

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 土木科

第二名

最佳(鄉土)教材獎

091201

水溝蓋板改進與廢磚攜手

-排水防蚊可行性之探討

學校名稱：高雄市立高雄高級工業職業學校

作者： 職三 柯宜岑 職三 張伊汶 職三 鍾政靜	指導老師： 黃天枝
---	------------------

關鍵詞：廢磚級配、防蚊

摘要

台灣登革熱防治方法大多以在排水溝蓋裝設紗網為最普遍，落葉與細砂土常阻塞孔隙，雨勢稍大，排水功能降低，有時甚至喪失。且 R.C 施作的 5cm~8cm 圓孔水溝為增加排水，卻未裝設紗網或遺漏，如此防疫措施豈不成虛設。經研究觀察，病媒蚊能輕易地竄出破損、脆化的紗網或竄入紗網，又易遭破壞需經常更換。

本研究利用實習課的廢磚碎成不同大小顆粒，運用混凝土骨材級配原理製作非線性排水孔隙廢磚級配，搭配 PVC 與壓克力製作現有水溝蓋防蚊排水容器，實驗證實不同型式排水溝蓋加入不同流水截面積容器，與廢磚級配粒料之排水實驗，排水功能僅有 3% 左右受影響；蚊蟲竄出防堵實驗則達 100% 防阻，有效防止病媒蚊孳生與確保排水功能，更讓廢磚有資源再利用的新生命。

壹、研究動機

每當夏日與梅雨季到來，就是蚊子大肆繁殖的好時機，使各市區爆發登革熱疫情，而校園防治成為每年登革熱疫情重點區域，為何校園老是被列重點防治檢查促動研究成員的疑問，因而走巡校園尋找問題所在成為本研究的使命。其動機發現如下：

一、動機一

觀察校園水溝周圍，時常可見蚊子的蹤跡，牠們雖無法立刻辨別是否為登革熱病媒蚊，但牠們卻是疫情的帶原者與傳遞者。而為什麼水溝蓋都已經設置紗網蚊蟲還是未見趨緩，實地巡視校園發現有未加設紗網的圓孔與破損的蓋板紗網是病媒蚊的孳生場所，如圖 1~3 狀況。紗網容易破損且 R.C 圓孔未設紗網，如何才能有效地提供最佳的水溝蓋防疫措施成為本研究的第一個動機。



圖1 水溝蓋紗網破損



圖2 R.C 水溝蓋紗網脫落



圖3 R.C 水溝蓋旁圓孔
未設置紗網

二、動機二

校園裡水溝蓋下裝設紗網的阻塞，造成排水功能降低或甚至失去，如圖 4~6 狀況，如何使現有水溝蓋具有防治效果，又保有好的排水性，建立研究的第二個動機。



圖4 四孔水溝蓋紗網阻塞



圖5 R.C 水溝蓋紗網阻塞



圖6 十孔水溝蓋阻塞

三、動機三

實習工廠砌磚過後之廢磚如何再利用並賦予新生命，為研究動機三。

貳、研究目的

依據研究動機的推助下，針對現有校園水溝蓋登革熱防疫改善與排水功能的兼具為目標，利用實習課工廠廢磚資源有效地置入水溝蓋防疫系統，因此本研究目的如下：

一、校園水溝蓋無置入廢磚級配容器與置入廢磚級配容器後之排水功能比較。

二、不同廢磚級配與改良水溝排水容器之排水斷面積之關係。

三、水溝蓋置入廢磚級配容器遭落葉淤砂覆蓋後排水功能有無差異性。

四、水溝蓋置入廢磚級配容器後能否有效阻止病媒蚊的竄出入。

。

參、研究設備及器材

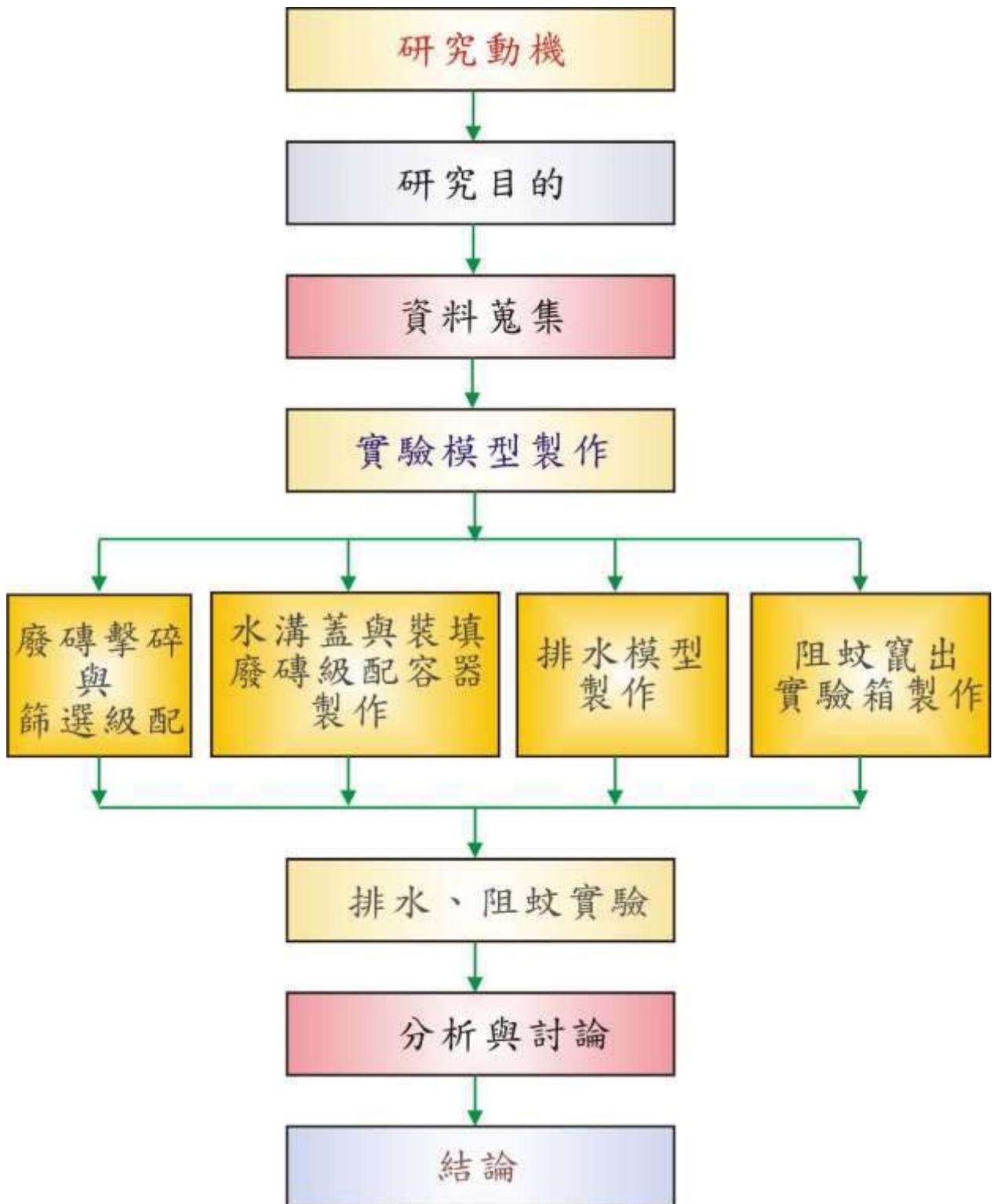
研究所需之材料與設備，如表 1 所列。

表 1 設備及器材

設備與器材			
			
2"及 4"PVC 管	3mm 厚壓克力板	實習廢磚	氯仿
			
紗網	水箱	塑膠水桶	鐵膠
			
16 號鐵絲	調和油漆	水管開關	碟型凡爾
			
3/8"、#4、#5 篩網	木工鋸床	手持線鋸	鑽孔機
			
釘槍	水桶	45 磅榔頭	磅秤
			
捲尺(測量尺寸)	瓦斯噴燈	鉗子	溫度計

肆、研究過程或方法

一、研究流程規劃



二、文獻探討

登革熱的疫情於 2014 年達到全台史上最高記錄，尤其**高雄地區感染死亡率高居全台之冠**，因此耗費許多人力進行藥劑噴灑、投置，甚至想用海水導入水溝消除病媒蚊子以抑制疫情發展，最後因有專家的阻止才免除一場生態浩劫。

本研究資料與師長討論後決定以實際校園內巡視紀錄作為根據，整理如下說明：

- (一) 蚊子活動地點包括水溝附近空地、水溝樹叢區或積水的器皿等水流靜止的區域。
- (二) 鋪設紗網的水溝蓋有為數不少破損率或脫落，且附近蚊子明顯偏高。
- (三) 5cm~8cmR.C 圓孔完全沒有鋪設紗網防制，甚至成為老鼠出入動線。
- (四) 鋪設紗網的水溝蓋遭破碎落葉與小石礫阻塞，造成大雨排水困難。
- (五) 孑孓成長水域大多是泥沙、落葉沉澱後之水窪及水溝，破損紗網水溝蓋與未鋪設紗網的 R.C 圓孔(含混凝土板水溝蓋)成為蚊子的進出產卵地的優質場所。

經實地巡視發現鋪設紗網防制病媒蚊孳生雖然有一定效果，但紗網經一段時間後很容易劣化破損，加上人車會於上方經過，破損速度也增加，最嚴重莫過於紗網的阻塞影響到排水功能，尤其水溝蓋鋪設於蓋板上、下方包覆紗網與上方包覆破損兩種最為嚴重。**如何使水溝蓋具防蚊措施又不影響排水效能成為本研究的指標。**

三、防制設施原理

孔深只有紗網線粗且平面規律的紗網，病媒蚊竄出、竄入實屬存在。依據工程材料混凝土骨材級配原則目的，以不同顆粒大小骨材混合，可以獲得較密集的構造，並且能產生不規則的孔隙(圖 7、8 如所示)，病媒蚊經由不規則孔隙竄入、竄出相對較不可能，此點是水溝蓋下設置廢磚級配重要課題，對排水率的影響更為重要。

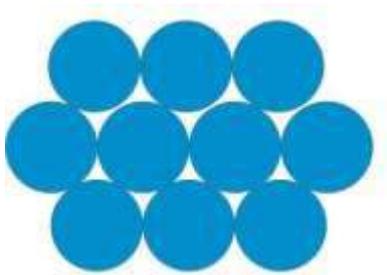


圖 7 同顆粒大小孔隙較鬆

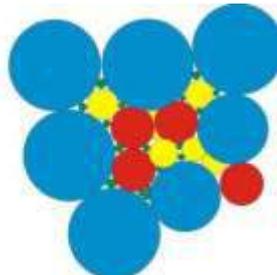


圖 8 不同顆粒大小孔隙較密

四、製作試體模型

(一) 廢磚篩選與級配如操作流程與圖 9 說明。

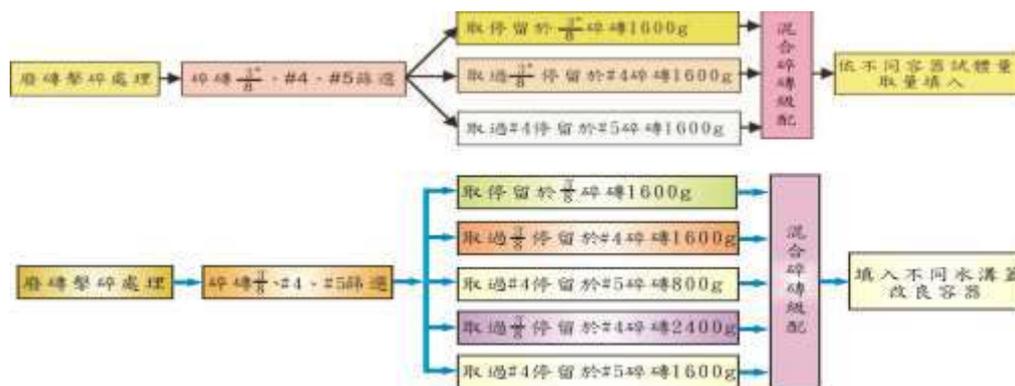


圖 9 碎磚篩選過程

(二) 觀察校園各種不同的水溝型態，量測水溝蓋大小，製作 1:1 尺寸水溝蓋模型，並分為三類：圓孔型、長型、加蓋型水溝，其中加蓋型又因孔數及尺寸不同分為：P 型、Q 型、R 型水溝蓋(如圖 10~14 所示)。

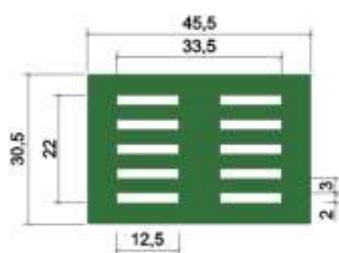


圖 10 P 型水溝蓋示意圖

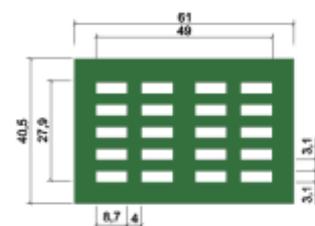


圖 11 Q 型水溝蓋示意圖

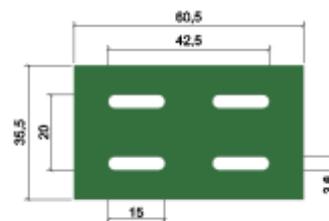


圖 12 R 型水溝蓋示意圖

(單位:cm)

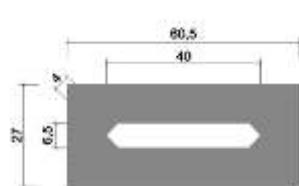


圖 13 R.C 長型水溝蓋示意圖

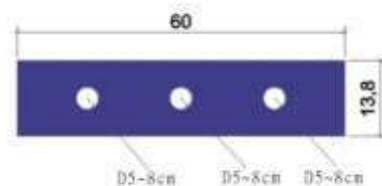


圖 14 R.C 圓孔型水溝蓋示意圖(單位:cm)

(三) 根據不同水溝製作防蚊廢磚級配容器試體

1.防蚊廢磚級配容器試體

根據水溝蓋大小製作不同尺寸與規格之防蚊廢磚級配容器試體，以 PVC 管及壓克力板為試體材料進行製作，並將各種水溝型態試體依鑽孔數不同進行測試，了解是否因孔數的差別而影響排水的流速及流量，比較與無加紗網水溝蓋試體和加紗網水溝蓋試體的差異性(表 2，表 3、表 4)。

表 2 鑽孔孔位黏貼

防蚊廢磚級配容器	直徑 5cm 圓孔型	長條型	加蓋型(P、Q、R)
鑽孔圖			

表 3 R.C 水溝蓋改良容器鑽孔間距與總排水截面積

改良水溝容器型類	A	B	C	D	E
圓孔型孔距(cm)	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1
圓孔型排水截面積(cm ²)	16.23	11.60	9.05	8.20	7.35
改良水溝容器型類	F	G	H	I	J
長條型孔距(cm)	1.0	1.3	1.5	2.0	2.2
長條型排水截面積(cm ²)	12.79	11.95	10.82	9.54	8.55

表 4 鐵製水溝蓋改良容器鑽孔間距與總排水截面積

改良水溝容器型類	AA	BB	CC	DD
P 型孔距(cm)	1.5	2.0	3.0	4.0
P 型排水截面積(cm ²)	36.83	29.62	13.43	11.52
改良水溝容器型類	EE	FF	GG	HH
Q 型孔距(cm)	1.5	2.0	3.0	4.0
Q 型排水截面積(cm ²)	47.22	37.46	18.87	16.12
改良水溝容器型類	AB	AC	AD	AE
R 型孔距(cm)	1.5	2.0	3.0	4.0
R 型排水截面積(cm ²)	35.20	28.91	15.13	13.22

2.防蚊廢磚級配容器試體裝填

依其容器試體容量，裝入經篩選後混合碎磚材料，並於各類型改良水溝蓋板下容器之上方 2.5cm 留空，以免碎磚外露，避免真實環境中影響行的安全，實驗模組作為阻蚊竄出實驗與排水功能實驗使用。其各類型容器裝填碎磚級配的模式說明如圖 15~19。

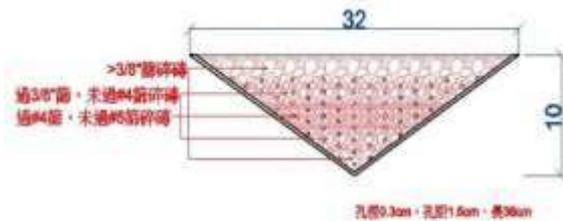


圖 15 P 型試體剖面圖

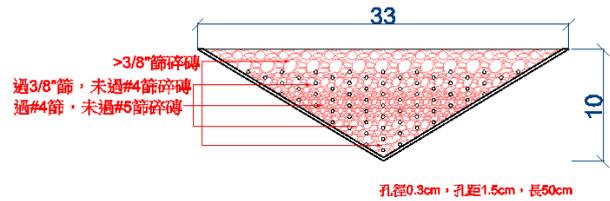


圖 16 Q 型試體剖面圖

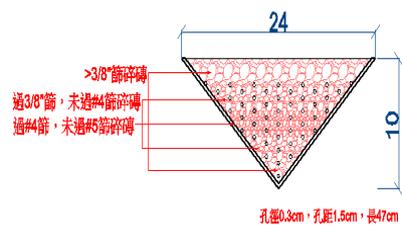


圖 17 R 型試體剖面圖

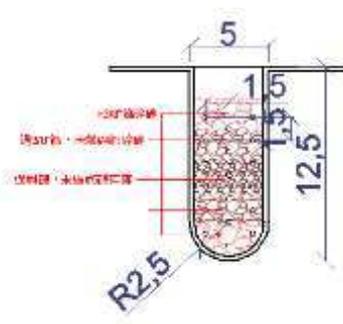


圖 18 R.C 長型試體剖面圖

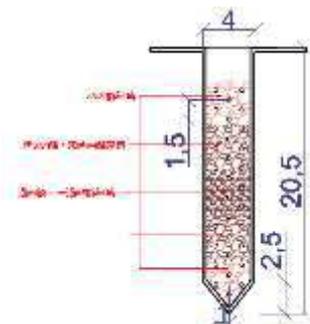


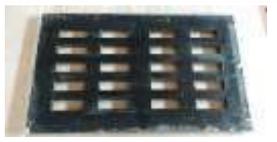
圖 19 圓孔型試體剖面圖

3.水溝蓋廢磚級配阻蚊、排水實驗模組如表 5、表 6 所示。

表 5 仿 R.C 水溝之阻蚊、排水實驗模組試體

	直徑 5cm 圓孔溝板試體	直徑 5cm 廢磚級配容器	容器樣式
R.C 圓孔型 試體模型			
R.C 長形型 體模型			

表 6 仿鐵製水溝蓋與仿鐵製水溝蓋之阻蚊、排水實驗模組試體

	P 型水溝蓋溝板與容器試體	Q 型水溝蓋溝板與容器試體	R 型水溝蓋溝板與容器試體
仿鐵製水溝蓋與試體			
			

4.針對水溝蓋廢磚級配阻蚊實驗、排水實驗操作，製作模擬排水系統測試模組與阻蚊竄出測試箱模組，其模組如表 7 所示。

表 7 模擬排水系統測試模組與阻蚊竄出測試箱模組

	排水功能測試模組		阻蚊竄出箱測試模組
模型			
實驗測試流程			

五、水溝蓋廢磚級配阻蚊實驗、排水實驗測試

(一)實驗一

1.測試目標

探討 R.C 水溝直徑 5cm 圓孔，利用 5 公升固定水量放流，有無設置水溝蓋廢磚級配防蚊模組之排水效率之差異性。

2.測試流程

在寶特瓶加入 5 公升水，開啟碟型凡爾排水流放至無設置任何防蚊措施 R.C 圓孔型水溝蓋，測得 5 公升水可於 43.8 秒順利排完；因此以 43.8 秒定時將 5 公升水放流至鋪設紗網無設置水溝蓋廢磚級配模組、設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4、#5)A~E 模組與設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4)A1~E1 模組測試，分別各組實驗體在定時內所收集的水量作實驗後分析討論。其操作流程如圖 20 所示。

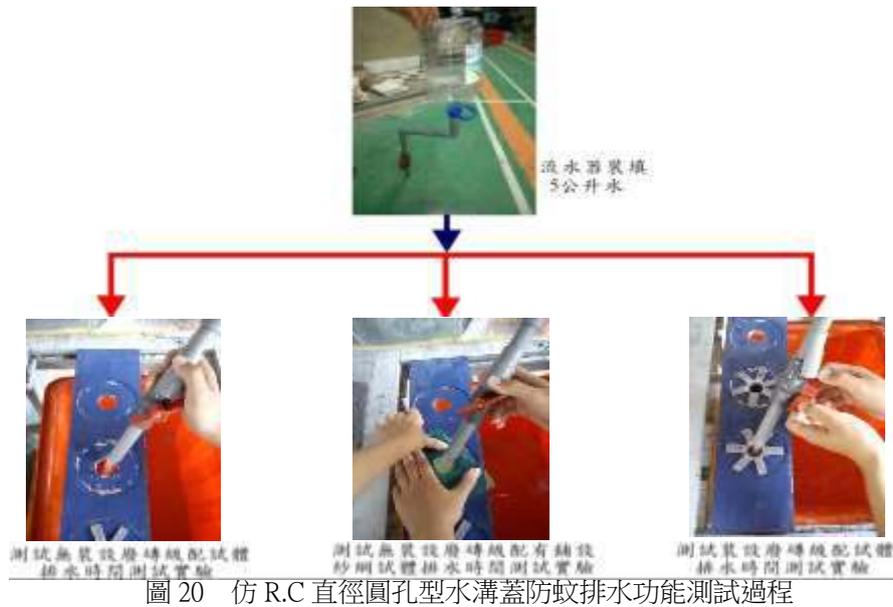


圖 20 仿 R.C 直徑圓孔型水溝蓋防蚊排水功能測試過程

3. 測試數據

測試結果如表 8 與分析圖 21 所示，排水效能為各式體 43.8 秒所集水量與無設置任何防蚊措施 R.C 圓孔型水溝蓋 5 公升水量之百分比(註：測試溫度 19°C)

表 8 仿 R.C 圓孔型設置防蚊排水測試數據

試體	項次	43.8 秒集水量(升)	排水效能 (%)
A		4.24	84.8
B		4.38	87.6
C		4.30	86.0
D		4.26	85.2
E		4.22	84.4
A1		4.78	95.6
B1		4.84	96.8
C1		4.84	96.8
D1		4.80	95.6
E1		4.76	95.2
有網無廢磚級配		4.11	82.2

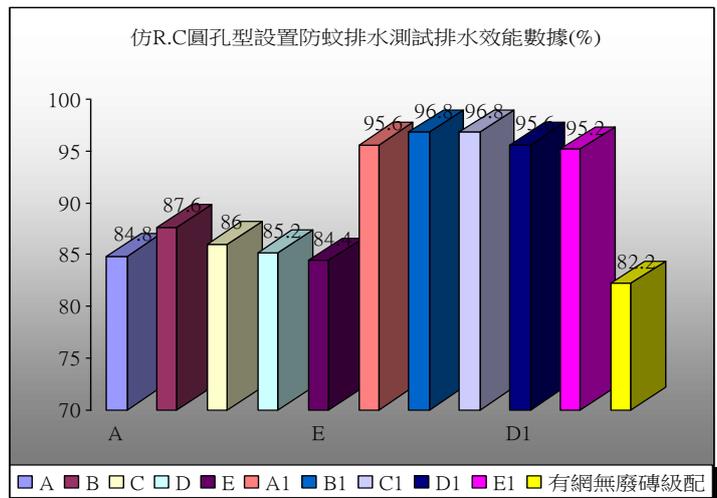


圖 21 仿 R.C 水溝直徑 5cm 圓孔型防蚊排水功能測試分析圖

4. 分析與討論

從實驗表 8 及圖 21 分析，在 3"/8、#4、#5 廢磚級配(孔隙 615cm²)條件下 B 試體與 E 試體排水效能相差 3.2%；在 3"/8、#4 廢磚級配(孔隙 873cm²)條件下 B1 試體與 E1 試體排水效能相差 1.6%，且 E1 試體與 E 試體的排水效能提升 0.6~4.1%，與 E 試體與 E1 試體的排水效能相差近 10.8%，說明孔隙的級配可有效提升排水功能。而相較於有網無廢磚級配模組的 98.1%，G1 試體與 H1 試體排水效能較 0.1% 以上優勢。經實驗發現 A 與 D 試體排水孔數被小碎磚粒阻塞影響排水效能，但廢磚級配得宜下，總排水截面積大者排水效能較佳。

(二)實驗二

1.測試目標

探討 R.C 長形水溝蓋，在固定 3 分鐘時間將 50 公升水放流，有無設置水溝蓋廢磚級配防蚊模組之排水效率之差異性。

2.測試流程

在水箱加入 50 公升水，開啟水閥排水流放至無設置任何防蚊措施 R.C 長型水溝蓋，測得 3 分鐘可收集水量 36.50 公升；相同以 3 分鐘定時將 50 公升排放至鋪設紗網無設置水溝蓋廢磚級配模組、設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4、#5)F~J 模組與設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4)F1~J1 模組測試，分別各組實驗體在定時內所收集的水量作實驗後分析討論。其操作流程如圖 22 所示。

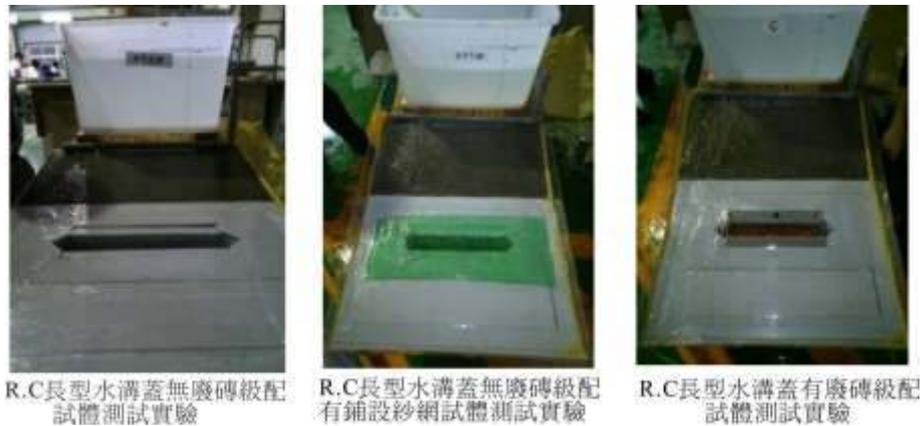


圖 22 仿 R.C 長型水溝蓋防蚊排水功能測試過程

3.測試數據

測試結果如表 9 與分析圖 23 所示，排水效能為各試體 3 分鐘所集水量與無設置任何防蚊措施長型水溝蓋收集水量 36.50 公升之百分比(註：測試溫度 20°C)

表 9 仿 R.C 長型水溝蓋設置防蚊排水功能測試數據

項次 試體	集水 量(升)	排水效 能(%)	項次 試體	集水 量(升)	排水效 能(%)
F	34.20	93.7	F1	35.72	97.9
G	34.40	94.2	G1	35.84	98.2
H	34.60	94.8	H1	35.87	98.3
I	34.30	94.0	I1	34.93	95.7
J	34.32	94.0	J1	34.53	94.6
有網無廢 磚級配	35.78	98.1			

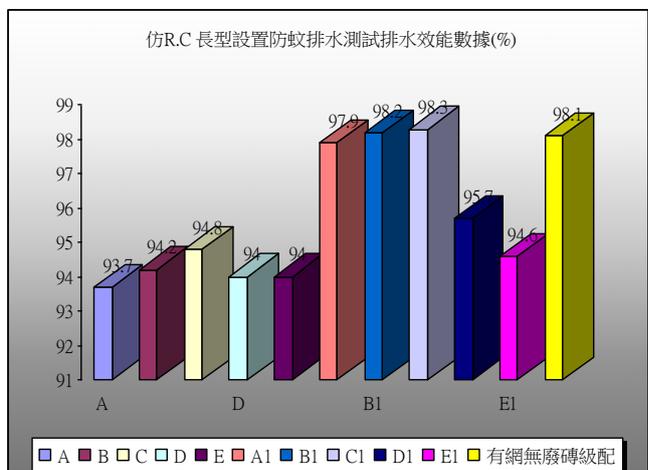


圖 23 仿 R.C 長型水溝蓋防蚊排水功能測試分析圖

4.分析與討論

從實驗表 9 及圖 23 分析，在 3"/8、#4、#5 廢磚級配(孔隙 800cm²)條件下 H 試體與 F 試體排水效能相差 1.1%；在 3"/8、#4 廢磚級配(孔隙 1176cm²)條件下 H1 試體與 F1 試體排水效能相差 0.4%，且 G1 試體至 J1 試體的排水效能提升 0.6~4.1%，與 F 試體與 F1 試體的排水效能相差近 4.2%，說明孔隙的級配可有效提升排水功能。而相較於有網無廢磚級配模組的 98.1%，G1 試體與 H1 試體排水效能較 0.1% 以上優勢。經實驗發現 F 與 G 試體排水孔數被小碎磚粒阻塞影響排水效能。

(三)實驗三

1.測試目標

探討仿鐵製 P 型水溝蓋，在固定 3 分鐘時間將 50 公升水放流，有無設置水溝蓋廢磚級配防蚊模組之排水效率之差異性。

2.測試流程

在水箱加入 50 公升水，開啟水閥排水流放至無設置任何防蚊措施仿鐵製 P 型水溝蓋，測得 3 分鐘可收集水量 39.53 公升；相同以 3 分鐘定時將 50 公升排放至鋪設紗網無設置水溝蓋廢磚級配模組、設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4、#5)AA~DD 模組與設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4)AA1~DD1 模組測試，分別各組實驗體在定時內所收集的水量作實驗後分析討論。其操作流程如圖 24 所示。



P 型水溝蓋無廢磚級配
試體測試實驗



P 型水溝蓋無廢磚級配
有鋪設紗網試體測試實驗



P 型水溝蓋有廢磚級配
試體測試實驗

圖 24 仿鐵製 P 型水溝蓋防蚊排水功能測試過程

3.測試數據

測試結果如表 10 與分析圖 25 所示，排水效能為各試體 3 分鐘所集水量與無設置任何防蚊措施長型水溝蓋收集水量 39.53 公升之百分比(註：測試溫度 23.7℃)。

表 10 仿鐵製 P 型水溝蓋防蚊排水功能測試數據

試體	項次	集水量(升)	排水效能(%)	試體	集水量(升)	排水效能(%)
AA		37.20	94.1	AA1	38.54	97.5
BB		37.10	93.9	BB1	38.66	97.8
CC		37.40	94.6	CC1	38.85	98.3
DD		37.93	96.0	DD1	38.56	97.5
有網無廢磚級配		37.60	95.1			

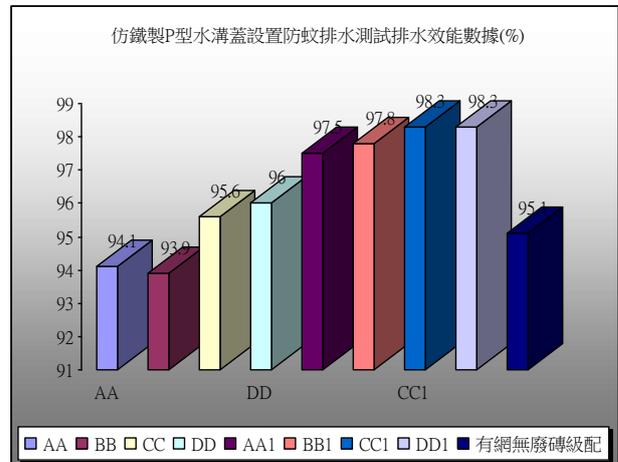


圖 25 仿鐵製 P 型水溝蓋防蚊排水功能測試分析圖

4.分析與討論

從實驗表 10 及圖 25 分析，在 3"/8、#4、#5 廢磚級配(孔隙 3300cm²)條件下 DD 試體與 BB 試體排水效能相差 2.1%；卻在 3"/8、#4 廢磚級配(孔隙 5049cm²)條件下 CC1 試體優於 DD1 試體排水效能相差 0.8%，且 CC1 試體與 CC 試體的排水效能相差 3.7%，與 AA1 試體與 BB1 試體的排水效能相差近 3.4%，說明孔隙的級配可有效提升排水功能。而相較於有網無廢磚級配模組的 95.1%，DD 試體與 AA1~DD1 試體排水效能較 2.4% 以上優勢。經實驗發現排水孔數多(總排水截面積大者)，被小碎磚粒阻塞影響排水效能。

(四)實驗四

1.測試目標

探討仿鐵製 Q 型水溝蓋，在固定 3 分鐘時間將 50 公升水放流，有無設置水溝蓋廢磚級配防蚊模組之排水效率之差異性。

2.測試流程

在水箱加入 50 公升水，開啟水閥排水流放至無設置任何防蚊措施仿鐵製 Q 型水溝蓋，測得 3 分鐘可收集水量 41.74 公升；相同以 3 分鐘定時將 50 公升排放至鋪設紗網無設置水溝蓋廢磚級配模組、設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4、#5)EE~HH 模組與設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4)EE1~HH1 模組測試，分別各組實驗體在定時內所收集的水量作實驗後分析討論。其操作流程如圖 26 所示。



Q 型水溝蓋無廢磚級配
試體測試實驗



Q 型水溝蓋無廢磚級配
有鋪設紗網試體測試實驗



Q 型水溝蓋有廢磚級配
試體測試實驗

圖 26 仿鐵製 Q 型水溝蓋防蚊排水功能測試過程

3. 測試數據

測試結果如表 11 與分析圖 27 所示，排水效能為各試體 3 分鐘所集水量與無置任何防蚊措施長型水溝蓋收集水量 41.74 公升之百分比(註：測試溫度 20.7°C)。

表 11 仿鐵製 Q 型水溝蓋防蚊排水功能測試數據

試體	項次	集水量(升)	排水效能(%)	項次	集水量(升)	排水效能(%)
EE	EE1	38.53	92.3	EE1	40.27	96.5
FF	FF1	38.80	93.0	FF1	40.88	97.9
GG	GG1	36.87	88.3	GG1	39.09	93.7
HH	HH1	36.23	86.8	HH1	38.90	93.2
有網無廢磚級配		39.64	95.0			

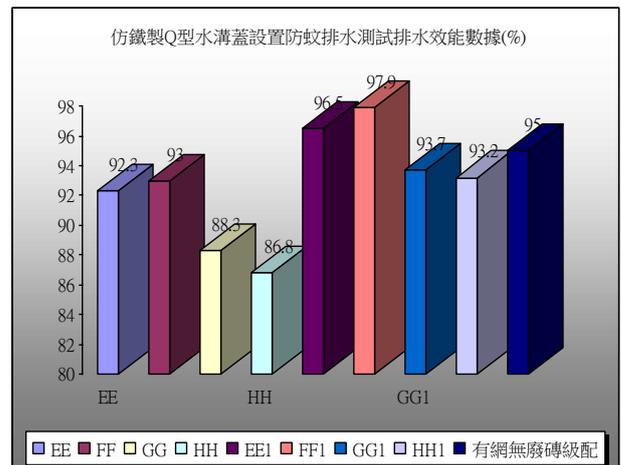


圖 27 仿鐵製 Q 型水溝蓋防蚊排水功能測試分析圖

4. 分析與討論

從實驗表 11 及圖 27 分析，在 3"/8、#4、#5 廢磚級配(孔隙 4900cm²)條件下 FF 試體與 HH 試體排水效能相差 6.2%；卻在 3"/8、#4 廢磚級配(孔隙 7124cm²)條件下 FF1 試體與 HH1 試體排水效能相差 3.3%，且 HH1 試體與 HH 試體的排水效能相差 6.4%，與 EE1 試體與 EE 試體的排水效能相差 4.2%，說明孔隙的級配可有效提升排水功能。而相較於有網無廢磚級配模組的 95.0%，EE1 試體與 FF1 試體排水效能較 1.5% 以上優勢。經實驗發現仍存在排水孔數多(總排水截面積大者)，被小碎磚粒阻塞影響排水效能。

(五)實驗五

1.測試目標

探討仿鐵製 R 型水溝蓋，在固定 3 分鐘時間將 50 公升水放流，有無設置水溝蓋廢磚級配防蚊模組之排水效率之差異性。

2.測試流程

在水箱加入 50 公升水，開啟水閥排水流放至無設置任何防蚊措施仿鐵製 R 型水溝蓋，測得 3 分鐘可收集水量 35.90 公升；相同以 3 分鐘定時將 50 公升排放至鋪設紗網無設置水溝蓋廢磚級配模組、設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4、#5)AB~AE 模組與設置水溝蓋廢磚級配(3"/8、#4)AB~AE1 模組測試，分別各組實驗體在定時內所收集的水量作實驗後分析討論其操作流程，如圖 28 所示。



R 型水溝蓋無廢磚級配
試體測試實驗



R 型水溝蓋無廢磚級配
有鋪設紗網試體測試實驗



R 型水溝蓋有廢磚級配
試體測試實驗

圖 28 仿鐵製 R 型水溝蓋防蚊排水功能測試過程

3.測試數據

測試結果如表 12 與分析圖 29 所示，排水效能為各試體 3 分鐘所集水量與無置任何防蚊措施長型水溝蓋收集水量 36.13 公升之百分比(註：測試溫度 19.3℃)。

表 12 仿鐵製 R 型水溝蓋防蚊排水功能測試數據

項次 試體	集水量(升)	排水效能(%)	項次 試體	集水量(升)	排水效能(%)
AB	34.72	96.1	AB1	35.48	98.11
AC	35.26	97.6	AC1	35.57	98.44
AD	35.08	97.08	AD1	35.29	97.67
AE	34.36	95.1	AE1	34.93	96.69
有網無廢 磚級配	34.99	96.85			

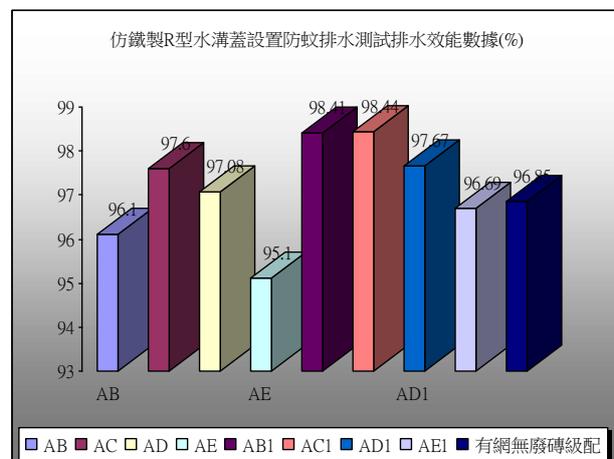


圖 29 仿鐵製 R 型水溝蓋防蚊排水功能測試分析圖

4.分析與討論

從實驗表 12 及圖 29 分析，在 3"/8、#4、#5 廢磚級配(孔隙 3100cm²)條件下 AC 試體與 AE 試體排水效能相差 1.98%；卻在 3"/8、#4 廢磚級配(孔隙 4247cm²)條件下 AC 試體與 AE 試體排水效能相差 1.75%，且 AE1 試體與 AE 試體的排水效能相差 1.54%，說明孔隙的級配可有效提升排水功能。而相較於有網無廢磚級配模組的 96.85%，AC 試體、AB1~AD1 試體排水效能較 0.84% 以上優勢。經實驗證實排水孔數多(總排水截面積大者)，被小碎磚粒阻塞機率偏高，加上三種級配廢磚所形成孔隙較少，容易影響排水效能。

(六)實驗六

1.測試目標

探討水溝蓋設置廢磚級配模組遭細砂石掩蓋時，在固定 3 分鐘時間將 50 公升水放流，設置廢磚級配防蚊模組遭細砂石掩蓋之排水效率之差異性。

2.測試流程

實驗基本設置同實驗五，試體選取實驗(二)至實驗(五)之水溝蓋設置廢磚 3"/8、#4、#5 級配模組，與設置廢磚 3"/8、#4 級配模組中排水效能最佳者進行實驗，選取試體分別為仿 R.C 長型水溝蓋防蚊水排試體 H 及 H1、仿鐵製 P 型水溝蓋防蚊水排試體 DD 及 CC1、仿鐵製 Q 型水溝蓋防蚊水排試體 FF 及 FF1 與仿鐵製 R 型水溝蓋防蚊水排試體 AC 及 AC1，分別量記各組實驗收集箱之水量與未遭細砂石掩蓋做比較分析討論。其操作流程如圖 30 所示。



仿 R.C 長型水溝蓋防蚊排水試體遭細砂石掩蓋



仿鐵製 P 型水溝蓋防蚊排水試體遭細砂石掩蓋



仿鐵製 Q 型水溝蓋防蚊排水試體遭細砂石掩蓋



仿鐵製 R 型水溝蓋防蚊排水試體遭細砂石掩蓋

圖 30 仿水溝蓋設置廢磚級配模組遭細砂土掩蓋排水功能測試過程

3.測試數據

測試結果如表 13 與分析圖 31 所示。(註：測試溫度 24.5°C)

表 13 仿水溝蓋設置廢磚級配受細砂土覆蓋排水數據

項次 試體	集水量 (升)	遭掩蓋 排水效能 (%)	未遭掩蓋 排水效能 (%)	未遭掩蓋與 遭掩蓋之排 水差異(%)
H	34.20	93.7	94.8	1.1
H1	35.62	97.6	98.3	0.7
DD	37.63	95.2	96.0	0.8
CC1	38.78	98.1	98.3	0.2
FF	38.78	92.9	93.0	0.1
FF1	40.82	97.8	97.9	0.1
AC	34.76	96.2	97.6	1.4
AC1	35.30	97.7	98.4	0.7

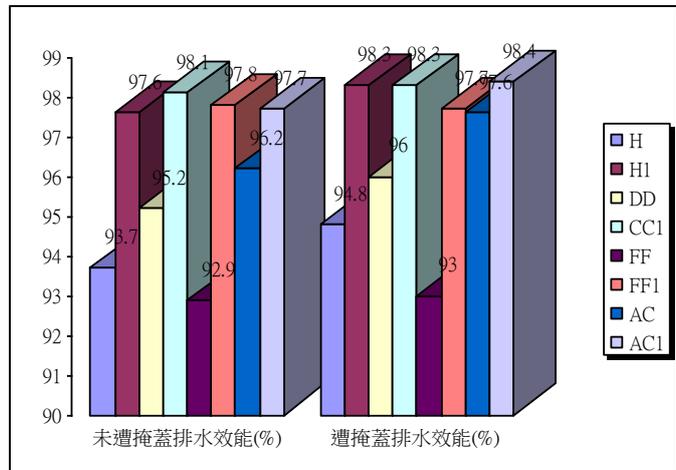


圖 31 仿水溝蓋設置廢磚級配受細砂土覆蓋排水測試分析圖

4.分析與討論

從實驗圖 31 分析，試體受細砂土掩蓋經實驗檢試與未受覆蓋相較下，各組排水率稍受影響，以仿 R.C 長型水溝蓋廢磚防蚊水排 H 試體（孔隙 800cm³ 級配，總排水截面積 10.82cm²），排水效能減少 1.1%，與仿鐵製 R 型水溝蓋廢磚防蚊水排 AC 試體（孔隙 3100cm³ 級配，總排水截面積 28.91cm²），排水效能減少 1.4% 最多。整體實驗說明水溝蓋設置廢磚級配防蚊排水模組之排水功能多能維持在未受覆蓋的 98.5% 以上，且清理僅需以稍加翻動廢磚級配顆粒即可恢復排水效能。

(七)實驗七

1.測試目標

探討測試阻蚊竄出能力在實驗(一)至實驗(五)之水溝蓋設置廢磚 3"/8、#4、#5 級配模組，與設置廢磚 3"/8、#4 級配模組中排水效能最佳者進行之病媒蚊在 3 天後存活數量差異性。

2.測試流程

選取試體分別為仿 R.C 圓孔型水溝蓋防蚊水排試體 B 及 B1 仿 R.C 長型水溝蓋防蚊水排試體 H 及 H1、仿鐵製 P 型水溝蓋防蚊水排試體 DD 及 CC1、仿鐵製 Q 型水溝蓋防蚊水排試體 FF 及 FF1、仿鐵製 R 型水溝蓋防蚊水排試體 AC 及

AC1，與上取各型水溝蓋設置紗網防蚊模組，分別在阻蚊竄出世實驗箱上，再測試箱內分別放入 20 隻蚊子，3 天後檢查記錄留在阻蚊測試箱內的蚊子數量，提供後續分析討論。其操作流程如圖 32、33 所示。

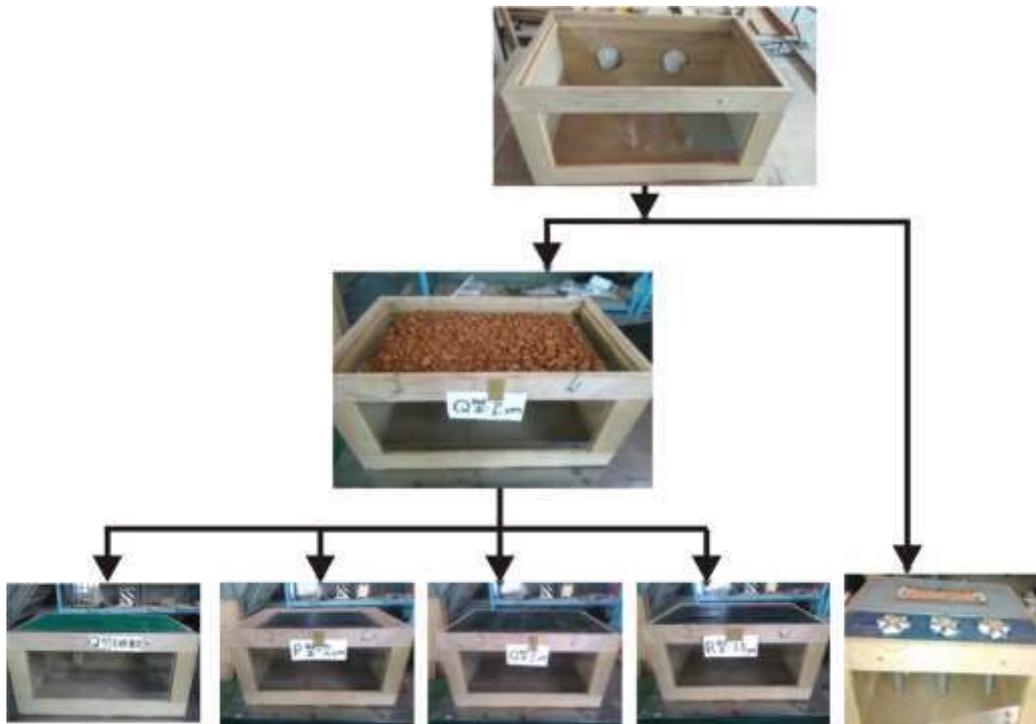


圖 32 阻蚊竄出各試體模組測試箱設置



圖 33 病媒蚊收集、置入阻蚊竄出箱觀察

3.測試數據

測試結果如表 14 所示。

表 14 阻蚊竄出水溝蓋測試數據

試體代碼	試體條件	3 天後阻蚊竄出箱內蚊子數量(隻)
B	仿 R.C 直徑 5cm 圓孔型裝設廢磚孔隙 615cm ³ 級配試體	20
B1	仿 R.C 直徑 5cm 圓孔型裝設廢磚孔隙 873cm ³ 級配試體	20
H	仿 R.C 長型水溝蓋 A 型裝設廢磚孔隙 800cm ³ 級配試體	20
H1	仿 R.C 長型水溝蓋 A 型裝設廢磚孔隙 1176cm ³ 級配試體	20
DD	仿鐵製 P 型水溝蓋裝設廢磚孔隙 3300cm ³ 級配試體	20
CC1	仿鐵製 P 型水溝蓋裝設廢磚孔隙 5049cm ³ 級配試體	20
FF	仿鐵製 Q 型水溝蓋裝設廢磚孔隙 4900cm ³ 級配試體	20
FF1	仿鐵製 Q 型水溝蓋裝設廢磚孔隙 7124cm ³ 級配試體	20
AC	仿鐵製 R 型水溝蓋裝設廢磚孔隙 3100cm ³ 級配試體	20
AC1	仿鐵製 R 型水溝蓋裝設廢磚孔隙 4247cm ³ 級配試體	20
有網無廢 磚級配	仿 R.C 直徑 5cm 圓孔型裝設紗網試體 與仿 R.C 長型水溝蓋裝設紗網試體	17
	仿鐵製 P 型水溝蓋裝設紗網試體	13
	仿鐵製 Q 型水溝蓋裝設紗網試體	16
	仿鐵製 R 型水溝蓋裝設紗網試體	17

4.分析與討論

從實驗數值表 14 發現在仿現有水溝蓋裝設廢磚級配防蚊排水試體在阻蚊竄出測試達 100%的阻絕，而仿鐵製 P 型水溝蓋有網無廢磚級配有 35% 竄出測試箱，其他僅鋪設紗網模組有 15~20% 竄出測試箱。由實驗證實廢磚級配試體能確切防止蚊子竄出，也能阻止竄入水溝繁衍子子，對防疫病媒蚊孳生有重大的效益。

伍、研究結果

一、直徑 5cm 圓型水溝孔裝設廢磚級配防蚊排水試體之比對

經由實驗過程可得知，鑽孔數越多(總水流截面積大)水溝蓋裝置廢磚級配防蚊排水容器的排水效能愈佳。但是最多孔之 A 試體與最少孔之 E 試體在廢磚孔隙 615cm³ 級配試體之排水效能差距僅差了 0.4%，發現孔數的多之模組較易受#5 碎磚或碎磚稜角阻塞會稍許影響到排水效能，經由廢磚孔隙級配改以 873cm³，則 A1 試體可改善 A 試體阻塞問題，將排水效能提升 10.8%，E1 試體也提升 E 試體的 10%，且效益高於僅鋪設每公分 25 孔隙紗網。

二、R.C 長條型水溝蓋裝設廢磚級配防蚊排水試體之比對

經由實驗過程可得知，鑽孔數越多(總水流截面積大)水溝蓋裝置廢磚級配防蚊排水容器的排水效能未必為最有排水效能。孔數最多之 F 試體通過水量是最少的 34.20 公升，H 試體最多達 34.60 公升，再以 F1 與 H1 兩試體在孔隙調高下及水量僅差距 0.15 公升，排水效能差在 0.4% 內，證明廢磚級配防蚊排水模組排水效能並不受鑽孔數(總水流截面積)影響甚小，但受廢磚級配模式下孔隙影響較大，G1 與 H1 兩試體之排水效能優於有網無級配廢磚防蚊排水試體。

三、仿鐵製 P、Q、R 型水溝蓋裝設廢磚級配防蚊排水試體之比對

將仿鐵製水溝之水溝蓋板依其型式不同，分別討論 P 型、Q 型、R 型裝設廢磚級配防蚊排水試體模組，研究結果如下：

(一)P 型水溝蓋板

經由實驗過程得知，防蚊排水容器在適量鑽孔數(總水流截面積)配合高孔隙廢磚級配可獲得最佳的排水效益，實驗試體 DD、BB1、CC1 與 DD1 之排水效能高達 96.0~98.3%，較僅鋪設每公分 25 孔隙紗網試體模組的 95.1% 高出 0.9~3.2% 排水效能。

(二)Q 型水溝蓋板

相同與 P 型水溝蓋板的紀錄與分析，實驗試體 EE1 與 FF1 之排水效能高於僅鋪設紗網試體模組的 95.0%，有提升 1.5~2.9% 排水效能差異。

(三)R 型水溝蓋板

如同 P 型與 Q 型水溝蓋板的分析，在廢磚級配孔隙 3100cm^3 條件下，AC 試體與 AD 試體的排水效能以高於鋪設紗網試體模組的 96.85% 約 $0.23\sim 0.75\%$ 效能；以廢磚級配孔隙 4247cm^3 配置模組，AB1 試體至 AD1 試體的排水效能均高於鋪設紗網試體模組達 $0.82\sim 1.59\%$ 。

由上述結果可以得知，現有鐵製水溝蓋若改良加裝廢磚級配防蚊排水容器，鑽孔間距孔數(總水流截面積)會影響排水效能，但加以利用混凝土級配原理可使排水效能達 96% 以上(所有最佳試體模組平均數)，證實加裝廢磚級配防蚊排水容器於鐵製水溝蓋下，排水受影響約 3% 左右。

四、仿水溝蓋設置廢磚級配防蚊排水試體受細砂土覆蓋排水測試

針對現有水溝蓋常因落葉淤砂在大雨時排水效能降低與失去功能性，經實驗後可得知，細砂並不會淤積於水溝蓋裝設廢磚級配試體上方而造成堵塞，因廢磚級配孔隙能藉由水流沖刷順利洗淨，雖然實驗後排水效能最高 1.4% 的效能受減，但整體受細砂土掩蓋之模組排水功能都可維持平均 96.15% 以上效能。

五、阻蚊竄出水溝蓋測試

實驗後發現加裝網子之水溝蓋並不能完全阻絕蚊子，而加裝廢磚級配之試體則可達到 100% 阻隔蚊子的效果，有效杜絕病媒蚊的孳生，達到真正防疫功能。

六、實驗總結

在流水試驗中，水溝蓋加裝廢磚級配防蚊排水容器後在適量流水截面積開孔與廢磚級配的有效組合下，較裝設每平方公分 25 孔紗網水溝蓋防蚊排水效能佳，排水受細砂土掩蓋影響不大，其阻蚊竄出竄入效率達 100% 阻蚊，維護僅需翻動廢磚級配粒料即可恢復排水孔隙，在防疫病媒蚊的滋生使實質的功能。

陸、討論

一、原本鋪設紗網水溝的弊處

- (一)容易破洞，無法達成較佳防蚊的效果如圖 34，蚊子可由孔洞進出，校園裡經常看見鋪著紗網的水溝，鋪設紗網的水溝能有效防止樹葉及砂石等等通過水溝蓋，造成水溝堵塞、水流通的狀況不好。但紗網有一定的使用期限，容易因為時間長久而氧化、破損，且蚊子的大小也不同，雖然防得住體型較大的蚊子，小型的卻無法，因此只使用紗網並不能得到較佳的效果，也無法真正地做到防蚊和同時讓雨水順利的流通。
- (二)容易因為樹葉、小垃圾、及泥土的覆蓋，而造成堵塞，許多水溝鋪設紗網的方式都是將紗網直接墊在水溝蓋的下方，這讓因為水的沖刷而帶走的樹葉、砂石跟著流進水溝蓋，並停留在紗網與水溝蓋的中間，久而久之地，當水溝蓋的縫隙被填滿了後，就會造成堵塞的現象(圖 35)。



圖 34 水溝網破洞



圖 35 水溝網堵塞

二、原本水溝蓋加裝廢磚級配試體利益

加設加裝廢磚級配後的水溝蓋可有效地解決以鋪設紗網水溝的弊處，能使水溝蓋有阻蚊防疫功能兼具高效率的排水性能，在維護成本上從仿水溝蓋設置廢磚級配受細砂土覆蓋幾實驗排水測試反應影響小，若想保有最佳排水性僅需定期將廢磚級配予以翻動即可。紗網容易因外在環境因素而脆化、破損，必須定期重新鋪設，其換裝人力成本不容小覷；而以 PVC 或具氧化防護金屬(鋁、鋅合金)廢磚級配防蚊排水容器不僅可以減少換裝紗網物料及人事成本輸出。

柒、結論

在日常生活中，只要遇到雨勢稍大的下雨天，就能看到有些鋪設紗網水溝改因淤塞產生明顯積水，而這些積水時間一久就會滋生蚊蟲，或從破損紗網竄入繁衍孳生病媒蚊，引發登革熱，況且病媒蚊有時可以從網孔竄出，如此防疫破洞現改以水溝蓋板整體包覆紗網方式處理，措施下原有水溝蓋的排水功能受細砂土阻塞更為嚴重。

經過本研究實驗及數據分析後發現，加裝廢磚級配防蚊排水的水溝蓋並不影響水溝排水效能，且因廢磚級配的配置，將大粒料之間的空隙以中粒料及細粒料填滿，用以防止大型的垃圾因覆蓋面積過大而造成雨水無法疏通，同時阻絕蚊蟲由下方竄出或由上方進入產卵，並讓廢磚有再次利用的價值，達到減少資源耗費和提升防疫病媒蚊孳生目的。

將加裝廢磚級配之試體與目前多數地區採用之水溝加裝紗網後的成效進行比較，根據新聞報導，高雄僅一個行政區所有水溝蓋上方加裝紗網，就需耗費近上百萬的成本，若長時間或是擴大面積來看，所需耗費的成本更是不堪設想，且據估計半年就需更換一次紗網，這將使成本更加提高；相較於易破損紗網且人力成本高耗能耗費，加裝廢磚級配防蚊排水容器主要採用廢棄的磚頭(或拆解建築構造物之混凝土塊、磚塊、小卵石等材料)製成，且損耗率極低，可大幅減少人力及物力的成本支出，為本實驗之一大益處。

本研究水溝蓋系統設計建議型態，原水溝框構部分直接一體成型如圖 36 左圖，若是為現有水溝蓋構造增設級配容器則如圖 36 右圖示。



圖 36 設計建議型態示意圖

捌、參考資料及其他

- 一、陳耀如、洪國珍、劉叔松(2010)。工程材料 I。台北市:旭營文化事業有限公司。
- 二、陳兩達、張簡宏裕、陳加宜(2013)。工程概論 II。新北市:台科大圖書股份有限公司。
- 三、衛生福利部疾病管制署(2015 年 2 月 16 日)。傳染病介紹。

<http://www.cdc.gov.tw/professional/ThemaNet.aspx?treeid=beac9c103df952c4&nowtreeid=6FD88FC9BF76E125&did=641>

玖、附錄(實際校園裝設)



【評語】 091201

因為台灣南部病媒蚊引致之疾病，針對不同排水格柵型態，利用廢棄磚石碎料放置於不同之容器中，可防止蚊蟲飛離排水溝渠。

本裝置除具有鄉土性外亦具創意性，研究過程中，測試各容器放置於排水格柵下方之特性，提出各種不同磚石碎料容器之適用性。實驗步驟具邏輯性，主題與目標明確。未來仍須對於在豪大雨時，各排水容器是否阻礙溝渠排水功能等問題進行探討。