

C-01

系統思考應用於山腳排水治理工程之研究

*施孟真 (Meng-Chen Shih)

逢甲大學專案管理碩士在職研究生

王傳益 (Chuan-Yi Wang)

逢甲大學水利工程與資源保育學系教授

摘要

專案係指一個獨特且有時間及預算限度的任務，河川工程亦需在一定的時間和預算內，達成預定的河川營造任務，具備一般專案的特性，但實務上在工程執行過程中常常發生趕工、加班、變更設計等狀況，若能從根本上找出問題的原因，並提出治本的方法，將能有效提升河川工程之品質。而專案管理源自於系統思考，系統思考又可以分為三個階段：探索問題、分析問題、研擬對策。本研究調查工程實務中發生的問題，並採取深入訪談來確定問題，如採取實地面對面訪談、施工說明會或公聽會進行側向旁聽...等方法，搜集並彙整利害關係人的實際需求與期望，本文發覺影響工程進度造成工期展延、停工或影響的工作的關鍵因素有管線遷移及電線桿轉向的問題、拆除地上物、天候因素、農業灌溉、交通動線及變更設計，這些因素約影響了工期變動約25%，經費變動約9%，其中管線遷移及拆除作業處理的時間有長達數月，為影響工程進度的主因。

關鍵字：系統思考，利害關係人，專案管理

Regulation Engineering of ShanJiao Drainage by using Systems Thinking

Abstract

A project can be referred to a mission with restrictions of time and budget. The task of river engineering shares the common characteristics and the same life cycle with a “project”. In practice, the problems of makeup works, overtimes, and design changes are common. If the causes of these problems can be found and solved, the quality of the task of river engineering can be improved. Project management techniques derive from system thinking, which can be categorized into three phases: explore the problem Phase、analyze the problem、develop a strategy. This study investigate the problems occurred in practice and uses in-depth interview to identify the problems, such as take field-to-face interviews, construction briefings or side hearings of public hearings ... and other methods. Collect and aggregate the actual needs and expectations of stakeholders, this study found that the key factors that affected the progress of the project due to the extension, downtime or impact of the project were the problem of pipeline migration and utility poles, the removal of ground objects, weather factors, agricultural irrigation, traffic lines and change design. The duration of the change of about 25%, funding changes of about 9%, which pipeline migration and removal of the processing time for several months, the main cause of the progress of the project.

Key words: Systems Thinking, stakeholder, project management

一、前言

自2011年以來，台中地區因多次颱風侵襲，致使沙鹿、梧棲、龍井等海線地區發生嚴重淹水災情；為有效解決地方淹水問題，經濟部水利署於2014年重新啟動南山截水溝計畫，而山腳排水治理工程係前揭計畫的一部分。下游山腳排水拓寬工程，原渠道寬度20~25公尺，拓寬至40公尺，長度約5公里。護岸整治工程分成9個工程標，橋梁改建工程分成7個工程標，每個護岸工程標長度約500尺，原本工期約為600天，目前各標已於2016年4月開工並陸續施作，預計2019年底完工。

隨著工程規模增加，待處理事務亦發千頭萬緒，藉由導入系統思考及專案管理方法，期許工程如期、如質達成目標。本研究取最下游段先行開工的其中一個工程標作為研究對象。

二、文獻回顧

專案管理與系統思考無論是在學術研究或是實務應用上皆有案例，但利用系統思考配合專案管理知識體指南(Project Management Body of Knowledge, PMBOK)於河川排水治理工程實務上探討趕工、加班、變更設計等的根本原因，以解決問題並提供後續類似案件作為經驗學習之研究並不多，因此本研究將透過系統思考結合專案管理來探討河川排水治理工程實務上所面臨的挑戰。

(一) 系統思考

系統思考(Systems Thinking)是彼得聖吉(Peter M. Senge)等，把系統動力學經過多年研究分析並統整出的結果，透過動態式思考方法來觀察整體變化的狀態，同時需將因果回饋以及時間滯延一併納入思考情境中，以觀察在思考過程中各環狀因素間的互動及變化，而非使用非線性思考或專注於部分片段的個別事件(趙靖安，2011)。

在系統思考中的系統基模：目標趨近，是由現況、目標、差距、措施及效果組合而成，其主要流程為設立一目標與現況相比較，當現況無法滿足目標而產生差距時，就必須提出一措施來改變現況，措施對現況的改變或影響稱之為效果，最後現況與目標間的差距將會逐漸消失(楊朝仲等，2011)。

(二) 相關研究

茲將系統思考及專案管理應用於水環境之相關研究分述如表 2-1 所示。

表2-1 系統思考應用於水環境之相關研究

作者 (年份)	相關文獻	說明
周奕漳 (2014)	專案管理與系統思考在施工計畫問題解決之應用-以河川環境營造工程管理。	趕工、加班、變更設計是在一般工程實務上經常會發生的情況，但往往因此造成工程管理上的問題，因此透過系統思考進行因果關係回饋的分析，找尋根本原因並提出解決方案來提高工程品質。

蔡秉融 (2015)	魚骨圖、系統思考與專案管理於水患自主防災社區疏散避難問題解決之應用。	透過魚骨圖、系統思考結合專案管理，將在推動計畫時所有可能發生之變數找出，並提出相關改善方法避免重蹈覆轍。
陳玟欣 (2016)	專案管理於水庫水文監測及放流廣播系統維運之應用-以石岡壩水庫為例。	由於水庫欠缺風險管理計畫，導致維運計畫暴露在高風險的環境，有鑑於此藉由導入專案管理，透過專案管理相關知識領域的工具技術及方法，並搭配系統思考作為探討問題的工具。

三、研究方法

本研究主要採用問題分析流程做為方法論，再以龍井區山腳大排治理作為個案研究的對象，並透過訪談蒐集研究資料。針對本研究所採用之問題分析流程進行重點論述，並將問題分析流程分為三個步驟說明如下：

(一) 第一步驟：問題定義與資料、資訊蒐集

首先將要面對的問題具體地定義出來，此處問題定義的方向著重於擬定與執行的策略為何失效，並思索與此有關的利害關係者有哪些，接著經由訪談相關利害關係者，獲得當初解題策略擬定與執行方面之資訊，並且蒐集相關資料與資訊，以利進行後續問題分析。其輔助工具為訪談，透過訪談利害關係者時，可變聚焦與釐清問題，問題定義示意圖如圖3-1 所示。

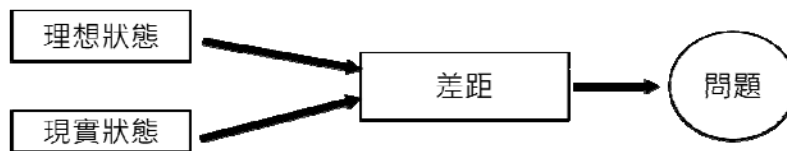


圖3-1 探索問題-定義問題示意圖a

發現問題所在後，將問題定義，接著進行利害關係者的分析，以瞭解與利害關係者之間產生的議題為何，最後在整理成利害關係人訪談表，如表3-1所示。

表3-1 利害關係人訪談表

利害關係者	議題
A者	A者關心的議題
B者	B者關心的議題

(二) 第二步驟：分析問題

分析問題的步驟引用自楊朝仲教授研發的系統思考問題解決—八爪章魚覓食術之步驟與方法，並以專案時程落後作為案例進一步說明。當專案進度落後時，專案管理者通常會要求專案成員增加工時以符合專案如期的要求。一旦加班持續時間過久，可能會使專案成員過度疲憊，導致錯誤率提高，使交付標的良率下降，當專案品質未達標準時，則須進行改善或重新作業以符合專案如質的要求。在專案成員所能提供的能量與資源相

同的情況下，重新作業的工作量將使下階段工作進度持續落後，進而影響整體專案績效，甚至掉入工時持續增加的迴圈，如圖3-2 所示(楊朝仲等人，2011)。

(三)第三步驟：成因探索與策略研擬

由於八爪章魚圖能清楚看出所有與問題相關的利害關係者，與其隨時間變動的因果互動關係與組成循環，故藉由八爪章魚圖分析容易釐清策略失效的原因，透過瞭解策略失效的主因便能有效研擬出配套措施，以解決策略失效等問題(楊朝仲等人，2016)。

系統思考大致可以整理成三個階段，每個階段階有不同的任務及輔助工具，如圖 3-3 所示。

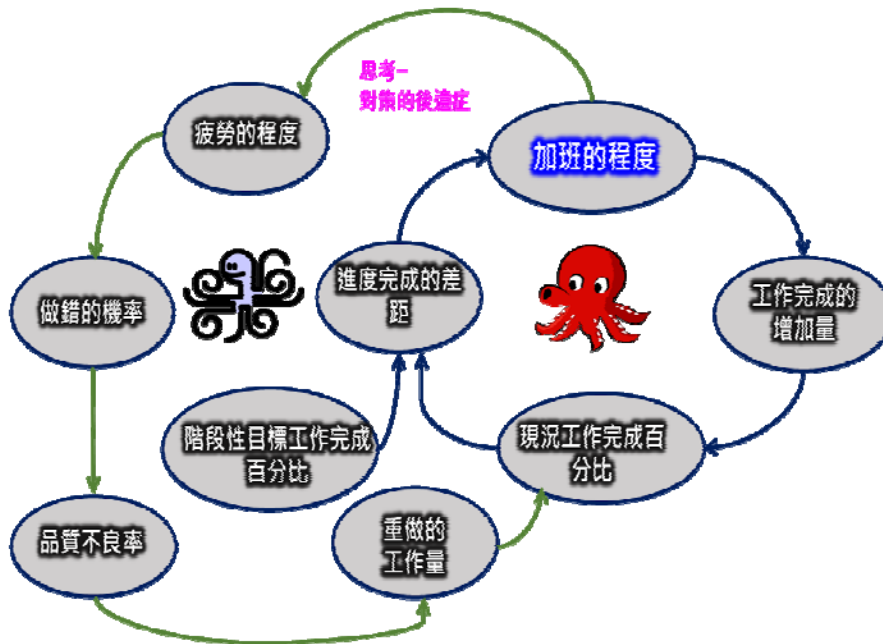


圖 3-2 分析問題-八爪章魚覓食術-a

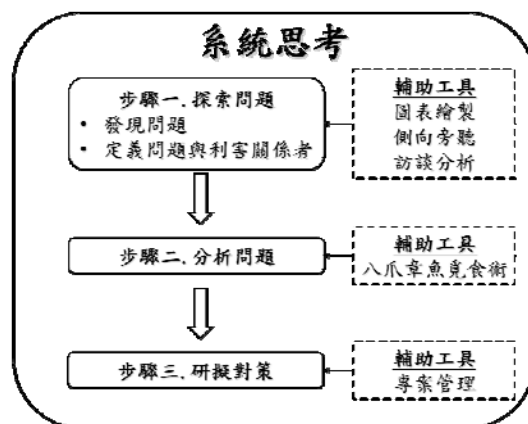


圖 3-3 系統思考思考解決問題的步驟與方法圖(改編自楊朝仲等人，2016)

四、結果與討論

本研究要點著重於探討工程進度的規劃與管理，在進度擬定與執行間，如何探索問題並分析問題之根本原由，有效利用系統思考的導入，研擬工程進度問題之解決對策，以改善工程進度的執行率。

(一) 第一步驟:問題定義與資料、資訊蒐集

此階段主要蒐集工程現有的資訊與狀況利於問題的定義，本工程於 105 年 4 月開工，工期為 600 天，主辦機關原本預計工程進度能在年底時達到 30%，因而執行了趕工的策略，期望進度能有所提升，但到了年底工程的進度雖有提升，卻仍還不到年底期望進度 30%，實際進度為 23%，與期望值的進度落差為 7%，如圖 4-1 所示，因此問題被定義為「為什麼執行趕工策略一段時間後工程進度還沒有顯著的成長？」。

(A)實際進度(%)	(B)預定進度(%)	(C)差異 =(B)-(A)	(D)105 年底 期望值(%)	(E)與期望值 落差(%)=D-A	已使用工 期
23%	11.50%	11.500%	30%	7%	253
15.64%	10.77%	4.870%	30%	14%	246
15.64%	10.05%	5.590%	30%	14%	239
15.64%	9.24%	6.400%	30%	14%	232
15.64%	8.62%	7.020%	30%	14%	225
8.02%	10.25%	-2.230%	30%	22%	218
8.02%	9.05%	-1.030%	30%	22%	211
7.78%	8.98%	-1.200%	30%	22%	204
7.16%	8.91%	-1.750%	30%	23%	197
7.16%	8.84%	-1.680%	30%	23%	190
6.51%	8.70%	-2.190%	30%	23%	176
5.89%	8.63%	-2.740%	30%	24%	169
5.77%	8.42%	-2.650%	30%	24%	148

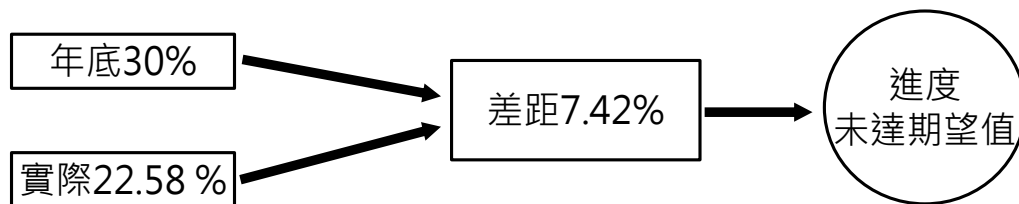


圖 4-1 探索問題的架構

國家公共工程在啟動專案階段時已產生一組團隊，由主管機關進行整合，再提設計監造採購案產生另一組由顧問公司所組成的團隊，此稱設計監造單位。當設計監造採購案發包後，會再提出另一個施工採購案，產生最後一組由營造廠商組成之團隊，公共工程由此三個單位組成整個專案團隊，如圖 4-2 所示。

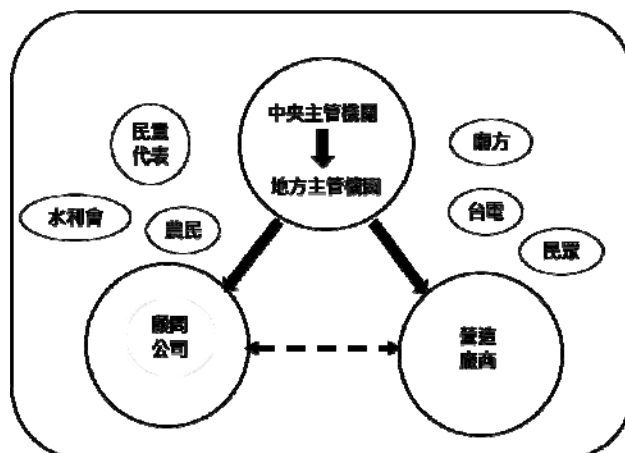


圖 4-2 專案團隊與利害關係人圖

在公共工程執行階段，需依循三級品管制度，第一級由營造廠執行施工品質管制系

統，第二級由設計監造單位執行施工品質保證系統，第三級由主管機關執行施工品質查核機制(陳永旻，2016)。在工程專案團隊中，利害關係人除了以此三角架構為基礎外，還有伴隨著工程進行而陸續產生的問題，與問題相關需被辨識出來的利害關係人，包含居民、農民、民意代表、管線機構、水利會、廟方等。透過一連串的訪談或側向旁聽瞭解專案團隊及利害關係人的需求與期望，引導出工程執行的挑戰，有助於後續的問題分析及關聯探討，訪談結果如下表 4-1 所示，依關係人、需求與期望、執行問題進行要點描述。

表 4-1 探索問題-利害關係人訪談

Table 4-1 Exploring Issues - Interviews with stakeholder

關係人	需求與期望	執行問題
中央主管機關	1. 提升執行效率。	1. 未達工程進度目標時，將會影響計畫執行效率。
地方主管機關	1. 以符合中央主管機關訂定執行目標，提升甲方及營造廠商實獲值(Earned Value)。 2. 完成對社會大眾的責任。 3. 增加工作面分頭進行施工，以利工進。 4. 期望施工零事故。 5. 沒有 1999 陳情案件，民眾零抱怨。	1. 主辦人員手頭仍有其他工作需要執行，無法專心盯一個專案。 2. 短期間內主管機關不會增加人力。 3. 工成績效獎金太少。 4. 目標定得太高。
設計監造人員	1. 計畫明年先補進監造人員。 2. 績效制度可再與公司管理高層研議。	1. 監造人力不足，有時需要安排專人跟車。 2. 今年度已有增加人力，成本考量無法再增加 3. 趕工並不會增加顧問公司的實獲值。 4. 營造廠商經常提出變更設計，增加預算及展延工期。
營造廠商	1. 變更基礎的施作方式，以提升工程施做的速度及工程安全。 2. 提升公司形象(效率、配合度)。 3. 我們再不施工，人民都快發狂了，所以台電電線轉向是關鍵，要讓台電施工人員知道，未完工卻把路圍起來是不得已的做法，不然我們就要被民眾抗爭了。	1. 要徑上的部分工項(管線遷移、拆房)是無法請款，所以短時間工程進度不會有太大的影響。 2. 趕工需增加人力、機具，成本提升，原定經費不足。 3. 午後急降雨，無法施作，亦無法申請展延或停工。 4. 需配合農民休耕時間施做。
農民及居民	1. 原則上都配合施作，以符合公共安全利益。 2. 早日施作，早日完工。	1. 工程進行時的震動及噪音及塵土，盡量不要影響到當地居民居住的舒適度。 2. 工程南北側道路封閉，機車無法通行，居民進出交通受影響。 3. 工程施作不可以影響農田灌溉。 4. 說要圍三個月結果現在近 4 月了工程也沒什麼進度。

(二)第二步驟：分析問題

在步驟二的階段，將目標、差距、現況、趕工策略及影響，這些系統的變數描繪出來，定義問題根源的關聯，因描繪的圖像章魚的頭部，所以又稱章魚頭，問題的描述為「為什麼原本想透過執行趕工策略，進而提升工程進度，但一段時間後工程進度只有23%，離目標值30%，還有7%的差距?」。

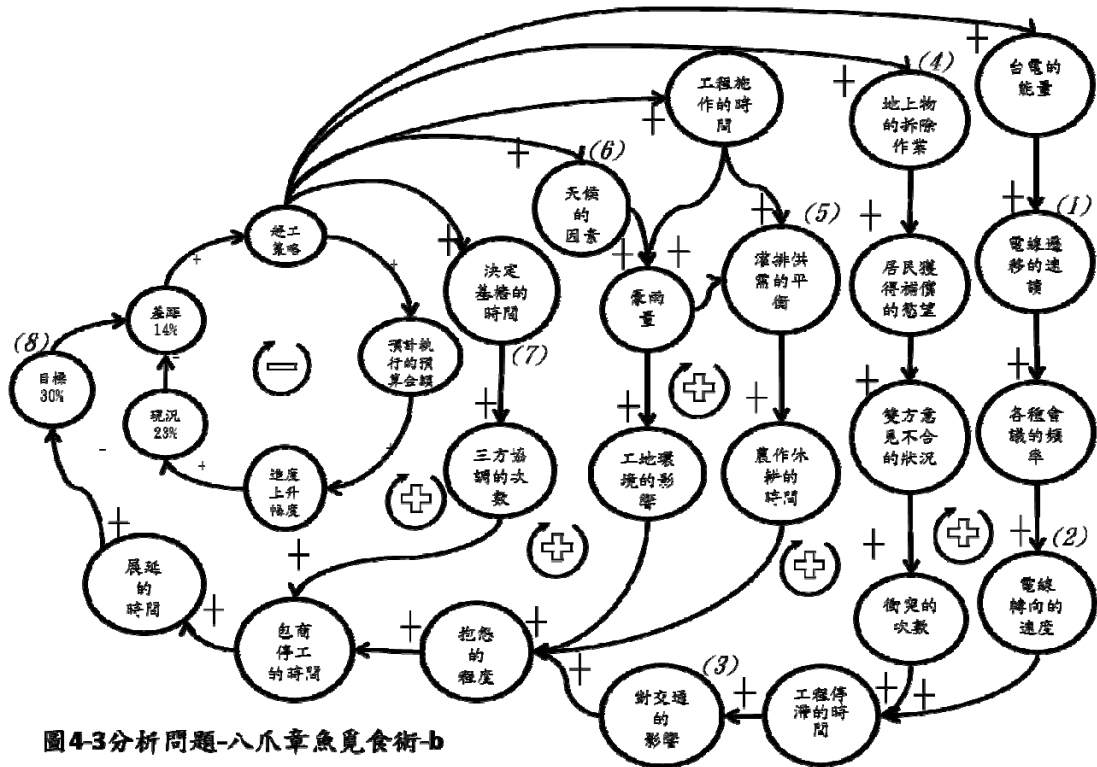


圖4-3分析問題-八爪章魚覓食術-b

找出了章魚頭後，接著再去延伸變數的關聯性，結果找出主要發散路徑有幾條，分別是管遷及用地、天候因素、交通、農田灌溉、變更設計，這幾條發散的路徑，最後侵蝕了目標，如圖 4-3 分析問題-八爪章魚覓食-b，說明如下：

1. 地上物拆除的作業，因居民可能想獲得更多的補償，雙方意見不合的狀況漸漸產生，引起衝突的狀況接續不斷，協調會的召開頻率增多，造成地上物拆除作業的停滯，侵蝕目標期望值。
2. 在夏天，台灣的氣候常常會下豪大雨，影響工程的進行，造成整個工區嚴重淹水或地面泥濘，無法施工，工期大受影響，豪大雨也直接或間接地影響灌溉用水的問題，灌溉用水供需之間若無法取得平衡，也會引起農民的不滿。
3. 施工時間，同時也會影響農作休耕的時間，造成農民灌溉的不便，也引起抱怨，又再引起包商停工及展延。
4. 基樁的施作方式，亦須在三方都取得共識後才能施作，如與原設計不合須進行變更設計，這些溝通協調的所花費的能量，亦會影響工期。

(三)第三步驟：成因探索與策略研擬

藉由八爪章魚圖找出了所有問題關聯，以及有關的利害關係者隨著時間其相互間的互動關係與組成的循環，再藉由八爪章魚圖找到策略失效的原因，接著便能有效研擬出

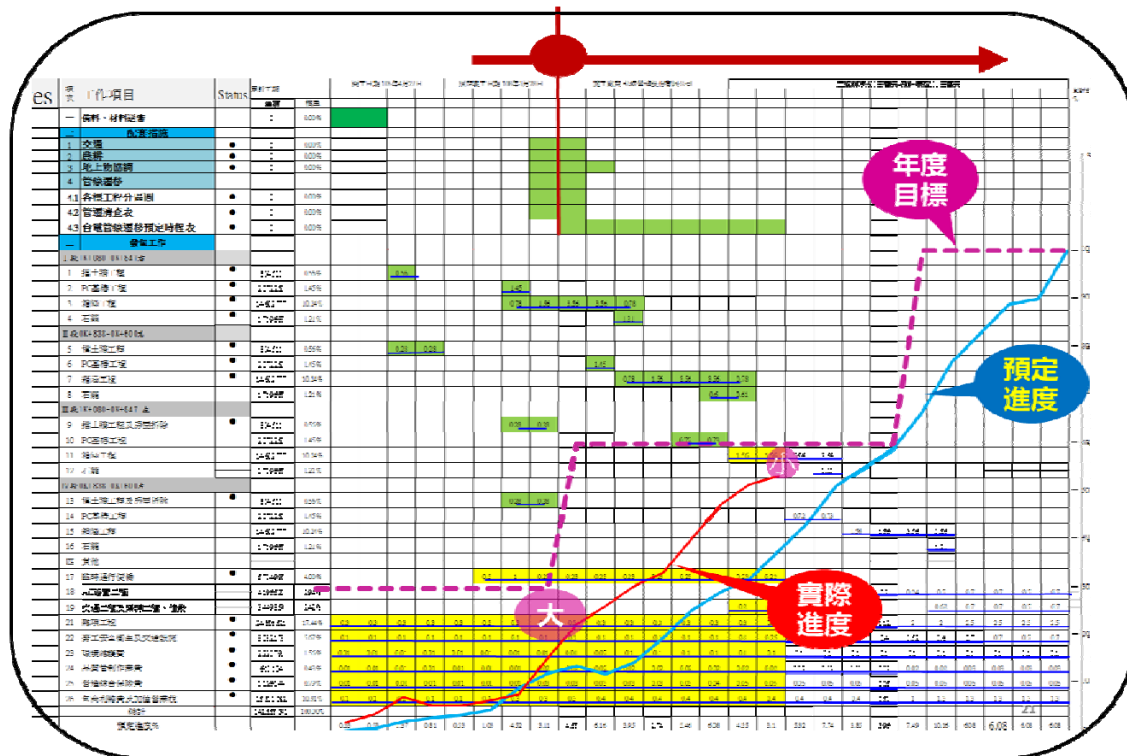
配套措施來解決策略的失效與循環等問題，也可以成為後續發展子專案的依據，其研擬對策如表 4-2 所示。

表 4-2 研擬對策

編號	問題	主要成因	配套措施	對工期變動比例	對經費變動的比例	處理時間
1,2	台電管遷及轉向的速度	能量不足	成立管遷協調會。	19%	0%	大於 6 個月
			請台電分段施工。			
			相關單位配合度太低將提報國營會，請求協助處理。			
3	對交通的影響	施工範圍過大	分段施工。	0%	0%	約 2 周
		動線規劃不當	保留居民出入動線。			
			重新規劃。			
4	地上物的拆除作業	地籍線認定不一	舉辦協調會。	0%	0%	約 4 個月
			請地政單位重新定界。			
			變更設計。			
		居民無法自行拆除	主動協助關心居民拆遷的需求。			
	廟宇信仰	敦親睦鄰。				
5	對農耕的影響	豪雨造成灌溉的水量過多	施設臨時的疏導通道	0%	0%	約 2 周
		灌溉的水量過少	倒虹吸管採先建後拆的施作方式，以不影響當地農民取水為主，且盡可能配合農田灌溉，利用休耕期間施作。			
6	地面泥濘無法施工	天候因素造成的豪大雨	不計工期或展延工期	2%	0%	約 1 周
7	基樁的形式	現場施工考量	三方取得共識，變更設計	5%	9%	約 2 個月
8	預定目標進度	前述關鍵要因無法克服	調降目標進度。	0%	0%	-

本文主要針對系統思考面向分析，找出影響工程進度的關鍵要因後，並使用一頁專案管理表去觀察解決關鍵問題後，對整個工程進度的影響及變化如下圖 4-4 所示。由

一頁紙專案管理可得知，解決上述分析影響工程的關鍵要因後，工程的執行進度明顯的提升，本專案已在 106 年 9 月提前達成 106 年底目標 60%。



4-4 一頁紙專案管理部分截圖

五、結論

經由前言、文獻回顧與理論概述、研究方法與試驗及研究結果與討論本研究所得的結論如下：

1. 透過利害關係人訪談，了解需求與期望及執行問題，有助於後續將利害關係人無形的需求轉為有形的交付標的;探討問題及主要成因，有助於更精準的研擬出配套措施，避免浪費過多的專案資源，快速的提升工程的進度;後續在專案監控的階段，利用一頁紙專案管理檢視工程，可以快速地了解專案的範疇、時間、成本掌握進度。
2. 解決關鍵因素為所造成的問題，工程進度即有明顯的提升，這些因素約影響了工期變動約25%，經費變動約9%，其中管線遷移及拆除作業處理的時間有長達數月，為影響工程進度的主因。
3. 管遷的問題由於電力公司規模龐大，單位分工較細部，每一股、科、部 等會有他的專業考量，協調實為不易。建議需協調出單一窗口來整合，密切溝通與報告，適時委請業主召開協調會議，請管線單位主管積極配合山腳排水重大建設專案，以利後續協調、遷移作業。

參考文獻

1. 周奕漳(2014)，「專案管理與系統思考在施工計畫問題解決之應用-以河川環境營造工程管理為例」，碩士論文，交通大學土木工程學系，新竹市。
2. 蔡秉融(2015)，「魚骨圖、系統思考與專案管理於水患自主防災社區疏散避難問題解

- 決之應用」，未出版之碩士論文，逢甲大學水利工程與資源保育學系，台中市。
3. 楊朝仲、文柏、林秋松、董綺安、劉馨隆(2016) ，「系統思考的即戰力」，臺北市：書全出版社。
 4. 楊朝仲、文柏、洪世澤、陳國彰，「反直覺才會贏」， 2011，商訊文化事業股份有限公司
 5. 社團法人國際專案管理學會台灣分會譯，「PMI 國際專案管理學會著」，(2013)，A Guide to the project management body of knowledge,5th ed。臺北市：社團法人國際專案管理學會台灣分會譯
 6. 陳永旻(2016)，公共工程在執行階段之專案管理實務應用，2016PMI 台灣專案管理國際論壇，http://www.pmsuccess.net/rogersnotes_V7.asp?Eid=900
 7. 陳鈺欣(2017)專案管理於水庫水文監測及放流廣播系統維運之應用-以石岡壩水庫為例，逢甲大學專案管理碩士在職專班。

C-02

非破壞性檢測技術於建築物滲漏水檢測之應用

*朱明隆 (Ming-Long Chu)
健行科技大學土木工程系研究生

陳明正 (Ming-Cheng Chen)
健行科技大學土木工程系教授

摘要

在無外作用力破壞之情況下，水為建築結構物老劣化的首要破壞因子，台灣地處亞熱帶氣候區，長年溫度及濕度均高，且年降雨量高於世界平均值3.5倍，又位於環太平洋地震帶上，頻繁之地震亦加劇造成對建築物之損傷，導致建築物普遍存在著滲漏水現象。

建築物滲漏水情況不僅造成建築物鋼筋生鏽腐蝕情況，也因滲漏水情況產生白華現象，孳生細菌、黴菌危害住戶健康，造成生命財產重大損失。

本研究以建築物牆板滲漏水情況三處為案例，根據中子與水(氫)最易產生彈性碰撞而熱化的原理，使用核子密度儀檢測牆板滲漏水範圍；後於滲漏水範圍區域內使用敲擊回音法，檢測建築物裂縫或孔隙處，以判斷滲漏水位置。

以非破壞性檢測應用於建築物滲漏水源頭，提供修繕工法擇定與開挖修復的依據，改善傳統以經驗判斷盲目敲打尋找滲漏水源的情況。

關鍵字：非破壞性檢測、核子密度儀、敲擊回音、滲漏水、裂縫

Applying Non-Destructive Testing to Water Leak Investigation in Buildings

ABSTRACT

In the absence of external force damage, water is the main destruction factor of the old deterioration of the building structure, Taiwan is located in the subtropical climatic zone, the temperature and humidity are all high, and the annual rainfall is 3.5 times times higher than the world average, and in the Pacific Ocean seismic belt, the frequent earthquakes also aggravate the damage to the buildings. The phenomenon of seepage leakage is caused by the general existence of buildings.

The leakage of buildings not only caused the corrosion of building steel bars, but also because of leakage of water to produce white-hua phenomenon, breeding bacteria, molds endanger household health, resulting in significant loss of life and property.

This study is based on three cases of leakage of water from building wall panels, according to the principle that the neutron and water (hydrogen) are most susceptible to the elastic collision and heating, the nuclear densimeter is used to detect the leakage water range of the wall panel, and then, in the area of the leaking water, the percussion echo method is used to detect the cracks or holes in the building to determine the location of the.

The nondestructive testing is applied to the source of leaking water in buildings, and the basis for fixing and excavation of the repair method is provided, and the traditional experience is improved to find out the leaking water source blindly.

Keywords: Non-Destructive Testing, Nuclear Density Meter, Impact-Echo, Leaking water, Cracks

一、前言

在無外作用力破壞之情況下，水為建築結構物老劣化的首要破壞因子，台灣地處亞熱帶氣候區，長年溫度及濕度均高，且年降雨量高於世界平均 3.5 倍，又位於環太平洋地震帶上，頻繁之地震亦加劇造成對建築物之損傷，導致建築物普遍存在著滲漏水現象。

建築物滲漏水情況不僅造成建築物鋼筋生鏽腐蝕情況，也因滲漏水情況產生白華現象，孳生細菌、黴菌危害住戶健康，造成生命財產重大損失。

本研究以建築物牆板滲漏水情況三處為案例，根據中子與水(氫)最易產生彈性碰撞而熱化的原理，使用核子密度儀檢測牆板滲漏水範圍；後於滲漏水範圍區域內使用敲擊回音法，檢測建築物裂縫或孔隙處，以判斷滲漏水位置。

以非破壞性檢測應用於建築物滲漏水源頭，輔以清楚顯示的檢測結果圖，提供業主及施工單位修繕工法擇定與開挖修復的依據，改善傳統以經驗判斷盲目敲打尋找滲漏水源的情況。

二、文獻回顧

非破壞性檢測(Non-Destructive Testing, NDT)是以不會破壞結構的方式，測試結構物內部之劣化現象及程度之一種檢測，其原理可藉由媒介物，如：聲、光、電、磁等進行間接檢測。

2.1 核子密度儀之相關研究

核子密度儀(Nuclear density meter)又稱中子密度儀，依據中子與水(氫)最易產生彈性碰撞而熱化的原理，檢測材料的濕密度(總密度)和含水量(濕度)。

核子密度儀測量濕度時，測量的是被測材料中所有的氫原子，氫原子存在於自由水中，被測材料的濕度越高，水份含量就越高，氫原子就越多，當中子射線穿過時，將產生更多的低能中子；同樣的原因，當被測材料較乾燥時，產生的低能中子數目就較少，核子密度儀的濕度檢測管檢測低能中子，低能中子數量越高，表示被測材料的濕度越高，低能中子數量越低，表示濕度越低。[1][2]



圖 1 核子密度儀

2.2 敲擊回音法之相關研究

敲擊回音法測試系統(Impact-Echo Test system)主要應用於混凝土結構內部之各種瑕疵，檢測鋼筋混凝土板內部之裂縫及孔隙。測試物體的表面利用機械性敲擊產生暫態應力波動並導入物體內，應力波動包含有壓力波(P-wave)、剪力波(S-wave)及表面波(R-wave)，其中壓力波及剪力波在物體內部依球狀的波形方式向前傳動，而表面波則沿著物體表面遠離敲擊點的方式向外擴散出去。當壓力波及剪力波遇到物體內部的裂縫及孔隙時，將會被反射回去，這些反射波回到了敲擊面時，產生表面的位移，這些位移反應、可利用訊號接收器監測到，如果將接收器安排在靠近敲擊點處，則監測到之位移波形主要是因為壓力波到達所造成。當波在物體內部傳動若遇到不同的介質時，則波的部分能量會被反射，部分會被折射。如果檢測試體內部含有瑕疵或裂縫，則勢必將改變原本預期之傳動行為，此種改變可利用本儀器所記錄到的波形圖及頻譜圖來加以辨別，利用這種特性，便可以檢測建築結構物內部的問題。

敲擊回音法即是以敲擊表面的方法導入應力波，波形於建築結構體內瑕疵或邊界回傳之應力波反應值來做檢測。[3] [4] [5][6]

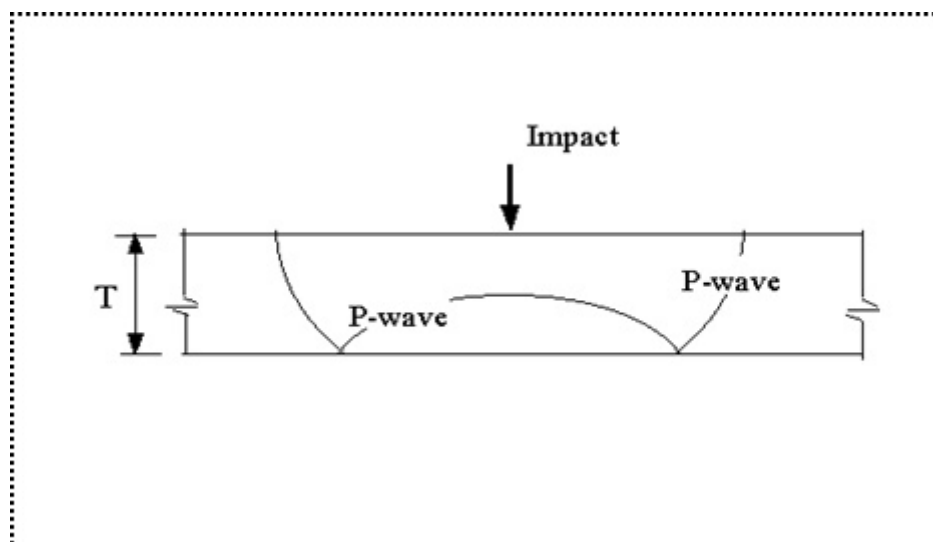


圖 2 敲擊回音法壓力波(P-wave)波型傳動示意圖



圖 3 敲擊回音法測試系統

2.3 滲漏水成因之相關研究

非建築物原先規劃的計畫水源侵入建築物時，因原建築物設置之導排水措施失效、防水措施失效，經建築物裂縫、孔隙或因混凝土水密性不足，侵入室內居住空間，即建築物之滲漏水情況，或是建築物規劃的計畫水源因管路滲漏，侵入室內居住空間，亦造成建築物之滲漏水情況。

建築物滲漏水情況，水源之入侵由外而內，由上往下，即由外牆入侵室內，由高處漫延低處，擴張至最終滲漏水處。

建築物滲漏水治理，依『滲漏位置』而得知『滲漏範圍』，在於範圍內得知『滲漏源頭』，擇定修護工法。[7] [8] [9] [10]

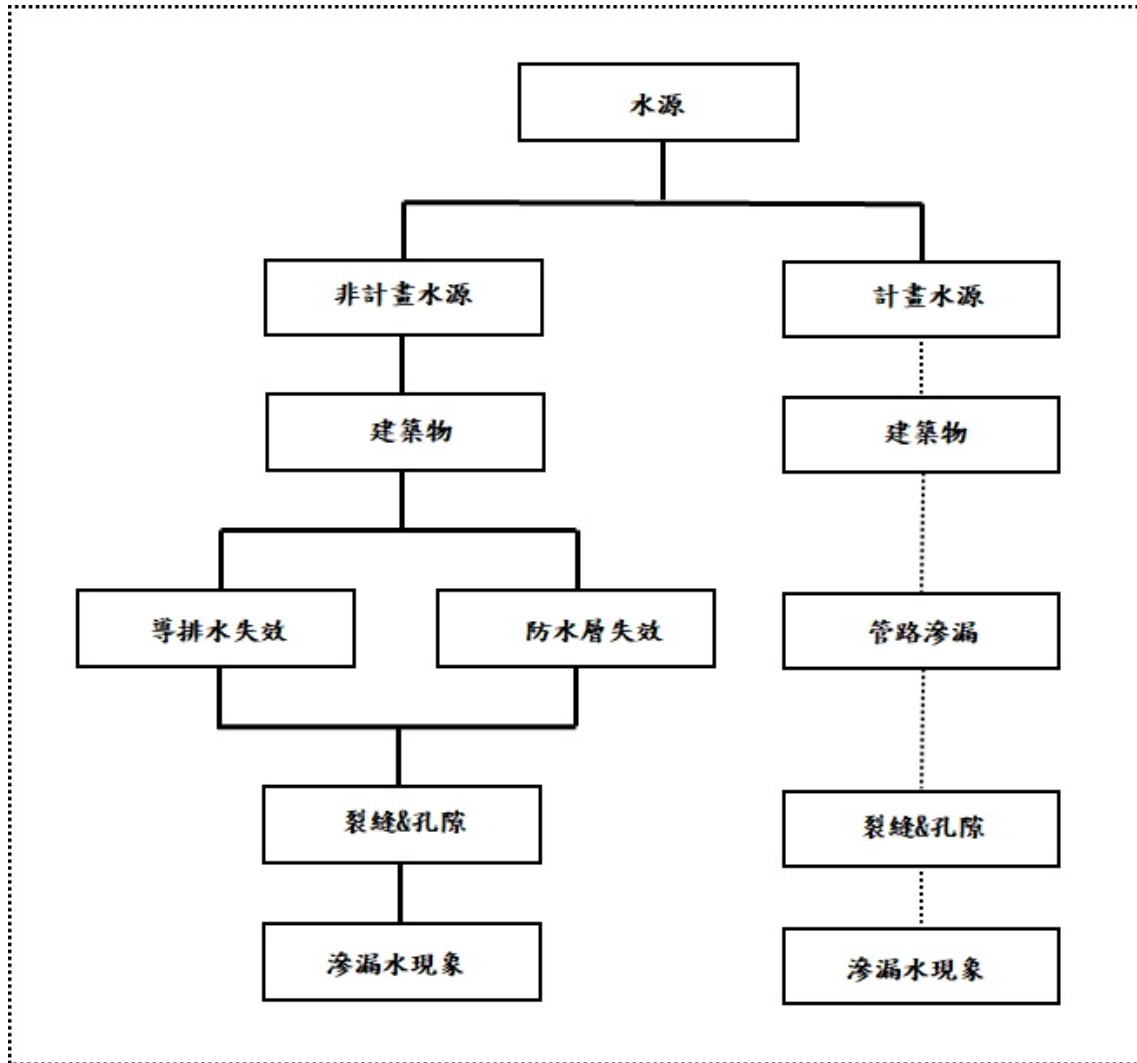


圖 4 建築物滲漏水形成原因

三、實地滲漏水檢測

本研究以建築物牆板滲漏水情況三處為案例，分 A、B、C 三案，本三案工址為同一社區不同樓層，為十年透天五層樓住宅。使用核子密度儀檢測牆板滲漏水範圍；後於滲漏水範圍區域內使用敲擊回音法，檢測建築物裂縫或孔隙處，繪製檢測結果圖 12、圖 14、圖 16，紅色線條為裂縫孔隙處，藍色範圍為含水潮濕區塊。

表1 實地檢測現況說明照片及圖號表

實地檢測案名	現況照片	牆面材質	套繪現場立面圖	現況外牆面照片	繪製檢測結果圖
A 案	圖 5	鋼筋混凝土外牆	圖 6	圖 11	圖 12
B 案	圖 7	鋼筋混凝土外牆	圖 8	圖 13	圖 14
C 案	圖 9	鋼筋混凝土外牆	圖 10	圖 15	圖 16



圖5 實地檢測A現況照片

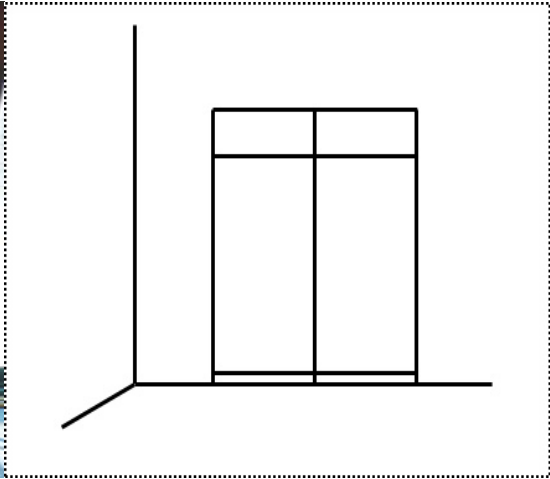


圖6 套繪A案現場立面圖

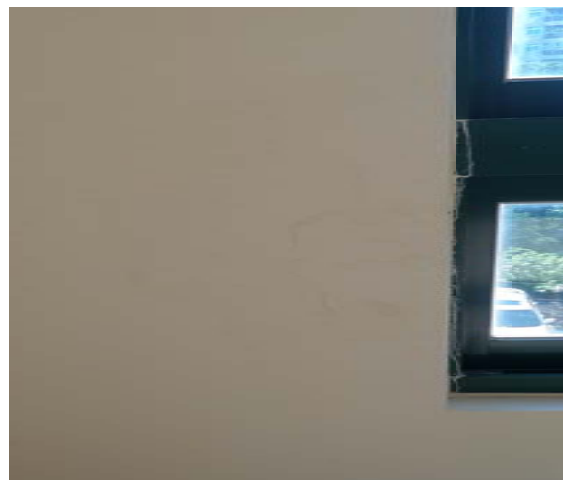


圖7 實地檢測B案現況照片

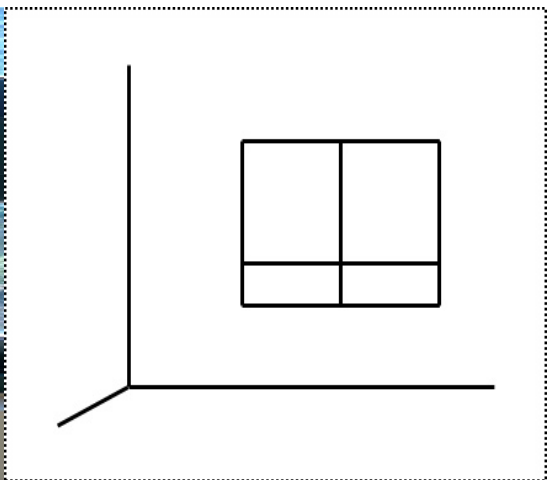


圖8 套繪B案現場立面圖



圖9 實地檢測C案現況照片

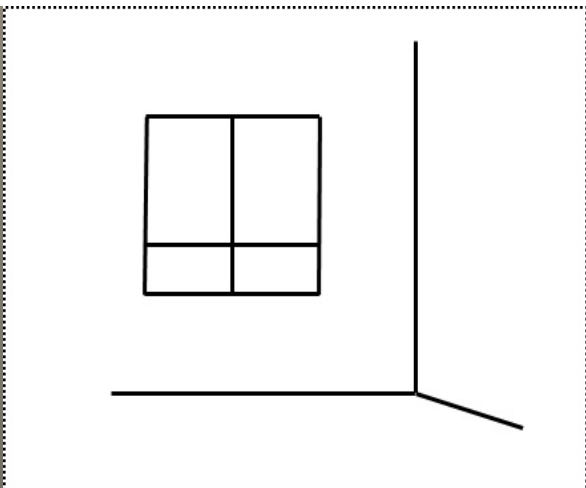


圖10 套繪C案現場立面圖



圖11 實地檢測A案外牆面

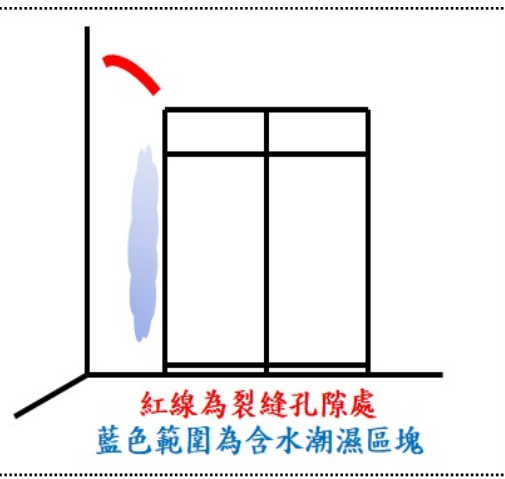


圖12 繪製A案檢測結果圖

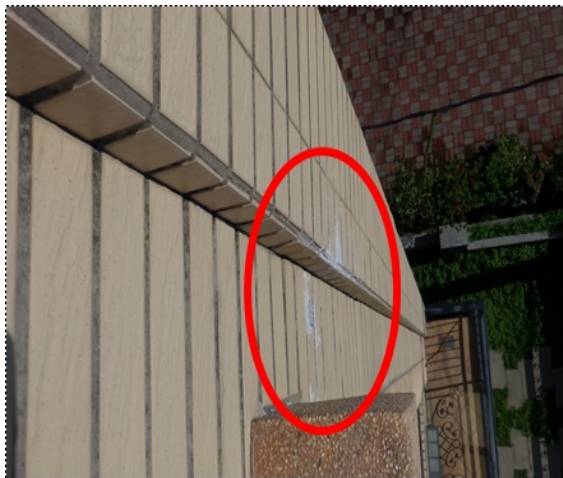


圖13 實地檢測B案外牆面

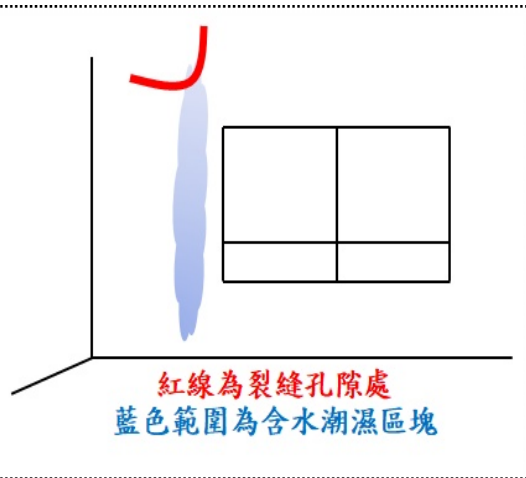


圖14 繪製B案檢測結果圖



圖15 實地檢測C案外牆面

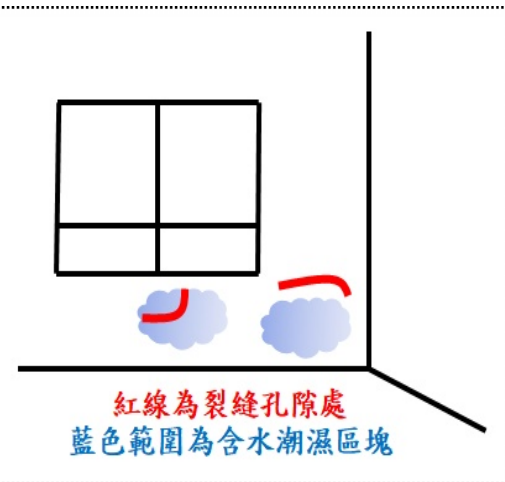


圖16 繪製C案檢測結果圖

四、研究結論

本研究實地檢測三處建築物滲漏水情況，檢測數據比對現況內外牆面，經核子密度儀檢測含水潮濕區塊，內牆面油漆皆嚴重剝落、白華現象；再於區塊內使用敲擊回音法

檢測裂縫孔隙處，其裂縫處外牆面皆產生嚴重白化現象。

檢測結果顯示，建築物滲漏水情況發生時，觀察其最終滲漏水位置皆非裂縫、孔隙發生處，如以傳統經驗判斷必當又盲目敲打擴大破壞規模找出滲漏源頭，或是修護點根本實非滲漏源頭。

本研究以非破壞性檢測應用於建築物滲漏水，檢測滲漏水範圍及裂縫、孔隙處，繪製淺顯易懂、清楚顯示的檢測結果圖，提供業主及施工單位修繕工法擇定與開挖修護的依據，改善傳統以經驗判斷，盲目敲打尋找滲漏水源的情況，減少大規模破壞、降低建築物滲漏水情況發生時之修復成本。

五、參考文獻

1. 陳明正，「腐蝕劣化混凝土橋梁承載能力之檢測與評估」，國立中央大學土木工程學系，博士論文，2005。
2. 彭朋畿，「放射線應用於鋼筋混凝土結構物之檢測」，國立中央大學土木工程學系，博士論文，2005。
3. 林力權，「敲擊回音相位於鋼筋與裂縫檢測之應用」，國立臺灣大學應用力學研究所，碩士論文，2014。
4. 許嘉文，「敲擊回音法於傾斜裂縫影像修正之探討」，國立臺灣大學應用力學研究所，碩士論文，2012。
5. 林庭煜，「敲擊回音法應用橋面版損傷之探討」，健行科技大學土木工程系空間資訊與防災科技碩士班，碩士論文，2015。
6. N.J. Carino, "THE IMPACT-ECHO METHOD: AN OVERVIEW" the Proceedings of the 2001 Structures Congress & Exposition, American Society of Civil Engineers, 2001. May 21-23.。
7. 林清富，「RC 建築物滲漏水成因及防治對策之探討」，中原大學土木工程學系，碩士論文，1997。
8. 陳有仁，「RC 外牆窗框周邊滲漏水之研究」，國立成功大學建築研究所，碩士論文，1999。
9. 張智元，「以本體論建置建築物漏水修繕知識庫地圖」，逢甲大學土木工程學系，碩士論文，2005。
10. 塗豐企，「RC 建築物外牆滲漏水改修工法之探討」，國立成功大學建築研究所，碩士論文，2011。

C-03

輕質粒料混凝土預鑄牆接頭試體之耐火性能

吳崇豪 (Chung-Hao Wu)
建國科技大學土木工程系助理教授

游凱舜 (Kai-Shun You)
中興大學土木工程學系碩士

陳建志 (Chien-chih Chen)
建國科技大學土木工程系助理教授

黃玉麟 (Yu-Lin Huang)
中興大學土木工程學系教授

國科會計畫編號：NSC 95-2221-E-005-126-MY3

摘要

本研究主要探討預鑄牆接頭鐵件用於水庫淤泥輕質粒料混凝土試體經高溫火害後之力學行為，並與鋼筋常重粒料混凝土試體進行比較。試驗結果顯示，乾式(61)調整接頭、濕式(81)調整接頭及(56E)承重接頭在輕質粒料混凝土試體與在常重粒料試體中遭受火害後之力學行為相當一致，在抗拉試驗中，由荷重-變位圖可以看出，兩種試體都具有開裂及極限荷重兩階段模式；抗剪試驗中，兩種試體均顯示一旦開裂即瞬間破壞的現象。另外，在破壞荷重及耐久性方面，各種試驗結果都顯示，預鑄牆接頭在輕質試體中比在常重試體中有更佳之耐火性能。

關鍵詞：牆、接頭、輕質粒料、高溫火害、水庫淤泥

Fire Resistance of Connections of Precast Lightweight Aggregate Concrete Wall

Abstract

The research is to study the mechanical behavior of the connections for precast walls made of reinforced lightweight aggregate concrete (RLAC) and reinforced normalweight aggregate concrete (RNAC) after fire-resistance tests. The test results show that the mechanical behavior of all selected types of connections, dry type of (61), wet type of (81) and bearing type of (56E), after fire-resistance tests are almost the same. For example, in the load-displacement diagrams of tension tests, both types of specimens have two particular points, cracking load and ultimate load, can be read. But, only one point, ultimate load, can be read in shearing test. In the shearing tests, all of specimens failed once the cracks occur. Besides, in the ultimate loads and ductilities, tests show that the connections with lightweight concrete perform better than they with normalweight concrete.

Keywords: wall, connection, lightweight aggregate, fire resistance, reservoir silts

一、前言

臺灣水庫淤積問題嚴重，目前只能以不斷清淤來減緩水庫的淤積，延長水庫的使用年限，惟清出的淤泥利用價值低，多以掩埋方式處理，由於淤泥顆粒極細，掩埋淤泥的

場所植物無法生長並且會形成隔水層，使水無法滲透到土層裡，嚴重造成環境傷害，故相關單位一直致力於水庫淤泥的再利用，在產官學界多年的努力下，臺灣已能利用水庫淤泥燒製品質良好的輕質粒料，製作成各式各樣的輕質粒料產品並應用於土木工程及建築材料中[1-4]，活化水庫淤泥再利用的價值，解決水庫淤泥掩埋的問題，達成水庫永久使用的目標。

鋼筋混凝土結構物有較好的耐火性能，但經過高溫的火災破壞後，仍會造成混凝土的強度的損失，危及建築物的結構安全性[5]。輕質粒料混凝土與常重粒料混凝土相較，前者內部的輕質粒料係由高溫燒結而成，粒料內部有較多的孔隙，並擁有較佳的熱穩定性，以及較低的熱傳導性與熱膨脹係數[6]，因此輕質粒料混凝土構件的耐火性能優於相同條件的常重粒料混凝土，且將輕質粒料混凝土應用於預鑄工法上，亦可以降低預鑄構件的重量，減少吊裝及運輸的成本。

由於預鑄牆接頭鐵件在整個預鑄牆工程中是攸關預鑄牆與結構體結合的重要構件，因此本文旨在探討利用石門水庫淤泥燒結輕質粒料製作預鑄鋼筋輕質粒料混凝土牆試體，經高溫火害作用後其接頭鐵件的適用性[7]。

二、主要內容

2.1 試驗計畫

2.1.1 試體規劃

為比較輕質與常重粒料混凝土預鑄牆接頭，遭受高溫火害與否之強度損失比率及力量傳遞的差異，本研究採用乾式(61)及濕式(81)兩種調整鐵件試體進行抗拉試驗，另有(56E)承重鐵件試體進行抗拉及抗剪兩種試驗。本研究所有試體尺寸皆為100×100×15cm (L×W×H)，外混凝土保護層為3 cm，如圖1所示。所有試體之編號、實驗模式及所需材料如表1所示。

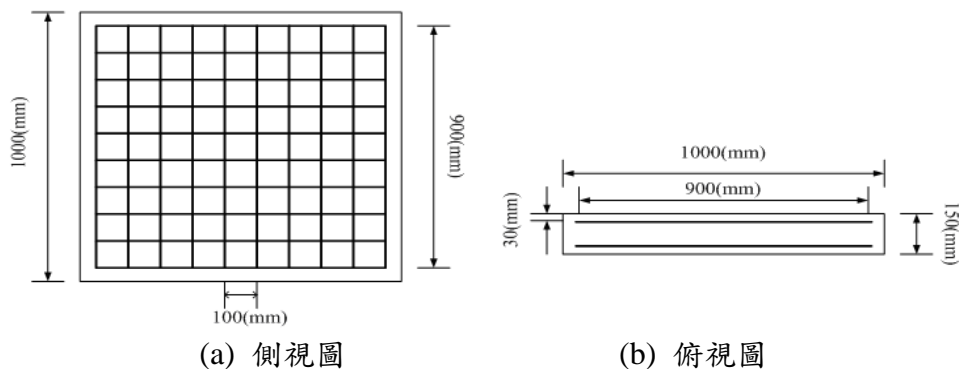


圖1 試體尺寸圖

表1 試體參數表

項目 編號	試驗模式	試驗最高溫度(°c)	WIRE MESH 900×900(mm)	骨材種類
NC(61)T1	拉力	0	無開孔	常重骨材
NC(61)T2b	拉力	950	無開孔	常重骨材

LC(61)T1	拉力	0	無開孔	輕質骨材
LC(61)T2b	拉力	950	無開孔	輕質骨材
NC(81)T1	拉力	0	底部開孔	常重骨材
NC(81)T2b	拉力	950	底部開孔	常重骨材
LC(81)T1	拉力	0	底部開孔	輕質骨材
LC(81)T2b	拉力	950	底部開孔	輕質骨材
NC(56E)T1	拉力	0	中間開孔	常重骨材
NC(56E)T2b	拉力	950	中間開孔	常重骨材
LC(56E)T1	拉力	0	中間開孔	輕質骨材
LC(56E)T2b	拉力	950	中間開孔	輕質骨材
NC(56E)V1	剪力	0	中間開孔	常重骨材
NC(56E)V2b	剪力	950	中間開孔	常重骨材
LC(56E)V1	剪力	0	中間開孔	輕質骨材
LC(56E)V2b	剪力	950	中間開孔	輕質骨材

2.1.2 試體材料

本研究採用台灣水泥公司生產的第一型波特蘭水泥，試驗用的牆試體，分別以輕質粒料混凝土及常重粒料混凝土灌製而成，其配比如表2所示。混凝土之配比基本上都以 210 kg/cm^2 為目標強度，各組試體的水灰比與28天的抗壓強度結果，如表3所試。

表2 混凝土配比

輕質粒料混凝土		常重粒料混凝土			
水灰比	0.47	水灰比	0.66		
水泥	470 kg	水泥	310 kg		
單位用水量	220 kg	單位用水量	205 kg		
輕質粒料	1/2"~3/8"	148 kg	常重粒料	1/2"~3/8"	486 kg
	3/8"~#4	186 kg		3/8"~#4	484 kg
天然砂	713 kg	天然砂	798 kg		
空氣含量%	2.5 %	空氣含量%	2.5 %		

表3 試體組成參數及混凝土28天抗壓強度

試體編號	水灰比	f'_c (kg/cm ²)	試體編號	水灰比	f'_c (kg/cm ²)
NC(61)T1	0.66	194.1	NC(56E)T1	0.66	183.7
NC(61)T2b	0.66	189.3	NC(56E)T2b	0.66	204.3
LC(61)T1	0.46	191.8	LC(56E)T1	0.46	176.7
LC(61)T2b	0.46	188.5	LC(56E)T2b	0.46	207.9
NC(81)T1	0.66	196.9	NC(56E)V1	0.66	188.5
NC(81)T2b	0.66	180.6	NC(56E)V2b	0.66	175.6
LC(81)T1	0.46	194.7	LC(56E)V1	0.46	187.1
LC(81)T2b	0.46	206.7	LC(56E)V2b	0.46	179.3

本研究之接頭共有乾式(61)調整鐵件、濕式(81)調整鐵件及(56E)承重鐵件三種。在現地中，乾式(61)與濕式(81)調整鐵件都只承受拉力，(56E)承重鐵件則承受拉力及剪力，各鐵件與鋼筋網(WIRE MESH)如照片1到照片3所示。



照片1 乾式調整鐵件(61)



(a) 正面圖



(b) 背面圖

照片2 濕式調整鐵件(81)



a) 正面圖



(b) 側面圖

照片3 承重鐵件(56E)

2.1.3 試體接頭與鋼筋組裝

本研究之各種鐵件、鋼筋網及補強鋼筋之組裝如照片4所示，因配合接頭位置，在鋼筋網上開孔周圍亦有補強鋼筋設置。



(a) (61)接頭試體鋼筋擺設



(b) (81)接頭試體鋼筋擺設



(c) (56E)接頭試體鋼筋擺設

照片4 試體接頭與鋼筋擺設

2.1.4 高溫加熱試驗

本研究依ASTM E119的標準升溫曲線進行加熱，當加熱時間10分鐘時，爐內溫度需達到700°C，然後再延燒50分鐘，最後溫度需達到950°C。為確保高溫爐內的溫度變化，能與前述的標準溫升曲線符合，於牆體外側設置感溫棒，如圖2之CH4所示。根據實際量測結果顯示，本研究使用之高溫爐的溫升曲線，即圖3的CH2曲線，與標準升溫曲線，即圖3的ISO曲線，兩者極為符合。另外，分別在牆體內埋設熱電偶線CH1、CH3，以及牆體表面設置感溫棒CH4，位置如圖2所示。加熱中的牆體，其內、外溫度之變化情形，如圖3所示。

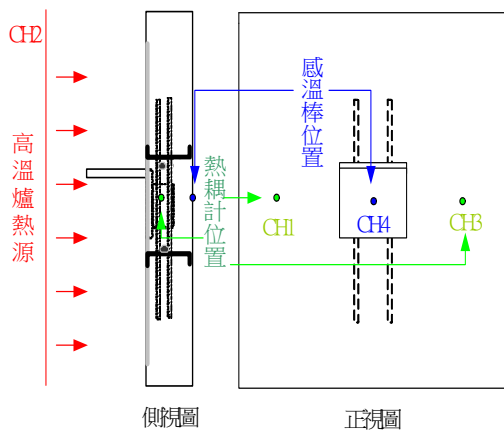


圖2 試體耐火試驗量測點位置圖

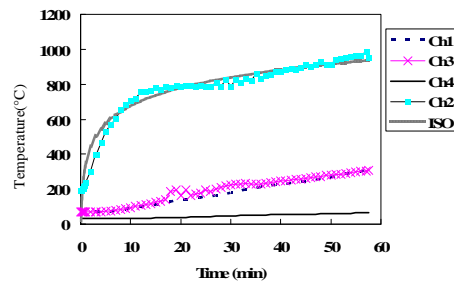


圖3 牆試體升溫曲線圖

2.1.5 接頭試體抗拉試驗與抗剪試驗

本研究將乾式(61)、濕式(81)調整鐵件及(56E)承重鐵件灌製成牆試體，並於灌製28天後進行抗拉試驗。試驗時將抗拉模安裝於600噸MTS萬能試驗機，利用堆高機將試體吊裝於試驗處，試體上突出螺栓穿入抗拉模，使用長方塊螺帽鎖緊並懸掛住試體。600噸MTS萬能試驗機將試體緩降至鋼軌上，利用槽鋼座、螺栓固定試體四端鎖緊於強力地板。將應變計連接至資訊收集系統，開始進行抗拉試驗，如照片5所示。本實驗採用位移控制，以每秒0.03公釐速率向上拉升。位移量、拉力值所量測數據，由資料收集系統轉換所讀訊號成實際物理量存成檔案進行試驗結果分析。



(a) (61)接頭試體抗拉實驗



(b) (81)接頭試體抗拉實驗



(c) (56E)接頭試體抗拉實驗

照片5 接頭試體抗拉試驗

(56E)承重鐵件在實際預鑄牆中也會承受剪力，故試驗時將鋼樑安裝於600噸MTS萬能試驗機，量測試體直立之中心線並使之與鋼樑中心點重疊，以槽鋼座、螺栓固定基座後將直立試體掛置基座上，緊鎖螺栓，如照片6所示。試體接頭四端混凝土表面黏貼應變計，將應變計連接至資訊收集系統，開始進行抗剪試驗。本實驗採用位移控制，以每秒0.03公釐速率下降施壓於試體上側，試體鐵件下側產生向上剪力。位移量、拉力值與所量測數據，由資料收集系統轉換所讀訊號成實際物理量存成檔案進行試驗結果分析。



照片6 (56E)接頭試體抗剪試驗

2.2 試驗結果分析與討論

2.2.1 高溫對三種接頭試體強度之影響

2.2.1.1 高溫對(61)接頭試體強度之影響

由表4可知，LC(61)T2b與LC(61)T1的開裂荷重分別為2442及2569 kgf，耐火試驗後試體之開裂荷重為原有強度之 $2442/2569 = 95.1\%$ ；兩者之極限荷重分別為4847及5940 kgf，高溫之降伏強度為原有強度之 $4847/5940 = 81.6\%$ 。高溫使兩種強度之下降幅度不大，表示輕質試體之耐火性能優異。

NC(61)T2b與NC(61)T1的開裂荷重分別為及2214及2808 kgf，耐火試驗後試體之開裂荷重為原有強度之 $2214/2808 = 78.8\%$ ；兩者之極限荷重分別為3884及6023 kgf，高溫之降伏強度為原有強度之 $3884/6023 = 64.5\%$ 。高溫使常重試體兩種強度之下降幅度大於輕質試體，在極限荷重更為明顯，表示常重牆之耐火性能較差。

表4 (61)接頭試體抗拉試驗結果比較表

試體編號	P_{cr} (kgf)	(b) / (a)	P_u (kgf)	(b) / (a)
(a)LC(61)T1	2569	95.1 %	5940	81.6%
(b)LC(61)T2b	2442		4847	
(a)NC(61)T1	2808	78.8 %	6023	64.5%
(b)NC(61)T2b	2214		3884	

2.2.1.2 高溫對(81)接頭試體強度之影響

由表5可知，LC(81)T2b與LC(81)T1的開裂荷重分別為2187及2533 kgf，耐火試驗後試體之開裂荷重為原有強度之 $2187/2533 = 86.3\%$ ；兩者之極限荷重分別為4693及5176 kgf，高溫之降伏強度為原有強度之 $4693/5176 = 90.7\%$ 。高溫使兩種強度之下降幅度不大，表示輕質試體之耐火性能優異。

NC(81)T2b與NC(81)T1的開裂荷重分別為及1569及2456 kgf，耐火試驗後試體之開裂荷重為原有強度之 $1569/2456 = 63.9\%$ ；兩者之極限荷重分別為3781及5591 kgf，高溫之降伏強度為原有強度之 $3781/5591 = 67.6\%$ 。高溫使常重試體兩種強度之

下降幅度大於輕質試體，在極限荷重更為明顯。

表5 (81)接頭試體抗拉試驗結果比較表

試體編號	P_{cr} (kgf)	結果比較(b) / (a)	P_u (kgf)	結果比較(b) / (a)
(a)LC(81)T1	2533	86.3 %	5176	90.7%
(b)LC(81)T2b	2187		4693	
(a)NC(81)T1	2456	63.9 %	5591	67.6%
(b)NC(81)T2b	1569		3781	

2.2.1.3 高溫對(56E)接頭試體強度之影響(抗拉試驗)

由表6所可知，LC(56E)T2b與LC(56E)T1的開裂荷重分別為4568及5501 kgf，耐火試驗後試體之開裂荷重為原有強度之 $4568/5501 = 83.0\%$ ；兩者之極限荷重分別為9510及11184 kgf，高溫之降伏強度為原有強度之 $9510/11184 = 85.0\%$ 。高溫使兩種強度之下降幅度不大，表示輕質試體之耐火性能優異。

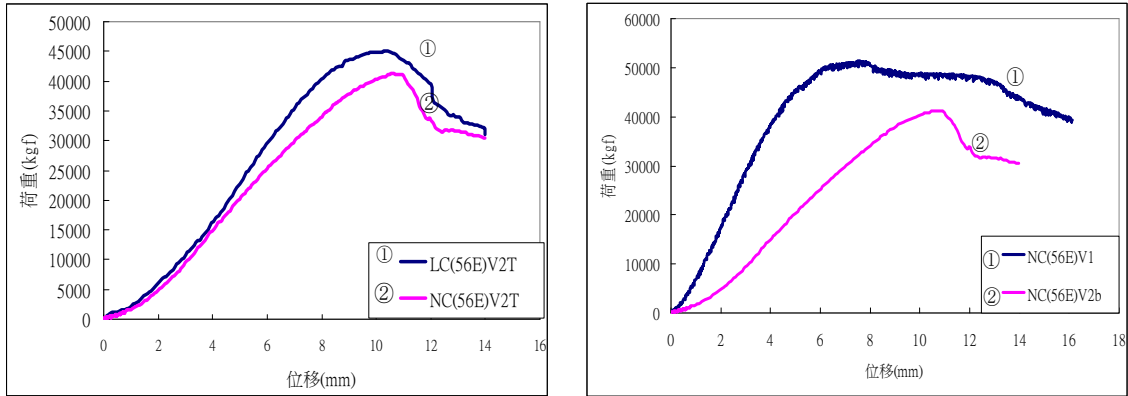
表6 (56E)接頭試體抗拉試驗結果比較表

試體編號	P_{cr} (kgf)	(b) / (a)	P_u (kgf)	(b) / (a)
(a)LC(56E)T1	5501	83.0 %	11184	85.0%
(b)LC(56E)T2b	4568		9510	
(a)NC(56E)T1	5536	76.5%	11642	62.8%
(b)NC(56E)T2b	4233		7310	

NC(56E)T2b與NC(56E)T1的開裂荷重分別為及4233及5536 kgf，耐火試驗後試體之開裂荷重為原有強度之 $4233/5536 = 76.5\%$ ；兩者之極限荷重分別為7310及11642 kgf，高溫之降伏強度為原有強度之 $7310/11642 = 62.8\%$ 。高溫使常重試體兩種強度之下降幅度大於輕質牆之下降幅度，同樣在極限荷重時更為明顯。

2.2.1.4 高溫對(56E)接頭試體強度之影響(抗剪試驗)

由圖4所示 (56E)承重接頭輕質試體之荷重-位移曲線圖可知，實驗時牆試體上方混凝土受壓，當裂縫產生時，其抗壓力量仍持續上升，因此曲線無明顯之轉折改變，直到接近極限強度區時曲線才開始顯著變化，使得開裂載重無法準確判別。由表7可知，LC(56E)V2b與LC(56E)V1的極限荷重分別為45044及51067 kgf，耐火試驗後試體降伏強度為原有強度之 $45044/51067 = 88.2\%$ 。由試驗結果可知，同樣顯示輕質試體之耐火性能較好，高溫後其極限強度下降不大。



(a) (56E)承重接頭輕質試體

(b) (56E)承重接頭常重試體

圖4 耐火試驗前後(56E)接頭試體抗剪試驗之P-Δ圖

表7 (56E)接頭試體抗剪試驗比較表

試體編號	P _{cr} (kgf)	(b) / (a)	Δ _u (mm)	Δ _{max} (mm)	Δ _{max} -Δ _u
(a)LC(56E)V1	51067	88.2 %	11.32	15.56	4.24
(b)LC(56E)V2b	45044		10.34	12.06	1.72
(a)NC(56E)V1	51229	80.6%	7.84	12.86	5.02
(b)NC(56E)V2b	41271		10.61	11.69	1.08

由圖4所示 (56E)承重接頭常重試體之荷重-位移曲線可知，曲線無明顯之轉折改變，直到接近極限強度區關係曲線才開始顯著變化，因此無法明顯指出試體之開裂載重。由表7可知，NC(56E)V2b與NC(56E)V1的極限荷重分別為41217 及51229 kgf，耐火試驗後試體降伏強度為原有強度之41217/51229 = 80.6%。高溫之下常重試體極限強度下降幅度大於輕質試體，但差距不大。

2.2.2 高溫對三種接頭試體延展性之影響

2.2.2.1 高溫對(61)接頭試體延展性之影響

由表 8 可知，LC(61)T2b 與 LC(61)T1 之延展性分別為 1.25 及 3.48，輕質牆在高溫後延展性下降應是，LC(61)T2b 試體經過耐火試驗後，混凝土強度降低並有剝落現象，導致試體勁度變小，試體延展性降低。NC(61)T2b 與 NC(61)T1 之延展性分別為 1.03 及 2.63，相較於輕質試體遭受耐火試驗之延展性損失，常重試體較為嚴重，顯示輕質試體在延展性方面之耐火性能均較佳。

表8 (61)接頭試體抗拉試驗延展性比較表

試體編號	Δ _u (mm)	Δ _{max} (mm)	Δ _{max} -Δ _u
LC(61)T1	8.5	11.98	3.48
LC(61)T2b	6.9	8.64	1.25
NC(61)T1	11.41	14.04	2.63
NC(61)T2b	8.18	9.21	1.03

2.2.2.2 高溫對(81)接頭試體延展性之影響

由表 9 可知，LC(81)T2b 與 LC(81)T1 之延展性分別為 1.29 及 1.61，差距不明顯，

NC(61)T2b 與 NC(61)T1 之延展性分別為 1.1 及 1.29。相較於輕質牆遭受耐火試驗之延展性損失，常重牆較為嚴重，顯示輕質牆在延展性方面之耐火性能較佳，但兩者差異並不大，可視常重接頭試體之延展性與輕質試體相近。

表9 (81)接頭試體抗拉試驗延展性比較表

試體編號	Δ_u (mm)	Δ_{max} (mm)	$\Delta_{max}-\Delta_u$
LC(81)T1	6.49	8.1	1.61
LC(81)T2b	5.66	6.95	1.29
NC(81)T1	5.52	6.81	1.29
NC(81)T2b	4.59	5.69	1.1

2.2.2.3 高溫對(56E)接頭試體延展性之影響(抗拉試驗)

由表 10 可知，LC(56E)T2b 與 LC(56E)T1 之延展性分別為 2.5 及 4.97，有明顯差異，應是 LC(81)T2b 經耐火試驗後，水泥水化物分解、粒料衰敗，E 值降低，造成延展性明顯下降。NC(56E)T2b 與 NC(56E)T1 之延展性分別為 2.88 及 3.72，常重試體遭受耐火試驗之延展性損失，反而優於輕質試體。由圖 5 所示，經耐火試驗後輕質試體達到極限荷重至試體破壞，接頭荷重-位移曲線下降趨勢比常重牆試體陡急，因此常重接頭試體之延展性比輕質試體高。

表10 (56E)接頭試體抗拉試驗延展性比較表

試體編號	Δ_u (mm)	Δ_{max} (mm)	$\Delta_{max}-\Delta_u$
LC(56E)T1	9.12	14.09	4.97
LC(56E)T2b	10.81	13.31	2.5
NC(56E)T1	14.47	18.19	3.72
NC(56E)T2b	8.85	11.73	2.88

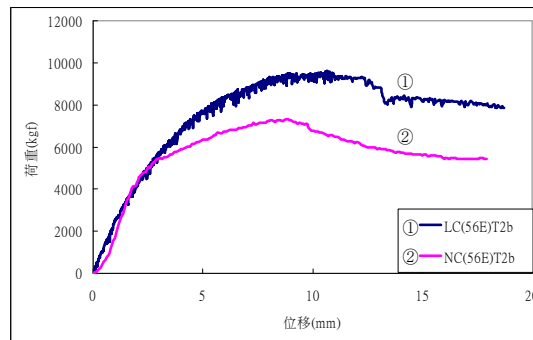


圖5 耐火試驗後(56E)接頭輕質與常重試體抗拉實驗之P- Δ 圖

2.2.2.4 高溫對(56E)接頭試體延展性之影響(抗剪試驗)

由表 11 可知，LC(56E)V2b 與 LC(56E)V1 之延展性分別為 1.72 及 4.24。經耐火試驗後，輕質試體之延展性損失明顯。NC(56E)V2b 與 NC(56E)V1 之延展性分別為 5.02 及 1.8，遭受耐火試驗之試體延展性損失亦十分明顯。經耐火試驗後常重試體達到極限荷重至試體破壞，接頭荷重-位移曲線下降趨勢比無火害之常重試體陡急，此情形與輕質試體實驗結果相似。

表11 (56E)接頭試體抗剪試驗比較表

試體編號	P_{cr} (kgf)	(b) / (a)	Δ_u (mm)	Δ_{max} (mm)	$\Delta_{max}-\Delta_u$
(a)LC(56E)V1	51067	88.2 %	11.32	15.56	4.24
(b)LC(56E)V2b	45044		10.34	12.06	1.72
(a)NC(56E)V1	51229	80.6%	7.84	12.86	5.02
(b)NC(56E)V2b	41271		10.61	11.69	1.08

2.3 結論

1. 抗拉試驗方面，三種接頭在輕質粒料混凝土試體與常重粒料混凝土試體經火害試驗後，其力學行為與破壞模式相當類似。
2. 抗拉試驗方面，乾式(61)接頭輕質試體耐火試驗後開裂荷重為原有強度之95.1%，高溫之降伏強度為原有強度之81.6%；常重試體則分別為78.8%及64.5%，顯示輕質試體比常重試體有更佳之耐火性能。
3. 抗拉試驗方面，乾式(81)接頭輕質試體耐火試驗後開裂荷重為原有強度之86.3%，高溫之降伏強度為原有強度之90.7%；常重試體則分別為63.9%及67.6%，顯示輕質試體比常重試體有更佳之耐火性能。
4. 抗拉試驗方面，(56E)承重接頭輕質試體耐火試驗後開裂荷重為原有強度之83.0%，高溫之降伏強度為原有強度之85.0%；常重試體則分別為76.5%及62.8%，實驗結果顯示經耐火試驗後，使用輕質材試體較具優勢。
5. 抗剪試驗方面，(56E)承重接頭輕質試體耐火試驗後降伏強度為原有強度之88.2%，常重試體則為80.6%，兩種試體的延展性損失都十分明顯。

參考文獻

1. 顏聰，「輕質骨材混凝土」，中華輕質骨材協會，2005。
2. 顏聰、黃玉麟等，「傳統工業技術開發計畫-混凝土輕質骨材技術發展及應用」，經濟部工業局專案計報告，1993。
3. 顏聰、黃玉麟等，「人造骨材輕質混凝土之製造及工業化研究」，財團法人臺灣營建研究中心報告，1993。
4. 顏聰、黃玉麟、陳豪吉等，「輕質骨材混凝土之澆置及夯實施工研究」，中華高科技研究發展協會研究計畫報告，1995。
5. 林銅柱，「從國外輕質骨材科技展望國內輕質混凝土工業」，高壓蒸氣養護輕質混凝土研討會，台北，經濟部工業局，1991。
6. 陳豪吉，「以台灣地區生產之輕質骨材探討輕質混凝土之配比、製作及強度性質」，中興大學土木工程系博士論文，1998。
7. 黃玉麟，「鋼筋水庫淤泥輕質骨材混凝土牆之耐火性能」，科技部研究報告，2009。

C-04

衛生紙丟馬桶一對化糞池運轉功能之影響探討

*李明融(Ming-Rong Li)
建國科技大學土木與防災研究所
碩士生

王珮茹(Pei-Ru Wang)
建國科技大學土木與防災研究所
助理教授

李明成(Ming-Cheng Li)
建國科技大學土木與防災研究所
碩士生

陳建志(Jian - Zhi Chen)
建國科技大學土木與防災研究所
助理教授

摘要

本文在探討政策發佈及調查上述議題執行實務後，認為環保署前後所公佈兩項管理政策中，並無相互牴觸整體策略，前者公佈計畫成果尚符效益進行評估，後者所宣示政策目標則屬效能，但效率的執行未能接續。

造成民眾配合環保政策存疑，其中主因仍停滯在化糞池的消化能力，在輿論熱議中諸多重心，仍著重於衛生紙投入衛生設備(馬桶及管路)整體影響課題，並且對衛生紙自身結構碎解能力與衛生設備(馬桶及管路)交互影響之因果關係，探討結果均大同小異，卻鮮少探討衛生紙與廢污水處理設施(化糞池)相互影響衍生課題。

雖環保署於2010年公佈探討計畫成果中已提出衛生紙與廢污水處理設施(化糞池)可能問題，由於未提供有效改善問題方案，致疑慮沸揚。本文藉蒐集化糞池實際使用後衍生問題，模擬增加衛生紙存於化糞池時，對化糞池功能影響層面進行推估，擬利用生菌來降解衛生紙或面紙之木纖維素，作嘗試性可行試驗，觀察衛生紙中木纖維素與生菌降解是否可輔助提昇化糞池運轉功能，進而研究可能改善機制、研擬初步建議方向供後續調查研究，期能對主議題提供因應處理之參考。

綜述總結，內政部營建署106年10月公布全國公共污水下水道普及率為31.57%，設置普及率仍不高，還須仰賴化糞池設施扮演重要角色來改善此民生問題，在推動政令過渡時期，建議近程工作應推行化糞池微生物菌種活化概念維護化糞池正常運轉，中程發展則應研究如何配合現有污水系統建構，預先投注絞碎機具設備，設置於入池前將糞便及衛生紙預先絞碎，增加微生物菌種降解速率，逐年積極推進提高污水地下道設施普及率，俟建置完善的污水地下道設施網域，才屬有效能的提升居住環境品質遠程目標的達成。

關鍵詞：結構碎解、生菌降解、廢污水處理設施

一、前言

環保署自2010年公佈「衛生紙投入衛生設備對整體環境影響探討計畫成果」後，又於2016年12月針對爭議多年的衛生紙處理問題作出政策目標宣示，請民眾改變生活習慣，把用過的衛生紙丟進馬桶不要丟進旁邊的垃圾桶，以減少廁所中細菌孳生和異味的產生促使環境汙染源降低，提昇民眾居住環境品質。姑且擱置衛生紙該不該丟入馬桶事件，然從管理學觀點釐清此一清潔管理行為的定位，何執行動作與配套措施方案屬於效能(Do the right thing)? 效益 (Effectiveness) ? 效率(Do the thing right)? 有值得議題探討之空間。

論以「現代管理理論之父」巴納德主張：個人在組織中的行為能夠達成組織的目標，即為具有效能；若組織的目標同時亦可滿足個人的動機，則亦兼具有效率。而效能與效

率二者，則有賴行政主管功能的發揮，從而維持組織與其成員間的合作行為；另，「現代管理學之父」彼得杜拉克表示：效率是以正確的方式做事，而效能則是做正確的事。效率和效能不應偏廢，但這並不意味著效率和效能具有同樣的重要性。我們當然希望同時提高效率和效能，但在效率與效能無法兼得時，我們首先應著眼於效能，然後再設法提高效率。「行政學家」張潤書教授指出：效率是指運用資源的程度與能力，凡是能夠將人力、物力、財力，及時間做最妥善的分配者即是效率。效能則為達成目標的程度，是指資源運用以後所產生的結果，凡是完全達成目標者即為效果。又彼得杜拉克認為：效能比效率還重要，也就是工作或任務的首要目的就是達成組織目標。但是如果目標達成了，而過程中花費過多的耗損與成本，則達成此項組織目標也不盡完美。

二、研究方法

2.1 文獻回顧

2.1.1 建築技術規則—建築設計施工編—第二章第十節第49條：[內政部，2017]

沖洗式廁所排水、生活雜排水除依下水道法令規定排洩至污水下水道系統或集中處理場者外，應設置污水處理設施，並排至有出口之溝渠，其排放口上方應予標示，並不得堆放雜物。但起造人申請建造執照時，經當地下水道主管機關認定該建造執照案屬本法第五十三條第一項規定之建築期限時，公共污水下水道系統可容納該新建建築物之污水者，得免予設置污水處理設施。



圖1 廁所設備架構 (自在建房網站)

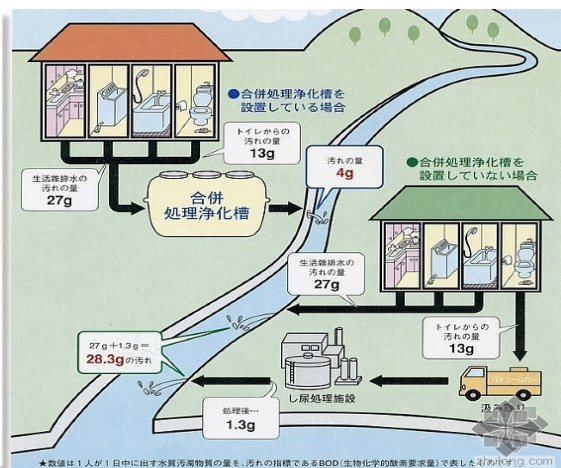


圖2 社區污水設備系統網架構 (自在建房網站)

2.1.2 建築技術規則—建築設備編—第二章第二節第37條：

衛生設備

建築物種類	大便器	小便器	洗面盆	浴缸或淋浴
一 住宅、集合住宅	每一居住單位一個。		每一居住單位一個。	每一居住單位一個。

2.1.3 建築技術規則—建築設備編—第二章第二節第40-1條：

污水處理設施為現場構築者，其技術規範由中央主管建築機關另定之；為預鑄式者，應經中央環境保護主管機關會同中央主管建築機關審核認可。

2.1.4 建築物污水處理設施設計技術規範—1.4 類型：

建築物污水處理設施包括現場構築型及預鑄型兩種，建築物得視需要選擇設置「現場構築型」或「預鑄型」之污水處理設施。



圖3 污水處理設施—現場構築 (網站節錄圖片)

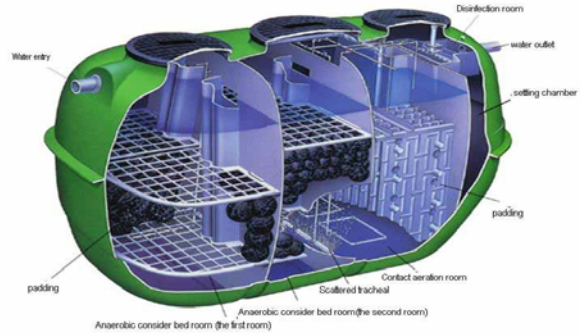


圖4 污水處理設施—預鑄型 (網站節錄圖片)

2.1.5 建築物污水處理設施設計技術規範—1.6 處理性能標準：

建築物污水處理設施之污水放流水應符合水污染防治法所規定之放流水標準。

表1 污水處理設施之放流水標準表 (建築物污水處理設施設計技術規範表1-1)

處理設施類別		甲類	乙類
污水量		大於250M ³ /日	小於250M ³ /日
98 年 標 準	BOD (mg/L)	30	50
	COD (mg/L)	100	150
	SS (mg/L)	30	50
	大腸菌群 (CFU/100mL)	200000	300000

註：硝酸鹽氮：50mg/L (不限定處理規模)
流量小於50立方公尺/日者，不適用大腸桿菌群項目。

3. 建築物設置於水源水質保護區者另應符合特定之管制標準如下：

氨氮：10mg/L
正磷酸鹽 (以三價磷酸根計算)：4mg/L

2.1.6 建築物污水處理設施設計技術規範—2.1 計算基準：

建築物污水處理設施得依建築物用途及樓地板面積參考「建築物污水處理設施使用人數、污水量及水質參考表」計算使用人數、污水量及生化需氧量；如為特定用途致採用不同之計算基準者，應另作說明。

2.1.7 建築物污水處理設施設計技術規範—2.2 合併使用用途：

同一棟建築物內若作為二種以上不同用途時，應個別依用途類別計算使用人數並推估污水量及生化需氧量。如為各建築物所附設之餐廳廚房亦應併入計算其依使用人數所推估之污水量及生化需氧量。

表2 污水處理設施使用人數、污水量及水質參考表（建築物污水處理設施設計技術規範表2-1）

類別	組別	建築物用途說明	建築物舉例	使用人數計算方式	單位污水量及BOD濃度		備註	
					污水量 (公升/人.日)	生化需氧量 (BOD)mg/L		
H類	住宿類	H-1	供特定人住宿之場所。	寄宿舍、招待所、學校宿舍、養老院、安養(收容)中心	按居室面積每5平方公尺一人計算，或以固定床位計算	250	160	
		H-2		住宅、集合住宅	每戶總樓地板面積（不含公共服務空間、停車空間、樓梯間及屋頂突出物）300平方公尺以下者，每30平方公尺以1人計算，人數未達整數時，其零數應計算1人，但每戶不得少於2人；超過300平方公尺者均按10人計算。	225	180	

附註：

- 所列各類建築物得依營業(開放)使用時間推算每日污水量
- N=使用人數
C=大便器數
U=小便器數
T=一天平均使用時數

2.1.8 建築物廢污水處理設施及化糞池衛生管理(環境保護署環境保護人員訓練所101.04)－2-1-1 化糞池原理：

化糞池對於有機物之分解基本上是利用微生物之厭氧分解功能(anaerobic decomposition)。厭氧分解可分為三階段，第一階段是水解作用(hydrolysis)，將有機固體液化(liquefaction)而成為水溶性有機質，此步驟常是整個分解之瓶頸，而且糞便中約有30%左右極難以液化分解，這就是將形成污泥或浮渣部分，也就是必須加以清除者。第二階段是酸化，主要利用酸生成菌(acid-forming bacteria)之作用，將溶解性有機物分解成為有機酸以及醇、醛等中間產物，在此階段pH下降，揮發酸及氣體(主要為CO₂及H₂S)則增加；第三階段為甲烷生成菌(methane-forming bacteria)之甲烷醱酵(methane fermentation)作用，將第二階段分解之中間產物繼續進一步分解而使之氣化(gasification)，產生甲烷(CH₄)、二氧化碳等最終產物，其他還原性細菌則可產生氨(NH₃)、硫化氫(H₂S)、氮(N₂)、氫(H₂)等氣體，在此階段，由於氨(NH₃)之產生，pH可回升，已經穩定之固體則成黑色之污泥。

厭氧分解需適當之生長環境，諸如pH值、溫度、菌種、接觸及停留時間等，由於化糞池設計體積與空間之有限，停留時間常甚短(約為24小時)，而腐化槽內之有機固體含量甚多，故厭氧分解作用之時間(一般最少停留時間為10~20天)不足。且糞便經水沖入腐化槽後，比重大者沉澱在下層，比重小者(佔大部分)則浮升於上層形成浮渣，故厭氧細菌與有機物之接觸情況甚差，此外pH值與溫度均是任其自然，並不一定能控制在最佳之範圍內，因此由於各種條件之限制，使化糞池厭氧分解功能並不佳，故其主要作用仍是類似沉澱池之沉澱作用。而早期最簡單之化糞池是以隔離固體物和雜物為主，常僅有一沉澱兼腐化槽，糞便經沖水進入槽內後，停留短暫時間，固體部分因比重不同，經沉澱或浮升分離，水液便由出口排出；沉積之固體物則藉厭氧或兼性細菌予以分解或穩定，然後再定期抽出穩定後之固體物。

至於水液部分，因其停留時間甚短，出水含多量未完全腐敗分解之中間產物，甚

至含有多量固體，生化需氧量甚高，因此需要進一步之二級處理始可作最後之排除。美國式化糞池出水常以瓦管引至地下滲水場，藉土壤中之微生物作用將有機物氧化穩定，但是台灣地區所使用之化糞池，限於土地之有限，無法利用滲水場來處理，而常設計成一氧化槽之裝置，糞便經沉澱腐敗等初級處理後，水液再進入氧化槽作好氧分解，使有機物分解最後產生二氧化碳及水，並將氮經硝化菌（nitrifying bacteria）氧化為硝酸鹽（ NO_3^- ），硫化物經硫細菌作用氧化為硫酸鹽（ $\text{SO}_4^{=}$ ），使出水趨於穩定，希望排放後不致引起危害環境衛生等問題。但化糞池氧化槽之處理效果比滲水場土壤處理要差很多，氧化分解功能難以發揮。

2.1.9 建築物污水處理設施設計技術規範—3.10.1 處理單元、規模及流程：

厭氣濾床接觸曝氣法與分離接觸曝氣法類同，屬不超過10立方公尺(約相當於5-50人適用)之小規模建築物污水處理設施，其不同之處在以厭氣濾床槽取代初沉槽者，故其處理單元包括：厭氣濾床槽、接觸曝氣槽、沉澱槽、消毒槽及放流槽等，流程如下所示。

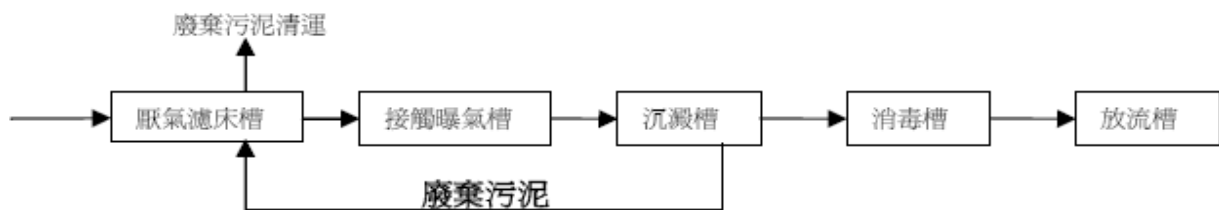


圖5 厭氣濾床接觸曝氣法之處理流程（建築物污水處理設施設計技術規範圖 3-1）

2.1.10 衛生紙投入衛生設備對整體環境影響探討計畫成果[環保署，2010年]—結論：

- 1.衛生紙或面紙遇水破裂及溶解程度，一般衛生紙是用短纖維製造，未添加化學藥品，遇水易破碎，較不易有馬桶阻塞問題，非紙品製造業者商品標示之「可分解不會阻塞馬桶」警語，應正確修正標示為「雖可碎解於水中，但棄置馬桶不利能源回收」、「於水中不易碎解，不可投入馬桶，避免阻塞」。另面紙使用長纖維製造，添加濕強成分，分子間構造強韌，遇水不易解離分散，故較易阻塞馬桶問題。
- 2.沖水量、馬桶阻塞之影響，衛生紙投入量對馬桶造成阻塞之情形：5種廠牌衛生紙於不同投入量（5、10、15及20抽）時，不論有無添加模擬污物皆未產生阻塞情形，沖水後未添加模擬污物之衛生紙有明顯破裂現象；但添加模擬污物試驗時，因沖水後投入之衛生紙與模擬污物混和無法判斷是否破碎。

不同衛生紙投入量是否增加馬桶沖水量，5種廠牌衛生紙於不同衛生紙投入量（5、10、15、20抽），不論有無添加模擬污物，一次沖水（沖水量為6公升）後皆可順利將衛生紙排出。整體而言，衛生紙於不同投入量（5抽至20抽）時，不論有無添加模擬污物皆未增加沖水量。

高量衛生紙投入量造成馬桶阻塞及沖水量增加之影響利用1種廠牌（五月花）衛生紙於高量（50抽）投入量，不論有無添加模擬污物，一次沖水（沖水量為6公升）後皆可順利將衛生紙排出，沖水量並未隨衛生紙投入量（50抽）增加而增加。

不同面紙投入量對馬桶造成阻塞之情形，3種廠牌面紙（五月花、春風及舒潔）

於不同投入量（10~50抽）且未添加模擬污物試驗結果顯示，五月花面紙於20抽時產生阻塞、春風面紙於21抽時產生阻塞、舒潔面紙則於50抽時產生阻塞情形，沖水後未添加模擬污物之面紙無明顯破碎現象。

3. 污水處理設施初沉單元有效容積、有效水深之結果顯示，5家廠牌的沈澱衛生紙累積容積佔初沈槽有效容積的24.6%~26.2%之間，若再加上沈澱槽中的水肥量，其占初沈槽容積比幾乎為原本的2倍。為避免沈降污泥影響後續處理程序，抽泥頻率應由原本的每半年抽除一次，增加為每3~4個月抽除一次。整體而言，衛生紙丟棄於馬桶時，雖然沖水量並未隨衛生紙投入量增加，但是對於污水處理設施初沈槽之有效容積或有效水深，相對地已有明顯的增加。

衛生紙投入馬桶後於水中之變化，經過輕微攪動破碎解離後，沈澱性、中間懸浮性與溶解性衛生紙之含有率分別為93.0%~98.2%、1.0%~3.9%及0.7%~4.8%，其水溶解性比率相當的低，對後續二級處理單元的處理效能可能具有物理性的影響，仍值得注意。由此一現象發現，衛生紙丟棄於馬桶時，雖然沖水量並未增加，但是已明顯造成初沈槽有效容積的減少，抽泥期間與抽泥頻率勢必縮短、增加。

4. 二級處理單元處理性能之影響，將5家廠牌使用3抽衛生紙經過浸泡24小時後，反應前後水溫及pH值皆未有明顯變化。

每抽衛生紙所產生之COD負荷量為，1.6~4mg之間。若每次沖水量6 L，使用5抽衛生紙，則每次沖水所產生之COD濃度為1.3~3.3 mg/L之間而水樣中COD濃度約介於3~12mg/L之間，對於二級處理單元處理效能不具化學性之影響，但對後續二級處理單元的處理效能可能具有物理性的影響。

5. 實場試驗

本研究以日處理量為2.5 m³之污水處理設施經過90日實場試驗後，初沈槽中沈澱污泥累積厚度可達56.9cm(其相對累積厚度比為59.2%)，其累積高度幾乎已到達溢流管面的附近，換言之，此時必須適時的進行抽泥作業。若配合法規的要求，經過當180日後，初沈槽中沈澱污泥累積厚度可達116cm(其相對累積厚度比為121%)，沈澱污泥累積厚度早已超過初沈槽的有效水深，而沈澱污泥勢必易早已亦流至至二級處理單元時，勢必導致後續處理水質負荷之增加。

若於污水下水道接管地區，破碎衛生紙經攔污柵進入初沈池，由於衛生紙產生之SS及COD量甚低，對污水處理廠後續之二級處理程序不致造成影響，沈澱後之衛生紙進入污泥處理系統，則增加污水處理廠之污泥處理量。

6. 節能減碳效益分析

當衛生紙投入馬桶後轉換成水肥，經污水廠處理後，如將污泥以掩埋方式處理，則每年需消耗16,000度電，如以焚化廠焚化處理，則每年可回收2,314,000度電；若如廁後衛生紙投入垃圾桶，運送至焚化廠進行焚化處理，每年可回收20,600,000度電，故以節能面向觀點，如廁後衛生紙投入垃圾桶之效益優於投入馬桶。

以同樣流程進行衛生紙投入垃圾桶與馬桶之減碳面向分析，並納入考量焚化處理回收熱能之減碳量。投入馬桶並以掩埋為後段處理，其碳排量為0.01 Kton CO₂-e/年，以焚化為處理之減碳量為1.43 Kton CO₂-e/年，而投入垃圾桶減碳量為12.2 Kton CO₂-e/

年，以減碳觀點，如廁後衛生紙以投入垃圾桶仍優於投入馬桶。

2.1.11 糞便組成成分(互動百科網站)：

食物殘渣在大腸內，其中一部分水分和電解質等被大腸黏膜吸收，經過細菌的發酵和腐敗作用，即變成糞便排出體外。糞便含有食物中不消化的纖維素，消化道脫落的上皮細胞，黏膜碎片和大量細菌，還有未被吸收的消化道分泌物，如黏液、膽色素、黏蛋白和消化液等。如不吃蔬菜和粗糙穀類食物，糞便組成常一致，即水分65%，固體35%。固體部分細菌最多，可達總量的1/3-1/2，當排出糞便時，大部分細菌已死亡。另有2%-3%的含氮物質，10%-20%的無機鹽，如鈣、鐵、鎂鹽。脂肪佔10%-20%，一種是未被吸收的分解脂肪，另一種是由細菌和上皮殘片而來的中性脂肪，還有少量的膽固醇、嘌呤基和維生素。正常排出糞便是圓柱形，長10-20cm，直徑2-4cm，重量100-200g。

2.1.12 有機廢棄物堆肥化之應用與現況—厭氧發酵[臺北市立教育大學環境教育所，2006]：

厭氧發酵也可稱為沼氣發酵或者是甲烷發酵，是指有機物在厭氧細菌的作用下轉化為甲烷（沼氣）的過程。在自然界中，雖然厭氧發酵廣泛存在，但是發酵速度緩慢。若是採用人工方法來創造厭氧細菌所需的營養條件，使其在一定的設備內具有極高的濃度，則厭氧發酵過程可大為加快，此就稱為厭氧發酵技術。

在原料的方面，一般而言，能作為堆肥化的原料均可作為沼氣發酵的原料。有機物的厭氧發酵依次可分為液化、產酸、產甲烷等三階段，每一階段也均有其獨特的微生物來產生作用。為使厭氧發酵過程順利，根據發酵的過程需控制投料負荷外，對溫度、pH 值、攪拌等等的因素進行控制。

2.1.13 為什麼現在的「化糞池」不會「化糞」—[台灣環境資訊協會環境資訊中心網站，2013]：

第一點—生存環境險惡：原本「化糞池」就是靠池內豐富的微生物菌種來分解污泥，但我們卻使用大量鹽酸（強酸）、通管劑（強鹼）、消毒水、清潔劑等化學藥劑來清潔廁所，這些藥劑沿排水管流入化糞池後，細菌便會被高度抑制，尤其若濃度太高時，細菌甚至會死光光，而缺乏活菌的化糞池充其量就只是一個裝便便的大容器，完全喪失化糞功能，此時不但化糞池將快速累積「水肥」及「油脂」，造成抽水肥的次數及數量大幅增加，並會相繼引發排水管及化糞池等四大後遺症。

第二點—停留時間短暫：一般微生物可分為好氧型、厭氧型及兼氣型三類，好氧微生物跟人們一樣，需要在有氧氣環境下才能生存；對厭氧微生物而言，氧氣是他們的毒藥，只要接觸到一點點氧氣就會死翹翹；最厲害的就屬兼氣微生物，不論在氧或缺氧環境，他們都可以自在生活。化糞池因極度缺氧，所以池內的微生物主要為厭氧微生物。化糞池要有效率地分解水肥，前提必定是池內的厭氧微生物數量要夠多。然而，厭氧微生物繁生速度極慢，需5-15天才能繁生一個世代，簡單說，厭氧菌由1隻繁殖為2隻大約需要10天，由2隻再繁殖為4隻則需要另一個10天，依此類推。農業時代因人口少，土地面積大，所以池內細菌有足夠時間可以繁殖。但現代社區大樓卻是住戶太多，化糞池槽體卻太小了，平均50個住戶（約150人）會共用一個27立方米的化糞池。以每人每天產生250公升污水計算，每天將有約38立方米污水量流經化糞池，這表示污水在池內將停

留不到1天，這麼短的停留時間將大大衝擊厭氧菌的繁殖速度。

第三點－油脂混合水肥：在以前，化糞池只有便便會流進來，但自從1999年起，我們政府做了一個奇怪決策，要求自此新蓋的建築物，廁所及廚房污水通通都要先進入化糞池做厭氣處理（即『污水處理設施』的第一槽），然後再依序經過好氣、沉澱及消毒等處理，這看似合理，但實際上卻被證實是個錯誤的政策！

2.1.14 用戶接管普及率及污水處理率統計一覽表－[內政部營建署，2017]：

表3 用戶接管普及率及污水處理率統計一覽表（內政部營建署2017.10公佈）

用戶接管普及率及污水處理率統計一覽表－公共污水下水道普及率								
新北市	台北市	桃園市	台中市	台南市	高雄市	臺灣省	宜蘭縣	新竹縣
53.90	76.85	8.45	15.82	18.03	40.86	11.40	28.25	15.57
苗栗縣	彰化縣	南投縣	雲林縣	嘉義縣	屏東縣	台東縣	花蓮縣	澎湖縣
14.26	1.00	3.31	4.53	7.63	12.79	0.57	29.69	0.00
基隆市	新竹市	嘉義市	福建省	金門縣	連江縣	全國		
30.04	15.02	0.00	36.31	33.44	77.08	31.57		

2.2 研究方法

2.2.1 架構：

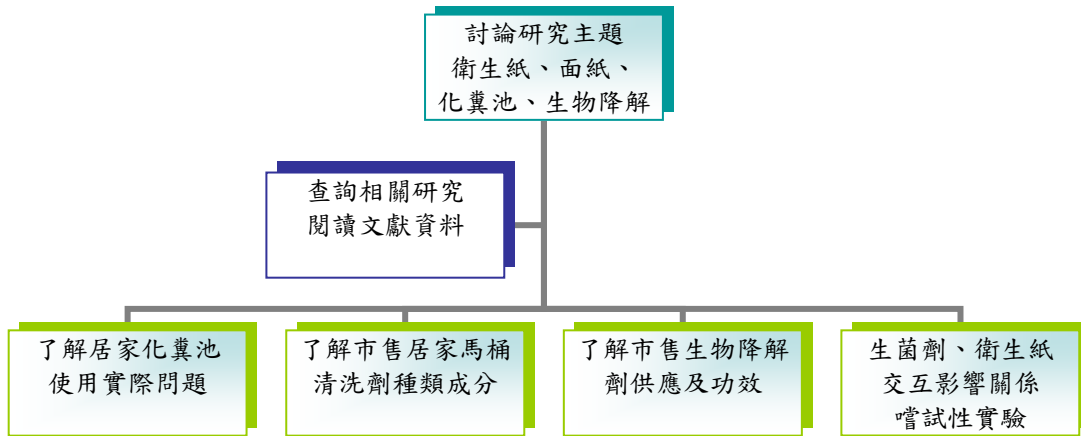
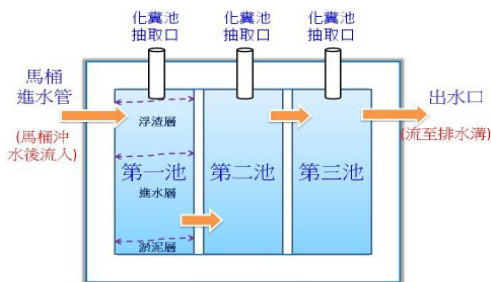


圖6 研究架構圖

2.2.2 過程：

1. 了解化糞池使用實際問題：



化糞池運轉過程及肥水分佈位置



化糞池功能正常態樣



化糞池功能喪失態樣

2.了解市售居家馬桶清洗劑成分：

馬桶清洗劑均屬一般化學清潔劑的配方，架構分為基劑：界面活性劑（有各種類型）；增強劑(磷酸鈉、矽酸鈉、碳酸鈉或螯合劑)；再附著防止劑(羧甲基纖維素)；螢光增白劑；香料等。屬性大致有兩大類分別為酸性清潔劑(適用清除廁所的尿垢，主要成分氯化酚類(Chlorinated phenols)、鹽酸)；鹼性清潔劑(適用疏通糞管清除沾黏嚴重的重油汙，主要成分氫氧化鈉)，共通特性清潔、殺菌。




3.了解市售生物降解劑供應及功效：

生物降解劑大多由抽肥廠商自行配方使用，成分配方認定為自身商業機密不易購得，市售僅知有3家廠商有供應市場販售，其中2家僅針對肥水(排洩物)降解能力研製配方，經詢供應廠商表示對於衛生紙、面紙中木纖維素無降解能力，另1家於大賣場陳列出售商品計2款，商品均標示對衛生紙及紙張有生物降解功效。爰依該二款商品進行嘗試性實驗。







4.生菌劑、衛生紙交互影響關係嘗試性實驗：詳后實驗過程。

2.3 實驗過程







2.3.1 準備材料及器材：

		
衛生紙、面紙、生菌劑	自來水(1000公克)、容器	天平秤

2.3.2 作業準備：

		
生菌劑#1 (11公克)	生菌劑#2 (11公克)	衛生紙4抽(5.2公克)
		
生菌液#1靜置8hr	生菌液#2靜置8hr	面紙5抽(5.2公克)

2.3.3 培養作業：

		
添加生菌劑#1 (day 1)	無添加生菌劑 (day 1)	添加生菌劑#2 (day 1)
		
添加生菌劑#1 (day 10)	無添加生菌劑 (day 10)	添加生菌劑#2 (day 10)

2.3.4 實驗結果

1. 添加生菌劑#1：衛生紙、面紙均下沉、有降解跡象，但降解速率不明顯；無水力擾動則纖維結構無法破碎。
2. 無添加生菌劑：衛生紙、面紙均下沉、無降解跡象，纖維紋理維持不變；無水力擾動則纖維結構無法破碎。
3. 添加生菌劑#2：衛生紙、面紙均有明顯降解跡象，但只有面紙呈現上浮現象(因發酵氣體帶動上浮)、降解速率亞於衛生紙；無水力擾動纖維結構無法破碎。

三、研究結論

依前述檢討分析與結果發現，歸納以下幾點：

- 1.當前化糞池運轉功能，僅針對池內糞便有機物，研發豐富的微生物菌種來分解糞便，欠缺研發降解纖維素微生物菌種來分解衛生紙、面紙。又民眾對清潔廁所、馬桶習慣，選擇大劑量強酸、強鹼、消毒水等化學藥劑來清潔廁所，減少池內微生物菌種數量，是造成設備阻塞原因之一。
- 2.依據流體力學雷諾數定義：「黏滯力對流場的影響大於慣性力，流場中流速的擾動會因黏滯力而衰減」，化糞池在池內微生物菌種不足條件下，糞便成分中脂肪（Fat）或油脂（Oils and Fats），將影響衛生設備（馬桶及管路）、汙水設備的流體流動穩定，亦為設備阻塞原因之一。
- 3.衛生紙遇水都可快速分散（碎解）不會阻塞馬桶及管路，但未靠生菌支撐降解纖維素，僅依水的流力、浸泡，將留存化糞池中增加脂肪或油脂附著面積，造成化糞池的負擔，降低運轉功能。
- 4.衛生紙、面紙主要由棉漿、木漿、草漿、廢紙漿等作為原料，具豐富纖維素纖維，而纖維素在厭氧環境下分解，須靠芽孢梭菌屬（Clostridium）的細菌才能進行降解達到分解，但無能力立即分散（碎解）衛生紙、面紙結構（朽木現象），有增加附著脂肪或油脂疑慮。
- 5.商場供應補充化糞池的微生物菌種商品匱乏，且民眾所獲資訊不足而忽略養護及提昇化糞池運轉功能。

綜述總結，內政部營建署106年10月公布全國公共污水下水道普及率為31.57%，設置普及率仍不高，還須仰賴化糞池設施扮演重要角色來改善此民生問題，在推動政令過渡時期，建議近程工作應推行化糞池微生物菌種活化概念維護化糞池正常運轉，中程發展則應研究如何配合現有汙水系統建構，預先投注絞碎機具設備，設置於入池前將糞便及衛生紙預先絞碎，增加微生物菌種降解速率，逐年積極推進提高污水地下道設施普及率，俟建置完善的污水地下道設施網域，才屬有效能的提升居住環境品質遠程目標的達成。

參考文獻

- 1.內政部，「建築技術規則」，2017.10修訂。
- 2.內政部，「建築物污水處理設施設計技術規範」，2010.09修訂。
- 3.環境保護署環境保護人員訓練所，「建築物廢污水處理設施及化糞池衛生管理(19)」，2012.04。
- 4.環境保護署，「衛生紙投入衛生設備對整體環境影響探討計畫成果」，2010。
- 5.互動百科網站，「大便」，2014.09.11。
- 6.臺北市立教育大學環境教育所，「有機廢棄物堆肥化之應用與現況」，2006.06 市師環教季刊64。
- 7.台灣環境資訊協會-環境資訊中心網站，『為什麼現在的「化糞池」不會「化糞」』，2013.05.31。
- 8.內政部營建署，用戶接管普及率及污水處理率統計一覽表，2017.10公布。

C-05

磁磚粉刷層剝離原因之探討及防範對策之研究

*蕭炎泉(Yan-Chyuan Shiau)
中華大學營建管理學系教授

王朝隆(Chao-Lung Wang)
中華大學營建管理學系碩士生

莊季濤 (Ji-Yon Jhuang)
中華大學科管所博士生

摘要

面磚工程主要藉由混凝土、水泥砂漿、黏著層、面磚及面磚填縫區之黏著組成，只要任一環節出現問題將影響面磚之黏著品質。本研究探討磁磚脫落的相關資訊，透過規劃試驗提出施工變異因子，並針對拉拔數值偏低的樣品添加新材料，以提高面磚拉拔數值，結果發現能有效改良磁磚抗拉數值，可作為有效降低面磚剝離可能性之參考。

關鍵字：水泥砂漿抗壓強度、水泥砂漿配比、拉拔強度、溫差變化、高分子樹脂

Study on Debonding of Face Tile

Abstract

Face tile installations mainly comprise concrete, cement mortars, an adhesive layer, face tiles, and a face tile sealing layer. Problems in any of the afore-mentioned parts result in poor face tile adhesion quality. In this study, information relevant to face tile falling was investigated, tests were planned and conducted to obtain construction variation factors, and new materials were added to samples with low pullout values to enhance the pullout values of face tiles. The results showed that the tensile strength levels of the tiles were effectively improved. Thus, this method may serve as a reference to effectively reduce face tile debonding.

Keywords: Cement Mortar Compressive Strength, Pullout Intensity, Temperature Variation, Polymer Resin

一、前言

1.1 研究背景

台灣位在地震活躍區環太平洋火山帶中，菲律賓海板塊和歐亞板塊交界上，地震發生之頻率高。又因位於東亞沿岸，因此臺灣擁有豐富的天氣變化[1]。在921地震後建築物結構安全相當被重視，已制定並修正規範來補足之前之缺失；然而對於裝修部分之面磚工程，並沒有明確之規範及施工標準來確保其品質，導致在建築物竣工後，使用短時間數年內就常有面磚剝離現象之發生。

1.2 研究動機

行政院主計總處(2016年5月6日)發布統計通報指出，2015年底全國房屋平均屋齡28.3

年，有逐年升高趨勢，六都又以台北市平均屋齡31.5年最高，是全台「最高齡」的都市。從實際建築案例顯示，磁磚工法之黏著力，平均在15~20年左右常出現老化的現象，如遇到地震或溫差過大很容易發生面磚剝離案件，再加上近年來溫室效應與氣候變遷，帶導致氣候劇烈變化，所以常發生外牆磁磚掉落砸傷民眾事件，引發了社會的關注。

1.3 研究目的

為了解決上述外牆磁磚掉落問題，以確保居民免於被掉落的磁磚砸傷，本文之研究目的如下：

- A. 透過文獻回顧及案例，探討水泥砂漿打底粉刷施作過程中，導致外牆磁磚脫落的原因並彙整影響磁磚附著強度的因素。
- B. 透過不同的材料、配比、天候條件等，以試驗獲得各組合下水泥砂漿之抗拉強度。
- C. 將抗拉數值偏低的樣品中，添加高分子樹脂再作拉拔試驗，以供施工單位作外牆磁磚避免剝落之參考。

二、外牆磁磚掉落之探討

2.1 面磚掉落形式及原因

外牆面磚之損傷可分類為平常時候發生之損傷及因地震狀況時發生之損傷兩類，如同工業製品的故障率，可以以浴缸曲線表示(圖1)[2]。一般損傷多發生於剛施作完工後之期間，原因大多因設計不良、材料不適及施工不當所造成。依面磚損傷形式可分為剝離、剝落、裂縫、髒污等，因事故造成危及第三者則以「剝離、剝落」所造成之影響最為嚴重。

面磚之黏貼牆面易因溫度、濕度等環境之變化而在內部產生應力，當產生之應力大於牆面材料間之黏著力時，剝離現象就會產生。面磚工程主要包含混凝土層、水泥砂漿、貼附黏著層、面磚及各層間之界面層所構成，所以剝離現象大多發生於各層間之界面，其剝離形態可分為下列四種(圖2)[3]：

- A. 面磚與面磚填縫層龜裂之界面剝離。
- B. 面磚與貼附用黏合劑之界面剝離。
- C. 貼附用黏合劑與底層水泥砂漿之界面剝離。
- D. 底層水泥砂漿與混凝土間之界面剝離。

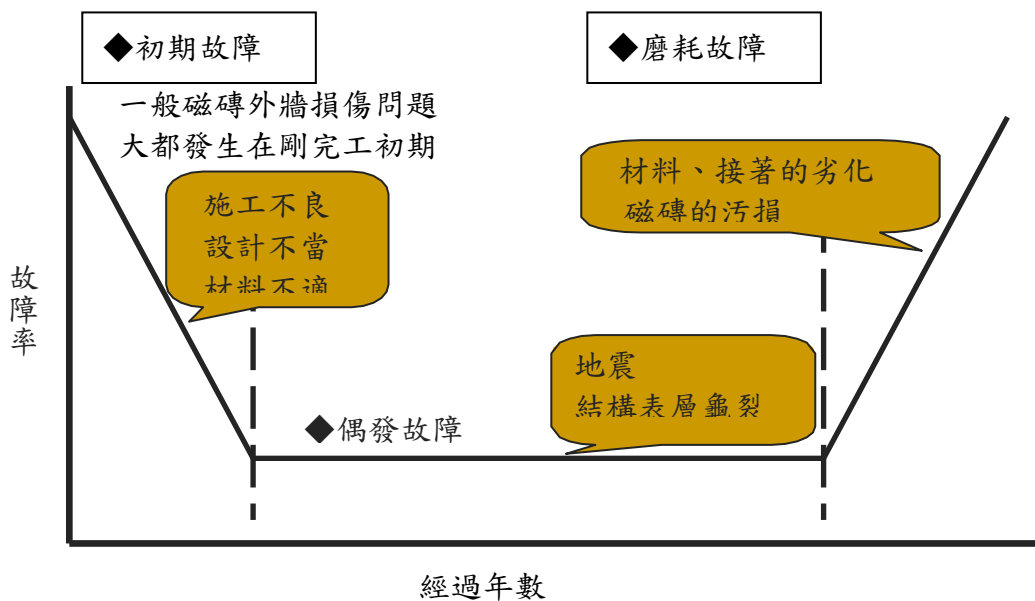


圖 1 浴缸曲線

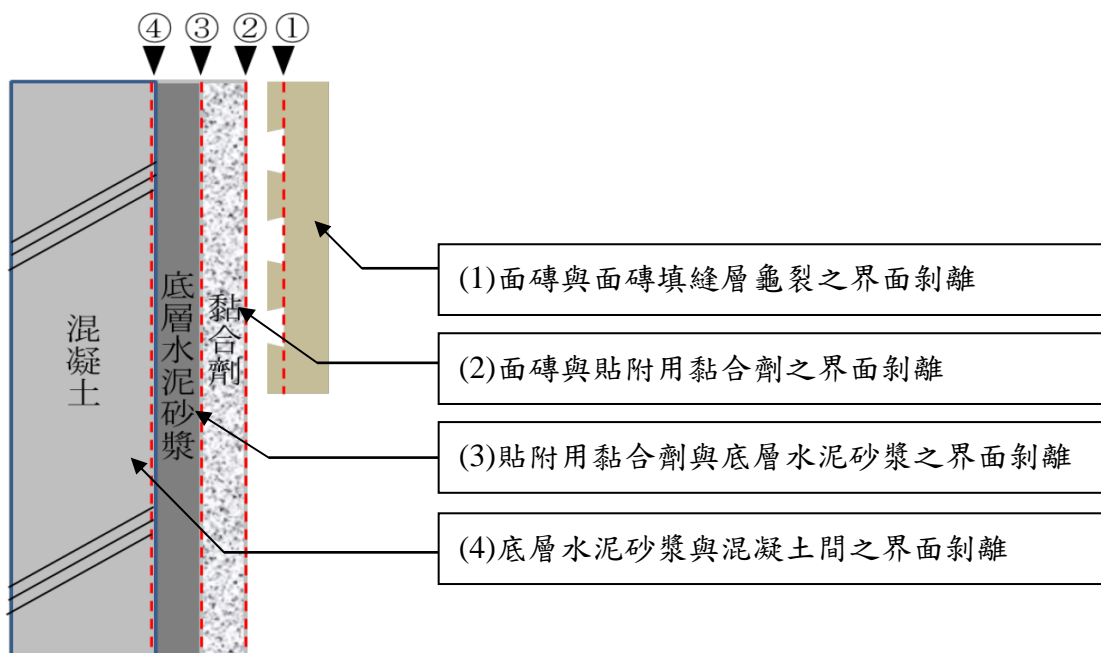


圖 2 面磚界面剝離的情形[4]

2.2 混凝土與水泥砂漿面之黏著變異

影響面磚工程中混凝土與水泥砂漿黏著強度之影想因子很多，依其影響要素大致包括了：(1)界面間附著力 (2)摩擦力和骨材間之互鎖效應 (3)時間等，而因子間又相互影響[5]，概述如下：

- A. 界面間附著力：影響界面附著力主要包含黏著劑、材料緊實度、表面清潔度、界面潮濕度、試體齡期、表面粗糙度等因素。
- B. 摩擦力和骨材間之互鎖效：主要受骨材粒徑和型狀、構造及表面狀況影響。
- C. 時間：通常情況下，當建築物施作水泥砂漿粉刷作業時，結構體之混凝土層呈已

收縮狀態，這時新拌之水泥砂漿呈塑性收縮狀態，這種介於新舊材料間之差別收縮會在界面產生應變行為，因而影響界面之黏著效果[6]。

三、水泥砂漿抗壓強度

3.1 水泥砂漿抗壓試體製作

本研究之水泥砂漿製作參考CNS1010 R3032規定，所用材料之比例為一份水泥對2.75份級配標準砂，水與水泥之比例(水灰比)，所用的卜特蘭水泥均採用0.485，本研究製作1:3及1:5，尺寸為5cm*5cm*5cm之試體，材料的使用量如表1所示。

表1 水泥砂漿試體材料用量

配比	1:3	1:5
水泥(g)	525	350
砂(g)	1575	1750
水(mL，水灰比 0.485)	273	273

3.2 抗壓強度試驗

進行抗壓試驗時，將試體表面之水擦乾，並將試體兩端與試機器承力板接觸面之雜物用砂紙磨淨，拿鋼尺檢查上下面是否平面，再將試體放置抗壓試驗機上，試體之受力面須與承力版密合，不得使用襯墊料，且留意試體須置於試驗機承力板中心之正下方。當試體估計可承受1400 Kg/cm²時，試驗初期可用較快之速率加重至最大負荷之一半，再調慢增加荷重之速度，使荷重之餘量在不停頓下，增加至試樣破壞，其合適之速度應在20至80秒間達到破壞之荷重。

3.3 抗壓數據分析

表2為水泥砂漿抗壓試驗之數據。本研究參照CNS1010 R3032規定，試驗同一試齡所有試體取其平均值，所得試驗數據誤差應在平均值10%以內；第一階段試驗測試兩種不同砂及兩種不同水泥砂漿之配比，分別記錄7天、14天、28天之最大荷重，兩種同砂在同一試齡之數據誤差皆在10%以內，測試結果中國砂在初期抗壓比較高、但後期台灣砂之抗壓數據整體表現較為出色。從表2中可得不合適的配比(1:5)會嚴重的影響抗壓強度，所以在工地須嚴格管制水泥砂漿材料之配比。

表2 水泥砂漿抗壓試驗結果

砂樣+養護天數	1:3	1:5
台灣砂+7天	361 kg/cm ²	158kg/cm ²
中國砂+7天	371 kg/cm ²	160 kg/cm ²
台灣砂+14天	444 kg/cm ²	191 kg/cm ²
中國砂+14天	427 kg/cm ²	182 kg/cm ²
台灣砂+28天	500 kg/cm ²	232 kg/cm ²
中國砂+28天	494 kg/cm ²	221 kg/cm ²

四、水泥砂漿拉拔試驗

4.1 拉拔試驗配置及示意

在拉拔試驗室體製作過程中，每個混凝土基板的尺寸為40 * 40 公分，高度為8公分，其上方分成四個區塊，每個區塊為10公分寬、40公分長，上方再以不同的配比、材料及厚度的水泥砂漿層粉刷在混凝土基板上方。施行拉拔試驗的拉拔鋼片再以AB膠固定於粉刷層上。本研究水泥砂漿之拉拔試驗其試體配置如圖3所示，拉拔試驗之示意圖如圖4所示。

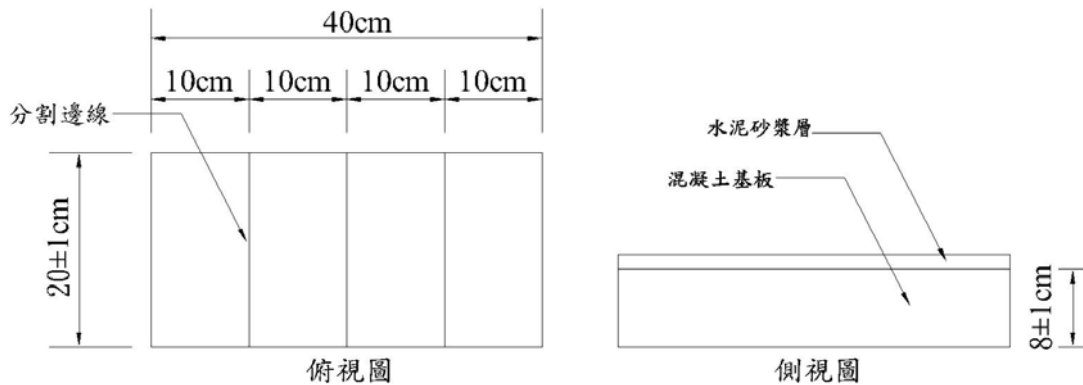


圖3 實驗試體配置

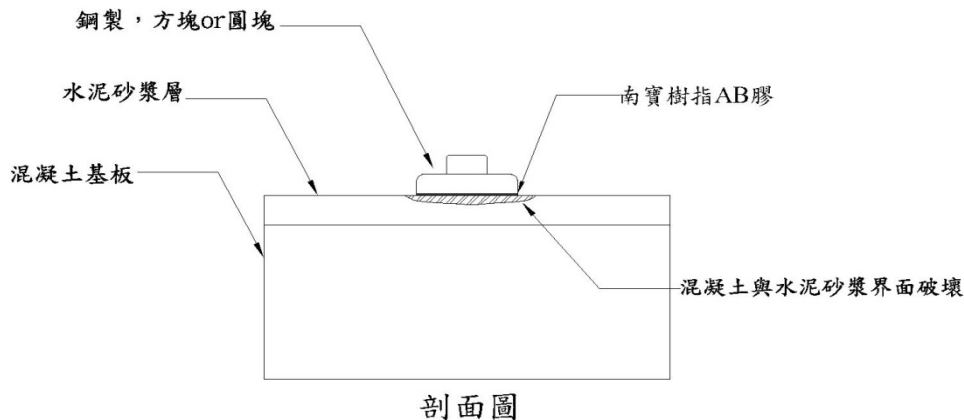


圖4 拉拔試驗示意圖

4.2 天候因素之模擬

水泥砂漿層與混凝土間之界面剝離，除了結構本身混凝土裂縫、蜂窩、鋼筋氧化、孔洞，脫模劑造成混凝土表面油漬等，會直接或間接造成剝離。本研究主要探討水泥砂漿砂之來源、使用配比及氣候(溫度)等因素造成水泥砂漿層與混凝土間之界面剝離原因。本研究在模擬氣候因素時，在28天期間如白天溫度不夠高時則將試體拿進封閉之室內並以電暖爐加溫至實驗溫度(38°C 以上)；每天分別記錄溫度變化情況，並且使用中央氣象局提供的每日氣象溫度資料對照試體之體感溫度。在低溫模擬時將試體放置於冰箱中，溫度設為8~10°C，以模擬台灣地區冬天低溫情況。

4.3 抗拉試體水泥砂漿之製作

在抗拉試體使用的水泥砂漿分為兩大類，一為泥作使用的一般水泥砂漿，另一種在水泥砂漿添加高分子樹脂。本試驗採用的水泥為嘉新牌水泥，選用的砂有兩種，一種為台灣砂(含泥量較高)，另一種為中國砂(含泥量較低)。現場安排施工人員進行水泥砂漿之攪拌。在水泥砂漿配比上，參考行政院公共工程委員會所訂定「09220 章 水泥砂漿粉刷」之泥作施工，底層水泥砂漿配比一為 1 份水泥：3 份砂，另一種1：5之配比作試驗；而高分子的添加配比以水泥用量來調整，所以1：3及1：5之配比其水泥用量都是1，所以高分子樹脂添加量也是1。

4.4 拉拔試驗之施行

本研究將拉拔試驗的試體(計4組16顆)黏置方型、圓形拉拔鋼片，靜態養生約1小時後進行拉拔試驗，實驗時將磁磚拉拔器固定於方、圓塊上(如圖5所示)，開始手動旋轉測試，當方型、圓形拉拔鋼片脫離試體表面層後，記錄所獲得之拉拔強度。



圖5 磁磚拉拔實驗

4.5 拉拔試驗數據分析

本研究對水泥砂漿之拉拔試驗，共分為三種試體之類型：

A. 類型一：水泥砂漿尚未龜裂

本試驗總計施作16組試體，相關配比及含砂量都標記於試體表面，從方型、圓形拉拔鋼片脫離試體表面(詳圖6)現象觀察得知，水泥砂漿在尚未龜裂前進行外力拉拔時，會先從表面砂漿層脫落。

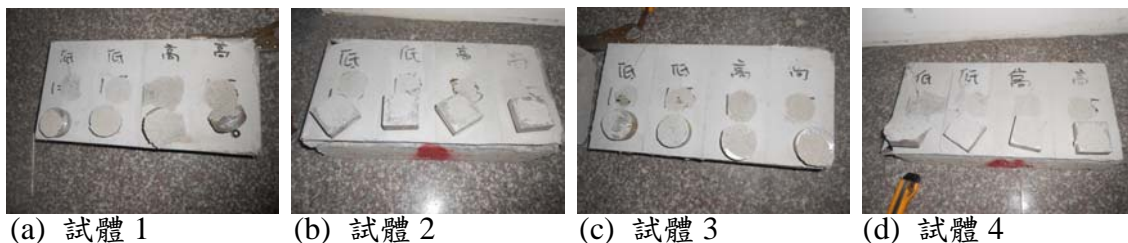


圖6 試體拉拔破壞情形

B. 類型二：水泥砂漿已發生龜裂

本試驗為模擬水泥砂漿在硬固後因某些原因造成表面龜劣或裂痕等情況，造成本身砂漿體與混凝土脫落之深層拉拔強度，在試體中利用手持砂輪機對水泥砂漿切割，並黏

置方型、圓形拉拔鋼片，待養生約1小時後進行拉拔試驗，試驗結果詳表4所示。從表3可獲致水泥砂漿厚度夠時，其抗拉強度較高，厚度不足時，比較容易因強度不足而發生脫落。另在其他條件相同下，因溫差會造成水泥砂漿的龜裂，並嚴重的影響抗拉強度。

表3 第二次拉拔試驗結果

項次	面積 cm ²	拉拔最大荷重 kn	抗拉拔強度(kgf/cm ²)	說明
1	25	2.6	10.6	試體厚度 3cm、配比 1：3、中國砂、長溫
2	25	1.8	7.3	試體厚度 3cm、配比 1：5、中國砂、長溫
3	25	2.5	10.2	試體厚度 3cm、配比 1：3、台灣砂、長溫
4	25	1.7	6.9	試體厚度 3cm、配比 1：5、台灣砂、長溫
5	25	2.2	9.0	試體厚度 1.5cm、配比 1：3、中國砂、長溫
6	25	1.7	6.9	試體厚度 1.5cm、配比 1：5、中國砂、長溫
7	25	2.1	8.6	試體厚度 1.5cm、配比 1：3、台灣砂、長溫
8	25	1.6	6.5	試體厚度 1.5cm、配比 1：5、台灣砂、長溫
9	25	1.6	6.5	試體厚度 3cm、配比 1：3、中國砂、溫差
10	25	1.4	5.7	試體厚度 3cm、配比 1：5、中國砂、溫差
11	25	1.5	6.1	試體厚度 3cm、配比 1：3、台灣砂、溫差
12	25	1.3	5.3	試體厚度 3cm、配比 1：5、台灣砂、溫差
13	25	1.5	6.1	試體厚度 1.5cm、配比 1：3、中國砂、溫差
14	25	1.2	4.9	試體厚度 1.5cm、配比 1：5、中國砂、溫差
15	25	1.4	5.7	試體厚度 1.5cm、配比 1：3、台灣砂、溫差
16	25	1.1	4.5	試體厚度 1.5cm、配比 1：5、台灣砂、溫差

C.類型三：添加高分子樹脂水泥砂漿

表3中項次12、14、15、16為強度最低之4組，但考量已有兩組配比是1：5之水泥砂漿，故採用項次15取代項次12作為1：3水泥砂漿配比改良之代表。本實驗之試體有添加高分子樹脂，其測試後所得之抗拉拔數據，與類型二中同樣配比水泥砂漿比較，其拉拔強度約有2倍強度，相關結果詳表4所示。

表4 第三次拉拔試驗結果

項次	面積 cm ²	拉拔最大荷重 kn	抗拉拔強度(kgf/cm ²)	說明
1	25	2.8	11.4	試體厚度 1.5cm、配比 1：5、中國砂、溫差
2	25	3.1	12.6	試體厚度 1.5cm、配比 1：3、台灣砂、溫差
3	25	2.7	11.0	試體厚度 1.5cm、配比 1：5、台灣砂、溫差

五、結論

本研究主要依據水泥砂漿不同砂來源、配比及氣候等因素，探討磁磚黏貼中造成水泥砂漿層與混凝土間之界面剝離原因，獲致以下結論：

A. 水泥砂漿比例控管

大多數水泥砂漿攪拌時會依照規範之配比施作，但仍有少數多增加砂含量，因此建議現場工程師、工地主任或品管人員需留意、檢查水泥砂漿各種材料的用量，並確認需攪拌均勻等，以免影響水泥砂漿之抗壓強度。

B. 各項因素對抗拉強度的影響

(a) 中國砂初期強度較高，但台灣砂的長期強度表現較佳。

(b) 水泥砂漿粉刷厚度較厚時，抗拉強度較理想；粉刷厚度不足時，抗拉強度較差，所以要嚴防工地偷工減料的情事發生。

(c) 受天候影響導致產生龜裂之水泥砂漿，其抗拉強度嚴重的受影響，所以施工時要留意水分的使用，並且應對施工之牆面作合適之遮蔽，避免直接曝曬在強光或強風的環境，並作適當的濕治。

(d) 適度的使用添加料(如本研究所使用的高分子樹脂)，可以提高水泥砂漿的抗拉性，確保磁磚的牢固及居民的安全。

C. 未來研究方向

本研究只針對水泥砂漿的抗壓、抗拉作試驗，未來研究方向可針對抗剪部分作進一步的探討。

參考文獻

1. 交通部中央氣象局：<http://www.cwb.gov.tw/>
2. 浴缸曲線：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B4%E7%BC%B8%E6%9B%B2%E7%B7%9A>
3. 小笠原和博，「磁磚損傷原因與對策」，建築外牆磁磚耐用診斷與維修技術研習會論文集，2007。
4. 伯馬企業，磁磚剝離／剝落部位統計調查。
5. Momayez A., Bi-Surface Shear Test for Evaluating Bond between Existing and New Concrete, ACI Materials Journal, March-April 2004, pp. 99~100.
6. 李文田，「面磚工程粘著材料之試驗與研究」，國立台北科技大學土木與防災研究所，碩士論文，2005。

C-06

以田口法規劃垃圾焚化爐底渣抗壓強度實驗之研究

巫宗威*(Wu, TsungWei) 謝其仁(Shieh, Chi-Jen) 蔡得時(Tsay, Dershys) 中 蕭添進(Hsiau, Tien-Chin)
中國科技大學建築研究所 中國科技大學建築研究所 國科技大學建築研究所副 中國科技大學室內設計系
碩士 碩士生 教授 研究所副教授

摘要

本研究以焚化底渣混凝土應用於工程之要求，提高底渣用量為目標，並藉由田口實驗計劃法規劃，拌製焚化底渣混凝土製程，其中並以水膠比三種水準分別為0.4、0.44及0.48，焚化底渣細粒料取代為30%、60%及90%，焚化底渣粗粒料取代為0%、20%及40%，減水劑添加量三種水準分別為0.9%、0.6%及0.3%，作為輸入因子，而以抗壓強度結果作為輸出因子。

經實驗結果得知抗壓強度之最佳因子組合水膠比為0.4、減水劑量添加量為0.9%、焚化底渣細粒料取代量為30%、焚化底渣粗粒料取代量為0%；坍度最佳因子組合水膠比為0.48、減水劑量為0.9%、焚化底渣細粒料取代量為90%、焚化底渣粗粒料取代量為20%。

關鍵字：焚化底渣、抗壓強度、田口法

Experimental study on the compressive strength of waste incineration furnace bottom slag by Taguchi

Abstract

In this study, incineration slag concrete is applied to the engineering requirements, to increase the amount of slag used as the target, and by Taguchi experimental planning method, mixing and incineration of slag concrete manufacturing process, in which the water gel ratio of three levels of 0.4, 0.44 and 0.48 respectively, incineration residue fine-grained material replaced by 30%, 60 and 90%, The coarse granular material of incineration bottom residue is replaced by 0%, 20% and 40%, three levels of water-reducing agent were 0.9%, 0.6% and 0.3% respectively, as input factor, and the compressive strength results were used as the output factor, and the experimental results showed that the optimum factor of the compressive strength was 0.4 and the dosage of water reduction was 0.9. The amount of fine particle substitution of incineration bottom slag is 30%, the substitution amount of coarse-grained material for incineration bottom slag is 0%, the best factor of slump ratio is 0.48, the dosage of water reduction is 0.9, the fine-grained substitution quantity of incineration bottom slag is 90%, and the coarse granular material substitution of incineration bottom slag is 20%.

Keywords: MSWI bottom ash, compression strength, Taguchi method

一、前言

垃圾焚化處理技術為政府所大力推展，在政策的推動下大型垃圾焚化場順利興建，至目前為止共有 26 座焚化爐存在，根據環保署的相關統計資料顯示，民國 104 年垃圾資源回收(焚化)廠全年處理量已達 662 萬公噸 [1]。雖然焚化處理兼具減量之優點，卻非垃圾處置之最終方案，因垃圾經最佳焚化後的灰渣約為原垃圾重量的 20% 剩餘灰渣存在，此類灰渣過往大多以掩埋處置，如今掩埋場日趨飽和已不敷使用，為避免二次公害與污染，推動針對灰渣的嶄新處理方法成為必然的選項。

混凝土目前是應用最廣泛的營建材料，一般混凝土的性質來說其強度是個重要的指標，本研究以田口實驗計劃法規劃，拌製焚化底渣混凝土拌合製程，所採用的試驗材料有天然粗粒料、天然細粒料、底渣粗粒料、底渣細粒料、及飛灰、爐石、水泥、減水劑等，其中並以因子 A 水膠比、因子 B 減水劑添加量、因子 C 焚化底渣細粒料取代天然細粒料取代量、因子 D 焚化底渣粗粒料取代天然粗粒料取代量，作為的輸入因子，如表 1 所示；以抗壓強度實驗結果作為輸出因子，應用田口品質工程實驗計畫法規化上術四個因子，以田口品質工程實驗法規劃以水膠比及底渣細粒料取代天然細粒料取代量、底渣粗粒料取代天然粗粒料取代量、減水劑添加量四個因子，分別進行抗壓強度之檢驗，以求最佳因子組合。

表 1 控制因子水準設定

	因子 A	因子 B	因子 C	因子 D
	水膠比	減水劑	底渣細粒料 取代量	底渣粗粒料 取代量
水準 1	0.4	0.9%	30%	0%
水準 2	0.44	0.6%	60%	20%
水準 3	0.48	0.3%	90%	40%

二、文獻回顧

垃圾於高溫燃燒過程中，可燃物質將氧化為安定氣體，不可燃物質則轉化為性質安定的無機物，待燃燒完成後，爐床會排出篩灰、爐床灰、鍋爐灰、飛灰(集塵灰)等四種物質，其中篩灰及爐床灰被歸類為焚化底渣，鍋爐灰與飛灰(集塵灰)歸類為飛灰，而焚化底渣及飛灰兩者統稱為焚化灰渣。焚化底渣主要的形成來源為砂土、陶瓷、玻璃、金屬及微量未完全燃燒的有機物，屬於非均質性混合物，焚化底渣的組成比例除因來源垃圾成分而有不同外，也會受焚化爐燃燒效率所影響，焚化底渣經處理後可製成再生粒料應用於工程或產品原料，其處理方式依環保署「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，主要分前處理及穩定化、熟化或水洗之進階處理兩部分，如圖1所示。

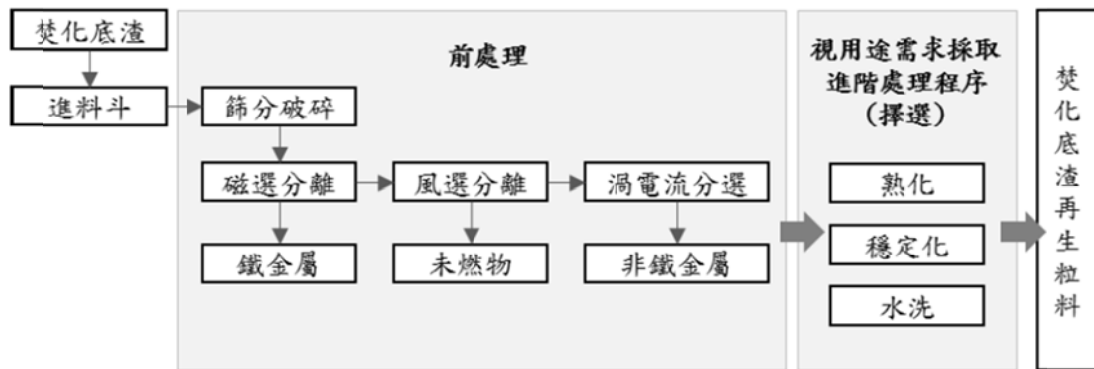


圖 1 焚化底渣資源化處理程序[2]

1. 前處理

前處理是一種機械物理的處理方式，主要是利用篩分、破碎、磁選分離、風選分離、渦電流分選等設備，去除焚化底渣中易腐鬆動不適合部分，及分離出鐵金屬、未燃物、非鐵金屬等物質，並使焚化底渣再生粒料之粒徑規格符合後端用途需求。

2. 熟化、穩定化或水洗處理

熟化、穩定化或水洗之進階處理，主要目的是為降低焚化底渣之重金屬溶出率，降低焚化底渣再生粒料對環境形成二次污染。

(1) 熟化

熟化是藉由焚化底渣與空氣中的二氧化碳反應，使焚化底渣之重金屬組成發生碳酸化及礦化等作用，而形成低溶解性二次礦物，達到降低重金屬溶出之目的，並具降低異味之功效[2]。

(2) 穩定化

穩定化係指透過噴灑磷酸鹽系、矽酸鹽系、硫化物系或螯合物系等類之藥劑，其與焚化底渣中重金屬生成低溶解度及穩定性高的化合物，達到降低重金屬溶出之目的[2]。

(3) 水洗

水洗是藉由水或摻有化學藥劑之液體，將焚化底渣中重金屬及水溶性物質如氯鹽、硫酸鹽系與微細顆粒洗出，達到降低重金屬及氯離子溶出之目的，亦具降低異味之功效[2]。

根據環保署委託國立台灣大學進行的「廢棄物焚化灰渣材料化技術研究」結果顯示，垃圾焚化爐產生之底渣，經過適當前處理後，採適當的比例可再利用於道路基層、瀝青混凝土骨材替代材料及管溝的回填材料，該研究指出，對於底渣的再利用方面，建議可作為道路基層、瀝青混凝土骨材替代材料及管溝的回填材料，即是現在工程界常說的控制性低強度回填 CLSM。底渣如應用於道路基層，於骨材取代率百分之 10 時為良好之材料，對環境的影響性低；應用於瀝青混凝土，於骨材取代率百分之 10 時，為良好之材料，但還需添加抗剝劑，以增加抗水份侵害能力，不影響其耐久性。由於底渣類似天然砂土，其流度、強度及滲透性均符控制性低強度回填料要求[3]。

依[4]研究指出一班俗稱的田口法主要系運用於品質管理方面。藉由田口法的直交表

(Orthogonal Array) 實驗的數值分析，平均數分析 (Analysis of Mean, ANOM) 的結果可選定各設計變數的最佳值及其影響目標函數的情形，由變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA) 以及 F 測試可進一步求得各設計變數影響目標函數程度之大小以及選擇改善目標函數最佳化結果的最佳設計變數。

田口方法最大的特點在於以較少的實驗組合，取得有用的資訊。雖不如全因子法真正找出確切的最佳化位置，但能以少數實驗便能指出最佳化趨勢，可行性遠大於全因子法。田口方法有以下特點：(1)基於品質損失函數之品質特性(2)實驗因子的定義與選擇(3)S/N 比(4)田口直交表[4]。

田口方法的實施步驟可分為下列十項：

1. 選定品質特性。
2. 判定品質特性之理想機能。
3. 列出所有影響此品質特性的因子。
4. 定出信號因子的水準。
5. 定出控制因子的水準。
6. 定出干擾因子的水準，必要的話，進行干擾實驗。
7. 選定適當的直交表，並安排完整的實驗計劃。
8. 執行實驗，記錄實驗數據。
9. 資料分析。
10. 確認實驗 重覆以上步驟，直到達到最佳的品質及性能為止。

以最佳化的角度來看，信號雜音比 (S/N 比) 的意義是將雙目標整合為單一目標，這對於望大特性、望小特性及望目特性第一型而言，上述之觀點是正確的。但對於望目特性第二、三型卻沒有這種功能，因為這些信號雜音比只是標準偏差的簡單轉換形式，所以還是得面對到兩個最佳化的目標，亦即必須進行「兩階段最佳化」之程序。所謂兩階段最佳化 (two-step optimization) 就是將平均值及 S/N 比的反應表及反應圖之結果，使用「一半準則」之原理將其實驗要因分成以下四大類：(1).對平均值及變異均有影響；(2).對平均值有影響，但對變異沒有影響；(3).對變異有影響，但對平均值沒有影響；(4).對任何一項都沒影響。分類後接著馬上進行「兩階段調整」。首先，先調整 (1) 及 (3)，使 S/N 比變得最大，亦即品質特性的變異縮到最小，再來調整 (2)，使得品質特性之平均值移至目標值上但變異維持不變，至於 (4) 對平均值及 S/N 比均不受影響，亦即可利用此類因子來使生產成本降低。綜合以上之調整最終目的就是要使得品質達到堅耐性，至於望大、望小及望目特性第一型只要調整 S/N 比就能得到最小化的變異及最佳化的品質特性 [4-5]。

三、實驗解果與分析

本研究為評估焚化底渣混凝土28天齡期抗壓強度作為製程評估的輸出因子，以探討輸入因子對輸出因子的影響，並尋求抗壓強度最佳化的拌合製程組合，輸出因子採用田口法的望大特性分析，接著計算拌合製程條件的信號/雜音比結果 (S/N比)，如表2最右欄所示。

接著計算各輸入因子的各水準的S/N平均值；如表3所示，其中因子A最大為46.24、最小為45.27兩者差異為0.97，因子B最大為46.62、最小為45.20兩者差異為1.42，因子C最大為46.83、最小為44.81兩者差異為2.02，因子D最大為46.64、最小為44.76兩者差異為1.88，A、B、C及D各輸入因子S/N比差異範圍值，依次由大到小分別為0.97dB、1.42 dB、2.02 dB及1.88dB，而表3中最後的一列標示各輸入因子之S/N比影響程度，各輸入因子影

響程度由大到小依序排名分別為C、D、B及A。

為識別A、B兩個別因子之間的交互作用影響程度，依田口方法方建議選取較重要之一半控制因子亦即挑選可使S/N比值影響較大的前兩名因子C、D進行交互影響分析，由表4交互影響結果得知兩個C、D因子水準分別為C1及D1的交互影響S/N比最大為48.98dB，因子C1（46.83dB）及因子D1（46.64dB）分別增加2.15dB及2.34dB，故因子C1及D1彼此有交互影響，可確認C、D兩因子間存在著交互作用。

經表3的排序與表4的交叉分析，表示因子C1、D1重要性一致，因此將C1、D1優選為配比主要因子，至於剩餘次要因子水準之選擇，以拌合製程方便性為原則；分別選擇因子分別選擇因子A水膠比之水準為A1，因子B減水劑添加量之水準為B1。

綜合上述得知，影響焚化底渣混凝土拌合製程的抗壓強度配比的因子為（A1）水膠比為0.4（B1）減水劑量為0.9%（C1）焚化底渣細粒料取代量為30%及（D1）焚化底渣粗粒料取代量為0%，此配比因子組合與表2的實驗編號1一樣，不必進行確認驗證實驗，28天齡期抗壓強度最佳值為283 kg/cm²。

表 2 28 天齡期抗壓實驗結果與 S/N 比

實驗編號	實驗順序	配比編號	28 天齡期壓強度 kg/cm ²				S/N 比(dB)
			試驗(1)	試驗(2)	試驗(3)	平均值	
1	9	A1B1C1D1	311	279	260	283	48.98
2	5	A1B2C2D2	181	188	194	188	45.46
3	1	A1B3C3D3	142	168	194	168	44.29
4	6	A2B1C2D3	194	168	175	179	45.01
5	4	A2B2C3D1	150	180	165	165	44.28
6	8	A2B3C1D2	194	233	214	213	46.52
7	3	A3B1C3D2	207	188	197	197	45.88
8	2	A3B2C1D3	220	175	155	183	45.00
9	7	A3B3C2D1	207	227	214	216	46.67
平均						199	45.78

表 3 四個因子水準的抗壓強度與 S/N 影響(單位:dB)

因子	A水膠比	B減水劑	C底渣細粒料 取代量	D底渣粗粒料 取代量
水準1	46.24	46.62	46.83	46.64
水準2	45.27	45.20	45.71	45.95
水準3	45.85	45.82	44.81	44.76
差異	0.97	1.42	2.02	1.88
排序	4	3	1	2

表4 控制因子C及D間的交互影響(單位:dB)

	D1 底渣粗粒料 取代0%	D2 底渣粗粒料 取代20%	D3 底渣粗粒料 取代40%
C1 底渣細粒料 取代30%	48.98	46.52	45
C2 底渣細粒料 取代60%	46.67	45.46	45.01
C3 底渣細粒料 取代90%	44.28	45.88	44.29

四、結論

由抗壓強度實驗結果得知，主要影響為因子C底渣細粒料取代量及因子D底渣粗粒料取代量，且彼此有交互影響；其中抗壓強度最佳因子組合水膠比為0.4、減水劑添加量為0.9%、焚化底渣細粒料取代量為30%、焚化底渣粗粒料取代量為0%，此配比因子組合在28天年齡期抗壓強度最佳，其平均抗壓強度為283 kg/cm²。

參考文獻

- 1.環境保護署，垃圾焚化廠操作及營運資訊（統計室年報表）
- 2.林志棟、杜建蒼，「焚化底渣處理技術與處理廠營運管理之研究」，國立中央大學，碩士論文，2014。
- 3.吳宗恆「利用上流式反應器移除都市垃圾焚化爐底渣氯鹽之研究」，朝陽技術大學環境工程與管理系碩士論文，2011。
- 4.田口方法：品質設計的原理與實務。初版。台北：高立出版社。李輝煌。2000。
- 5.陳柏廷「利用焚化底渣作為混凝土磚粗細骨材之研究」國立台北科技大學資源工程研究所碩士論文，2013。

C-07

椰子殼包覆不同材料拌製輕質混凝土工程性質改善之研究

鄭永發(Yung-Fa Chen)
逢甲大學土木及水利工程與建設規劃
博士生

蘇人輝(Jen-Hui Su)
逢甲大學土木工程學系
副教授

摘要

本研究主要改善椰子殼輕質混凝土之工程性質，於2011年由逢甲大學林耿弘碩士論文「提升椰子殼輕質混凝土強度之研究」發現利用防水膠包覆椰子殼可降低椰子殼輕質骨材之吸水率並提高顆粒強度，但由於防水膠並非親水性材質，於混凝土拌合時黏結力不佳。因此，本研究改採用水泥砂漿、石膏及飛灰砂漿等三種不同材料，以不同之比例水灰比加以包覆椰子殼骨料，然而，對此三種材料做物理性質分析，決定出一組最佳試驗條件的包覆水灰比，並採用ACI 211.2 重量法作為配比設計之方法，以低水灰比拌製椰子殼輕質混凝土探討其力學性質，包括抗壓強度試驗、彈性模數試驗、劈裂抗張試驗等項目。試驗結果發現整體表現優劣依序為飛灰砂漿組 > 石膏組 > 砂漿組，其中飛灰砂漿包覆之椰子殼輕質混凝土抗壓強度為 $210 \text{ kgf/cm}^2 \sim 231 \text{ kgf/cm}^2$ ，已達結構用之混凝土強度標準；彈性模數為 $42.68 \text{ GPa} \sim 54.64 \text{ GPa}$ ，大於常重骨材混凝土；劈裂抗張強度為 $20 \text{ kgf/cm}^2 \sim 22 \text{ kgf/cm}^2$ ，亦達輕質混凝土規範之要求。

關鍵詞：椰子殼、輕質混凝土、飛灰、抗壓強度、彈性模數

A Study on Improving the Engineering Properties of Different Coating Materials on Coconut Shell to Mixing Light Weight Aggregate Concrete

Abstract

In this study, mainly to improve the engineering properties of coconut shell lightweight concrete, 2011 Feng Chia University Lin Keng-Hung master papers "a study to promote the strength of coconut shell light weight aggregate concrete" successfully use of waterproof glue coated coconut shell reduce water absorption and increase particle strength. But waterproof glue is a non-hydrophilic material; it makes poor adhesive force when the concrete mix.

Therefore this paper use three type of materials, cement mortar, plaster and coal fly ash cement mortar to coated coconut shell aggregates, each type of material make in different ratio to do analysis and comparison of physical properties, then each material choose the best ratio to use ACI 211.2 method for the mix proportion design with low water-cement ratio. And mix into lightweight concrete to perform pressure resistance, elastic modulus and cleavage strength etc.

The results in this study shown that use coal fly ash cement mortar coated coconut shell aggregates mix into concrete has the best engineering properties, which the pressure resistance strength of 28 days between $210 \text{ kgf/cm}^2 \sim 231 \text{ kgf/cm}^2$, the cleavage strength between $20 \text{ kgf/cm}^2 \sim 22 \text{ kgf/cm}^2$ and the elastic modulus between $42.68 \text{ GPa} \sim 54.64 \text{ GPa}$, the second is plaster, and the last is cement mortar.

Keywords : Coconut shell, Light weight concrete, Coal fly ash, Pressure resistance strength, Elastic modulus.

一、前言

國內建築物結構體大都以鋼筋混凝土為主，具有施工性便利及市場易取得，但一般混凝土本身具有自重大、隔音差及隔熱差等缺陷，加上天然骨材逐漸短缺的趨勢，尋找替代材料勢在必行。近年歐美各國使用輕質混凝土已有數十年經驗及眾多研究報告，國內近年也跟進開發本土化人造輕質骨材，已成功利用水庫淤泥燒製成輕質骨材，但水庫淤泥運輸取得不易，加上製程需高溫處理，耗能且耗工，造成推廣不易。台灣位居亞熱帶地區盛產椰子，過去對椰子的運用有食用與活性碳加工等，目前並無大量回收再利用的技術。椰子殼內部富含木纖維，可作為天然輕質骨材使用，不僅能減輕建築物自重及降低砂石使用量，更能提高廢棄物再利用及節能減碳功效，以符合綠建築及京都議定書的精神。根據前期研究，已成功利用椰子殼製成輕質混凝土[1]，但椰子殼輕質骨材具高吸水率、高孔隙率及低顆粒強度特性，造成椰子殼輕質混凝土強度偏低；為降低吸水率特性，利用防水膠包覆椰子殼可降低吸水率並提高顆粒強度[2]，但防水膠並非親水性材質，造成混凝土拌合時，黏結力不佳，導致強度提升不明顯，故本研究採不同親水性材料，包覆椰子殼外層，提升基本物理性質，改善椰子殼輕質混凝土力學性質，並作為學術及工業界應用之參考。

二、研究目的

為提高椰子殼輕質混凝土的力學性質，利用不同親水性材料，進行椰子殼包覆改良物性，搭配適當的配比理論，進行以下研究：

- (一) 基本物理性質改善：透過石膏、水泥砂漿、飛灰砂漿等，搭配經驗法則，進行基本性質試驗，探討不同親水性材料改善效果。
- (二) 包覆材料配比設計：目前尚無合適規範及系統式理論可參照，但為控制拌和材料比例，利用比表面積法，搭配經驗法則，找出合適的包裹厚度及水灰比。
- (三) 混凝土強度提升：探討不同包覆椰子殼輕質骨材，對於輕質混凝土力學性質的改善。

並希望可增加其椰子殼輕質混凝土本身的特性，以符合安全性、耐久性、經濟性、工作性和生態性之優生混凝土。

三、研究方法

根據前面所述，本文進行下列試驗與分析：

1. 椰子殼顆粒化製程

椰子殼骨料處理，由攤販販售椰子水或椰子果肉後，丟棄之新鮮椰子殼作為原料，進行初步清洗，使用線鋸機從缺口處切開，順著纖維將椰子切為一半大小的塊狀，以湯匙或刮刀清除內部殘餘之椰漿、椰肉，如圖1；加工製成塊狀椰子殼，以切割機裁切成條狀椰子殼，如圖2；顆粒處理為條狀椰子殼以剪刀裁切，製成19mm~4.75mm粒徑群的椰子立方塊，如圖3，並烘乾，如圖4。

2. 比表面積法之配比設計

根據體積法中比表面積法，進行椰子殼包覆配比設計。為達最佳基本物理性質及包覆工作性，本研究採用水灰比0.4~0.6進行設計，搭配經驗法決定最佳厚度。

3. 顆粒椰子殼包覆製程

包覆拌合程序，秤取包覆材料的最佳水灰比用量，以水泥砂漿拌合機拌合均勻膠結漿體，加入適當椰子殼骨料，至完整包覆於椰子殼表面，進行造粒塑形後，取出包覆均勻的椰子殼骨料，為避免骨料分離，加以揉捏造粒，置於網架陰乾，如圖5；不同包覆材料的凝固凝結時間不同，石膏、水泥砂漿及飛灰砂漿的齡期分別取3天、7天、28天，搭配混凝土養護齡期，則均超過28天，且飛灰砂漿已超過56天以上，較能達卜作嵐反應，不同包覆椰子殼輕質骨材成品，如圖6~圖8。

4. 提升椰子殼輕質骨材之基本性質

利用比表面積法搭配經驗法則，適當設計水灰比及包裹厚度，可製成不同包覆椰子殼輕質骨材，並進行單位重、吸水率、比重與筒壓強度等試驗，決定最佳包覆的配比。

5. 建立椰子殼輕質混凝土之配比設計

透過ACI 211.2 重量法配比理論，尋求獲得椰子殼輕質混凝土的材料配合比，並建立抗壓強度—水灰比圖表、劈裂強度—水灰比圖表、彈性模數—水灰比圖表及不同包覆材料配比選用參照表等，提供爾後研究者或工程單位使用之參考。



圖1 初步清洗剖半椰子殼



圖2 加工製成條狀椰子殼



圖3 椰子殼顆粒半成品



圖4 椰子殼顆粒成品

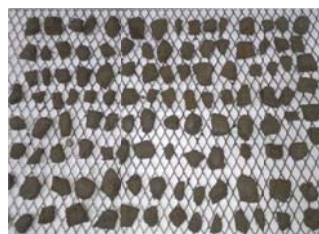


圖5 包覆椰子殼陰乾示意圖



圖6 石膏包覆椰子殼輕質骨材



圖7 水泥砂漿包覆椰子殼輕質骨材

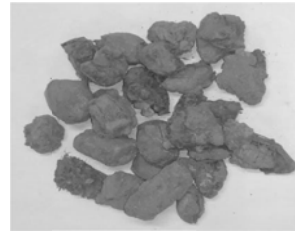


圖8 飛灰砂漿包覆椰子殼輕質骨材

四、配比理論

一般常見配比有體積法與重量法，包覆配比需透過適當的體積控制膠結漿體用量，採比表面積法，可同時考量包裹厚度與水灰比；輕質骨材具有低顆粒密度及高孔隙率等特性，不易估計混凝土體積，故採ACI 211.2 重量法進行配比設計。

4.1 比表面積法理論

Charles T. Kenedy 於1940年所提出比表面積理論[3]，在文獻中強調，一個具理想、具有可工作度的複合材料拌合，必須滿足下列兩原則：

1. 膠結漿體的絕對體積，至少需等於拌合材料中骨材間之空隙體積。
 - (1) 在此情況下，膠結漿的體積需填滿拌合材料中骨材間空隙。
 - (2) 骨材與骨材間緊密的接觸，其摩擦力則抵消拌合材料之流動性，此時理論坍度應為零。
2. 滿足新拌混凝土拌合工作性的需求。
 - (1) 在此情況下，骨材表面包裹一層微薄的膠結漿體，提升骨材間的潤滑效果，降低骨材間的摩擦力，滿足拌合流動性。
 - (2) 膠結漿體厚度與骨材間之空隙體積及比表面積有關。

比表面積法係以骨材之表面積乘以漿體厚度，得出填漿量。假設理想的骨材顆粒接近球形，若骨材直徑為 d ，比表面積 S_s ，以「球體表面積」與「球體體積」之比例，得出比表面積值，公式(1)如下：

$$S_s = \frac{4\pi (d/2)^2}{\frac{4}{3}\pi (d/2)^3} = \frac{6}{d} \quad \text{-----(1)}$$

由上式可以推導出各粒徑群的標稱直徑及單位體積比表面積如表1所示。

表1 骨材之比表面積

骨材粒徑群(mm)	平均粒徑(mm)	$S_s(m^2/m^3)$
25.0~19.0	22.2	270
19.0~12.5	15.9	377
12.5~9.5	11.10	541
9.5~4.75	7.10	845
4.75~2.36	2.56	2344

4.2 ACI 211.2 重量法

ACI 211.2重量法[4]係以輕質骨材比重為基礎，估計新拌混凝土單位重配合輕質骨材之比重係數進行計算，利於掌握新拌混凝土的特性，配比步驟流程如圖9所示：

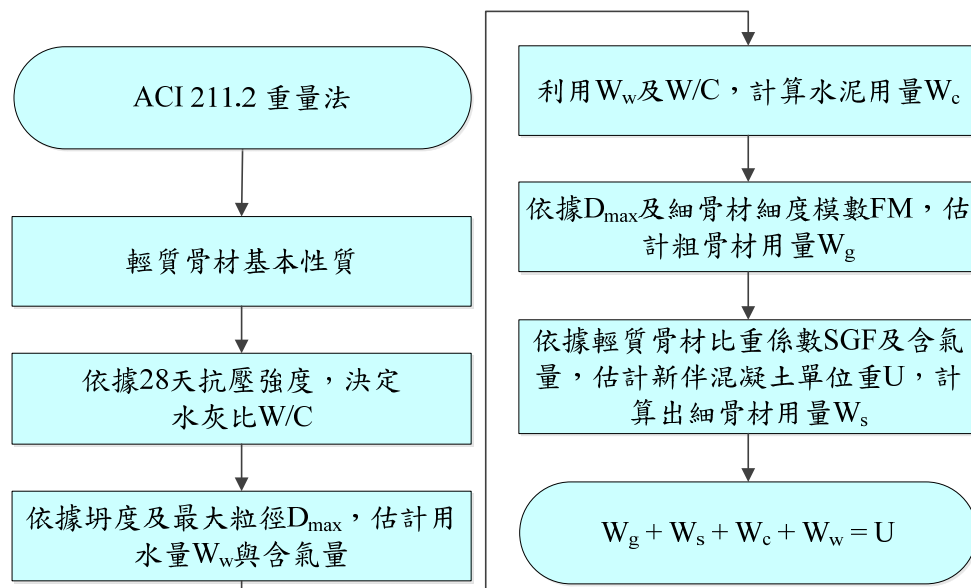


圖9 ACI 211.2重量法配比設計流程圖

五、試驗結果分析與討論

利用比表面積法搭配經驗法則，決定出三種不同包覆材料之最佳配比，作為輕質混凝土之粗骨材使用，經ACI 211.2 重量法設計出不同配比之椰子殼輕質混凝土，透過力學試驗，決定出最佳配比，並與前期研究比較。

5.1 不同包覆骨材之基本性質分析與討論

一般混凝土強度與水灰比呈反比例趨勢[5]，影響水泥漿體主要強度為水泥成分中 C_3S 成分，在水化反應中分子量占456公克，而水的分子量占108公克，故達完全水化反應，理論水灰比為0.24；若考量C-S-H膠體薄層間，水的體積膨脹效應，密度約縮小至3/4，故適當水灰比為0.42，然而較高的水灰比，產生較軟的混凝土，有助於包覆工作性，故取水灰比0.4為下限。透過經驗試誤法，以包覆後陰乾時無垂流為原則，尋找合適的包裹厚度與水灰比。包覆材料挑選具有親水性及硬固強度較高的特性，其中常見混凝土相合材料有蓋平石膏、水泥砂漿與飛灰水泥砂漿，其中飛灰砂漿依添加方式區分取代水泥與額外添加，均取水泥重量比10%。試驗結果如表2得知，包覆後的基本性質均優於未包覆，吸水率愈低則體積膨脹愈小，混凝土體積愈穩定，其中石膏、水泥砂漿、飛灰砂漿(取代)與飛灰砂漿(額外)的最佳吸水率，分別為23%、25%、28%及26%，均表現優異；單位重及比重愈高則包覆材料愈堅硬，最佳單位重分別為 809.52 kg/m^3 、 723.25 kg/m^3 、 723.30 kg/m^3 及 761.11 kg/m^3 ，石膏表現最佳；最佳比重分別為1.34、1.66、1.63、1.65，水泥砂漿與飛灰砂漿均表現優異；筒壓強度愈高代表骨材強度愈佳，有利於混凝土強度成長，最佳筒壓強度分別為 4.8 kgf/cm^2 、 5.91 kgf/cm^2 、 7.17 kgf/cm^2 及 7.63 kgf/cm^2 ，飛灰砂漿均表現優異，其中又以飛灰砂漿(額外)較佳，故飛灰砂漿選用額外添加方式，故不

同包覆材料最佳水灰比均為0.4；包裹厚度利用經驗試誤法，以不垂流為原則，測試結果分別為7.9mm、8.2mm、8.2mm及8.2mm。

表2 不同包覆椰子殼輕質骨材基本性質試驗結果

包覆材料	包覆水灰比	24hr 吸水率 (%)	單位重 (kg/m ³)	SSD 比重	筒壓強度 (kgf/cm ²)
未包覆	無	147	231.56	0.44	3.51
石膏	0.40	23*	486.51	1.29	4.80*
	0.45	34	809.52*	1.32	4.50
	0.55	36	606.67	1.34*	3.47
水泥砂漿	0.40	27	723.25*	1.66*	5.91*
	0.45	25*	660.03	1.64	4.49
	0.50	46	410.65	1.59	3.70
飛灰砂漿 (取代)	0.40	28*	723.30*	1.63*	7.17*
	0.45	33	689.94	1.55	5.26
	0.60	46	641.26	1.19	3.65
飛灰砂漿 (額外)	0.40	26*	761.11*	1.65*	7.63*
	0.45	28	719.58	1.61	6.50
	0.60	43	612.70	1.00	4.00

備註：*為最佳值。

5.2 抗壓強度試驗結果分析與討論

依循CNS 1232規範[6]，分別製作4個10@20cm圓柱試體後，養護於飽和石灰水，試驗7天齡期及28天齡期的抗壓強度，試驗結果如圖10~圖11，得知不論任何齡期下，水灰比愈小則抗壓強度愈大，呈反比例趨勢，與混凝土理論相符，其中石膏組與飛灰砂漿組，齡期愈長則強度愈大，齡期與抗壓強度呈正比例趨勢，與混凝土理論相符，但砂漿組28天強度均小於7天強度，呈反比例趨勢，因28天齡期水中養護，水泥砂漿組已產生些微裂隙的包覆瑕疵，加上水分滲入試體內部，使部分包覆瑕疵滲入水分，產生椰子殼骨料吸水膨脹，導致輕質混凝土龜裂，如圖12，造成椰子殼輕質混凝土強度下降。為改善砂漿組水中養護脹裂，另依循CNS 3691規範[7]規定，改以濕氣養護，水灰比挑選表現最佳的0.25測試，試驗結果如圖13，結果顯示，抗壓強度提升至187 kgf/cm²，成長率達51%，已高於石膏組表現，故傳統浸泡養護方式調整為濕氣養護，可防止水泥砂漿的包覆瑕疵，避免椰子殼浸水而體積膨脹，產生混凝土裂紋，進而有效提升抗壓強度表現。最佳配比條件為飛灰砂漿包覆與水灰比0.25，28天齡期抗壓強度達231 kgf/cm²，且28天齡期飛灰砂漿組均大於210 kgf/cm²以上，符合結構用混凝土要求。

5.3 彈性模數試驗結果分析與討論

依據ASTM C469M 規範[8]，試驗7天齡期及28天齡期的彈性模數，試驗結果如圖14~圖15，得知不論任何齡期下，水灰比愈小則彈性模數愈大，呈反比例趨勢，彈性模數介於13.14GPa~64.24GPa，均大於一般輕質混凝土彈性模數介於10~20GPa，其中飛灰砂漿組均大於常重骨材混凝土彈性模數介於20~40GPa，此原因為椰子殼輕質骨材內部富含木纖維，纖維可降低混凝土生成裂紋瑕疵，進而降低受力後之變形量，但部分28天齡期彈性模數小於7天齡期的表現，與抗壓強度同理，可透過養護方式改善包覆品質，進而改善彈性模數。最佳條件為飛灰砂漿包覆與水灰比0.25，28天齡期彈性模數達54.64GPa。

5.4 劈裂強度試驗結果分析與討論

依循CNS3801規範[9]，試驗7天齡期及28天齡期的劈裂強度，試驗結果如圖16~圖17，得知不論任何齡期下，水灰比愈小則劈裂強度愈大，呈反比例趨勢，部分28天齡期劈裂強度小於7天齡期的表現，與抗壓強度同理，可透過養護方式改善包覆品質，進而改善劈裂強度。最佳條件為飛灰砂漿包覆與水灰比0.25，28天齡期劈裂強度達22 kgf/cm²，且28天齡期飛灰砂漿組劈裂強度均於20 kgf/cm²以上，符合CNS3691規範[7]，結構混凝土用之輕質骨材劈裂強度要求。

5.5 與前期研究試驗結果比較

與前期研究比較結果如圖18~圖23，得知抗壓強度比較結果，不論任何齡期下，石膏組與飛灰砂漿組均大於前研究[2]的表現；彈性模數比較結果，不論任何齡期下，全部均遠大於前研究[2]的表現；劈裂強度比較結果，不論任何齡期下，石膏組與飛灰砂漿組均大於前研究[1]的表現，故石膏組與飛灰砂漿組的表現均大於前期研究，其中又以飛灰砂漿組均大於石膏組。

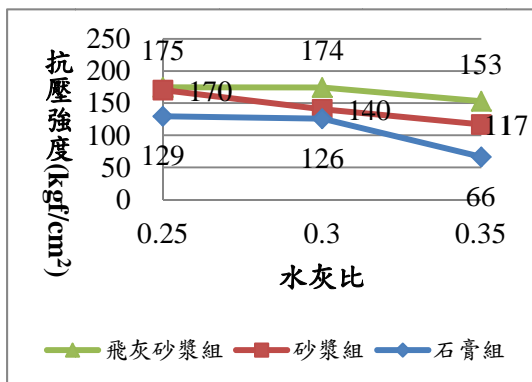


圖10 不同包覆下7天齡期抗壓強度

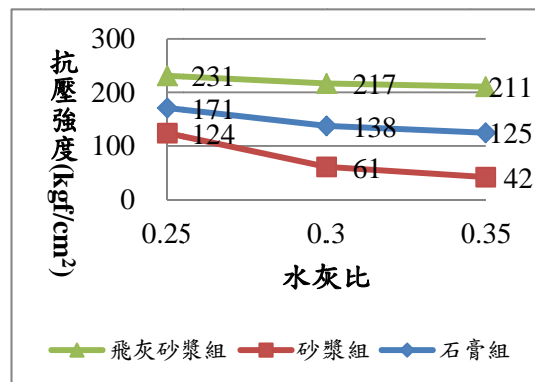


圖11 不同包覆下28天齡期抗壓強度



圖12 28天齡期砂漿包覆之脹裂混凝土

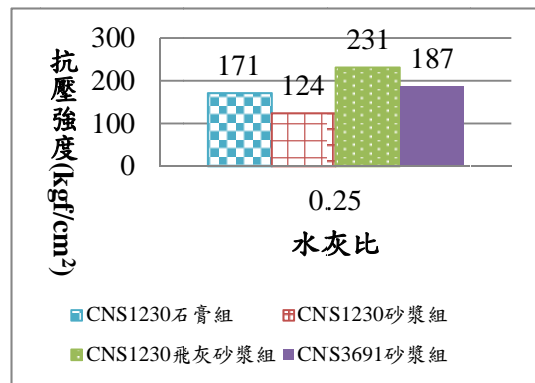


圖13 不同養護方式之抗壓強度

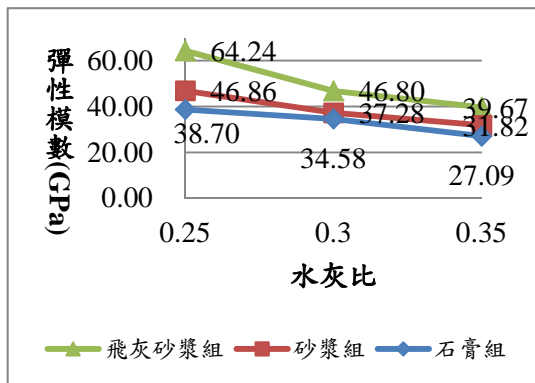


圖14 不同包覆下7天齡期彈性模數

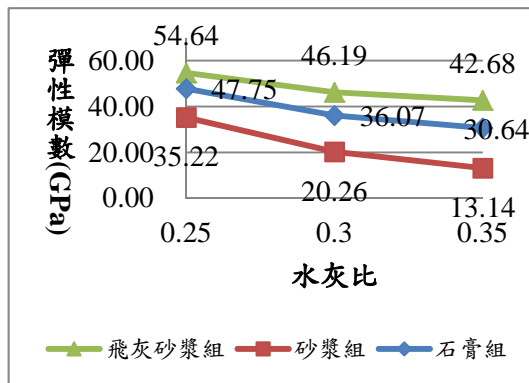


圖15 不同包覆下28天齡期彈性模數

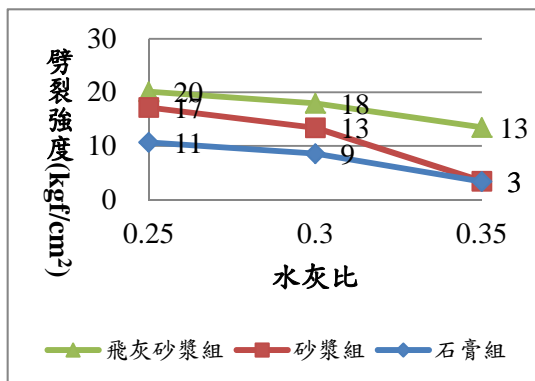


圖16 不同包覆下7天劈裂抗張強度

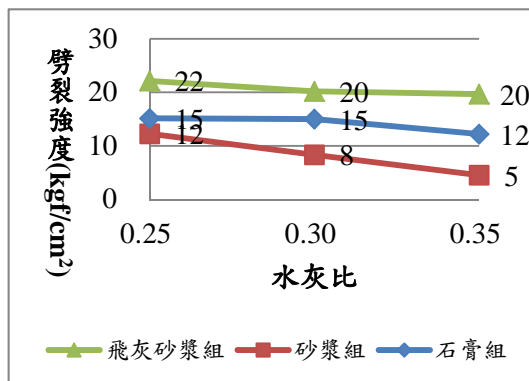


圖17 不同包覆下28天劈裂抗張強度

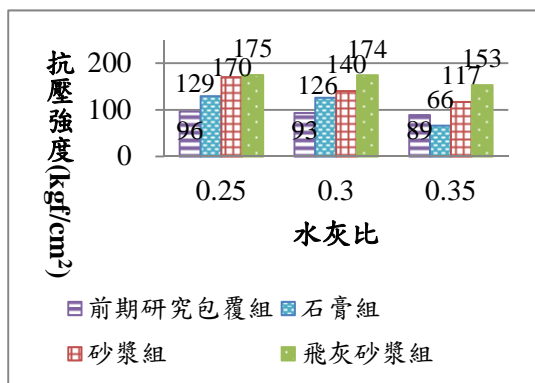


圖18 7天抗壓強度與前期研究比較

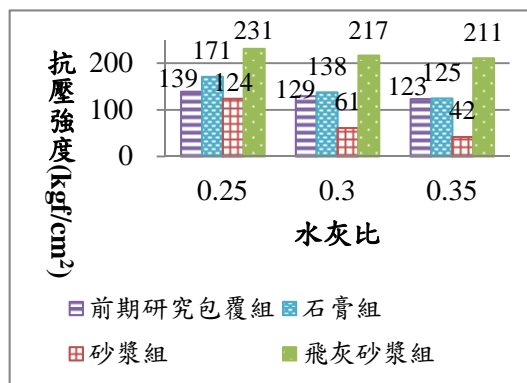


圖19 28天抗壓強度與前期研究比較

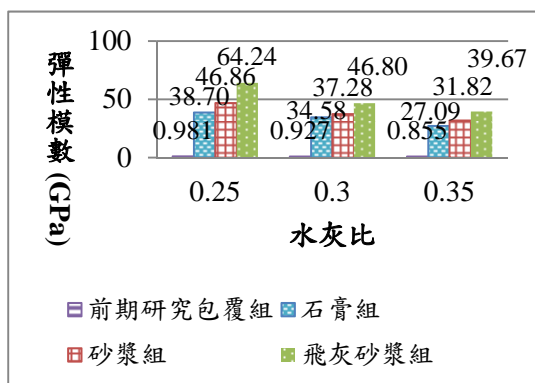


圖20 7天彈性模數與前期研究比較

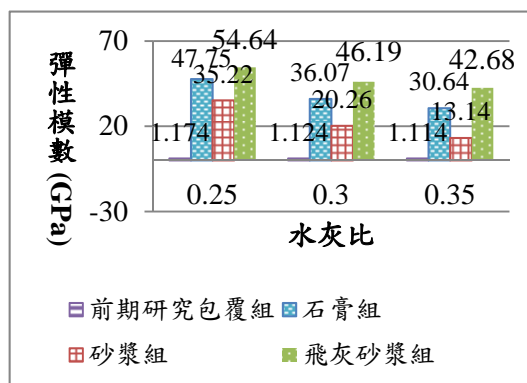


圖21 28天彈性模數與前期研究比較

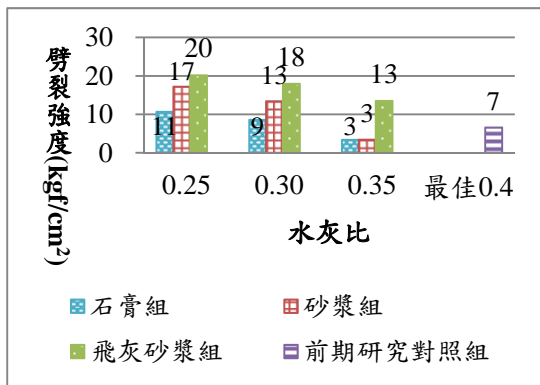


圖22 7天劈裂強度與前期研究比較

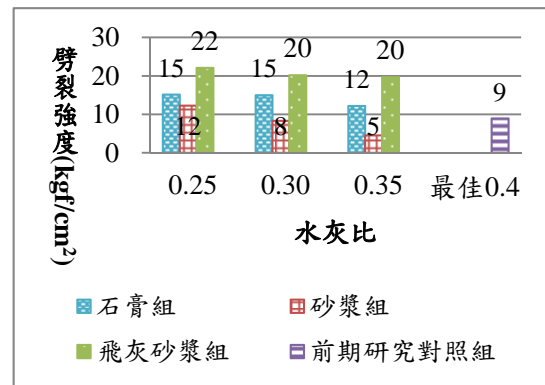


圖23 28天劈裂強度與前期研究比較

六、結論與建議

為改善椰子殼輕質骨料拌製於混凝土之缺陷，特於椰子殼表層，挑選相合於混凝土常見之材料，有石膏、水泥砂漿及飛灰砂漿等材料，進行包覆改良，利用基本物理性質試驗，決定包覆材料所需之最佳水灰比及包裹厚度，作為輕質混凝土之粗骨材使用，透過力學性質試驗，決定最佳包覆材料及配比設計。

6.1 結論

1. 椰子殼骨料經包覆後，整體改良效果明顯，包覆之水灰比越低，可以得到愈佳的基本物理性質，且骨材吸水率會越低，較適合作為輕質骨材應用，其中挑選三種包覆材料中，以飛灰砂漿包覆材料於水灰比 0.25 為最佳。
2. 體積法中比表面積法作為包覆配比設計理論，可同時考量包裹厚度及水灰比之設計，此配比具備系統性，設計包覆材料配合比例較具合理。
3. 抗壓強度與齡期及水灰比之成長關係，分別呈正比例及反比例趨勢，28 天齡期抗壓強度試驗值介於 $125 \text{ kgf/cm}^2 \sim 231 \text{ kgf/cm}^2$ ，整體表現大致優於前期研究，表現最佳條件為飛灰砂漿組與水灰比 0.25，抗壓強度達 231 kgf/cm^2 。
4. 彈性模數與齡期及水灰比之成長關係，分別呈正比例及反比例趨勢，28 天齡期彈性模數試驗值介於 $13.14 \text{ GPa} \sim 54.14 \text{ GPa}$ ，整體表現均優於前期研究 10 倍以上，且均大於一般輕質混凝土表現，表現最佳條件為飛灰砂漿組與水灰比 0.25，彈性模數達 54.14 GPa 。
5. 劈裂強度與齡期及水灰比之成長關係，分別為正比例及反比例趨勢，28 天齡期劈裂強度試驗值介於 $5 \text{ kgf/cm}^2 \sim 22 \text{ kgf/cm}^2$ ，整體表現大致優於前期研究，表現最佳條件為飛灰砂漿組與水灰比 0.25，劈裂強度達 22 kgf/cm^2 。
6. 整體最佳配比設計為飛灰砂漿組與水灰比 0.25，28 天齡期抗壓強度表現介於 $211 \text{ kgf/cm}^2 \sim 230 \text{ kgf/cm}^2$ ，均高於 210 kgf/cm^2 ，符合混凝土結構設計規範中結構用混凝土之抗壓強度要求；彈性模數表現介於 $39.67 \text{ GPa} \sim 64.24 \text{ GPa}$ ，大致於常重混凝土以上表現；劈裂強度表現介於 $20 \text{ kgf/cm}^2 \sim 22 \text{ kgf/cm}^2$ ，均高於 20 kgf/cm^2 ，符合輕質混凝土之輕質骨材劈裂強度要求。

6.2 建議

1. 為考量強度提升效果，本研究進行低水灰測試，水灰比設定為 0.25、0.3 及 0.35，建議後續研究水灰比可由 0.25~0.3 之間測試出較適合條件，搭配化學添加劑，提高工作

性，但若調降水灰比至 0.25 以下，可能工作性不佳則拌合不均，並可能產生水化反應不完整。

2. 整體試驗結果顯示，飛灰砂漿組表現優異，且本研究採膠結料重量 10%額外添加於水泥砂漿，建議可提高飛灰添加之比例，探討提升椰子殼輕質混凝土各方面之性質。
3. 水泥砂漿組於 28 天齡期強度表現不佳，因緻密程度不佳，導致椰子殼浸水，吸水率迅速提高，造成混凝土產生裂紋，建議後續包覆材料之吸水率較大時，以 CNS 3691 濕式養護法進行試體養治，可改善包覆品質，進而提升混凝土強度。

參考文獻

1. 林耿弘，2011，「提升椰子殼輕質混凝土強度之研究」，碩士論文，私立逢甲大學。
2. 趙宏章，2009，「利用椰子殼輕質骨才拌製輕質混凝土之研究」，碩士論文，私立逢甲大學。
3. Charles, T. Kennedy, 1940, The Design of Concrete Mixes, ACI Materials Journal, Vol36, pp.373-400.
4. ACI 211.2-98, 2004, Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete.
5. 黃兆龍, 混凝土性質與行為 - 3th, 台灣：詹氏書局, 2007.
6. 中國國家標準 CNS 1232 A3045, 2002, 混凝土圓柱式體抗壓強度檢驗法
7. 中國國家標準 CNS 3691 A2046, 1998, 結構混凝土用之輕質粒料
8. ASTM C496/C496M-14, 2011, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
9. 中國國家標準 CNS 3801 A3061, 2008, 混凝土圓柱式體劈裂抗張強度試驗法。

C-08

混凝土屋頂吸熱之研究

*張賢國(Hsien-kuo CHANG)
建國科技大學土木與防災研究所

陳建志(Chien-chih CHEN)
建國科技大學土木工程系
助理教授

譚峻瑛(Chun-ying TAN)
建國科技大學土木與防災研究所

摘要

本研究主要概念為針對太陽照射在屋頂上所產生的熱能，藉著能量轉換系統，將熱能轉換成可用之能源，以供日常生活所需；在實驗室模擬屋頂結構時，首先鋪設銅管後灌入混凝土，利用太陽照射在混凝土所產生的熱傳導至銅管中的冷水，銅管內的冷水受到試體的熱傳導作用，冷水將變成溫水，若能將溫水與冷水注入於簡單製作的熱能交換器中，最後藉由溫差效應的觀點來產生能源確認達到能源再生。

關鍵詞：全球暖化、能源再利用、道路能源系統、溫差效應

A study of concrete roof endothermic

Abstract

In this study, the concept of solar radiation on the roof for heat generated, through the energy conversion system of converting thermal energy into usable energy for daily needs; roof structure simulated in the laboratory, the first after laying brass poured concrete, the use of solar radiation generated in the thermal conductivity of the concrete to copper in the water, the cold water in copper by the thermal conduction test, the cold water will become warm, if the cold water into the hot water produced by the simple heat exchanger, the last point by temperature effects to produce energy is confirmed to be renewable energy.

Keywords: Global warming, energy recycling, road energy systems, temperature effects

一、前言

能源是每個國家發展經濟的必要需求，利用能源後破壞了環境生態，例如：大氣層破洞，全球暖化。1989年12月，許多國家簽署『蒙特婁議定書』，來面對臭氧層問題；此後又在1997年12月於日本京都發表了『京都議定書』，訂定38個工業化國及歐盟的減碳標準。由此可知，近年來各個國家知道在經濟發展後造成環境的破壞如臭氧層破洞、溫室效應與環境反撲的厲害如異常天候使各地發生旱澇災，這些都影響到人類與動植物的生活。但是為了發展經濟，必須要使用到能源，現在各個國家都致力於發展再生能源與能源再利用。

根據我國的『能源發展政策』[行政院，2008]，永續能源發展應兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來世代發展的需要。台灣自然資源不足，環境承載

有限，永續能源政策應將有限資源作有「效率」的使用，開發對環境友善的「潔淨」能源，與確保持續「穩定」的能源供應，以創造跨世代能源。依照目前能源發展的趨勢，漸漸往「再生能源」、「綠能」發展，如風力、水力、太陽能、海洋能、地熱等低污染的能源。能源的提供除了供給工業發電需求外，也漸漸地朝向食、衣、住、行、育、樂等。在土木建築領域，強化都市整體規劃，推動都市綠化造林，建構低碳城市，推動「低碳節能綠建築」，全面推行新能源之開發必然是未來的趨勢。

二、文獻探討

2.1 再生能源

再生能源的定義是指在自然環境中可以重複產生，且能為人類所使用且不會對環境造成傷害的能源，並可以取之不盡用之不竭，不會出現資源耗盡的問題，例如太陽能、海洋能、生質能、風力、水力等能源，在本世紀發生的能源危機以及溫室效應的影響下，舊的能源方式急需改變，所以如果能夠將再生能源以及綠色能源加以整合，將會是最好的能源。

地球上部份能源因具備可由自然界的力量予以不斷填補之特性，如太陽光與太陽的關係；另有部份能源可藉由經營管理而得以一再栽植收割，讓其保持永續生長，如植物的栽種；而地熱則是取自地殼內部為數龐大的熱能，在使用上，永遠不虞枯竭。由於上述特性而予人有「失而復得」或「取之不盡，用之不竭」之印象，故被賦予「再生」的稱謂。基本上，雖然「再生能源」取自自然界，為自產能源及具低環境污染性，而且理論上取之不盡、用之不竭，但在使用特性上，「再生能源」卻普遍具有能源密度低、供應不穩定及成本較高等問題。[詹世弘，2006]

「再生能源」係受太陽之直接、間接影響而得以永續反覆供應之資源。惟在定義上，目前仍存在部分模糊空間，一般泛指太陽能、風力、地熱、生質能、海洋能、非抽蓄式水力或其他可永續利用之能源。其中，生質能係指農林植物、沼氣、一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源。而地熱則指源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸汽或溫泉之能源，使用再生能源不會產生溫室氣體，在環境污染上亦較化石燃料輕微，是潔淨而安全之資源。[楊顯整，2010]

2.2 道路能源系統

此系統是利用黑色柏油路面之優異吸能性能，主要由地下換熱器、熱泵機組、循環泵、路面熱流管網等組成。路面管網是由埋在路面下的排列管束組成。冬季路面融雪化冰時，載熱流體流經熱泵冷凝器升溫，再通過循環水泵進入路面加熱管網加熱路面，形成循環流動。工作介質由地下換熱器提取地源熱量，進入蒸發器放熱，達到地能利用目的。夏季時，載熱流體採集路面太陽輻射熱量，地下蓄存、降低路面溫度。可防止柏油路面之結冰或熱融變形，增加行車安全及節省龐大之維護費用，也可使柏油路面免於巨大溫差而產生脆化，降低了對環境的衝擊。[高青等，2009]

2.3 海洋溫差發電 (Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC)

海洋溫差能 (Ocean Thermal Energy) 係指表層和深層海水間的溫差能。海洋溫差發電

(Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC) 利用熱機循環系統，將海洋溫差能轉換為電力，可全日全年發電，並做為基載電力，且不排放二氧化碳，屬於再生、永續能源。[郭啟榮等，2010]自深海抽取的冷海水，不但溫度低，而且無菌、又富營養分，有多種用途，如產製淡水、冷凍、空調、養殖、製藥等，可提高 OTEC 發電外的經濟價值。這方面的應用稱為「深海水利用」。

台灣東海岸深層海水的溶解鹽類大約是表層的 15 倍以上。此種高濃度的營養鹽類有助於海水養殖、製藥或生物科技的發展。發電過程中所產出的淡水也是一種很重要的副產品。冷海水的冷度可用於空調、冷藏或農業生產上。還有人提議將發出來的電，就在當場生產氫、氫、甲醇等，或用於提煉海水中的鈾、錳核或鋁等。OTEC 電廠甚至還有教育、觀光及遊憩方面的價值。無論如何，將會降低海洋溫差發電的成本，故在做經濟分析時不宜忽略深海水的多目標利用價值。台灣東部海域的海底地形陡峭，離岸不遠處水深即達 1,000 公尺。其中以和平最近，大約只有 3 公里，樟原大約 4 公里。海水溫差經年維持在 20°C 以上，而且沿岸還有黑潮暖流通過，有利於溫差的提高。因此國際公認它為最具有開發 OTEC 潛力的地區之一。[李長緯等，2006]

2.4 太陽熱能於瀝青混凝土之能源研究

面對全球化的時代，能源供給及消耗，讓全球面臨到能源缺乏的問題，因此能源議題也成為眾所矚目之焦點。因此能源再利用的觀點，或許是解決能源問題的關鍵目標。

鄭旭容〔2010〕延續了道路能源系統的概念並與 OTEC 結合，主要針對太陽照射在路面上所產生的熱能，藉著能量轉換系統，將熱能轉換成可用之能源，以供日常生活所需。鄭旭容在實驗室模擬道路鋪設時，先鋪好銅管後再鋪上柏油，以便於實驗時可注入冷水，利用太陽照射在柏油路面上所產生的熱能傳導至銅管中的冷水，銅管內的水受到熱能作用，冷水將變成溫水，再將溫水及冷水注入於簡單製作的熱能交換器中，最後藉由溫差效應的觀點來確認達到能源的再生。

在冬季中，於同時間地點之觀測下，管徑的粗細及長度確實影響了水在銅管中所能釋出之能量。鄭旭容實驗發現流經粗管的銅管，不論管長為 3.9 或是 2.65 公尺，水溫都上升約 1°C；而細管卻讓水溫上升至 2~3°C。粗管的水溫差較低的原因是粗管的水流速度較快，水停留在銅管內之時間太短，以致於能量獲得較少；而流經細管的水溫差較高，發現了長度較長的銅管因為有較多的時間留於試體內，以至於獲取的能量較多、溫差也較高。

2.5 史特林引擎

史特林引擎是一種外燃式的熱循環引擎，或稱為熱機。它是基於史特林熱循環的原理來產生運作，和一般汽車內燃式汽柴油引擎運作方式不同，目前已發展出多種類型，以下從其原理，與特性作一整理介紹：

史特林引擎工作原理從熱力學理論來看，系統所做的功是可以 100% 轉變為熱能，但是引擎的運作是利用熱能來轉換成功，而實際上這樣的轉換是無法達到 100%。通常熱機引擎的運作是利用高低溫差來吸收與釋放熱量，將其間的溫差轉變為所輸出的功。利用輸出的功，我們便可以使用來推動運作其他機械，形成動力。

史特林引擎不但燒垃圾就能運轉，而且可以使用包括工廠廢熱、酒精、天然氣、煤、再生能源、核能、地熱、太陽能、海水溫差甚至日夜溫差等在內的一切熱能。史特林引擎運轉時，並無爆炸或高速氣流，因此非常安靜，震動和噪音都很小。史特林引擎使用的燃料，如果可以控制在最佳的燃燒狀態下，燃燒所產生的廢氣對環境的污染微乎其微。如果使用太陽能、地熱、海水溫差、日夜溫差等則根本沒有污染。史特林引擎在將熱能轉換成動能的效率相當高，不會浪費能源。史特林引擎運作過程中沒有一般汽油引擎的燃燒爆炸過程，所以在使用上較為安全。史特林引擎免除汽柴油引擎須吸氣、爆炸、排氣等複雜過程，因而將引擎本身的構造簡化。

三、實驗介紹

3.1 實驗構想

運用再生能源，也就是所謂的天然純淨的能源，如：風能、海洋能、太陽能、地熱…等，都是近年來發展熱門的綠能能源。這些來自於大自然的能源，在對於環境汙染上的程度比原本的能源來得低，可說是無汙染的能源。資源的利用方向，應該是朝向這些天然能源，在土木工程傳統的節能減碳政策裡只有在建築材料中加以改善，近年來由於綠色內涵逐漸成為現在土木工程中不可或缺的，像是綠能環境、綠能材料、綠能工法及綠色能源，都已發展在現在的建物當中。道路能源系統原是以溫差效應轉變成能源的一套系統，假如能利用其系統與建物也就是把傳統土木與綠能科技相做結合。

3.2 實驗架構

本規劃流程如下：

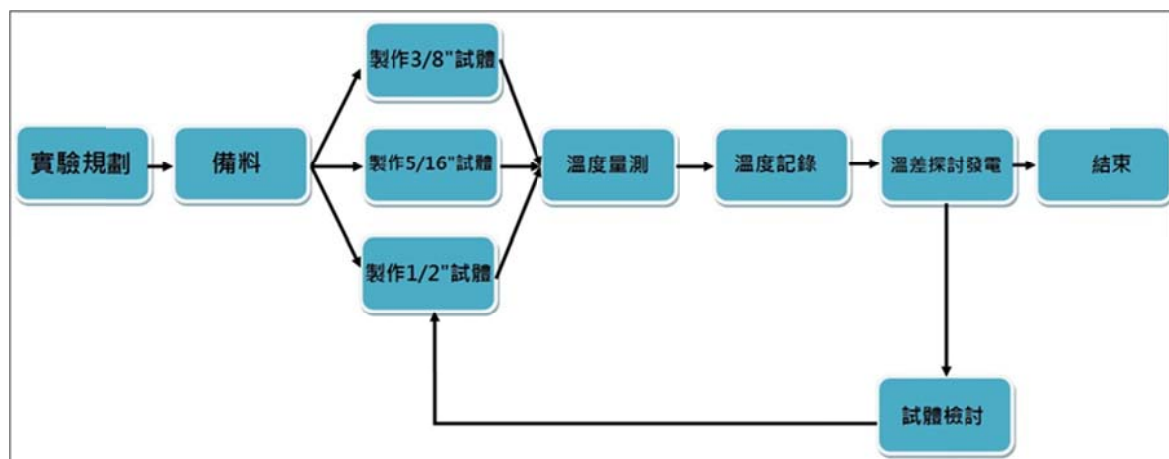


圖 1 實驗架構流程

3.2.1 材料

材料有水泥(如圖 2 所示)、細骨材、粗骨材、銅管(如圖 3 所示)，而銅管以管徑的類型可分為 5/16"、3/8"、1/2"這 3 種。



圖 2 水泥



圖 3 銅管

3.2.2 設備

設備有試體模、水路系統、溫度計，如圖 4 所示。

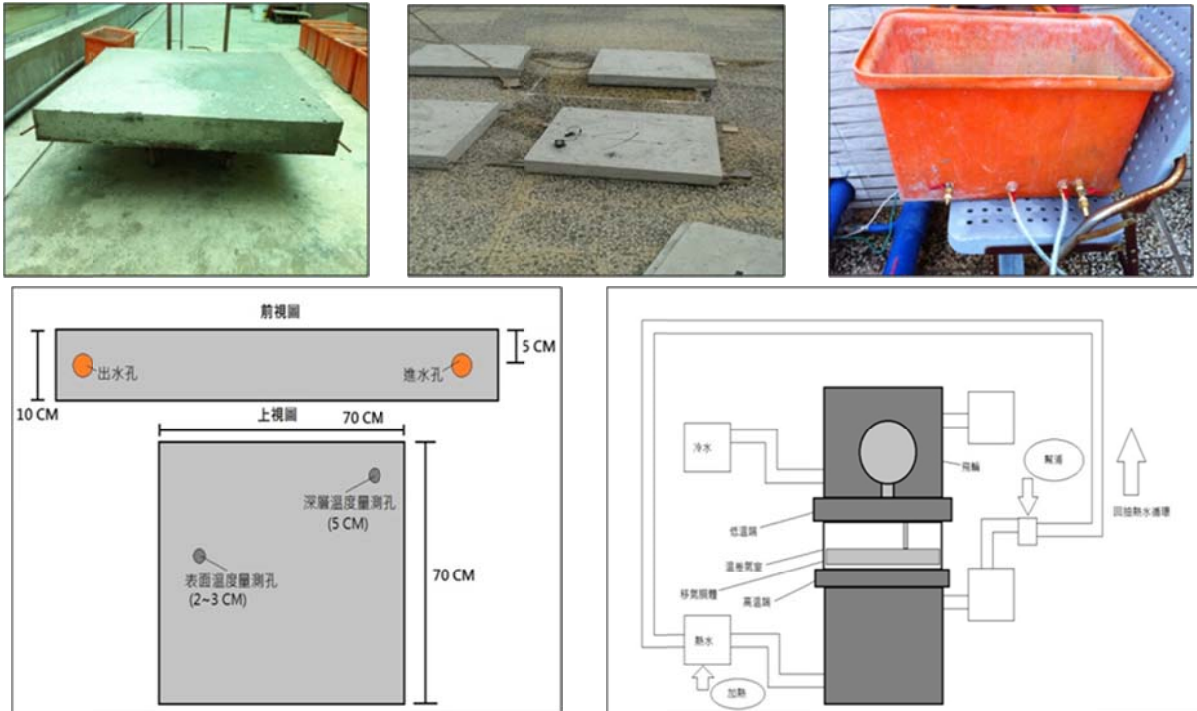


圖 4 實驗配置圖

3.3 實驗過程

首先製作試體模，於試體模完成後預先將銅管埋設於其中，待混凝土澆置、搗實、硬固後備用。在試體完成後放置於無遮蔽處，目的是為了讓混凝土試體能充分照射到太陽熱能。

接著是架設水路系統，將水管與預留在混凝土外面的銅管相連接，利用水進入到銅管內來帶出受太陽熱能照射後的混凝土試體的热量，此時藉由溫度的量測，可以發現水溫已經升高。在實驗時，也同時量測幾處不同地方的溫度：進入試體之前的水溫、量測經過試體之後的水溫，量測實驗時的室溫、以及混凝土表面溫度與試體內銅管同樣高度的混凝土溫度。在每次實驗的過程，所有量測的溫度都予以記錄。

3.4 實驗初步結果

在 9 公尺粗管與 9 公尺細管（管徑粗細分別為 1/2"、3/8"、5/16"）比較時，較細的管徑吸收的熱能較多。粗管的溫差較低的原因是粗管的水經過銅管內之流量較多，以致於能量消耗較快；在 9 公尺與 18 公尺管長比較時，發現了水流經過 18 公尺使水溫又上升，顯示能量吸收較高。

實驗數據如表 1 顯示：

表 1 結果實驗數據

管徑	管長	月份	室溫 (°C)	溫差 (°C)	管徑	管長	月份	室溫 (°C)	溫差 (°C)
3/8"	9 公尺	7	37.3	3.9	3/8"	9 公尺	8	36.6	4
	18 公尺		37.3	7		18 公尺		36.6	6.5
5/16"	9 公尺	7	37.3	6.7	5/16"	9 公尺	8	36.6	6
	18 公尺		37.3	8		18 公尺		36.6	7.1
1/2"	9 公尺	7	37.3	2.9	1/2"	9 公尺	8	36.6	2.9
	18 公尺		37.3	4.5		18 公尺		36.6	4.1

四、討論

1. 根據實驗數據分析顯示不同月份不同的管徑與長度的平均溫差大小不同，可以得知到溫差較高的時間在 7 月~9 月之間，雖然 11 月~1 月也有溫差但是溫差不大。
2. 以氣溫做為依據來做比較，探討溫差差異的趨勢是否跟本研究預想的一樣，在不同長度時當長度越長溫差會越大，在不同管徑時當管徑越細溫差會越大，從實驗數據分析可以看到各個管徑在 18 公尺時的溫差都比 9 公尺的溫差來的大，故可以證實當初假設的當管徑越細與當長度越長，吸收的熱量也越多，故溫差越大。
3. 在實驗數據分析之實驗時間顯示，在中午 13:00 過後，9 公尺與 18 公尺的溫差會有明顯的差異，在試體實驗中，會不斷灌入冷水進試體內吸收熱量，當實驗開始在 13:00 以前氣溫都還很高，但在 13:00 以後開始做實驗時，氣溫會隨時間下降，試體也會因為氣溫降低而散熱溫度下降，也由於我們 18 公尺的試體是以串聯的模式下去結合，當同時間第一塊 9 公尺的試體經由冷水吸收並且釋放熱量降溫後，第二塊 9 公尺試體是吸收第一塊 9 公尺試體後吸收熱量完的溫熱水，試體溫度不會太快失去熱量，這種模式導致實驗一段時間後，9 公尺與 18 公尺的溫差差距會越來越大。
4. 根據史特林引擎運轉實驗，當溫差達到 7.8°C 時，史特林引擎會開始運轉，當史特林引擎運轉就會產生動能，有動能就會有能量。當溫差在 12.3°C 時，史特林引擎的轉速為 158 RPM，在溫差 6.6°C，轉速有 90.9 RPM，所以在本研究混凝土試體得到的溫差中在管徑為 5/16" 與 3/8" 在夏天溫差都在 6°C 以上，可以知道本研究在對於熱能轉為動能上是可行的。
5. 根據史特林引擎發電實驗，不管是第一型的史特林引擎發電機組或是二型的史特林引擎發電機組，當史特林引擎的受熱端與受冷端兩者溫差到達 7.8°C 甚至溫差更高時，無法帶動自製的發電機，無法帶動發電機的原因可能是本實驗用的史特林引擎轉速不足，無法有充分的力量去帶動發電機。

五、結論

- (一)如果將道路能源系統放上至混凝土澆灌成的屋頂樓板，不僅能藉由冷水吸收產生熱水來產生新能源，並且可以使混凝土樓板降溫，使屋內溫度下降，達到節能減碳的功用。
- (二)混凝土導熱效率不佳，由於本實驗使用之粗骨材粒徑不一，可能導致內層溫度不一定會比表面溫度來的高。
- (三)根據研究成果數據分析，六種不同模組於同樣地點條件下，其管徑為 5/16" 的成效最佳。
- (四)根據史特林引擎運轉溫度實驗，其溫差達到 7.2°C 時，史特林引擎將會開始運轉做功。
- (五)根據史特林引擎轉速實驗，其溫差達到 6.6°C 時，史特林引擎轉速有 90.9 RPM，在溫差達到 12.3°C 時，史特林引擎轉速有 158 RPM。

參考文獻

- 1.行政院，「永續能源政策綱領」，2008。
- 2.詹世弘，「再生能源的國際趨勢」，元智大學，2006。
- 3.楊顯整，「再生能源發電設施介紹」，節能技術及清潔生產人員研訓觀摩會議，2010。
- 4.高青、劉研、林密，「道路融雪地能利用熱循環基本性能模擬分析」，吉林大學熱能工程系，2009。
- 5.吳國洋，「混凝土製品應用於土木工程之減碳效益評估-以道路、建築工程為例」，國立中央大學碩士論文，2011。
- 6.鄭旭容，「太陽熱能於瀝青混凝土之能源研究」，2011 綠環境技術學術研討會，2011。
- 7.郭啟榮、李毓仁、徐泊樺，「我國海洋溫差發電深具潛力」，2011，8 月能源報導月刊，2011。
- 8.曾玉泉，「極速引擎的魅力 - 史特靈引擎 (Stirling Engine) 的介紹、製作與教學活動設計」，生活科技教育月刊，2006。
- 9.周鑑恆，「能源之星—史特林引擎」，2008，8 月物理雙月刊，2008。
- 10.David Ferris，「Market for Deep Ocean Energy Heats Up」，2012。

C-09

零售市場整建後使用者滿意度之研究-以西寧、士林、興隆、南門市場為例

陳柏宇(Bo-Yu Chen)
中國科技大學建築系研究生

摘要

零售市場存在已有相當的歷史，是台灣消費文化特色之一，與所座落區域周圍居民的生活習慣有著密不可分的關係，卻隨著社會變遷及市場環境一成不變的規劃下，整體的消費人口逐年減少，加上新興零售業崛起，對傳統市場產生極大的衝擊，但是傳統零售市場仍有其不可取代的存在價值，故本研究為了讓老舊市場整建後有個參考依據，作為日後傳統零售市場整建使用。

藉由使用者滿意度問卷調查，根據問卷滿意度結果得知，傳統零售市場整建後讓消費者與攤販最滿意的是空間的明亮程度，和空間的動線與統一整齊的招牌、寬敞的道路、挑高的天花板等。

根據上述結果歸納提出以下建議：

- 1.傳統零售市場整建應加強生鮮食品與肉品區的通風
- 2.傳統零售市場的廁所間數應與當地市場使用人數增設
- 3.排水溝洩水度與異味，應加強改善

A Study on the Users' Satisfaction after the Renovation of Retail Market - Taking Xining, Shihlin, Xinglong and South Gate as Examples

Abstract

The existence of the retail market has a fairly long history. It is one of the characteristics of Taiwan's consumption culture. It is closely linked with the living habits of the residents living in the area. However, with the social planning and market environment unchanged, the overall consumer population However, the traditional retail market still has its irreplaceable value of existence. Therefore, in order to make the old market have a reference for the construction of the old market, as a future tradition The entire retail market to use.

According to the results of questionnaire satisfaction, we found out from the results of questionnaire satisfaction that the most satisfied consumers and traders after the completion of the traditional retail market are the brightness of the space, the moving lines of the space and the unified and tidy signs. The spacious Roads, high ceilings and more.

Based on the above results, the following suggestions are made

- 1.The traditional retail market should strengthen the ventilation of fresh food and meat products
- 2.The number of toilets in the traditional retail market should be increased for the number of users in the local market
- 3.Drainage drainage and odor, should be improved

一、緣起與目的

零售市場存在已有相當的歷史，是台灣消費文化特色之一，與所座落區域周圍居民的生活習慣有著密不可分的關係，卻隨著社會變遷及市場環境一成不變的規劃下，整體的消費人口逐年減少，加上新興零售業崛起，對傳統市場產生極大的衝擊，但是傳統零售市場仍有其不可取代的存在價值，如何審視零售市場的發展，是值得研究探討的課題。

由於零售市場和攤販的違章營業、髒亂問題，衝擊著對於一座城市的都會街區、環境與市容，因新興零售業系統興起，更加凸顯公有零售市場原先所規劃設置機能、空間與現在民眾的需求有著顯著的差距。又因社會文化與消費型態隨著時代變遷，民眾的價值觀、消費習慣均有著許多改變，而傳統零售市場位於零售產業的基層，為了維護公共安全與衛生、交通秩序及都市整潔、提高市民生活品質，後續應如何審視零售市場喪失的機能，重新思考市場的角色定位，是值得各地方政府深思的議題。

近年來因國家經濟發展快速成長，早期所興建零售市場建築物生命周期已(將)屆，硬體設備及內部空間已不敷現代賣場使用，同時零售市場除環境髒亂外，市場建物老舊損壞的程度嚴重，內部通風不良、及所在地點位於狹窄街道巷弄內停車空間不足，亦與四周都市環境無法相容共生，更顯突兀不諧調。

零售市場經過二、三十年時間營運後，原整體空間規劃是否能符合社會、消費者的需求，往後又是如何演化？對於體質良好之零售市場建議適當保存，重新檢討空間予以整建更新，是目前最需要了解的。

台灣各縣市政府許多零售市場有出現閒置蚊子市場現象，台北市甚至有重建落成後隨即無法招商，或招商達成率不高，無法達到投資報酬率平衡；台北市政府及所屬產業發展局及市場處對傳統零售市場，營運佳者，應借鏡國外再予提升；營運尚可者，應強化發展，營運不佳無商機者，應退場、整併、活化或另作其他用途。

歸結零售市場所面臨的課題，必須同時對許多因素重新思考，如基地環境條件、市場環境、民眾消費型態的改變、政府的政策方向，才能建構符合現代化的市場。

本研究希望藉由現有已整建完的零售市場去作調查，讓攤販提出理想的市場空間也讓消費者有更舒適更方便的消費習慣，做為日後整建市場提出更好的政策與意見方向，因此本研究欲達到下列兩點目的：

- 1、透過現況調查了解目前整建完的零售市場使用現況。
- 2、透過問卷分析了解攤販與消費者對於整建後的零售市場滿意度以便日後整建之參考。

二、研究方法

本研究主要探討臺北市傳統零售市場已整建後的使用情況與消費者和攤商的滿意度調查

1、文獻回顧法

本研究藉由有關傳統零售市場相關研究和理論，採用國內既有文獻回顧之方式，整理出零售市場各項評估執行的數據，及有關傳統零售市場相關法規蒐集，彙整出可供未來傳統零售市場整建時相關依據。

2、現況調查

本研究對已完成整修市場案例進行分類調查分析，包括採買公共走道動線、市場出入口、販賣者類型及消防設備、升降設備、空調設備與其他公共設施使用之情形，已作日後傳統零售市場整建參考之用。

3、問卷調查法

本研究透過消費者與攤販的使用情形了解零售市場整建後的滿意度，進而提出改進空間與建議。滿意度可分為分項滿意度與總滿意度的探討。首先先擬定各項評估因子，最後則探討使用者對於整建後整體的總滿意程度。評估方法採用李克態度量表，每個問題均包含五個態度等級已用來評估整體空間滿意程度，測量方式分為五個等級，（1=非常不滿意，5=非常滿意）。

三、文獻回顧

（一）傳統零售市場之形成與沿革

人類自有經濟的思維發展以來，就已有市場形式的場所出現如表一，從「以物易物」改變為「貨幣交易」直至迄今之「信用交易」等，無論交易形式如何轉變皆須有固定的場所存在。而市場就是指在經濟活動過程中，買賣雙方相互接觸，藉以決定交易價格的一種經濟組織。而該經濟組織之就其解釋之意義而言，可區分為二：

- 1.廣義的市場：指物品銷售時所有相關之事務皆可稱之，為一種抽象的理念組織。
- 2.狹義的市場：指一般商販聚集營業之場所稱之，為一種具象之空間組織。而就一般交易型態可區分為：批發市場(生產者與商販)、零售市場(零售商與一般消費者)二類。

表一、零售市場演進與特點

時期	市場形式	當代市場特點與發展意義
上古時代	市場形成	傳說神農氏時已有以物易物之交易行為，並且已有一定的市場，貨通有無、物暢其流的經濟觀念形成
漢朝時期	肆或列	定期的趕集、趕墟與固定店舖相並依存，同類同業相集而成「街」，固定商店街之形式形成
	行、邸店	「肆」或「列」轉變為同業商店的「行」，使交易由城內各地，逐次擴張至市區以外的地方；商業區、商務中心形成特定之區位

時期	市場形式	當代市場特點與發展意義
唐朝時期	行會	同業常聚居一街，開列成一市肆，有特定之行規，類似現代「產業公會」的組織之形成
	草市、墟、場	城鄉間的商品流通，在交通要衝形成市場，有些逐漸發展成為市鎮
	關廂	商業由都市地區向外擴張於城外形成新的商業區
北宋時期	定期市場	市場之以時間訂定聚集之時間
南宋時期	團、行、市	「團」「行」「市」交易採批發與訂單方式，「牙商」代客買賣，期約交易制度形成，且聚集交易場所有特定之區位。
元朝時期	市集	
清朝時期	牙商	

*資料來源：翁之鏞，中國經濟問題探，正中書局，41年12月，p.196

(二) 市場使用相關法規

零售市場管理條例

中央法規	
零售市場管理條例(母法)	2007/07/11
臺北市地方法規	
臺北市攤販攤架及設備規格要點	2009/8/5
臺北市公有傳統零售市場攤商設置自理組織注意事項	2009/8/5
臺北市私有零售市場管理作業要點	2009/8/5
臺北市零售市場管理規則	2009/8/5
臺北市公有零售市場自治組織設置管理辦法	2010/12/10
臺北市攤販管理自治條例	2011/7/12
臺北市市場處辦理公有零售市場公共設施(備)維護修繕作業規範	2015/7/22
臺北市公有零售市(商)場公共空間管理作業原則	2015/7/22

本研究所要探討的對象為傳統零售市場，相關之定義有以下幾種：

1.零售市場：指經直轄市或縣(市)主管機關核准，於都市計畫市場用地或非都市土地之甲、乙、丙種建築用地，以零售及劃分攤(鋪)位方式，供蔬、果、魚、肉類及其他民生用品集中零售之營業場所。

2.傳統市場：是指設定固定攤位及店舖或僅設置固定攤位，銷售日常生活之物資與物品零售業者集中營業的場所，而其經營形式以一般消費者直接接觸攤商，空間型式為每攤位各自獨立且多為長期發展形成。

而台灣的零售市場又因興辦管理者的差別分為公有市場與私有市場，兩種皆包含在本研究對象之列：

1.公有市場：為經政府核准集中零售農產品、雜貨、百貨或飲食之交易場所，並由相關主管單位管理之。

2.私有市場：以私人興闢都市計畫用地，經政府核准集中零售農產品、雜貨、百貨或飲食之交易場所，並由私人管理之。

研究範圍

本研究先檢視了解零售市場空間範圍、經營型態、都市計劃相關法規、整建維修等，並藉由台北市各公有傳統零售市場相關沿革發展背景，擬定調查計畫進行調查，將整建前後情況比較做為後未來公有零售市場整建時修改的方向和建議。

研究範圍的選定，以台北市為研究地區，對已發展地區既有傳統零售市場進行現況檢討。臺北市共有 12 行政區域，經統計後共計 46 處公有傳統零售市場已整建後的市場共有 8 處。因地理位置方便與多方考量後，研究範圍的選定以西寧市場、士林市場、南門市場、興隆市場作為本研究調查的對象。

四、案例分布與現況描述

	
<p>西寧市場-2015 年重新開幕 整建項目：內部空間及管線整理</p>	<p>士林市場-2011 年重新開幕 整建項目：內部空間、水電及空調</p>
	
<p>興隆市場-2008 年重新開幕 整建項目：內外部空間、天花板、動線</p>	<p>南門市場-2012 年重新開幕 整建項目：內部空間、廁所</p>

本研究自行整理

(一) 西寧市場

位於台北市萬華區，1985 年啟用，因市場老舊、硬體設備不佳、天花板高度不佳、漏水，於 101 年進行整建工程，原為老中央市場、太平市場、永福市場、和平西路地下街及洛陽街拆遷戶等攤商組合而成，目前是臺北市公有三大市場之一，B1、1 樓傳統區營業項目有民生必需品、南北雜貨、豆乾、素食、火鍋料、蛋類、飲食部、自助餐、鮮果、蔬菜、生鮮雞、鴨、魚、牛、羊、豬肉貨品應有盡有一應俱全。顧客群多半為提供中央空廚及總鋪師、餐廳採買為主。另 1 樓百貨區原為中華商場拆遷攤商，專營音響、

電子、電腦週邊商品為主。

(二) 士林市場

位於台北市士林區，1915年啟用，因通風、衛生、環境、公共安全等問題，2006年進行整建，早市蔬果、魚、肉、什貨、百貨等一應俱全；夜市各式聞名小吃，如大餅包小餅、蚵仔煎、士林大香腸、生炒花枝、青蛙下蛋、薑汁番茄等一道道美食，為國內、外遊客駐足之重要觀光景點。且市場週邊大學雲集（如銘傳、實踐、文化、陽明等）、交通暢達，是本市最大日、夜市皆有之公有市場。

(三) 興隆市場

位於台北市文山區，1980年啟用，因市場老舊、公廁髒亂、硬體設備不佳、外牆磁磚掉落等問題，2007年進行整建工程。販售各項生鮮及日用品，為臺北市公有傳統零售示範市場之一。

(四) 南門市場

位於台北市中正區，1906年啟用，因地下室天花板掉落、硬體設備老舊、公廁環境不佳，於2011年進行地下室整建工程。南門市場堪稱臺北市極具規模，貨色相當齊全的市場，分為地下一樓及地上一、二樓共三層，市場一樓以販售加熱即食的熟食菜餚及精緻糕點為主，齊備的南北貨也是消費購買的重點；二樓經營百貨、飲食，提供食衣的需求，舒適的空間規劃不亞於百貨商場；地下一層則以傳統市場型態販售生鮮蔬果、魚、肉等。

五、整建後問卷設計與調查分析

本章依據第三章研究方法所提出的問卷設計與調查針對收集後的樣本進行統計，逐一提出消費者與攤商認為所需改善的地方。

(一) 問卷設計

本研究問卷設計分四大項，問卷題數共 21 題

(1) 基本資料

根據使用者分成攤商與消費者、年齡、性別、職業等問項

(2) 空間動線

空間動線問項主要分為：整建後空間規劃滿意度、整建後空間順暢滿意度、整建後走道寬度加寬滿意度、天花板拆除提高樓板高度滿意度等主要問項。

(3) 設施設備

設施設備問項主要分為：排水溝的洩水坡度、垃圾集中空間採用節能式垃圾冷藏設備滿意度調查、內部環境的空調舒適程度、空間明亮程度、招牌統一滿意度、地板磁磚防滑度等問項。

(4) 環境衛生

衛生環境問項主要分為：市場內部有無腐蝕味、廁所空間有無異味、美食區空間有無油煙味等問題。

本研究分別針對攤商與消費者發放 100 份，消費者與攤商各 50 份，扣除無效問卷 2 份實得有效問卷 98 份

(二) 基本資料分析

受訪者之性別：男性佔了 32%，女性佔 68%顯示主要上零售市場的比例還是由家庭主婦居多，年齡最多分布在 41~50 歲佔 42%其次依序為 51~60 歲佔 26%、31~40 歲佔 21%、30 歲以下佔 11%，其中 30 歲以下大多陪同家長一起同行。

(三) 問卷調查分析

根據市場整體空間重新規畫與動線滿意度調查，有 44%人滿意，非常滿意 40%，以往的零售市場為了要容納更多攤販使原本的行走空間變得狹窄，重新整建後的市場有更寬敞整齊的消費環境是大部分人所認同的。

根據市場內部無腐蝕味滿意度調查，有 39%人不滿意，非常不滿意有 27%、25%人覺得普通，經過實地調查發現，味道最重的為肉品區，而肉品區大多移到地下一樓，使的氣味令人難聞。

根據市場整建後廁所無異味、乾淨度調查，有 54%人為滿意，25%人非常滿意，20%人普通，大多整建後的廁所都有請清潔人員來維護，不管是消費者還是攤商均為滿意。

根據市場整建後廁所間數滿意程度調查，46%人為普通，27%人滿意、21%人不滿意，廁所一直以來就是個問題，太多占用的空間會太大，太少大家又會不夠用，如何取得平衡還有待討論。

根據市場整建後排水溝洩水度與異味滿意度調查結果，有 43%人為普通，36%人為不滿意、14%人為滿意、7%非常不滿意。

根據市場整建後垃圾集中空間採用節能式垃圾暨廚餘冷藏設備滿意度調查(攤販填選)，72%人為滿意，15%人普通、6%人非常滿意、6%人不滿意。

根據市場整建後空調設備舒適度調查結果，有 61%滿意、30%普通、非常滿意 5%不滿意為 4%。

根據市場整建後熟食區油煙味滿意程度調查，有 53%為普通、25%為滿意、13%不滿意、6%非常滿意、3%非常不滿意。

根據市場整建後攤位尺寸/大小/面寬等滿意程度(消費者免填)，有 66%人為滿意，30%人普通、4%不滿意。

根據市場整建後公共走道明亮程度，71%人為滿意、15%人非常滿意、10%普通、4%人為不滿意。

根據市場整建後出入口/公共空間/廁所等空間指標滿意程度，有 46%人為滿意、37%普通、10%非常滿意 7%人不滿意。

根據市場整建後攤商招牌統一滿意程度調查為，有 79%為滿意、非常滿意為 11%、8%普通、2%不滿意。

根據市場整建後乾濕/販賣種類區分滿意程度調查，有 57%為滿意、34%為普通、不滿意為 5%、非常滿意為 3%、非常不滿意為 1%

根據市場整建後走道寬度增加至 3 公尺滿意程度，有 55%人滿意、32%人普通、7%人非常滿意、6%人不滿意。

根據市場整建後地坪磁磚防滑度提高滿意程度，有 61%人滿意、28%人普通、8%

人非常滿意、3%人不滿意。

根據市場整建牆面磁磚更新後滿意程度，有 44%人滿意、35%人普通、15%人不滿意、3%人非常滿意、3%人非常不滿意。

根據市場整建牆面油漆更新後滿意程度，有 44%人滿意、36%人普通、14%人不滿意、3%人非常滿意、3%人非常不滿意。

根據市場整建後將是內舊有天花板拆除提高樓板高度滿意程度調查，73%人為滿意、22%人為普通 4%人非常滿意 1%不滿意

(四) 小結

綜合上述滿意度調查結果發現，從攤商方面，對於空間動線整建方面大致滿意，雖然走道加寬，但仍不影響攤販面積，獲得一致的規劃，讓攤販有個公平性在。設施設備方面攤商對於垃圾集中及廚餘冷凍設備這個項目獲得大多數人的滿意，以往的市場沒有這些設備導致食物、蔬果腐蝕後亂放，導致市場環境髒亂。環境衛生方面，攤商生活必需的公共廁所獲得改善是所有人滿意的項目，以往廁所老舊、髒亂沒進行維護，整建後改善了廁所的通風、衛生設備，讓攤販有個舒適的環境。

從消費者方面，對於空間動線整建，以往買菜常常碰撞到行人，走道加寬至3公尺後，兩旁行人有更流暢的消費環境。設施設備方面，消費者喜歡舒適、明亮的地方進行購物，整建後改善了照明設備，原本灰灰暗暗的場所變得舒適明亮。環境衛生方面，天花板拆除樓板高度提高，讓消費者不再有這麼大的壓迫感，也提高了消費者來的意願。

六、結論與建議

根據問卷滿意度結果得知，零售市場整建後讓消費者與攤販最滿意的如下：

1.空間的明亮度

以前的零售市場因為內部空間不夠明亮，外面的行人不想走進灰灰暗暗的空間裡，經過整建後慢慢往超級市場的風格發展，原本不夠明亮的一樓空間，整建後裝了整齊的電燈，讓人不再覺得暗沉。

2.道路加寬至3公尺

零售市場因整建後，調整了市場內部的空間也是獲得一致的好評，寬敞的行走空間，提升了消費者行走的流暢度，

3.統一整齊的招牌

招牌的一致性，以往的零售市場招牌沒有統一樣式，使消費者看的眼花撩亂，統一後讓消費者能更快讀懂招牌上的資訊，提升消費者的便利性，大大降低了招牌高度落差使人不適應的感覺。

4.舊有天花板拆除提高樓板高度

舊有天花板拆除提高樓板高度後，頭上不再有太強烈的壓迫感，是長期在那邊工作的攤販與消費者認為最有感覺的。

由問卷結果得知，市場的腐蝕味不管是整建前還是整建後一直都存在著，只是以

前市場的肉販與生鮮食品從原本的一樓移至地下室，一樓開始轉賣較多的加工品，使原本一樓就聞到的強烈氣味移至地下，這仍是大多數人不滿意的。

根據上述結果歸納提出以下建議

- 1.零售市場整建應加強生鮮食品與肉品區的通風
- 2.零售市場的廁所間數應與當地市場使用人數增設
- 3.排水溝洩水度與異味，應加強改善

七、參考文獻

- 1.邢志航，「由攤商經營探討傳統零售市場重建規劃成效評核之研究--以台南市已重建之公有零售市場為例」，1993。
- 2.李厚宗，「公共設施市場以獎勵民間多目標使用之理想與實際--以台北市零售市場用地之研究為例」，1992。
- 3.張建一，「台北市零售市場區位之研究—以景美、木柵為例」，1982。
- 4.蔡聰勇，「傳統零售市場之經營與管理」，2007。
- 5.李常生，「以零售市場與攤販經營發展探討公共設施市場用地存在適宜性」，2004。
- 6.溫榮彬，「臺北市公有信義市場改建研究」，(2002)。
- 7.楊淑媚，「以消費者行為探討傳統零售市場發展定位與對策-以台南市為例」，(2002)。
- 8.沈柏廷，「臺北市公有傳統零售市場委外效益評估之研究」，(2012)。
- 9.任立中、林佩瑩，「臺北市傳統零售市場消費型態之分析-分量迴歸模型之應用」，(2012)。
- 10.李文旭，「淺談嘉義市公有零售市場之改造方向」(2008)。
- 11.劉佐人，「市場學原理，中興大學法商學院編印」，1970。
- 12.麥克安德魯，「環境心理學」，五南出版社，1995。