

2011 綠建築學會參訪--

南投縣內湖國小九二一震災校園重建工程

Campus Reconstruction after 921 Earthquakes in Nei-Hu Elementary School,
Nan-Tou County

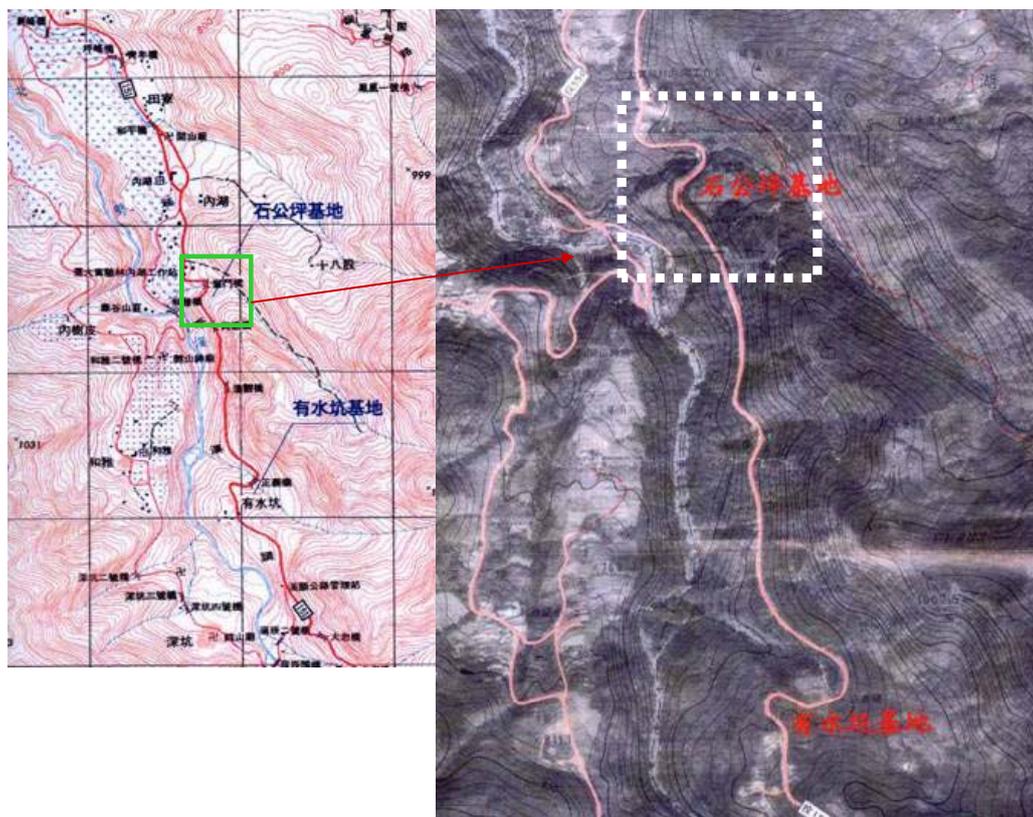
郭俊沛建築師事務所



1

南投縣內湖國小一位置

- 內湖國小為九二一震災重建的學校之一，由於無法於舊校址完成重建遂另選新址遷校重建。
- 基地位於南投縣鹿谷鄉境內通往溪頭風景區的路旁。



壹、基地及規劃設計說明

- 基地是一處真實的「森林」！
- 森林坡地在浪漫的想像背後卻是嚴峻的環境敏感地質條件。
- 「學習如何與危機共存，減輕對環境的負荷」一成為災後重建的重要課題。
- 本案以輕量木構造設計減輕對不穩定地形的載重負荷並同時減少水泥的用量達到減碳的目標。



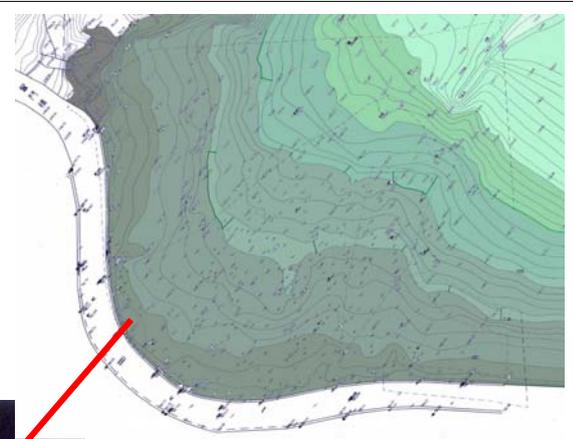


基地



1. 基地是一處真實的「森林」！森林坡地在浪漫的想像背後卻是嚴峻的環境敏感地質條件。

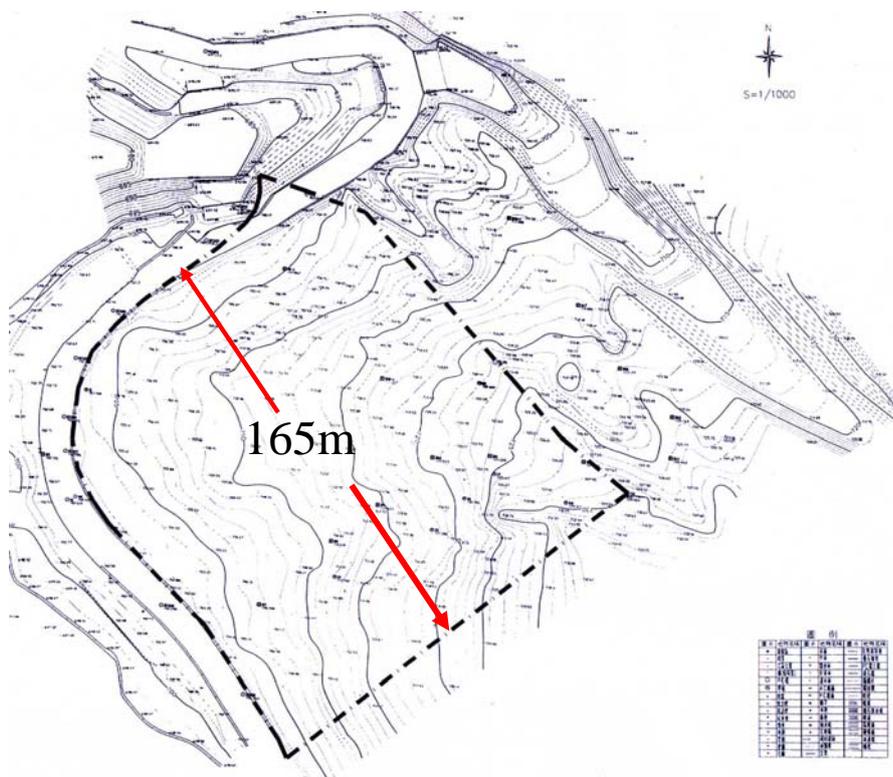
SPOT衛星影像



一、基地概要

1. 本案基地位於鹿谷鄉內湖村內，基地內林木茂密全區平均坡度為23.32%其中坡度5~15%佔全區12.44%，坡度15%~30%佔全區71.63%。
2. 基地地質，依地質鑽探試驗報告書顯示本基地地層主要為崩積層厚度應大於30m，此崩積層主要由岩塊及沉泥質砂土所組成，標準貫入試驗N值平均約大於100，屬高密實狀態。地下水位約位於地表下2~13m。

- 基地約成方形，尺寸約130m×165m，高差約25m，坡向以東西向為主



配置、減量、場所特質

1. 「學習如何與危機共存，減輕對環境的負荷」—成為災後重建的重要課題。本案以輕量木構造設計減輕對不穩定地形的載重負荷並同時減少水泥的用量達到減碳的目標。

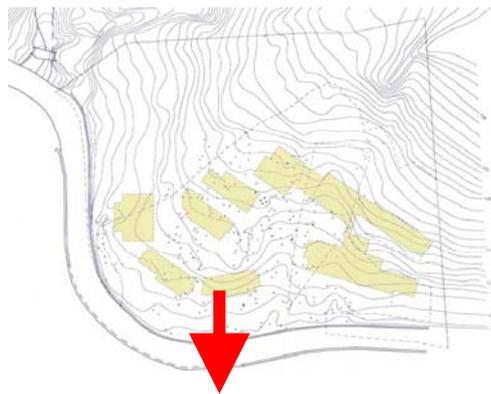
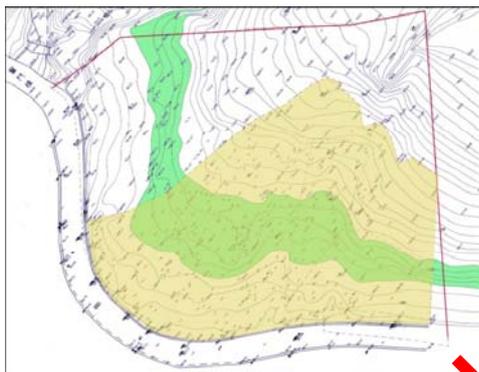




配置

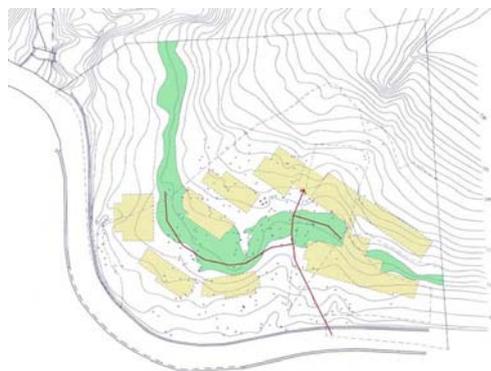
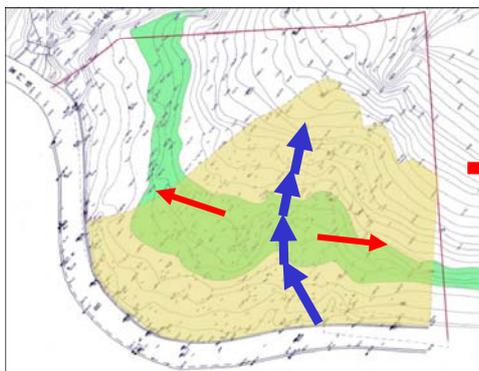
- 尋找主要配置區

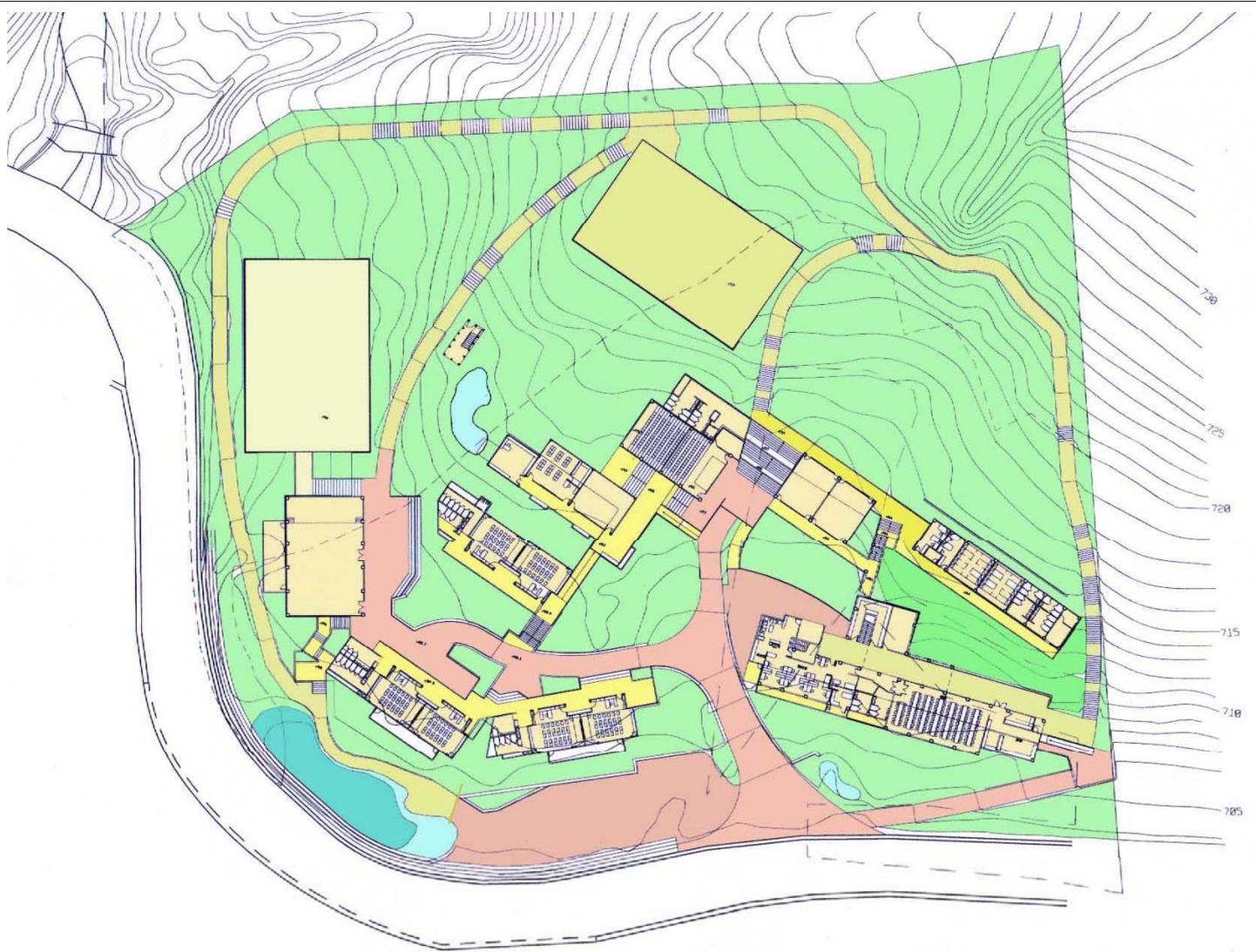
基地測量－避開既有大型樹



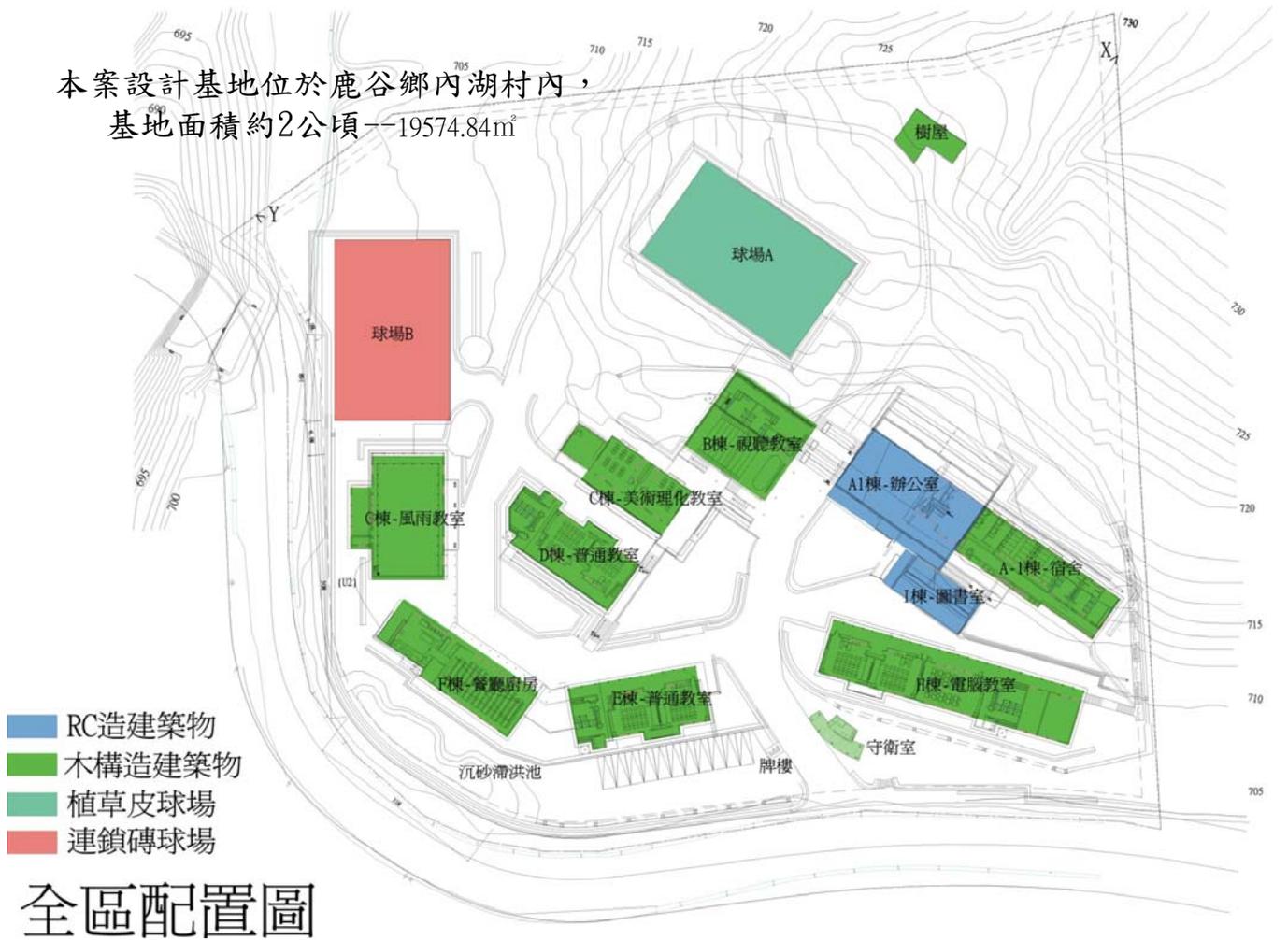
基地主要道路選線

交集後的配置結果





本案設計基地位於鹿谷鄉內湖村內，
 基地面積約2公頃——19574.84m²



全區配置圖



- 同時，我們意識到森林環境具有較平地豐富的自然生態資源，基地本身就好像是一個特大號的教材室。因此，面對如此良好的戶外環境條件，使我們必須重新思考「教室」的可能性？本案強調戶外學習場所的建構，提供方便有效的戶外教學場域，間接降低室內耗能並增進學習的樂趣與多樣性。

15









變化

- 材料的運用方面係利用各種不同質感之建材相互搭配，以簡易的組合方式發揮材質本身的結構特性與材質美感；即利用簡易的設計方式確保設計品質又同時達成減量的設計目標並節省工程費用。



- 基地舊名為「石公坪」，地下多石塊，屬崩積層地質。本案大量使用挖方出土石塊作地坪鋪面與駁坎砌石，達成廢棄物減量並有效以在地素材形塑地域風貌！

23





尺度

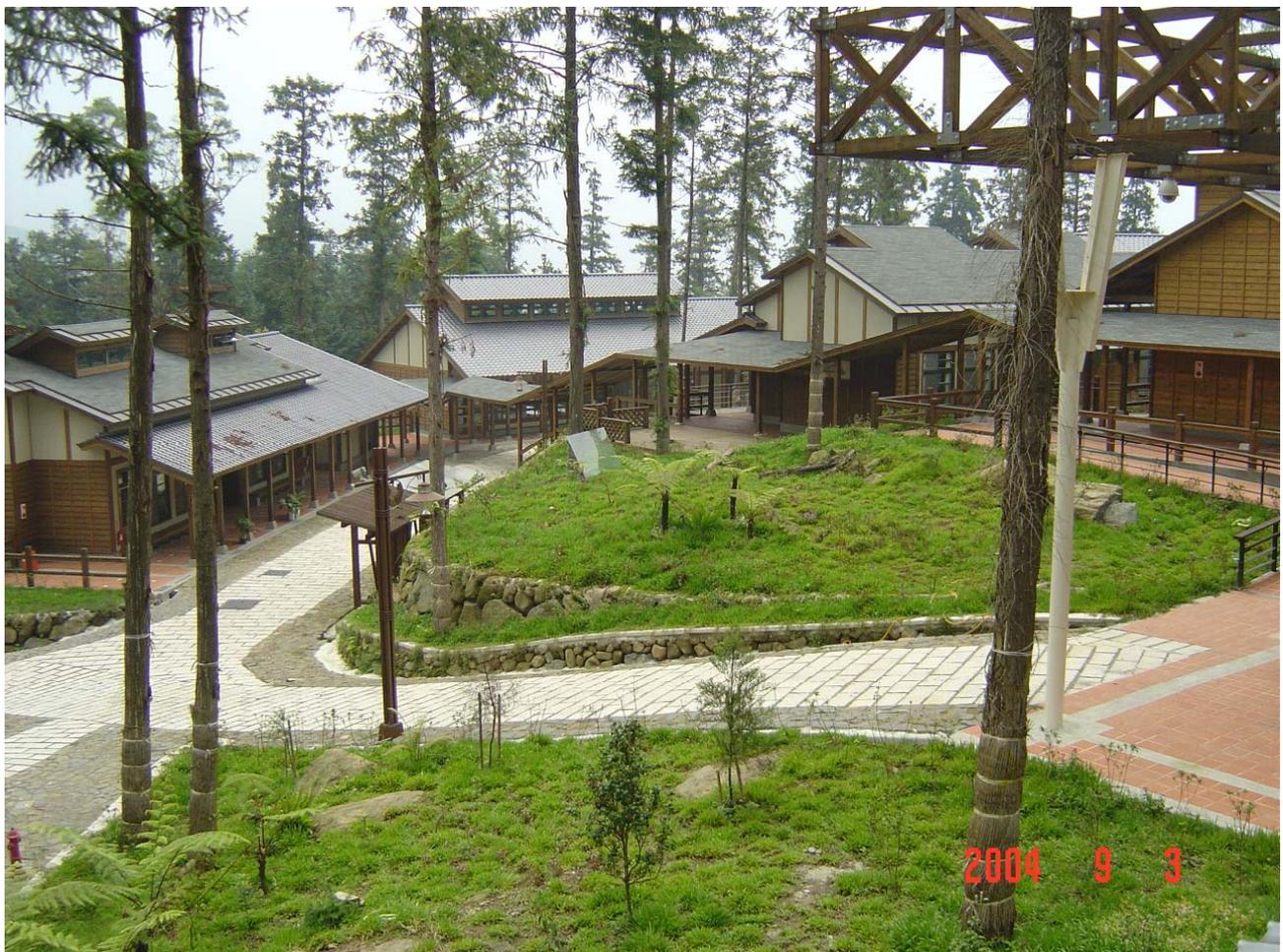
- 此外，本案著重於小學校親切質感的塑造，為避免建築物分散缺乏整體感。本案以環型配置達成視覺的聯繫，配合低矮連續的簷廊使本校具有一種緊密的連結效果，發散出一種親切小巧的空間氣氛。



21







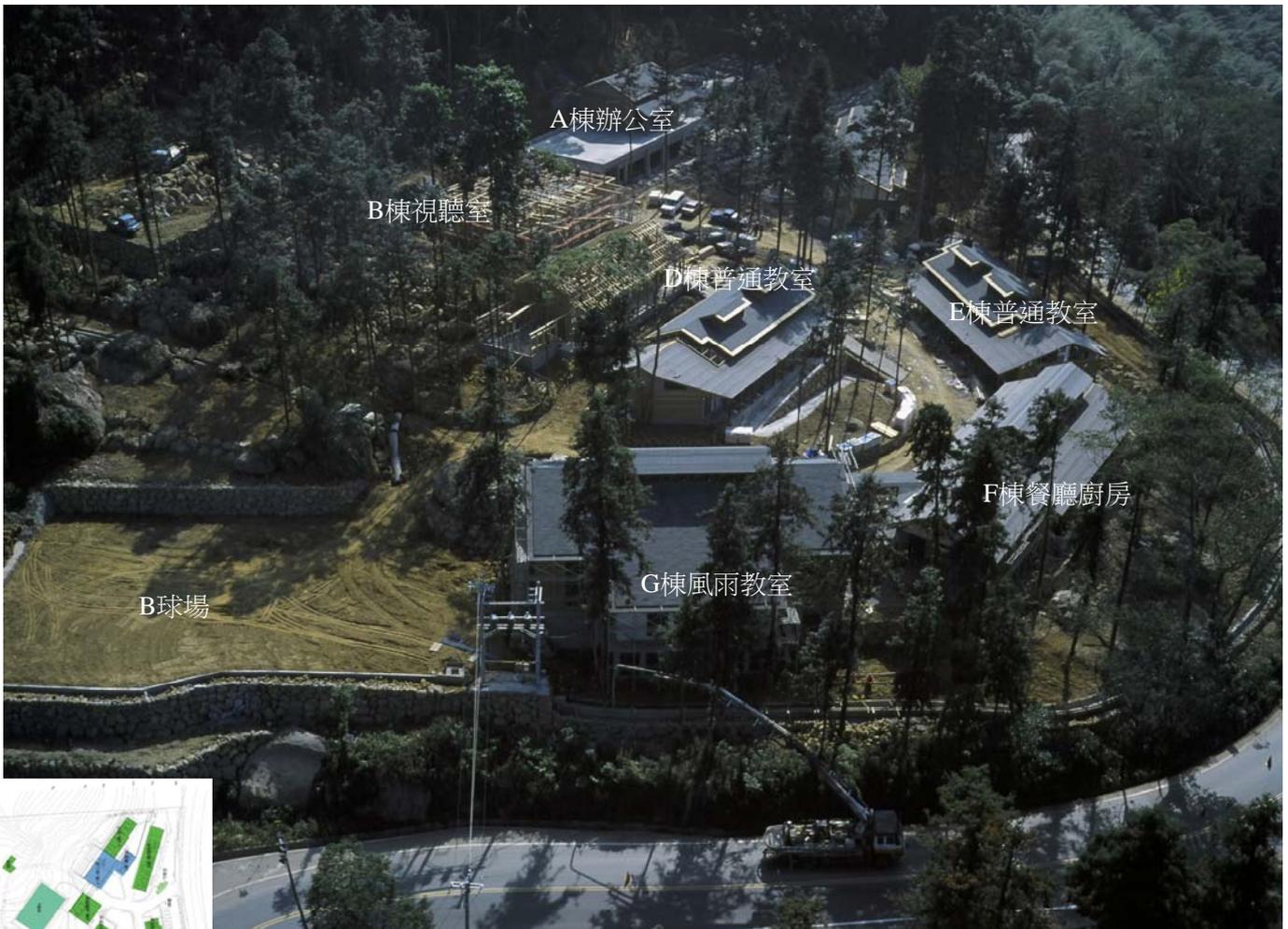


建築內容及規模

- 本案計有10棟校舍
- 辦公室：一棟，二層，RC造（1F）+木造（2F）
- 視聽室：一棟，一層，木造
- 教室：四棟，一層，木造
- 廚房餐廳：一棟，一層，木造
- 活動中心：一棟，一層，木造
- 圖書室：一棟，一層，RC造
- 宿舍：一棟，一層，木造

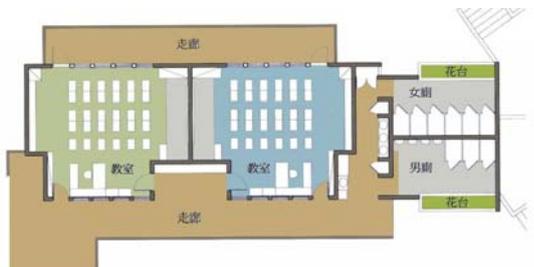


全區配置圖

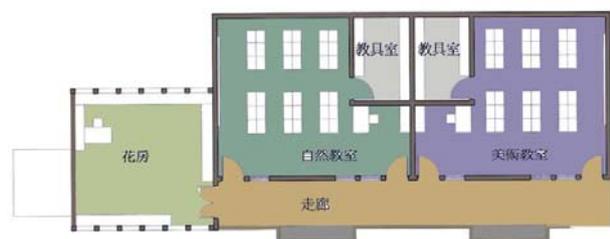


教室單元平面圖

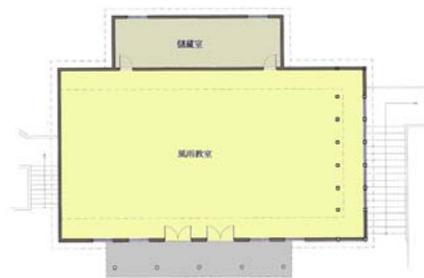
教師角—班級討論區—班級儲物櫃
 飲水機—清掃用具間—透氣採光廁所



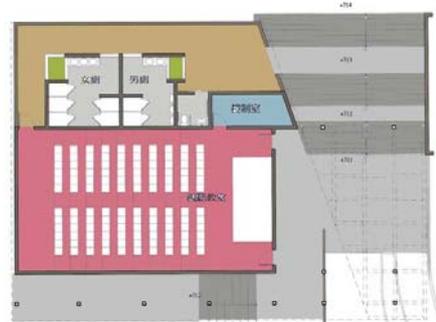
教室單元平面圖



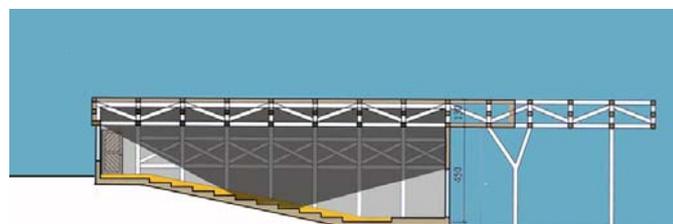
美術、自然教室平面圖



風雨教室平面圖



視聽教室平面圖



0 1 3m

「綠建築」內容 綠建築評估資料總表

- 本案綠建築評估計有
 - 1. 綠化量指標、
 - 2. 基地保水指標、
 - 3. 日常節能指標、
 - 4. 廢棄物減量指標、
 - 5. 室內環境指標、
 - 6. 水資源指標、
 - 7. 污水垃圾改善指標
- 共七項指標，

- 因本案使用基地面積（未達2公頃）與時間因素：
- 1. 生物多樣性指標、
- 2. 二氧化碳減量 未評估。

本案基地使用面積=19574.84m²

本案開發範圍= 11868 m²，約佔總基地60%

建築面積= 3151.88 m²，建蔽率=16.1 %

總樓地板面積= 3320.79 m²，容積率=16.9 %

1.綠化量指標

- 1、本案保留約40%的現有林地，植栽種類主要為大型喬木（杉木）及底層灌木，地被植物等密植混種區，面積為7706 m²經評估結果綠化指標大於標準值。
- 2、既有林區植物生長茂密（故本評估表內栽種條件之「覆土深度」不予檢討），植物種類有喬木、灌木及地被植物，故本案植栽種類選項為大小喬木密植混種區。基地內主要喬木為台灣杉，其間雜有樟樹、楓香，喬木生長間距3.0m以下，喬木下層區域為灌木及地被植物。灌木類有水同木、鵝掌柴，地被植物主要為闊葉樓梯草、冷清草。
- 3、開發區非建築部分儘量保留既有喬木，被擾動的土壤則以基地內之既有灌木或地被植物移植披覆。
- 目前學校新建築均需檢討綠化量（2008.12）

39

基地現況照片



未開發區多層次林像



未開發區多層次林像

40

綠化量指標檢討圖



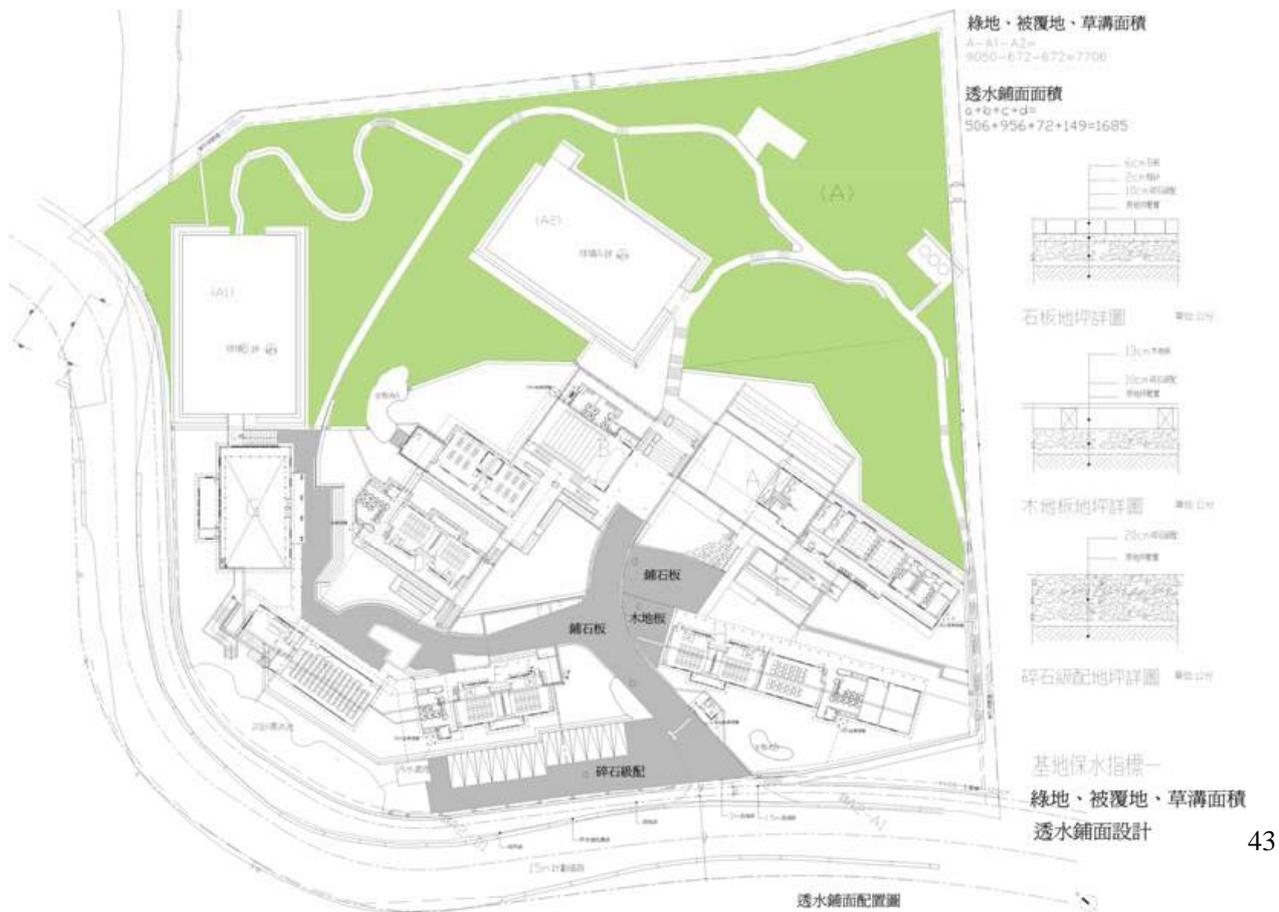
41

2.基地保水指標

- 本案保留約40%的現有綠地、被覆地及草溝，其面積為7706m²，透水層鋪面約8%，經評估結果基地保水指標設計值大於標準值
- 1、本案地質依鑽探報告書(柱狀圖)及現場開挖，於表層2M以內皆為岩塊及沉泥質砂岩，故土壤分類為SM，土壤滲透係數取10⁻⁷m/s。
- 2、綠地、披覆地、草溝面積為7706m²，
- 保水量Q1=A1×k×t=7706×10⁻⁷×154800=122.06
- 3、透水鋪面面積=1685m²，
- 保水量Q2=A2×k×t+0.15h×A2=1685×10⁻⁷×158400+0.15×0.12×1685=55.53
- 4、 $\Sigma Q_i=122.06+55.53=177.59$
- 5、原地層保水量Q₀=A₀×k×t=19574×10⁻⁷×158400=310
- 6、 $\lambda = \Sigma Q_i / Q_0 = 177.59 / 310 = 0.57$
- 7、 $\lambda_c = 0.5$
- 8、基地保水指標及格標準 $\lambda = 0.57 > \lambda_c = 0.5$

42

基地保水指標檢討圖



3. 日常節能指標

- 日常節能指標檢討項目計有三項：1. 建築外殼節能效率EEV、2. 空調系統節能EAC、3. 照明系統EL
- 1. 建築外殼節能效率EEV：
 - 本案計有十棟校舍，除A棟辦公室、A-1棟宿舍及I棟圖書室屬同一幢建築物，總樓地板面積合計超過500m²外，其他各棟建築物最低地面以上樓層之總樓地板面積合計皆未超過500m²，依建築技術規則建築設計施工篇第45-2條規定，本案僅就A-1棟、A棟及I棟分別依宿舍類及學校類（本案圖書室樓地板面積僅146.12m²，與學校之專科教室類似，而非大型圖書館，故本案仍以學校類檢討）檢討，經檢討皆符合規範規定。
- 2. 空調系統節能EAC：
 - 本案有校舍皆未設置空調設施，空調系統節能EAC不予檢討。
- 3. 照明系統EL：
 - 本案照明設備經檢討用電效率符合規定。

4.廢棄物減量指標

- 本指標檢討項目有：A. 工程不平衡土方比例。B. 施工廢棄物比例。C. 拆除廢棄物比例。D. 施工空氣污染比例。
- A. 工程不平衡土方比例：本案土方挖方大於填方約630 m³但本基地內岩石甚多，本案利用現地岩石作為擋土設施及週邊景觀設施之回填土方，可達挖填平衡並無土方外運狀況。
- B. 施工廢棄物比例：本案建築構造主要為木構造（達85%以上），室內隔間亦為乾式隔間，本項指標經評估為0.85。
- C. 拆除廢棄物比例：本案建築構造主要為木構造依構造別廢棄物減量指數 $\alpha_2=0.15$ ，本項指標經評估為0.85。
- 經綜合上述各項評估結果其設計值符合規定。

45

5.室內環境指標

- 本指標檢討項目有：音環境、光環境、通風換氣環境、室內建材裝修等各項指標。
- 1. 音環境：本案分別依外牆分界牆、窗、樓板進行檢討。
 - a. 內外牆採用木構造骨架外側以雙層實心板（矽酸鈣板及實木板）牆內填隔音棉（厚度>5cm）。（詳教室剖面詳圖）
 - b. 窗為符合氣密性1~2等級的單層窗（詳門窗立面及規範）。
 - c. 樓板為15cmRC板（詳教室、宿舍、圖書室剖面圖）
- 2. 光環境
 - a. 本案門窗玻璃採清玻璃。（詳第125~127頁門窗立面圖附註欄內說明）
 - b. 本案教室深度7.5m，雙面開窗，開窗採光深度 $7.5 \div 3 \div 2 = 1.25$ ，辦公室採光深度=2.08，宿舍採光深度=1.58，故所有居室皆有採光深度3倍以內之自然採光開窗。
 - 人工照明：所有居式皆採用防眩光隔柵之照明設備（詳照明平面及型號目錄）。

46

- 3. 通風換氣環境

- a. 自然通風：本案所有居室空間深度及淨高比皆小於5，故均可為自然通風。
- b. 空調換氣：本案無空調設施本項不予檢討。

- 4. 室內建材裝修：

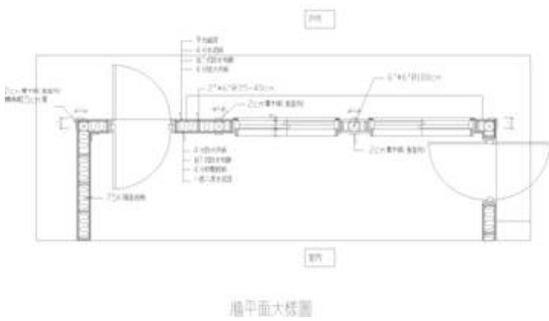
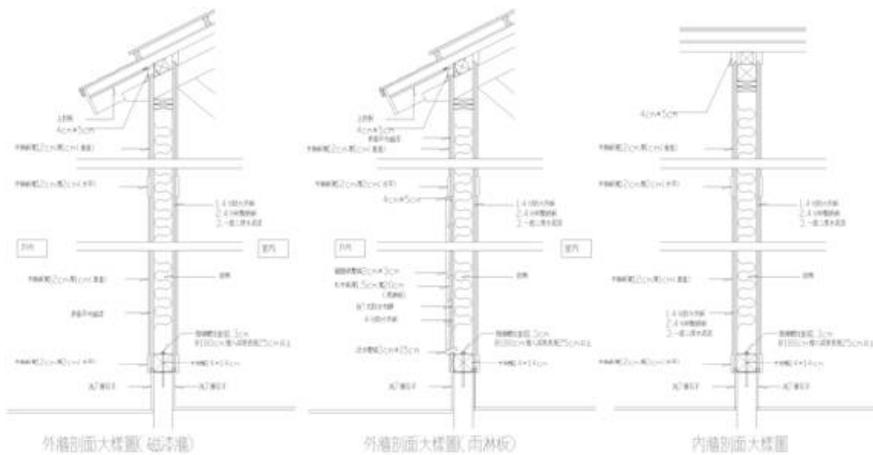
- a. 整體裝修建材：本案教室天花皆未被板材板裝修（面積＝2165.6m²佔全校面積3320.79m²的65.2%，本項指標取中等裝修量H4=15
- 表面裝修建材：本案天花板採用實木天花板，牆面皆採用夾板及矽酸鈣板，但因材料無綠建築標章，故I、J取5；地板面採磨石子地磚或石英磚，K取5。

47

- 本案室內電氣管線於RC造建築物（面積＝504.52m²）採用PVC管，木造建築物（面積＝2816.27m²）採用EMT管（鍍鋅鐵管），依施作面積比例EMT管使用率＝84.8% > 50%；EMT管（鍍鋅鐵管）無法取得綠建築標章或環保標章，但依評分判斷「50%以上管線以非PVC製品替代(如金屬管、陶管)」N＝40，故本項數值仍取N＝40。
- 經綜合評估上述各項指標結果，設計值大於標準值

48

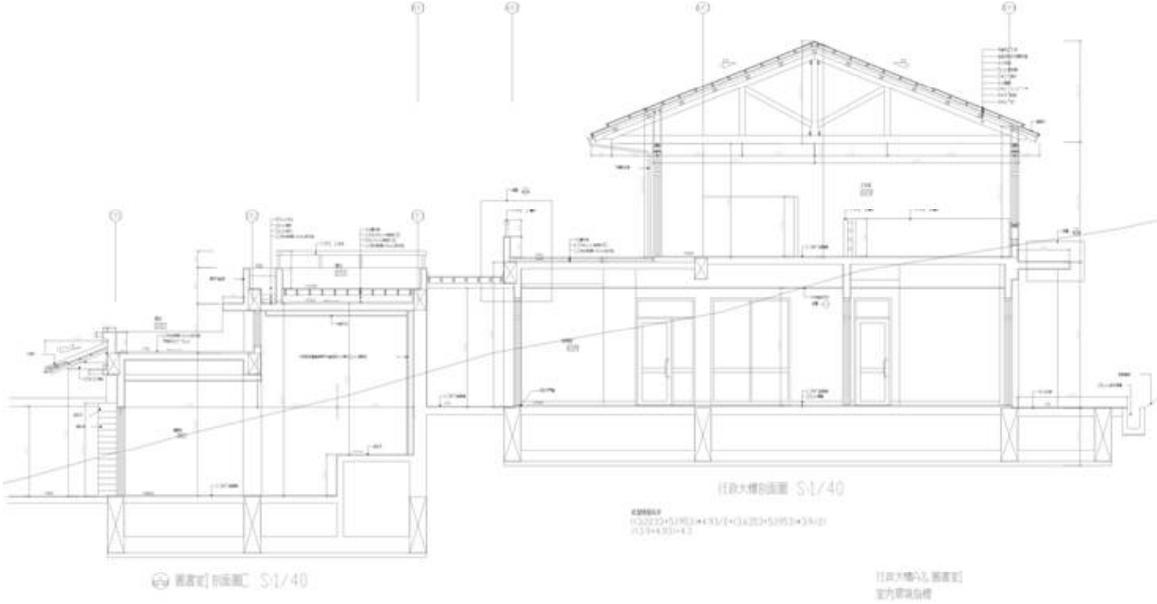
室內環境指標檢討圖1



B棟,C,D,E,H,F,G棟
建築物
室內環境指標

- 音環境**
外牆、分界牆
雙層牆：雙層外牆厚度(At) ≥ 25cm，內牆結構厚度(At) ≥ 25cm，孔型石膏心板結構厚度(At) ≥ 48mm，A=30
窗：本工程結構厚度 ≥ 50mm且氣密性分類為：屬於「2」等級，氣密性(At) ≥ 0.25m³/m²·h(雙層牆) (At) ≥ 0.25m³/m²·h(窗)
- 聲環境**
1. 1.1 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.2 1.2 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.3 1.3 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.4 1.4 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.5 1.5 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.6 1.6 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.7 1.7 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.8 1.8 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.9 1.9 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.10 1.10 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
- 光環境**
自然採光
本工程建築之玻璃透光性
應採光量 ≥ 0.70 照度等 (可見光透射比以上) (詳門窗立面圖) D=20
窗牆比
窗牆比 ≥ 0.20 以上所有窗型皆有採光深度 ≥ 3m 以內之自然採光深度 B=30
人工照明
公共空間
所有公共空間照明內均有自然光調劑，燈架或類似設施 P=15
- 通風換氣環境**
自然通風
本工程所有公共空間建築
所有公共空間均為自然通風空間 G=100
- 室內建材裝修**
整體裝修建材
本工程建築主要裝修空間
符合大量裝修 (C) 或以上天花及牆面裝修材料裝修 B=10
表面裝修建材
本工程天花裝修
使用裝修材料裝修 B=5
本工程牆面裝修
使用裝修材料裝修 B=5
本工程地板裝修
符合使用裝修材料 (石質類) < 10% K=5

室內環境指標檢討圖2



- 音環境**
外牆、分界牆
雙層牆：本建築外牆厚度 ≥ 50mm A=30
窗：本工程結構厚度 ≥ 50mm且氣密性分類為：屬於「2」等級，氣密性(At) ≥ 0.25m³/m²·h(雙層牆) (At) ≥ 0.25m³/m²·h(窗)
- 聲環境**
1. 1.1 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.2 1.2 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.3 1.3 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.4 1.4 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.5 1.5 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.6 1.6 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.7 1.7 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.8 1.8 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.9 1.9 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
1.10 1.10 樓層樓板應採用吸音材料或鋪設地毯
- 光環境**
自然採光
本工程建築之玻璃透光性
應採光量 ≥ 0.70 照度等 (可見光透射比以上) (詳門窗立面圖) D=20
窗牆比
窗牆比 ≥ 0.20 以上所有窗型皆有採光深度 ≥ 3m 以內之自然採光深度 B=30
人工照明
公共空間
所有公共空間照明內均有自然光調劑，燈架或類似設施 P=15
- 通風換氣環境**
自然通風
本工程所有公共空間建築
所有公共空間均為自然通風空間 G=100
- 室內建材裝修**
整體裝修建材
本工程建築主要裝修空間
符合大量裝修 (C) 或以上天花及牆面裝修材料裝修 B=10
表面裝修建材
本工程天花裝修
使用裝修材料裝修 B=5
本工程牆面裝修
使用裝修材料裝修 B=5
本工程地板裝修
符合使用裝修材料 (石質類) < 10% K=5

6.水資源指標

- 本指標檢討項目有：節水器材評估、自來水替代評估兩項
- 1. 節水器材評估：
 - 本案衛生器具皆採用省水器具
- 2. 自來水替代評估：
 - 1). 本案基地位於山區，自來水無法送達，本案採用山泉水經過濾後使用，故自來水替代率不予評估。

51

- 3. 大耗水項目及彌補措施：
 - 1). 本案基地騰本面積 20239.79m^2 ，但本基地經建築線指定後計有 664.95m^2 為道路佔用，遭道路佔用之基地面積應予扣除不得作為建築使用，故本案基地使用面積為 $20239.79\text{m}^2 - 664.95\text{m}^2 = 19574.84\text{m}^2$ ，未達2公頃。故本案非屬大規模開發案，另本案無「大耗水項目及彌補措施評估表」內管制規模以上設施。故本案未檢討大耗水項目及彌補措施。
 - 2). 本基地雨水皆由生態水池滯留並作為校園內植栽之澆灌用水，因山泉水水源充足且基地內蓄水塔收集山泉水時，多餘水源需自然溢流，因此山泉水配合滯洪池之設置，水資源應可充分利用，故本項指標不予檢討。

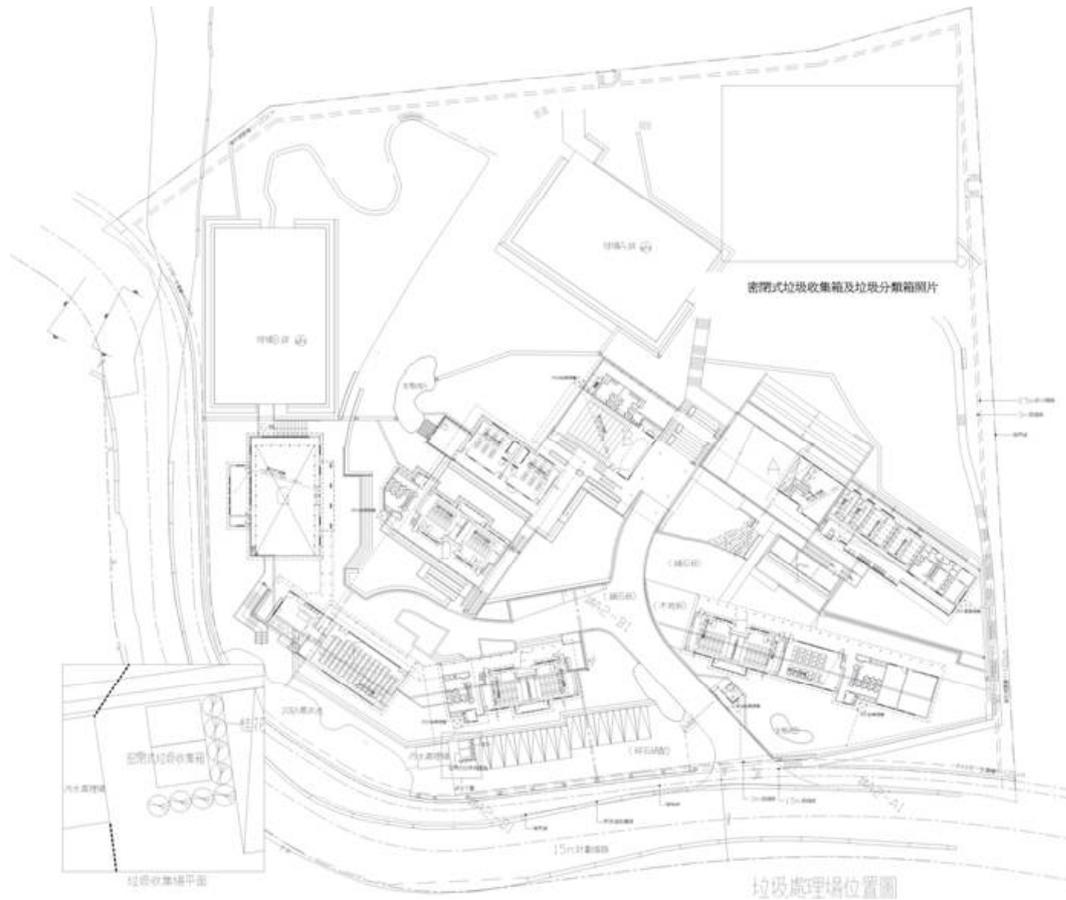
52

- 4. 山泉水不足時的因應方式：
 - 1). 本案依「台灣省自來水公司內線審查計算表」計算本案之設計用水量 $V = \text{樓地板面積} (3320.79\text{m}^2) \times \text{有效面積比} (0.58) \times \text{人員} (0.14\text{人}/\text{m}^2) \times \text{使用水量} (0.14\text{m}^3/\text{人}) = 10.78\text{m}^3$ ，一日設計用水量 $(V_d) = V (10.78\text{m}^3) \times \text{安全係數} (1.5) = 16.17\text{m}^3$ ，為考慮山泉水不足之狀況本案水塔容量採用 30m^3 ，約為一日設計用水量的1.85倍。
 - 2). 本案規劃一座生態水池及一座生態滯洪池（容積約為 900m^3 ），於山泉水不足時可作為戶外植栽澆灌之用。

7. 污水垃圾改善指標

- 本指標檢討項目有：A. 污水垃圾改善評估、B. 垃圾指標查核
- A. 污水垃圾改善評估：
 - 本案生活雜排水、洗衣雜排水、浴室雜排水皆有專用管線排入每棟校舍之污水前處理槽，經簡易處理後引入污水處理池；廚房雜排水則排入油脂截留器後排入污水前處理槽，經簡易處理後引入污水處理池。
- B. 垃圾指標查核：
 - 1. 本案專用垃圾集中場設於停車場邊以方便垃圾車運，垃圾集中場並種植灌木（桂花）美化。
 - 2. 垃圾收集採用分類垃圾箱以確實執行垃圾分類回收；使用單位對於垃圾分類回收的做法高度認同，擬於本校運作時確實執行。
 - 本案採用密封式垃圾箱以防止動物咬食並每週由校方員工定期清洗及消毒。

垃圾改善指標檢討圖



55

過程與期望

- 歷史特質
- 多元文化混合的式樣
- 小學生與社區大人的期望



56

由歷史建築累積了許多木構造尺度的經驗



設計備忘錄

屋面：

- 森林中，屋頂屋面構造應防止落葉積存導致吸水或漏水。表面阻力較小者佳。
- 屋頂排水槽須防止森林落葉堵塞並方便維護清理。本案不設天溝以排水導管替代。
- 屋面有開口可看見天空與森林。增加室內採光。
- 可能的材料：金屬T型鋼板、銅板瓦、陶瓦、玻璃。
- 年雨量2500mm，屋面防水需特別注意。
- 基地上游處設置土石流災害預警及防護措施。
- 夏季考慮屋面隔熱通風的需求。

59



00

檢討

- 因應少子化—小校優質轉型的方式之一。
- 學校的社會功能與小型工程的價值重塑。
- 災後重建工程的意義！

- 簡報結束

61

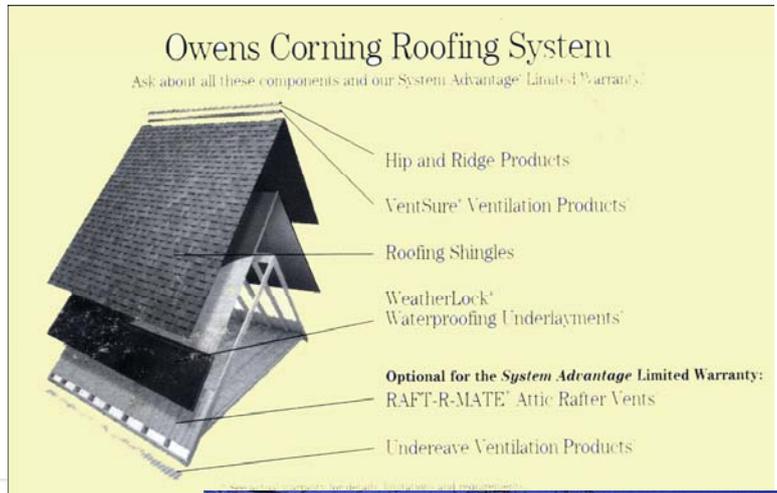
使用建材

- ⑩ ■ 屋頂—沙礫瓦、和瓦（簷廊）、（金屬瓦）
- ⑩ ■ 屋身—雨淋板、版面防水塗料塗佈
- ⑩ ■ 內牆面—防火塗料
- ⑩ ■ 用水處內牆面—貼磁磚
- ⑩ ■ 結構材—一級結構材
- ⑩ ■ 天花板—暗架，版面防火塗料塗佈
- ⑩ ■ 地坪（地面層）—外廊—防腐木甲板
- ⑩ ■ 地坪（地面層）—廁所—陶磚（仿古石英磚）
- ⑩ ■ 地坪（地面層）—室內—陶磚（仿古石英磚）
- ⑩ ■ 地坪（二樓）—外廊、室內—防腐木甲板
- ⑩ ■ 戶外
- 車道—砌石，縫鋪碎石子
- 步道—鋪碎石子，坎砌石橫條
- 球場—上側植草、下側透水材鋪面
- 竹籬圍牆
- 砌石駁坎

62

使用建材

- 屋頂



Estate Gray

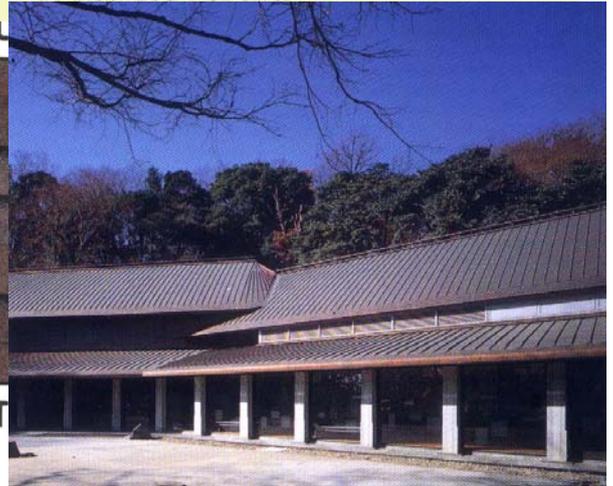


Asian Red



ARDOISE T

Forest Green

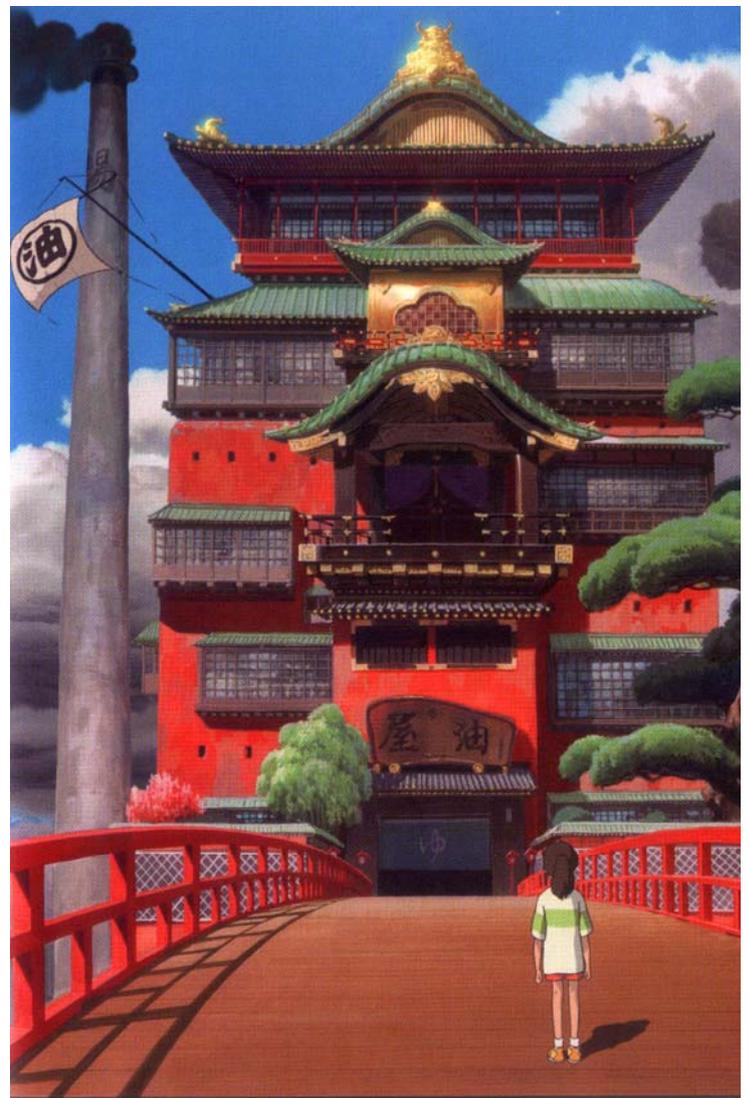


建材

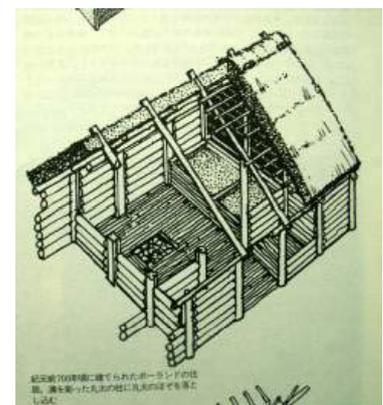
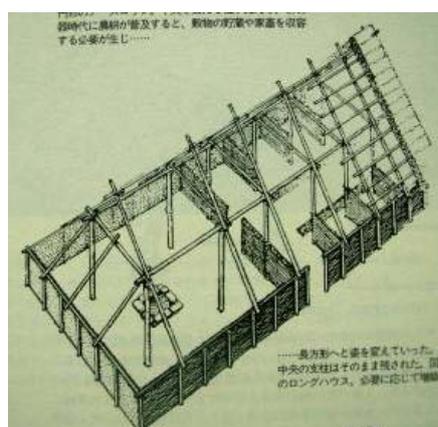
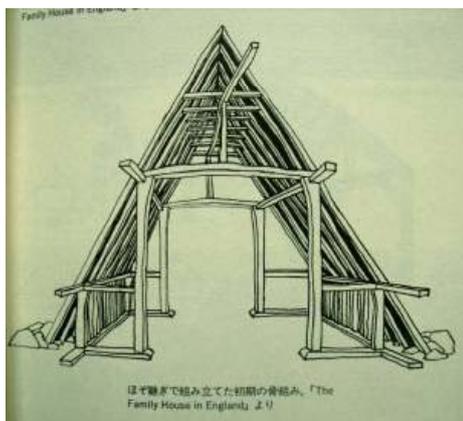
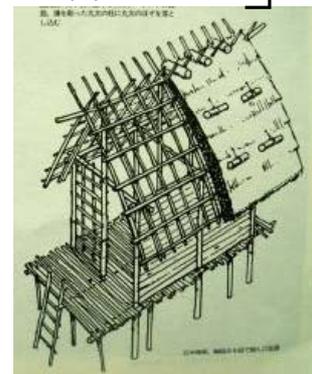
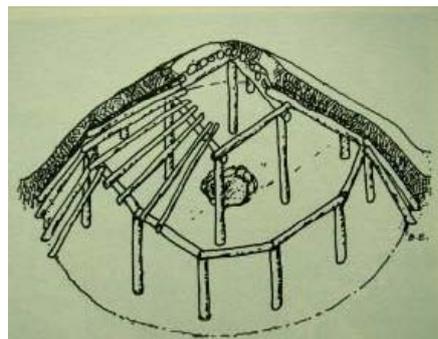
- 戶外地坪 駁坎



有關內湖國小的造型
— 童話世界的隱喻

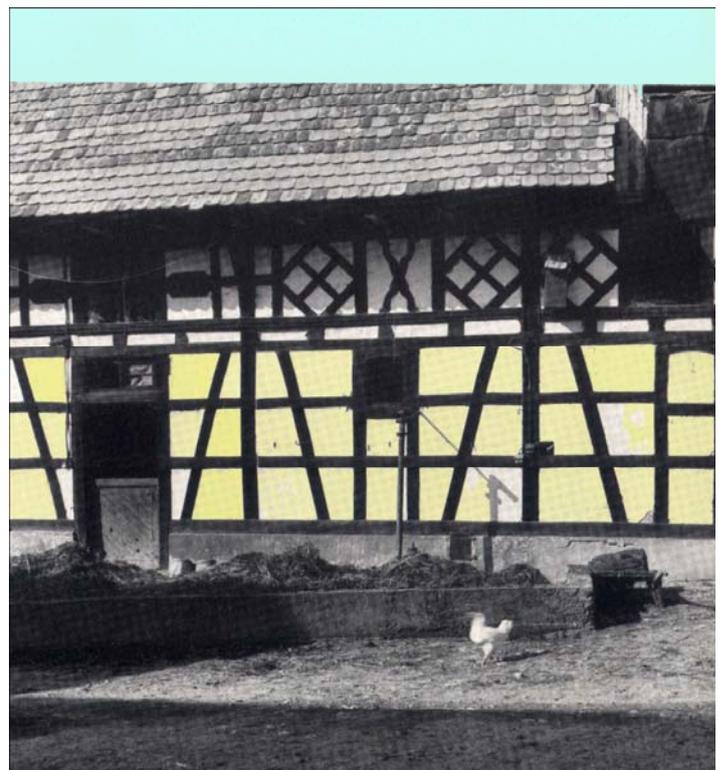


世界各地區均有木構造建築— 因為
木才容易取的、容易「加工」

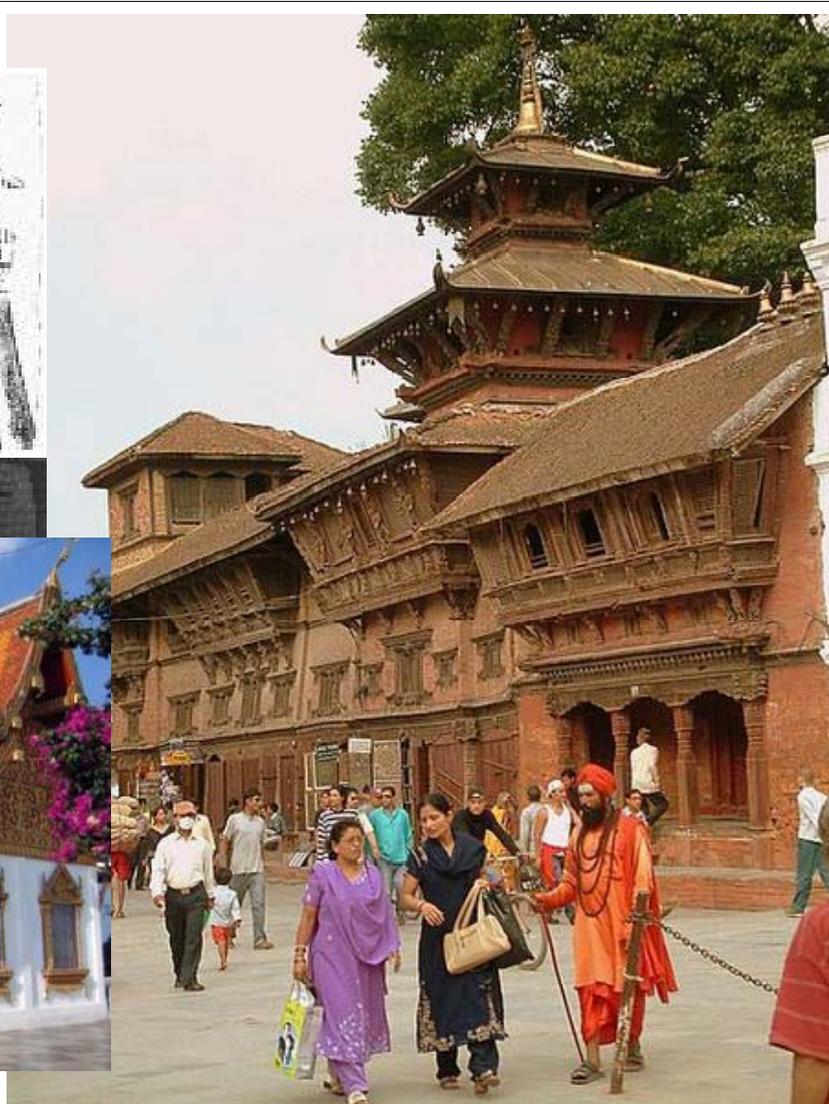
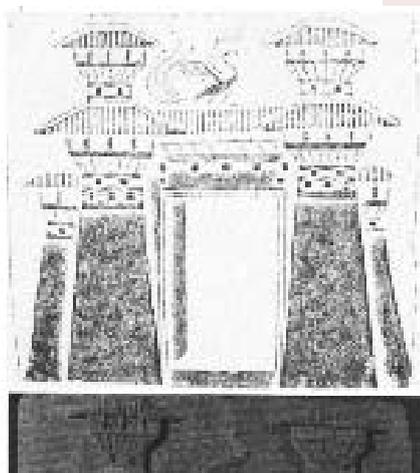




建築造型語法—木構造的民族風格（一）

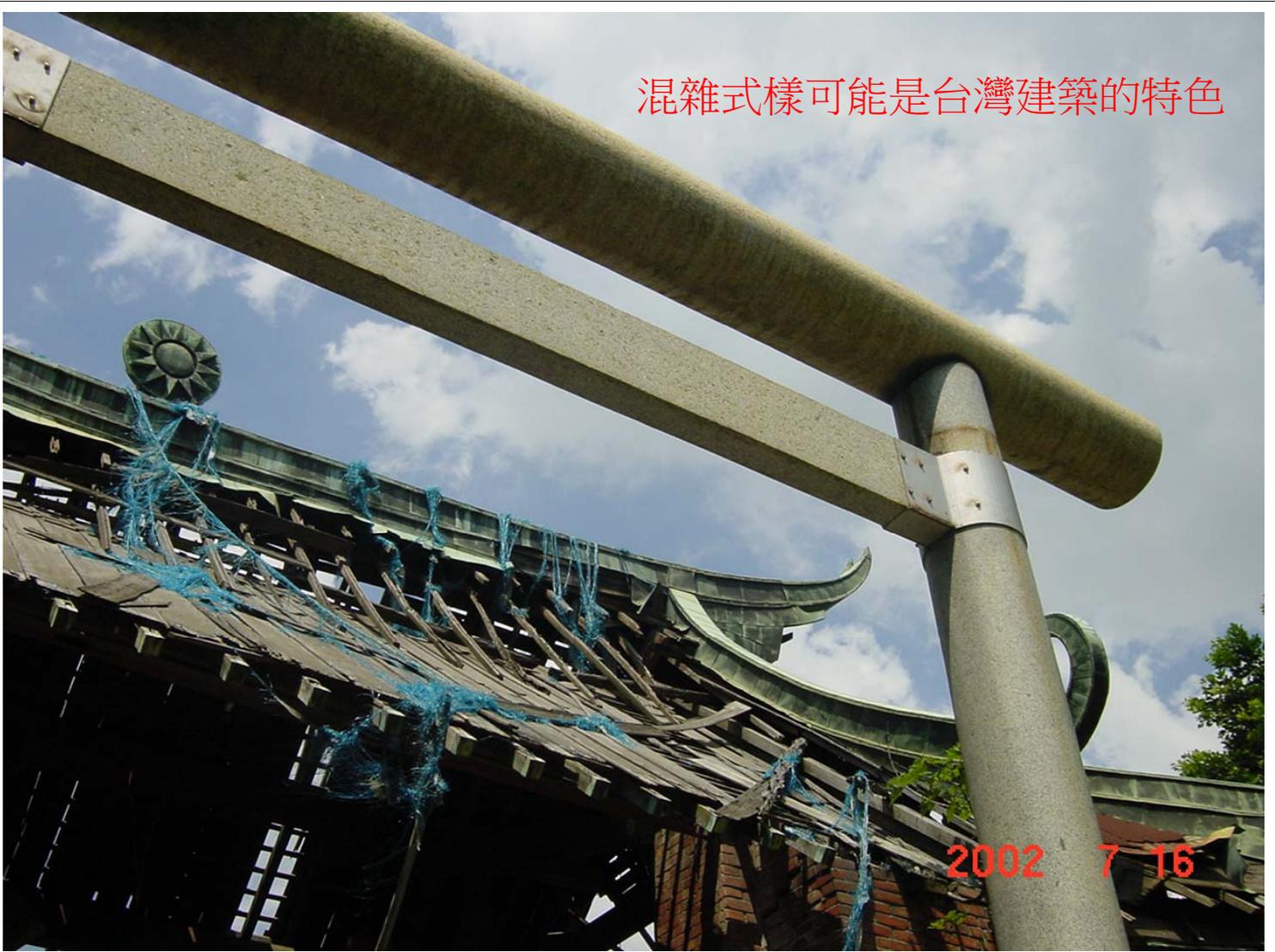


泰國
尼泊爾



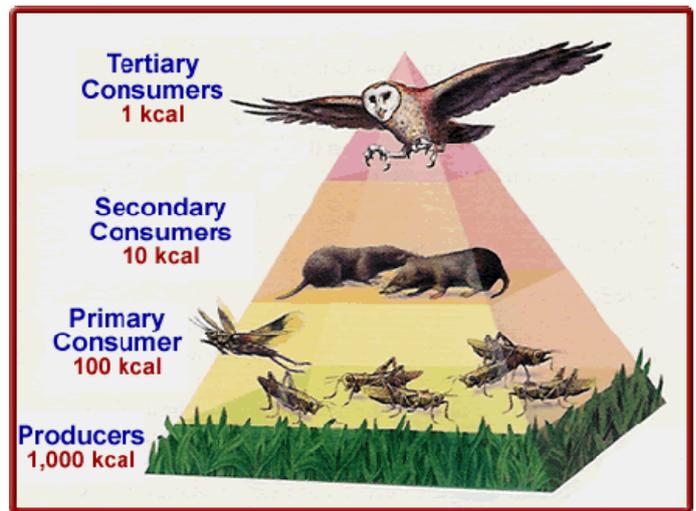


混雜式樣可能是台灣建築的特色



觀點2—由生態平衡看綠建築

- 生態平衡—大自然是沒有廢棄物的
- 食物生產去自然化
- 經濟生產去實用化
- 造成超限利用加劇
- 土壤分解受到影響













多餘消費

- 食物的生產模式使人類逐漸脫離自然的限制。
- 現代工業化的生產並不完全為了需要！
- 現代企業的獲利哲學造成了多餘的生產。



87

繼續—綠建築

- **觀念**：生態、節約、提高效能（效益、效率）。
- **技術**：多面向的整合作法
 - 建築設計：方位配置—遮陽、採光、通風、降溫散熱隔熱。
– 開口控制。
 - 建築設施：絕緣保溫、遮陽板、導光板（管）、雨水回收、通風管道。
 - 能源設備：直接：太陽能、風能、熱泵、地熱保溫。
 - 間接：循環利用機制、自動控制機制、高效能機制（用的少）。
 - 健康環境：用環保、健康的材料營建出健康舒適的環境。

88

觀念：生態、節約、提高效能。

- 生態：回歸大自然的生物環境法則
- 節約：降低需求
- 提高效能：提高使用效能

89

綠建築

- 回歸大自然的營建法則，利用自然力調節生活環境。
- 趨勢－觀念重於技術

90