

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 土木組

佳作、最佳創意獎

091202

大地口渴了一鋪面透水性研究

國立員林高級農工職業學校

作者姓名：

職二 黃冠霖 職二 陳義傑 職二 王鐘賢
職二 蔡孟純

指導老師：

林炯岳 曾銘文

中華民國第 45 屆中小學科展覽會 作品說明書



科別：土木科

組別：高職組

作品名稱：大地口渴了一舖面透水性研究

關鍵字：綠建築、透水舖面、資源回收

編號：

目 錄

壹、摘要	1
貳、研究動機	2
叁、研究目的	3
肆、研究設備及器材	4
伍、研究過程或方法	8
陸、研究結果	14
柒、討論	27
捌、結論	28
玖、參考資料及其他	29

表目錄

表 5-1	降雨時間	12
表 6-1	豪大雨－第一次實驗數據報告	14
表 6-2	豪大雨－第二次實驗數據報告	14
表 6-3	豪大雨－第三次實驗數據報告	14
表 6-4	豪大雨－第四次實驗數據報告	14
表 6-5	豪大雨－第五次實驗數據報告	14
表 6-6	豪大雨－第六次實驗數據報告	14
表 6-7	豪雨－第一次實驗數據報告	15
表 6-8	豪雨－第二次實驗數據報告	15
表 6-9	豪雨－第三次實驗數據報告	15
表 6-10	豪雨－第四次實驗數據報告	15
表 6-11	豪雨－第五次實驗數據報告	15
表 6-12	豪雨－第六次實驗數據報告	15
表 6-13	大雨－第一次實驗數據報告	16
表 6-14	大雨－第二次實驗數據報告	16
表 6-15	大雨－第三次實驗數據報告	16
表 6-16	大雨－第四次實驗數據報告	16
表 6-17	大雨－第五次實驗數據報告	16
表 6-18	大雨－第六次實驗數據報告	16
表 6-19	一般雨量－第一次實驗數據報告	17
表 6-20	一般雨量－第二次實驗數據報告	17
表 6-21	一般雨量－第三次實驗數據報告	17
表 6-22	一般雨量－第四次實驗數據報告	17
表 6-23	一般雨量－第五次實驗數據報告	17
表 6-24	一般雨量－第六次實驗數據報告	17
表 6-25	實驗數據總平均值－豪大雨	18
表 6-26	實驗數據總平均值－豪雨	18
表 6-27	實驗數據總平均值－大雨	18
表 6-28	實驗數據總平均值－一般雨量	18

圖目錄

圖 3-1 拌和混凝土過程	3
圖 4-1 實驗鋪面箱	4
圖 4-2 雨水模擬器製作過程	4
圖 4-3 量測降雨標準值	4
圖 4-4 連鎖磚鋪面	5
圖 4-5 植草磚鋪面	5
圖 4-6 無細骨材混凝土鋪面	5
圖 4-7 資源回收玻璃混凝土鋪面	6
圖 4-8 資源回收鋁罐鋪面	6
圖 4-9 研發鋪面	6
圖 4-10 實驗鋪面底層鋪設	7
圖 5-1 製作落水頭	8
圖 5-2 模擬地層的製作	8
圖 5-3 鋪設植草磚	8
圖 5-4 鋪設連鎖磚	9
圖 5-5 鋪設無細骨材鋪面	9
圖 5-6 鋪設資源回收鋁罐鋪面	9
圖 5-7 鋪設資源回收玻璃鋪面	10
圖 5-8 鋪設研發鋪面	10
圖 5-9 計算降雨平均值	11
圖 5-10 實驗過程	12
圖 5-11 測量滲透量	13
圖 5-12 測量地表逕流量	13
圖 6-1 豪大雨第一次實驗滲透量數值	19
圖 6-2 豪大雨第一次實驗地表逕流量數值	19
圖 6-3 豪大雨第二次實驗滲透量數值	19
圖 6-4 豪大雨第二次實驗地表逕流量數值	19
圖 6-5 豪大雨第三次實驗滲透量	19
圖 6-6 豪大雨第三次實驗地表逕流量數值	19
圖 6-7 豪大雨第四次實驗滲透量數值	19
圖 6-8 豪大雨第四次實驗地表逕流量數值	19
圖 6-9 豪大雨第五次實驗滲透量數值	20
圖 6-10 豪大雨第五次實驗地表逕流量數值	20
圖 6-11 豪大雨第六次實驗滲透量數值	20
圖 6-12 豪大雨第六次實驗地表逕流量數值	20
圖 6-13 豪雨第一次實驗滲透量數值	20
圖 6-14 豪雨第一次實驗地表逕流量數值	20
圖 6-15 豪雨第二次實驗滲透量數值	20

圖 6-16 豪雨第二次實驗地表逕流量數值	20
圖 6-17 豪雨第三次實驗滲透量數值	21
圖 6-18 豪雨第三次實驗地表逕流量數值	21
圖 6-19 豪雨第四次實驗滲透量數值	21
圖 6-20 豪雨第四次實驗地表逕流量數值	21
圖 6-21 豪雨第五次實驗滲透量數值	21
圖 6-22 豪雨第五次實驗地表逕流量數值	21
圖 6-23 豪雨第六次實驗滲透量數值	21
圖 6-24 豪雨第六次實驗地表逕流量數值	21
圖 6-25 大雨第一次實驗滲透量數值	22
圖 6-26 大雨第一次實驗地表逕流量數值	22
圖 6-27 大雨第二次實驗滲透量數值	22
圖 6-28 大雨第二次實驗地表逕流量數值	22
圖 6-29 大雨第三次實驗滲透量數值	22
圖 6-30 大雨第三次實驗地表逕流量數值	22
圖 6-31 大雨第四次實驗滲透量數值	22
圖 6-32 大雨第四次實驗地表逕流量數值	22
圖 6-33 大雨第五次實驗滲透量數值	23
圖 6-34 大雨第五次實驗地表逕流量數值	23
圖 6-35 大雨第六次實驗滲透量數值	23
圖 6-36 大雨第六次實驗地表逕流量數值	23
圖 6-37 一般雨量第一次實驗滲透量數值	23
圖 6-38 一般雨量第一次實驗地表逕流量數值	23
圖 6-39 一般雨量第二次實驗滲透量數值	23
圖 6-40 一般雨量第二次實驗地表逕流量數值	23
圖 6-41 一般雨量第三次實驗滲透量數	24
圖 6-42 一般雨量第三次實驗地表逕流量數值	24
圖 6-43 一般雨量第四次實驗滲透量數值	24
圖 6-44 一般雨量第四次實驗地表逕流量數值	24
圖 6-45 一般雨量第五次實驗滲透量數值	24
圖 6-46 一般雨量第五次實驗地表逕流量數值	24
圖 6-47 一般雨量第六次實驗滲透量數值	25
圖 6-48 一般雨量第六次實驗地表逕流量數值	25
圖 6-49 豪大雨滲透量平均值	25
圖 6-50 豪大雨地表逕流量平均值	25
圖 6-51 豪雨滲透量平均值	25
圖 6-52 豪雨地表逕流量平均值	25
圖 6-53 大雨滲透量平均值	26
圖 6-54 大雨地表逕流量平均值	26
圖 6-55 一般雨量平均值	26
圖 6-56 一般雨地表逕流量平均值	26

壹、摘要

近年來由於都市開發密度增加，都市不透水表面率因而提升，地表逕流及洪水頻率相對增加，此為近年來台灣地區洪水屢創新高眾多成因之一。且每當發生持續大雨時，我們學校就會有積水的狀況，造成師生許多的不便。

鑒此，如何有效增加都市透水面積儼然成為當前重要課題之一，而透水性鋪面之廣泛鋪築正是解決此問題有效方法之一。

整個實驗可分為參個階段：

第一階段（校內參賽）：

本研究為符合綠建築中地基保水之項目，分別使用三個塑膠整理箱，在箱子底層鋪設卵石，再放置一般土壤層及細砂層，以模擬真實土壤結構，三個整理箱各用以植草磚種植草皮，連鎖磚整齊排放，水泥拌和骨材成無細骨材混凝土。結論為：

- 一、無細骨材混凝土滲透量較佳。
- 二、連鎖磚僅靠磚間縫隙導水，其滲透量有限。

第二階段（中區複賽）：

本次實驗添加兩種環保材料作為鋪面，分別為鋁罐鋪面以及玻璃鋪面。此次實驗更將無細骨材混凝土改良，改良其細度模數 FM 值，使鋪面更加均勻，不會因孔隙過大而出現行走不便的狀況。在第二次實驗裡，所得到的實驗結果如下：

- 一、本次實驗由資源回收場收集鋁罐，因鐵罐易生鏽而不採用。
- 二、本次實驗以鋁罐鋪面為最佳。
- 三、玻璃鋪面利用彈珠模擬再生玻璃，以符合綠建築中再生資源。

第三階段(全國比賽)：

經過中區複賽評審評定後，我們針對其缺點進行修正，並且增設新研發鋪面。

- 一、此次實驗將鋁罐鋪面使用水泥砂漿予以膠結，以增加承壓能力。
- 二、此次實驗新增植草磚+鋁罐，作為自製研發鋪面，將鋁罐高透水性之優點，結合於現行鋪面狀況。

貳、研究動機

由建築工程概論課程中之都市計畫章節，了解台灣在工商發展及社會結構變遷後，所帶來區域之不均衡發展及都市化人口過度集中現象，使得都市化程度日益趨高，人口成長迅速對住宅需求日增，導致都市建蔽率增高，使得都市不透水面積（IMP）大為增加，大量的人工不透水鋪面設計，相對的使自然植生的被覆蓋，使雨水滲入減少。

由建築工程概論課程中之水利工程章節裡，顯示出台灣地區具有 60~80%不透水率，由於現代建築物大多為鋼構或混凝土，且過多的不透水面使得土地的滲透率、保水率、截流等等功能降低。

由建築材料課程中獲得一些相關的知識，進而選擇各種符合綠建築要求之材料，並篩選出幾種環保素材作為模擬鋪面材料。例如土是取之不絕的原料，並可製成許多種建築材料，如：混凝土、磚、瓷…等。但房子一旦拆除了那些廢棄石材若可以回收將它磨的更細製成無細骨材混凝土，便可再次使用，減少骨材的花費。而玻璃可製造多種造型以及款式，以符合現代大眾的需要，家家戶戶都有合適的門窗玻璃，但玻璃破掉了該怎麼辦？直接丟掉太浪費了，如果可以加以回收製成不至於割傷人的圓球狀，便可製作成透水鋪面。還有將鋁罐加以回收可作為透水性良好的鋪面。這些都可為此實驗而達成研究之目的。

由以上敘述可歸納出本研究之動機有以下三點：

一.大量採用不透水鋪面之情況下，地表透水性降低，因而產生地層下陷，因此如何改善此問題，是值得探討之課題。

二.土地保水有助於地面下的微生物生長，進而改善土壤活性，達到生態的平衡，避免暴雨時增加的地面逕流形成都市洪水的現象。如何達到此目標，亦為相當重要之課題。

三.目前環保意識抬頭，如何有效運用回收資源於土木建築界，更為當前眾所矚目之焦點。

因此本研究透過實驗數據來表達不同鋪面的透水效率，探討如何有效的增加土地的滲透率、保水率、截流等功能，以作為相關單位設計時的參考依據。

參、研究目的

第一階段：

- 一、研究何種鋪面能降低地表逕流量
- 二、研究如何減少排水系統的負荷
- 三、研究何種鋪面能增加雨水滲透量以補充地下水。

第二階段：

- 一、同級配層、同土層但不同透水性鋪面條件下探討其透水性。
- 二、提出孔隙率高且抗壓強度足夠之透水性鋪面，使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入土壤還原於地下之功能。
- 三、找出減少地表逕流可降低都市、山坡地的洪患之原因。
- 四、找出能降低並減緩暴雨洪峰量之透水性鋪面，其功能為減少淹水之可能性且增加地下水含水量。

第三階段：

- 一、改良鋁罐鋪面之間的縫隙，以增加整體鋪面承壓能力。
- 二、研發新式鋪面，並且實驗出它的透水性及實務之適用性。
- 三、找出本實驗鋪面實驗適用的場地。



圖 3-1 拌和無細骨材混凝土過程

肆、研究設備及器材

一、六個整理箱,每個各為(69 cm×45.8 cm×40.9 cm)。



a



b

圖 4-1 製作實驗鋪面箱

二、雨水模擬器整理箱(78 cm×56×48 cm)。



a



b

圖 4-2 雨水模擬器製作過程

三、十二個水龍頭,三個水閘。

四、三個蓮蓬頭(流量已滿 2000 cc為準)模擬 25 秒為豪大雨量,46.5 秒為豪雨 74.5 秒為大雨, 124 秒為一般雨量。



a



b

圖 4-3 量測降雨標準值

五、連鎖磚(每個磚塊面積各為 $23\text{ cm}\times 11\text{ cm}\times 6\text{ cm}$)。



圖 4-4 連鎖磚鋪面

六、植草磚鋪面($68\text{ cm}\times 44\text{ cm}\times 10\text{ cm}$)。



圖 4-5 植草磚鋪面

七、一塊無細骨材混凝土鋪面($68\text{ cm}\times 44\text{ cm}\times 6\text{ cm}$)。



圖 4-6 無細骨材混凝土鋪面

八、資源回收玻璃混凝土鋪面(68 cm×44 cm×6 cm)。

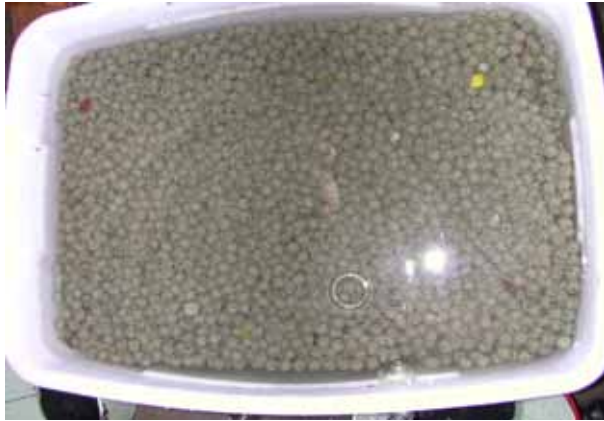


圖 4-7 資源回收玻璃混凝土鋪面

九、資源回收鋁罐鋪面(68 cm×44 cm×6 cm)。



圖 4-8 資源回收鋁罐鋪面

十、研發鋪面(68 cm×44 cm×6 cm)。



圖 4-9 研發鋪面

十一、一個計時器(碼表)。

十二、一個量杯(內容量 2000 cc)。



十三、卵石、礫石、細砂、泥土、草皮。



a



b

圖 4-10 實驗鋪面底層鋪設



伍、研究過程與方法

第一階段：製作設備

一、選擇六個整理箱（690x458x409 mm）作為鋪面實驗箱。



圖 5-1 製作落水頭

二、平均放 5 公分高的卵石再鋪上礫石，接著鋪上 10 公分的土及 10 公分的砂，以模擬地層。



a



b

圖 5-2 模擬地層的製作

三、將植草磚置入實驗箱後種植草皮。



a



b

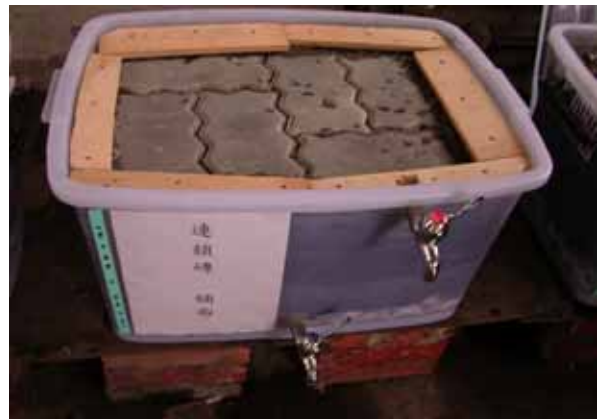
圖 5-3 鋪設植草磚



四、計算連鎖磚的規格平均排放。



a



b

圖 5-4 鋪設連鎖磚

五、無細骨材混凝土以水泥拌和礫石。



a



b

圖 5-5 鋪設無細骨材鋪面

六、資源回收鋁罐平均排放用細沙填滿細縫夯實，並且在周圍淋上水泥漿以當鋪面。



a



b

圖 5-6 鋪設資源回收鋁罐鋪面



七、資源回收玻璃鋪面以水泥與玻璃彈珠平均拌合代替，待乾硬後放入實驗箱。



a



b



c



d

圖 5-7 鋪設資源回收玻璃鋪面

八、將植草磚切成所需尺寸，再以鋁罐鋪設並且以水泥砂漿膠結縫隙。



a



b

圖 5-8 鋪設研發鋪面

九、將 $780 \times 560 \times 480$ mm 的雨水模擬器注滿以量杯量測出水滿 2000 cc 的時間，以模擬豪大雨、豪雨、大雨、一般雨量，其出水時間分別為 25 秒、46.5 秒、74.5 秒、124 秒。



圖 5-9 計算降雨平均值

九、巡視會滴水的細縫，再以矽利康補強。

第二階段：實驗

由中央氣象局資料了解雨量的定義，並加以應用於實驗分析以符合實際狀況：

一小時累積雨量達 15 毫米以上稱之為豪大雨。

一小時累積雨量達 8 毫米以上稱之為豪雨。

一小時累積雨量達 5 毫米以上稱之為大雨。

一小時累積雨量達 2 毫米以上稱之為一般雨量（即降雨現象）。

1 小時內下 15 mm 高之雨量有可能在 1 分鐘之內下那麼多，亦有可能在 30 分鐘內就下這麼多，就是要看其通量。

通量 $\Rightarrow$ 地面 1 小時降下 15 mm 高的水量 $\Rightarrow$ 箱子面積 $46 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ 。

實驗時：

分別由四種雨量做實驗；開始放水到關水為 1 分鐘，結束後持續接滲透水量及溢流量達 29 分鐘，總實驗時間為 30 分鐘。

表 5-1 降雨時間

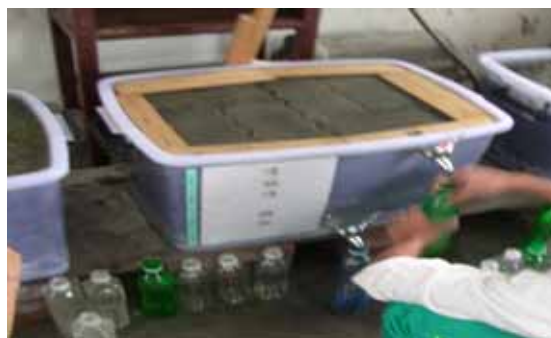
雨 量	cc/時	換成模擬雨量時間(流通量/秒)	秒
豪 大 雨	$46 \times 70 \times 1.5$ =4830 cc/時	1 分鐘內下完 80 cc/秒	$2000 \text{ cc} \div 80 \text{ cc/秒}$ =25 秒
豪 雨	$46 \times 70 \times 0.8$ =2576 cc/時	1 分鐘內下完 43 cc/秒	$2000 \text{ cc} \div 43 \text{ cc/秒}$ =46.5 秒
大 雨	$46 \times 70 \times 0.5$ =1610 cc/時	1 分鐘內下完 27 cc/秒	$2000 \div 27 \text{ cc/秒}$ =74.5 秒
一 般 雨 量	$46 \times 70 \times 0.3$ =966 cc/時	1 分鐘內下完 16.1 cc/秒	$2000 \div 16.1 \text{ cc/秒}$ =124 秒

一、選擇泥工場為實驗場地，取水與搬運較為方便。

二、開啓水閥並計算時間，拿水桶與寶特瓶分別承接地表逕流的水量和滲透量。



a



b



c



d



e



f

圖 5-10 實驗過程

三、待地表無逕流量時計為地表無逕流時間，等到 30 分到時則計為全面停止時間。

四、利用量杯開始測量各個鋪面的地表逕流量以及滲透量。



圖 5-11 測量滲透量



圖 5-12 測量地表逕流量

五、整理所有數據製成表格。



陸、研究結果

流速流量試驗〈以滿 2000c.c.為標準〉：豪大雨量 25 秒

表 6-1 豪大雨－第一次實驗數據報告

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1900	1150	2100	2300	2200	3000
地表逕流	3800	4500	3350	3000	3200	2900

表 6-2 豪大雨－第二次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	2000	1100	2250	2500	2300	2700
地表逕流	3500	4400	3400	3100	3150	2350

表 6-3 豪大雨－第三次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1980	1100	2300	2650	2250	3100
地表逕流	3750	4450	3500	3250	3100	2600

表 6-4 豪大雨－第四次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1980	1230	2180	2750	2270	2900
地表逕流	3850	4580	3430	3060	3250	2700

表 6-5 豪大雨－第五次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1950	1200	2100	2650	2190	2850
地表逕流	3900	4450	3300	3120	2900	2230

表 6-6 豪大雨－第六次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1800	1050	2000	2600	2100	2100
地表逕流	3700	4500	3250	2900	3100	2550



流速流量試驗〈以滿 2000 cc 為標準〉：豪雨 46.5 秒

表 6-7 豪雨－第一次實驗數據報告

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1400	900	2000	2300	2150	2900
地表逕流	2150	3360	1600	1200	1450	1050

表 6-8 豪雨－第二次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1350	900	2300	2000	2150	2700
地表逕流	2100	3200	1500	1000	1400	855

表 6-9 豪雨－第三次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1500	1000	1900	2250	1950	2550
地表逕流	2075	3285	1525	1125	1375	1035

表 6-10 豪雨－第四次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1465	950	2070	2320	2115	3050
地表逕流	2210	3425	1650	1230	1510	1035

表 6-11 豪雨－第五次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1350	1000	1850	2210	2000	2850
地表逕流	2105	3290	1500	1200	1400	1150

表 6-12 豪雨－第六次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1300	800	1980	2200	1950	2610
地表逕流	2050	3205	1500	1130	1390	890



流速流量試驗〈以滿 2000 cc 為標準〉：大雨雨量 74.5 秒

表 6-13 大雨－第一次實驗數據報告

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1100	800	1600	1750	1700	1850
地表逕流	900	1350	500	310	300	210

表 6-14 大雨－第二次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1200	700	1700	1720	1670	1920
地表逕流	850	1300	450	300	330	200

表 6-15 大雨－第三次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	980	680	1600	1680	1710	1860
地表逕流	820	1270	380	280	270	300

表 6-16 大雨－第四次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1130	860	1735	1840	1690	1880
地表逕流	930	1380	295	290	305	120

表 6-17 大雨－第五次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1150	900	1700	1890	1630	2000
地表逕流	800	1280	410	200	420	150

表 6-18 大雨－第六次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1000	850	1480	1700	1550	1890
地表逕流	900	1280	490	150	290	105



流速流量試驗〈以滿 2000 cc 為標準〉：普通雨量 124 秒

表 6-19 一般雨量－第一次實驗數據報告

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	950	680	1150	1100	1250	1350
地表逕流	250	420	0	0	0	0

表 6-20 一般雨量－第二次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	800	750	1230	1155	1280	1370
地表逕流	200	400	10	0	0	0

表 6-21 一般雨量－第三次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	885	615	1085	1040	1120	1280
地表逕流	180	355	5	0	0	0

表 6-22 一般雨量－第四次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1000	710	1190	1180	1280	1395
地表逕流	300	450	0	0	0	0

表 6-23 一般雨量－第五次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	900	700	1100	1205	1175	1360
地表逕流	200	400	0	0	0	0

表 6-24 一般雨量－第六次實驗數據報告

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	890	580	1050	1100	1250	1345
地表逕流	180	310	0	0	0	0

表 6-25 實驗數據總平均值 豪大雨

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1935	1130	2215	2575	2218	2983
地表逕流	3750	4480	3372	3122	3117	2555

表 6-26 實驗數據總平均值 豪雨

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1394	925	2017	2213	2053	2777
地表逕流	2115	3302	1545	1148	1421	1003

表 6-27 實驗數據總平均值 大雨

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	1093	798	1636	1763	1658	1900
地表逕流	867	1298	421	255	319	180

表 6-28 實驗數據總平均值 一般雨量

單位：cc

	植草磚鋪面	連鎖磚鋪面	無細骨材鋪面	資源回收鋁罐鋪面	資源回收玻璃鋪面	研發鋪面
滲透量	904	673	1134	1130	1226	1350
地表逕流	218	389	3	0	0	0

植草磚鋪面 連鎖磚鋪面 無細骨材鋪面 鋁罐鋪面 玻璃鋪面 研發鋪面

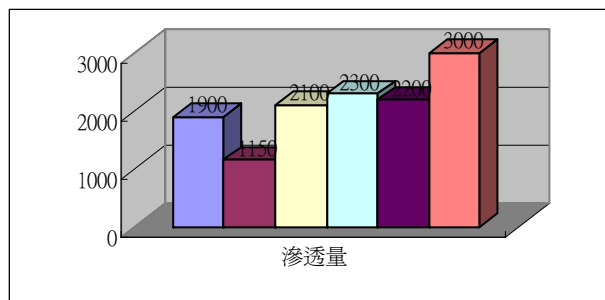


圖 6-1 豪大雨第一次實驗滲透量數值

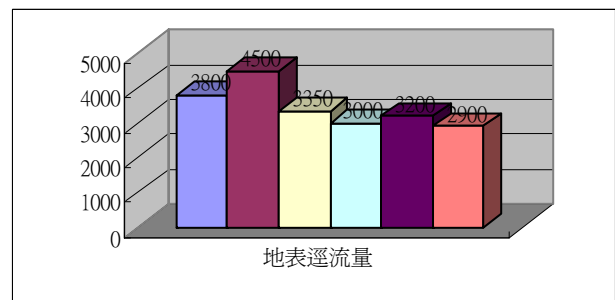


圖 6-2 豪大雨第一次實驗地表逕流量數值

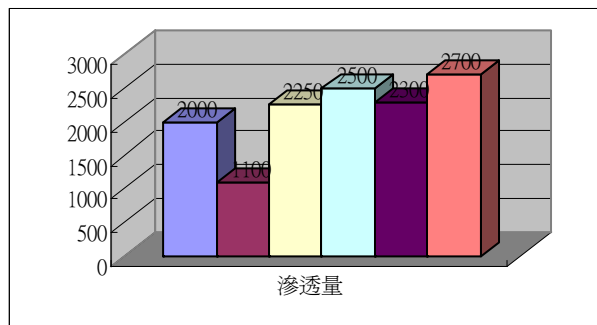


圖 6-3 豪大雨第二次實驗滲透量數值

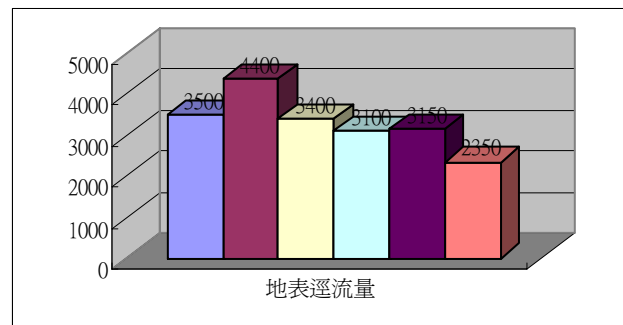


圖 6-4 豪大雨第二次實驗地表逕流量數值

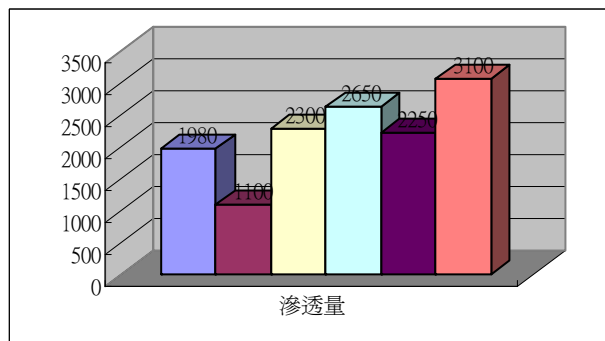


圖 6-5 豪大雨第三次實驗滲透量數值

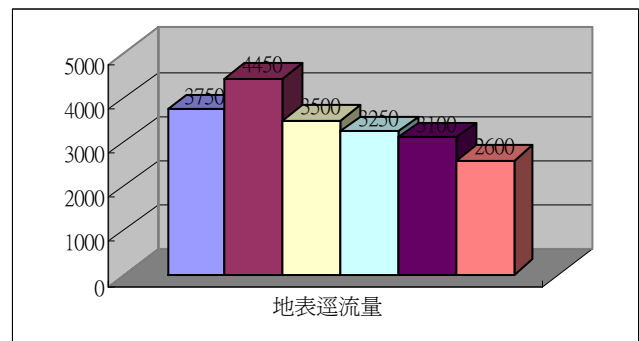


圖 6-6 豪大雨第三次實驗地表逕流量數值

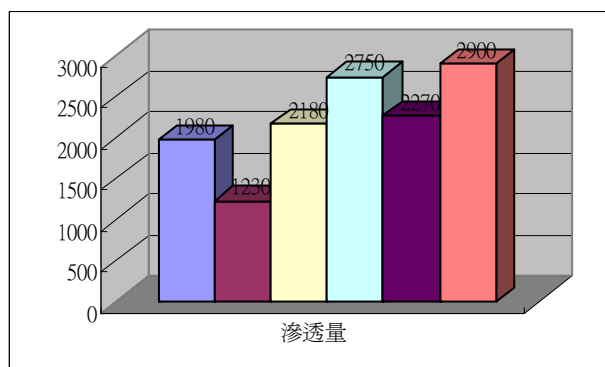


圖 6-7 豪大雨第四次實驗滲透量數值

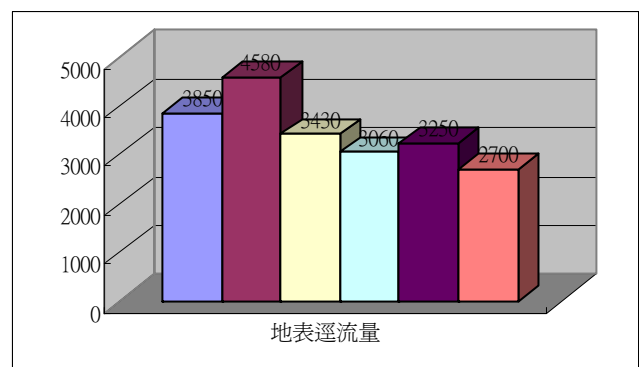


圖 6-8 豪大雨第四次實驗地表逕流量數值



■植草磚鋪面 ■連鎖磚鋪面 ■無細骨材鋪面 ■鋁罐鋪面 ■玻璃鋪面 ■研發鋪面

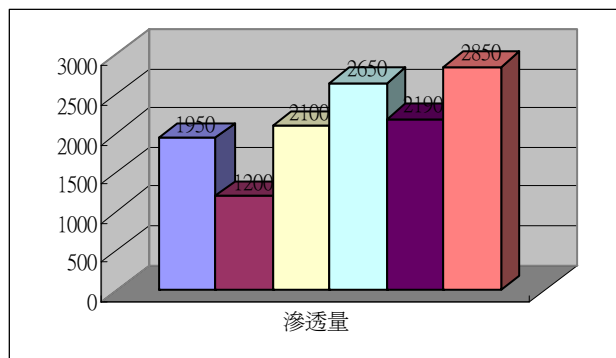


圖 6-9 豪大雨第五次實驗滲透量數值

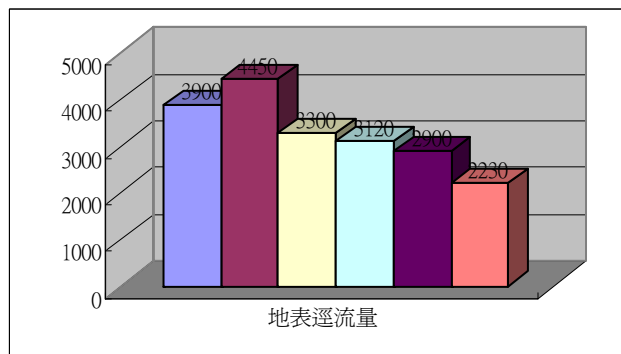


圖 6-10 豪大雨第五次實驗地表逕流量數值

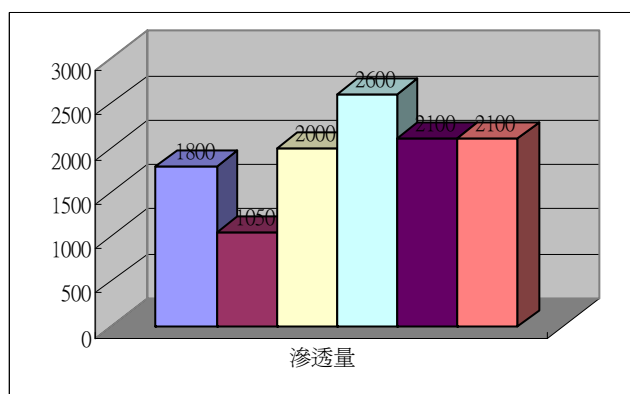


圖 6-11 豪大雨第六次實驗滲透量數值

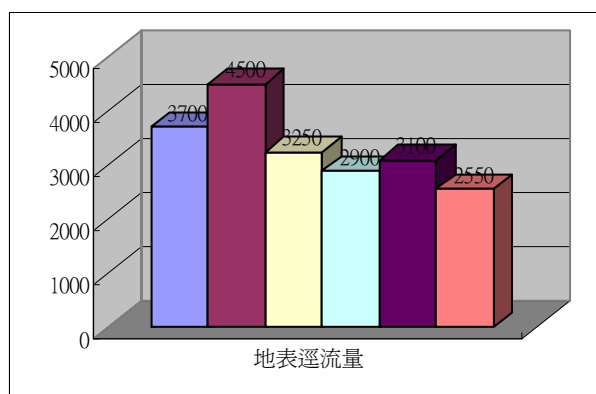


圖 6-12 豪大雨第六次實驗地表逕流量數值

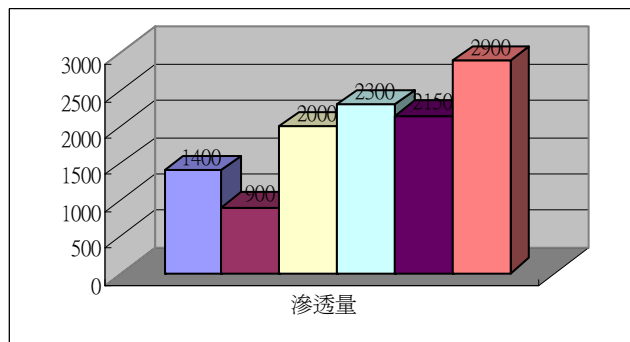


圖 6-13 豪雨第一次實驗滲透量數值

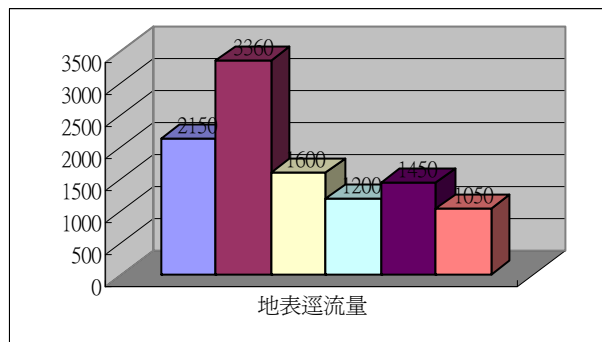


圖 6-14 豪雨第一次實驗地表逕流量數值

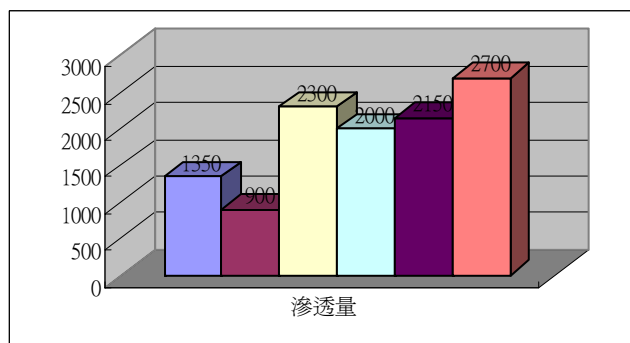


圖 6-15 豪雨第二次實驗滲透量數值

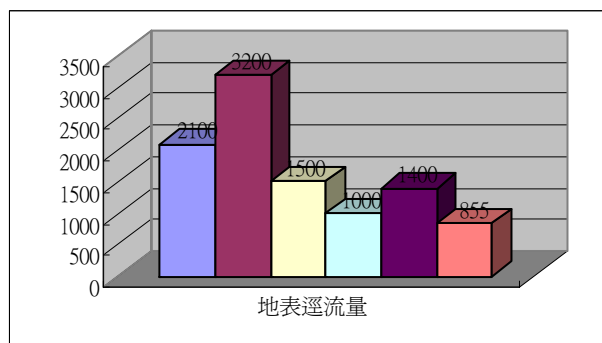


圖 6-16 豪雨第二次實驗地表逕流量數值

■植草磚鋪面 ■連鎖磚鋪面 ■無細骨材鋪面 ■鋁罐鋪面 ■玻璃鋪面 ■研發鋪面

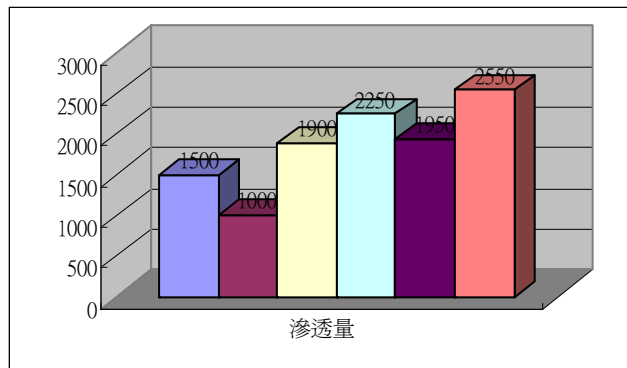


圖 8-17 豪雨第三次實驗滲透量數值

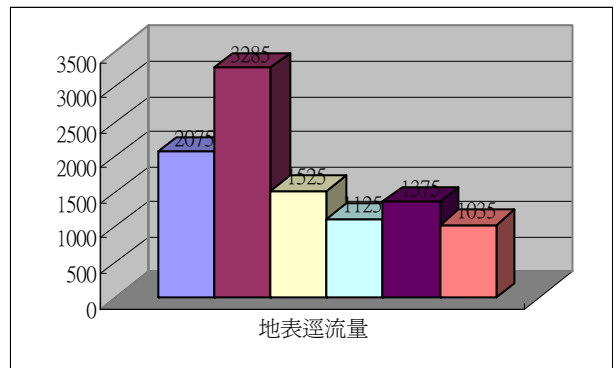


圖 6-18 豪雨第三次實驗地表逕流量數值

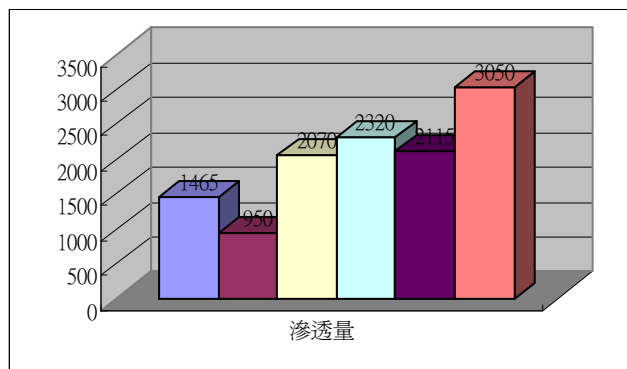


圖 6-19 豪雨第四次實驗滲透量數值

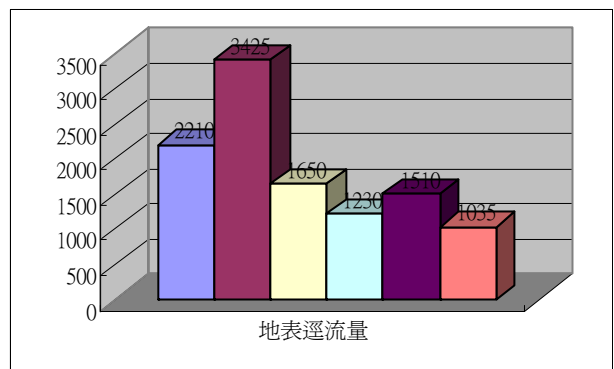


圖 6-20 豪雨第四次實驗地表逕流量數值

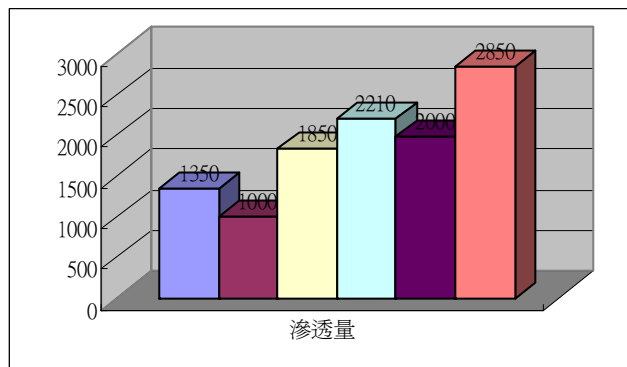


圖 6-21 豪雨第五次實驗滲透量數值

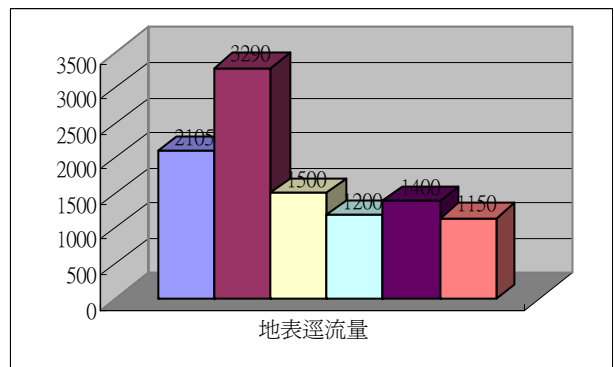


圖 6-22 豪雨第五次實驗地表逕流量數值

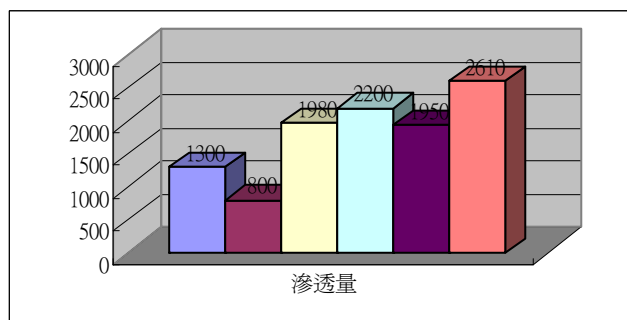


圖 6-23 豪雨第六次實驗滲透量數值

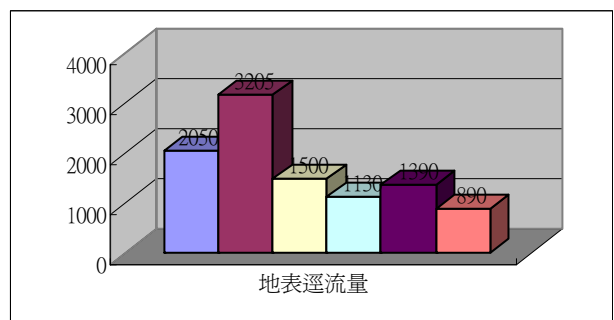


圖 6-24 豪雨第六次實驗地表逕流量數值



■植草磚鋪面 ■連鎖磚鋪面 ■無細骨材鋪面 ■鋁罐鋪面 ■玻璃鋪面 ■研發鋪面

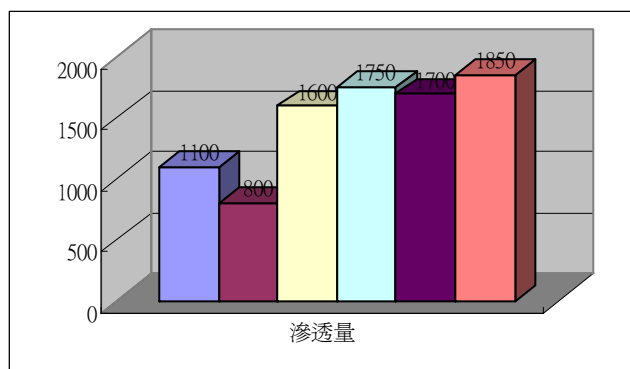


圖 6-25 大雨第一次實驗滲透量數值

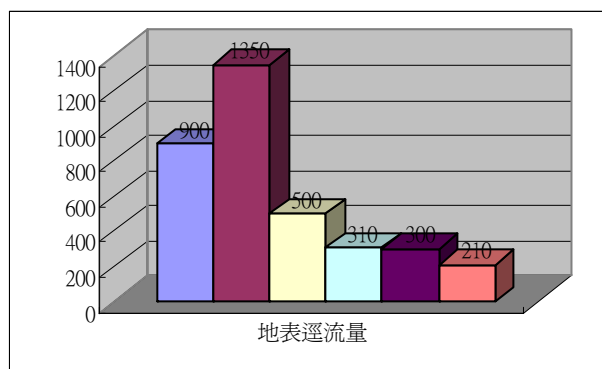


圖 6-26 大雨第一次實驗地表逕流量數值

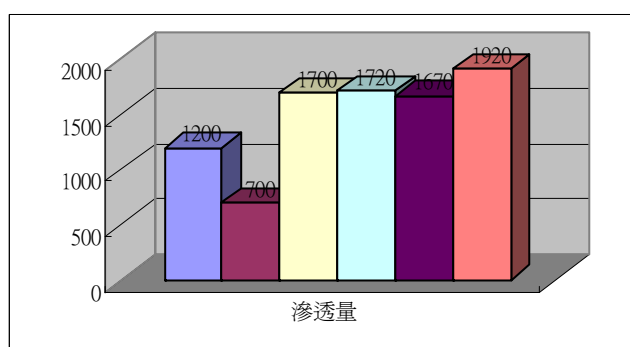


圖 6-27 大雨第二次實驗滲透量數值

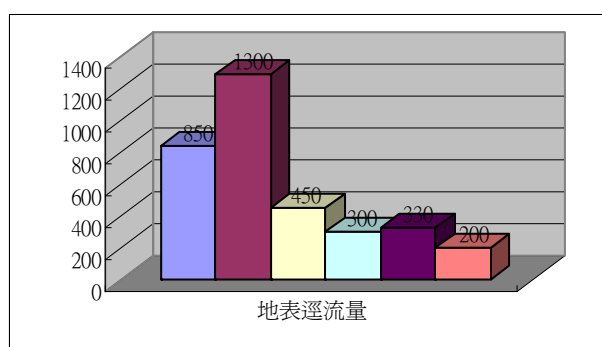


圖 6-28 大雨第二次實驗地表逕流量數值

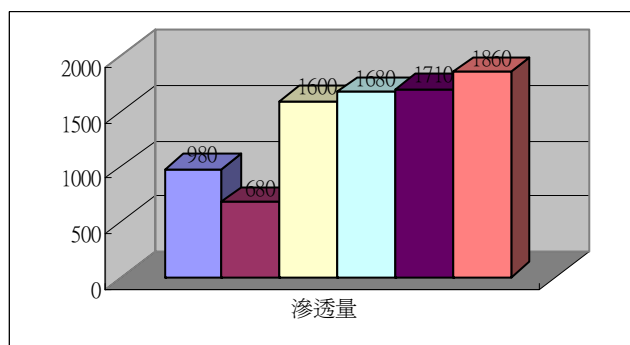


圖 6-29 大雨第三次實驗滲透量數值

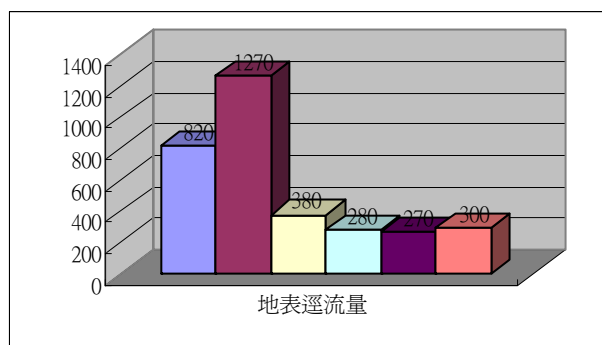


圖 6-30 大雨第三次實驗地表逕流量數值

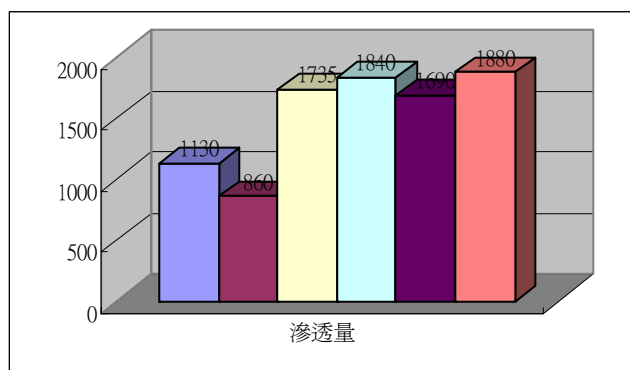


圖 6-31 大雨第四次實驗滲透量數值

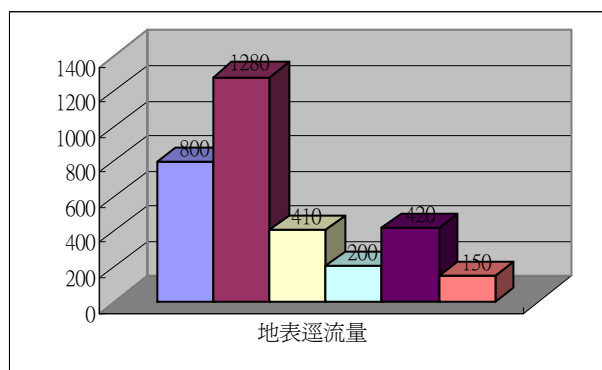


圖 6-32 大雨第四次實驗地表逕流量數值



植草磚鋪面 連鎖磚鋪面 無細骨材鋪面 鋁罐鋪面 玻璃鋪面 研發鋪面

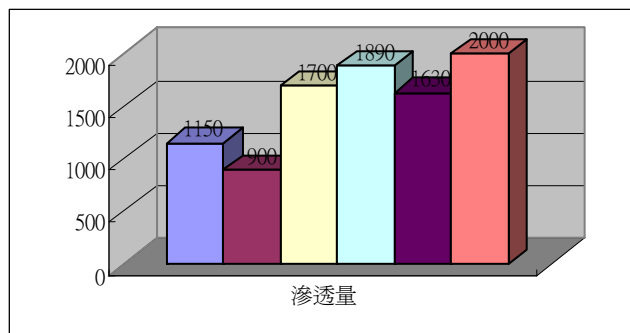


圖 6-33 大雨第五次實驗滲透量

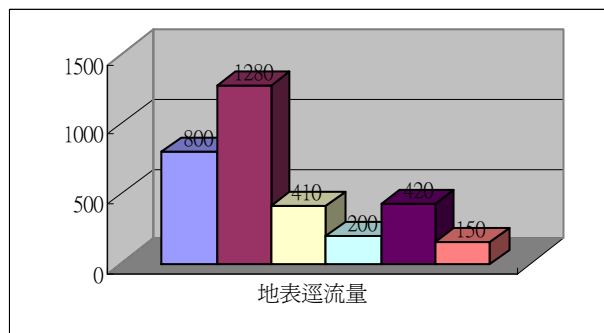


圖 6-34 大雨第五次實驗地表逕流量

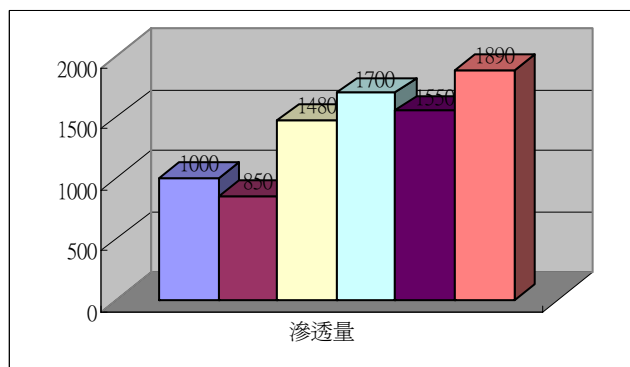


圖 6-35 大雨第六次實驗滲透量

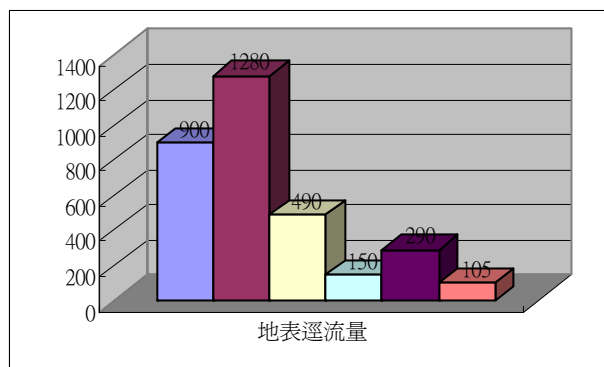


圖 6-36 大雨第六次實驗地表逕流量

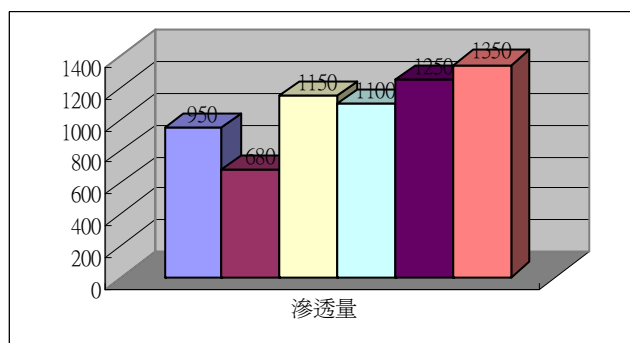


圖 6-37 一般雨量第一次實驗滲透量

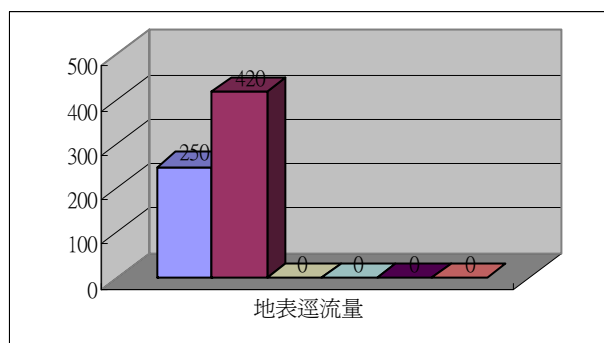


圖 6-38 一般雨量第一次實驗地表逕流量

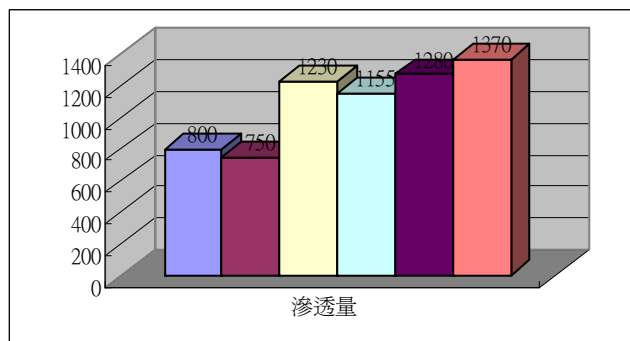


圖 6-39 一般雨量第二次實驗滲透量

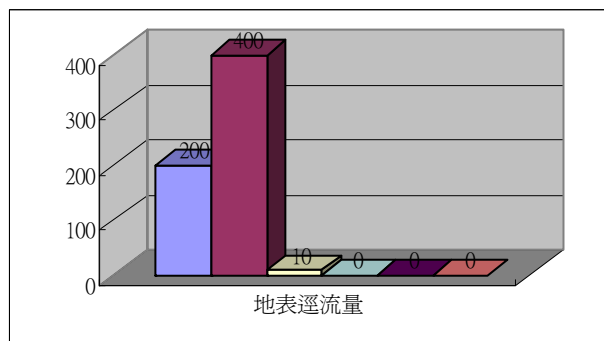


圖 6-40 一般雨量第二次實驗地表逕流量



■ 植草磚鋪面 ■ 連鎖磚鋪面 ■ 無細骨材鋪面 ■ 鋁罐鋪面 ■ 玻璃鋪面 ■ 研發鋪面

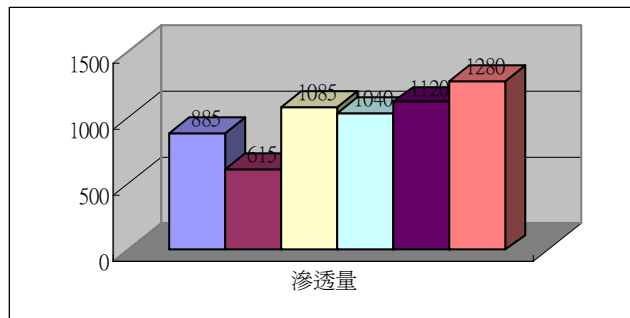


圖 6-41 一般雨量第三次實驗滲透量數值

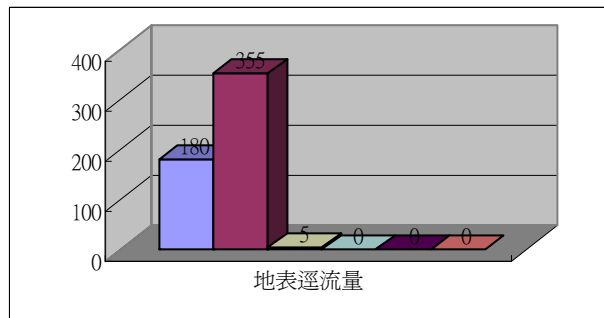


圖 6-42 一般雨量第三次實驗地表逕流量數值

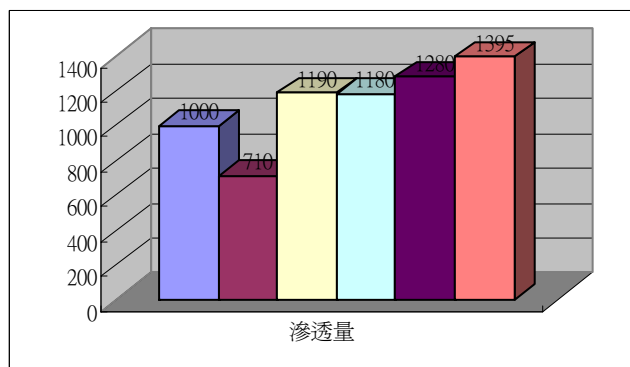


圖 6-43 一般雨量第四次實驗滲透量數值

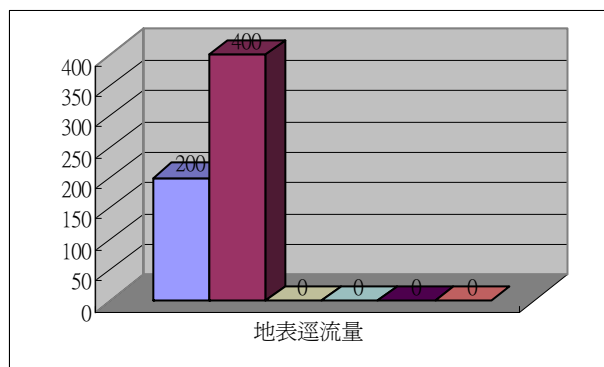


圖 6-44 一般雨量第四次實驗地表逕流量數值

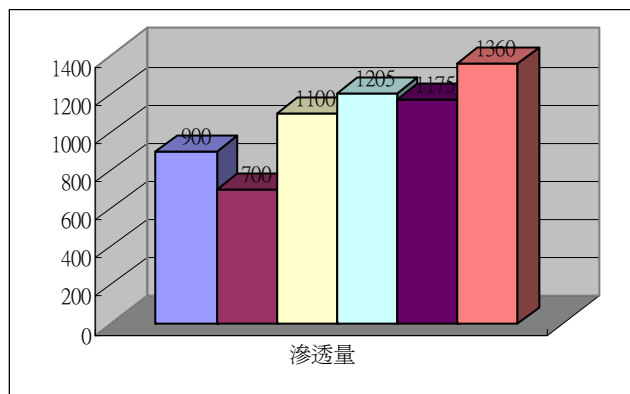


圖 6-45 一般雨量第五次實驗滲透量數值

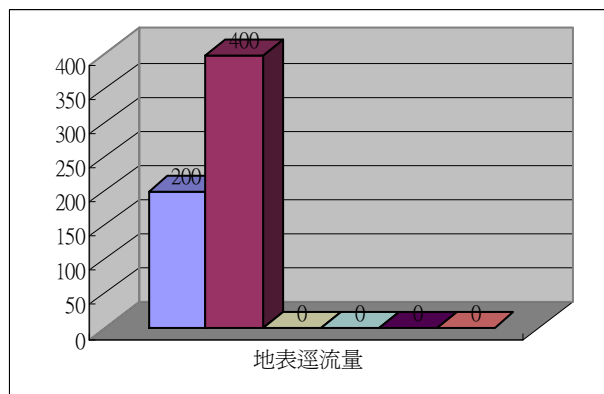


圖 6-46 一般雨量第五次實驗地表逕流量數值

■ 植草磚鋪面 ■ 連鎖磚鋪面 ■ 無細骨材鋪面 ■ 鋁罐鋪面 ■ 玻璃鋪面 ■ 研發鋪面

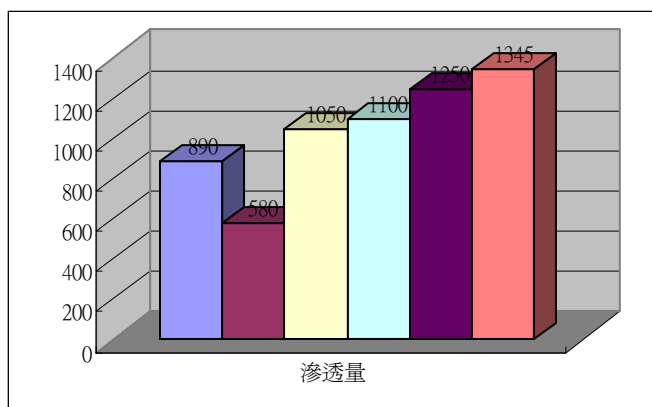


圖 6-47 一般雨量第六次實驗滲透量數值

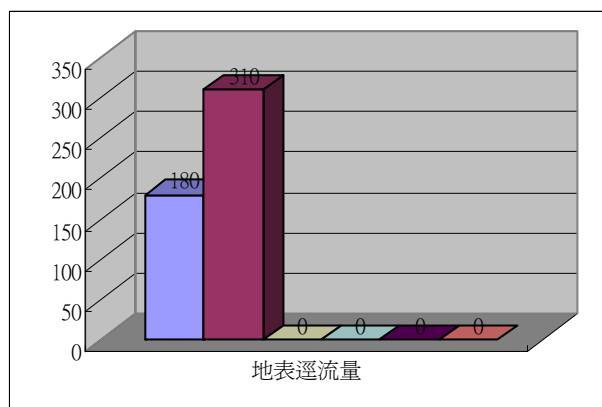


圖 6-48 一般雨量第六次實驗地表逕流量數值

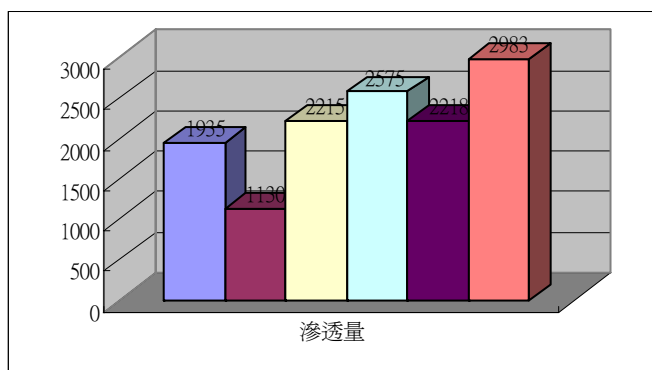


圖 6-49 豪大雨滲透量平均值

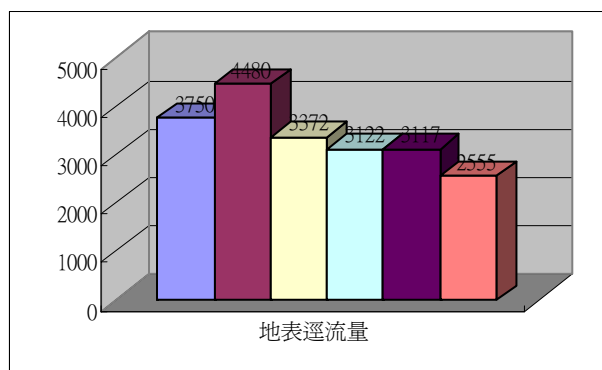


圖 6-50 豪大雨地表逕流量平均值

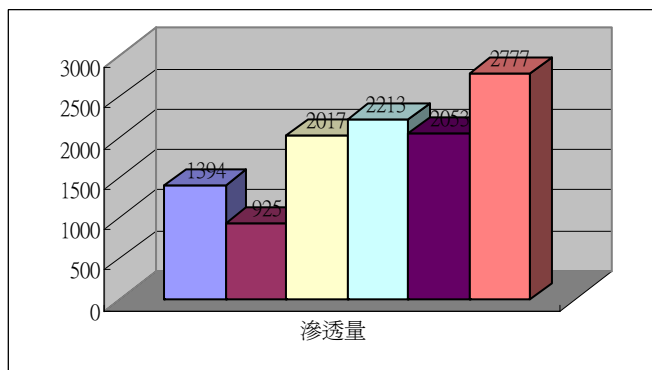


圖 6-51 豪雨滲透量平均值

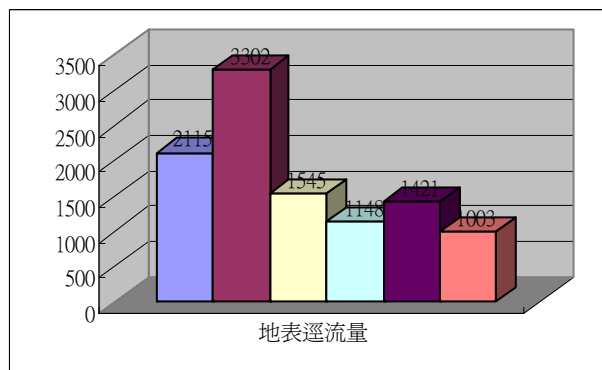


圖 6-52 豪雨地表逕流量平均值

■植草磚鋪面 ■連鎖磚鋪面 ■無細骨材鋪面 ■鋁罐鋪面 ■玻璃鋪面 ■研發鋪面

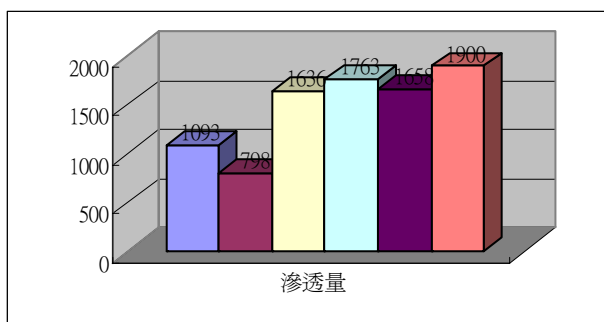


圖 6-53 大雨滲透量平均值

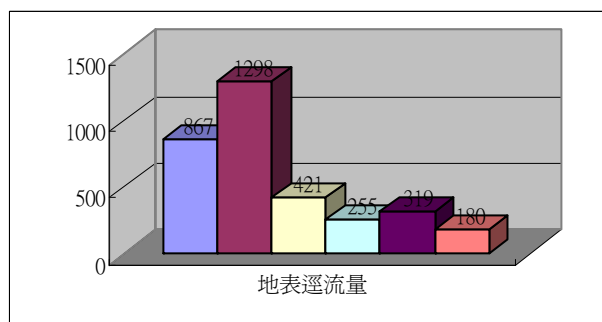


圖 6-54 大雨地表逕流量平均值

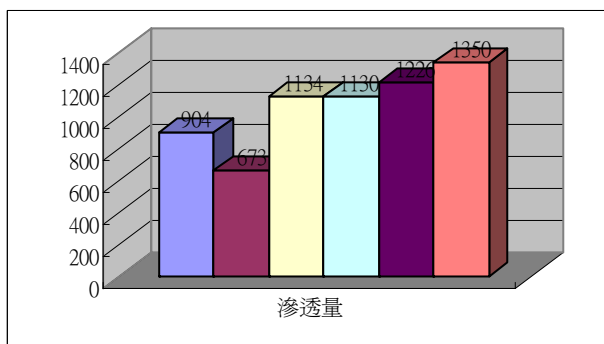


圖 6-55 一般雨量平均值

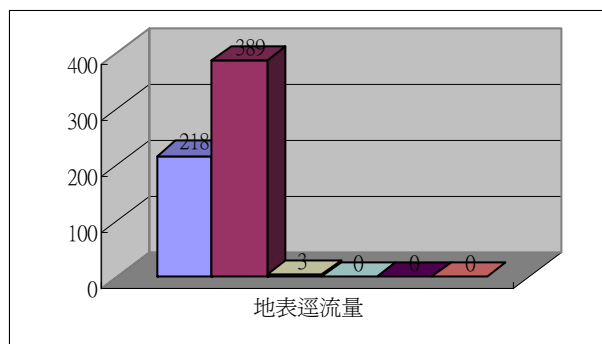


圖 6-56 一般雨地表逕流量平均值

柒、討論

第一階段：

- 一、鋪面的孔細越大，透水性越佳。
- 二、連鎖磚鋪面的透水率只依靠磚塊間的縫隙將雨水滲入地底，故其透水性較差。
- 三、植草鋪面具有美觀效果，其透水性適中。
- 四、無細骨材混凝土特性為透水性強，排水迅速。

第二階段：

- 一、從試驗數據結果顯示連鎖磚滲透率不佳，無細骨材混凝土滲透率與資源回收回收玻璃的滲透率相當，以資源回收鋁罐鋪面滲透率最佳，植草磚在試驗中滲透量高於連鎖磚，但滲透率則低於資源回收玻璃、資源回收鋁罐及無細骨材混凝土，所以滲透率次優。
- 二、減少地表逕流，可降低都市河川洪患，可提高地下水之涵養，有助於水資源永續經營發展。
- 三、無細骨材混凝土使用的水泥量少，使用成本可降低。
- 四、使用透水性鋪面可減輕排水管負擔及減少路面排水設施。
- 五、使用連鎖磚鋪面需考量：底土夯實不足、砂層深度不夠或沙層流失等問題所造成之塌陷。
- 六、回收鋁罐鋪面除了靠縫細和孔洞來滲透外，鋁罐內的容積也可將水儲蓄起來，就算土壤達到飽和也不易使地表積水。

第三階段：

- 一、各種鋪面的強度皆可乘載人的重量。
- 二、鋁罐＋植草磚的透水性相當良好，又美觀，可建議運用在實際工程上。

捌、結論

由本研究之過程可得到以下各點之結論：

第一階段：

- 一、研究結果顯示透水率各為：無細骨材混凝土>植草磚>連鎖磚
- 二、大量的滲透量才能提供地下水，使土壤飽和，地下的生物才能繼續存活。
- 三、無細骨材混凝土的特性為透水性強，排水迅速。
- 四、減少地表逕流量，提高滲透量，是最佳的透水鋪面選擇。

第二階段：

- 一、由實驗結果可知四種雨量模擬結果其趨勢一致，資源回收鋁罐鋪面為最佳的鋪面選擇。而無細骨材混凝土及玻璃鋪面也可作為參考使用。
- 二、加入細度模數小的骨材，改良後的無細骨材混凝土較方便行走。
- 三、為響應環保，利用平日飲用完畢待回收的鋁罐，來間接增進學習效果。
- 四、以往洪水都以排水系統引流、截流，最後流到海裡，但地下還是無法吸收水分，導致二氧化碳增加，而產生溫室效應，如能使地表逕流滲入地底，對地球上的自然環境將有很大的幫助。
- 五、本實驗成果若能再擴及實地實驗，將有更接近實際情況的研究數據成果。

第三階段：

- 一、此次實驗結果很明顯的看出，研發鋪面(鋁罐結合植草磚鋪面)為最理想的透水性鋪面。
- 二、利用鋁罐鋪面高滲透量之優點，結合目前實務中常用之植草磚鋪面，可以研發出符合實務可用亦可增加透水性的改良鋪面。
- 三、鋁罐鋪面其縫隙以混凝土砂漿填滿，可增加鋪面之承壓能力。
- 四、由實驗過程中測試出所有鋪面鋪設於人行道或庭園時，可乘載行人之重量，而不易變形。
- 五、這些鋪面建議適用於人行道、庭院…等行人往來的地方。

玖、參考資料

- 一、楊錦懷，建築材料 II，大中國圖書公司，第六章黏土製品、第七章玻璃，民 90 年。
- 二、徐正杰，民 92 年，都市環境的綠化與透水效果對於微氣候之影響，第 28 頁、第 36 頁、第 47 頁。
- 三、王建智，民 92 年，透水性鋪面入滲成效評估之研究，國立台北科大，土木與防災研究所碩士論文。
- 四、曲筱帆，民 92 年，綠建築工具之應用與推廣研究，南華大學，環境管理研究所，碩士論文。
- 五、林達志，民 91 年，綠化、基地保水、用水、用電之解析，第 31 頁至第 36 頁。
- 六、林文達、汪宗斌，土木建築工程概要上冊，矩陣出版股份有限公司，第四章都市計畫、第六章水利工程，民 90 年。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高職組 農業及生物科技科

最佳(鄉土)教材獎

091402

綠豆芽增肥計畫

國立旗山高級農工職業學校

評語：

1. 看似簡單的實驗，但因處理方式，種子發育階段，培養環境的溫度等諸多因子都可影響豆芽的品質，對學生設計試驗整體考量能力的訓練很有幫助。
2. 本試驗以家庭生產安全及高品質的綠豆芽為目標，可直接針對目前一般已在使用的家庭孵豆芽的方式加以改良或至少在實驗中包括現行方式以作比較。
3. 試驗中變因的控制可再加強。