

地板落水器具性能實驗研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國九十三年十二月

093301070000G022

「地板落水器具排水性能實驗研究」

計畫主持人：呂文弘

研究助理：黃信穎

莊閔翔

林信宏

楊智傑

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國九十三年十二月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Experiments on the Performance Evaluation of
Building Floor Drains

BY
WEN-HUNG LU
S.E. HUANG
M.S. CHUANG
S.H. LIN
T.J. YANG

DEC. , 2004

目次

表目錄	
圖目錄	
摘要	
第一章 緒論	
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的與範圍.....	2
第三節 研究方法與流程.....	4
第二章 文獻回顧與排水設計理論探討	
第一節 排水系統相關文獻回顧.....	7
第二節 國內外規範與計算理論探討	11
第三節 排水系統設計與測試方法.....	12
第四節 排水系統流體現象與相關理論.....	15
第五節 建築排水通氣系統與器具性能相關課題初探.....	18
第六節 小結.....	20
第三章 地板落水器具現況課題探討與實驗方法	
第一節 地板落水器具現況課題探討	21
第二節 實驗設施概要.....	24
第三節 地板落水器具性能試驗方法	32
第四節 小結.....	37
第四章 地板落水器具性能實驗解析	
第一節 存水彎水封自然蒸發逸散速率實驗分析.....	39
第二節 地板落水器具水封強度性能試驗.....	43
第三節 設計地板落水器具模型水封強度性能實驗.....	45
第四節 衛生器具排水流率性能實驗	51
第五節 排水立管內最大正負壓力與排水流量變動趨勢分析.....	53
第六節 小結.....	54

第五章 建築排水設計施工專業人士問卷調查分析	
第一節 問卷對象規劃與課題探討.....	57
第二節 問卷結果分析.....	58
第三節 小結.....	64
第六章 結論及建議	
第一節 結論.....	65
第二節 建議.....	67
參考文獻.....	68
誌謝	69
附錄一 審查意見與回應表.....	附錄 - 1
附錄二 建築排水系統與衛生器具設備相關試驗方法與程序.....	附錄 - 2
附錄三 排水立管氣密性能試驗程序說明書.....	附錄 - 4
附錄四 地板落水器具存水彎水封蒸發逸散速率觀測試驗方法	附錄 - 10
附錄五 地板落水器具存水彎水封強度試驗方法	附錄 - 13
附錄六 衛生器具排水流率試驗方法	附錄 - 19
附錄七 建築排水專業設計施工人士問卷調查表	附錄 - 25
附錄八 集合住宅排水立管系統排水能力試驗法	附錄 - 27

表目錄

表 2-1-1 排水通氣系統研究文獻.....	10
表 2-2-1 住宅排水衛生設備相關國家標準彙整	11
表 2-3-1 建築排水系統性能理論研究之演變	14
表 3-1-1 本研究實驗用落水器具規格一覽表	23
表 4-1-1 設計實驗用落水器具規格與自然蒸發速率實驗結果一覽表	42
表 4-3-1 實驗用落水器具規格一覽表	45
表 4-6-1 未來衛生排水實驗設施可供建築排水相關研究課題.....	55
表 5-2-1 使用者對專業人員之問題回饋之比例	60
表 5-2-2 專業人員對回饋問題提供協助維修之比例	61
表 5-2-3 專業人員對回饋問題採取拆除更換之比例	62
表 5-2-4 專業人員對回饋問題表示無法處理之比例	63

圖目錄

圖 1-2-1 研究流程.....	3
圖 2-4-1 建築排水立管內排水流體現象概念圖.....	17
圖 2-4-2 垂直立管管內壓力預測模式分區概念圖.....	18
圖 2-5-1 衛生管路排水實驗塔現況.....	19
圖 2-5-2 衛生管路實驗平台與移動平台.....	19
圖 2-5-3 中高層排水實驗塔.....	19
圖 3-1-1 浴室地板落水器具分解構造.....	21
圖 3-1-2 戶外地坪落水構造.....	21
圖 3-1-3 陽台地板雨水排水立管及落水口.....	22
圖 3-1-4 屋頂雨水排水立管頂部落水口.....	22
圖 3-1-5 公共廁所地板落水器具使用現況.....	22
圖 3-1-6 落水器具實驗樣品一覽表.....	23
圖 3-2-1 衛生管路實驗場空間建置前概況.....	25
圖 3-2-2 衛生管路實驗設施構成圖.....	25
圖 3-2-3 衛生管路實驗設施各層構造圖.....	26
圖 3-2-4 衛生管路實驗排水立管系統圖.....	26
圖 3-2-5 實驗平台設施構造圖.....	28
圖 3-2-6 驗平台設施照片.....	28
圖 3-2-7 實驗設施立管管路正向構造圖.....	29
圖 3-2-8 氣密試驗結果.....	29
圖 3-2-9 不同立管系統內空氣壓力分佈比較圖.....	31
圖 3-2-10 器具排水性能試驗裝置安裝示意圖.....	31
圖 3-3-1 器具存水彎水封重量量測操作與記錄程序.....	33
圖 3-3-2 落水器具水封強度測試程序.....	34
圖 3-3-3 落水頭水封變動實驗流程.....	34

圖 3-3-4 衛生器具排水流率實驗設施	35
圖 3-3-5 衛生器具排水流率測定裝置	36
圖 3-3-6 小水量排水量測水槽規格 (面盆及馬桶用)	36
圖 3-3-7 大水量排水量測水槽規格 (浴缸用)	36
圖 4-1-1 No.1 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	39
圖 4-1-2 No.2 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	39
圖 4-1-3 No.4 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	40
圖 4-1-4 No.5 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	40
圖 4-1-5 No.6 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	40
圖 4-1-6 No.7 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	41
圖 4-1-7 No.8 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	41
圖 4-1-8 No.9 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖.....	41
圖 4-1-9 落水器具蒸發面積與水封蒸發量關係圖.....	42
圖 4-2-1 T Sample 水封強度試驗結果.....	44
圖 4-2-2 No.4 Sample 水封強度試驗結果.....	44
圖 4-2-3 H Sample 水封強度試驗結果	44
圖 4-3-1 設計地板落水器具模型.....	45
圖 4-3-2 Type A 透明地板落水水封強度試驗結果	46
圖 4-3-3 Type B 透明地板落水水封強度試驗結果	47
圖 4-3-4 Type C 透明地板落水水封強度試驗結果	47
圖 4-3-5 Type D 透明地板落水水封強度試驗結果.....	47
圖 4-3-6 TypeE 透明地板落水水封強度試驗結果	48
圖 4-3-7 Type F 透明地板落水水封強度試驗結果.....	48
圖 4-3-8 TypeG 透明地板落水水封強度試驗結果.....	48
圖 4-3-9 Type H 透明地板落水水封強度試驗結果.....	49
圖 4-3-10 有效水封深度與水封強度關係圖 (負壓區)	49
圖 4-3-11 有效水封深度與水封強度關係圖 (正壓區)	50

圖 4-4-1 浴缸排水流率實驗結果.....	51
圖 4-4-2 馬桶排水流率實驗結果.....	52
圖 4-4-3 洗面盆排水流率實驗結果.....	52
圖 4-5-1 排水負荷與管內最大負壓規模關係圖（負壓區）.....	53
圖 4-5-2 排水負荷與管內最大負壓規模關係圖（正壓區）.....	53
圖 5-2-1 國內專業設計人員高層建築設備設計經驗問卷調查結果.....	58
圖 5-2-2 國內專業設計人員排水系統設計思考模式分析結果.....	58
圖 5-2-3 國內建築排水設計專業人員參考法令規範現況.....	59
圖 5-2-4 特殊接頭排水設備設計經驗.....	59
圖 5-2-5 通氣閘設計經驗.....	60
圖 5-2-6 使用者對專業人員之問題回饋分析結果.....	61
圖 5-2-7 專業技術人員協助進行維修項目的分析結果.....	61
圖 5-2-8 專業技術人員建議拆除更換項目的分析結果.....	62
圖 5-2-9 專業技術人員評估無法處理項目的分析結果.....	63

摘要

關鍵詞：地板落水頭、建築排水、住宅、排水系統

一、研究緣起

2003 年 SARS 疫情肆虐全球，從亞洲、美洲到歐洲各地無一倖免，而建築物排水通氣系統被認為是一個病毒在建築物內傳遞的可能途徑之一；地板落水雖然建築排水設備中的一個小零件，但其排水性能的好壞卻直接影響到居住使用者的健康與安全衛生。為因應國人對綠建築全面品質提升之關心與重視，落實衛生設備之設計規劃概念，必須先解決隱藏且容易被忽視之排水系統的性能問題，以提升居住生活環境品質。

二、研究方法及過程

依據文獻及建築物現場初步調查顯示，台灣地區常用的建築物地板落水器具包括直落式排水支管存水彎型、鐘型存水彎型、浮球型及重力檔板型等，部分建築物修繕過程中所更新的地板落水甚至為考量設置存水彎，以致污水排水管系統內之污染空氣逸散至室內，或昆蟲、蟑螂等侵入室內，影響建築物使用之健康性。本研究擬先調查蒐集國內常用之地板落水器具，依其排水功能彙整分類，以探討其排水性能；其次，利用本所已建置完成之衛生館路實驗設備施與開放建築實驗設施進行地板落水器具之排水性能試驗，包括存水彎水封水量計算、存水彎水封深度量測、有效排水斷面積估算、水封散失速率觀測及存水彎水封破壞實驗研究等，以確立各項地板落水器具的性能優劣，未來並可提供作為設計業界或使用者雪用之參考依據。

1. 檢討既有建築物地板落水器具之使用與維修問題及對策。
2. 實驗解析地板落水器具之排水性能，並比較不同型態設計之器具排水流暢性與排水橫管排流能力。
3. 檢討衛生器具的排水流率，以實驗設施驗證相關基礎性能數據，作為設計評估的計算依據。

三、重要發現

(一) 地板落水器具水封自然蒸發逸散的性能試驗：

本研究針對落水器具水封自然蒸發逸散的性能進行實驗觀測計畫，獲致簡易水封水量自然蒸發逸散推估模式，將可提供作為設計與確保居住衛生健康性能的評估工具。

(二) 地板落水器具存水彎水封強度性能試驗：

參考相關文獻與現有落水器具之設計規格，建立地板落水器具模型，以落水器具的內外口徑、水封深度、有效水封深度及排水路徑尺寸等為變因，於控制排水負荷流量的實驗條件下，逐一解析存水彎水封強度性能與水封深度的相關性，並提出水封強度與水封深度之推估關係公式，可作為設計開發之評估參考工具。

(三) 排水立管空氣壓力變動峰值與排水負荷量的推估模式

藉由衛生器具性能實驗的操作，本研究亦推演獲得透過在建築物排水立管內空氣壓力峰值與各排水負荷流量的線性關係。

(四) 衛生器具排水流率的探討

本研究針對建築物內常設衛生器具，包括馬桶、浴缸及面盆等，規劃完成合宜的性能實驗設施，並進一步提出個別器具排水流率的研究成果，對於排水設計之負荷計算檢討，將提供另外一個可行的性能評估方法。

(五) 建築排水系統設計業界現況與常見問題之調查分析

透過排水系統設計與施工專業人士的問卷訪查，本研究發現國內在建築排水的相關規範與技術研發上，仍有極大的提升空間，尤其是在國際間新設計理論技術與規範，以及對於可有效提升系統或空間性能的新設備或器具資訊，尚無適當的管道與訓練機制可以傳遞到專業人員的執行經驗中，大都還是依循既有經驗與不合時宜的設計規制。

四、主要建議事項

- (一) 市售地板落水器具的性能，對照國際規範與本研究的實驗結果發現，器具存水彎水封深度都在性能需求以下，無法在一般排水負荷情況下有效發揮阻絕臭氣與害蟲侵入室內的基本功能；同時在一般室內氣候條件下，器具存水彎水封水量明顯不足，自然蒸發至破封為止的實驗結果發現，水封可維持時間約在一週以內。目前一般建築物內大都以拖地方式進行清掃，衛浴設備也朝向乾濕分離的區劃方式設計，如果未詳加檢討地面設置地板落水器具的需求，則地板落水器具將是造成室內環境污染的一項隱憂。設計者必須充分考

量其設置需求，或是選用性能較佳且與建築構造可以整合的含存水彎器具，並要求使用者注重日常維護管理，以確保居家室內之衛生與健康。

- (二) 國內的專業設計或施工從業人員普遍呈現在職教育的不足問題，同時業界亦缺乏新資訊的傳遞平台，對於新技術理論的引用意願較為低落。在國內陸續投入建築排水相關研究的同時，主管機關與專業團體公會等應廣泛辦理推廣教育訓練，同時積極嘗試採用新設計或器具，以提升整體專業技術之水準。
- (三) 本研究在執行計畫過程中，針對國內建置之實驗設施項目與排水系統發展課題進行對應分析，除本年度執行中的器具性能實驗與另案辦理的污水排水立管性能實驗研究、污物搬送性能檢討課題外，提出亟待辦理的研究課題，建議持續投入研究資源與人力，儘速研擬提出適合台灣地區建築空間特質與使用經驗的新技術規範與器具研發基準。

ABSTRACT

Keywords: Floor Drain, Building Drainage System, Testing Method of Sanitary

The most important function of architectural drainage systems is to allow the contained materials to free-fall into the collection area with the help of gravity. To make sure that the drainage system can carry the materials with ease is an important subject that cannot be neglected. The architectural drainage system within a building affects the healthiness and comfort of our living environment greatly. Improper sanitary equipments and vertical drainage stack design can easily affect the performance of the drainage pipes. In effect, the sanitary equipments can no longer contain the trap and therefore diseases, such as SARS that just took place not so long ago, can transmit along the pipes to different parts of the building. Taiwan and Hong Kong are the living examples in this case, especially in the case of TaoDa community in Hong Kong. Researchers realized that the SARS virus was passed to the whole community through the sanitary drainage system. From these, we can see that we can no longer ignore the hidden problems related to the performance of architectural drainage system.

The major focus of this research is the experiment about the floor drains used in Taiwan. To determine the performance of each floor drain, we study the vaporizing rate of the trap seal water and the seal water strength by the experiment tower established in Taiwan by ABRI. There developed some kinds floor drain for variation control in this research. In addition, we would like to setup the instrument for flow rate testing of sanitarities. In the next, we investigated the designs and feedback problems by users from some professional technicians. Finally, the tendency of seal water vaporizing rate and the relation between seal water depth and strength had been confirmed in this paper. At the same time, part of the performance testing methods and processes for the sanitarities, such as basin, toilet, bath tub, and floor drain, had been confirmed. With the results of the experiments and investigation, we are going to deliberate proper methods and standards that suit our technical developments and sanitary testing for architectural drainage systems.

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

建築物排水系統最重要的功能在於使排水管內藉著重力作用而自然流下的污水、雜排水或污物，能順利無障礙地搬送排除到戶外或進入外部環境排水系統。如何確保建築排水系統能夠順利排放污水及污物，在國際間已是不可忽略的重要課題。建築物排水系統的設置攸關建築居住環境的健康性與舒適性，不良的衛生器具與排水立管系統設計非常容易產生排水通氣性能的缺失，經常出現衛生器具存水彎破封以致污染衛生環境。

2003 年 SARS 疫情肆虐全球，從亞洲、美洲到歐洲各地無一倖免，而建築物排水通氣系統被認為是一個病毒在建築物內傳遞的可能途徑之一^[1]；地板落水雖然建築排水設備中的一個小零件，但其排水性能的好壞卻直接影響到居住使用者的健康與安全衛生。為因應國人對綠建築全面品質提升之關心與重視，落實衛生設備之設計規劃概念，必須先解決隱藏且容易被忽視之排水系統的性能問題，以提升居住生活環境品質。

我國建築物排水通氣系統大多數採用排水與通氣立管分管之二管型式設計施作^{[2][3]}，多數沿用國內久未更新之技術法規與設計規範，僅部分設計案例引用國外設計規範與新技術，致整體建築物排水性能缺失無法獲得有效解決；目前國家標準雖有衛生器具國家標準之相關性能檢測方法，但整體排水系統的排流性能評估標準則尚待相關研究深入探索。

內政部建築研究所 2003 年 11 月於台南性能實驗群建置完成可模擬五層住宅建築排水系統之實驗設施，本研究擬藉由流量控制，評估空氣壓力變動量測與水封水位變動量測，釐清我國常用排水通氣系統的使用問題，以作為國內設計技術提升與研擬系統問題對策的參考^{[4][5][7]}，並建立未來推動衛生器具性能認證及研發新設備、新技術的研究基礎。最後，綜合檢討建築排水設備的現況問題，並透過實驗解析驗證相關試驗標準與法規規定，研提測試方法與程序，累積本土化的基礎資料。

第二節 研究目的與範圍

本研究首先蒐集國內外研究文獻與相關規範，彙整建築排水通氣設備設計方法與衛生器具性能試驗方法。其次，本研究收集國內常用的落水器具，包括地板落水器具、一般含存水彎功能落水器具等，從基本構造尺寸規格進行比較，並利用本所衛生管路實驗設施進行樣品之性能試驗，分為基本水封自然蒸發逸散速率觀察量測及落水器具水封強度性能試驗等二大項，以檢核各類落水器具之性能是否切合建築排水系統的基本設計目標，並與國內有關建築排水立管實驗成果比較分析，檢討其適用範圍或性能良窳。^{[8] [9]}

依據文獻及建築物現場初步調查顯示，台灣地區常用的建築物地板落水器具包括直落式排水支管存水彎型、鐘型存水彎型、浮球型及重力檔板型等，部分建築物修繕過程中所更新的地板落水甚至為考量設置存水彎，以致污水排水管系統內之污染空氣逸散至室內，或昆蟲、蟑螂等侵入室內，影響建築物使用之健康性。

本研究擬先調查蒐集國內常用之地板落水器具，依其排水功能彙整分類，以探討其排水性能；其次，利用本所已建置完成之衛生館路實驗設備施與開放建築實驗設施進行地板落水器具之排水性能試驗，包括存水彎水封水量計算、存水彎水封深度量測、有效排水斷面積估算、水封散失速率觀測及存水彎水封破壞實驗研究等，以確立各項地板落水器具的性能優劣，未來並可提供作為設計業界或使用者雪用之參考依據。^{[8] [9]}

同時，本研究參考設計出透明壓克力地板落水器具的實驗模型，依據不同的口徑、水封深度及有效水封水量等條件，進行實驗實作對照分析，嘗試解析出其性能影響因子，以比對台灣常用落水器具之性能及其現況問題之發生原因，除可作為設計者或使用者採用之參考外，並可作為研發高性能落水器具的基礎。內政部建築研究所衛生管路實驗設施及開放建築實驗平台 2003 年 11 月於台南性能實驗群建置完成，為可模擬五層住宅建築排水系統之實驗設施，基本設施性能已由本所另案確認可行。^{[7] [8] [9]}

本研究首先利用開放建築實作區的浴廁空間，進行落水器具實體樣品的自然蒸發逸散速率觀測，利用連續週期的殘重量測紀錄結果，解析其水

封蒸發損失的模式；其次，以五層排水實驗塔的定流量排水流入排水立管內所產生的空氣壓力變動為壓力源，逐一針對最大壓力變動位置進行樣品水封強度性能測試工作，量測壓力變動與水封震動的實驗數據，配合影像紀錄進行水封破封的現象分析。本研究的研究內容，除利用排水實驗設備解析不同落水器具的排水性能外，透過實驗操作的檢討，配合參考國外的相關實驗方法，另將逐步建立國內可行之試驗方法，本研究流程如圖 1-2-1 所示。

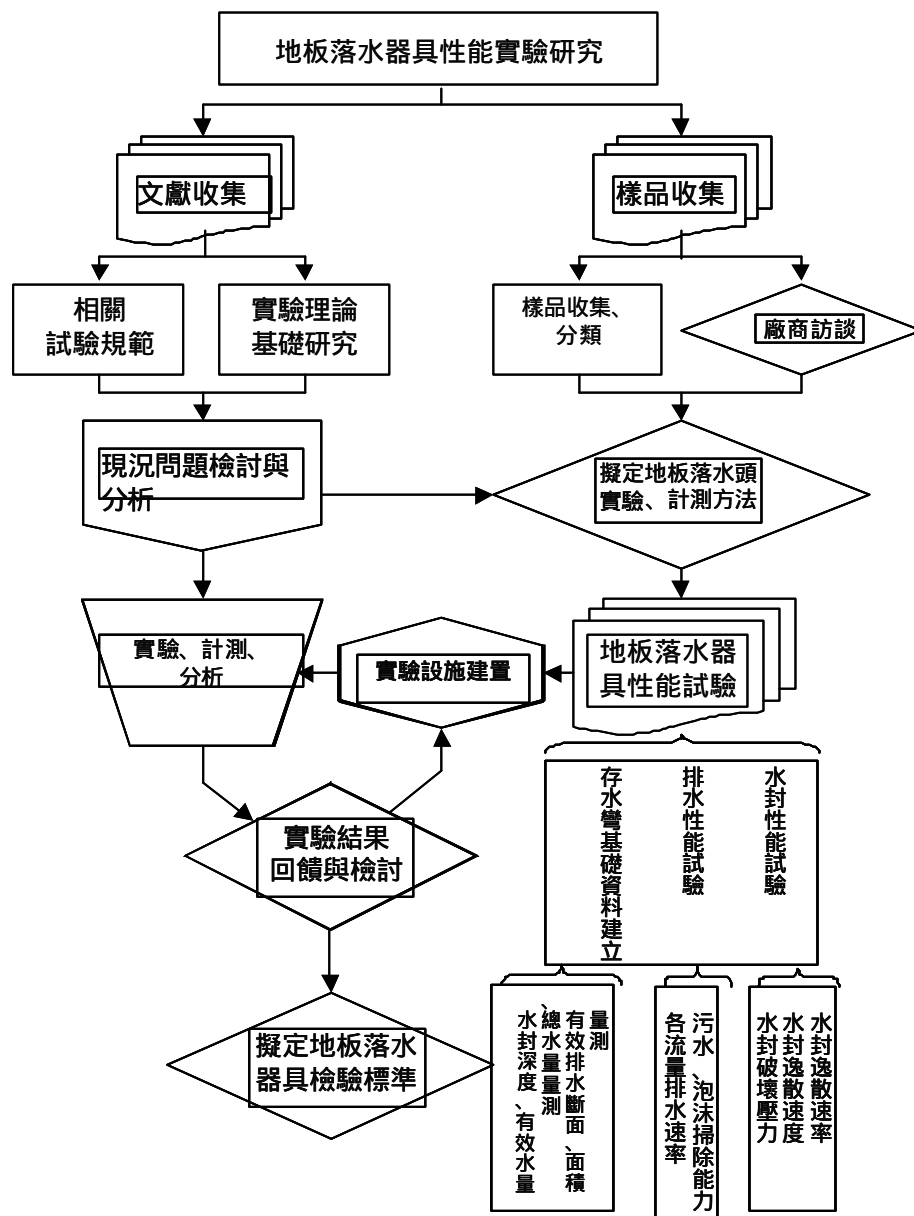


圖 1-2-1 研究流程

第三節 研究方法與流程

本研究從釐清國內建築排水通氣系統與衛生器具設計與使用現況問題的回饋分析著手，檢討排水器具性能與新開發衛生器具對整體的性能影響，利用實體排水系統模型作為基礎，解析驗證排水行為對管內空氣壓力變動影響的趨勢，並逐步檢討衛生器具性能驗證的方法與程序。同時透過文獻回顧預計將彙整各項排水設計理論與解析方法之發展現況，並蒐集比較國內外相關設計法令或管制規範基準，並導入國外相關設計規範之精神，評估排水系統性能評定之可行建議方案，茲將本研究之主要研究方法、內容及執行步驟說明如下：

1. 文獻回顧與排水系統設計理論探討

既有建築給排水設備系統相關文獻顯示，歐美、日本等已對建築排水系統發展相關課題與技術進行研究，並探討排水系統之設計方法與解析理論。排水系統理論體系之課題主要包括通氣管部之通氣流量計算、水平橫支管與接頭之流體現象、垂直立管部之流體現象與管內壓力分佈、水平橫主管之搬送理論以及存水彎之水封與壓力變動理論等，在評估相關設計理論之同時，也將初步探討相關性能試驗與驗證研究方法，以為推動實驗解析工作的參考準則。

2. 蒐集驗證既有市售地板落水器具之基本性能

國內中低層住宅建築相當普遍，此規模之建築物在排水通氣系統規劃上經常發生問題，特別是在排水立管的設計上造成衛生器具存水彎水封破壞或排水性能不佳的情形最被一般使用者所不能容忍。本研究除彙整使用階段衛生器具發生排水不良或存水彎破壞污染室內環境的可能因素外，另擬從既有設計法令或設計規範基準中進行檢討，如現行建築技術規則中有關建築排水相關規定，嘗試搜尋可能形成不良設計的項目，包括器具排水負荷量評估，並與國外規範或基準內容比較，以作為規劃住宅建築排水器具設計或選用之性能評估方法依據。

3. 利用既有實驗設施建構實體模型進行衛生器具性能試驗與評估

實體模型之排水實驗研究在國外已行之有年，而排水系統計算理論體

系中，以垂直立管之流體現象最為複雜，因而受到國外研究學者普遍之重視。因此，本階段之研究工作重點，係採用實體模型中管內空氣壓力變動模式具再現趨勢的單管排水立管系統作為實驗基礎，控制排水流量及負荷樓層等，逐步檢核可行之試驗方法，查核衛生器具存水彎水封破壞的壓力規模與發生位置，確立未來設計查核的重要項目，規劃性能測試之標準作業程序；此外，並利用既有開放建築衛生空間實作設施之空間，進行地板落水器具的水封自然蒸發逸散速率觀測實驗，評估一般市售地板落水器具的水封蓄存時間，以比較分析在建築構造與配管系統之間所面臨的設計介面課題。

4. 實驗解析及驗證分析

透過另案研究及設施的驗收作業，本研究所採用之衛生管路實驗設施，其基本性能已獲得驗證，如實驗用水供給狀況、壓力感知器和風速計與計測儀器間的訊號聯繫、整個實驗塔的氣密性測試；其次，並針對各項排水負荷的實驗，包括探討不同負荷流量與不同負荷樓層位置形成排水立管內空氣壓力變動與分佈的情形、通氣管內風速和流量，檢討衛生器具之基本排水性能測定程序。

5. 建築排水專業設計施工人員問卷調查分析

本研究為釐清國內建築排水設計與施工業界對於法令依據、設計參考資料來源、新開發器具設備以及使用者對排水設備或系統的回饋問題與解決對策之思考方向，另規劃以專業設計或施工人員為主的問卷，以瞭解並呈現業界所面臨的問題，做為政策規劃與基礎研究的重要指標。

第二章 文獻回顧與排水設計理論探討

第一節 排水系統相關文獻回顧

依據毛犖先生^[1]研究成果指出，香港住宅社區發生 SARS 感染的可能因素包括：排水系統臭氣阻絕失效、給水污染、通風不良及蟲鼠侵擾等，台灣建築構造產生環境衛生問題應特別加以重視分別檢視。而香港淘大社區調查報告指出：「大部分住戶清潔浴室地面時，慣性以拖把抹地而不是用水沖洗，所以大部分連接地板排水口的 U 形存水器（存水彎），很可能因乾涸而未能發揮隔氣作用」。

該研究並指出，國內目前習慣作法在馬桶、小便斗、洗臉盆、流理台及浴缸均依照規定設置存水彎，唯地板落水頭之排水管由於樓板厚度不足裝設存水彎，作法之一為將排水管設於樓板下方；或者將排水管理在樓板內，而不做存水彎。前者有排水噪音的困擾，後者產生不能阻隔臭氣的問題。結論亦針對淘大花園社區感染事件分析報告所提排水系統造成污染因素：存水彎失效及管線破損，在設計及使用管理上應加以注意。尤其必須針對存水彎失效的原因，如虹吸作用、迴壓作用、毛細管作用、蒸發作用等。^[1]

給排水衛生系統之發展約可回溯至一個世紀前之英國，當時系統的雛形是以上下水管道為基礎結構，而給水系統運用直結方式或接水槽方式；熱水供給系統則是採用多種熱源，排水系統採用水封機構。而人類的生活習慣發生變化，約是在鼠疫及十八世紀的產業革命之後，在屋內設置用水衛生器具的設計變革是促成近代給排水衛生系統形成的主要動力。在給水系統的發展過程中，供(熱)水系統的對象是以物體性質單一之清水，而輸送形態是壓力送水（滿流）方式，故於設計上能用一般的流體力學，因而在建築物給水利用之對策方面較為簡單；然而，在排水系統方面，搬送的對象是污雜物體不一之污水，輸送方式為非壓力送水（非滿流）；此外，還必須設置考慮防止管內污濁氣體外漏的機制，因此，要掌握管內的實際情況較為困難，故於設計上主要為憑藉經驗的累積。而為了防止管內的污染氣體與病媒蚊蟲侵入室內，人們採用了結構形式具有多種式樣之存水彎(trap)裝置，大致上可分為水封式和機械式，因機械式長期使用後易產生故障，因

而未被廣範應用，而不含機械可動機置的水封式則被延用至今。^{[2][3][4][5]}

在二十世紀初期，英國所建立的給排水技術體系，是以中低層建築為主。而在美國，為了防止給排水管路在寒冷的氣候下結凍，均要求排水系統的設計必須安裝在室內，而在超高層建築的建築規劃中，配管空間的問題成為重要之設計重點，因此美國開始嘗試建立新的設計理論，所以各國在設計的經驗與理論上略有不同。而在美國國家給排水配管規範中（National Plumbing Code, 1955），排水橫管的管徑、斜率等為參數而求其排水量，再以排水立管的管徑、流速為參數而求其排水、通氣流量的計算方法等，經過長時間的研究發展與實驗後，其研究成果均被大量匯集與總結收錄。此外，關於存水彎的封水強度，是以非機械式、非隔壁構造的形式作為存水彎之標準模式，在封水強度方面規定 50mm 為最小的封水深度，而管內壓力相對於最小封水深 50mm 的存水彎，其壓力允許值為 245Pa (25mmAq)，根據通氣方式而規定排水橫管、排水立管的充水率。至於防止因自我虹吸作用而產生的破封的問題，則以設置通氣管應對。^{[2][3][4][5][7]}

美國的先進技術大約從 1920 年開始被介紹到日本，而在二次世界大戰後期，日本在參與駐日美軍的軍事設施建設的過程中，以及因應東京奧運會的來臨，集合住宅大量建設等影響，激發起吸收美國在該領域的先進技術之決心，亦加速日本技術標準制定工作的速度。因此，日本國內第一部建築給排水規範 HASS 206 於 1967 年被制定出來。而 HASS 206 是以美國的 NPC 為範本轉換而成，其間經過歷次修改，目前內容已逐漸充實並更適應日本國情。^{[2][3]}

自 1960 年起，全球集合住宅的興建逐漸增多，而在排水系統上，伸頂通氣的排水系統方式雖可應用於低、中層建築物，但是對於高層建築物，其排水能力易出現問題。1960 年代末期，具有創新意義且能使排水能力大增的單一立管系統（SOVENT 管接頭）問世，1970 年代初期開始引進日本，同時間，多種類似系統之產品相繼開發成功，故此類產品於高層集合住宅、飯店建築上被廣泛採用，這類系統被稱為特殊管接頭排水系統。^[3]其設計方法因要領而有所不同，當時美國並無使用此類特殊管接頭排水系統，因此較缺乏理論分析基礎，而日本在引進此系統之後，獨自研發設計方法。在此前提下，“排水通氣小委員會”、“集合住宅排水系統小委員會”所屬的日本空氣調和、衛生工學會的給排水衛生系統委員會，在都市基盤整備公團和

各生產廠商的協助下，制訂出(HASS218) 草案，內容明訂，集合住宅排水立管系統的排水能力試驗法。經規格委員會的“集合住宅排水系統的排水能力試驗法小委員會”的審查後，於 2000 年正式制定完成。同時納入 HASS206 的修訂版本，確立了排水能力和設計法的關係。^[5]

日本明治大學? 上恭助教授等曾針對建立存水彎性能實際評估方法進行研究，應用實驗數值利用轉換裝置將壓力再現，並釋放至測定存水彎樣本，以分析排水管內空氣壓力與水封振動模態，同時也開創評估自然振動頻率與逆流水流影響性的直角模型存水彎，配套提出存水彎水封自由振動實驗研究方法。實驗裝置係模擬 32 層高度的建築物排水立管，存水彎水封性能實驗儀器的再現性透過 108 公尺超高層排水實驗塔的定常流量排水實驗實測數據紀錄資料比對進行驗證，包括存水彎水封水位及空氣壓力變動。在? 上教授提出該成果之前，係以最小壓力值作為評估排水系統阻抗空氣壓力性能的指標。^[16]

檢視台灣歷年建築排水領域相關研究，建築排水系統設計方法與法另規範部分，沿用美國或日本方面之規範技術資料居多，同時相關基礎與調查研究正逐步累積當中，並局限於使用後評估調查與定性檢討之研究，實驗性與基礎理論之研究幾乎闕如，缺乏台灣地區排水通氣系統上的本土問題解析、對策評估及對應策略之規劃。

國內曾於 1987 年嘗試引進日本給排水衛生設備規準 同解說 HASS 206 及美國 National Plumbing Code，規劃給排水衛生設備技術規範草案，內容涵蓋機器材料與施工、排水負荷設計計算及試驗檢查等，並參酌台灣本地實際需求，以對應自規劃設計開始至施工檢驗完成之各階段中，各專業技術人員的不同需求；惟未將本草案見諸法制化，以致大多數實際案例之建築排水通氣設備設計，仍依循建築技術規則相關規定而設計，部分則將前述國外各類規範的指針內容納入參考。^[2]

由於本研究牽涉到排水通氣系統的課題，因此必須瞭解有關於排水系統的過往發展，及國際間對於排水通氣的相關研究和發展方向等文獻之探討與回顧，而表 2-1-1 即為排水系統相關研究文獻的彙整，包含近年系統、實驗、調查、課題探討與研究成果等。

表 2-1-1 排水通氣系統研究文獻^{[4] [7]}

1.排水通氣系統的設計理論與系統分類相關研究和論文：	
a.	? 上恭助，2001，排水系統的現狀和課題，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。內容包括給排水系統形成、發展等歷史回顧與現狀課題探討、展望等。
b.	中華民國建築學會，1987，給排水衛生設備技術規範，中華民國建築學會編。內容包括給排水負荷設計計算、材料與施工及試驗並有排水系統分類的定義。
2.排水通氣設備性能實驗相關研究：	
a.	須田宗夫，前田良隆，? 上恭助，2001，建築排水實驗的量測系統，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。內容包括排水實驗計測系統建置與實作。
b.	空氣調和 衛生工學會，1999，集合住宅排水立管系統的排水能力試驗法 同解說 HASS-218，空氣調和 衛生工學會編。內容包括排水試驗標準。
c.	鄭政利，1995，超高層住宅重力式排水系統管內壓力預測之研究，東京大學建築專攻工學博士論文。內容包括單管式系統排水實驗與通氣理論解析。
3.排水通氣系統調查相關研究與問題檢討：	
a.	杜功仁，2001，台灣集合住宅浴廁給排水配管方式之比較研究，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。包括國內給排水配管的方式和做法等。
b.	江哲銘，1995，集合住宅管線系統調查與設置準則之研究，中華民國建築學會，內政部建築研究所委託。包括配管和設備設置、現況調查和問題探討。
4.排水通氣設備展望的相關研究：	
a.	? 上恭助，2001，排水系統的現狀和課題，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。包括排水系統的動向和國際間的展望。
b.	仲石正雄，河村憲彥，2001，特殊接管排水系統的技術特性與未來動向，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。包括單管式系統相關研究技術。
c.	楊逸詠，1998，建築構法在綠建築中技術之應用，內政部建築研究所。
d.	上田筆利，2001，排水通氣閥的性能與適用性，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。本文包括通氣閥的構造、機能和通氣性能的實驗。
e.	清水康利，高良佳充，松下幸之助，後藤文?，2001，廚餘絞碎機（鐵胃）用於建築排水系統的性能，亞洲地區建築給排水國際研討會論文集。
f.	日本廁所協會，2000，第十六回全國廁所研討會資料集，日本廁所協會編。

第二節 國內外規範與計算理論探討

我國建築技術規則建築給排水通氣系統相關規定管制內容包括：設計通則、施工試驗、配管材料（應符合國家標準）、排水管管徑及洩水坡度、管路配置之注意事項、排水負荷之器具單位負荷計算標準、排水管路清潔口、存水彎之設置位置、通氣管之型式與設計管徑之計算及排水中固體或污染物之截留或清除裝置等，對於排水立管與橫主管的排水通氣性能或評估試驗法，目前則尚無規範。然前述現行規定自民國 63.2.15 發布施行，迄今已逾三十年尚未有修正更新，對應新技術、新設備的快速發展，實已無法滿足現況之需求，同時亦缺乏相關必要之設計規範或基準。因此，國內相關專業技術人員除依既有建築管理法令及下水道法相關規定執行設計業務外，參考沿用美、日各國規範者亦屬眾多。各國應用普遍的排水通氣系統設計規範則有 National Plumbing Code、International Plumbing Code(1995.01)、給排水衛生設備規準 同解說 HASS-206 (2000)等。^[2]

而在建築排水通氣設備相關之國家標準規範方面，除已普遍商品化之衛生器具其性能與試驗法標準較為周全外，性能評定標準部分則僅有住宅用設備組件之排水試驗法及耐濕與防水試驗法等，但是仍僅屬配管或器具構件部分之規範標準，且標準制定時間亦已久遠，對於建築規劃與設備系統設計、施工及性能驗證需求，並無實質幫助。至於有關建築排水通氣系統性能標準或試驗方法，則尚無相關國家標準被提出或制定。現行國家標準有關衛生器具及配管與配件之標準項目極少。

表 2-2-1 住宅排水衛生設備相關國家標準彙整^[2]

標準編號	標準名稱	制(修)訂時間
CNS 5957 A3106	住宅用設備組件之排水試驗法 (Method of Test for Drainage of Equipment Units for Dwellings)	1980.08.13
CNS 5957 A3107	住宅用設備組件之振動試驗法 (Method of Test for Oscillation of Equipment Units for Dwellings)	1980.08.13
CNS 5957 A3108	住宅用設備組件之強度及耐久性試驗法 (Method of Test for Strength and Durability of Equipment Unit for Dwellings)	1980.08.13
CNS 5957 A3110	住宅用設備組件之保溫及隔熱試驗法 (Method of Test for Heat Insulation of Equipment Units for Dwellings)	1983.07.11
CNS 5957 A3112	住宅用衛生設備組件之耐濕及防水試驗法 (Method of Test for Moisture - proof and Water - proof of Sanitary Unit for Dwellings)	1980.08.21
CNS 4439 A1021	住宅用衛生設備組件模矩尺度 (Modular Co-ordinating Sizes of Sanitary Units for Dwellings)	1991.03.15

有關美、日在排水性能標準及相關器具標準的發展，目前已進入成熟之應用推廣階段，本研究將於後續研究過程中，陸續收集參考相關規範及標準項目，並參酌台灣地區的發展特性，期能有效導入其發展經驗，並提升本土建築排水研究與設計水準。

第三節 排水系統設計與測試方法

歐美給排水系統研究在設計規範方面，起步較日本早，而其排水通氣系統理論，則由國家給排水配管規範 NPC (National Plumbing Code) 收錄整合，成為世界上重要的參考資料。早期設計理論是依據 1928 年的胡佛規範 (Hoover Code) 為標準，此規範在 1940 年參考 Hunter 與 Wyly 的部分研究成果做為修訂依據，並於 1955 年頒佈後施行至今。^{[2][3][5][10][11]}

早期排水系統設計方式是以限制排水管容許流量上限做設計，參照理論做計算的模擬與檢討。在美國是以排水器具單位 (Fixture Unit) 進行預測排水流量以決定排水管應設計多大管徑。排水管容許流量設計時檢討的管路包括水平橫管、垂直立管、通氣立管等。在水平橫管與垂直立管理論方面，最早為 Dawson-Kalinske(1939)引用曼寧(Manning)的公式推導出計算模式，而後垂直立管計算理論再由 Wyly-Eaton(1952)推導出立管終端流速理論。^{[3][5]}立管終端流速理論據便利性但缺乏對於排水管內之流體特性解析及對管內空氣壓力變動探討。

其後日本所提出的給排水設計規範 HASS-206 早期仍以排水器具單位法做管路設計規劃。爾後則針對排水管內之流體特性及管內空氣壓力變動研究，提出定常流量法再修訂設計規範。日本所給排水設計規範修正流體特性與同時使用率等問題使其與器具單位法有所區別。

建築物給排水系統由於是採行重力式排水，在排水立管內的變動是由空氣、水流、污物等交互作用，是混相的流體現象。由於受到重力的條件限制，在立管方面的研究多採用實體模型來做實驗。

而在排水系統實驗性之研究及測試方法方面，如下列內容所示：

1.排水立管排水流速測定

Wyly 於 1961 年提出排水立管內環狀流的理論之後，1972 年日本學者後藤與 1973 年美國學者 B.J.Pink 兩者先後都以實驗或理論等方式來計算排水立管的流速，然其理論均無法確切的推算出論點^{[4][5]}。之後，日本學者塚

越等於 1981 年採用將鹽水注入排水立管，並在立管兩點間設置細微的電極感知器，以鹽水導電的原理嘗試求出計算立管流速的可能^[5]；而在 1994 年日本學者？上等利用排水立管充灌水來量測充水速率，並還原推估為排水立管內的流水速度。^[5]

2.通氣流量測定

排水通氣研究中，單獨量測通氣流量較易於排水流體混相流速之量測。1973 年 Pink、1974 年 Schlag 等以熱線風速計量測排水通氣管內之空氣流速，其後日本方面亦沿用此方法量測通氣流量。1988 年齋藤、大塚等提出通氣流量與管內空氣壓力變動之關係，1996 年鄭政利、鎌田、倉淵等根據實驗，修正齋藤、大塚等提出的公式，並預測管內平均壓力分布與通氣流量。^{[2][10][11]}

3.排水立管內空氣壓力變動測定

依據 Pink、Schlag 之理論及解析後，相關研究對於通氣流量計測便有了充分之掌控，故其後的齋藤、大塚等在 1988 年建立 30 公尺之實體模型，以及實際量測出排水立管管內空氣壓力分布實測圖形並進行解析^{[3][15]}，此外，日本 1990 年於住宅都市公團實驗場建構 108 公尺高的排水實驗塔，進行超高層建築排水立管管內空氣壓力分布解析研究，鄭政利、鎌田、倉淵等於 1996 年提出排水立管內空氣壓力分布預測模式^{[14][15]}；同時，英國學者 J.A.Swaffield 等則針對雙管式系統發表相關立管管內壓力預測理論模式與實驗解析結果^{[3][12]}。

4.排水橫管般送污物能力

排水橫管與排水立管之組合型態會影響排水立管之排水性能，不當的設計容易引起排水立管內空氣壓力分布之不正常，更易造成建築物低樓層衛生器具存水彎產生跳水與破封現象，造成居住環境的衛生問題。而排水橫管之搬送污物能力為橫管之主要性能，搬送能力的？弱是橫管最主要的課題之一，故橫管必須滿足不能影響立管性能且需有良好的搬送污物能力等兩項要點。而相關水平橫管性能研究文獻，有鎌田於 1986 提出的最小必要流速探討以及 L.Galowin 等在 1990 年後陸續發表於 CIB-W62 的論文^{[7][13][17][18]}。

5.建築污水排水立管性能實驗研究

國內建立實尺寸的排水實驗設施以來，逐年針對建築排水立管的性能、

排水橫管的污物搬送性能等進行實驗研究；以單管排水立管系統為基礎，延伸探討台灣普遍應用的排水通氣二立管系統性能，前階段之研究工作重點將是探討實體模型排水試驗方法，以及不同排水立管系統的垂直立管壓力分佈，並檢討可能造成衛生器具存水彎水封破壞的壓力規模與發生位置，確立未來設計查核的重要項目，規劃性能測試之標準作業程序；此外，並利用排水實驗量測記錄排水橫主管在不同管徑、不同洩水坡度與是否有水平彎管設計的水平橫管污物搬送能力，以比較分析配管管徑、洩水坡度等對於排水掃流能力的影響^{[2][3][4][5][7]}。建築給排水設備是建築物重要設備，也是綠建築省資源及提升環境品質的基礎發展課題，評估可行之排水系統性能試驗程序，將可擴大提升整體設計水準與使用機能。相關研究內容如表 2-3-1 所示：

表 2-3-1 建築排水系統性能理論研究之演變^{[2][3][4][5]}

研究主題	研究人員	主要研究內容
排水立管流速	後藤(1972) B.J.Pink (1973)	以實驗方法或理論嘗試推導排水立管排水流下速度。
	塚越(1981)	鹽水投入於立管兩點間之微小電極感知器測定排水流速。
	? 上(1994)	利用立管內充水率之測定推算排水流速。
通氣流量	Pink(1973) Schlag(1974)	以熱線風速計，量測排水通氣管內之空氣流速。
	齋藤、大塚(1988)	提出通氣流量與管內空氣壓力變動之關係。
	鄭政利、鎌田、倉淵等(1996)	根據實驗修正公式，預測管內平均壓力分布與通氣流量。
排水立管內空氣壓力變動	齋藤、大塚(1988)	建立 30 公尺左右之實體模型，量測出立管管內壓力分布實測圖形及解析與探討。 1990 年建造 108 公尺排水實驗塔，測試解析超高層建築排水立管之壓力分布。
	鄭政利、鎌田、倉淵等(1996)、 J.A.Swaffield(1996)	根據實驗解析結果，提出立管內空氣壓力分布預測模式。 立管內壓力預測理論模式與實驗解析結果。
排水橫管搬送污物能力	鎌田(1986) L.Galwin(1990)	排水橫管最小必要流速之探討。

第四節 排水系統流體現象與相關理論

一、建築排水立管內排水流體現象探討

器具排水流入至排水立管會形成一個隨時間變動且不穩定的流體現象，這種現象可引用作為相關研究的參考基礎。實際的排水立管中排水是一種包含有污物、排水及空氣的複雜混相流體現象；其中，排水立管內氣流發生變動，主要是管內排水流下時與空氣混流及與管壁之間的摩擦交互作用誘引所致。由於這樣的特性，在排水流入立管時，排水樓層以上各樓層產生正壓，而在以下各樓層則產生負壓的現象。

根據既往研究的結果顯示，通氣流量(Q_a)已被認定是建築排水立管內空氣壓力變動預測模型解析的關鍵參數：再則，當通氣流量成為建築排水立管性能評估的關鍵項目時，後續的實驗操作解析過程中，可以被假設為類似送風機的氣流特性；因此，送風機的流體分析原理可被引用於建築排水立管內空氣流動現象的探討，藉由排水時各項參數的分析，如空氣密度、壓力、風速、重力加速度及阻抗係數等，以釐清其機械性能。實際上，送風機的操作動力來源為電力，而排水立管內產生空氣流動的能量來源為水的位能，從能量轉換的觀點來說，類似送風機理論在本研究中應可適用；換言之，建築排水立管內的流體現象，可以利用類似送風機理論加以模擬。

圖 2-4-1 所示為排水立管內排水狀態與流動現象的概念，從圖中可以清楚瞭解空氣壓力變動解析的主要參數，包括空氣壓力、通氣流量、摩擦係數等，這些將是作為建築排水立管內空氣壓力分布預測模型的基本係數。

二、相關理論探討

美國給排水設計規範(National Plumbing Codes) 設計指針中部份被應用於設定排水系統容許流量之依據，以作為指引建築排水系統設計之規範。[3]參照日本於 1970 年代制定完成給排水衛生設備規準·同解說(HASS 203)所建立的理論基礎，定流量實驗方法已經被併用於執行法令規範之參考以及性能評估技術中。自 1990 年起日本根據超高層排水實驗塔(108 公尺高)及中高層排水實驗塔(30 公尺高)之實驗結果與經驗，已經發展出排水立管內空氣壓力分布預測模型，同時建立了可行的操作程序。 [5] [6][12][14][15]

建築排水立管內空氣壓力預測模式，大致上將排水立管依排水流入位置

分為四區，依其個別特性各有獨立的解析技術，各分區部位概念如圖 2-4-2 所示。此外，排水立管空氣壓力分布係以一定時間內定流量排水達到穩態情形所引起的空氣壓力變動平均值來呈現，並不包含排水流入時所產生的瞬間壓力變動。

(1) A 區

A 區(A Zone)代表排水樓層以上的伸頂通氣管部位，只有空氣流量變動，且空氣流量受管路內表面的摩擦力所影響。

(2) B 區

B 區代表排水樓層以下因排水由水平支管匯入立管時造成部分管徑閉塞，而誘引產生最大管內空氣負壓的部位。

(3) C 區

C 區代表在最大管內負壓後一直到產生正壓力的低樓層位置，立管內空氣壓力成等比例逐漸恢復平衡的部位。與類似送風機理論相同的原理，立管內部空氣壓力變動，是起因於水與空氣的位能與動能轉換，排水在立管內向下流動時，摩擦力與重力的交互作用下使排水落下加速度逐漸減緩，如圖 1 所示，進而使管內空氣壓力平穩地增加。

根據既往研究的經驗，作用於排水表面的摩擦力，推測與大部分管內排水與空氣的速度變動量平方值成比例關係。[5]

(4) D 區

D 區則代表接近低樓層位置，因由排水立管排水匯入橫主管之接續部位時會產生水跳現象(Hydraulic Jump)，而使立管內空氣呈現正壓的部位。D 區亦受空氣阻抗影響，可利用阻抗係數來計算 D 區的空氣壓力分布。

建築排水立管內空氣壓力預測模型中，立管通氣流量 Q_a 或管內風速 V_a 是一項關鍵因子的理論已被確認，可由 Q_a 或 V_a 導引推估排水立管各分區空氣壓力的公式，並可組合呈現完整的建築排水立管空氣壓力分布情形。本研究即有效運用依據此一理論所規劃的實驗設施，利用排水流量控制及評估立管內最大壓力變動產生位置的結果作為基礎，進行相關水封水位變動觀測實驗。

日本明治大學? 上恭助教授針對建立存水彎性能實際評估方法進行研

究，將已知會影響水封損失共振現象，納入評估項目中，嘗試瞭解水封水位變動值，並解析其影響因子及相關性。^[16]

本研究依循單管排水立管的壓力變動分佈與預測模式理論，運用本所衛生管路實驗設施的單管式排水立管系統作為基礎，進行器具存水彎水封強度性能試驗的實驗解析作業，進一步探討其設計性能要件。

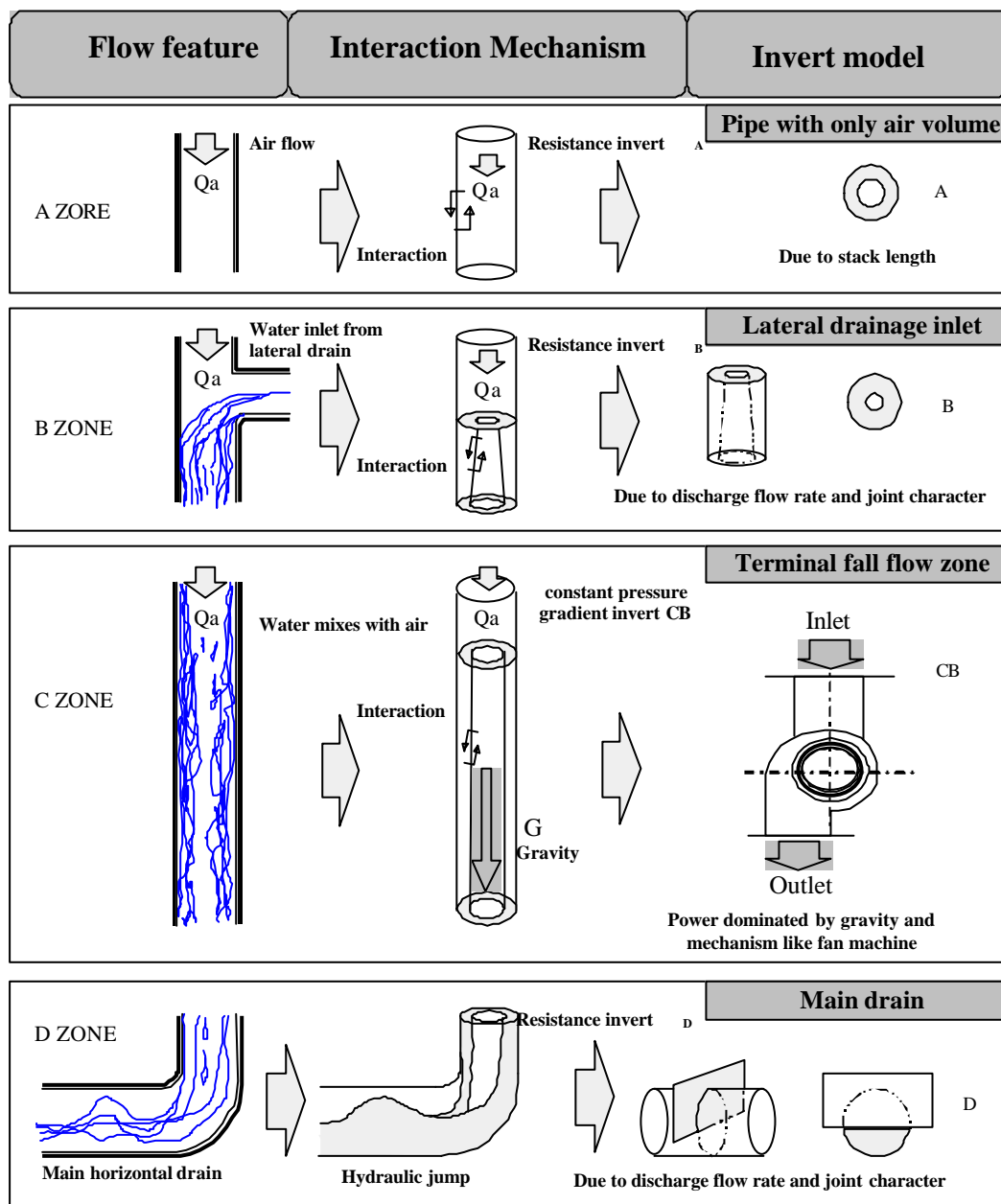


圖 2-4-1 建築排水立管內排水流體現象概念圖^[10]

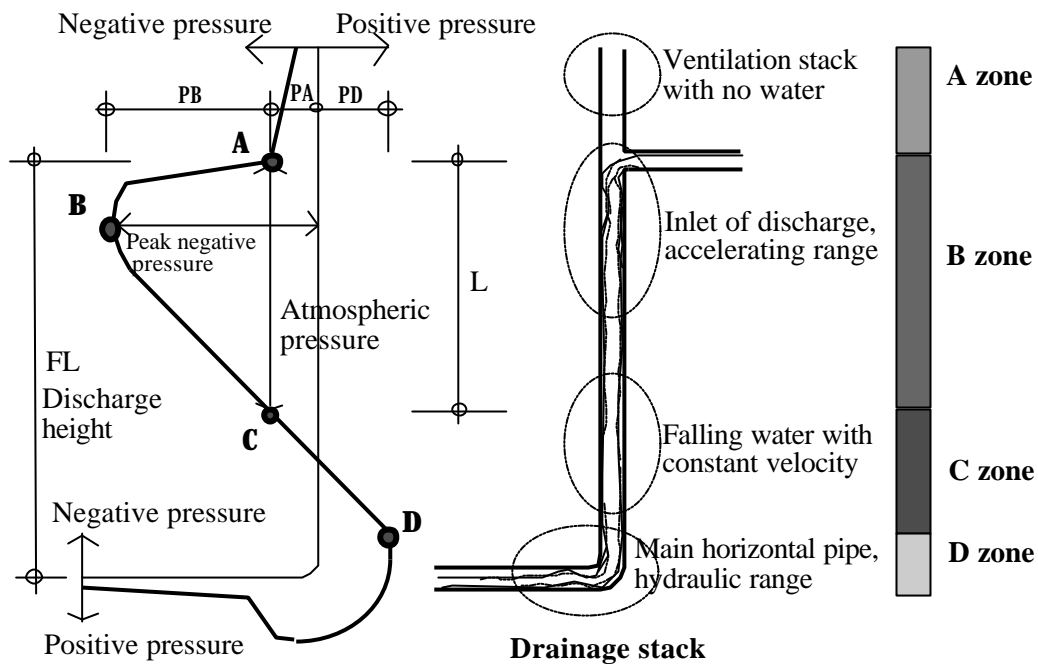


圖 2-4-2 垂直立管管內壓力預測模式分區概念圖^[10]

第五節 建築排水通氣系統與器具性能相關課題初探

國內目前建置完成的整合衛生管路實驗設備（圖 2-5-1 及圖 2-5-2）及中高層住宅排水實驗塔（圖 2-5-3）之設計構想，可針對目前亟待建立的排水設計計算基礎，進行各項實尺寸設施性能實驗，包括以下各項：

1. 排水立管壓力變動的比較與因子分析。
2. 排水立管壓力變動對於器具排水的影響。
3. 衛生器具的設計排水流量及設計性能評估研究。
4. 器具排水的排水速率與立管內空氣壓力變動之相關性分析。
5. 排水立管與橫管內排水流體現象觀測與解析。
6. 通氣配管對排水立管內空氣壓力變動的影響及理論探討。
7. 浴廁空間地板落水器具排水速率與洩水坡度之相關研究。
8. 洗衣機加壓排水對排水立管內空氣壓力變動及衛生器具水封之影響研究。
9. 洗劑泡沫排水對於建築排水系統排水性能變動之研究。
10. 建築物排水管路污物搬運能力之理論探討。
11. 地板落水器具的設計與性能評估方法研究。

本實驗設施之建置與研發，除可積極提升本土建築排水系統設計水準外，並能強化設計整合與產品研發能力，擴大培育並累積專業研發人才，逐步建構優良的健康環境設計與評估體系。



圖 2-5-1 衛生管路排水實驗塔現況^[7]



圖 2-5-2 衛生管路實驗平台與移動平台^[7]

(黃信穎攝)

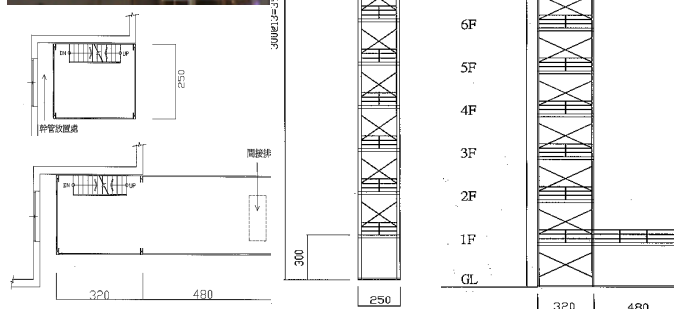


圖 2-5-3 中高層排水實驗塔 (台灣科技大學)^[6]

第六節 小結

自 2000 年國內完成第一座中高層實尺寸排水實驗塔迄今，國外相關建築排水設計理論與規範文獻陸續被參考引進，本所建置之衛生管路實驗設施屬於低層實驗塔，相較之下，可以針對排水橫管或器具性能進行相關實驗研究。本研究計畫主持人自 2002 年開始陸續參與國相關國際研討會，期間並發表台灣在建築排水系統應用現況與實驗研究的初步成果，台灣在建築排水方面的研究成果亦逐漸在國際間進行交流，透過國際參與的機會，除引用相關設計理論與研究方法外，最新開發的衛生器具或設計技術，亦可逐步影響我國的建築排水發展。

目前國內應用的設計法令仍以 70 年代制訂的建築技術規則為主，參照國際間的規範與技術發展，我國的建築排水發展確有相當大的提升空間；除此，對部分排水系統或衛生器具所發生使用不便的問題，建築業界及使用者亦面臨無法解釋的窘境，因此，這些亟待更新的法律規範，以及設計或施工問題對策的基礎，必須仰賴研究資源與人力的投入，儘速完成分階段的技術提昇與研發能力養成。

第三章 地板落水器具現況課題探討與實驗方法

第一節 地板落水器具現況課題探討

一、現況問題

本研究藉由觀察紀錄發現，國內部分建築浴廁空間採用清潔與排水性良好的地板落水器具（如圖 3-1-1），實際使用上能在大量用水時迅速排水，又可對應使用階段的日常清潔作業需求，構造上包括上層孔板、毛髮雜物過濾網、水封裝置及基本外框主體等，配合樓版的構造一體設計；本研究團隊在國外參訪的過程中，發現戶外人工地坪的大型落水裝置（如圖 3-1-2），亦具備明顯的存水彎水封機制，構造上設計簡單，施作及日常維護保養工作容易執行。尤其，台灣目前正積極推動污水下水道之建設，未來將有大量的戶外型落水器具被應用在都市空間中，以及建築物內的污水落水管路將與公共污水下水道連結，害蟲、病毒與臭氣等污染源，可能經由這些連結通路直接污染居住環境與室內空間，而有造成如 SARS 疫情的嚴重公共衛生與健康問題，不得被重視。



圖 3-1-1 浴室地板落水器具分解構造

（台灣苗栗）



圖 3-1-2 戶外地坪落水構造

（法國巴黎市郊）

雖然一般雨水排水管路係配置獨立立管，但是落水口之清潔及落水器具周圍的污染防止設計也容易被忽視；從觀察陽台地板落水與屋頂雨水排水口的周遭可以發現（如圖 3-1-3、3-1-4），雨水排放的落塵泥沙累積物，初期將造成陽台空間的污染，其次將隨排水進入到排水管內，污染排水之水質，並造成管內附著。因此，如何檢討雨水排水的導流與初期過濾沈澱，將影響到國內目前推動綠建築雨水利用的成效，必須檢討合宜的落水器具予以對應。



圖 3-1-3

陽台地板雨水排水立管及落水口

(台灣宜蘭)



圖 3-1-4

屋頂雨水排水立管頂部落水口

(台灣宜蘭)

依據本研究團隊的實際使用經驗及觀察亦發現,國內目前常用的地板落水器具,其排水功能不佳,產生浴廁空間積水不易排流的環境整潔與使用安全課題,於是日常清潔維護人員將地板落水上層構造任意拆除(如圖3-1-5所示),但是卻又無法顧及排水管內污染物危及這個公共環境的疑慮。



圖 3-1-5 公共廁所地板落水器具使用現況 (台灣苗栗)

二、市售地板落水器具現況

本研究另訪視國內相關水電器材供應廠商與賣場,收集九種不同的落水器具,包括一般地板落水、防止排水逆流的地板落水及廚房水槽常用的水封型落水等,如圖 3-1-6 所示。其中,編號 4 及編號 5 為廚房水槽用落水器具,其餘皆為地板落水器具。但編號 3 構造上雖然設計有浮球防止排水逆流,但完全不具存水彎水封功能,而市面上尚有一種檔板型式的落水頭設計,亦無法達成水封阻絕的功能,甚至無法防止污水逆流;而這些產品上部分甚至有標示新發明專利的字號式樣,可見具新發明專利的物品,並非一定確保產品的基本性能。因此,國內亟待建立地板落水的性能基準與試驗方法,並透過公正單位加以驗證檢核,以確保使用者的使用健康與安全。

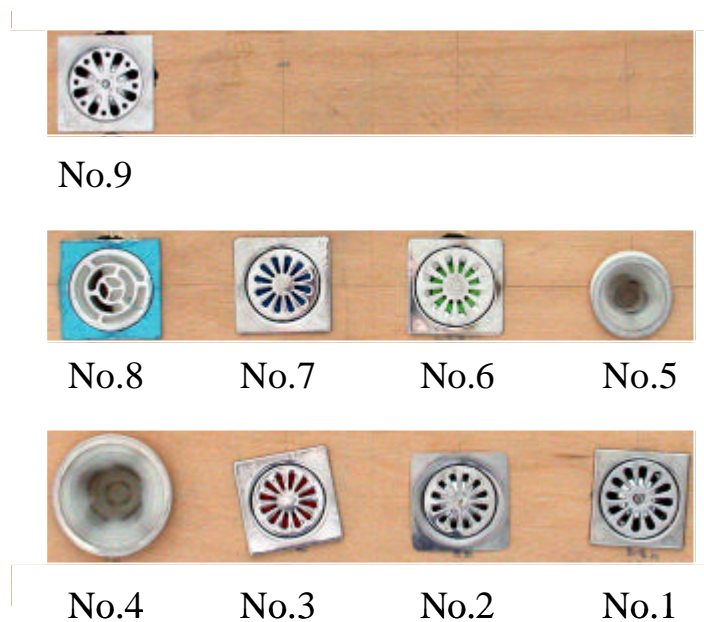


圖 3-1-6 落水器具實驗樣品一覽

本研究收集九種包括一般地板落水、防止排水逆流的地板落水及廚房水槽常用的水封型落水等，其規格如表 3-1-1 所示。第一階段實驗操作，係針對落水器具的存水彎水封自然蒸發逸散速率進行觀測，連續監測水封重量變化與時間的關係，期間並以環境監測儀器(T & D TR-72S)同步記錄室內溫濕度變動，以佐證蒸發逸散速率分析的背景條件。

表 3-1-1 本研究實驗用落水器具規格一覽表

樣品編號	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
淨重(g)	214.7	110	96.3	82.2	47	77.7	83.5	91.3	203.2
落水頭內直徑(mm)	75.6	68.49	-	55.39	55.39	55.39	68.5	72.63	67.7
水封水面寬度(mm)	22.96	20.54	-	73.35	47.74	34.4	44	47.62	20.26
水封深度(mm)	12.6	7.15	-	40.25	40.25	12.87	17.9	32.6	15.15
滿水總重(g)	272	129.2	-	244.6	113.3	103.6	114.8	133	252.3
最大水封淨重(g)	57.3	19.2	-	162.4	66.3	25.9	31.3	41.7	49.1
有效水封淨重(g)	18	3.3	-	86.9	34.1	-	-	20.5	43.2
破封點水封重量(g)	39.3	15.9	-	75.5	32.2	-	-	21.2	5.9
有效水封深度(mm)	0.49	-	-	-	-	-	-	-	8.75
水封蒸發面積(mm ²)	3795.0	3092.6	-	4223.5	1789.1	928.9	1519.8	1829.7	3018.0

第二節 實驗設施概要

內政部建築研究所建置之衛生管路及開放建築系統實驗設備，係模擬住宅之排水實驗平台設施與開放建築局部雙層樓版實驗裝置。目的在於模擬國內典型集合住宅設備管路系統之器具排水與排水配管性能實驗，期能逐步建立本土化建築排水通氣系統性能評估與試驗方法，提供國內建築給排水設備系統檢測驗證制度建立之參考；另建置國內典型集合住宅衛生設備管路系統局部設施，以不同配管方式配設管線，比較「開放式局部雙層樓版」及「傳統暗管式配管」衛浴設施空間之實驗構造體設備性能及施工維修性能。^[4]

本實驗設施配置於建築設備實驗館內（如圖 3-2-1）最大挑高約 17.6 公尺之室內實驗場內，包含實驗平台與給排水集水槽及配管、供電配線系統、實驗操作即時影像監視系統；另於實驗控制室規劃儀器控制盤面、監視控制信號配管線、主要控制系統等，配合儀器自動監控介面之應用，有效提升實驗作業之效率（如圖 3-2-2 至圖 3-2-4）。開放建築實驗構造系統設置於鋼構實驗平台 2 樓，其面積為長 12 公尺、寬 6 公尺，實驗平台規劃為四區，分別設置傳統衛浴系統、整體衛浴系統、牆前配管衛浴系統，以及新式衛浴系統等實驗區；其中並納入局部雙層樓板的樓板下配管設計，以探討水平配管空間對於住宅室內空間規劃的影響，以及與配管系統整合設計的可行性分析。^{[4][7]}

實驗給排水輸送系統，設置有 3 組管道間，給排水系統並與衛生管路實驗設備之系統整合，實驗用水為封閉式循環使用，以保持水質之清淨。排水立管實驗系統的氣密性能，亦經相關研究加以確認可行，可以掌握實驗數據的準確性。



圖 3-2-1 衛生管路實驗場空間建置前概況^{[4] [7]}

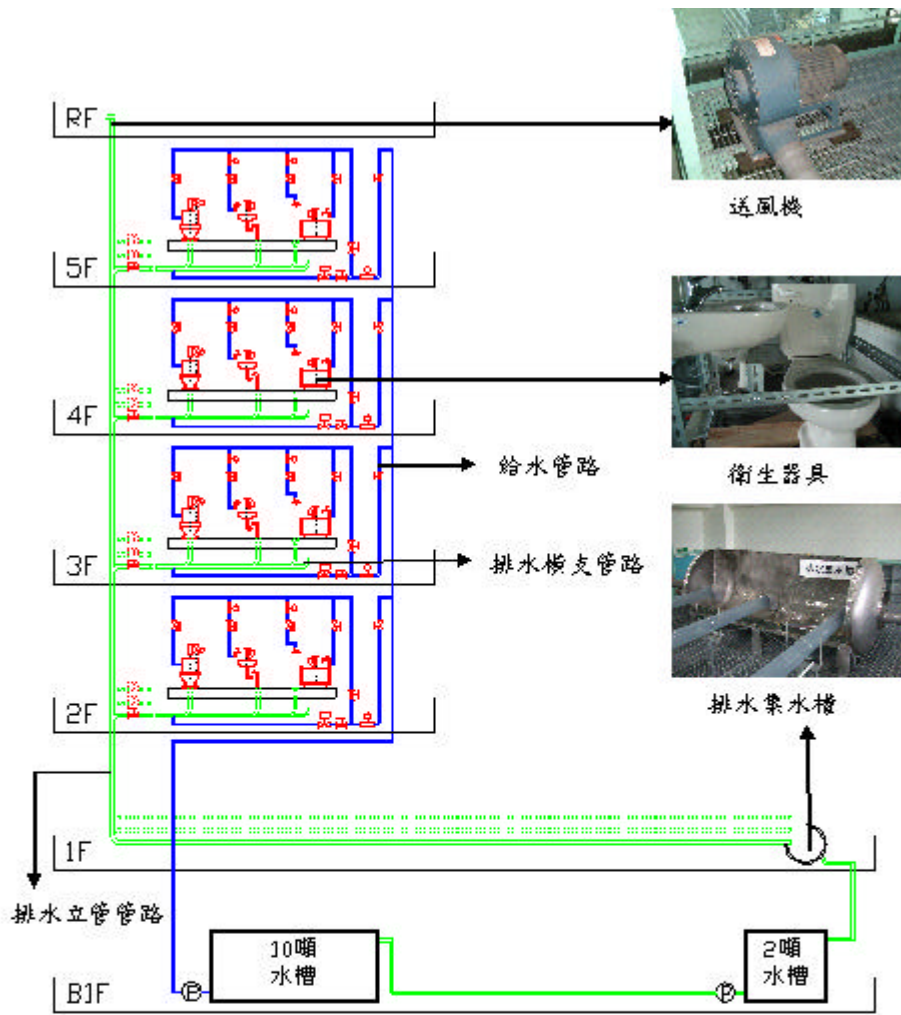


圖 3-2-2 衛生管路實驗設施構成圖^{[4][7]}

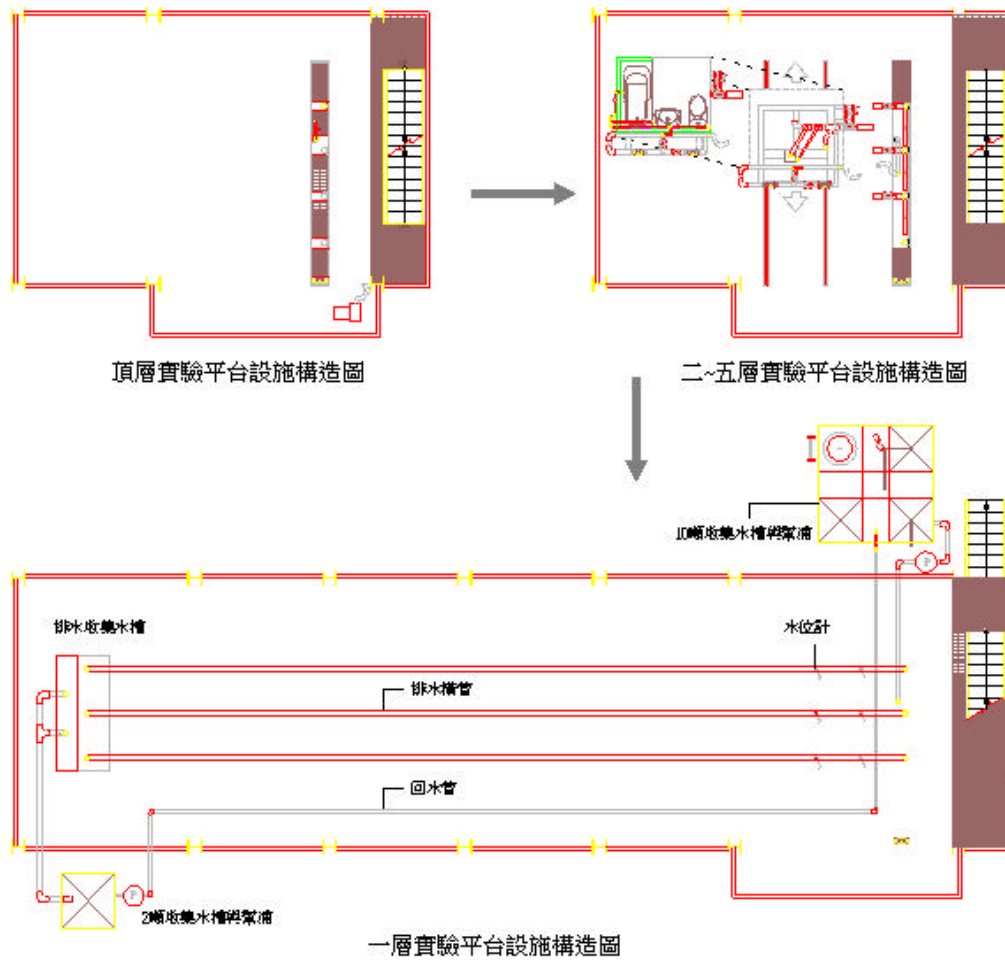
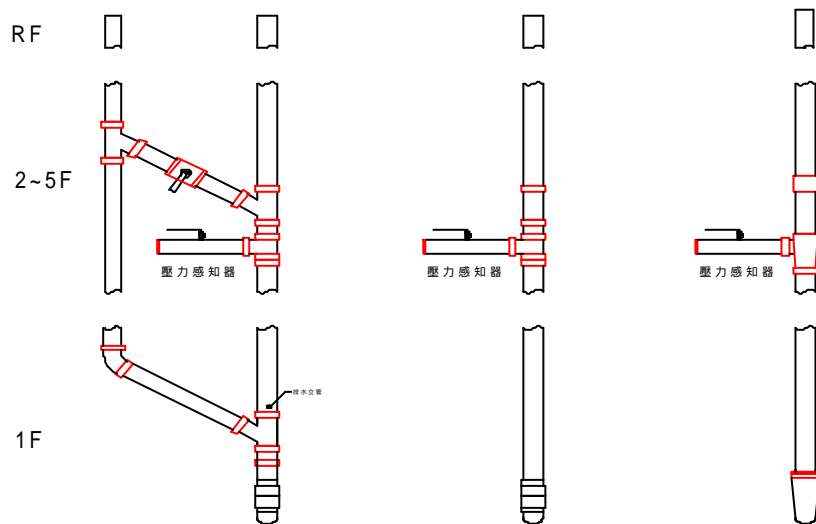


圖 3-2-3 衛生管路實驗設施各層構造圖^{[4] [7]}



雙管排水立管系統

單管排水立管系統

特殊接頭排水立管系統

圖 3-2-4 衛生管路實驗排水立管系統圖^{[4] [7] [8] [9]}

本研究除選定開放建築實驗區整體衛浴空間,作為存水彎水封自然蒸發逸散數率之實驗觀測位置外,實驗同時並配合紀錄即時的室內溫濕度變動情況,以呈現一般室內環境條件下的水封蒸發模式。此外,本研究參照不同排水立管的負荷空氣壓力變動實驗結果,整體控制條件以單管系統的變動趨勢較容易被掌握,故水封性能測試以排水實驗塔單管式排水立管作為實驗基本系統,利用裝置選擇切換至定流量排水的控制模式,選定 5 層排水為排水負荷來源,負荷流量採定流量穩態與連續排水區間變流量二種模式,排水流量的控制,可以利用電磁閥與流量監測系統掌握於小數點以下一位的精度。

同時,並參考相理論與相關計畫的成果,檢討可能造成衛生器具存水彎水封破壞的壓力規模與發生位置,確立未來設計查核的項目,本案將落水器具測試位置定於 4 層與 2 層,以比較排水最大負壓與正壓,對於器具存水彎水封的性能影響。

整體衛浴組藉由移動平台的平移,可以分別與三組不同立管連結,進行不同排水實驗之組合,整體衛浴系統包含衛生器具有馬桶、面盆、浴缸、淋浴蓮蓬頭及其地板落水頭;同時,各層移動平台上排水型式亦區分為器具排水及定流量排水二類,器具排水係針對個別衛生器具的單次排流進行實驗觀測,定流量排水係採取排水時最嚴苛的定常流量排水進行系統性能實驗分析,可以分別控制排水流量在 1.0 公升/秒至 4.0 公升/秒。如圖 3-2-5 與圖 3-2-7 所示。

實驗設施建置完成後,為確保實驗數據具參考價值,必須進行設施性能檢定,項目包含氣密實驗與壓力感知器歸零校正等。氣密試驗係因排水管內之壓力變化極微小,介於-500(mmAq)至 50(mmAq)之間,故排水管內部之氣密性能對於實驗測定結果將有極大之影響,實驗建置完成後與進行相關測試之前,必須先針對排水管的氣密性能進行檢定。本實驗三立管之氣密試驗結果如圖 3-2-8 所示。均能符合 15 分鐘後,壓力維持在 10mm Aq 以上之要求。

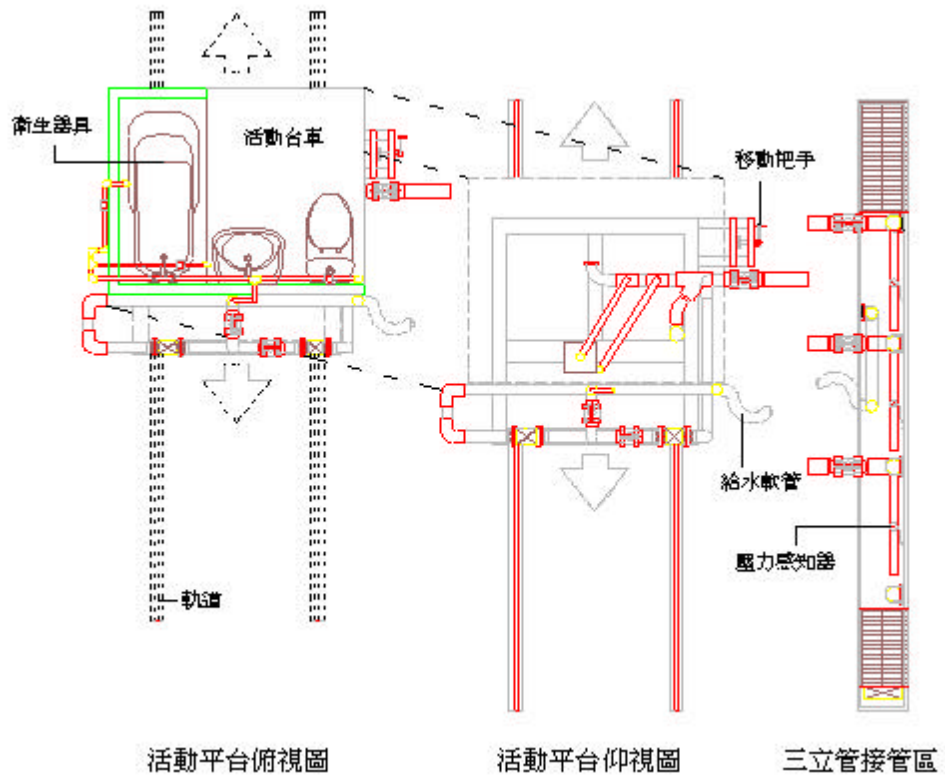


圖 3-2-5 實驗平台設施構造圖^{[4] [7]}

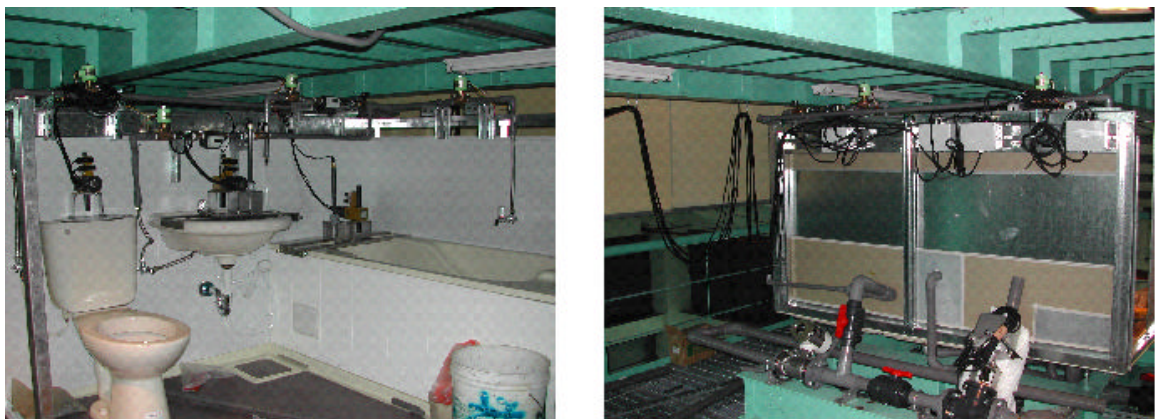


圖 3-2-6 實驗平台設施照片^{[4] [7]}

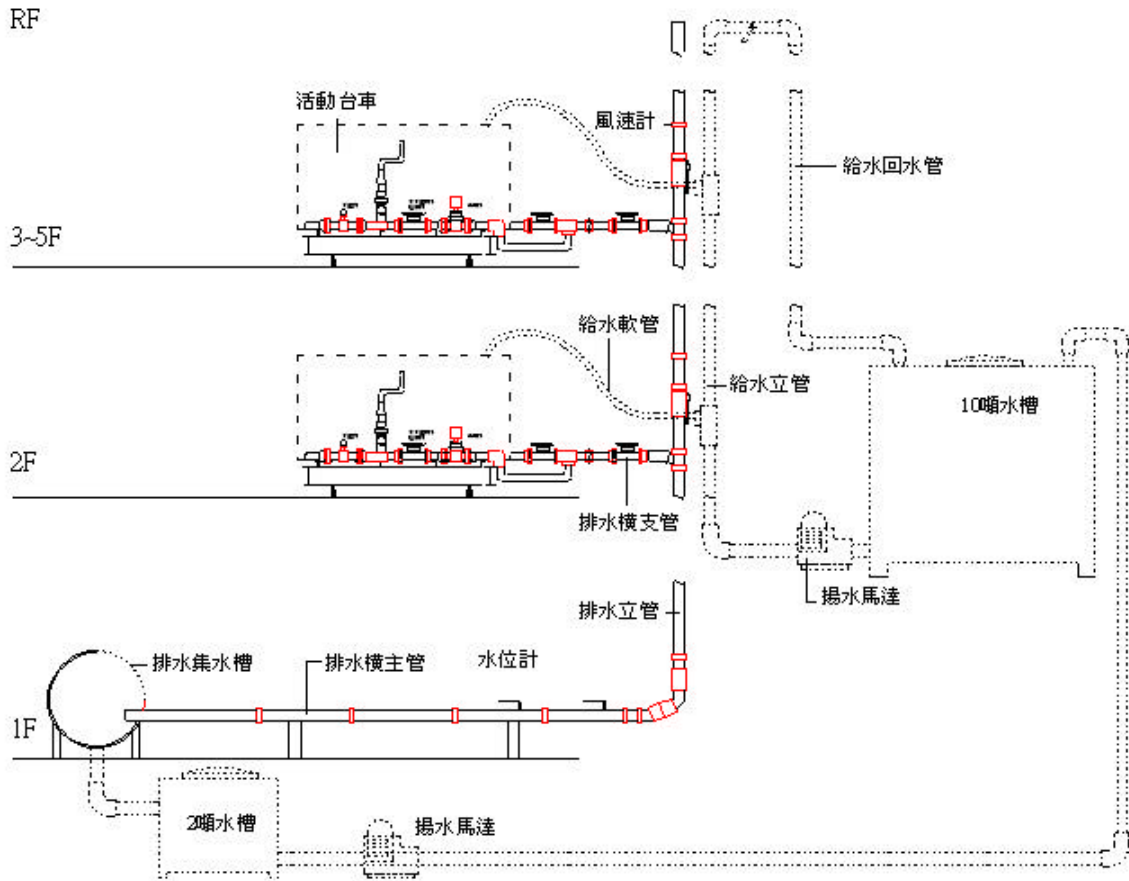


圖 3-2-7 實驗設施立管管路正向構造圖^{[4] [7]}

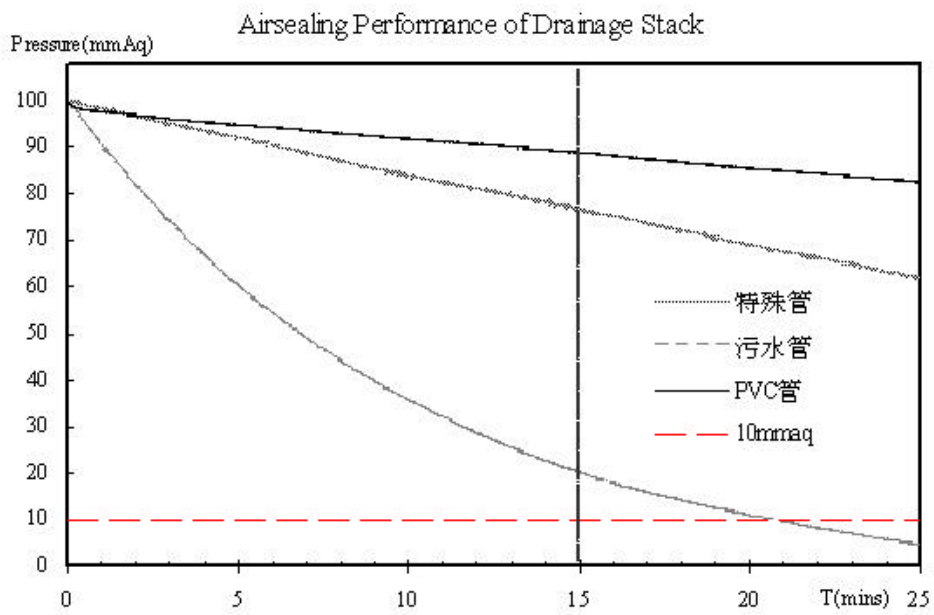


圖 3-2-8 氣密試驗結果^[7]

在實驗儀器中，用於感應排水立管管內空氣壓力數值之壓力感知器，於性能實驗前需做歸零與倍率校正，避免產生系統誤差，方可確保儀器測得之數據為正確且可運用的。而歸零校正指的是將儀器於空氣壓力零的狀態下，所測得的數值歸零，表示儀器測得知數值由零點起算。而倍率校正則是指，將儀器在一定數值之空氣壓力下，所測得之訊號值，並進行微調倍數以修正數值。

壓力計測系統是由壓力感知器將訊號傳至訊號增幅器再輸出到電腦做記錄，每個壓力感知器本身之訊號數值均異，故其訊號衰減或偏差率皆可經由增幅器做調整。而增幅器調整為將壓力數值原點微調偏移量與放大倍率之微調，且儀器本身具有高精準度，故壓力感知器歸零校正是進行性能實驗前的重要工作。

依據相關研究顯示，建築排水立管內空氣壓力變動模式中，五組不同立管系統，採用實驗塔 5 層定流量排水每秒 4.0 公升排水量的控制條件，比較各立管內空氣壓力分佈之情形，研究發現單管式排水立管因僅設伸頂通氣管，最大負壓力產生在負荷層之直下層，超過 -35mmAq 的負壓值，二管式排水通氣系統則是保持在 -10mmAq 以內的壓力變動，特殊接頭排水立管系統則可使立管內空氣壓力回復到正常大氣壓上下的變動規模。單管式排水立管系統的現象是可以被控制與再現（如圖 3-2-9 所示），故本研究採用單管式立管系統作為基礎，又從立管內空氣壓力分佈模式推斷，本研究選定本系統中最大負壓與最大正壓發生位置樓層，進行器具性能測定的接續點，如圖 3-2-10 所示。^{[4][7]}

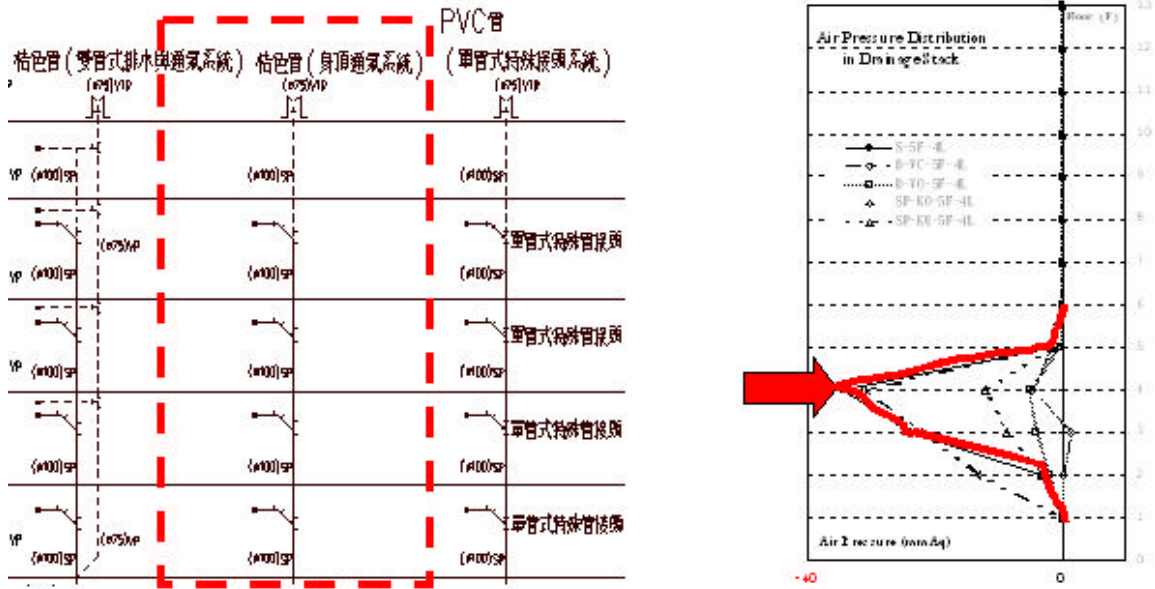


圖 3-2-9 不同立管系統內空氣壓力分佈比較圖 [4] [7] [8] [9]
 (負荷層：5F、負荷流量：4.0l/s)

實驗設施設定位置

- 5F 排水負荷層
- 4F 負壓測試層
- 2F 正壓測試層

試驗裝置配置

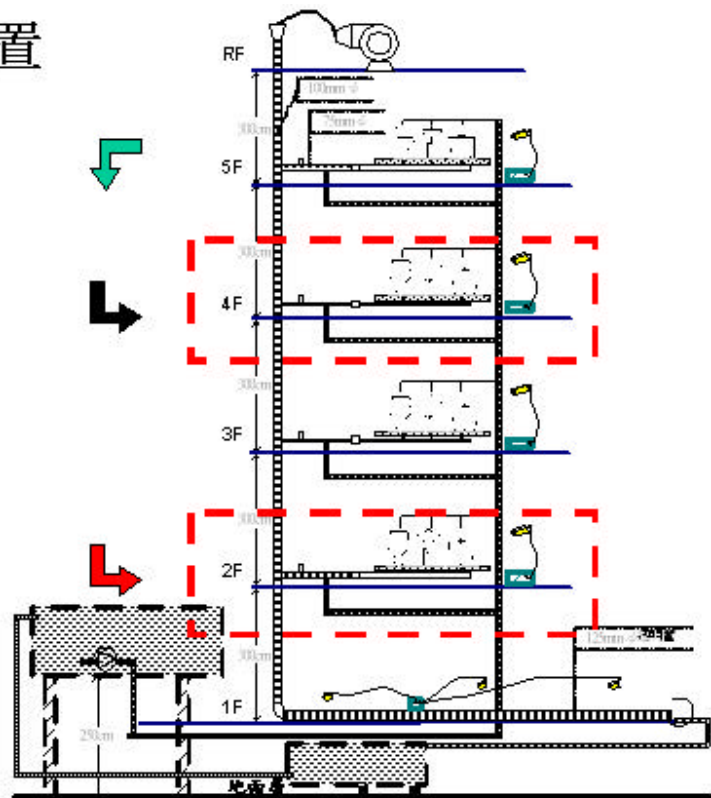


圖 3-2-10 器具排水性能試驗裝置安裝示意圖 [7] [8] [9]

第三節 地板落水器具性能試驗方法

一、地板落水器具存水彎水封蒸發逸散速率觀測實驗

本研究廣泛選用市售地板落水器具作為測試件，並規劃器具置放平台，及實驗用模擬浴廁空間。實驗前，逐一檢查器具及其零配件，並按設計組裝完成，進行測試前器具本體淨重量測記錄，作為水封重量計算的基本設計數據。

在保持平台與器具置放之水平條件下，開始注水至地板落水器具，定時進行器具含水封之總重量量測記錄，並觀察水封蒸發逸散的情況，以決定實驗停止時間。重量觀測記錄建議採逐時或每隔 4 小時進行，同時應盡可能連續觀測不中斷，以檢核整體水封蒸發逸散特性之趨勢。^{[8][9]}

1. 選定固定浴室模擬空間，設計一個可以同時固定待測的不同形式落水頭器具的平台，調整平台水平狀態，並建議設計可適時調整大小口徑的器具置放口，即可開始進行觀測試驗。

2. 實驗過程：

- (1) 開始實驗前先紀錄帶測物件的淨重及滿水總重，之後利用置放平台固定落水頭，並對落水器具調整水平至定位，開始逐一加水至待測器具滿水為止，定時紀錄待測物件之重量，進行彙整分析，即可求得存水彎水封自然蒸發逸散的性能數據。(圖 3-3-1)
- (2) 使用 INNOVA7301 測試空氣溫度、空氣溼度、輻射溫及風速，藉以觀察紀錄各項室內環境因子，以控制落水器具水封逸散速率受氣候因子之變動影響。實驗過程中，實驗場室內空間環境條件應加以控制並記錄，以作為後續數值解析的基準，本研究設定在室內溫度室內溫度 25 ± 2 ，相對濕度 $75 \pm 5\%$ ，風速 0.5 m/s 以下。



圖 3-3-1 器具存水彎水封重量量測操作與記錄程序^{[8][9]}

二、存水彎水封強度試驗方法

本研究另選定三件市售落水器具樣品檢核其水封強度，排水實驗塔裝置的配管局部修改後，即能對應本項實驗之需求；測試樣品依序分別安裝於 2 層或 4 層排水橫支管末端，經過確認水平與氣密後，落水器具樣品即可開始注水進行實驗（如圖 3-3-2）。本項實驗程序如圖 3-3-3 所示，但前置作業必須針對送測器具的規格預備適當的接續配管，並以水準氣泡確認器具安裝是否達到水平要求，同時於檢查器具周邊的氣密狀況後，依表列程序進行實驗作業。

排水實驗記錄項目包括排水立管側管內空氣壓力、測試樣品側橫支管內空氣壓力、立管內通氣流量及器具水封變動影像紀錄等，藉由實驗觀測及數據擷取分析結果，判斷落水器具水封強度性能及其對應的立管內壓力變動情形，除可解析器具水封強度外，並可作為後續推估模式的檢核基礎，以及排水設計檢討的性能評估參考。

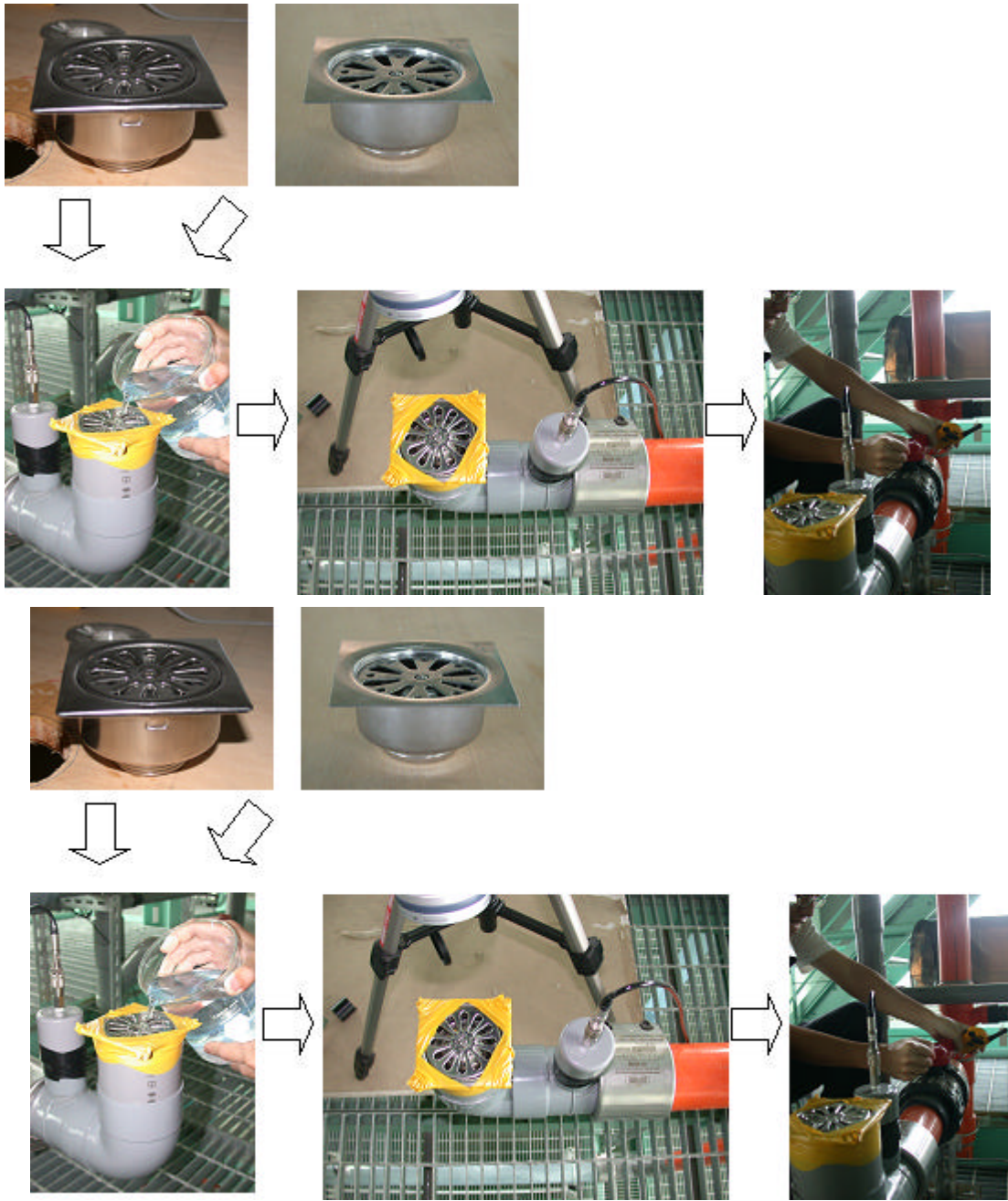


圖 3-3-2 落水器具水封強度測試程序^{[8] [9]}

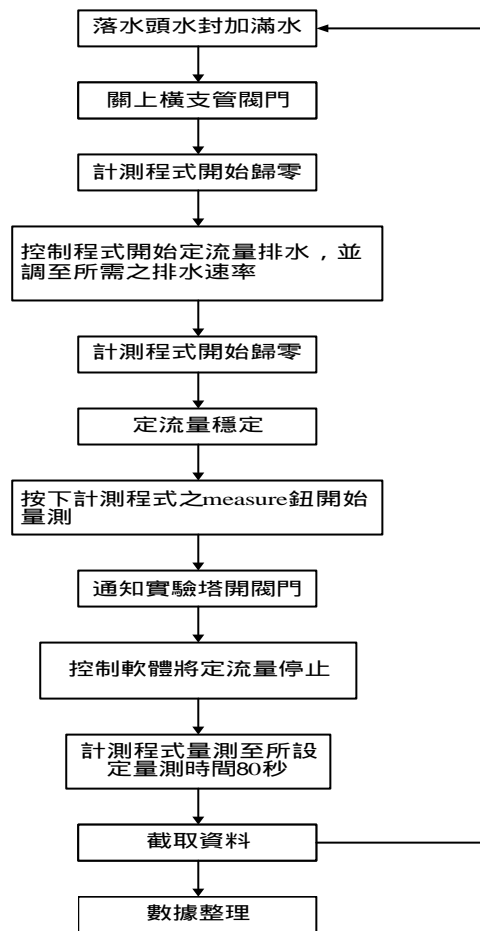


圖 3-3-3 落水頭水封變動實驗流程^{[8] [9]}

三、衛生器具排水流率試驗方法

規劃本項試驗之目的，在於檢討分析不同型式之衛浴設備的器具存水彎排水速率，馬桶排水速率，以作為評估建築排水立管的空氣壓力變動性能及其對器具水封之影響。操作方式係在在原本實驗平台旁增設容易操作的衛生器具固定平台，利用配管連接至設計水槽，應用超音波水位計進行排水流率量測，做為未來排水系統負荷設計的參考基礎。

實驗前平台架設工作：

1. 設計規劃衛浴設備的固定方式。
2. 以 50mm 的角鐵依據所設計的規格裁成需要的長短，先將整個構造組合起來，再把架子固定在工作平台的設計實驗場中。
3. 依據實驗項目，逐次固定不同衛生器具，包括面盆、浴缸與馬桶。

4. 連結排水管至配管系統中，準備給水水源及器具水量定位標示等，即可開始進行實驗操作。



圖 3-3-4 衛生器具排水流率實驗設施



圖 3-3-5 衛生器具排水流率測定裝置

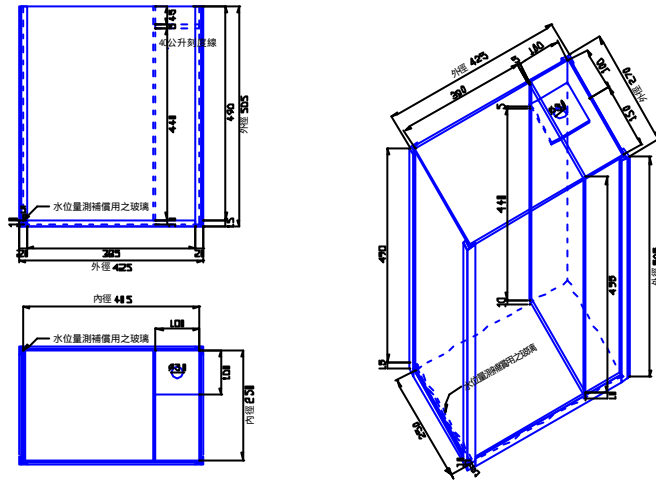


圖 3-3-6 小水量排水量測水槽規格（面盆及馬桶用）

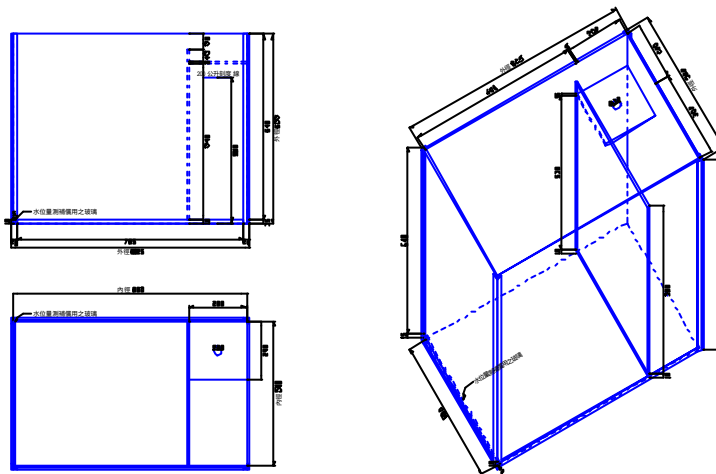


圖 3-3-7 大水量排水量測水槽規格（浴缸用）

實驗程序：

1. 首先依照水量標示，將器具注水至設定水量位置，完成實驗前的準備作業。
2. 利用設計玻璃水槽及超音波水位計，記錄單位時間內水槽內水位增加的數據，以解析單位時間內的器具排水量規模。
3. 利用分析軟體進行實驗結果解析。
4. 更換下一個待測器具，依照前述程序重複執行即可。

第四節 小結

本研究利用本所於 92 年完成之衛生管路實驗設施，並參考國內外相關規範與基準或試驗方法，除延續建築排水立管性能的研究成果外，並規劃完成不同衛生器具之性能檢測實驗項目與設施，包括存水彎水封性能試驗、衛生器具排水流率試驗等。

藉由實驗操作的過程，目前已逐步檢討並建立符合該設施及性能檢測需要之試驗程序，本階段除累積實驗成果外，亦將陸續確認國內可行之試驗方法，以對應國內相關性能檢核基準或設施缺乏的現況。

第四章 地板落水器具性能實驗解析

第一節 存水彎水封自然蒸發逸散速率實驗分析

各落水器具樣品的實驗解析結果如圖 4-1-1 至圖 4-1-8 所示，而落水器具自然蒸發速率實驗結果如表 4-1-1。器具最大有效水封自然蒸發至破封的時間，與各器具之蒸發面積與有效水封水量相關，時間分佈在 9 日至 23 日之間不等，但是編號 2 樣品因為設計存水彎不易保存水封，且有效水封水量相當少，可能因為操作量測不易，致實驗分析所得蒸發速率偏高，將不列為蒸發速率解析之樣本。有效水封深度之量測結果，受限於目前操作誤差影響，僅獲得二件資料，但水封深度設計現況明顯偏低，甚至不足 1 公分，後續實驗將針對水封強度進行實證解析。 [8] [9]

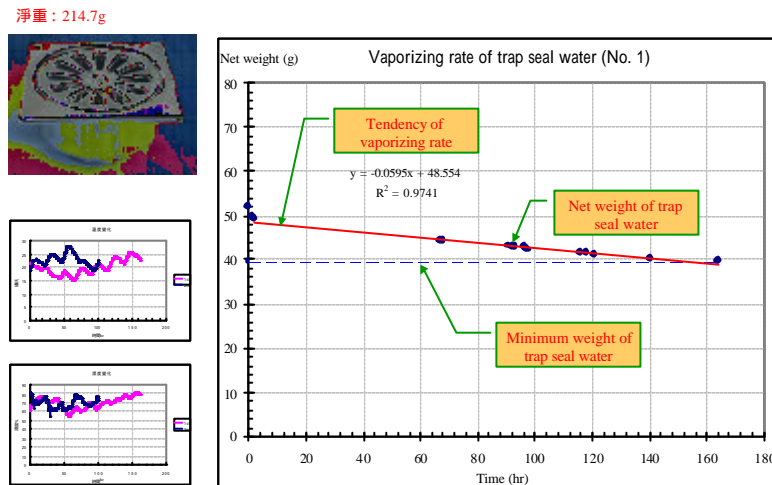


圖 4-1-1 No.1 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

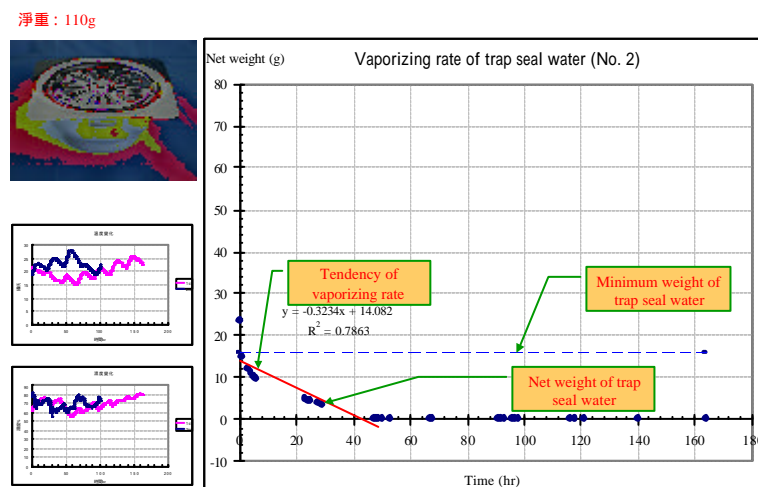


圖 4-1-2 No.2 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

淨重：82.2g

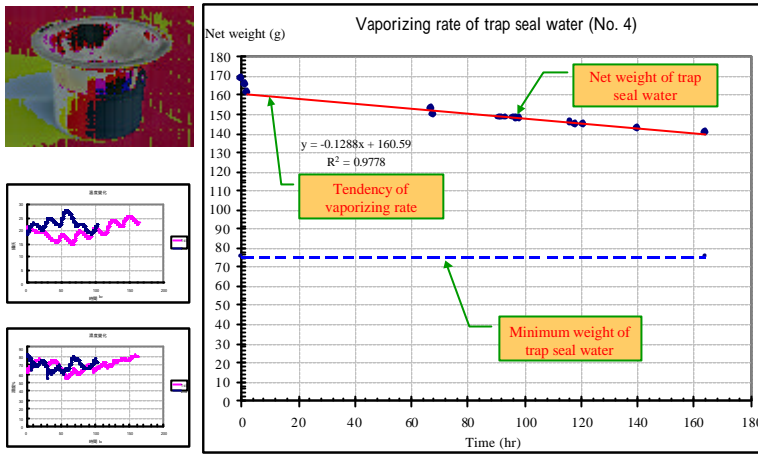


圖 4-1-3 No.4 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

淨重：47.0g

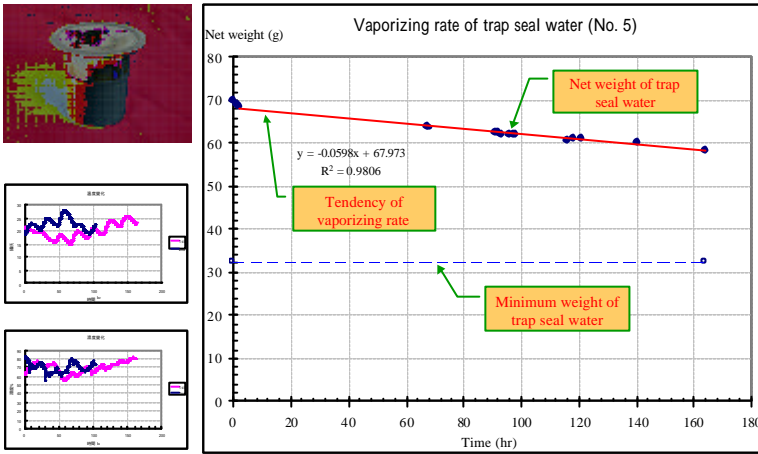


圖 4-1-4 No.5 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

淨重：77.7g

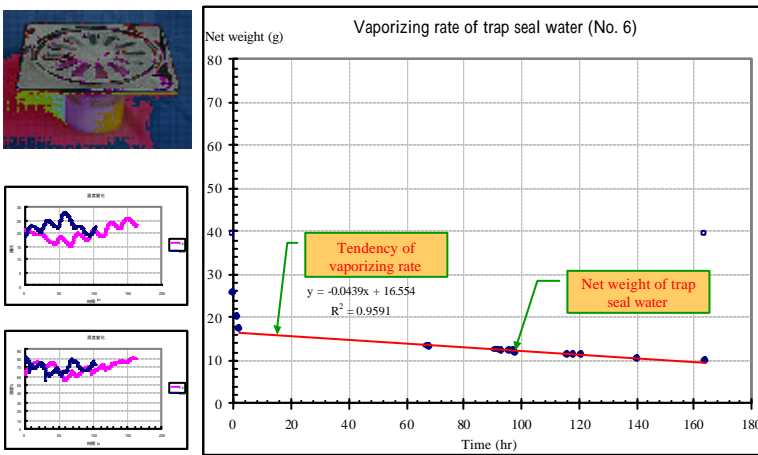


圖 4-1-5 No.6 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

淨重：83.5g

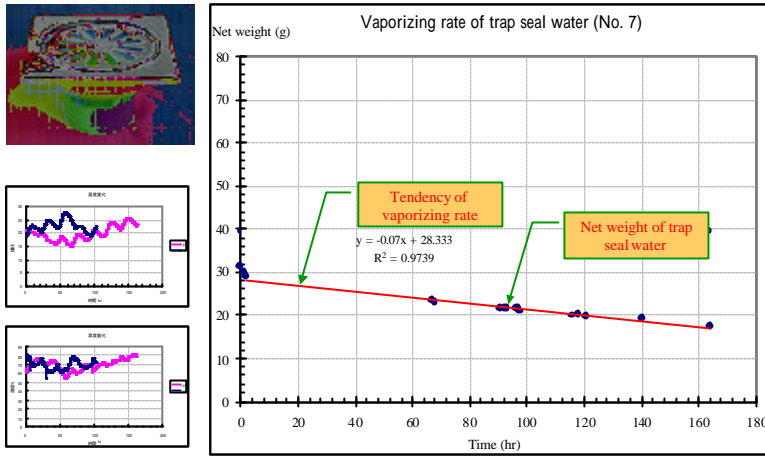


圖 4-1-6 No.7 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

淨重：91.6g

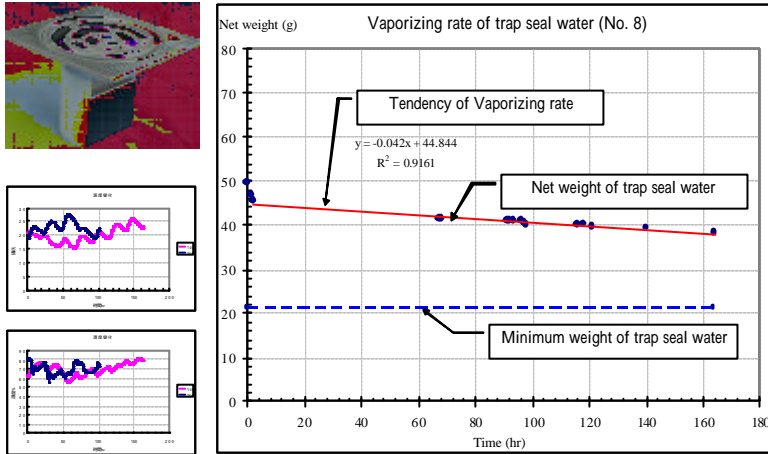


圖 4-1-7 No.8 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

淨重：91.6g

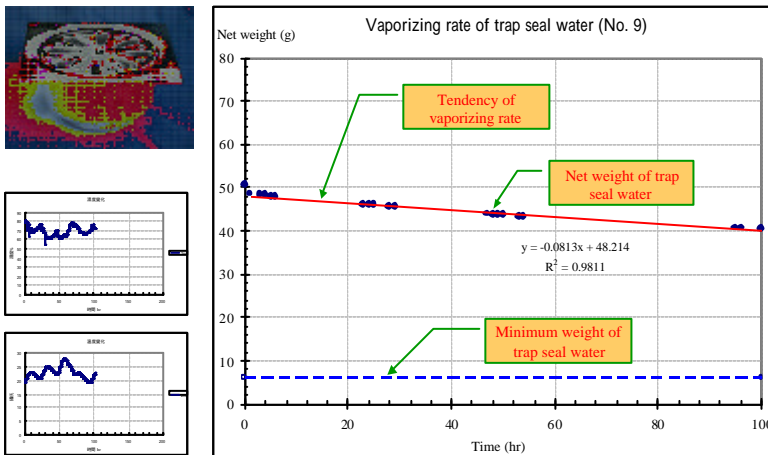


圖 4-1-8 No.9 地板落水器具自然蒸發速率趨勢圖

表 4-1-1 設計實驗用落水器具規格與自然蒸發速率實驗結果一覽表^{[8][9]}

樣品編號	No.1	No.2	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
滿水水封淨重(g)	57.3	19.2	162.4	66.3	25.9	31.3	41.7	49.1
有效水封淨重(g)	18	3.3	86.9	34.1	13	15.7	20.5	43.2
波封點水封重量(g)	39.3	15.9	75.5	32.2	12.9	15.6	21.2	5.9
有效水封深度(mm)	4.9	-	-	-	-	-	-	8.75
水封蒸發面積(mm ²)	3795.0	3092.6	4223.5	1789.1	928.9	1519.8	1829.7	3018.0
有效水封蒸發時間(Hr)	302.5	45.5	674.7	570.2	590.0	447.1	488.1	531.4
蒸發速率(g/Hr)	0.0595	0.3234	0.1288	0.0598	0.0220	0.0351	0.0420	0.0813

註 1：No.3 無存水彎水封設計，故不列為本表。

註 2：有效水封深度另於後續成果報告中列入。

依據落水器具的自然蒸發實驗解析結果顯示，不同落水器具之上部供排水流入排水管的開口面積，與自然蒸發速率成正相關性（如圖 4-1-9），依此模式將可推估不同落水器具的自然蒸發速率（如公式 1），將器具在確保有效水封條件下的最大水封水量納入，即可估算出該落水器具存水彎水封最大容許自然蒸發時間（如公式 2），可作為設計者及使用者評估維護週期或選購的參考，亦可做為未來研發新產品的技術基礎。

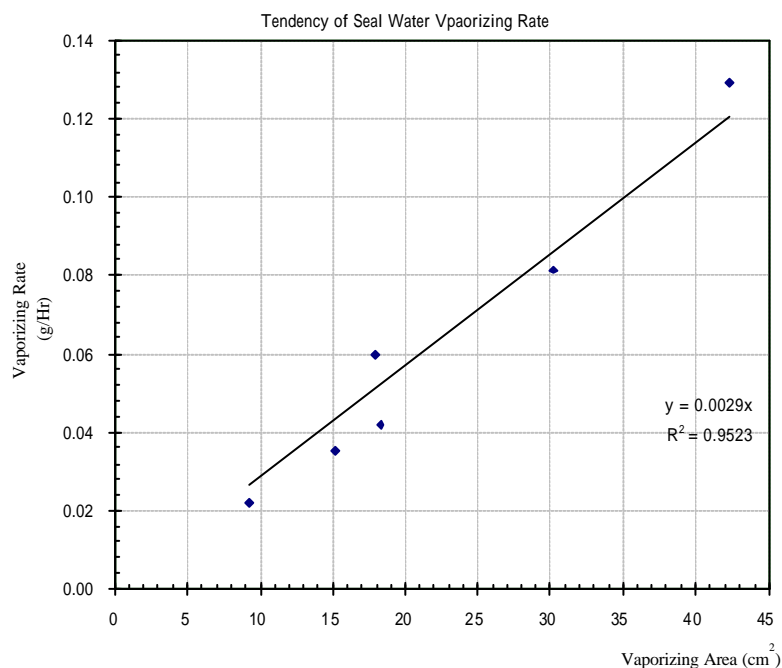


圖 4-1-9 落水器具蒸發面積與水封蒸發量關係圖

$$VpR = 0.0029 \times A \dots\dots\dots(1)$$

$$T(Vp) = Wi / VpR \dots\dots\dots(2)$$

VpR : 自然蒸發速率 (g/Hr)

A : 落水器具上部可供水封蒸發面積 (mm²)

Wi : 確保水封條件下最大可蒸發水量 (g)

T(Vp) : 落水器具自然蒸發至破封的時間 (Hr)

第二節 地板落水器具水封強度性能試驗

以本所性能實驗群衛生管路實驗裝置, 模擬五層住宅建築排水系統所進行不同立管系統之性能實驗中, 在定流量每秒 4.0 公升排水流量之條件下, 單管式排水立管因僅設伸頂通氣管, 最大負壓力產生於負荷層之直下層, 且超過-35mmAq 的負壓值, 運用這些實驗成果作為基礎, 地板落水器具水封強度性能試驗即採逐步增加排水流量的方式進行, 每次間隔以 0.1 公升的流量增加, 待達到穩定流量時持續保持 30 秒的穩流時間, 再繼續增加排水流量, 持續至完全破封為止。 [4] [7] [8] [9]

器具存水彎水封強度性能試驗的結果, 從觀測紀錄與實驗結果比對發現, T 樣品在接近排水負荷接近 2 公升處, 其水封即已產生極大振動, 接近 3 公升處完全破封, 存水彎水封完全喪失, 而在破封前的樣品側最大負壓約在-14mmAq; H 樣品的水封完全喪失點亦出現在 3 公升定流量排水負荷之前, 檢視壓力分佈圖發現, 水封約在 2 公升左右即已發生破封現象, 破封壓力在-12.7mmAq; 而編號 4 落水器具的破封點, 則出現在定流量每秒 2.7 公升排水時所產生的最大負壓力-13.3mmAq 當時, 比對日本規範中所列基準, 存水彎水封必須能夠達到 25mmAq 空氣壓力變動量, 前列三件落水器具樣品均無法符合。(如圖 4-2-1 至圖 4-2-3) [8] [9]

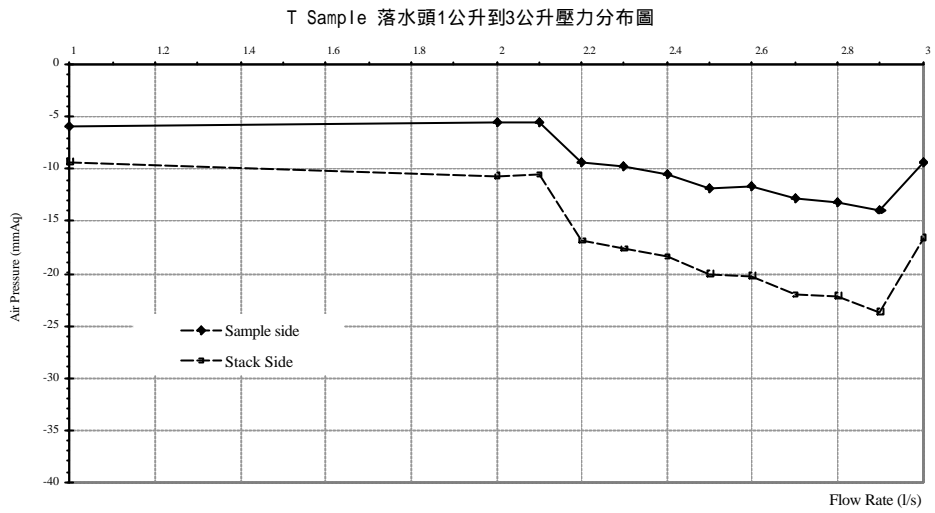


圖 4-2-1 T Sample 水封強度試驗結果

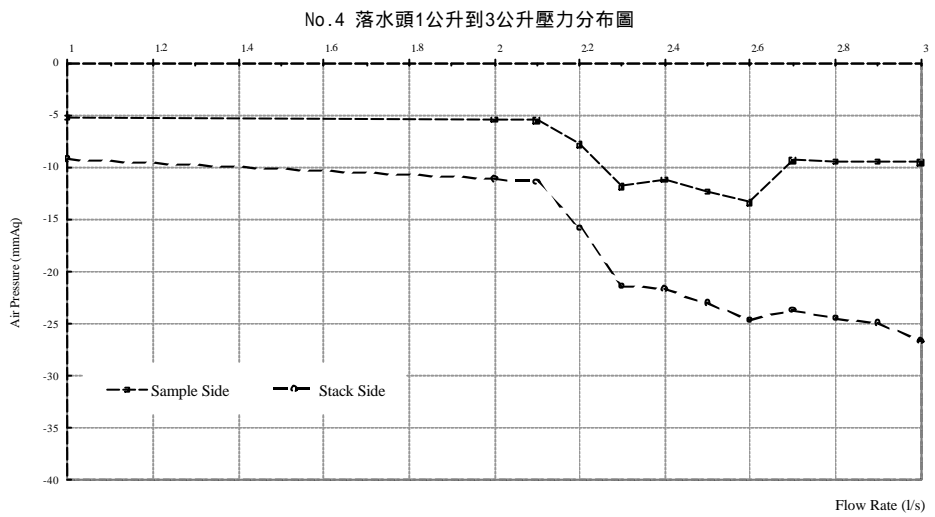


圖 4-2-2 No.4 Sample 水封強度試驗結果

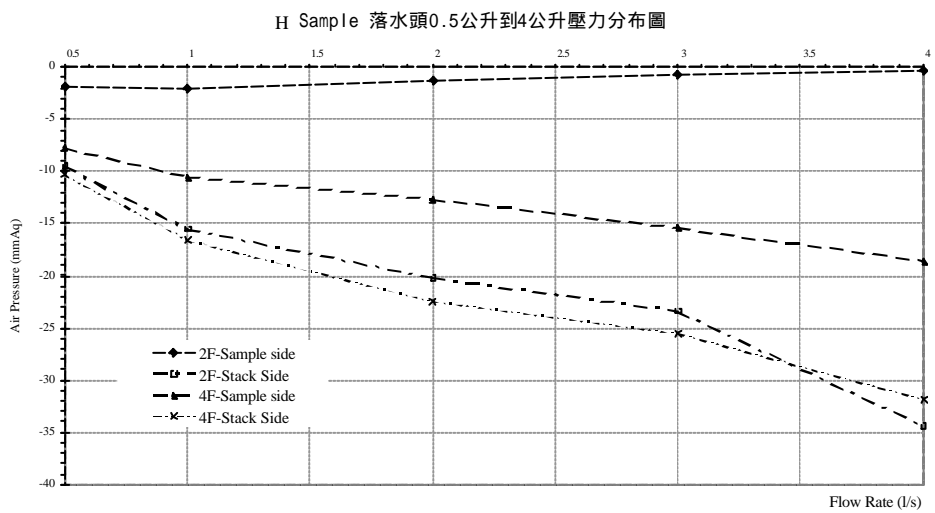


圖 4-2-3 H Sample 水封強度試驗結果

第三節 設計地板落水器具模型水封強度性能實驗

本研究另參考國內地板落水器具之規格與相關文獻資料，設計八種不同水封深度或口徑的落水器具模型，規格如表 4-3-1 及圖 4-3-1 所列。

設計模型外徑有 90mm 及 70 mm 二類，最大水封深度從 15mm 至 80mm 之間，而有效水封深度從 10mm 至 60mm 不等，同時搭配不同口徑的內管規格進行組合，嘗試從實驗控制條件中掌握落水器具水封性能，並積極探求可行的推估預測模式，以作為設計研發的基礎。

表 4-3-1 實驗用落水器具規格一覽表^{[8] [9]}

設計落水器具編號	A	B	C	D	E	F	G	H
淨重(g)	139	181.1	221.5	236	200.9	77.7	227.5	132.8
落水頭滿水總重(g)	175.3	270.3	397.6	402.5	387.4	397.7	359.2	168.6
滿水水封淨重(g)	36.3	89.2	176.1	166.5	186.5	320	131.7	35.8
水封最低水位總重(g)	151.2	228.1	316.7	284	294.7	308.9	298.9	156
有效水封淨重(g)	24.1	42.2	80.9	118.5	92.7	88.8	60.3	12.6
水封深度(mm)	20	40	80	80	40	40	40	15
有效水封深度(mm)	10	20	40	60	20	20	20	10
水封蒸發面積 mm ²	1253.5	1253.5	1253.5	1253.5	3578.3	1693.4	1693.4	1253.5

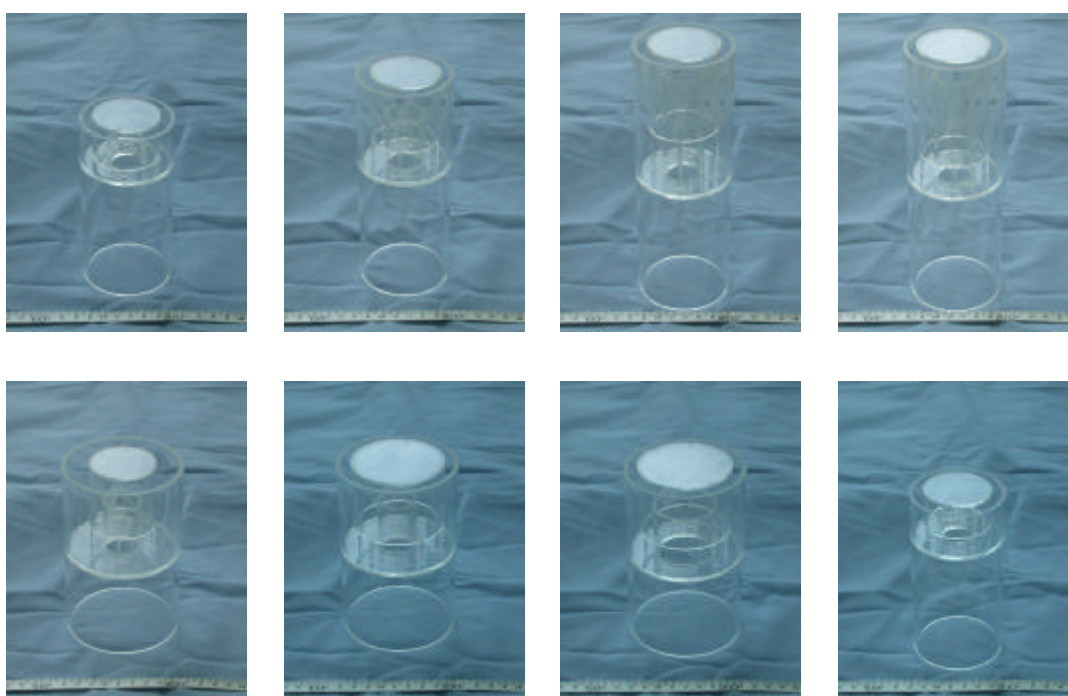


圖 4-3-1 設計地板落水器具模型^{[8] [9]}

本階段器具存水彎水封性能實驗操作，係以連續區間變流量排水模式進行，依據現場實驗影像紀錄情形，並配合實驗數據觀測的即時資料，以判斷破封壓力點及排水負荷流量。同時，測試樣品分別置於排水立管最大負壓產生位置 4F，及可能產生最大正壓或振動幅度影響程度最高的 2F 進行水封強度性能試驗，

個別設計落水器具模型的水封性能實驗結果如圖 4-3-2 至圖 4-3-9 所示，水封深度 10mm 的破封負壓約在-9mmAq 左右，水封深度 20mm 的破封負壓約在-12mmAq 至-13mmAq 左右，水封深度 40mm 的破封負壓約在-21mmAq 左右，水封深度 60mm 的破封負壓約在-36mmAq 左右；而正壓側的影響壓力變動平均只有-0.8mmAq 至-3.5 mmAq，甚至最大水封樣品的破封壓力，雖然排水流量已經達到每秒 5.3 公升，平均也只有-9 mmAq，但是期間的水封水位變動相當大。 [8] [9]

而從實驗結果中也發現，在負壓區排水立管側所量測得到的管內空氣壓力變動，明顯大於測試樣品側的橫支管內空氣壓力變動，此部分有待後續研究深入探討。正壓區部分，因為總體的空氣壓力變動，在接近外氣壓力的規模震盪，並無明顯壓力區隔。

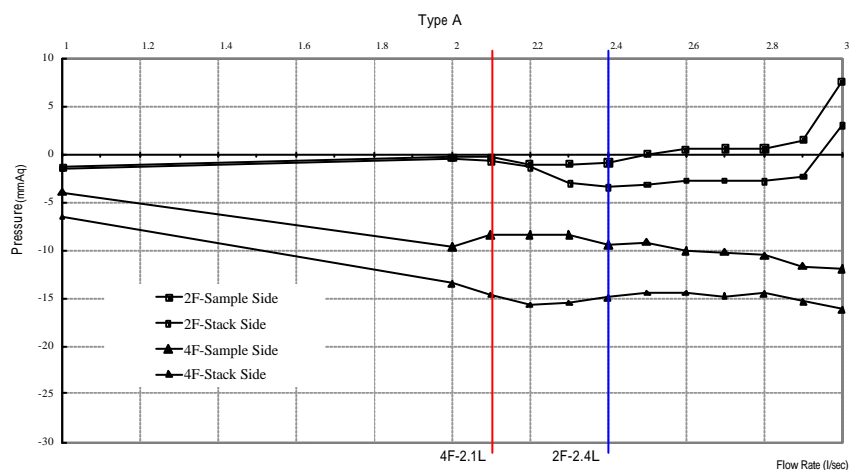


圖 4-3-2 Type A 透明地板落水水封強度試驗結果

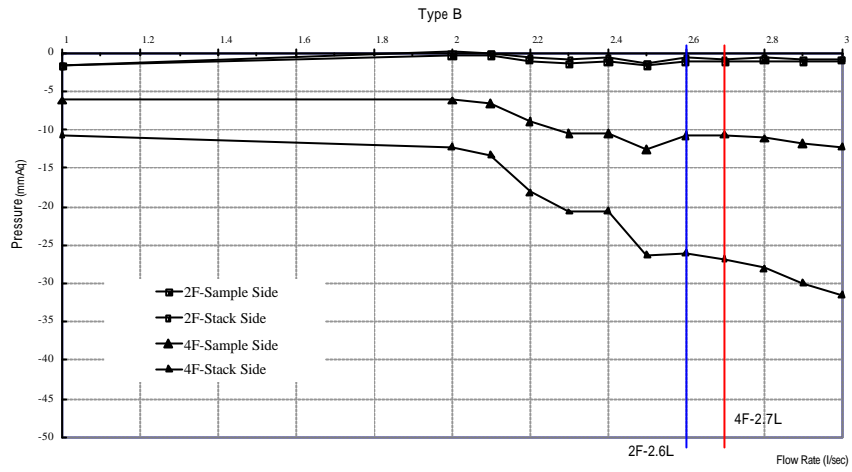


圖 4-3-3 Type B 透明地板落水水封強度試驗結果

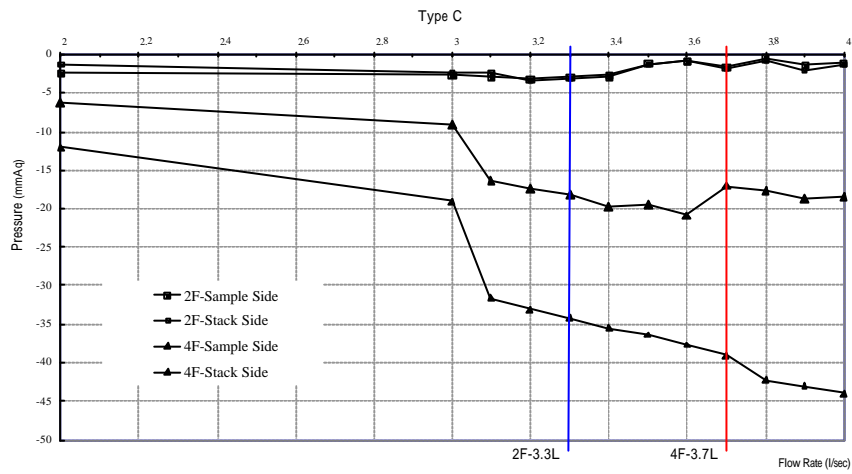


圖 4-3-4 Type C 透明地板落水水封強度試驗結果

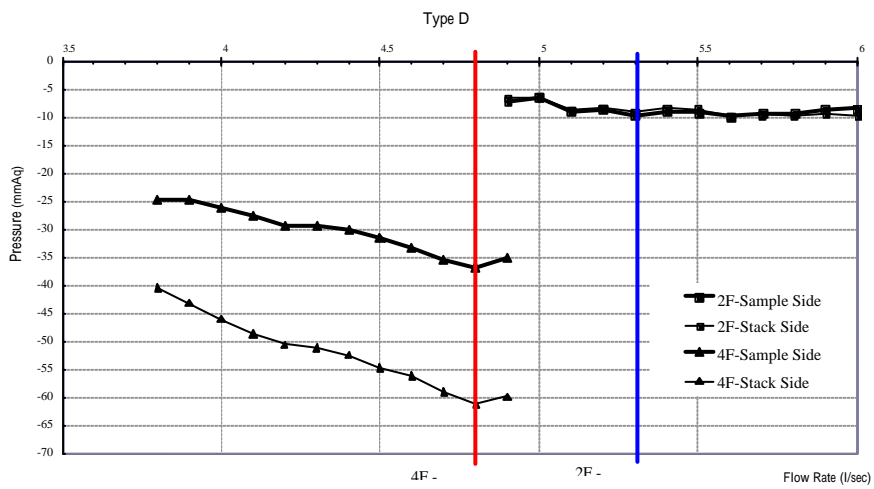


圖 4-3-5 Type D 透明地板落水水封強度試驗結果

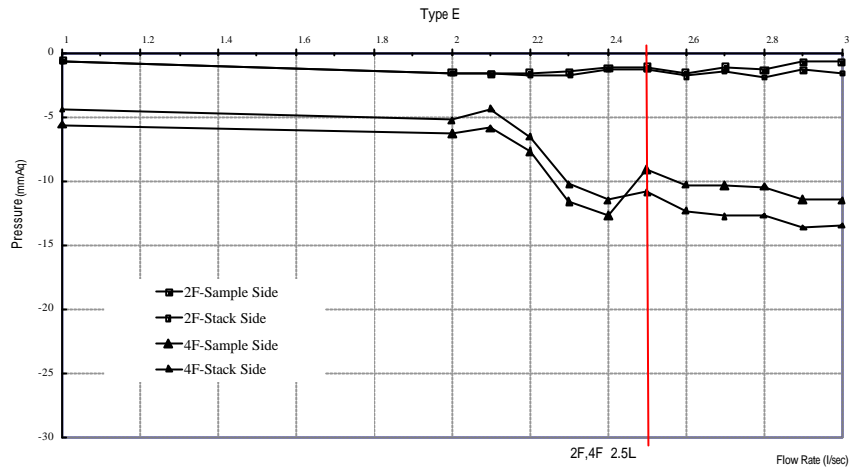


圖 4-3-6 Type E 透明地板落水水封強度試驗結果

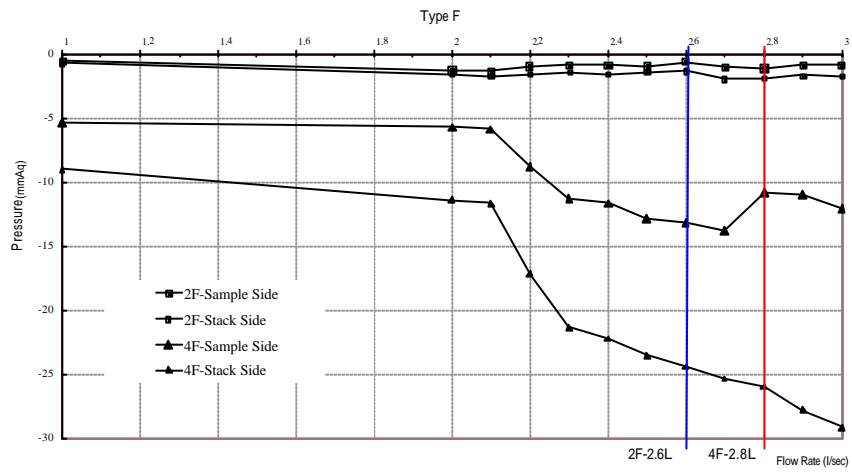


圖 4-3-7 Type F 透明地板落水水封強度試驗結果

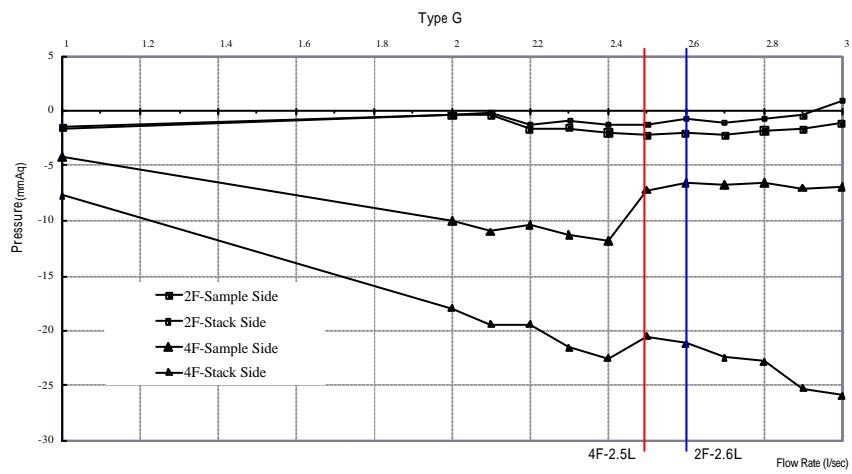


圖 4-3-8 Type G 透明地板落水水封強度試驗結果

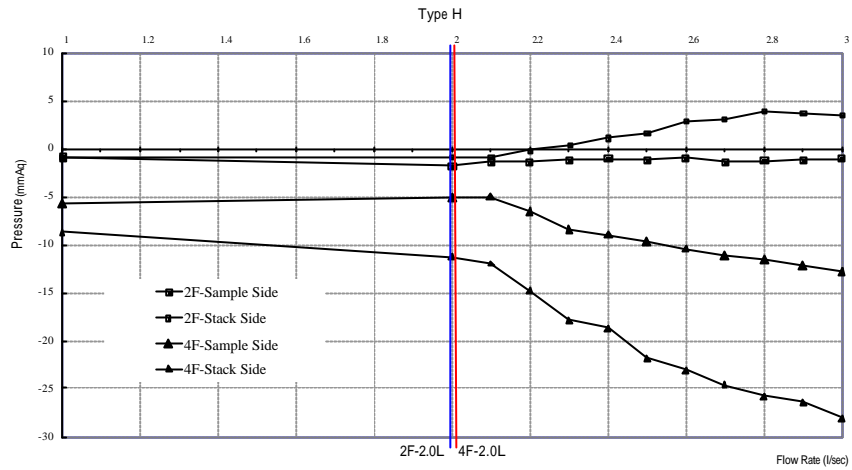


圖 4-3-9 Type H 透明地板落水水封強度試驗結果

設計落水器具模型的存水彎水封強度實驗結果顯示,水封破封前的樣品側管內平均負壓力,與水封深度有相明顯的線性關係存在(如圖 4-3-10 及圖 4-3-11)。

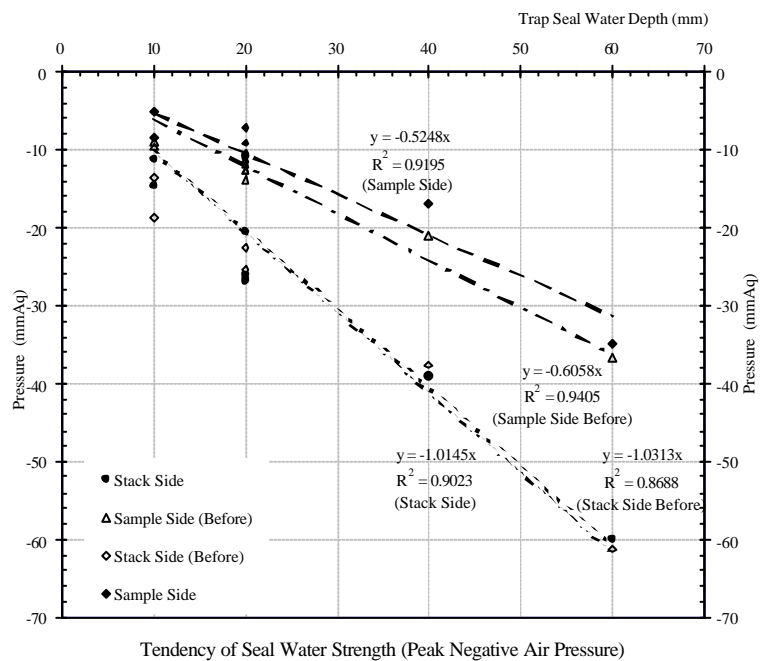


圖 43-10 有效水封深度與水封強度關係圖 (負壓區) [8] [9]

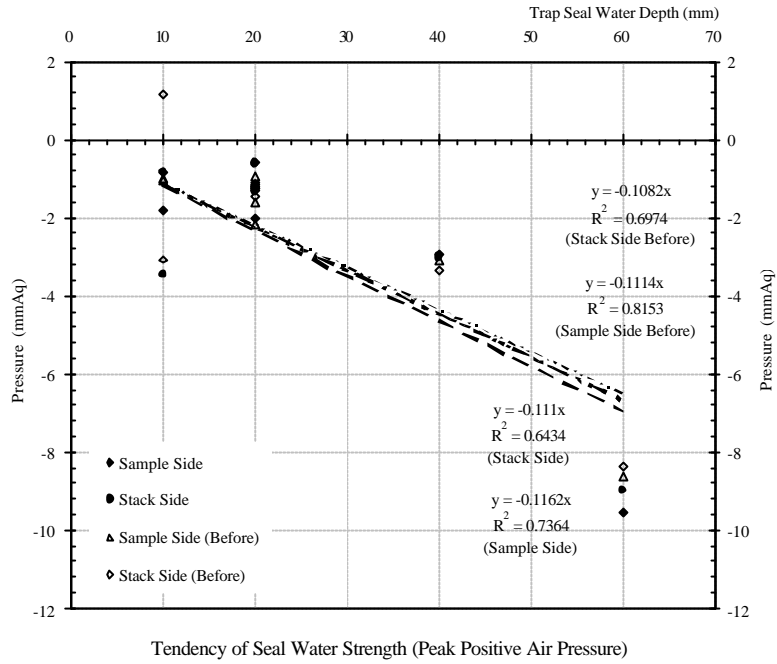


圖 4-3-11 有效水封深度與水封強度關係圖（正壓區） [8] [9]

關係如公式 3 及公式 4 所示

$$S_{sw} (N) = -0.6058 \times D_{sw} \dots \dots \dots (3)$$

$$S_{sw} (P) = -0.1114 \times D_{sw} \dots \dots \dots (4)$$

$S_{sw} (N)$: 落水器具存水彎負壓區水封強度 (mmAq)

$S_{sw} (P)$: 落水器具存水彎正壓區水封強度 (mmAq)

D_{sw} : 落水器具有效水封深度 (mm)

第四節 衛生器具排水流率性能實驗

衛生器具排水流率之實驗目的,在於解析一般器具排水時單位時間流入排水配管內的流量,比對排水立管系統內空氣壓力變動實驗與模擬數值,即可作為器具設計之排水負荷流量推估依據,並可評估對整體系統性能的影響,檢核排水系統設計之合理性。 [9]

馬桶排水係參考國家標準省水馬桶之最低要求設定水箱水量為 9 公升,從累積流量的結果可以瞭解,主要排水集中在排水進入立管的前 15 秒,最大流率約為每秒 0.7 公升;洗面盆設定排水量為 7.7 公升,從累積流量的結果可以瞭解,最大流率約為每秒 0.5 公升以下,流率變化量較馬桶小;浴缸設定排水量為 50 公升,從累積流量的結果可以瞭解,最大流率約為每秒 0.45 公升,排水流率穩定,排流時間持續約 100 秒;排水流率的實驗結果,未來可作為評估整體建築排水系統與衛生器具整合性能的基礎,設計人員可以參照有關衛生器具同時使用率的數據文獻,即可完成設計排水負荷量之估算。(如圖 4-4-1 至 4-4-3)。

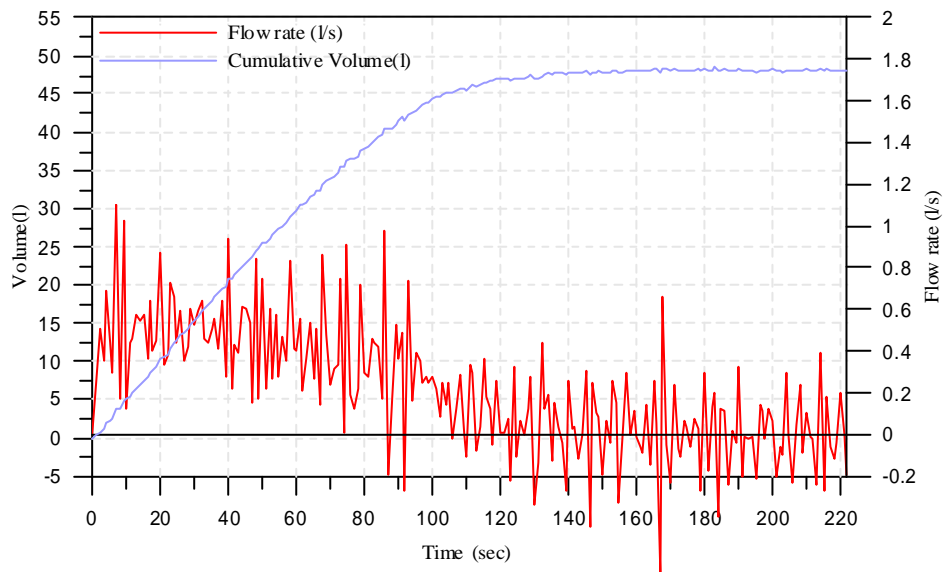


圖 4-4-1 浴缸排水流率實驗結果 (水量: 50.0L、取樣時間: 0.02 Sec)

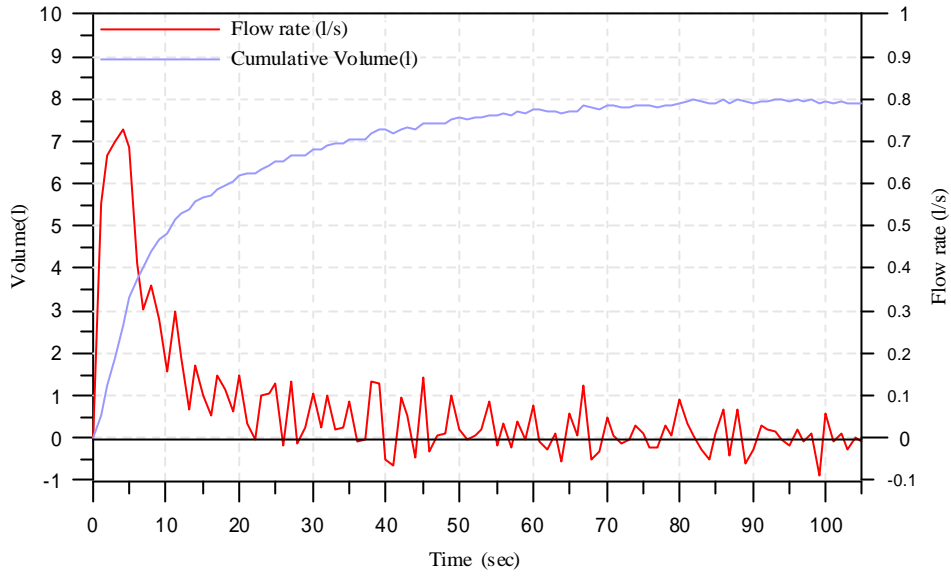


圖 4-4-2 馬桶排水流率實驗結果 (水量：9.0L、取樣時間：0.02 Sec)

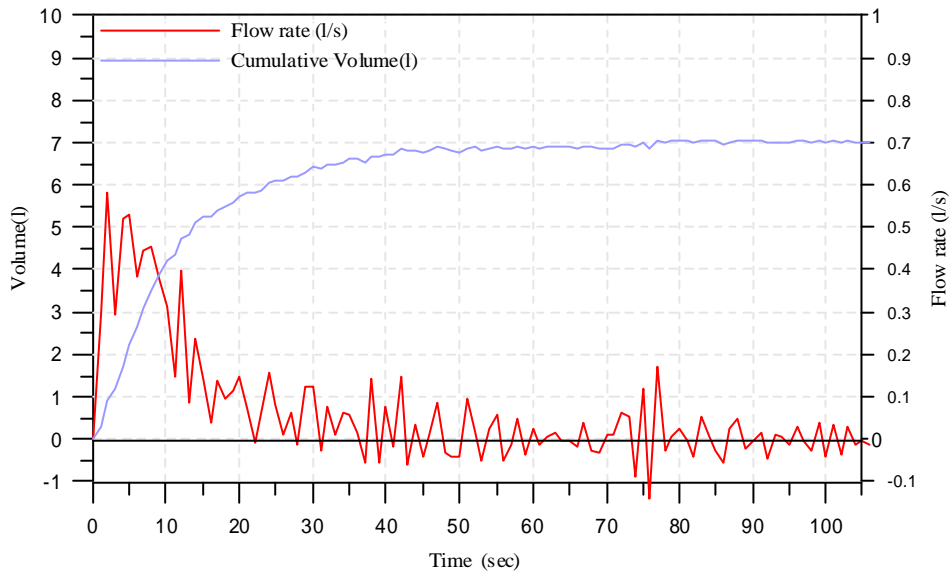


圖 4-4-3 洗面盆排水流率實驗結果 (水量：7.7L、取樣時間：0.02 Sec)

第五節 排水立管內最大正負壓力與排水流量變動趨勢分析

同時，由設計落水器具模型的實驗解析結果亦發現，不論是在排水立管系統負壓側或正壓側，立管內空氣壓力值均與排水負荷流量呈現二次線性關係（如圖 4-5-1 及圖 4-5-2，在低層建築排水系統設計中，未來應可將此成果納為設計評估之依據；下一階段並可整合中高層建築排水之管內壓力分佈及壓力峰值預測模式，作為建築排水系統與衛生排水器具的設計性能評估與檢核依據。 [8] [9]

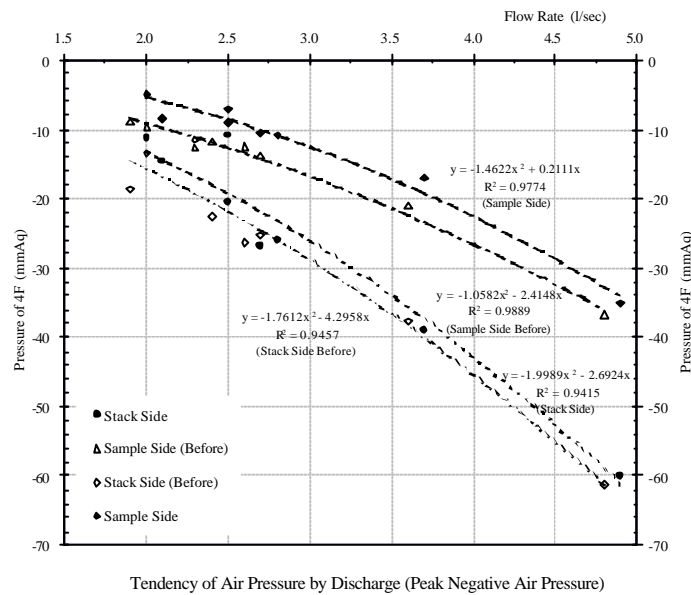


圖 4-5-1 排水負荷與管內最大負壓規模關係圖 (負壓區)

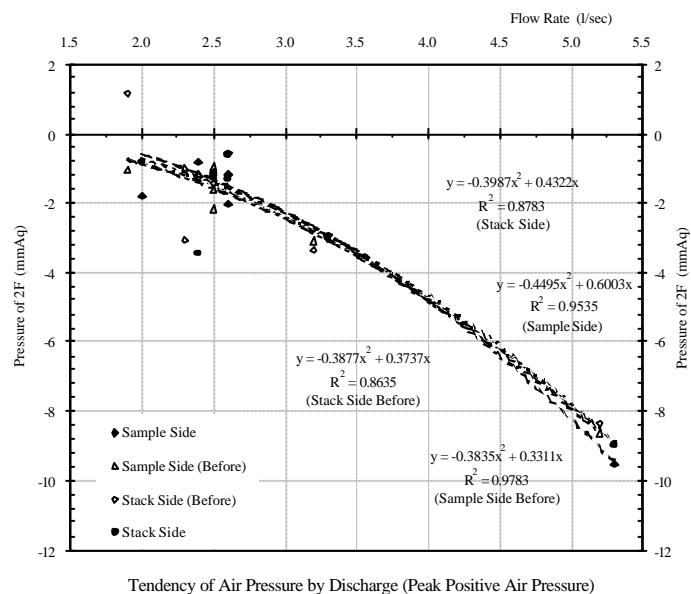


圖 4-5-2 排水負荷與管內最大負壓規模關係圖 (正壓區)

第六節 小結

本研究以衛生管路實驗設施為實驗基礎，針對不同衛生器具，進行規格比較與相關性能實驗，並建立地板落水器具實驗模型，逐一解析存水彎水封強度性能與水封深度的相關性。另進行落水器具水封自然蒸發逸散的性能進行實驗觀測計畫，獲致簡易水封水量自然蒸發逸散推估模式，以及衛浴設備之排水流率實驗計畫，解析出個別器具的排水流率，可據以評估整體建築排水系統與衛生器具整合性能，並提供作為檢討設計性能的重要工具。

在實驗操作過程中也發現，國外相關機構或標準中，係從居住使用型態與人體的健康狀況分別著眼，規劃制訂不同的實驗系統，評估可行之試驗程序與或方法，以切合設施器具性能實驗檢核的積極需求；未來在衛生器具與排水系統性能試驗的部分，將參考生活形態、人體健康衛生研究的成果，開發建立研發制訂標準試驗的基礎。

本研究提出國內落水器具的性能試驗方法與程序，並逐一檢核國內常用的落水器具，並經由實驗解析與驗證程序，建立存水彎水封試燃蒸發逸散性能與水封強度性能的推估模式，將大幅提昇我國建築排水性能驗證與研發技術，並可有效改善排水系統的設計能力，同時透過實驗操作的訓練過程，已培養國內相當優秀的研發人才。本研究參考國內外相關規範與基準或試驗方法，已完成地板落水器具與衛生器具排水性能的實驗研究。藉由實驗操作的過程，已逐步檢討建立符合該設施及性能檢測需要的試驗程序。

從基本的設施建置理念著手，透過設施基本性能確認程序與方法的檢討與實作，培養國內建築排水實驗研究的專門技術人才，尤其本案除研究團隊的基本人力外，並將服勤於本所性能實驗群的替代役同仁，一併納為研究團隊的一份子，有效提升實驗人力的規劃效能，並建立實驗研究的核心資源。

未來應持續針對攸關生活品質與設備器具性能的課題進行研究探討，本研究亦對未來國內可積極利用本項實驗設施規劃開發的研究方向提出建議，如表 4-6-1 所示，研究主體包括衛浴空間的排水性能、個別器具的排水性能、排水設備排水對排水系統的影響、既有排水器具改用省水器具或改修的可行性與經濟性等，

表 4-6-1 未來衛生排水實驗設施可供建築排水相關研究課題

項次	可進行實驗項目	預期研究成果
1.	排水立管壓力變動比較	立管內空氣壓力分布分析與預測模式探討
2.	排水立管與橫管內排水流體現象觀測	排水立管內排水流動現象解析與水流斷面對排水或空氣流動的影響
3.	送風機導入時對排水立管內空氣壓力變動的影響及理論探討	以送風機將空氣導入排水立管模擬不同高度建築排水立管排水現象的可行性分析。
4.	排水立管壓力變動對於器具排水的影響（波型頻譜分析）	器具排水的流量、流速及對排水立管壓力變動的影響（馬桶、浴缸、面盆）
5.	衛生器具的設計排水流量及設計性能評估研究	衛生器具排水的流量與掃流能力相關性探討，檢討各種衛生器具（馬桶、面盆與浴缸）的性能，如排水速率、清潔能力。
6.	器具排水的排水速率與立管內空氣壓力變動之相關性分析	器具排水的流量、流速及對排水立管壓力變動的影響（馬桶、浴缸、面盆）
7.	浴室地板落水之排水速率與洩水坡度之研究	探討浴室地板不同洩水坡度、地板落水頭與地板排水速率的關係，並比較浴室地板洩水坡度對使用行為的安全性影響。
8.	洗衣機加壓排水對排水立管內空氣壓力變動及衛生器具水封之影響研究	探討洗衣機排水的特性，觀察加壓排水在排水管內的流體現象，以解析排水流速與立管內空氣壓力變動的情形，並評估破壞衛生器具排水性能的可能性。
9.	洗劑泡沫排水對於建築排水系統排水性能變動之研究	洗劑排水的流體現象觀察解析，以及泡沫對於建築排水立管空氣壓力變動之影響分析。

第五章 建築排水設計施工專業人士問卷調查分析

第一節 問卷對象規劃與課題探討

本研究亦企圖透過國內建築排水設計與施工專業人士的問卷訪查,釐清國內建築排水通氣系統設計工作上的課題,以及執業過程當中使用者反應水電設施問題的範疇,與後續處理追蹤的方式,並探討其排水衛生系統的主要問題所在,以作為後續研究課題規劃的參考。問卷內容包括:執行設計的法令規範依據、經常設計的排水系統、是否設計評估或採用過新式排水系統或器具、使用者反應的排水系統與衛生器具的問題,以及後續處理方式等。主要問卷內容如下:

- 1.從事建築排水通氣系統相關業務之時間。
- 2.是否有高層建築排水系統之設計經驗。
- 3.公有與私有建築之執行業務比例,業務對象建築物型態等。
- 4.是否曾經應用特殊接頭(如速便通)於高層排水通氣系統設計經驗。
- 5.執行給排水設計之法令依據或參考規範,包括:台灣建築技術規則、歐美 International Plumbing Code 及 National Plumbing Code、日本 HASS 206 或 HASS 203 或其他。
- 6.曾接獲業主或使用者反應浴廁設備產生之問題頻率:從基本建築物內常用排水設備或器具著眼,包括洗臉盆、馬桶、浴缸、地板排水等,可能發生的問題有:排水不順暢、排水噪音、流速緩慢、使用前產生惡臭、未使用時仍產生氣泡或水位波動或其他。
- 7.對於前接問題的對應處理方式,包括:協助維修、拆除更換、無法處理但列為後續改進事項等。
- 8.在建築排水通氣系統設計實務中,是否曾經或評估採用特殊設計規劃方式,或特殊設備系統,或特殊設計經驗,包括:(1)通氣閥、(2)特殊接頭排水系統或(3)習慣採用傳統排水通氣雙管系統。

第二節 問卷結果分析

本研究針對國內從事建築排水或水電專業從業人士，包括電機技師、設計工程師、水電材料商、水電施工工程師及建設公司規劃人員等，發出 120 件問卷，共回收 61 件，其中不乏經驗相當豐富的技師或施工專家，也包括相當多有一參與相關研究或經驗分享的人士。

61 件問卷中有 39.93% 受訪專業人員有高層建築排水設備設計經驗，44.3% 無高層建築排水系統設計經歷，16.4% 未答（如圖 5-2-1 所示）。另有 13.1% 受訪專業人員有使用或評估特殊接頭排水設備經驗，65.6% 無相關設計經驗，21.3% 未答。受訪者中習慣採用排水通氣共用的雙管系統進行設計有 73.8%，26.2% 未答或評估系統設計（如圖 5-2-2 所示）。

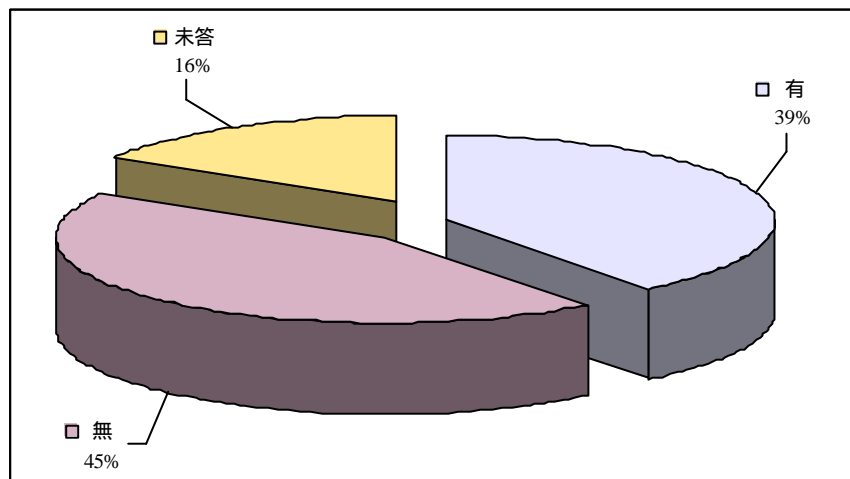


圖 5-2-1 國內專業設計人員高層建築設備設計經驗問卷調查結果

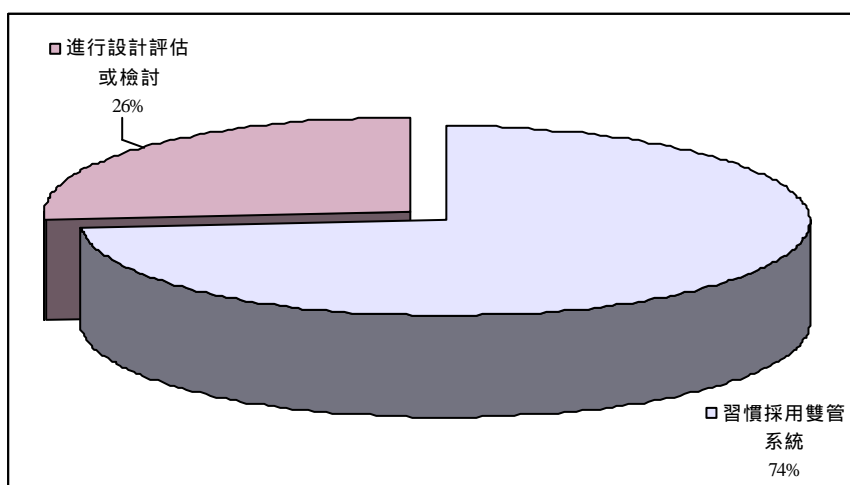


圖 5-2-2 國內專業設計人員排水系統設計思考模式分析結果

在執行給排水設計之法令依據或參考規範方面,參考建築技術規則設計者佔 85.2%,參考 NPC 設計者佔 8.2%,參考 IPC 設計者佔 4.9%,參考 HASS 206 及 HASS 204 設計者佔 3.3%,其中各項法規皆參考者有 1.6%,其中僅參考 HASS 206 及 HASS 204 設計者有 1.6%,參考 IPC 者都有一併參考 NPC 設計佔 4.9%,另有 1 件除建築技術規則外,另參考 ASPE DATA BOOK 進行設計。(如圖 5-2-3 所示)

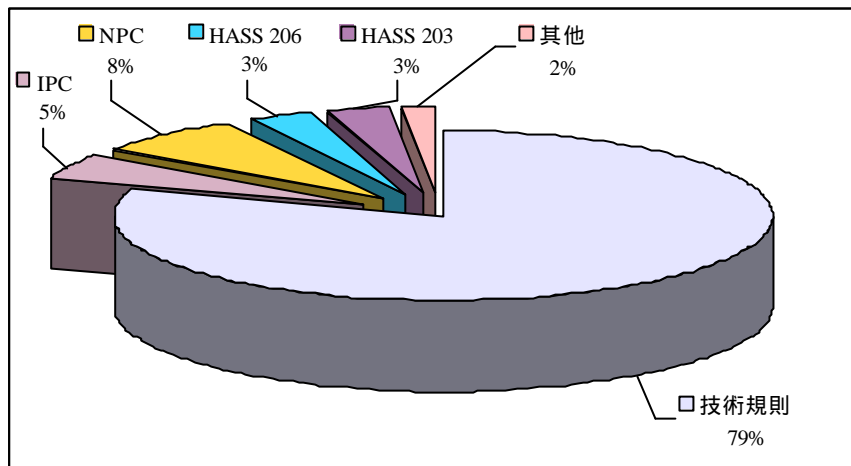


圖 5-2-3 國內建築排水設計專業人員參考法令規範現況

對於新式設備或器具部分,受訪者中有 50.8%及 60.7%受訪者不知道通氣閥及特殊接頭或未回答,11.5%有特殊接頭設計經驗、18.0%有通氣閥設計經驗,有 31.1%及 27.97%受訪者曾經評估過通氣閥及特殊接頭之設計(如圖 5-2-4 及圖 5-2-5 所示)。

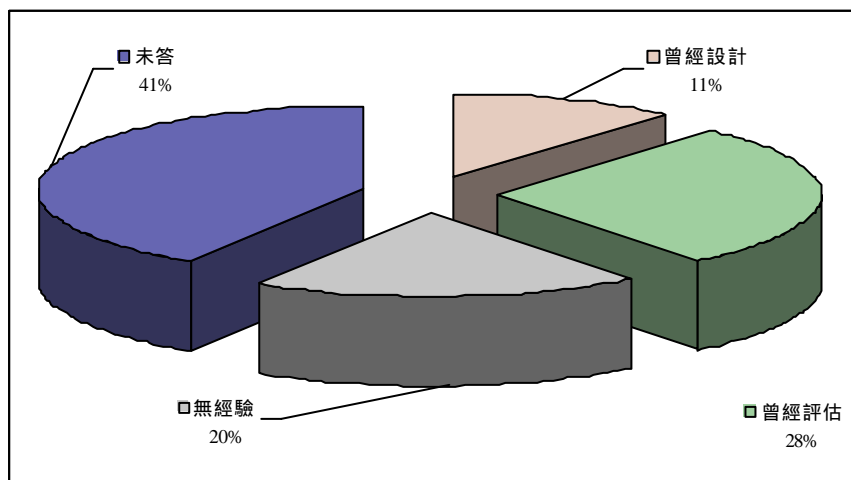


圖 5-2-4 特殊接頭排水設備設計經驗

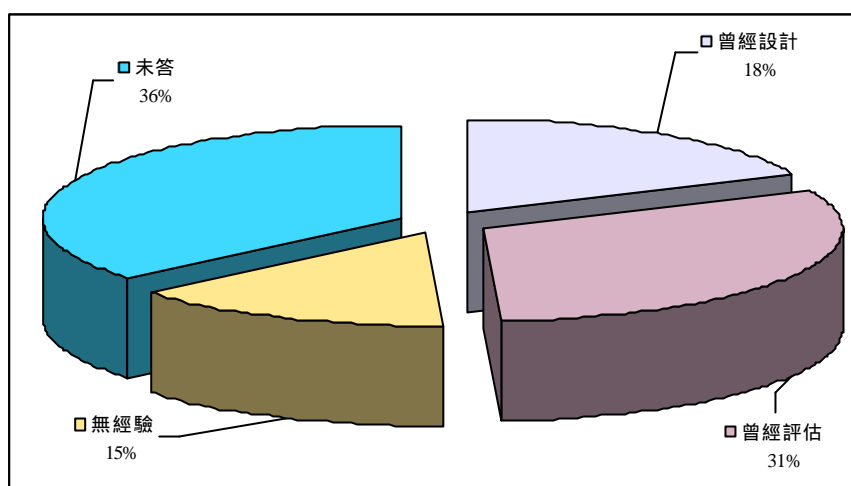


圖 5-2-5 通氣閥設計經驗

使用者對專業人員之問題回饋部分，受訪問卷中有 62.3% 曾經接受到使用者對建築排水與衛浴設備的問題反應，發生問題的器具以馬桶為主，而發生問題的狀況則以攸關排水性能的項目為主，其次是器具臭氣污染室內，另外器具噪音也是影響使用使用的重要問題所在(如圖 5-2-6 及表 5-2-1 所示)。

專業人員對使用者所反應的器具使用問題，可以提供協助器具排水不順維修的佔 31.6% 最高，馬桶噪音、臭氣及地排臭氣則是可以提供協助維修的重點項目，其餘項目受訪者表示可以協助或未答者居多 (如表 5-2-2 及圖 5-2-7 所示)。

部分問題被專業人士認為可能處理技術尚無法因應，直接建議使用者更新，包括部分排水不順、噪音及臭氣等問題 (如表 5-2-3 及圖 5-2-8 所示)。至於使用反應之問題，連專業者都認定無法處理，主要以器具噪音項目為主，另外馬桶在各個項目都有出現無法處理的案例，而浴缸的臭氣與排水噪音問題亦有反應無法處理的情形 (如表 5-2-4 及圖 5-2-9 所示)。

表 5-2-1 使用者對專業人員之問題回饋之比例

回饋問題 \ 器具	馬桶	面盆	浴缸	地排
噪音	44.7%	10.5%	10.5%	10.5%
惡臭	18.4%	5.3%	2.6%	34.2%
排水不順	34.2%	23.7%	34.2%	21.1%
水封波動	21.1%	2.6%	0.0%	7.9%

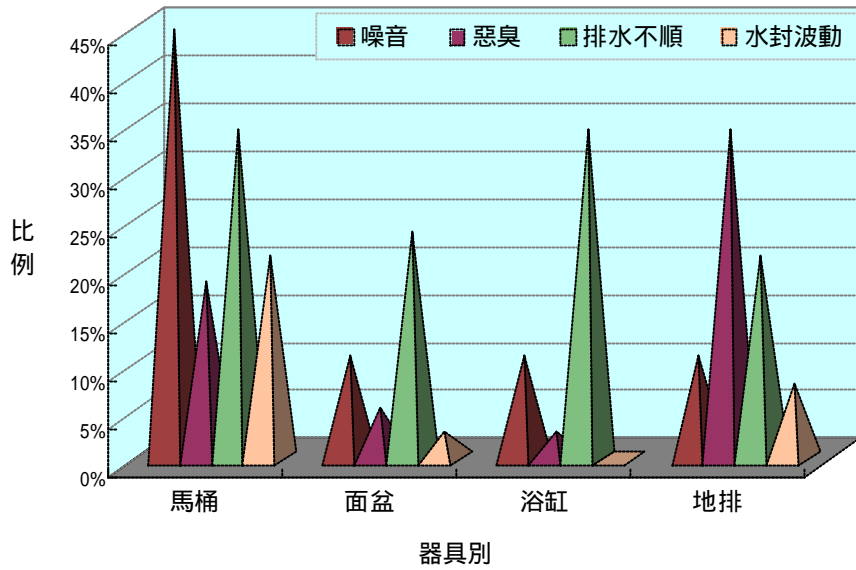


圖 5-2-6 使用者對專業人員之問題回饋分析結果

表 5-2-2 專業人員對回饋問題提供協助維修之比例

回饋問題 \ 器具	馬桶	面盆	浴缸	地排
噪音	18.4%	2.6%	5.3%	-
惡臭	13.2%	2.6%	-	15.8%
排水不順	31.6%	31.6%	31.6%	31.6%
水封波動	2.6%	-	-	-

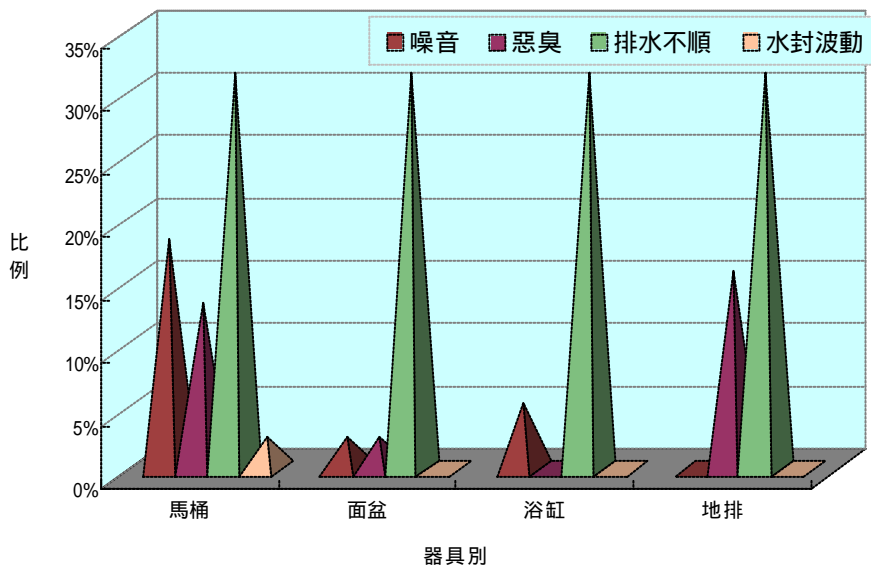


圖 5-2-7 專業技術人員協助進行維修項目的分析結果

表 5-2-3 專業人員對回饋問題採取拆除更換之比例

回饋問題 \ 器具	馬桶	面盆	浴缸	地排
噪音	2.6%	2.6%	2.6%	-
惡臭	2.6%	-	-	5.3%
排水不順	2.6%	2.6%	2.6%	-
水封波動	-	-	-	2.6%

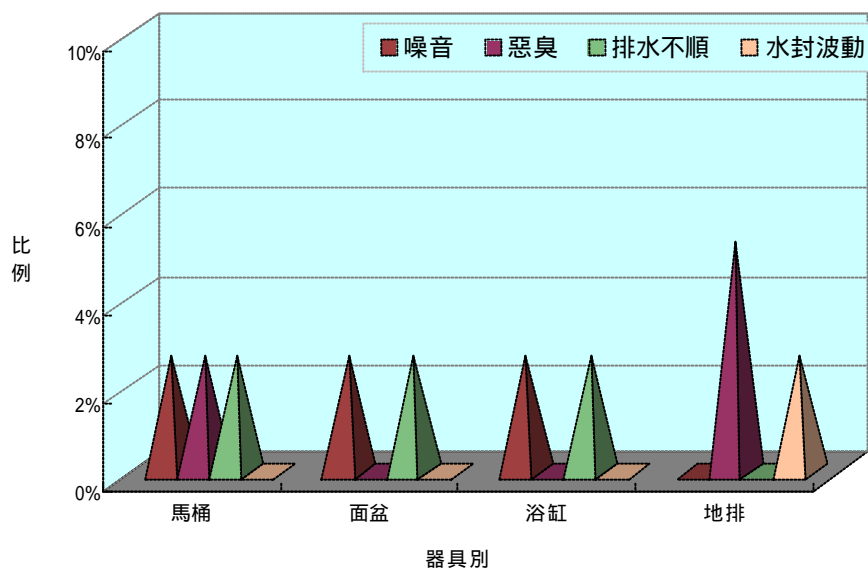


圖 5-2-8 專業技術人員建議拆除更換項目的分析結果

囿於時間與人力，本研究尚無法對於使用者反映問題進行原因分析，同時並未深入針對問題對策的技術性與經濟性進行探討。但是從問卷分析的結果顯示，大部分的器具使用不便問題，專業者都盡力提供處理方案與使用者，並協助改善或更新，而必須注意的是這些問題發生的原因，受訪者大都反應無法進一步獲得解答或技術支援，因此，造成處理對策不當或不符經濟效益，浪費資源與金錢。

本研究部分實驗分析內容，即是嘗試因應這些課題來尋求解決對策。但本研究僅是從物理特性上著眼的開端，這些發生在排水系統、器具設計或使用維護管理方面的技術性問題，仍待國內投入更多的研究與人力加以釐清，充分運用已建置之實驗設施，對於提升國內排水系統與器具研發技術，相信必能展現豐碩的成效。

表 5-2-4 專業人員對回饋問題表示無法處理之比例

回饋問題 \ 器具	馬桶	面盆	浴缸	地排
噪音	5.3%	5.3%	5.3%	2.6%
惡臭	5.3%	-	2.6%	-
排水不順	2.6%	-	-	-
水封波動	2.6%	-	-	-

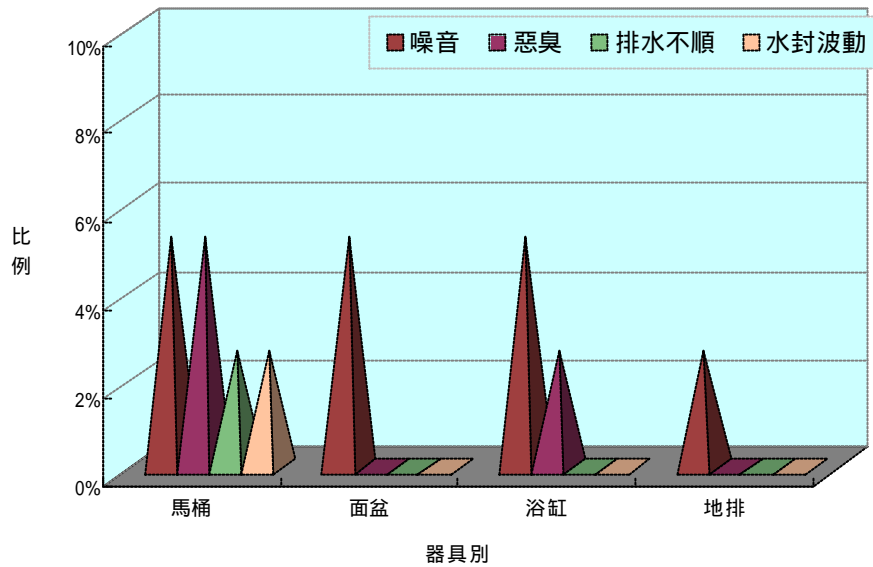


圖 5-2-9 專業技術人員評估無法處理項目的分析結果

第三節 小結

本研究透過專業設計或施工人士的問卷與經驗回饋發現，國內建築排水設計施工有 74% 的專業設計者習慣採用雙管排水通氣系統規劃設計，與國內常用立管結合通氣之雙管建築排水通氣系統的應用比例相近，研究結果值得信賴。另專業人士中有高層建築設計或施工經驗者，約僅有 40% 左右；而對於新設備系統或器具的產品開發與應用部分則有 50% 至 60% 表示不瞭解，可見對於專業設計施工人員的教育訓練與技術資訊傳遞不足，應該進一步提供必要的資訊傳遞管道，充分規劃訓練課程與培訓師資，以提升專業者之技能水準。同時，在設計參考法規的調查分析結果中亦發現，依據建築技術規則進行設計施工者佔 85% 以上，參考國外其他規範者都在 10% 以下，根據本研究的文獻回顧發現，建築技術規則建築排水相關規定已超過 30 年未加以增修，可見國內目前在排水系統設計上的發展上仍處於 70 年代的技术層級；本研究計畫主持人在參與相關國際研討會的經驗中發現，國際間已有相當成熟的設計理論與規範可供應用參考，亦針對系統或器具使用問題開發出許多新產品，應儘速參酌修訂我國建築技術規則相關條文，並將性能式審查機制納入評估，對於新功能的器具設備產品，亦須儘速建立審查與評定機制，以改善我國建築排水系統設計施工的技术瓶頸。

第六章 結論及建議

第一節 結論

本研究參考國際間相關排水設計規範與性能試驗方法，以內政部建築研究所衛生管路實驗設施為實驗基礎，蒐集國內常用的落水器具，進行規格比較與相關性能實驗；並自行開發不同型式的透明落水器具，進行比對與觀測實驗；同時，為充分發揮實驗設施建置之效益，本研究並積極檢討衛生器具性能試驗的可行方法，初步針對器具排水流率實驗計畫進行探討。藉由專業人士的問卷回饋，並釐清國內建築排水業界的執業現況與使用者遭遇的使用問題與對策，針對問題進行原因分析與檢討未來發展需求。本研究將建築排水實驗的執行成果與設計施工經驗相互整合，應可助於提升排水系統設計或器具研發的技術，以及提供作為相關法令規範研議的參考。分項結論如下：

(一) 地板落水器具水封自然蒸發逸散的性能試驗：

本研究針對落水器具水封自然蒸發逸散的性能進行實驗觀測計畫，獲致簡易水封水量自然蒸發逸散推估模式，將可提供作為設計與確保居住衛生健康性能的評估工具。

(二) 地板落水器具存水彎水封強度性能試驗：

參考相關文獻與現有落水器具之設計規格，建立地板落水器具模型，以落水器具的內外口徑、水封深度、有效水封深度及排水路徑尺寸等為變因，於控制排水負荷流量的實驗條件下，逐一解析存水彎水封強度性能與水封深度的相關性，並提出水封強度與水封深度之推估關係公式，可作為設計開發之評估參考工具。

(三) 排水立管空氣壓力變動峰值與排水負荷量的推估模式

藉由衛生器具性能實驗的操作，本研究亦推演獲得透過在建築物排水立管內空氣壓力峰值與各排水負荷流量的線性關係。

(四) 衛生器具排水流率的探討

本研究針對建築物內常設衛生器具，包括馬桶、浴缸及面盆等，規

劃完成合宜的性能實驗設施，並進一步提出個別器具排水流率的研究成果，對於排水設計之負荷計算檢討，將提供另外一個可行的性能評估方法。

（五）建築排水系統設計業界現況與常見問題之調查分析

透過排水系統設計與施工專業人士的問卷訪查，本研究發現國內在建築排水的相關規範與技術研發上，仍有極大的提升空間，尤其是在國際間新設計理論技術與規範，以及對於可有效提升系統或空間性能的新設備或器具資訊，尚無適當的管道與訓練機制可以傳遞到專業人員的執行經驗中，大都還是依循既有經驗與不合時宜的設計規制。

本研究提出國內落水器具的性能試驗方法與程序，並逐一檢核國內常用的落水器具，並經由實驗解析與驗證程序，建立存水彎水封試燃蒸發逸散性能與水封強度性能的推估模式，將大幅提昇我國建築排水性能驗證與研發技術，並可有效改善排水系統的設計能力，同時透過實驗操作的訓練過程，已培養國內相當優秀的研發人才。整體而言，本研究整合其他國內建築排水研究人力與資源，已能達成建立本土化研發系統與研究能力的政策目標。

第二節 建議

- (一) 市售地板落水器具的性能，對照國際規範與本研究的實驗結果發現，器具存水彎水封深度都在性能需求以下，無法在一般排水負荷情況下有效發揮阻絕臭氣與害蟲侵入室內的基本功能；同時在一般室內氣候條件下，器具存水彎水封水量明顯不足，自然蒸發至破封為止的實驗結果發現，水封可維持時間約在一週以內。目前一般建築物內大都以拖地方式進行清掃，衛浴設備也朝向乾濕分離的區劃方式設計，如果未詳加檢討地面設置地板落水器具的需求，則地板落水器具將是造成室內環境污染的一項隱憂。設計者必須充分考量其設置需求，或是選用性能較佳且與建築構造可以整合的含存水彎器具，並要求使用者注重日常維護管理，以確保居家室內之衛生與健康。
- (二) 國內的專業設計或施工從業人員普遍呈現在職教育的不足問題，同時業界亦缺乏新資訊的傳遞平台，對於新技術理論的引用意願較為低落。在國內陸續投入建築排水相關研究的同時，主管機關與專業團體公會等應廣泛辦理推廣教育訓練，同時積極嘗試採用新設計或器具，以提升整體專業技術之水準。
- (三) 本研究在執行計畫過程中，針對國內建置之實驗設施項目與排水系統發展課題進行對應分析，除本年度執行中的器具性能實驗與另案辦理的污水排水立管性能實驗研究、污物搬送性能檢討課題外，提出亟待辦理的研究課題，建議持續投入研究資源與人力，儘速研擬提出適合台灣地區建築空間特質與使用經驗的新技術規範與器具研發基準。

參考文獻

1. 毛犖, 從 SARS 事件探討防範病毒在建築單元之間傳播之措施 (2003), 內政部建築研究所。
2. 呂文弘, 鄭政利, 杜功仁, 周衍均 (2003)。公寓式住宅建築排水配管系統現況調查及發展課題分析。建築學報, 第 43 期, pp 69-85。
3. 呂文弘, 鄭政利, 沈明德 (2003)。二管式排水通氣立管空氣壓力變動推估模式之研究。中華民國建築學會第十六屆建築研究成果發表會, 台北, 台灣, pp 167-172。
4. 蕭江碧, 鄭政利, 杜功仁, 陳文祈 (2002)。衛生管路與開放建築系統實驗設備規劃建置之研究。內政部建築研究所研究計畫成果報告。
5. 鄭政利, 杜功仁 (2001)。中高層住宅排水通氣系統調查與設計規範之研究。內政部建築研究所專題計畫研究成果報告。
6. 鄭政利, 呂文弘, 周衍均, 2001, 台灣第一座建築排水實驗裝置與基礎研究, 亞洲地區建築給排水國際研討會, 台北, 台灣, pp 93-116
7. 蕭江碧, 鄭政利, 杜功仁, 呂文弘 (2004)。建築污水排水通氣系統性能實驗研究成果報告, 內政部建築研究所。
8. 呂文弘 (2004)。地板落水器具性能實驗研究, 內政部建築研究所九十三年度自辦研究計畫成果發表會論文集, 台北, 台灣, pp 273-285。
9. 呂文弘, 鄭政利 (2004)。建築排水器具性能實驗研究。第一屆台灣建築論壇-綠建築永續經營建築論壇集, 台北, 台灣, pp 109-114。
10. Lu Wen-Hung, CHENG Cheng-li, Shen Min-der, 2003, Prediction Method of Air Pressure Distribution on Vertical Drainage Stack, CIB-W62 International Symposium, Ankara, Turkey.
11. Lu Wen-Hung, CHENG Cheng-li, Chou Yen-Chun, 2002, Investigation and Development Analysis of Building Drainage System for Apartment House, CIB-W62 International Symposium, Iasi, Romania.
12. L.B. Jack, J.A. Swaffield, 1999, Developments in the simulation of the air pressure transient regime within single stack building drainage system, CIB-W62 International Symposium, Edinburgh, UK.
13. B.J.Pink, 1973, A Study of Water Flow in Vertical Drainage Stacks by Means of a Probe, CIB-W62 Seminar.
14. Masayuki Ohtsuka, Heizo Saito, 1988 Basic Study on Performance Test and Theoretical Calculation System of Drainage Pipe Network Part 1, SHASE, No.36.
15. Cheng-Li CHENG, Motoyasu KAMATA, Takasi KURABUCHI, Kyouyuke SAKAUE and Toru TANAKA, 1996, Study on pressure distribution of drainage stack systems in high-rise apartment houses, CIB-W62 Symposium, Switzerland.
16. K. Sakaue et al.(2001) Study on Dynamic Characteristics of Trap Seal, pp. E4-1~E4-15, Proceedings of CIB W62 Seminar, CIB W62.
17. 都市基盤整備公團 (2002.09), 機材? 品質判定基準-機械編。
18. 空氣調和 衛生工學會 (1999), 集合住宅? 排水立? 管? ? ? ? ? 排水能力試驗法 (HASS 218)。

誌 謝

本研究歷經一年完整的實驗操作，感謝參與執行的研究伙伴，並對設施提供廠商、日籍工程師、國內相關專業設計先進的協助，以及專家學者們不吝指教，始能順利完成本研究，本研究僅是一個台灣投入建築排水的小課題研究，期間路需檢討研究方向與政策規劃的相關與其重要性，選定從基礎問題探討與解析技術著手，以常見影響常生活衛生健康品質的地板落水器具臭氣問題出發，嘗試在國內建立完整建築排水實驗設施的同時，能夠陸續呈現可用且生活化的研究成果，不僅可以作為政策規劃或相關法令制度研擬的基礎，更可作為專業設計者與使用者的教育養成參考。

感謝本所各級長官之指導，台南性能實驗群同仁的協助，國立台灣科技大學建築研所以及鄭政利教授研究室、三朋儀器公司黃明壯總經理、劉明曄經理、許庭福經理、林漢明組長、大專營造公司黃林生先生、世樹工程黃家慶先生、丞佑水電田馮祥先生、全野工程韋修遠先生、北斗理研須田宗夫次長、山崎良次部長、株式會社 DONAREC 秋田成郎社長及其他曾經幫助過本研究的人士。

本研究在服務於本所的替代役同仁莊閔翔（東海大學資訊所畢業）、林信穎（中原大學建研所畢業）、林信宏（朝陽科技大學營建研究所）、楊智傑（清雲科技大學畢業）的鼎力支援下，透過無數次的經驗交流與討論，在試驗方法檢討與實驗操作過程中逐漸累積技術，同時投入全力以赴協助實驗設施之建置過程的記錄，以及相關實驗操作與資料解析工作，經常配合實驗操作加班。希望從這些付出中，能夠對未來的生涯規劃與經驗養成有所助益。在這些伙伴即將陸續退伍之際，再次由衷感謝大家對本研究的努力付出。

內政部建築研究所 副研究員
台灣科技大學建築系 博士候選人
呂文弘 謹誌

