

國立成功大學建築學系

碩士論文

National Cheng Kung University

Department of Architecture

Master's Thesis

循環漿體填充材與框架系統接合工法研究

- 以澎湖民族路、赤崁基地為例

**The Exploration of Circular Slurry Using Local Materials and its
Application for Frame System - Cases of Minzu Road & Chikan Site in
PengHu**

研究生：黃浩 Hao Huang

設計指導教授：劉舜仁 Shuenn-Ren Liou

研究指導教授：郭文毅 Wen-Yih Kuo

中華民國一百一十一年十二月

國立成功大學

碩士論文

循環漿體填充材與框架系統接合工法研究 - 以澎湖
民族路、赤崁基地為例

The Exploration of Circular Slurry Using Local Materials and its
Application for Frame System - Cases of Minzu Road & Chikan Site
in PengHu

研究生：黃浩

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：

簡志強 張有銘

指導教授：劉新仁 郭文毅

單位主管：杜正堃

(單位主管是否簽章授權由各院、系(所、學位學程)自訂)

中華民國 111 年 12 月 28 日

國立成功大學建築學系 M.Arch II

碩士論文

循環漿體填充材與框架系統接合工法研究

- 以澎湖民族路、赤崁基地為例

摘要

砂矸、蚵殼、銀合歡為長期在澎湖生長累積的自然環境廢棄物。一直到現在，從澎湖的白坑灰窯到菜宅，我們仍然可以看見以咾咕石為營建材料的使用足跡。然而，隨著低價的水泥引入、禁採咾咕石的政策，以及全球暖化的影響，大量堆積於澎湖沙灘的砂矸便成為另一個難解的議題。

本研究以澎湖縣馬公市民族路 32 號的街屋以及赤崁博藤老屋為例，針對當地歷史街屋與咾咕石宅，進行使用需求、空間特性與生命週期之分析，探討如何運用砂矸、蚵殼、銀合歡作為原料，透過鹼激發原理製作循環漿體，以及如何結合模組化的框架系統，以降級回收、升級回收的方式重新置入基地，成為新型態的立面、隔間、家具系統。

研究者期望能透過本研究使澎湖民族路與赤崁基地成為澎湖循環材料展示的快閃中心，並將循環漿體填充材與框架系統重新應用於當代建築。

關鍵字：澎湖、離島、砂矸、循環漿體、空間框架系統

The Exploration of Circular Slurry Using Local Materials and its Application for Frame System - Cases of Minzu Road & Chikan Site in PengHu

Author: Hao Huang

Design Advisor: Shuenn-Ren Liou

Research Adviosr: Wen-Yi Kuo

Department of Architecture, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

SUMMARY

Coral Gravel, oyster shells and acacia are natural environmental wastes accumulated in Penghu for a long time. Until now, from the Baikeng ash kiln in Penghu to the Penghu Gardens, we can still see the footprints of the use of coral stone as a construction material. However, with the introduction of low-priced cement, the policy of banning quarrying and the impact of global warming, the large amount of coral gravel piled up on Penghu beaches has become another environment issue.

This study takes the street house at No. 32 Minzu Road, Magong City, Penghu County and the old house of Boteng in Chihkan as an example, analyzes the use demand, spatial characteristics and life cycle of the local historical street house and the coral stone house, discusses how to use coral gravel, oyster shells and acacia as raw materials, make alkali-excited circulating slurry through the principle of alkali excitation, and how to combine the modular frame system to re-install it in the site by down cycling and upcycling. It has become a new type of façade, compartment and furniture system, which can be disassembled and replaced while taking into account different life cycles

Through this study, the researchers hope to make Penghu Minzu Road and Chihkan Base a pop-up center for the display of recycled materials in Penghu, and reapply the recycled slurry filling material and frame system to contemporary architecture.

Key words: PengHu, Outlying Island, Coral Gravel, Circular Slurry, Space Frame System

INTRODUCTION

The unique geographical location and climatic characteristics of Penghu Island have shaped the unique local culture of Penghu, and in the past, due to geographical barriers and underdeveloped transportation, Penghu developed a self-sufficient lifestyle: fishing for a living, but also living by the sea. In this spatial environment, the Penghu people gradually developed a set of ash kiln industry using seaside clay as building materials and sand as raw materials, and from 1948 to 1965, it was the peak period of Penghu lime export to Taiwan. Due to the rise of the cement industry, lime sales shrank significantly, almost stagnated after 1973, and ceased to operate completely after 1997.

Coral gravel is the mixture of coral reef fragments and shells. Recently due to the impact of global warming and the government's mining ban, the accumulation of coral gravel in Penghu Beach has been serious, as well as oyster shell accumulation and acacia abuse.

This paper considers relations with Taiwan from the perspective of outlying islands and responds to the environmental impact of global warming and the revitalization of outlying island space through the perspective of circular economy.

MATERIAL AND METHODS

Modern buildings mostly use cement as the main construct material because cement brings high economic benefits and low cost, can be effectively produced in large quantities, but cement in the cementation process emitted carbon dioxide has accelerated global warming caused by ecological damage, in terms of manufacturing, because of low cost also led to building manufacturing without much breakthrough, while continuing to destroy natural resources.

The alkali excitation circulating slurry is a kind of low hydration heat slurry, using environmental residues as bone materials, and its finished products can develop structural systems with different strength and toughness with different proportions.

Taking the three major local environmental residues of Penghu as the main bond material, this attempt is made to solve the problems of coral gravel accumulation caused by the strong northeast monsoon in winter, the abandonment of a large number of oyster shells, and the large-scale breeding of exotic acacia.

RESULTS AND DISCUSSION

- (1) The reuse method of environmental residues in Penghu and the structural system of intervention space

The excess coral gravel, oyster shell and acacia in Penghu will be recycled in a low-carbon, environmentally friendly and sustainable way, retaining the texture and texture of its original materials, and re-intervening in the incomplete state of the current situation in the form of building materials, filling materials and furniture.

- (2) Coral gravel- wood slurry provides light weight and higher toughness for building material filling

In the alkali excitation experiment, the structural strength of 112.31kgf/cm² can be reached in the alkali excitation experiment, and at the same time, because the wood chips have the characteristics of water absorption and water retention, the working performance is more convenient when pouring complex patterns.

- (3) The slurry unit breaks through the limitations of unit stacking and watering

In the past, the traditional construction methods of Penghu were vegetable houses and ash kilns stacked with stone, which required more manpower and technology, and at the same time was an indisassembleable structure, which was limited by the size of the materials themselves during the construction process. In this study, the spatial framework is used as a mutual structural system between materials, which is not limited by material space, and breaks through the original scale in watering, from small furniture units to large façade units

- (4) To explore the variability of the slurry frame system of vertical street houses and horizontal open sites

Taking the most common street houses and single-family bases in Taiwan as an example, the slurry frame system focuses on vertical and horizontal variability, which can be combined with the structural composition of the original building to form a design that echoes the material and structure.

- (5) The pop-up fashion of the disassembleable unit and the possibility of future intervention in other bases

The materials at the construction site are upgraded and recycled by dry construction, and temporary structural facilities are constructed in conjunction with local activities, which is more convenient and accurate in construction because the materials are molded. Due to its disassembleable characteristics, this system can also be applied to other bases.

CONCLUSION

This thesis emphasizes "local materials", "local design" and "local manufacturing" based on design thinking from a local perspective. Through the perspective of sustainable circulation, it responds to the environmental impact of global warming and the revitalization of outlying island space. I hope that through the new tools, more people will be able to participate in research, and they can return to the place and rethink their lives.



誌謝

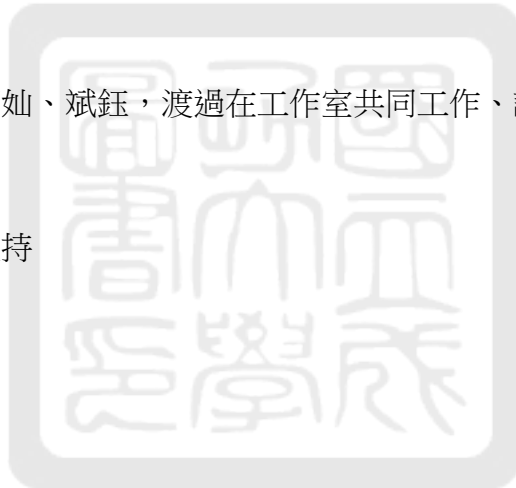
感謝 劉舜仁老師、郭文毅老師一路上的指導，學習到很多不同以往的東西，也了解到團隊運作的重要以及勇於展現自我的價值

感謝 C-HUB 團隊的林建帆建築師、李鈺晴提供協助與指導，還有負責教我實驗、操作方法的柏翔哥，謝謝你耐心的指導

感謝 M.Arch II 全體同學，因為你們才有如此成功的展覽與碩士生活

感謝 同一工作室的蕙如、斌鈺，渡過在工作室共同工作、討論、聊天的時光

感謝 家人在背後的支持



目錄

中文摘要	I
英文延伸摘要	II
誌謝	VI
目錄	VII
表目錄	X
圖目錄	X
第壹章 緒論	1
1-1 研究動機	1
1-1-1 在地環境餘料運用及在地建築活化	1
1-1-2 鹼激發循環漿體應用	2
1-2 研究目的：循環漿體的另類永續實踐	3
1-2-1 新材料循環漿體升級回收再製	3
1-2-2 循環經濟下的離島採礦	4
1-2-3 對於建造組構的另類永續實踐	5
1-2-4 現有澎湖歷史空間再造	6
1-3 研究方法與流程	7
第貳章 文獻回顧	8
2-1 漿體單元應用&組裝施工案例	8
2-1-1 營建施工法案例	8
2-1-2 漿體澆灌案例	9
2-1-3 帷幕牆吊裝案例	10
2-1-4 單元接合案例	12
2-1-5 家具接頭案例	13
2-2 澎湖之地方營造	14
2-2-1 澎湖民宅構築型式	14

2-2-2 澎湖菜宅構築型式	16
2-2-3 研究範圍與對象選定	17
第參章 環境餘料及空間框架單元之組構研究	18
3-1 回應基地現況	18
3-1-1 民族路街屋分析	18
3-1-2 民族路街屋使用需求	20
3-1-3 赤崁基地分析 & 使用需求	21
3-2 空間框架尺寸原型	22
3-2-1 民族路街屋 & 赤崁基地尺度規劃	22
3-2-2 空間框架尺寸	24
3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)	28
3-4 3D 空間框架組構原型	34
3-5 框架板材	40
3-6 外牆皮層	42
3-6-1 內外結構對比	42
3-6-2 S、M、L 單元模矩系統	43
第肆章 循環漿體實驗研究	45
4-1 主材料循環漿體實驗	45
4-1-1 循環材料配比定義	45
4-1-2 主材料漿體實驗過程	46
4-1-3 主材料漿體搭配次材料實驗成果	62
4-2 循環漿體空間應用	63
第伍章 循環漿體與空間框架設計	64
5-1 小型家具單元設計	64
5-1-1 單元接頭	64
5-1-2 椅子展架單元設計	67
5-2 民族路、赤崁地方涵構	71
5-2-1 基地特性對比分析	71

5-2-2 基地設計比重加權	72
5-3 立面索引	73
5-4 傳統現代咭咭石牆對比	76
5-5 升級回收 / 降級回收	79
第陸章 赤崁&民族路基地空間設計	80
6-1 赤崁基地	80
6-1-1 赤崁基地位置	80
6-1-2 赤崁基地平面圖	81
6-1-3 赤崁基地爆炸圖	82
6-1-4 赤崁基地剖面圖	83
6-1-5 赤崁基地設計步驟圖	84
6-1-6 赤崁基地循環漿體活動想像	87
6-2 民族路基地	90
6-2-1 民族路基地配置圖	90
6-2-2 民族路基地各層平面圖	91
6-2-3 民族路基地剖面圖	96
6-2-4 民族路基地細部透視圖	98
6-3 場景圖	99
第柒章 討論與結論	104
7-1 研究成果總結	104
7-2 檢討與後續研究建議	105
7-3 結論	106
參考文獻	107
附錄	109
附錄一 展覽版面與模型	109
附錄二 C-CUBE 實驗工具	112
附錄三 抗壓測試	113

表目錄

表 1-2-3 澎湖三大環境餘料	3
表 1-2-7 澎湖民族路、赤崁基地分析比較	6
表 4-1-1 主材料循環漿體配比定義	45
表 4-1-33 材料索引表	62
表 5-4 傳統現代咾咕石牆對比	76

圖目錄

第一章 緒論

圖 1-1-1 澎湖環境餘料 (https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-concrete)	1
圖 1-1-2 環境廢棄物轉變	1
圖 1-1-3 水泥生命週期 (https://www.researchgate.net/figure/Urban-Mining-within-the-Circular-Economy_fig4_351413344)	2
圖 1-1-4 循環經濟下的都市採礦	2
圖 1-2-1 循環漿體塊 (C-Cube 提供)	3
圖 1-2-2 鹼激發漿體原料組成	3
圖 1-2-4 營建剩餘物分類	4
圖 1-2-5 營建剩餘物回收利用方式	4
圖 1-2-6 WikiHouse 4.0 London (https://www.archdaily.com/550093/wikihouse-unveils-world-s-first-two-storey-open-source-house-at-london-design-festival)	5
圖 1-3-1 設計研究流程圖	7

第二章 文獻回顧

- 圖 2-1-1 營建施工法 8
- (<https://builtoffsite.com.au/news/low-carbon-concrete/>
<https://megaton.smartweb.tw/index.php?module=product&mn=1&f=content&tid=35446>
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Le Dynasty%2C 15th Century%2C Brick and Mortise %26 Tenon Construction %289738938866%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Le_Dynasty%2C_15th_Century%2C_Brick_and_Mortise_%26_Tenon_Construction_%289738938866%29.jpg)
<https://www.wowlavie.com/article/ae2100387>
<https://www.pinterest.fr/pin/478085316671668214/>
https://www.team20map.com/art_works/1207
- 圖 2-1-2 漿體澆置過程 9
- (<https://www.dezeen.com/2010/03/18/concrete-chair-by-tejo-remy-renee-veenhuizen/>)
- 圖 2-1-3 椅子單元模具 9
- (<https://www.dezeen.com/2010/09/01/mass-iiii-by-janwillem-van-maele/>)
- 圖 2-1-4&5 帷幕牆施工法 10
- (<https://www.archdaily.com/880815/gu2787-apartment-building-arqtipo-plus-scanw-arqs>
[https://www.archdaily.com/298353/brick-pattern-house-alireza-mashhadmirza\)](https://www.archdaily.com/298353/brick-pattern-house-alireza-mashhadmirza)
- 圖 2-1-6 組裝流程 11
- (<https://www.picharchitects.com/portfolio-items/ampliacion-escuela-teresianas-ganduxer/>)
- 圖 2-1-7 單元組構&後方結構桿件 11
- (<https://www.designboom.com/design/elegant-embellishments-ltd-prosolve-370e-at-dmy-berlin-design-festival-09/>)
- 圖 2-1-8 組裝流程 12

(<https://www.designboom.com/design/benjamin-hubert-layer-design-scale-modular-acoustic-partition-system-12-04-2015>)

圖 2-1-9 組裝流程 12

(<https://lumaa.co/portfolio/terrazza-rosales/>)

圖 2-1-10 簡易家具 13

(<https://www.yankodesign.com/2014/01/20/double-duty-seating>)

圖 2-1-11 接頭結合桿件、板材 13

(<http://www.sehunoh.com/plumb.html>)

圖 2-2-1 澎湖傳統民宅建築類型、平面布局 14

(張宇彤(2011:197))

圖 2-2-2 澎湖傳統民宅構造形式 14

(張宇彤(2011:198))

圖 2-2-3 澎湖傳統民宅之入口形式 15

(張宇彤(2011:200))

圖 2-2-4 門樓類型 15

(張宇彤(2011:201))

圖 2-2-5 菜宅砌法 16

(林鎮洋(2004))

圖 2-2-6 雙面壁(左) 單面壁(右) 16

(澎湖南方四島菜宅景觀保存與活化再利用(2014))

圖 2-2-7 材料與構築之關聯性 17

第三章 環境餘料及空間框架單元之組構研究

圖 3-1-1 基地周遭使用分區 & 重要結點分析 18

圖 3-1-2 基地立面 19

圖 3-1-3 基地沿路街景 19

圖 3-1-4 基地內部使用機能規劃 20

圖 3-1-5 赤崁基地照片	21
圖 3-1-6 赤崁基地周圍環境分析	21
圖 3-2-1 民族路基地尺寸爆炸圖	22
圖 3-2-2 赤崁基地尺寸爆炸圖	23
圖 3-2-3 民族路基地立面尺寸圖	24
圖 3-2-4 民族路基地適用尺度	25
圖 3-2-5 赤崁基地適用尺度	25
圖 3-2-6 赤崁基地剖立面尺寸圖	25
圖 3-2-7 桿件尺寸圖	26
圖 3-2-8 空間框架尺寸模擬同	26
圖 3-2-9 M 單元尺寸圖	27
圖 3-2-10 空間框架尺寸修正	27
圖 3-3-1 基地窗面透視圖	28
圖 3-3-2 平板型接頭	28
圖 3-3-3 基地窗面透視圖	29
圖 3-3-4 方形柱狀接頭 1	29
圖 3-3-5 基地窗面透視圖	30
圖 3-3-6 方形柱狀接頭 2	30
圖 3-3-7 基地窗面透視圖	31
圖 3-3-8 圓管型接頭 1	31
圖 3-3-9 基地窗面透視圖	32
圖 3-3-10 圓管型接頭 2	32
圖 3-3-11 基地窗面透視圖	33
圖 3-3-12 柱加板接頭	33
圖 3-4-1 板狀系統 1	34
圖 3-4-2 方條系統 1	35
圖 3-4-3 方條系統 2	36
圖 3-4-4 圓條系統 1	37

圖 3-4-5 圓條系統 2	38
圖 3-4-6 特殊接法	39
圖 3-5-1 磚疊砌	40
(https://brickarchitecture.com/about-brick/brick-news/bricks-of-the-future)	
圖 3-5-2 循環漿體板材	40
圖 3-5-3~4 循環漿體板材與桿件之接合	41
圖 3-6-1 內外不同結構	42
圖 3-6-2 內外相同結構、不同尺寸	42
圖 3-6-3 內外相同結構、相同尺寸	42
圖 3-6-4 S size / 接頭到接頭之間長*寬 = 41*41 cm	43
圖 3-6-5 S size / TYPE 2 / 接頭到接頭之間長*寬 = 41*41 cm	43
圖 3-6-6 S size / TYPE 3 / 接頭到接頭之間長*寬 = 41*41 cm	44
圖 3-6-7 M size / 接頭到接頭之間長*寬 = 51*74.5 cm	44
圖 3-6-8 L size / 接頭到接頭之間長*寬 = 60*92 cm	44
第四章 循環漿體實驗研究	
圖 4-1-2 澆灌 7 日後	46
圖 4-1-3 澆灌一個月後	46
圖 4-1-4 澆灌 7 日後	47
圖 4-1-5 澆灌一個月後	47
圖 4-1-6 澆灌 7 日後	48
圖 4-1-7 灌一個月後	48
圖 4-1-8 澆灌 7 日後	49
圖 4-1-9 澆灌一個月後	49
圖 4-1-10 澆灌 7 日後	50
圖 4-1-11 澆灌一個月後	50
圖 4-1-12 澆灌 7 日後	51

圖 4-1-13 澆灌一個月後	51
圖 4-1-14 椅面單元 1	52
圖 4-1-15 澆灌一個月後	52
圖 4-1-16 椅面單元 2	53
圖 4-1-17 澆灌一個月後	53
圖 4-1-18 椅面單元 3	54
圖 4-1-19 澆灌一個月後	54
圖 4-1-20 展架單元 1	55
圖 4-1-21 澆灌一個月後	55
圖 4-1-22 展架單元 2	56
圖 4-1-23 澆灌一個月後	56
圖 4-1-24 展架單元 3	57
圖 4-1-25 澆灌七日後	57
圖 4-1-26 展架單元 4	58
圖 4-1-27 澆灌七日後	58
圖 4-1-28 於展架下方架高及墊鐵絲網	59
圖 4-1-29 填充顆粒狀之砂礫	59
圖 4-1-30 重複澆置爐石漿體直到框架與填充體完全澆結	60
圖 4-1-31 PVC 管，直徑 23mm	61
圖 4-1-32 澆灌一個月後	61
圖 4-2 循環材料應用	61

第五章 循環漿體與空間框架設計

圖 5-1-1 TYPE1&TYPE2 接頭	63
圖 5-1-2~3 接頭細部圖	64
圖 5-1-4 列印接頭組裝	65

圖 5-1-5~6 椅面漿體單元	66
圖 5-1-7 椅子&展架單元	67
圖 5-1-8 TYPE1 座椅爆炸圖	68
圖 5-1-9 TYPE1 座椅實體圖	69
圖 5-1-10 TYPE1 展架實體圖	70
圖 5-2-1 基地涵構 Local Context	71
圖 5-2-2 基地涵構 Local Context 比種加權	72
圖 5-3-1 60*60/120*120 單元	73
圖 5-3-2 60*60/120*120/120*180 單元	74
圖 5-3-3 60*60 單元	75
圖 5-3-4 連續街屋立面(不包括屋突)	75
圖 5-3-5 連續街屋立面(包括屋突)	77
圖 5-5-1 民族路基地升級/降級回收	79
圖 5-5-2 赤崁基地升級/降級回收	79

第六章 赤崁&民族路基地空間設計

圖 6-1-1 赤崁基地位置圖	80
圖 6-1-2 赤崁基地全區配置圖	81
圖 6-1-3 赤崁基地爆炸圖	82
圖 6-1-4 A-A'剖面圖	83
圖 6-1-5 B-B'剖面圖	83
圖 6-1-6 原赤崁老屋	84
圖 6-1-7 循環漿體&空間框架高架地板	84
圖 6-1-8 柱補強、開洞及空間框架層架系統	85
圖 6-1-9 下挖圖書空間&咖啡休息區	85
圖 6-1-10 觀海瞭望台&循環漿體雨遮	86

圖 6-1-11 循環漿體高架地板延伸戶外活動	86
圖 6-1-12 小型休息花園	87
圖 6-1-13 展覽、社交空間	87
圖 6-1-14 新立面露天電影院	88
圖 6-1-15 技藝傳承舞台	88
圖 6-1-16 空間框架兒童遊樂場	89
圖 6-1-17 半戶外假日市集	89
圖 6-2-1 民族路連續街屋基地配置圖	90
圖 6-2-2 1F 平面	91
圖 6-2-3 2F 平面	92
圖 6-2-4 2.5F 平面	93
圖 6-2-5 3F 平面	94
圖 6-2-6 4F 平面	95
圖 6-2-7 民族路 A-A'剖面圖	96
圖 6-2-8 民族路 B-B'剖面圖	97
圖 6-2-9 民族路基地細部透視圖	98
圖 6-3-1 1F 櫃台、展示區	99
圖 6-3-2 2F 循環材料展區	99
圖 6-3-3 2.5F 會議室	100
圖 6-3-4 3F 珠寶、水族蝦展示區	100
圖 6-3-5 4F 陽台，提供遮陰、通風	101
圖 6-3-6 街屋街景改造	101
圖 6-3-7 入口區	102
圖 6-3-8 圖書區	102
圖 6-3-9 眺海雨遮	103
圖 6-3-10 戶外活動區	103

附錄一 展覽版面與模型	109
附錄二 C-CUBE 研究室相關儀器說明	112
附錄三 抗壓測試	113



第壹章 緒論

1-1 研究動機

1-1-1 在地環境餘料運用及在地建築活化

澎湖島嶼獨有的地理位置及氣候特徵塑造了澎湖特有的在地文化，在過去因為地理位置的阻隔以及交通的不發達，澎湖發展出了一套自給自足的生活模式：以捕魚為生，同時也臨海而居。而在這個空間環境下，澎湖人逐漸衍伸出一套以海邊咾咕石為建材的以及砂矜為原料的灰窯產業，在 1948 -1695 年間更是澎湖石灰外銷台灣的高峰期。後因水泥業興起，石灰銷路大為萎縮，1973 年後幾近停滯，到 1997 年以後便徹底停止營業。

其中「砂矜」為珊瑚礁碎片與介殼類等之混合物，近期因為全球暖化影響以及政府的禁採令，造成澎湖沙灘砂矜堆積問題嚴重，同樣還有蚵殼堆積以及銀合歡肆虐的情況。

本論文以在地視角出發的設計思維，將一般人認為無法再利用的環境廢棄物以新的工法及設計方法轉變為可運用的環境餘料，以新資源的型態介入建築生命週期及離島永續循環等議題。



圖 1-1-1 澎湖環境餘料

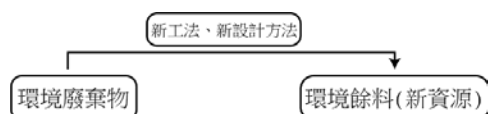


圖 1-1-2 環境廢棄物轉變

1-1-2 鹼激發循環漿體應用

現代建築大多以水泥作為主要澆灌材料，因為水泥帶來的高經濟效益以及低成本，可以有效的大量生產，然而水泥在膠結過程中排放的二氧化碳卻加速了全球暖化造成生態環境的破壞，在製造方面，因為低成本也導致建築製造沒有太大的突破，同時持續破壞著自然資源。

而鹼激發循環漿體為一種低水合熱的漿體，利用環境餘料作為骨材，其成品隨著配比不同可以發展出強度、韌性不同的結構系統。

本論文欲透過非水泥鹼激發循環漿體以及構築系統，來改善建築材料的價值，思考在循環經濟下的構築系統如何達到低耗能高利用的工法方式，以及成品能夠回應到不同的基地環境。

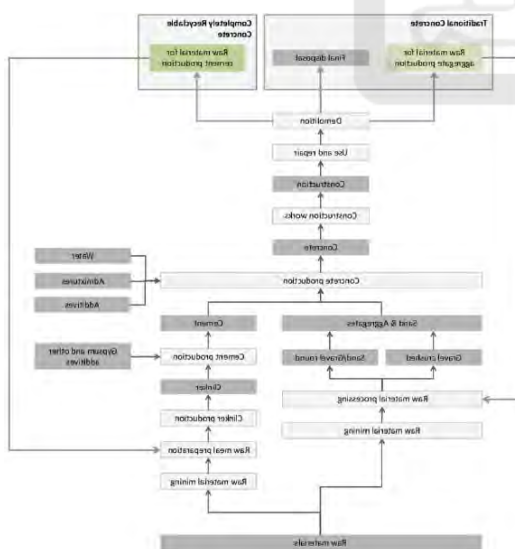


圖 1-1-3 水泥生命週期

<https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-concrete>

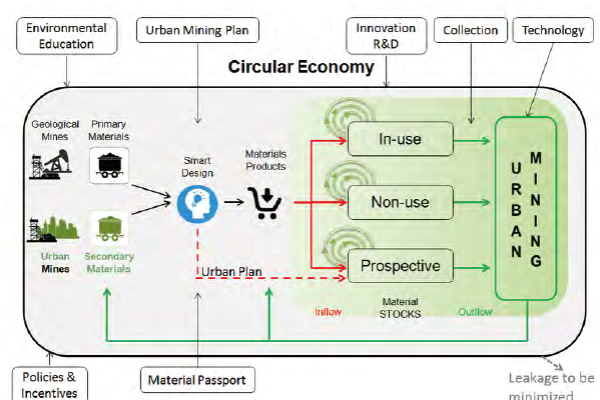


圖 1-1-4 循環經濟下的都市採礦

1-2 研究目的：循環漿體的另類永續實踐

1-2-1 新材料循環漿體升級回收再製

本研究以澎湖三大在地環境餘料為主體，企圖解決因生態環境的變遷，以及冬季強烈東北季風造成的砂矸堆積、大量蚵殼棄置於廢棄場問題、外來種銀合歡大面積繁殖問題，以此三大主體餘料，搭配苛化泥、一級汙泥、飛灰、矽酸鈣板、蛇紋石等進行強度測試，製作的材料索引表，可成為新的在地建材使用。



圖 1-2-1 循環漿體

C-Cube 提供

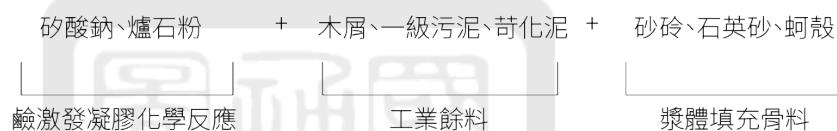
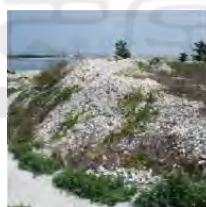


圖 1-2-2 鹼激發漿體原料組成



砂矸



蚵殼



蚵灰



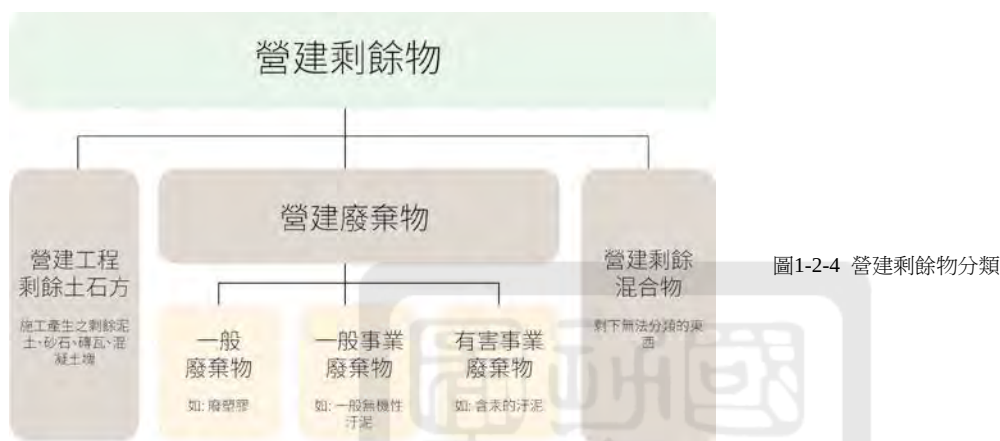
銀合歡/木屑

漿體中扮演角色	骨材、少量膠結材作用	骨材	將"蚵殼"與"糖水"、"糯米汁"加熱調和，為膠結材	餘料、纖維物質
成分	碳酸鈣 (CaCO ₃)、石灰石limestone	37.4%的鈣，和其他微量元素：鈉(0.594%)、鎂(0.269%)、鉀(0.012%)、鐵(0.034%)等組成	氧化鈣、二氧化矽	幼葉及其莢果含豐富蛋白質
堆積&分布	澎湖沙灘沿岸堆積50-150cm	2020澎湖蚵殼產量(公噸):1549 廢殼重量(公噸):12908 澎湖牡蠣養殖面積:102立方公尺		澎湖分布面積超過1300公頃 每年單株銀合歡大約製造出一至兩萬粒種子，高度密集的墾丁地區，植株密度每公頃約有五千至一萬八千株

表1-2-3 澎湖三大環境餘料

1-2-2 循環經濟下的離島採礦

澎湖於民國 95 年以前，垃圾主要以掩埋方式處理，但垃圾量隨著時間慢慢的累積，縣內各個掩埋場面臨飽和狀態，因未獲得中央環保署的支持於澎湖興建焚化爐，故澎湖每天平均以近 65 公噸的垃圾量，封裝後跨海運送至高雄市等縣市代為焚化。



其中澎湖縣 110 年度一般廢棄物量可到 51738 公噸，回收率為 54.84%，相較於台北市 72.55%、高雄市 63.03%，因交通限制、人力、成本等等因素，導致回收率低，也有許多非法棄置營建剩餘物的問題。



圖1-2-5 營建剩餘物回收利用方式

廢塑膠處理方式幾乎為送至焚化爐處理，而本研究試圖從離島回收之廢塑膠再利用，將可用之水管再利用為空間框架系統之桿件。

1-2-3 對於建造組構的另類永續實踐

現今的水泥漿體單元的營造施工過程大約可分為濕式/乾式構造，其中濕式構造建築物在砌造過程中，需使用加水調和的水泥砂漿作為單元之間的黏著劑，但卻會造成白華的產生。

而乾式構造則經過模矩化設計，將單元大量生產後再運至工地組構而成，由於現場施工過程中，僅需將各組成單元拼構而成，不須應用水分之構築方式，具有省工、省料、經濟的特點，由於材料規格化、構材模矩化、生產標準化，更符合經濟原則且不受天候的限制，故能縮短工期等。

而本論文偏向以後者的方式，經由設計一套模矩化的組裝系統，可以快速的配合設計同時兼具結構形式，提供一套不受空間地形的限制的開放式設計系統。



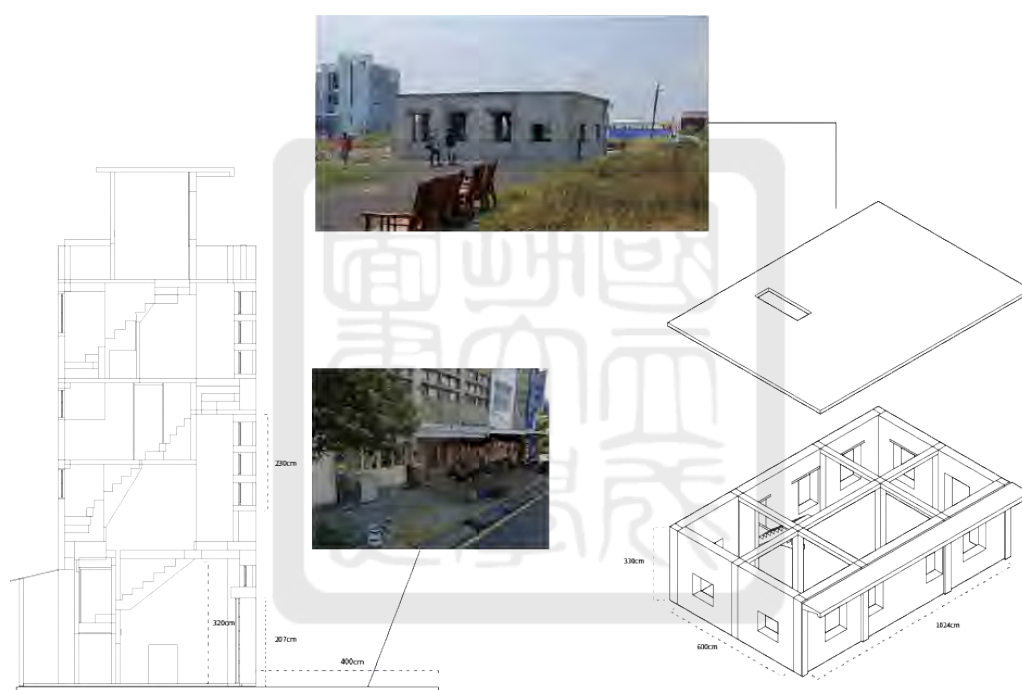
低耗能的兩層樓開放式設計房屋，任何人都可以在幾天內下載、改造、列印和組裝

圖1-2-6 WikiHouse 4.0 London

<https://www.archdaily.com/550093/wikihouse-unveils-world-s-first-two-storey-open-source-house-at-london-design-festival>

1-2-4 現有澎湖歷史空間再造

基地為澎湖縣馬公市民族路 32 號的街屋以及赤崁博藤老屋，未來將成為澎湖循環材料展示基地，內部有販賣觀賞蝦和珠寶的需求。本研究將針對當地街屋立面思考填充材與現有框架系統的施工與設計應用，使用當地環境廢棄物為營建構材。以該基地以及當地特有廢棄物材料成為第一個示範場域，未來延伸應用至台灣常見的街屋立面以及其他當地建築餘料再利用。



	基地：澎湖縣馬公市民族路32號	基地：澎湖縣白沙鄉赤崁村
牆面材質、厚度	RC、洗石子牆面抗強風，牆厚約33cm，隔間牆約10cm	咾咕石牆面，牆厚約40cm
建築方位走向	西-北走向，下午有西曬問題	面朝東北，冬季面朝強烈東北季風，牆壁沒有做防水處理，下雨時需要考慮內壁出水的狀況
周邊環境	人行道約4m，旁邊有遮蔽物形成鄰里聊天的空間，招牌多為直立式、台階扮演公共與私密的中介功能	周圍空曠無遮蔽物
預期單元系統	1f 適合具有承重能力的系統，2f以上則是輕量化的系統	能承重與輕量化系統同時存在，需考慮兩個系統的接合，同時要考慮耐用性

表 1-2-7 澎湖民族路、赤崁基地分析比較

1-3 研究方法與流程

第一階段: 透過文獻和案例研究將現今常見的工法整理並分析，找出其中優劣

第二階段: 分析基地環境與問題，選定特定幾種材料透過材料實驗與分析，試圖找出一套適用於基地的高利用價值的施工與回收工法，以及對於基地街屋立面的延伸應用探討

第三階段: 設計結果整理/分析，建構除了選用地方材料應用於基地街屋立面外將來可以應用回台灣街屋立面的系統

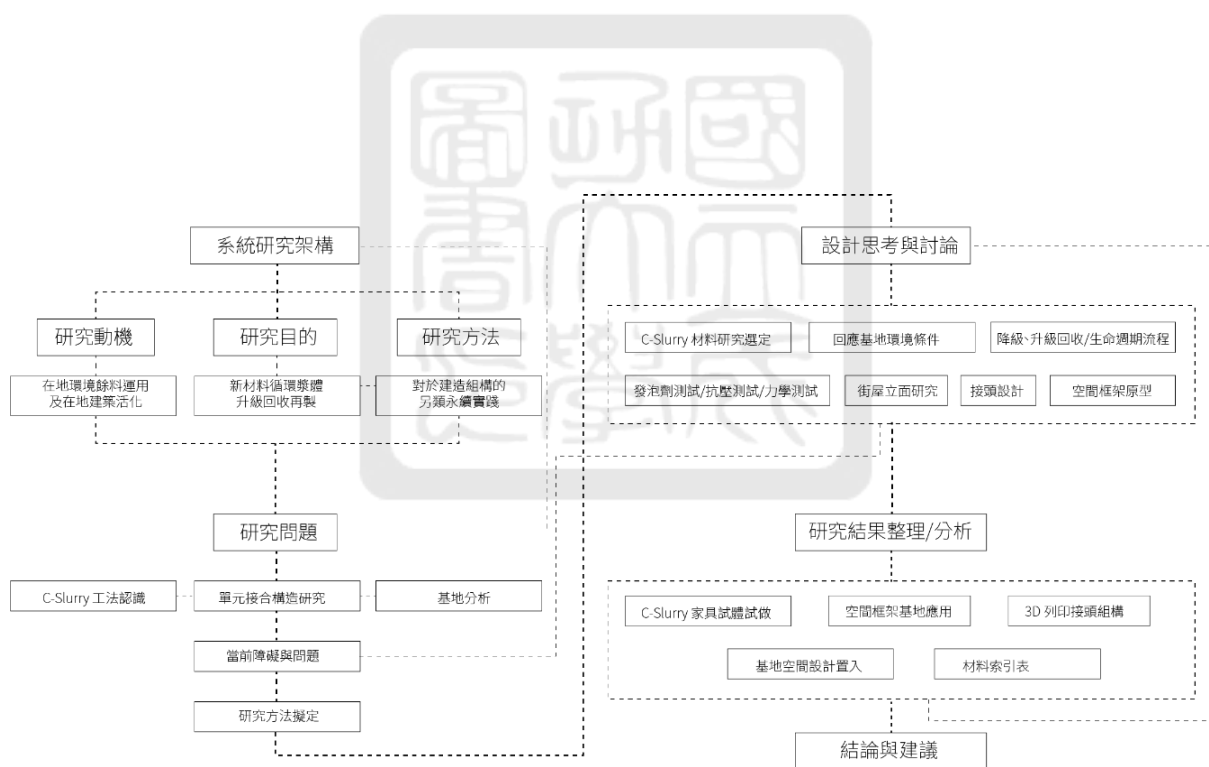


圖 1-3-1 設計研究流程圖

第貳章 文獻回顧

2-1 漿體單元應用&組裝施工案例

2-1-1 營建施工法案例

本研究於文獻回顧案例著重於幾個不同面向，分別為「營建施工法」、「漿體澆灌法」、「帷幕牆吊裝法」、「單元接合工法」、「家具接頭工法」。每個面向將涉略設計之生命週期，從生產、運輸、組裝、拆解、回收、再利用接做有系統之探討。

本研究之一大宗旨即將循環漿體以更系統化之方式了解於每個階段所涉入的程度，以及從原本之循環漿體本身之單元接合，擴展為更具規模化、模矩化同時兼顧設計彈性。同時更強調於現代手作之重要性，即便無經驗亦能精確施工，依照個人喜好組裝。



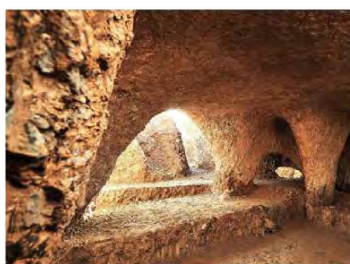
預鑄混凝土系統



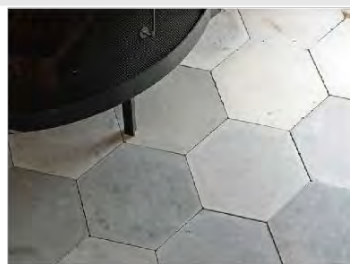
擋土牆單元系統



石材插銷系統



澆灌系統



榫接磚系統



小單元金屬連接系統

圖2-1-1 營建施工法

<https://builtffsite.com.au/news/low-carbon-concrete/>

<https://megaton.smartweb.tw/index.php?module=product&mn=1&f=content&tid=35446>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Le_Dynasty%2C_15th_Century

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Le_Dynasty%2C_15th_Century_%2C_Brick_and_Mortise_%26_Tenon_Construction_%289738938866%29.jpg

<https://www.wowlavie.com/article/ae2100387>

<https://www.pinterest.fr/pin/478085316671668214/>

https://www.team20map.com/art_works/1207

2-1-2 漿體澆灌案例

HANDS ON / Tejo Remy & René Veenhuizen

將塑膠材質之防水布做成模具，混凝土本身含有金屬纖維，澆灌兩周內乾燥

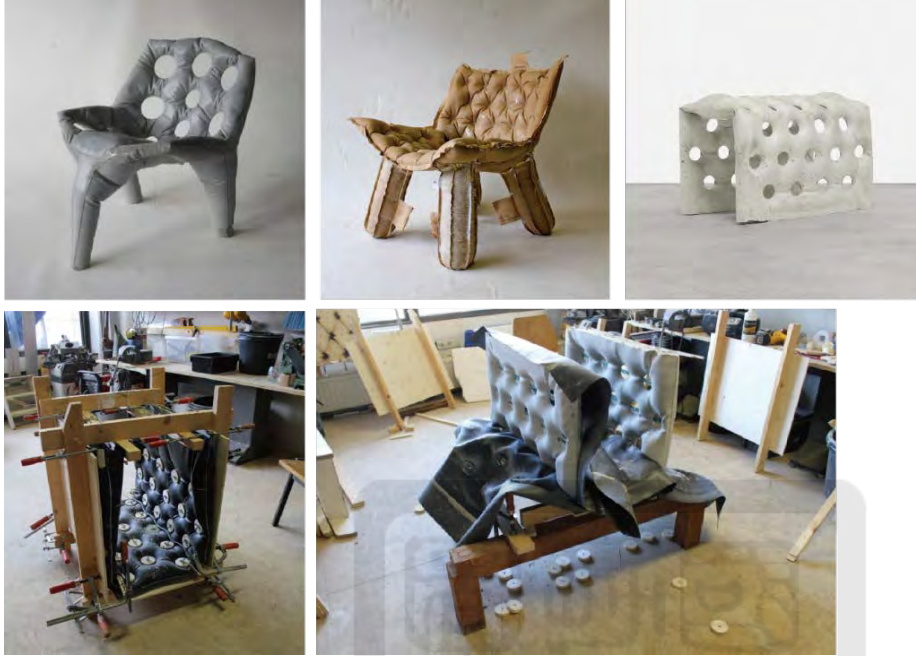


圖2-1-2 漿體澆置過程 <https://www.dezeen.com/2010/03/18/concrete-chair-by-tejo-remy-renee-veenhuizen/>

Janwillem Van Maele / Mass IIII

將織物織成網狀釘於木板上，並於其中置入鋼筋增加韌性



將織物織成網狀並將其釘在圓形板上而製成的



把布料釘在一個木板上，該板在整個生產過程中保持不變，因此每張桌子都具有相同的直徑，盤子是桌面的模具

圖2-1-3 椅子單元模具 <https://www.dezeen.com/2010/09/01/mass-iiii-by-janwillem-van-maele/>

2-1-3 帷幕牆吊裝案例

GU2787 Apartment Building / Arqtipo + SCANW Arqs

建築物的結構和皮層採用鋼筋混凝土，皮層採用現場預製的輕質混凝土塊，單元間使用鐵件接合



圖2-1-4 椅子單元模具 <https://www.archdaily.com/880815/gu2787-apartment-building-arqtipo-plus-scanw-arqs>

Brick Pattern House / Alireza Mashhadmirza

考量到低預算，發明”工法 23”方便組裝。內容為 23 排磚塊、23 塊切片磚塊、23 盒磚塊和 23 列結構支撐，每一塊都有一個代碼來標識位置和方向

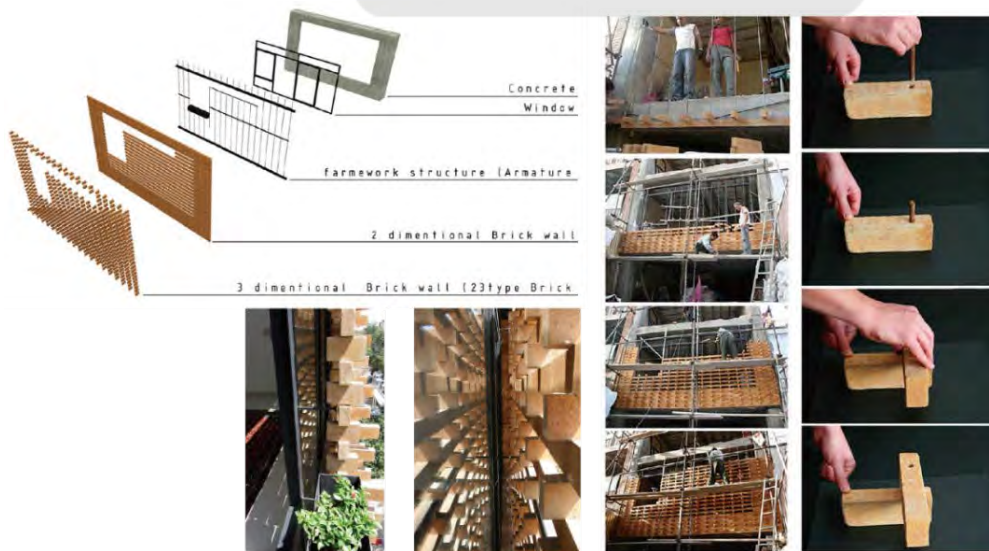


圖2-1-5 帷幕牆施工法 <https://www.archdaily.com/298353/brick-pattern-house-alireza-mashhadmirza>

2-1-3 帷幕牆吊掛案例

Colegio de las Teresianas / Pich Architects

使用懸掛式金屬結構，在組裝前可折疊放置，且不需要複雜程序即可安裝

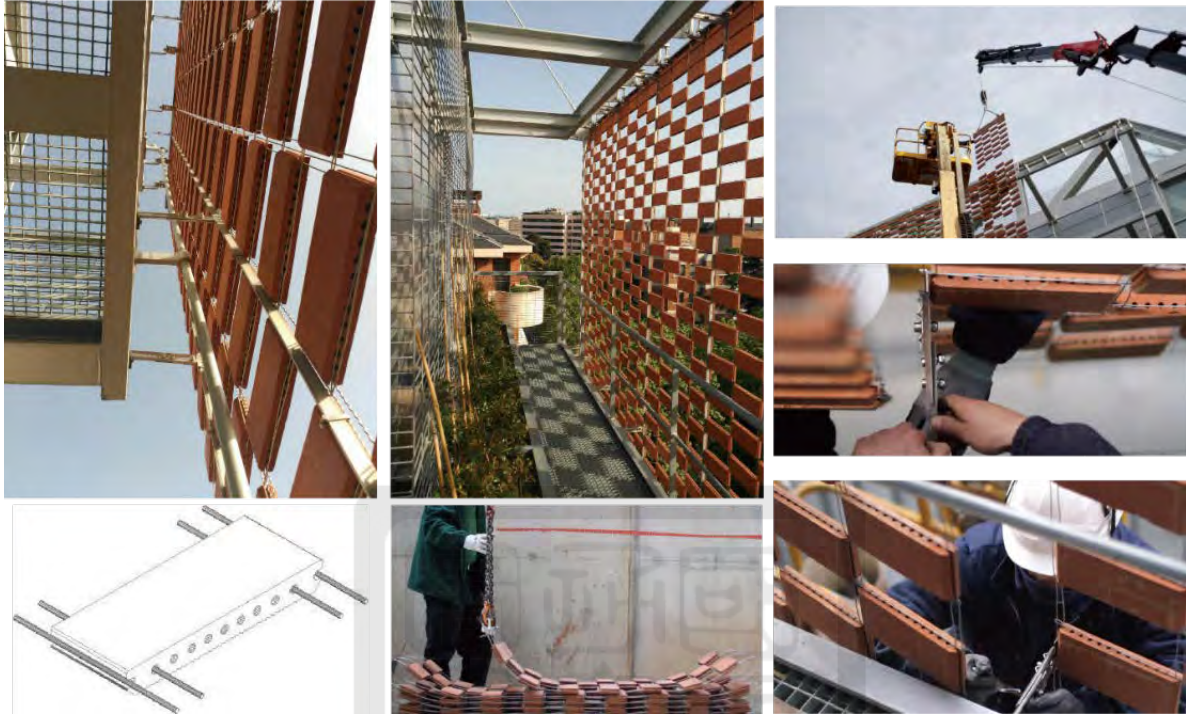


圖2-1-6 組裝流程 <https://www.picharchitects.com/portfolio-items/ampliacion-escuela-teresianas-ganduxer/>

Prosolve 370e / Elegant Embellishments

由兩塊陶瓷單元塊體組合而成，使用螺栓固定於後方之鐵件，本研究循環漿體與空間框架之組構關係類似於此種結構

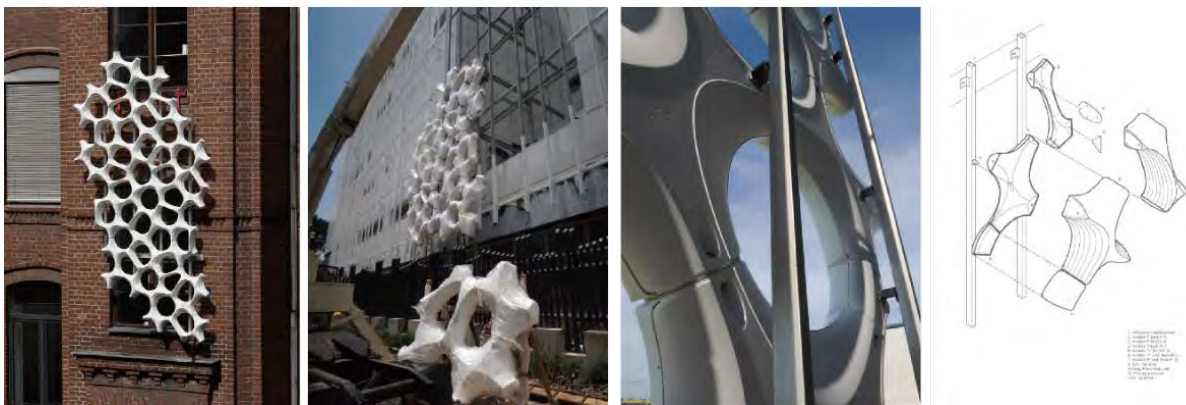


圖2-1-7 單元組構&後方結構桿件 <https://www.designboom.com/design/elegant-embellishments-ltd-prosolve-370e-at-dmy-berlin-design-festival-09/>

2-1-4 單元接合案例

Scale / Benjamin Hubert

瓷磚使用磁性固定件簡單地夾在框架上。為了應對靈活工作空間的增長趨勢，結構易於修改，瓷磚易於互換，這使得組裝和拆卸變得簡單



由壓制的回收大麻吸音磚組成，夾在安裝在牆上的注塑成型可回收 ABS 框架上



330 毫米 x 330 毫米的瓷磚具有較大的表面積，可實現超高效的音頻吸收

圖2-1-8 組裝流程 <https://www.designboom.com/design/benjamin-hubert-layer-design-scale-modular-acoustic-partition-system-12-04-2015/>

Scale / Benjamin Hubert

將空心磚單元疊放，中間穿插鋼筋並加水泥砂漿固定

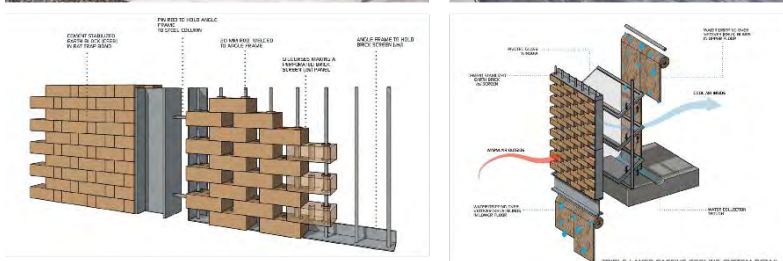


圖 2-1-9 組裝流程

<https://lumaa.co/portfolio/terra-rosa-rosales/>

2-1-5 家具接頭案例

DOUBLE DUTY SEATING / Benjamin Migliore

使用三角形桁架結構以及多接口接頭製作簡易可組裝座椅



圖2-1-10 簡易家具 <https://www.yankodesign.com/2014/01/20/double-duty-seating/>

Plumb Modular Furniture / Sehun oh design

使用 3D 列印模矩化接頭，並改良接頭減少材料使用，更輕量化

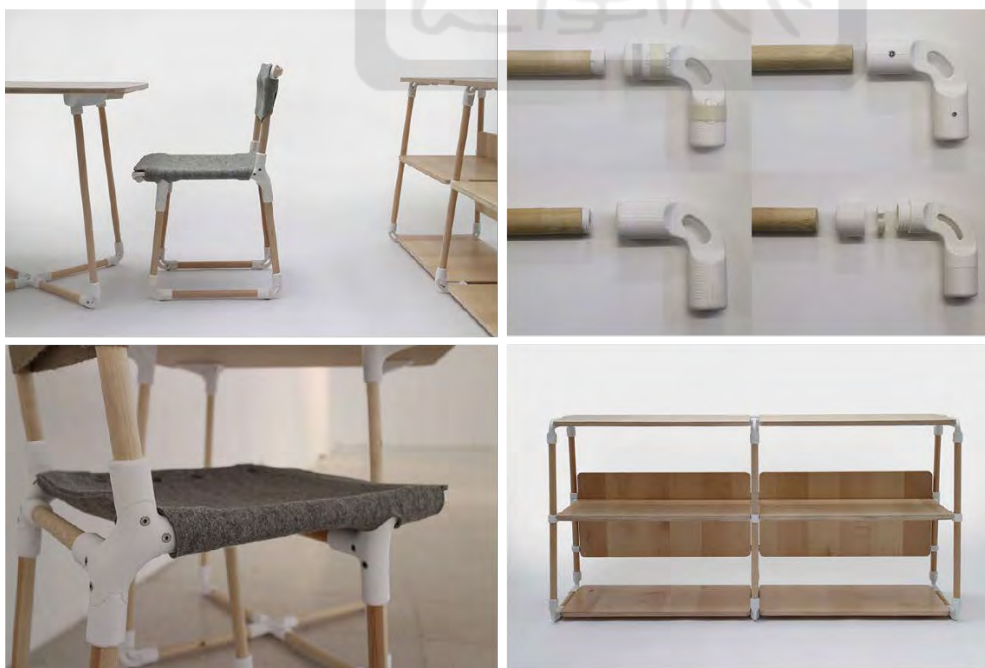


圖 2-1-11

接頭結合桿件、板材

<http://www.sehunoh.com/plumb.html>

2-2 澎湖之地方營造

2-2-1 澎湖民宅構築型式

澎湖傳統民宅主要承繼閩南建築之式樣，建築類型以「四櫺頭」為主。四櫺頭為澎湖傳統合院之俗稱，其平面呈「」字型或「口」字型。澎湖因為氣候環境，民宅多於廳前加「亭」以防風吹日曬，入口以門樓居多。



圖 2-2-1 澎湖傳統民宅建築類型、平面布局

張宇彤(2011:197)

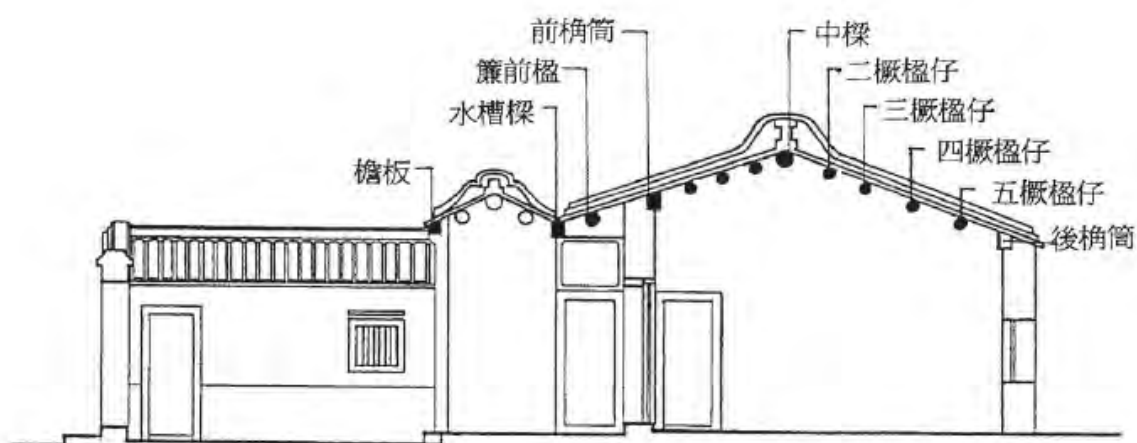


圖2-2-2 澎湖傳統民宅構造形式 張宇彤 (2011:198)

2-2-1 澎湖民宅構築型式

澎湖材料在經濟條件的限制下，立面形式豐富性較低。日治時期以前，立面主要為灰黑色的砧石壁及紅瓦屋面，日治以後，隨著洗石子、彩繪磚及水泥模的使用，建築裝飾才漸趨於繁複。



石過路收頭

牆街或欄杆收頭

門樓

以院牆界定之入口形式



門樓磚坪複合式

過水亭

前磚坪

圖2-2-3 澎湖傳統民宅之入口形式 張宇彤(2011:200)



師公翹

八卦樓



如意樓



三山樓

圖 2-2-4 門樓類型

張宇彤(2011:201)

2-2-2 澎湖菜宅構築型式

澎湖因為地勢平坦無高山，加上每年十月到隔年四月皆有強烈的東北季風，且從海水帶來的鹹風鹹雨，造成農作物無法正常生長。當地居民趁著海水退潮時去岸邊挖掘咾咕石以及玄武岩，用以疊砌咾咕石做成之石牆來抵擋東北季風侵蝕農作物。澎湖之菜宅會因為地點、建物或是道路而有所差異，但大多為矩形之形式。

在疊砌菜宅前通常會先安頓好地基，先在地基挖深約一呎的土溝，並在其中放入大塊之石頭固定，接著以交丁之方式疊砌。玄武岩疊砌之壁體通常防風效果不如咾咕石，而壁體分為單面壁以及雙面壁，單面壁的牆身使用一層石塊頂砌砌成，越往下的石塊越大越穩固，牆體高度通常為 150-200 公分。

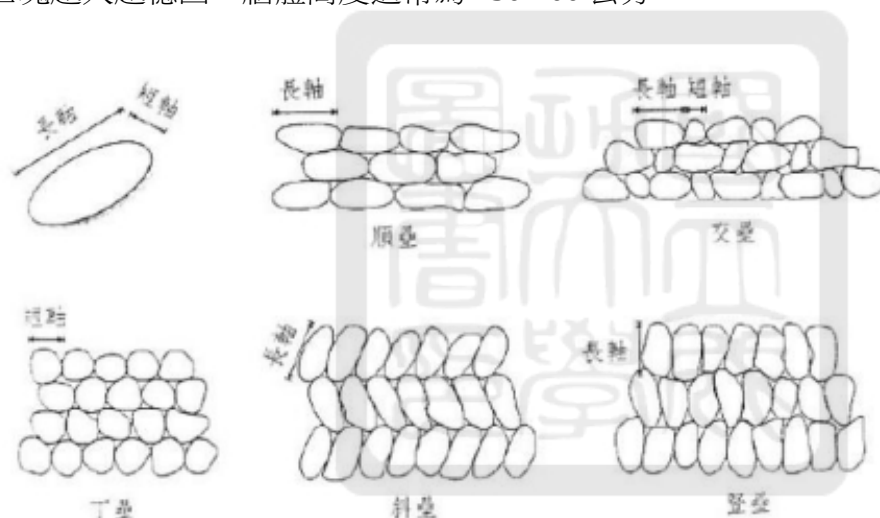


圖2-2-5
菜宅砌法
林鎮洋(2004)



圖 2-2-6 雙面壁(左)
單面壁(右)

澎湖南方四島菜宅景
觀保存與活化再利用
(2014)

2-2-3 研究範圍與對象選定

本論文設計透過相關案例及澎湖地方營造相關文獻思考設計介入的角度，了解到利用構築和接合方式改變材料本身的價值，突破單純材料的限制，並在普遍地方營造系統與資源缺乏及不完整下，建立適合地方的營造構築系統。

早期澎湖的咾咕石牆因為澎湖少雨、強風的特性，發展出以疊砌為主的構造方式，並且厚重低矮，內部為住宅或是種植蔬菜，稱為菜宅，而本研究試圖從澎湖環境餘料與循環漿體做為研究對象，以乾式施工為基礎，發展出一套空間框架系統與循環漿體單元接合工法，突破傳統 2D 的構造，以空間 3D 的角度思考如何讓建材模組化，以滿足可複製組裝的空間系統，同時因為可組裝的特性，新工法新材料可以重新回到地方，與當地居民合力構築，也增加離島與本島交通之間的便利性。

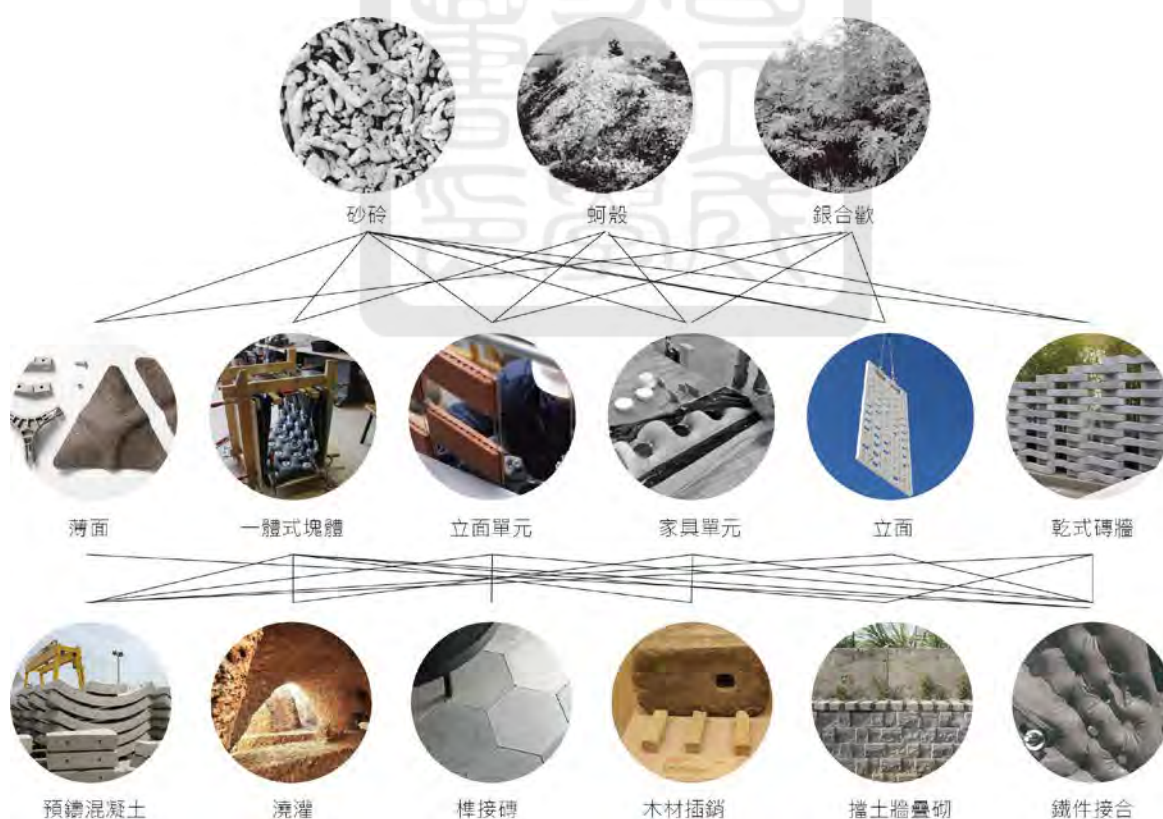


圖 2-2-7 材料與構築之關聯性

第參章 環境餘料及空間框架單元之組構研究

3-1 回應基地現況

3-1-1 民族路街屋分析

民族路基地位於馬公市，為市區街屋的典型代表，周遭坐擁許多歷史古蹟，距離南邊的澎湖天后宮、洪根深美術館只有幾分鐘的路程，也離東南方老街、四眼井步行五分鐘的距離，而北邊則接近交通樞紐馬公客運轉運中心。基地也在未來計畫徒步區的指定巷道範圍內。

在澎湖觀光的大力推動下，基地很有潛力在將來成為循環材料示範場域，為喚醒澎湖循環經濟意識的重要場域，其連續街屋立面也可以成為循環材料的新地標。

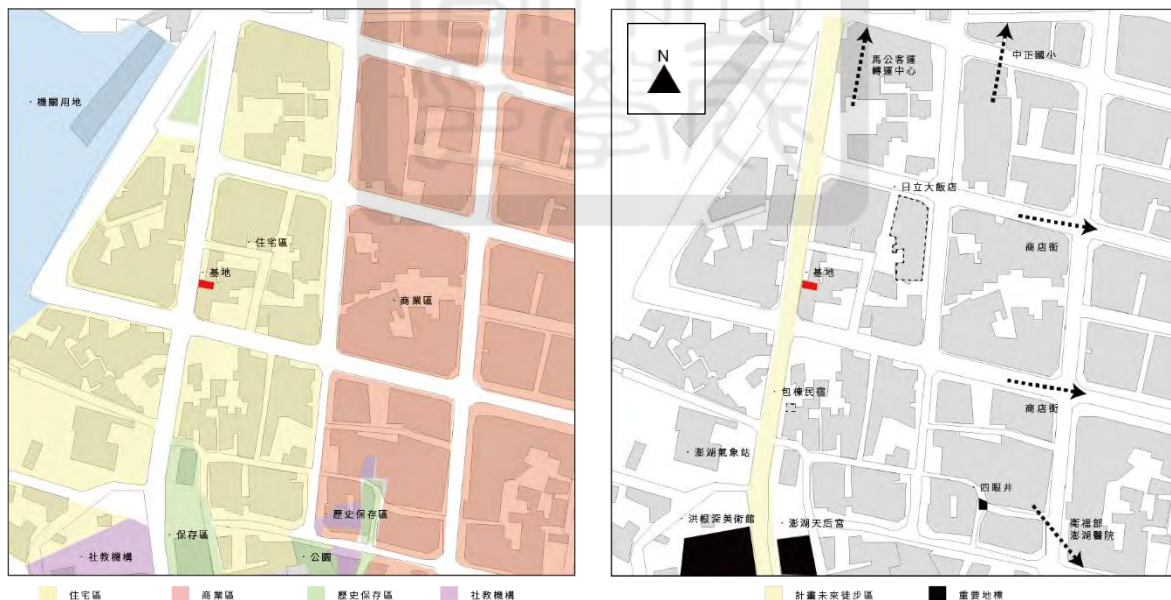


圖 3-1-1 基地周遭使用分區 & 重要結點分析



側立面



正立面

圖 3-1-2 基地立面

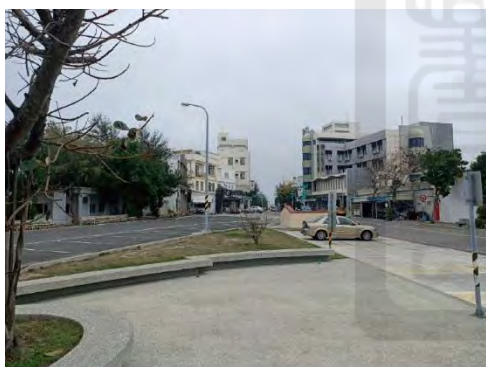


圖 3-1-3 基地沿路街景

3-1-2 民族路街屋使用需求

本論文研究基地為業主澎湖蕭先生夫婦所擁有，有幸透過劉舜仁教授工作團隊與之接觸，透過討論交流了解其內部未來使用需求，為將來極有可能真實實踐之場域。目前業主的規畫需求為 1-2.5F 為商業空間，會有販賣觀賞蝦、珠寶以及循環材料展示之需求，3-4F 則為小型辦公室、休息住宿空間，也需要在陽台加裝洗衣機等。因此本論文在分析、規劃、設計、組構上將會部分按照原本的使用需求進行調整。



圖 3-1-4 基地內部使用機能規劃

3-1-3 赤崁基地分析 & 使用需求

赤崁基地位於澎湖白沙鄉，其地理位置位於靠近北海遊客中心之小山丘上，其步行距離約為 10 分鐘，周遭空曠無建物，視野開放，可以北眺大海。其建築物為咾咕石疊砌再加上鋼筋混凝土加強澆灌而成，有一定歷史價值，但因其位置於冬季受強烈季風影響，寒冷且潮濕，夏季則炎熱無遮蔽物，大多牆面破損嚴重、鋼筋外露。業主蕭先生規劃於未來成為觀光咖啡店以及循環材料展示之基地，期望能成為北海新地標。



圖3-1-5 赤崁基地照片



圖 3-1-6 赤崁基地周圍環境分析

3-2 空間框架尺寸原型

3-2-1 民族路街屋 & 赤崁基地尺度規劃

藉由討論「建築尺度」、「室內尺度」、「室外尺度」的關係分析研究適合這兩個基地的空間框架原型，以及討論從 2D-3D 之框架變化及需求。

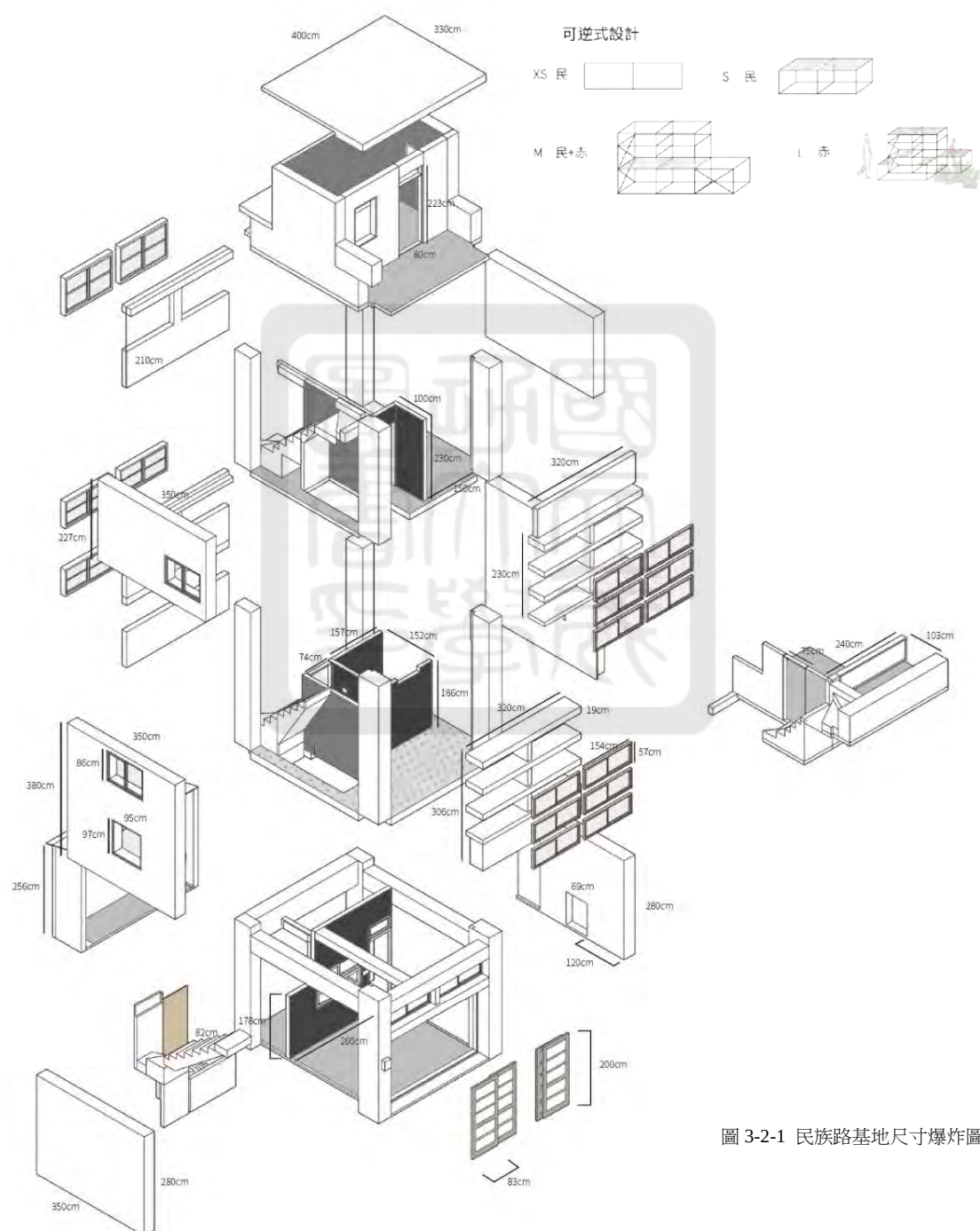
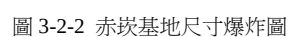


圖 3-2-1 民族路基地尺寸爆炸圖

「室外尺度」1 框架+填充單元 2 空間框架(3D) 3 人體活動尺度 4 戶外隔間單元



3-2-2 空間框架尺寸

由民族路及赤坎基地找到空間框架模組系統的基本尺寸，並探討不同尺度(XS、S、M、L)，於空間之使用情形

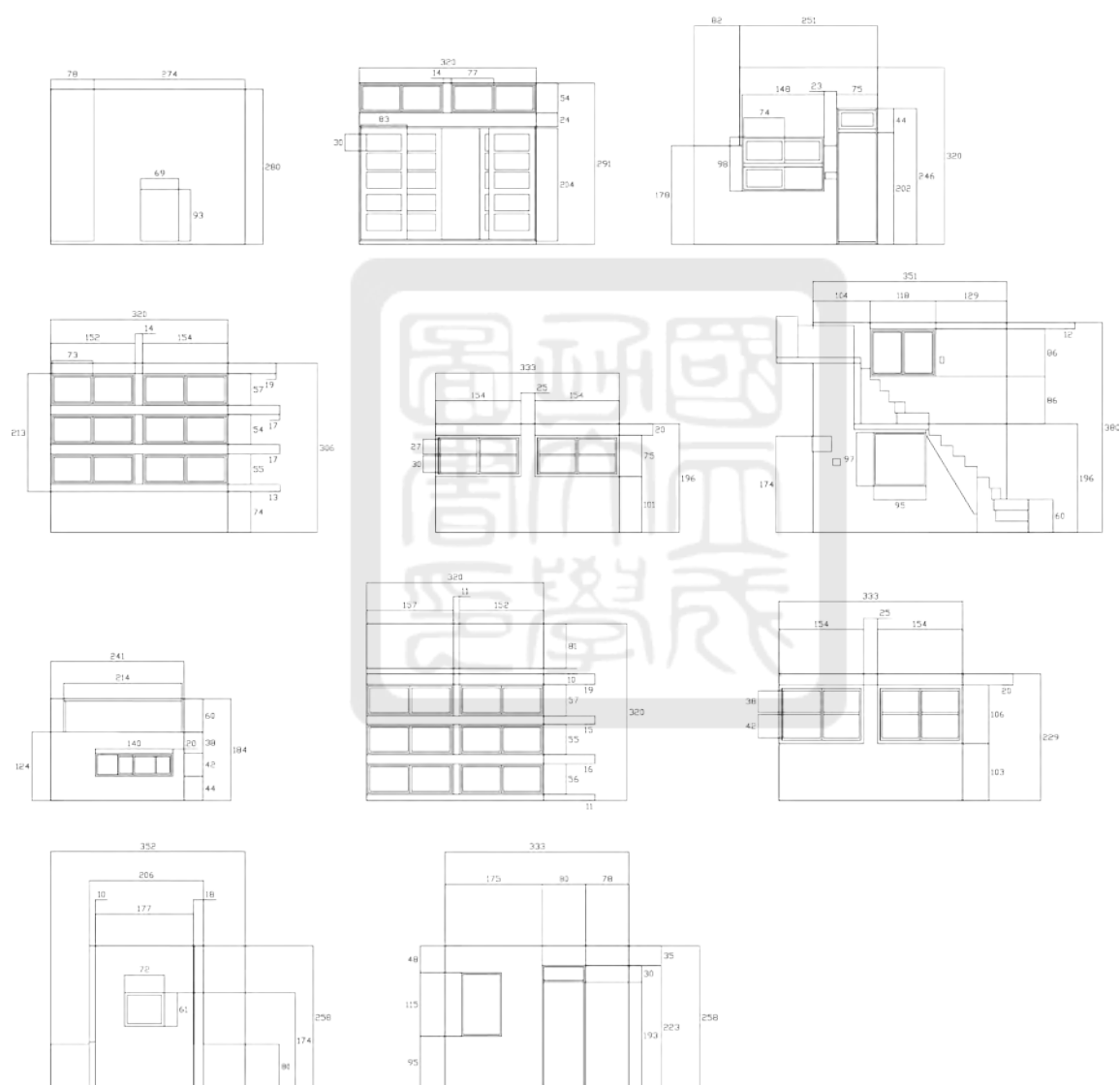


圖 3-2-3 民族路基地立面尺寸圖

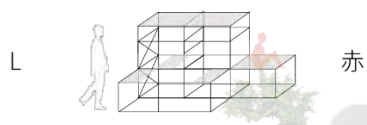
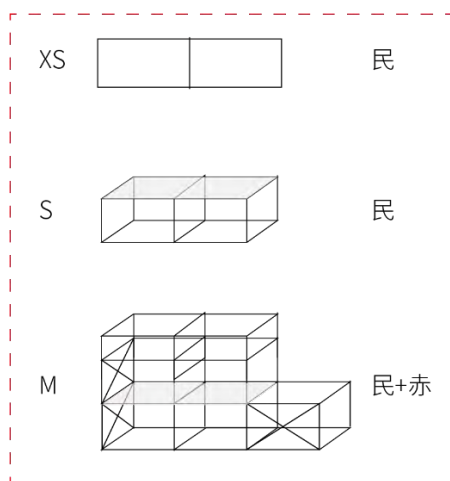


圖 3-2-4 民族路基地適用尺度

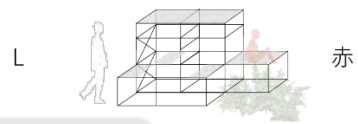
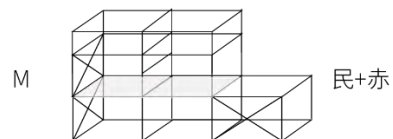
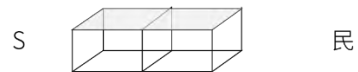


圖 3-2-5 赤坎基地適用尺度

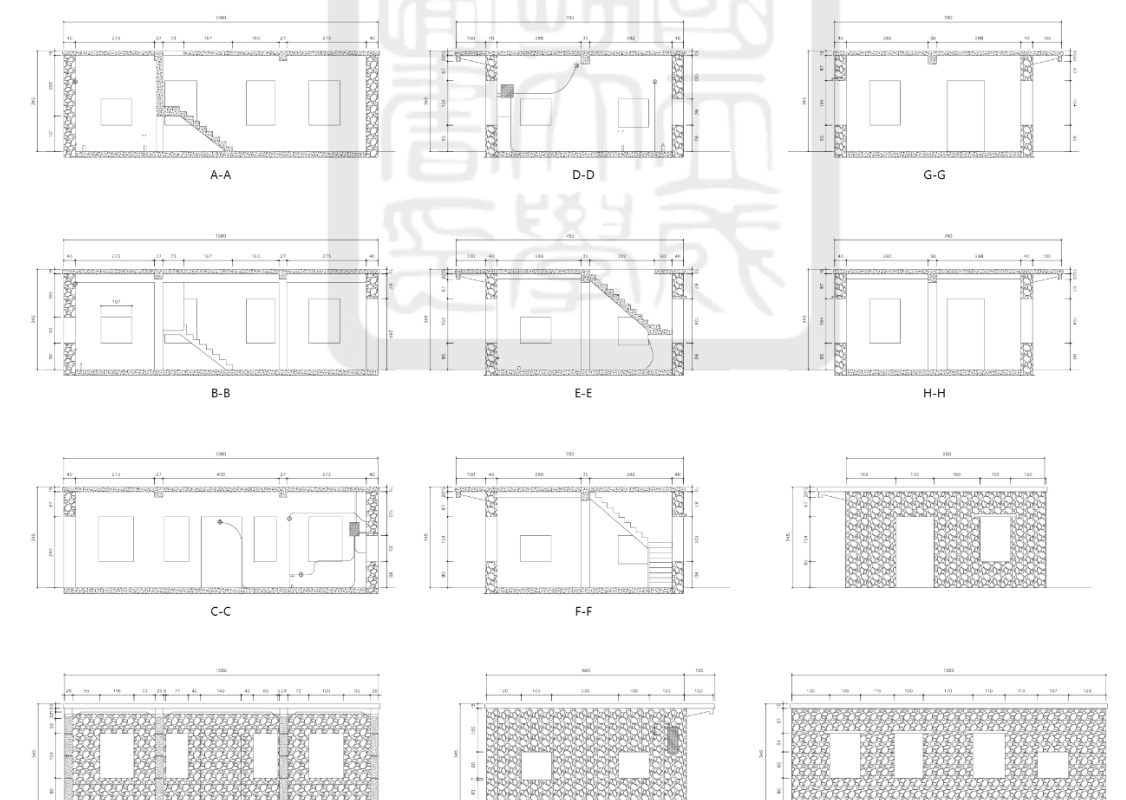


圖 3-2-6 赤坎基地剖面尺寸圖

桿件材質與尺寸探討(桿件材質以輕量化材質或是環境廢棄物為主) 後決定採用塑膠水管作為家具尺度使用，鐵管則做為立面框架使用。

而空間框架模擬圖則試圖找出兩基地共同尺寸之框架，以利未來模矩化使用。

方木條	矩形木條 (長*寬)	圓木條 (直徑)	鋼筋鐵條/直徑(cm)/單位重(kg/m)
1.2 cm	0.8 cm * 0.5 cm	1.5 cm	#3(D10) / 0.95 / 0.56
1.5 cm	1.2 cm * 0.5 cm	2.0 cm	#4(D12) / 1.27 / 0.996
1.8 cm	2.0 cm * 0.5 cm	3.0 cm	#5(D16) / 1.58 / 1.556
2.4 cm	2.3 cm * 0.8 cm	3.5 cm	#6(D19) / 1.9 / 2.24
2.7 cm	3.1 cm * 1.4 cm	4.0 cm	#7(D22) / 2.2 / 3.0
		4.5 cm	#8(D25) / 2.54 / 3.98

圖 3-2-7 桿件尺寸圖

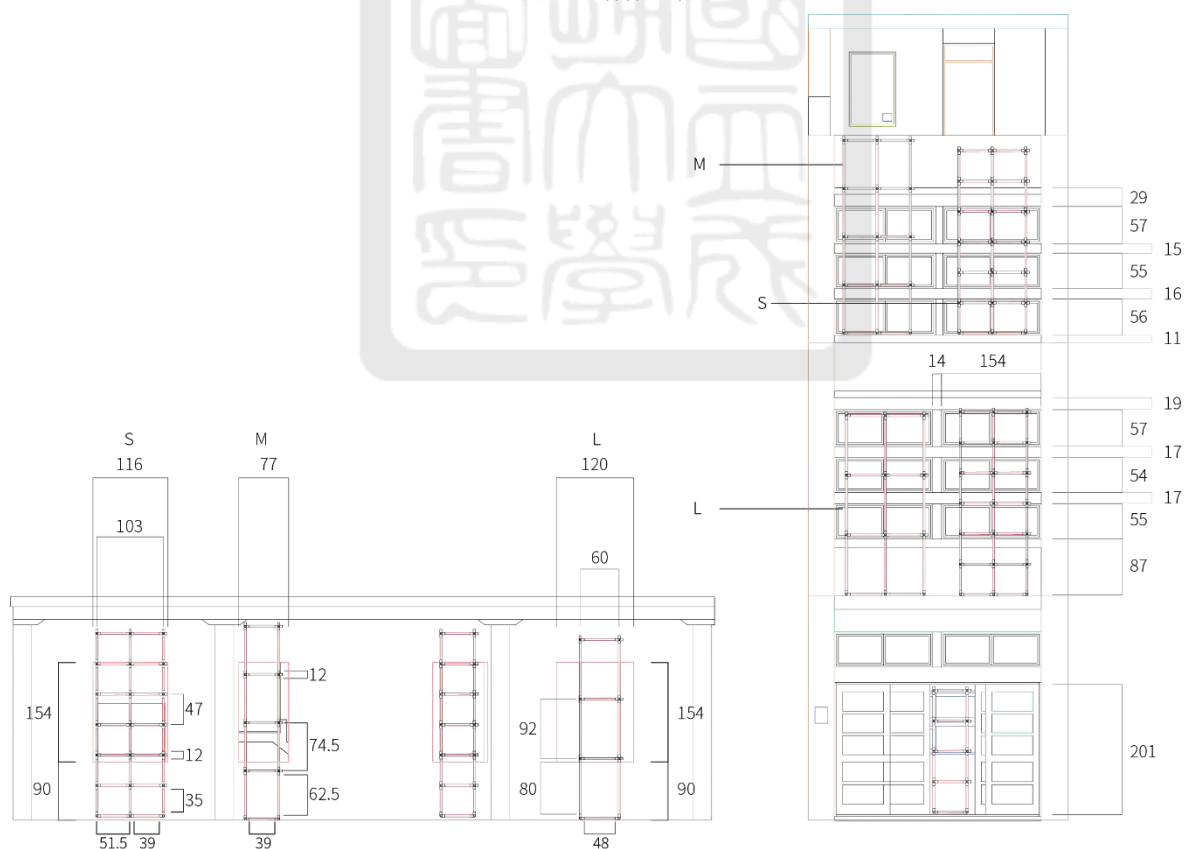


圖 3-2-8 空間框架尺寸模擬圖

空間框架基本尺寸原型由 57*57 CM 修正成 60*60 CM 之 M 單元組成，立面也從原本的分開上下討論變成一整面共同討論，30*30 CM 則為最小尺寸 S 單元，藉由最小單元 30 CM 來設計家具、天花、地板、隔間牆單元

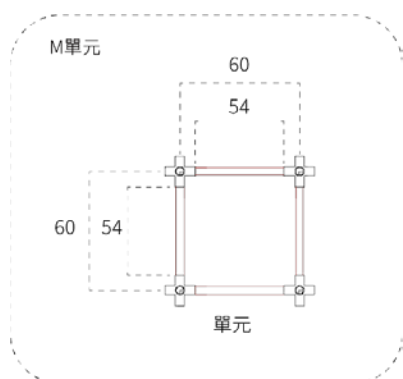


圖 3-2-9 M 單元尺寸圖

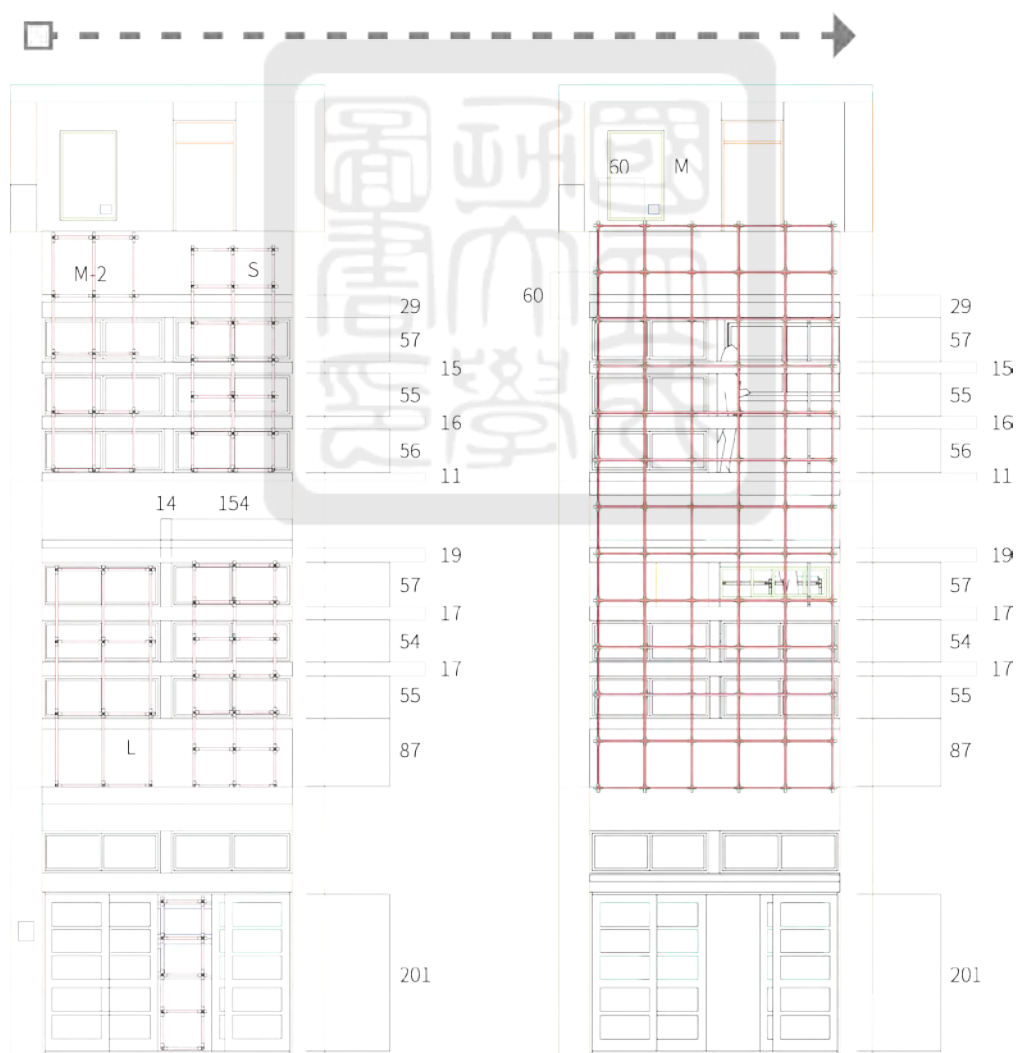


圖 3-2-10 空間框架尺寸修正

3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭樣式及尺寸

窗戶桁架、家具系統接頭原型 1:平板狀(厚度 2cm)

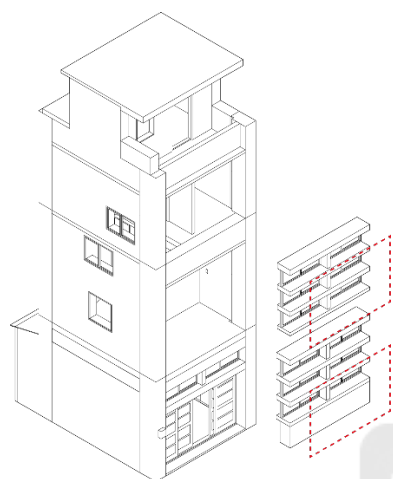
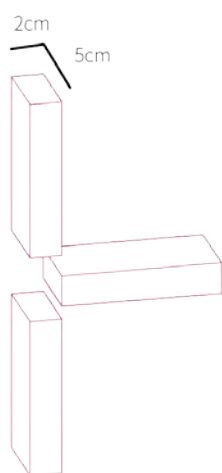


圖 3-3-1 基地窗面透視圖



假設厚度2cm之板材為參考

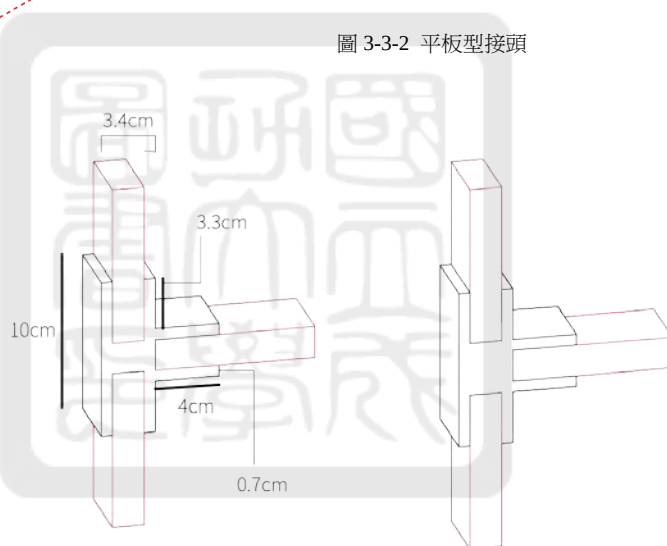
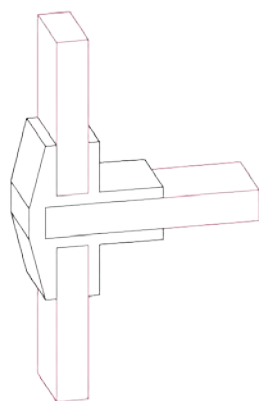


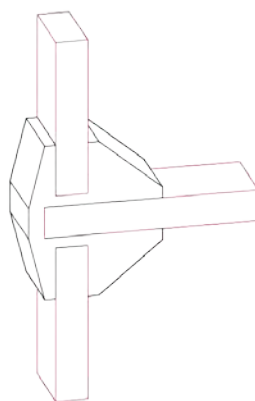
圖 3-3-2 平板型接頭

基本垂直正交型式

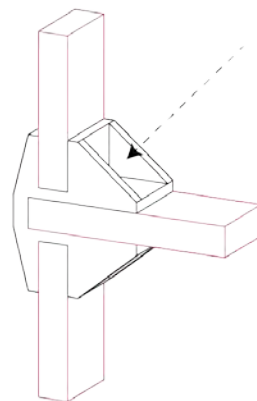
基本垂直正交型式2



減少材料、加強穩定性



增加梁端穩定性



輕量化節點、增加斜撐支點

3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭樣式及尺寸

窗戶桁架、家具系統接頭原型 2: 方形柱狀(厚度 2cm)

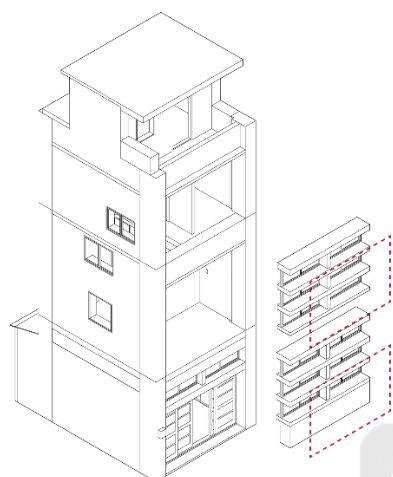
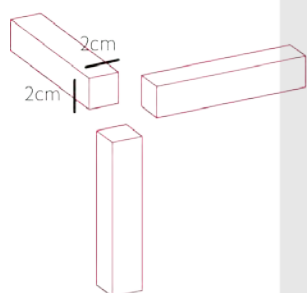
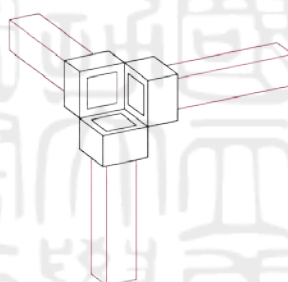


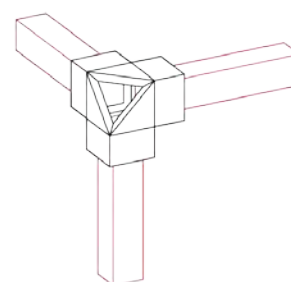
圖 3-3-3 基地窗面透視圖



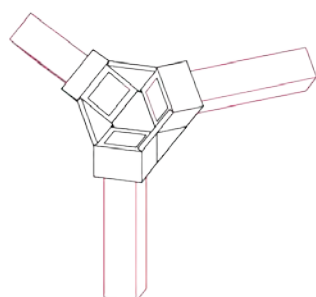
假設橫切面2*2cm方柱為參考



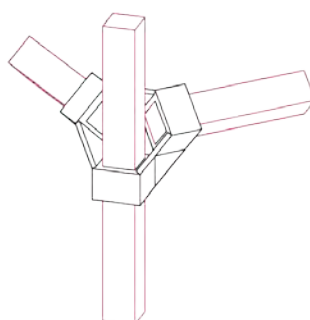
3cm 之方形接頭



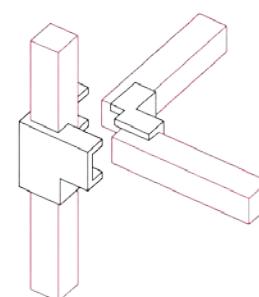
增加斜撐、但柱無法延伸出去



三接頭旋轉接合、增加上下斜撐



柱可穿越



拆解式接頭、以螺絲固定

3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭樣式及尺寸

窗戶桁架、家具系統接頭原型 3: 方形柱狀(厚度 2cm)

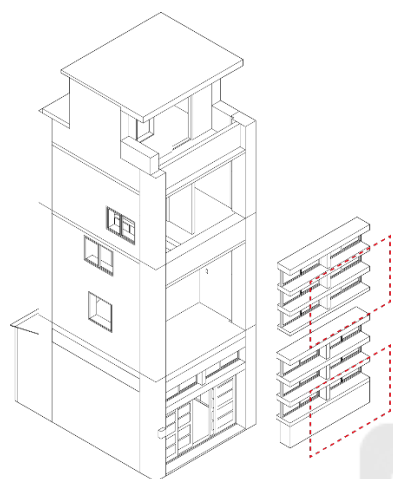
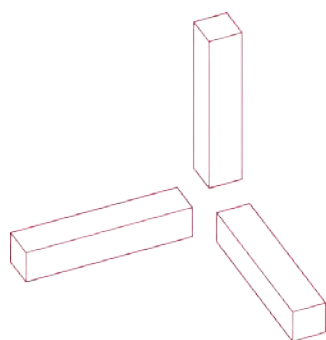
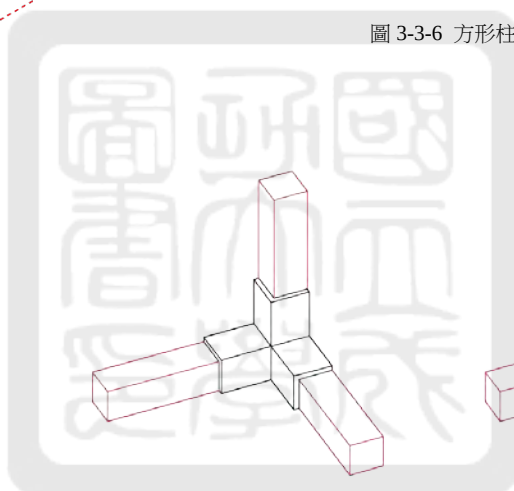


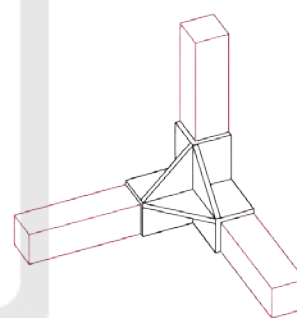
圖 3-3-5 基地窗面透視圖



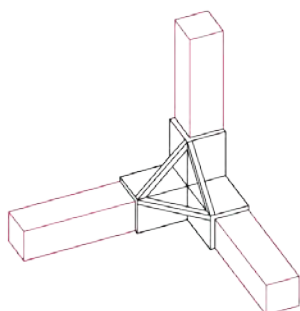
假設橫切面2*2cm方柱為參考



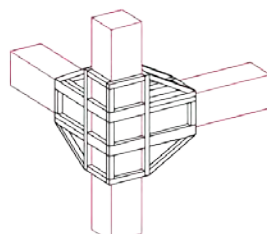
厚度0.3cm 之方形三角接頭



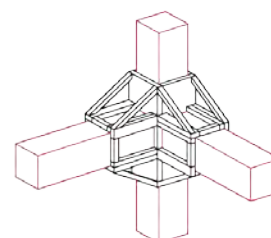
增加斜撐



斜撐輕量化



輕量化2



輕量化2，露出較多原結構物

3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭樣式及尺寸

窗戶桁架、家具系統接頭原型 4:圓管型(厚度 3cm)

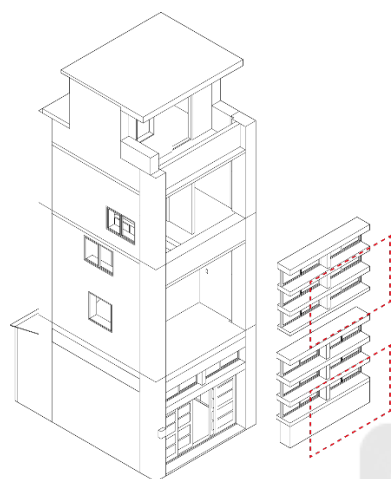
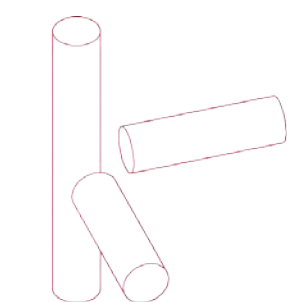
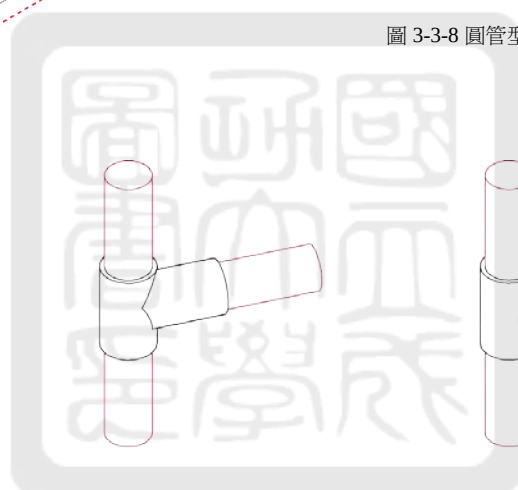


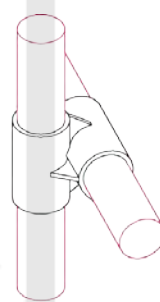
圖 3-3-7 基地窗面透視圖



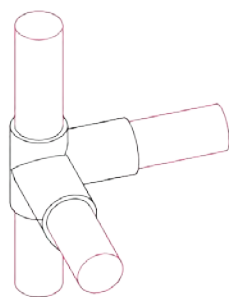
假設橫切面3*3cm圓木柱為參考



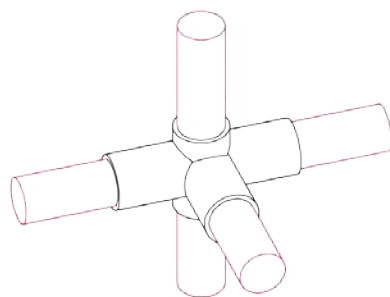
垂直接頭



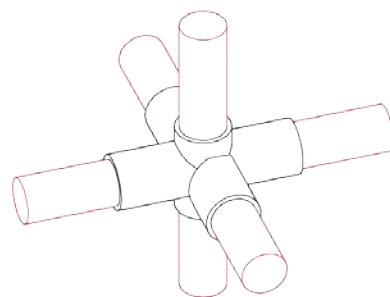
正交接頭



二頭接頭



三頭接頭



四頭接頭

3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭樣式及尺寸

窗戶桁架、家具系統接頭原型 5:圓管型(厚度 3cm)

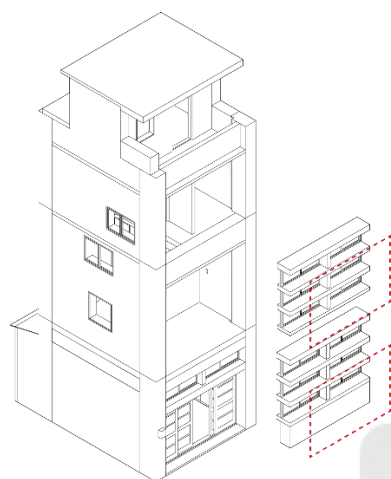
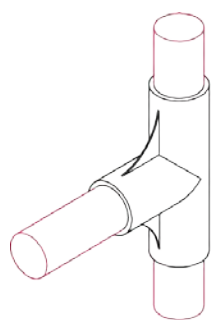
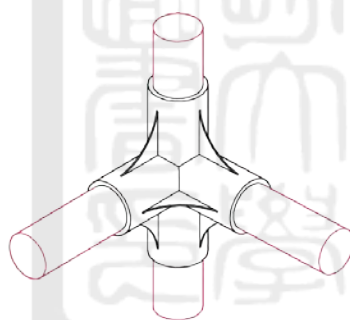


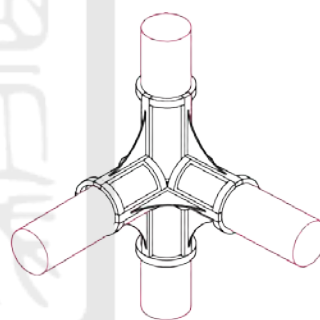
圖 3-3-9 基地窗面透視圖



假設橫切面3*3cm圓木柱為參考

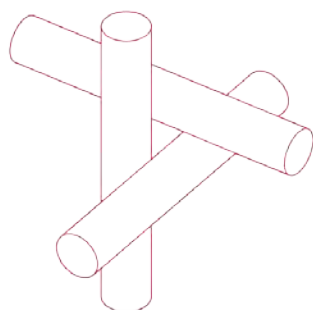


增加斜撐

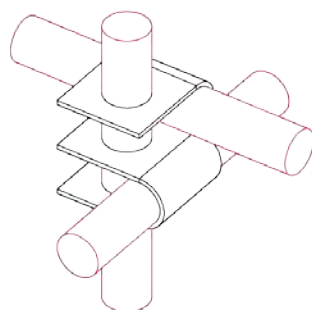


減少材料

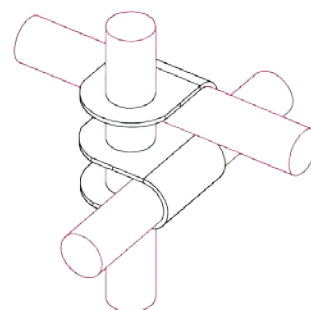
圖 3-3-10 圓管型接頭 2



交錯接合型式



型態1



型態2

3-3 3D 列印接頭原型(3D printing joints study)

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭樣式及尺寸

窗戶桁架、家具系統接頭原型 6:柱加板(厚度 2cm)

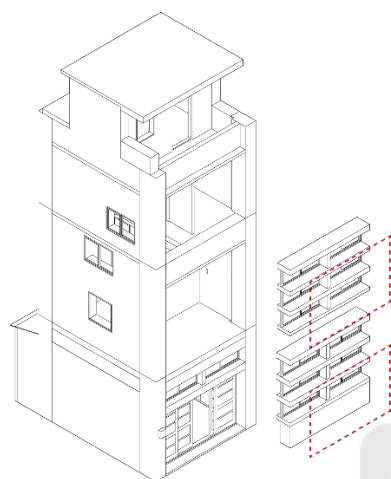


圖 3-3-11 基地窗面透視圖

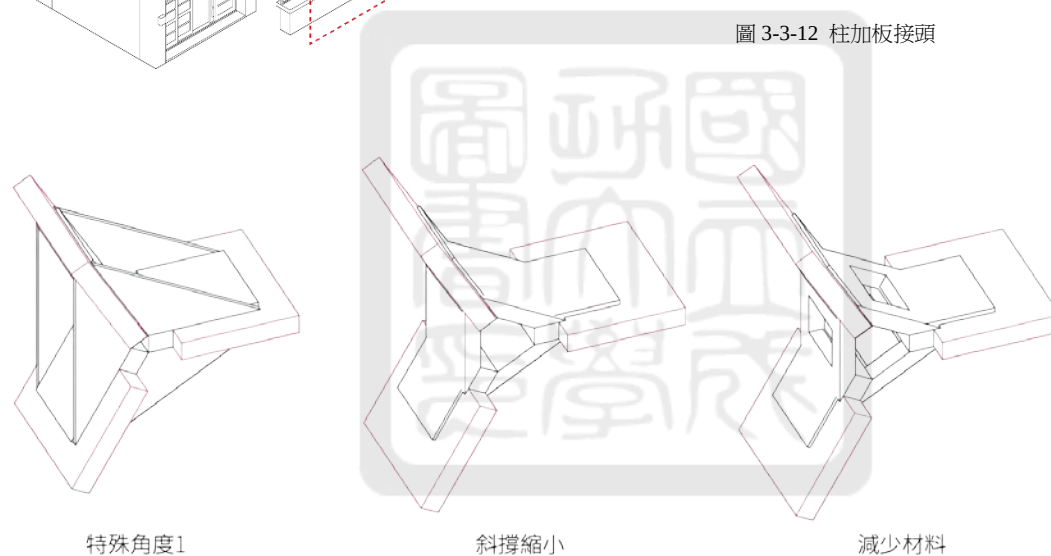
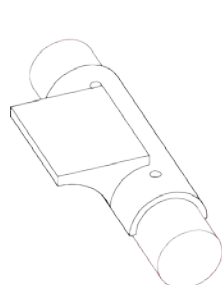
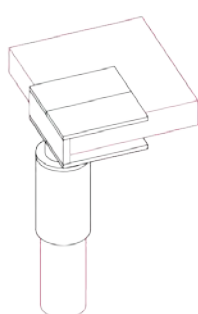


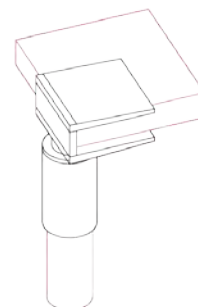
圖 3-3-12 柱加板接頭



柱加可放板(需鎖螺絲)



柱頭接板



柱頭接板2(增加斜撐)

3-4 3D 空間框架組構原型

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭及桿件型式

板狀系統 1 / Unit 2 單元大小長*寬*高約(8.4*5*10cm)

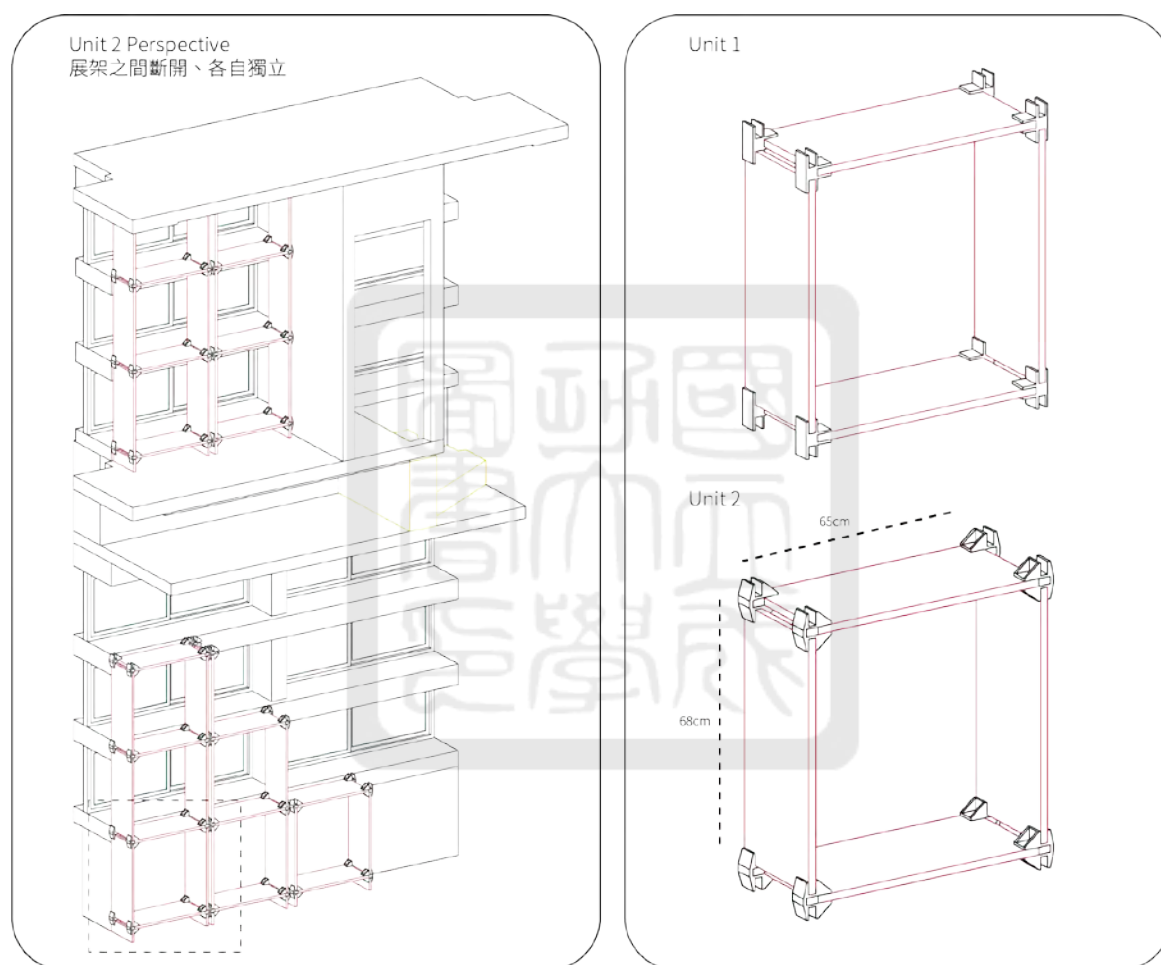


圖 3-4-1 板狀系統 1

3-4 3D 空間框架組構原型

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭及桿件型式

方條系統 1 / Unit 1 單元大小長*寬*高約(5.6*5.6*6.5cm)

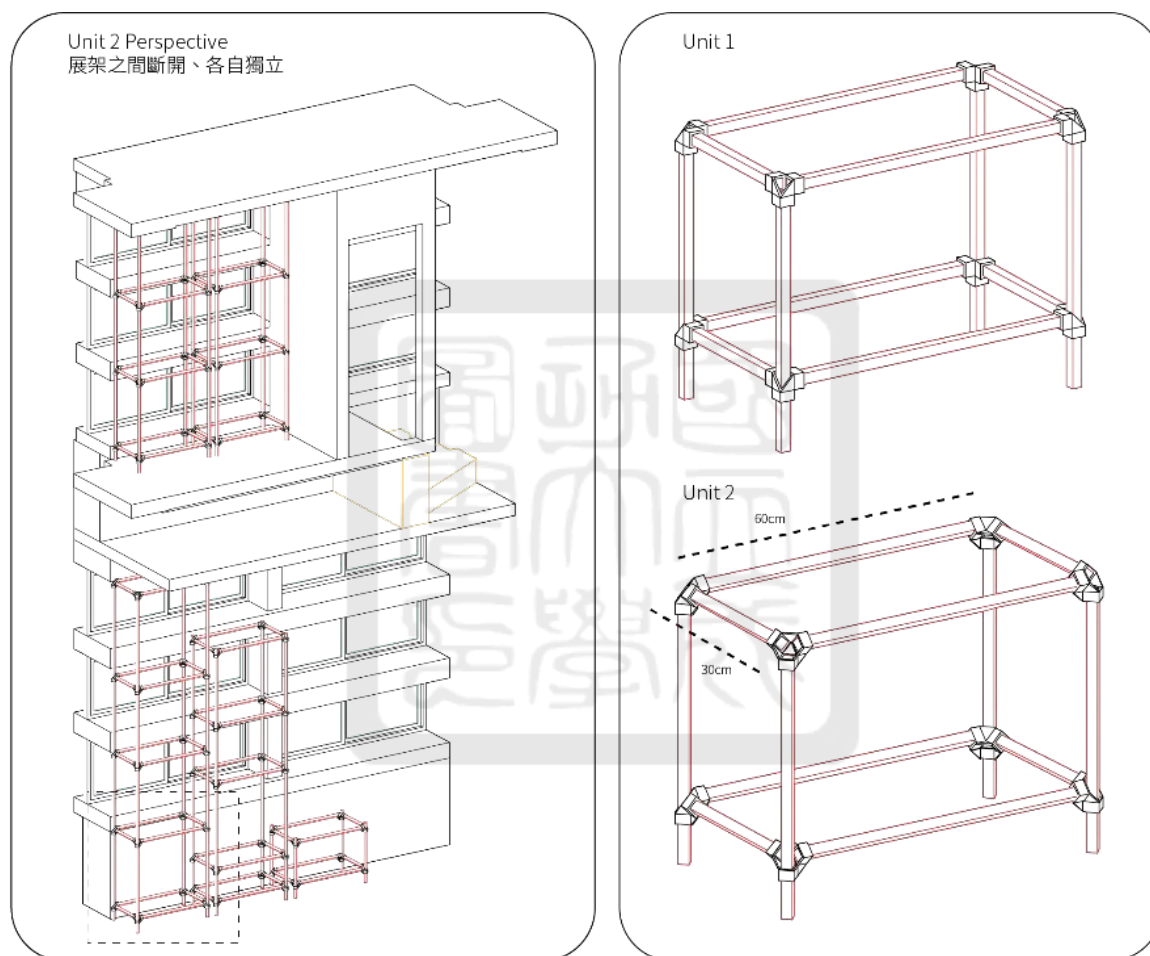


圖 3-4-2 方條系統 1

3-4 3D 空間框架組構原型

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭及桿件型式

方條系統 2 / Unit 2 單元大小長*寬*高約(8.4*5*10cm)

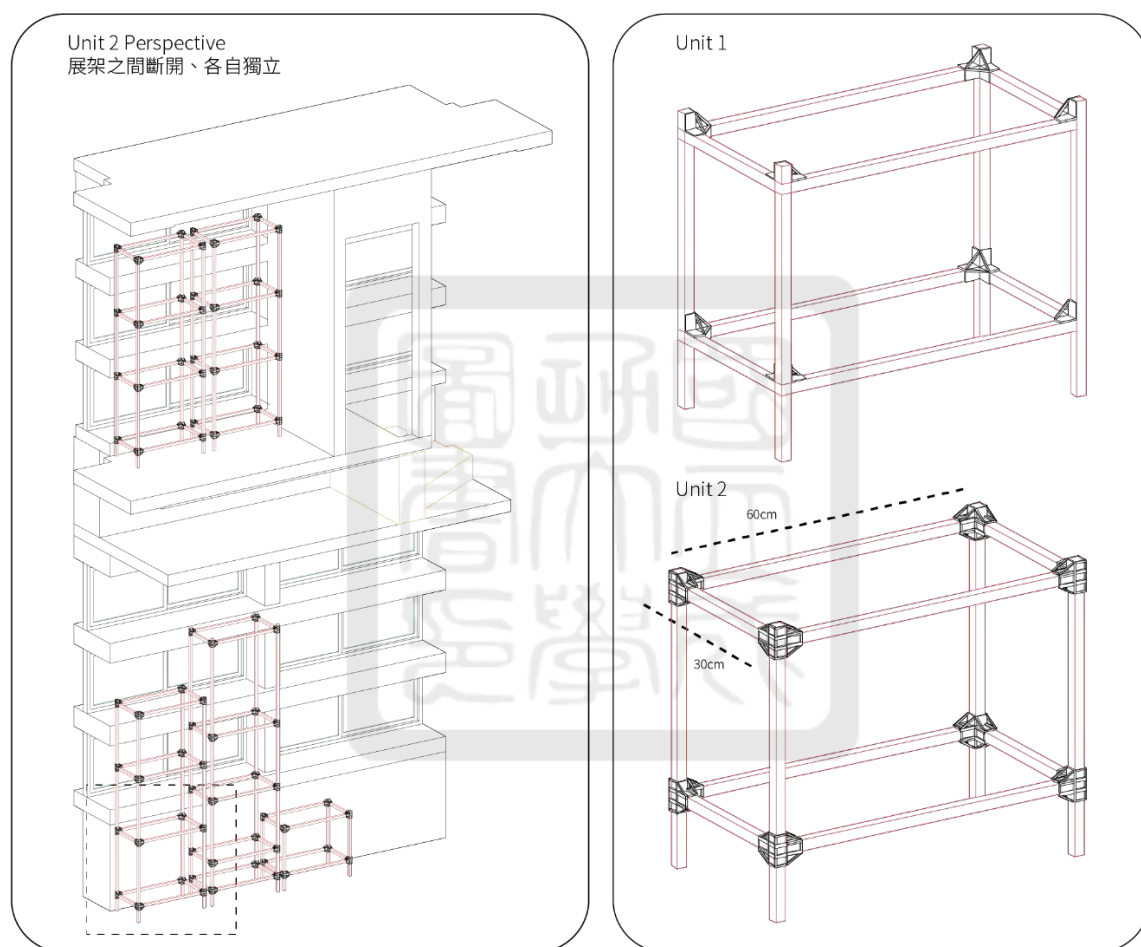


圖 3-4-3 方條系統 2

3-4 3D 空間框架組構原型

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭及桿件型式

圓條系統 1 / 單元大小長*寬*高約(12*12*6cm)

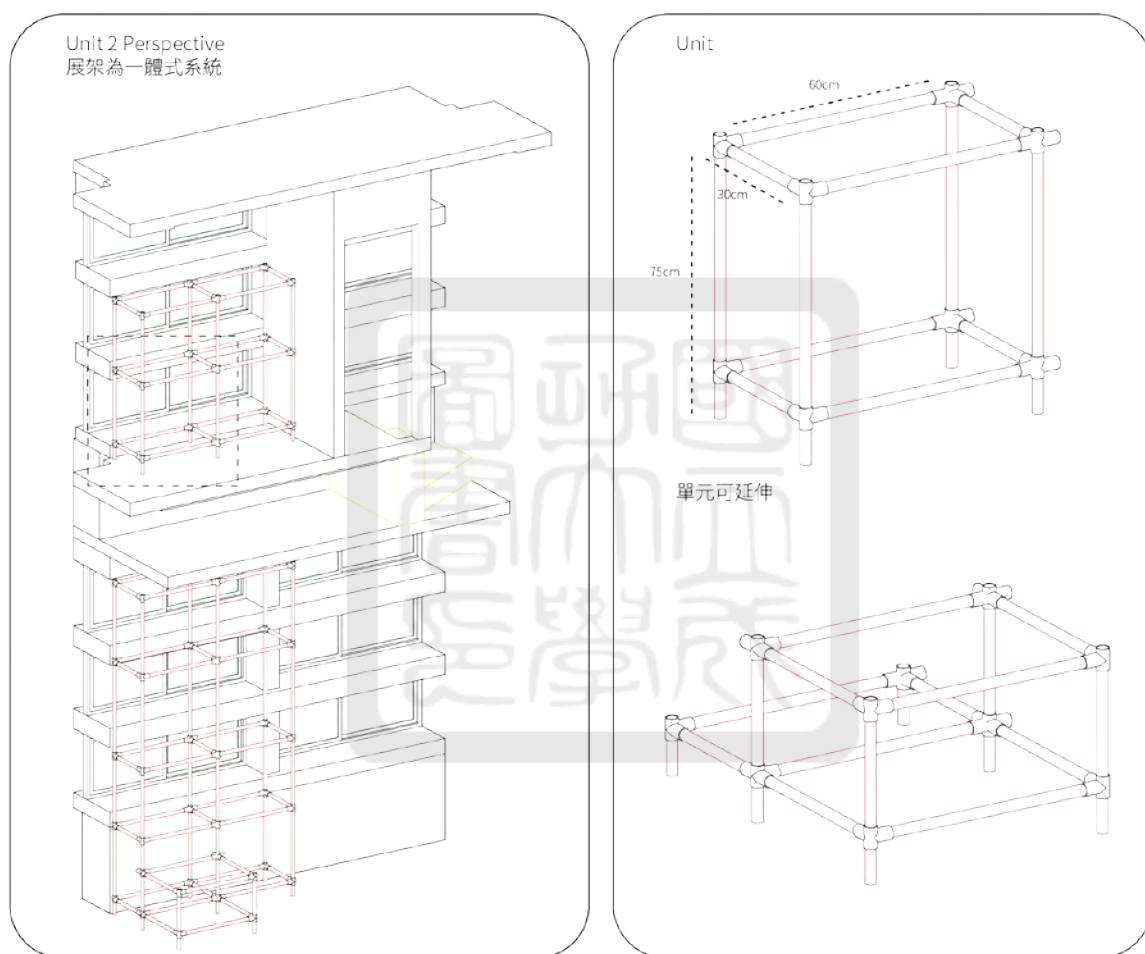


圖 3-4-4 圓條系統 1

3-4 3D 空間框架組構原型

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭及桿件型式

圓條系統 2 / Unit 2 單元大小長*寬*高約(7.5*7.5*7cm)

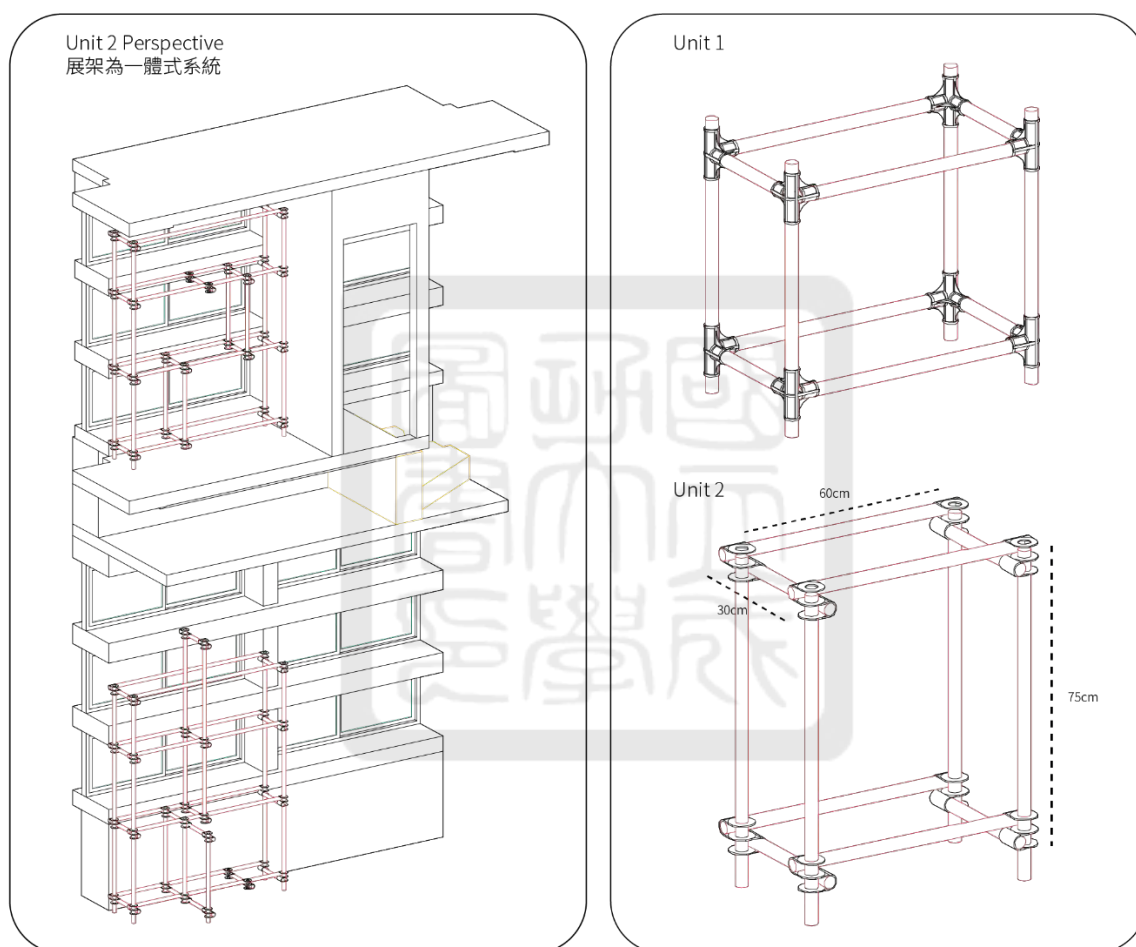


圖 3-4-5 圓條系統 2

3-4 3D 空間框架組構原型

藉由民族路基地窗面開始發想框架接頭及桿件型式

特殊接法 / Unit 1 單元大小長*寬*高約(16*10*20cm)

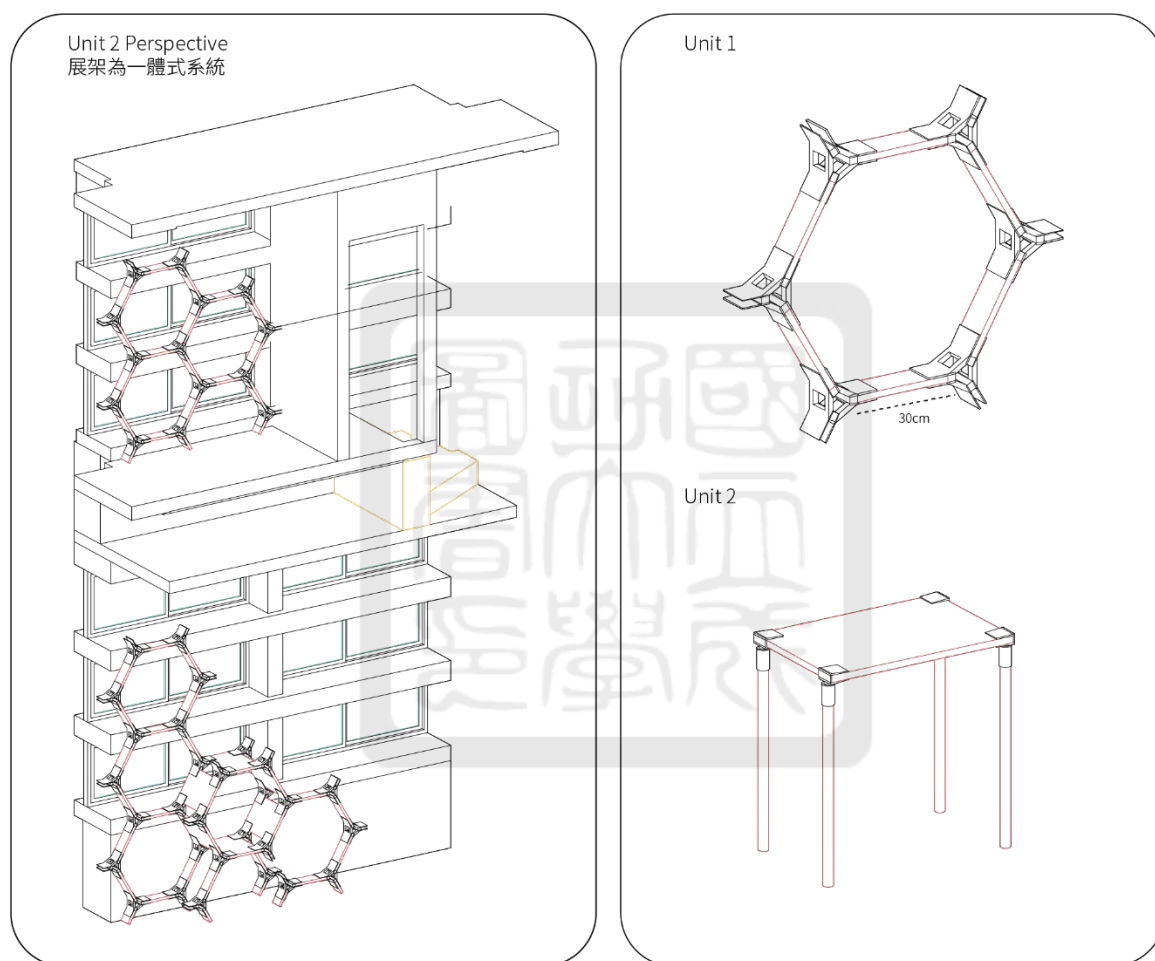


圖 3-4-6 特殊接法

3-5 框架板材

分析研究鹼激發循環漿體與空間框架系統之構築連接方式，在連接單元中，循環漿體提供強度與剛性，空間框架系統則提供韌性，藉由兩者之互補關係，達成更穩定的結構系統。第一步驟先討論漿體是否需要固定於桿件上，第二步驟則是是否需要共用接頭固定還是依靠本身的結構藉由桿件穿過的方式固定。

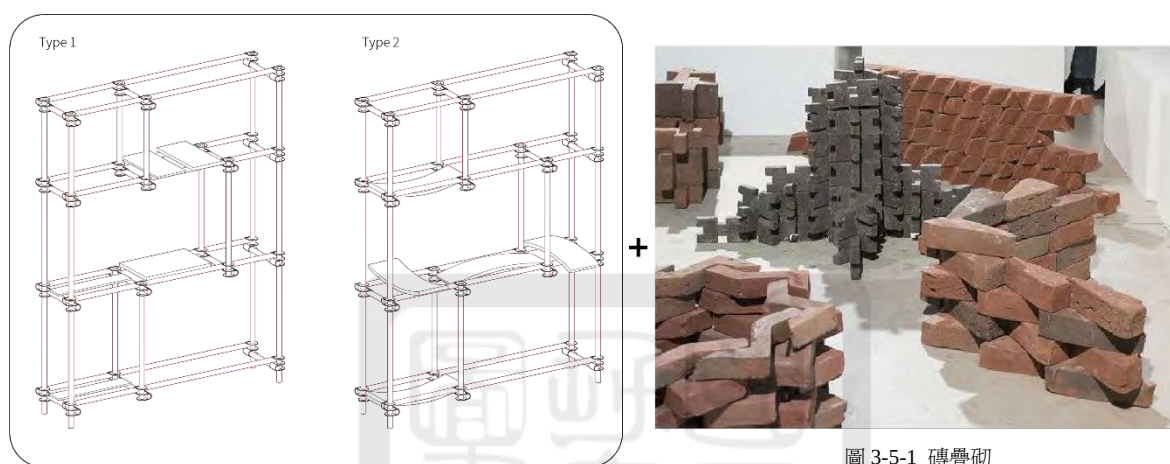


圖 3-5-1 磚疊砌

<https://brickarchitecture.com/about>

t-brick/brick-news/bricks-of-the-future

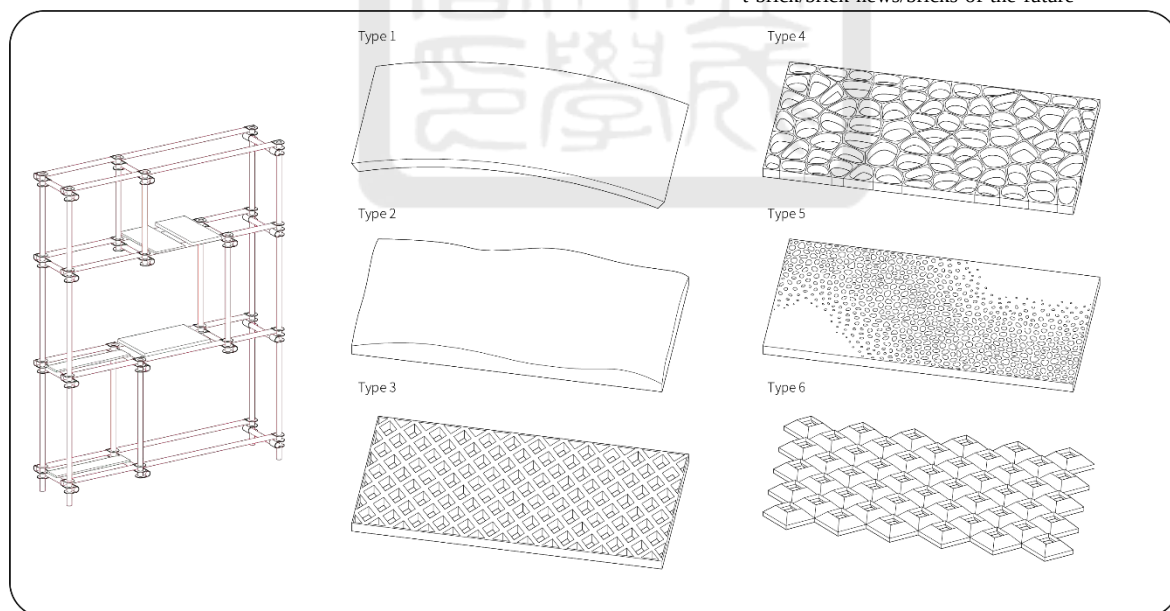


圖 3-5-2 循環漿體板材

3-5 框架板材

經由分析討論，循環漿體與桿件將使用共同接頭來進行固定，除了藉由接頭與桿件的金屬螺絲接合位移來增加韌性，也藉由漿體之強度達到互制，類似於鋼筋與混凝土之概念。

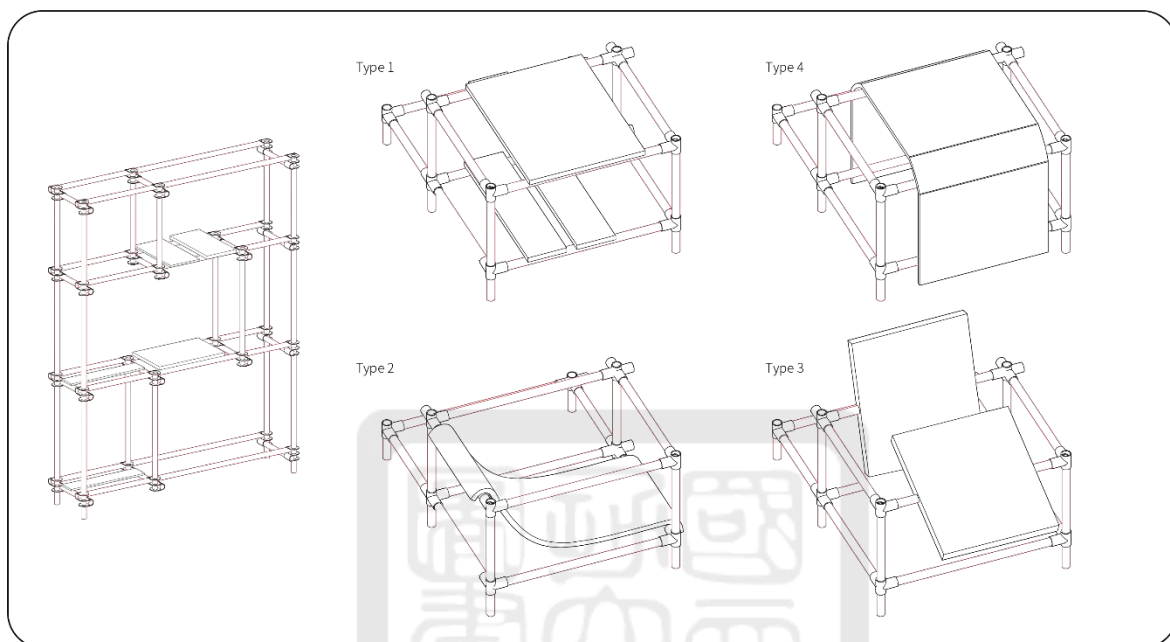


圖 3-5-3 循環漿體板材與桿件之接合

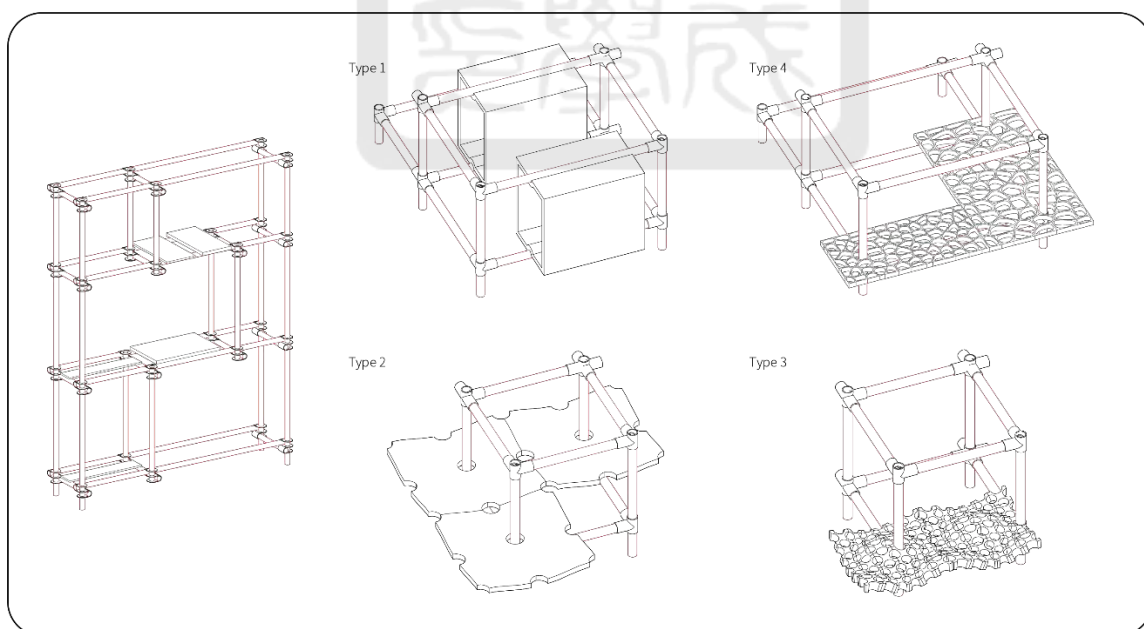


圖 3-5-4 循環漿體板材與桿件之接合

3-6 外牆皮層

3-6-1 內外結構對比

分析比對內外皮層結構系統是否連貫之差異，及框架尺寸之差異



圖3-6-1
內外不同結構



圖3-6-2
內外相同結構、
不同尺寸



圖3-6-3
內外相同結構、
相同尺寸

3-6-2 S、M、L 單元模矩系統

分析對比空間框架之 S、M、L 單元之差異，此三個尺寸為正式確定前之實驗尺寸，分別為 S 單元:41*41cm；M 單元:51*74.5cm；L 單元:60*92cm。為探討空間框架桿件之疏密程度及內外凹凸之效果，實驗結果可發現空間框架單元整體呈現之重要性大於漿體單元，為使主角仍聚焦於漿體單元，於之後之設計降低空間框架於外皮層之佔比。



圖 3-6-4 S size / 接頭到接頭之間長*寬 = 41*41 cm



圖 3-6-5 S size / TYPE 2 / 接頭到接頭之間長*寬 = 41*41 cm

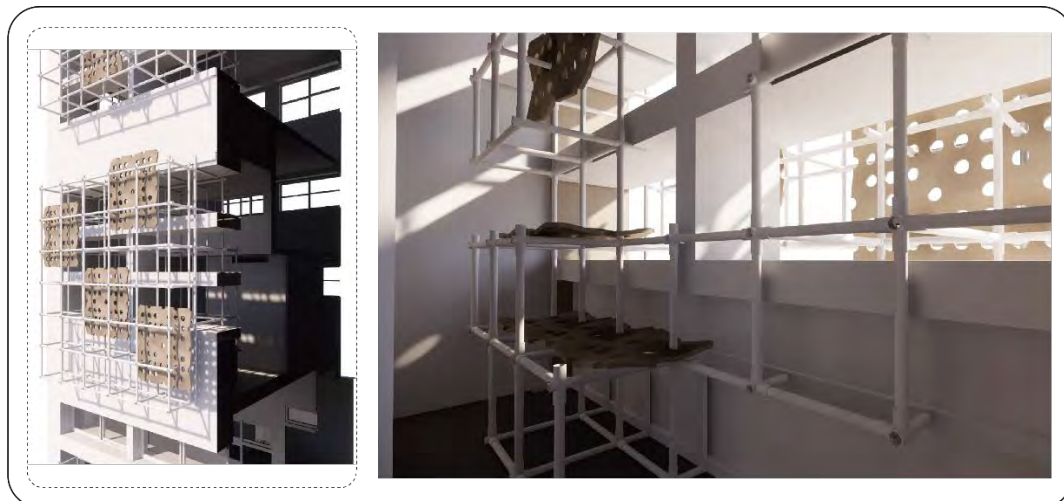


圖 3-6-6 S size / TYPE 3 / 接頭到接頭之間長*寬 = 41*41 cm

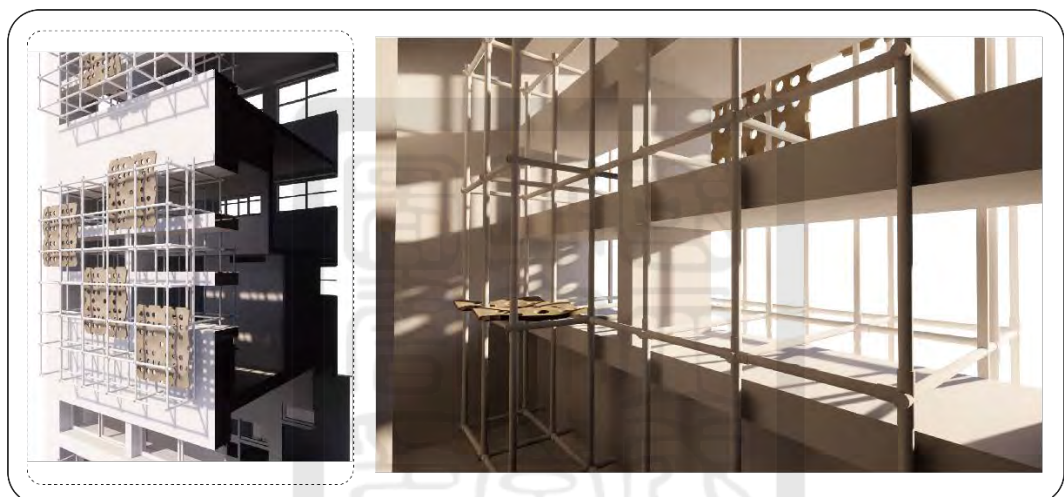


圖 3-6-7 M size / 接頭到接頭之間長*寬 = 51*74.5 cm

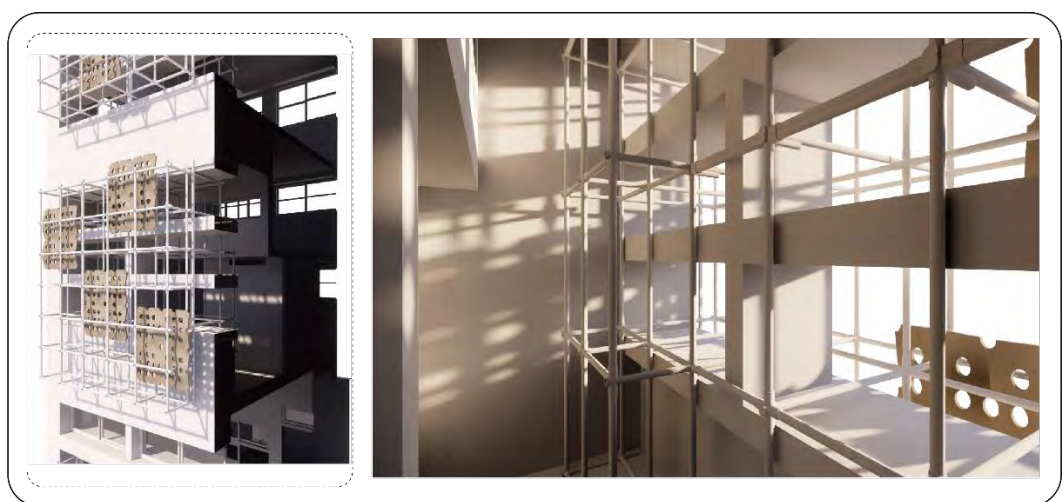


圖 3-6-8 L size / 接頭到接頭之間長*寬 = 60*92 cm

第肆章 循環漿體實驗研究

4-1 主材料循環漿體實驗

4-1-1 循環材料配比定義

本研究以砂矽、蚵殼、木屑為三大主材料，結合爐石粉與矽酸鈉進行鹼激發凝膠化學反應，藉由調整三大材料之配比，膠結成不同強度與材質之試體。

砂矽的化學組成式為 CaCo_3 ，飽和吸水率一般為 20%-30%，抗壓強度為 4.5-9.5MPa，單獨顆粒狀即具有一定結構力。而加入木屑則會使試體更具有韌性以及輕量化，整體質地上也更偏溫和有溫度，本研究以實驗室提供之木屑來假設使用銀合歡木屑之效果。

1. 爐石配比定義 (%) :	$\frac{\text{爐石 (g)}}{\text{爐石粉+其餘骨料+工業餘料 (g)}} \times 100\% \text{ (重量百分比)}$
2. 矽酸鈉配比定義 (%) :	$\frac{\text{矽酸鈉 (g)}}{\text{爐石粉+其餘骨料+工業餘料 (g) + 矽酸鈉}} \times 100\% \text{ (重量百分比)}$
1. 砂矽配比定義 (%) :	$\frac{\text{砂矽 (g)}}{\text{爐石粉+其餘骨料+工業餘料 (g)}} \times 100\% \text{ (重量百分比)}$
2. 蚵殼配比定義 (%) :	$\frac{\text{蚵殼 (g)}}{\text{爐石粉+其餘骨料+工業餘料 (g)}} \times 100\% \text{ (重量百分比)}$
3. 木屑配比定義 (%) :	$\frac{\text{木屑 (g)}}{\text{爐石粉+其餘骨料+工業餘料 (g)}} \times 100\% \text{ (重量百分比)}$

表 4-1-1 主材料循環漿體配比定義

4-1-2 主材料漿體實驗過程

1 砂矽木屑試體

日期：2022.03.11

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、石英砂、砂矽

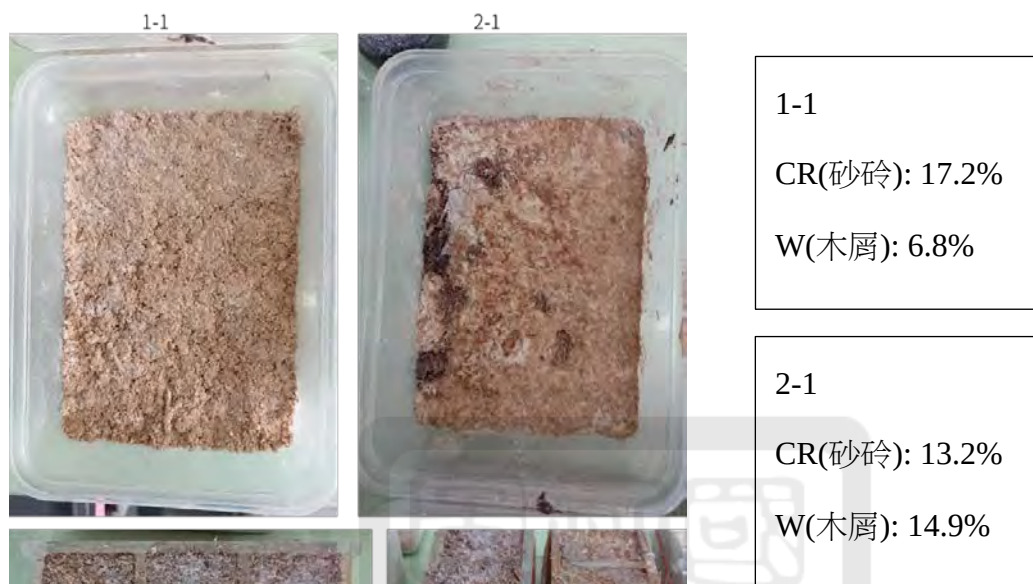


圖 4-1-2 澆灌 7 日後

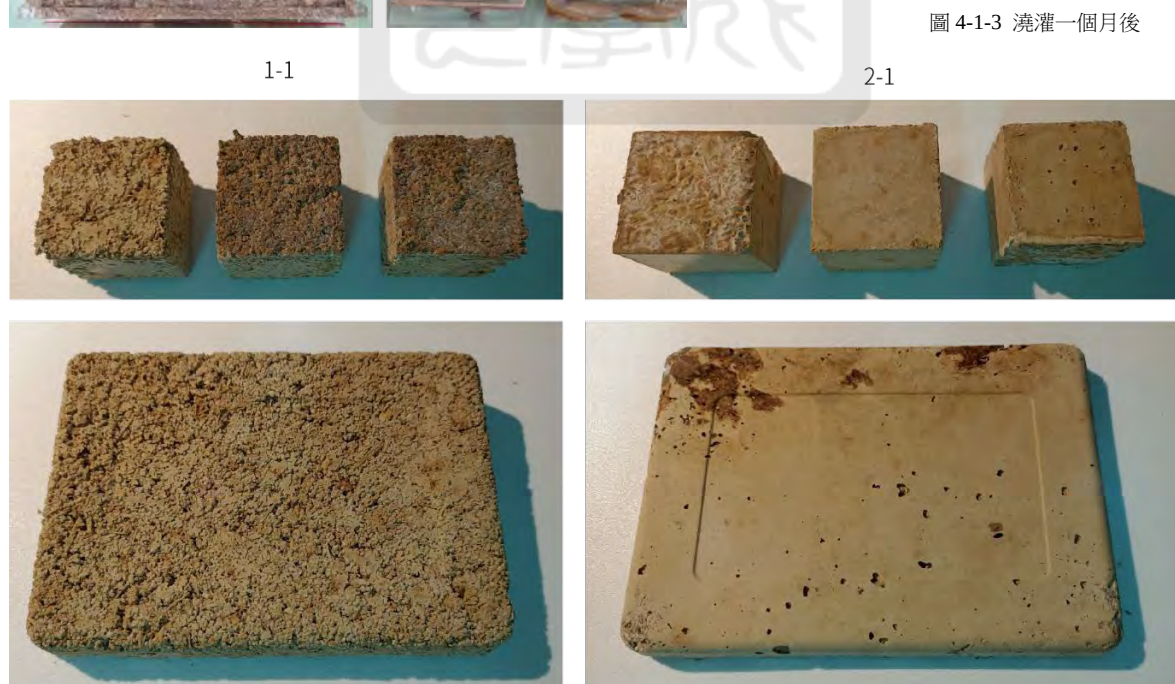
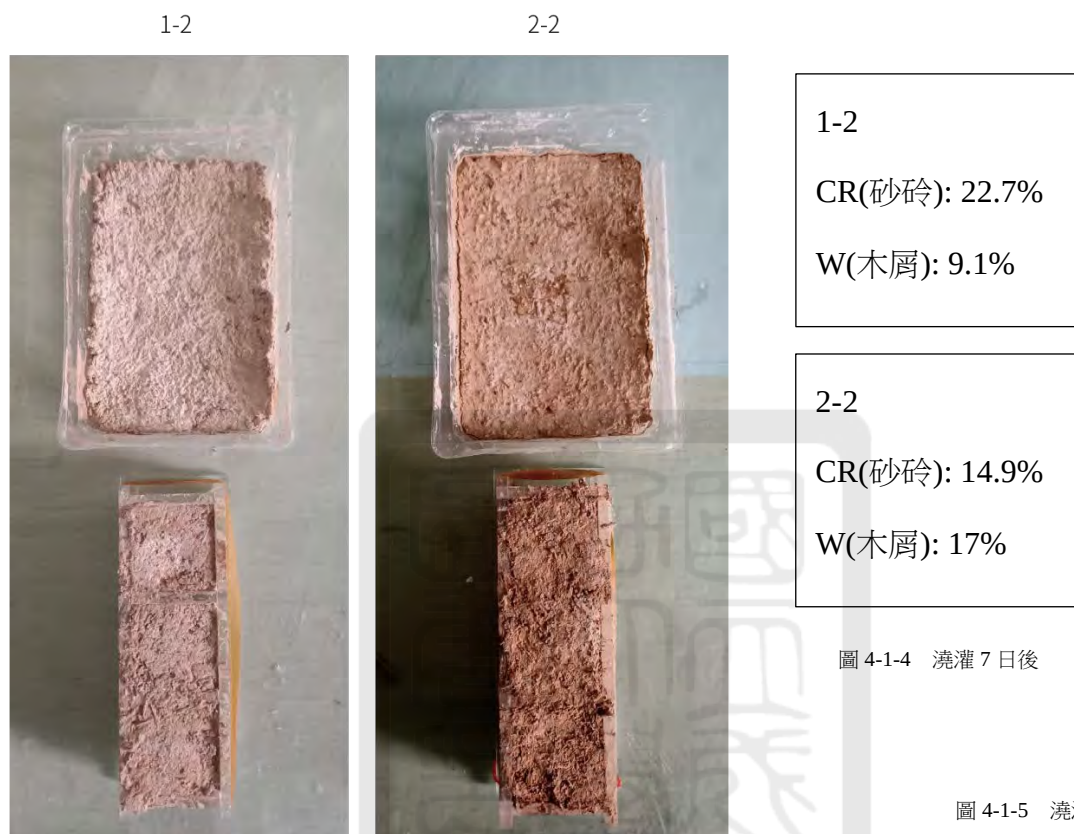


圖 4-1-3 澆灌一個月後

2 砂矽木屑試體

日期：2022.03.18

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽



3 砂矽木屑蚵殼試體

日期：2022.03.21

主成分：爐石、蚵殼、木屑、水、矽酸鈉、砂矽

1-3 備註：砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小，蚵殼為過#5 篩之蚵殼粒



1-3



1-3

CR(砂矽): 29.4%

W(木屑): 11.7%

#5 蚵殼: 11.7%

圖4-1-6 & 4-1-7

澆灌 7 日後 & 澆灌 1 個月

4 砂矽蚵殼試體

日期：2022.03.21

主成分：爐石、蚵殼、水、矽酸鈉、石英砂、砂矽

2-3、2-4 備註：砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小

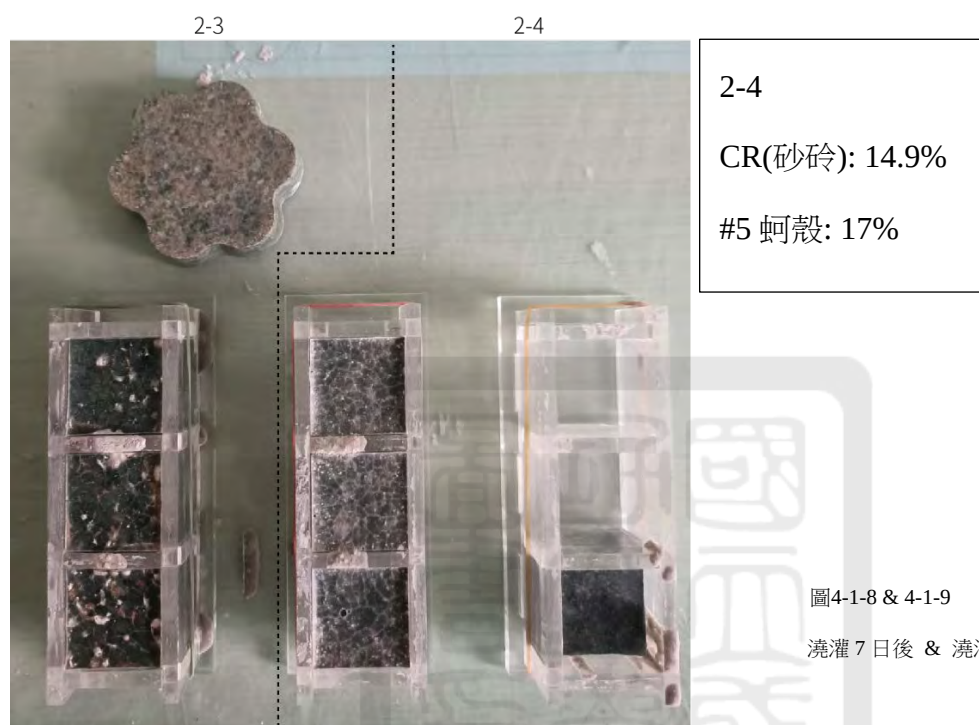
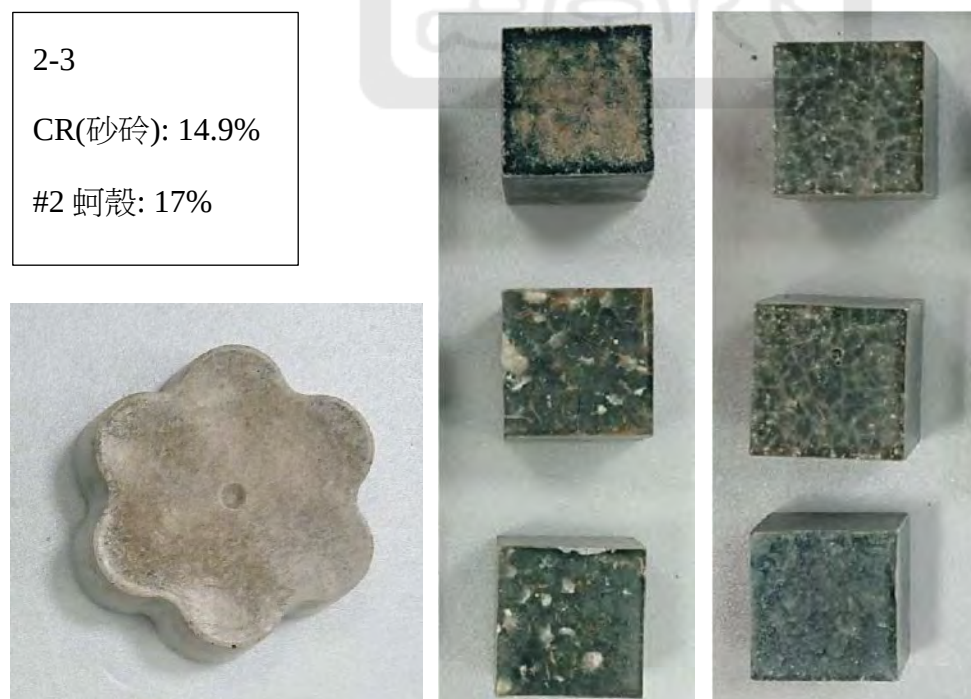


圖4-1-8 & 4-1-9

澆灌 7 日後 & 澆灌 1 個月

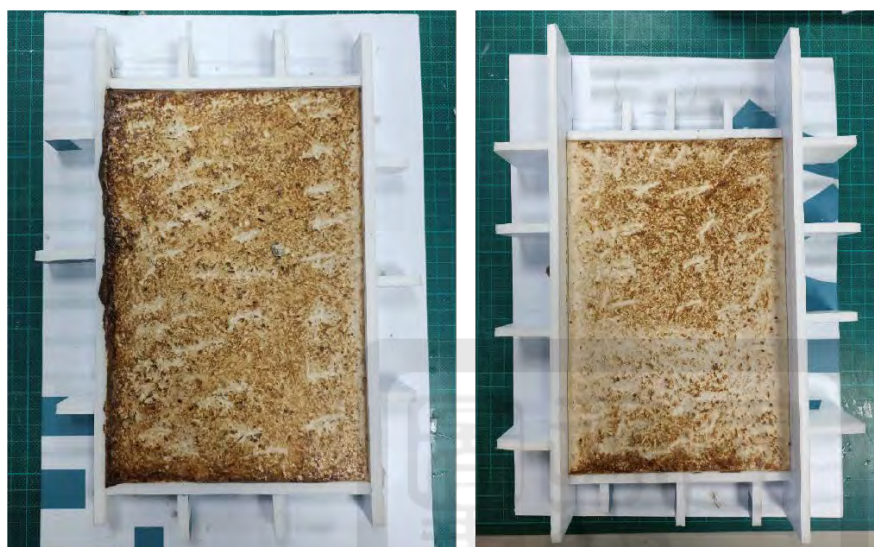


5 砂矽木屑板片試體

日期：2022.04.29

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

2-2-2 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2. 尺寸: 23*15*2cm



2-2-2

CR(砂矽): 15.8%

W(木屑): 12.2%

圖4-1-10 & 4-1-11

澆灌 7 日後 & 澆灌 1 個月



6 砂矽蚵殼板片試體

日期：2022.04.29

主成分：爐石、蚵殼、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

2-3-2 & 2-4-2 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2. 尺寸：23*15*2cm



2-3-2

CR(砂矽): 6.7%

#2 蚵殼: 17%

2-4-2

CR(砂矽): 6.7%

#5 蚵殼: 17%

圖4-1-12 & 4-1-13

澆灌 1 個月

2-3-2



2-4-2



7 砂矽木屑椅面試體

日期：2022.06.13

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

2-2-2 備註: 1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2. 尺寸: 24*24*3cm(中間間距 3cm)



2-2-2

CR(砂矽): 15.8%

W(木屑): 12.2%



圖4-1-14 & 4-1-15

椅面單元 1

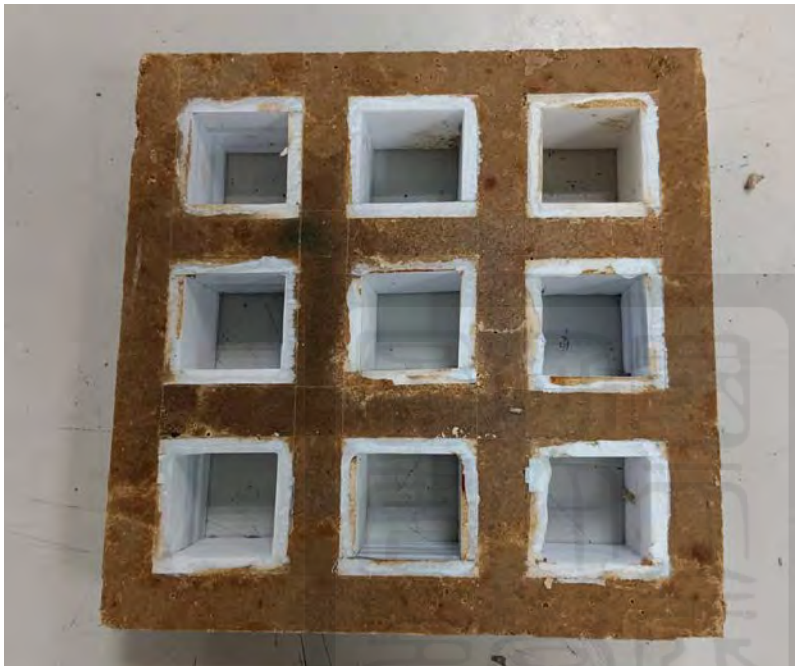
澆灌 1 個月

8 砂矽木屑椅面試體

日期：2022.06.13

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

2-2-2 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2. 尺寸：24*24*4cm(中間間距2cm)



2-2-2

CR(砂矽): 15.8%

W(木屑): 12.2%



圖4-1-16 & 4-1-17

椅面單元 2

澆灌 1 個月

9 砂矽木屑椅面試體

日期：2022.06.13

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

2-2-2 備註: 1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2. 尺寸: 40*40*2cm(中間間距 2.5cm)



2-2-2

CR(砂矽): 15.8%

W(木屑): 12.2%



圖4-1-18 & 4-1-19

椅面單元 3

澆灌 1 個月

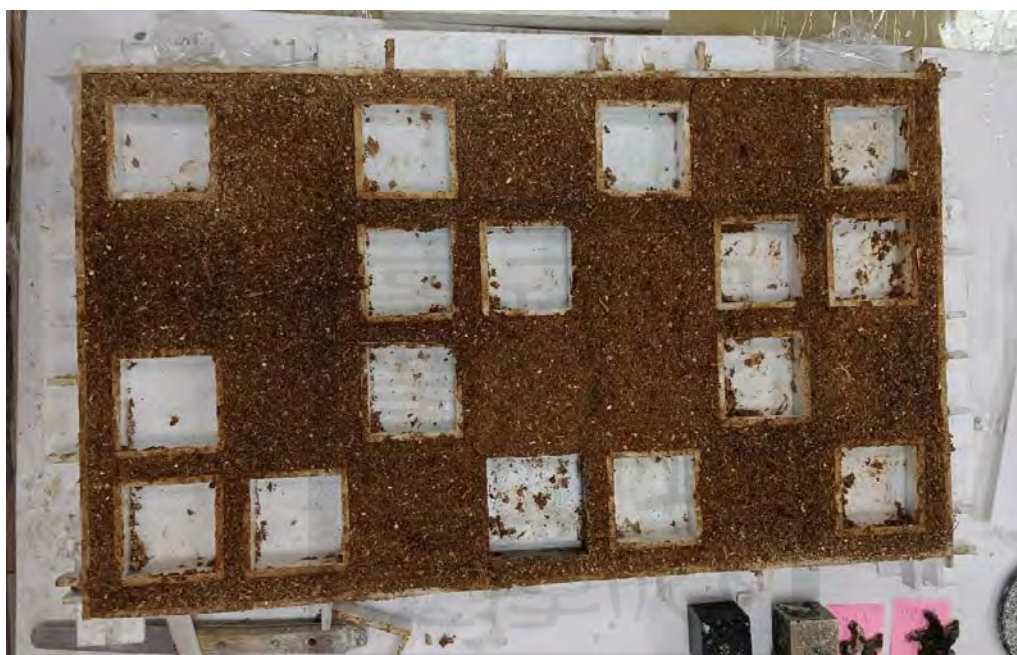
10 砂矽蚵殼木屑展架試體

日期：2022.09.30

主成分：爐石、蚵殼、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

1-3-2 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2.尺寸：60*35.5*2cm(中間間距 1.5cm) 3.基本配方之 23 倍

因單元較大且形狀較複雜，於澆灌過程中膠結反應過快導致結構不穩定及填充不實



1-3-2

CR(砂矽): 15.8%

W(木屑): 12.2%

#2 蚵殼: 7.1%

圖4-1-20 & 4-1-21

展架單元 1

澆灌 1 個月

11 砂矽蚵殼展架試體

日期：2022.10.07

主成分：爐石、#2 蚵殼、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

2-3-3 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2.尺寸：60*35.5*4cm(中間間距 1.5cm) 3.基本配方之 27 倍

於上次經驗加入 23g 之海菜粉，但膠結速度仍太快，上下層結構分離導致碎裂



2-3-3

CR(砂矽): 14.9%

#2 蚵殼: 17%

圖4-1-22 & 4-1-23

展架單元 2

澆灌 1 個月



11 砂矜蚵殼展架試體

日期：2022.10.21

主成分：爐石、木屑、蚵殼、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矜

2-3-3 備註：1.砂矜為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2.尺寸：60*30*3cm(中間間距2cm) 3.基本配方之 28 倍 4.加入 30g 海菜粉

增加非直角之紋路，並於部分區域進行補強，也可用於放置珠寶飾品等等



2-3-3

CR(砂矜): 14.9%

#2 蚵殼: 17%

圖4-1-24 & 4-1-25

展架單元 3

澆灌七日後



12 砂矽蚵殼展架試體

日期：2022.12.15

主成分：爐石、#5 蚵殼、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

4-1 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2.尺寸：60*30*5cm(中間間距 1.5cm)

3.基本配方之 24 倍

此次實驗增加水量與海菜粉，工作時間明顯增加



4-1

CR(砂矽): 13.1%

#5 蚵殼: 14.9%

圖4-1-26 & 4-1-27

展架單元 4

澆灌七日後



13 砂矽蚵殼展架試體

日期：2022.12.16

主成分：爐石、#5 蚵殼、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

4-2 備註：1.砂矽為不過篩之原實驗室紙袋包裝大小 2.尺寸：60*30*5cm(中間間距 1.5cm)

3.基本配方之 24 倍

於展架中空區填充砂矽顆粒，於同一展架中呈現不同升級回收層級之構造。經填充之區域成為展品區之平台，同時藉由填充物之二次膠結，強化原結構之構造強度，未來可應用於立面、輕隔間及家具使用。



圖 4-1-28 於展架下方架高及墊鐵絲網



圖 4-1-29 填充顆粒狀之砂矽



圖 4-1-30 重複澆置爐石漿體直到框架與填充體完全澆結

14 砂矽蚵殼塑膠管灌漿試體

日期：2022.09.30

主成分：爐石、木屑、水、矽酸鈉、#5 石英砂、砂矽

將鹼激發循環漿體倒入 pvc 管中，解決管無法承受過大之彎矩立，增加管之強度與韌性



PVC 管，直徑 23mm



圖4-1-31 & 4-1-32

4-1-3 主材料漿體搭配次材料實驗成果

	1-1 砂+木	1-2 砂+木	1-3 砂+蚵+木	1-4 砂+木	1-5 砂+木	1-6 砂+木
循環漿體 (C-Slurry)						
循環漿體變化2 (C-Slurry)						
基重(Kg/m3)	1595	1610	1380	1360	1350	1740
抗壓強度(Kgf/cm2)	79.75	112.31	83.77	75	91.68	97.70
單位重量抗壓強度(kgf/g)	12.5	17.43	20.23	13.76	16.97	16.96

	2-1 砂+蚵	2-2 砂+蚵	2-3 砂+蚵	3-1 蛇紋石	3-2 蛇紋石+蚵+砂	2-4 砂+蚵
循環漿體 (C-Slurry)						
循環漿體變化2 (C-Slurry)						
基重(Kg/m3)	1810	1500	1790	1550	1700	1920
抗壓強度(kgf/cm2)	472.33	724.33	267.93	154.37	433.12	105.32
單位重量抗壓強度(kgf/g)	86.98	120.52	37.42	24.8	63.69	16.61

	4-1 蚵+砂+矽酸鈣板	4-2 蚵+砂+一級汙泥	4-3 蚵+砂+苛化泥	4-4 蚵+砂+飛灰	發泡 蚵+砂	蚵殼 & 咭咕石
循環漿體 (C-Slurry)						
循環漿體變化2 (C-Slurry)						
基重(Kg/m3)	1810	1690	1670	1640		
抗壓強度(kgf/cm2)	503.93	345.12	282.12	414.75		
單位重量抗壓強度(kgf/g)	69.6	50.8	42.23	62.93		

表4-1-33 材料索引表

上層砂鈴木屑試體平均重量較輕，抗壓強度較低，主要可作為非結構型物件使用。

中間層砂鈴加蚵殼則普遍強度大於一級水泥，可用於結構使用，從澆灌初期到一個月後則會有明顯的顏色變化，從綠色到原來的顏色。

下層則將砂鈴&蚵殼配合矽酸鈣板、一級汙泥、苛化泥、飛灰製成漿體，而矽酸鈣板作為輕隔間拆解之纖維材呈現與木屑相反之抗壓強度

4-2 循環漿體空間應用

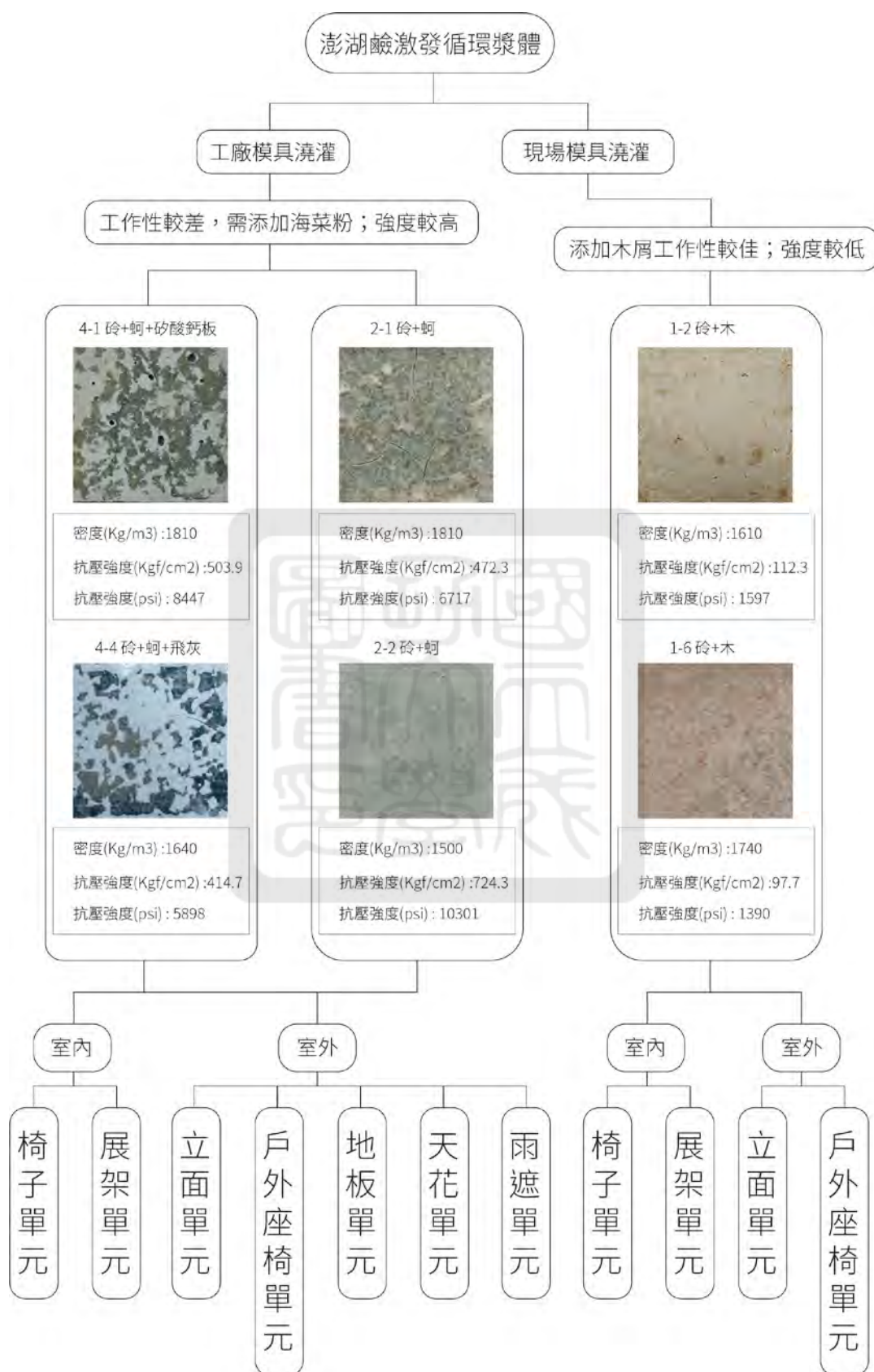


圖4-2 循環材料應用

第伍章 循環漿體與空間框架設計

5-1 小型家具單元設計

5-1-1 單元接頭

為測試接頭、桿件、漿體三者之強度、韌性以及彼此接合狀況，以小型家具(座椅、展架)尺度為出發點，測試 TYPE1 座椅之抗壓性及韌性。

TYPE 1 & 2 (中間連通/分開接)

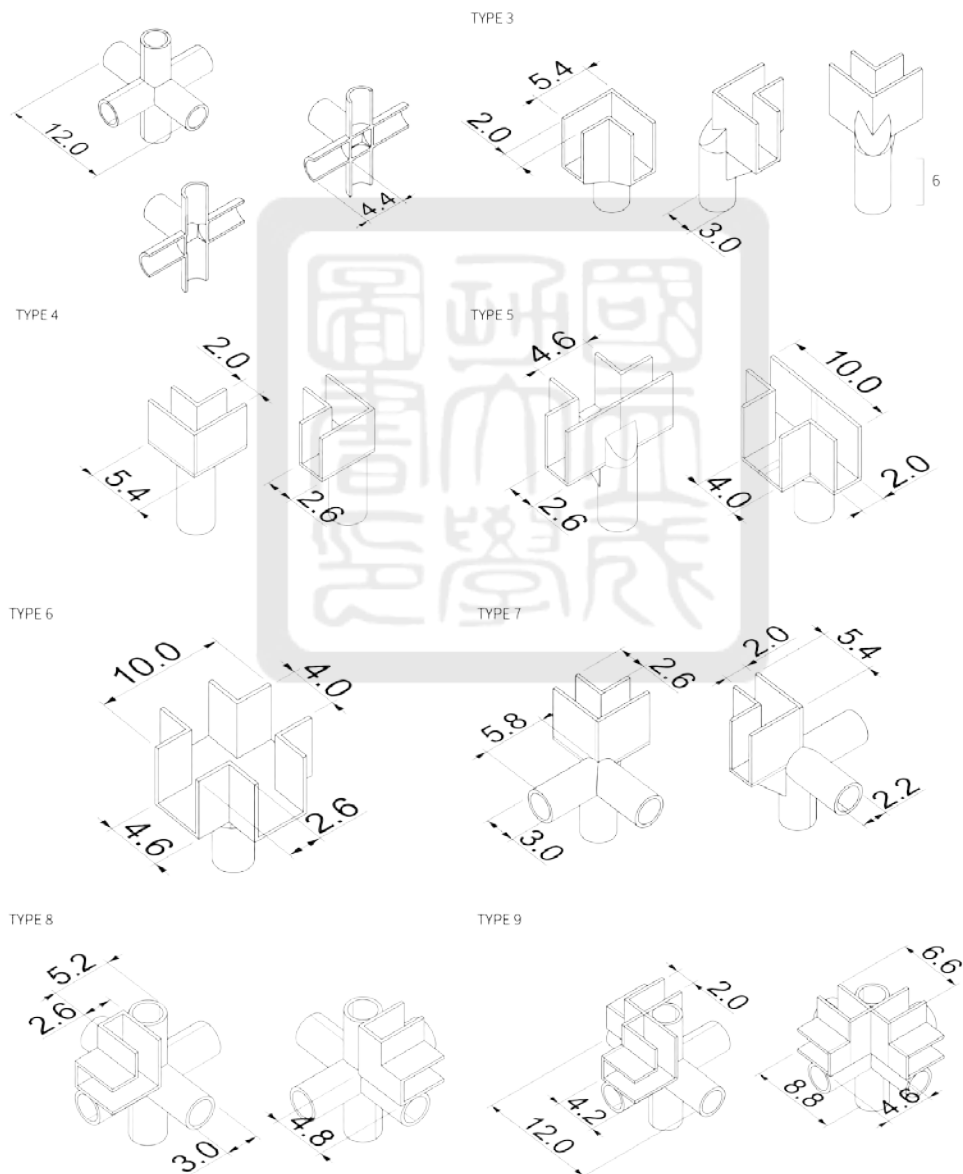


圖 5-1-1 TYPE1&TYPE2 接

5-1-1 單元接頭

接頭連接直徑 20mm 和 27mm 之 pvc 管，接頭厚度為 1cm，使用直徑 4mm 之螺絲，預留孔為 4.5mm。在接頭與桿件相交之處設置斜撐材增加支承力，同時盡量減少材料用量，保持輕量化。而桿件與桿件之接頭採用上下式接頭，增加組裝時之便利性。

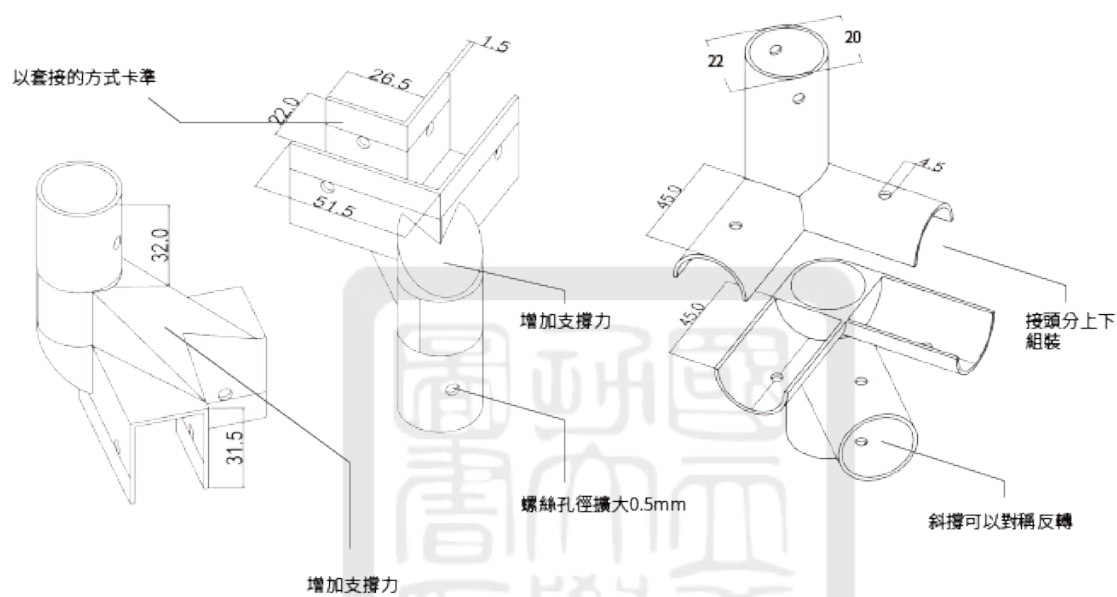


圖 5-1-2 接頭細部圖

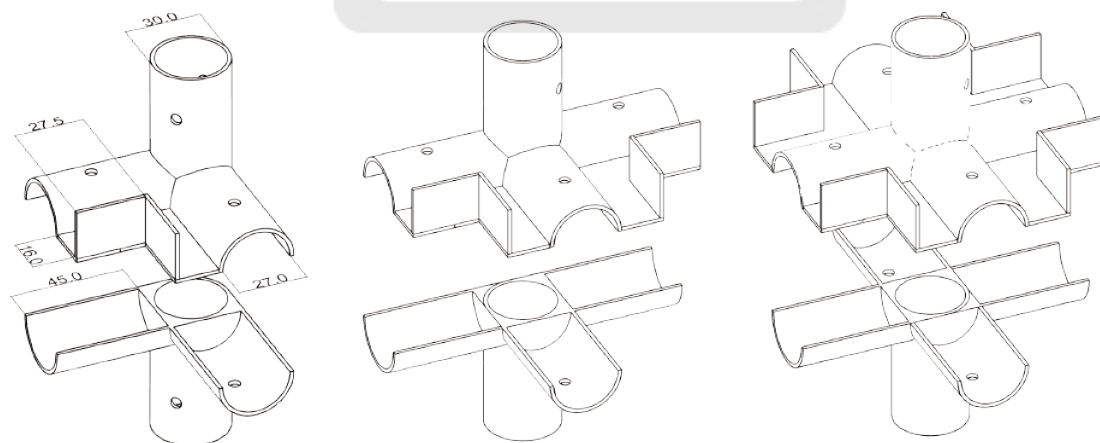


圖 5-1-3 接頭細部圖

5-1-1 單元接頭

實際列印之接頭在厚度 1-3cm 之間最為合適，以防材料乾裂，其於斜撐之地方可進行更多補強，以及接頭長度可以再增加，以防接頭承受彎矩及剪力過大導致桿件彎曲。第二種解決方法為使用灌漿之桿件，但重量也會增加，並且須於灌漿桿件之內部預留螺絲孔，其成本亦提高。

3D列印接頭: 使用直徑4mm螺絲



圖 5-1-4 列印接頭組裝

5-1-2 椅子展架單元設計

簡化單元形狀，減少框架在立面的比例，同時漿體單元背面使用交錯橫梁增加彎矩力

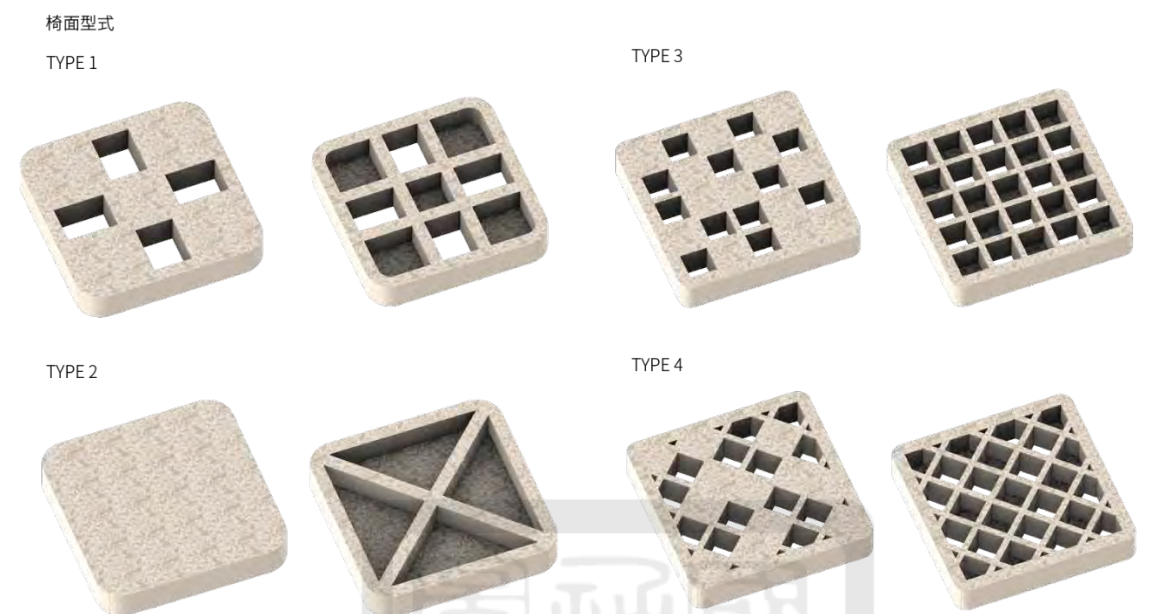


圖 5-1-5 椅面漿體單元



圖 5-1-6 椅子實驗單元

TYPE2 椅子增加側向斜撐，強化直立桿件側向支撐力，但可能有側向旋轉力/ 展架單元為 30*60cm。



圖 5-1-7 椅子&展架單元



圖 5-1-8 TYPE1 座椅爆炸

TYPE1 座椅:由循環漿體與桿件鎖固，由兩者共同之壓拉力保持平衡。

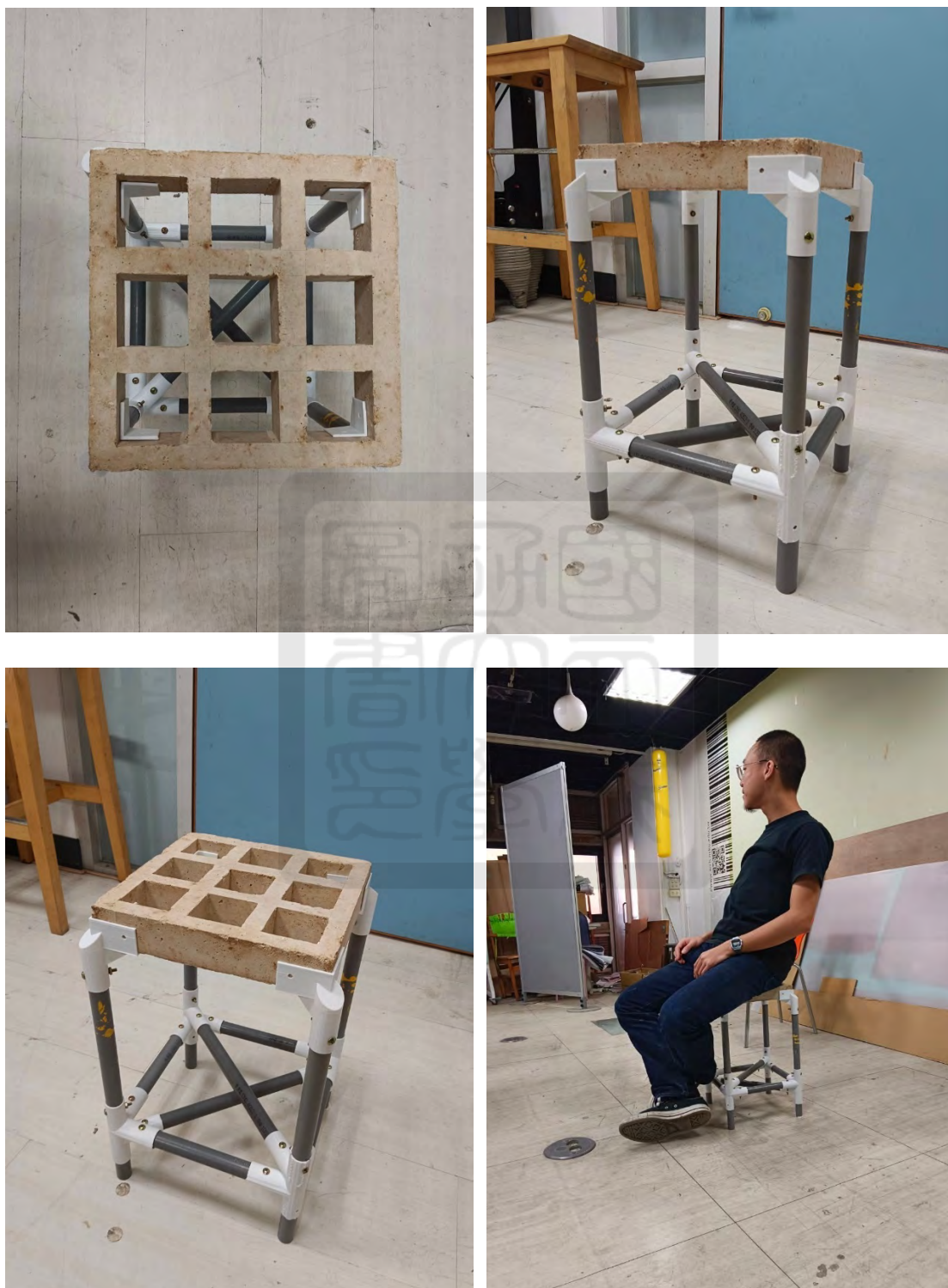


圖 5-1-9 TYPE1 座椅實體圖

TYPE1 展架單元:使用延伸接頭，桿件可替換為紙管



圖 5-1-10 TYPE1 展架實體圖

5-2 民族路、赤崁地方涵構

5-2-1 基地特性對比分析

本研究特別選民族路及赤崁兩個在澎湖環境完全不同之基地作為設計之實踐對象，探討同一套系統於不同基地之變化性及可調整性。藉由分析「基地特性」、「使用者特性」、「使用品質要求」、「設計特性」、「回收層級」等五大原則，找出其中決定設計之關鍵因素

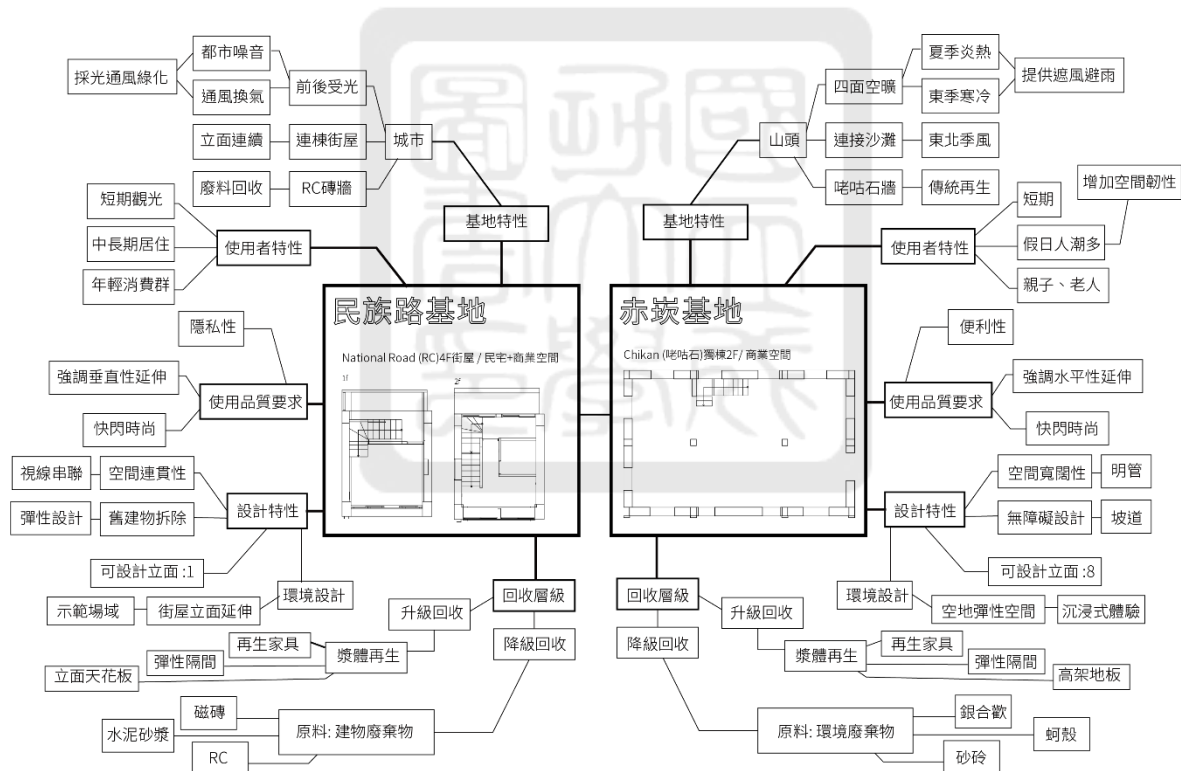


圖 5-2-1 基地涵構 Local Context

5-2-2 基地設計比重加權

透過地方涵構之對比分析，在「基地特性」上更注重於連棟街屋之立面延續以及能否提供遮風避雨；在「使用者特性」上則注重因應短期人潮之空間韌性，需具有模組化即可拆解性；「使用品質要求」強調水平及垂直延伸以及快閃時尚；「設計特性」注重可設計之立面數量、環境設計、示範場域；「回收層級」強調升級／降級回收、建築／環境廢棄物之再利用。

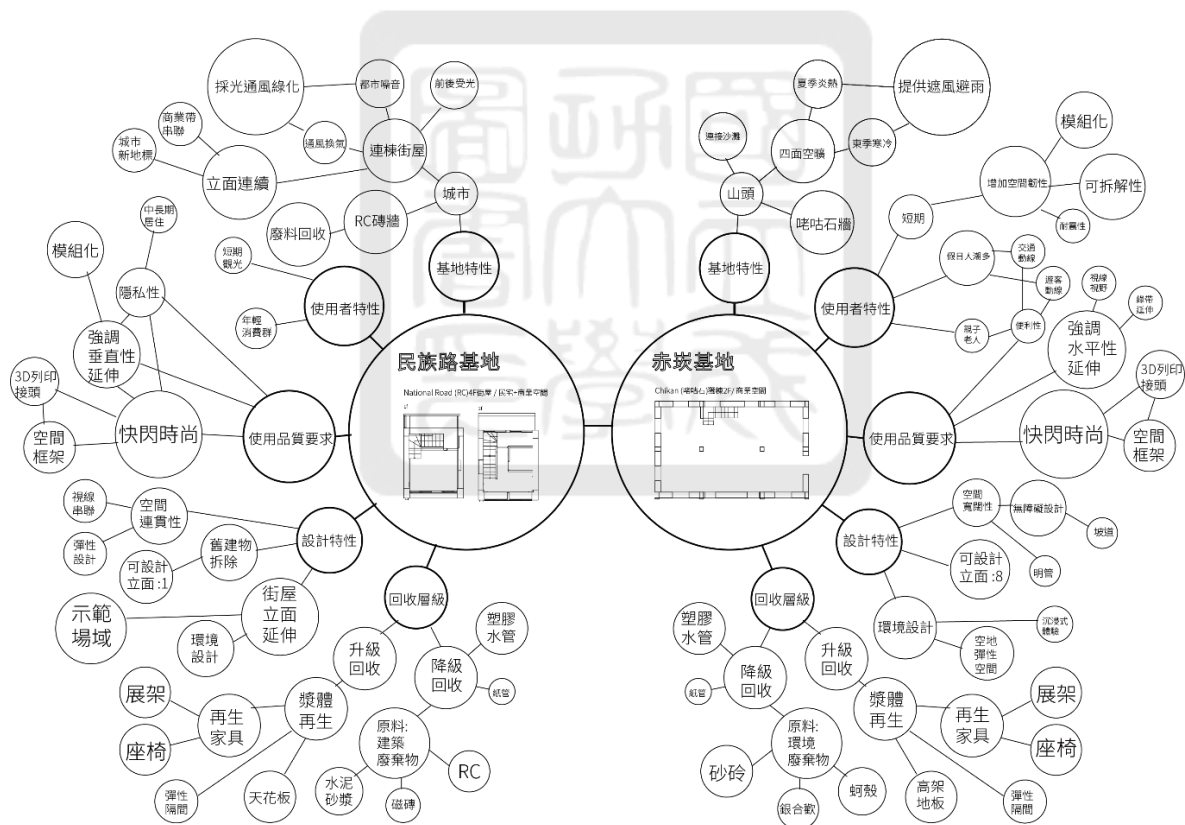


圖 5-2-2 基地涵構 Local Context 比種加權

5-3 立面索引

以 60*60cm 單元為基礎，發展出 120*120cm 單元、120*180cm 單元，使用同一單元一凸一凹之特性創造不同之採光通風及光影變化效果。

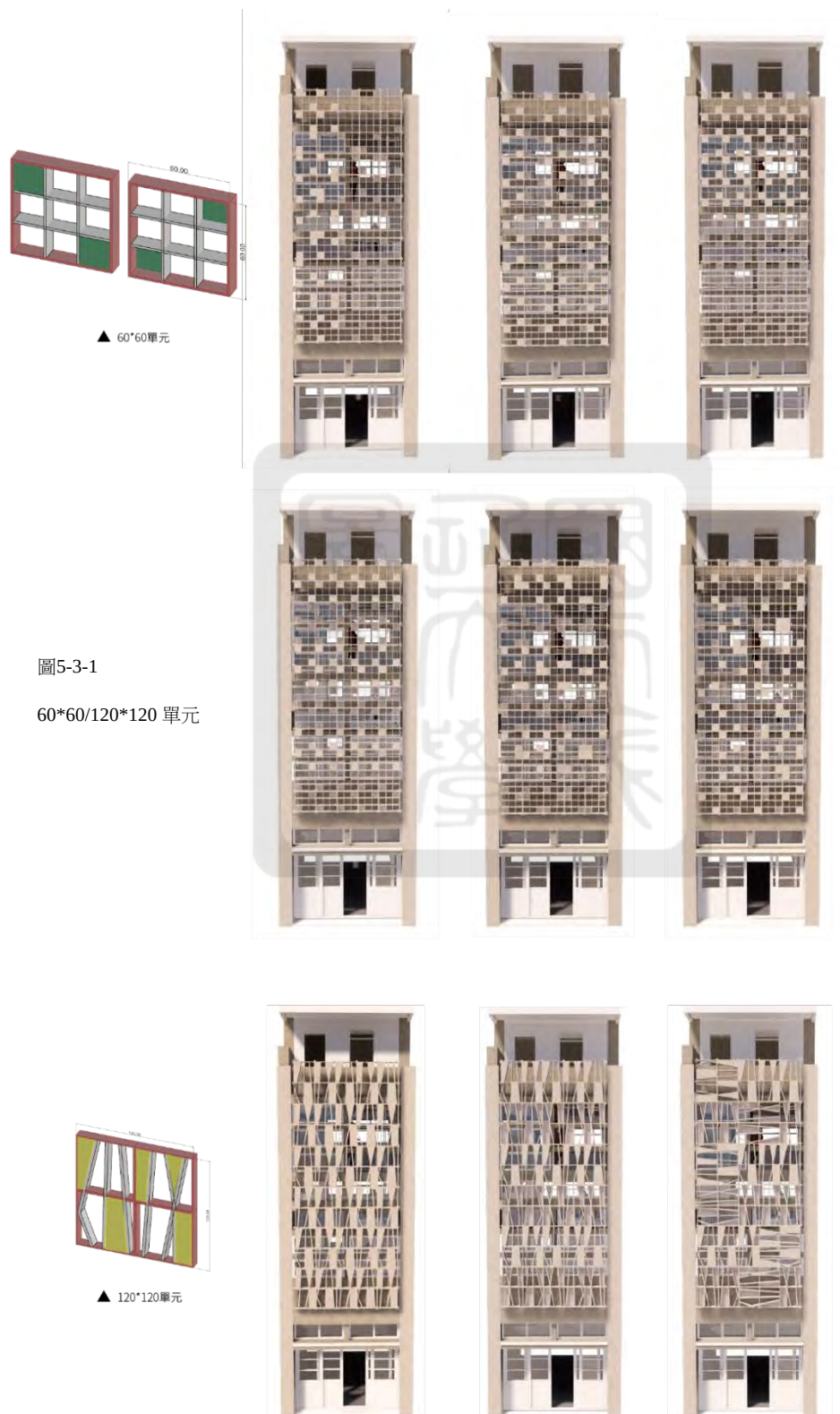


圖5-3-1

60*60/120*120 單元

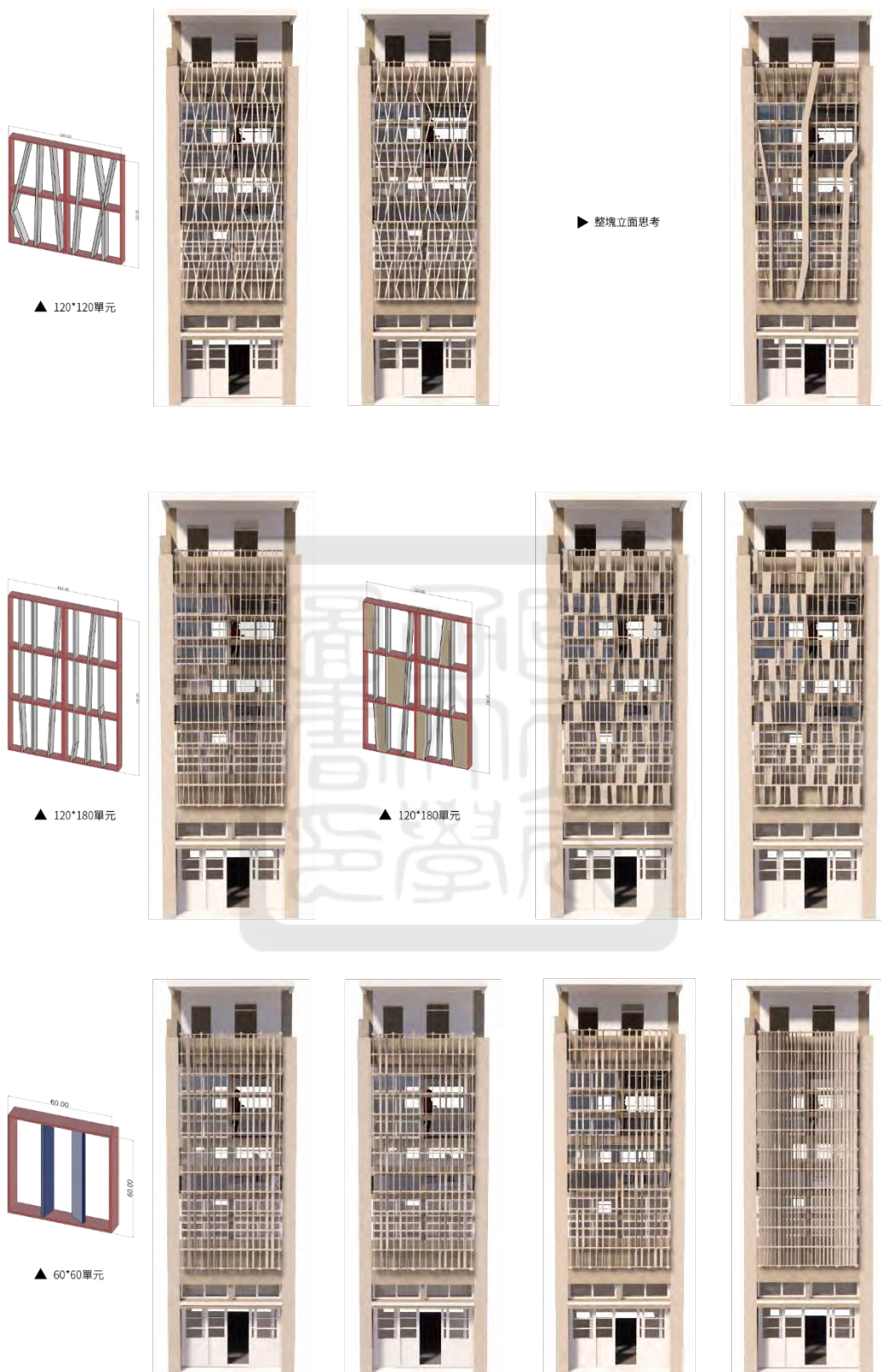


圖 5-3-2 60*60/120*120/120*180 單元



圖5-3-4

連續街屋立面(不包括屋突)



5-4 傳統現代咭咕石牆對比

		
名稱	現代循環漿體咭咕石牆	傳統咭咕石牆(菜宅)
材料	砂矽、蚵殼、木屑、爐石粉、矽酸鈉	砂矽、玄武岩、咭咕石、石灰
構築方式	利用鹼激發反應澆灌模具單元，達成強度後拆模。構築時使用一次鐵件、二次鐵件和桿件固定於建築立面、天花、地板。於小型單元可使用3D列印接頭和水管。	砗咕石需經暴曬，去雜質鹽份數日。建築時，先打地基挖約深三十公分土溝，以大石頭做基礎往上堆疊上去，大石塊間以小石填以空隙，利用石頭間的稜角相互契合加以穩固
空間&高度	3D / 高度不受限制	2D / 高度為北牆最高，約1.6公尺—2.5公尺；東、西牆次之，高約1.5公尺至1.8公尺；南牆最矮，大多不超過1公尺
呈現效果	可客製化立面，為非主要承重，可控制厚度	厚重，厚度約為10-20公分，小縫隙通風
難易度	低(技術性低) 可由建築師精準放樣，剩餘部分一般民眾皆可參與澆灌放置	高，隨著時間的演進，傳統師傅逐漸凋零，疊砌菜宅的手藝也慢慢失傳，加上環境保育意識抬頭，本地石材不易取得
施工時間	短	長(師傅敲打讓咭咕石彼此犬牙咬合)
施工環境	較乾淨無粉塵	較多碎屑
其他優點	1 可在不同空間進行轉換，例：立面變地板 2 因應環境替換不同骨材，達到環境永續 3 配合不同模具有不同質感效果 4 人力成本低	1 咭咕石質輕多孔隙，具有通風功能 2 在縫隙中填入三合土、石灰、黑糖水、糯米漿砌成牆壁，則冬暖夏涼 3 低矮減少風的阻力

表 5-4 傳統現代咭咕石牆對比

圖5-3-5

連續街屋立面(包括屋突)





5-5 升級回收 / 降級回收

透過建築物拆解下來的水泥混凝土、紅磚、裝修木材及澎湖環境多餘之砂矸、蚵殼、木屑進行降級回收，因為並非所有材料皆可以回收再利用，因此以降級回收將材料分解為基本形式，保留其材質特性，再以升級回收之方式創造新的產品價值，例如重新膠結之循環漿體，以不斷重複使用之方式創造循環經濟。

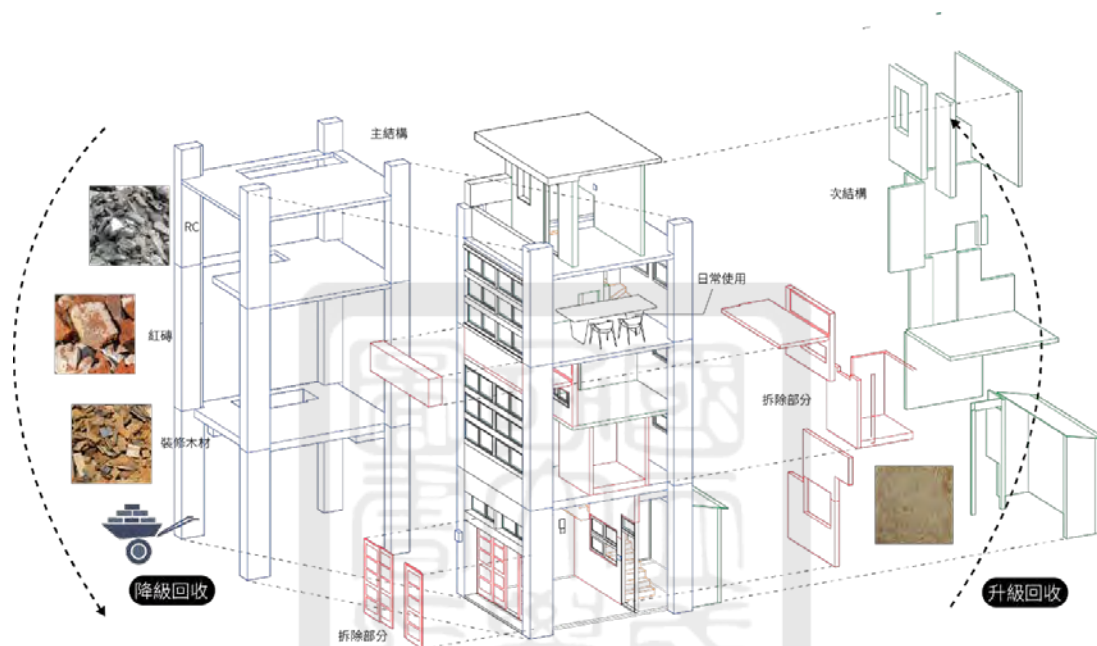


圖 5-5-1 民族路基地升級/降級回收

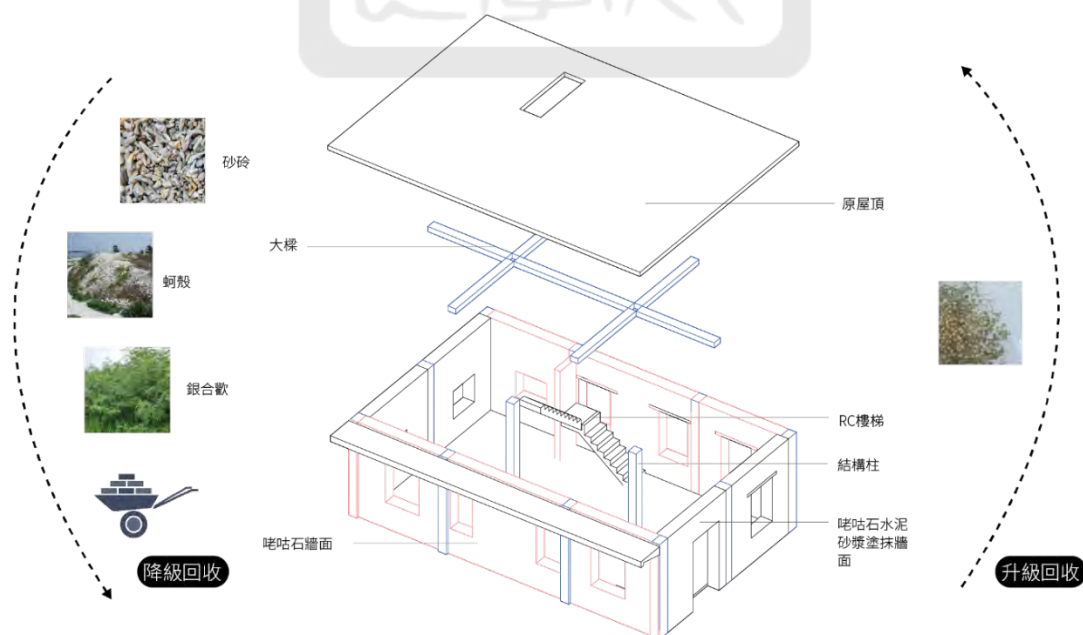


圖 5-5-2 赤崁基地升級/降級回收

第陸章 赤崁&民族路基地空間設計

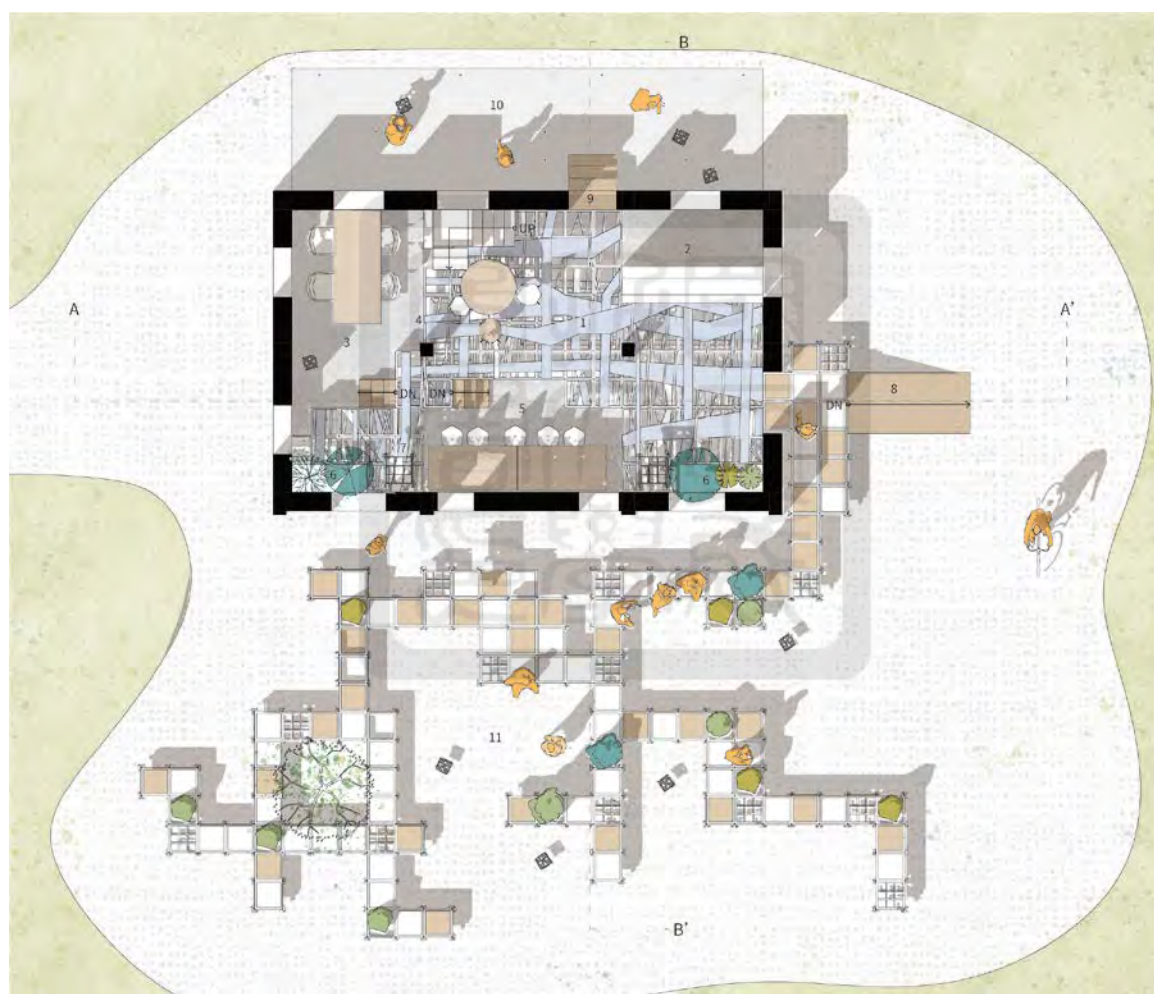
6-1 赤崁基地

6-1-1 赤崁基地位置



6-1-2 赤崁基地平面圖

以砂矽、木屑、蚵殼循環漿體作為赤崁老屋與周遭地景之連結，在北面面對東北季風以循環漿體雨遮的方式抵抗強風同時作為墊高平台可以遠眺海景；南面為面對主要道路之入口意象區，則可以因應不同活動使漿體單元有不同組合方式，成為赤崁地區實驗示範場域。入口為無障礙坡道單一管制，結合循環漿體高架地板，由室外延伸至室內，同時室內強調水平之延伸性，因此最大程度減少隔間牆，以利視線之穿透。

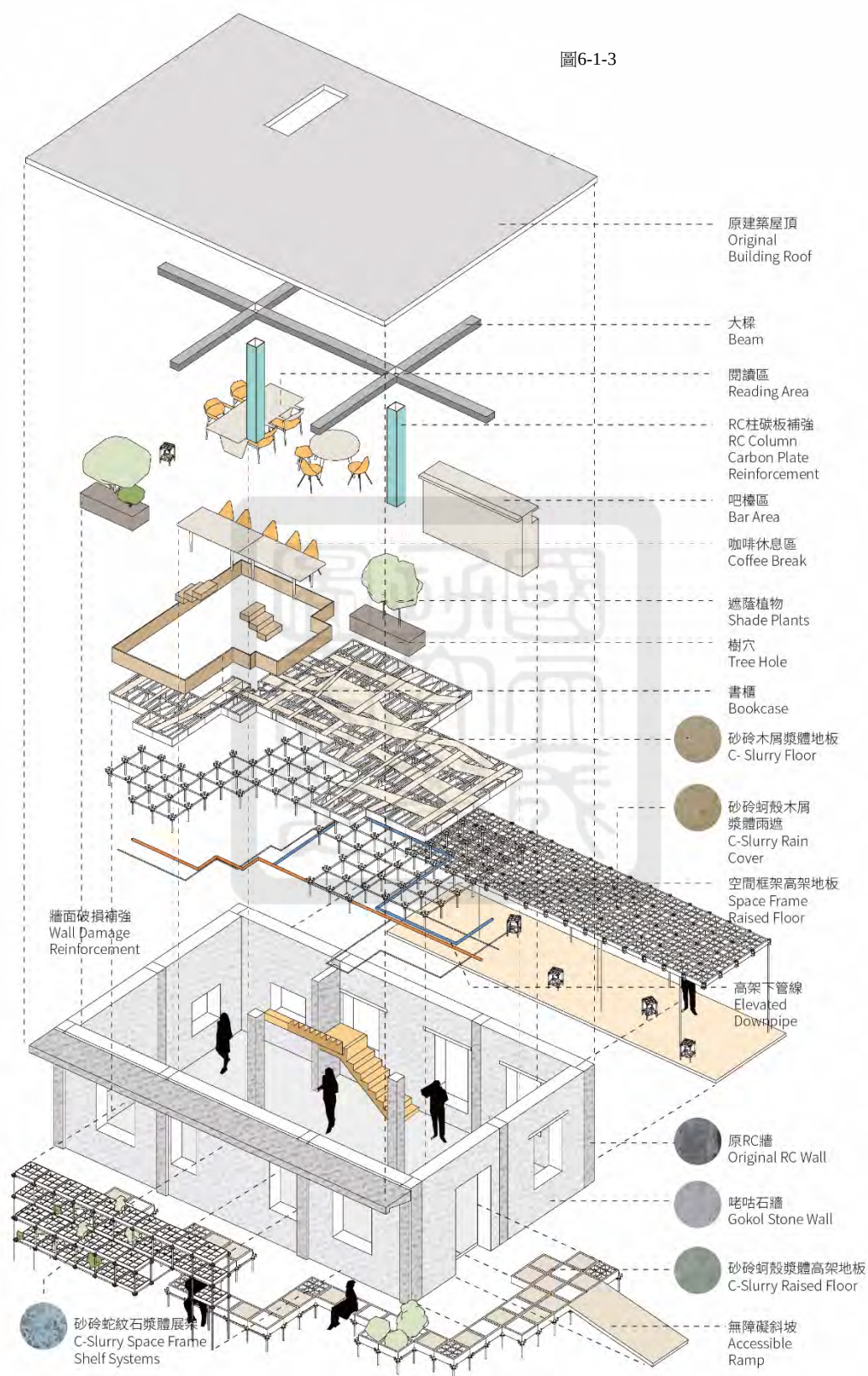


- | | | | |
|--------------|-------------------|-------------------------|--|
| 1 砂矽蚵殼漿體高架地板 | 7 砂矽蛇紋石漿體展架 | 1 C-Slurry Raised Floor | 7 C-Slurry Space Frame Shelf Systems |
| 2 吧檯區 | 8 無障礙斜坡 | 2 Bar Area | 8 Accessible Ramp |
| 3 閱讀區 | 9 開窗階梯 | 3 Reading Area | 9 Window Staircase |
| 4 書櫃 | 10 觀海瞭望台&循環漿體雨遮 | 4 Bookcase | 10 Sea-watching Observation Deck & C-Slurry Rain Cover |
| 5 咖啡休息區 | 11 循環漿體高架地板延伸戶外活動 | 5 Coffee Break | 11 C-Slurry Raised Floor Extends Outdoor Events |
| 6 遮蔭植物 | | 6 Shade Plants | |

圖 6-1-2 赤崁基地全區配置圖

6-1-3 赤炭基地爆炸圖

圖6-1-3



6-1-4 赤崁基地剖面圖

高架地板循環漿體以有機圖騰暗示行走方向，同時可於地板下預留及整合管線。部分非高架地板區域使用原建築地板改造成圖書區以及咖啡休息區，因與地板有+60CM之高差，除了位於高架地板上之視線更穿透，減少行為之阻擋外，位於下部區域更有隱私性及安全感，以高架地板及非高架區暗示動線區及活動停留區。

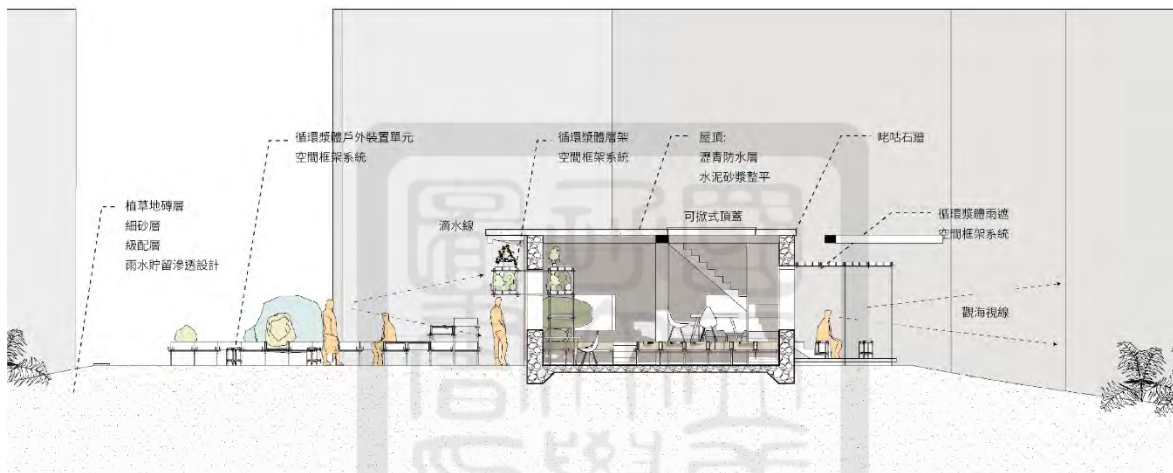


圖6-1-4 A-A' 剖面圖

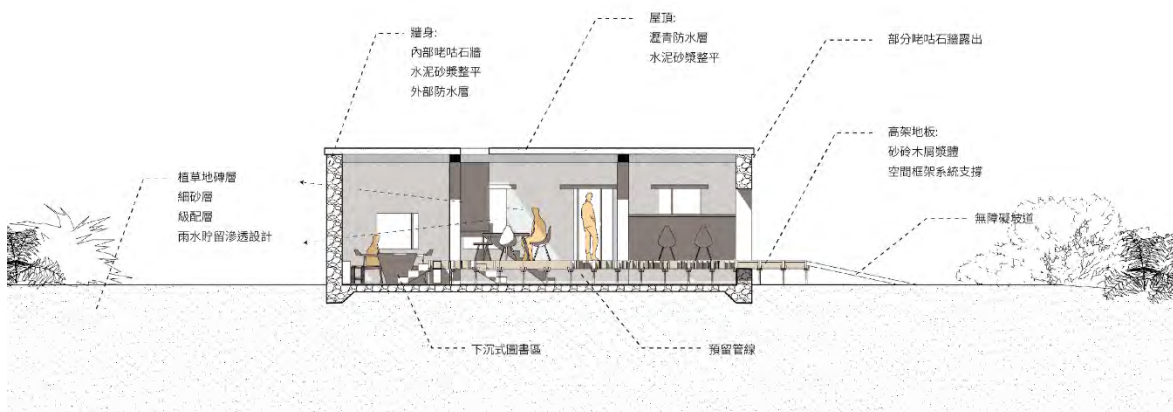
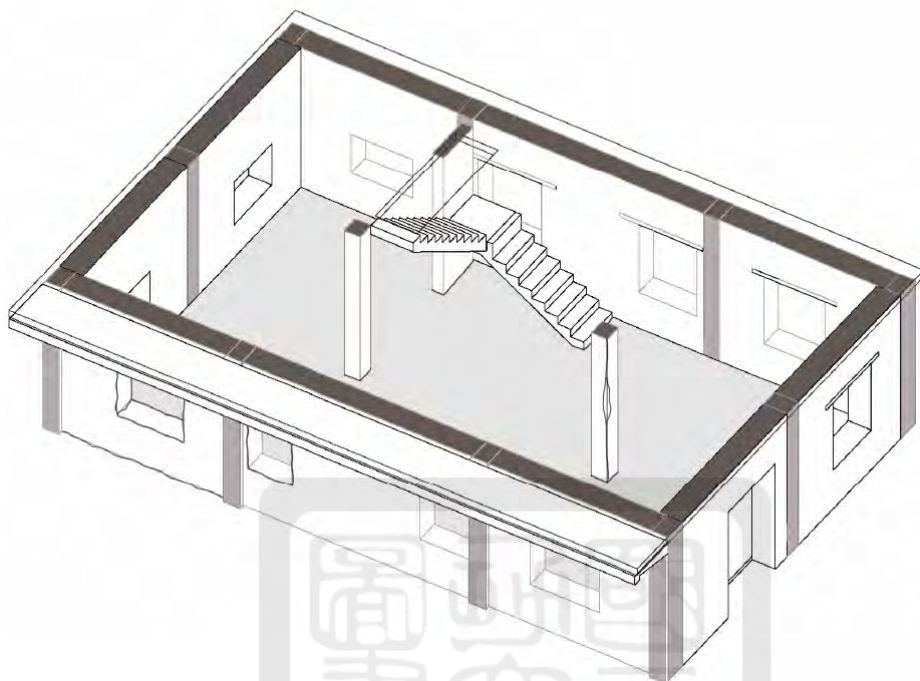


圖6-1-5 B-B' 剖面圖

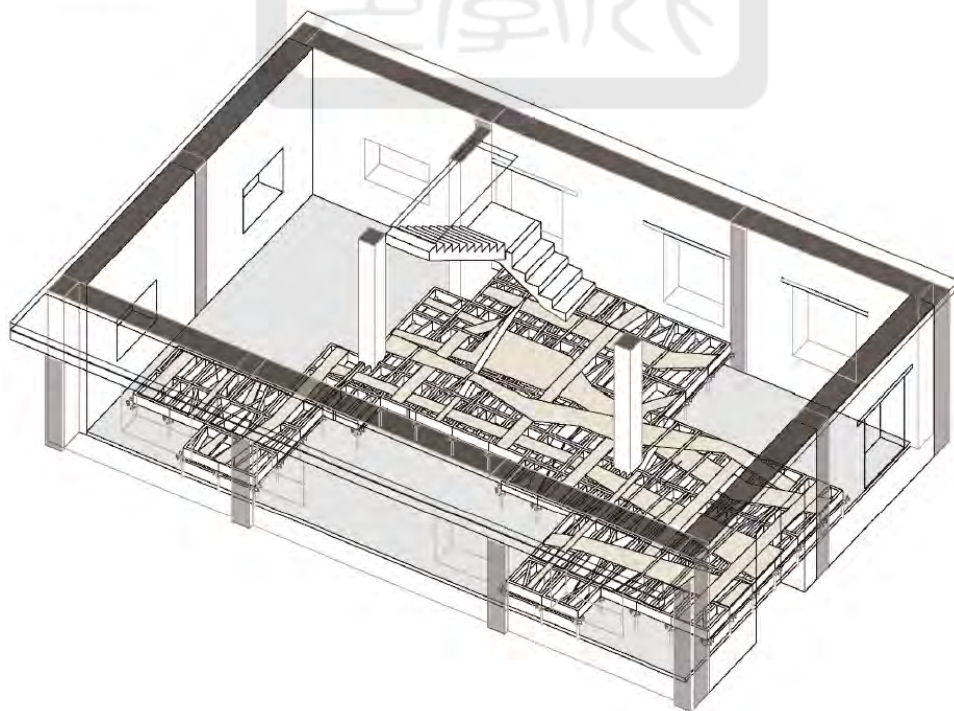
6-1-5 赤崁基地設計步驟圖

- 1 原赤崁老屋
Original Chihkan Old House



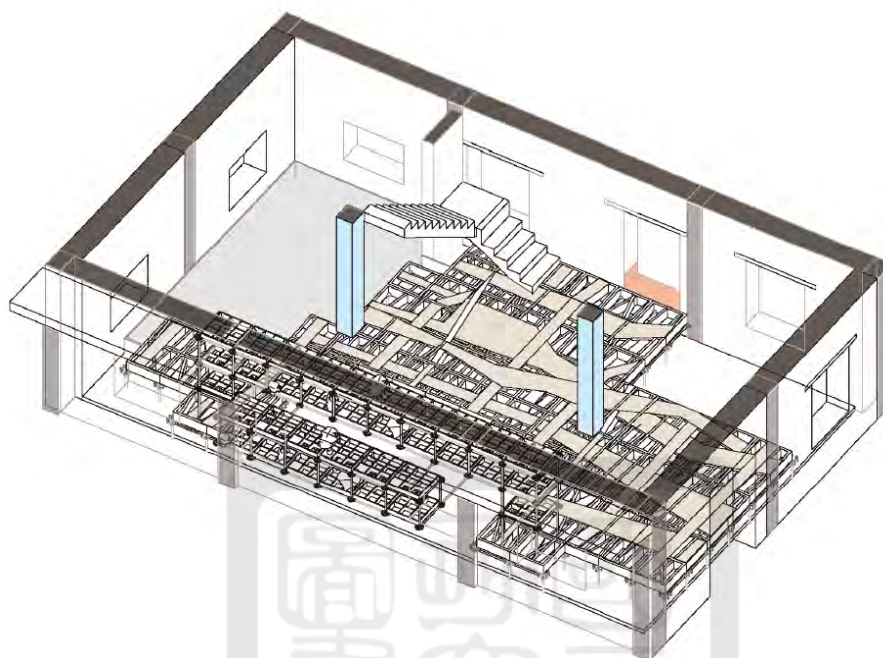
- 2 循環漿體&空間框架高架地板
C-Slurry & Space Frame Raised Floor
(+60cm)

圖6-1-6 & 6-1-7



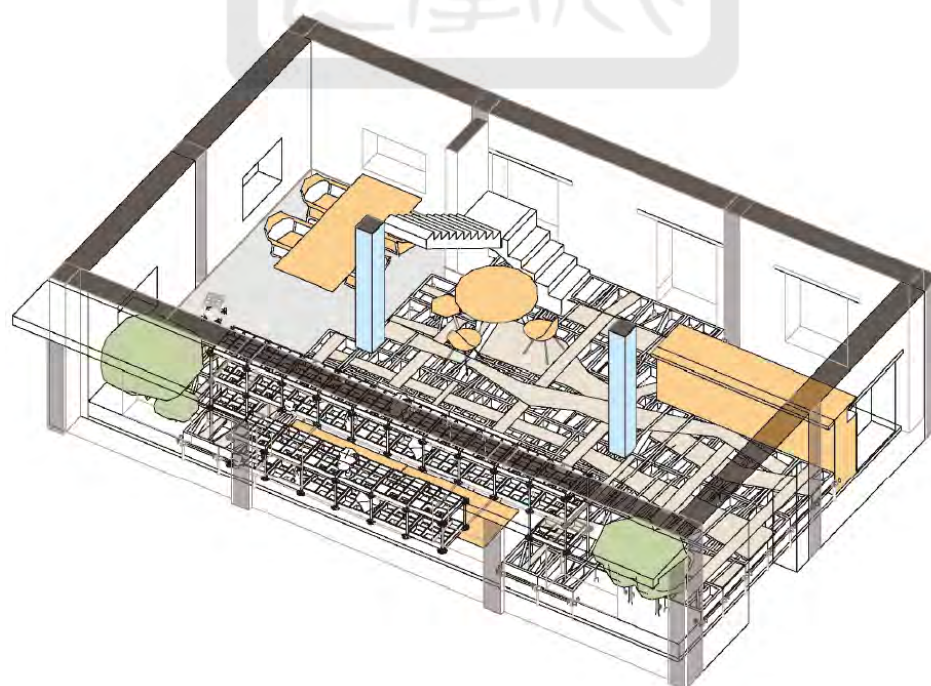
6-1-5 赤崁基地設計步驟圖

3 柱補強、開洞及空間框架層架系統 Column Reinforcement, Fenestration and Space Frame Shelf Systems



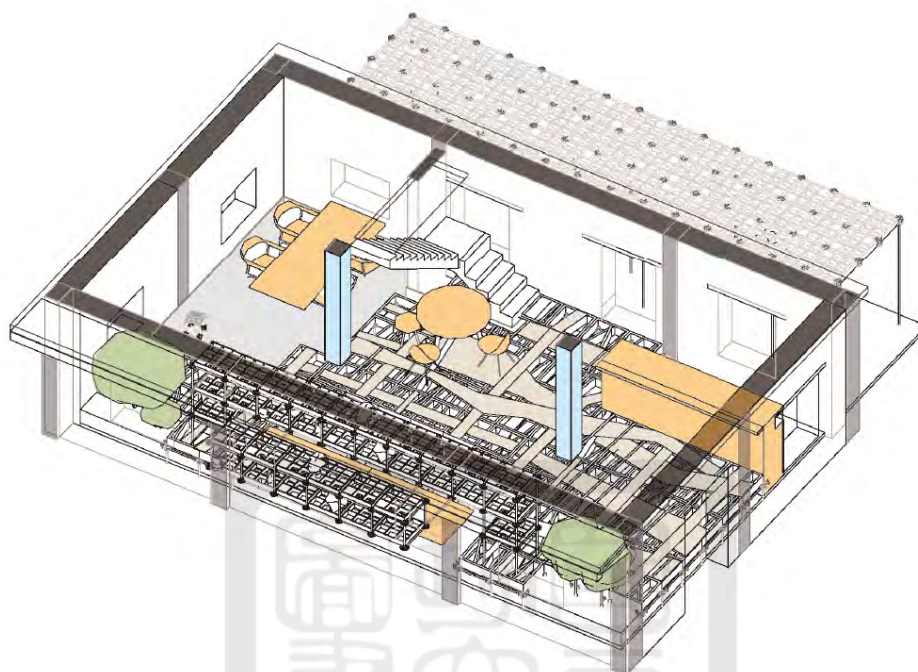
4 下挖圖書空間&咖啡休息區 Sunken Book Space & Coffee Rest Area

圖6-1-8 & 6-1-9



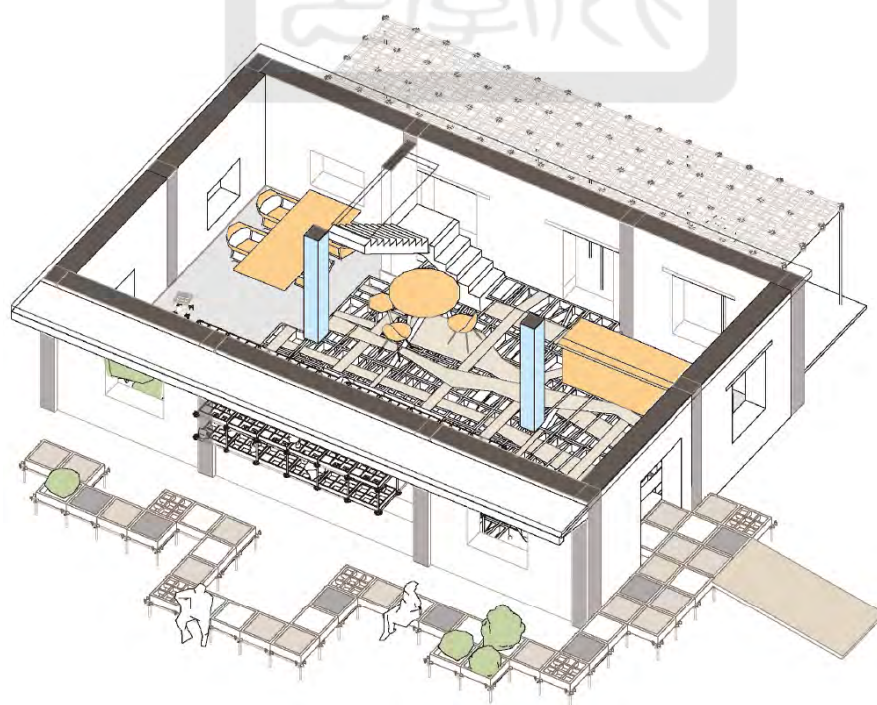
6-1-5 赤崁基地設計步驟圖

- 5 觀海瞭望台&循環漿體雨遮
Sea-watching Observation Deck &
C-Slurry Rain Cover



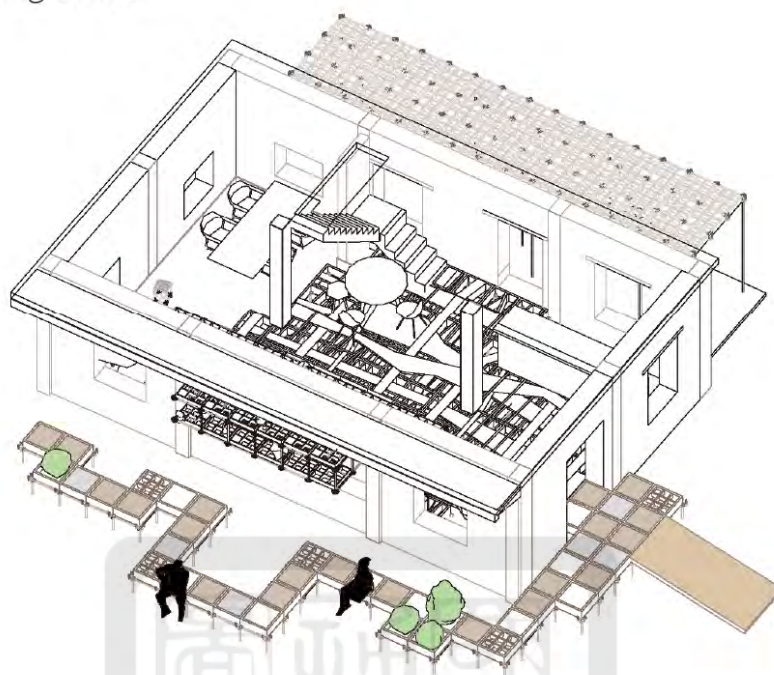
- 6 循環漿體高架地板延伸戶外活動
C-Slurry Raised Floor Extends Outdoor
Events

圖6-1-10 & 6-1-11



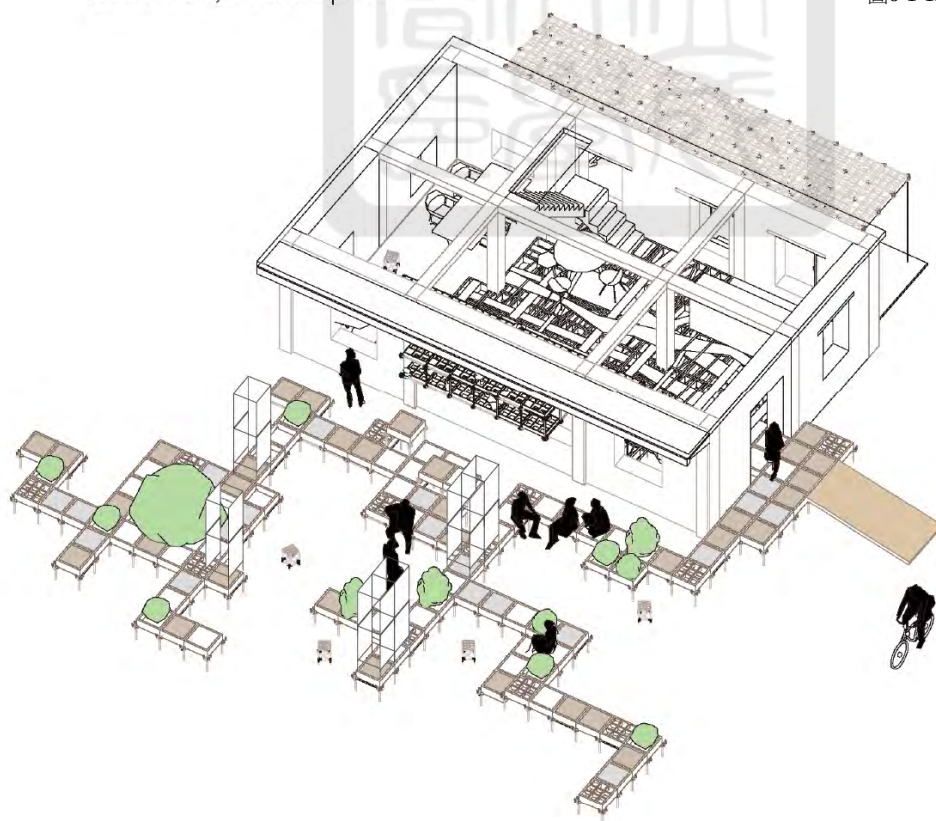
6-1-6 赤崁基地循環漿體活動想像

1 小型休息花園 Small Resting Garden



2 展覽、社交空間 Exhibition, Social Space

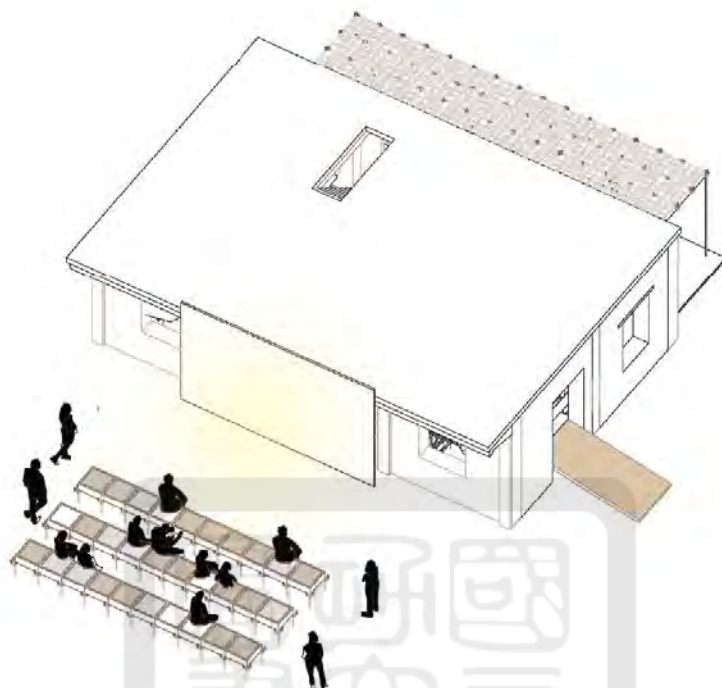
圖6-1-12 & 6-1-13



6-1-6 赤崁基地循環漿體活動想像

3 新立面露天電影院

New Facade Open-air Cinema



4 技藝傳承舞台

Skills Inheritance Stage

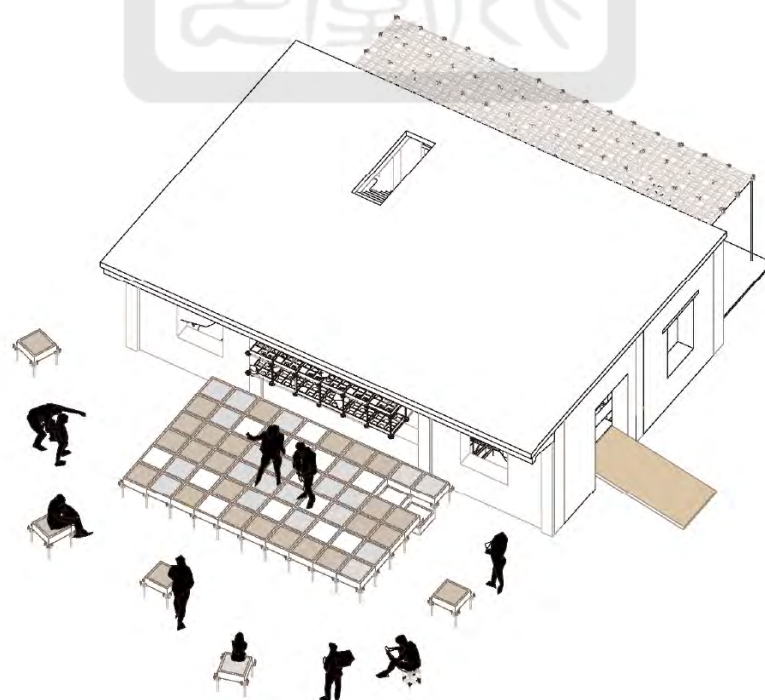
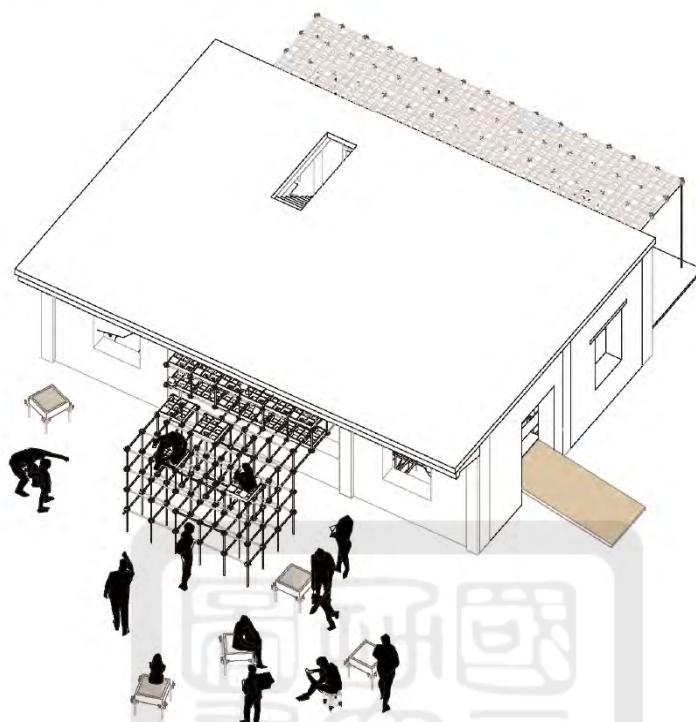


圖6-1-14 & 6-1-15

6-1-6 赤崁基地循環漿體活動想像

5 空間框架兒童遊樂場

Space Frame Children's Playground



6 半戶外假日市集

Semi-outdoor Holiday Market

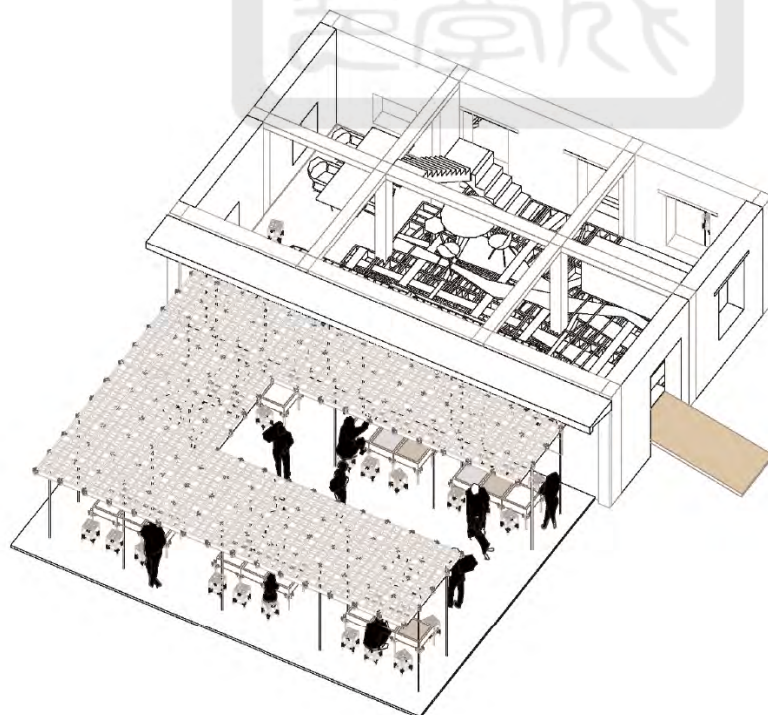


圖6-1-16 & 6-1-17

6-2 民族路基地

6-2-1 民族路基地配置圖

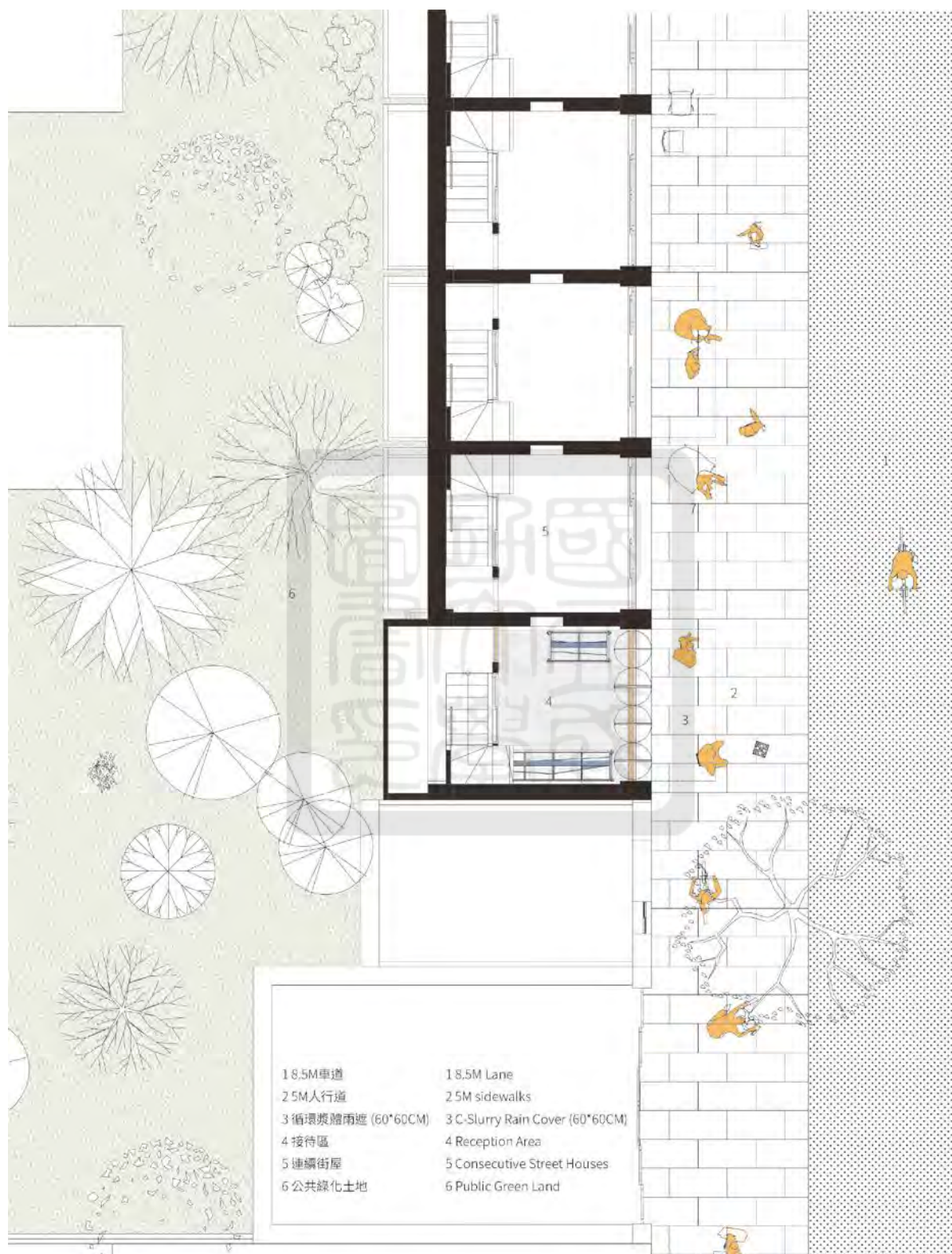
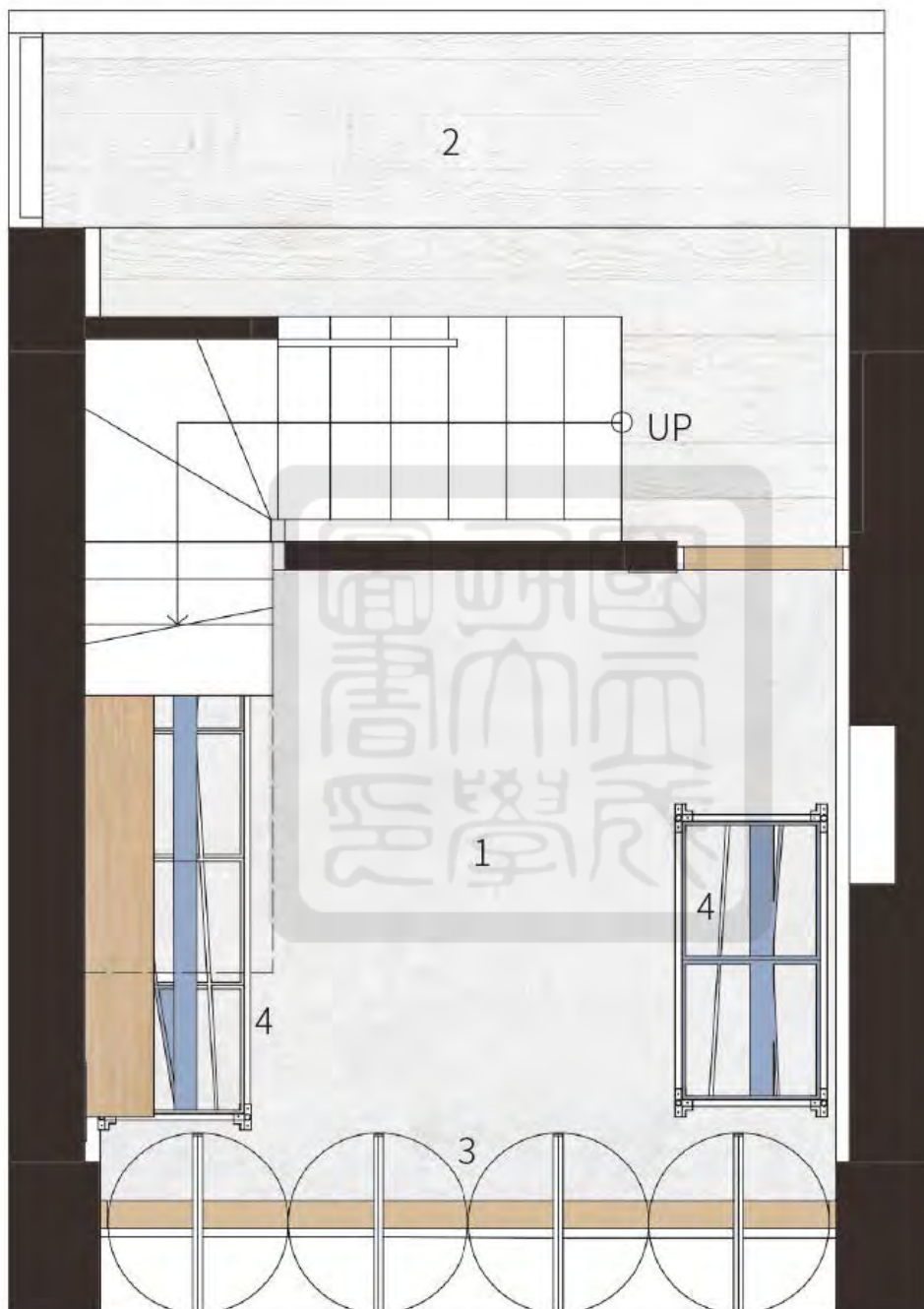


圖 6-2-1 民族路連續街屋基地配置圖

6-2-2 民族路基地各層平面圖

1F 平面 Ground Floor Plan

圖6-2-2



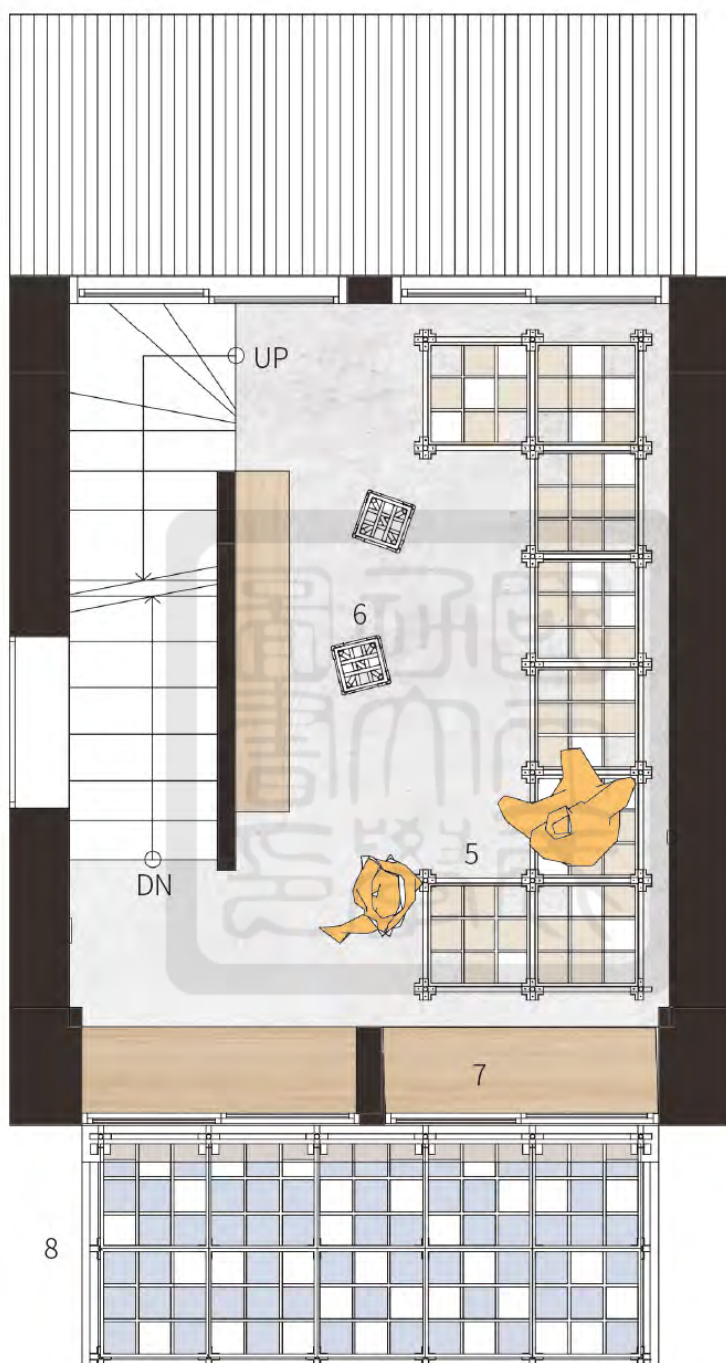
1 展覽接待區 2 後庭 3 旋轉玻璃門 4 循環漿體珠寶展架 (60*120 & 60*180CM)

1 Exhibition Reception Area 2 Backyard 3 Revolving Glass Doors 4 C-Slurry Jewelry Display Rack

6-2-2 民族路基地各層平面圖

2F 平面 Second Floor Plan

圖6-2-3



5 循環漿體展架間座椅(60*60CM) 6 循環漿體座椅單元 (45*45CM) 7 裝修木板 8 循環漿體雨遮

(60*60CM) 5 C-Slurry Seats & Exhibition Racks 6 C-Slurry Seat Unit 7 Decoration Planks 8 C-Slurry Rain

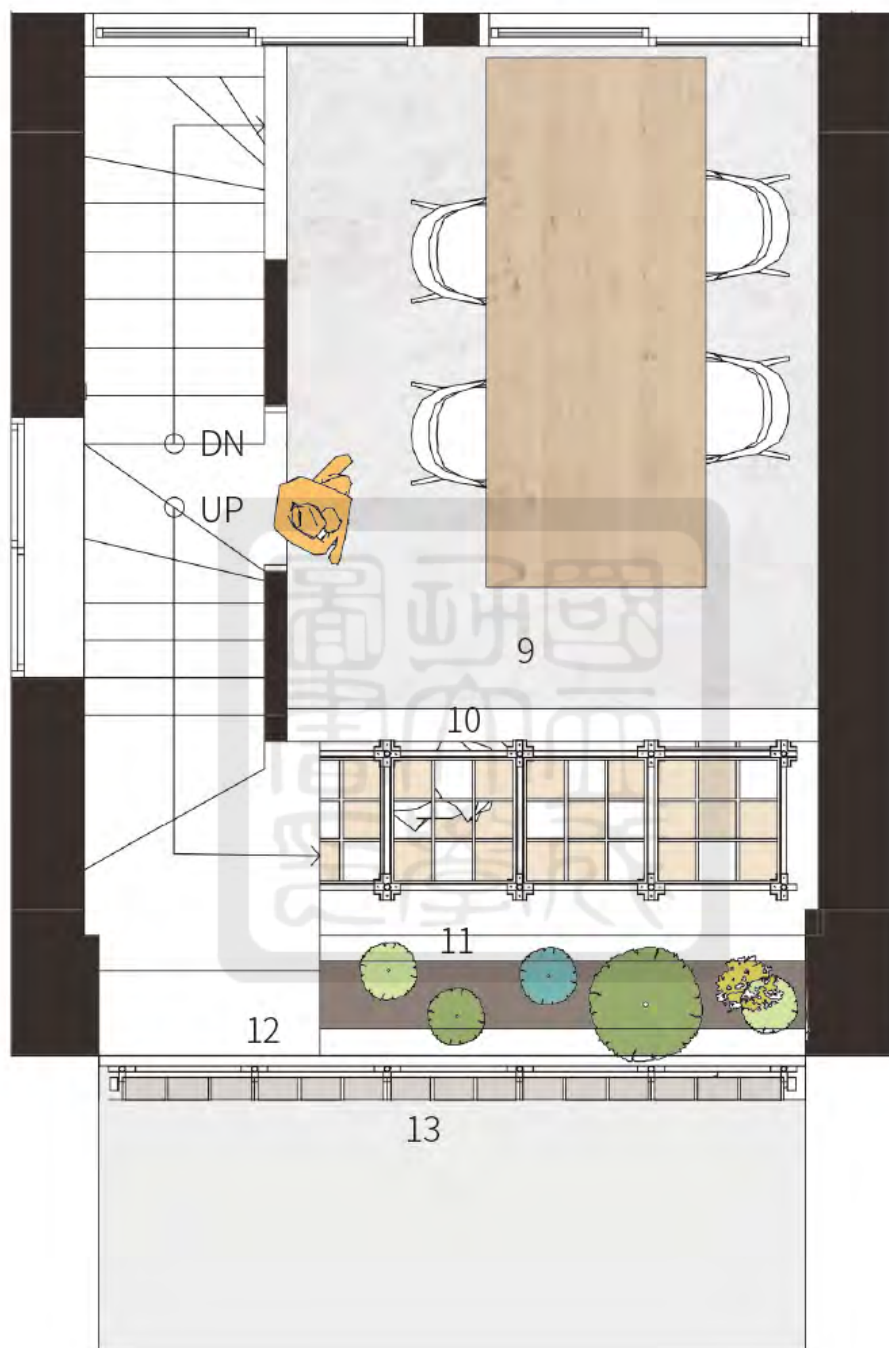
Cover

6-2-2 民族路基地各層平面圖

2.5F 平面

Second and Half Floor Plan

圖6-2-4



9 小型辦公區 10 循環漿體展架 (60*60CM) 11 植栽區 12 空間框架立面系統 13 循環漿體立面系統

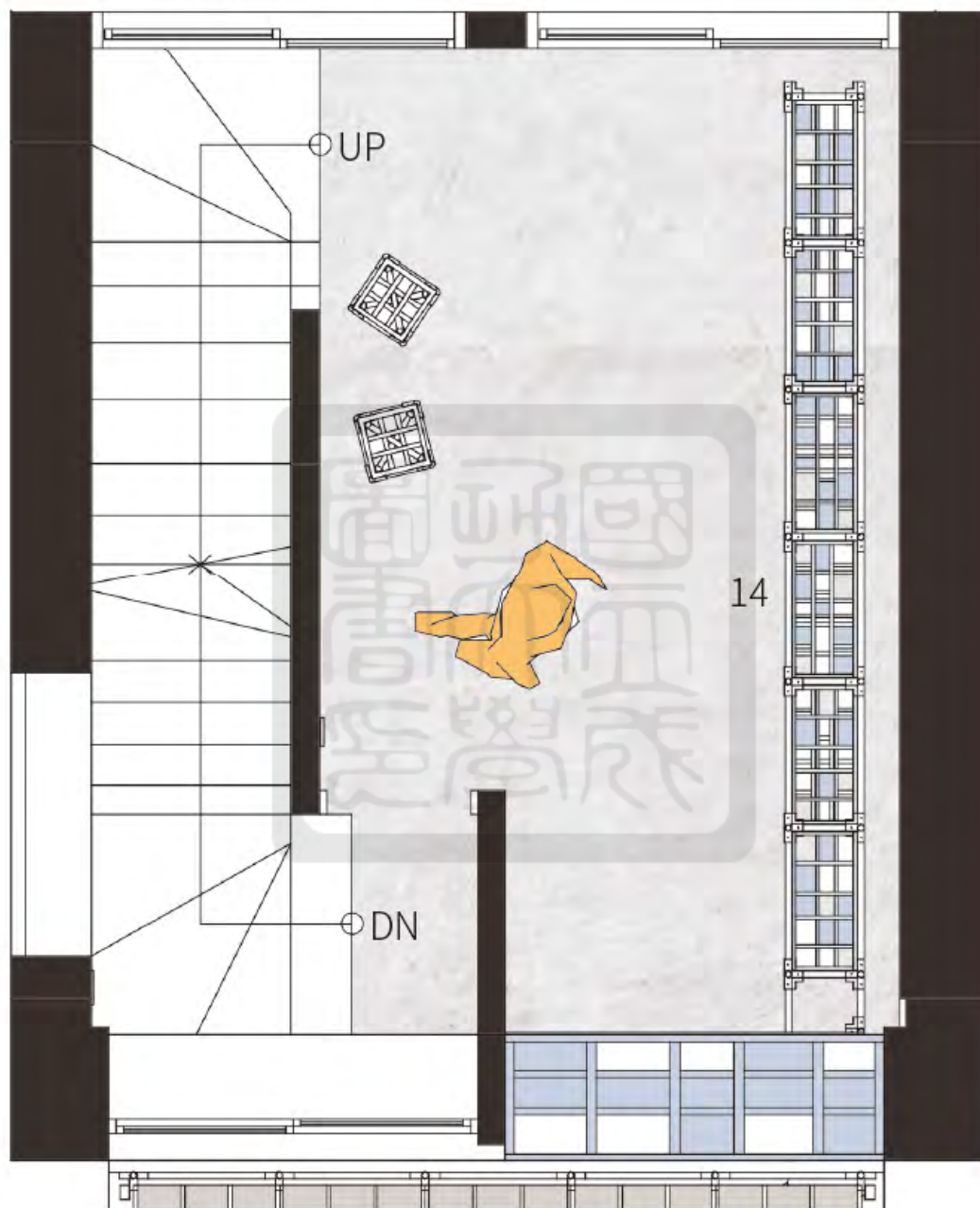
(60*60CM) 9 Small Office Area 10 C-Slurry Display Racks 11 Planting Area 12 Space Frame Facade

System 13 C-Slurry Facade System

6-2-2 民族路基地各層平面圖

3F 平面 Third Floor Plan

圖6-2-5

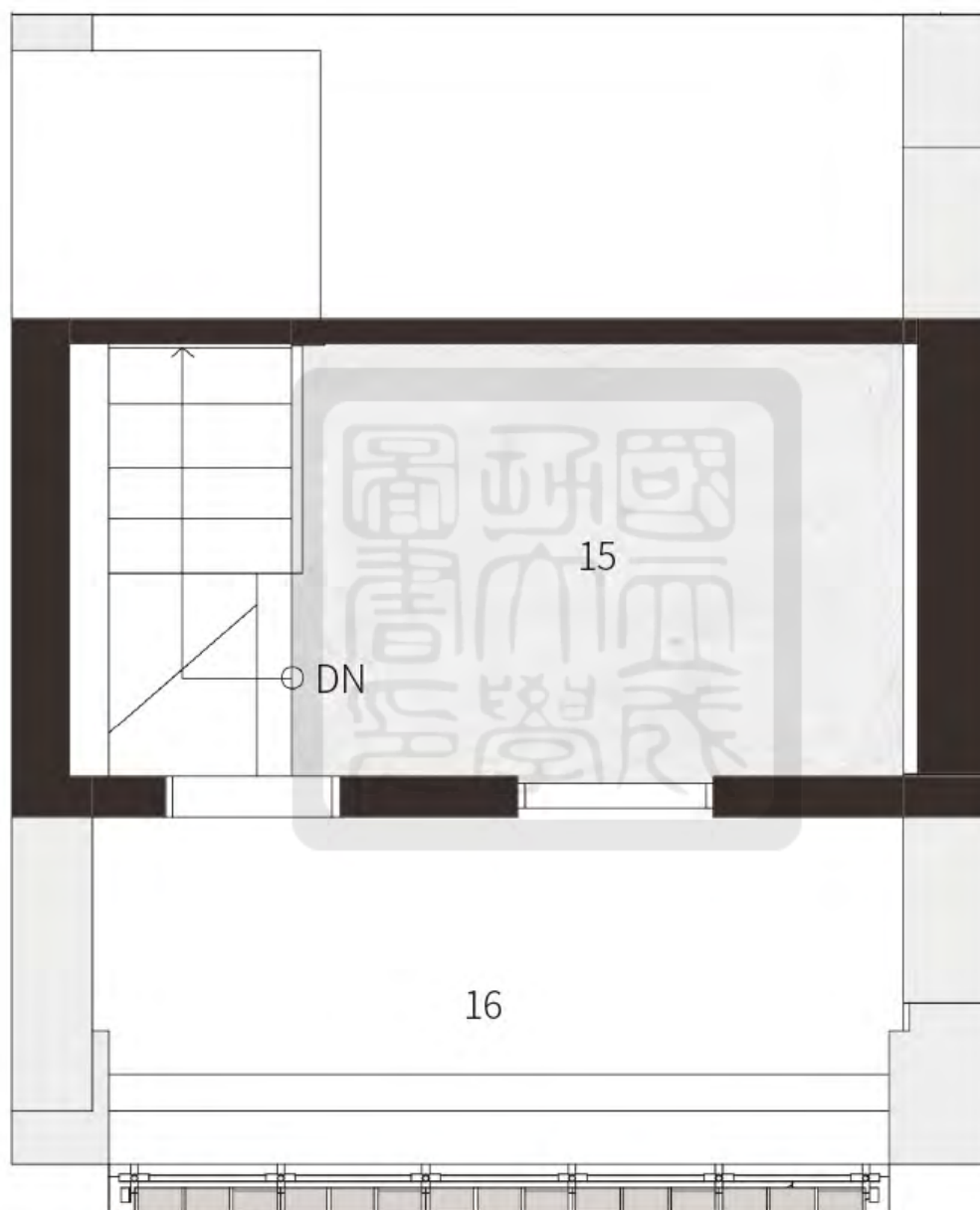


14 循環漿體展架 (30*60CM) 14 C-Slurry Display Rack

6-2-2 民族路基地各層平面圖

4F 平面 Four Floor Plan

圖6-2-6



15 彈性空間 16 陽台 15 Flexible Space 16 Balcony

6-2-3 民族路基地剖面圖

基地本身為街屋代表，利用 30*60 cm、60*60 cm、60*120 cm、60*180 cm 等不同尺寸之循環漿體介入垂直性之結構系統。循環漿體由公共領域介入到私人領域，藉由不同漿體之尺寸、顏色、質感在過度層呈現與延伸。在一樓以旋轉玻璃門增加採光及開闊度，同時以木屑砂矽漿體雨遮延伸至室內，創造視覺延伸性，同時街道上有循環漿體家具單元吸引路過的遊客。



圖 6-2-7 民族路 A-A'剖面圖

6-2-3 民族路基地剖面圖

除了砂矽、木屑、蚵殼，同時使用基地牆面拆除後留下之混凝土、水泥砂漿、紅磚等進行降級回收，以升級回收為展架、天花板、立面單元重新介入都市之連續街屋。在 2.5F 至 3F，循環漿體框架貫穿挑空空間，同時與皮層之單元相互連接，形成室外-漿體立面-空間框架-建築立面-植栽層-漿體展架單元-內部活動空間之多層次關係。



圖 6-2-8 民族路 B-B''剖面圖

6-2-4 民族路基地細部透視圖

循環漿體空間框架系統在一樓為雨遮水平延伸至室內，在二樓為展架間座椅，有水平及垂直方向之延伸，垂直延伸則與二點五樓之循環漿體天花板系統連接，在三樓則為整面牆之展架系統。每層樓又可將桿件做為次結構與立面之主框架系統連接，以有機之形式重新包覆、修補、簡化原街屋，創造漿體單元在空間之更多可能性。

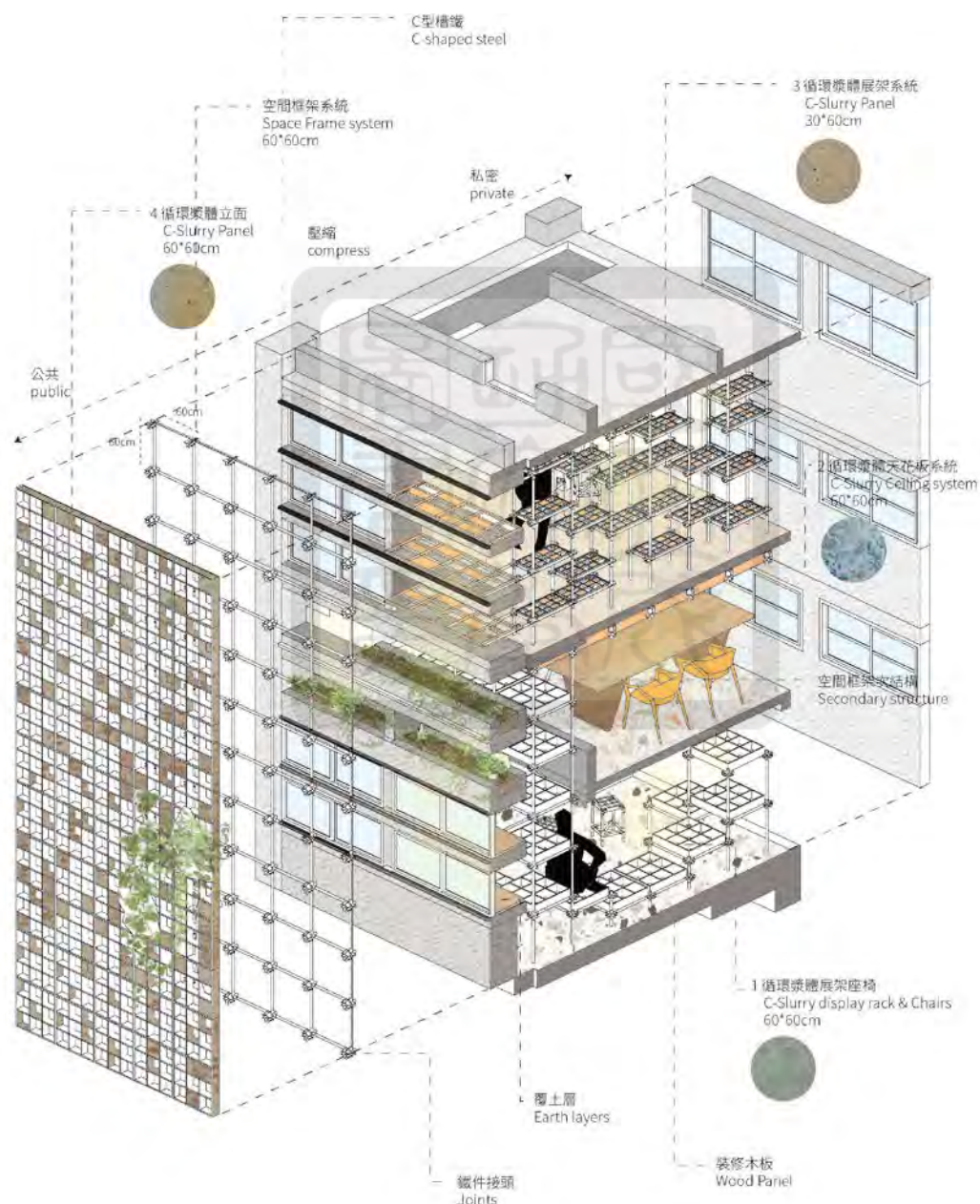


圖6-2-9 民族路基地細部透視圖

6-3 場景圖

民族路基地



圖6-3-1 1F 櫃台、展示區



圖6-3-2 2F 循環材料展區

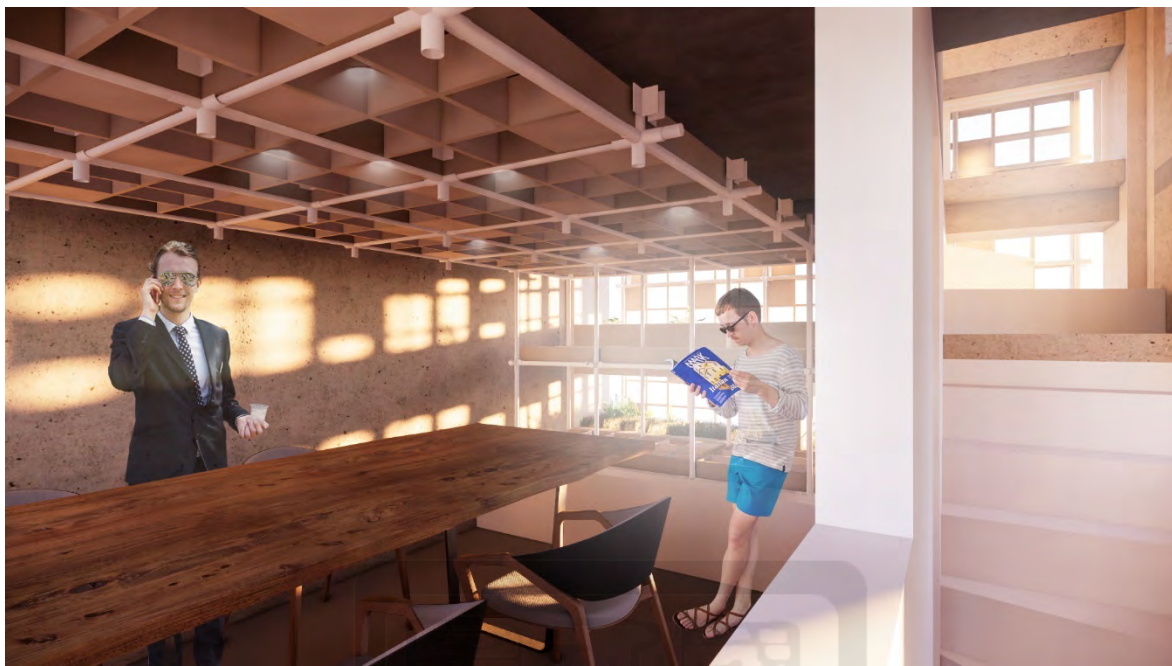


圖6-3-3 2.5F 會議室



圖6-3-4 3F 珠寶、水族蝦展示區



圖6-3-5 4F 陽台，提供遮陰、通風



圖6-3-6 街屋街景改造

赤崁基地



圖6-3-7 入口區



圖6-3-8 圖書區



圖6-3-9 眺海雨遮



圖6-3-10 戶外活動區

第柒章 討論與結論

7-1 研究成果總結

本研究結合前六章之研究成果，於第七章分為「環境餘料」、「單元空間」、「離島建築生命週期」等三大主題呈現簡短總結，其中可細分為以下五點說明：

(1) 澎湖環境餘料之再利用方式與介入空間之構造系統

將澎湖過剩之砂矜、蚵殼、銀合歡以低碳、環保、永續之方式回收再生，保留其原本材料之質感紋理，以建材和填充材、家具之方式重新介入現況之不完整狀態。

(2) 砂矜木屑漿體提供輕量及更高韌性之建材填充體使用

在鹼激發實驗中，砂矜木屑漿體可達到 112.31kgf/cm^2 之結構強度，同時於澆灌過程中，因為木屑具有吸水保水之特性，在澆置複雜圖案時工作性更為方便。

(3) 漿體單元突破單元式疊砌與澆灌之限制

過去澎湖之傳統營造方式為咾咕石疊砌之菜宅、灰窯，需要更多人力及技術，同時為不可拆解之構造，在施工過程中受限於材料本身之大小限制。本研究以空間框架作為材料間之互制結構系統，不受材料空間之限制，於澆灌上更突破原本尺度，小至家具單元，大至整面立面單元。

(4) 從 Scale UP 探討垂直性街屋與水平性空曠基地之漿體框架系統之轉變性

本研究涉及兩種 Scale UP，一為單純的尺度放大；二為單元組構之放大。以台灣最常見之街屋與獨棟基地為例，比較兩者轉換間之效能關係。而漿體框架系統可因應垂直及水平向 Scale UP 之轉變性，配合原建築之結構組構出與材料、構造呼應之設計。

(5) 從建築生命週期探討可拆解單元之快閃時尚與未來介入其他基地之可能性

以乾式施工之方式將營造現場之材料升級回收，配合建築之功能、生命週期改變以及當地活動組構出臨時之構造設施，可因應不同之設備、空間系統。將材料模矩化於施工上更方便與精準，因具有可拆解之特性，亦可將此系統應用於其他基地。

7-2 檢討與後續研究建議

本研究以 Design by Research 的方式思考循環漿體之應用方式，於過程中亦發現不同尺度之後續研究方向，可歸納出以下四點說明：

(1) 澆灌模具系統開發

針對模具進行系統性思考，包括模具的生產、運輸、製造、保養、回收再利用等。在澆灌過程中模具所產生的廢棄物也是該納入循環討論的一環；並且在澆灌完成後如何脫模也是重要的一環。本論文常在澆灌完成後於脫模過程造成模具損壞，而製作模具的時間也必須考慮在時間成本中，如何以高效率的方式製作模具，並且考量後續再利用甚至是儲放等的問題我認為是重要的挑戰。

(2) 3D 列印接頭及桿件測試及優化

在面臨更大型的漿體單元時，常因不同重量導致接頭抗性不夠而損毀，而組裝成完整單元時應需要更多的整體抗壓測試，以測試接頭與桿件、漿體單元間的極限強度而做出調整。

(3) 立面 1:1 實體單元

本論文主要以家具單元作為主要實際操作對象，然而在澎湖夏季炎熱、冬季強風的氣候條件，戶外立面單元則會面對放大、耐久性、通風性、抗熱性、隔音、防水、透光等需求。漿體單元的厚度、重量、內部是否置入鐵件也需要被討論實踐，而內部置入鐵件則會影響澆灌、模具製作、對應的接頭鐵件等；還包括 3D 列印接頭單元是否需要換成不銹鋼材質；桿件是否要更換為鐵管等。

(4) 離島公共空間、社區參與

隨著新工具的置入，建築師不再需要負責所有工作流程，而循環漿體空間框架系統為一套社區友善型系統，如何使建築師只需負責 30%精準放樣，剩下 70%可開放當地民眾參與，我認為是可深入研究的項目。如何藉由自力澆灌小型漿體，簡易組裝成小型休息、展覽、社交空間；而大型漿體則可多人參與澆灌，組裝成舞台、假日市集等空間。透過自力營建清除在地餘料與增加生活想像。

7-3 結論

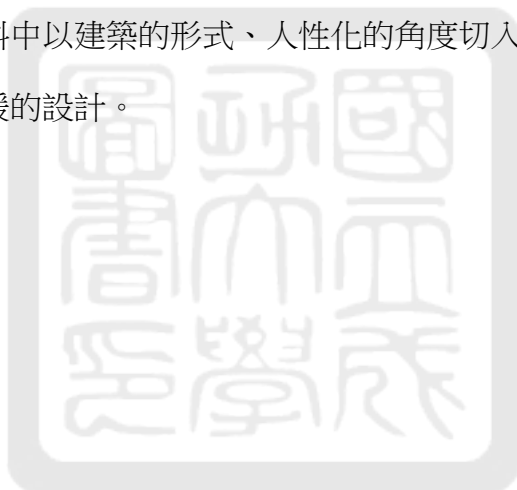
本論文以在地視角出發的設計思維，強調「在地材料」、「在地設計」、「在地製造」。

「在地材料」:將澎湖環境廢棄物以新的工法介入，轉變為可利用的環境餘料。

「在地設計」:以永續循環的設計角度回應全球暖化環境影響，離島空間活化等議題。

「在地製造」:透過新的工具讓更多人投入研究，並且能夠回到地方，透過民眾參與，重新思考生活。

本論文試圖在冰冷的材料中以建築的形式、人性化的角度切入，為離島、建築、環境帶來新的詮釋及富有溫暖的設計。



參考文獻

中文書目

1. 朱涵祺，(2022)，《地方零件製造與空間自造_以澎湖砂矸為例》，碩士論文，台南市，國立成功大學建築研究所。
2. 林鎮洋，(2004)，《生態工法技術參考手冊》，台北市，明文書局。
3. 張玉璜、徐明福、王麒富，(2009)，《澎湖菜宅的地理分布與結構形態探討》，澎湖研究第九屆學術研討會論文集，澎湖縣政府文化局。
4. 張宇彤，(1991)，《澎湖地方傳統民宅營造法探微》，碩士論文，台中市，東海大學建築研究所。
5. 謝宗恒、歐雙磐、黃繡涵、陳亭姘、陳知平，(2014)，《澎湖南方四島菜宅景觀保存與活化再利用成果報告書》，澎湖縣，海洋國家公園管理處。

外文資料參考

- 6 Cohen, J. L. and Moeller, G. M. Jr (eds), 2006 , Liquid Stone, new architecture in concrete, New York: Princeton Architectural Press, 8–19.
- 7 Kosmatka, S. H. and Collins, T. C., 2004, Finishing Concrete with Color and Texture, PA124, Portland Cement Association, 72 pages.
- 8 Mahdi, A. A. G. and Go'inski, J., 2001, "Mechanical properties of concrete cast in fabric formworks", Cement and Concrete Research, 31: 1459–1465
- 9 Marosszeky, M., Chew, M., C., Arioka, M. and Peck, P., 1993, "Textile form method to improve concrete durability", Concrete International, 15(11): 37–41
- 10 Reddi, S.A., 1992, "Permeable formwork for impermeable concrete", The Indian Concrete Journal, 66: 31–35

網路資料

- 11 <https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-concrete>
- 12 <https://www.researchgate.net/figure/Urban-Mining-within-the-Circular->

[Economy fig4 351413344](#)

- 13 <https://www.archdaily.com/550093/wikihouse-unveils-world-s-first-two-storey-open-source-house-at-london-design-festival>
- 14 <https://builtoffsite.com.au/news/low-carbon-concrete/>
- 15 <https://megaton.smartweb.tw/index.php?module=product&mn=1&f=content&tid=35446>
- 16 [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Le Dynasty%2C 15th Century%2C Brick and Mortise %26 Tenon Construction %289738938866%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Le_Dynasty%2C_15th_Century%2C_Brick_and_Mortise_%26_Tenon_Construction_%289738938866%29.jpg)
- 17 <https://www.wowlavie.com/article/ae2100387>
- 18 <https://www.pinterest.fr/pin/478085316671668214/>
- 19 https://www.team20map.com/art_works/1207
- 20 <https://www.dezeen.com/2010/03/18/concrete-chair-by-tejo-remy-renee-veenhuizen>
- 21 <https://www.dezeen.com/2010/09/01/mass-iiii-by-janwillem-van-maele>
- 22 <https://www.archdaily.com/880815/gu2787-apartment-building-arqtipo-plus-scanw-arqs>
- 23 <https://www.archdaily.com/298353/brick-pattern-house-alireza-mashhadmirza>
- 24 <https://www.picharchitects.com/portfolio-items/ampliacion-escuela-teresianas-ganduxer/>
- 25 <https://www.designboom.com/design/elegant-embellishments-ltd-prosolve-370e-at-dmy-berlin-design-festival-09/>
- 26 <https://www.designboom.com/design/benjamin-hubert-layer-design-scale-modular-acoustic-partition-system-12-04-2015>
- 27 <https://lumaa.co/portfolio/terrazza-rosales/>
- 28 <https://www.yankodesign.com/2014/01/20/double-duty-seating>
- 29 <http://www.sehunoh.com/plumb.html>

附錄

附錄一 展覽版面與模型



兜空間材料試體與模型展示



民族路街屋基地模型



赤坎基地模型

附錄二 C-CUBE 實驗工具



附錄三 抗壓測試



