

第一章 導論

第一節 研究動機與目的

近年來，為達成永續發展及促進房屋產業生產流程合理化之目標，我國內政部建築研究所積極進行「開放建築」之發展、推廣及應用等相關研究(林草英等，1999；施宣光，簡聖芬，2000；彭雲宏，杜功仁)，而中華民國建築學會等相關學術機構，亦嘗舉辦大型的國際研討會，引介先進的開放建築理論(王明蘅，2000)。綜觀過去這些研究，實已廣泛建立理論性探討之基礎，然這些努力，距離落實開放建築於實際之工程施作上，仍有一大段距離。因之，未來如何在此豐碩的研究成果累積上，進一步推展至實踐之層次，實乃現階段推動開放建築之首要任務。回顧過去開放建築的研究成果，吾人可知開放建築的施行目前面臨的四大課題計有：

- (1) 法規限制問題
- (2) 市場接受度與單價偏高問題
- (3) 設計、施工實務操作問題
- (4) 欠缺本土性開放建築產品開發之技術課題：

第一與第三個課題在最近的相關研究中已有深入探討(杜功仁，2002)，然而有關市場接受度與單價偏高問題，以及欠缺本土性開放建築產品開發等問題，則有待進一步解決。

若以二階段供給的觀念說明「開放建築」的主要理念與精神，則吾人可將建築系統區分成屬於公共的、使用年限長的「支架體」(柱、樑、版、基礎等結構、垂直服務管道)，以及屬於個人的、使用年限短的「填充體」(外牆、隔間牆、地板、天花板、門窗、家具、水平設備管線等)兩個部分來規劃設計。在規劃完成之支架體空間架構之下，專業者可視使用者空間需求，運用各種系統化、層級化、及介面整合化之填充體構件，建構其所需之建築空間。

就「變動性」而言，「填充體」改修之機會顯然較之「支架體」為高。因之，發展可變易性極高的填充體系統，似乎是為落實開放建築必須克服的技術問題。有鑑於此，本研究擬以最常見的「室內可拆組隔間」系統之開發，探討本土開放性「填充體」實踐之可能性

然而，何謂「室內可拆組隔間系統」？其在眾多開放建築的手段中究竟扮演何種重要角色？能以何種方式落實開放建築之理念？又其構法原則如何？是否能以本土性最便宜之材料用最經濟的施工方法建構此種系統？此皆為本研究所需探討與解決之問題。

開放建築理念之討論在台灣已有多年的發展，然而一直未有具體構法實例可茲印證，因之，本研究以「室內可拆組隔間」構法原型開發為目標，企圖達成下列研究目的：

- (1) 落實開放建築之設計理念：將開放建築之設計構想藉引進室內可拆組隔間構法而得以實踐，使國內開放建築之發展由理論探討的階段邁向技術實踐的階段。
- (2) 瞭解影響台灣室內可拆組隔間構法之因素：牽動室內可拆組隔間之相關因子甚多，每一個因子均有可能對系統之構成產生決定性之影響；而本土改修室內隔間之習慣與國外不盡相同，因之瞭解各個相關因子以及本土室內隔間改修行為之特質，有利於釐清本土室內可拆組隔間原型系統開發時應滿足之條件。
- (3) 建構本土室內可拆組隔間原型系統：選取最常見的本土開放性工業化大量生產之建材，以本土可及的技術水平，建構兼顧經濟、性能、環保及可動等要求之室內可拆組隔間原型系統，並對其所能滿足之性能進行測試。
- (4) 提供本土室內可拆組隔間系統的設計資訊：撰寫設計手冊，協助建築師、建材商、構造設計師等設計從業人員開發本土室內可拆組隔間系統，提供業主、建設公司、政府等相關單位指定建材之基準參考，以推廣此類有利提升建築開放性之構法。
- (5) 檢討相關法規及管理辦法：對於現有法律規範對室內可拆組隔間

構法可能之限制及規定尋求適度修正的方法，以產生利於推動本土化室內可拆組隔間發展的法規條件。

■ 重要性

由於台灣地區室內裝璜與改修工程需求量極大，室內新建與改修工程所產生的營建廢棄物，素來佔整體營建廢棄物極高之比例。而現有之室內隔牆常以更動性較差之紅磚或混凝土為材，採濕式現場施做，不但新建時需使用模板等輔助材，造成材料之耗廢；改修時更常因空間變更之需求，而需拆除重砌，造成大量之廢棄物產生。除此之外，傳統的隔牆作法亦有工期較長，品質不易控制等諸多問題。因之開發本土性「室內可拆組隔間」乃有其重要意義。歸納「室內可拆組隔間」之特質，可有下列優點：

- (1) 增加空間變動之可能性與方便性。
- (2) 減少隔間製造、改修之營建拆除廢棄物(CD Waste)，除可降低資源耗用外，尚可避免二次施工所帶來的廢棄物。
- (3) 縮短工期及節省建造成本。
- (4) 輕質、耐震，減少結構體之負擔。
- (5) 高預製度、高精度、高品質。

正因「室內可拆組隔間」有以上諸多優點，該種產品甚至早在 1920 年代國外先進國家即已有成熟之產品問世[Sulzer, 1991, pp.14]，而相關之研究與理論性探討亦已在二、三十年前發展完備[Zeeb,1985；Henn, 1982]。故「室內可拆組隔間」在今天係如帷幕牆、門、窗等構件一般，屬工業化大量生產之建築部品，廣泛應用於辦公室、醫院、住家、廠房等隔牆之使用[Weller, 1989；Neumann, 1992；Walter, 1999]。

目前，此類「室內可拆組隔間」在台灣雖有使用，然而大部分系統均仰賴國外進口，或單價極高使人卻步(2000~25000NTD/m²)，或性能不符台灣本地之使用習慣，造成改修之困擾。是故，就地取材，依本地隔牆改修習慣量身打造之本土隔牆系統開發，實為改善室內改修

廢棄物排放及實踐開放建築理念刻不容緩之當務之急。

第二節 研究範圍、定義

所謂「室內可拆組隔間系統」，本研究參考 Zeeb 式之研究(Zeeb, 1984, p.11)及 DIN 4103 之相關規定，乃定義為一種非承重之室內隔牆系統，其除具有區劃空間之機能外，尚可因應開放、改修等使用需求，更動其空間位相，或更換、增減系統部件、顏色或材質等，同時還需滿足改修後之各種預設之性能需求(如防火、隔音、防潮、誤差吸收...等等)。該種牆之預製度尚須允許以極少之人工於工地現場，藉簡單之工具及以簡易之方法進行組裝或拆組者。

本計劃所界定之研究對象係以上述定義的「室內可拆組隔間系統」為範圍，探討包含輕鋼石膏板牆、木板牆、玻璃磚牆、木纖水泥板牆、金屬板牆所構成的輕質室內可拆組隔間系統。但不包括由混凝土、紅磚牆等製成之可動內牆。

而本研究所界定之可拆組性，係以部材不受破壞的情況下可經拆組而現地或另地繼續使用者，因之，舉凡單皮或雙皮式固定軌牆、摺疊牆、推拉牆、升降牆、簾幕牆、可動壘砌牆等，均屬本研究所探討之對象。而坊間常見之輕鋼石膏板牆等則由於其拆卸時常須破壞面板等構材，而在本研究中乃歸為部份可拆組之隔牆，而不視作所謂「室內可拆組隔間系統」。

本計劃所研究之「室內可拆組隔間系統」可應用於區隔衛浴濕室、一般空間、實驗室、分間牆等使用，其遂行之功能可包含分隔功能、儲藏功能、隔屏、傢俱、走管道等等。

可拆組隔間牆系統之種類可分為「單片板式」、「骨皮式」、「壘砌式」、「軌道式」等四種典型的室內可拆組隔間類型(圖 1、圖 2、圖 3、圖 4)。

所謂「單片板式」可拆組隔間牆系統係一種可拆組室內隔間牆系統，其牆體構材及填充材等一體成形，並以牆皮表面完工地狀態，進

入工地現場並以整片板方式進行組裝者。(Monoblockwand、Elementbauweise)

所謂「骨皮式」可拆組隔間牆系統為一種可拆組室內隔間牆系統，其由牆骨、內外兩層表面完工的牆皮，以及牆體填充阻尼材等構材所組成，並於工地現場進行組裝者。(Skelettbauweise)

所謂「壘砌式」可拆組隔間牆系統則是一種由砌體，必要時配合內部填充等構材所組成的可拆組室內隔間牆系統。該砌體乃於工廠製作完成，經運送至工地現場，以砌築方式組裝而成。

所謂「軌道式」移動式隔間之特色在於以固定軌道吊掛隔牆構件，並藉由軌道依序移動隔牆構件至預定位置，再加以固定。該種隔間牆系統可在最短時間內完成空間分隔。事後並能依需要，順軌道將隔牆構件收置於一定空間中。軌道一般以膨脹螺栓固定於樓板底面，較難以非破壞性方法拆卸，移置別處。

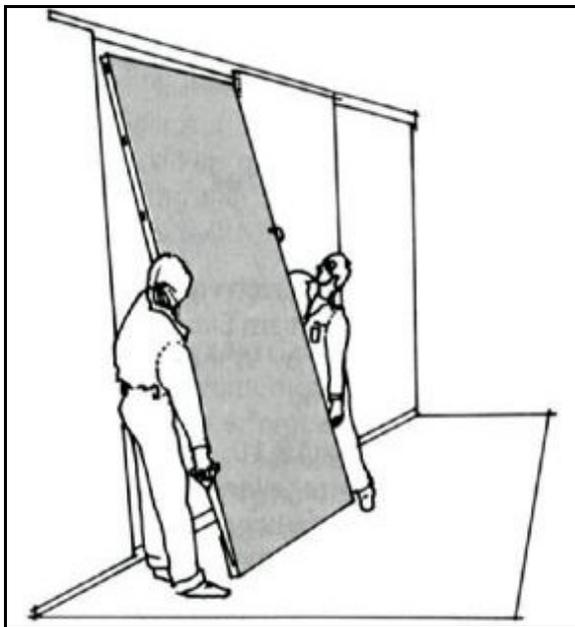


圖 1、整片板式可拆組隔間(Frick, p.554)

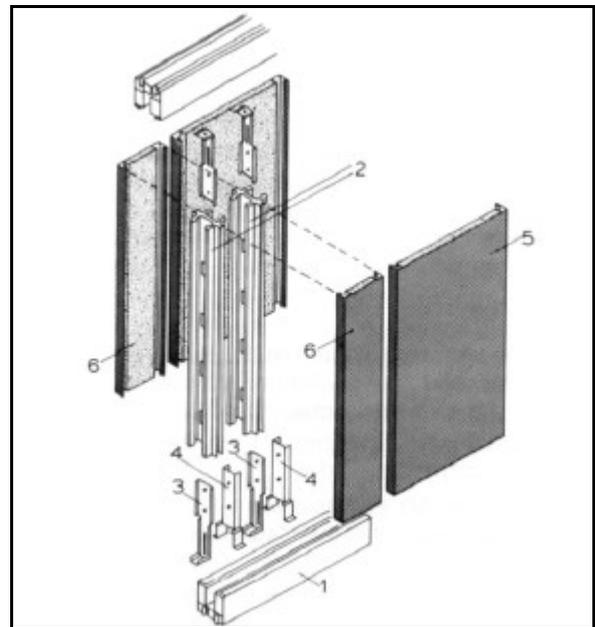


圖 2、骨皮式可拆組隔間(Frick, p554)

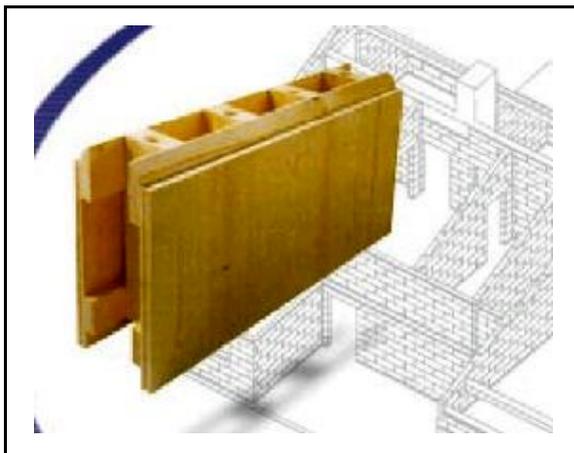


圖 3、壘砌式可拆組隔間
(Holzinfo, 2000)

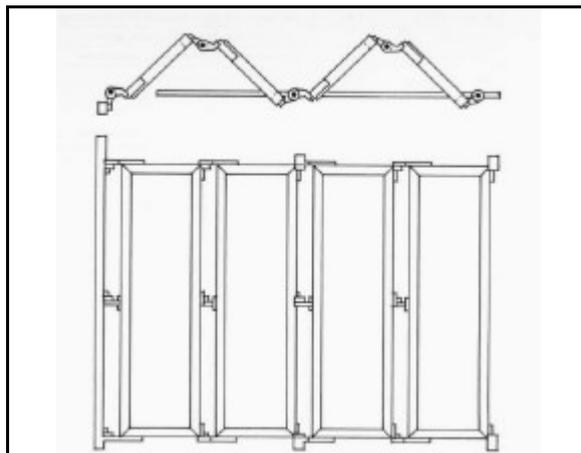


圖 4、軌道式可拆組隔間
(Meyer-Bohle, 1999, p.155)

不屬於本研究探討之室內隔牆系統有：

- (1) 單質牆：如混凝土單片式組裝牆、輕鋼石膏板式牆、表面貼磁磚的預鑄隔牆...
- (2) 全透明式隔間牆
- (3) 濕室隔牆
- (4) 牆櫃系統

第三節 研究方法與進行步驟

本研究將組成構法開發團隊，協助構造設計師、廠商及建築師共同開發本土室內可拆組隔間系統，團隊之組織方式計分下列三組：

- (5) 基本資料蒐集彙整小組：負責整理法規與構法相關資料。
- (6) 田野調查小組：負責市場及本土隔牆改修行為調查。
- (7) 構法開發及檢測小組：負責設計並與廠商密切溝通合作以建構原型系統，並進行特定性能之檢測。

此三組工作人員擬運用以下之研究方法完成前一節所述之三個方向及十個工作要點：

- (1) 蒐集、彙整相關資料

本研究分別從文獻、網路、型錄等等不同的資料來源收集、整理建築相關法規以及型錄、構法等設計資訊；以建立「室內可拆組隔間

系統」之基本研究資料。

(2) 田野調查

本計劃將針對本土改修之行為與需求設計問卷，並進行田野調查，進而對調查結果加以統計分析，以確切掌握本土之隔牆改修之特別習慣與需求。

(3) 市場調查

為設定開發原型之邊際條件，本研究將對「室內可拆組隔間系統」之市場性進行調查，並以 AHP 法決定各性能因子之重要性，以便瞭解大眾所能接受的產品性能位階、價位等等之因素，並方便設定未來之使用者族群。

(4) 構法開發

本研究將依據德國工程師協會研發之構法開發設計方法中有關產品開發之理論(VDI 2221)，以案例分析導向之構法開發模式 CBR(case based reasoning)，參考先進國家既有成熟作法，考慮本土特殊之機能需求與使用習慣，開發本土「室內可拆組隔間系統」之原型。

(5) 專家會議評估、座談會

本研究擬定期召開專家評估會議，廣邀建築專業者（開發業者，建築師／室內設計師，營造廠）、材料設備廠商、及法規審查單位進行諮詢，並檢討所開發之原型之利弊得失，以便回饋至設計修正。

■ 進行步驟

本研究之進行步驟可分為下列九個階段加以說明：

- (1) 蒐集、彙整相關文獻與法規：自各種資料來源廣泛收集國內外有關開放建築之室內可拆組隔間規劃設置的研究報告、學術論文等相關文獻與案例，並對國內外既有室內可拆組隔間之系統型錄及作法進行分析。除此之外，也將蒐集比較美、日、歐及中國國家標準之有關室內可拆組隔間相關法規及性能基準。

- (2) 隔間改修行為調查：對國內可拆組隔間設置之地域性機能要求進行問卷訪談及田野調查，經統計分析後確立本土隔間改修模式，以為原型開發之依據。
- (3) 分析相關機能要求：調查可拆組隔間之相關機能要求，探討諸如隔音、防水、氣密、可拆卸性、拆卸組裝時間及人力工具需求、誤差吸收與精度調整、幾何位相、模矩部品化、設備管路整合性、釘掛性、承載性、耐衝擊性、再生循環性...等等影響構法之因素。
- (4) 產品開發市場調查：分析本土可拆組隔間系統之市場接受度、製造廠商技術水平、預期獲利、原料及型材之供給開放性、銷售通路...等等攸關產品行銷成敗之因素。
- (5) 設定產品之邊際條件：確立本土可拆組隔間系統之允許單價範圍、各式性能基準、主要使用對象及使用場合、產品位階、市場區隔...等等產品之特質目標。
- (6) 產品原型開發：根據所設定的產品條件、法規要求以及案例分析所得之資訊，與製造廠商共同研發、設計本土室內可拆組隔間產品，並試作部分構件。

* 由於經費所限，本計劃乃進展至此，直接跳至第九步驟而告一段落。期待下個階段能覓得廠商願意出資分攤製造、材料與檢測之花費，繼續進行下列兩個步驟：

- (7) 原型製造與改修：設計所得之產品經專家簡報與諮詢會議評估可行後，尋找有意願出資之廠商協力生產 1:1 足尺模型(Mock-up)，並於製造過程中不斷檢討生產階段所遭遇之問題，回饋設計、製造階段之修正工作。
- (8) 產品性能測試與專家評估：將製成之原型產品，實際於建築物室內操作組裝、拆卸等過程，檢測其拆組性、誤差吸收性、設備管路整合性、釘掛性、再生循環性...等相關性能。若經費、時間條件有限，則防火、隔音、防濕、承載性、耐衝擊

性等等需特殊測試儀器與材料之特性檢測,則可於下一階段研究繼續進行。除此之外,將邀集相關專家評估開發所得之產品,並對產品之缺失提出意見。經以上檢討所得之缺失意見,將回饋設計之修正,直到缺失減至最少為止。

- (9) 完成原型開發:完成本土室內可拆組隔間產品原型開發後,本研究將整理開發之過程及相關設計資訊成設計手冊,連同所開發之原型,提供設計、業主、施工、製造單位參考,並探討推動室內可拆組隔間有關組織面、教育面、市場通路...等等相關配套措施之作法,作成結論與建議。

以上九個進行步驟可以下列流程圖表示之(圖 5):

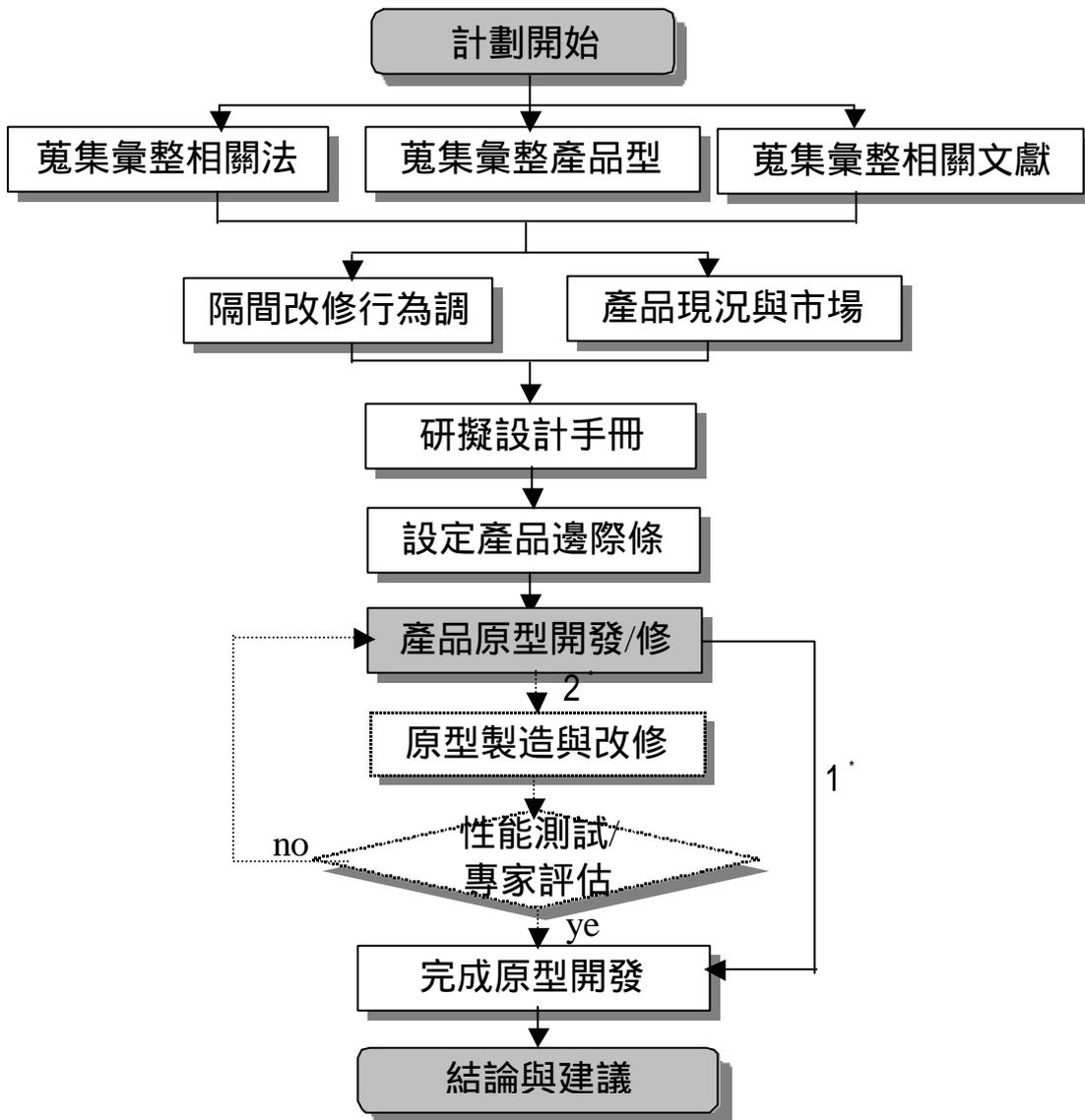


圖 5、流程圖(因受經費與時間限制，本研究依路徑 1*進行，路徑 2*為後續研究希望繼續進行之步驟)

第二章 可拆組隔間牆產品現況調查

為瞭解台灣地區現有室內可拆組隔間系統之現況，本研究乃針對本地自行開發以及國外引進的可拆組隔間系統進行調查，以瞭解本土基本構法資訊、性能達成等級、釐清價格及其市場分佈現況，期能於系統之推廣及產品開發邊際條件之設定上，提供較明確之發展方向。

第一節 調查方法與內容

本研究之現況調查，乃分別從廠商名冊及型錄資料蒐集、廠商問卷調查及訪談兩方面進行之。

(1) 廠商及型錄資料蒐集

廠商及型錄資料蒐集之內容主要包括建立本地室內可拆組隔間代理、製造廠商名冊、取得型錄及相關技術資料等。藉由文獻、網路搜尋以及廠商所提供的型錄，本研究共蒐集國內型錄計有 13 家 26 種產品；國外型錄計有 20 種，共計 46 種產品。

(2) 廠商問卷調查及訪談

廠商問卷調查，其主要目的在於輔助型錄及技術資訊蒐集之不足，以深入瞭解本地現有產品之現況。本研究原本初擬一份現況調查之理想問卷(參見附錄)。然由於廠商或因商業機密因素，或欠缺基本相關資料，調查進行時，各家廠商所能提供之資訊並不一致，也不完整，以致無法比較所有問卷中的相關項目。廠商問卷調查及訪談對象的基本資料如下：

本次現況調查訪談廠商共計 9 家 18 種產品，18 種產品中，骨皮式有 7 種產品；單片板式有 5 種產品；軌道式有 6 種產品。9 家廠商中，以骨皮式為主要業務者有 2 家；以單片板式為主要業務者有 3 家；以軌道式為主要業務者有 4 家，如表格 1、圖 6 所示：

表格 1、隔間廠商及其產品種類彙整表

	骨皮式	單片板式	軌道式
廠商 1 (禾作)			
廠商 2 (新碁)			
廠商 3 (新煥)			
廠商 4 (隔滿林)			
廠商 5 (聖多立)			
廠商 6 (東齊)			
廠商 7 (泰菱)			
廠商 8 (巨申)			
廠商 9 (優隔)			

：主要業務產品 ：次要業務產品

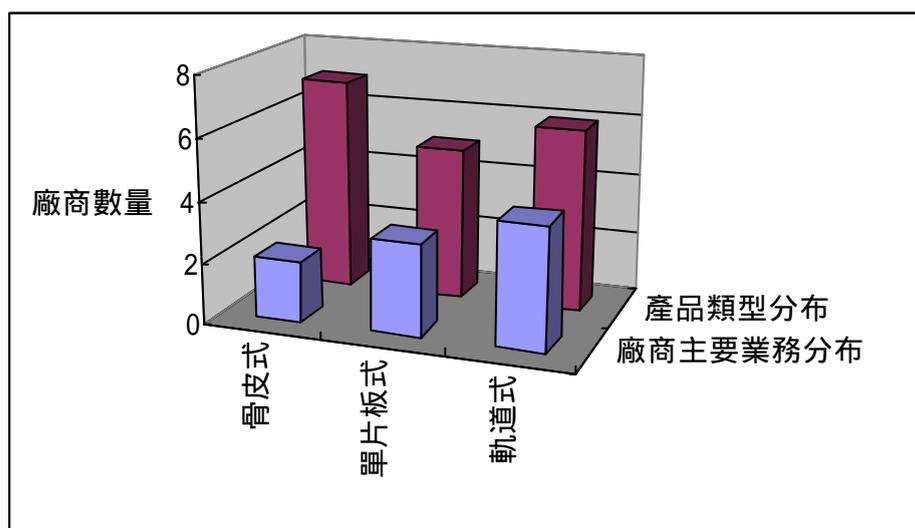


圖 6、廠商及產品分佈圖

在進一步的深度訪談後，茲將本次廠商問卷調查及訪談的基本資料及結果整理如下：

第二節 現況分析

台灣地區現有可拆組隔間系統之類型可區分成「骨皮式」、「單片板式」、「軌道式」三大類，「壘砌式」可拆組隔間牆則付諸缺如。而其中「骨皮式」可拆組隔間系統依空間需求之不同又可分成：「經

濟型」骨皮式隔間、「辦公型」骨皮式隔間、「無塵型」骨皮式隔間三種型式，如表格 2 所示。

表格 2、國內可拆組隔間類型

可拆組隔間系統	骨皮式可拆組隔間	經濟型骨皮式可拆組隔間
		辦公型骨皮式可拆組隔間
		無塵型骨皮式可拆組隔間
	單片板式可拆組隔間	
	軌道式可拆組隔間	

針對現有可拆組隔間系統依其系統類型進行調查，以瞭解其基本構法資訊、性能達成等級，調查項目包括有單位面積重量、工期、價格、隔音性、防火性、熱傳透率及其市場分佈現況，詳見表格 3。

表格 3、本土現有可拆組隔間基本資料表

	骨皮式	單片板式	軌道式
重量 (kg/m)	30-45 kg/m	10-15 kg/m	40-100 kg/m
工期 (人*日/100 m)	16-21 人*日/100 m	12-18 人*日/100 m	20-40 人*日/100 m 另需製作牆板時間
價格 (元/ m)	2000-2200 元/ m (經濟型) 2800-3200 元/ m (辦公型) 6000-7000 元/ m (無塵型)	1500-2200 元/ m	7000-18000 元/ m (國內) 20000-25000 元/ m (國外)
隔音性 (dB)	40-48 dB	18-30dB	35-55dB
防火性	可達一小時以上防火時效 材料耐燃 2 級以上	可達一小時以上防火時效 材料耐燃 2 級以上	材料耐燃 2 級以上
熱傳透率(W/ m)	0.36-0.75W/ m	0.36-0.75W/ m	0.36-0.75W/ m
主要銷售對象 (空間類型)	辦公空間 廠房空間	廠房空間 辦公空間	會議空間 餐廳空間 開放教室隔間
主要銷售對象 (建築類型)	工廠建築 辦公建築 醫院建築 學校建築	工廠建築 辦公建築 醫院建築 學校建築	旅館建築 辦公建築 工廠建築 學校建築

第三節 市場分佈現況

本土現有室內可拆組隔間牆的市場分佈現況依類型之不同而有異：

1. 骨皮式可拆組隔間

其銷售對象就空間類型而言，以辦公空間為主要，廠房空間次之，如：生產線空間圍封或無塵室；就建築類型而言，以工廠建築為主要，辦公建築次之。

依空間需求之不同主要可分成：經濟型骨皮式隔間、辦公型骨皮式隔間、無塵型骨皮式隔間三大類。

經濟型骨皮式隔間系統(圖 7)之隔音性、氣密性、面板型式多樣性及防火性等性能達成度較低，主要功能為空間之分隔，其適用空間類型為普通辦公空間及普通廠房空間，相較於辦公型、無塵型骨皮式隔間，其價格較低。經濟型骨皮式隔間雖相較於辦公型、無塵型骨皮式隔間，其價格較低，但相較於單片板式，其價格優勢則不存在，且兩者之市場重疊性較高、區隔性不足，若無針對特定空間需求之滿足，則較不利於系統之推廣。

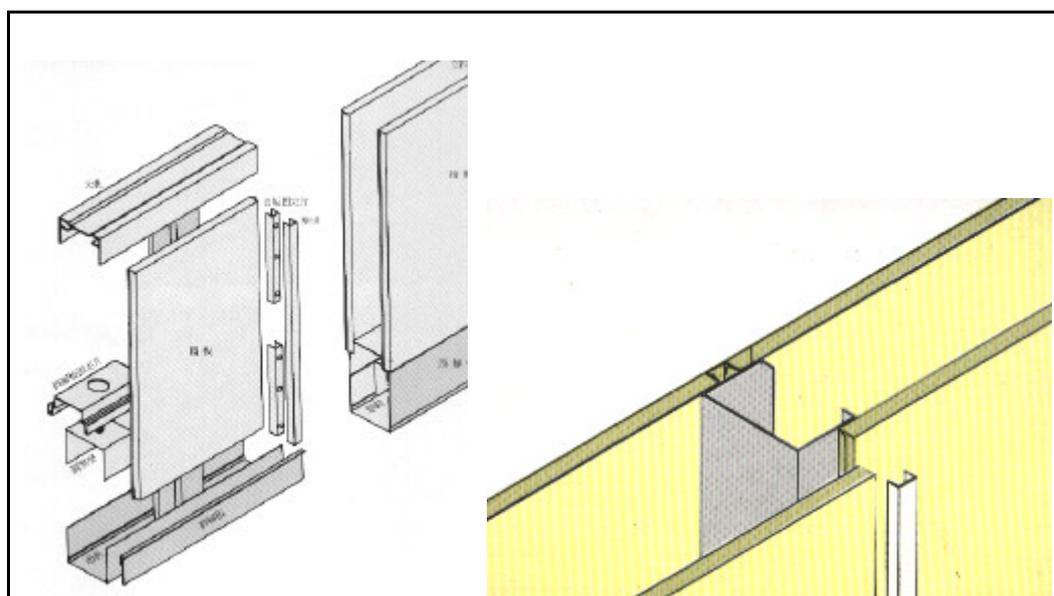


圖 7、經濟型骨皮式隔間

辦公型骨皮式隔間(圖 8)，其價格較經濟型骨皮式隔間高，其主要功能除空間之分隔外，面板型式之多樣性高且可配合系統辦公傢俱，提供各種辦公空間所需之事務性要求，系統對於各項物理性能之達成度亦較經濟型骨皮式隔間高。

由訪談可知，以骨皮式為主要業績的可拆組隔間廠商，其系統類型均為辦公型骨皮式隔間，現有辦公空間隔間市場中，雖仍以不可拆組之輕鋼架隔間為主，但辦公型骨皮式可拆組隔間的市場有日益增加的趨勢。

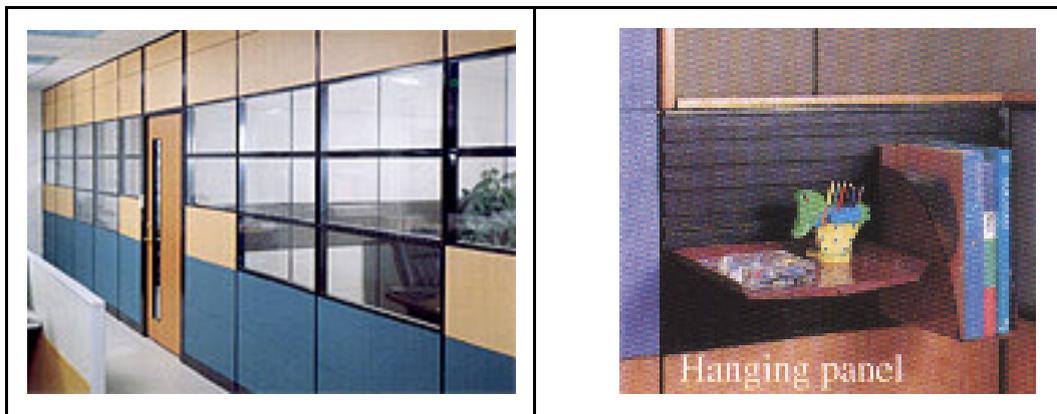


圖 8、辦公型骨皮式隔間

無塵型骨皮式隔間(圖 9)，系統主要性能要求為高無塵標準，包括構造之氣密性、低粉塵發生性、低粉塵堆積及低靜電吸附等要求。系統雖具市場區隔性，但由於市場較小且價格較高，故其市場佔有率相對較低。

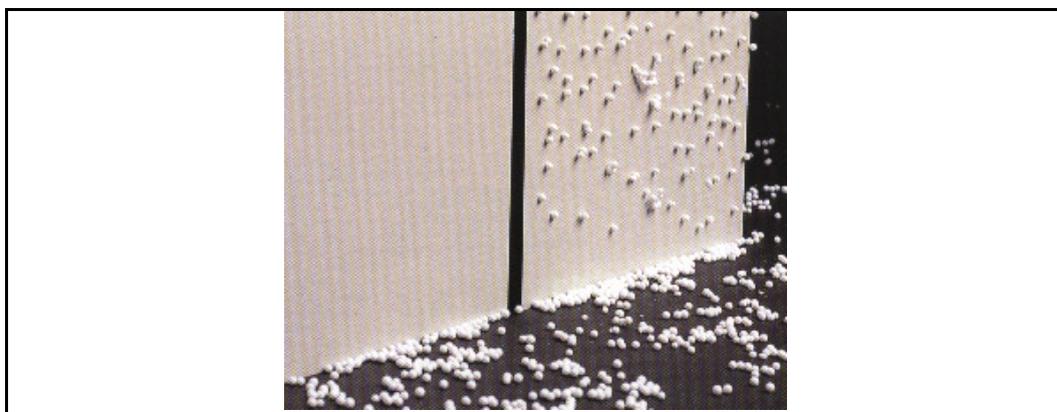


圖 9、無塵型骨皮式隔間

表格 4、骨皮式隔間市場特性比較

系統類型	市場訴求特性	主要使用空間類型	市場區隔性	價格
經濟型骨皮式可拆組隔間	具普通無塵性能 價格經濟（就骨皮式而言）	普通辦公空間 普通廠房空間	低（與板片式及不可拆組輕隔間系統重疊）	低 2000-2200 元 / m
辦公型骨皮式可拆組隔間	事務性需求配合 度高	系統辦公空間	中	中 2800-3200 元 / m
無塵型骨皮式可拆組隔間	無塵性能標準達 程度高	高無塵標準廠 房空間	高	高 6000-7000 元 / m

2. 單片板式可拆組隔間

單片板式可拆組隔間其銷售對象就空間類型而言，以廠房空間為主要，如：生產線空間圍封或無塵室，辦公空間次之；就建築類型而言，以工廠建築為主要，辦公建築次之(表格 5、圖 10)。市場區隔性不佳，適用空間類型與經濟型骨皮式及不可拆組輕隔間系統重疊。生產技術性低，市場競爭者較多，價格較低，利潤亦較低。

表格 5、單片板式隔間市場特性

系統類型	市場訴求特性	主要使用空間類型	市場區隔性	價格
單片板式可拆組隔間	具普通無塵性能 普通隔間性能 價格經濟（就可拆組隔間而言）	普通廠房空間 普通辦公空間	低（與經濟型骨皮式及不可拆組輕隔間系統重疊）	低 1500-2200 元 / m

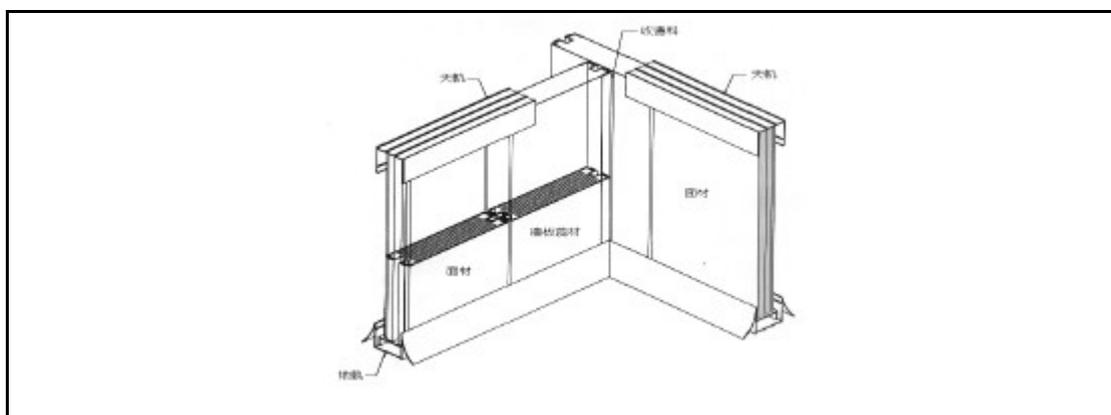


圖 10、單片板式可拆組隔間

3. 軌道式可拆組隔間

其銷售對象就空間類型而言，以會議空間、餐廳空間為主，開放教室隔間次之；就建築類型而言，以辦公建築、旅館建築為主，工廠建築、學校建築次之(表格 6、圖 11)。

軌道式可拆組隔間，以操作便利性及隔音性佳為主要市場訴求，相較於現有隔間市場，其市場區隔性高。但因其價格較高，市場佔有率仍較低。

表格 6、軌道式隔間市場特性

系統類型	市場訴求特性	主要使用空間類型	市場區隔性	價格
軌道式可拆組隔間	操作便利 隔音性佳	會議空間、餐廳空間、開放教室隔間	高	高 7000-25000 元/m

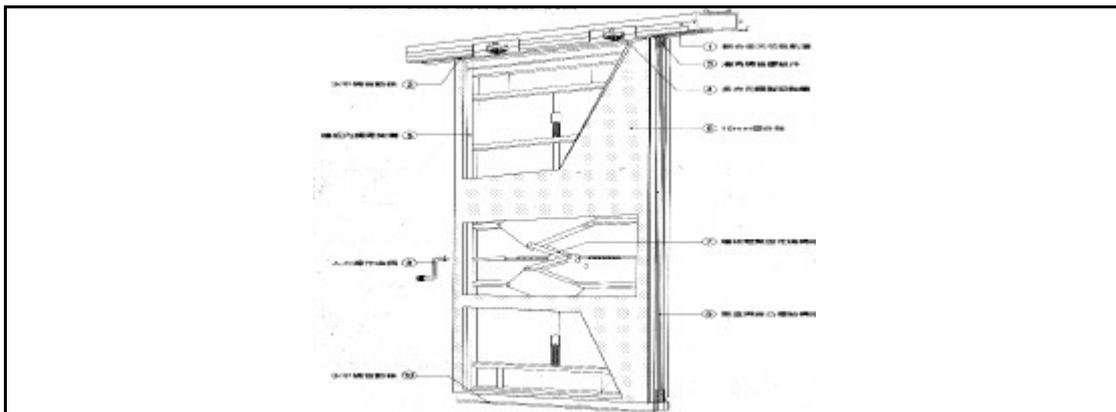


圖 11、軌道式可拆組隔間

4. 可拆組隔間市場價格分析

現有可拆組隔間市場價格分佈狀態，以軌道式價格最高，其次依序為無塵型骨皮式、辦公型骨皮式、經濟型骨皮式，單片板式價格最低。價格較低的產品，如：單片板式可拆組隔間、經濟型骨皮式可拆組隔間，其性能要求較低，其價格之主要決定因子，為製作及施工階段之工料成本反應。價格越高的產品，除工料成本反應之外，其構法技術開發（包括物理性能及使用便利性能）對價格的影響比例亦相對提高。

第四節 可拆組隔間施工

可拆組隔間施工的主要項目為：施工前材料機具準備、放樣、結構體介面構件固定、牆體組立、收邊處理(表格 7)。每 100 m 所需時，以單片板式為最低，12-18 人*日/100 m；軌道式為最高，20-40 人*日/100 m；骨皮式則略高於單片板式，16-21 人*日/100 m。骨皮式及單片板式系統，施工編組人數為 3-4 人，工期約為 3-7 日；軌道式系統，施工編組人數為 4 人，其軌道施工約 4-7 日，牆板安裝工期需 1-3 日，其間另需牆板製作時間約 10-30 日不等，牆板製作前需地板及固定壁面裝修完成，以便精確丈量牆體總長，製訂牆板單元尺寸。另外，施工面積越大，其單位面積施工所需工時亦會向下調降。

表格 7、可拆組隔間施工流程表

	骨皮式	單片板式	軌道式
施工流程	施工前準備 放樣 地軌及天軌固定 骨架組立(直、橫料) 單側面板組立 芯材填充 單側面板組立 收邊處理 完工	施工前準備 放樣 地軌及天軌固定 牆板組立 收邊處理 完工	施工前準備 放樣 天軌固定施工 牆板製作(10-30日) 牆板組立 收邊處理 完工
工期 (人*日/100 m)	16-21 人*日/100 m	12-18 人*日/100 m	20-40 人*日/100 m 另需製作牆板時間

第五節 可拆組隔間防火

可拆組隔間由於其配置變動較為便利，尤其是軌道式，故其做為防火區劃之防火牆的審查較不可拆組隔間嚴格，雖有些系統具一小時防火時效，但整體而言較少做為防火牆使用。目前市場對於防火區劃，除濕式隔間牆外，一般會以電動防火鐵捲門為主，達空間使用之開放性。可拆組隔間對於防火之處理，主要以建築技術規則設計施工編第 88 條建築物內牆裝修材料規定，依建築用途、構造及樓地板面積標

準，規範其裝修材料之耐燃等級。

依內政部營建署「建築防火材料審核認可通過產品」之資料顯示，通過 1 小時防火時效以上之防火牆計有 147 件，其中可拆組隔間僅有 15 件，分別為骨皮式 5 件；單片板 10 件(圖 12)。

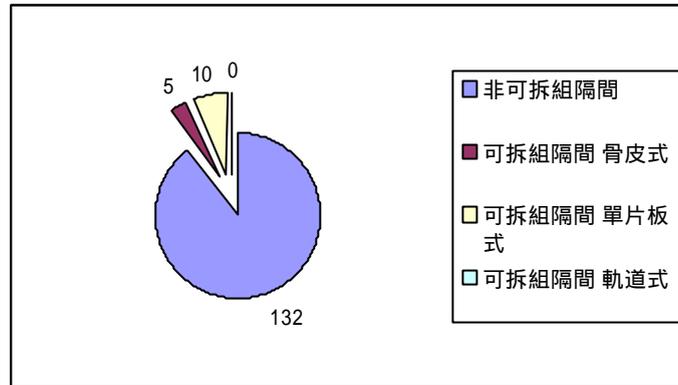


圖 12、防火材料審核認可通過隔間牆產品數量比例圖

第六節 可拆組隔間隔音

可拆組隔間隔音性，以軌道式較佳，骨皮式次之，單片板式較差。與價格分佈反應一致。目前對於隔音性能之要求，主要依據建築技術規則設計施工編第 46 條規定，僅列舉應設置具防音效果之空間(連棟住宅及集合住宅分界牆、旅館客房及醫院病房之分間牆)及隔牆構造方式，並無明確規範其隔音值。另就現有可拆組隔間市場分佈狀態而言，亦較少使用於該規定中所列舉之建築空間，故系統之隔音較不重視。現有可拆組隔間若有進行隔音測試者，主要以單片牆板單元進行測試，除少數由國外進口之高價軌道式系統外，較少進行整體系統之隔音測試。

國內可拆組隔間系統之隔音性能控制，主要是由質量法則、填充芯材之性質及間隙氣密填縫進行控制。就質量法則而言，軌道式最佳、骨皮式次之、單片板式再次之。就芯材隔音特性而言，岩棉等纖維填充材隔音效果最佳、PU 發泡材隔音效果次之、紙鋁蜂巢填充材隔音再次之；對於音橋所造成之隔音弱點考慮甚少。

第七節 小結

本研究根據蒐集國內外共計 46 種室內可拆組隔間牆產品，並以問卷及訪談方式對國內 9 家廠商 18 種產品進行現況調查，彙整所得台灣地區室內可拆組隔間牆產品之特性如下：

- (1) 台灣地區現有可拆組隔間系統之類型可區分成「骨皮式」、「單片板式」、「軌道式」三大類；「壘砌式」可拆組隔間牆則付諸缺如。而其中「骨皮式」可拆組隔間系統依空間需求之不同又可分成：「經濟型」、「辦公型」、「無塵型」等三種型式。
- (2) 重量之比較，以「軌道式」最重，「骨皮式」次之，而「單片板式」最輕。
- (3) 工期之比較，以「軌道式」所需工期最長，「骨皮式」次之，而「單片板式」最快速。
- (4) 就價格而言，以「軌道式」最高(7000-25000 元/ m²)，「骨皮式」次之(2000-7000 元/ m²)，單片板式最便宜(1500-2200 元/ m²)。「骨皮式」中的「無塵型」最貴，「辦公型」次之，「經濟型」者最便宜。然此三種室內可拆組隔間系統之價格均較目前石膏板式輕隔間牆為低(一般<1000 元/ m²)。又此價格之高低一般與其性能相關，即性能愈佳者，價格愈高。
- (5) 隔音性以「軌道式」最佳(35~55dB)，「骨皮式」次之(40~48dB)，單片板式最差(13~30dB)。
- (6) 就防火性而言，三種系統之材料均採耐燃 2 級以上者，有些產品尚有一小時以上的防火時效，滿足作為防火建築「分間牆」之條件。
- (7) 「骨皮式」及「單片板式」的主要銷售之對象計有辦公空間、廠房空間等；而「軌道式」者則多用於會議空間、餐廳空間及開放教室隔間。
- (8) 三種可拆組隔間系統大抵用於工廠建築、辦公建築、醫院建築、學校建築以及旅館建築。

第三章 隔間牆改修行為之調查

可拆組隔間牆系統之研發是有一定的程序與步驟。首先，研發者必須先確實地了解國內建築物隔間牆之使用需求與特性；再依照使用需求特性，進行隔間牆系統之定位與設計課題之擬定；最後，才能在明確的設計目標下，進行系統之設計，與後續之隔間牆系統性能測試及檢驗。

為了了解國內建築物隔間牆之使用需求與特性，本研究針對台灣科技大學之校園建築物生命週期中之隔間牆改修工程進行研究與調查，以歸納整理出國內學校建築或公共建築之隔間牆改修行為與模式。

第一節 研究目的與方法

1. 研究目的

本研究之主要目的在於探究校園建築物生命週期中之隔間牆改修行為與模式。所謂隔間牆改修行為與模式指的是以下之研究主題：

- (1) 隔間牆改修之原因類型
- (2) 隔間牆之改修內容與規模
- (3) 隔間牆改修之材料與構造
- (4) 隔間牆改修之主要施工流程
- (5) 隔間牆之改修頻率
- (6) 隔間牆改修之費用與單價

2. 研究方法

本研究小組向台灣科技大學營繕組索取校園建築物之基本資料，及民國 86 年至今之九項隔間牆工程合約書，進行進一步之資料整理與分析，以了解校園建築之隔間牆改修行為。本研究之主要操作流程有以下三個部分：

A. 校園建築物基本資料之收集及整理

將台灣科技大學校內所有建築物之基本資料進行整理，如建築物名稱、建築面積、總樓地板面積、屋齡、使用單位。

B. 校內建築物隔間牆改修工程之資料收集及整理

將歷年之隔間牆改修工程合約書中之相關資料進行整理，如隔間牆

改修之地點，時間，改修原因，改修內容，工期，隔間牆細部與構造，改修規模，與改修費用。

C. 隔間牆改修行為模式分析

根據上述之基本資料，進行進一步之整理與分析：改修原因類型，改修內容、改修頻率，改修速度，單價分析，材料與構造，主要工種，及施作流程。

第二節 台科大校園建築與隔間牆改修工程

1. 校園建築物配置與基本資料

台灣工業技術學院成立於民國六十三年，為我國第一所技術職業教育高等學府。後來，於民國八十六年改名為國立台灣科技大學。目前設有工程、電資、管理、設計及人文社會等五個學院，合計共有十七個獨立系所、教育學程、人文學科及通識學科等教學單位，招收博士班、碩士班及大學部學生。目前大學部學生有 4,995 位，研究生 2,680 位，專任教師 309 位。

台灣科技大學之校本部位於臺北市基隆路四段四十三號，佔地約十公頃。校園內有 16 棟主要建築物，其配置如圖 13 所示，總樓地板面積約有 13 萬 3 千平方公尺。校園建築物之名稱、建築面積、總樓地板面積、屋齡、及使用單位如表格 8 所示。



圖 13 台灣科技大學校園建築物之配置圖

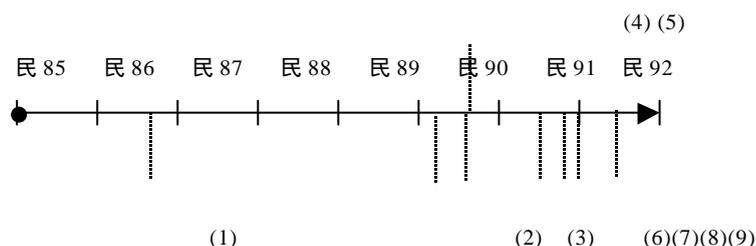
表格 8 台灣科技大學校園建築物之名稱、建築面積、總樓地板面積、屋齡、及使用單位

建築物名稱		建築面積(m ²)	總樓地板面積(m ²)	屋齡	使用單位
行政	行政大樓	588.20 m ²	2684.93 m ²	26	校史室、會議室、出納組、秘書室、會計室 人事室、校長室、教務處、研教組、課務組 註冊組、總務處、文書組、事物組、營繕組、環安室
	圖書館	905.00 m ²	3221.59 m ²	26	圖書館
教學 及 研究	第一教學大樓	1240.66 m ²	3375.71 m ²	27	自動化及控制中心 工程技術研究所 工程學院辦公室 自動化及控制中心 材料科技研究中心 工商業設計系 視聽館
	第二教學大樓	1443.38 m ²	9529.45 m ²	19	化學工程系 營建工程系 工商業設計系
	第三教學大樓	788.37 m ²	5343.97 m ²	12	機械工程系、教室、技術及職業教育研究所 工商業設計系
	第四教學大樓	1207.96 m ²	10086.3 m ²	11	教室、應用外語系、人文社會學院、人文學科
	工程一館	4573.74 m ²	12491.95 m ²	26	機械工程系、纖維及高分子工程系
	工程二館	2057.41 m ²	13697.15 m ²	18	工商業設計系、營建工程系、化學工程系
	電資管	1277.64 m ²	11265.54 m ²	20	資訊工程系、電子工程系、電機工程系
	管理大樓	1377.00 m ²	7748.46 m ²	21	管理學院、管理研究所、EMBA/EDBA 辦公室 企業管理系、財務金融研究所、資管系、工業管理系
	綜合研究大樓	1797.36 m ²	14628.68 m ²	13	建築系、育成中心、產學中心、電子計算機中心 研發處、技術及職業教育研究所、技教中心 技術移轉中心、設計學院、建築系辦公室 教育學程中心、語言教室、視聽教學中心 語言教室、會議廳、演講廳、國際會議廳
宿舍	第一學生宿舍	1424.25 m ²	7191.91 m ²	25	學生宿舍
	第二學生宿舍	890.82 m ²	12108.34 m ²	19	學生宿舍
	第三學生宿舍	787.14 m ²	8392.92 m ²	16	B1：學生餐廳，1F 以上：學生宿舍
其它	體育館			24	室內籃球場 體育館 醫務室 游泳池
	活動中心	3961.37 m ²	12270.84 m ²	24	學務處 軍訓室 生活輔導組 社團輔導組 諮商輔導組 知心圖書室 S201 軍訓教室 學生各社團辦公室
合計		132949.945 m ²			

2. 隔間牆改修工程之基本資料整理

本研究收集到民國 86 年至今之九項校園建築物隔間牆工程合約書，並進行基本資料整理。此九項隔間牆改修工程依序為：

- (1) 工程一館地下室隔間工程 (86.09)
- (2) 綜合研究大樓 R912,R911 研究室火災後建築裝修工程 90.02
- (3) 工程二館資工系辦公室裝修 (90.07)
- (4) 綜合研究大樓 R808 室隔間裝修工程 (90.08)
- (5) 工程一館營建系一樓實驗室整修工程 (90.08)
- (6) 建物安全 隔間材料改善工程 (91.06)
包括：行政大樓，第二教學大樓，工程一館，工程二館，電資館，管理大樓，綜合研究大樓，體育館，活動中心
- (7) 第三教學大樓 T3 101 室隔間工程 (91.11)
- (8) 管理大樓 MA404 室內裝修工程 (92.01)
- (9) 綜合研究大樓育成中心 RB807 室內新作隔間工程 (92.04)



(圖 3-2) 台灣科技大學建築物隔間牆裝修工程之時間圖

在過去的七年裡，共有十棟建築物曾經進行過隔間牆改修工程，其中綜合研究大樓曾經進行 4 次隔間牆改修工程；工程一館、工程二館、管理大樓、及電資館曾經進行 2 次隔間牆改修工程。各棟建築物之空間進行隔間牆改修之時間、原因、及內容如表格 9 所示。而改修之隔間牆之材料與構造(骨材，吸音裝置，表面材料，及隔間牆厚度及高度尺寸)、改修規模、改修工期、及改修費用則整理如表格 10。本研究針對表格 9 及之資料，進一步分析台灣科技大學校園建築生命週期中隔間牆之改修行為與模式，其分析結果詳見第三節。

表格 9 台灣科技大學各棟建築物進行隔間牆改修之時間、原因、及內容

建築物名稱	改修時間	改修種類		改修地點	改修原因	改修內容
		新建	改良			
行政大樓	民 91.06			1F 4F	原有牆面為甘蔗板，不符合防火規定	雙面汰換 3 分矽酸鈣板
						單面封 2 分矽酸鈣板
圖書館						
第一教學大樓 視聽館						
第二教學大樓	民 91.06			1F, 2F, 4F	原有空間更改為研究室空間，新作隔間牆	4 分矽酸鈣板
				1F,2F,4F,5F	原有輕隔間牆防火性能不足	雙面汰換 4 分矽酸鈣板
				4F,5F	原有輕隔間牆防火性能不足	單面封 2 分矽酸鈣板
第三教學大樓	民 91.11			T3 101 室	原有 CNC 實驗室內新增研究室	4 分矽酸鈣板 單面封 4 分矽酸鈣板
第四教學大樓						
工程一館	民 91.06			2F, 3F, 4F	2F: 研究室內小間研究空間增加防火性能 3F: 原有研究室內隔間牆為木板，不合防火規定 4F: 研究室內隔間牆為增加防火性能	4 分矽酸鈣板
				1F	原研究室內隔間牆防火性能不足	雙面封 2 分矽酸鈣板
				1F,2F,3F	原研究室內隔間牆防火性能不足	單面封 2 分矽酸鈣板
	民 86.09			B1	原有木隔間牆不符合防火規定	4 分矽酸鈣板
工程二館	民 91.06			B1, 4F, 8F	B1: 實驗室內新增研究室 4F: 原有木隔間牆不合防火規定，拆除 8F: 實驗室內新增研究室	4 分矽酸鈣板
				4F	4F: 原有矽酸鈣板隔間牆不合防火規定	單面封 2 分矽酸鈣板
	民 90.08			營建系一樓	原有空心磚牆老舊，隔音性差，拆除新作隔間牆	4 分矽酸鈣板
電資館	民 91.06			2F,7F,8F	原有木隔間牆不符合防火時效規定	4 分矽酸鈣板
				3F,	原有牆面矽酸鈣板材料老舊更新	雙面汰換 4 分矽酸鈣板
				3F,4F,7F	原室內隔間牆矽酸鈣板 防火性能不足	單面封 2 分矽酸鈣板
	民 90.07			資工系辦公室	原為邊一般教室，更改為資工系辦公室	4 分矽酸鈣板
管理大樓	民 91.06			5F	原室內隔間牆防火性能不足	單面封 2 分矽酸鈣板
				5F	電梯間增加教授研究室空間	4 分矽酸鈣板
				B1	增加走道牆面防火安全性能	雙面封 2 分矽酸鈣板
	民 92.01			MA404 室	原為工管系學生閱覽室，更改為 EMBA/EDBA 院辦公室	3 分矽酸鈣板
綜合研究大樓	民 92.04			RB807 室	原為多用途教室，更改為育成中心使用，室內增加隔間	3 分矽酸鈣板
	民 90.08			808 室	原為多用途教室，更改為育成中心廠商辦公空間，增加室內空間用途	4 分矽酸鈣板
	民 91.06			B1,7F	原室內隔間牆防火性能不足	雙面封 2 分矽酸鈣板
				B1,3F	原室內隔間牆防火性能不足	單面封 2 分矽酸鈣板
	民 90.02			R911,R912	火災後重新裝修	雙面封 4 分矽酸鈣板
宿舍	第一學生宿舍					
	第二學生宿舍					
	第三學生宿舍					
其它	體育館	民 91.06		B1	原有隔間牆矽酸鈣板防火性能不足	4 分矽酸鈣板
	活動中心	民 91.06			3F	新增社團辦公室
				B1,2F,3F	原室內隔間牆防火性能不足	雙面封 2 分矽酸鈣板

表格 10 台灣科技大學各棟建築物隔間牆改修之材料與構造、規模、工期、及費用

建築物名稱	改修種類		隔間牆構法與尺寸						規模 (m ²)	單價 (元/m ²)	費用 (元)	工期 (日)
	新建	改良	骨材		吸音棉 密度 (kg/m ³)	面板材料	隔間牆 高度 (cm)	隔間牆 厚度 (cm)				
			垂直 立柱 間隔	水平 橫桿 間隔								
行政						雙面汰換3分矽酸鈣板	340	9	604	506	305,624	9.5
						單面封2分矽酸鈣板	340	9	9	221	1,989	0.5
教學及研究												
			@60cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	343	9	69	822	56,718	1
						雙面汰換4分矽酸鈣板	343	9	127	620	78,740	2
						單面封2分矽酸鈣板	343	9	308	221	68,068	5
			@60cm	@120cm	100K	4分矽酸鈣板	430	15	72	927	66,744	7.5
						單面封4分矽酸鈣板	430	15	25	649	16,225	2.5
			@60cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	340	15	204	810	165,240	10
			@60cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	340	9	231	822	189,882	4
						雙面封2分矽酸鈣板	340	9	102	443	45,186	2
						單面封2分矽酸鈣板	340	9	131	221	28,951	2
			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	300	9	167	990	165,330	41
			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	345	9	74	822	60,828	1.5
						單面封2分矽酸鈣板	345	9	80	221	17,680	1.5
			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	345	9	125	822	102,750	2
			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	340	9	22	954	20,988	20
						雙面汰換4分矽酸鈣板	345	9	199	620	123,380	3
						單面封2分矽酸鈣板	345	9	299	221	66,079	4
			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	345	9	25	822	20,550	1
			@40cm	無	60K	3分矽酸鈣板	390	9	94	531	49,914	15
						雙面封2分矽酸鈣板	390	9	127	443	56,261	2.5
						單面封2分矽酸鈣板	390	9	122	221	26,962	2.5
			@40cm	@120cm	48K	4分矽酸鈣板	394	9	87	1042	90,654	15
			@40cm	@300cm	60K	3分矽酸鈣板	394	9	68	959	65,212	20
						雙面封2分矽酸鈣板	394	9	244	443	108,092	4
						單面封2分矽酸鈣板	394	9	121	221	26,741	2
			@60cm		24K	雙面封4分矽酸鈣板	394	10	138	1690	233,200	30
宿舍												
其它			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	300	9	57	822	46,854	1
			@40cm	@120cm	24K	4分矽酸鈣板	310	9	22	822	18,084	0.5
						雙面封2分矽酸鈣板	310	9	549	443	243,207	8.5

第三節 校園建築隔間牆改修之模式

1. 隔間牆改修之原因

由表 3-2 之資料可發現，校園建築物進行隔間牆改修之原因大致上是為了滿足以下四個類型之需求：

- (1) 變更空間之使用用途（機能需求）：校園建築空間內出現於既有實驗室內重新設置研究室／辦公室（第二、第三教學大樓，工程二館），或將既有教室或閱覽室將變更為辦公室使用（電資館，管理大樓，綜合研究大樓）而進行隔間牆新建之現象。
- (2) 增設使用空間（機能需求）：曾經出現系所於電梯間增設教授研究室空間（管理大樓）而進行隔間牆新建之現象。
- (3) 改善空間之環境品質（美觀／性能需求）：曾出現因原有隔間牆老舊不堪，或隔音性能差，而進行隔間牆新建之現象。
- (4) 提升空間之安全性（安全需求）：曾出現因原有隔間牆之表面材料為木板或甘蔗板，不符合新的防火性能要求，而進行隔間牆改良之現象。
- (5) 災害損毀 災後重建：曾因火災燒毀研究室 綜合研究大樓，災後重新裝修而進行隔間牆新建之現象。

2. 改修內容與規模

台灣科技大學建築物之室內隔間牆在初始興建時所採用之材料大約有幾種：磚牆，空心磚牆，輕鋼架隔間及木隔間。經過本研究之資料整理，這些屋齡不等之建築物經過多年之使用之後，出現兩個類型之隔間牆改修：

A. 隔間牆新建

較常出現的狀況有二：（1）部分建築物室內空間由於原始木隔間牆或空心磚牆過於老舊，而進行拆除、重新興建輕鋼架隔間牆；（2）部分建築室內空間原為磚牆，由於該空間之使用機能出現改變，而在原有較大之空間內進行輕鋼架隔間牆之新建。根據目前之資料發現，校園建築空間中原有之磚牆或輕鋼架隔間牆通常會被保留，將其拆除、再進行隔間牆新建之實例似乎不常發生。此外，在本研究的資料整理中出現災害因素，因火災造成原有隔間牆材料不堪使用，必須將舊有燒毀隔間牆拆除新作輕隔間牆。

本研究針對表格 10 之隔間牆改修規模資料進行分析，結果顯示：

與以下之隔間牆改良相比，隔間牆新建之規模較小。台灣科技大學校園建築物之隔間牆新建工程有 15 項，新建工程中隔間牆面積規模最小者為 22m²（以 3m 高計，約 7m 長），最大者為 204m²（約 65m 長），平均為 97m²（約 30m 長）。

B. 隔間牆改良

台灣科技大學校園建築物中部分空間之原始隔間牆採用易燃板材，或不符防火規定。因此校方為了提升室內空間之安全性，而進行隔間牆之改良工程。將隔間牆之表面板材予以拆除、更換成，或於原有隔間牆上覆加，防火性能較佳之板材（如矽酸鈣板）。

隔間牆改修之規模大小差距則較大，而平均而言改良規模也較大。台灣科技大學校園建築物隔間牆之改良工程有 15 項，改良工程中隔間牆面積規模最小者為 9m²（以 3m 高計，約 3m 長），最大者為 604m²（約 200m 長），平均為 203m²（約 65m 長）。

表格 11 隔間牆改良之類型

改 修 內 容 及 種 類	原有牆面雙面汰換 3 分 / 4 分矽酸鈣板	1 汰換：保留原有骨架，拆除現有雙面易燃板材及運棄 2 現有牆面物品、踢腳板等承商需負責拆卸及復原 3 表面為一底二度刷漆，油漆需採用 ICI、虹牌、長程等正字標記品牌
	原有牆面雙面封 2 分矽酸鈣板	1 原有骨架及牆面板材不拆，加釘矽酸鈣板 雙面 2 現有牆面物品、踢腳板等承商需負責拆卸及復原 3 表面為一底二度刷漆，油漆需採用 ICI、虹牌、長程等正字標記品牌
	原有牆面單面封 2 分矽酸鈣板	1 原有骨架及牆面不拆，加釘 2 分矽酸鈣板 2 接縫處加作鋁壓條處理 3 表面為一底二度刷漆，油漆需採用 ICI、虹牌、長程等正字標記品牌
	原有牆面單面封 4 分矽酸鈣板	1 原有骨架及牆面不拆，加釘 4 分矽酸鈣板 2 接縫處加作鋁壓條處理 3 表面為一底二度刷漆，油漆需採用 ICI、虹牌、長程等正字標記品牌
	災後舊牆拆除新作 4 分矽酸蓋板隔間牆	1 燒毀舊牆拆除運棄 2 新作鍍鋅鋼骨架、填充材，兩側封 4 分矽酸蓋板 3 表面為一底二度刷漆，

C. 材料與構造分析

根據表格 11 中隔間牆之材料與構造之資料可知，台灣科技大學校園建築物隔間牆之新建或改良工程各有其其主要的構造型式：

(1) 隔間牆新建之構造（圖 14，圖 15）

骨材尺寸：統一採用斷面尺寸 65mm x 35mm 之鍍鋅輕 C 型鋼作為立柱與橫桿

垂直立柱間隔：有 40cm 及 60cm 兩種；門框周圍需設置兩支立柱予以補強

水平橫桿間隔：於地面及天花設置固定水平橫桿，上下橫桿之間原則上設置至少兩支水

平支撐 約牆身 1/3 及 2/3 處 加以補強。垂直及水平桿件所形成之方形不得大於 60cm x 120cm。

表面板才：多採用矽酸鈣板（4 尺 x 8 尺），雙面封置，厚度有 3 分及 4 分兩種

吸音裝置：多採用 2" 之吸音棉，密度有 24K，48K，60K，及 100K 四種

尺寸：隔間牆高度視室內空間高度而定，約在 300~430cm 之間；厚度有 9cm 及 15cm 二種

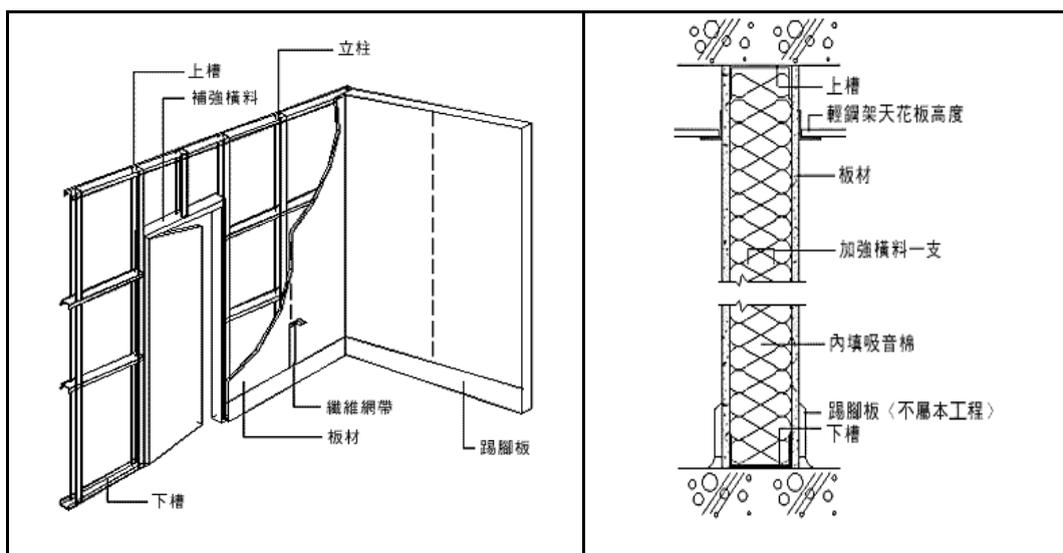


圖 14 新建隔間牆之構造示意圖及剖面圖

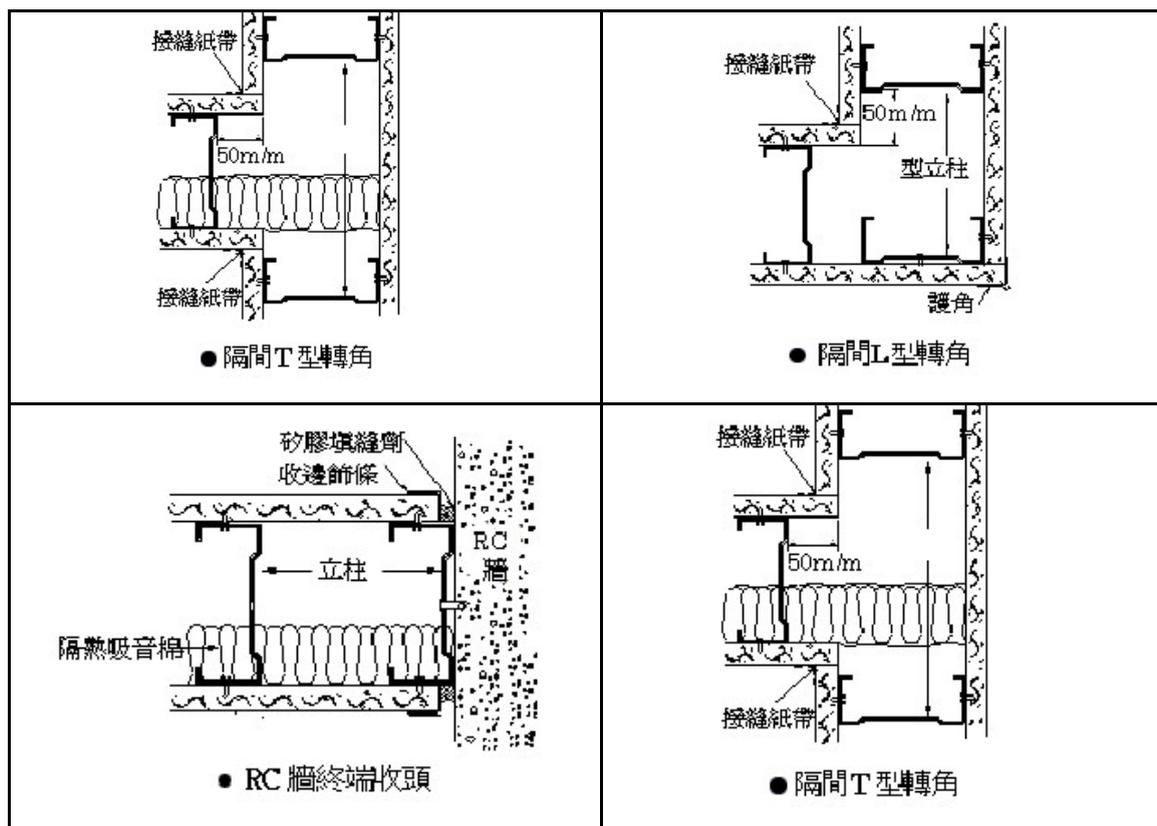


圖 15 新建隔間牆轉角與接頭之標準構造示意圖

(2) 隔間牆改良之構造

骨材尺寸：保留原有垂直立柱與水平橫桿

表面板材：多採用矽酸鈣板（4 尺 x 8 尺），有雙面汰換（拆除原有板材，更新），雙面封及單面封（覆置於原有板材之上），板材厚度有 2 分、3 分、及 4 分三種

吸音裝置：保留原有吸音棉

3. 隔間牆改修之施工流程

隔間牆新建之施工流程一般可分為幾個步驟（圖 16）：

- (1) 放樣
- (2) 固定上下之水平方向槽鋼
- (3) 架設垂直立柱，門兩側需設置立柱；設置水平橫桿
- (4) 單側封板
- (5) 填裝隔熱吸音棉，配設強弱電管線

(6) 雙面封板



圖 16 隔間牆新建之施工流程

4. 改修頻率分析

由表格 9 及表格 10 可知，台灣科技大學校園建築之隔間牆改修最常發生於各系所之教學研究空間，其次是行政大樓及學生活動空間（體育館，學生活動中心），至於學生宿舍空間則未曾進行隔間牆改修。

至於校園建築物隔間牆之改修頻率如何呢？由於校園建築中之空間面積大小差異極大，而且空間之界定較不清楚。因此，很難以「百分之多少之空間曾經於某個期間內進行隔間改修」之概念來估算其改修頻率。本研究轉而以「某單位樓地板面積每年約進行多大規模之隔間牆改修」之概念來估算其改修頻率：以民國 86 年至今，新建之總隔間牆面積，及校園建築總樓地板面積（不含學生宿舍面積）來計算。其結果如表格 12 所示：

(1) 隔間牆新建：各系所由於使用上之需求會進行隔間牆之新建，然

而規模均不大（平均新建面積約 97m^2 ）；而其改修頻率大約是 - 在 1000m^2 之樓地板面積中，每年新建之隔間牆面積約為 2m^2 。

- (2) 隔間牆改良：各系所為了改善隔間牆之性能，會進行隔間牆之改良工程。一般而言，其規模較新建為大（平均改良面積約 203m^2 ）；而其改修頻率大約是 - 在 1000m^2 之樓地板面積中，每年改良之隔間牆面積約為 4m^2 。

表格 12 台灣科技大學校園建築隔間牆之改修頻率、平均改修規模、平均費用、及平均單價

	隔間牆新建	隔間牆改良
A 隔間牆改修工程項目數量	15 項	15 項
B 隔間牆改修總面積 (m^2)	$1,455\text{m}^2$	3047m^2
C 隔間牆改修總工程費用	1,352,948 元	1,213,185 元
D 校園建築物之總樓地板面積 (不含學生宿舍面積)	$105,260\text{m}^2$	$105,260\text{m}^2$
E 研究時間 (86 年迄今)	7 年	7 年
改修頻率 ($=B/D/E$, $\text{m}^2/\text{年}$ - 1000m^2)	$2.0 \text{ m}^2 / \text{年}$ - 1000m^2	$4.1 \text{ m}^2 / \text{年}$ - 1000m^2
平均改修規模 ($=B/A$, $\text{m}^2 / \text{項}$)	$97\text{m}^2 / \text{項}$	$203\text{m}^2 / \text{項}$
平均改修費用 ($=C/A$, 元 / 項)	90,196 元 / 項	80,879 元 / 項
平均改修單價 ($=C/B$, 元 / m^2)	930 元 / m^2	398 元 / m^2

表格 12 所估算之隔間牆改修頻率反映的當然是台灣科技大學之使用狀況，至於其他校園建築是否也有同樣的改修頻率，則需要進一步去研究。各校園建築之改修頻率若有相近之模式，則可根據此改修頻率及單價（下一頁），進行隔間牆之生命週期成本分析，以利可拆組隔間牆之價格定位及設計目標定位，作為未來研發可拆組隔間牆系統之依據。

5. 工程費用與單價分析

本研究以表格 9 之隔間牆改修規模與費用之資料為基礎，進行隔間牆改修之單價分析，其結果如表格 13 所示：

- (1) 隔間牆新建：新建工程之費用是其規模而定，每次新建工程最低約為二萬元，最高約 19 萬元，平均約為 9 萬元（表格 12）。至於新建之單價大致上介於 800 到 1700 元 / m² 之間，視其垂直立柱之間隔，表面板材之厚度，及吸音棉之密度而定。此單價包含原有隔間牆之拆除與運送費用，以及新隔間牆材料與人力施作之費用。
- (2) 隔間牆改良：改良工程之費用是其規模而定，每次改良工程最低約為二千元，最高約 30 萬元，平均約為 8 萬元（表格 12）。至於改良之單價大致上介於 220 到 650 元 / m² 之間。改良之單價主要視表面板材之厚度而定。此單價主要反應新板材與人力施作之費用。

表格 13 台灣科技大學校園建築隔間牆之新建與改良之單價比較

工程名稱	隔間牆改良				隔間牆新建				
	雙面汰換 3分矽酸 鈣板	雙面封 2分矽 酸鈣板	單面封 2分矽 酸鈣板	單面封 4分矽 酸鈣板	新作3 分矽酸 蓋板隔 間牆	新作4分矽酸鈣板隔間牆			
						48K 吸音棉 @40cm 立柱	24K 吸音棉 @40cm 立柱	24K 吸音棉 @60cm 立柱	100K 吸音棉
1	工程一館 地下室隔間工程							810	
2	電資館 資工系辦公室裝修						954		
3	綜合研究大樓 R808 室隔間裝修工程					1024			
4	工程二館營建系一樓實驗室整修工程						990		
5	建物安全 隔間材料改善工程								
	管理大樓		443	221				822	
	行政大樓	506(3分)		221					
	活動中心		443					822	
	體育館							822	
	綜合研究大樓		443	221					
	工程一館		443	221				822	
	工程二館			221				822	
	電資館	620(4分)		221				822	
	第二教學大樓	620(4分)		221				822	
6	第三教學大樓 T3 101 室隔間工程				649				927
7	管理大樓 MA404 室內裝修工程					531			
8	綜合研究大樓 育成中心 RB807 室新作隔間工程					959			
9	綜合研究大樓 R911,R912 研究室火災後建築裝修工程							1690	

第四節 小結

本研究以台灣科技大學校園建築物為研究對象，探討民國 86 年至 92 年之間，各棟建築物進行隔間牆改修之模式。研究發現此校園之建築物使用者進行隔間牆改修之主要原因有五：變更空間之使用用途，增設使用空間，改善空間之環境品質，及提升空間之防火性能，災後重建。隔間牆之改修有新建及改良兩種類型。隔間牆之改修多出現於各系所之教學研究空間，學生宿舍則從未發生隔間牆改修。

隔間牆新建之主要內容為將既有空間格成較小之空間，向外增設空間，或拆除破舊損毀之隔間牆、重新設置新隔間牆；其材料及構造主要為 C 型槽鋼之立柱與橫桿（65mmx35mm），吸音棉，及矽酸鈣板；其改修規模不大，每次新建工程之隔間牆面積平均為 97m²，工程費用平均約為 9 萬元（單價為 800~1700 元 / m²），改修頻率約為每 1000m² 之樓地板面積每年之隔間牆新建面積約為 2m²。

隔間牆之改良是為了提升既有隔間牆之防火性能，改修內容為將既有隔間牆面材拆除、更新為新面材，或於舊有面材上直接覆設新面材；其材料及構造主要為不同厚度之矽酸鈣板；其改修規模較新建大，每次改良工程之隔間牆面積平均為 203m²，工程費用平均約為 8 萬元（單價為 220~650 元 / m²），改修頻率約為每 1000m² 之樓地板面積每年之隔間牆改良面積約為 4m²。

第四章 室內可拆組隔間牆設計手冊

「室內可拆組隔間牆設計手冊」撰寫的目的係根據文獻、案例與技術資料整理所得，在考慮台灣本地的法規需求的前題下，建立本土可拆組隔間牆開發之基本技術參考資料，以利本土業者與研究單位開發室內可拆組隔間牆，進而推廣室內可拆組隔間牆在台灣之使用。

設計手冊的內容計分三大部分。第一部分為概論，包含 1. 導論、2. 模矩計劃、3. 誤差與精度控制、4. 存放與運輸等四個章節。第二部分為性能，包括 1.物理性、2.機械性 3.組裝性，第三部份則為構法與材料原則。

第一節 導論

當吾人擬進行新產品之開發或舊產品之改良時，必須設定欲達成之目標。而其相關影響因子之釐清，遂成為決定構法開法或改良目標之首要課題。影響室內可拆組隔間牆構成的因子眾多，諸如：幾何要求、物理性、機械性、配管可能性要求、視覺、造形、美學要求、經濟性(價格)要求、時間性及組裝性...等等。由於不同的性能要求比重設定往往會產生不同的產品設計前題，並決定產品的品質、位階所在，進而影響產品成本，甚至決定該產品市場銷售之成敗。因之，「室內可拆組隔間牆性能要求表」之訂定即成為開發新的室內可拆組隔間牆系統時的先決要件。

本研究針對室內可拆組隔間系統之研發，為使系統開發前邊際條件設定及系統開發完成後之評估有所依據，特進行室內可拆組隔間牆性能要求項目之重要性權重分析。各評估項目其內容依據國內外相關文獻蒐集、廠商訪談等學者專家建議彙整而成，評估項目共計 10 項，各評估項目定義內容，見附錄 G 專家諮詢問卷。由於室內可拆組隔間牆性能要求項目所涉及之領域較為廣泛，故本研究擬以 AHP 專家諮詢問卷方式並斟酌專家建議進行各要項權重分析，做為系統開發、評估及推廣之決策參考依據。

本問卷所訪調之對象，涵括產官學等各界代表，其中，隔間系統廠商代表 6 位，建築師代表 6 位，營造廠代表 6 位，學術界代表 4 位，公務單位代表 6 位，建設公司及使用者代表 3 位，共計 31 位。所回收之問卷中，業經「一致性檢定」得有效問卷，隔間系統廠商代表 5 份，建築師代表 4 份，營造廠代表 5 份，學術界代表 3 份，公務單位代表 5 份，建設公司及使用者代表 1 份，共計 21 份。取有效問卷之幾何平均值，得各評估項目之權重值。各項目依其權重高低之排序，依序為：物理性(0.138)、施工組裝性(0.136)、經濟性(0.130)、機械性(0.106)、維護更新性(0.105)、配管可能性(0.085)、視覺性(0.085)、再生循環性(0.083)、幾何性(0.073)、生產性(0.058)。(如表格 14、圖 17)。

為便利區別各性能要求之優劣，以上性能應加以評等。由於各種各種性能並非均可以量化方式表達。而可以量化方式評等之項目其單位也不盡相同，故量化評等有其困難。然而，吾人仍可採定性方式，將各個因子之優劣分成多種等級，如五級、六級...等，以便加以評估。下表為分為六個等級的評估方式(表格 16)。

表格 14 室內可拆組隔間牆性能要求評估項目暨權重表

評估項目	隔間廠商代表 權重值	建築師代表 權重值	營造廠代表 權重值	學術界代表 權重值	公務單位代表 權重值	使用者代表 權重值	所有代表 權重 總和	權重值
幾何性	0.131	0.052	0.060	0.061	0.080	0.058	1.541	0.073
物理性	0.114	0.149	0.114	0.178	0.142	0.147	2.898	0.138
機械性	0.102	0.096	0.074	0.175	0.107	0.111	2.234	0.106
配管可能性	0.081	0.066	0.084	0.073	0.116	0.062	1.787	0.085
視覺性	0.063	0.116	0.057	0.046	0.092	0.238	1.775	0.085
生產性	0.073	0.074	0.046	0.053	0.060	0.021	1.224	0.058
施工組裝性	0.096	0.118	0.212	0.086	0.139	0.091	2.863	0.136
維護更新性	0.086	0.097	0.146	0.113	0.085	0.065	2.207	0.105
再生循環性	0.139	0.061	0.082	0.125	0.054	0.024	1.741	0.083
經濟性	0.115	0.171	0.126	0.090	0.124	0.183	2.731	0.130

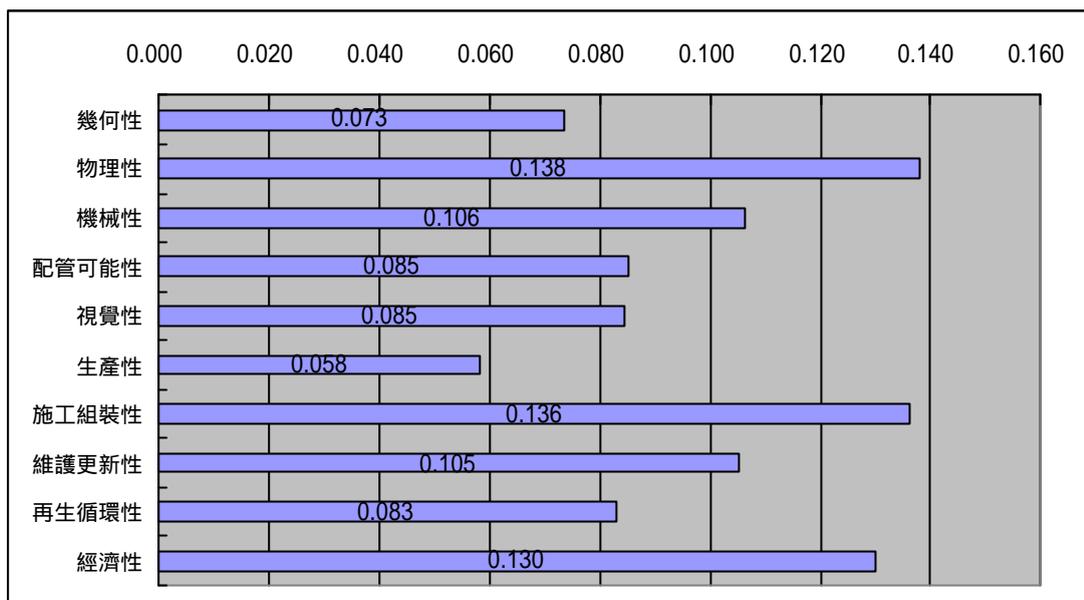


圖 17 評估項目權重分析圖

表格 15、室內可拆組隔間牆性能要求暨權重表

要求之種類	加權
1. 幾何要求	x2
2. 物理性要求	x4
3. 機械性要求	x3
4. 配管可能性要求	x3
5. 視覺、造形、美學要求	x4
6. 經濟性(價格)要求	x2
7. 訂貨至交貨時間及組裝性	x1

表格 16、要求評分表

要求之權重評點	分數
1. 完美滿足要求	5
2. 極滿足要求	4
3. 所有點均恰符合要求	3
4. 僅在主要重點符合要求	2
5. 僅部分滿足要求	1
6. 不符合要求	0

第二節 模矩計劃

模矩計劃是為任何工業化量產產品之計劃基礎。在此尺寸秩序嚴格之控制下，各構件單元的尺寸方能充分協調，進而提升計劃之效率與量產之經濟性，也提供了誤差校正及精度控制之參考基準。單位面積重量、構件寬度、構件長度、構件厚度等係室內可拆組隔間牆的四種重要的基本資料，四者均與模矩尺寸直接或間接相關，此也說明模矩計劃在室內可拆組隔間牆的設計與開發中亦是不容忽視的重要計劃課題。以下茲就模矩格子、調適尺寸、軸線與帶狀模矩等三個面向，說明室內可拆組隔間牆模矩計劃時應注意的事項。

1. 模矩格子

室內可拆組隔間牆之模矩配合尺寸宜遵守 CNS 2927(建築尺度配合基準)、CNS 4115(建築模矩配合原則)、CNS 3538(工業化建築之優先使用水平尺度)...等有關模矩計劃之規定。亦可參考諸如 ISO 2848、DIN 18000 等等國外標準之規定設置之。

上述標準均將建築構件的基本模矩之單位訂為 M(1M 為 10cm)，而工業化建築之優先尺度則訂為 3M 之倍數模矩。根據德國室內可拆組隔間牆協會建議，可拆組隔間的長寬尺寸最好為倍模矩 12M(120cm)。然而醫院之門通常大於或等於 120cm，故其此 12M 大小應可視使用機能之實際需求適度放大之。

室內可拆組隔間牆之標準構件原則上應為矩形構件，以使其容易符合上述國內或國外標準組織之尺寸規範。室內可拆組隔間牆模矩計劃尚需考慮配線、插座及開關設置之需求：一般而言，由於普通門之開口淨寬約介於 800~950mm 之間，故若以 12M 為室內可拆組隔間牆板材之寬度模矩時，牆下之寬度可提供走電線之用。然電源插座與開關等設施須避免設置於帶狀模矩上，以免牆之接點在此不易處理，故電源插座、開關、電線出入口最好置於門外餘寬中。(圖 18)

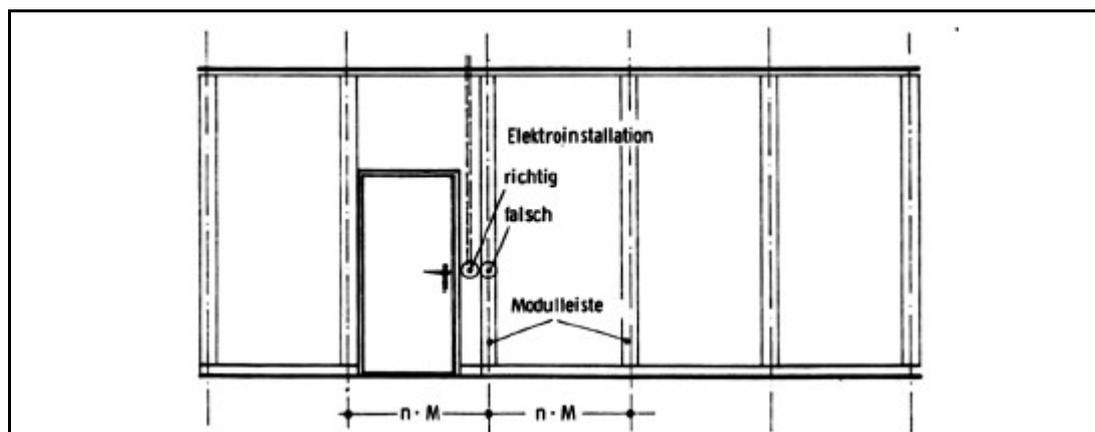


圖 18、配置電線於模矩計劃的室內可拆組隔間牆中[zeeb, p.18]

2. 調適尺寸

所謂「調適尺寸」係建物中過渡非模矩區尺寸至模矩尺寸之尺寸，該尺寸可有諸多尺寸等級，以使部材即便在極端特殊之情況下，仍可能使其工業化量產成為可能。各調適尺寸等級之差額必須由構件的接點型材之尺寸調整機制吸收之。

吾人可設定預製室內可拆組隔間牆的調適構件的尺寸等級為四級：0~2.5cm、2.5cm~5cm、5cm~7.5cm、7.5cm~10cm；此四種調適尺寸等級為歐洲內裝工作者所普遍認可者。其中所有接點型材之尺寸調整機制應能吸收 0~2.5cm 之尺寸差異，而調適構件計有 2.5 及 7.5cm 三種尺寸，如此則可以此三種尺寸的調適構件吸收 0~10cm 的尺寸差異。

茲以下圖說明調適尺寸應用的實例(圖 19)：一模矩化的內牆構件與柱相距 9cm，亦即牆單元與柱間存在之「非模矩區尺寸」為 9cm。此尺寸差異最後乃透過預製的調適尺寸構件吸收 7.5cm(因其寬度為 7.5cm)，以及接點型材的尺寸調整機制(吸收剩下的 1.5cm)所平衡之。

對於具非倍模矩或基本模矩尺寸之構件而言，尚可採用所謂的「次模矩」(Sub-module)之構件尺寸(亦即基本模矩之整數分數，如 $M/2$ 、 $M/4$ 、 $M/5$ 、 $M/10$...等，來達成模矩配合之目的。然此次模矩之分劃標準，於歐洲的室內可拆組隔間牆業者尚未達成一致之協議。

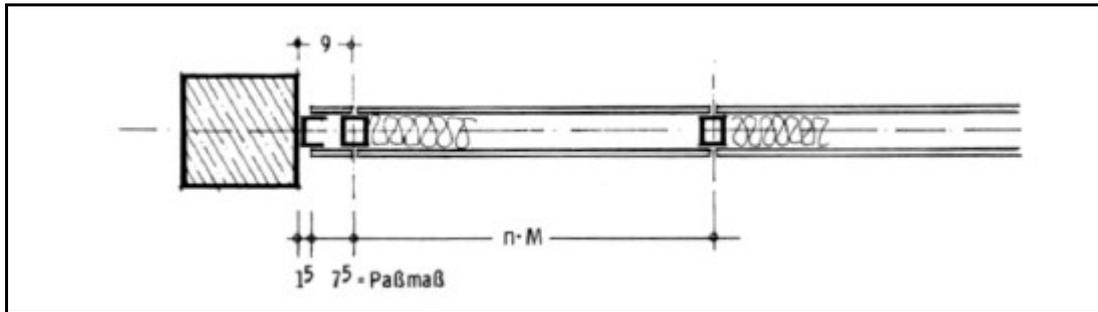


圖 19、調適尺寸構件應用實例 [Zeeb, p.17]

3. 軸線與帶狀模矩

從二階段供給的開放建築觀點觀之，模矩可依支架體與填充體之差異分為：1. 結構體模矩，2. 填充體模矩。

兩種模矩若能分開，亦即結構體與填充體分離，則平面及構造的開放性效果會大大提升（亦即平面可動性較大、接頭不受彼此干擾、結構體與填充體不同精度要求的問題可避免、亦可避免結構體與填充體特殊接頭之開發）。

兩種模矩系統分離的難易度與其所採用的結構系統息息相關。一般而言，有利於結構體與填充體分開的結構系統係骨架系統。而承重牆系統則因結構體與圍封體往往難以區別，而較不易將結構體與填充體分開處理。

接頭的處理也會影響兩種模矩系統的分離性：室內可拆組隔間牆與結構體，或與其他系統的接頭愈易處理、掌握，則結構體對次系統的構成影響與轄制性愈小，愈可避免針對個案開發特別的構件及細部，而以種類較少，而有限的泛用接頭或構件構成整體系統，以收經濟之效。

德國學校建築(大學、中小學)新建工程，在設計的需求上，目前已有兩種模矩分開的明文要求，此值得國人進行學校工程之建築計劃時借鏡參考。

室內可拆組隔間牆構造所屬的填充體模矩計劃亦可細分成「軸線模矩」或「帶狀模矩」等兩種方式施作，以下茲進一步說明之：

A. 軸線模矩

軸線模矩乃以構件之中軸為位置之基準參考軸，通常不考慮構件之實際厚度(圖 20)。因之於十、T 形接點處，某些構件往往需切除，或不採切除，而用長度較短的特別構件。因之，整個採軸線模矩計劃的室內可拆組隔間牆構件通常有兩種不同的構件寬度: A. 全長構件、B. 少半厚構件。

除此之外，以軸線模矩施作之室內可拆組隔間牆，其於 T 與 L 形接角必須設計特別之構件與之相接。L 型接角，或可以採 45 度接縫方式處理，切除 45 角，則所有構件在外觀上具相同寬度。然此種作法，因防水、接點構造、施作等問題並不多見。

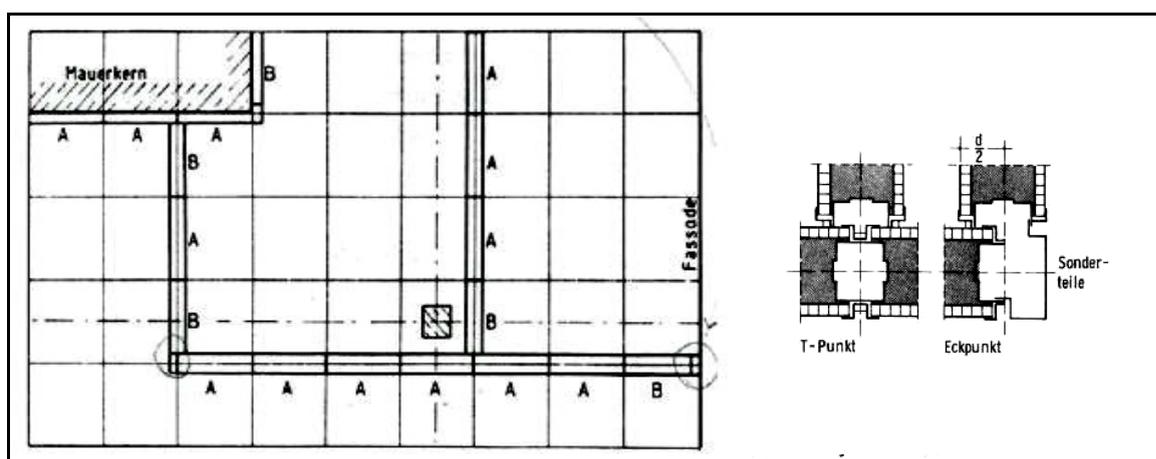


圖 20、軸線模矩之原理。

左圖: 結構與圍封材分離的軸線模矩[weller]。右圖: T 型、L 型接頭[Zeeb, p.18]

B. 帶狀模矩

帶狀模矩為考慮構件實際厚度的模矩作法。該種模矩係將構件置於兩平行的座標面上，此種作法的構件可只有一種寬度，因之可免切除，也不需特別的構件。然而此種模矩須增加構件間正方形斷面的接頭型材或蓋板設計。此接頭結點之邊長等於構件之厚度。

與軸線模矩相較，此種模矩的構件接點過多，增加組裝操作的工作量與時間。故若內牆構成大多為直線，而少 T、十字形接頭者，則

帶狀模矩較經濟。反之，則應採用軸線模矩。

在此正方形斷面的接頭型材中，通常可走電管，但不宜裝設燈具、出風口、消防灑水頭等。該類設備構件宜裝設在天花之內，以使室內可拆組隔間牆的可拆組性不受到阻礙。(見 DIN 18000, B11、B12)

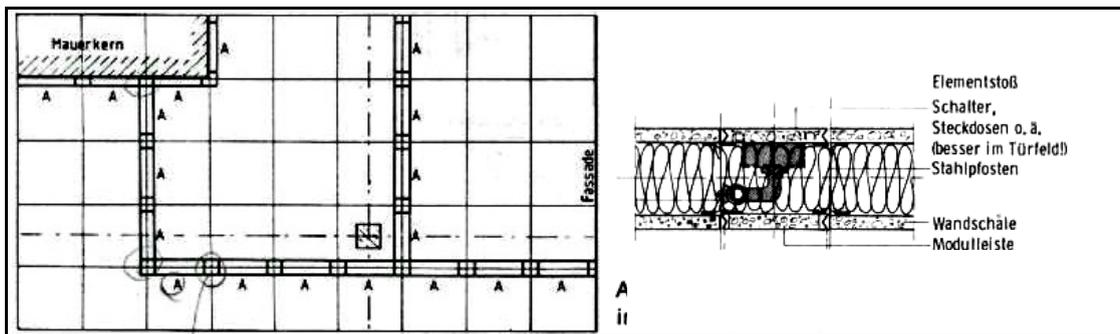


圖 21、帶狀模矩之原理。

左圖: 結構與圍封材分離的帶狀模矩[Weller]。右圖: 版縫接頭[Zeeb, p.18]

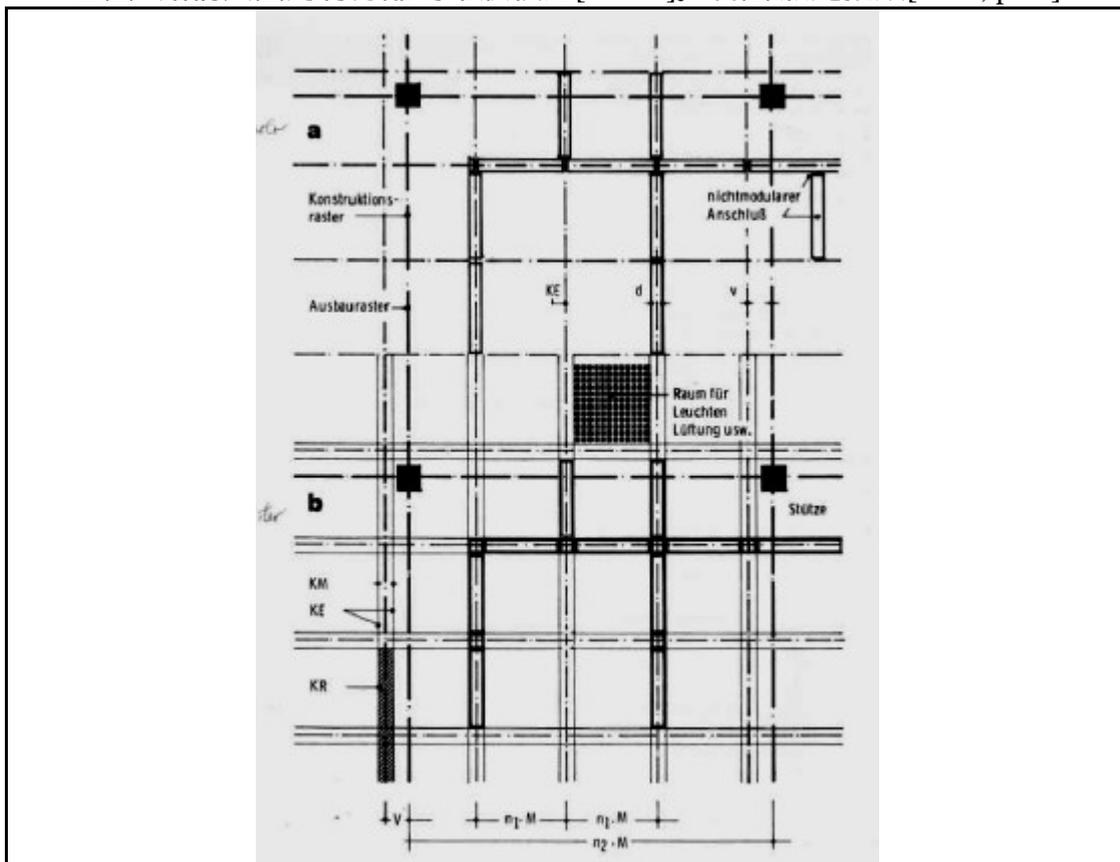


圖 22、交錯之結構模矩系統與圍封模矩系統計劃

據 Zeeb 式 1977 年對室內可拆組隔間牆產品市場之調查可知，具純軸線模矩之室內可拆組隔間牆市場佔有率最高。混合式模矩之市場佔有率次之，而純帶狀模矩的市場佔有率最少(表格 17)。

表格 17、德國 1977 年不同模矩系統室內可拆組隔間牆產品市場佔有率比較

模矩種類	產品佔有比例
純軸線模矩	58.5%
純帶狀模矩	19.5%
混合式模矩	22%
	100%

第三節 誤差與精度控制

CNS 13079(建築尺度偏差及許可差之類型)，將建築尺度偏差及許可差之類型分成 1.製作許可誤差、2.放樣許可誤差以及 3. 組立許可誤差三種。其中，製作許可差又可分為尺度許可差、方位許可差及形狀許可差三種。放樣許可差及組立許可差均可進一步分成位置許可差、方位許可差兩種(圖 23)。

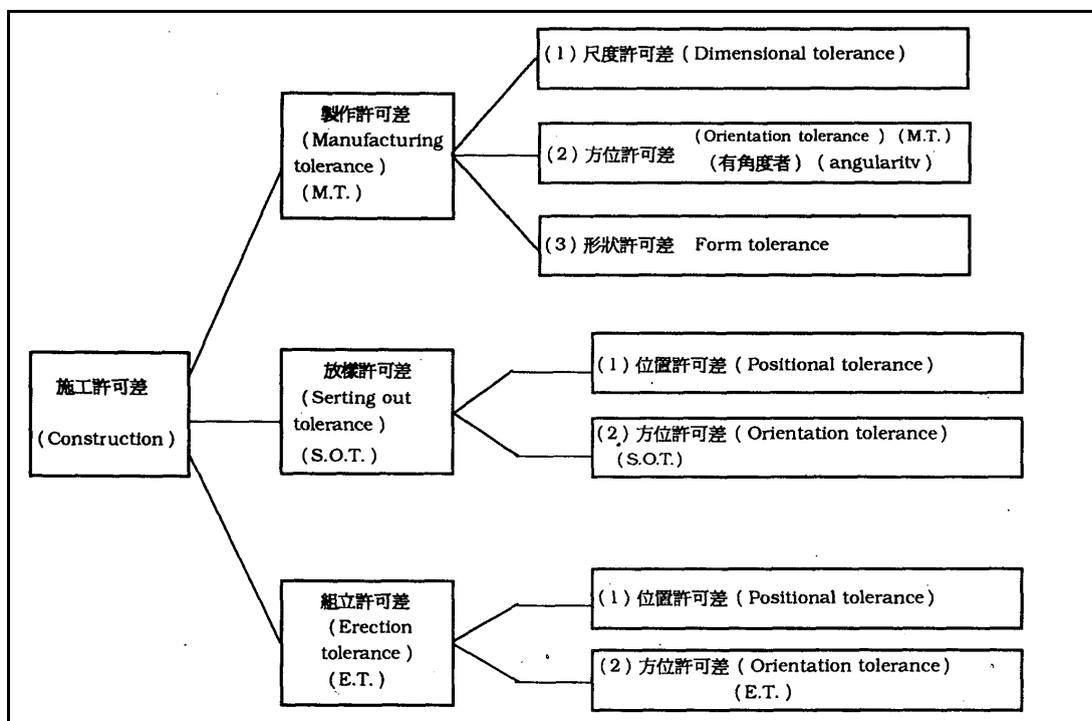


圖 23、CNS 13079 有關建築尺度偏差及許可差之分類[CNS 13079]

建築工程的各種誤差在所難免，然而在容許範圍內的室內可拆組隔間牆之製造許可誤差、放樣許可誤差，以及組立許可誤差，則應控制於室內可拆組隔間牆可吸收的範圍內，而由室內可拆組隔間牆之誤差調整機制所吸收。此種誤差一般出現於室內可拆組隔間牆本身及其與垂直或水平構件之界面。因之，結點接縫的設計，務必能吸收前述相關之容許誤差，而使組裝工作得以快速無阻地完成，並確保一定的工程品質。

前述誤差之吸收與調整，故然極為重要，但此事後的調整或補救往往造成工作上的麻煩。是故，若能事前嚴格控制製造與組裝的精度，並協調各種工程與工種之許可差區間，將有助於減輕誤差吸收與調整工作的負擔。

1. 製作許可差

所謂製作許可差依 CNS 13079 之定義，係對基準形狀的空間寬限，其限制範圍於製作完成可容納組件上一點、一線或一表面者。製作許可差尚有以下三種：

- (1) 尺度許可差:如長度、寬度、厚度等之許可差寬尺寸。
- (2) 方位許可差:如角度方位偏差。
- (3) 形狀許可差:如原平整面發生波形、腫突等變形尺寸差異。

此三種製作許可差須在工廠內控制。德國 DIN 4103 對於非承重內牆的形狀許可差有關真平度(flatness)的規定如下(表格 18、圖 24):

表格 18、形狀偏差(真平度(flatness))規定[DIN 4103]

垂直或水平界面					
間距 l , 高度偏差 h (單位 mm)					
l	100mm	1000mm	4000mm	10000mm	15000mm
h	1	3	9	12	15
相關尺寸可以內差法求之。距離 15m 以上者容許誤差固定為 15mm					

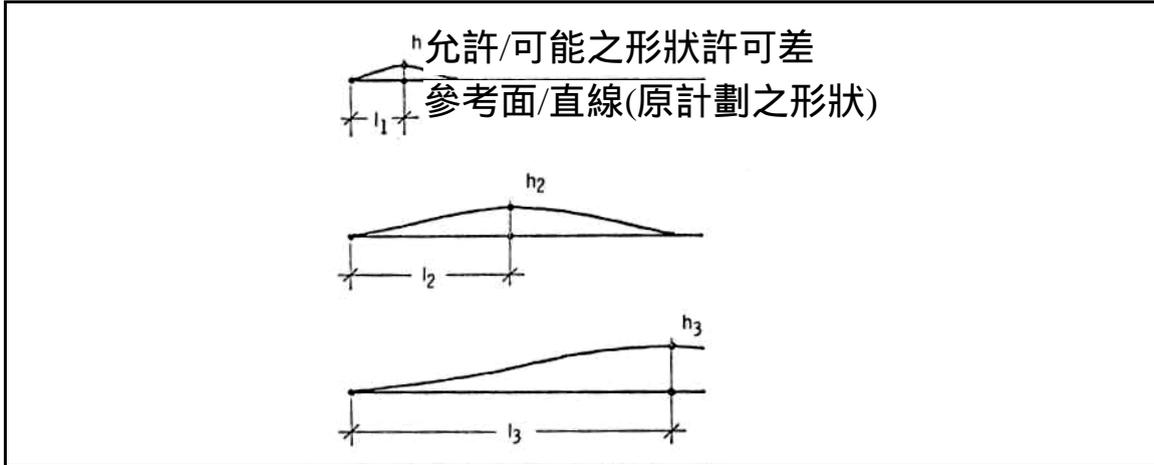


圖 24、形狀許可差(真平度(flatness))示意圖

2. 放樣許可差及組立許可差

所謂「放樣許可差」依 CNS 13079 之定義，係基地上對組件實際形狀及基準點或線實際位置之空間寬限，其限制範圍內可容納組件上一點、一線或一表面者。

所謂組立許可差依 CNS 13079 之定義，係基地上對組件實際形狀及基準點或線實際位置之空間寬限，其限制範圍內可容納組件上一點、一線或一表面者。放樣許可差及組立許可差尚有以下兩種：

- (1) 位置許可差:如室內可拆組隔間牆座落位置座標之偏差。
- (2) 方位許可差:如室內可拆組隔間牆座落位置角度方位之偏差。

德國 DIN 4103 對於非承重內牆的位置許可差之規定如下：

表格 19、位置偏差規定[DIN 4103]:

位置偏差	垂直接面(如牆)	水平接面(接樓板/地板)
a)現存既有偏差(組裝時)	±15mm	±15mm
b)會改變者(組裝後)	±5mm	±10mm

說明位置偏差時，應表示每個許可差區間之實際位置及其與基準面(線)之距離(圖 25)。

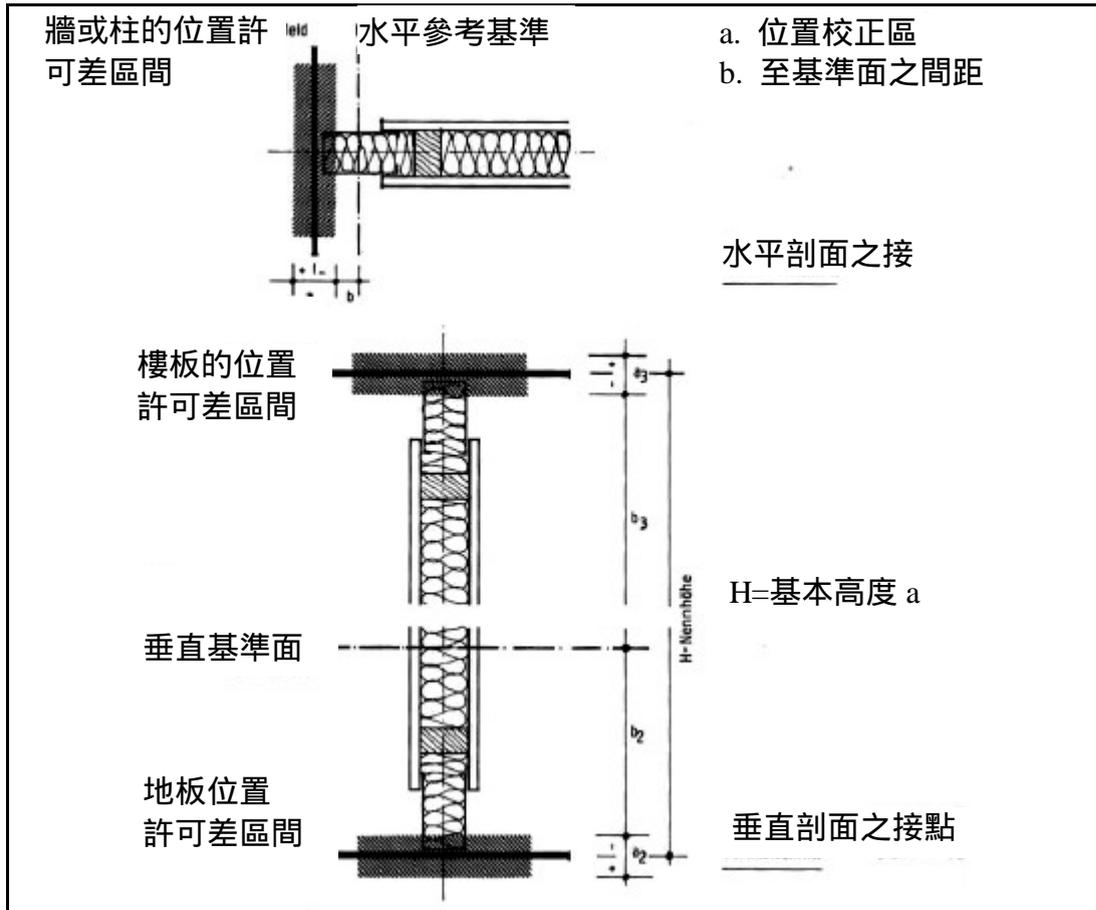


圖 25、相對於特定基準面的位置偏差。室內可拆組隔間牆界面構件的誤差需以「許可差區間」加以吸收。理論上，基本高度 a (basic height) 乃設定為中心至中心的距離。

室內可拆組隔間牆產品在組立時亦應考慮溫濕狀況對於各種材質所帶來的影響，特別是木屑板等材質在極端的氣候情況下(如相對濕度 95%)，各個方向的乾縮濕脹量高達 0.28~0.30%。即一 1.2m 寬、3m 高的牆單元，在此極端之情況下可有 3.6mm 至 9mm 之伸長量。金屬材質的面板則對溫度之影響較為敏感:100 溫差時，鋁材膨脹約 2.38mm/m、鋼材 1.04mm/m、玻璃 0.59mm/m。因之，組裝時應注意下列四點:

- (1) 構件倉儲以及等待裝入時的溫濕度狀況應盡量與與構件裝入現場之溫度、濕度相同，以免溫濕度變化影響構件組裝的精度。
- (2) 以封閉性運輸工具直接運送至裝入地點，裝卸時，避免暴露於天候下。

- (3) 卸貨時立即進行尺寸之量測驗收。
- (4) 準備好暫存倉庫或置放地點，其溫度控制在 10~30 。濕度控制於 40~60% 左右。

3. 尺寸誤差的吸收與記錄

室內可拆組隔間牆的製作、放樣、容許誤差均須仰賴室內可拆組隔間牆構材接點的誤差吸收機制加以平衡。誤差校正的位置，通常須選擇較不醒目的地方，以免誤差過於彰顯。故室內可拆組隔間牆與牆端之接縫常被選擇為吸收誤差的地方。盡量不要選在室內可拆組隔間牆與室內可拆組隔間牆的接點處吸收誤差，除非：1. 接點處有蓋板遮蓋接縫，或 2. 其接縫的寬為可變，以提供板寬調整之可能性時，方可於接點處校正誤差。以室內可拆組隔間牆與室內可拆組隔間牆間的接點吸收誤差時，要檢查誤差吸收處、誤差區間的位置及大小，並與臨界之構材的界面取得協調。

製造、放樣、組裝各階段尺寸之量測值資料與控制記錄有保留之必要，一方面可幫忙釐清日後尺寸偏差之責任歸屬問題，另一方面亦可避免下列因量產產品之誤差控制不良，可能引發的三種後果：

- (1) 組裝現場以模矩倍數方式累積誤差。
- (2) 導致不必要的組裝、調整工作之困擾。
- (3) 有損日後的可拆解性

第四節 存放

工業化量產之室內可拆組隔間牆，通常大批由工廠運至工地之一處暫存以便進行組裝。一般每樓均有一放置點。該置放點應有足夠之空間，並盡量保持乾燥。

一般室內可拆組隔間牆的重量介於 $23\text{kg}/\text{m}^2 \sim 50\text{kg}/\text{m}^2$ 之間(台灣現有室內可拆組隔間牆產品的單位面積重介於 $10 \sim 100\text{kg}/\text{m}^2$)。故堆疊時須檢核樓板之荷重，不可超過設計時樓板荷重之規定。建築技術規則構造編第十七條規定各類建築構造樓地板最小活載重如下表，由此可粗略推估可堆疊之可拆組隔間牆單元層數(表格 20)。

表格 20、各類建築構造樓地板最小活載重規定(建築技術規則構造編第十七條)

	樓地板用途類別	載重(kg/m ²)
一、	住宅、旅館客房、病房	200
二、	教室	250
三、	辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室及固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	300
四、	博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場及無固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	400
五、	百貨商場、拍賣場、舞廳、夜總會...	500
六、	倉庫、書庫	600
七、	走廊、樓梯之活載重與室載重相同	
八、	屋頂露臺之活載較室載重每平方公尺減少 50kg，但供公眾使用人數眾多可，每平方公尺不得少於 300kg。	

同時也要檢查地坪之承載能力。尤其是瀝青水泥 (gussphaltestrich) 等軟性材質所構成的地坪。

第五節 性能考量要點

相對於建築整體而言，室內可拆組隔間牆系統雖然僅屬一極小的空間圍封次系統，然而其牽涉的性能卻極為多樣與複雜。本研究所探討的室內可拆組隔間牆最重要的有關性能計有物理性(隔音、防火)、機械性、組裝性等三大類，並解析如何將其需求反映在適切的構法原則上。以下表列本研究所探討的重要性能(表格 21):

表格 21、影響室內可拆組隔間牆的重要性能一覽表

大項性能要求	細項性能要求例
1. 隔音性	1. 氣體隔音、2. 衝擊音...
2. 防火性	1. 耐燃性、2. 接燄性、3. 遮熱性...
3. 機械性要求	1. 靜載重、2. 衝擊載重、3. 支托載重、4. 抗彎性、5. 整體結構抵抗衝擊載重之能力、6. 牆體局部抵抗衝擊載重之能力、7. 結點之抗剪力之要求...
4. 組裝性要求	1. 組裝性、2. 可更換性...

第六節 隔音性要求

由於可拆組活動的特質為輕質室內可拆組隔間牆之特性，因之，此可拆組及輕量特質所帶的隔音性弱點，亦形成室內可拆組隔間牆首要解決的幾種性能之一。在隔音性能上，吾人可將室內可拆組隔間牆分成 1. 單皮均質牆、2. 雙皮牆等兩種組群加以討論其性能及相關構法：

1. 單皮牆構造

一般而言，國內外市面上的單皮室內可拆組隔間牆極少。此類室內可拆組隔間牆通常由下列材料組成：木棉輕量板、全木屑板、水泥纖維板、全玻璃隔間牆、石膏板、石膏紙板...。單皮室內可拆組隔間牆因其強度較低、接點較困難、可變性較差，故其與雙皮之室內可拆組隔間牆相較，很少用作隔音或防火牆之用。其僅在下列情況下方有使用之可能：牆皮較薄(50mm)，然仍足夠剛者。

A. 單皮牆之隔音行為

單皮牆之隔音行為可依頻率高低分成三個區間加以說明(圖 26)：

- (1) 低頻帶：可分成兩個子區間：第一個子區間為最低頻所在處，隔音性之大小係由「勁度控制」所決定，在此區間中隔音性隨勁度之提高而降低。至共振基頻 f_0 處(一般建築部材的共振基頻很低(約 5~20Hz)，此時板之振動幅度極大，隔音曲線在此出現極小值，隔音性之大小主要取決於構件的阻尼，稱為「阻尼控制」。隨著頻率增加，質量效應之影響增大，在此階段由於勁度、質量效應相互抵消而產生共振現象。由於「低頻共振」的區域一般在 100Hz 以下，人耳並不容易覺查。故對單皮牆體隔音性之影響不大。
- (2) 中頻帶：在主要聲頻(100Hz~2500Hz)之區域，由於勁度、阻尼之影響極小，而質量因素係影響隔音性最主要的因素，故稱為「質量控制」階段。即單位面積質量愈高之單皮牆材，在此主要聲頻帶之隔音性愈高。
- (3) 高頻帶：由於板在斜向入射聲波所激發產生之「彎曲波傳

播速度」 C_f 在高頻時常達到板之「固有自由彎曲波傳播速度」 C_b ，因而產生「吻合臨界效應」，使單層牆於高頻帶之隔音頻率特性曲線在 f_c (吻合臨界頻率)時出現陡降陡升之谷(吻合谷)，造成隔音之弱點。因之，在此階段隔音之有效措施係將 f_c 所在之頻率調整到座落於主要聲頻之外，以免影響牆體之隔音性。

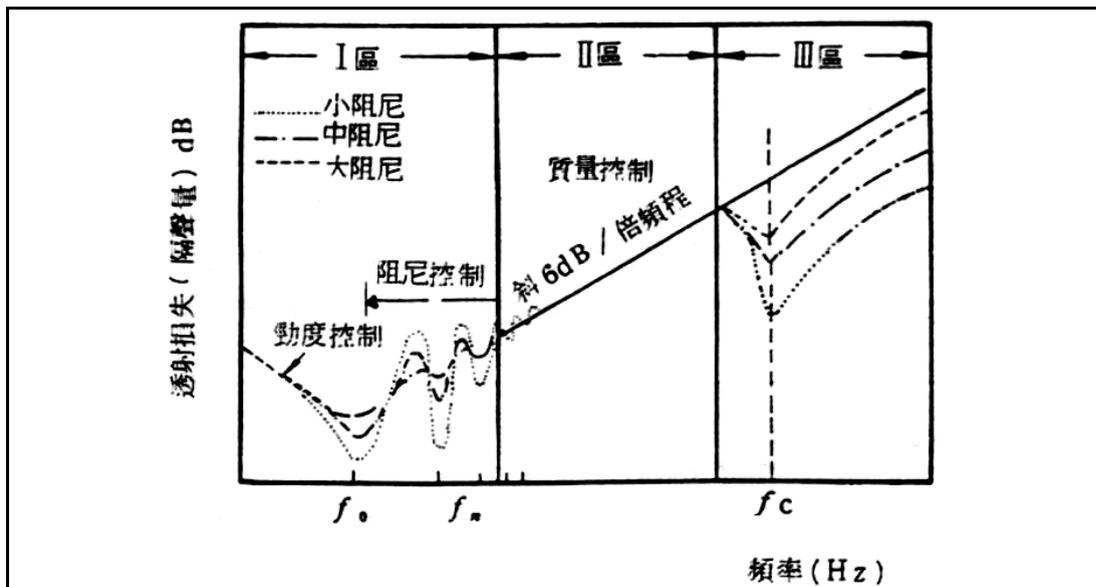


圖 26、單層均質牆典型隔音頻率特性曲線[車世光, p.51]

綜合 Goesel 及車世光有關單皮牆之隔音性研究，吾人可將影響單皮牆隔音性的因素歸納為下列五點：

- (1) 單位面積質量與剛性剛性
- (2) 材料的內阻尼性
- (3) 牆皮之不密性
- (4) 牆體不密性之影響
- (5) 牆的邊界條件

以下針對 1~4 點進一步說明單皮牆隔音構法之要點，至於「牆的邊界條件」部分，請參見「邊際構件防音性」之說明。

B. 質量與剛性之影響

在圖 26 單層均質牆典型隔音頻率特性曲線的「質量控制」之第二區間中，單皮牆的隔音性可由如下公式表之：

$$R = 20 \lg m + 20 \lg f - 48 \quad \text{-----(1)}$$

其中 m 表質量， f 表入射聲頻。

由(1)式吾人可知，理論上若能增加一倍之質量或一倍的聲頻，則牆體之隔音性約能增加 6dB。然實驗證明，其增加性略少：增加一倍質量者，隔音性約可增加 4~5dB，而增加一倍頻率者，則隔音性僅增 3~5dB 左右。

緻密單皮牆之隔音性往往由其單位面積之重量決定之。一般而言，單位面積之重量愈重者，其隔音性愈大，此即所謂「質量法則」。該現象可由圖 27 加以說明：

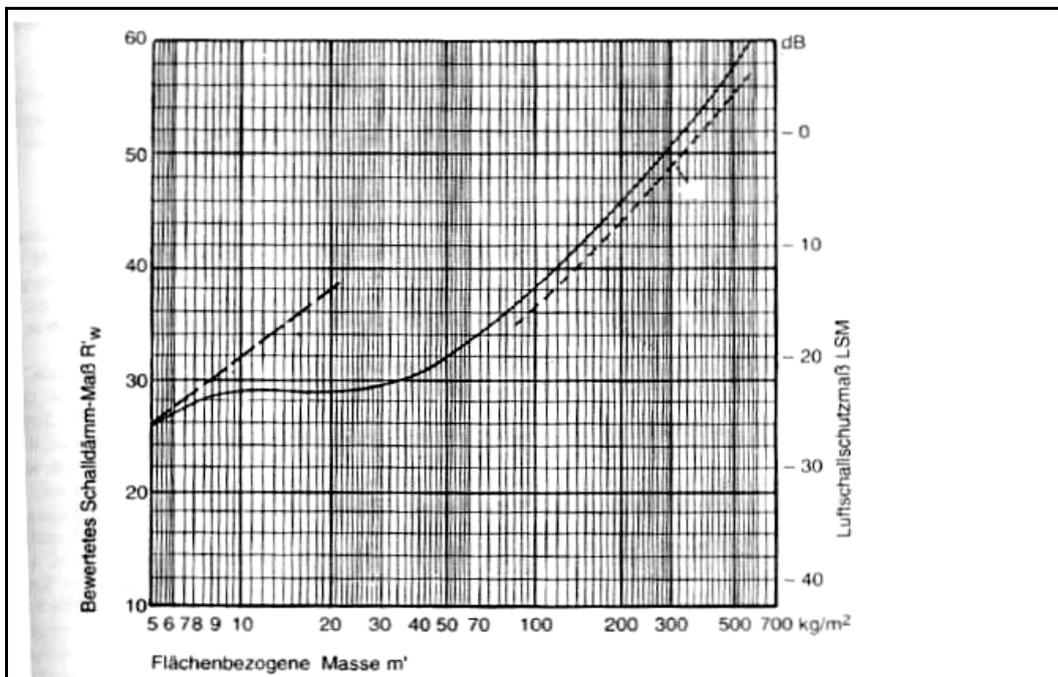


圖 27、單皮牆或樓板的隔音值 $R'w$ 及 LSM 與其單位面積的質量 m' 有關。單位面積之重量愈重者，隔音性愈大。虛線者表特別柔軟之板(如鋼板、鉛板、橡膠板)單位面積重與隔音值之關係[Gösele,p.36]。

根據 Cremer 之研究，在「吻合效應」的第三區間中，臨界吻合頻率 f_c 可由如下公式表之：

$$f_c = c^2 / 2\delta \times (m'/B)^{1/2} \quad \text{-----(2)}$$

其中 m' 為單位面積之板重， B 為板之剛度， c 為空氣中的波速。

因板之「剛性」與「厚度」、「彈性模數」之函數關係可由下列公式表之：

$$B = Ed^3 / (12(1-\nu^2)) \quad \text{-----(3)}$$

其中 E 為彈性模數，d 表板之厚度， ν 表橫向收縮係數 (Querkontraktionszahl)[Gösele, p. 34]。

因之(2)式之吻合臨界頻率 f_c 可進一步表為厚度 密度與彈性模數之函數如下：

$$f_c = 6.4 \times 10^5 \times 1/d \times (\tilde{n}/E)^{1/2} \quad \text{-----(4)}$$

其中 d 為牆之厚度， \tilde{n} 為牆之密度，E 為彈性模數

由(2)式可知，決定性 f_c 者係「板重與剛性之比」。當單皮牆之板愈輕、愈剛硬者，則 f_c 愈低。 f_c 愈低者，愈有可能落於主要聲頻範圍之內(100Hz~2500Hz)，而不利於單皮牆的隔音性。反之，若板愈重、愈薄軟者，則 f_c 愈高。 f_c 愈高者，愈有可能高過主要聲頻的範圍，而提高單皮牆的在聽覺範圍內的隔音性。有鑑於此，吾人可選擇 f_c 極高或 f_c 極低之材，使其值不致落於主要聲頻 100~2500Hz 之間。滿足上述需求，具較小剛性或較大剛性者可參見下表(表格 22)：

表格 22、具特別小剛性與特別大剛性之建材，其 f_c 落於主要聲頻 100~2500Hz 外者[Zeeb, p. 25]

較小剛性者	石膏板	12.5mm
	硬纖維板	10mm
	油毛氈	3mm
	鉛板	1mm
	重質塑膠膜	3mm
較大剛性者		
	重質混凝土	15cm
	實心磚	24cm
	泡沫混凝土	35~40cm

圖 28 進一步說明板厚、材質、剛性對於 f_c (吻合臨界頻率) 之影響，其中打斜線的區域，標示「吻合臨界頻率」超出主要聲頻之材質種類及其厚度。選擇此部分之材種及其厚度，有助於提高牆體之隔音性。

依 Cremer 氏的理論，軟、薄板以其「臨界吻合頻率」 f_c 較高之故，其隔音性往往較硬、厚板為佳。此理論可從(圖 29)進一步得到印証：在相同的單位面積重量條件下，橡膠板因彈性係數及其剛性較小，故其隔音值曲線 G 大於混凝土板的隔音值曲線 B。又由於橡膠板極為柔軟，故其隔音值曲線 G 幾乎與忽略板剛性影響的理想性隔音計算值曲線 C 相近。

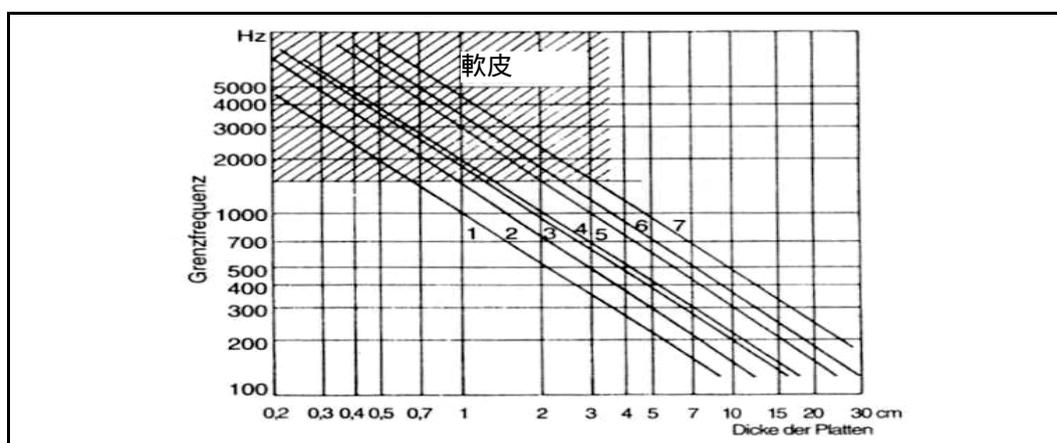


圖 28、板厚、材質、剛性對於 f_c (吻合臨界頻率)

之影響。相同材質者，厚度愈大，則剛性愈大，而 f_c 愈低。

相同厚度時，較重的材料如玻璃、混凝土等，因其剛性較大， f_c 較低，而硬纖板、石膏板等輕軟之材之 f_c 較高。[Gösele, p.37]

根據公式(2)吾人可知，增加重量及減小剛度為提高 f_c 的不二法門。欲達成此目標，在構造上，吾人可利用如下方法：

- (1) 板上刻槽：於板上切刻十字形槽，或於板上黏貼單片小塊，以善質量與剛性的關係，使高頻共振之隔音弱點升高至有效聲頻之外。
- (2) 以「鉛板」及「橡皮墊」改善質量與剛性：貼 10~20mm 厚的鉛板於一面板後，可較相同單位面積重量的面板增加 10dB 的隔音性。然其前題為面板本身的剛性不可太大，如：在一 10cm 厚的剛性輕質隔牆上張貼鉛板並不會對隔音性的改善有所影響。

- (3) 多層疊板: 以多層疊置, 少釘接合的方式所構成的板材, 可在不增板之剛性的前題下, 提高板的單位面積重量。

透過額外的衝擊音(實體隔音)「阻尼」, 單皮之室內可拆組隔間牆之隔音值可改善達 5~10dB 之譜。單位面積重量若能達 30kg/m² 者, 則可獲致中等之隔音性 R = 38dB。若內含吸音材, 則可使聲音振動轉化為熱能。此種材料阻尼作用可透過: 1.適當配置砂、2.黏貼橡皮墊、3.鉛板、或 4.重質塑膠膜於承載板上等方式獲致。然此時, 板本身不可以太剛。

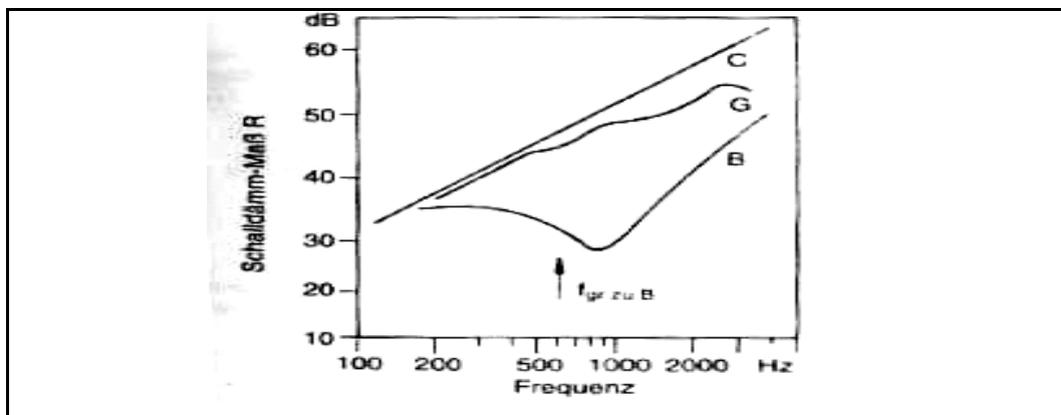


圖 29、單位面積重量相同的薄板(約 55kg/m²), 其剛性大者, f_c 低, 不利於高頻之隔音。剛性小者, f_c 高, 有利於高頻之隔音。B 曲線為混凝土板的隔音值。C 曲線為忽略板剛性影響的理想性隔音計算值, G 曲線為橡膠板的隔音值 [Gösele, p. 36]。

圖 30 即為以多層疊板改善門板隔音性的例子。在相同質量下, 實心填塞板若分散成數層相疊, 則其隔音值可增加 10dB 左右。其原因可用公式: $B = Ed^3 / (12(1-\nu^2))$ 解釋之。剛性與厚度之三次方成正比。故板厚減少, 可有效減小其剛性。

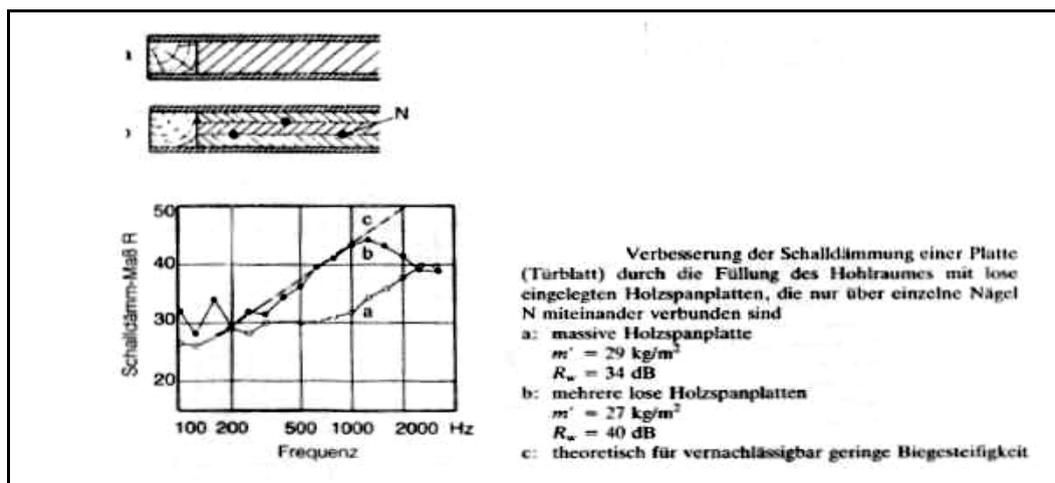


圖 30、藉降低板之剛性可改善板的隔音性：以散置之木屑板填塞板中空部位，木屑板間僅以幾根釘子(N)連接固定。曲線 a 表實心木屑板填塞，曲線 b 表散置木屑板，曲線 c 表忽略板剛性之理論性曲線。[Gösele, p. 38]

C. 材料阻尼之影響：

材料阻尼性愈高者，因其易將部材振動轉變成熱能，故隔音性較之阻尼性小者為佳。理論與實驗證明，構件的隔音值在 f_c 左右或高於 f_c 者，其阻尼性愈高，則其隔音性愈佳。如以砂塞滿管之管狀中空板的隔音性較之管狀中空板由質量法則推估出之隔音性高出約 5dB (圖 31)

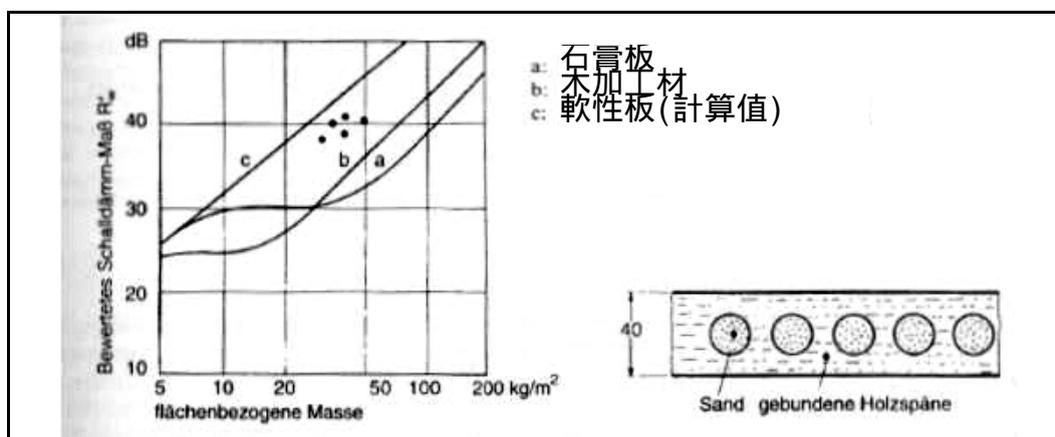


圖 31 材料阻尼性對於單皮板隔音之意義。以砂充填管狀留空的木纖板之隔音性量測值(圖中打點者)，較之由質量法則推估出之隔音曲線值(b 曲線)為高[Gösele, p.40]

D. 不密性：

單皮牆體及表面的緻密性亦會影響牆體的隔音性。根據實驗證

明，牆面有粉光者較無粉光者隔音性強，而材質緻密者較多孔性者隔音性強(表格 23)。職是之故，有隔音需求之隔間牆，務必使用牆體及表面緻密者。

表格 23、隔間牆有無粉光對於隔音性之影響[Gösele, p. 33]

	R' w dB	
	未粉光者	粉光者
240 mm 大孔性磚	50	53
250 mm Schuettbeton	11	53
240 mm 浮石大孔磚	16	49
200 mm 樓層高泡沫混凝土板	45	47

除此之外，牆體、門窗等構件之縫隙，也會造成該構件隔音性之弱點。此問題常發生於可拆組隔間牆板間隙以及門扇開口的底部。這類開縫之隔音性乃由其縫寬與縫深所決定。通常在高頻處存在一顯著的隔音弱點。此乃因縫長等於音波的半波長而引發之共振所致。

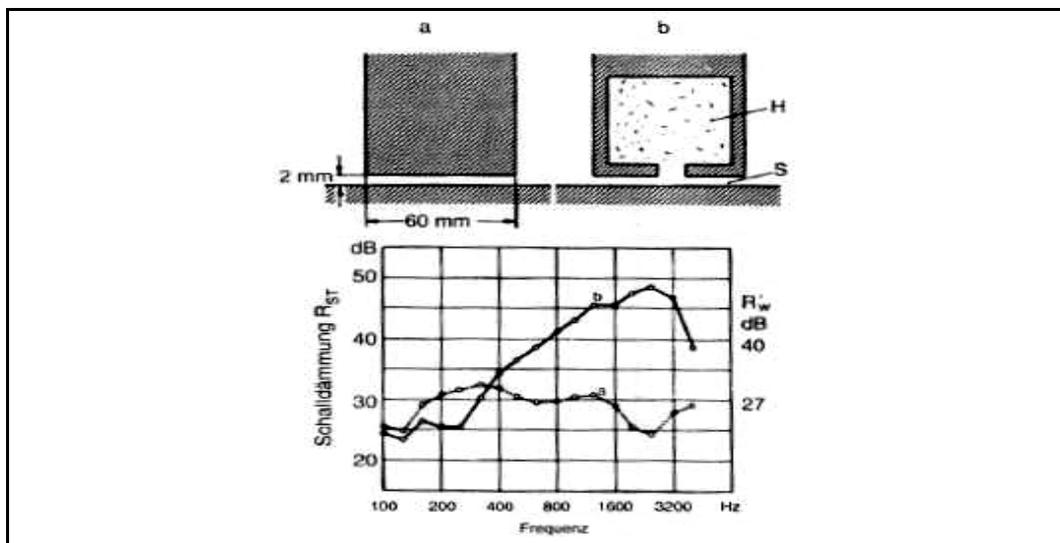


圖 32、門縫開槽 s 與吸音小室相連後之隔音性效果。

a. 曲線為無吸音小室者。b 曲線為有吸音小室者。[Gösele, p. 34]

圖 32 顯示門扇底部的縫隙，使該構件之隔音值降至 30dB 左右(曲線 a)。改善這種問題的有效作法，可將此縫隙與消音小室相連；而該

小室宜填塞如礦綿類的流阻性材，以與小室、狹縫一齊形成一消音機制，進而提升該構件之隔音性(曲線 b)。

2. 雙皮牆

由「質量法則」可知，若加倍單皮牆的單位面積重，可增加約 6dB 的隔音量[車世光, p. 53]；然而此法通常不甚經濟，因一來易造成結構荷重的增加，二來也會提高造價。因之，有隔音性需求的隔牆，往往採雙皮牆的作法，盡量在牆體單位面積重量不增加的前題下，達到增加隔音性的目的。

雙皮牆在構造上可視為由兩個以空氣層分隔的個別牆皮所構成。此空氣層亦可由軟彈性阻尼層所取代。大部分室內可拆組隔間牆均為此種構造方式所構成，以獲致較單皮為佳的隔音性(圖 33)。然而，具良好隔音性之雙皮牆構法之前題，應建立在設計者對隔音相關理論與作法有正確的認識之基礎上。

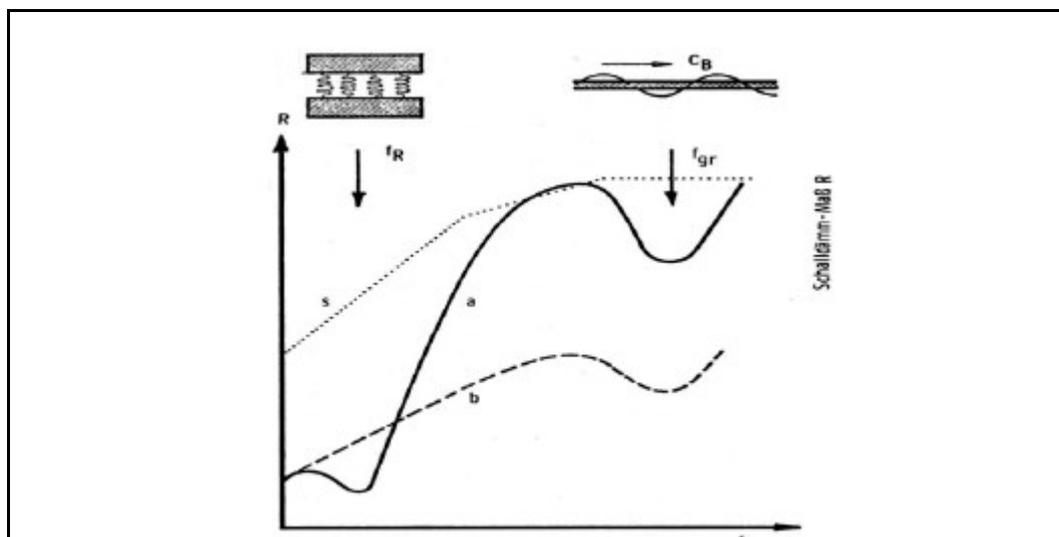


圖 33、薄皮構成的雙皮牆之隔音值曲線。

a 實線曲線: 雙皮牆隔音曲線, b 虛線曲線: 單皮牆隔音曲線。

s. 平移後的應該理想曲線(依 DIN 4109)。[zeeb, p.18]

一般而言，獲致良好隔音性的雙皮牆構法，就構成與造價的觀點視之，有兩種極端性的解法

- (1) 雙皮密接，隔音不利，但較便宜者。
- (2) 雙皮全然分開，隔音有利，但經濟性不佳者。

由於雙皮全然分開極為昂貴，理想的作法往往存在於上述兩種極端之間，亦即應開發一種在隔音上有利，具足夠剛性及強度、而其經濟條件又可接受者。當雙皮完全分離無法達成時，此種解法係 60~80mm 厚隔音牆版的前題。以下從雙皮牆的傳音途徑之探討此種理想解法之可能性。

雙皮牆有三條傳音途徑，每條途徑對於隔音性而言皆有可能有決定性之影響(圖 34)

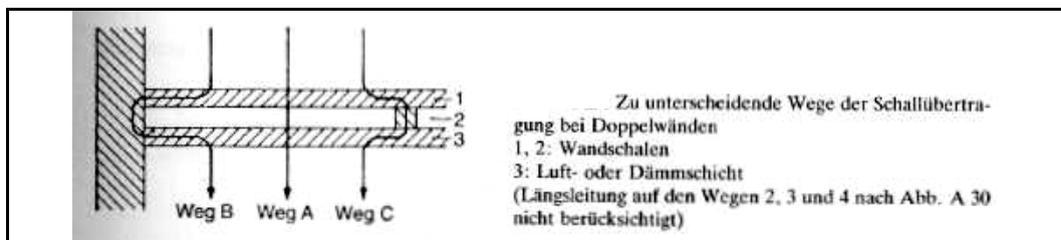


圖 34、雙皮室內可拆組隔間牆的三種傳音途徑[Gösele, p. 44]

A. 途徑 A 之傳音

途徑 A 的傳音應考慮「共振基頻」以及「壁體留空阻尼之影響」方能進行牆體隔音性之準確計算。以下茲就共振基頻、壁體留空阻尼之影響、牆體隔音性之計算等三方面進一步討論途徑 A 的傳音之問題與構法上的解決之道。

a 共振基頻

雙皮牆構造可視為一種藉彈簧層聯繫兩個單體而成的振動系統。此彈簧層可為空氣層或阻尼層。

由於雙皮牆構造留空層中的空氣層或阻尼層具彈性變形特性而有減振作用，故當音波由第一皮層經留空層傳入第二皮層時，聲音能量在此留空層大大減弱，因而提升牆體總的隔音量。

影響雙皮牆的隔音性最重要的因素首推「共振基頻」，其計算方

式可視留空層之阻尼材填塞與否而有不同。

中間層留空的雙皮牆系統之共振基頻(Resonanzfrequenz f_0)可以下列公式表之: (abb15)

$$f_0 = 60 \times ((m_1 + m_2) / (m_1 \times m_2 \times d))^{1/2} \text{ -----(5)}$$

其中 m_1 、 m_2 分別為每一皮層之單位面積質量， d 則為空氣層之厚度。

中間填塞阻尼材的雙皮牆之 f_R (共振基頻)計算公式則可見表格 24)。要減少共振基頻對於隔間牆隔音的影響，最有效的方法即在於使共振頻率降低至主要聲頻之外，即最好小於 100Hz，至少不高出 100Hz 太多。

由公式(5)吾人可知：欲降低中間層留空的雙皮牆系統共振頻率 f_r 至主要聲頻之外，則宜加寬雙皮牆間空氣層的厚度，並加大各皮單位面積的重量 m_1 、 m_2 。

由(表格 24)吾人可知：欲降低中間填塞阻尼材的雙皮牆共振頻率 f_r 至 100Hz 以下，通常牆皮單位面積重量愈重(m')、間距(d)愈大、阻尼層剛性(s')愈小者，則愈有利。

表格 24、中間填塞阻尼材的雙皮牆之 f_R (共振基頻)計算公式。

zwischen den Schalen	Resonanzfrequenz f_R in Hz		
	zwei gleiche Schalen Schalen biegeweich m' 	Schalen biegesteif m' 	leichte (biegeweiche) Vorsatzschale vor schwerem Bauteil m' 
Luftschicht mit schall- schluckender Einlage, z. B. Fasermatten	$= \frac{900}{\sqrt{m' d}} \text{ Hz}$	$= \frac{3400}{\sqrt{m' d}} \text{ Hz}$	$= \frac{650}{\sqrt{m' d}} \text{ Hz}$
Dämmschicht mit beiden Schalen vollflächig verbunden	$= 270 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz}$	$\approx 900 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz}$	$= 190 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz}$
f_R : Resonanzfrequenz in Hz m' : flächenbezogene Masse der Vorsatzschale bzw. der Einzelschale in kg/m^2 d : Schalenabstand in cm s' : dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m^3			

其中 f_R 為共振頻率(Resonanzfrequenz)或固有頻率(Eigengrenzenz) (Hz)。 m' 為牆皮單位面積重量。 d 為牆皮間距。 s' 為阻尼層剛性(MN/m³)"動彈性係數(Dynamische Steifigkeit)。 [Hart, p.263]

從以上敘述吾人可知，無論「中間層留空」或「中間填塞阻尼材」的雙皮牆系統，只要能增加「牆皮間距」(圖 35)以及「牆皮重量」(圖 38)，均能有效降低 f_R 。

在增加「牆皮間距」方面，圖 36 提供了各種材料不同間距的雙皮牆共振基頻資料，查表可知一定單位面積重量之隔牆，採用何種牆皮間距可使該隔牆之 $f_R < 100\text{Hz}$ ，進而提升其隔音性。

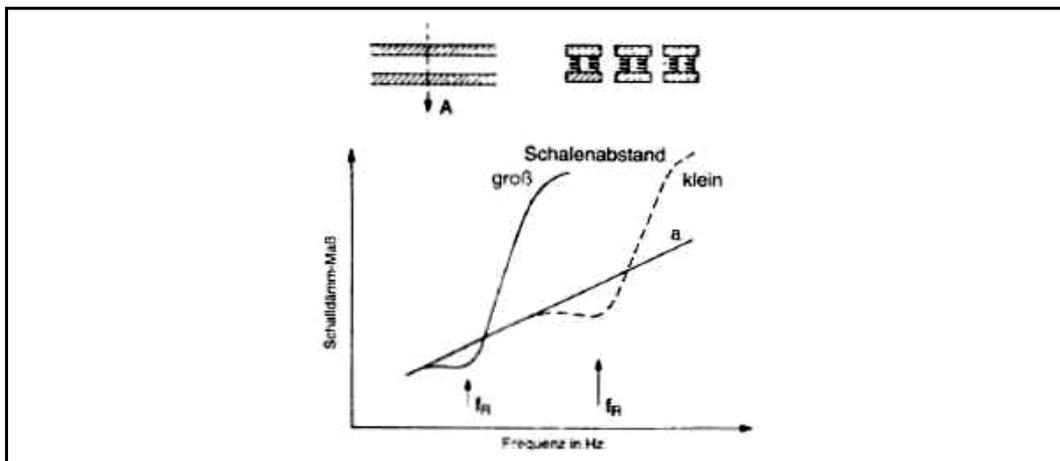


圖 35、不同牆皮間距的雙皮牆針對傳音途徑 A 之隔音性。a 曲線為比較用單皮均質牆的隔音曲線。雙皮牆牆皮間距必須足夠大，否則不具隔音功能。牆皮間距愈大者， f_R 愈低(愈有利)。牆皮間距愈小者， f_R 愈高(愈不利)。

[Hart, p.263]

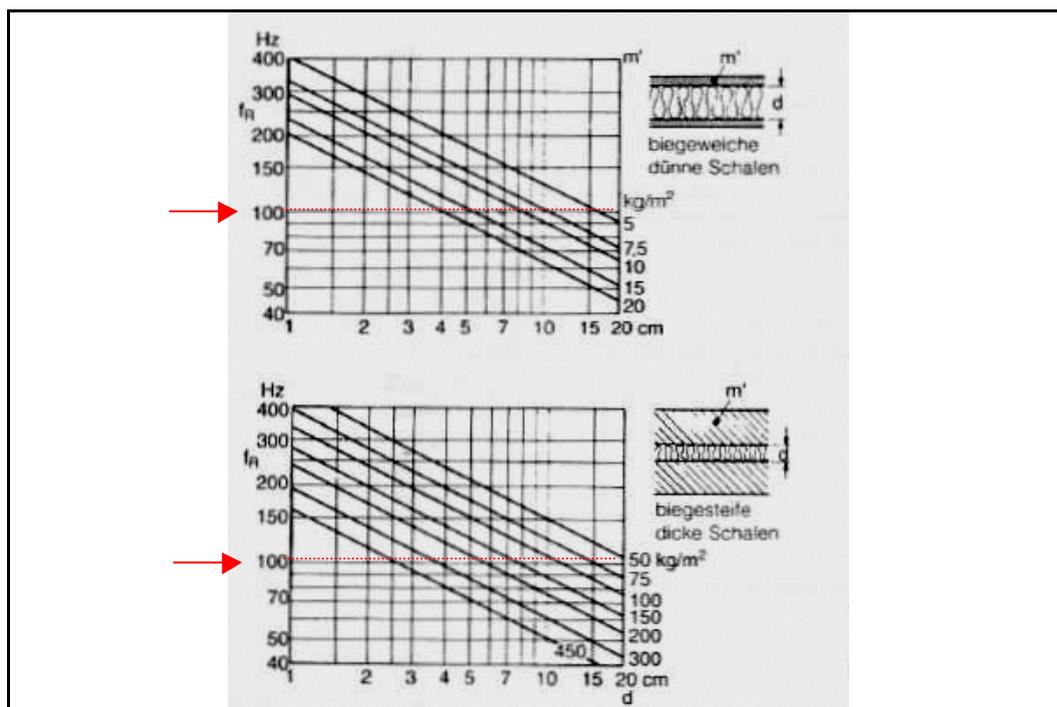


圖 36、兩皮同厚的雙皮牆之共振基頻。牆皮間距 d 愈大者， f_r 愈低。牆皮愈重者， f_r 愈低。上圖為牆皮較軟者，下圖為牆皮較硬者[Gösele, p.46]

增加單位面積重量最簡單的方法即增加牆厚。但採用此法降低 f_r 的同時，特別應注意牆厚增加導致剛性增加所帶來的副作用。

實驗顯示(圖 37)，當牆皮加厚時，牆體之整體隔音性雖因質量、勁度增加而升高，使隔牆的整個隔音曲線向低頻處平移，有助於降低低頻的共振基頻，但也會連帶使原本位於高頻帶的「吻合臨界頻率」(f_c) 因牆皮加厚、加剛而向人耳聽覺敏銳之較低頻區域移動，造成隔音之弱點。

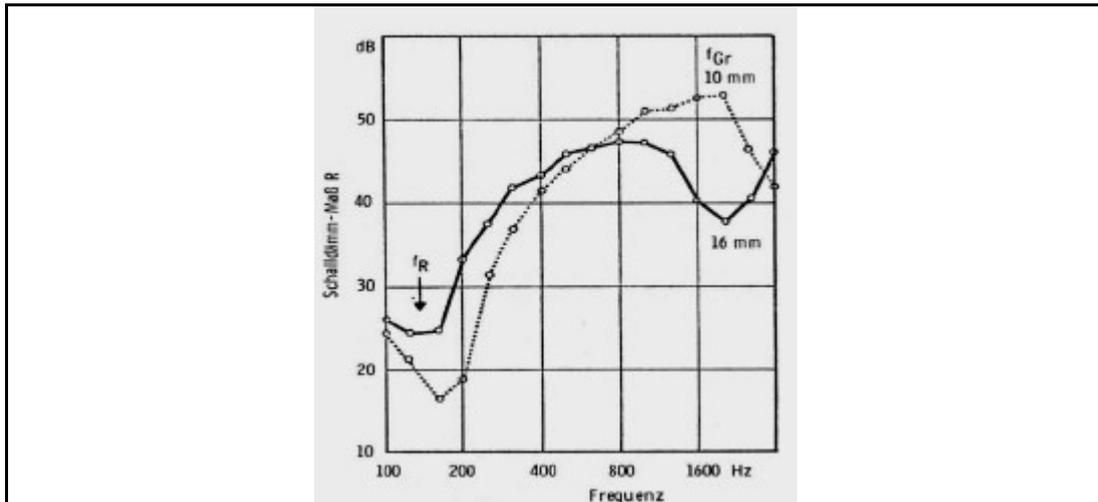


圖 37、雙皮牆構件，具不同厚薄(10mm、16mm)時的隔音性[zeeb, p.26]

職事之故，改善雙皮牆之隔音性的理想的構法應為：增加雙皮牆的皮重，但不增其剛性。有效構法係於牆皮內面黏貼重質軟性材料(圖 38)。此種解法尚可提升其實體隔音性(Körperschalldämmung)。使牆皮實體傳音之震幅減少，避免音波從一皮經由實體構件傳至另一皮。

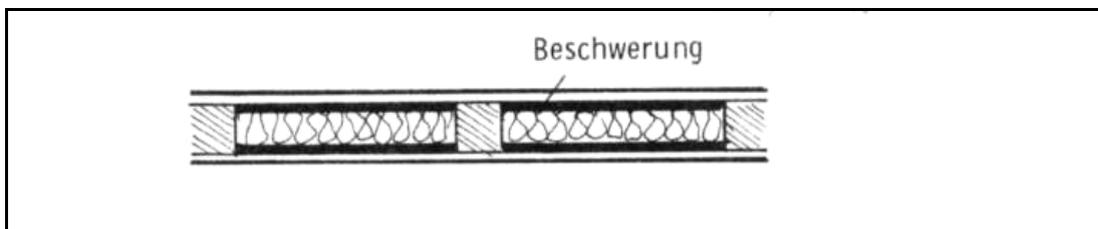


圖 38、黏貼較重材於牆皮內面，以改善雙皮牆版之隔音性[zeeb, p.26]

上述改善雙皮牆隔音性的構法原則落實於實踐的層次時，有下列四種實務上的作法可能:(圖 39):

- (1) 加重牆皮，但於牆皮內面刻槽、
- (2) 於牆皮內面黏貼重質小塊(Klötzchen)、
- (3) 於牆皮內面貼重質軟性蓆物、
- (4) 於牆皮內面黏貼砂包。

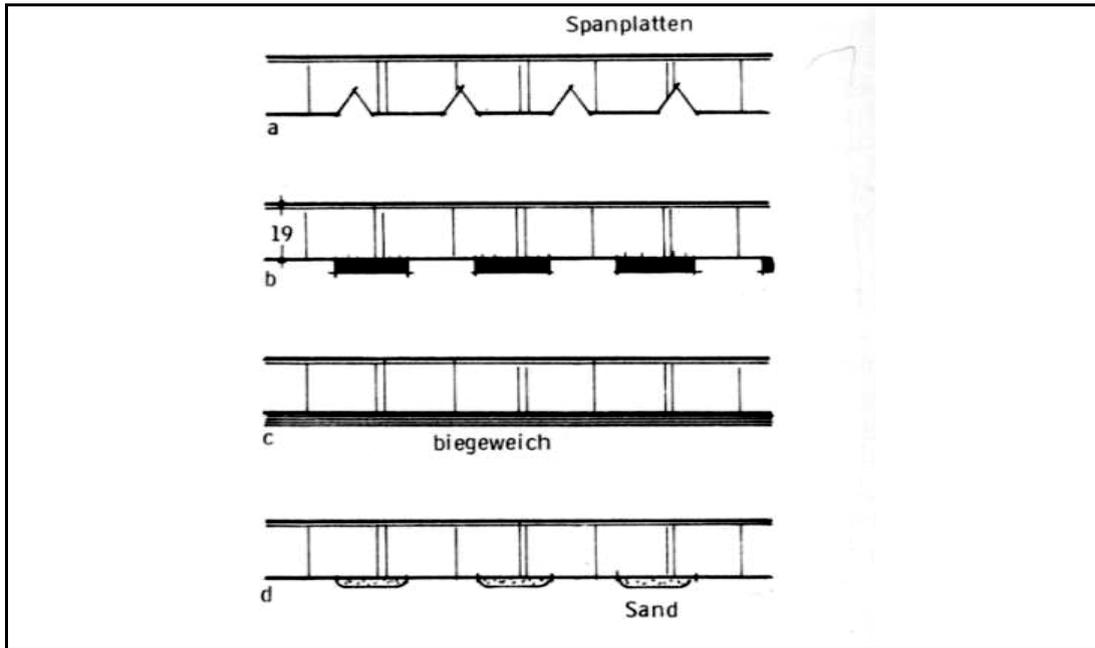


圖 39、改善輕質牆皮隔音性的加重及其發方法:

- a. 面板加厚刻槽。b. 貼石膏紙板塊。c. 以軟質材(如紙、鉛、硬纖板或橡膠)加重面板。d. 以膠膜封裝的砂包加重面板。[zeeb, p.26]

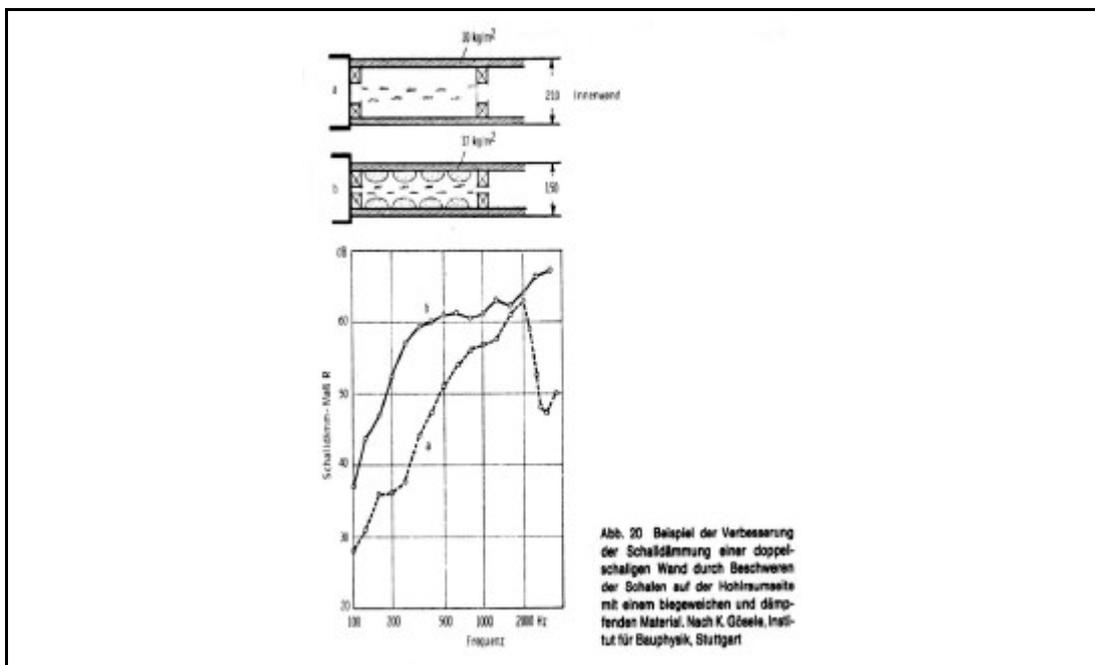


圖 40 改善雙皮牆隔音性之範例: 以軟質阻尼材增重牆皮內面。a 為無增重者, b 為增重者隔音曲線。[zeeb, p.27]

經實驗證明，牆皮內面貼重質小塊的作法在低頻帶有利於減少低頻共振之影響，然其對高頻的好處有限。因此加重小塊之尺寸與彎波

之波長相符時會產生吻合效應，因而造成隔音之弱點。

實務上證明較可行者係 c 法，即貼厚、重油毛氈(部分兩層)，或橡膠墊、鉛皮於牆皮內面者。zeeb 甚至建議以塑膠袋砂包黏貼於牆皮內面，以大幅增重，但幾乎不提高任何牆體之剛性(d 法)。

此類以軟性材加重牆皮的隔音作法之改善效果顯著(圖 40)。僅需在牆皮內面增加中高等級之重量(如 5~7kg/m²)，即可提高平均約 10dB 的隔音值。

b 壁體留空阻尼之影響(Daempfung des Hohlraumes)

如前所述，若欲使雙皮牆的共振基頻(f_R)降至 100Hz 以下，則雙層牆皮間留空層的剛性應盡可能減小。降低留空層剛性最簡單有效的方法即填塞具足夠流阻性之開放多孔性材(如採用具 5000~10000Ns/m⁴ 流阻性的纖維阻尼材填塞)。而前述章節有關共振基頻 f_R 與牆皮間距 d 關係之敘述，亦即公式(5)、表格 24 等，也僅在雙皮牆的留空層具足夠大的「流阻性」時方才成立。

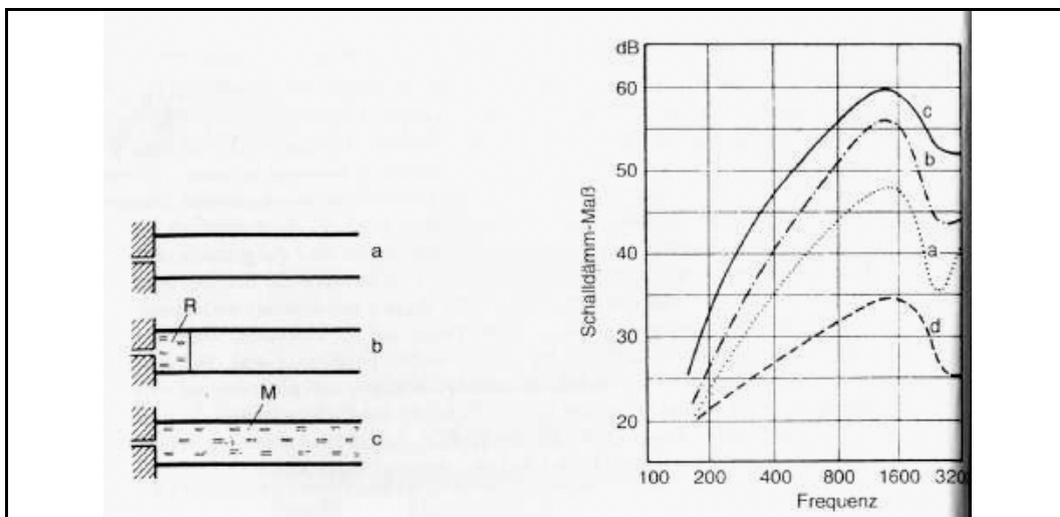


圖 41、雙皮牆留空阻尼對其隔音性之影響。例：雙皮 12.5mm 石膏紙板牆，具 50mm 的雙皮間距。a 曲線為雙皮間留空之隔音曲線。b 曲線為雙皮間留空邊緣加阻尼材 R 之隔音曲線。c 曲線為雙皮間留空填塞礦棉 M 之隔音曲線。d 曲線為比較用單層石膏板牆之隔音曲線。以上曲線均為無側路傳音者之量測值。[Gösele, p.47]

雙皮牆最佳的留空層填塞方法及其隔音效果，可參見圖 41。一般而言，留空層不宜再做分割，而有留空層的雙皮牆較無留空層同重之

單皮牆者隔音性為佳。「僅留空邊緣填塞者」較「無留空填塞者」隔音性佳。而「留空全面填塞者」較「僅留空邊緣填塞者」隔音性佳。

除此之外，留空層填塞不可採用太剛硬的材質(如硬質發泡材等)，否則會因剛性過高，減損雙皮牆整體的隔音性。

c A 途徑雙皮牆隔音性之計算

內含留空阻尼層之雙皮牆在「傳音路徑 A」上的隔音性計算公式為：

當 $f > f_R$ 且 $< c/4d$ 時，
 隔音性 $R=R_1+R_2+20\lg 4 \frac{f \times d}{c}$ ------(6)

當 $f > c/4d$ 時，
 隔音性 $R=R_1+R_2+6dB$ ------(7)

其中 R_1 、 R_2 表各皮層之隔音值， c 表空氣中音波速度(340m/s)， f 表頻率， d 表間距。

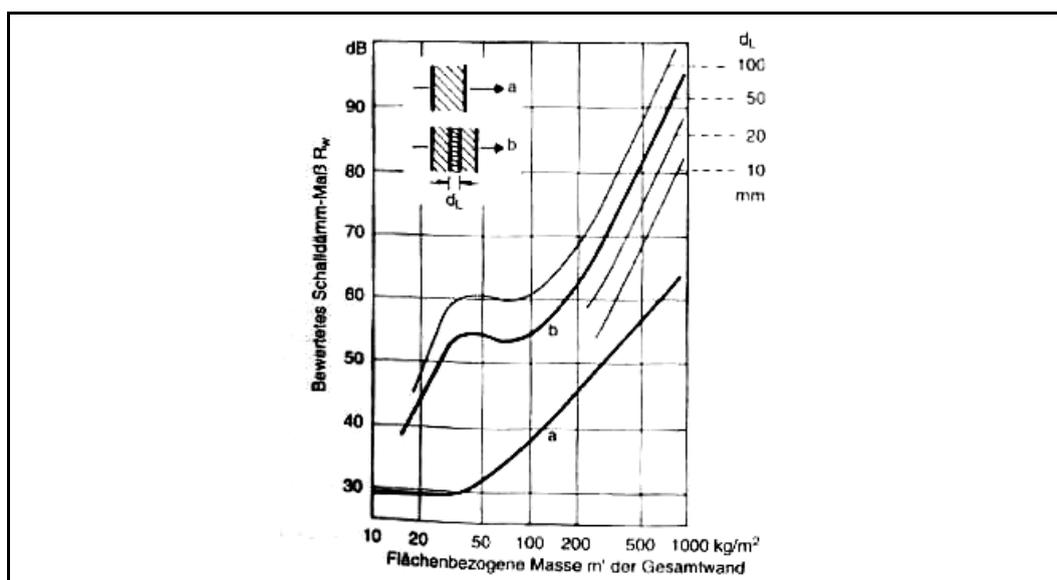


圖 42、同皮厚之雙皮牆的隔音性視其整面牆單位面積之重量 m' 及牆皮間距 d_L 有所不同(b 組曲線) d_L 愈大者隔音性愈佳。單位面積之重量 m' 愈大者，隔音性愈佳。a 組曲線為比較用單皮牆之隔音行為 [Gösele, p. 48]。

以公式(6)、公式(7)亦可進行兩牆皮同厚之雙皮牆的隔音性計算。圖 42 標示不同單位面積牆皮重的雙皮牆，在不同的牆皮間距條件下的隔音曲線。由該曲線之特性吾人可知：牆皮間距 d_L 愈大者、牆皮單位面積之重量 m' 愈大者，隔音性愈佳。然該曲線較為特別的地方係牆皮單位面積重量介於 40~100kg/m² 之間時，其隔音性保持一定，亦即不因單位面積之重量 m' 之增減而所所改變。此現象可歸因於牆皮的吻合臨界頻率之影響。牆皮單位面積重量超過 100kg/m² 後，則隔音性再度隨著牆皮單位面積重之增加而增加。

B. 途徑 B 之傳音

途徑 B 之傳音問題，可以「增加牆皮邊條的剛性」、「增加牆皮本身實體傳音之阻尼性」，以及「採用軟質牆皮」等方法解決之：

- (1) 牆皮邊條的剛性(Randstreifen am Schalenende):
(Goesele:p.49、Abb.A25)介於雙皮牆牆皮與側面臨界構件間的傳音途徑必須以實體傳音隔絕的方式(Koeperschallisolierung)加以隔斷，以避免音橋產生。實務上，此音橋常發生在襯墊於內外牆皮與臨界構件間的硬質阻尼條上(Daemmstreifen)(如硬質礦纖板等)。減少此類途徑 B 之傳音最有效的方法，即在於切斷此硬質阻尼條(圖 43)。若因故無法隔斷此阻尼邊條，則務必採用較為軟質的材料，如軟質瀝青氈等(Bitumenfilz)，使牆皮邊條的剛性不致過大，以減少途徑 B 之傳音。

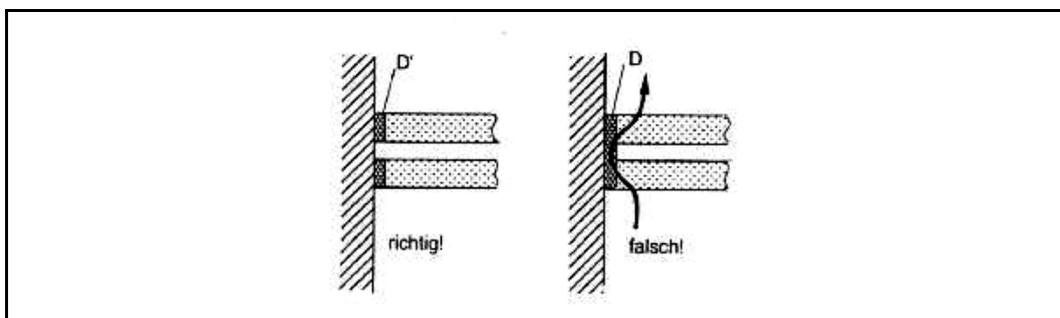


圖 43、雙皮牆與側面臨接構件接點之剛性會影響傳音性。(右圖)連續性之阻尼材會形成音橋。(左圖)切斷之阻尼材有助於避免傳音。[Gösele]

- (2) 牆皮本身實體傳音之阻尼性(Koeperschalldaempfung

der Wandschalen): 途徑 B 傳音尚可以採用較具「實體傳音阻尼性」(Koerperschalldaempfung) 的牆皮之方式減少之。不透明之輕質雙皮牆之阻尼性可藉砂或塑膠砂包填塞留空等方式提高之(參見圖 39)。

- (3) 軟質牆皮: 使用軟性牆皮, 因幅射效應(Abstrahleffekt) 較小之故, 可減少途徑 B 之傳音。

單層均質密實的牆面均可視為具有一定剛性之彈性板。經音波激發後, 此種板會受迫產生彎曲振動(車世光, p. 52)。不同厚之牆皮承受相同大小的彎曲振動(Biegeschwingung)時, 不一定傳送相同的音波能量進入鄰室。其傳送能量之大小視頻率而定。通常牆材愈輕薄者(較軟者、 f_c 愈高者), 幅射音波能量較牆材愈厚者(較應者、 f_c 愈低者)為小。

圖 44 表不同牆材受相同的彎曲振動波時(Biegeschwingung)其幅射音壓級的比較值。12cm 厚的普通混凝土牆在受到介於 100~5000Hz 之間每一種頻率的音波激發下, 均幅射約略相同之能量進入鄰室。而 1cm 厚的石膏紙牆(f_c 3000)承受相同的彎曲振動波時, 雖有與混凝土板相同的振幅, 但在 100~1000Hz 頻率之間傳送較前者低約 20dB 的音壓級。1000Hz 以上時, 幅射之音壓變大, 及至 f_c 3000 時其傳送音壓級甚至大於混凝土板者。

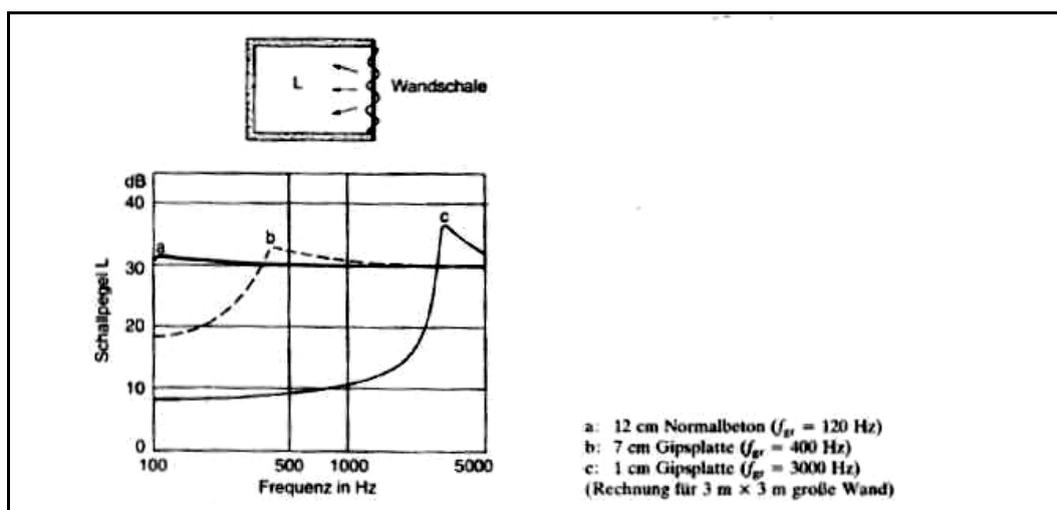


圖 44、不同牆皮的音波幅射行為。每種牆皮受相同大小的彎曲波振動激發後所產生的幅射音壓級(相對值)。a 曲線表 12cm 的普通混凝土、b 曲線表 7cm 的石膏板、c 曲線表 1cm 厚石膏板在不同頻率下的幅射音壓級[Gösele,p. 50]

當作用於牆板的「彎曲波長」小於相同頻率的「音波波長」時，石膏板幅射至鄰室的音壓較小。其原因在於：板經音波激發而產生短彎曲波波長者，由於牆前的正負壓區域相近，產生「音響短路」(Akustischer Kurzschluss)現象，使較少的音能傳入鄰室。

當牆板經音波激發而產生較大彎曲波波長者，由於牆前的正負壓區域相距較遠，無「音響短路」(Akustischer Kurzschluss)現象，可傳入較多的音能進入鄰室。

由於板在其吻合頻率 f_0 下所產生的這種異常板幅射行為，使建築上使用的「軟板」在板與其鄰接構件固定處的隔音性遠較「硬板」者為佳。此類軟板可見圖 28 中標示之打斜線的部分。

圖 45 說明軟皮以及硬皮雙皮牆在 B 傳音途徑時不同的幅射作用：經由 B(板邊緣固定處)或 c(板皮中間固定處)的傳音途徑傳遞之實體傳音，對於「軟而薄」的牆皮而言，可激發短波長彎曲波(B_2)，其幅射之能量，因「音響短路」之故較少。而對於「硬而重」的牆皮而言，則激發長波長彎曲波(B_1)，其幅射之能量較多。是故，從 B 傳音途徑而言，具「軟而薄」牆皮的雙層牆之隔音性較之具「硬而重」牆皮的雙層牆者為佳。

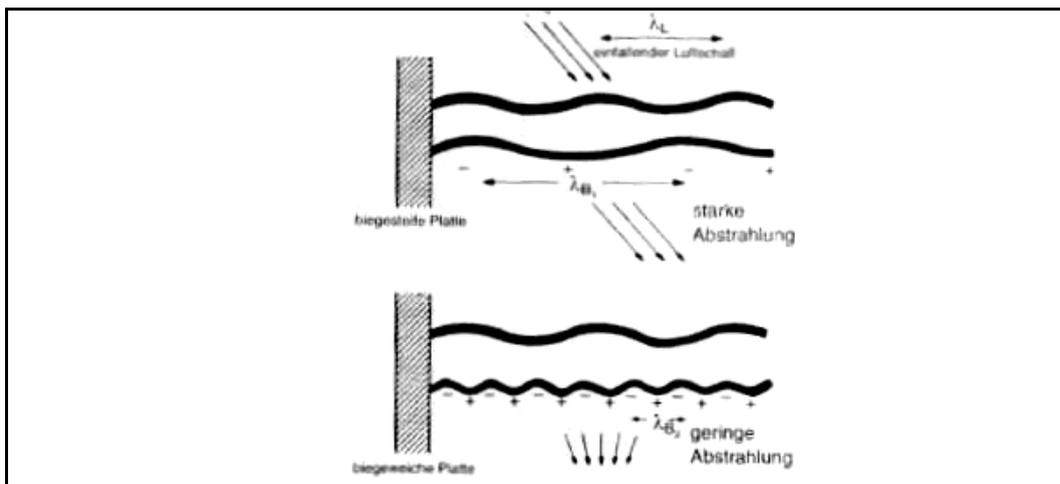


圖 45、軟質雙皮牆彎曲波之作用方式。經 B 途徑(板緣界面)或皮間接點所傳遞的實體音，皮層若為軟皮者，則激發較短的彎曲波長(B_2)，其傳送較少的音波能。而皮層若為硬皮者，則激發較長的彎曲波長(B_1)，其傳送較大的音波能。兩牆皮前的 + - 符號表牆皮前空氣之正、負壓區[Gösele]。

C. 途徑 C 之傳音

傳音途徑 C 之隔斷首重「避免音橋」與「不密接縫之聲音傳播問題」。

a 避免音橋

音橋對隔音性的影響也與牆皮的剛性有關。牆皮若為剛性大者，則有音橋之雙皮牆的隔音性甚至較單層之同重均質牆為差。但若雙皮牆之牆皮為軟皮且雙皮間軟性相接時，則該種牆的隔音性通常較單層之同重均質牆為優。

雙皮牆牆皮間若採剛硬之接點會產生音橋現象。此類接點可能由下列建材所構成：1. 支托承載加勁用木、2. 接點及結點型材、3. 周圈之木框...等等。此音橋之作用對雙皮室內可拆組隔間牆之隔音性往往有極大之負面影響。

雙皮牆途徑 C 傳音及音橋避免之作法有三：

- (1) 牆皮增重、減少剛性：減少皮層剛性之作法，可將外皮作成雙層，並以點狀相接；或以軟質阻尼層(5~10kg/m²)貼掛、栓鎖於牆皮之內或外，以加重牆皮，但不增其剛性，如此可改善 5~10dB 的隔音性(圖 46)。加重之材料可為橡膠、鉛板、瀝青氈、砂填塞留空..等材料。若以硬纖板、石膏紙板條或塊等分散貼於牆之內面，以加重牆皮者，其隔音改良性較差。
- (2) 減小牆皮與牆骨相連構造之剛性：牆皮盡量以點狀方式固定於骨料之上，以避免音橋產生。若必須採用線性條狀接合時，其條狀寬度最好小於 5cm，且須透過適當的材料重壓之(underdrückt)。
- (3) 減小牆骨之剛性：盡量縮小牆骨、框料的斷面尺寸。牆骨宜做成具輕質軟彈性者(weichfedernde)，以減少實體傳音。因之，以 c 型輕鋼牆骨所製成的室內可拆組隔間牆其隔音性較之木骨所製成的室內可拆組隔間牆者約優良 10dB 左右。

圖 47 顯示音橋對於雙皮牆隔音性之影響。牆皮若以剛性方式固

定於木骨牆上，在低頻時，此剛性接頭並不會影響雙皮牆之隔音性，然其對於愈高頻噪音之隔音性則愈差。[Zeeb p.90]

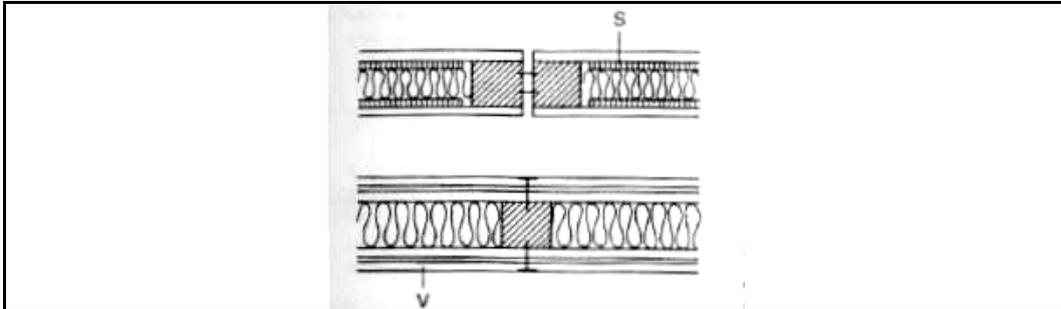


圖 46、藉倍增外裝飾板 V(下圖)，或增重軟皮層 S(上圖)所增加之阻尼性可改善雙皮牆的隔音性(Goesele:p.52、 Abb.A28)

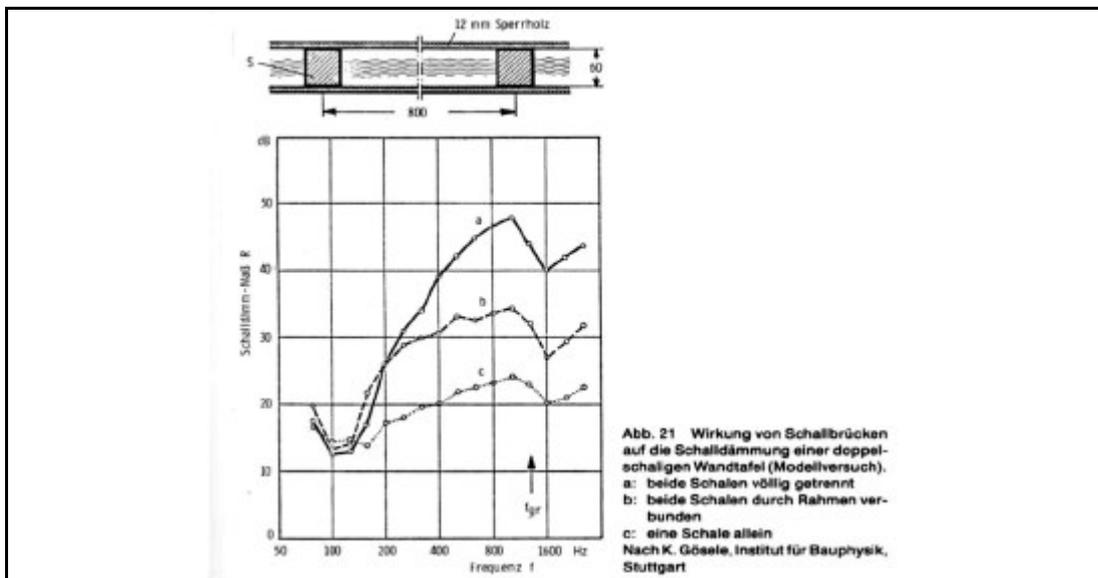


圖 47、音橋對於雙皮牆隔音性之影響: a 曲線: 雙皮完全分離, b 曲線: 雙皮以框相連, c 曲線: 一皮獨立[zeeb, p.27]

隔間牆單元彼此間的接點構成，尤其是帶狀模矩常見之「U 型接點」、「U 型接點型材」、或「蓋板」等等作法常易影響室內可拆組隔間牆之隔音性。

圖 48、圖 49 兩例說明未經阻尼處理的此類接點蓋板、型材構造，因較具顯著的共振效應，而使隔音值大大降低。由此可知，「加重型材」、「絕緣阻尼型材」，或「增加阻尼材於型材留空中」，是處理隔間牆單元接點隔音為極重要的事情。

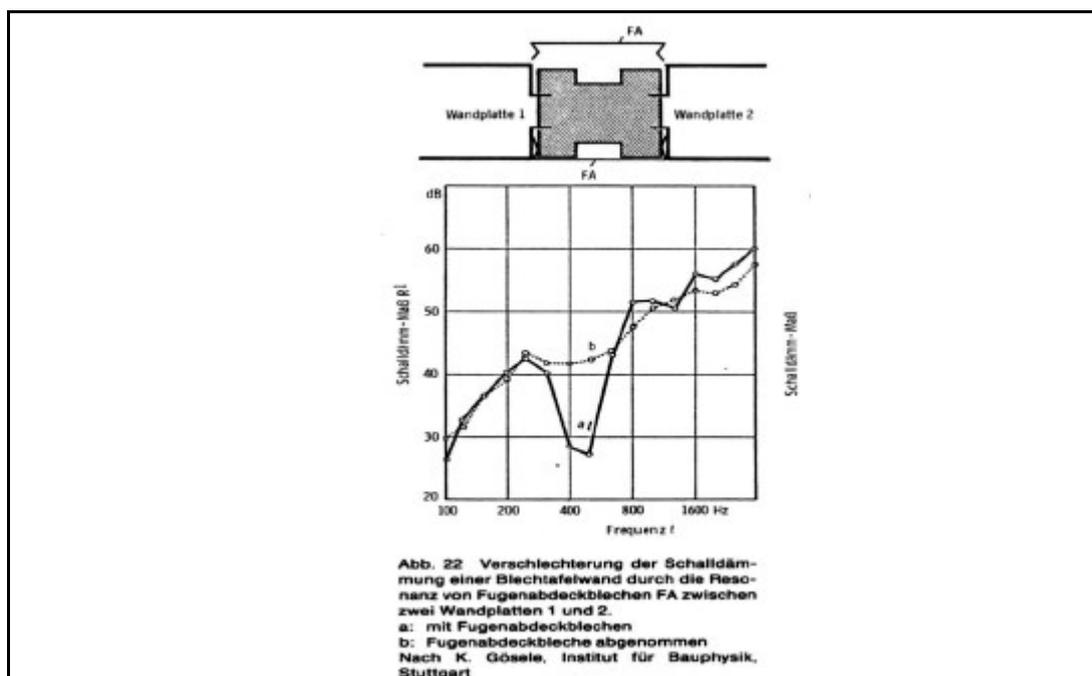


圖 48、金屬版牆在加入遮縫蓋板(FA)後，會因蓋板會產生共振現象，而使其隔音性變差。a 曲線為有蓋板之隔音曲線。b 曲線為無蓋板(FA)之隔音曲線。
(Nach Goesele)[zeeb, p.28]

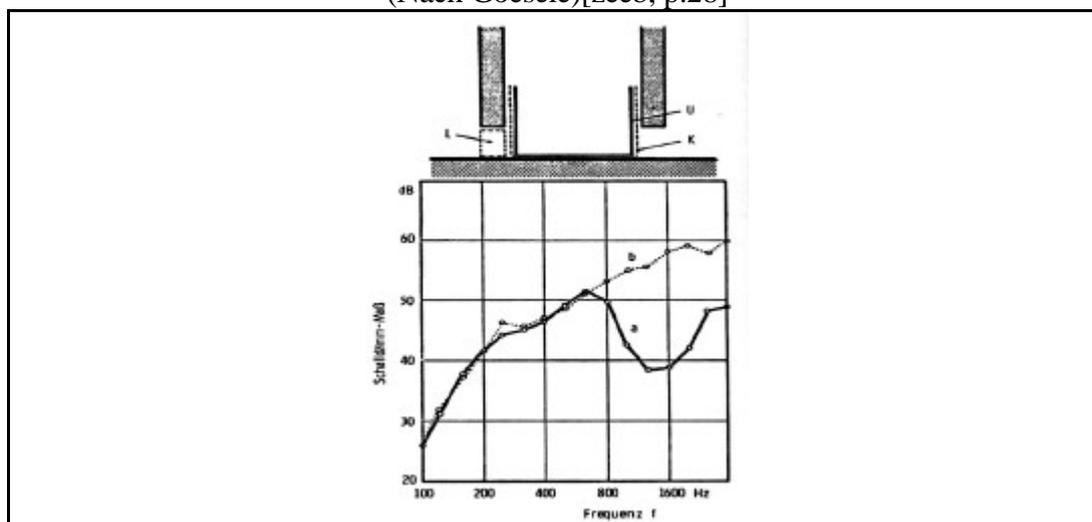


圖 49、木板牆之 U 型材與地面的接點，會因 U 軌與牆、地板之接點共振現象而降低其隔音性。a 曲線為具 U 型材之正常狀態。b 曲線為於 U 型材前加入 L 蓋板之較佳之隔音曲線。(Nach Goesele) [zeeb, p.28]

b 不密接縫之聲音傳播問題

室內可拆組隔間牆之密封性對於隔音、防氣味、隔絕病菌及有毒氣體而言極為重要。因之，醫院建築之隔牆接縫往往要求 100% 密封，以能進行無菌消毒，防止感染。此性能之需求與隔音之需求容或不同，

但作法上卻利益相符。

一般而言，室內可拆組隔間牆不可能以無縫方式接合組裝。雖然接縫僅佔隔牆極小之面積，但此縫之構法卻大大影響隔牆實際有效之隔音性。通常縫愈深、愈窄者，隔音性愈佳。頻率加倍，則隔音性增3dB。而位於一室邊緣之隔牆接縫，由於該處之音壓通常較一般高3dB，故其隔音需求應訂得較其他一般牆接縫為高。

狹縫之深度必須妥善計劃，因當縫深與音波之半波長或半波長之倍數相符時，有可能會導致「半波長共振」(s/2 Resonanz)，進而降低其隔音性。

室內可拆組隔間牆不密接縫之隔音性可藉由下列不同方法達成之(圖 50)。

- (1) 以彈性膠泥披土抹縫，其優點為隔音性極佳，但其缺點係無法預製，須現場施作，易污染內裝。
- (2) 帶狀模矩常用壓條整合密封材、蓋板等封縫。
- (3) 發泡性密封條於普通未壓縮狀況僅能抵抗小擾流(Strömungswiderstand)。若欲提升其抗擾流性，增進其縫隙高頻隔音性，則此類型材至少壓至原體積的20%。此種要求在垂直接縫中較難達成(因無重量壓住)，而在水平接縫中較易(因有構件重量壓住)。
- (4) 唇式密封材(Lippendichtung)+夾件(Klemmprofil)+塑膠密封材: 阻高頻較佳，就算僅存小壓力壓密封材時，其隔音效果亦較多孔式密封條為佳。
- (5) 利用空洞，可生較大的隔音性。(當凹槽雙邊相接時，隔音小室交會，音蕈於其內被消耗)。此法常用於門下緣、窗檯、亦可用於可變內牆。然若有水密、氣密、高度隔音要求時，則此構法無法滿足。(其實驗值可見abb26、abb27)。
- (6) 為封縫、及強調接縫。木牆接縫採公母榫方式(Nut-Federverbindung)接合，在此有可能產生音橋。

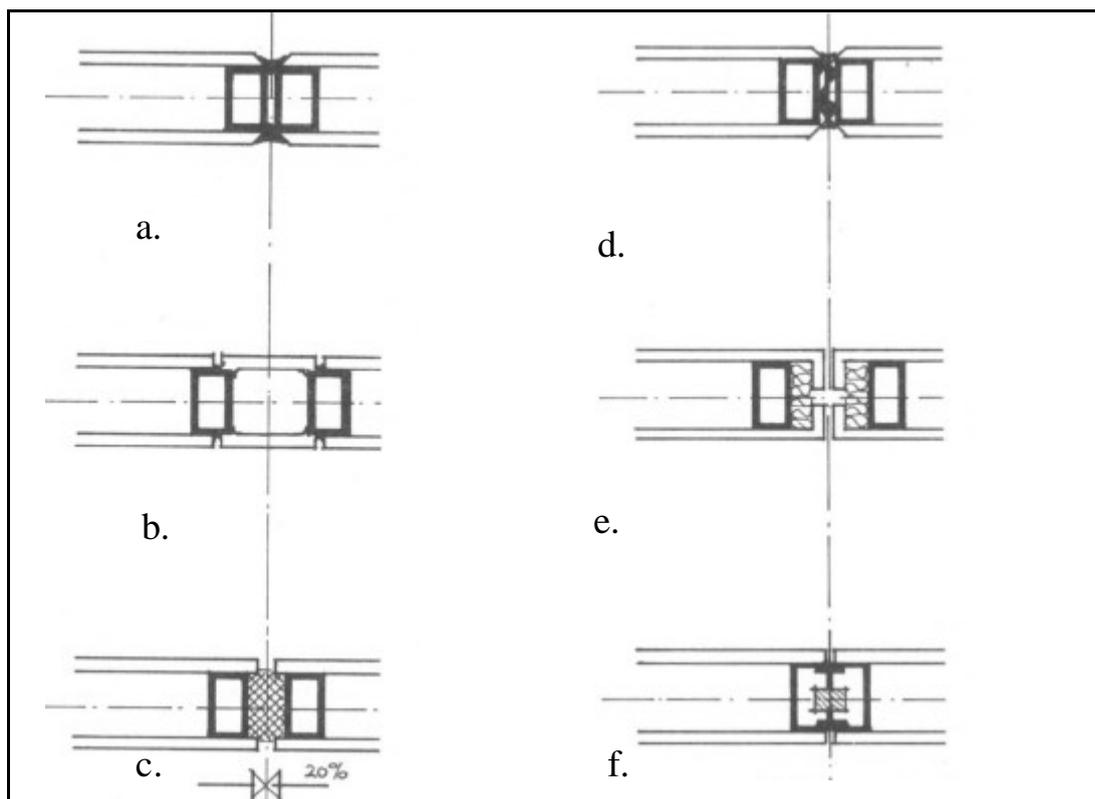


圖 50、六種改善隔牆不密接縫隔音性的方法 [zeeb, p.30]

D. 雙層牆隔音性小結:

具相同之單位面積重時，雙層牆之隔音性較之單皮者為佳。隔音值之大小受下列因素影響[車世光 pp. 57]

- (1) 重量
- (2) 皮間距
- (3) 皮之剛性(柔軟性)
- (4) 阻尼層
- (5) 牆皮連接之方式
- (6) 接縫之密封性

改善輕質隔間牆隔音性之構法可總結為如下六種作法:

- (1) 多層複合: 雙層或多層薄板疊合，與同重量之單層板相較，一方面可因剛性降低而使 f_c 高於主要聲頻，另一方面多層板疊置錯縫，可避免板縫隙處理不好的漏聲問題。

- (2) 雙層分立: 輕型板材所做成的牆, 若做成分離式雙皮牆, 因材料之剛度小, 周邊剛性連接的聲橋作用影響變小, 其隔音性較之同樣構造的雙層牆為高。
- (3) 薄板疊合: 為使 f_c 不落於 100~2500Hz 主要聲頻之間, 可將 25mm 厚之石膏紙板(原 f_c ~1250Hz)分成兩層(剛性減小), 使其 f_c 提高至約 2600Hz。雙皮牆兩側的牆板若採用不同厚度者, 可進一步使各自的吻合谷錯開, 而避免吻合效應。疊合層間磨擦(消耗振動音能), 使隔音較單層板有所提高。
- (4) 彈性聯結: 輕型板藉彈性墊層固定於骨料上的隔音性較之直接釘於骨料上者為高。
- (5) 加填吸音材: 將多層密實板用多孔材(如玻璃棉、發泡材等)分隔, 做成夾層結構。其隔音性較之同樣重量之單層牆為高。而雙皮牆中的空氣層中再填充多孔材料, 可進一步提升隔音性。
- (6) 增加結構阻尼: 鋼製龍骨通常較之木製骨料之阻尼性高。骨 60mm 厚之輕型圓孔板其 f_c 約為 600Hz, 落於主要音頻區。加之中心圓孔的共振傳音, 使隔音性變差。不如同重量而厚度減小之實心板。

3. 室內可拆組隔間牆隔音性之定量要求

目前使用於辦公室之室內可拆組隔間牆隔音性平均約在 35dB 左右。一般狀況室內可拆組隔間牆之最高之隔音性約 40~45dB 左右。一般而言, 隔音性若平均能達到 45dB, 則鄰室之語言已無法瞭解。以下表列各種空間用途建議之隔音值(表格 25)。

表格 25、各種空間用途建議之隔音值。

空間用途之定義	建議之平均隔音性
空間, 其可透過窗戶有視覺連繫性者。其隔牆乃作為空間分隔、界定者	25dB
辦公室辦公不受干擾的最小之隔音需求	30~35dB
行政空間, 說話不被瞭解者	35~40dB
無法聽清楚私密談話者(會議室、首長室)	40~45dB
臨接較高噪音源室者	45dB 以上

4. 室內可拆組隔間牆傳音之途徑及防治方法

前述章節有關室內可拆組隔間牆隔音性之討論集中於牆體本身的隔音性，本章節則針對所有可能的傳音途徑及其防治方法，以一雙皮室內可拆組隔間牆的水平剖面以及垂直剖面為例進行綜合性剖析。

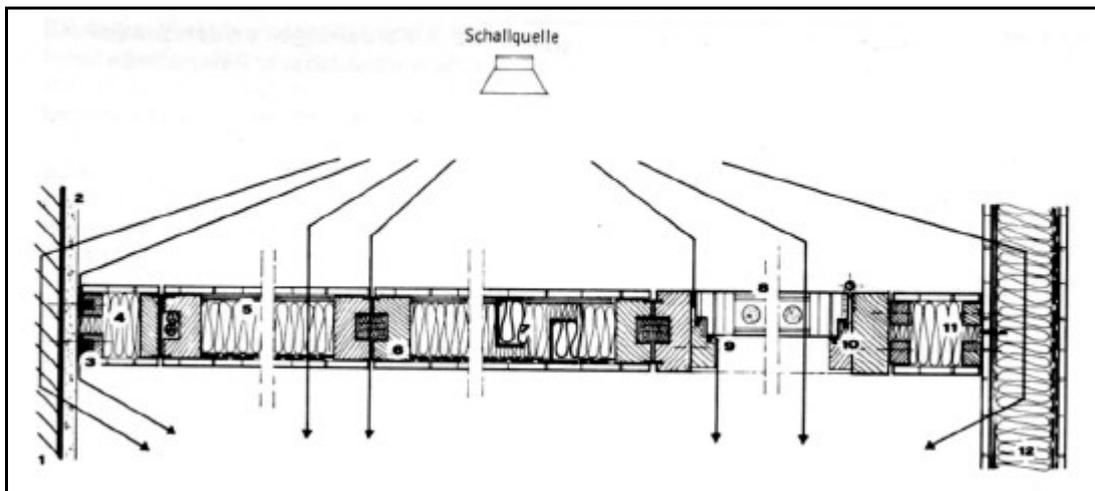


圖 51、雙皮室內可拆組隔間牆系統水平剖面的傳音途徑及其隔斷。
(System Zeeb, 35kg/m², R_m=42dB) [zeeb, p.35]

圖 51 標示一雙皮室內可拆組隔間牆系統水平剖面的 12 種傳音途徑及其隔斷之方法：

- (1) 室內可拆組隔間牆的臨接構件具較高的單位面積重(至少 250~350kg/m²)，使無側路傳音之存在。
- (2) 密實、平整的接面，無凹槽(Riefen)、溝紋(Furchen)，無粗糙性的抹灰層。
- (3) 內側彈性密封帶，必要時外側用膠泥/披土抹縫 (Kitt/Spachtelmasse)。泡沫性密封帶須處於高壓狀態(壓縮至原本體積的 20%)。
- (4) 牆接點的留空部分，由於音壓升高之危險性，須較中段的牆體更小心隔音。
- (5) 正確地組合與配置材料，以足夠的多孔、軟性且具大流阻性(Stroemungswiderstand)的隔音填塞牆內留空。
- (6) 週圈的框料(音橋)有損隔音性。注意將牆皮以最小接觸面積固定於框料上。將框料藉由軟彈簧性接合木相接

- 合，以減少其剛性。接縫以彈性材、型材等密封之。
- (7) 隔音性較佳的替選方案為：採用雙排交錯輕金屬型材骨料，並使內外牆皮徹底分開。
 - (8) 採用重質，且符合室內可拆組隔間牆牆隔音性能的門構件。若牆面的面積足夠大時，該門的隔音性可約略小於牆構造。本系統採用以砂充填的木屑管板 (Holzspanroehrenplatten)，面板採三夾板飾面，總厚度 50mm， 34kg/m^2 ， $R_{m'} = 38\text{dB}$ 。
 - (9) 門邊周圍有極佳功能的密封層(Dichtung)，其可吸收平衡門扇材料(木)之翹曲、乾縮、濕脹等變形，而不致產生不密之現象。
 - (10) 門框(Blockrahmen)、門樘(Zarge)不可做得過大，以使其剛性不致提高。樘料後面的留空應以隔音材填充，必要時須以密封材填縫。
 - (11) 室內可拆組隔間牆垂直丁字相交時(如隔牆與走道牆相接時)，應採用分離式接點木條(Getrennte Anschlussleisten)，並考慮較佳的接點隔音。
 - (12) 為避免輕質走道牆(Flurwand)的側路傳音 (schall-laengsleitung)，室內側的牆皮須中斷。

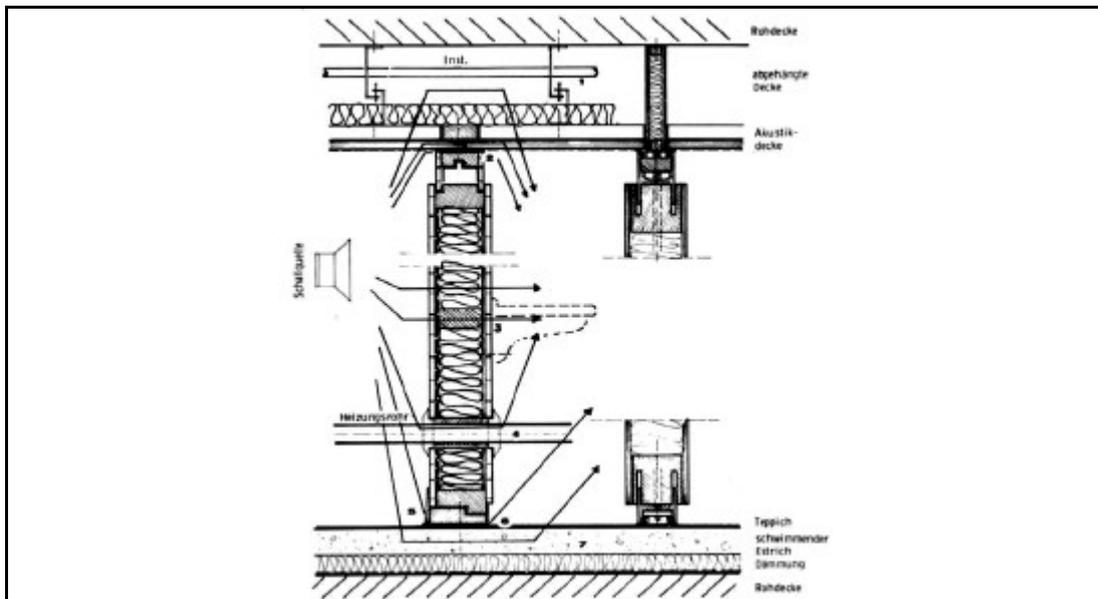


圖 52、雙皮室內可拆組隔間牆系統垂直斷面的側路傳音途徑、隔斷之方法，及其樓板與地板的接點作法。[zeeb, p.36]

圖 52 標示一雙皮室內可拆組隔間牆系統垂直剖面的 7 種傳音途徑及其隔斷之方法:

- (1) 最佳天花: 隔音天花(具 5~10cm)礦棉, 作為水平分隔。
- (2) 較密的接點: 吸收樓板的不平整性及變形性。
- (3) 避免於牆內配管, 最好採用牆前配管。固定臉盆、支托時要注意音橋問題。開關不可兩面並列, 以避免傳音。
- (4) 避免牆面之穿突穿管。因難隔: 1. 氣體傳音、2. 固體傳音。電線渠道、暖器管最好配置於吊天花或高架地板中。
- (5) 接點型材應考慮是否在缺阻尼情況下會造成共振效果。
- (6) 連續性地毯(穿突)隔音性極差。解法: 1. 地毯在室內可拆組隔間牆處隔斷後上拉 2. 牆直接置於「複合式地坪」(Verbund Es)上。
- (7) 使用浮式地坪時, 隔音性受限。因浮式地坪通常單位面積重量較輕, 易造成側路傳音(高頻共振(hohe Schwingungsamplituden))。若使用軟質瀝青混凝土(Gussasphalt)作為地坪, 則因集中荷重之故, 會引起點狀或線狀的沉陷。解法: 1.室內可拆組隔間牆隔斷浮式地坪。2. 使用「複合式地坪」(Verbund Estrich)上。

第七節 防火性能要求

1. 台灣防火相關法規

室內可拆組隔間牆相關防火相關法規可依 1.防火材料分類、2.防火建築與構造、3.設備界面防火、以及 4.隔間系統變更等四個方面加以說明:

A. 防火材料分等

內部裝修材料耐燃等級之級序, 依據內政部函釋, 對於建築技術規則建築設計施工編第 88 條, 有關內部裝修規定不燃材料、耐燃材料及耐火板之耐燃等級, 與中國國家標準 CNS 6532 建築物室內裝飾材料之耐燃性檢驗法規定一致, 不燃材料應比照耐燃一級、耐火板比照耐燃二級、耐燃材料比照耐燃三級材料辦理認定。

依我國消防法 11 條之防焰規定，11 層以上高樓、地下建築物及經指定場所之地毯、窗簾、布幕、展示用廣告合板應使用防焰材料。其功能為在微小火源狀態下，可避免引起著火。可防止擴大燃燒或自行熄滅。燃燒時不易產生大量濃煙及有毒氣體。防焰材料之等級及種類目前尚無規定。

B. 防火建築與防火構造規定

防火建築與防火構造的規定視建築之用途及面積而有所不同。由國內外文獻及本研究田野調查者可知，室內可拆組隔間牆一般常用於醫院、學校、辦公室、工廠、住宅等用途，對應於建築設計施工編第六十九條之規定(表格 26)，該類用途之建築應遵守(二)、(三)、(五)類之相關規定。

表格 26、建築設計施工編第六十九條有關防火建築及防火構造之規定

類別	一、用途	二、應為防火建築物者		三、應為防火構造者
		樓層規定	總樓地板面積規定	樓層及樓地板面積之和之規定
(一)	戲院、電影院、演藝場、歌廳	地面層以外之樓層。	1.觀眾席在200平方公尺以上。 2.屋外觀眾席在一、1000平方公尺以上。	
	集會堂、觀覽場及其他類似用途之建築物。	三層以上之樓層。		
(二)	醫院、旅館、集合住宅、寄宿舍、養老院、兒童福利設施及其他類似用途之建築物。	三層以上之樓層。		二層部份之面積在300平方公尺以上。醫院限於有病房者。
(三)	學校、辦公廳、體育館、博物館、美術館、圖書館、室內游泳池及其他類似用途之建築物。	三層以上之樓層。		2000平方公尺以上。
(四)	商場、市場、展覽場、夜總會、舞廳、餐廳、酒家、公共浴室、飲食店、保齡球館、溜冰場等遊藝場及其他類似用途之建築物。	三層以上之樓層。	3000平方公尺以上。	二層部份之面積在500平方公尺以上。
(五)	倉庫、工廠及其他類似用途之建築物		三層以上部份之面積在300平方公尺以上。	一、500平方公尺以上(工廠除外)。
(六)	汽車庫、修理場、電影攝影場、電視播送室及其他類似用途之建築物。	三層以上之樓層。		150平方公尺以上。
(七)	危險物貯藏庫。	依危險品種類及貯藏量，另行由內政部以命令規定之。		

作為防火構造之建築者，其主要構造之柱、梁、牆、樓地板及屋頂部份則應遵守建築設計施工編第七十條規定。由於室內可拆組隔間牆不承受結構荷重，故作為防火構造時僅能作為「分間牆」使用之。因之，不論樓層高低之差別，室內可拆組隔間牆僅在作為防火構造之建築物的「分間牆」時，須具備一小時防火時效之性能。

表格 27、建築設計施工編第八十八條有關內部裝修材料之規定

建築用途、構造		供該用途之專用樓地板面積合計		內部裝修材料	
		防火建築物 防火構造建物	非防火構造 建築物	居室或該使 用部分	通達地面之 走廊樓梯及 通道
(1)	戲院、電影院、歌廳、演藝場、觀覽場、集會堂。	全部		不燃材料	不燃材料
(2)	醫院、旅館、養老院、醫院、旅館、養老院、寄宿舍等建築物。	全部		耐火板（石膏板、木絲水泥板）	耐火板
(3)	商場、市場、辦公廳、展覽場、夜總會、酒吧、酒家、舞廳、遊藝場、公共浴室、餐廳、美容院、視聽歌唱業等。	全部		耐燃材料	
(4)	地下層、地下工作物供（1）、（3）使用者。	全部		不燃材料 耐火板	
(5)	汽車庫、汽車修理場。	全部			
(6)	無窗戶之居室	全部			
(7)	使用燃燒設備之房間。	住宅	二層以上部分 （但頂層除外）		
		非住宅	全部		
(8)	十一層以上部分	每 200 m ² 以內有防火區劃之部分			
		每 500 m ² 以內有防火區劃之部分		不燃材料	不燃材料
(9)	地下建築物	防火區劃面積按 100 m ² 以上 200 m ² 以下區劃者。		不燃材料 耐火板	
		防火區劃面積按 201 m ² 以上 500 m ² 以下區劃者。		不燃材料	

如前所述，室內可拆組隔間牆大抵作為醫院、學校、辦公室、工廠、住宅等用途的室內裝修之用，故應遵守建築設計施工編第八十八條有關內部裝修材料之限制(表格 27)，即依該條文中第(2)、第(3)、第(7)用途之規定，不論是否為防火構造，內部裝修材應至少採用耐燃材料，若能採用耐火板、不燃材料者則更佳。但此項規定亦有通融之處：

- (1) 使用室內可拆組隔間牆之建築用途者，其自樓板地面起高度在 1.2m 以下部份之牆面得不受該材料限制。
- (2) 凡裝設自動滅火設備或排煙設備者，其內裝材也不受限。
- (3) (1)、(2)、(3)類之建築物，其樓地板面積每 100m² 即設立防火區劃分隔者，或其設於地面層，且樓地板面積小於 100m² 者，其內裝材也不受限。

C. 設備界面防火規定

設備界面的防火規定不直接與室內可拆組隔間牆之構法有關，而是與室內可拆組隔間牆的管線配置、設備、插座、開關等之防火措施有關。建築技術規則設備編之相關規定計有：

- (1) 第 8 條，緊急用電源插座規定
- (2) 第 9 條，緊急供電系統配線規定
- (3) 第 29 條，給水排水管路之配置，貫穿防火區劃牆之管路，於貫穿處二側各一公尺範圍之內，應為不燃材料製作之管類。但配置於管道間內者，不在此限。
- (4) 第 92 條，機械通風設備及空氣調節設備之風管構造風管，以不貫穿防火牆為原則，如必需貫穿時，其包覆或襯裡層均應在適當處所切斷，並應在防火牆兩側均設置符合本編第九十三條規定之防火閘門。風管貫穿牆壁、樓地板等防火構造體時，貫穿處周圍，應以石綿繩、礦棉或其他不燃材料密封，並設置符合本編第九十四條規定之防火閘板，其包覆或襯裡層亦應在適當處所切斷，不得妨礙防火閘板之正常作用。
- (5) 第 94 條，風管貫穿具有一小時防火時效之分間牆處，應設置防火閘板。

D. 隔間系統變更規定

依室內裝修管理辦法第 3 條規定，所謂室內裝修，指固著於建築物構造體之天花板、內部牆面或高度超過一點二公尺固定於地板之隔屏或兼作櫥櫃使用之隔屏之裝修施工或分間牆之變更。但不包括壁紙、壁布、窗簾、家具、活動隔屏、地氈等之黏貼及擺設。第 22 條規定，室內裝修圖說應由開業建築師或專業設計技術人員署名負責。但建築物之分間牆位置變更、增加或減少經審查機構認定涉及公共安全時，應經開業建築師簽證負責。第 23 條規定，裝修材料及分間牆構造應符合建築技術規則之規定且不得妨害或破壞防火避難設施、防火區劃及主要構造。

2. 防火構法探討

室內可拆組隔間牆系統防火之構法可依系統、構件、接頭、材料等部材之不同，而有不同的火、熱、煙等火害防治之措施。以下分別就：構件材料耐燃性、單元牆體組構對防火性能的影響、接合機制接焰程度比較、遮熱性、防煙性、設備界面等等面向說明室內可拆組隔間牆系統之防火構法：

A. 構件材料耐燃性：

系統構件使用耐火性較高的材料，為隔間系統防火性能確保的基本條件。可動隔間系統之構成元件主要可分成單元牆體（包括面飾材、面板、芯材）及固定單元牆體的接合構件（包括骨架、天軌、地軌及各種接合配件）兩大部份，其構件組成材料應以不燃材料或耐燃材料進行製作，以確保系統之防火性能。依據火災成長歷程及火的延燒特性，室內裝修使用耐燃材料其性能等級的優先順序，第一為天花板，第二為上方壁面，第三為下方壁面，第四為地板面。由此觀之，室內可拆組隔間牆用材料位居室內裝修使用耐燃材料之耐燃等級的第三優先順位。

全面滿足防火、吸音、隔音等性能的材料極少，且通常價格昂貴。因材料表面若平整密實，通常防火性佳（因反射性佳）而吸音性差。反

之，若材質表面凹凸多孔者、通常防火性差，吸音性佳。故用作懸吊音響天花之材，同時能滿足防火、吸音、隔音等性能要求者極少。

B. 單元牆體組構對防火性能的影響

隔間牆面板若由耐燃等級不同之材料組成(雙層板)，應以耐燃等級較高者置於火源側。若將耐燃等級較高者用於內部，而易燃材料用於外表，將導致其防火時效低於前者，無法發揮材料之最佳防火效率。此外，隔間牆如為防火區劃之一部份，雖整個構造設計符合法規防火時效要求，但外表如使用易燃面材，仍會造成逃生避難及消防之障礙。

C. 接合機制接焰程度比較

完善的室內可拆組隔間牆防火構法不可僅著重於牆體單元本身的防火、防燄性，而忽略接點構造之處理，否則易形成室內可拆組隔間牆系統防火之弱點。接點構造之接焰性可從「構件單元間界面的接焰程度」以及「結構體接合界面接焰程度」兩方面加以討論。

a 單元間界面構件接焰程度比較

可動隔間系統中，單元間界面接合機制接焰程度，就模矩系統而言，帶狀模矩系統(4way)之接合型式，其接合構件的接焰程度往往高於軸線模矩系統(2way)。就接合機制而言，降低接合構件接焰的處理手法主要有：

- (1) 不具接合構件之接合機制：牆板卡榫形接
- (2) 接合構件及接合位置隱藏：骨架隱藏於耐燃面板內、接合構件以防火填縫材、或其他配件保護、接合點隱藏(圖 53)。

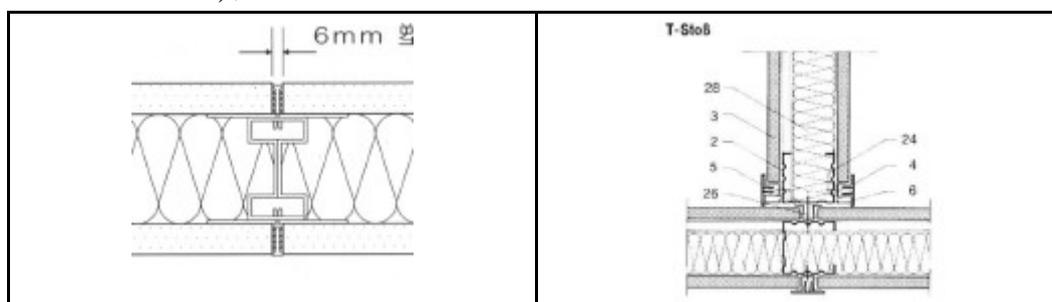


圖 53、降低接合構件接焰的處理手法。左：降低接合構件接焰的處理手法。右：隱藏與保護接合構件及接合位置

b 結構體接合界面接焰程度比較（以地板界面為例）

表格 28 列舉四種室內可拆組隔間牆與地板界面構法，其接焰之差異如下：

組構模式 1 面板包覆著立柱及地軌，火害發生時，立柱及地軌受面板保護，隔間系統整體之結構穩定性較佳，防火性能佳。組構模式 2、4 因板片離開主構造體，於板片及主構造體間將會造成防火性能上的弱點，組構模式 2、4 於防火性能提昇之處理，可於地軌中填塞耐燃材料，如：石膏板或防火棉，另可於地軌表面塗上防火漆或使用熔點較高之合金材質製作地軌型材，減少或延緩火害發生時構件之破壞變形。

表格 28 四種室內可拆組隔間牆與地板界面構法接焰程度之比較

<p>Bodenanschluß</p>	<p>Bodenanschluß</p>	<p>U型固定件 基底固定螺絲</p>	<p>45</p>
組構模式 1	組構模式 2	組構模式 3	組構模式 4

D. 構件間隙防焰穿透性

構件接合界面所產生之間隙，應儘可能避免產生貫穿牆體之直通間隙，以防止火焰穿透，造成火災擴大延燒。針對可動隔間之間隙遮焰性，其主要處理手法可整理如下(圖 54)：

- (1) 彎曲間隙路徑：利用輔助構件阻擋火焰直接穿透或利用

接合面曲折接合（凹凸卡榫）遮斷火焰穿透。

- (2) 直通間隙之填縫處理:使用防火性填縫材進行間隙填縫，隔斷火焰穿透並保護接合構件。
- (3) 直通間隙之深寬比:間隙若成直通狀態，間隙寬度越小、間隙深度（牆板厚度）越大，則火焰越不易從間隙穿透過牆體。

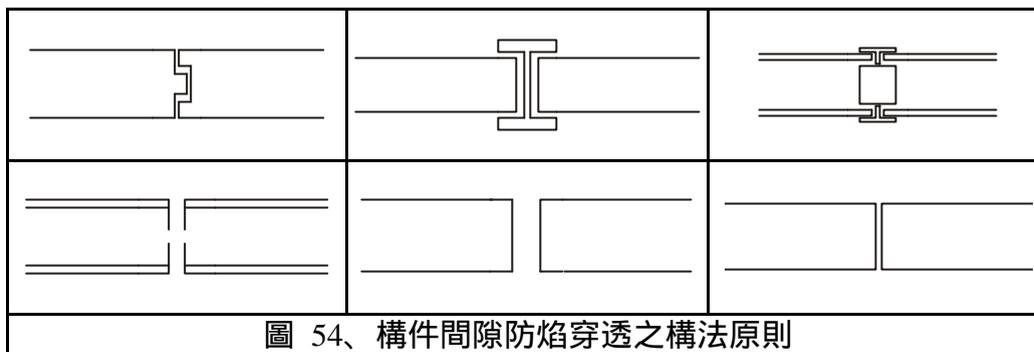


圖 54、構件間隙防焰穿透之構法原則

E. 遮熱性（熱傳透減少）

火害發生時，即使隔間系統穩定性良好未遭破壞，火焰並無直接接觸牆體另側之空間物品，但火場高溫及熱量亦會經由牆體熱傳、輻射，使其背面溫度高於 200℃，則易造成另一空間的火災延燒，因此遮熱性亦為隔間系統防火性能之重要考量因素之一。隔間系統遮熱性主要可從「牆體斷面熱傳透率」及接合構件「熱橋作用」兩大部份進行討論。

a 牆體斷面熱傳控制

為防止熱經由牆體輻射至另一空間造成火害之擴大，提高牆體熱阻性，以降低牆體另側表面溫度提高速度，進而減少熱輻射之能量，係牆體斷面熱傳控制重點。以可拆組隔間為例，其牆體斷面熱傳之控制方法可有：

1. 選用熱阻性較佳的材料作為牆骨、牆面板。
2. 使用岩棉纖維等高隔熱性之防火、隔熱材填塞於中空層中。
3. 加大斷面厚度。
4. 空氣層維持於 2 公分以下。

b 接合構件熱橋作用之避免

目前市面流通之室內可拆組隔間牆系統大多採用金屬材質的牆骨及牆面板材；因之，即便在其留空中置放足夠的防火填塞，若不進一步阻絕金屬構件間的熱橋效應，則仍會形成隔間系統防火構法上的弱點。

降低熱橋影響其作法主要有：

- (1) 以絕緣材隔斷熱導性較佳材質之接觸
- (2) 不使用貫穿牆體之高傳導率接合構件
- (3) 降低熱橋構件高溫側接焰程度
- (4) 使用熱傳導性較差材料製作構件
- (5) 減少傳熱物體之截面積（路徑或連續性）
- (6) 減少構件低溫側熱輻射之作用

F. 防煙性（煙害降低性）

火災發生時，構材燃燒所產生的煙或有毒氣體易造成諸如毒性、窒息性、高溫及視覺障礙等危害，是逃生避難的最大威脅。因之，構材防煙性的探討，亦為防火構法中不容忽視的一環。以室內可拆組隔間牆為例，降低煙害的對策不外：

- (1) 抑制煙的產生：隔牆之構材宜盡可能採用發煙量小、發煙速度慢且無有毒氣體的材料，以抑制發煙泉源，進而爭取逃生時間。建材的耐燃級數愈佳，其發煙係數愈小（耐燃一級建材，單位面積的發煙係數為 30。耐燃二級建材，單位面積的發煙係數為 60。耐燃三級建材單位面積的發煙係數為 120）。因之，從防煙性考量，室內可拆組隔間牆宜盡量採用耐燃一級的建材。
- (2) 防止煙的擴散：氣密性佳的隔牆可提供較好的遮煙性，有助於阻止煙霧擴散及限制煙霧流動範圍。氣密性不足時，則應盡量運用空間正負氣壓差控制之方法，於牆體兩側形成一定之壓力差，以避免煙霧之透過。此外，氣密填縫材料之遮煙性亦應與其防火性能一併考慮。

G. 設備界面

室內可拆組隔間牆設備界面之防火考量，宜注意下列幾點：

- (1) 燈開關盒、插座等構件應使用不燃材。
- (2) 燈開關盒、插座等構件不應於同一牆相對設置之。特別當牆的防火時效要求 30 分鐘時。
- (3) 窗臺下的連續線渠表面應以不燃發泡材、石膏泥或軟石棉等材噴塗包覆之。
- (4) 室內可拆組隔間牆內有管線，但又有防火需求者應注意：PVC 是否會因受熱達 80 釋放氯氣，並與氫氣結合後，形成鹽酸，造成構造上的腐蝕。
- (5) 防火區劃的牆應避免通風穿管，若無法避免，則應設置自動防火閘門等裝置。

H. 室內可拆組隔間牆與裝入空間整體防火測試之必要性

由於一般法規僅針對單獨構件測試其防火性，未考慮其邊際之材質的影響，故若欲確知其實際的防火時效，實有必要將室內可拆組隔間牆構材系統與其他室內構件一起接受防火測試。

第八節 機械性要求

室內可拆組隔間牆之機械性能可依德國 DIN 4103 有關非承重室內隔間牆之相關規定與要求，分成 1.靜載重、2.衝擊載重、3.支托載重、4.抗彎性、5. 整體結構抵抗衝擊載重之能力、6. 牆體局部抵抗衝擊載重之能力、7. 結點之抗剪力之要求、8. 要求之證明等八項因子以討論。而 CNS 8072 對於可活動隔牆之機械性相關之性能，僅有 1. 「分布壓力強度」及 2. 「衝擊強度」等兩項要求，及其相對應的強度試驗測試方法規定。為求考量之完整性，以下依 DIN 4103 所述之八項之機械性相關要求作進一步之探討：

1. 靜載重

在靜載重下，整個結構物於工作載重時不會產生不允許的彎曲變形、永久變形。在承受最大載重時(如災難時(見 4.5))，牆仍能保持穩定。

2. 衝擊荷重

衝擊載重下，整個結構物至破壞前吸收能量之能力必須足夠大(見 4.7)。在硬物衝擊下，牆不可穿透。

3. 支托重量

輕質支托重：在室內可拆組隔間牆產品給定的固定地點、固定方式之下必須能承受輕支托重。所謂輕支托重:其每米牆寬之荷重 $< 40\text{kp/m}$ 之構件。其力臂之規定為: 支托荷重合力之作用線不得超過牆面平行距離 30cm 者。(如畫、書架板、廚房小牆櫃..等)。

重質支托重:若室內可拆組隔間牆產品能承較大重量者，應由室內可拆組隔間牆產品廠商提供下列足夠之資訊:

- (1) 允許之重質荷重 $? \text{kg/m}$ 。
- (2) 力臂規定: 合力之作用線與牆面最大的平行距離 $? \text{cm}$ 者。
- (3) 固定的方式及種類(特別是 Norm 規範之常用固定方式與構件並無為相關規定者)。

特定室內可拆組隔間牆牆的支托荷重固定構件須有足夠的極限載重能力。若需承受更重的荷載時，有時須增加額外的支承構造措施。

4. 靜載重，整體構造物在使用荷載及抗彎極限情況下的抗彎剛性

最大的撓度規定: 在 30kp/m 之支托載重下,最大撓度不可超過: 1. 結點部分: $1/250H$, 2. 牆皮部分: $1/125H+1/125M$ 。

最大永久變形的規定: 1. 結點部分: $1/500H$, 2. 牆皮部分: $1/500H+1/125M$ 。

在最大荷載(災難)的情況下: 1. 第一種應用區(少人聚集之場所): 50kp/m 。 2. 第二種應用區(多人聚集之場所): 100kp/m 。

以上之 H 為牆之高度。 M 為牆模矩寬。

牆面承受高於地面 90cm 的條狀負荷時，必須保持穩定。牆面可允許永久變形之產生，因牆單元可置換。室內可拆組隔間牆與臨接構

件有足夠的固定構件可茲接合，係牆有足夠穩定性的前題。

5. 整體結構抵抗衝擊載重之能力

衝擊力之測試可依下法：人體以質量 m_1 衝擊牆體之衝擊力，以其部分臀部之面積，在 v_a 的速度下，衝撞牆面最不利的位置(通常為牆高的一半處)：

$$m_1=90\text{kg}$$

$$v_a=2.0 \text{ m/s (於牆高 3 米處)}$$

$$v_a=2.6 \text{ m/s (於牆高 4.5 米處)}$$

v_a 中間值可依上述值內插方式求得。在此衝擊力下牆面應保持穩定。牆面可允許永久變形之產生。牆能承受、吸收之能量必須設計為衝擊破壞能量之 1.5 倍。

CNS 8072 則將室內可拆組隔間牆產品之衝擊強度分為以下五等：

表格 29 活動隔牆衝擊強度區分表

單位: N . cm(kgf . cm)

衝擊強度區分	0	25	65	160	260
衝擊能量	250 未滿 (25 未滿)	250 以上, 650 未滿 (25 以上, 65 未滿)	650 以上, 1600 未滿 (65 以上, 160 未滿)	1600 以上, 2600 未滿 (160 以上, 260 未滿)	2600 以上 (260 以上)

6. 牆體局部抵抗衝擊載重之能力

「牆體局部抵抗衝擊載重之能力」可以如下實驗表之：硬質、實心物具質量 m_1 以 v_a 之速度衝撞牆面。

$m_1=1\text{kg}$, $v_a=10\text{m/s}$ 。在此衝擊下，牆面不可整面穿透。

7. 結點之抗剪力

抗剪性須滿足 4~6 之要求。

8. 分佈壓力強度

在分佈壓力強度方面，DIN 4103 未有進一步之規定。而 CNS 8072 則將室內可拆組隔間牆之壓力強度可分為以下五等(表格 30):

表格 30、活動隔牆分布壓力強度區分表 單位: N/m²(kgf/m²)

分布壓力強度區分	0	5	20	40	60
相當單位面積載重	50 未滿 (5 未滿)	50 以上, 200 未滿 (5 以上, 20 未滿)	200 以上, 400 未滿 (20 以上, 40 未滿)	400 以上, 600 未滿 (40 以上, 60 未滿)	600 以上 (60 以上)

9. 要求之證明

室內可拆組隔間牆耐衝擊性的要求須藉實驗或計算的方式證明之。若某種牆面產品未有「耐衝擊性證明」，則可透過比較其他已有「耐衝擊性證明」的類似產品假設其耐衝擊性，如此一來，則不須另做「耐衝擊性證明」。

第九節 組裝性

室內可拆組隔間牆系統的組裝性實為室內可拆組隔間牆系統發展的出發點。以下茲針對組裝性能要求、可更換性、可拆組接點構成、構件編號、組裝常見之困擾等面向討論室內可拆組隔間牆系統的組裝性。

1. 組裝性能要求

室內可拆組隔間牆構件不承重，但可將表面承受之垂直以及水平重量傳遞至承重構件。因之，室內可拆組隔間牆組裝與拆卸時不應影響結構體承載之功能。

室內可拆組隔間牆的組裝性能要求可進一步細分為下列四項:

- (1) 組裝之速度與即時組裝之可能性。
- (2) 組裝之粉塵、噪音、震動等環境衝擊性。
- (3) 牆構件表面損傷性。
- (4) 組裝、重組、更換、修理的便利性與相容性。

每種室內可拆組隔間牆依其系統構成之差異，往往具不同的組裝特性。整體而言，骨皮式與整片版式室內可拆組隔間牆在組裝性能上的優缺點正好相左，因之，業主在選用或開發時，宜慎選系統，以使其組裝特性符合所需。以下將骨皮式與整片版式室內可拆組隔間牆組裝性能上的優缺點表列如下(表格 31)

表格 31、骨皮式與整片版式室內可拆組隔間牆組裝性能上的優缺點[Zeeb, p.20]

骨皮式牆	整片板式
+ 運輸簡單且輕	+ 快速組裝
+ 管道可及性高	+ 整組牆高品質
+ 損壞構件容易更換	+ 無單一構件
+ 誤差容易吸收	+ 自我穩定性高
+ 每面可更換不同的板	
- 組件過多	- 運輸困難
- 點狀承載易造成集中荷重	- 設備管道可及性差
- 組裝需時多(Abb. 34)	- 損壞後需整片板拆換(Abb. 35)

室內可拆組隔間牆構件的組裝速度依系統、構件(門、窗、牆..等構件)及系統之性能要求複雜度而有別，歐洲系統的組裝速度一般以每平方米計算時約 20~60min/m²[Zeeb, p43]；以每米長度計算時約 45~120min/m。依本研究調查與換算，在正常的組裝人工編制下，台灣市售的室內可拆組隔間牆構件的組裝速度則約界於 15~50min/m²。其中單片板約為 15~30min/m²，骨皮式者為 20~35min/m²，而軌道式者為 25~50min/m²。組裝速度愈快者，則其所需工錢較少。

2. 可更換性

室內可拆組隔間牆的可更換性牽涉重組性、再用性、更換費時費

力性、零件補充性、客戶服務之永續性等等因素；也與使用者改修之行為有關。以德國為例，最常見的隔牆改修之行為係：

- (1) 玄關、立面部位的牆面移置或重組。
- (2) 實牆更換為門、窗、玻璃。
- (3) 平面整體改修，牆全面更換移位(一般較少，但若易租、換屋時常見)

室內可拆組隔間牆的更換往往與平面改修有關。然若於平面規畫之初，並無支架體與填充體分離以及空間彈性分隔觀念之考量，則再好的室內可拆組隔間牆系統也難保能夠滿足所有空間變異性的需求。是故，若欲使室內可拆組隔間牆設計能充分配合日後平面改修之需求，則應盡早規畫平面變異之可能性，並盡早訂料、儲存，以減少日後改修時遭遇諸如零件短缺、平面更動不易...等等技術面或組織面的問題。

根據本研究及 Linde 氏調查[Linde]，可拆組隔間牆的優點無論在台灣或德國，目前並未完全發揮。建築內裝改修時，室內可拆組隔間牆拆組再用之比例均偏低。以德國為例，室內可拆組隔間牆的可拆組性僅利用了約 1~12%；而在台灣，室內可拆組隔間牆之拆卸重組之機率幾乎為零。究其原因，並非平面可變性的需求不存在，此殆因原本平面規劃之不當，導致空間的可變性受到極大的限制所致。平面計劃若原本即無平面更動之考量者，易使現存構造物的邊際條件無法配合室內可拆組隔間牆之裝入要求；或存在多種模矩尺寸，須仰賴大量的調適構件(Passstueck)，以協調不同尺寸之配合問題。為突破此瓶頸，一方面應從根本的開放平面規劃著手，另一方面尚需改良現今的室內可拆組隔間牆特性，使其具有：

- (1) 最大的誤差吸收性
- (2) 最大的變位吸收能力
- (3) 最大的隔音性
- (4) 最大的管道設備相容性
- (5) 最大的拆組容易性

- (6) 最大的可變性
- (7) 滿足 1~6 的需求同兼顧經濟性之考量

除此之外，尚須導入管理之觀念，使計劃、施工及所有參與者毫無保留地相互協調，方能使室內可拆組隔間牆的可變特性獲致最大的實踐效果。

3. 牆構件編號

室內可拆組隔間牆系統組裝時，運輸、分配構件以及短期暫置牆構件以待施工等程序往往佔去 1/4 的組裝時間，因之室內可拆組隔間牆構件若有系統的編號，將有助於提升組裝之效率，縮短組裝時間。一般常用顏色、標記、戳記等方式標明室內可拆組隔間牆構件所在的位置，以便辨識，然此標記在組裝後須能被隱藏或容易去除，以免有礙觀瞻。當製造者與組裝者非屬同一單位時，則有必要提供組裝者充分之組裝說明文件，以免誤裝。

4. 室內可拆組隔間牆組裝常見之困擾

實務上，室內可拆組隔間牆的物理、美學要求較為容易滿足，但往往在組裝上存有時效的盲點：一般人希望室內可拆組隔間牆的拆組速度愈快愈好，最好能由「房屋管理者」或「使用者」於週末人少時，快速重組完成，以便週一上班時隨即可以使用。然而事實上，此目標常因下列原因無法完滿達成：1. 單元組件太重(因隔音需求)，2. 缺少特殊工具無法拆組，3. 調適構件需現場施做，以前使用者不一定管用，4. 配管配線仍需水電專業工人。5. 整體缺乏預設之可變之平面計劃，6. 法律上更動申請核准手續繁瑣。

針對以上困擾的解決之道：宜於設計早期即對前述 1~6 點的問題進行整合性之考量，使參與的每個種工種均進行充分溝通及資訊整合，並盡早諮詢規範許可之範為，依法辦理變更，以縮短申請程序所需之時間。

第十節 結點構法

可拆組隔間無論骨皮式或整片版式均以可拆組方式所構成。若以構件與其接頭平面的位相關係視之，吾人可依可拆組隔間構件之數量與位置，將正交系統之牆面接點關係分成下列六種(圖 55):

- (1) 自由端接點
- (2) 板一般接點
- (3) T 型接點
- (4) 十字型接點
- (5) 角接點
- (6) 牆、樓板、地板等界面的接點

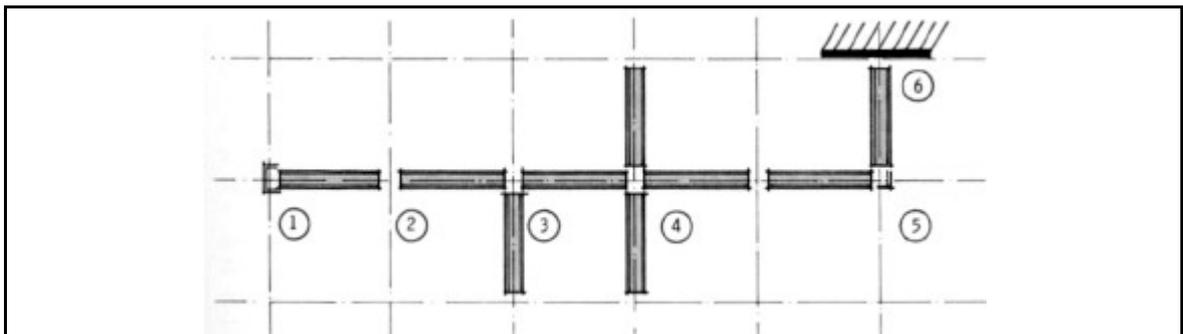


圖 55、六種典型隔間接頭系統之位相說明(Zeeb, 1985, p.83)

1. 室內可拆組隔間牆結點的性能要求

依 CNS 13130、CNS 13131 有關建築用接頭機能之相關規定，吾人可將接頭相關之機能分為 1.環境因子、2.抵抗應力之能力、3.安全性、4.尺度偏差之調整、5.組件之固定、6.外觀、7.經濟性、8 耐久性、9.維護性、10.環境狀況條件等 10 類。針對室內可拆組隔間牆接頭之特殊性，吾人可進一部將其結點的性能要求分成機能、組裝、造形等三大類，而然此三類需求也會因結點所在的位相之不同而有異:(表格 32)。

表格 32、室內可拆組隔間牆結點的性能需求:

A	構件彼此間	一般要求(例)	個案要求(例)
	機能要求	可拆組性	氣密

		隔音	防塵
	組裝要求	平衡材料施工誤差	縫留約 1cm 寬
		接點構件應易操作	隱藏接點構件
	造形要求	接點部分作為陰影縫	接點面應與整面構成方式一致
B	構件與建物界面	一般要求(例)	個案要求(例)
	機能要求	可動、隔音、可拆、傳力性	螺栓接合、實體隔音、不損臨接界面、
	組裝要求	非專業工人亦可操作	以簡單工具組裝
	造形要求	接點部分作為陰影縫	接點面應與整面構成方式一致

以下就 1. 室內可拆組隔間牆與樓板/天花、2. 室內可拆組隔間牆與鄰接構件、3. 室內可拆組隔間牆與地板等三種重要的接點位置，進一步探討其接點的特殊性能與構法：

2. 可拆組結點構法原則

本研究歸納常見的骨架面板系統之面板與骨架接合與拆組機制，大抵分成：1. 壓條式、2. 鉤掛式、3. 公母榫、4. 壘砌夾條式、5. 四板扣環式等五大類：

甲、 壓條式：以夾件或壓條夾住板材，壓條則以機械式方式(如自攻螺絲、卡榫、螺栓等)固定於骨架上。地面結點可以踢腳板收頭。(如 Richter Systeck、Hueppe raumsystem)

乙、 鉤掛式：將面板以各種掛鉤，掛於骨架上。骨架可為先行沖孔之型材者((鉤掛一型) Straele、koenig-neurath、LTV 系統)，或可添加附加構件((鉤掛二型) Peter Ruppel、VOKO Franz)；掛鉤則一般固定於板後或板之框料上。

丙、 公母榫型：此種板與骨架的水平接合斷面呈公母榫之形狀，然公榫二分，係由二板之邊框共同組成；母榫部分則由骨料之擠型凹槽或軋壓型材之凹槽所構成。板片重量並非由公母榫承擔，而是由底面支托構材承托。例(Akustikbau

Lindner、Richter Systal)

丁、 壘砌夾條型：兩夾條(通常為擠料或軋壓彎折料)以隔距鉤件鎖合於骨架柱兩側，面板壘砌而上。 ，與江南傳統建築月梁類同(優格系統)。

戊、 四板扣環式：嚴格說來，此種接頭應歸類為雙片板之板片式可拆組隔間牆之接合機制。其先將板於工廠內加框，再運至現場，裝於天軌地軌之間，並以扣環固定原本鎖於四片板框的五金上。(Unilock Signature)

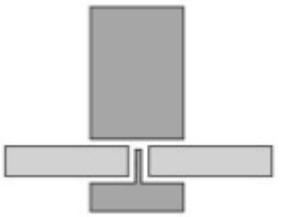
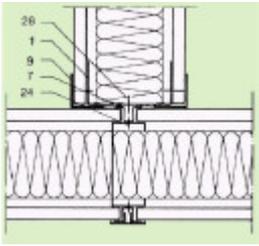
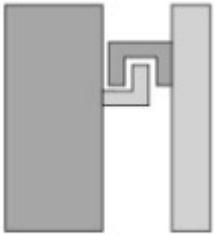
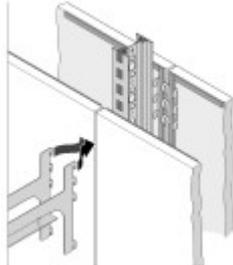
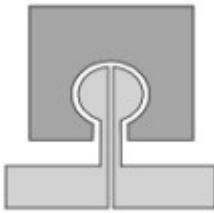
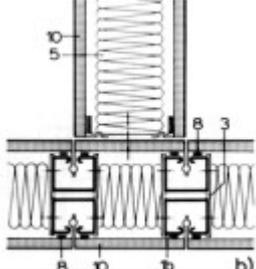
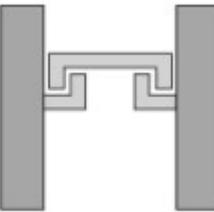
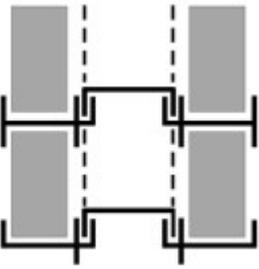
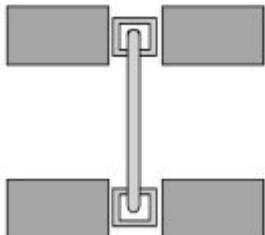
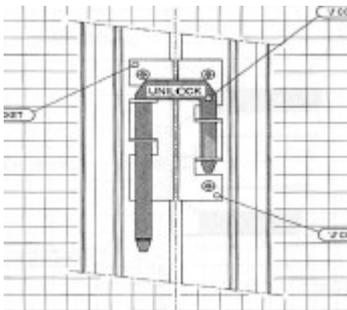
接點形式	接合機制示意圖	案例	特點
壓條式			<p>最簡易常見的接合方法，施工迅速，組裝精度要求較不高</p>
鉤掛式			<p>鉤掛。結構柱應有吸收高程誤差之機制，否則板片難以完全水平吊掛。</p>
公母榫式			<p>適用於強調垂直接縫之牆面。只能使用鋼板或金屬框料彎折成公榫形狀。</p>
累砌夾條式			<p>適用於小高度水平條狀之牆面紋理，但不適合地板至屋頂高度之整片牆板之構造。與辦公傢俱搭配良好。板片間垂直接縫易呈不平整瑕疵。</p>
四板環扣式			<p>因牆板與結構材合一，其重量較重。組裝迅速，板間接點少，隔音性較佳。</p>

圖 56、五種常見的可拆組隔間骨架與面板結點構法原則(本研究整理)

3. 室內可拆組隔間牆與樓板/天花之接法

室內可拆組隔間牆與樓板/天花的接點在力學上一般僅需承受面外的水平力，而垂直方向應可允許滑動，以便吸收樓板的變形。常用的接合方法計有螺栓、撐緊五金等。

此結點的構法應能滿足 1. 誤差吸收，2. 穩定牆面(力學安定性)，3. 可拆組，4. 容許鄰接界面構件位移變形，不使其接點發生損壞等要求。除此之外，因應個案需求，尚須應滿足不同的防火與隔音等級之要求。

由於此類接點往往需承受較大之變形(特別當室內可拆組隔間牆與溫度變化劇烈之構件(如帷幕牆，大跨之鋼構或 RC 樓板且載重變化大者接合時)，故該接點之可動性與彈性須格外小心設計，以使鄰界構件即便有變形、運動等位移情況，也不致使構件受損(圖 57)。

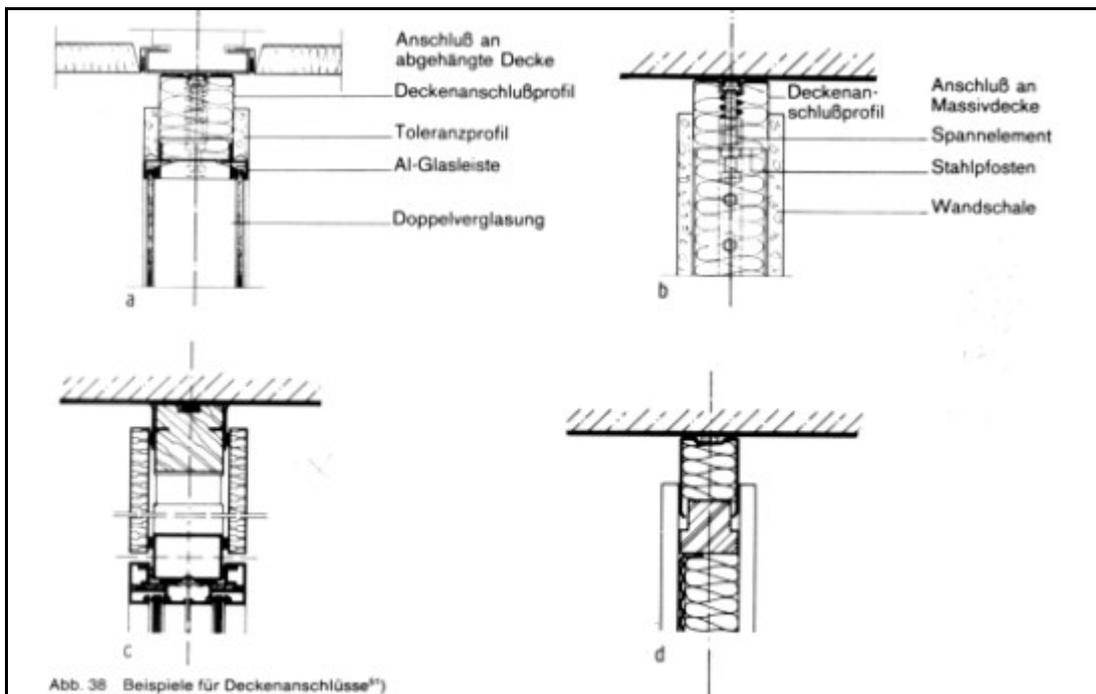


圖 57、室內可拆組隔間牆與樓板/天花之接法實例
[System Alco、Waiko、Nusser 等型錄]

4. 室內可拆組隔間牆與鄰接構件之接點

室內可拆組隔間牆與鄰接構件之接點在組裝上，應能確保任何時候均可拆，且需能吸收容許誤差。因之此結點的構法應能滿足 1. 誤差吸收，2. 穩定牆面(力學安定性)，3. 可拆組等性能要求。除此之外，因應個案需求，尚須應滿足不同的防火與隔音等級之要求(圖 58)。

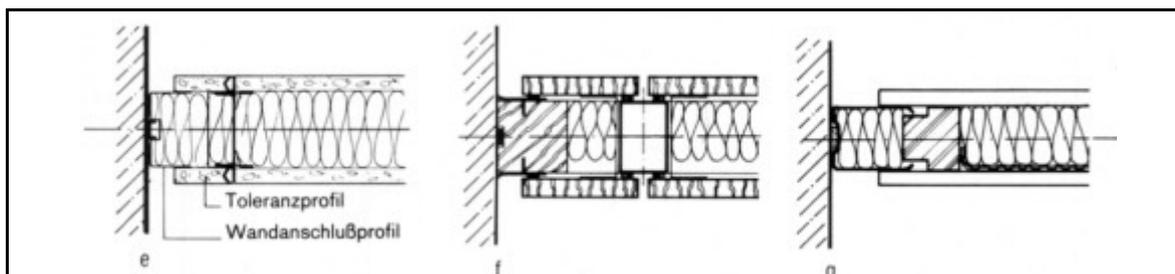


圖 58、室內可拆組隔間牆與牆面之接法實例[System Alco、Waiko、Nusser 等型錄]

瑞士產品 Pneumatica 係一種可拆組撐緊式室內可拆組隔間牆與樓板之接合專利(圖 59)，利用二 U 型軌為材，於其中塞入一中空丁烯橡膠管(Neoprene tube)，當管塞拔除後，該管因壓力平衡之故，即會發生膨脹，進而頂住天花，產生足夠的固定性。而改修時，僅需以唧筒將管中空氣吸除，即可恢復原狀，不傷牆面、天花。該產品兼具高隔音性、防火性等優點。除此之外，Lignacord gmbH 公司尚開發以腳踩方式膨脹橡膠軟墊(Gummibelag)以撐住地板、天花的固定方法。只要拔除底面手把，即可快速拆除。此皆為開發可拆解接頭時值得參考的作法。

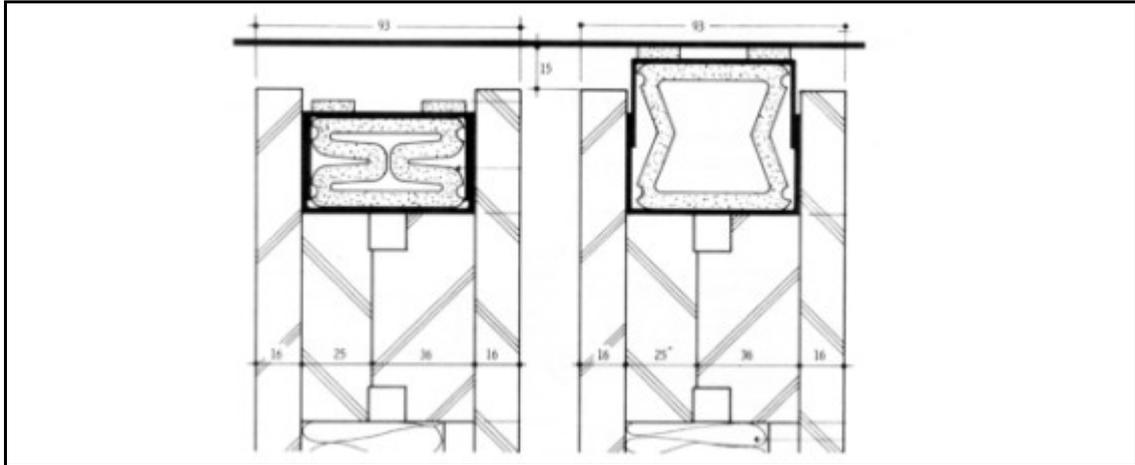


圖 59、瑞士產品 Pneumatica 可拆組撐緊式接頭專利[Pneumatica 型錄]

5. 室內可拆組隔間牆與地板之接點

室內可拆組隔間牆可直接置放於結構樓板或於完整的地坪上。其與地板之接點應可拆解，同時可傳遞自重及面外衝擊載重至地板；並應能吸收地板的不平整性。而踢腳板防衝撞及防髒之要求亦應於此結點構法設計時一併考慮。

故此結點的構法應能滿足：1. 地面平整性與高度誤差吸收，2. 傳力性、穩定性，3. 可拆組性，4. 氣密性，5. 視覺外觀等需求。除此之外，因應個案需求，也須應滿足不同的防火與隔音等級之要求(圖 60)。

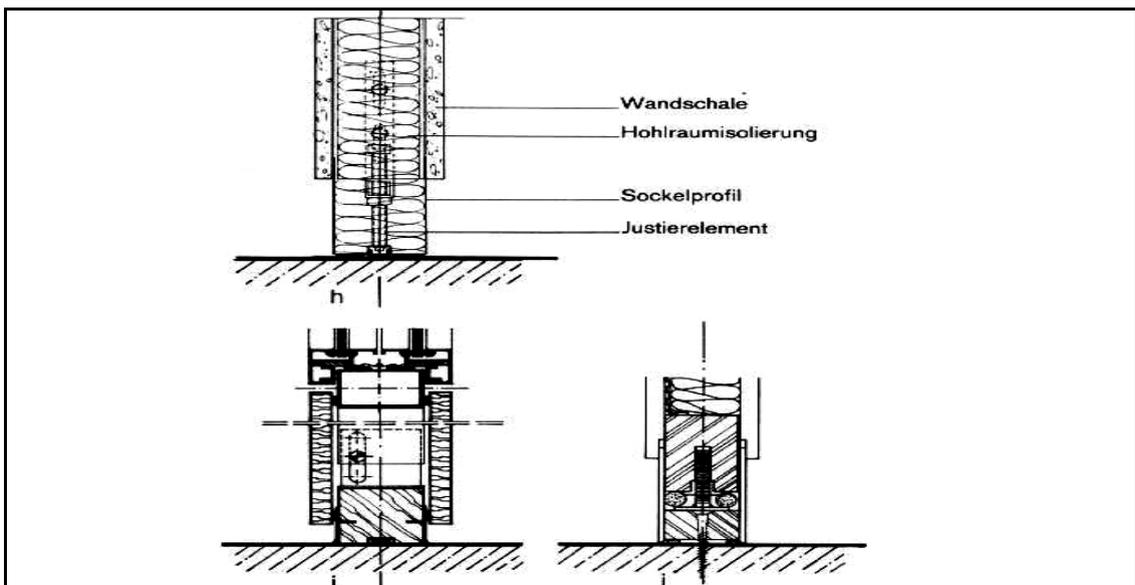


圖 60、室內可拆組隔間牆與地板之接法實例
[System Alco、Waiko、Nusser 等型錄]

第十一節 配管配線法

可拆組隔間中加入設備系統雖然可能，但也意謂設備系統及隔牆系統之可變性均大大減少。因為，兩者間一旦存在相互聯結之界面關係，則有損各系統間的獨立性，也因而減少其可變性。可拆組隔間配管配線之相關課題可分成電線、衛生管線、管線穿突問題等三方面加以討論：

電線：可拆組隔間設計必須使其牆內可配置電管，並不損及其穩定、安全性。後續之維修增減線路必須在無損任何牆構件之情況下進行之。電線基本上裝設於可拆組隔間內並無困難，牆板中，特別是帶狀模矩之接點、接頭處特別容易配水平、垂直管。100%可拆組的隔間前題必須建立在：插座、開關、導線等電器構件可無損牆面地移走，並以極簡單的方式解開接點者。一般而言，改線、裝線工程均須請合格之電匠施作之。然而，吾人亦可透過工廠預組的方式，將可拆組隔間事先安裝插座、開關、接頭、導線等構件，而於現場僅需以簡易之插座接頭相接，以免去電工延聘並能節省現場工時(圖 61)。

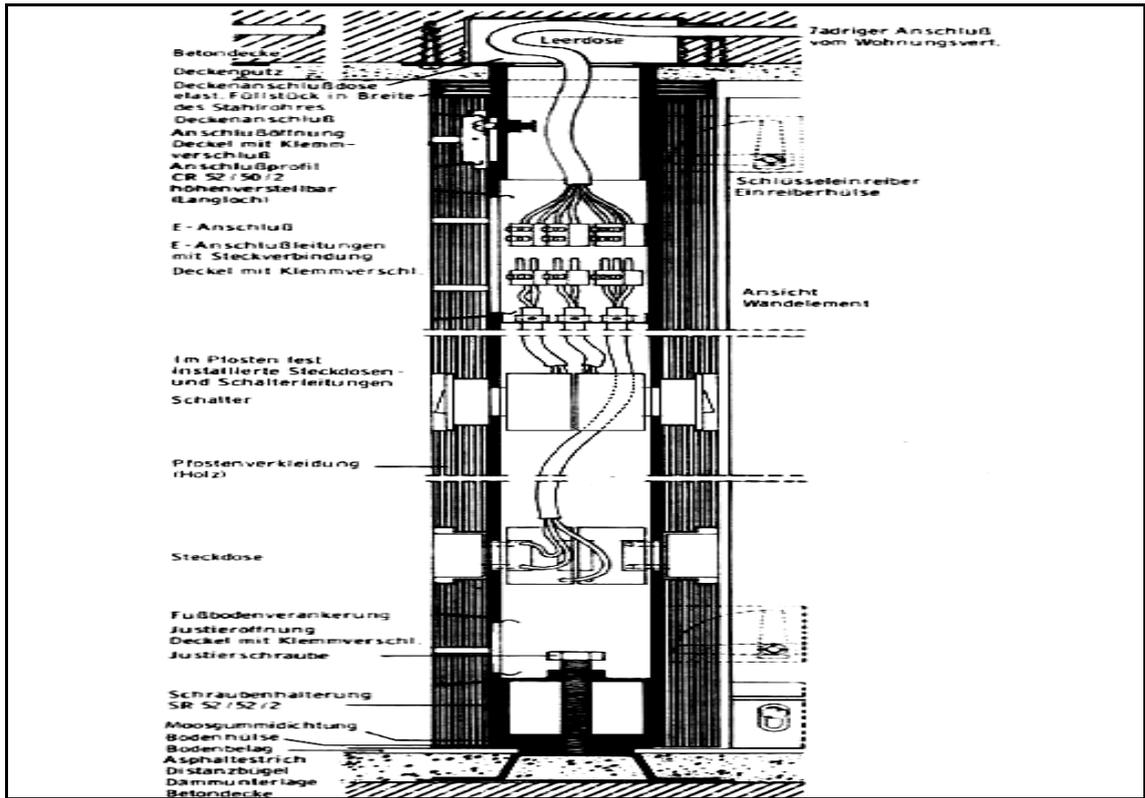


圖 61、使用預組插座及管線的可拆組隔間，工地現場只需以預留插頭插入插座即可用電[Flexible Wohngründrisse]

可拆組隔間牆之接電方法可以如下方式進行之：

- (1) 於固定的構件部位安置輸入電線接頭：吾人可於位在內牆軸線位置之固定構件(如承重橫牆、樓板或外牆等構件中)預先埋設線頭(空插座(leerdosen))，以便可拆組隔牆裝入時立即接線。對於承重牆而言，此為最經濟之解法。然此種解法之缺點係無法便利使用者自行更改。
- (2) 由踢腳板、腰牆渠條(Brustungskanal)、高渠條(Galerieleisten)等構件接電：為使結構材與配電管線系統分離，可使用塑膠渠道法(Kunststoffkanälen)，此渠道乃固定於牆上某部位。此法在視覺上常無法有理想之解。踢腳板部位的渠道於門處需繞門而走，也不易由此走天花之燈具、開關，故有高渠條、垂直向門渠道之解法(圖 62)。

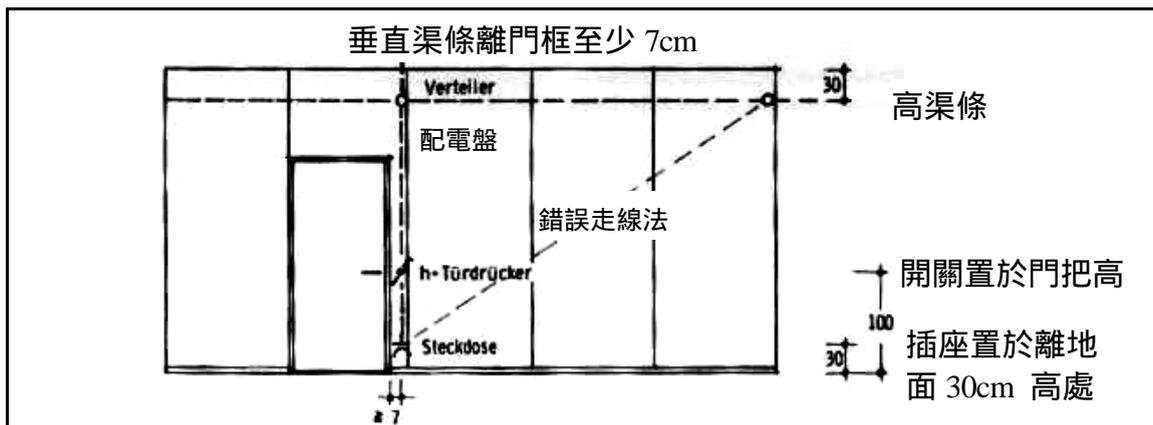


圖 62、DIN 18015 規定之標準隔牆走線之方法

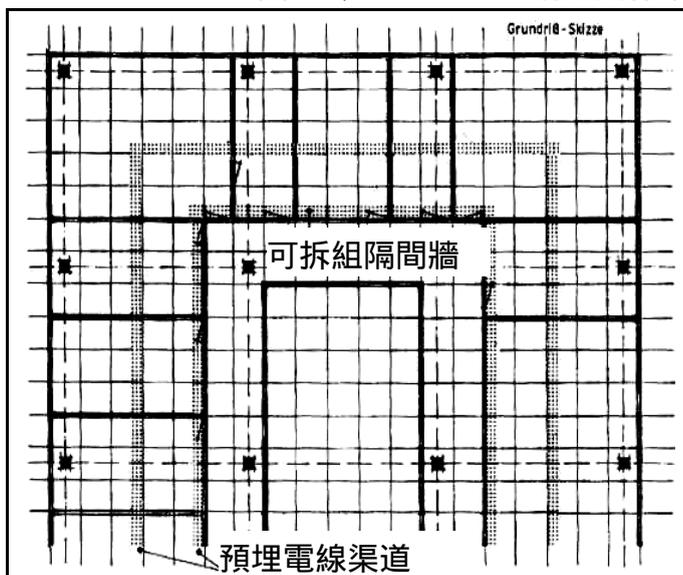


圖 63、地板於內牆模矩線上可預埋渠道及插座，以便可拆組隔間接線之用。在兩條預埋電線渠道上配合每軸線、模矩配置電線接頭，即可滿足幾乎所有平面變易性時的接電需求(約 90%)

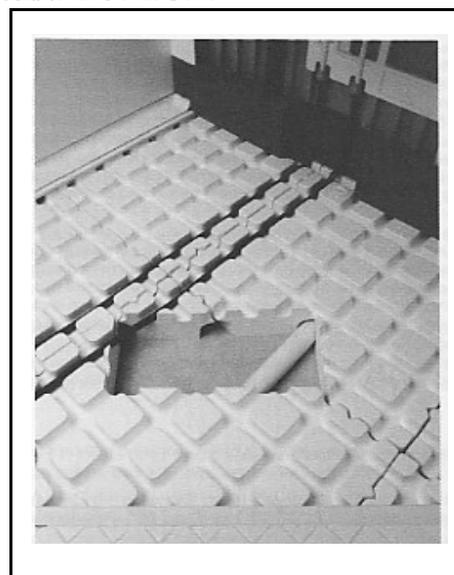


圖 64、Matura 的系統地板可走電線至隔間牆

- (3) 由地板渠道接電: 經謹慎周全之計劃後，吾人可以少數幾條直線地板渠道，將電線導輸至平面中的每個可拆組隔間中(圖 63)。最適合之地坪方式為浮式地坪，然其厚度最好為 5cm 以上。空插座(leerdosen)必須一開始便裝設於內牆模矩線上。當然亦可事後再於浮式地坪上挖洞裝設空插座，惟此舉會產生工地廢棄物、噪音、震動等問題。除此之外，使用高架地板或系統地板安排電線之傳輸，亦可行但較昂貴的作法(圖 64)。
- (4) 由吊天花輸電: 此法為最佳的可拆組隔間輸電線法；一方面可允許天花接頭由任意位置出入，另一方面則可毫無問題地將各種水平管線置於吊天花之留空中。以此法進行時，內牆

僅需走垂直線路。

- (5) 由牆表面輸電: 作為防火區劃牆之接頭處配電線時, 應使其設置於牆表面, 而不設於牆內, 以避免牆體之防火性減損。採用有色電線及電管(難燃材構成者)較能達到良好的視覺效果。原有挖洞之插座應以防火措施改裝之。

衛生管線: 可拆組隔間內除因尺寸、防潮、隔音等因素不適合走氣管(瓦斯)、水管、暖氣或空調管等相關管道外, 也不適合走衛浴設備之管線。由於絕緣需求(如冷熱水)、結露問題及其管徑尺寸、隔音性、防火性減損...等等限制, 這些衛生管線無法在經濟的構法原則下埋設於室內可拆組隔間牆中。因之, 衛浴設備之管線最好以牆前配管(圖 65B) 高架地板、懸吊天花等方式與室內可拆組隔牆分開處理之。高度配管之特殊室內可拆組隔間構件之開發並不經濟, 因其製造、組裝費時、昂貴, 並且於其轉用時, 難以再用。若一定要於室內可拆組隔間內埋設管線, 計劃時, 最好採用「骨皮式系統」(圖 65A), 因其配管配線完畢後易於牆內塞入隔音、防火填充, 並易於以相同系統方式封板。

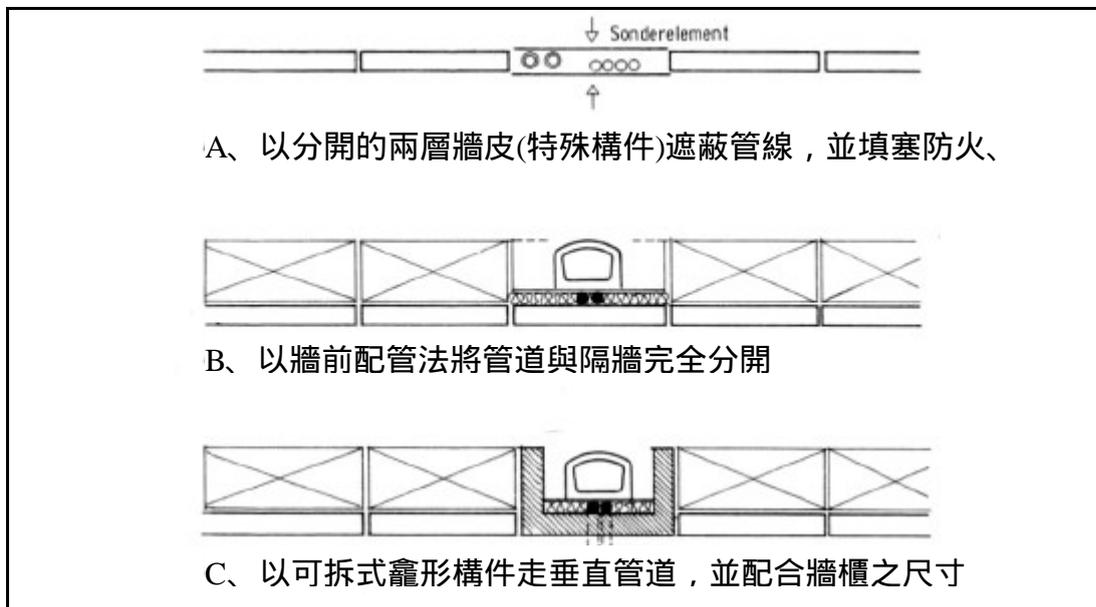


圖 65、可拆組隔間與管道系統結合之可能性

除此之外, 尚可設計一預製之可拆式龕式構件走垂直管道(圖 65C)。該構件應遵守可拆組隔間構件之模矩、構成系統, 以便與該隔

間系統相接。此種作法的優點係可配置較大尺寸的管道，然其缺點則在於可變性較差。該構件須與室內可拆組隔間構件及相關牆櫃系統搭配設計之。採該法時可使室內可拆組隔間系統不致中斷，組裝時可由隔牆施工者施作之，但須即早決定管線之接頭處。

管線穿突問題：穿管後以發泡材封洞，若有防火性需求者宜採用不燃性發泡材。除此之外，隔音性也應注意。臉盆藉支拖固定於牆體後，會使牆體的剛性提高，因而影響牆體之隔音性。發泡材因其重量輕、材質之封閉孔性，易使板內空氣之剛性增加，而減少隔牆之隔音性。為提高管線穿突隔牆後之隔音性，吾人雖然可以重質澆鑄的石膏塊封孔，但較難施工。水平配管穿越多室時由於管線多次穿突隔牆，常造成問題。最常見到的穿管問題常發生在窗台下的電管、暖氣之導管、及樓板部分風管之穿牆(圖 66)。

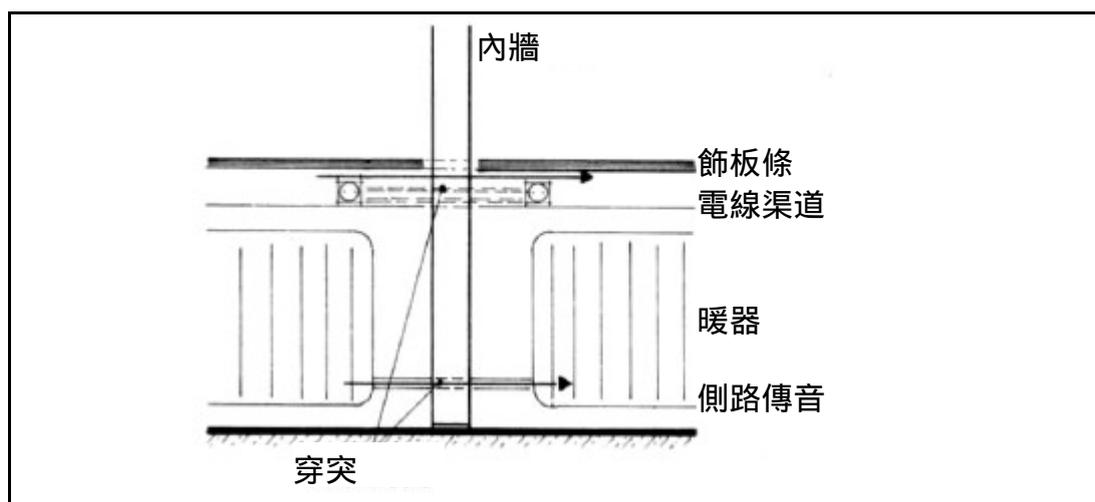


圖 66、室內隔牆經管道水平穿突後易產生氣體與壁體傳音之問題

此類穿管常造成隔牆隔音、防火等問題，其常見的解決方法計有：

- (1) 計劃性避免管線穿突：避免管線之穿突，可計劃由中走廊、核心區分出支幹，依每層樓、每個空間區劃、每軸線等單獨配管於地板或天花中。然而，此法之缺點為：配管量極大，因每軸均需配管以便適應將來可變性之需求。
- (2) 管線另置法：將管線置於吊天花內或高架地板的水平絕緣材中。此法效果甚佳。

- (3) 包覆法：若無法避免管線穿突，則宜用下列包覆隔離等方法解決隔音、防火等問題：a. 以重質石膏板條全面包覆管線，並以礦棉絕緣材填塞穿突之空洞。b. 將暖氣、衛生等管線以可隔離固體傳音之特製鋼彈簧管夾及特別之橡膠墊包夾住，穿突之所則套上隔離固體傳音之套管。在多層排管中，冷水管宜排至最下層，以防結露後滴水而下。然最好以漆或包覆等方法絕緣，以免結露。

第五章 本土可拆組隔間牆原型設計

本案站在「循環適合設計」(Desing for Recycling)之觀點，特別強調所開發系統之所有構件必須能進行「產品循環」與「材料循環」。所謂「產品循環」係指產品在生命週期終了後所進行之「整體系統」、「子系統」乃至「構件」之組件性的再利用。而「材料循環」則為產品在生命週期終了後所進行之材料性的再生利用。此二種循環在環保的位階上尚有高下之別。為確保最佳循環路徑之進行，吾人一般須加強產品之「產品循環」特性，以使該產品在窮盡所有產品循環之可能性後方進入「材料循環」之選項，進而達成減廢、省能之的。由此可知，「產品循環」在循環體系的位階上實較之「材料循環」更為重要。

在此思考方向下，本研究所開發的本土性「室內可拆組隔間系統」之最終目的乃在於提供各家廠商開放性可拆組隔間系統整合之平台討論的基礎，以促成未來各家產品之構件能夠進行某種程度的共通互換，強化產品再利用的機會，以盡量創造產品循環之最佳條件。

為使設計之過程合理化、透明化，並盡量避免黑箱思考之盲點產生，本系統之開發乃遵照「案例基礎式推理模型」構造開發方法學的邏輯進行之。進行之步驟殆分為以下四個階段：1. 釐清設計任務，2. 選擇類似案例、3. 調整所選案例以適應設計任務之需求、4. 完成設計解。

第一節 釐清設計任務

首先，吾人藉由現況調查、市場調查、專家與廠商訪談後粗略設定擬開發之室內可拆組隔間牆產品的設計邊際條件如下：

- (1) 產品定位：本產品定位於辦公室、學校類或公家行政機關等公共建築物之可拆組隔間牆。
- (2) 構法開發位階：以原有輕型鋼乾牆系統(dry wall)產品之本土構法為基礎，藉原本輕鋼石膏或矽酸鈣板之材料(骨、皮、門窗等)供應鍊、工法、行銷與市場通路，修正原輕型鋼乾牆產品之缺點，增加可動性、改良者拆組性、物理性能、及

其界面問題，使產品之性能較之原有者為佳。發展本土改良化可拆組隔間牆系統。本質上屬調適型構法開發(Adaptive Construction)。

- (3) 系統開放性：類比於開放建築，本系統應為一開放系統，即具支架體(Support System)與填充體(Infill)二階供給之特性。無論支架體或填充體盡量採供應持續性應超過 10 年以上之平價開放性建材。如支架體之選用係以市面上常見如 C、U 型槽鋼為骨架系統，搭配各種石膏板、矽酸鈣板、纖維水泥板、氧化鎂板..等面材及玻璃綿、礦綿等芯材，和封邊、壓條等型材或擠料作為填充體。以因應業主需求，選擇各種不同之材質、表面色澤、板材尺寸..等，進行客戶化製作。本案之系統開放性目地乃在於提供各家廠商產品相容基準之範例，以及開放性可拆組隔間型材系統整合之平台討論的基礎，以促成未來各家產品之構件能夠進行某種程度的共通互換，強化產品再利用的機會。
- (4) 再生循環性考量：所有構件或子系統的接合方式，以可允許構件可重覆再使用者為最高原則；盡量使用再生材或在本地可循環之材質，並避免不同循環路徑之材料以材料性方式進行接合，以便構材在無法行「構件性再利用」的情況下，無礙地進行「材料性再利用」。
- (5) 性能開放性：該系統應在適當調整後彈性滿足除可動性外的各式要求等級(隔音、防火、承載耐衝擊力...等)。如防火 F30、F60、F90...，隔音 30dB、45dB、50dB 等要求。亦即同一系統可隨客戶對產品之個別性能要求，進行個別功能之模組化改善。
- (6) 重點開發：只於關鍵零組件上作必要之開發(如開發特殊接頭)，以使該系統能廣泛流通，以推廣該可拆組隔間牆之系統。避免特別開模或特殊擠型料之開發，以普通技術即可進行型材與構件之製作者，以降低開發成本，。
- (7) 理想模矩尺寸：應考慮台灣現有板材尺寸，以 30 公分之"尺"為基本模矩，而以三尺×六尺、四尺×八尺為優先尺寸。
- (8) 產品價位：站在政府推廣之角度，本案開發者應屬低價位之可拆組隔間牆。然而本產品之價格雖低，卻應盡量週全考慮所有性能、構法之規則，以期提供經濟而又功能齊備的示範性效果，並鼓勵廠商參考，進而開發更高層次之商品。此平

價產品之實際價格乃定位於 1000~2000 元/m²，其出發點係以普通乾牆拆組一次 (生命週期循環一次)可攤平成本者。找慮市場接受度。主攻輕鋼石膏板、矽酸鈣板等 Dry wall 市場。(由於面材種類影響整體造價，故應以該種材之價格為比較基礎。該組價格不應高於原構法者之兩倍為基準)。

- (9) 系統種類: 本案系統考量以「骨皮式」優先，或可將部分構材局部先於工廠預組成框架或整體單元，而於現場組裝者。純單片板式雖具預製性高、組裝快速等優點，但構材開放性一般較差，且重量及運輸等均較骨皮式為不利，故不予考慮
- (10) 組裝拆卸性: 為減少現場組裝拆卸之工作，所有現場相接之結點構成不可使用焊接、膠黏等材料性接合，而應盡量使用榫卯、箝夾、鉤掛等型接結點系統，且應避免使用螺栓螺絲進行現場之鎖合，以避免延長拆組工時。工廠預組者，則可使用螺栓或螺絲鎖合。
- (11) 調整性: 接頭應能彈性調整，以便吸收材料、施工、溫差或濕度..等等因素所造成的現場誤差。
- (12) 現場加工性: 考慮現場精度問題，該系統單元應可做現場之角度、位置及尺寸之調整。
- (13) 界面設計: 本系統應考慮一般常見樓板、天花、側牆等構件之接點特性。
- (14) 管線配置: 為使本系統及其界面的發展之單純化與獨立化，本系統內只設定容許電管、電線、插座開關等之安裝，不考慮走給水管、廢水管、風管、排氣管等管道。而該類衛生、空調管道之開放性，應於建築規劃時加以一併考慮。至於本可拆組隔間系統的管線出入，應可慮以下三個途徑: 1. 由天花系統進出， 2. 由地板系統進出， 3. 由側牆系統進出¹。
- (15) 因本案時間與經濟性之限制，本案今年度之設計對象暫不考慮的部分有: 1 玻璃門窗扇之加裝、 2、面板表面特性(如不褪色性、反射性、...)等，這些設計課題將於下一階段再行補足。

以上設計之邊際條件經進一步歸納整理後，可如檢核表詳細說明之

(

¹ 參考本研究有關管線界面之章節說明。

表格 33)。該表詳列約四十種設計要求，每個設計要求細分數選項，表 33 中黑點者為本設計擬定之設計目標。藉此，吾人可精確定位本設計之產品位階。

表格 33、本土室內可拆組隔間牆設計邊際條件檢核表

隔牆類型	板片式										骨架式 ●				
構造	單皮					雙皮 ●					多皮				
皮之材料與厚度	木種類			鋼板加支承板		鋼板無支承板		石膏板		鋼石膏板		礦纖木泥板 ●		矽酸鈣板	
	8	10	13	16	19			9.5	12.5						
內骨架	木柱			木框			鋼架			鋼框 ●		無內骨架			
有玻璃時玻璃厚	單層 ●				多層				隔熱玻璃			防彈玻璃			
	3	5	8	10	12	10	12	15	20	10	15	20			
表面特性	油漆		透明漆		塗膜 (PVC 樹脂) ●		木面		烤漆		布面				
表面平整度	平整面 ●			粗糙面			有槽			無突出					
不褪色性	1	2	3	4	5 ●	6	7	8	無						
反射性 (入射角 60 度時)	10%	20%	30%	40%	50% ●	60%	70%	80%	90%	100%					
填充材	礦棉			石綿			玻璃棉 ●			熔渣棉					
填充阻尼材	油毛氈		厚膜		鉛版		砂		橡膠 ●		硬纖板				
尺寸	寬	至 60		90	120 ●	50	75	100	125						
	高	至 260		270	280	300 ●		超過 330							
	厚	0-6		7-10 ●	11-15	16-20		超過 21							
單位面積重量 (Kg / m ²)	0-25		26-40 ●		41-50		51-60		超過 61						
模矩系統	軸線模矩 ●			帶狀模矩			混合式								
接縫做法	無縫			構造縫			陰影縫 ●								
							5	10	15	20					
平均隔音性(dB)	低於 25		26-32		33-40 ●		41-45		46-50		超過 51				
防火性(DIN 4102)	無		F30		F60 ●		F90		F120		F180				
表面防焰性	低			普通			高		不燃材 ●						
燃燒時是否會產生氣體	氣煙			產生無煙之毒 ●			產生有煙之毒								
熱阻係數 (m ² h ⁰ c / Kcal)	低於 0.08			0.09-0.30 ●		0.31-1.00		高於 1.00							
力學機械性需求	已具證明			測試中		期望進行測試 ●		無證明							

室內可拆組隔間系統之研發

接點誤差吸收性 (組裝 / 垂直)		>10mm		10-20mm ●		<20mm	
接點誤差吸收性 (組裝 / 水平)		>25mm ●				<25	
製造 誤差	1 公尺長	>3mm ●				<3mm	
	4 公尺長	>9mm ●				<9mm	
門板平均隔音性 (dB)		低於 25	26-32	33-40 ●	41-45	46-50	超過 51
防火性(DIN 4102)		無	T-30	T-60 ●	T-90	T-120	T-180
與周邊構件之接點		週邊不可動		可拆解	可拆解但不可動 ●	可拆解又可動	
固定接點之種類		張緊		夾緊	螺栓 ●	氣壓式	
設備相容性		無法裝置設備		損壞部分構件 後有裝置、改修設備		無需損壞構件即可裝置、 改修設備 ●	
拆組性		破壞構件後方可拆組		構件逐一拆組 ●		片牆單元依次拆組	
		專業工人	一般人	專業工人	一般人 ●	專業工人	一般人
可再利用之構件		無		僅構成構面之構 件，無調適構件	僅構成版面之構件	所有構件 ●	
組裝工具		無需工具		簡單手工工具 ●	需特殊組裝工具		
零件、產品持續供 應性		5 年以內		5-10 年		超過 10 年 ●	
組裝時間 (min/m ²)	全板構件	少於 20	20-40 ●	40-60	超過 60		
	含內、窗 構件	少於 40	40-60 ●	60-90	超過 90		
顧客服務		諮詢		組裝說明書 ●		教育訓練課程	
組裝者		廠商工人		一般工人 ●		工地現場任何人	
運送時間 / 週		少於 2	2-4	4-8 ●	8-12	12-16	超過 16
價格 NTD/m ² (產品+組裝)		少於 1000	1000-1500 ●	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000 以上
大量訂購之折扣		1% / 1000 m ²		2% / 1000 m ² ●		3% / 1000 m ²	

選擇類似案例

本階段的設計任務為自案例資料庫中尋找較滿足給定條件者，以便進行修正。根據設計邊際條件第 9 條之說明，本案從適用於骨皮式之構造案例中尋找適當案例作為發展之基礎。為使本案推導盡量朝最佳化的目標邁進，本研究同時發展三種完全不同的骨皮式之構造替選方案，在進行比較與分析後，方選定一種作為最後發展之範本。

表格 34、本研究據以發展的三種可拆組隔間牆案例範本

	壓條式	鉤掛式	四板扣環式
示意圖			
案例			

由於板片與骨架之「可拆組接合機制」係影響「骨皮式」構造最為深遠的因子，故吾人乃從接點構法的案例資料庫五組作法中選擇適當之「可拆組接合機制」作為案例推導之出發點。

選擇之準則係根據設計邊際條件第 3 條之說明，該系統必須能使用 C、U-Channel 或角鋼等標準開放型材作為骨料、並能裝配市售面板者。而面板應以免裁切、免剩料的整塊板者優先，以省工、省料並減少環境衝擊；若要裁切，則應為三尺六尺之分數者(3M 之倍數)。

經評估，「壘砌夾條式」構造因無法適用於整片大板之需求(免裁

切、價格較高等因素暫不考慮。公母榫式構造必須與彎折鋼板骨料及面板構造配合，開放性亦低，也不予採用。「壓條式」、「吊掛式」二者較能充分滿足前述條件，而「四板扣環式」構法於使用 L 型角鋼時亦可保有某種程度的構材開放性，故初步評選出三種不同的可拆組接合機制：1. 壓條式、2. 吊掛式、3. 四板扣環式(表格 34)。

第二節 調整所選案例以適應設計任務之需求

本階段之設計任務係找出所選原案例與理想設計目標間之矛盾之所，即所謂「衝突」(Conflict)，進而調整原案例部分構材之作法，以滿足原先設定的設計任務。

接著就所選之三種可拆組接合機制，分別說明解決「衝突」的機制、策略與作法。由於「衝突」存在之處甚多，以下僅說明本案針對「可拆組接合機制」所帶來的衝突點所作的改進方案。

- 壓條式構造之衝突點：壓條式構造通常以 1. 自攻螺絲鎖合，現場施工時間較長，精度低，且組裝拆卸時易破壞骨料表面鍍鋅層。 2. 夾件、蓋板，兩件式過多，且施工若不精準則夾件會露出，影響觀瞻。 3. 壓條通常寬度較大，影響視覺效果。針對以上三種衝突機制之解決策略為：1. 以榫卯接合構造取代自攻螺絲，2. 夾件、蓋板可併為一個構件，3. 夾件、蓋板合併之構件可以線角或陰影縫等方式施作，以減小寬度感。
- 鉤掛式構造之衝突點：1. 為能提供鉤掛之需求，市面產品多半採用事先沖孔之彎折鋼板為骨料，而非型材，2. 板片之掛鉤直接鎖入板之背面，無法使用石膏板面板，只能使用矽酸鈣、木板、水泥纖維板等較貴但抓釘力較強之板材之質材。針對以上三種衝突機制之解決策略為：1. 以型材取代彎折成型之型材，2. 開發開放性較高的鉤掛接合機制取代原本沖孔之機制，3. 面板加框，再由框料加鉤，使任何面板均可掛於型材上。
- 四環相扣式構造的衝突點：原設計之環與扣必須使用鋼板面材分有可能，針對以上衝突機制之解決策略為：使用框料以容納各

式板材，再將框料與角鋼結合，最後以 J 字鉤扣住四環。

第三節 完成本土可拆組隔間之原型設計草案

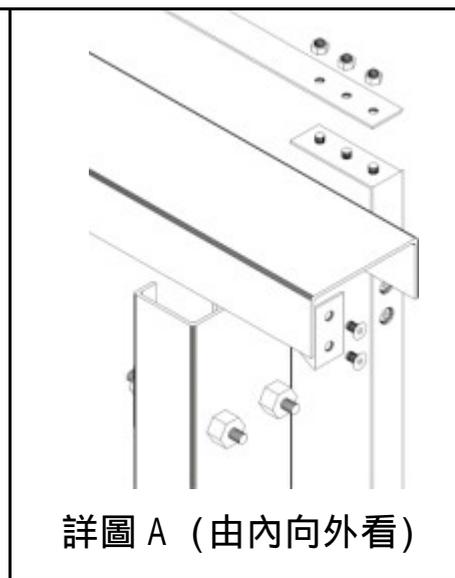
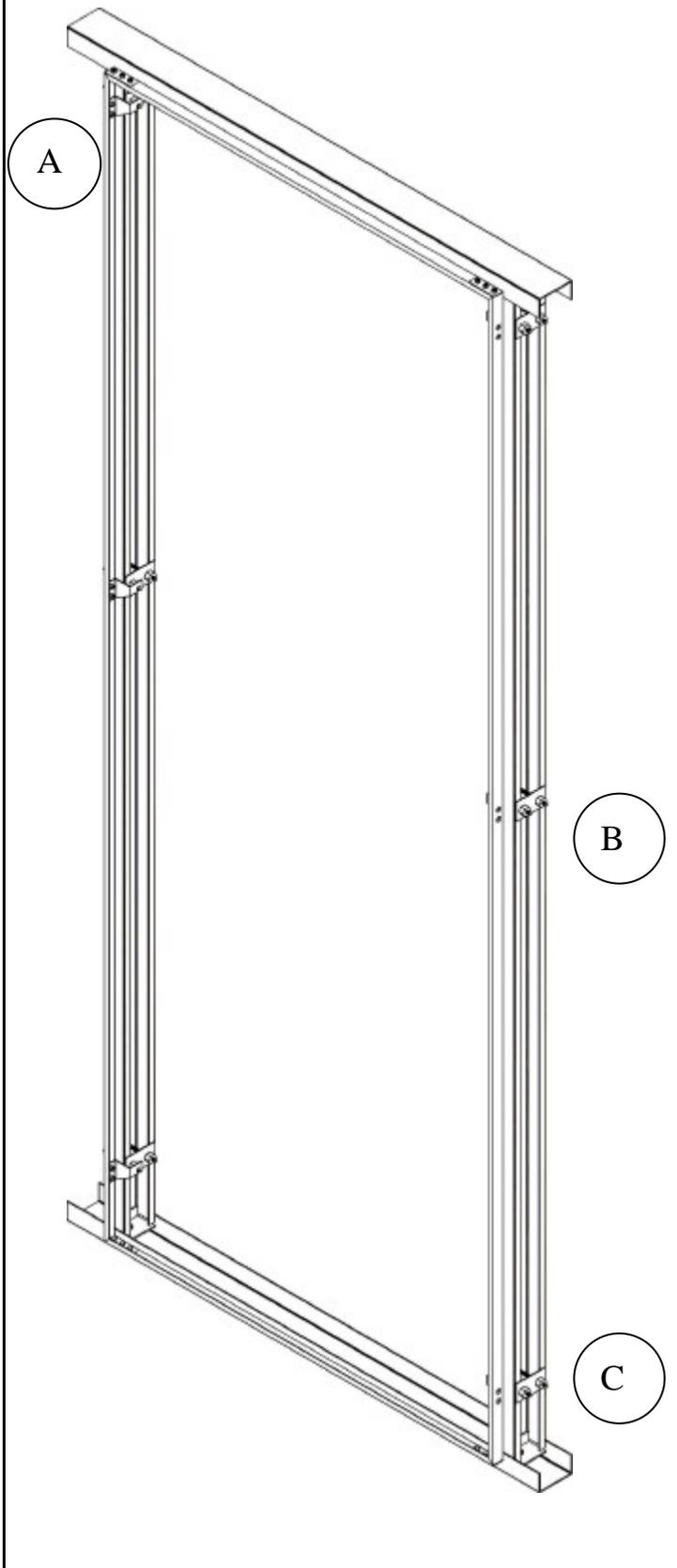
經過案例基礎推導之程序，本研究最後開發出「吊掛式」、「壓條式」、「四板環扣式」等三種本土骨皮式可拆組隔間系統原型系統如下：

吊掛式：其基本概念為使用 C 型槽鋼材作為骨料，天軌、地軌使用 U 型槽鋼(圖 67、圖 68)。C 型槽鋼材之唇部以鋼板藉螺栓相接，再於 C 型槽鋼材及鋼板一齊穿洞，以螺桿穿過後，分別以左右兩個鬆緊螺母鎖固。面板則與其框料、掛鉤藉螺栓接合。當骨料、面板等構件於工廠製作完成後，運至現廠進行組裝。首先將天、地軌固定於樓板上。再將先前加工過後之鋼柱組立於天、地軌間，並以地面吸收誤差之機制校正水平，之後進行固定。最後將板掛於骨料上，進行最後之微調後完成。考慮框與面板接合及製作之複雜度，若板材為矽酸鈣板時，亦可考慮直接將掛鉤固定於板之背部而成。

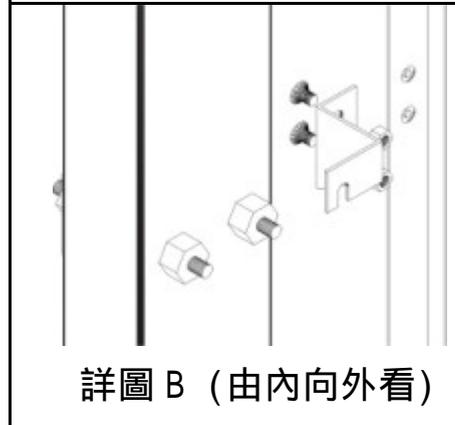
壓條式：針對取代自攻螺絲之構造，本研究研擬數種插入式榫卯接合構造。第一種係以預彎鋼板製作母榫簧片，插入 C 型槽鋼上的預留沖孔中，再以特製之擠型壓條蓋板壓住兩塊面板，並將壓條蓋板之榫頭插入母榫簧片後即成(圖 70)。第二種作法，則利用另一種預彎鋼板型式之母榫簧片夾住 C 型槽鋼並以螺絲加以夾緊，待放上面板後，亦以特製之擠型壓條蓋板壓住兩塊面板，並將壓條蓋板之榫頭插入母榫簧片後即成。此二種壓條式構法之地板接頭可以踢腳板或露出經表面處理之 U 型槽等方式進形行收邊。

四板扣環式：將各式面板鑲於 U 型框料型材中，再將此框料與 L 型角鋼相接。隨後將此單元裝入 U 形天軌、地軌之間，並於板之留空部分塞以岩棉。最後，以 J 型接合件插入預先焊於四個 L 型角鋼之四個扣環中完成固定程序(圖 72)。

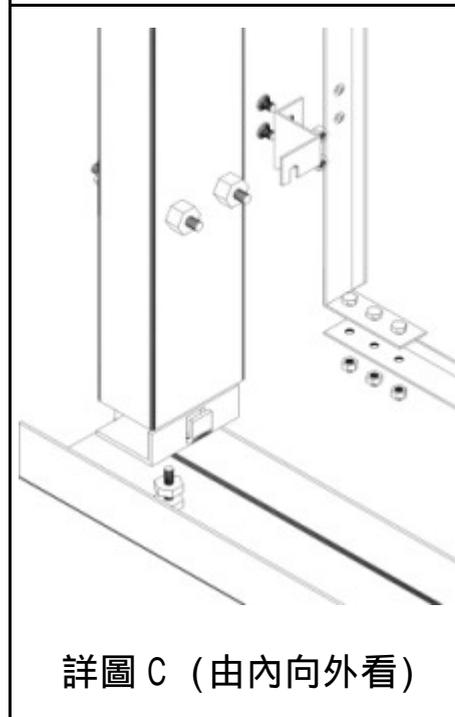
室內可拆隔間牆板單元外觀圖



詳圖 A (由內向外看)



詳圖 B (由內向外看)



詳圖 C (由內向外看)

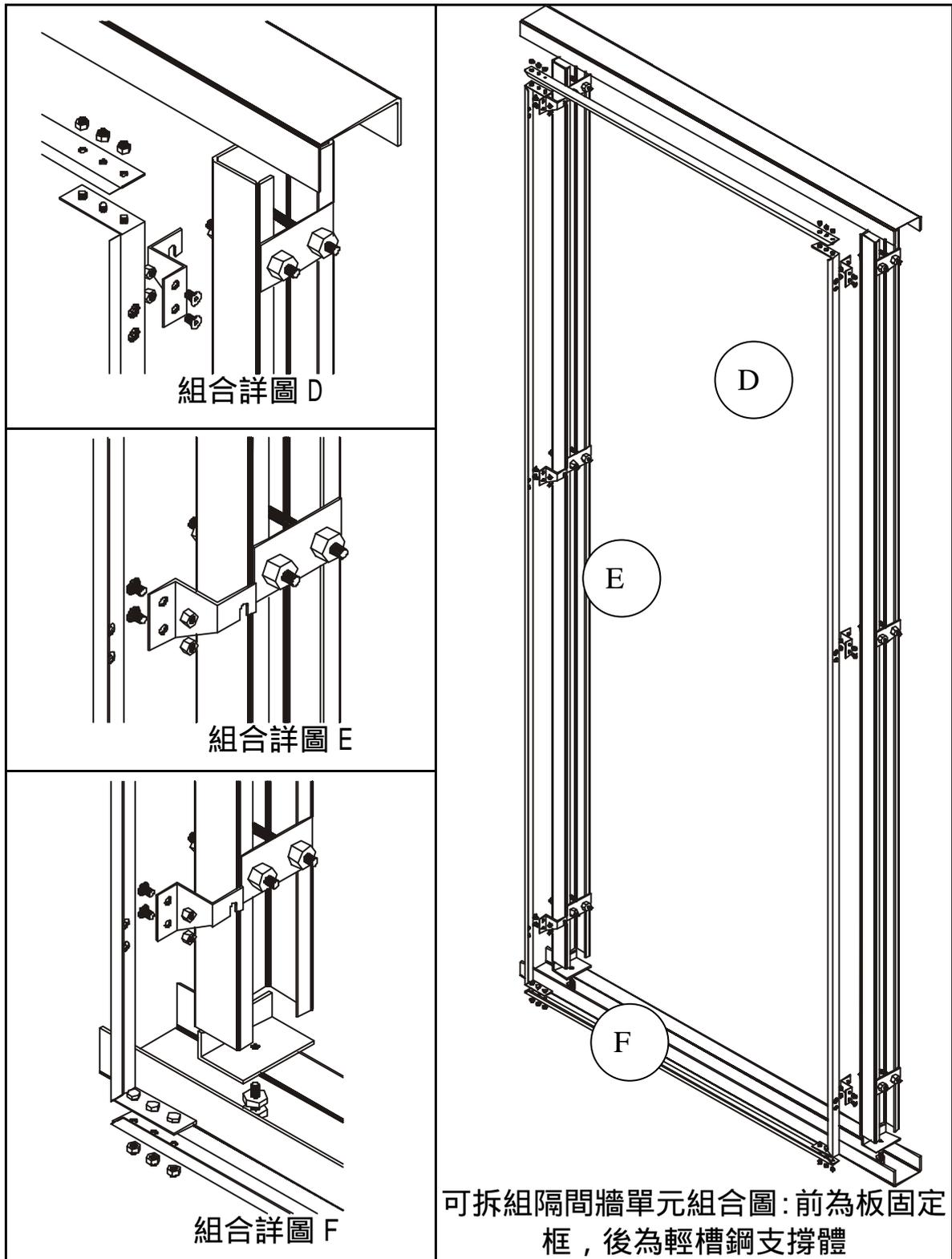


圖 67、吊掛式本土可拆組隔間系統原型(有框式)

圖 68、吊掛式本土可拆組隔間系統原型(有框式)

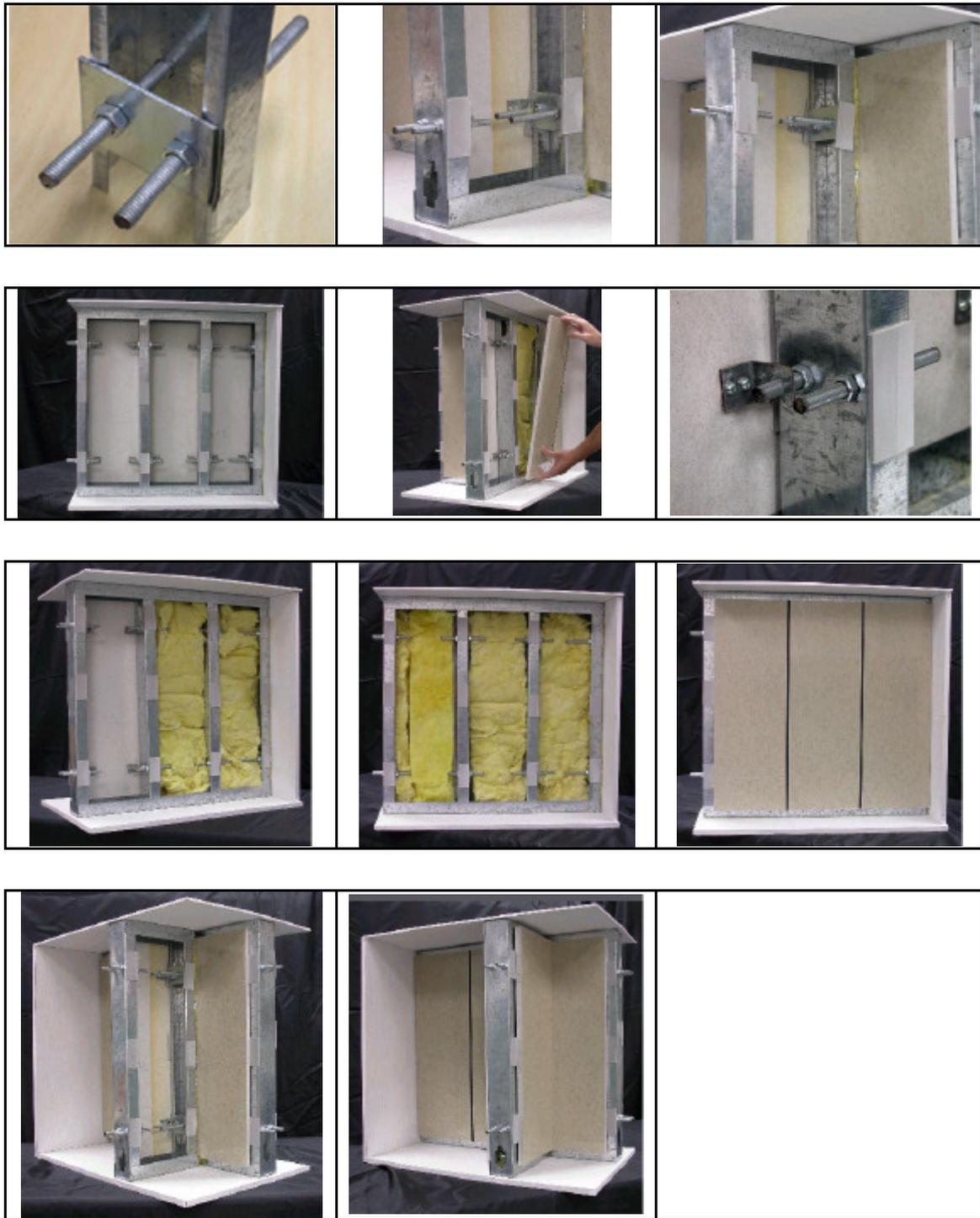


圖 69、吊掛式本土可拆組隔間系統原型模型試作照片(無框)

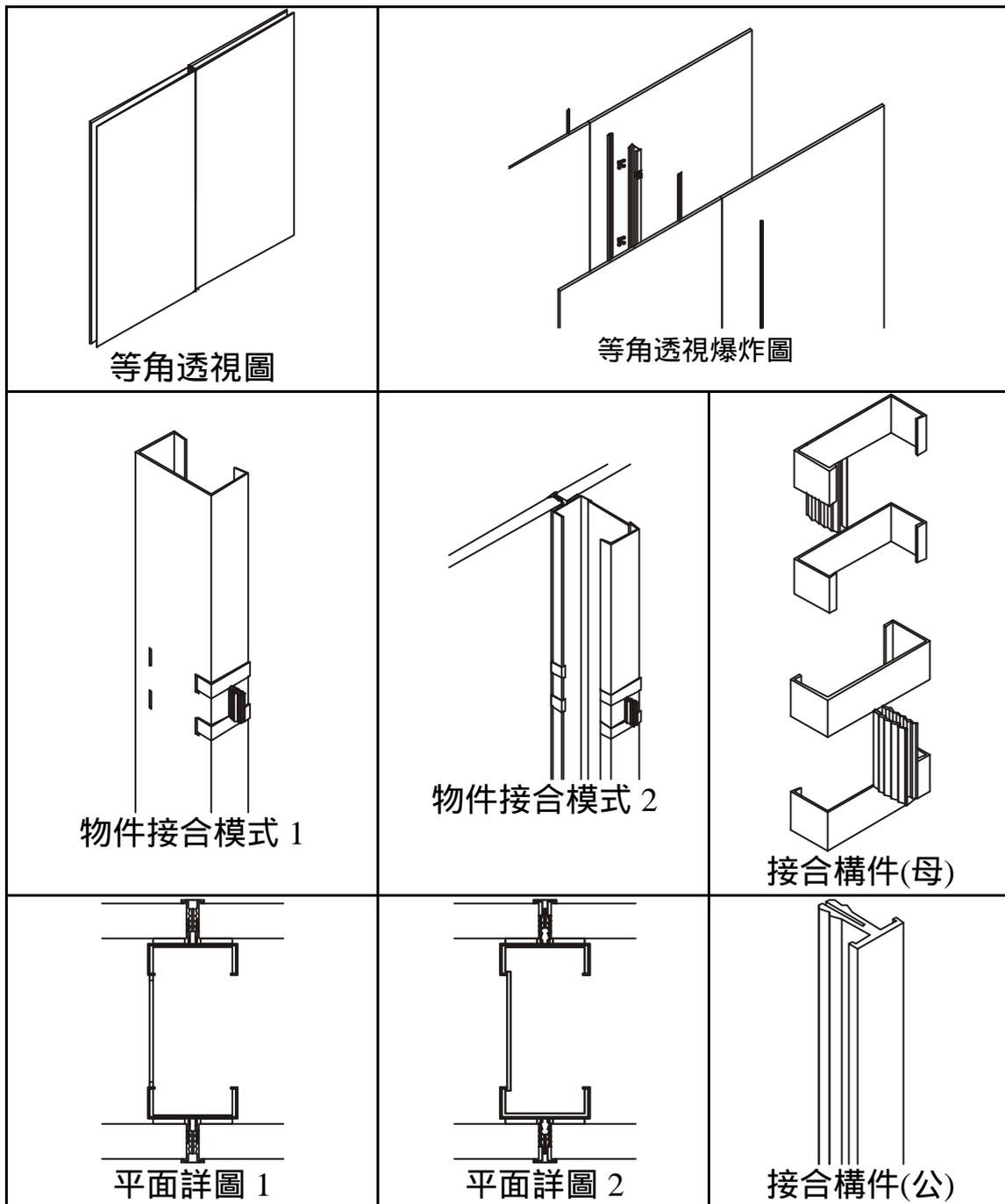


圖 70、壓條式本土可拆組隔間系統原型 (本研究繪製)

室內可拆組隔間系統之研發

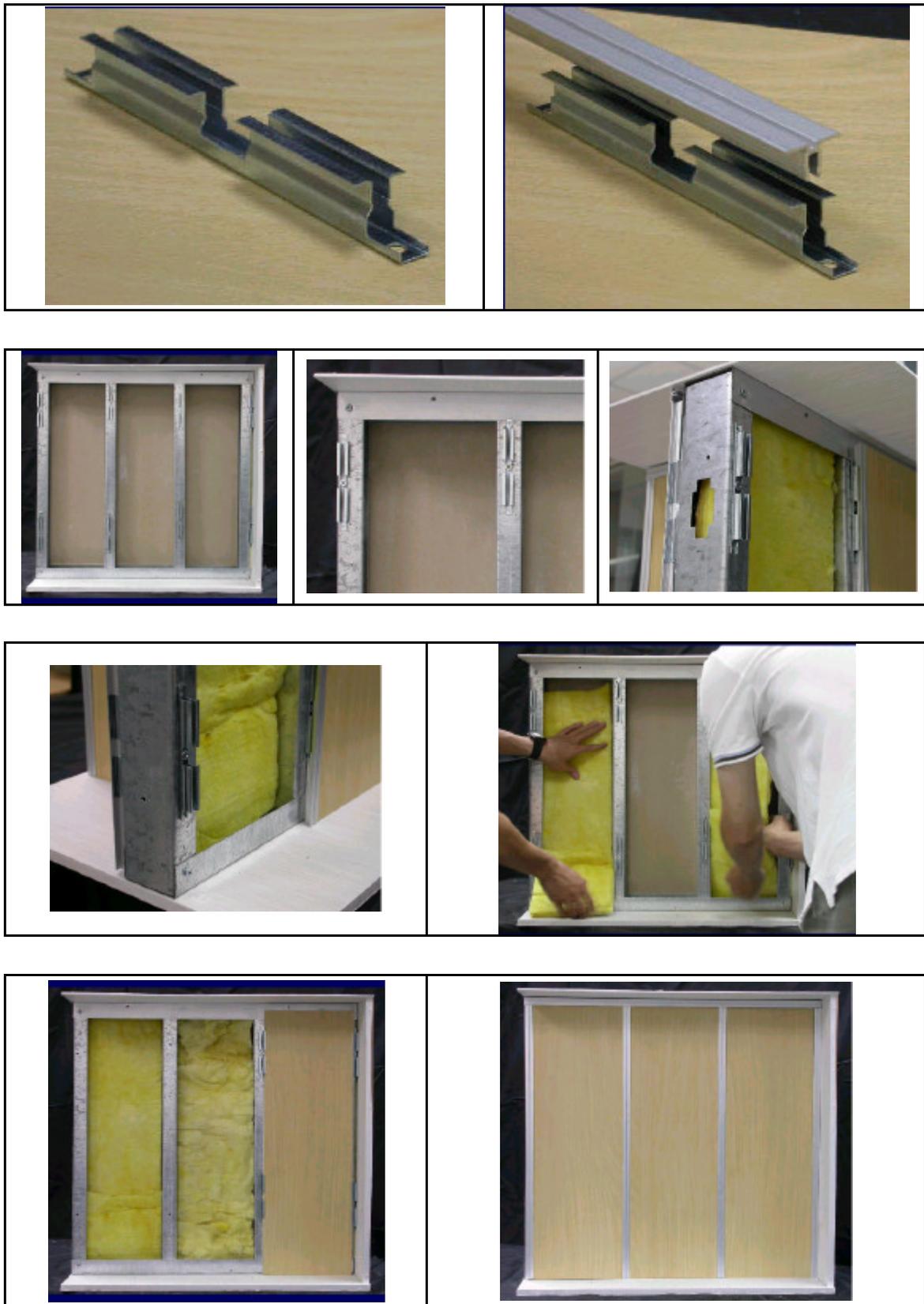


圖 71、壓條式本土可拆組隔間系統原型模型試作照片

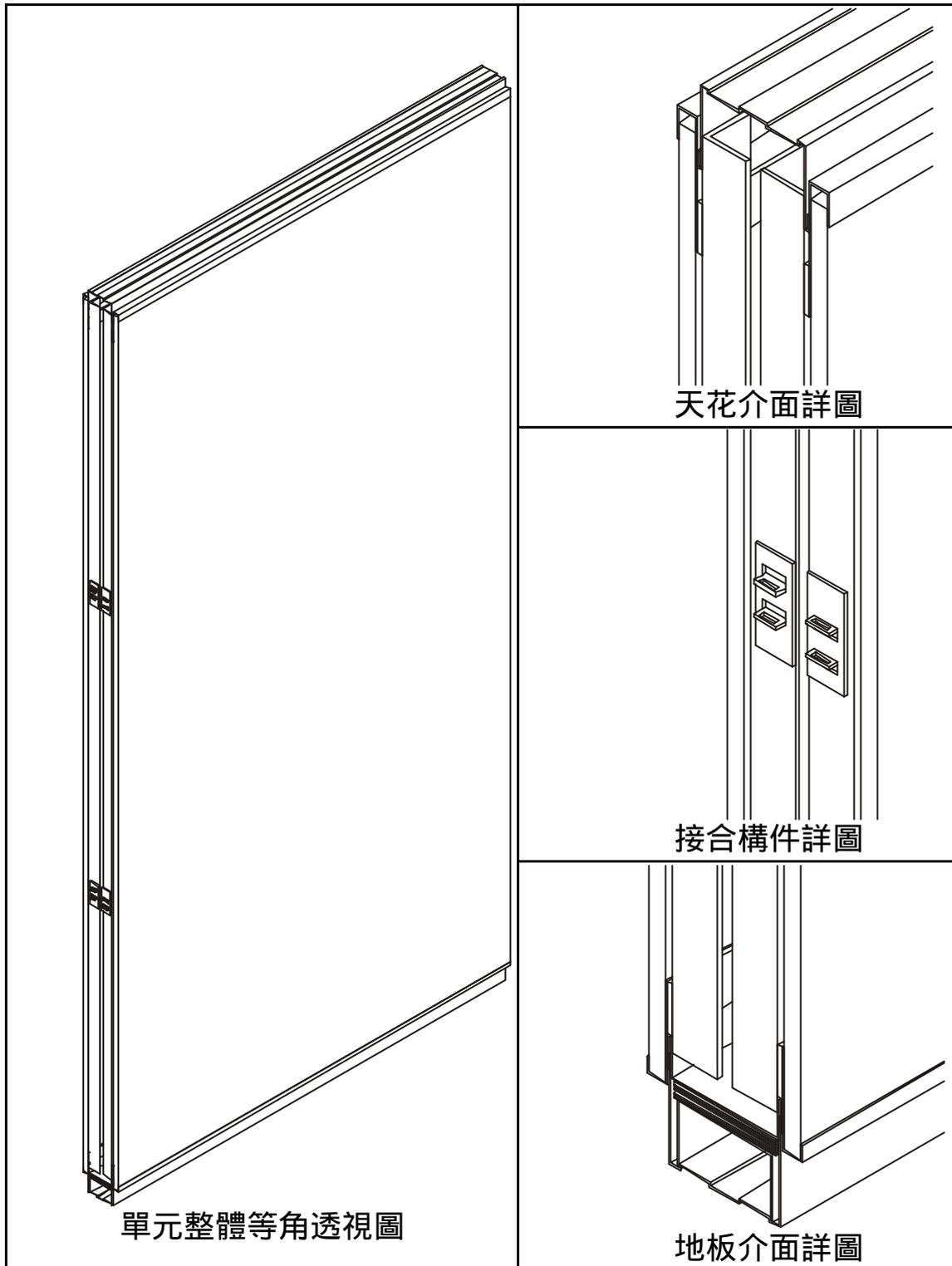


圖 72、四環相扣式本土可拆組隔間系統原型 (本研究繪製)

室內可拆組隔間系統之研發



圖 73、四環相扣式本土可拆組隔間系統原型模型試作照片

第四節 評估與選擇

本研究根據先前所設定的邊際條件，如產品定位、構法開發模式、系統開放性、再生循環性考量、性能開放性、重點開發、理想模矩尺寸、產品價位、骨架式系統、組裝拆卸性、調整性、現場加工性、界面設計、管線配置..等等要項，進行三種替選方案之定性評估，結果可如表格 35。

比較上述因子後，吾人發現：「壓條式」構法因採行之現有廠商比例較高，無論骨架、板材、附屬五金之開放性、互換性，均遠遠優於其他兩個替選方案，較能符合本研究要求之重點。而「四環相扣式」構法因採行之現有廠商數量極少，且使用非型捱材尺寸之角鋼，故系統之交換性最差；而「吊掛式」構法的開放性則介於其間。然而，「壓條式」構法亦有其缺點：特別在組裝拆卸性之速度與獨立性上，以及視覺之細緻性上，均有待進一步改良。

綜合評估替選方案之可行性後，此三方案之評比優劣為：「壓條式」優於「吊掛式」 優於「四環相扣式」。

由於鮮少有一種可拆組隔間牆系統可滿足所有視覺、機能、價位之要求。故現有廠商大部分發展多套系統以應付不同需求。在此邏輯之下，本研究建議優先發展開放性的「壓條式可拆組隔間牆」，若時間與經濟因素許可，則可依「吊掛式」、「四環相扣式」之順位再發展多組開放性可拆組隔間牆系統，以為與業界共同討論之基礎，並提供更多之選項。

表格 35、三種室內者拆組隔間替選方案之定性評估表

比較項目	壓條式	吊掛式	四環相扣式
產品定位	適用辦公室、學校類隔牆	適用辦公室、學校類隔牆	適用辦公室、學校類隔牆
產品技術可及性	根植於本土技術	本土技術稍作調整後可施作	本土技術稍作調整後可施作
組裝拆卸性	組裝拆卸速度較慢	組裝拆卸迅速	組裝拆卸極迅速
骨架開放性	可用 U、C Channel 作為骨料	可用 U、C Channel 作為骨料	市面流通之 L 型鋼較無小料，故仰賴訂作，無法與 U、C 型 Channel 進行交換
板片開放性	原則上可適用任何板材	較適用吃釘力高之板材(如矽酸鈣、纖維水泥板)。石膏板者則要加框料。	較適用吃釘力高之板材(如矽酸鈣、纖維水泥板)。石膏板者要加框料，工、料成本因而提高。
附屬五金開放性	壓條可由場廠商自行設計，外表型式可不一	吊掛五金可由廠商自行發展	環扣五金可由廠商自行發展
誤差校正	因使用蓋板壓條，誤差吸收較容易	誤差吸收與整平機制要求較高	誤差吸收與整平機制要求較高
目前通用性	廠商多，構件交換之潛力高	廠商少，構件交換之潛力低	廠商極少，構件交換之潛力低
材料再生循環性	金屬料易循環、板材、填充料難循環	金屬料易循環、板材、填充料難循環	金屬料易循環、板材、填充料難循環
產品價位(同板材時)	最低(約 1390/m ²)	最低(約 1490/m ²) 石膏板者要加框料，工、料成本因而提高。	略高(約 1530/m ²)
視覺性	框料粗大	可無框或極細框	可無框或極細框
換板與管線更修性	換板時要拆壓條，須小心施作以免影響臨板之穩定性	換板性最獨立、容易(換板時不影響其他板)	換板獨立性較差(同時影響臨接三塊板)
現場加工性	佳	佳(有框料時較差)	佳(有框料時較差)
管線配置性	佳	佳	佳
隔音、防火、機械性	待實驗證明	待實驗證明	待實驗證明
VOC 排放性	待實驗證明	待實驗證明	待實驗證明

第五節 生命週期成本比較分析

本小節採用生命週期成本分析之研究方法，分別估算傳統輕鋼架隔間牆與可拆組隔間牆系統於五十年之使用期間所衍生之各種成本，以評估可拆組隔間牆系統在成本上之競爭力。

1. 分析方法與參數設定

本研究參考 Dell'Isola & Kirk 之生命週期成本理論，進行二種隔間牆系統之生命週期成本估算(1981)。由於不同使用單位之使用模式有不小的差異，而且隔間牆改修頻率之真實狀況不容易調查與預測，因此很難求得典型的使用者隔間牆改修頻率，進行生命週期成本分析。本研究決定以 Scenario 之概念進行分析，設定四種可能的隔間牆改修頻率（每五年一次，每十年一次，每十五年一次，每二十年一次），而後在不同改修頻率下，分別估算 100m² 之輕鋼架及可拆組隔間牆於五十年期間之總成本。

本研究亦委由隔間牆廠商業者估算此二種隔間牆系統之新建成本，拆除 / 清運成本，及組裝成本（如表格 36）：

- (1) 傳統輕鋼架隔間牆：主要構件包括 C 型槽鋼之上下軌、垂直立柱、水平橫樑，及雙面石膏版。其新建成本約 \$1000 / m²。改修時，假設拆除 / 丟棄舊有隔間牆（拆除清運費約 \$120 / m²），並施作新的輕鋼架隔間牆。
- (2) 可拆組鋼架隔間牆：主要構件設計詳見本章第四節說明。其新建成本約 \$1500 / m²。改修時，假設拆除舊有隔間牆，並移至他處、重新組裝成隔間牆（拆除組裝費約 \$200 / m²）。

表格 36、輕鋼架及可拆組隔間牆之新建費用，拆除 / 清運費，及組裝費用。

	新建費用	拆除 / 清運費	組裝費用
輕鋼架隔間牆	\$1000/m ²	\$120/m ²	NA
可拆組隔間牆	\$1500/m ²	\$200/m ²	
備註	以上費用由隔間牆業者概估		

為了考慮長期之經濟發展及通貨膨脹現象，本研究以每年 3% 之通貨膨脹率來估算生命週期期間之各項費用。此外，為了考慮各項花費之

時間價值 (time value)，本研究採用 8% 之折現率，將二個系統在各個時期之費用換算成「現在」之費用，加總之後，便可客觀地比較兩個系統之生命週期總成本之差異。

2. 分析結果

根據二種隔間牆系統在四種改修頻率下之生命週期成本累計現值，本研究繪製比較分析圖(如圖 74)。生命週期成本之分析結果如下：

- (1) 可拆組隔間牆之初期成本較輕鋼架隔間牆高出約 50%。
- (2) 然而，五十年的使用期間，在四種改修頻率之下，傳統輕鋼架隔間牆之生命週期累計成本均高於可拆組輕鋼架隔間牆系統。而且，改修頻率越頻繁，可拆組隔間牆回收成本之時間則越短。例如，每五年改修一次之頻率下，可拆組隔間牆約三至四年即可還本；每二十年改修一次之頻率下，可拆組隔間牆則須約四十年才可還本。
- (3) 此外，改修頻率越頻繁，則二種隔間牆系統之生命週期累計成本之差異越高。例如，每五年改修一次之頻率下，輕鋼架之生命週期累計成本較可拆組隔間牆多出約 18 萬；而每二十年改修一次之頻率下，二者之生命週期累計成本則無明顯差異。
- (4) 從生命週期成本的角度來評估，在改修頻率高於每二十年一次之狀況下，本研究研發之可拆組隔間牆系統比傳統輕鋼架隔間牆較具有競爭力的。

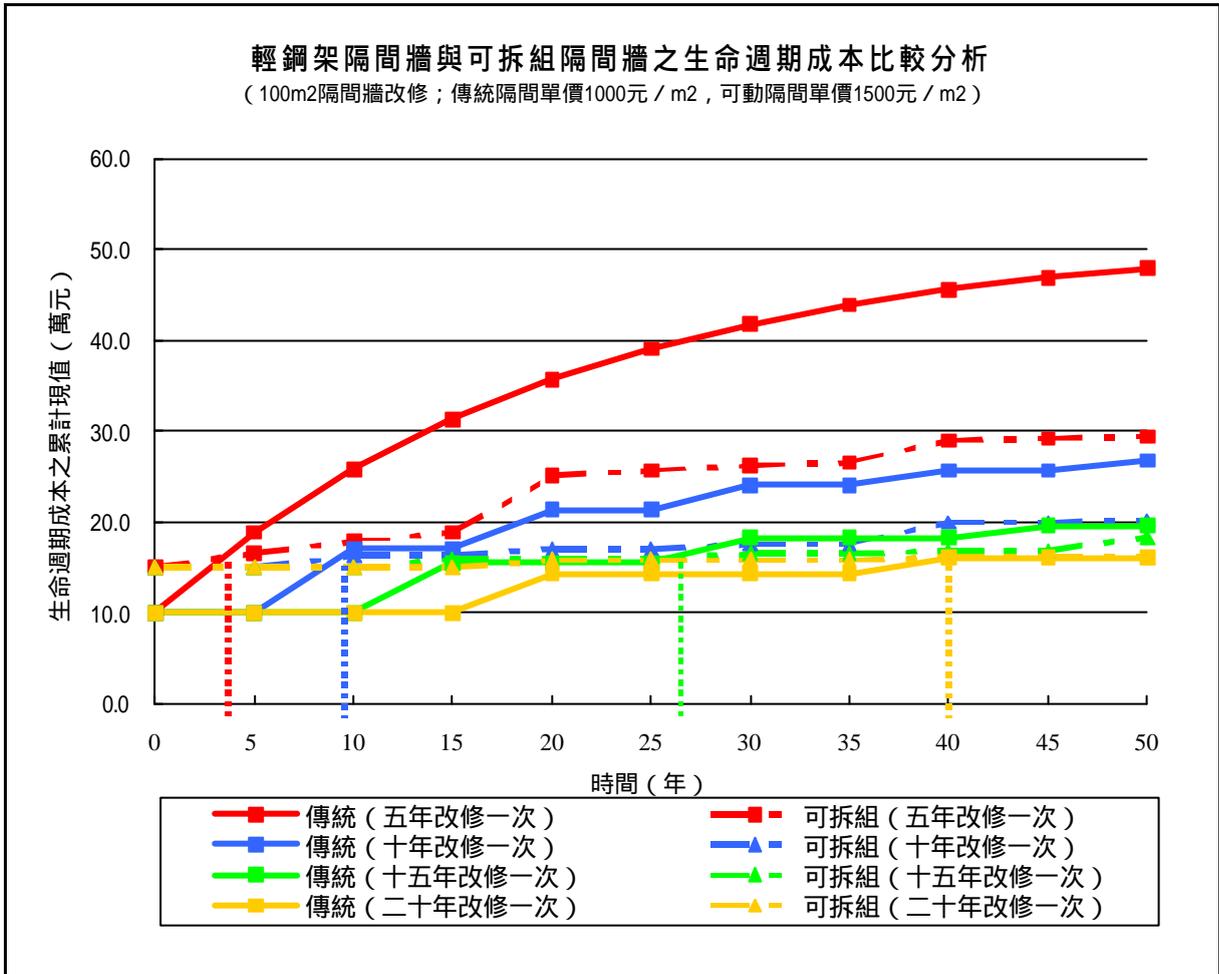


圖 74、輕鋼架隔間牆及可拆組隔間牆之生命週期累計成本比較圖

第六章 結論與建議

綜觀本研究所得，除完成室內可拆組隔間之「現況調查」與「設計手冊」外，尚開發滿足最低性能要求之示範性構法草案，使有興趣發展之業者，據以參考，進而自行開發改良之型式，以創造業者本身之利基。

本案宥於時間與經費的限制，無法針對所開發之草案進行廣泛的測試及修正。然而這些後續步驟卻為成熟產品開發不可或缺之程序要件。故本計劃完成後期盼能有後續研究之進行，以相關實驗瞭解該草案設計之性能缺失，並能進行反覆修正之迴路，以提高該原型之成熟度與完整性。為求構法計劃之完備，尤其必須加入門、窗、玻璃等構件之整合設計，方能使該系統原型成為真正可用之產品。

雖然「室內可拆組隔間系統」可因產品之再利用而具有減少營建廢棄物及降低環境衝擊等諸多優點，但根據本研究之調查，該種構法之應用在台灣仍舊稀少。因之，站在推廣開放建築之角度，吾人建議公部門可進行如下工作：

- (1) 建立資訊平臺：台灣目前現存多家規模不等的室內可拆組隔間牆業者，然彼此間並無聯繫與溝通之管道，也無資訊交換平台。是故吾可促成隔間牆業類似公會之組織，以提供其技術交流與商業情報交換之場所，並集結廠商之力，共同推動室內可拆組隔間系統之使用。
- (2) 建構示範性案例：以示範性案例實際操作室內可拆組隔間系統構法，藉此教育民眾，並鼓勵業者投入開發，以收宣傳與推廣之效。
- (3) 與廠商合力推廣：將示範性構法轉移給具市場通路之廠商，並藉重其製造研發之經驗與能力，進行改良。然而，該示範性構法但不可以某特定廠商之型材產品作為改良之基礎，而務必以開發性構材設計中性產品，以免遭受圖利個別廠商之議，並創造相關業者公平競爭之環境。

- (4) 教育業主及設計者: 經本研究調查, 業主、設計師、建築師對於「室內可拆組隔間系統」之認知與了解仍然有限, 故如何增進設計相關人員對於該系統正確之認識, 係吾人該努力之目標。
- (5) 推廣設計手冊: 將本案整理所得之技術性資料開放有興趣開發的業者參考, 以提高技術之普及性, 進而在此技術之基礎上開發更高檔之產品。
- (6) 研擬獎勵措施: 為鼓勵業者投入, 並增加該產品市場之需求量, 吾人可從修改公共工程(如學校、政府機關等)之招標與採購規定著手, 優先採用可拆組隔間牆系統等易於產品循環之建築產品。
- (7) 制定標準施工規範: 為確保「可拆組隔間牆系統」之品質, 吾人可參照既有 CNS 相關標準與建築技術相關規範, 制定該產品之標準施工規範與性能基準, 以作為製造、施工、驗收等階段之憑據。進而提供「採購」階段「性能合同」之參考基礎。
- (8) 訂定廠商之共同基準: 在本研究所提出之構法原型基礎上, 討論各家廠商產品構材交換之最小共同基準, 以提高者拆組隔間產品再用之機會。

參考文獻

中文部分

1. 王明蘅 譯，變化：集體住宅的設計方法，國立成功大學建築系環境與設計理論研究室，民國八十六年。
2. 王明蘅 編，開放建築論文選輯 邁向居民參與及友善之房屋產業，中華民國建築學會，台北市，民國八十九年。
3. 杜功仁，「台灣住宅整建市場之需求分析（審查中）」，建築學報，中華民國建築學會，台北市，民國九十年。
4. 杜功仁，「邁向本土化開放式住宅的發展策略」，「二十一世紀都市規劃永續發展研討會」論文集，台北市，民國八十九年。
5. 林草英，施乃中，杜功仁，簡聖芬，開放建築整體生產流程自動化，內政部建築研究所，民國八十八年。
6. 施宣光，簡聖芬，開放建築整體規劃與發展之研究，內政部建築研究所專題計劃研究成果報告，台北市，民國八十九年。
7. 彭雲宏，杜功仁，開放式住宅之開發案例，內政部建築研究所專題計劃研究成果報告，台北市，民國八十九年。

外文部分

1. Linde, v.d., J: "Aufsatz über umsetzbare Innenwandsystem", In dB 11/1974.
2. Meyer-Bohe Walter: Baukonstruktion im Hochbau, 2. Aufl. Bauverlag, Wiesbaden, Berlin, 1999.
3. Zeeb, Juergen: Die umsetzbare Innenwand, Verlagsanstalt Alexander Koch, Stuttgart, 1978.
4. Sulzer, Peter: Jean Prouve- Meister der Metallumformung, koeln, 1991.

5. Wachsmann, Konrad: Building the wooden House, Birkhaeuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1995.
6. Neumann, Dietrich; Weinbrenner, Ulrich: Baukonstruktionslehre, Teil 1, Teubner, Stuttgart, 1992.
7. Fischer, Heinz-Martin; Jenisch Richard.u.a.: Lehrbuch der Bauphysik, , Teubner, Stuttgart, 1997.
8. Goesele, Karl, Scuele, Walter, Kuenzel Helmut: Schall Waerme Feuchte, 10 Aufl. Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1997.
9. Weller, Konrad: Industrielles Bauen 1, Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Koeln, Mainz, 1986.
10. Susanne Edinger: Lebenslaufwohnung, in : Modernisierung fuer generationenuebergreifendes Wohnen. p.12~p.16, Verlag fuer Bausesen, Berlin, 1995.
11. Sulzer, Peter, 1991: Jean Prouve, Das neue Blech, Rudolf Mueller, Koeln, 1991.
12. Zeeb, Jürgen, 1985: Die umsetzbare Innenwand, Verlagsanstalt Alexander Koch, Stuttgart, 1984.
13. Henn, Walter, 1982: Die Trennwand, Callwey, München, 1982
14. Weller, Konrad 1989: Industrielles Bauen 1, Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, 1989.
15. Weller, Konrad: Industrielles Bauen 2, Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, 1989.
16. Neumann, Dietrich 1992: u.a.: Baukonstruktionslehre, Teubner, Stuttgart, 1992.
17. Walter, Meyer-Bohle 1999: Bauko, Bauverlag, Wiesbaden, Berlin, 1999.

18. Dell'Isola, A.J., Kirk, S.J. (1981) Life Cycle Costing for Design Professionals. McGraw-Hill, New York.

相關法規與技術規範：

1. CNS 8072 A2119 活動隔牆, 1999.
2. CNS 13130 A1058 建築用接頭設計基本原則, 1993。
3. CNS 13131 A1059 建築用接頭一般檢核表, 1993。
4. ASTM E557 Standard guide for the installation of operable partitions.
5. JIS A6512: Movable partitions.
6. DIN 4103-1: Internal non-loadbearing partitions, requirement test.
7. DIN 4103-2: Internal non-loadbearing partitions, gypsum wallboard partitions.
8. DIN 4103-4: Internal non-loadbearing partitions, partitions with timberframing.
9. DIN 18181: Dry lining and partitioning using gypsum plasterboard, 1990.
10. DIN 18183: Prefabricated gypsum plasterboard metal stud partitions. 1988
11. DIN 18000: Allgemeine Grundsätze zur Maßkoordinierung im Bauwesen
12. prEN 14195: Metal framing components for gypsum plasterboard partitions, wall and ceiling linings - Definitions, requirements and test methods.
13. ISO 2848:1984: Building construction -- Modular coordination -- Principles and rules.
14. DIN 18360 Metallbauarbeiten

15.DIN 4113 Aluminium um Hochbau

16.DIN 17611 anodisch oxidierte Strangpress-Profile aus Aluminium

17.DIN 1725 Aluminium und Aluminiumlegierungen

18.DIN 1625 Stahl und Stahlteile

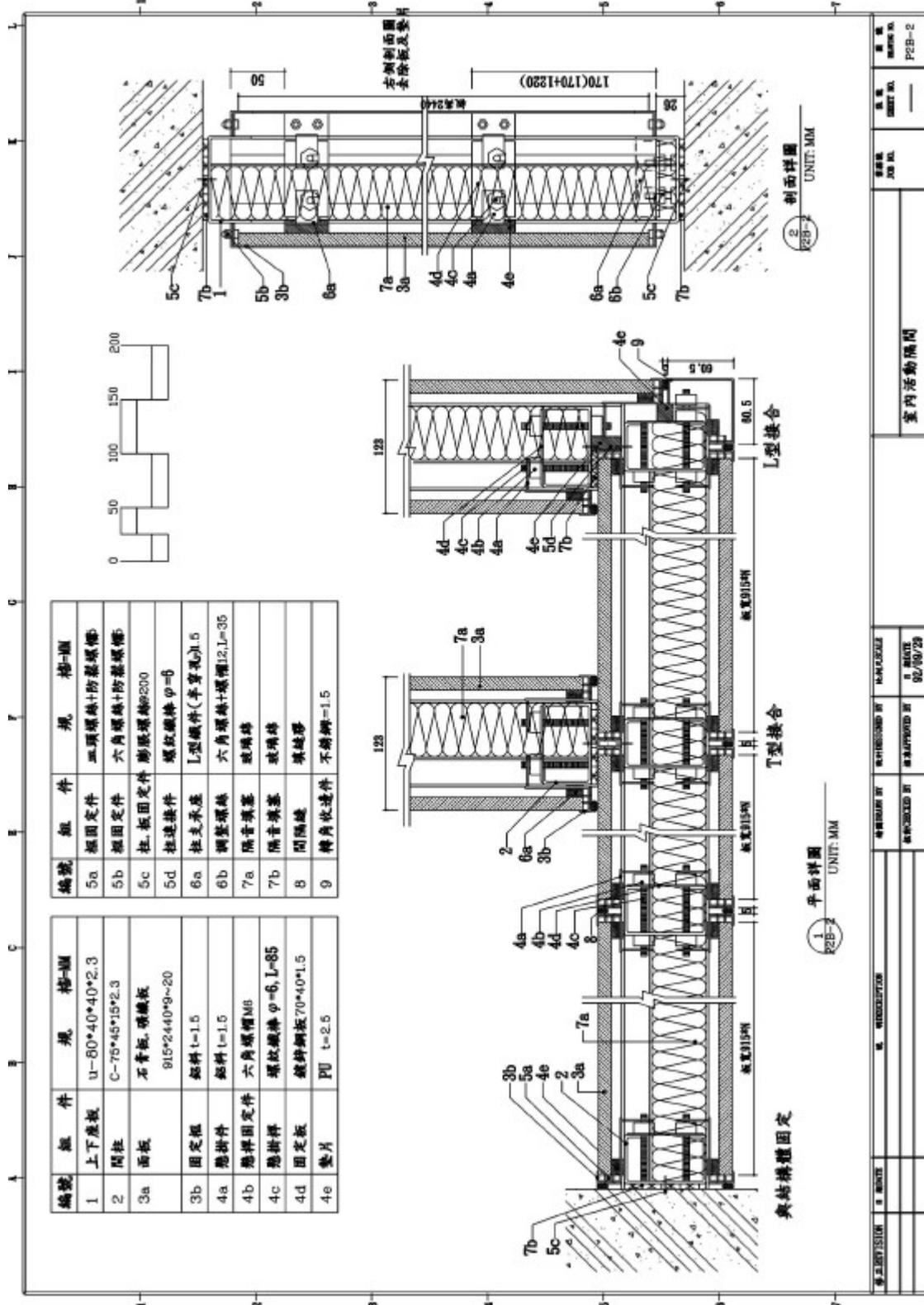
19.DIN 18355 Tischlerarbeiten

20.DIN 18357 Beschlagsarbeiten

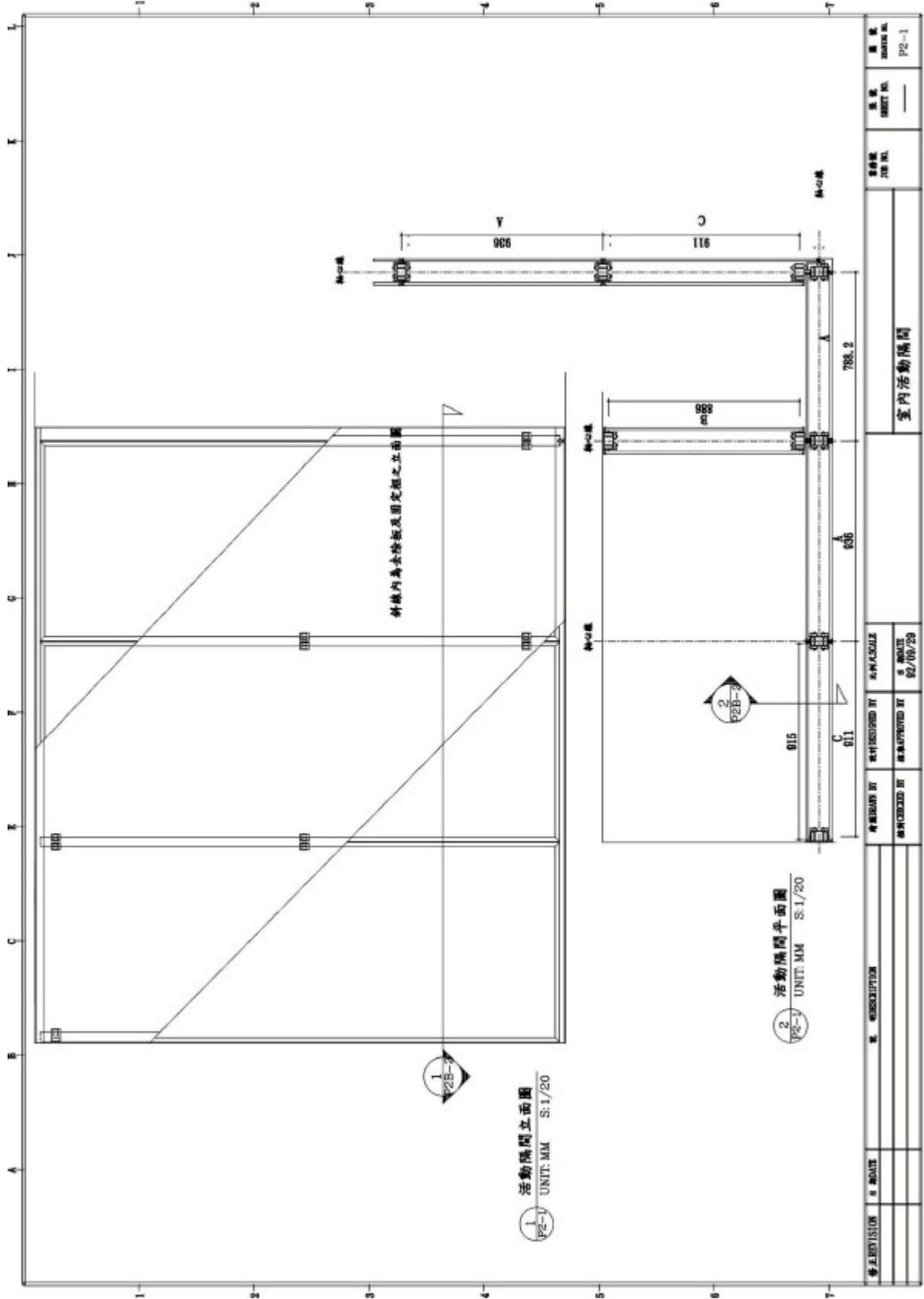
21.DIN 18361 Verglasungsarbeiten

附錄

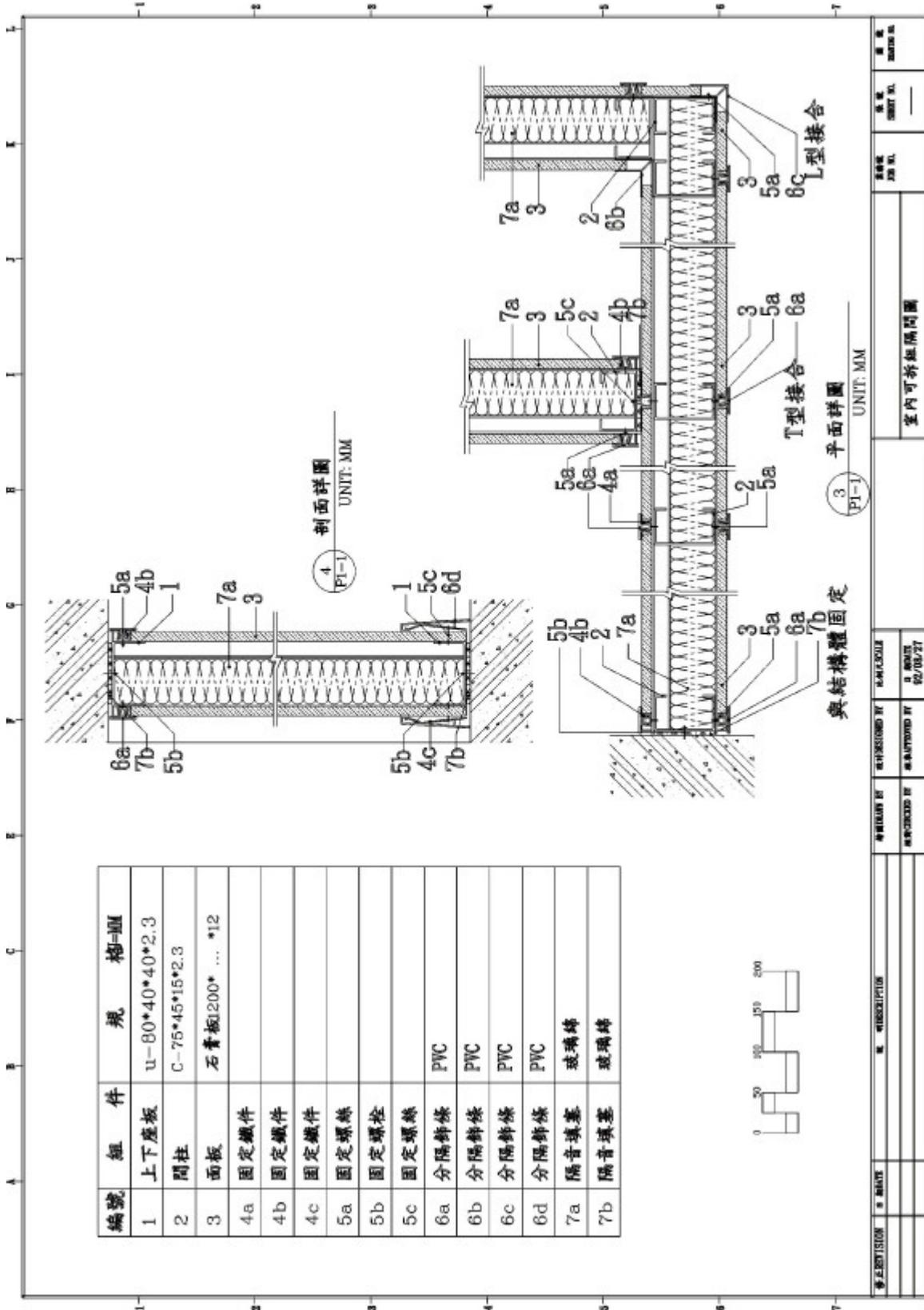
附錄 A-1: 本土鉤掛式可拆組隔間牆原型設計圖(一)



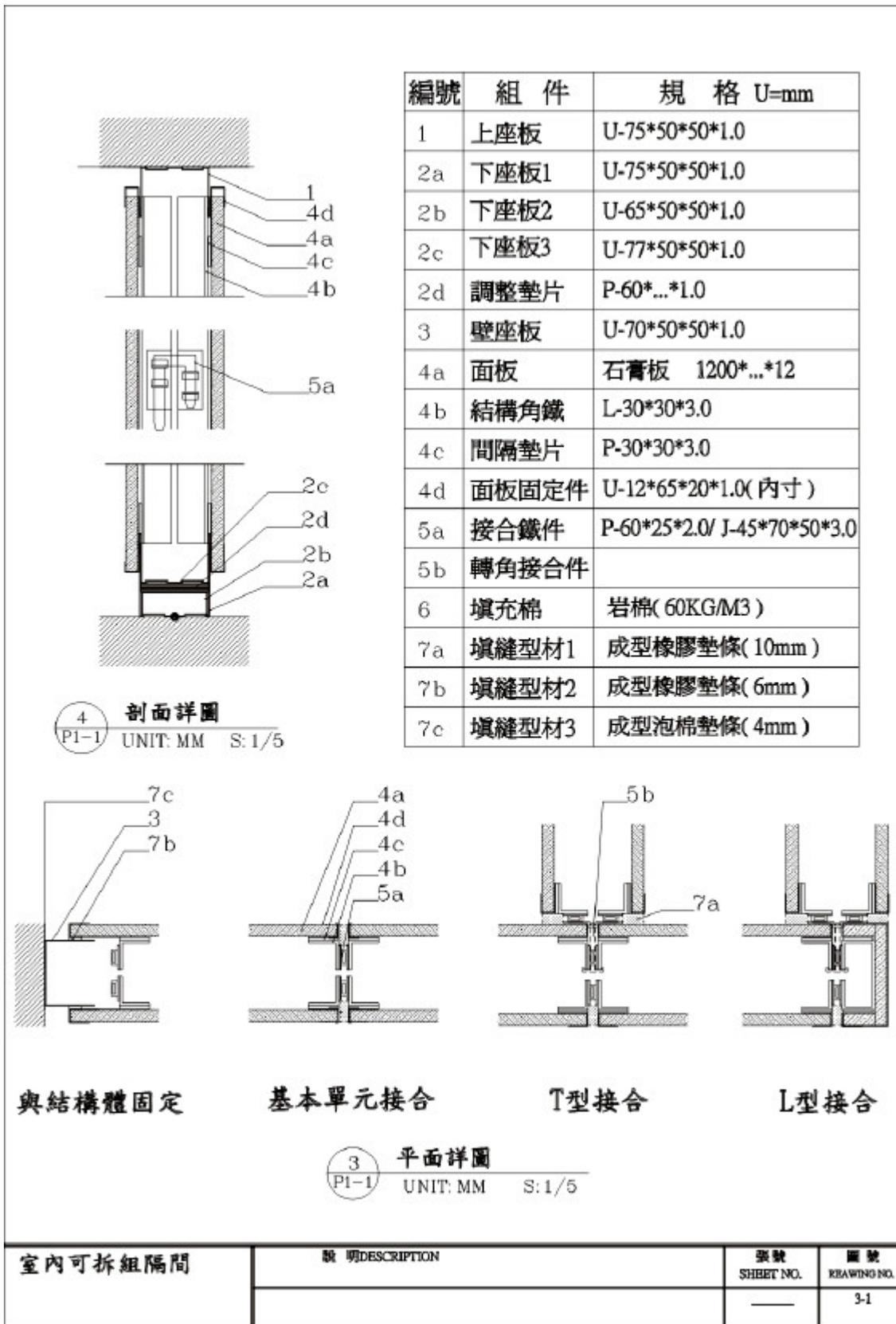
附錄 A-2: 本土鉤掛式可拆組隔間牆原型設計圖(二)



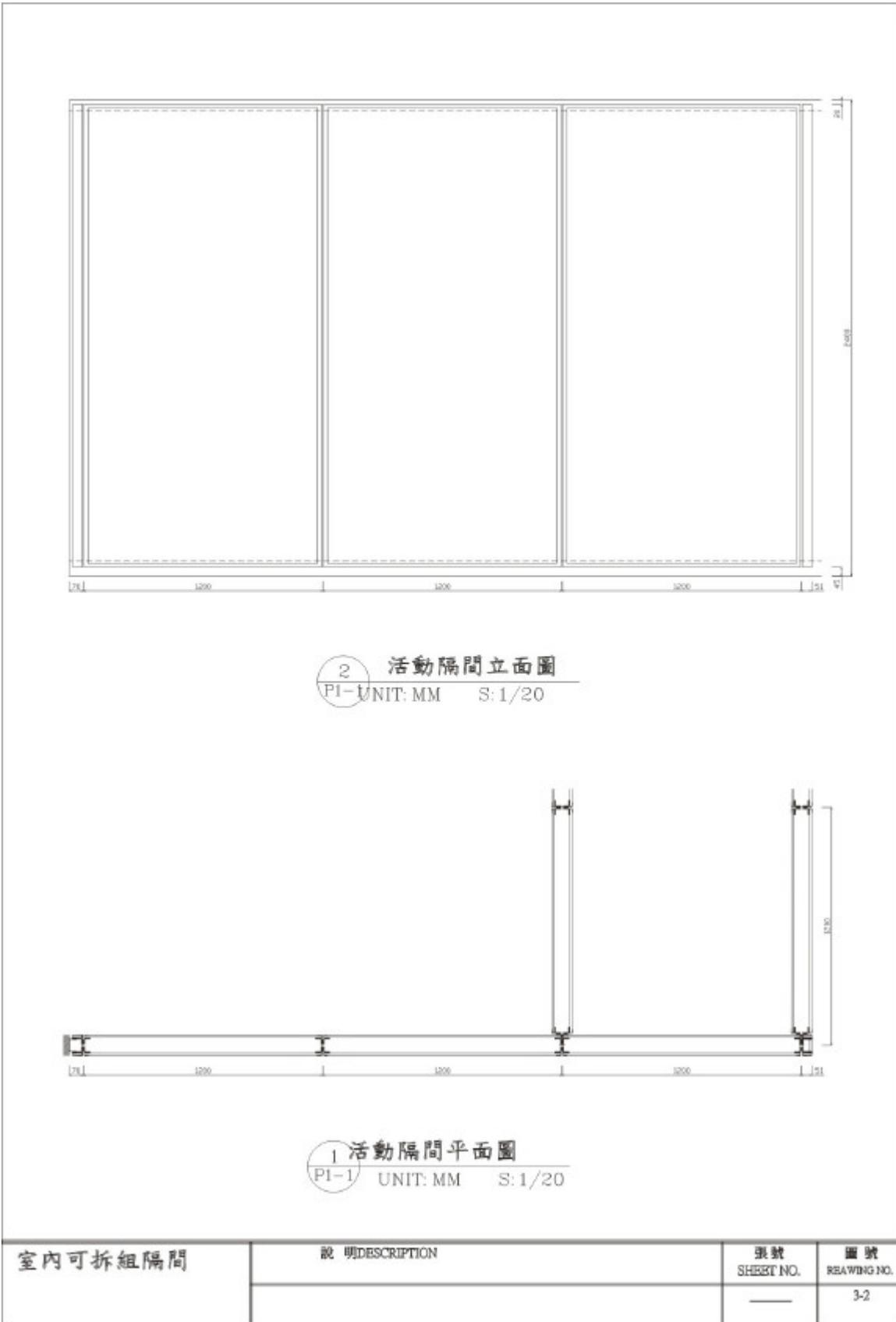
附錄 B-1: 本土壓條式可拆組隔間牆原型設計圖(一)



附錄 C-1: 本土四環相扣式可拆組隔間牆原型設計圖(一)



附錄 C-2: 本土四環相扣式可拆組隔間牆原型設計圖(二)



附錄 D 期初審查意見答覆

評審意見	答覆
洪委員慶雲	
1. 若經費許可，1:1 之足尺模型（mock-up）製作可考慮隔間形式的多樣性，以利實務上之推廣。	本研究在有限經費限制下已進行部分構材足尺模型之製作。
2. 若無法尋求配合廠商製作足尺模型，建議研究團隊可先繪製足尺模型之詳細施工圖，俾利後續研究。	已完成原型設計之施工詳圖繪製。
黃委員榮堯	
1. 建議針對可拆組隔間系統在市場上之應用現況及其應用瓶頸、使用者之採用原因作一瞭解與探討，以使本案成果能順利推廣，且為市場所接受。	已完成市場調查與現況調查。
2. 在原型開發部分，如能注意下列三點：產品的定位、考慮再生材料與產品之使用、生命週期的成本考量，對後續的推廣將有所幫助。	原型產品定位為學校、辦公室類建築之可拆組隔間牆系統。產品之開發採用易拆式設計，考慮產品循環與材料循環之可能性。產品生命週期成本部分之計算已於期末報告書中詳細說明。
毛委員犛	
1. 本案的研究重點在於原尺寸模型的開發，爰在研究內容上建議加強可拆組隔間系統的物理性能測試，瞭解其在實際使用環境下的狀況。	宥於時間與經費之限制，防火、隔音、機械性等性能測試，希望能於後續研究中另編預算加以執行。
葉委員祥海	
1. 因為不同用途之建築物所需之隔間型式不同，請研究團隊提出本案隔間系統之建築物使用類別為何（如醫院、辦公室），以決定原尺寸模型之型式，並請預先尋求合作廠商，以掌握時效。	1. 原型產品定位為學校、辦公室類建築之可拆組隔間牆系統。 2. 已請優格公司代工製作原形關鍵組件之足尺樣本

附錄 E 期中審查意見答覆

評審意見	答覆
王建築師紀耕	
1. 臺灣屬地震頻繁的地區，建材的「耐震」顯得十分重要。對於「可拆組隔間」的耐震性能，除了「輕」以外，其他亦可多予著墨，以利使用者選擇。	室內可拆組隔間牆在耐震上首重「變形追隨性」，使可拆組隔間不因結構體之變形而與結構體發生碰撞、擠壓，避免承擔結構荷重而造成破壞。故一般於天軌、側牆之接點均會預留縫隙，以吸收變型。此變型吸收之機制往往需與誤差吸收、校正的機制一併考量(參見「誤差與精度控制章節」)，也須考慮防火隔音等問題。
2. 價格是一項重要的選擇因素。建議調查何種價位是業主容易接受的，此資訊可提供為「室內可拆組隔間」的定位所在，例如可選「經濟型」、「功能型」等不同價位之產品。	本研究已鎖定平價型(1000~2000NTD/m ²) 學校、公共性建築物類之室內可拆組隔間牆作為系統發展之標的，以期能與市面通用之 Dry Wall 系統競爭。
3. 對於「什麼樣的單位，經常會變動空間大小」，建議研究單位能進一步瞭解，因為這就是「室內可拆組隔間」的業主所在。例如學校的研究室常因研究案的大小、人員變動而影響空間，這便是「室內可拆組隔間」可加以發揮的地方。	已遵照辦理，以台灣科技大學為例，進行有關空間變動與隔牆改修之行為調查。
王協理承順	
1. 有關本研究案完成時之專利權或智慧財產權之歸屬，建議於事前言明，以避免紛爭。	本案乃由研究單位自行研發，再委由製造廠商代工，也未使用特定廠商之型料作為設計元素，故並無專利權或智慧財產權爭議之所
2. 對於本案「室內可拆組隔間」之經濟性與配管線的方便性，請再多予詳述。	已遵照辦理(詳見設計手冊中「配管配線」章節與設計之邊際條件設定)。
洪副教授慶雲	
1. 本案所提出之室內可拆組隔間牆設計手冊，其內容建議增加「管線配置」之項目，以符實際使用需求。	已遵照辦理(詳見設計手冊中「配管配線」章節)

郭副教授榮欽	
1. 目前國內建管單位對室內裝修許可之審查程序已成熟並據以執行。室內可拆組隔間之適法性為何，建議在研究報告中亦能有所說明，以消除使用者之疑慮。	可拆組隔間適用之相關法規之探討於本研究中分散於性能各章節之敘述中，如：室內裝修管理辦法第 3 條、22 條、23 條之規定請參見「隔間變更規定章節」，防火相關規定參見「防火性能要求」等章節。
2. 對於居家及八大行業營業空間常見的隔間變動的問題，建議進一步調查其需求量，應可作為可拆組隔間之需求量的重要參考。	由於本案已設定學校、公共性建築物類之室內可拆組隔間牆為研究對象。宥於本年度計劃之時間與經費限制，居家及八大行業營業空間常見的隔間變動的問題，宜另案進行研究。
陳副教授太農	
1. 本案期中報告第三章所提臺灣科技大學校園建築隔間牆改修案，查其拆除紀錄並無應用可拆組隔間系統，對本研究案而言似有不切題之處，建請研究單位再多予說明修正。	臺灣科技大學校園建築隔間牆改修案調查之著眼點係為了解校園建築隔牆改修之行為，以作為本案設計「可拆組隔間牆」邊際條件擬定之參考。
2. 因本案研究結果係為業界所利用，對於本案研究過程是否有產業或使用者參與意見表達或訪談，對此案成敗是很重要的。	本研究案已先後進行三次座談，廣邀學者專家、業界、政府主管機關等單位交換意見
中國土木水利工程學會 李光明先生	
1. 室內可拆組隔間涉及多界面之整合，例如固定件之拆除後復原、天花板及地板材及固定點、固定方式及施工性，以及機電管線之預埋，都需有完善的考慮。建議本研究案對此能多予詳述，以避免造成施工困擾。	已遵照辦理(詳見設計手冊中「配管配線」、「接點構法」等章節)
何副所長明錦	
1. 本案期中報告第三十五頁所提出之「室內可拆組隔間牆性能要求暨權重表」，其中之種類及加權，涉及主觀性，應與業界多方討論為妥。	本研究案已針對影響室內可拆組隔間牆性能要項之權重進行 AHP 評量，建立客觀之權重標準。

附錄 F 期末審查意見答覆

評審意見	答覆
胥副教授直強	
<p>1. 可拆組建材之目的為「Re-Use」，而非「Re-Cycle」，因此可拆組建材系統應掌握少數多量的構件使其標準化(或共通化)而得以順利轉用。要建立百分之百均可共通轉用之構件系統，於實際使用設計無必要亦屬不可行。</p>	<p>1. 本案主要目標係建立可拆組室內隔間構件更修、再利用之平台。該平台以市面常用之開放性半成品為材(如 C、U 等輕型鋼等)，並遵守常用的模矩尺寸規範(3×6 尺、4×8 尺...)。本案並未設定所有構件必須 100% 轉用的目標，但在可能的範圍下，盡量促成全面或部分可拆組室內隔間構件(如板材)之再利用，且所有構材在損壞後必須能夠再生循環。</p>
<p>2. 建議在既有研究基礎上，以可作為「可拆組」系統開發之部份(通常為牆體中央)提出可供多數廠商遵循之系統規範，如尺度、必要性能、轉用通路等。至於結構或其他內裝系統銜接「邊緣」構件，則列為單次用料，無須考慮其轉用性，交由各廠商或各工地自由安排均可</p>	<p>2. 理想尺寸之建議請參見第四章第二節「模矩計劃」說明。必要性能之建議請參見第四章「設計手冊」。本案將可拆組隔間系統分成「填充體(面板)」、「支架體(骨料)」以及「銜接材(接頭)」等三個子系統，而尋找所謂構材交換之「最大公約數」亦即(使用開放性半成品、常用模矩尺寸、可非破壞性拆卸接頭、性能規範...等等)。理論上本案開發之方案除銜接材外，三者均具足夠的開放性。各廠商不需太多協調，即可在本案建議的尺寸規範下進行產品之互換。至於構材「轉用通路」之探討，牽涉台灣建築部品物流的特殊生態，有待另案深入研究。</p>

陳教授太農	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究主題由系統之開發到推廣，將文獻產品整理經分類為骨皮式、整片板式、軌導式；至產品開發時，本研究案則以骨架面板為主題，開發三種本土隔間系統：(1)吊掛式、(2)壓條式、(3)四板環扣式。其間之演繹過程請說明。 2. 設計手冊宜簡單明瞭，運用方便，盡量減少理論描述。可拆組之構造重點在於結合點之設計細部，如何方便組裝、拆卸、重組，以VE觀點試作評估。 3. 建議於研發之替選方案中再詳述板片之接合及四週介面之接合方法。另有關推廣部份，除建議如結論外，應考慮廠商之利基，並導向DIY市場。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究案以「骨皮式」(即骨架面板式)可拆組隔間牆為開發目標，其出發點係考慮「單片板式」或「軌道式」等其他系統之開放性較骨皮式為差。三種本土隔間系統之推衍過程乃遵照「案例基礎式推理模型」，請參見第五章之說明。 2. 本案以AHP法試對影響室內可拆組隔間牆之性能要求項目進行權重分析(第四章第一節及附錄G)，另增補「生命週期成本評估」，以比較可拆組隔間與不可拆組隔間等系統之價值差異(第五章第六節)。 3. 諸替選方案之接合機制已增加模型照片說明(第五章第四節)。室內可拆組隔間之DIY理想上可行，實務上由於國人DIY習慣並不風行，而又涉及產品保固、拆組訓練、管線系統整合等問題，業者多採保留態度(見第一次會議記錄)。
吳建築師坤興	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 對於隔間牆中常見的開口部(如門、窗等)，建議於可拆阻隔間系統中一併考量，或於其介面作一整合研發，以符合使用習慣。 2. 建議本案可參考「系統天花板設備面板」，將門、窗、水電開關納入，以達實際使用之方便性。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案宥於經費與時間，門窗等界面之整合留待後續研究發展(參見第五章第一節說明)。 2. 為考慮提升室內隔間牆的可拆組性，衛生設施建議配合牆前配管或高架地板等方式施作，而電管配線請參見第四章十一節之說明。

葉主持人世文	
<p>1. 建議本報告中納入可拆組隔間系統於市場之普遍情形，如未普遍使用，其因素為何？現今此因素是否仍存在？是否會影響市場推廣？建議一併分析，以助了解日後推展應採行方向。</p> <p>2. 防火、隔音、安全、健康、舒適已列入建築技術規則之綠建築專章(草案)之指標，反觀本案所研究之可拆組隔間是否符合健康及舒適之條件？建議於本案研究案中列入分析</p>	<p>1. 可拆組隔間系統在台灣普及性並不高，僅常用於廠辦、醫院等特定用途之建築(參見第二章現況調查)。影響因素首推單價過高、使用者陌生、產品交換不易等因素。</p> <p>2. 防火、隔音、安全等因素之性能要求請參見「第四章設計手冊」之說明。由於 CNLA 認證機制、VOC 及綠建材性能實驗檢測機構尚未建全，且各類建材之揮發性有機化合物排放基準也未訂立，故本研究暫不處理有關「健康」部分之內容，待相關研究成熟後，再建議本案後續之增補工作。</p>

附錄 G 第一次會議記錄

會議主題：室內可拆組隔間牆本土化座談會第一次會議

會議記錄：

會議時間：2003 年 8 月 13 日

會議地點：台灣科技大學建築系 R911

會議程序及討論議題：

1. 「室內可拆組隔間牆本土化發展」
2. 研究計畫內容說明。
3. 參與廠商簡介。
4. 座談討論項目。

出席專家：

主持人：魏浩揚 教授

協同主持人：杜功仁 教授

學者專家：黃斌教授、陳太農教授、曾俊達教授、彭雲宏教授

營造業代表：李政憲 董事長

廠商代表：優美：趙若石 先生

廠商代表：泰菱：邱盈璋 先生

廠商代表：優隔：李美惠 小姐

廠商代表：禾作：詹彬 先生

討論議題：

1. 室內可拆組隔間牆技術層面問題。
2. 室內可拆組隔間牆市場層面問題。
3. 室內可拆組隔間牆應用推廣層面問題。

室內可拆組隔間牆技術層面問題

黃:

1. 構法開發建議採行「漸進式」而非「跳躍式」思維。亦即從本土已有之構法技術與方法為出發點，尋找循序改良的可能性，而非不考慮既有本土之製造、技術水平及市場需求，全盤殖入全新之作法。以室內可拆組隔間牆為例，可將整體系統化約成諸多子系統與部材之組合，選擇部分關鍵零組件(如可拆組接頭)等重要部材或子系統為優先設計之對象，引進新的作法，與本土既有板材或骨架等構法進行搭配整合，以減少構法開發之成本、時間，進而提升開發之效率。
2. 學界與業界之共同研發模式可參考工研院作法，研究階段以學校研究單位為主體，廣泛徵詢廠商意見，俟研究完成後，將結果以技術移轉等方式傳遞予廠商。至於專利問題，應釐清其係屬「新型」或「發明」，而權屬問題應由建研所、中華建築中心、廠商、學術研究單位共同釐清。
3. 製造技術方面，應諮詢廠商目前台灣各類骨架、面板之製作技術之可能性與極限所在，如鋼板彎折成型之長寬比例，最小迴轉半徑，沖孔大小等問題；是否已有「母機」可生產所需之骨架型材斷面等。
4. 應檢核室內可拆組隔間牆與其他工種與工程項目之配合問題，如水電、空調等，同時考慮本地之營造習慣，以免發生協調不良之問題。

陳:

1. 由於「可拆解接頭及拆卸組裝方式」係可拆組隔間最重要的構法核心，本案宜針對此設計開發課題多所著墨，並探討該接頭之拆解損耗性、可拆解多少次等問題。
2. 本案應探討拆組使用頻率問題，如拆卸重組之週期約多少年。
3. 「八大行業」由於行業特性關係，其使用可拆組隔間與量不容忽視，反較之辦公室等類型在內裝上更具使用可拆組隔間之機會。
4. 輕鋼石膏板牆等 Dry wall 系統在拆除時，面板與骨架實際上均以破壞式方式拆除，其骨架並未以非破壞性之方式拆卸，其主要原因係因非破壞性拆卸費工費時，不敷成本。
5. 學界徵詢業界意見時，可提供適當誘因(如提供選擇性招標、優先議價等條件等)，提高製造商與通路等業界參與之意願。
6. 應教育建築師、室內設計師等設計從業人員正確的室內可拆組隔間之設計面、經濟面、施工面等等知識，以推廣該類產品之使用。教育面可參考義大利石材工業作法，帶學生、建築設計從業人員現場參觀石材擷取與製作、組裝等過程...等，以增進相關人員對該技術之認識。
7. 應教育業主、使用者彈性使用室內可拆組隔間之方法，同時提供「使用手

冊」，告知使用者正確運用可拆組隔間牆以滿足空間變動需求之知識。

曾：

1. 國外室內可拆組隔間以商品化模式移殖國內時，應思考本地施工面向如工種、工人配合等問題，甚至能允許業主以 DIY 方式，依需要自行更動隔間，以節省拆卸重組之成本。
2. 產品性能應明確說明，並符合本地法規規定，同時藉此釐清廠商之商品責任所在。
3. 美國 500USD 以上之工程，必須請照。建議本案檢討室內可拆組隔間變動時之適法性問題，並進一步檢討與現有法規有無抵觸而值得改進之所？

彭：

1. 可拆組隔間之骨架不應排斥特殊型材骨料之發展而堅持採用 U、C 槽鋼。
2. 可發展一套平價系統應用於示範性案例，以收重點宣之傳效果。

魏：各產品在施作上是否有性能上無法突破的問題？或國外產品引進時部份技術無法模仿？

泰：基本上沒有。

隔：僅有在材料尺寸上的問題。

禾：沒有。

魏：一般在國外廠商型錄會說明產品的隔音性能、防火性能、氣密性能等等。而在國內法規部分似乎沒有太多類似的要求，而各產品發展至今，是否有相關的性能檢測？

泰：在隔音檢測在成大實驗。另外材料的檢測上委託建築測量中心等等，業主方面仍是需要相關的檢測數據。

魏：所以貴產品在隔音、防火、防靜電、材料強度等都有檢測。

隔：基本上相同。唯一沒做的是防火。由於本產品為塊狀體，無法真正對防火達真正效果，當然在大陸本產品仍有三小時的防火時效，但須配合特殊構造方式。

禾：僅防火檢測。本產品有一小時防火及兩小時防火。但一般來說業主礙於經費考量，仍多選擇一小時防火。其他相關檢測數據在台灣來說，多為參考舊有資料，如此似乎也無太大意義。

美：若業主有此檢測數據需求，則有上游廠商提供相關數據。若在防火區劃範圍之內，本產品多用矽酸鈣板、吸音棉等材料處理，來達到防火目的。而本產品在市場上主要為活動隔牆，此種產品就無法達到防火需求。

魏：另外，在施工組裝層面問題，各家廠商是否已下包方式進行？

隔：本公司在此有培訓班底，但並非屬於本公司員工，而是以特定技術合作方式進行。

魏：此工班可施作所有工作？

隔：是，基本上此班底被培訓到整系統皆可組裝。

- 魏：此工班不需和其他工種搭配？例如：弱電配線
- 隔：對此我們是先行預留管線。在較大工程方面，搭配水電工，由工班先行立框架，再由水電部份配線，最後才由工班封板。
- 魏：在此的問題是，在兩工種之間的介面是否會有問題？
- 隔：此在工班可以解決。若是在大型工程在施工之前，也有相關工程會議，故無太大問題。
- 泰：形式上大致相同。施工上配合其他廠商施工。管理方面，有駐地監工管理，做現場品質要求。
- 禾：配合外包方式進行。
- 美：本公司情形大致相同，但以時間計費，若多組裝時間，則須多加工費，故本公司有機動工班，負責進料、組裝、維修。
- 李：我比較關心的是要作開發或是市場調查？應將焦點釐清。另外，剛剛提及介面問題，我關心的還是各工種之間的配合問題。
- 魏：是的。到目前為止可慢慢形成焦點，但仍需對於台灣現有市場做調查，在台灣可拆組隔間牆佔有最大市場的建築類型，如此，才能更有效的發展推廣該項產品。而現在慢慢的趨於辦公大樓方向來作為未來目標。但無論是無塵室、醫院、辦公室等等，這些隔間牆的基本構法都是雷同的，而我們的分類約為四類，其中如是骨架式則有一定構法原則，在無塵室或是醫院或是辦公室的運用上，可能僅為表面上的處理差異，而我們的研究焦點也會趨於辦公室，以此也可以運用到學校類型建築上。之前也提到，本研究欲推廣的是比較普及化、平價式的可拆組隔間牆，以達到真正的參考意義。

室內可拆組隔間牆市場層面問題

- 魏：在市場層面問題請教，隔間牆主要用途可分為幾類：例如：電子廠房、辦公室隔間、無塵室、學校等。就各位經驗或已推行案例是否有住家案例之經驗。
- 隔：有，但量相當少。
- 魏：在使用的差異上，住家案例和其他案例有何差異？
- 隔：由於大多數使用者多看到產品外觀，故多使用於住家玄關部份。另外也配合許多家具廠商作一系列的系統整合，例如曾和兒童座椅相互配合。但是，在住家方面由於空間較小，各住家格式也不盡相同，如此就必須是個別的特殊定製，在成本上來說也就相對提高許多，故在住家方面的推廣，也就暫告一段落。
- 魏：所以說住家在推行上是有一點困難點是嗎？
- 隔：是的，在功能上是必須再加強的。另外，若住家需要應用，則建議應在建築設計階段就必須將其系統納入考慮設計。在個人的經驗來說，可將可拆組系統和住家衣櫃一並考慮設計。
- 魏：優美廠在住家方面不知是否有參與案例？

美：基本上和優隔的工作內容大致相同。

李：基本上市場需求似乎是決定於價格，除了特殊需求，例如無塵室的需求等，如此的特殊的要求則可能非決定於產品價格。第二，通路問題，好的產品應有好的通路媒介，例如設計師、建築師等等，透過這些使用設計者，則可有良好的通路市場。但問題卻發生在，這些通路市場是否對於該項產品有正確認知來切入。第三，施工問題，良好的產品也應有良好的施工品質及效率，所以協力廠商的施工能力對於市場或產品來說也是相當大的影響要素之一。第四，不同需求的產品就有不同的價格位階，應避免將不同需求的產品做同等比較方式，如此避免混合討論焦點。

魏：對於產品的定位及價格問題中，在研究過程確實有遇到產品在功能上的差異性以及種類的多樣性，因此必須將產品的定位明確，這將會影響到將來欲開發或改良之產品有關，故必須先了解的是，目前市場上各種產品性能及價格問題，再次強調的是，此次推廣產品是較普及化、大量生產的、平價的產品，故較不提特殊需求之產品，例如無塵室所需要之防靜電隔牆等等產品，而將焦點放在辦公室或學校等類型建築來討論。但不可諱言的，基本上可拆組隔間牆的原理仍可相互參考，包含製造過程等等，此些問題皆須各家廠商寶貴意見提出相互討論。

另外在產品價位與定位的問題上，例如學校建築案例，多少價位的產品是學校類型用的最多的？

隔：大約是 2500 元/m²，這是指在較大空間的需求產品而言。

魏：最高檔的產品價格區間？因在先前的調查中發現，最高檔的價格可達至 20,000 元/m²，而低檔產品則可低至於 1000 元/m²至 2000 元/m²，這範圍是相當大的，故比較好奇的是此潛在的使用對象或特定對象為哪些人？而我們研究的定位點應該為何？

隔：對於辦公室而言大約 3000 元/m²（包含門片、玻璃、面材等），此為整棟建築大樓而言，業主願意接受，在工廠廠房來說，大約是 2000 元/m² 至 2500 元/m²左右可以接受。

魏：因為 Dry Wall 構造隔間在台灣亦為大宗，故各廠商的系統隔間牆面或可拆組隔間牆對 Dry Wall 的低價位產品的對應策略為何？

隔：針對於低價位 Dry Wall 隔間牆的策略，我們推出比較平價的隔牆系統因應，其價格上大約多出 Dry Wall 隔牆約四至五成，但是在施工的工期上卻可相對縮短。另外，系統隔牆的施作過程也為“乾淨”施工，此可減少粉塵以及油漆揮發氣味。如此可有許多優於濕式隔牆的優勢來做比較。此外，也可於不同業主的預算之下做不同的產品位階搭配，以符合業主在預算上的考量。

魏：故貴公司也可針對此點推出不同位階的搭配組合嗎？

隔：是的，曾有公司提出 1000 元/m²的要求，我們也可針對此提出各種符合業主需求的組合方式，當然，在品質上也就無法相對的提高，但卻可在某特定部位加

強處理，而在平均的預算上仍是符合業主需求的。

魏：請教泰菱公司，是否也有同於優隔的策略？或者是在高科技無塵室隔牆中價位是固定的？

泰：目前來說，我們的產品較規格化，所以說我們的價格趨於降低，而品質趨於提高。若在業主有特殊要求時，我們也將另外開發以符合業主需求。

魏：現在的價格大約是多少？

泰：目前約為 1000 元/m²至 2000 元/m²。

魏：1000 元/m²至 2000 元/m²無塵室可施作？

泰：目前來說是可以的。

魏：所以剛剛優隔提到高檔的產品甚至還比無塵室隔牆還貴？

泰：當然仍有產品是比優隔產品單價更高，僅視於業主使用的範圍而定。至於石膏板隔間，由於領域不同，業主的求是不發塵，而石膏板隔牆會發塵，所以此種石膏板隔牆不會在無塵室出現，故正常來說，兩者間並不會成為相互競爭對象，市場也將區隔。另外，在工期、材料、美觀等問題，也都能高於該種隔牆。

魏：所以貴公司的產品價位從 6000 元/m²至 7000 元/m²甚至到 10,000 元/m²都有？

泰：目前來說沒有到此價位。

魏：一般而言，價位和產品性能有連帶關係，高價位的產品其隔音性和防火性等性能是否也相對提高？

泰：不一定，本公司在無塵室產品使用上強調防靜電，故在隔音性或防火性上無特別強調。

魏：優隔公司是否也是如此？

隔：基本上不會直接反映在產品的性能上，但會反映在業主的需求上，例如隔音性的要求而言，會以其他可達到隔音性的方法施作或面材選擇上有所不同，如此而使產品成本提高。

魏：可否請禾作公司介紹貴公司產品位階？

禾：本公司的產品位階較低，主要因為鋼板製隔間的研發較少，故在求新求變上也較少，價格也相對降低。而在優美、優隔或震旦的產品來說，由於本身新產品的研發及改良，此能使得在產品的價位上能維持一定水平。另外在材料的成本上也是維持產品價位原因之一。

魏：優美的產品價位決定，是在下包決定或是由優美公司本身做決策？

美：本公司約半年會做一次的市場價格調查，另外再配合本公司在材料上的成本來決定產品價位。

魏：在可拆組系統隔間實際案例中，真正組裝完後再行拆卸的機會多寡？

隔：多。在大型的辦公室而言，平均每三個月會再局部更新一次隔間。

魏：在拆組更新過程是由貴公司進行？

隔：一般而言是本公司進行拆組。第一涉及再次的規劃。第二涉及到材料的完全使用性。另外如李老師提及的「好的產品須有好的施工品質」。如果由使用者來

進行拆組，可能再許多細節部份沒有注意，而失去原產品功能。

魏：所以貴公司不允許以“DIY”方式進行牆面更動？

隔：若僅小部份的弱電系統配線，則可由本公司做現場或電話的技術輔導。若是大部份的拆組，則仍由本公司來進行。

魏：禾作公司的案例中，再行拆組的案例多寡？

禾：多。

魏：泰菱公司的案例中，再行拆組的案例多寡？

泰：多。

魏：所以在業界來說，仍有許多的再行拆組案例，而且也仍委託原公司來進行規劃及拆組？由於之前所得訊息為改裝案例較少，此點則和原得訊息有些許誤差。

美：較不希望由業主自行改裝。此也牽涉到產品保固責任問題。

魏：其他廠商是否也有這類問題？

泰：本公司有對業主進行拆組訓練，但一般經驗來說，業主會拆但仍不會組裝，最後仍將產品破壞。

魏：可否對使用該產品的建築類型做一排序？

隔：辦公室居多。其中又以電子產業最多。

禾：五年前半導體居多。近年以公務單位居多，例如銀行。

魏：所以結論學校案例較少？

禾：學校案例漸漸增多。

泰：學校案例多以實驗室居多。另外在醫院手術室也有不少案例。

隔：近年有實驗小學針對“開放式教學”做活動隔間牆。

美：剛提及的產品約 10,000 元/m²以上。此類型案例會因教育主辦單位的撥款數量而影響。另外剛剛提到的電子辦公室隔間牆，本公司會依使用者身份不同來作使用材料的區隔。

室內可拆組隔間牆應用推廣層面問題

魏：針對室內可拆組隔間牆，有哪些事情是政府或學術單位可以提供服務？或是對於業界有所幫助？或在推廣上有所助益的？

隔：希望能多辦類似研討會或座談會，將可拆組牆多推廣。因為對於使用者或設計者來說除非是大宗的使用者，否則對於此種產品的認識其實有限。若能將其推廣到建築規劃、設計階段，對於業界、對於該項產品來說都是較有利的。

李：我的想法也是如此。好的產品若無好的通路，如此仍是無用的。在台灣的通路除了經銷以外就是設計師和建築師，但是大多的建築師或設計師由於傳統的教育方式，對於有彈性、調整性的設計沒有太大的觀念，所以學術單位有相當重要的任務要讓台灣的設計者對於這項好的產品有更進一步的認識。

魏：在國外來說，對於某種部材都有特定的協會，在台灣也有相同的協會為了要推

廣或是分享共同的知識或是某種權力上的好處，或成立類似帷幕牆協會等，但在可拆組隔間牆領域上似乎沒有類似的協會，如果業界能夠提供相關的資訊，和政府或學術單位成立協會，來推廣這樣的產品，如此的方式業界的配合程度是如何？

魏：此協會的主要目的在於集合各家廠商的知識來推廣可拆組隔間系統，進而提高身產的量，以能促進各廠商的發展。在這樣的前提之下建立平台，使各廠商都能獲得更好利益，同時對於整各大環境而言也有相對的幫助以及正面的貢獻。而現在的初步想法就是成立類似的法人團體代表，與中央單位接洽、爭取預算來推動可拆組隔間牆，而並非需要各家廠商透露各自的商業機密來建立平台。在這樣的情形之下，欲推廣平價式的產品，當然也是各廠商都能接受的範圍之內，將此產品的 KNOW-HOW 和大家分享，當然各廠商也將保有各廠商的 KNOW-HOW，在這樣的觀點之下來達到利於大眾的目標。最後要強調的是此次目的要將量提高，使大眾了解此項產品優良的地方，這是此次的最終目的。

附錄H 第二次會議記錄

會議主題：室內可拆組隔間牆本土化座談會第二次會議

會議記錄：

會議時間：2003年10月09日

會議地點：台灣科技大學建築系 R101

出席專家：

主持人：國立台灣科技大學建築系 魏浩揚 教授

協同主持人：國立台灣科技大學建築系 杜功仁 教授

營造業代表：李政憲 董事長

學界代表：吳坤興 教授

學界代表：楊逸詠 教授

廠商代表：優隔：李美惠 小姐

廠商代表：禾作：詹彬 先生

主持人簡介：

魏：可動隔間牆主要在將開放建築的綠色環保概念落實。此次主要並非針對可動隔間牆的技術層面作探討，而是對於比較大範圍的部份作討論。在場的有產官學界代表，並且有使用者出席，這樣一來就可有全面性的討論範圍。主要討論的問題：第一，對於可動隔間牆在台灣的落實實踐層面應如何實現。第二，對於此次進度向各位報告並討論，此次內容是否有偏頗或是不足處，請各位給予指正。

首先，針對於可拆阻隔間牆內容作報告，在開放建築的理論下有支架體及填充體兩部份。支架體為較不可動、壽命較長的使用部份。填充體則為在支架體外或內，變動性較高、生命週期短者。而此次研究對象在於填充體部分選擇一組構件來作為開發及研究之目標，此構件也就是可拆組隔間牆。在平面變動過程當中，很重要的元素，並須為在構造上以及設計上來作為整合介面討論的就是可拆組隔間牆。

所謂可拆組隔間牆，就是指平面需求變動之時，為減少建築廢棄物的產生而開發出來的構件產品，在世界各國可拆組隔間牆也已經被開發並且使用，在台灣也陸續有相關的研究在討論。簡單說可拆阻隔間牆可分為四種：

1. 架面板式：骨架外加兩片面板材，可以各種不同機械性接和，例如螺栓接和或是掛勾等方式將兩者接合。此些接合方式基本上是具有可逆性、可拆組

的。

2. 板片式：為骨架及面板成為整體單元，整體單元在工廠以接合完成，到現場直接施作組裝。
3. 疊砌式：有如疊磚頭般方式完成，此種做法在台灣比較少見。
4. 軌道式：上下軌道安裝，軌道外加滾輪，可於短時間內完成隔間變換功能。基本上此次研究目標針對上述第一至第三種類。軌道式在於可動性和其他三類相差甚大，故將軌道式先排除。

研究對象：可拆組隔間牆在平面改裝的應用上有各種不同的可能性，可在住家的應用上有不同的調整。但可拆組隔間牆在住宅類型上的應用上並非如想像中廣。而應用最廣的在於辦公室類型，為因應各家廠商在短時間內的更動，以及不同的使用需求，於此可拆組隔間牆在應用上為最廣泛。

研究背景：基本上為可拆組隔間牆在於開放式建築上之實踐及目標。

1. 在技術面及推廣面上能普及化，使一般廠商皆能接觸到此種技術，將可拆阻隔間在技術上的 KNOW-HOW 能夠推廣，故在此研究中希望能在可拆組隔間牆的技術層面上作一設計手冊，來幫助廠商在室內可拆組隔間牆上作一合理且適當應用以及推廣和普及化。
2. 在上述構想中，如何建構適當的示範性構法，如同日本 NEXT-21 案例，來建築示範性的構法。在此種思考模式之下，試著依照設計手冊來開發一組室內可拆組隔間牆構法，在開放性(材料的開放性)以及經濟性的前提之下來開發此產品。如此的想法目的，在於能使使用者能以最經濟的方式來生產此種產品，而不受限於特定廠商生產而在生產推行上有所困難，也可發揮各家生產廠商的生產及設計創意。
3. 技術交換平台之建立。例如生產市場上的資訊或是技術層面的資訊的交換，進而將整個台灣的市場帶動。就目前所知，台灣的隔間牆系統一半以上都為不可拆解，如此再拆解時候會造成不必要的建築廢棄物。故此目的在於推廣可拆組隔間牆來替代不可拆組隔間牆以減少建築廢棄物的產生。

另外，在推廣方面，希望能將室內可拆組隔間牆讓大眾能多使用。還有設計方面的問題，希望由國內設計先進來給予相關意見，在開放、可動的平面設計之下，在設計方面是否有問題、瓶頸以及如何突破。在公共建築上，是否有特別的適用優惠條款，來增進此室內可拆組隔間的使用性以及在使用上是否有相關法令規範限制的修正，此皆為探討問題。

而此次主要探討範圍侷限於前兩者，也就是設計手冊及示範性構法部份，對於其他方面問題也請各位先進給予意見以為參考。

座談會內容：

本土化室內可拆組隔間牆系統化之任何問題皆為討論範圍，主要亦從市場面、設計面、技術面、生產面、經濟面應用推廣產、官、學各方面來了解各位有何高見。而各位先進的專業也可分為幾部份。

1. 使用者：由學校營繕組兩位先進為代表，以學校為例，學校的改修工程是否有使用可拆組隔間牆，若無，則使用何種方式來改修室內隔間牆，如果使用可拆組隔間牆的改修工法，是否有能有效的減少室內廢棄物，此為想了解的問題之一。
2. 設計者：由國內建築設計先進給予指導，在於建築設計角度上來說，室內可拆組隔間牆的使用性如何？是否真有可能將室內可拆組隔間牆納入設計中？或是在其中真有窒礙難行之處，此希望建築先進能給予建議及指導。
3. 建設公司：與使用者為直接接觸者，直接面對使用者的反應及需求，針對於此室內可拆組隔間牆的需求到底是否真如預期一樣，或是應如何滿足使用者的需求，希望由建築公司的專業上得知。
4. 營造廠商：在施工介面上的問題，希望由營造廠商的專業給予意見，關於室內可拆組隔間牆的使用性以及現場面臨的問題，希望由營造廠商方面得到相關資訊。

綱要討論：

使用者是否針對學校室內隔間牆採用給予意見：

使：目前學校的隔間數量比較零星。

魏：具我們所了解學校的隔間變動頻率其實也蠻頻繁，在此種情形之下，學校多用何種工法或構法來改修學校隔間牆？

使：目前多用輕隔間矽酸鈣板。

魏：以學校來說是否有可能採用此種室內可拆組隔間牆來進行室內隔間整修？

使：因為學校改修數量多為零星工程，所以對於此種室內可拆組隔間牆的使用來說比較難接觸到的。

魏：所以在特性上是否也不知道有此種系統的可行性？另外在剛剛的談話當中，是否為達一定的經濟層面也不會對於此種系統作考慮？

使：主要還是改修數量上的問題，如果數量不足的話，對於此種系統的採用可能就出現問題。但若數量達到一定，應該還是有可能採用此種系統。

魏：對於此點，是否可請業界先進給予意見？

隔：一般來說如在於第一次的隔間採用可拆組隔間系統，則後續的零星改修工程市可以被接受的。當然如果該工程只是在改修期間採購零星數量，如此對於價格或是部份搬運費費用也會有酌量的費用增加。

使：在八十八年有採購法的公佈，隔間裝修在一定價格以上並須上網公告，如此室內可拆組隔間牆廠商的投標數量則為問題之一，是否會不足？

隔：這又發展出另一個問題，在第一次隔間採用 A 公司，但在第二次改修時候採用上網公告投標發包，由 B 公司來採用，則造成 A、B 兩家公司系統不一。

魏：剛剛提到的問題也就是這次主要的目的，希望以示範性的構法來建構在開放性的構材之上。在此種標準的系統之上來施作或設計，如此不管施作公司是 A 或 B 公司，兩者之間皆有共同性的使用材料，而不會產生彼此之間的衝突，此為本案的基本想法。

在設計方面，於台灣地區似乎沒有在設計階段將此室內隔間的變動性加以考慮，關於此點是否可請建築公司先進給予意見？

冠：所謂的室內可拆隔間一般多用於室內隔間，對於公共區域部份則較少。例如地下室復壁部份也有少許的建設公司採用，當然除了環保問題，也針對於後續的維修問題以及經濟性來說只要達到一定的經濟性，被採用的可能性一定相當高。所以剛剛提到的經濟性問題，我想這是相當重要的。在於住宅案例來說，現在建設公司一般推出所謂的“毛胚屋”，此種類型主要將廁所衛浴、廚房等先行建設，等到客戶購買之後依據客戶需求來調整客戶所需。這樣的方式為現有大坪數的案子推行方式。但是現在遇到的問題是客戶本身對於所謂的可拆隔間本身就存有疑慮。例如：在隔音上、強度上等等問題，都是客戶考慮的因素。雖然公司也在隔音或是強度上做了某程度的考慮，但是客戶的固有觀念仍是各個公司推行可拆組隔間牆的最大阻礙。

而以我的觀點，如將此推廣到出租性質的房子我想這應該能被接受的。另外，廠辦的使用應該也是可以被推廣的。

魏：楊老提及的問題正為我們問題的核心所在。此研究目標為推廣可拆組系統，或是建立標準化。個人所認知的此兩者問題並非可子然分立的，相對的兩者之間存在某種可能性，能讓兩者同時存在。在研究的過程中曾和廠商進行研討，結果相當意外的，國內廠商的技術水準以達到某種成熟程度。在此之下，如同剛才楊老提及的問題，廠商都能夠相應對的處理，而能所做的事情也相當多。但我們似乎也可以將研究題目往前推進。假如此系統為封閉的產品，亦希望能夠推廣該系統。而若在某種程度上能夠標準化，則我們應該追求。簡單的說，也將可拆阻隔間牆系統也視為開放構造體系，其中也包含支架體以及填充體，在支架體部份是否可成為某種共識、通用。填充體則具有某種的開放性。這是一種可能性。

當然，業界中對於標準化的疑慮也是我們想要了解的。例如某些廠商所作的 close 型材能夠充當想當多的用途。但如同剛才提到的問題，若是某廠商在競

爭的過程中倒閉，而該廠商的材料需要更換或整修，但無法找到相同的材料來更換或整修，此些材料也就如同一般牆體一樣淪為廢棄物。此種狀況之下，應該考慮是否能夠保留所謂支架體部份，而將填充體部份作為汰換。另外，也可推行 close 系統平台，在此平台之下來發展相互間能夠相互接受的模式。

另外在世界各地也有相同的目標在進行，當然也遇到如同楊老提到的問題，在此問題之下，各家廠商是否能有共通的協議來達成此目標。以目前來說循環可分為兩者可能性，在機械或是製造的循環是習以為常的事情。一是材料的循環，二則為產品循環。所謂材料循環就是將廢鐵再生循環後再次成為鐵製品。所謂產品循環就是將某部材從 A 移至 B 地點再次使用。此研究的目標亦即希望能夠同時達到此兩種目標，在此思考點之下，楊老提到的問題都是有可能的，假定在某種的標準化之下，則這些產品可能將被循環在使用。若以不能再使用則退一步的進行材料的再循環。此為本研究的出發點。

本案在進行階段也是針對開放性的“C” channel 或“U” channel 來進行。簡單的說就是假定將所有骨料部分定義為“C” channel 的尺寸，如此地軌、天軌、支柱等等各部份是共通的，則各家廠商就能夠任意的來抽換或是維護該項產品。在接合機制方面，本案也提供幾種廠商需要滿足的條件，譬如說某廠商的接合機制必須滿足某種吊掛的形式，如此才能更增加產品的循環可能性，此為本案進行的目標。對於本案來說，若能夠推出一點標準化的話，就能夠增加部份產品循環的機會，並且讓產品的再生循環更加提高。而本案也是由此角度來看待。

魏：目前本案朝向的 type 開發是以開放性的型材來作為選擇，來組構成例如可動隔間牆的支架體部份。在推廣角度來說，整套系統應以低價位來進行，該系統應該是以一個基礎來滿足各方面的需求。在價格方面也作過分析，如和輕鋼乾式牆來作比較，可動隔牆的價格也可壓制到一千元以下。在 channel 方面的價格也是相當便宜且是開放的，每家廠商都可以來施作，另外，在骨架立起來之後，面板也應有相當多的替選，如同開放系統中的填充體系統，可用多種的材料來使用並裝在骨架上，在此情形之下所開發出來的系統，為一框架並可將面板夾在裡邊再行吊掛。再此本案也開發了三種系統，三者都為吊掛機制，吊掛機制可由各家廠商各自發展，在骨料上都應該是“C” channel 的尺寸，各家廠商之間都是能相容的。在此系統之下所開發的系統應不會相當昂貴，所以在理論上來說應該可以和乾式牆來作競爭，並且由政府機關所提出。另外，若廠商有更好的設計構想也可在此發展基礎上繼續發展出自家一套的系統。而本案所提出來的是應該不是唯一的，而是有相當多種的替選方案，此為本案目前的想法。

吳：槽型鋼的尺寸寬度是可以定的，但如果考慮結構上的問題，在鋼材的厚度上或是其他方面有何考慮做法？

魏：本案所考慮的是，若是要加強框架強度，則可考慮以組合式鋼料的方式來作處

理，另外在面板的厚度來說，也可以提升框架的剛度。

吳：如果面板使用大理石的話應該如何處理？

魏：當然，大理石屬於比較重的材料，如果真使用大理石的話，在鋼料上當然也得使用雙倍的量來使用，來強化該結構性。

魏：業界對於介面上有一定的定義，本案基本上定一共通的規則，而介面上的 KNOW-HOW 問題在設計手冊上是有提到的，譬如說隔間牆到牆壁部份，在介面上不單只是視覺上的問題，還有音橋、氣密性、振動等等問題，這些在設計手冊上都有提及，而這些問題在技術層面上幾乎都是可以解決的，廠商也都可解決類似的問題。個人覺得反而管道問題是比較麻煩的，如同剛剛楊老所提。由於本案的焦點放在可拆組隔間牆上，但是實際上來說可拆組隔間牆是不可能不談到與天花板和地板之間以及設備間的介面問題，而由於本案需要聚焦，所以這些問題只在介面上稍稍提到。基本上這是一整套的系統，例如荷蘭的馬特拉系統，他的焦點就放在地板上，真正牆壁的地方就讓他盡量的自由。在室內可拆組隔間牆系統中，管道的做法有相當多，但是最長看到的仍是除了電線之外其餘的盡量避免在牆體中走管道，而使用牆前配管方式來解決，也就是使管道有另一層空間來使用，而這也是在開放建築中所提到的觀念，所以說要談論開放建築如果僅討論可拆組隔間牆這樣是不夠的，相反的他是必須整體性來討論的，例如剛剛杜老師研究案部份，而本案也僅是上一個案子中的一小部份，所有的管道必須在特定的層解決，而不在室內可拆組隔間牆來討論與產生太多的衝突，如此才能確保室內可拆組隔間牆的可動性。如此，在許多的研究案報告中提到都會使該部份盡量的單純化，而使介面上的問題減到最少。本案的做法也是如此，將管道以牆前配管、整體衛浴設備或其他集中管道等等方式來處理，僅有與電線發生介面上的問題，基本上這是本案的方向。這是先前必須先定義清楚的，如果沒有清楚的定義，該案的可動性應該就不可行，這是個人的看法。

業界對於標準化的可能性實施看法？

禾：不太可能。其最主要的原因是在於使用場所上的定義。各個不同使用的場所所對應到的隔間需求大多來說應該都是不太一致的，如果說要將同一套系統拿到各不同使用場所來使用的話，這樣會造成需求上無法滿足的問題，所以說應該針對不同的使用場所，而有不同的系統來滿足不同的需求。

魏：這也是我們剛剛所遺漏的部份，本討論也請到學校使用者參與，其目的也就是要先將本案的使用場所先定義在公共工程上來推行，例如辦公室、學校等等使用場所，至於醫院是屬於高密度、高需求的無塵式牆體，這是屬於另一方面的問題，故本案的產品先行定義在公共型的一般辦公大樓來討論。若是將場所確定之後，是否就有標準化的可能性？

禾：如果是如此的話，就有可能。但剛剛提到所謂掛勾式目前來說應該都已經汰換。

魏：哪詹先生的意見？因為目前來說由國外所收集到的型錄一般大多屬於掛勾式。

禾：在第一期所發展的正式掛勾式，但在施作上來說太過於繁雜，例如在地板的高低差問題來說，掛勾式牆體要來吸收此誤差似乎是很大的麻煩。

魏：關於詹先生所提到的問題，在本系統都有相對應的吸收誤差機制存在。

魏：李小姐對於本案的可行性？

隔：基本上我認為是可行的。

魏：由於時間上關係本座談會感謝各位的熱烈參與。

附錄 I 室內可拆組隔間系統專家諮詢問卷

敬啟者 您好：

本研究受內政部建築研究所委託進行室內可拆組隔間系統之研發，為使系統開發前邊際條件設定及系統開發完成後之評估有所依據，特進行室內可拆組隔間牆性能要求項目之重要性權重分析。各項目內容依據國內外相關文獻蒐集、廠商訪談等學者專家建議彙整而成。

由於室內可拆組隔間牆性能要求項目所涉及之領域較為廣泛，故本研究擬以 AHP 專家問卷方式並斟酌專家建議進行各要項權重分析，做為系統開發、評估及推廣之決策參考依據。敬請

惠予協助賜教

順頌

時祈

計劃主持人：魏浩揚
共同主持人：杜功仁 敬上

聯絡人：台科大建築研究所 陳相如

電話：(02)27333140-轉 7638

電子信箱：M8913207@mail.ntust.edu.tw

問卷內容

- 壹、本研究建議之室內可拆組隔間牆性能要求項目暨其內容
- 貳、專家諮詢問卷（性能要求項目相對重要性問卷）

壹、本研究建議之室內可拆組隔間牆性能要求項目暨其內容

表 1：室內可拆組隔間牆性能要求項目暨其內容

要求項目	要求項目內容
1. 幾何要求	隔間單元寬度、高度、厚度
	模矩計劃
	容許誤差及偏差調整機制
2. 物理性要求	隔音/吸音性
	防火性（防火時效/耐燃等級/表面防焰/隔熱）
	隔熱性
	氣密/通風性（空氣隔絕與通過）
	光反射性/視覺穿透性
	防水/防潮
3. 機械性要求	自體結構穩定（抗彎/抗剪/抗變形）
	支托/吊掛荷重穩定
	均佈壓力荷重穩定
	衝擊荷重抵抗（整體/局部）
4. 配管可能性要求	電器設備管線配置
	弱電設備管線配置
	給排水設備管線配置
5. 視覺、造形、美學要求	接縫處理
	面板型式
	面飾材顏色/質感
6. 生產性	製造（簡化設計/簡化製程）
	運輸/搬運（合理操作尺寸）
	儲置（儲置空間荷重限制/溫溼度控制）
7. 施工組裝性	即時組裝及變動之可能性
	施工組裝之速度及便利性
	牆體構件損傷性
8. 構件維護更新性	耐污/防塵/抗劣化性/耐久性
	性能相容性
	尺度相容性
	介面機制開放性/構件開放性
9. 再生循環性	減少資源/能源使用
	減少廢棄物產生
	系統轉用及空間適應性
	構件再生性
	材料再生性
10. 經濟性(價格)要求	初期成本（製造/運輸/施工/維修/產銷通路等成本）
	生命週期成本（系統再生利用利益）

貳、專家諮詢問卷（性能要求項目相對重要性問卷）

問卷說明：

AHP 分析層級程序法

AHP 分析層級程序法以標稱尺度進行各項目間重要性程度進行判斷，採兩兩成對進行比較，根據問卷取得各要素間的相對重要程度結果，接著建立成對比較矩陣，並求取各項目之權重。

AHP 標稱尺度基本上劃分為五項，即同等重要、稍為重要、重要、非常重要、絕對重要，並賦予 1、3、5、7、9 的衡量值。這五點尺度做為各項目間之成對比較，形成九點尺度的衡量值，見表 2。

表 2：相對比較值之涵義

相對比較值	涵義
9	前項較後項絕對重要
7	前項較後項非常重要
5	前項較後項重要
3	前項較後項稍為重要
1	兩項目同等重要
1/3	後項較前項稍為重要
1/5	後項較前項重要
1/7	後項較前項非常重要
1/9	後項較前項絕對重要

範例說明：

對於各項目權重比值依據前項與後項之相對重要性評估並勾選之，相對比較值之涵義，見表 2。

前項	相對比較值（重要程度比較）								後項	
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7		1/9
幾何性							√			物理性
幾何性								√		機械性
幾何性							√			配管可能性
幾何性			√							視覺/美學
幾何性				√						生產性

上表所代表涵義為

1. 物理性較幾何性重要
2. 機械性較幾何性非常重要
3. 配管可能性較幾何性重要
4. 幾何性較視覺/美學重要
5. 幾何性較生產性重要

本研究問卷填表

	相對比較值(重要程度比較)									
前項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	後項
幾何性										物理性
幾何性										機械性
幾何性										配管可能性
幾何性										視覺/美學
幾何性										生產性
幾何性										施工組裝性
幾何性										維護更新性
幾何性										再生循環性
幾何性										經濟性

	相對比較值(重要程度比較)									
前項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	後項
										機械性
物理性										配管可能性
物理性										視覺/美學
物理性										生產性
物理性										施工組裝性
物理性										維護更新性
物理性										再生循環性
物理性										經濟性

	相對比較值(重要程度比較)									
前項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	後項
										配管可能性
機械性										視覺/美學
機械性										生產性
機械性										施工組裝性
機械性										維護更新性
機械性										再生循環性
機械性										經濟性

	相對比較值(重要程度比較)									
前項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	後項
										視覺/美學
配管可能性										生產性
配管可能性										施工組裝性
配管可能性										維護更新性
配管可能性										再生循環性
配管可能性										經濟性

前項	相對比較值(重要程度比較)									後項
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
視覺/美學										生產性
視覺/美學										施工組裝性
視覺/美學										維護更新性
視覺/美學										再生循環性
視覺/美學										經濟性

前項	相對比較值(重要程度比較)									後項
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
生產性										施工組裝性
生產性										維護更新性
生產性										再生循環性
生產性										經濟性

前項	相對比較值(重要程度比較)									後項
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
施工組裝性										維護更新性
施工組裝性										再生循環性
施工組裝性										經濟性

前項	相對比較值(重要程度比較)									後項
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
維護更新性										再生循環性
維護更新性										經濟性

前項	相對比較值(重要程度比較)									後項
	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	
再生循環性										經濟性

受訪者基本資料

單位：_____

職別：_____

