

地工技術

專題報導

北部流行音樂中心的構築

陳福松* 何政道* 蔣志強*

一、前言

北部流行音樂中心的開發理念，是建築一處以創作、表揚及分享臺灣及全世界華人的流行音樂專屬園區，園區包含了適合展演各種類型的，藝文音樂建築及多元化的活動空間，讓知名藝人及後起之秀，都可以在這裡展現才藝、揮灑天份，更重要的是讓這個園地可以培育出，更多優秀的藝人，使臺灣流行音樂的幼苗，能在此永續紮根、茁壯。園區內有三大棟建築體，分別為南基地的流行音樂文化館、音樂產業區二大棟建築；北基地的主體建築主廳館；環繞全區建築物的戶外音樂公園、跨越市民大道的天橋；串連三棟建築物的裙樓，提供了培育流行音樂的文化及多元化的活動園區。2010年1月主辦單位台北市政府文化局，完成國際競圖評選，由美國著名建築師RUR Architecture P.C.和臺灣宗邁建築師事務所獲得首獎，負責全案的設計及監造工作。超偉工程顧問公司很幸運的被邀請，負責這案子的結構和大地工程的專業設計顧問。

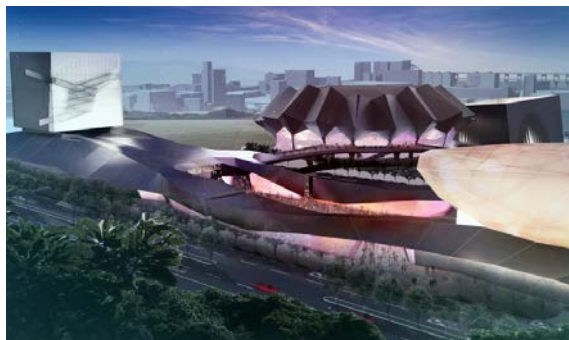
二、建築概要與結構系統

2.1 建築概要

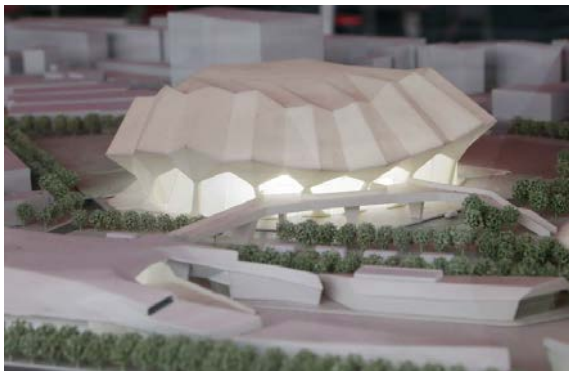
由RUR Architecture P.C.和宗邁建築師事務所團隊所設計之北部流行音樂中心，是美學的創意與設計，共包含三棟主題建築：主廳館、文化館和音樂產業區，分別座落於園區的三角一隅，挑高的裙樓平台將三棟主題建築群，與四週的公共空間串聯結合在一起。整體的外觀造型，如圖一(a)及(b)所示，似一群晶瑩剔透的晶體聚落，自然生動、立體動感。

* 超偉工程顧問有限公司

主廳館座落於北基地，它是流行音樂高手展現才藝的演藝廳，整棟建築的造型來自於臺灣重巒疊嶂的山岳，意象著臺灣流行音樂邁入新世紀後，履創高峰。主廳館擁有一個可容納5000個座席的表演廳，地面層觀眾席改為立席後，最多將可以容納6,300人。



(a) 全區鳥瞰圖



(b) 北區鳥瞰圖

圖一 北部流行音樂中心鳥瞰圖(宗邁建築師事務所及RUR Architecture PC,2010)

位於南基地的文化館，是流行音樂的時空歷史展示館，主要的設施包括流行音樂歷史文化的展覽空間、影音媒體典藏、服務中心和辦公室。文化館是一棟地上六層、地下一層的鋼筋混凝土構造建築，以簡潔的立方體造型設計，東側立面牆設計有，展示動線的造型樓梯，代表著流行音樂的發展歷史時空軌跡軸線。位於南基地西側是流行音樂的產業區，它

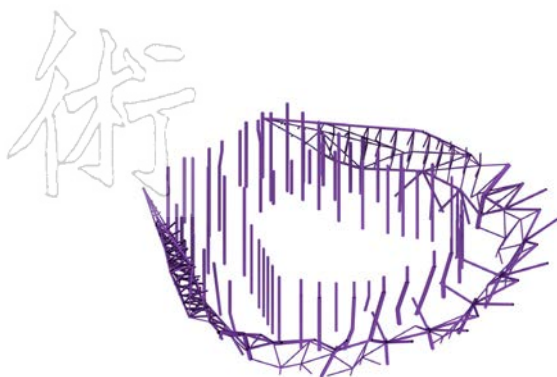
是流行音樂孕育、交流、創作及發展的園區，主要的設施有四間小型室內表演廳(live house)、一間音樂廳，這將是培育流行音樂人才的搖籃。產業區的建築是以水晶體造型設計，呼應北基地的主廳館的型體，它是地上六層、地下一層的建築群。

2.2 主廳館結構系統

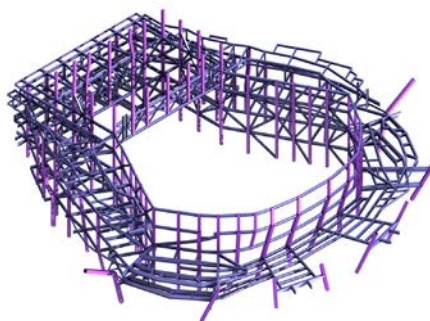
北部流行音樂中心的結構系統設計，主要是建構一個堅固安全的建築構造，創造良好的建築力學機能，將合理的結構力學元素和系統融入建築的美學空間，使結構除了傳遞力學功能外，更兼具建築藝術和美學造型的元素。

北基地的主廳館是一棟地上五層的鋼骨構造，地下三層鋼筋混凝土構造的建築物，它包含有表演廳和支援演出的各類空間。建築的外型像是一座綿連的山巒、造型的創意是來自於臺灣天然隆起的山岳，加以人工雕琢而成的結晶造型，外觀立體動感，意象著臺灣本土的流行音樂紮根於此，超越自我而揚名於世界舞台。建築構造係依據建築的主題和它所涵蓋的各種特殊功能建構而成。它是一棟幾何形體相當複雜的實構建築，如圖二及圖三所示，結構系統係以兩列的柱群環繞著表演廳，支撐著挑高又挑空的大跨距屋頂、三樓懸挑(圖四)的觀眾席和它的各樓層。如圖五所示，二樓入口的大廳之結構係利用環繞大廳的柱列，從二樓挑空直立，這列柱群，從三樓分支，各以樹枝狀的四根支根斜向而上，相鄰的支柱在頂端互相接合，形成三角形串連成一體的三角環形鋼管結構，塑造成主廳館大廳入口獨樹一格的造型。頂端相鄰的支柱接合點，提供為屋頂大廳頂上桁架的支撐。

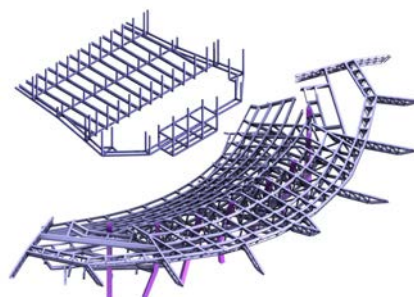
三樓至四樓的觀眾席結構部份(如圖六)，利用環狀柱列的內排柱為支撐，前後以三樓到四樓的層高為桁架的深度，從柱端利用三角形的桁架向舞台前懸臂出挑，同樣也以三角形桁架向後對著入口方向，懸臂出挑，一對三角形桁架結合形成一個菱形桁架，這前後的懸挑桁架，在中間的柱端產生力學平衡的機制。這群菱形桁架橫向串聯在一起，形成一座扇形觀眾席的構造。



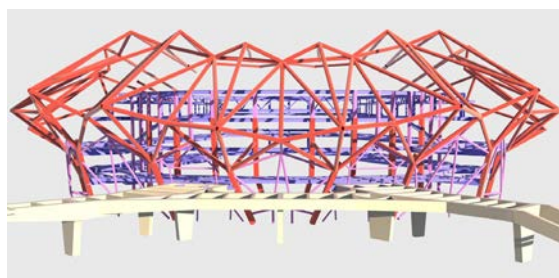
圖二 環繞著表演廳的兩列柱群



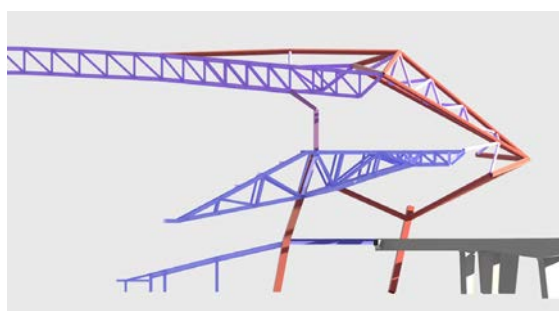
圖三 二樓大廳結合外環鋼管結構



圖四 三樓懸挑的觀眾席和貓道



圖五 主廳館環形鋼管結構



圖六 主廳館觀眾席剖面示意

地工技術

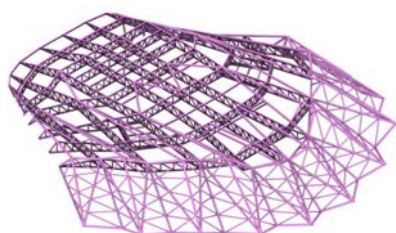
主廳館屋頂構造系統是採用大跨距的桁架結構，雙向的桁架跨越表演廳及觀眾席，支撐著整座廳館的屋頂，如圖七建構了表演廳所需要的無柱挑空的空間，提供觀眾觀賞表演時一覽無遺的視覺感觀的愉悅空間，同時也提供了台上、台下歡樂互動的流暢動線。

屋頂的桁架結構採用雙向格形配置(圖八)，兩側及舞台端部份的桁架和環形柱列的柱頭剛性接合，前廳入口頂部的桁架和三角環形的鋼管結構亦以剛性結合，形成一座堅固的立體抗彎矩構架，完成了主廳館主要的結構系統。

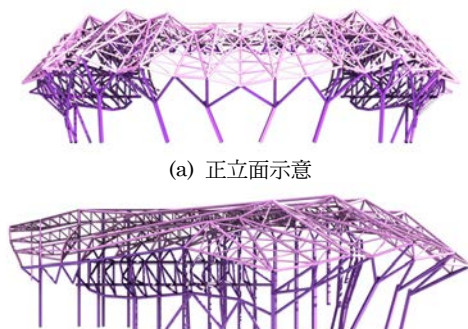
屋頂桁架上方，如圖九(a)及(b)所示，利用三角形鋼骨平面桁架為單元的折版結構元素(folded plate)模組，依建築三角形多面晶體的造型，將三角折版模組串聯成一體，並和座落的桁架節點固定，形成頂部的三角折版族群的構造。這頂部的三角折版族群和環繞建築四週的族群結合，完成整棟建築的晶體結構外型。



圖七 主廳館觀眾席構造



圖八 屋頂桁架結構之雙向格形及三角折版模組



(a) 正立面示意

(b) 側立面示意

圖九 屋頂折板桁架結構示意圖

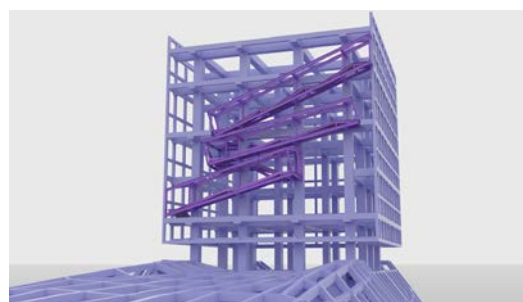
2.3 文化館結構系統

位於南基地的文化館，是一棟地上六層、地下一層的鋼筋混凝土構造建築。如圖十所示，建築構造採用鋼筋混凝土結構搭配部份造型鋼骨結構。南基地的建築群，原來的設計是鋼骨結構，因鋼骨結構的工程成本較鋼筋混凝土構造高，超出工程預算太多，因而變更設計為鋼筋混凝土構造。鋼骨構造的主要優點是對於造型結構的預造、施工吊裝的靈活度，比傳統工法的鋼筋混凝土強且快了很多，且比較符合綠建築的需求，這次的構造變更，的確，將構造的設計、構築的難度都增加很多。

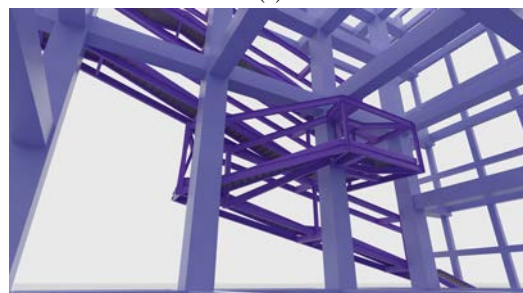
文化館的建築構造是一個立方體，採用高強度混凝土結合高拉力鋼筋的韌性抗彎矩立體構架，各樓層的層高甚高都是6米以上，尤其四樓到五樓有12米的挑高，創造了展覽高挑的空間。文化館立面的最大特色，如圖十一(a)所示，是一座刻畫流行音樂歷史的造型樓梯，它位於文化館東側的立面，從四樓室外平台，向上繞著展覽廳的二支挑空的立柱行空進入廳內，繞著前面柱列的軸線，蜿蜒而上，



圖十 南基地文化館及音樂產業區構造



(a)



(b)

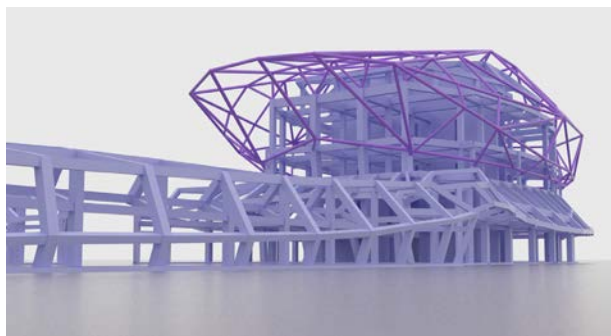
圖十一 文化館造型樓梯

從四樓夾層進入廳內，遊行大廳後，躍空步出室外，樓梯繼續往前向上進入五樓的空間。這樓梯從五樓的另一個出口出來躍入室外後，以相同的斜率和步調，往上繼續爬升進入六樓。如圖十一(b)之造型樓梯的構造，採用鋼骨結構，吊掛固定在前排柱列的挑空的懸臂梁上。這座懸掛在文化館外側的階梯，宛如一串串臺灣流行音樂歷史的音符，穿梭在時空的旋律中，譜成篇篇的傳奇神話。

2.4 產業區建築結構系統

產業區的建築構造工程，是另外一個高難度的挑戰，因為建築是一個幾何形狀相當不規則的構造，如圖十二所示，為曲折異形的鋼筋混凝土立體構架，梁、柱的放樣定線已經有相當的難度，加上梁、柱兩者的結合的細節，其鋼筋的定位及綁紮，才是工程高難度的工作。

產業區音樂餐廳建築的屋頂構造，採用三角形鋼圓管的結構模組，依建築晶體造型來建構，這晶體結構座落並固定於主結構的R.C.構架上方，經由它們和主體建築結構的結合完成後，塑造成水晶體型晶瑩剔透閃亮的造型，烘托出主題建築的神韻特色。



圖十二 產業區的構造

2.5 人行天橋建築

跨越市民大道的主體人行天橋(如圖十三)，整合南、北兩基地建築群的整體性和動線的連通功能，將南、北兩地的二樓連接成一座完整的大平台裙樓，造就了北部流行音樂中心規劃設計的另一個高潮，鋼骨鋼筋混凝土的大跨距橋樑構造，北端連接主廳館的入口，南端和文化館的露天表演平台接合，墩柱的外形呼應主題建築的造型，活潑動感如流行音樂跳動的韻律。



圖十三 跨越市民大道的人行天橋

三、震動對鄰房之影響

主廳館是流行音樂中心的演藝大廳，舞台上的熱歌勁舞，常常會帶動台下觀眾的共鳴，伴隨著音樂旋律的節拍，觀眾會舞動身體融入音樂的韻律中，觀眾舞動所產生的能量，會直接傳遞給觀眾席的構造，引發樓版結構的振動，這些能量有一部份經構造本身的結構系統，由其消能機制消化吸收，其餘的部份會經由構造體的版、梁、柱的結構傳遞到地下室的外牆及基礎結構，再傳遞到建築物外圍的土壤，讓土壤傳開而吸收。

這些觀眾舞動所引發的結構振動，和舞動所產生的動能及建築構造的結構勁度有直接的關係，目前，北部流行音樂中心的結構設計，係依據AISC (Murray, 1997)之相關規定，完成律動設計的詳細檢討。其中最重要的部份是觀眾席構造的自然振動頻率需要和觀眾舞動的頻率拉開，避免因為兩者的頻率相符，產生結構體的共振，一般觀眾舞動的頻率在1.5~3.0Hz之間，因二次振動重疊，頻率可能會到5.0Hz，因此，我們的結構設計，儘量將構造的勁度增加，讓結構體的自然振動頻率拉大，達到大於5.0Hz以上。如何增加觀眾席構造的勁度，是結構系統規劃設計上的一大挑戰，一般演藝廳的建築機能規劃，底層是舞台和觀眾席，底層上面是二至三層的挑空，這空間裡設計有二至三層的大跨距且無柱的觀眾席，觀眾席每個座位和舞台間的視線角度都需要無障礙空間，整座演藝廳內不能有柱子的配置，因此，底層上的二或三層的結構系統常常是採用大跨距的橫梁結構，或是從外圍柱往舞台方向的懸臂梁結構系統，而這些梁的梁深都會受到下層淨高及視線淨空的限制，無法設計

有太深的梁斷面，很難得到非常足夠的勁度，這是結構系統上規劃的一個難題。

觀眾席的結構因律動而產生的震動所造成的問題，可分為兩方面；其一是對建築物本身的影響，建築受外力的衝擊，外力作用於結構體的能量，使結構體產生變形而振動，並將這能量吸收，如果外力的作用是有規律性，而當這外力的頻率正好和結構體的基本振動頻率相撞，結構體會產生共振的效應，加大振動的振幅，並延長振動的時間，這時假如建築構造有良好的消能能力，將這能量吸收消化就沒事，不然，這共振效應可能會引發結構體的超量變形而龜裂，甚至破壞，造成意外的不幸。因此，法規才有要求觀眾席構造體的基本振動頻率，必須跳開觀眾律動的頻率。其二是，建築物結構體的震動，可能會引發外圍土壤的水平波動，造成外圍建築物的共振效應。觀眾律動加注於結構體的能量，除去結構體本身的消能系統所吸收的部份外，其餘的能量會往兩個方向傳遞，垂直振動的方向，往下傳遞到建築物的基礎，再經基礎基樁的結構系統和土壤之間的力學互制作用而分散，這部份的能量大部份沿著基樁達到樁底，再以垂直波動方向往土壤深層傳遞下去。水平振動的方向，經梁、柱構架傳遞到地下室的外牆，經由連續壁和外圍土壤的互制作用，以水平波動的方向向外傳遞而出。其實，這水平波的振動，才是可能會引發鄰近建築物的共振效應的元兇。觀眾隨著歌者而律動的振動頻率為1.5~3.0Hz，和一般低層四樓以下的建築物的基本振動頻率相近，如果鄰近建築物和振源的表演廳中間，沒有地下連續壁之類的阻隔物來阻擋吸收這部份的波動能量，當連續的水平波衝擊到這些同頻建築物時，會引起共振效應，當時間持續太久，共振效應常會放大，讓遠在幾百公尺的鄰居受干擾而叫苦連天。

如何防制主廳館在舉辦節目盛會時，觀眾隨歌興起的律動而可能引發鄰近建築的共振，是北流結構規劃、設計的重要課題之一，在這個設計主題上，我們配合建築的機能規劃、結合結構系統和大地工程一起整合，找到最佳的設計方案及方法。

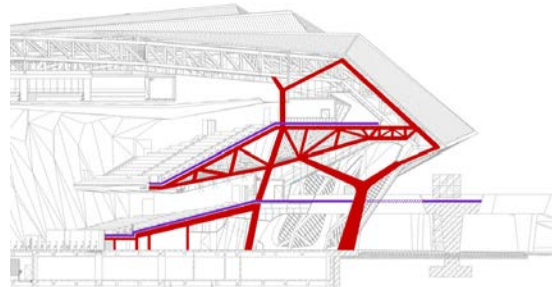
1. 從建築的機能設計來看

(1) 如圖十四所示，主廳館的建築主要軸線，也就是觀眾席的主結構軸線，特別選定錯開園區外圍的住宅區，主結構軸線方向是結構傳力路徑的主要方向，將傳力路徑方向和住宅區錯開，如果有可能產生水平律動的波動時，振波不會直接撞擊到外圍的同頻建築物而產生共振。



圖十四 主廳館軸線與外圍住宅方向錯開

(2) 觀眾席樓層的前後樓版，利用挑空的設計(圖十五)，隔斷結構水平傳遞路徑，將傳遞所產生的能量及波動，由水平方向改變為垂直方向，再經柱群直接傳遞到基礎，消除了水平波動所引發鄰房共振的可能性。



圖十五 看臺層樓版利用挑空前後隔斷

2. 從建築結構的系統規劃著手

(1) 觀眾席的構造是以環繞表演大廳的柱群為主要支撐系統，支撐座席的結構採用三角形桁架結構，桁架是從柱端向前、向後懸臂挑出，前後二個三角形懸臂桁架，相連並支撐於中間的柱列上，觀眾席的載重及律動，均由桁架兩側的尖端往柱端傳遞，因此兩側受力所產生的彎矩，於柱端自動產生力學平衡，也就是水平剪力在柱端平衡抵消。而垂直剪力及垂直的波動，傳到柱端後，經柱群本身的傳遞路徑直達基礎，免除了水平波動的干擾。

(2) 增加觀眾席結構的勁度，讓構造的自然振動頻率提高，跳開觀眾的律動頻率，我們

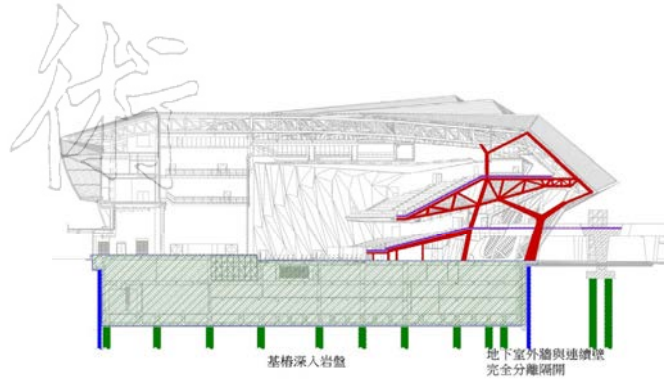
將座席構造的三角形桁架固定端的深度加大，桁架在柱端處，採用了一層樓的層高為桁架的深度，提高桁架的垂直勁度，使結構的垂直振動頻率拉高到5.67Hz，大大的跳開觀眾律動的頻率，免除結構體共振的煩惱。

(3) 主廳館觀眾席構造，不宜採用橫向大跨距結構梁系統的理由說明如下，當橫向大梁結構的系統被使用在表演廳的觀眾席構造時，除了結構勁度所需要的梁深，受到視線無阻的限制外，另外的原因是大跨距梁的垂直勁度，常會因梁深不足而不夠，因觀眾律動的衝擊，橫梁震動的垂直變位會很大，其所引發的兩端變位角亦會很大，這時變位角的扭矩會駛動兩端的水平震動。這時如果觀眾席的結構系統，又因觀眾的律動引發了共振的反應，共振會放大水平波動的能量，引動建築物外圍土壤的水平震動，並傳遞到鄰近的同類建築物，而引發共振的效應。

3. 從大地工程配合結構行為的機制著手

(1) 如圖十六所示，基礎構造採用筏式基礎結合基樁系統，利用基礎和基樁的力學互制，將垂直波動直接傳遞到深層的岩層。

(2) 將建築地下室的外牆和外圍的擋土連續壁，完全分離隔開，這樣當建築構造受到水平波動傳到外牆時，這些能量先由建築物的構造吸收消化後，剩餘的能量已大大減弱，再傳到外圍連續壁的衝擊就相當有限了。



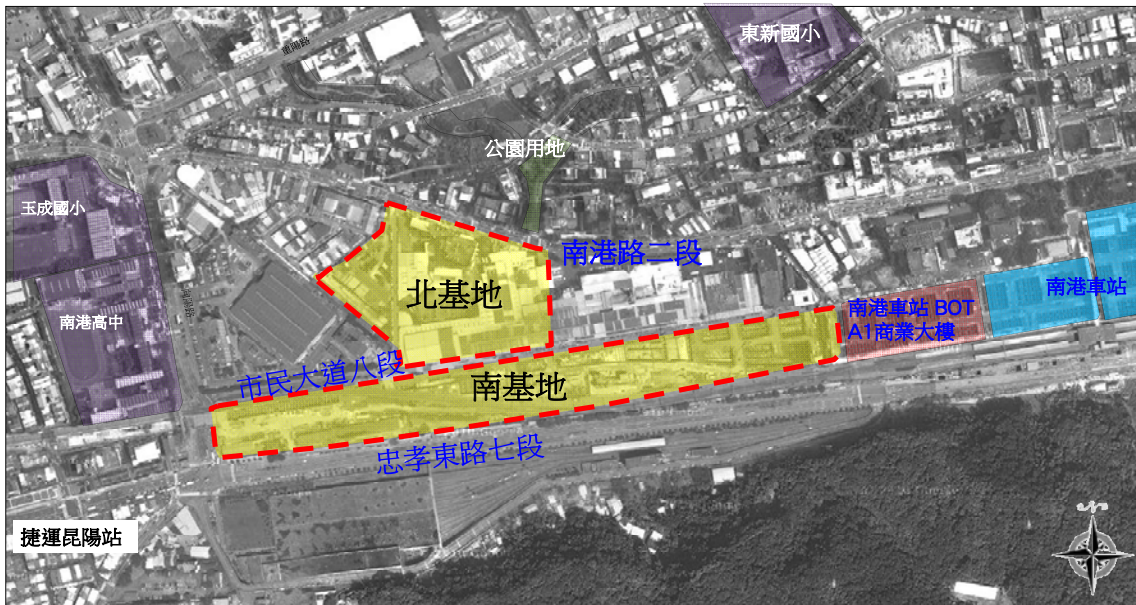
圖十六 地下室外牆與連續壁完全隔開

四、基地及地層概要

4.1 基地概況

本案位於台北市南港三鐵共構車站及捷運昆陽站之間，佔地約8.92公頃。基地過去為台鐵南港貨運站之貨運列車調度區域，隨著南港貨運站遷移，南港站重為可再利用之土地。

如圖十七所示，基地分為南、北基地，中間夾著市民大道八段(底下有台高鐵共構隧道)，南基地面積約為5.4公頃，北基地面積為3.52公頃。基地北側臨寬約20.0m之南港路，西側為20.0m寬之向陽路(南側基地)及3層樓高之建築物(北側基地)，東側鄰南港車站(南側基地)及空地(北側基地)，南側為忠孝東路七段(底下有捷運板南線潛盾隧道)，主廳館位於基地北側，在南港路段與市民大道八段之間。



圖十七 北部流行音樂中心基地位置

4.2 土層分佈及地下水位

依據地質調查報告(大亞土壤技術顧問有限公司, 2013), 可以歸納為如下之七個土層:

1. 回填土層(SF)-棕黃色砂質粉土及灰色粗砂夾少量混凝土、磚塊、卵礫石、有機物等雜物。平均分佈深度: 地表至地表下1.5m。

2. 灰色粉土質粘土夾砂質粉土層(CL/ML)。平均分佈深度: 地表下1.5m至9.0m。SPT-N值介於1.5~4.0, 平均為2, 屬極軟弱之粘土夾砂質粉土層。

3. 灰色粉土質粘土與粘土質粉土偶夾細砂層(CL/ML/SM)。平均分佈深度: 地表下9.0m至21.4m。SPT-N值介於2~6, 平均為3, 屬軟弱粉土質粘土與粘土質粉土夾細砂層。

4. 灰色粉土質粘土夾粉土或粉土質細砂夾粘土層(CL/ML/SM)。平均分佈深度: 地表下21.4m至28.7m。SM: SPT-N值介於10~27, 平均為14.5, 屬中等緊密之粉土質細砂夾粘土層; CL: SPT-N值介於5~9, 平均為6, 屬中等堅實之粉土粘土夾細砂層。

5. 灰色粉土質粘土夾砂質粉土與細砂層(CL/ML/SM), 平均分佈深度: 地表下28.7m至35.4m。SPT-N值介於6~10, 平均為8, 屬中等堅實之粉土質粘土夾砂質粉土與細砂層。

6. 卵礫石夾灰色粗細砂層(GM), 分佈深度: 地表下35.4m至38.4m, SPT-N值 >50。

7. 灰色砂岩層(SS), 分佈於第6層卵礫石夾灰色粗細砂層底下, SPT-N值 >50。

依據地質鑽探期間, 水位觀測並量測結果顯示, 地下水位約在地面下3.00~5.00m之間, 建議之簡化土壤參數如表一所示。

表一 設計用之簡化土壤參數

土層層次	土層分類	深度(m)	SPT N	γ_t (t/m ³)	S_u (t/m ²)	c' (t/m ²)	ϕ' (deg)	$C_c(C_r)$
1	SF	1.5	-	1.95	-	-	-	-
2	CL/ML	9.0	1.5~4.0 (2)	1.87	2.0~4.0(3.0)	0	28	-
3	CL/ML/SM	21.4	2~6 (3)	1.88	2.5~3.5(3.0)	0	28.5	0.297(0.087)
4	CL/ML/SM	28.7	SM: 10~27; CL: 5~9(14.5); (6)	1.90	5.0~8.0(6.5)	0	30	0.285(0.051)
5	CL/ML/SM	35.4	6~10(8)	1.90	6.0~9.0(7.5)	0	31	0.242(0.043)
6	GM	38.4	>50	2.10	-	0	35	-
7	SS	47.8	>50	2.20	-	0	40	-

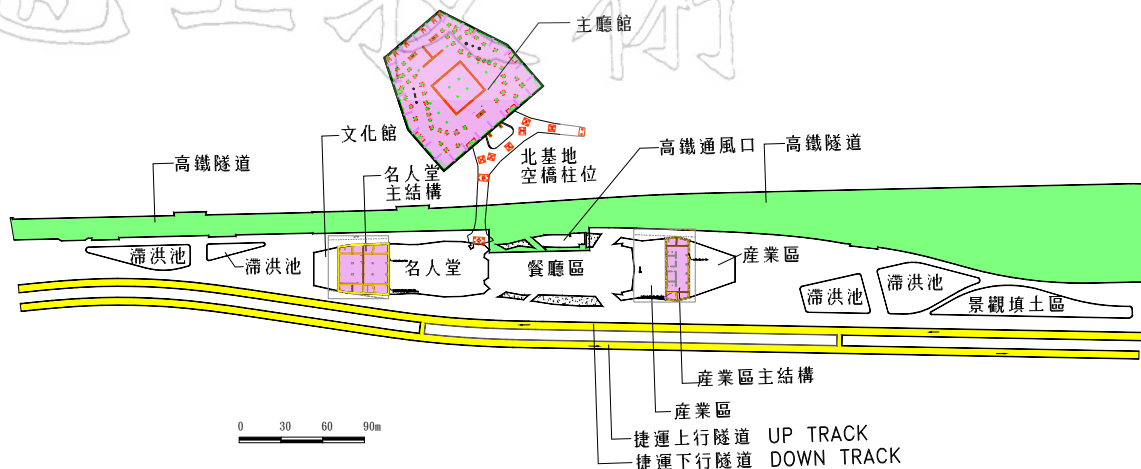
五、基礎工程概況

主廳館位於北基地, 規劃為地上5層、地下3層之建築物。南基地之構造物包括文化館(地上6層、地下1層)、產業區(地上5層、地下1層)、餐廳區(地上1層/無地下層)、滯洪池、景觀造型填土及南側基地之空橋柱位, 當中文化館及產業區之基礎開挖深度皆為7.5m。如圖十八所示, 南、北兩基地間為東西向新生道路(市民大道八段), 道路下方有臺鐵/高鐵共構隧道, 南基地南側忠孝東路七段, 底下有捷運板南線潛盾隧道, 為降低基礎施工階段對毗鄰高鐵及捷運板南線潛盾隧道之影響程度, 採用扶壁或地中壁(何等人, 2014)作為輔助之擋土措施。南、北基地之主要建築物地下室係各自獨立, 共分為主廳館、文化館及產業區等3區, 各區之擋土開挖工程彙整如表二所示。

5.1 北基地-主廳館

主廳館位於北基地(面積約7500m²), 基地形狀約程梯形(長、寬約為52m×90~95m), 為克服抗浮或不均勻沉陷問題, 基礎形式採用樁基礎(採用圓樁及壁樁), 主結構區底下採用圓樁及部份壁樁, 主要為承載樁, 中間挑空區域重量小於水浮力, 係利用壁樁來克服抗浮力問題。開挖深度為13.6m, 採用順打工法, 如圖十九所示, 於基地內設置數道內扶壁輔助擋土, 藉以降低對南側市民大道下方有臺鐵/高鐵共構隧道(如圖二十(a))之影響程度。擋土壁採用厚80cm之連續壁, 共分五階段開挖, 並隨各階段開挖後架設四層擋土支撐(如圖二十(b))。

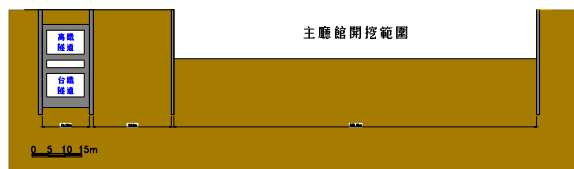
地工技術



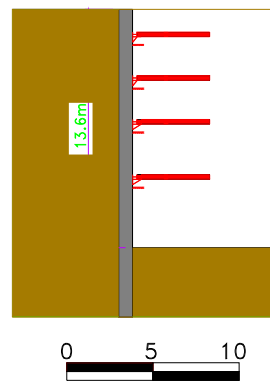
圖十八 北部流行音樂中心與臺/高鐵隧道及捷運潛盾隧道之平面關係示意圖

表二 主廳館、文化館及產業區之開挖設計

項目	主廳館	文化館	產業區
開挖面積	7500m ²	1300m ²	770m ²
開挖深度	13.1m	7.5m	7.5m
開挖工法	順打	順打	順打
連續壁厚度	80cm	60cm	60cm
連續壁深度	30m	17.2m	17.2m
開挖階數	5	2	2
支撐層數	4	1	1

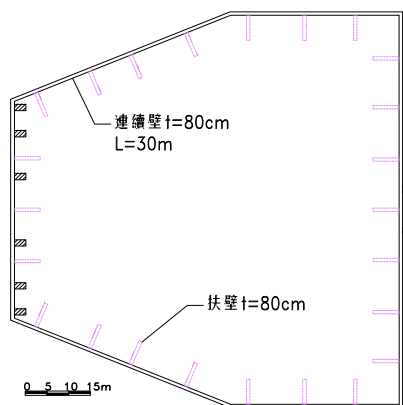


(a) 主廳館開挖與臺/高鐵隧道剖面示意圖



(b) 主廳館擋土開挖剖面示意圖

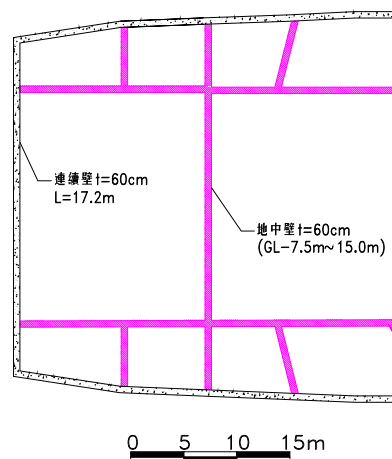
圖二十 主廳館開挖與臺/高鐵隧道剖面示意圖



圖十九 主廳館之連續壁及扶壁平面圖

5.2 南基地-流行音樂文化館

文化館位於南基地(面積約1300m²)，基地形狀約程梯形(長、寬約為32~37m×37m)，開挖深度為7.5m，採用順打工法。如圖二十一所示，於基地內設置地中壁輔助擋土，除了藉以降低對北側之臺鐵/高鐵共構隧道及南側捷運潛盾隧道(如圖二十二(a))之影響程度外，

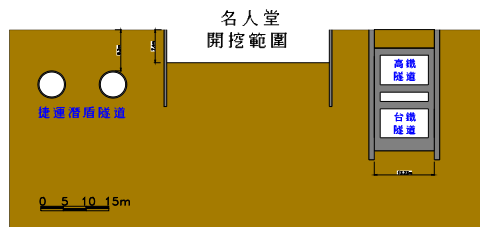


圖二十一 文化館之連續壁及地中壁平面圖

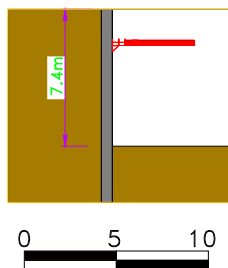
地工技術

地中壁特別規劃於載重較大之處，故同時兼具承載樁之功能。

擋土壁採用厚60cm之連續壁，如圖二十二(b)所示，共分二階段開挖，並架設一層擋土支撐。



(a) 文化館開挖與臺/高鐵隧道及捷運隧道剖面示意圖



(b) 文化館擋土開挖剖面示意圖

圖二十二 文化館開挖與臺/高鐵隧道及捷運隧道剖面示意圖

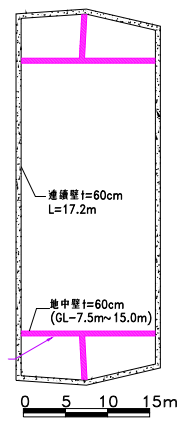
5.3 南基地-產業區

產業區位於南基地(面積約770m²)，基地形狀約程矩形(長、寬約為17m×46m)，開挖深度為7.5m，開挖採用順打工法。如圖二十三所示，於基地內設置地中壁輔助擋土，除了藉以降低開挖工程對北側之臺鐵/高鐵共構隧道及南側捷運潛盾隧道(如圖二十四(a)所示)之影響程度外，地中壁特別規劃於載重較大之處，故同時兼具承載樁之功能。擋土壁採用厚60cm之連續壁，共分二階段開挖(如圖二十四(b)所示)，並架設一層擋土支撐。

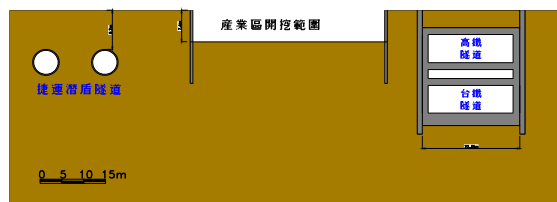
5.4 開挖分析

目前主廳館及南基地文化館基礎結構已完成，惟南基地產業區仍在基礎施工階段。北基地主廳館及南基地分別採用扶壁及地中壁作為輔助擋土措施，其模擬方式係參考謝與呂(1999)建議之簡化方式。

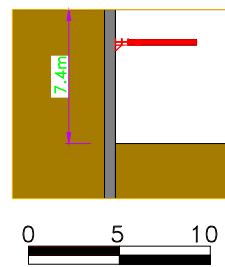
主廳館及文化館之連續壁分析最大變位，與現地監測資料分別比較如圖二十五(a)及(b)所示，當中主廳館變形曲線與監測資料。



圖二十三 產業區之連續壁及地中壁平面圖



(a) 產業區開挖與臺/高鐵隧道及捷運隧道剖面示意圖



(b) 產業區擋土開挖剖面示意圖

圖二十四 產業區開挖與臺/高鐵隧道及捷運隧道剖面示意圖

相似，分析之最大側向變位為1.31cm，而現場觀測值最大值約為1.70cm，傾斜管觀測值雖為分析之值129%，惟仍於警戒值(3.0cm)之內，顯示扶壁對降低壁體變位有一定的功能；另外文化館分析之最大側向變位為1.39cm，而現場觀測值最大值約為0.37cm，傾斜管觀測值僅為分析之值27%，顯示本案地中壁產生了相當有效之輔助擋土效果。

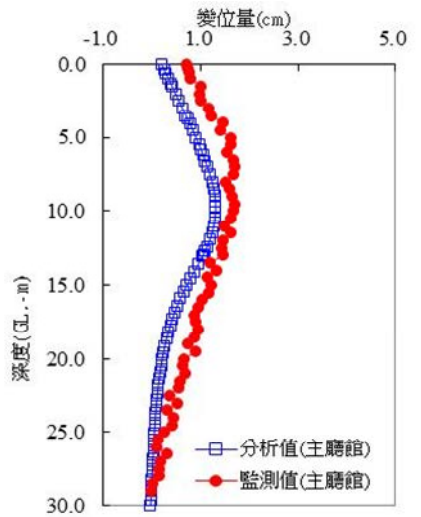
六、結論

1. 北部流行音樂中心除了是展演設施外，也是的相當重要的特殊公共文化建築，期盼透過本文介紹建築設計之巧思、特殊結構技

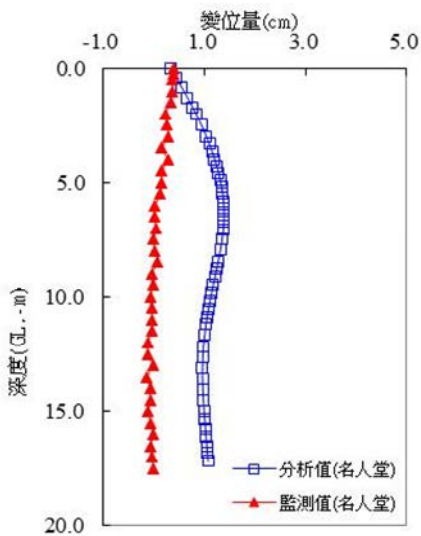
術與大地工程，能作為日後相關工程之參考。

2. 為了避免震動可能引發鄰近建築的共振，配合建築的機能規劃、透過結合結構系統和大地工程一起整合規劃，應可以找到最佳的設計方案及解決辦法。

3. 主廳館及文化館分別採用扶壁及地中壁作為輔助擋土措施，主廳館及文化館之連續壁分析最大變位與現地監測資料比較，顯示兩者皆於管理值之內。當中主廳館採用之扶壁，對降低壁體變位有一定的功能，而文化館採用地中壁，現場觀測值僅為分析之值27%，顯示本案地中壁之效益相當明顯。



(a)



(b)

圖二十五 連續壁分析之側向變位與監測資料比較

誌謝

特別感謝設計團隊之宗邁建築師事務所和RUR Architecture P.C.，提供本案建築規劃及設計之相關資料及提供相關協助，使得本文得以順利進行，特此申謝。

參考文獻

- 大亞土壤技術顧問有限公司 (2013)，「北部流行音樂中心南、北基地興建工程委託規劃設計及監造技術服務基地地質鑽探及分析報告」。
- 何政道、陳水龍、葉家佑 (2014)，「地中壁與扶壁設置之效益探析」，*土工技術*，第142期，第69~78頁。
- 宗邁建築師事務所及RUR Architecture P.C (2010)，「北部流行音樂中心競圖報告」，台北市文化局。
- 謝旭昇、呂芳熾 (1999)，「淺論扶壁式連續壁之分析與設計」，*土工技術*，第76期，第39~50頁。
- Murray, T. M. (1997). "Floor Vibration due to Human Activity", Steel Design Guide Series 11, American Institute of Steel Construction, USA, 37-40.