

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

技高組 成果報告表單

題目(作品)名稱：利用廢棄玻璃製作 LTB 透光環保磚(Light Transmitting Green Brick)

一、摘要：

依據環境部(原為行政院環保署)統計資料，臺灣每年約有 15 萬公噸的廢棄玻璃，每年約使用 30 億根塑膠吸管。若能將「廢棄玻璃」與「塑膠吸管」回收再利用，將可使垃圾減量，落實環保新生活。

本研究將廢棄玻璃，搗碎為玻璃碎屑，以環氧樹脂作為黏結材料，製作直徑 12mm 透光玻璃管。再將「透光玻璃管」插入木製模型內，以 75%「玻璃碎屑」取代河砂，作為黏結材料，製作為「透光環保磚」(Light Transmitting Green Brick)。

二、探究題目(創意作品)與動機

假日時我很喜歡到海邊遊玩，曾參與「高雄市環保局」辦理的「雄愛綠生活，淨灘愛地球」活動，我在蚵仔寮海邊沙灘，最常看的垃圾是：「塑膠袋、吸管、玻璃瓶」。因為玻璃質量重，不容易分解，造成環境沉重的負荷。另外珍珠奶茶是臺灣的國民飲品，但是塑膠吸管，使用後大多隨意棄置，成為常見廢棄物。

本研究思考如何將「塑膠吸管」與「廢棄玻璃瓶」，這兩種廢棄物回收再利用，利用玻璃的特性，製作「透光環保磚」，使其轉變成為有用的建築材料，不僅可以推動垃圾減量，更能將這些廢棄物循環再生。

三、探究(創作)目的與假設

- (一)製作「透光環保磚」半磚與整磚
- (二)進行「透光環保磚」比重及吸水率試驗
- (三)進行「透光環保磚」抗壓強度試驗
- (四)進行「透光環保磚」透光率試驗
- (五)依據試驗結果，提出問題討論與結論

四、探究方法(製作原理)與驗證步驟

本研究採取「實驗研究法」，製作透光玻璃管，使用雷射切割機切割圓孔模板，接著製作透光環保磚，最後進行透光環保磚的「吸水率試驗」與「抗壓強度試驗」，研究過程如圖 1 所示。



圖 1：利用廢棄玻璃製作 LTB 透光環保磚之研究

三、使用雷射切割機製作圓孔模板

本研究使用 AutoCAD 繪製設計圖，半磚尺寸為 100mm×95mm×53mm，整磚尺寸為 200mm×95mm×53mm。以整磚為例，共有 11 列玻璃管，玻璃管直徑 12mm，橫向圓心距離 17.68mm。單數列 2 個圓孔，圓心距離 21.7mm。偶數列 3 個圓孔，圓心距離 16.3mm。

半磚合計 12 個圓孔，整磚合計 27 個圓孔，每個圓孔插入直徑 12mm 的透光玻璃管，為方便插入透光玻璃管，設計圖上每個小圓直徑調整為 12.2mm。最後將線條設定細線，再將檔案轉成 DXF 檔案，透光環保磚雷射切割設計圖，如圖 2 與圖 3 所示。

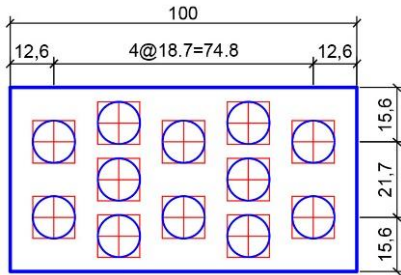


圖 2：雷射切割圖(半磚)

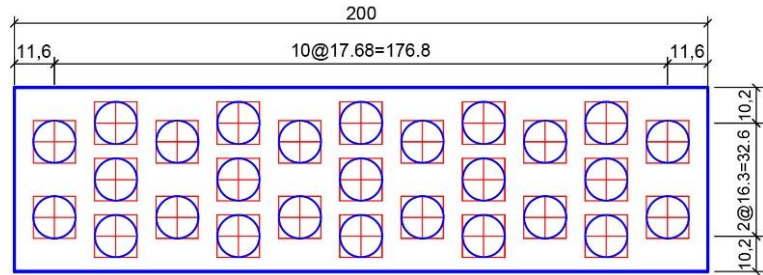


圖 3：透光環保磚雷射切割設計圖(整磚)

本研究使用「雷射切割機」(Laser cutting machine)製作圓孔模板，材料為 3mm 密集板。首先將圖檔匯入雷射切割機的電腦，使用「自動對焦」(Auto focus)調整雷射切割機焦點位置，使用邊框功能，確認成品大小，避免切割範圍超出密集板。

接著依照材質與厚度，設定「功率」(Power)及「速度」(Velocity)。如果要將木板切斷，請將「速度調慢，功率調高」；如果要畫線，請將「速度調快，功率調低」。使用「對焦割切」時，材料切線不會有焦痕，但是速度較慢；使用「離焦切割」時，速度較快，但是切割的地方會有焦痕。

雷射參數設定如下：紅色表示「切斷」，速度 1.1 mm/sec，功率 90%；黑色表示「不切斷」，速度 40 mm/sec，功率 30%，筆寬為 0.1mm。啟動 START 後，約 6 分鐘，可完成 2 塊半磚模板，如圖 4 與圖 5 所示。

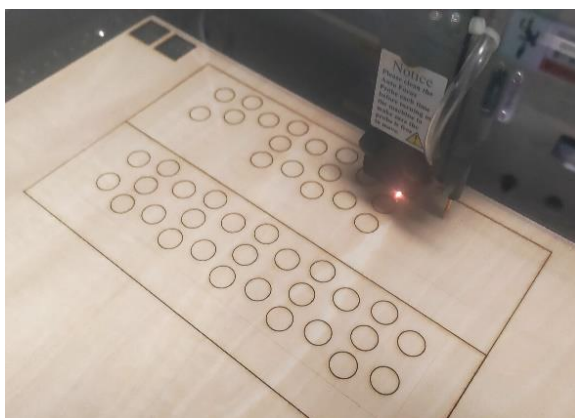


圖 4：用雷射機切割 3mm 密集板



圖 5：使用雷射切割機完成的圓孔模板

四、使用圓鋸機製作透光環保磚木模

依據《CNS382》R2002 規定，普通磚尺寸為 200mm×95mm×53mm。本研究為製作「透光環保磚」，以 6 分木心板(實際板厚為 17mm)，製作 5 個整磚與 20 個半磚的木模。

首先依據設計圖，使用圓鋸機鋸切木心板，用直角規在木心板上劃線，半磚底板為 100mm×95mm，整磚底板為 200mm×95mm，左側與右側為 70mm×95mm。在本校木工實習工場，依據設計圖使用圓鋸機鋸切 6 分木心板，先用釘槍固定底板和側版，再用釘槍固定以雷射切割機製作的 3mm 圓孔密集板，如圖 6 與圖 7 所示。



圖 6：用釘槍固定雷射切圓孔模版

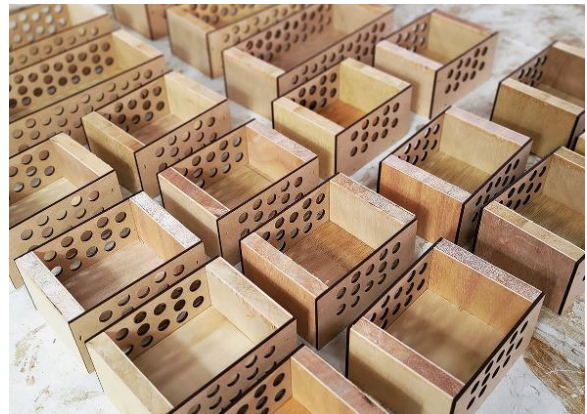


圖 7：製作完成透光環保磚木模

五、製作透光環保磚(Light Transmitting Brick)

本研究依據「玻璃砂漿」強度試驗結果，得知「25%河砂+75%玻璃砂」抗壓強度最高，故依此配比製作 20 個 100mm×95mm×53mm「透光環保磚」。每次製作 2 塊半磚，材料重量如下：水泥 133g、水 65g、河砂 92g、玻璃砂 275g、紅色著色劑 10g。

在本校材料試驗室，進行「透光環保磚」灌漿，先在木模內側塗抹黃油，接著將 12 隻透光玻璃管，插入木製模型內。接著將拌合完成的「玻璃砂漿」分 3 層灌入木製模型內，以刮刀當搗棒，搗實玻璃砂漿，最後以木鎚輕敲木製模具，排出空氣，如圖 8 與圖 9 所示。



圖 8：將玻璃管插入木模中

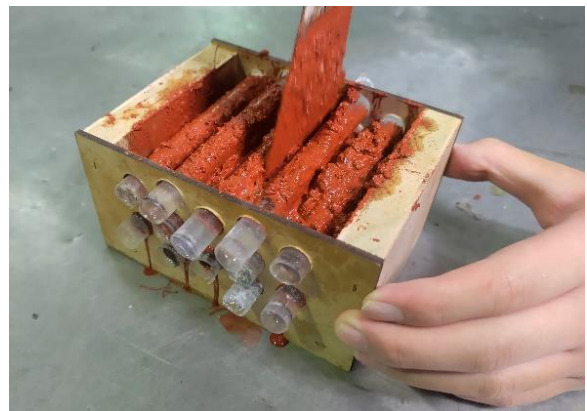


圖 9：使用刮刀搗實玻璃砂漿

灌漿 3 天後拆除木模，取出透光環保磚，放入水槽中進行養護，一週後，達到 2/3 抗壓強度，使用「濕式磁磚鋸」，切除前後兩側多餘的玻璃管，如圖 10 與圖 11 所示。



圖 10：切除兩側多餘的玻璃管



圖 11：製作完成的透光環保磚

六、透光環保磚之吸水率試驗 (Absorption of coarse aggregate)

本研究依據《CNS382》R2002「普通磚之吸水率試驗」，將試樣置於烘箱內乾燥後，放至室溫後秤重，為「乾燥質量」。然後將試樣浸入 (20±5)°C 之清水中 24 小時後取出，立即用濕布拭乾其表面後秤重，即為試樣「吸水後質量」。

本研究使用「水泥 + 25%河砂 + 75%玻璃砂」為黏著劑，製作透光環保磚，進行比重及吸水率試驗，試驗結果平均比重為 2.29，平均吸水率為 4.23%，如圖 12 所示。

研究發現：「透光環保磚比重愈大，吸水率愈小」。標準紅磚比重為 1.5-2.0，本研究製作之透光環保磚比重為 2.23-2.32，較標準紅磚比重大。本研究的透光半磚，共有 12 隻直徑為 12mm「透光玻璃管」，體積為半磚的 25.6%，因為玻璃管不容易吸水，故製作出的透光環保磚，較一般紅磚吸水率低許多。

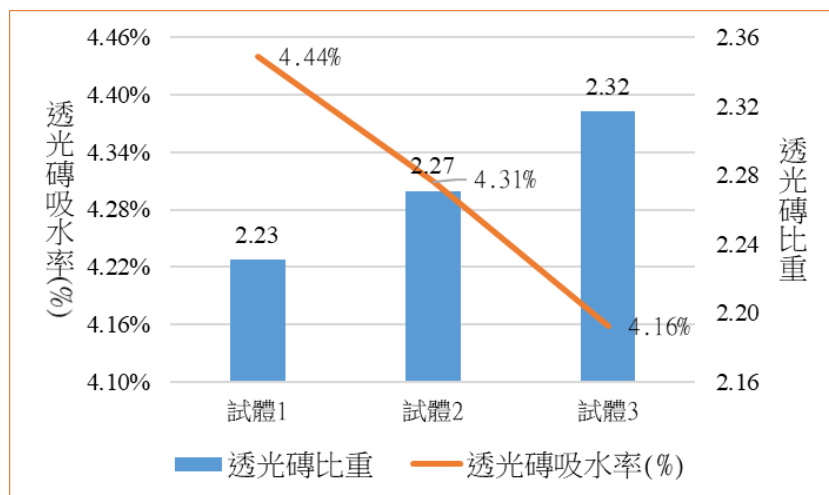


圖 12：LTB 透光環保磚比重與吸水率之關係

七、透光環保磚抗壓強度試驗 (Method of Test for Compressive Strength)

本研究依據《CNS 382》R2002「普通磚之抗壓強度試驗」(經濟部標準檢驗局，2023)。

分別進行 7 天、28 天、56 天抗壓強度試驗，以每秒 $5\text{kgf/cm}^2 \sim 10\text{kgf/cm}^2$ 速率，加壓至半磚破壞為止，測定透光環保磚的「最大載重」與「抗壓強度」，如圖 13 與 14 圖示。



圖 13：調整抗壓強度試驗之加速度



圖 14：透光環保磚置於支承板中央

本研究製作 9 個半磚試體，進行抗壓強度試驗，研究結果 7 天抗壓強度為 212.44kgf/cm^2 (標準差 3.81)，28 天抗壓強度為 303.90kgf/cm^2 (標準差 2.79)，56 天抗壓強度為 307.81kgf/cm^2 (標準差 10.28)，如表 1 所示。

表 1：透光環保磚 7 天、28 天、56 天齡期之抗壓強度試驗結果

試體齡期	透光環保磚 1	透光環保磚 2	透光環保磚 3	平均抗壓強度
7 天齡期	208.61	216.22	212.48	212.44
28 天齡期	302.95	301.71	307.03	303.90
56 天齡期	296.43	310.53	316.46	307.81

本研究透光環保磚平均吸水率為 4.23%，28 天平均抗壓強度為 303.90kgf/cm^2 ，研究發現：「透光環保磚具有 CNS382 R2002 規範 1 種磚規定」(吸水率 10% 以下，抗壓強度 300kgf/cm^2 以上)。

五、結論與生活應用

本研究以《CNS382》規範，製作「透光環保磚」，進行「抗壓強度試驗」與「吸水率試驗」，依據試驗結果，提出三點結論與三點生活應用。

一、結論

(一) 使用廢棄的玻璃可以製作「透光環保磚」

本研究使用廢棄玻璃與塑膠吸管，利用玻璃的特性，製作透光環保磚，使其轉變成為有用的資源，符合綠建材的概念，不僅可以推動垃圾減量，更能將這些廢棄物循環再生。

(二) 「透光環保磚」可穿越光線兼具採光效果

透光環保磚可讓光線穿越生硬的磚牆，兼具採光效果，為傳統的磚塊帶來全新的改變，讓室內空間變得活潑生動，使得原本沈重的磚牆，變得優雅輕盈，並可以節省能源消耗。

(三) 「透光環保磚」具有 CNS382 一種磚品質

本研究基於廢棄物減量及資源再利用之目的，添加玻璃砂製作透光環保磚，有助於降

低吸水率·提高抗壓強度與透光環保磚的品質。本研究製作的「透光環保磚」·具有 CNS382 規範「1 種磚」品質。如圖 15 與圖 16 所示。

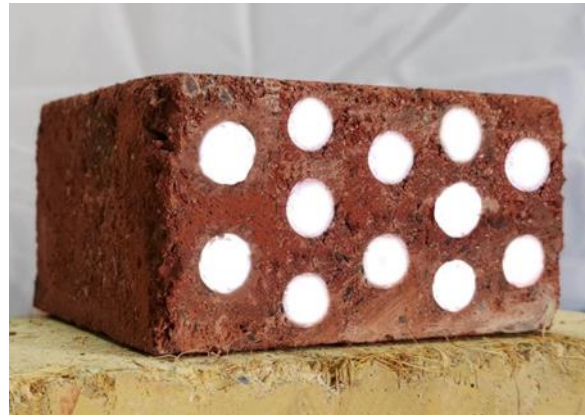


圖 15：使用廢棄玻璃可製作透光環保磚

圖 16：透光環保磚具有 CNS 一種磚品質

二、生活建議

(一)「透光環保磚」可應用於室內隔間牆

「透光環保磚」可做為臥室與浴室的隔間牆·白天可讓光線從臥室進入浴室；夜間可讓浴室的燈光照亮臥室。使用「透光環保磚」砌建的室內隔間牆·映照出來的光線·可營造出溫暖的光線氛圍。

(二)「透光環保磚」可應用於建築物外牆

「透光環保磚」亦可應用於建築物的外牆·若從遠處觀看·它與普通磚牆沒有什麼不同·但是整面外牆像是一個巨大的窗戶。晴天時光線可穿越「透光環保磚牆」進入室內·具有很好的採光效果。

(三)「透光環保磚」可應用於戶外的空間

普通紅磚給人冰冷感覺·但是光線經過「透光玻璃管」·轉化為柔和光線·可運用在戶外的「公共空間」或「庭園嵌燈」。若可在夜間開啟光源·還可以發揮照明效果·讓整個空間變得生動活潑·如圖 17 與圖 18 所示。

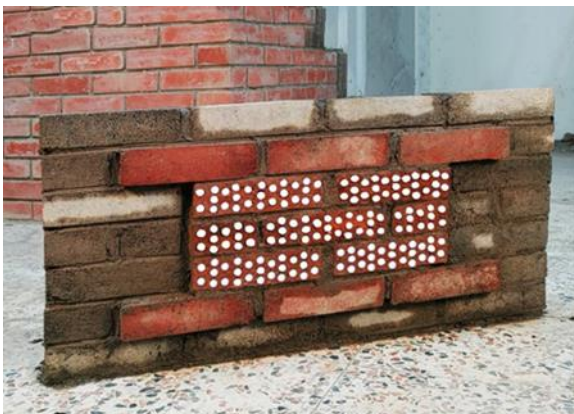


圖 17：透光環保磚可應用於室內隔間牆

圖 18：透光環保磚可穿越光線具採光效果

參考資料

無。