

整合：結構與圍封

整合建築系統

第一部分：統合原則

第二部分：結構與外部圍封

第三部分：整合案例之分析

建築系統

建築系統：定義

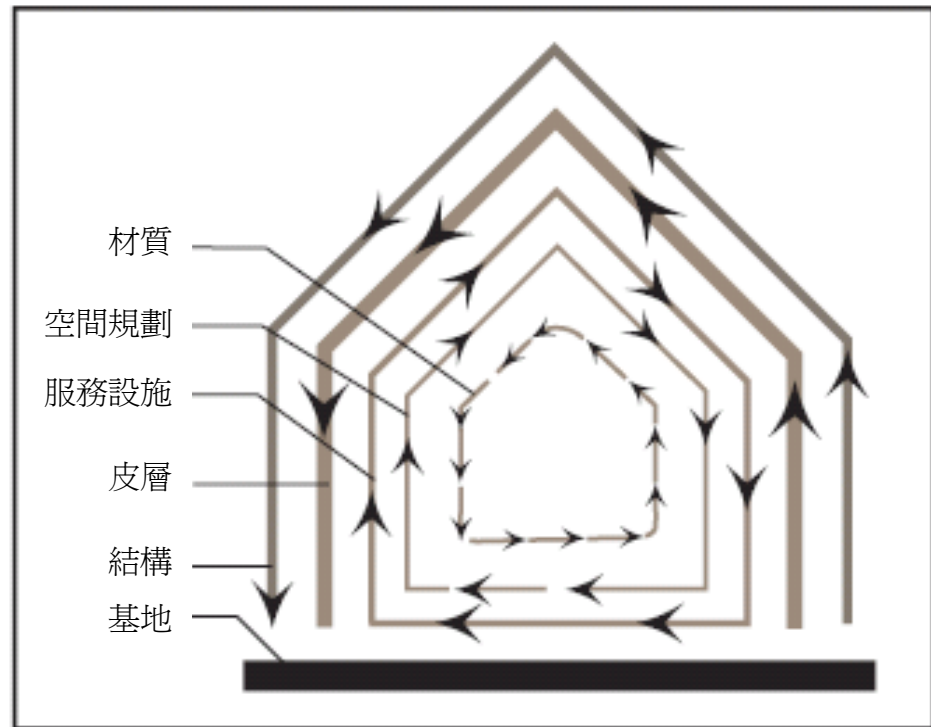
1. 基礎／地基 (基地)
2. 上部結構 (結構)
3. 外部圍封 (皮層)
4. 內部隔間 (空間規劃)
5. 機電系統 (服務設施)
6. 傢俱 (材質)

資料來源：

布蘭德，霍華，
建築如何學習。

亦可參考透納，葛雷哥萊，
營建經濟學與建築設計

達利，詹尼克：山谷中心，加州，西元 2000 年。



班森木業之木作構架：西元 1996 年。

圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

建築系統

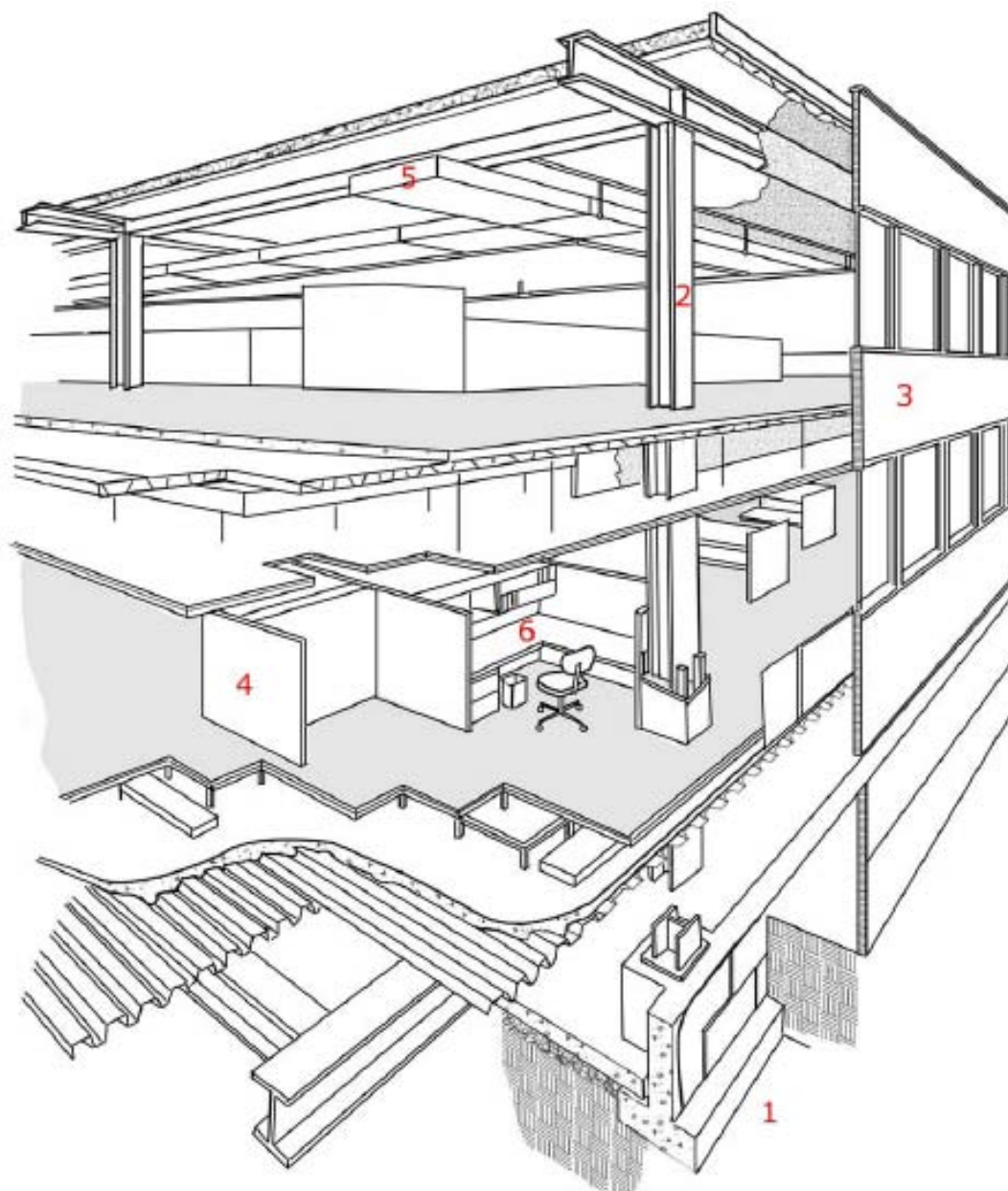
建築系統：定義

1. 基礎／地基（*基地*）
2. 上部結構（*結構*）
3. 外部圍封（*皮層*）
4. 內部隔間（*空間規劃*）
5. 機電系統（*服務設施*）
6. 傢俱（*材質*）

瑞史僅列出四類系統：

- 結構
- 圍封
- 室內
- 機電

資料來源：瑞史，理查，
建築系統整合手冊



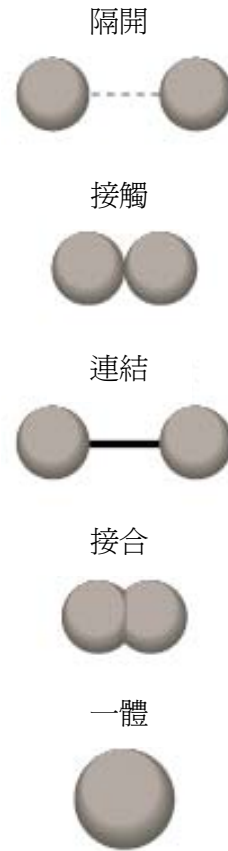
帷幕牆與高架地板之構造。

圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

整合等級

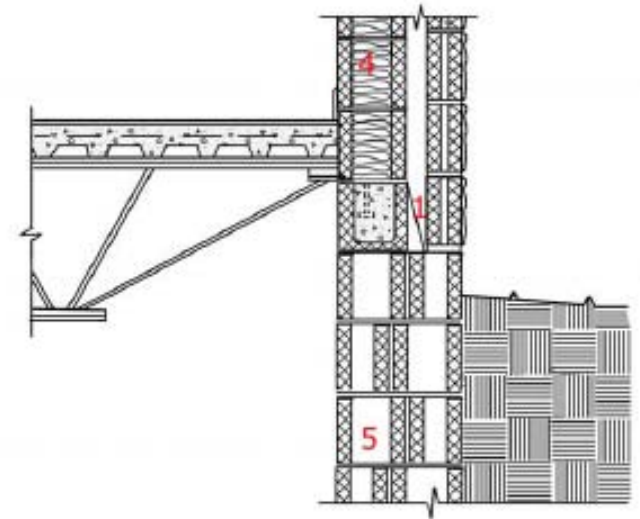
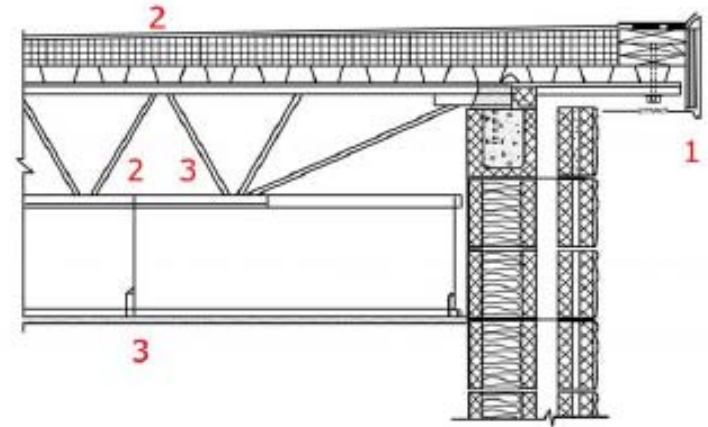
定義

1. 隔開：各系統完全地彼此分離，
但功能上仍然相互協調
2. 接觸：一系統安置於另一系統
3. 連結：一系統與另一系統，
實質上緊緊並相互依存
4. 接合：各系統佔據相同空間
5. 一體：各系統共享相同之實質元件



五種整合等級

圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。



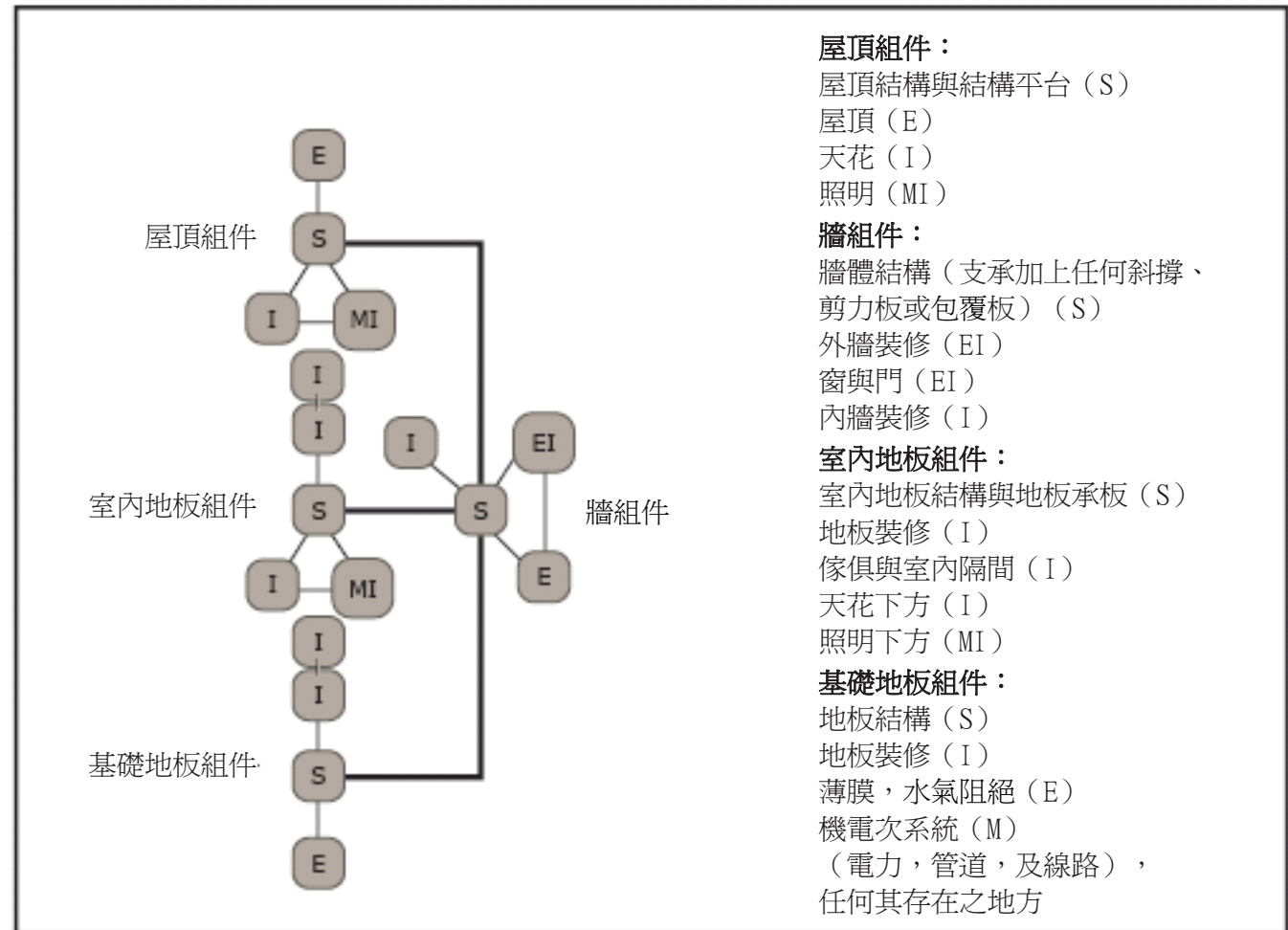
圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

性能頒佈

一般而言，性能
為對比於目標之成績度量。

1. 空間性能
2. 熱性能
3. 室內空氣品質
4. 音響性能
5. 視覺性能
6. 建築整合性

資料來源：瑞史，理查，
建築系統整合手冊



屋頂組件：

屋頂結構與結構平台 (S)
屋頂 (E)
天花 (I)
照明 (MI)

牆組件：

牆體結構 (支承加上任何斜撐、
剪力板或包覆板) (S)
外牆裝修 (EI)
窗與門 (EI)
內牆裝修 (I)

室內地板組件：

室內地板結構與地板承板 (S)
地板裝修 (I)
傢俱與室內隔間 (I)
天花下方 (I)
照明下方 (MI)

基礎地板組件：

地板結構 (S)
地板裝修 (I)
薄膜，水氣阻絕 (E)
機電次系統 (M)
(電力，管道，及線路)，
任何其存在之地方

統合圖表

圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

建築案例

整合包括：

1. 外部圍封（亦為二次結構）
2. 機電服務（照明）

整合等級：接合

策略：

使用可提供外部圍封熱抵抗之充氣膜
做為半透明的隔離，並容許自然光線
照亮室內各空間。

第二部份：結構與外部圍封

外部圍封議題：應力因子

太陽輻射

熱得／熱失

風力與空氣壓力差

空氣滲入／滲出

濕氣

水氣

凝結，露點

雪，雨及冰

流體靜壓力（基礎）

溫度差

熱梯度

凍融循環

熱膨脹差

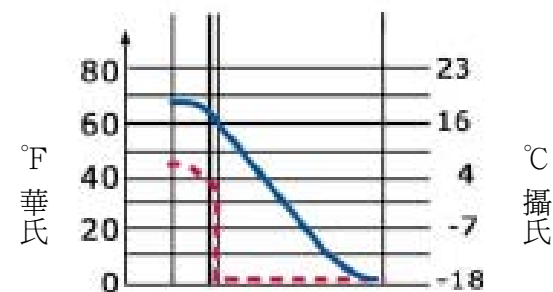
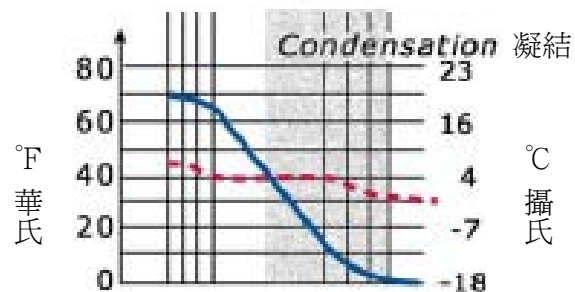
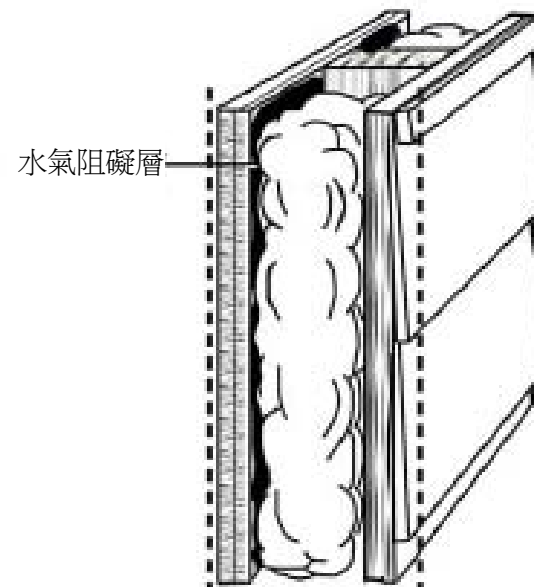
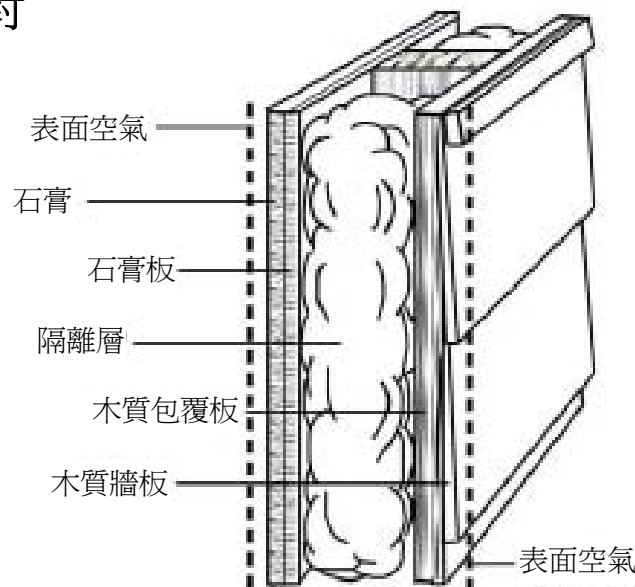
熱橋

極端天氣

颶風

龍捲風

閃電



溫度
露點

Temperature —
Dew point - - -

圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

結構議題：應力因子

靜力

活載重

佔據

環境（雪，水）

靜載重

結構自重

建築固定元件

力量導因於居住，熱效應

動力

連續的（規則或均佈擺動）

地震力

橫向載重

風力

衝擊（分離的，例如爆炸）

結構作用

外部應力因子產生內力

結構元件

內力

1. 壓力

一維

柱

支桿

牆

二維

扶壁

飛扶壁

拱

筒形拱頂

三維

加肋拱頂

扇形拱頂

圓頂

薄殼

格狀殼

無剪力組件

(氣泡，網點纜索，抗剪織布，薄膜)

2. 張力

繫桿

纜索

懸掛

垂鏈

吊索橋

3. 彎曲

樑

單向板

門形構架

蛋形格柵

雙向板

(平板，加勁板，花格鑲板，等等)

構架

4. 剪力

平板作用

剪力牆

平板作用

剪力牆

摺板

扭轉

5. 扭矩

不適用

不適用

交叉斜撐

6. 支承力

栓梢

支承板

彎矩連結

整合時機：結構與外部圍封

外牆及結構構架形成建築物之週邊組件。所以，此兩系統之整合具有以下的能力：

- 傳導自然光線進入室內
- 提供建築物自然的服務
- 強化所使用之個別材料與組件的效率
- 減少建築物自重
- 降低熱橋效應（註記於外牆位置）
- 減少上部結構元件暴露於天氣中
- 降低皮層與結構間之運動差異
- 減少幾何性對等衝突
- 有效地應付天氣之環繞與極端狀況，以延長建築物的生命

最終

- 減少材料支出
- 降低時間花費
- 降低空間的需求

結構：分析與設計原則指南

輕質

使用最少材料創造最高輕質。

最高多樣／最低庫存

元件設計。

營造邏輯

營造程序之了解和最佳化。

經濟

束制是有益的。

系統化思考

瞭解與追求有關結構整體正在做什麼的概念。

製作建築物模型。

製作接頭模型。



結構：輕質

使所有構件之應力均等

相同材料之元件應力均等化的結果，就是總體使用材料的極簡利用。



巴克明斯特·富勒，生物圈。

圖片授權：Structurae 網站的尼可拉斯·詹伯格。

結構：最高多樣／最低庫存

元件設計
接頭設計



結構：經濟

束制是有益的

有錢是萬能的

最低總成本則是贏家



結構：地震力



橫力
危害度

直接

表面缺陷破壞

地表搖動

地表破裂

液化

橫向傳佈

山崩

間接

海嘯

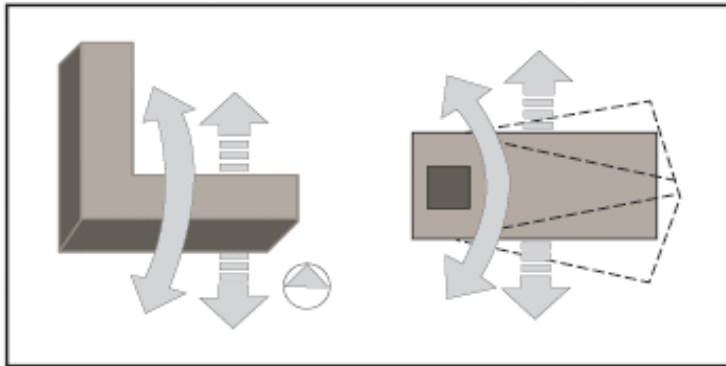
洪水

火災

(譯註) 圖片來源：1. <http://www.theage.com.au/ftimages/2004/12/29/1103996584693.html>
2. <http://www.epochtimes.com/b5/5/9/19/n1057699p.htm>

結構：耐震設計

設計策略



圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

- 上部結構必須輕巧。
 - 建築平面必須簡單、對稱與規則。
 - 上部結構必須對稱地施載。
 - 質量、勁性、強度及韌性應連續分佈。
 - 樑-柱之組合必須儘可能同軸。
 - 水平結構元件總是必須首先失靈。
- (土耳其地震 08.18.1999)

- 相對地短跨和避免懸臂。
 - 非結構組件必須統合或是完全分離。
 - 上部結構必須擁有最大可能數量之防禦方法。
 - 上部結構之勁性與強度必須與基礎相容。
- (台灣地震 09.21.1999)



(譯註) 圖片來源：1. <http://gallery.muzi.com/gallery/pfg/fanti/1003215.shtml>
2. <http://163.22.60.30/ori-hm/photo-921.htm>

材料／程序之發展

個人相信我們能夠重新思考有關可以使用許多材料，
來更清楚地表達其工程特性的方式，
特別是它們如何被詳細說明，
並且因此而尋找到一新的與有趣的美學標準。

彼得·萊斯



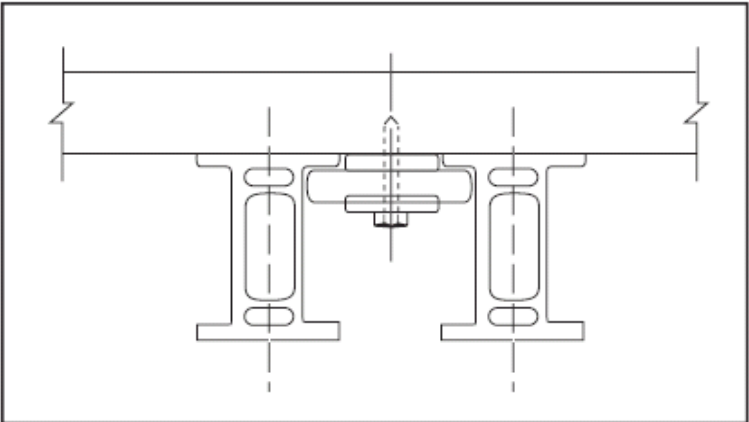
新可能性的材料組合

- 玻璃
- 碳纖維
- 纖維質
- 版：例如 應力皮層

程序混凝土

- 直豎樓板
- 快速養護

材料／程序之發展



圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

結構元件之組合



第三部份：整合案例之分析

整合之可能性

二系統之組合

1. 結構與圍封
2. 結構與照明

三系統之組合

3. 結構，照明與圍封
4. 結構，圍封與服務系統
5. 結構，服務系統與照明
6. 結構，機電系統與照明
7. 結構，圍封與營建程序

四系統之組合

8. 結構，圍封，機電系統與照明

參考 瑞史，第六章與第七章

案例分析



(譯註) 圖片來源：1. <http://www.arch.ncku.edu.tw/archit/s10/kahn.htm>
2. <http://www.fosterandpartners.com/internetsite/html/simple.html>
3. <http://www.ad.ntust.edu.tw/grad/think/>

格蘭·穆卡特：住宅

路易斯·康：美國德州福特華斯市金貝爾美術館

班尼奇建築師事務所：德國波昂聯邦大會與眾議院擴建案

諾曼·福斯特爵士：英國倫敦坦斯特機場

諾曼·福斯特爵士：英國諾文治塞恩斯伯里藝廊

諾曼·福斯特爵士：英國達克斯福美國空軍美術館

磯崎荒戶：法國巴黎國家議會廳

諾曼·福斯特爵士：德國柏林國會大廈改建案

案例分析 1：二系統整合

結構與服務系統

結構

輕量／圓柱金屬結構

服務系統

自然通風

活動外牆元件

金屬屋頂表面以降低夜間之熱損失

依據 格蘭·穆卡特，*建築物與計畫案*，
弗朗索瓦絲·佛羅蒙特

「區域地質、水道測量、風土氣候與主要風向，決定了房屋之位置、結構，以及立面為通風需要而接受微風之較少或較多的滲透性。不同季節之太陽入射角，則決定了屋頂出挑的尺寸，它切斷了夏季太陽之垂直光線，同時立面上方玻璃的高度，則可允許低的冬季陽光照入而瀰漫於室內中心…因此，立面成爲結果，並非明確而形式上的由建築師來構成。」

格蘭·穆卡特

小型建築



(譯註) 圖片來源：<http://www.pritzkerprize.com/main.htm>

案例分析 2：二系統整合

結構，照明

路易斯·康
金貝爾美術館

結構

由柱子所支承之擺線形拱頂
與拱頂及一系列拱之作用並不相同，
擺線之外形會促使其結構行爲，
更像一安置於柱子頂端上的拱形曲樑

照明

自然光線
由擺線形拱頂中央分開而提供
同時，結構亦許可在端末之支承拱的下方邊緣處開口。



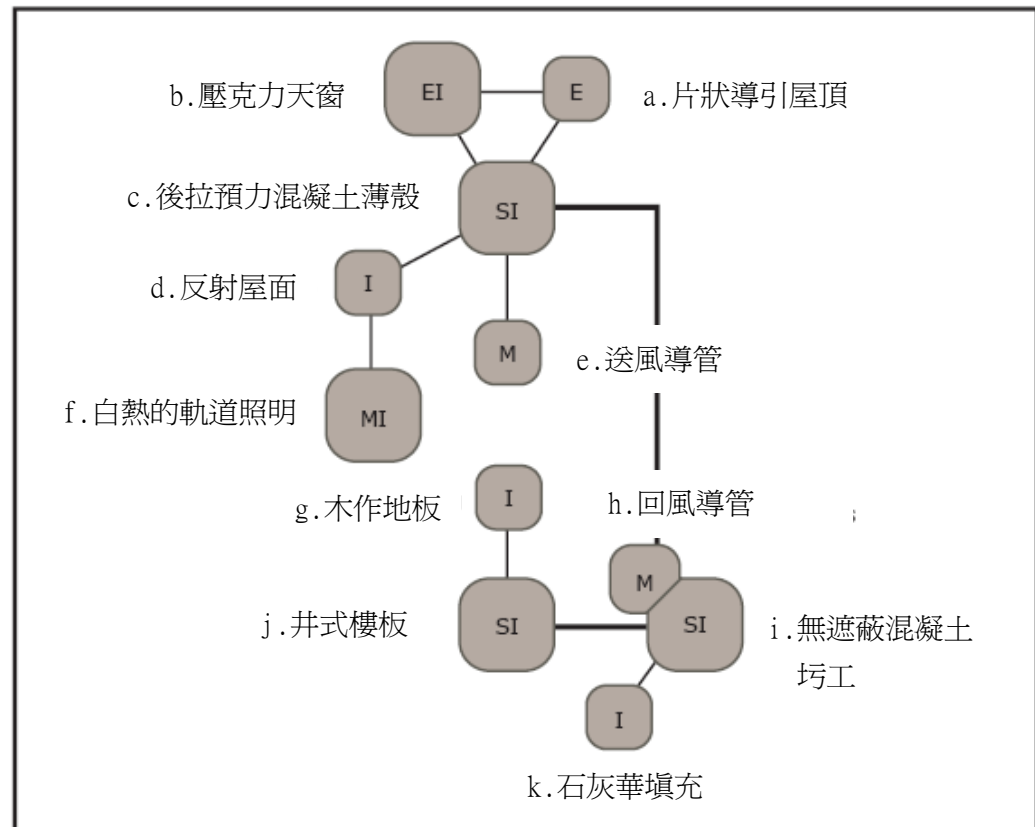
(譯註) 圖片來源：1. <http://www.ad.ntust.edu.tw/grad/think/HOMEWORK/2003/edung/pp/arch.htm>
2. <http://140.125.151.167/lyj/My%20Web/012-1-1.htm>

案例分析 2：二系統整合 結構，照明

路易斯·康
金貝爾美術館



(譯註) 圖片來源：<http://140.125.151.167/lyj/My%20Web/012-1-1.htm>



圖片提供：麻省理工學院「開放式課程網頁」。

案例分析3：三系統整合 結構，圍封，照明

班尼奇建築師事務所

德國聯邦大會與眾議院擴建案，波昂

結構

鋼骨構架建築

圍封

各式玻璃與金屬包覆元件

照明

各式自然日光科技



(譯註) 圖片來源：<http://www.behnisch.com/>

案例分析4：三系統整合 結構，圍封，服務系統

諾曼·福斯特

英國倫敦坦斯特機場

結構

以鋼管與纜索模組單元為基本之建築設計

服務系統

設置於這些結構間隔之間，並整合於設計之中的送風與回風系統

圍封

預置之屋頂元件整個舉起，而設置於結構模組之上

並且，應注意沿著屋頂邊緣之「破壞者」，
它意圖改變作用於屋頂這部份之空氣壓力的集中方向。

以及

照明

自然光線柔和裝置與屋頂元件相結合



圖片授權：路德希維·阿培基（譯註：OIII網站）及Structurae網站。

案例分析4：三系統整合 結構，圍封，服務系統

諾曼·福斯特

英國倫敦坦斯特機場



圖片授權：路德希維·阿培基（譯註：OIII 網站）及 Structurae 網站。

案例分析5：三系統整合 結構，服務系統與照明

諾曼·福斯特

英國諾文治塞恩斯伯里藝廊

(譯註：該中心現名為 Sainsbury Centre for Visual Arts)

結構

三維鋼管桁架：牆與屋頂構造
間隙空間提供機電設備穿越
跨度大大地增加因而無需室內柱

服務系統

機電設備與分佈網路收納於
由結構所形成之間隙空間之中

照明

因為建築物是由嵌板化系統組合而成，
是故，自然光源能夠沿著建築皮層
在空間任何位置灑入。



(譯註) 圖片來源：1. <http://www.fosterandpartners.com/internetsite/html/simple.html>
2. http://www.greatbuildings.com/buildings/Sainsbury_Centre.html

案例分析6：三系統整合 結構，圍封與照明

諾曼·福斯特爵士
英國達克斯福美國空軍美術館

結構

以預鑄及場鑄混凝土構造形成大跨距薄殼

圍封

混凝土量體使每日室內的溫度振盪極小化

照明

允許經由邊緣環境
與垂直玻璃牆面透入光線



(譯註) 圖片來源：1. <http://www.fosterandpartners.com/internetsite/html/simple.html>
2. <http://aam.iwm.org.uk/>

案例分析8：四系統整合 結構，服務系統，圍封與照明

諾曼·福斯特爵士
德國柏林國會大廈改建案

結構

國會議事廳鋼骨屋頂結構

服務系統

自然通風
利用西元1890年代之原始建築物其中的既存自然通風管道，
使得國會會議廳可以自然通風。
而且，暖氣與電力發電機，則使用精煉自向日葵種子之蔬菜油燃料。
它已降低了94%的二氧化碳排放量。

圍封

提供自然通風與照明之服務

照明

利用一系列多角度且附著於中央服務核心之鏡面，
讓自然光線向下反射進入國會議事廳。



案例分析8：四系統整合 結構，機電系統，圍封與照明

諾曼·福斯特爵士
德國柏林國會大廈改建案

現今建築物的能源使用量佔西方世界總使用量之 $1/2$ 。

世界每年能源生產量的 $3/4$ 為地球 $1/4$ 的人口所消耗。



(譯註) 圖片來源：1. <http://www.fosterandpartners.com/internetsite/html/simple.html>