

屏東縣六堆客家文化園區演藝廳音響設計 Design of Acoustic at Liudai Hakka Cultural Park Concert Hall

賴榮平¹、劉鎧華²、江仲傑³、許家彰⁴

摘要

屏東縣六堆客家文化園區位於屏東縣內埔、長治、麟洛三個鄉交界，占地面積二十公頃，為保存及推展客家文化的一個重大建設案。該園區自民國八十七年開始籌劃，演藝廳工程分兩期設計及施工。九十四年底第一期接近完工，才展開第二期演藝廳的內裝音響之設計，九十六年完成基礎景觀、演藝廳、多媒體館、戶外表演及休憩區，並於同年十月二十日起對外營運。本團隊於九十五年二月接受第二期得標建築師的委託，擔任「六堆客家文化園區多媒體展映館第二期工程」之建築音響顧問。

檢討先期設計後發現有相當多的問題必須克服，(1)舞台寬度不足，主舞台表演空間太小；(2)舞台後台空間不足，包括道具出入口、化粧室等；(3)主舞台與舞台周邊有高差30公分；(4)觀眾席坐席後排視線會被前排擋住；(5)舞台屋寬度不足；(6)觀眾席天花板高度不足；(7)屋頂構造隔音不足；(8)外牆構造隔音不足；(9)舞台屋開窗；(10)預留空調之空調冷卻能力不足，預留風管不能用。幾經多方協調，增加道具出入口及後台化粧室，其他部分則僅能就現況做最大價值的應用了！

另外，為瞭解本廳完工後之建築音響性能，本團隊針對背景噪音、餘響時間、電氣音響音壓分布及電氣音響安全擴聲利得等項目進行現場量測，量測結果發現本廳之音響性能均能符合預期之設計目標值。

關鍵字：背景噪音、餘響時間、電氣音響音壓分布、電氣音響安全擴聲利得

Abstract

Liudai Hakka Cultural Park is in the border among Neipu Township, Changzhi Township and Linluo Township in Pingtung County, occupying 20 hectares and is a major construction project to preserve and promote Hakka culture. The planning dated back from 1998. The performing hall is in 2 phases. When Phase I was about to be completed at the end of 2005, sound design was started for Phase II. Basic landscape, performing hall, multimedia gallery, and outdoor performing and recreation area were completed in 2007. Formal operation was available from 20 October 2007. We obtained architect tendering of Phase II in February 2006 to be the sound advisor of Phase II Construction of Multimedia

¹國立成功大學建築系教授

²國立成功大學建築系博士候選人

³國立成功大學建築系博士生

⁴許家彰建築師事務所建築師

Gallery in Liudui Hakka Cultural Park.

We find a lot of problems to be overcome in the earlier phase: (1) insufficient stage width and main stage space too small, (2) insufficient backstage space including the entrance of stage properties and rest rooms, (3) height difference of 30 cm between main stage and the surrounding area, (4) views of back row audience to be blocked by that in front rows, (5) insufficient stage house width, (6) insufficient auditorium ceiling height, (7) insufficient sound insulation in roof, (8) insufficient sound insulation in outer wall, (9) opened window on stage and (10) insufficient air-conditioning ability and reserved wind pipes unusable. After discussing many times, we widened stage property entrance and backstage restroom. For the rest of parts, we can only maximize the use of current situation!

To understand the acoustic performance of the hall after completion of construction, we had site measurement of background noises, reverberation time, sound pressure level. The findings show that acoustic performance meet expected design goals.

Keywords: background noises, reverberation time, sound pressure level

壹、緣起與目的

本團隊於九十五年二月接受第二期得標建築師的委託，擔任「六堆客家文化園區多媒體展映館第二期工程」之建築音響顧問。本案除了建築音響方面的考量外，在檢討前期的建築設計後發現有相當多的問題必須克服，才能符合表演的需求。故本文旨在探討建築設計與建築音響之整合問題，並說明本廳完工後之建築音響性能(背景噪音、餘響時間、電氣音響音壓分布及電氣音響安全擴聲利得)。

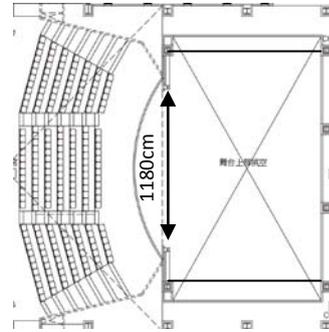
貳、現況問題

本團隊檢討先期設計，提出舞台及後台設計、觀眾席設計及室內背景噪音控制等問題需檢討改善後，方能進一步討論建築音響之設計。

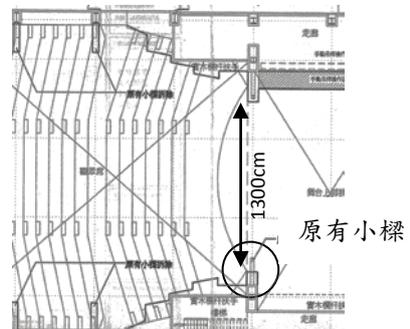
一、舞台及後台設計

(一) 舞台寬度不足，主舞台表演空間太小

本案舞台採鏡框式舞台，原有鏡框寬度僅有1180cm(圖一)，需在現有的結構系統下將舞台開口寬度放寬到最大，故將鏡框上原有的小樑拆除，增加寬度至1300cm(圖二)。



圖一、原有鏡框寬度

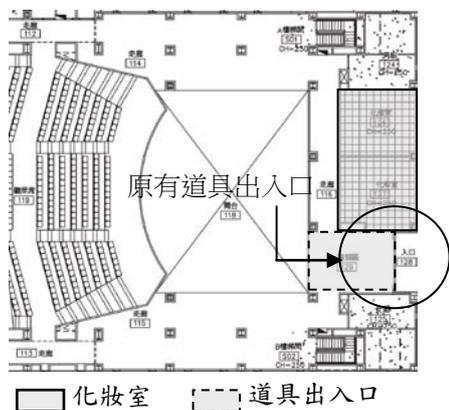


圖二、拆除原有小樑

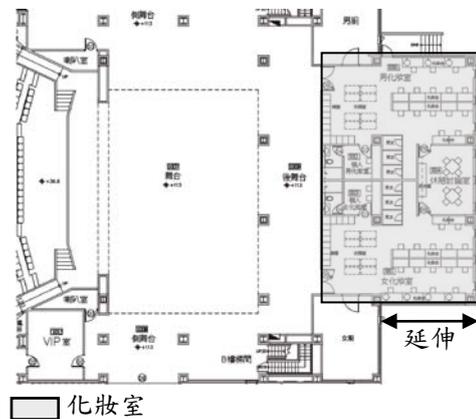
(二) 舞台後台空間不足

原有化妝室空間不足(約76m²) (圖三)，故第二期工程考慮後台化妝區加蓋的可能性，延伸後台區增加可使用的面積(約228m²) (圖四)。

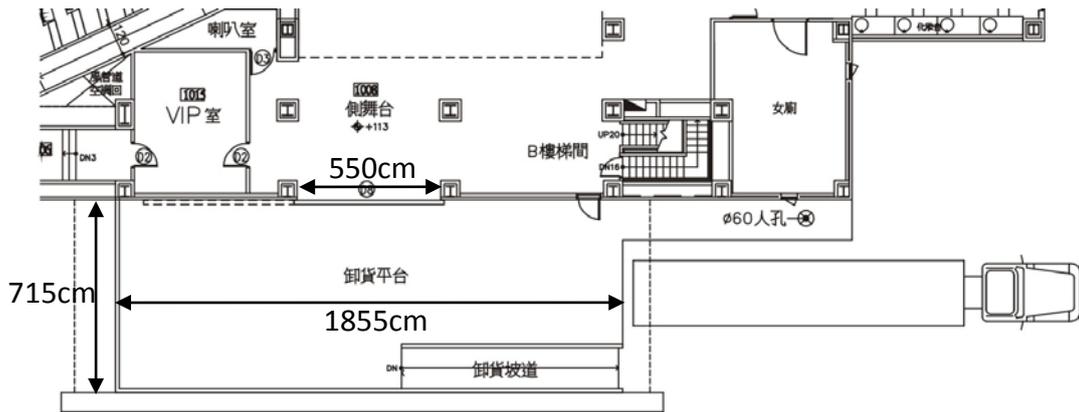
道具出入口高度須大於350cm，寬度須大於600cm，卸貨平台寬度須大於600cm，深度須大於300cm，平台高度須方便貨車卸貨，並有雨遮等設施方便雨地使用。原設計案之道具出入口高度為310cm，寬度僅400cm，且無卸貨平台之設計，亦無雨遮設施供雨地使用，故幾經討論後改變需道具出入口位置，增加卸貨平台，唯礙於原有結構系統之限制，道具出入口寬度僅能就柱間距離最大寬度550cm設計。(圖五)



圖三、原有化妝室及道具出入口位置

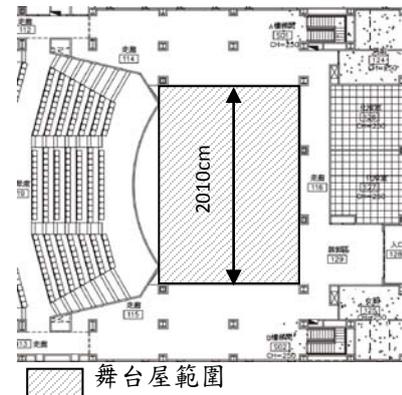


圖四、增加化妝室面積



(三) 舞台屋寬度不足 圖五、變更道具出入口位置

原設計案之舞台屋寬度為2010cm(圖六)，且側舞台樓層高度只有430cm(圖七)，不僅在使用上因高度不足而受到限制，亦導致本廳之吊桿操作位置留設不易。一般而言，吊桿的配重裝置設置之空間，以主舞台上之舞台屋的側壁面最為適宜，經多次討論後，決議將吊桿操作位置設置於側舞台二樓，並增建格柵樓板以確保有足夠的操作空間(圖八)，如此減少了主舞台的寬度。

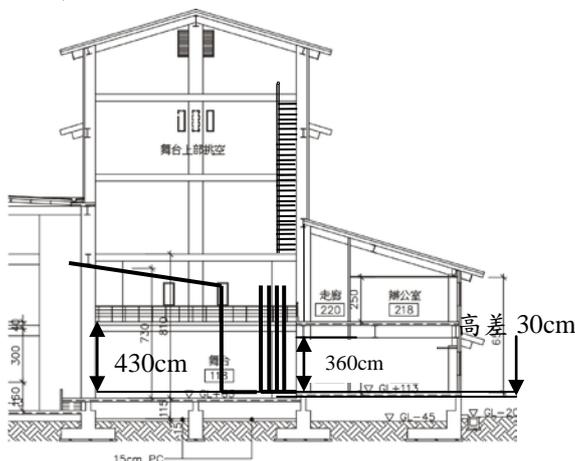


圖六、舞台屋範圍

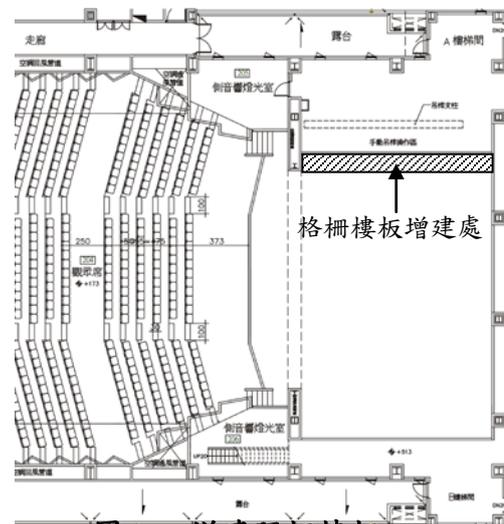
(四) 主舞台與舞台周邊有高差30公分(圖七)，這是很難理解為何如此設計，使用上是絕對不容許主舞台與側舞台不同地面高度的！因此必須將此凹陷的30公分填平。

(五) 沒有樓梯可以通達舞台屋上之鋼棚，鋼棚是機械維修的必要到達之處考慮到維修的工作需求，斜式樓梯是必須留設的，不可以鐵爬梯替代，因此本案在舞台背上從三樓增加通往鋼棚的樓梯，配合主舞台上背牆的音響反射板收藏空間。

(六) 側舞台沒有音響反射板的收藏空間，本廳原案設計側舞台空間極低，樓層高度只有430cm，扣除結構樑、空調、消防管路只剩360cm無法做為音響反射板的收藏空間，因此只好規劃設在主舞台背牆前，如此就減少主舞台的深度。(圖七)



圖七、側舞台高度及樓層差



圖八、增建隔柵樓板

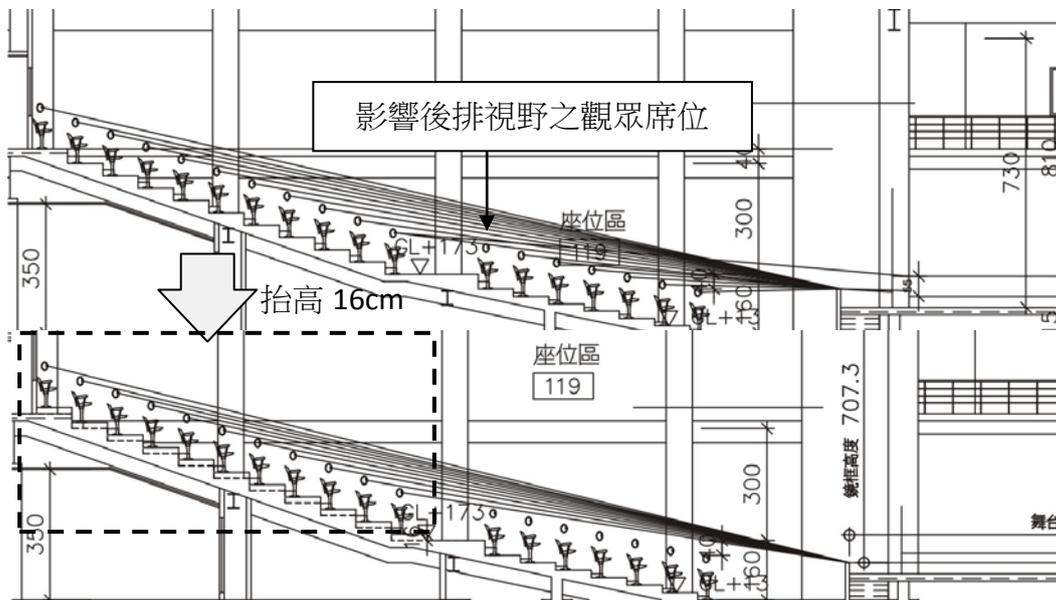
(二) 觀眾席設計

1. 觀眾席坐席後排視線會被前排擋住

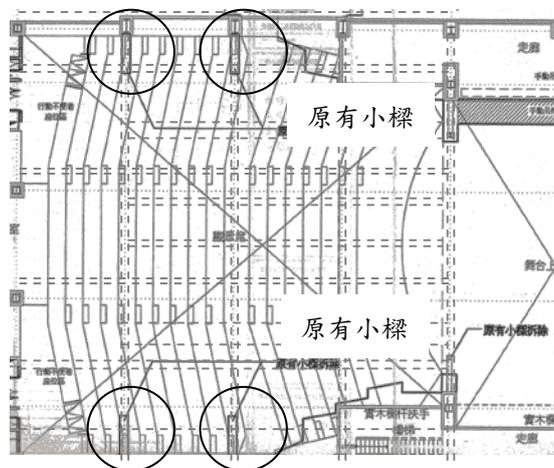
觀眾席視線檢討的結果，第八排以後之觀眾席位高度必須全部加一階(16cm)(圖九)。

2. 觀眾席天花板高度不足

雖然觀眾席的中央造型上向上延伸一樓高的空間，可是在高913cm處均有結構樑通過(圖十)，形成這種因造型需求(煙樓的意味)加空的空間很難以使用，倘若觀眾席的天花板，均在樑底下施作，則呈現天花板太矮，音樂廳的平均座席空間嚴重不足，所以本團隊與建築師一起檢討成為目前所呈現的獨特室內空間的形式。



圖九、觀眾席視線檢討



圖十、拆除觀眾席上方原有小樑

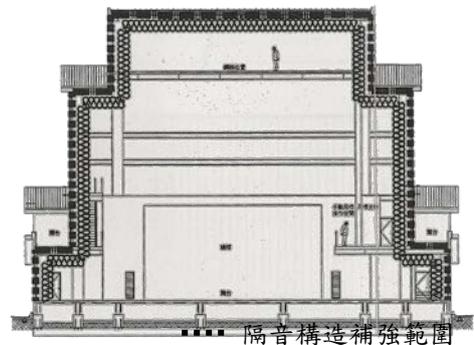
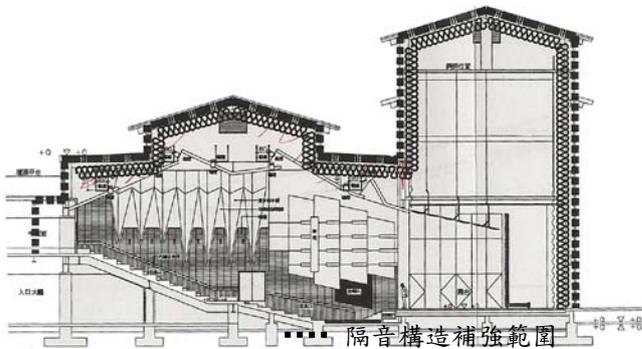
(三) 室內背景噪音控制

1. 屋頂構造、外牆構造隔音不足

演藝廳對室內的容許背景噪音標準要求非常高，為了提供聽眾能夠具有國家級的聽覺饗宴，本團隊訂定室內背景噪音之驗收標準值為空調開啟及關閉狀態時均 $\leq 30\text{dB(A)}$ ，因此屬於第一期工程之屋頂及外牆構造隔音量部分，須檢討是否有 50dB 以上的隔音性能。經實驗室量測，建築師所設計的外牆構造經成大建築系音響實驗室量測，其隔音值為 STC-49 ，屋頂板為 STC-41 ，其隔音量明顯不足，需進行補強。故本案於室內之牆面及屋頂面設置隔音以提升隔音能力。(圖十一、圖十二)

2. 舞台屋開窗

舞台屋開窗會讓外部噪音直接傳入室內，容易影響廳內的表演，故亦須以隔音構造進行補強(圖十二)。



圖十一、隔音加強施作位置圖(剖面) 圖十二、隔音加強施作位置圖(舞台剖面)

(四) 其他

- 預留空調之空調冷卻能力不足，重新計算及設計預留風管太小無法對應於真正的空調需求，拆除重做。

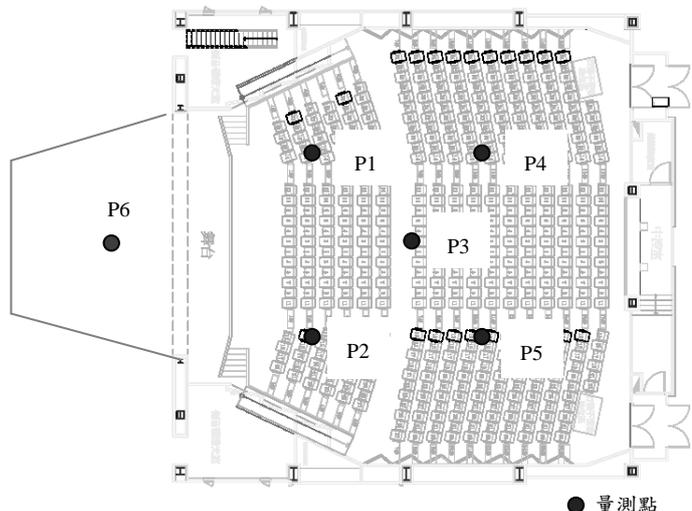
參、現場量測與結果分析

為瞭解本廳完工後之建築音響性能，本團隊針對背景噪音、餘響時間、電氣音響音壓分布及電氣音響安全擴聲利得等項目進行現場量測，分別說明如下：

一、背景噪音

廳內噪音級測定目的在檢討建築外殼之隔音設計及空調設備之消音設計；依使用廳內空調設備關閉及開啟之狀態分別測定，室內均為空席狀態。

背景噪音之目標值為空調開啟及關閉狀態時均 $\leq 30\text{dB(A)}$ 。另於空調規範中規範空調噪音需為 NC25 【1】。量測時，由實時分析儀直接測定各測

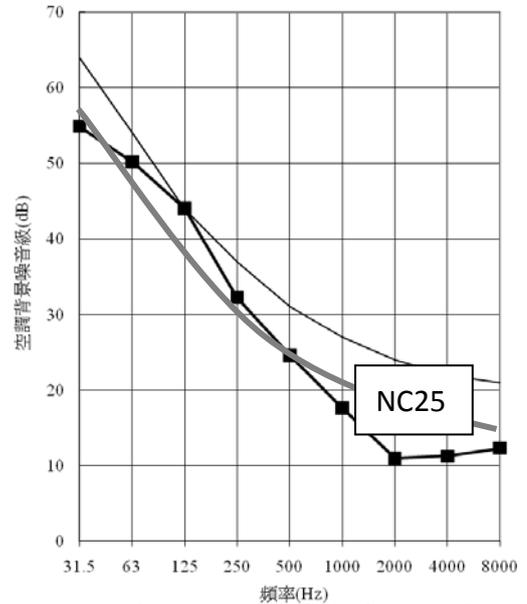


圖十三、背景噪音量測點位置圖

定點1/3八度音程之噪音級，讀取等價音壓值(Leq)。廳內背景噪音級之測定位置如圖十三所示，觀眾席取5個測定點，舞台取1個測定點，並按觀眾席區及舞台區平均其量測值，即得廳內觀眾席區及舞台區之噪音級。

(一)量測結果分析

空調關閉狀態時背景噪音測定結果為24.5 dB(A)；空調開啟狀態時背景噪音測定結果為30.6dB(A)。依據CNS 7183 噪音級測定法，當含及不含對象噪音時所測得之噪音值相差6~9分貝時，對於環境噪音影響之修正值為1分貝。本次背景噪音量測結果，空調關閉狀態(24.5 dB(A))與空調開啟狀態(30.6 dB(A))相差6.1分貝，因此空調開啟狀態之背景噪音經修正後判定為29.6 dB(A)，符合驗收標準之要求。在空調噪音評估方面亦能符合NC25以下之要求(圖十四)。

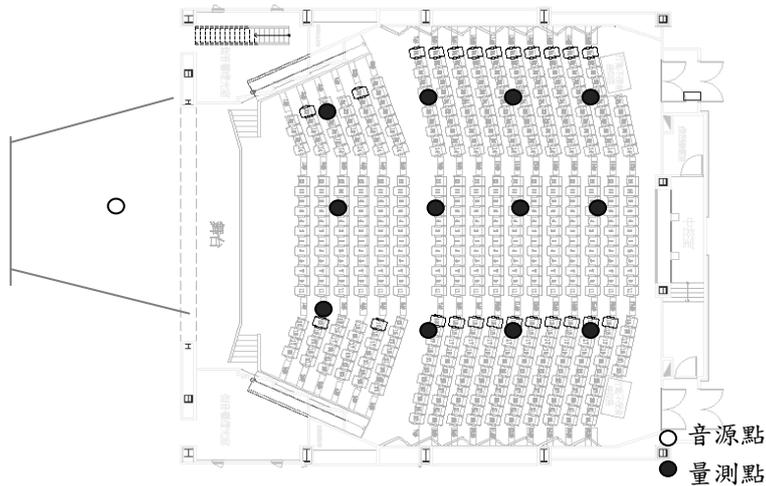


圖十四、背景噪音量測結果

二、餘響時間

「餘響時間」為最常被用來描述廳堂音響性能的物理量，餘響時間的基本定義為音源停止後，室內音能衰減60dB所需的時間，此時間與室容積成正比，與空間的吸音力成反比，適當的餘響時間有助於提升空間的聲音品質。

依據「六堆客家文化園區多媒體展映館演藝廳音響性能驗收建議書」，餘響時間之目標值為1.45秒±10%(空席,500Hz)【1】，量測位置如圖十五所示。



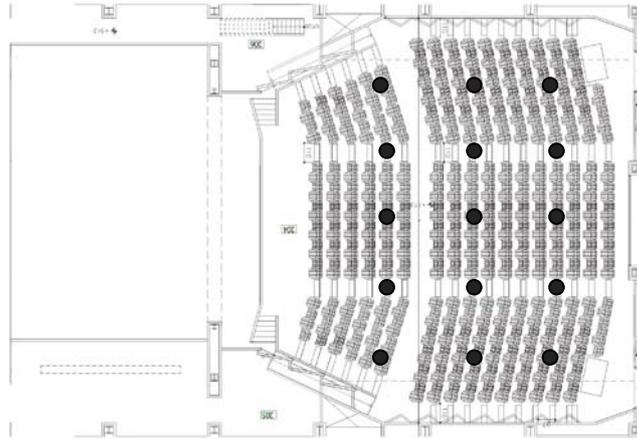
圖十五、餘響時間量測點位置圖

(一)量測結果分析

依據各量測點量測結果平均值，餘響時間為1.34秒(空席,500Hz)，符合驗收標準之要求。

三、電氣音響音壓分布

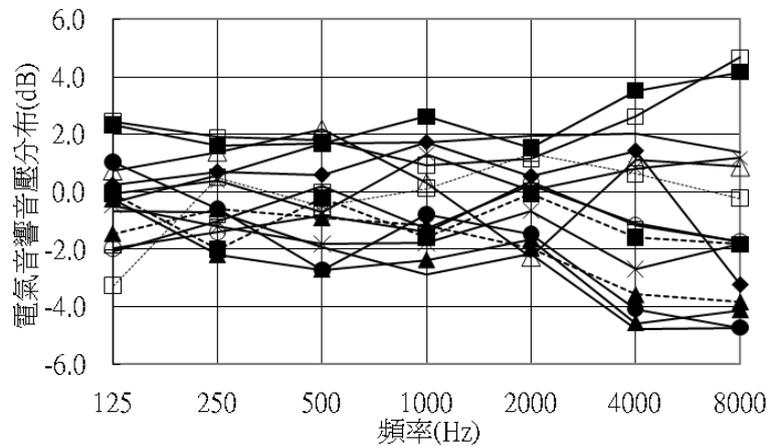
聲音在室內傳播會因室內裝修材料、座椅、聽眾甚至空氣的吸音而逐漸衰減其音能，同時也受到地板坡度及室型的影響而減弱或加強其音能。藉此測定，可了解實際廳內「電氣音響音壓分布」狀況，一般期待在 $\pm 5\text{dB}$ ，如此可確保各席位間之音響品質不致差異太大。電氣音響音壓分布之量測取廳內 15 點為量測點，量測點位置如圖十六所示。



圖十六、電氣音響音壓分布量測點位置圖 ● 量測點

(一) 量測結果分析

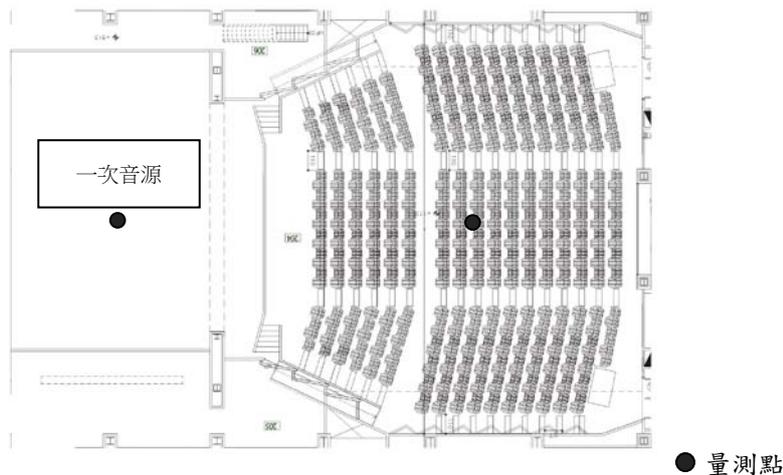
如圖十七所示，各頻率音壓分布量測結果均在 $\pm 5\text{dB}$ 以內，符合驗收標準之要求。



圖十七、電氣音響音壓分布量測結果

四、電氣音響安全擴聲利得

設置電氣音響設備時，如室內有回音、顫動回音、隆隆音之音響缺陷時很容易產生噪鳴現象，使得無法得到充分之音量，為確保不產生噪鳴所必要的擴聲量，本案需量測「安全擴聲利得」，並設定驗收標準為 $\geq -8\text{dB}$ 。量測點位置如圖十八所示。



圖十八、電氣安全擴聲利得量測點位置圖

(一) 量測結果分析

一次音源前麥克風處之音壓級為 84.5 dB，觀眾席中央量測點音壓級為 78.9 dB，因此安全擴聲利得為 -5.6 dB (≥ -8 dB)，符合驗收標準之要求。

肆、結論與建議

- 一、音樂廳類的建築音響、舞台、布幕、燈光、道具、反射板與建築空間、建築造型、建築空調設備點之界面非常多，設計上必須有很好的界面整合(interface integration)，不應類似此案將建築軀體、建築結構委託一位對演出藝術(performing art)不了解的建築師設計，完全沒有經過界面整合的程序就予發包興建，這也呈現縣府行政人員的外行，將建築的生產程序如此切割，造成後續作業的困難與無奈，今後應該讓我們政府機關的建設行政人員不要犯此種錯誤。一般因為工程的年度預算不是一次到位，可是無論如何「設計」是不可切割的，必須一體完成，工程施工是可以依年度經費而予切割的。
- 二、由於沒有設計界面的整合，使得本案在劇場型式上產生很大的矛盾，那就是主舞台面積太小，而且沒有足夠高度與主舞台同高的側舞台或後舞台，它就限制了大型劇團或大型劇碼的演出，可是它又留有足夠高的舞台屋，後續作業又不能把它切掉成為小型劇場即可！如此造成設計上的矛盾點！
- 三、空調設備的切分點也不正確，二期工程均未設計，就在一期工程中把空調主風管留設出來，這完全是工程的浪費。
- 四、本團隊曾經提議要大量修改舞台部分設計，可是涉及工期延長及工程經費的大增而作罷，只能在現有的條件下做最大的運用，最後也經二期建築師的努力，在室內的風格上也創造出了奇特的個性，同時也保留了一期建築師的建築風格，目前經使用考驗，風評甚佳，值得欣慰。

伍、參考文獻

1. 永田穗，「建築之音響設計」，1974。
2. 板本守正，「空調設備的消音設計」，2003。
3. CNS 7183噪音級測定方法。
4. ISO 3382 - Measure of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters。