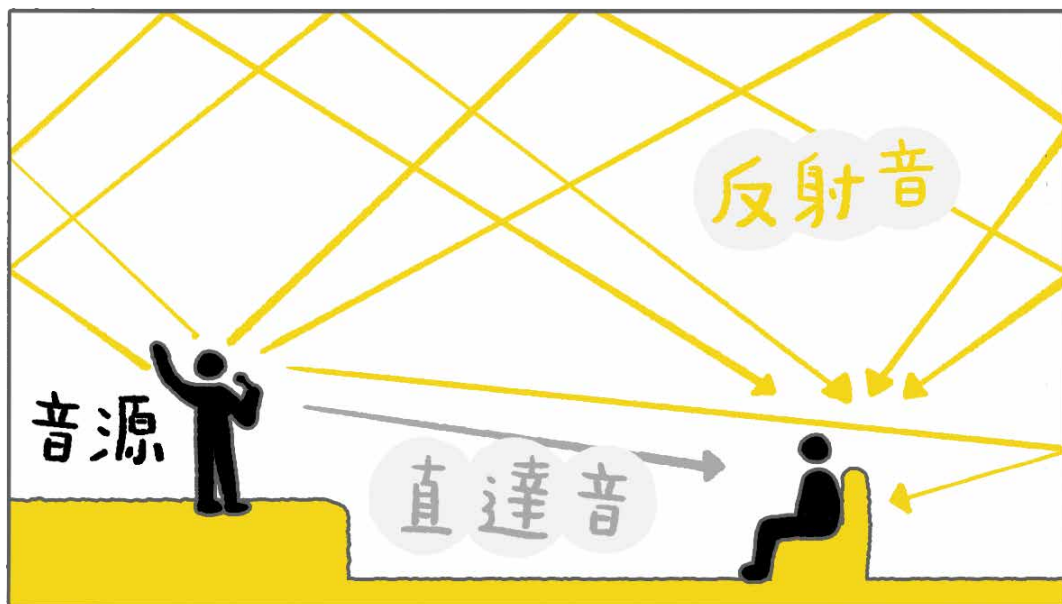


### 殘響：餘音繞樑，三日不絕？

你有沒有去過隧道、洞穴或教堂？在那裡面和外面的聲音有什麼不同？或者家裡的浴室，聲音是不是和客廳不太一樣呢？那是因為這些空間的殘響時間特別長喔！



不同空間的大小、形狀、材質、密閉與開放程度、開口位置等都影響我們的聽覺感受，其中很大一部分來自聲音的「殘響」，也就是聲源的反射聲，殘響時間則是聲源停止發聲後，聲音繼續留在空間裡的時間。音樂廳的聲學設計必須嚴謹地計算聲源直達觀眾耳裡加上反射的殘響，以及折射、衍射、吸收、擴散等物理變化，使聲波疊合後產生的混響效果。混響做得好，便是餘音繞樑；做得差，聲音就糊成一團。



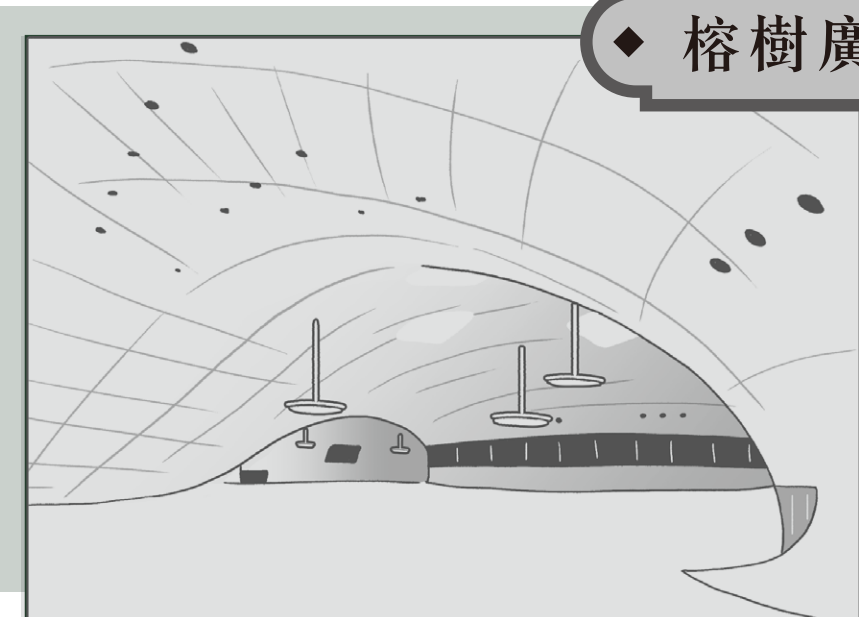
### 是誰把聲音都集中在這裡！——音響反射板

除了前面提到的天花板及觀眾席設計都考量了反射聲，徐亞英更在演奏台上方，垂掛一片可調節高度和角度的蟹殼型音響反射板，可依不同樂風和指揮需求，讓樂團成員能夠清楚聽到自己的樂器聲音以控制音量，同時也能清楚地聽見彼此的聲音。



此外，天花板、牆面和演奏台上方的反射板材質都很講究，採用厚重的玻璃纖維強化石膏板，防止輕薄板材造成低頻吸音過度，犧牲了交響樂雄厚飽滿的低音。

### 榕樹廣場：靈機一動打造聲音景觀



建築師從榕樹得到靈感，為榕樹廣場建造了以彎曲鋼板焊接而成的拱頂。但堅硬的拱頂加上水泥地板會讓聲音在裡頭交互反射，造成轟隆巨響。要在拱頂上開上千個孔洞來減少殘響時間也不是個好辦法，於是徐亞英實際測試，發現在廣場的不同位置演奏有不一樣的殘響時間，不如乾脆讓這特殊現象，成為獨特的聲音地景（Soundscape）！



Call Cue 青少年

# 衛武營



更多資源

意見調查表

出版：國家表演藝術中心衛武營國家藝術文化中心

董事長：高志尚

發行人：簡文彬

總編輯：林娟代

企劃執行：鄒鳳芝、陳宜謙

內容編輯：許雁婷

主編：蔡瑞伶

設計：劉丁菱

插圖：aminwu

特別感謝：侯慶謀建築師



National Kaohsiung  
CENTER FOR THE ARTS

WEI WU YING

衛武營 國家藝術文化中心

國家表演藝術中心 National Performing Arts Center

協力  
贊助



玉山文教基金會

GPN : 4811300018