

內政部建築研究所衛生管路 實驗設施研發成果

內政部建築研究所 副研究員 | 呂文弘 博士

2003年SARS侵襲台灣前後，內政部建築研究所即已積極投入攸關建築物安全與健康的排水通氣系統性能相關研究，同時亦參考國際經驗，將衛生設備器具之設計與使用列為研發重點。自2001年起，內政部國家建築實驗設施建置計畫中，已將衛生納入建置建築物衛生管路實驗設施項目納入，以積極推動我國排水通氣系統與衛生器具之性能評估與技術研發，朝專利技術、政策法規與實驗檢測服務多面向發展，期能提昇我國建築排水系統與衛生器具的水準，強化居住環境品質與健康性能。歷年針對建築排水系統與器具整合配管等，推動具體且重要的基礎研究，分述如下：

[1]

建築排水立管空氣壓力變動實驗

本實驗設施建置三組排水立管系統，包括單管排水立管系統、雙管排水立管系統及特殊接頭排水立管系統等，其中特殊接頭部分有二種不同廠牌的系統，依實驗程序逐次更換全套系統；透過實驗量測結果之比較與檢討，本項研究將從各立管系統的基本空氣壓力分佈著手分析，同時配合中高層排水實驗系統的實驗解析結果進行比對，以探討影響排水立管管內空氣壓力分佈或變動的因子。

本設施之實驗範圍為排水負荷樓層5至3層，排水流量從每秒1.0公升至4.0公升之控制條件；另配合設施之設計，可交換立管系統進行實驗量測；模擬住宅建築排水立管系統之壓力變動性能實驗，比較在定流量排水之條件下，立管管內空氣壓力分佈實驗結果。一般而言，管內壓力分佈隨排水負荷樓層的提高而增大，主因是排水仍在加速階段即已到達立管末端，尚

未達到定速，故樓層高度形成立管內最大負壓之斜率關係；並根據HASS 218的性能試驗方法判定基準，其立管內空氣正負壓規模是否符合在基準 -40mmAq 以下^{[7][8]}。整體而言，搭配前階段研究所採用之中高層建築排水立管系統與前項研究結果，已比較出國內常用排水通氣系統與國外發展之特殊接頭系統性能上的差異。

中高層與低層建築排水立管系統實驗中，不同立管內空氣壓力實測結果彙整（如圖1所示）。單管立管系統管內空氣壓力隨排水負荷流量增加有明顯增加趨勢，其中中高層系統中每秒2公升的排水負荷，即可能造成其下2至3層處超過日本的負壓基準；而低層建築立管系統縱使在每秒4公升的嚴苛排水負荷提條件下，管內負壓仍在容許範圍內，但已接近基準值。透過實驗解析的探討，建議整體建築排水立管系統之設計，應妥善考量管內空氣壓力緩和平衡的配管機制，或採用新開發的立管系統或釋壓器具。

未來將可根據實際配管系統現況，進行實驗室或現場立管空氣壓力變動性能測試評估，並進一步參考相關設計規範提出建議修改策略，納入整體性能評估與檢測服務作業的一環。^{[2][3]}

衛生器具排水流率性能實驗^[4]

衛生器具排水流率之實驗目的，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；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] 操作方式係於實驗平台增設衛生器具固定平台，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，實驗分析成果將可做為未來排水系統負荷設計的參考。

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，實驗結果如圖2所示。

排水橫管污物搬送性能實驗

內政部建築研究所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，逐步檢討建立橫主管之污物搬送性能試驗方法與程序，

進一步可深入探討不同排水橫管管徑、管材及洩水坡度等條件下，排水橫管的污物搬送性能變動理論，以確立排水系統內污水排流性能的影響因子，作為後續設計施工與研發的根基。^{[5] [6]}

本項實驗研究課題，係選定以排水橫管之污物搬送距離為量測對象，模擬污物分別採用條狀海綿體（比重約為1.05）2條以及符合ASME/ANSI規範之塑膠球100顆進行排流試驗，以檢核排水橫管系統之污物搬送能力。^{[4] [10]} 根據實驗結果顯示，橫主管轉折因為會使排水水流蓄積，增加水位高度，使污物快速通過轉折處或增加移動距離。後續於橫管搬送能力試驗之部分，陸續增加實驗用塑膠球，並參考生活形態、人體健康衛生研究之成果，規劃相關適合的模擬污物試體，作為研製制訂標準試驗方法的基礎。

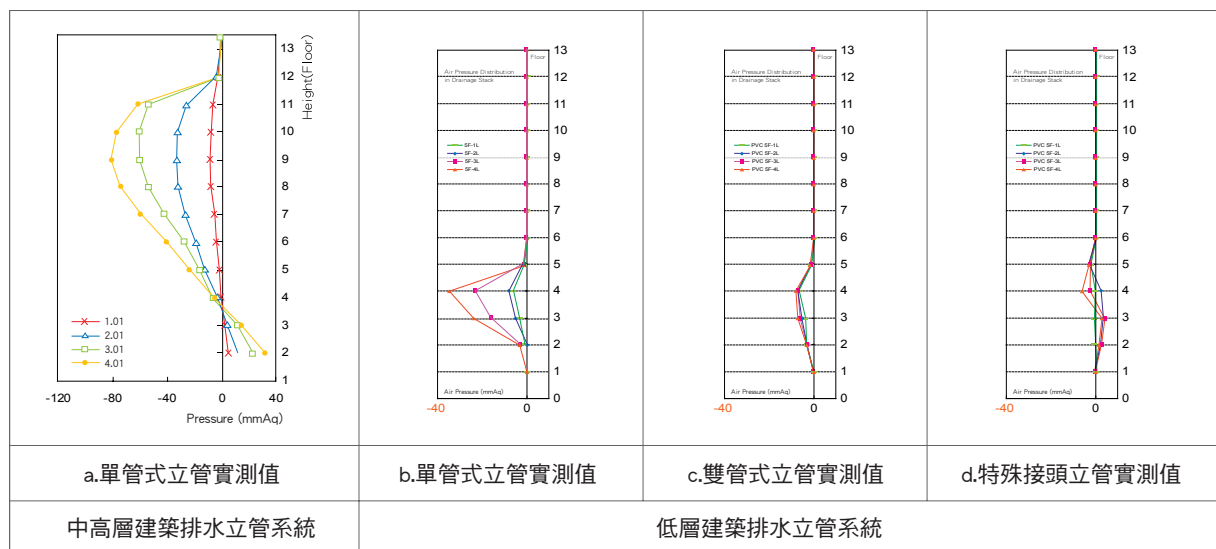


圖1 建築排水立管內空氣壓力實驗結果^{[2] [3]}

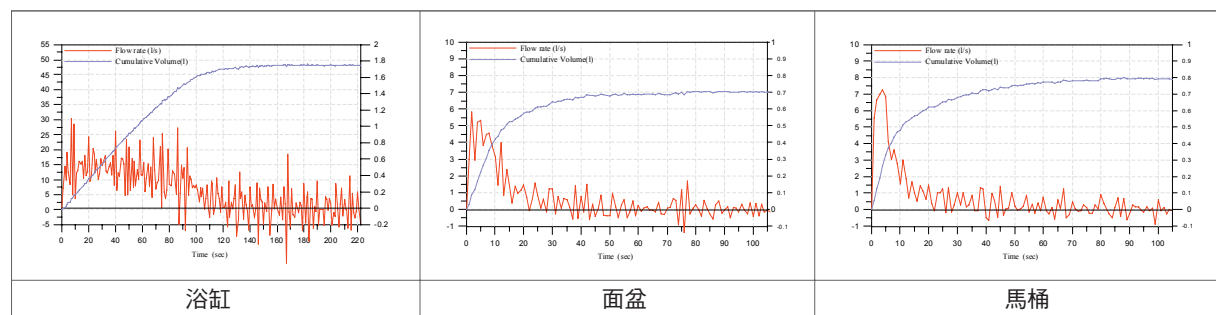


圖2 排水流率實驗結果（取樣時間：每0.02 Sec）^[4]

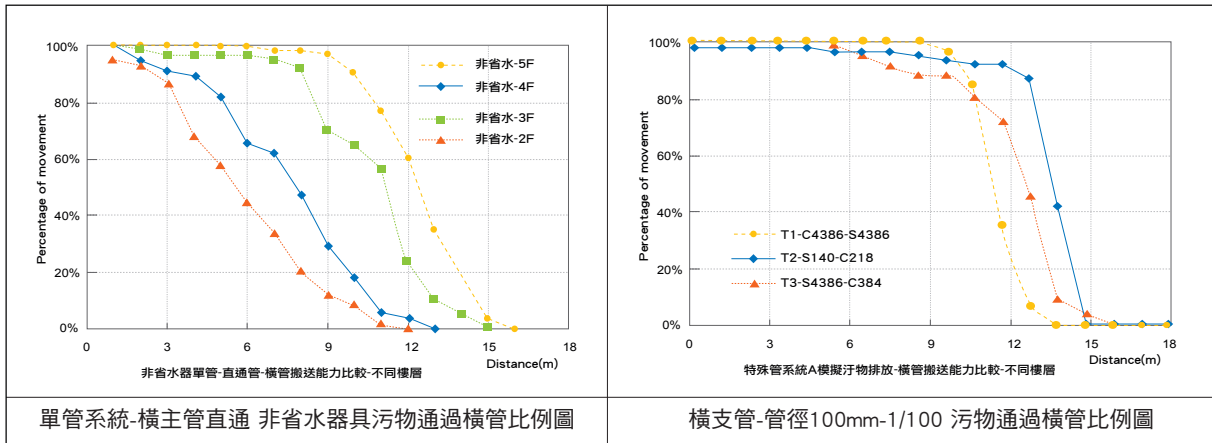


圖3 單管排水系統與局部橫管污物搬送性能試驗結果比較^{[5][6]}

依據前揭實驗解析結果顯示，省水器具污物搬送因為排水量的減少，水位高度降低，使污物移動距離減短。當排水管徑相同時，搬送性能會因洩水坡度不同，省水馬桶皆會降低2~3公尺之污物搬送性能。而當洩水坡度固定時，排水管徑影響污物搬送性能不大，降低1公尺左右，非省水馬桶（9L）之搬送能力較優於省水馬桶（6L）達兩倍之多。

存水彎水封自然蒸發逸散速率實驗

本項研究選用一般市售地板落水器具作為測試樣品，並規劃器具置放平台及實驗用模擬浴廁空間。在器具存水彎注滿水後，定時進行地板落水器具之重量變動量測，並觀察水封蒸發逸散的情況，以檢核整體

水封蒸發逸散特性之趨勢，實驗結果如圖4所示。^[9]

實驗結果發現，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，圖5為樣品有效水封深度蒸發速率之量測結果。^{[4][7]}

依據落水器具的自然蒸發實驗解析結果顯示（如圖5），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，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。

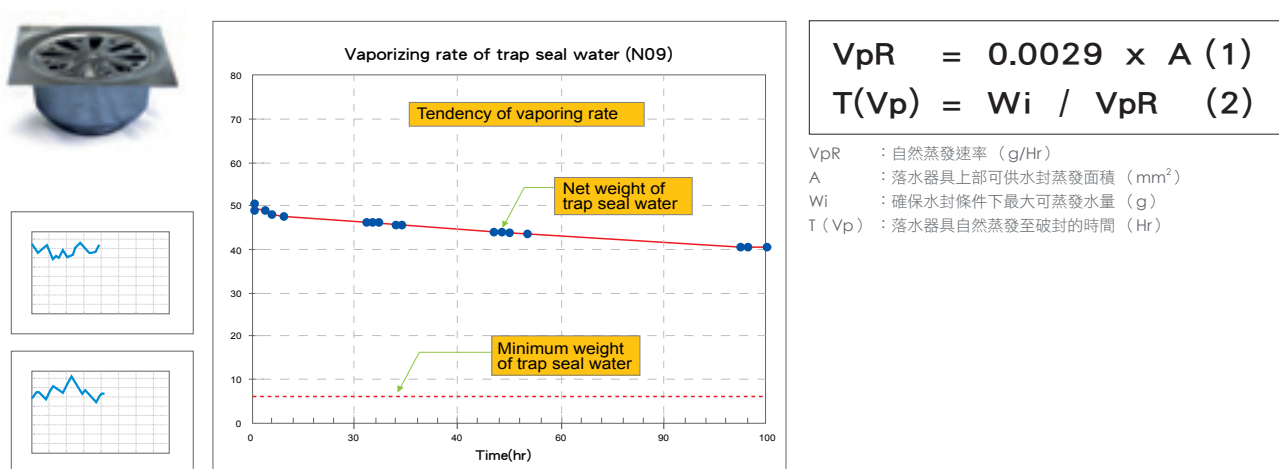


圖4 地板落水器具樣品自然蒸發速率實測結果

地板落水器具水封強度性能實驗^[9]

排水立管內最大正負壓力變動隨排水負荷流量與所在樓層高度變動，內政部建築研究所於2004年利用設計落水器具模型進行實驗解析，以台南性能實驗中心衛生管路實驗裝置，模擬不同立管系統在定流量排水負荷條件下之壓力分佈結果作為基礎，進行地板落水器具水封強度性能試驗，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（破封現象如圖6所示）。^[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，水封完全喪失點出現定流量排水負荷點與壓力分佈狀況，並檢討其破封現象的發生點，同時比對日本相關規範中所列基準，檢核存水彎水封是否達到25mmAq空氣壓力變動量之限制。^{[8] [9]}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，藉以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，解析器具水封強度。

以器具存水彎水封變動觀測紀錄與強度實驗結果比對發現，樣品A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（如圖7）；樣品B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；而樣品C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時。比對日本SHASE-S規範中所列存水彎水封必須能夠達到25mmAq空氣壓力變動量之基準，本研究實測三件地板落水器具樣品均未達到該項基準。^{[4] [7]}

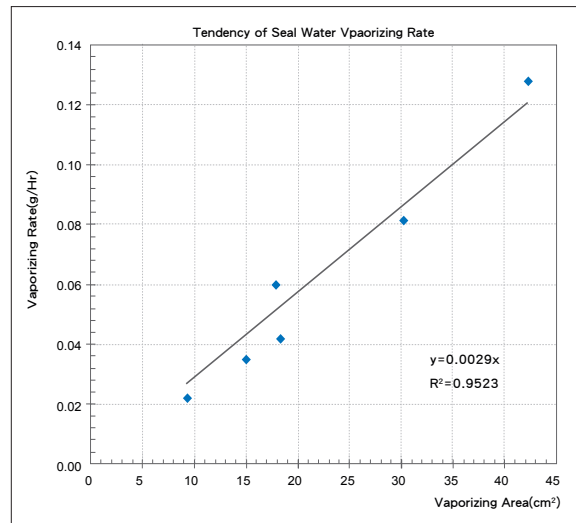


圖5 地板落水器具蒸發面積與水封蒸發量關係圖

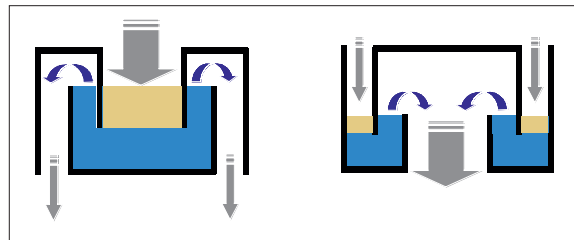


圖6 地板落水器具水封水位變動示意圖

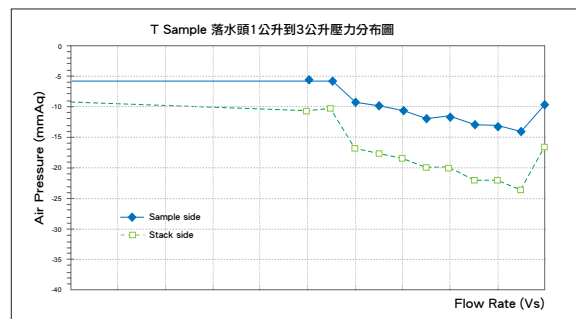


圖7 樣品A水封強度試驗結果

本項研究另參考地板落水器具之規格，設計出八種不同水深度或口徑的落水器具模型，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地板落水器具水封性能，並積極探求可行的推估預測模式，以作為設計研發的基礎。各個設計落水器具模型的水封性能實驗結果顯示，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，但是期間的存水彎水封水位變動幅度相當大。^{[8] [9]}

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8及圖9），關係如公式3及公式4所示

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；在低層建築排水系統設計中，本項成果應可檢討納為設計評估之參考，未來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。^{[4] [7]}

排水管內排水與模擬污物流速實驗解析^[7]

本項實驗解析技術，係採用超高速攝影機進行排水立管與橫主管內水流之可視化觀測並記錄，藉由不同排水流量與排放器具之變因控制，可逐項討論排水流速、模擬污物搬送速度、排水管內水跳現象以及管內流體的流速差之經驗理論，目前本實驗項目係由三朋儀器公司提供超高速攝影機示範應用，並由黃志弘副理及林漢民組長協助操作，未來將持續擴展於相關性能評定或創新技術之應用。（實驗操作現況及初步分析如圖10及圖11所示）

未來推動方針與研發重點

本項實驗設施之建置從基本理念著手，並陸續透過基本性能確認與試驗方法實作檢討，逐步培養國內建築排水實驗研究的專門技術人才，建立實驗研究的核

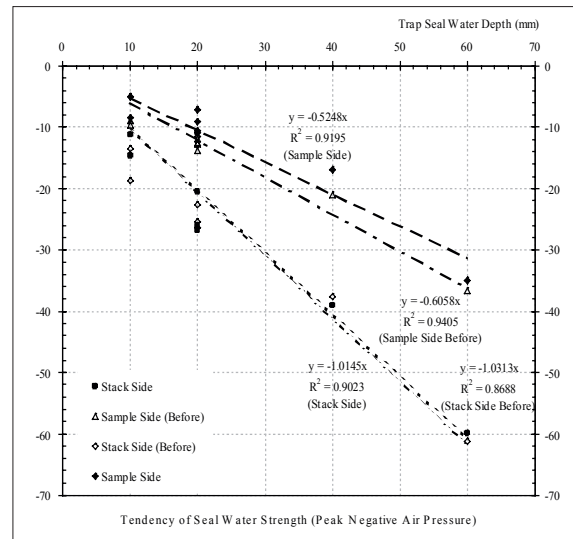


圖8 有效水封深度與水封強度關係圖（負壓區）^{[8] [9]}

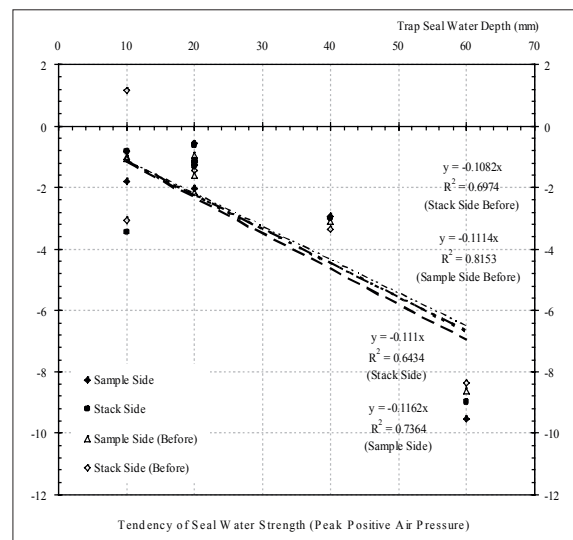


圖9 有效水封深度與水封強度關係圖（正壓區）^{[8] [9]}

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

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

$S_{sw} (N)$: 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)

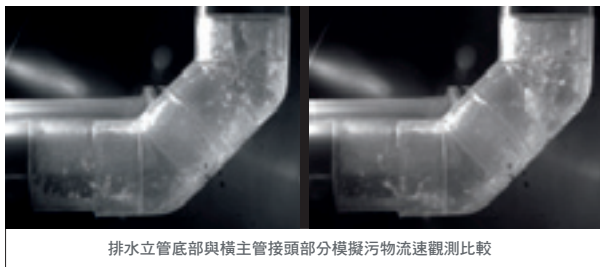


圖10 排水立管與橫管排水與污物流速觀測實驗

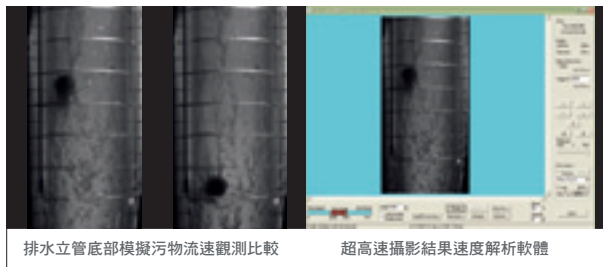


圖11 排水立管與橫管排水與污物流速分析

心資源。內政部建築研究所將充分運用本項衛生管路實驗設施，努力整合相關學術及產業單位之研發設備能量，包括台灣科技大學中高層排水實驗塔、工研院節水實驗室等，針對我國亟待建立的排水設計理論與規範，進行各項實尺寸實驗研究，包括：^[7]

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. 地板落水器具的專利設計與性能評估方法研究。

本實驗設施之建置與研發，預期將可積極提升本土建築排水系統設計水準，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。

結語

內政部建築研究所台南「性能實驗中心」衛生管路實驗設施之整體營運，未來將朝爭取實驗室認證與產官學研合作研發之目標努力，並將健康建築排水系統性能標準與認證體系之課題，納入國家重點科技發展計畫中，積極研議排水通氣系統相關規範草案，健全性能評定與商品管制制度之基礎，鼓勵優質建築排水系統設計與設備器具之規劃與審核認可。持續參與國際間建築給排水領域之技術交流活動，交換與培訓研發人力，拓展技術與政策國際合作的空間，同時建立國際合作窗口，以開拓建築給排水設計與創新產品之新興產業。④

參考文獻

1. 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。
2. 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。
3. 呂文弘（2005）。二管式排水通氣立管空氣壓力變動推估模式之研究，台灣科技大學博士論文。
4. 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。
5. 丁育群，鄭政利，翁佳祿，呂文弘（2005）。省水器具排水性能實驗及相關法規探討之研究，內政部建築研究所成果報告。
6. 呂文弘（2005）。排水橫管污物搬送性能試驗方法與程序之研究，內政部建築研究所。
7. 呂文弘（2006）。衛生管路實驗設施營運策略規劃研究，內政部建築研究所。