

公共集會型建築設備更新之空間分析與 定量模擬設計

鄭政利 李孟杰

國立台灣科技大學建築系

(收件日期:89年01月24日；接受日期:89年06月29日)

摘要

本研究係以與多數人有密切關係的公共集會型建築為對象，主要目的在於針對一般建築師或設計者比較不容易掌握的設備內容，加以整理及系統化，以提供設計者在規劃階段能迅速整合決策之參考。論文內容延續上報「公共集會型建築設備更新及空間規劃案例研究」內容，主要完成了設備更新定性的評估系統，著重的範圍在於設備性能的診斷與評估，關於設備的使用需求與更新空間量方面之定量探討比較缺乏，因此本論文針對定量課題進行評估與分析，進一步進行更新的定量模擬設計。利用電腦模擬計算程式之運算，檢討既有設備更新設計之可行方法，並針對設備系統中之主要設備來進行使用量與設備空間的探討，以提供日後更新設計的決策依循。針對公共集會型建築之更新設計與規劃需要，本論文嘗試建立各設備系統的需求量與空間量之定量模擬評估模式，並以既有案例進行比較分析與驗證其可行性。利用電腦工具之運算能力及方便之操作性能，本論文所提出之設備需求定量模擬評估模式，可以提供建築師及設計工程師更迅速、更便利之更新設計評估依據。透過模擬評估工具之計算與現況調查資料之比較分析，國內既有公共集會型建築之設備系統，空調設備系統有普遍過量設計之情況，而電氣設備及衛生設備器具之需求量及空間量則反而普遍不足。未來本研究擬繼續加強電腦輔助設備更新設計之應用研究，探討實質設備問題及整合空間規劃等設計工作提供直接之幫助並導入實際之應用。

關鍵字：更新設計、建築設備、空調設備、電氣設備、給排水設備、定量模擬

一、概論

1-1 研究背景與目的

在都市建築環境中，有許多公共集會型建築存在已久之案例，由於其供公眾使用之特性，在安全性、使用品質、功能效率等方面，必然會受到法令規範、社會群眾較嚴苛的監督與評估。因此，對於時代的進步變化反應也較為敏銳，相關單位在預算經費允許之下，經常必須進行汰舊換新，充實設備機能來滿足公眾使用之需求。這類型之建築物，過去存在最多的地方是學校

或公家機關如台糖、臺肥等公營機構內，一般稱之為禮堂者最多。本研究係以與多數人有密切關係的公共集會型建築為對象，主要目的在於針對一般建築師或設計者比較不容易掌握的設備內容，加以整理及系統化，以提供設計者在規劃階段能迅速整合決策之參考。本論文延續上一報「公共集會型建築設備更新及空間規劃案例研究」內容，上一報論文主要完成了設備更新定性的評估系統之建立[1]，著重的範圍在於設備性能的定性診斷與評估，關於設備的使用需求與更新空間量方面之定量探討比較缺乏，因此本論文針對既有公共集會型建築設備系統定量課題進行評估與分析，進一步操作更新的定量模擬設計。同時利用電腦工具撰寫模擬計算之運算程式，檢討既有案例之設備現況及更新設計之可行方法，並針對設備系統中之主要設備來進行使用量與設備空間的探討，以提供日後更新設計的決策依循。

1-2 研究範圍界定與相關文獻回顧

國內公共集會型態之建築種類甚多，舉凡：禮堂、講堂、劇場、劇院、歌廳、電影院、音樂廳、多用途廳以及體育館等均屬之，加上隨著時代需求的不同，各個年代都有其不同特徵或型態之公共集會型建築。例如台灣早期普遍存在於各鄉鎮的禮堂，如今已經大多被各地的文化中心所取代，過去戲院、電影院的型態也與現在大不相同，逐一列舉所有公共集會型建築，歸納其共通特性與設計通則並不容易，而本研究之主要探討課題重點也不在此；因此，本研究將分階段來進行，上一報論文為第一階段之成果，以現況案例的調查與整理，來檢討建築設備更新所面臨的問題，並以系統化之分類整理來提供檢討與評估參考。同時也確立本論文擬建立量化簡易評估指標，與加入電腦輔助定量分析及模擬設計操作之方向。

在公共集會型建築設備系統評估診斷之研究方面，國內本計畫資料之整理與論述在上一報論文中已有針對相關文獻整理，本論文延續相同研究之脈絡，僅就上一報論文之內容概要回顧說明，相同之文獻回顧在此不擬重複敘述。上一報論文主要目的在於針對一般建築師或設計者比較不容易掌握的設備內容，加以整理及系統化，著重於設備系統性能的定性診斷與評估，以提供設計者在規劃階段能迅速整合決策之參考。同時從既有之建築設備系統內容，檢討建築更新時所面臨之問題，並以實際既有案例之操作過程，闡明建築設備更新設計及空間規劃之要點。在研究內容上，首先對既有建築物的現有設備內容，以空調設備、電氣設備、給排水設備三個主要設備系統項目進行調查，整理並釐清個別設備與建築整體之問題所在，並進行個別分析與整體評估。針對公共集會型建築設備更新與空間規劃課題，選定 19 件既有案例，進行現場調查與相關檢討分析，在公共集會型建築更新設計作業中，透過案例的分析檢討與建築設備內容的重點簡化，提供一個明確的案例操作過程與設計方法建議。在實態現況調查方面，選取之調查對象興建年代從 1911 年到 1990 年間，共 19 件案例，分別是台南祀教館、台北師大禮堂、新竹國民戲院、台南成人格致堂、屏東糖廠禮堂、屏東糖廠簡報室，以及台北橋光堂等。透過實際既有案例的調查與分析結果，藉由其中兩件較完整之集會型建築更新案例（國立師範大學禮堂及新竹國民戲院）為說明對象，以主要更新計畫的程序及形式來說明，同時以該案例更新前後之設計圖說或現場照片進行比較分析，並藉由個案檢討來論述公共集會型建築之設備更新設計共通特性，以作為未來建築設備更新設計對策之參考。從研究成果上，我們發現國內既有公共集會型建築普遍面臨設備心負更新，否則便無法使用之現況，而且從已經陸續更新過的案例中，可以看出設備部分的更新設計，建築師一直缺乏合理之定量評估依據與設計決策參考，這也是本論文將繼續探討之課題與目的。

置空間，經常需要依據台電公司的營業規則及受電方式相關規定作為裝設基準，本論文以其相關規定來作為評估依據，並輔以文獻之推薦基準。

3. 衛生設備系統

衛生器具設備的設置量有法令規定，本論文基本上根據建築技術規則設備篇之規定做為計算基準。本採用量化的數據來作評估，透過電腦輔助模擬方式來檢討設備增設的可行性。所提出的設計方法，是從現況使用、需求量評估判別更新或增設，進而檢討空間的規劃設計方法，採用定性的方式來評估設備的堪用程度，加上定量的方式，將所需更新的使用量明確求得，以利更新之運作。

設備更新所需要考量因素可分為使用性能、堪用程度、設備空間、施工維護性、使用管理性與更新介面等，但由於以往對設備更新需求多半是使用定性的評估法來作探討，只能確切的將問題點指出並提出改善方式，卻無法適當的將所需調整或更新之設備需求量明確提出，因此，對於設備更新的議題以原則性之評估為主要探討方式。本研究藉由相關法令與文獻推薦，透過對現況設置量的評估，進而歸納出目前公共集會型建築所欠缺不足的設備項目，以定量原則來發展並探討設備更新的方式，整體架構如圖 3 所示。

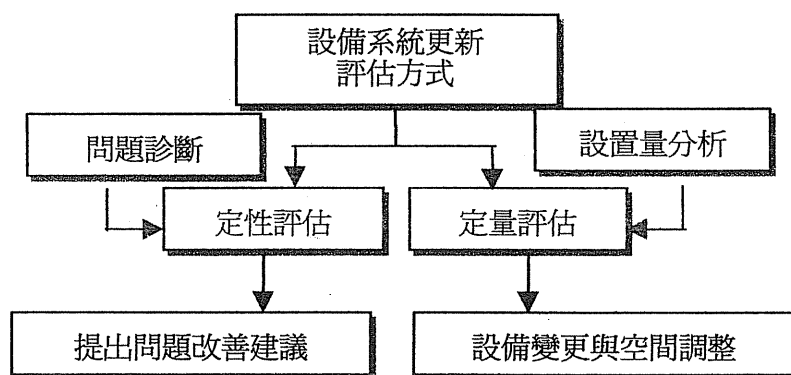


圖 3 設備更新設計評估方式

建築規劃設計中更新設備時，由於設備機器的型式、數量與連接管路等各有不同，需在原有建築物內或外重新進行空間規劃，空間範圍也就成了另一項需要定量評估的項目。當設備量與空間量都有適當的評估值後，需再檢討設備位置與管線路徑是否會對建築物有所影響，於更新施作前需再模擬更新後的情況，以確定更新設計方式是否良好，更能將設置上的缺失加以修正與調整，由於目前的電腦輔助模擬工具運算能力強且操作相當便利，故本研究將嘗試導入電腦工具之應用進行模擬操作，以期能夠獲得更完整的更新設計方式，本論文所提之既有公共集會型建築設備更新設計方法概念如圖 4 所示。因此，本論文在設備更新方法的概念上，主要有兩部分之重點，一為設備系統需求量及空間量之量化模式建立，檢討既有設備之增設或更新及空間量之評估依據。其次，則為導入電腦工具的運算應用與操作模擬評估，以檢視更新設計之定量需求並提高更新設計之評估準確性。

2-2 既有設備更新設計評估體系建立

依據上述之既有設備系統更新設計方法概念，本研究將採用量化的數據來進行評估，並透過電腦工具以輔助模擬方式來檢討設備增設的可行性。在建立定量模擬評估模式之內容依據，

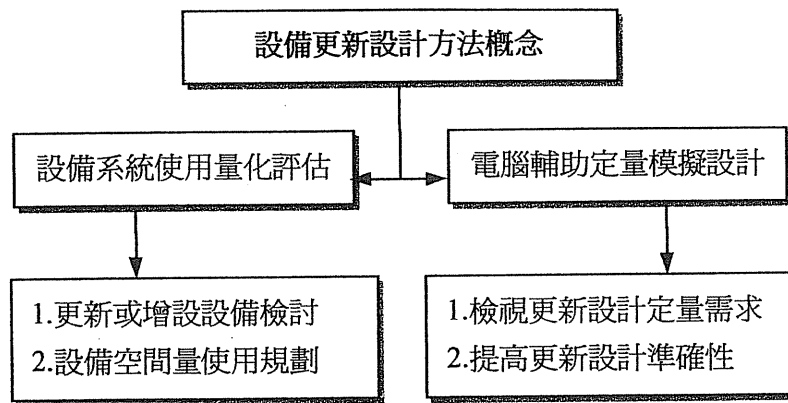


圖 4 設備更新設計方法概念

主要已基本需求的滿足為基礎，依據法令規定檢討並輔以文獻推薦基準為評估依據，同時從現況使用、需求量評估，進而檢討空間的規劃，包括步行距離、管線配置、機具維修與搬運等，整體之評估體系包括上一報論文之定性評估系統，檢討既有設備系統的堪用程度及現況問題，加上本論文建立之定量評估系統，將既有公共集會型建築設備系統之更新需求及空間需求定量分析評估明確求得，以利更新規劃設計之決策與工作進行。整體既有公共集會型建築設備系統之更新設計評估體系及主要工作項目進行流程如圖 5 所示。

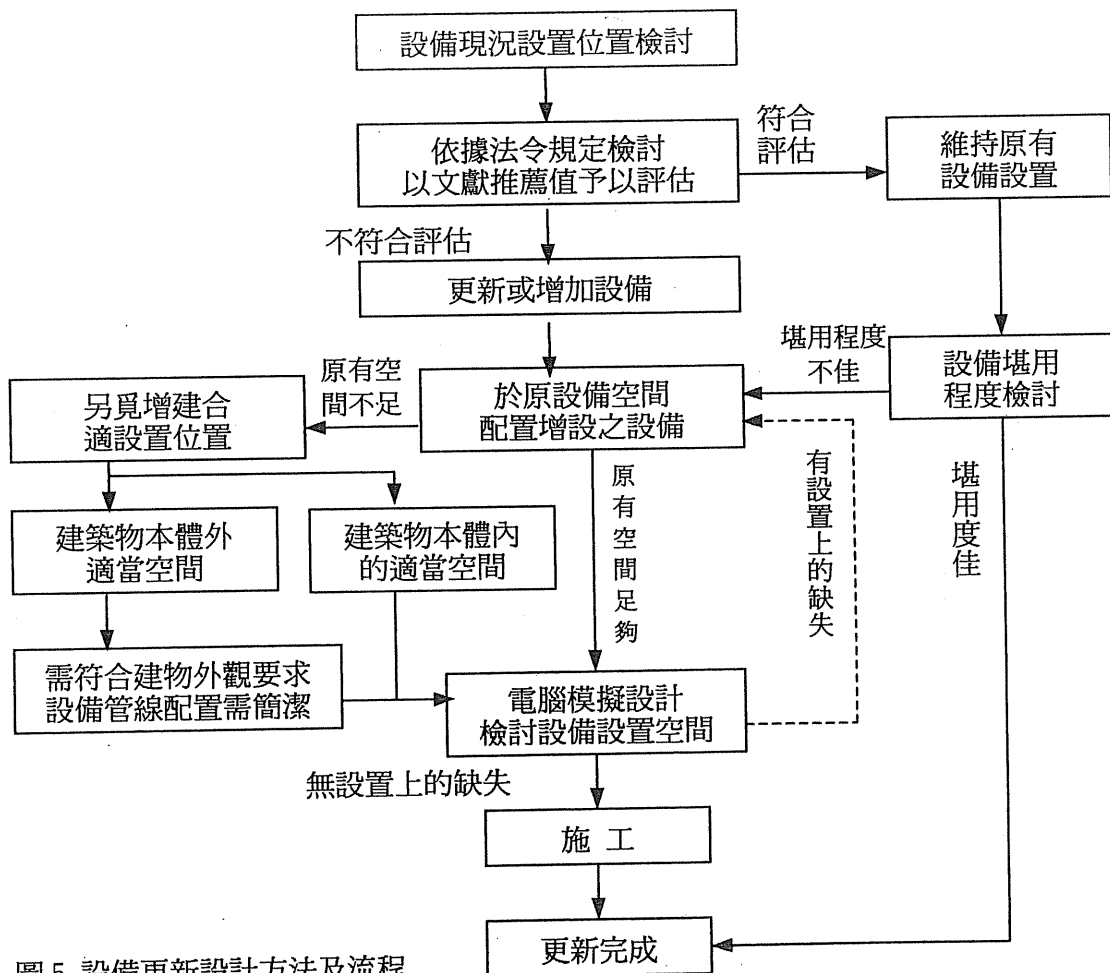


圖 5 設備更新設計方法及流程

三、設備現況調查及空間機能需求定量分析

本研究延續上一階段之調查，以現有的公共集會型建築為主要對象，為了在相同使用機能的基本需求上，將使用機能限定於有舞台的固定客席表演場所作定量調查。把設備系統概略分為冷凍空調設備系統、電氣設備系統及衛生設備系統，將影響最大的主要設備使用量提出以作為更新評估的依據。選取之調查對象興建年代從 1911 年到 1990 年間，共 19 件案例，分別是台南孔教館、台北師大禮堂、新竹國民戲院、台南成人格致堂、屏東糖廠禮堂、屏東糖廠簡報室，以及台北橋光堂等既有之公共集會型建築。

3-1 調查問題歸納與需求分析

本研究之調查工作係針對各設備系統之設置現況進行現場的量測與問題整理，利用量化的評估方式，釐清該既有公共集會型建築設備的使用現況、使用需求與設備空間之使用尺寸與相關行為，調查的範圍與項目整理如表 1。基本上調查方法以現地勘查、圖面整理、尺寸量測、數量計算、設備設置位置記錄，以及使用現況問題瞭解為主，將收集到的基本資料以量化的方式評估整理。

表 1 設備調查項目表

設備系統名稱	調查設備	調查項目	
		設備使用量	設備空間量
冷凍空調設備	空調機組	冷凍噸 (USRT)	冷凍機房
電氣設備	受、變電機組	受 (變) 電量	電氣機房
衛生設備	衛生設備器具	衛生器具數	男、女廁所

[本研究整理]

■ 冷凍空調設備系統

1. 問題歸納：

早期的公共集會型建築於建設之初，基於建築物的建造經費、使用目的與當時之時代背景等因素，許多早期的傳統公共集會型建築幾乎沒有冷凍空調系統的設置。後期的公共集會型建築或經更新過之案例逐漸導入空調設備，但初期有冷凍能力不符需求之問題，通常是在規劃設計之初，因為建築經費、設計者觀念、業主要求、欠缺考慮建築未來的發展性考慮，因此，在設計時以滿足的供應量甚至較小的量為設計基準，造成冷凍能力不符需求的現象。近期的公共集會型建築及經過更新之案例則反而出現過量之設計。

2. 需求分析：

既有的公共集會型建築大多需要重新估算建築物內之冷凍能力需求值，再與建議值比較後取較大者，依此決定冷凍能力增設冷凍機組，但需考量原有設備空間作不同型式的增置，以及出、回風口之需求裝設送、回風管。

■ 電氣設備系統

1. 問題歸納：

早期的公共集會型建築於設計之初，由於設備使用量少，造成設計的設備容量低，但隨

著時代的進步，用電設備逐漸增加，加上冷凍空調機組的增設，使得早期的公共集會型建築供電量往往不敷使用，造成設備使用受到限制。一般公共集會型建築在設計之初，多半計算其內所有的用電設備總容量來考量所需受電量，但由於時代需求成長、新銳設備的增設或更換，造成用電設備容量增加，輸電設備負荷過量而造成供電不穩的情況，致使許多設備因而降低使用壽命甚至損壞。

2. 需求分析：

設備更新檢討評估時除了需將所有用電設備納入考量之外，也進行用電設備容量評估時，亦需將未來可能再增設擴充之設備容量預留供電量，且進一步考量與台電方面的契約容量值，契約容量值會直接影響日後的設備裝設費用及每月的電價支付，多方考量評估取其適合的平衡點，是在設備更新設計時須注意的地方。

■ 衛生設備系統

1. 問題歸納：

根據現況調查有許多公共集會型建築，由於對衛生器具的設置數量並未加以重視與正確規劃設計，造成器具量嚴重不足或過多的情況，而以不足量的情況較為多數，尤其是女廁的馬桶數量。在進行更新設計時，必需將設備量正確評估計算，以滿足使用機能的需求。

2. 需求分析：

許多的公共集會型建築所設置的衛生器具數，無法滿足使用人數之需求，增設衛生器具數量必須考慮基本需求與方便舒適要求，依照國內建築技術規則設備篇中的規定來加以設置，至少可以滿足基本需求方面之要求。

3-2 建築設備機能需求量分析

本節將針對建築設備機能需求，進行現況值與法令值比較，設備量在相關法令中無明確規定者，採採用推薦值來進行比較，以獲得既有公共集會型建築於更新設計時，建築設備所需更新設置之依據。

1. 空調設備系統需求

公共集會型建築的空間使用特點在於主體空間容量大、收容人數多，而且為了室內演藝機能需求及光線調控要求，完全之自然通風採光設計非常困難，因此為了維持室內空間良好溫濕條件環境與清新空氣更換，往往必須加強設置空調設備系統，決定空調設備系統是否能夠提供舒適的環境，空調系統的冷凍能力是為非常重要的因素。公共集會型建築的空間型式有其獨特性，可分為主要空間與附屬空間（前報論文[1]有定義）[1]，而在此建築型式中，空調系統的能力是針對主要空間需求來進行檢討，即以主要空間內的舞台區與座席區來作冷凍能力的計算設計考量。目前建築技術規則設備篇中並未對冷凍空調能力作相關規定，因此必須尋求其他參考推薦值來檢討評估依據，雖然有許多專家學者提出運用各種指標來評估適當的空調系統冷凍能力，但由於各類建築的環境條件不同，不容易歸納絕對精確的評估指標，本論文經過多方比較後採用比較廣泛的概估方式，作為使用需求量的量化評估依據。

根據既有文獻[12]針對公共集會型建築設備所需要的空調負荷能力計算依據，本論文大致整理了適當的推薦概算值，並將其下限值稱之為低評估值，而上限值則稱之為高評估值。由於此推薦概算值是將舞台區與座席區分開計算，首先必須先計算並檢討既有案例的舞台區與座席區之比率，以方便進行後續之評估工作。針對舞台區與主要空間的比例關係，如圖

6 所示，1970 年之前舞台佔主要空間的比率大約是 10% ~ 20%，而 1970 年之後的比率大約是 20% ~ 40%，從舞台的規模中可以看出年代的差異性，因此所採用評估的依據也就根據調查案例較集中的 20%與 30%來當作評估的指標，基本上舞台佔主要空間的比率愈低，因為客席區的空間量較大，所需的冷能力需求愈高。在此現況資料中，不包含未設置冷凍空調設備系統的案例。

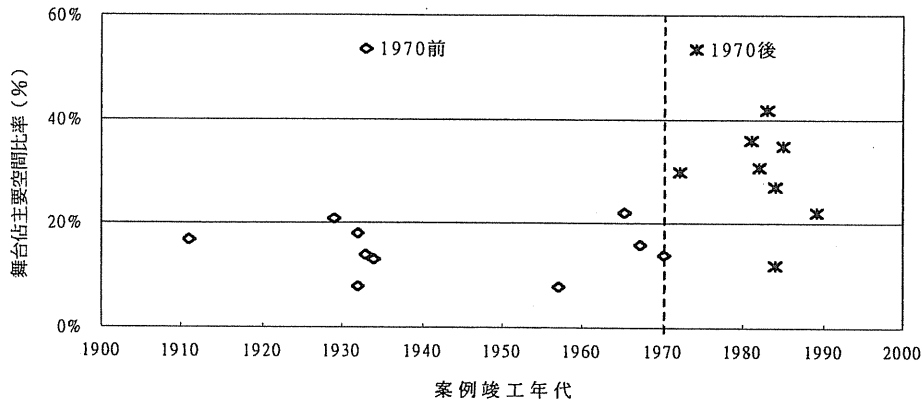


圖 6 既有案例之舞台區占主要空間的比例關係

根據冷氣負載概算值，可以歸納出低評估值與高評估值的計算公式（詳表 2），以舞台與座位席所需的冷氣負載，分別乘上舞台與座位席面積，整理其關係如圖 7 所示。在本次調查中，以舞台佔主要空間 20%左右之既有案例檢討，現況冷凍能力大多是介於評估值的範圍內或是略為超過，而圖中的空心點則為舞台未滿 10%的案例，大致上也是符合建議評估基準值。

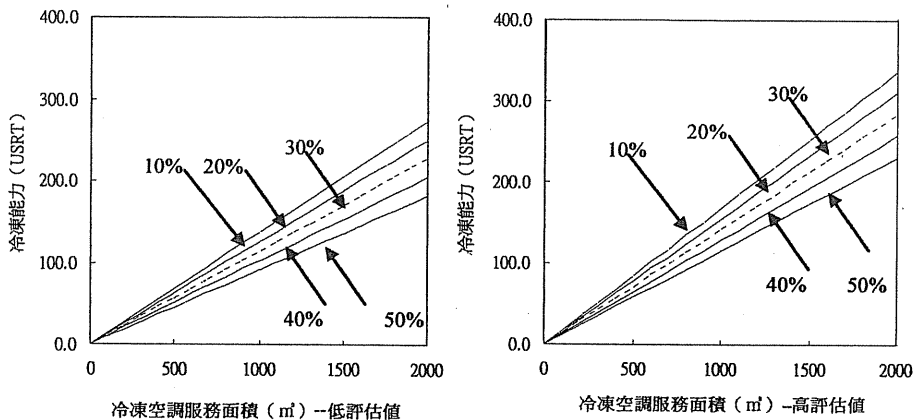


圖 7 舞台佔主要空間比例之冷凍能力評估基準圖

1970 年代以前的公共集會型建築大多屬於學校或特殊機關所有，空調冷凍能力大約設置在堪用程度，較不會發生超量設置的情況，而圖中的台南社教館是唯一未達設置基準的調查案例，原因為建築物已從原來的集會用途改為展覽用途所致。而台北中山堂在 60 年代，主要是舉辦國慶典禮的場所，維護使用的經費充裕，對於冷凍空調設備的設置上，其設定的空調需求能力較高。

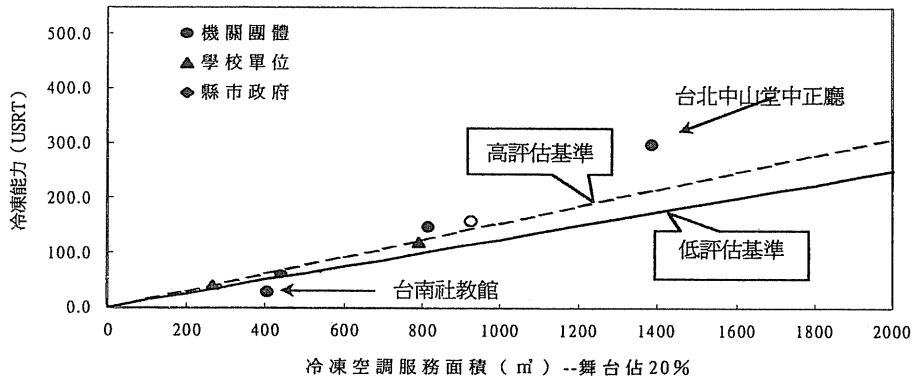


圖 8 舞台佔主要空間 20%之現況冷凍能力評估圖

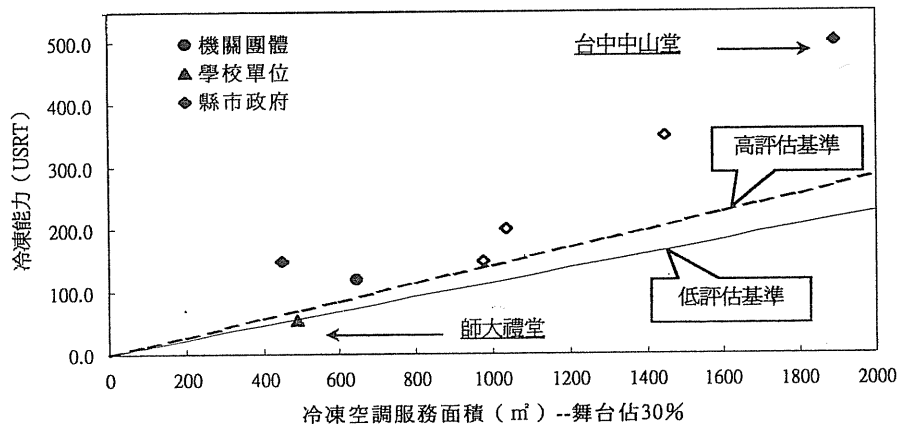


圖 9 舞台佔主要空間 30%之現況冷凍能力評估圖

圖 9 係以舞台佔主要空間 30%左右之既有案例檢討，如圖所示當舞台佔主要空間 30%左右之既有案例，冷凍能力大多超過評估基準值的範圍，而圖中的空心點則為舞台超過 30%的案例。1970 年代之後建築設備的設置逐漸受到重視，在經費充裕的情況下所建築的文化中心，其設備的使用設置情形與 1970 年代之前的集會型建築有顯著的差異性，為了達到更高的要求，並沒有考慮或重視節能的觀念，過量設計的冷凍空調設備系統也就大量的出現。依據問卷評估與現場量測的結果 [7]，台中中山堂空調系統使用中過冷的情況嚴重，即為冷凍空調設備設置過量所導致之結果。另外，師大禮堂之冷凍空調設備於民國 81 年時，更換成現在所調查的結果，但是與更新設計的建築師訪談過後，得知當時在更新設計時，冷凍空調設備的設置是以整體的考量為主（即當時現況與經費的使用），因此在設置上僅以滿足需求為原則，並無過度設置的情況發生，因此以建議評估值來看其設置值略低。若將橫座標的冷凍空調服務面積改為同是顯示規模的座席人數，則可以看出既有 15 件案例之現況空調冷凍能力與座席規模的族群關係，如圖 10 所示。

根據上述檢討及圖 10 的分佈結果顯示，座席規模 500 人以內，空調系統冷凍能力在 100RT 以下的案例較為合乎推薦概算值外，其他案例所使用的冷凍能力多大於推薦基準值，現況設計者大都採取放大的安全係數來設計空調冷凍能力，為明顯之趨勢。

2. 電氣設備系統需求

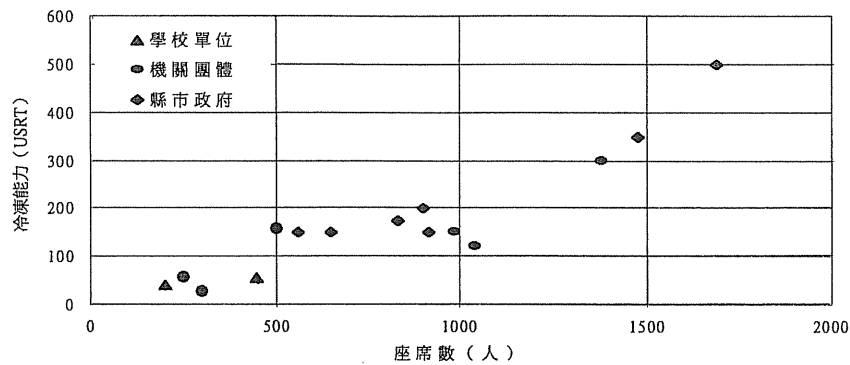


圖 10 冷凍能力與座席規模關係圖

電氣設備所包含的項目非常繁多，本論文係針對電氣設備系統中受（變）電量來進行探討，整理更新設計時電氣設備需求之評估基準值。台灣目前受電方式，分為高壓受電（3.3KV 以上）與低壓受電（380V 以下），高壓受電除了本身受電設備外，尚須增設變電設備以符合用電設備的需求，若採用低壓受電者，僅需使用受電設備與配電設備將電壓作適當的調配，即可供給用電設備使用。目前公共集會型建築接受台電所供應的電壓大致上以總用電的設備容量大小來決定，早期的公共集會型建築由於用電設備少且用電性質單純，耗電需求也較低，多半是採低壓受電的方式；而較新的公共集會型建築，由於用電設備數量多且耗電量也逐漸增大，因此是採用高電壓受電方式，除了符合台電的規定外，更能減少在輸電過程中因電阻阻抗所產生的能源損耗接受到較為穩定的電壓，所以近年來所興建的公共集會型建築已偏向於採用高電壓之受電方式。一般而言，建築物內所需設備容量需要統計所有的設備耗電容量，但由於每個建築物在設計時有其不同的需求，所以參考過去的施工案例，可以推算公共集會型建物所需的設備容量。依據理論公式（詳表 2）對本既有案例來進行計算，結果整理如圖 11。如圖所示，既有的公共集會型建築大多經過電機技師之計算設計，以建築樓地板面積為基準大致符合相關電氣法規及台電營業規則之要求而設置，低壓受電採 220V 以上的受電方式，而高壓受電採 11.4KV 以上的受電方式。

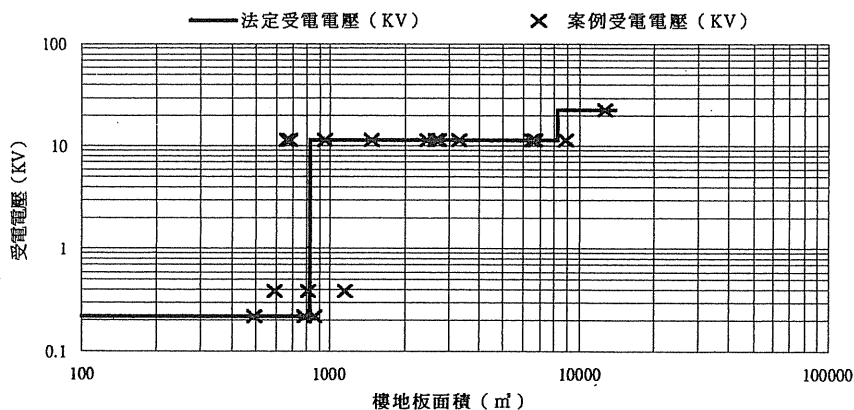


圖 11 既有案例設置值與法定基準值之受電電壓比較圖

3. 衛生設備系統需求量

就公共集會型建築的使用特性而言，主要的衛生設備系統主要為建築物內廁所的

衛生器具，建築技術規則 87 年修訂設備篇中對於衛生設備器具的數量，依照不同建築的使用類型與男女性別的差異有其設置數量的規定，本論文整理如圖 12 所示。根據最近之相關研究文獻，針對不同性別衛生器具的設置，其需求亦有不同，就目前的法令規定而言，以男女性上廁所時間為 1:2 來界定其設置數量[13]，因此男性之馬桶（大便器）數量會小於女性之數量，其比例大約是 1:2，而洗面盆則男女廁需要設置的數量皆相同，但有小便器方面則只有男性廁所有設置，因此對於所需要的廁所空間，男性、女性亦應有差別。早期的公共衛生設備系統之設計方式，都是將不同性別的廁所設計成相同的尺寸，因此造成許多的使用不方便問題發生，尤其是女性廁所衛生器具設置數量不足，造成大排長龍的情況最為大眾所詬病。

根據現況調查，男女廁所之馬桶個數與法規基準之比較結果，如圖 13 所示。由圖中可以看出 16 件既有案例中，女廁馬桶的設置量僅有 5 件大致符合法規基準要求，有明顯不足的情況，主要也是根據舊法令規定或缺乏正確考慮所設計之結果，新法令規定女廁所需的馬桶數量是男廁的 2 倍，因此女廁的馬桶設置會較不足。

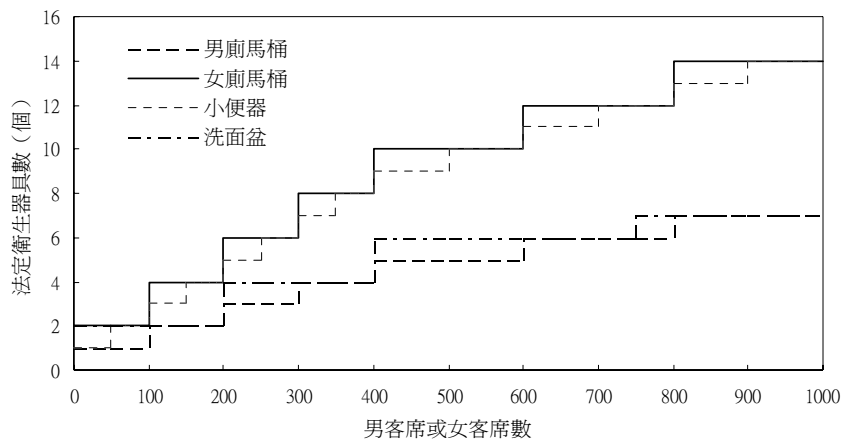


圖 12 法令規定衛生器具數

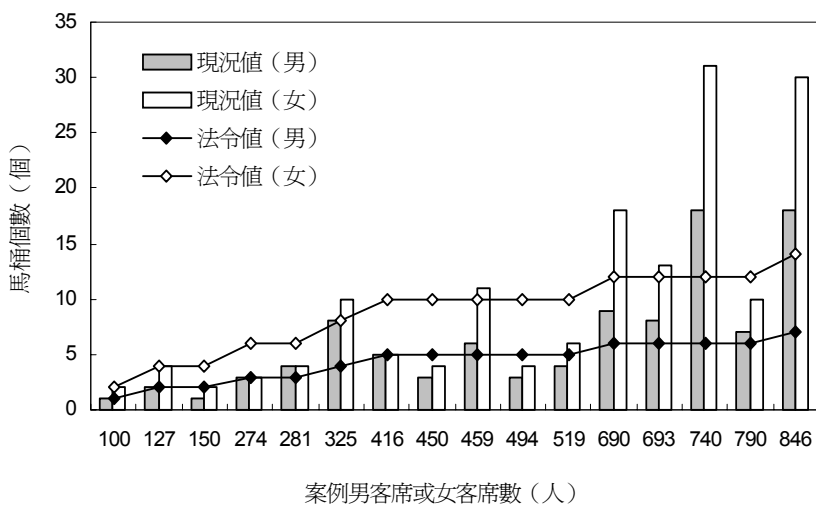


圖 13 案例馬桶設置現況與法令相較圖

小便器主要是設置於男廁的衛生器具，既有案例調查結果如圖 14 所示，男廁中的小便器設置數量有普遍不足的情況，尤其是 600 人以下規模的公共集會型建築，依據舊法令設計比較不受到重視之結果相當明顯。既有公共集會型建築案例在進行設備更新設計評估時，大多必須增設小便器之個數以滿足法規之基本需求。另外，洗面盆為男、女廁所中必須具備的重要衛生器具之一，目前無論男、女廁所於建築法令中所規定的數量皆相同，但是就使用行為及便利性而言，女廁所之洗面盆數量應該有比男廁所較多之考慮。圖 15 為既有案例洗面盆個數之分佈情況與法規基準值比較，顯示既有案例設置的現況，大多根據舊法令的規定設計，呈現設置量普遍不足的情況。

根據既有案例之調查及比較分析，既有公共集會型建築之衛生器具的設置量普遍未達現行法令規定。本論文根據新法令規定進行整理並換算成可以評估之計算公式，以方便計算評估既有公共集會型建築設備系統更新設計時所需之衛生器具數。

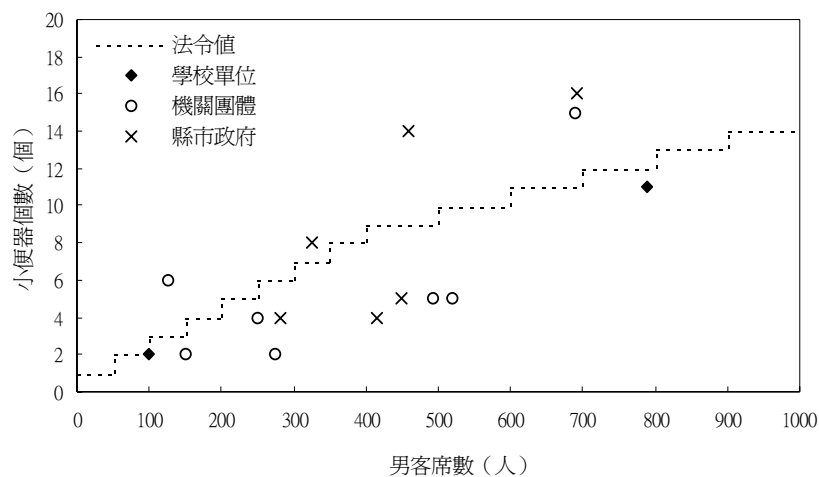


圖 14 既有案例小便器設置現況與法令比較圖

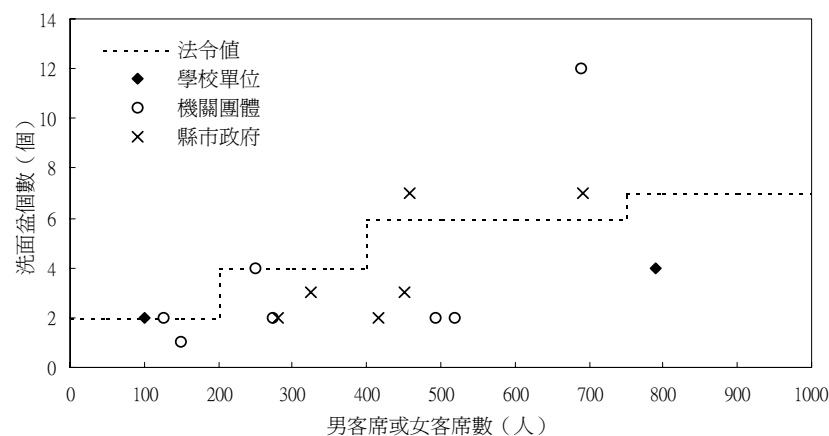


圖 15 既有案例洗面盆設置情況與法令比較圖

四、設備更新需求量化與模擬

本論文綜合上述設備更新需求與設備更新空間量評估基準及現況比較結果，大致將各主要設備系統之需求與空間量進行量化計算模式，作為設備系統更新設計之評估及檢討依據。此模式之操作，將有助於提供建築師或設計工程師在規劃階段，能獲取大致精確之量化依據，以便進行迅速整合決策之參考。

4-1 設備系統更新設計量化評估模式

本論文所建立之量化計算模式基準內容主要係依據基本需求之考慮，故法規所定之基準為主要參考，法規未有規定者係以文獻之建議基準為參考。針對各主要設備系統的更新需求與空間需求公式化計算模式，整理如表 2 所示。同時，本研究採用 Microsoft Visual Basic 6.0 中文版，將計算式撰寫成方便執行的程式，僅需輸入集會型建築的四個基本資料如圖 16 之執行流程，即可算出所需的設備設置量及空間需求。基本資料之輸入如圖 17 之畫面所示，圖中的資料係以節大禮堂之設備更新需求模擬計算為例，計算之結果呈現如圖 18 之畫面所示。然後再依照算出的數值結果，來進行設備系統更新設計的評估與檢討。

4-2 電腦輔助量化程式之操作流程

上述之計算評估模式，基本上係根據法規及相關文獻之基本需求，所整理之簡化計算模式，以一般習於於數理計算之工程師而言則屬粗略。但是，對於建築師或空間設計工程師而言，在初步規劃設計階段，需要的將是更迅速、更方便之操作模式，而此也是本研究重要目的之一。基於此目的，利用電腦工具之計算能力及其方便之操作性能，將可更進一步達成目標。電腦輔助量化程式之撰寫，基本上係根據表 2 之計算公式，編寫合理之計算流程而完成，圖 16 所示即為程式執行流程圖。根據程式之運算流程，建築師或工程師僅需輸入四項主要基本資料，即可獲得設備更新基本需求及空間量之評估檢討量化依據，如圖 17 及圖 18 所示畫面，係為以節大禮堂案例之操作，包括資料輸入即計算結果顯示。

4-3 模擬計算結果與案例現況值比較

為了驗證上述設備更新設計量化評估模式之可行性與實際操作結果，本節將所調查之既有案例基本資料輸入計算評估，並與各案例的既有現況值比較，同時也據以檢討既有案例之設備系統現況問題，模擬計算與現況比較結果，茲依各設備系統說明如下。

1. 空調系統之冷凍負荷能力與冷凍機組需求空間

模擬計算結果與現況值比較圖中之對角虛線，代表模擬計算結果與現況值吻合之情況。如圖 19 所示，不論以高評估值或低評估值計算，既有案例大多高於模擬計算結果，顯示既有案例空調系統之冷凍負荷能力大致符合而且有偏高之傾向。換句話說，設計者計算冷凍能力時，大都採取放大的安全係數過量設計之趨勢。

空調設備冷凍機組空間量評估方面，隨著主機數的不同所需的機組空間亦不同，如圖 20 可看出既有案例中 2 部主機的機組空間較與現況符合，而一部主機的機組空間皆較小於計算值，至於擁有 3 部主機的案例，因為第三部皆是備用主機且另有個別空間的設置，因此空間機組容空間規劃有偏高之傾向。

表 2 各設備系統需水量與空間量之評估建議值

所需評估之具體建築基本資料		
1. 總樓地板面積 ----- Fa 2. 舞台區樓地板面積 ----- Sa 3. 座席區樓地板面積 ----- Ca 4. 全部容納客席數 ----- M		
設備名稱	需水量別	設備系統量估建議公式或建議值
冷凍空調設備系統	設置需水	$DRT = (100 \times Sa + 450 \times Ca) \div 3024$ $URT = (150 \times Sa + 550 \times Ca) \div 3024$
	空間需水	一 部： $DMA = 0.045 \times DRT + 42.3$ / $UMA = 0.045 \times URT + 42.3$ 二 部： $DMA = 0.058 \times DRT \div 2 + 65.6$ / $UMA = 0.058 \times URT \div 2 + 65.6$ 三 部： $DMA = 0.071 \times DRT \div 3 + 88.9$ / $UMA = 0.071 \times URT \div 3 + 88.9$
	注意事項	1. 依照空間之大小、建築裝修材料調整所需冷凍噸(RT) (參考文獻 12) 2. 冷凍主機、空調箱與冷却塔設置位置應避免隔離 3. 噪音的空間風管的設置尺寸依場所之不同，考量其不同的斷面積與設置型式
電氣設備系統	設置需水	$E = B \times F_p \div 0.7 \div 1000$
	空間需水	$CEA = 0.98 \times E^{0.7}$
	注意事項	1. 選擇受電之方式，需將全部用電設備容量計算後決定 (參考文獻 13) 2. 配電室之設置型式，需視設備需要選擇
衛生設備系統	設置需水	<ul style="list-style-type: none"> ■ 男廁馬桶數 CTM 當 $X \leq 400$, $CTM = \lceil (X-1) \div 100 \rceil + 1$ 當 $X > 400$, $CTM = \lceil ((X-1) \div 100 - 4) \div 2 \rceil + 5$ ■ 女廁馬桶數 CTW 當 $X \leq 400$, $CTW = \lceil (X-1) \div 100 \rceil \times 2 + 1$ 當 $X > 400$, $CTW = \lceil ((X-1) \div 100 - 4) \div 2 \rceil \times 2 + 10$ ■ 男廁小便器數 PT 當 $X \leq 400$, $PT = \lceil (X-1) \div 50 \rceil + 1$ 當 $X > 400$, $PT = \lceil ((X-1) \div 50 - 5) \div 2 \rceil + 9$ ■ 洗面盆數 WT 當 $X \leq 400$, $WT = \lceil (X-1) \div 200 \rceil \times 2 + 2$ 當 $400 < X \leq 750$, $WT = 6$ 當 $X > 750$, $WT = \lceil (X-1) \div 300 - 2.5 \rceil + 7$
	空間需水	<ul style="list-style-type: none"> ■ 男廁所需面積 MTA 當 $X \leq 400$, $MTA = CTM \times 1.3 + PT \times 1.05 + WT \times 1.36$ 當 $400 < X \leq 750$, $MTA = CTM \times 1.3 + PT \times 1.05 + 8.16$ 當 $X > 750$, $MTA = CTM \times 1.3 + PT \times 1.05 + WT \times 1.36$ ■ 女廁所需面積 WTA 當 $X \leq 400$, $WTA = CTW \times 1.3 + WT \times 1.36$ 當 $400 < X \leq 750$, $WTA = CTW \times 1.3 + 8.16$ 當 $X > 750$, $WTA = CTW \times 1.3 + WT \times 1.36$
	注意事項	1. 供水的方式應視需水量的多寡來作決定 (參考文獻 14) 2. 給、排水管線的設置需注意到管徑、路徑與斜度考量
設備系統量估建議公式符號表		
空調設備系統：DRT = 冷凍能力 (USRT) ----- 低評估值 URT = 冷凍能力 (USRT) ----- 高評估值 DMA = 冷凍機組室所需面積 (m ²) ----- 低評估值而得 UMA = 冷凍機組室所需面積 (m ²) ----- 高評估值而得 電力設備系統：B = 全負荷 (W/m ²) E = 所需設計的契約 (受電) 容量 (KVA) CEA = 變電室面積 (m ²) 衛生設備系統：M = 全部容納客席數 (人) , X = M / 2 (人) [] = 高斯符號 --- 取比其數小的整數		

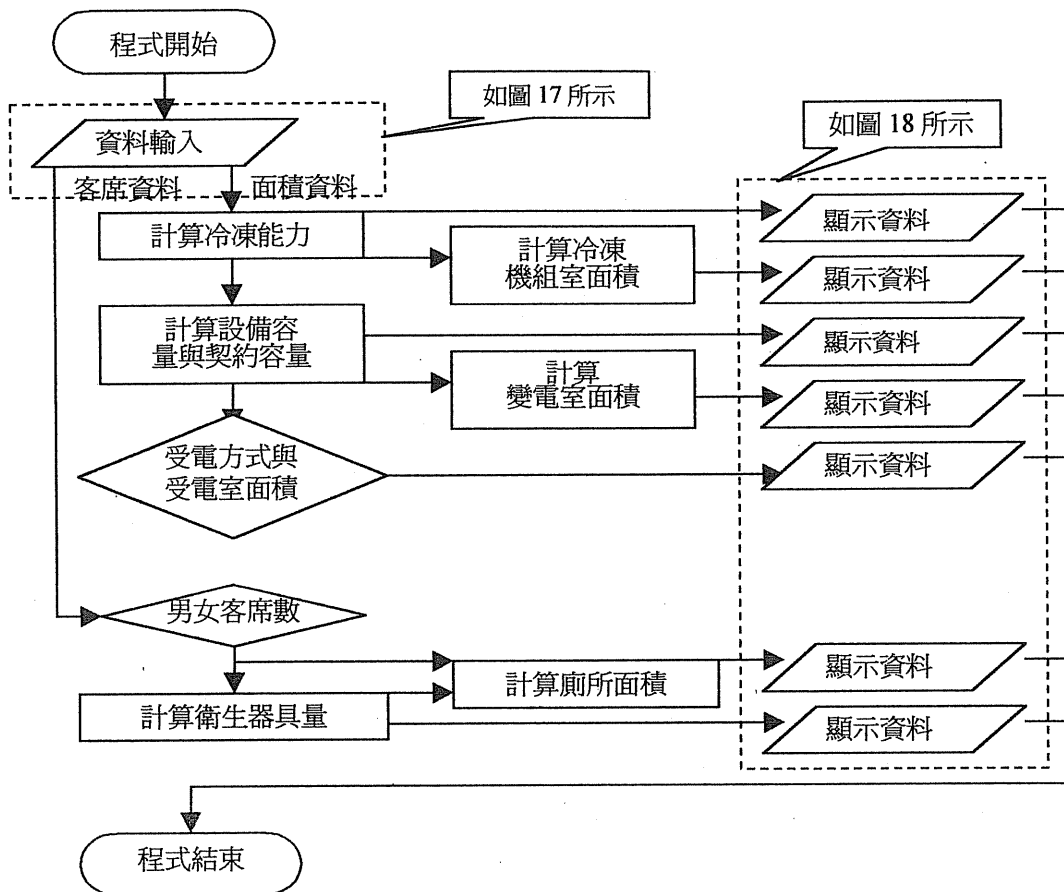


圖 16 程式執行流程圖

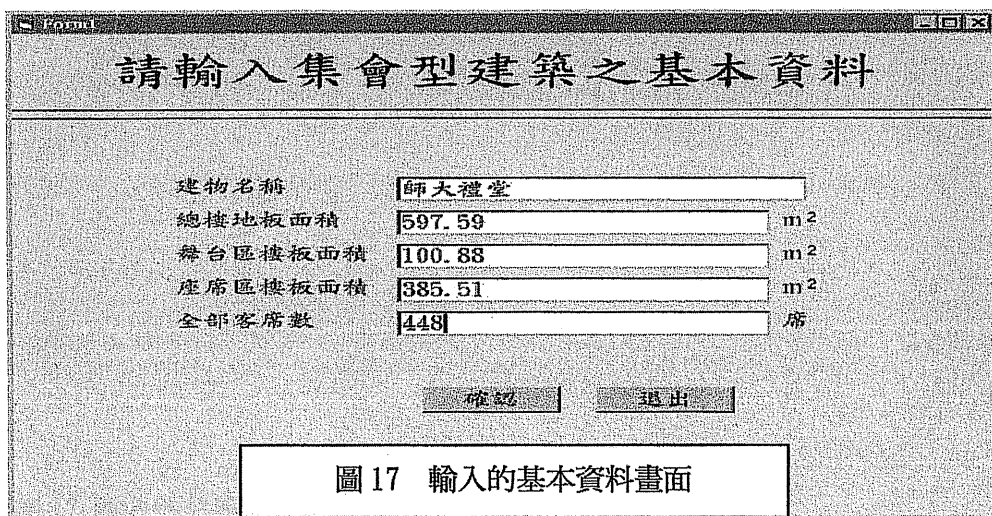


圖 17 輸入的基本資料畫面

2. 電氣設備系統之受電量與變電室空間

受電量主要受到設備容量的影響，傳統的用電容量較小，以採低壓受電為主，但隨著時代進步與需求的提高，大量的用電設備增設其中，改採高壓受電的方式較為合理與安全。如圖 21 所示，既有案例中多數在用電負荷逐漸提高下，仍採用低壓受電系統的情況，可能會

建物名稱 師大禮堂		
設備名稱	設備設置需求量	設備空間需求
冷凍空調設備系統	下標 60.7 USRT	空間量 45.03 m ²
	上標 75.11 USRT	空間量 45.67 m ²
電氣設備系統	設備容量 83 KW 契約容量 118 KVA 使用受電方式 三相三線式 3.3kv, 11.4kv, 22.8kv	受電室 20 m ² 變電室 27.64 m ²
	衛生設備系統	男廁馬桶 3 個 女廁馬桶 6 個 小便器 5 個 洗臉盆各 14 個 男廁空間 14.59 m ² 女廁空間 13.24 m ²

圖 18 顯示的所需設備更新設置量及空間量畫面

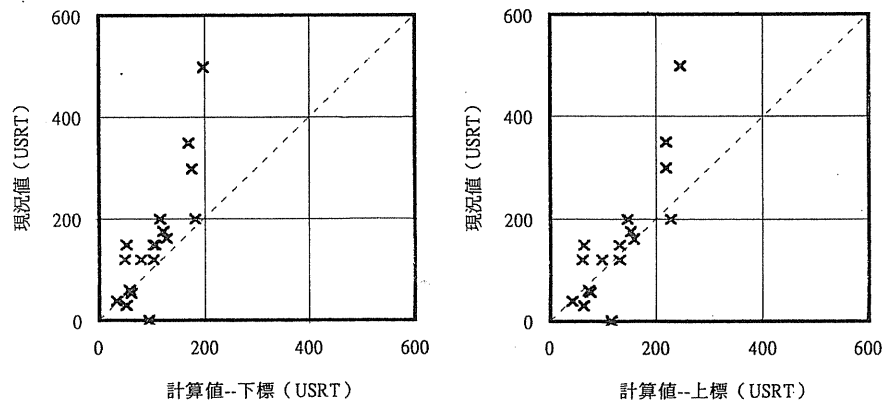


圖 19 冷凍能力現況值與計算值比對圖

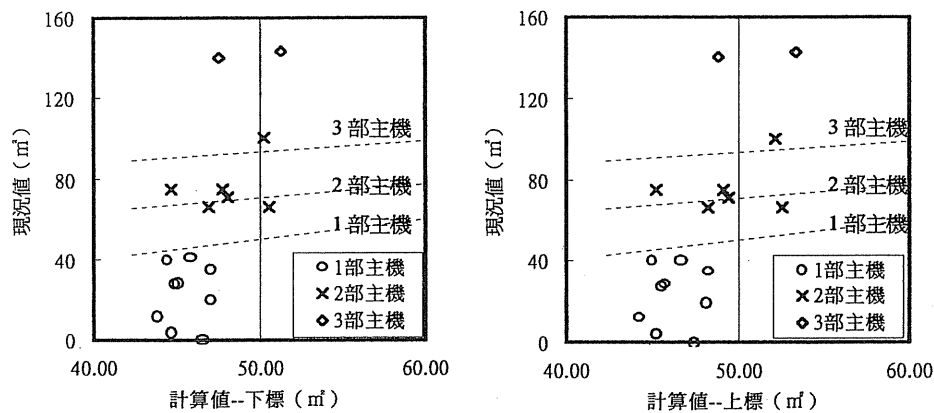


圖 20 冷凍機組室現況值與計算值比對圖

造成使用安全上的問題，因此建議改採高壓受電的方式。圖中的圈示範圍為變電室空間不足的案例，其中大多仍為低壓受電的方式。

3. 衛生設備系統之設備器具數量及空間量

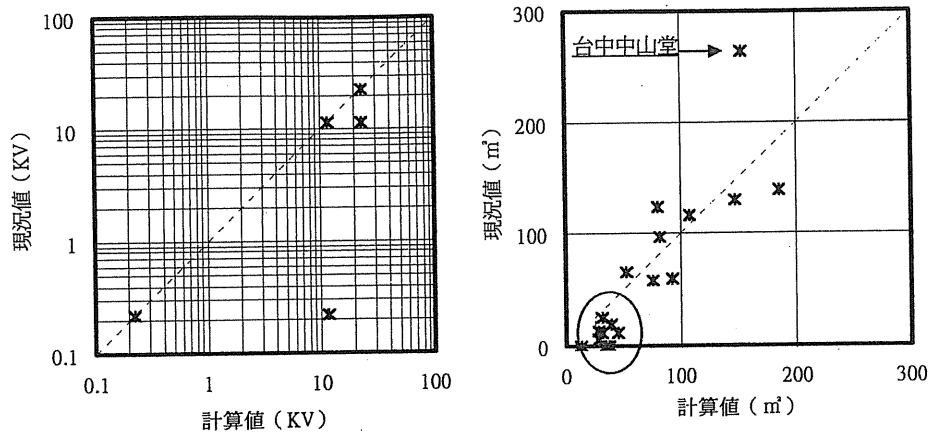


圖 21 受電量現況值與計算值比對圖

公共集會型建築之衛生設備系統之設備器具主要為男女廁所之馬桶、小便器及洗面盆。馬桶數量在女廁方面，因模擬計算模式採用新法規的修訂後之基準評估，如圖 22 所示，既有案例器具數量不足的情況十分明顯，大多為偏低之水準。調查案例中基本上男廁馬桶大約在 10 個以內，而女廁馬桶大約在 20 個以內，其中基隆市立文化中心的演藝廳為 4 樓至 8 樓，且每一層樓皆有廁所的設置，造成設置數量明顯偏高的情況，而台中中山堂每樓亦有廁所的設置，亦有設置數量明顯偏高的情況。洗面盆器具數量方面亦有大致類似之情況，如圖 23 所示，大多數既有案例的洗面盆器具數量都低於評估計算值，除了超出好幾倍的基隆市文化中心，以及超出 1 倍的台北市中山堂中正廳，其餘的案例幾乎都低於基本需求量之評估值。男廁所小便器之設置數量情況較為分散，約有半數之既有案例低於基本需求量之評估值。

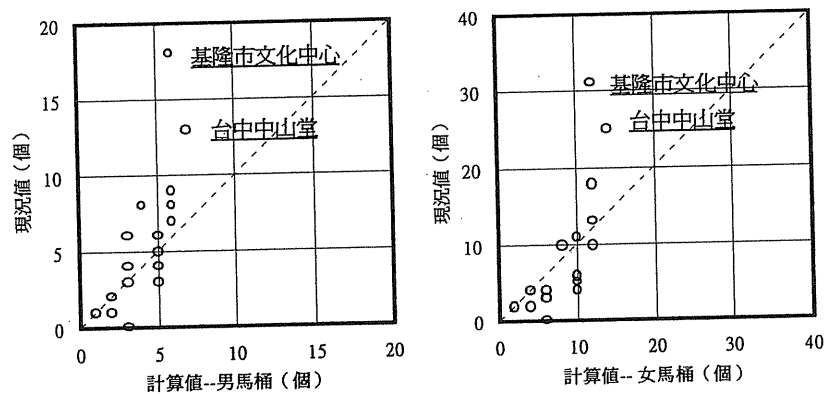


圖 22 男、女馬桶現況值與計算值比對圖

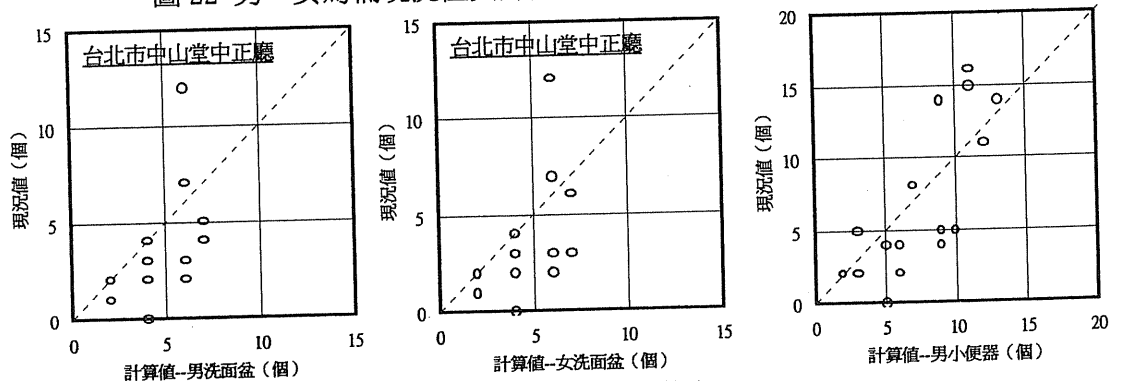


圖 23 男、女洗面盆及男小便器現況值與計算值比對圖

男女廁所空間量方面，模擬評估模式係以男廁 1.5 m²/每小便器，女廁 1.7 m²/每大便器 [7] 計算，如圖 24 所示，既有案例之設置情況大抵符合需求且有偏高之趨勢。其中基隆市文化中心每層皆有設置廁所，使得其廁所空間非常的大，甚至超過其應有空間的好幾倍。由於本次調查的既有案例以 1500 席以下為主，因此所需的廁所面積大約皆在 50 m² 以下，雖然，既有案例之設置情況大抵符合需求且有偏高之趨勢，但是在現況調查的案例中，廁所空間是否充分合理規劃利用，仍有檢討之必要。

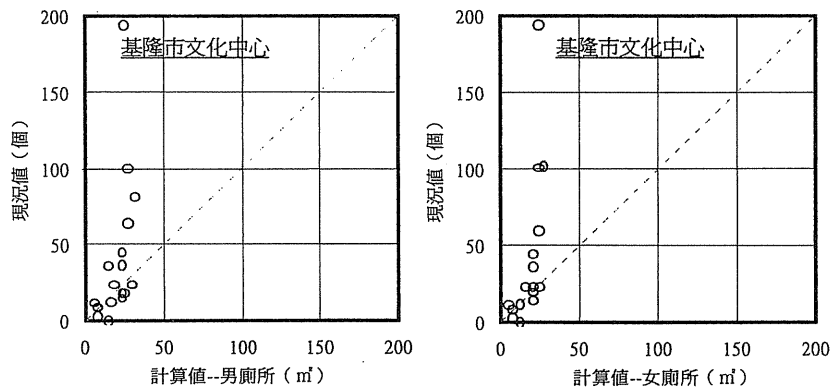


圖 24 男、女廁所空間現況值與計算值比對圖

從上述現況評估之比較分析中，可以看出每一項設備系統之需求量與空間量，在本研究所調查案例中皆有一個大概的範圍，模擬計算之評估結果大致上能適度地反應現況之問題並提供更新評估之參考，因此，本論文建立之模擬計算模式有其可行性，對於不足者在更新設計時可以增設以符合更新後使用機能的需求，而超量者可以視其使用狀況來作調整，對於既有公共集會型建築設備系統之更新設計，在初步規劃設計階段可提供建築師或設計者迅速之評估檢討依據。

五、結論與建議

既有公共集會型建築設備系統更新設計時，定性評估可作為更新與否之決策參考，而設備更新設計執行時，必須以設備需求及空間需求之定量評估作為依據。本研究針對更新設計與規劃之定量評估模式探討，茲簡要歸納結論如下：

1. 針對公共集會型建築之更新設計與規劃需要，本論文建立各設備系統的需求量與空間量之定量模擬評估模式，並以既有案例進行比較分析與驗證其可行性。
2. 利用電腦工具之運算能力及方便之操作性能，本論文所提出之設備需求定量模擬評估模式，可以提供建築師及設計工程師更迅速、更便利之更新設計評估依據。
3. 透過模擬評估工具之計算與現況調查資料之比較分析，發現國內既有公共集會型建築之設備系統，空調設備系統普遍過量設計，而電氣設備及衛生設備器具之需求量及空間量普遍不足。

對於未來相關課題繼續研究之方向，本研究之擬將繼續加強電腦輔助設備更新設計之應用研究，在探討實質設備問題及整合空間規劃等工作上，期能提供更新設計直接之幫助，此方向之課題值得日後繼續研究發展，以及導入實際之應用。

謝 誌

本研究原為國科會整合型專案研究計畫「既有公共集會型建築機能之評估與更新」之子計畫「既有公共集會型建築設備系統之評估與更新」之第二期（NSC 87-2218-E-011-026）部分成果，感謝國科會對本研究計畫之經費補助，以及研究期間相關單位的熱心協助與提供圖說資料，僅此致謝。

參考文獻

1. 鄧政利, 廖心郎, 1999.12, 《既有公共集會型建築設備更新設計及空間規劃之案例研究》, 設計學報, 第4卷 第2期, 中華民國設計學會,
2. 林草英等, 1998, 《既有公共集會型建築機能之評估與更新》, 國科會整合型專案研究成果報告。
3. 鄧政利, 1998, 《既有公共集會型建築設備系統之評估與更新》, 國科會整合型專案研究(子計畫)成果報告。
4. 廖心郎, 鄧政利, 1997, “既有公共集會型建築設備評估與更新方案選擇之初步研究”, 《中華民國建築學會第十屆建築研究成果發表會論文集》, PP189-192。
5. 陳敬良, 1993, 《辦公建築設備水準等級之評估探討》, 國立成功大學碩士論文。
6. 周肇隆, 1996, 《縣市文化中心演藝廳用後評估—舞台部份》, 國立成功大學碩士論文。
7. 林克全, 1997, 《縣市文化中心演藝廳用後評估—觀眾使用部份》, 國立成功大學碩士論文。
8. 黃永安, 1994, 《辦公大樓更新計畫調查診斷作業之初步研究》, 淡江大學碩士論文。
9. 李乾朗, 1993, 《台灣地區近代歷史建築調查第一、二輯》, 內政部建築研究所。
10. 行政院文建會, 1993, 《台灣地區藝文活動場地彙編》, 行政院文化建設委員會編輯。
11. 賴榮平等, 1996, 《縣市文化中心擴展計畫—演藝廳功能評估》, 中華民國建築學會研究成果報告。
12. 崔仁國 編譯、中引 多喜雄 原著, 1996, 《插圖及圖解空調技術》, 詹氏書局。
13. 台灣電力公司, 1997, 《台灣電力公司營業規則》, 經濟部核准, 民國 86 年 5 月修訂。
14. 內政部營建署, 1998, 《建築技術規則—建築設備編給排水系統及衛生設備》, 民國 87 年 9 月修訂。
15. 王曉磊, 1996, “邁向新建法規: 論男女廁所資源問題”, 《空間雜誌》第 83 期, pp.45, 空間雜誌社。
16. 清水 滿、橫手幸伸等, 1995.4, “建築設備之更新計畫”, 《空氣調和・衛生工學》, 日本空氣調和・衛生工學會, Vol.69 NO.4, pp.1~pp.48。
17. 宮協 毅・清水 滿 編著, 1990, 《建築設備再生產—最新之更新技術》, 技術書院。
18. 昇野俊之、內田英樹等, 1998.6, “設備機器的進化”, 《空氣調和・衛生工學》, 日本空氣調和・衛生工學會, Vol.72 NO.6。
19. 和田俊明、村田計介, 1998.11, “根據基礎資料進行建築・設備統合之最適設備設計系統”, 《空氣調和・衛生工學》, 空氣調和・衛生工學會, Vol.72 NO.11, pp.59~pp.71。
20. Nancy C. Ruck, 1989, “Building design and human performance”, Van Nostrand Reinhold, N.Y./ Part I: Human Response to the Environment
21. D. M. Etter, 1992, “Fortran 77 with Numerical Methods for Engineers and Scientists”, The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc.

Space Analysis and Numerical Simulation in Building Equipment for Existing Auditoria Renewal Design

Cheng-Li Cheng Mon-Jae Lee

Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology

(Date Received : January 24,2000 ; Date Accepted : June 29,2000)

Abstract

Following the previous research, the study object of this paper is also the existing auditorium which is the most closely related to the public. We had proposed the qualitative evaluation system for existing auditorium renewal work in previous paper. In this study, we try to build a quantitative model to value the function demand and equipment space for building equipment system in the existing auditorium. By using the computer program, we also develop the numerical simulation model and perform a real case study to verify the model. Furthermore, we surveyed 19 cases of existing auditorium and analysis the circumstance and problems. Due to the results of verification and case study, we find the function demands for air condition are mostly over design, on the other hand, electricity and sanitary equipment are mostly insufficient in the domestic existing auditorium. At the last, we offer a numerical simulation model as a quantitative assessment for the promotion of equipment system renewal work for existing auditorium.

Keywords : Renewal Design, Building Equipment, Air Condition, electricity, Sanitary equipment, Numerical Simulation

